



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební  
Katedra betonových a zděných konstrukcí**

**Porovnání výstižnosti modelů konstrukce z hlediska torzního  
namáhání**

**Evaluation of structural model effectivity with respect to torsional  
stresses**

**Diplomová práce**

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: doc. Ing. Marek Foglar, Ph.D.

**Bc. Jakub Mareš**

**Praha, 2017**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

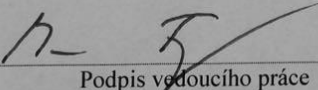
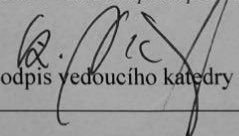
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

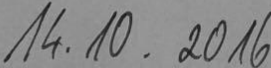
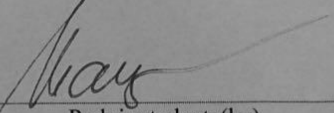
Příjmení: Mareš	Jméno: Jakub	Osobní číslo: 396529
Zadávací katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí		
Studijní program: SI		
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Porovnání výstižnosti modelů konstrukce z hlediska torzního namáhání	
Název diplomové práce anglicky: Evaluation of structural model effectivity with respect to torsional stresses	
Pokyny pro vypracování: Rešerše na téma výpočetních modelů a jejich aplikace Zpracování porovnávacích výpočetních modelů pro vybrané konstrukce Vyhodnocení výstižnosti modelů z hlediska torzního namáhání	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího diplomové práce: doc. ing. Marek Foglar, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 14/10/2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8/1/2016 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.*

 14. 10. 2016 Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	---

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne .....

.....

podpis

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Marku Foglarovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této práce.

Dále bych rád poděkoval svým rodičům, celé rodině a přítelkyni za neustálou podporu v celém průběhu studia. Nakonec bych chtěl poděkovat všem svým spolužákům a kamarádům za vytváření skvělé studijní atmosféry a pasivní pomoci při práci. Bez nich by to také nešlo



POROVNÁNÍ VÝSTIŽNOSTI MODELŮ KONSTRUKCE  
Z HLEDISKA TORZNÍHO NAMÁHÁNÍ

EVALUATION OF STRUCTURAL MODEL EFFECTIVITY  
WITH RESPECT TO TORSIONAL STRESSES

..

## **Anotace**

Diplomová práce se zaměřuje na chování půdorysně zakřivených mostů, které jsou namáhány kroucením. V první části diplomové práce jsou shrnuty informace o analyzovaných reálných konstrukcích, obecném kroucení a obecné napjatosti. Druhá část práce se zabývá modelováním konstrukcí ve výpočetních programech a poslední část práce je o analýze kroucení na reálných mostních konstrukcích.

## **Annotation**

Diploma thesis is focused on the behaviour of curved in platform bridges, which are strained by torsion. In the first part of diploma thesis are summarized information about analyzed real constructions, general torsion and general stresses. Second part of thesis is focused on modeling of constructions in structural analysis softwares, last part of thesis is about torsion analysis on the real bridge's constructions.

---

## **Klíčová slova**

Kroucení, most, jedno-trámová konstrukce, dvou-trámová konstrukce, nosníky, vnitřní síly, výpočetní programy, midas Civil, Scia Engineer, prutový model, roštový model, deskový model se žebry, deskový model, deskový model tenkostěnný, objemový model, smykové napětí, normálové napětí

## **Key words**

Torsion, bridge, one-beam construction, two-beam construction, girders, internal forces, structural analysis software, midas Civil, Scia Engineer, bar model, grid model, plate model with plate ribs, plate model, plate model thin-walled, solid model, shear stress, normal stress

## Obsah

1. ÚVOD .....	10
2. REŠERŠE.....	11
2.1. Popis analyzovaných mostů .....	11
2.1.1. Dálniční most na D7 na Dřetovickém potoce u obce Stehelčeves .....	11
2.1.2. Dálniční most na D1 přes místní vodoteč u obce Bělotín .....	13
2.1.3. Silniční nadjezd nad D1 u obce Bělotín .....	15
2.1.4. Dálniční most na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/01).....	17
2.1.5. Dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/02) .....	19
2.2. Smyk .....	21
2.3. Kroucení.....	23
2.3.1. Kroucení masivních průřezů: .....	25
2.3.2. Kroucení tenkostěnných průřezů:.....	26
2.3.3. Kroucení betonových prvků dle ČSN EN 1992 – 1 - 1.....	31
2.3.4. Výpočetní modely kroucených prvků .....	32
2.3.5. Únosnost kroucených prvků bez trhlin.....	33
2.3.6. Únosnost kroucených prvků s trhlinami.....	34
2.4. Prostorová napjatost, deformace a Hookeův zákon .....	35
3. Popis výpočtových modelů .....	39
3.1. Popis a kontrola konstrukčních modelů reálných konstrukcí v programu Scia Engineering .....	44
3.2. Popis a kontrola konstrukčních modelů reálných konstrukcí v programu midas CIVIL 45	
3.3. Dálniční most na D7 na Dřetovickém potoce u obce Stehelčeves .....	46
3.3.1. Scia - Prutový model .....	46
3.3.2. Scia - Roštový model .....	47
3.3.3. Scia - Deskový model se žebry .....	49
3.3.4. Scia - Deskostěnový model.....	50
3.3.5. midas – Roštový model.....	51
3.3.6. midas – Objemový model .....	52
3.3.7. Porovnání modelů .....	54
3.4. Dálniční most na D1 přes místní vodoteč u obce Bělotín .....	57
3.4.1. Scia - Prutový model .....	57
3.4.2. Scia - Roštový model .....	58
3.4.3. Scia - Deskový model se žebry .....	60
3.4.4. Scia - Deskostěnový model.....	61

3.4.5.	Scia - Deskový model – tenkostěnný .....	62
3.4.6.	midas – Roštový model .....	63
3.4.7.	Midas – Objemový model .....	64
3.4.8.	Porovnání modelů .....	66
3.5.	Silniční nadjezd nad D1 u obce Běloutín .....	67
3.5.1.	Scia - Prutový model .....	67
3.5.2.	Scia - Roštový model .....	69
3.5.3.	Scia - Deskový model se žebry .....	70
3.5.4.	Scia - Deskostěnový model .....	71
3.5.5.	Scia - Deskostěnový model – tenkostěnný .....	72
3.5.6.	midas – Roštový model .....	73
3.5.7.	midas – Objemový model .....	74
3.5.8.	Porovnání modelů .....	75
3.6.	Dálniční most na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/01) .....	77
3.6.1.	Scia - Prutový model .....	77
3.6.2.	Scia - Roštový model .....	78
3.6.3.	Scia - Deskový model se žebry .....	79
3.6.4.	Scia - Deskostěnový model .....	81
3.6.5.	midas – Roštový model .....	82
3.6.6.	midas – Objemový model .....	83
3.6.7.	Porovnání modelů .....	84
3.7.	Dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/02) .....	85
3.7.1.	Scia - Prutový model .....	85
3.7.2.	Scia - Roštový model .....	86
3.7.3.	Scia - Deskový model se žebry .....	87
3.7.4.	Scia - Deskostěnový model .....	88
3.7.5.	Scia - Deskostěnový model – tenkostěnný .....	89
3.7.6.	midas – Roštový model .....	91
3.7.7.	midas – Model s objemovými prvky – ručně doplněné .....	92
3.7.8.	midas – Model s objemovými prvky – meshované dle programu .....	94
3.7.9.	Porovnání modelů .....	95
3.8.	Závěr .....	99
4.	Analýza kroucení .....	101
4.1.	Dálniční most na D7 u obce Stehelčevy .....	102
4.2.	Dálniční most na D1 u obce Běloutín .....	118
4.3.	Silniční nadjezd nad D1 u obce Běloutín .....	134

4.4.	Dálniční most na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/01).....	148
4.5.	Dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/02) .....	166
4.6.	Závěr .....	182
5.	Závěr .....	186
SEZNAM LITERATURY .....		187
Citace .....		187
Normy .....		188
Obrázky.....		<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
SEZNAM TABULEK.....		<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
SEZNAM GRAFŮ.....		<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

# 1. ÚVOD

V úvodu diplomové práce bych chtěl všechny odborné, ale i neoborné čtenáře této práce seznámit s problematikou, které jsem se v práci věnoval.

Tato práce se věnuje porovnání výstižnosti modelů konstrukce z hlediska kroutivého namáhání. Úkolem bylo analyzovat a porovnat odezvu konstrukce na zatížení, které bude vyvolávat kroucení. Toto chování bylo analyzováno ve výpočetních programech MIDAS a SCIA.

V první části se práce zabývá rešerší. První kapitolou je popis analyzovaných konstrukcí. Analyzovaných je celkem 5 mostních konstrukcí. Každá konstrukce je zvláštní geometrií. Konstrukce jsou v půdorysném oblouku nebo šikmé a každá má různou nosnou konstrukcí. Dále je v rešerši pojednáno o smyku a o navrhování betonových konstrukcí na účinky smyku. Poté je zde pojednáno o teorii kroucení a navrhování betonových konstrukcí na účinky kroucení. Poslední část rešerše se zabývá obecnou prostorovou úlohou a vztahy mezi vnitřními silami, vnějším zatížením a deformacemi.

Ve druhé části jsou popsány modely konstrukcí, jejich výroba v programech, problémy při výrobě a také kontrola, zda byly správně modely vytvořeny. Byly vypracovány prutové, roštové, deskové a objemové modely konstrukcí.

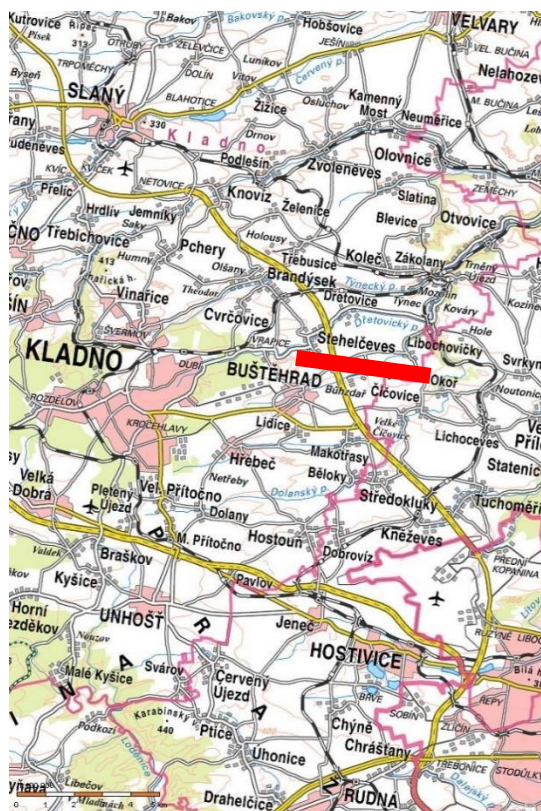
V poslední části diplomové práce je pojednáno o krouticí analýze mostních konstrukcí, která byla provedena na vytvořené modely. Byly srovnávány hodnoty normálových a smykových napětí pro jednotlivé konstrukční modely mostů.

## 2. REŠERŠE

### 2.1. Popis analyzovaných mostů

#### 2.1.1. Dálniční most na D7 na Dřetovickém potoce u obce Stehelčeves

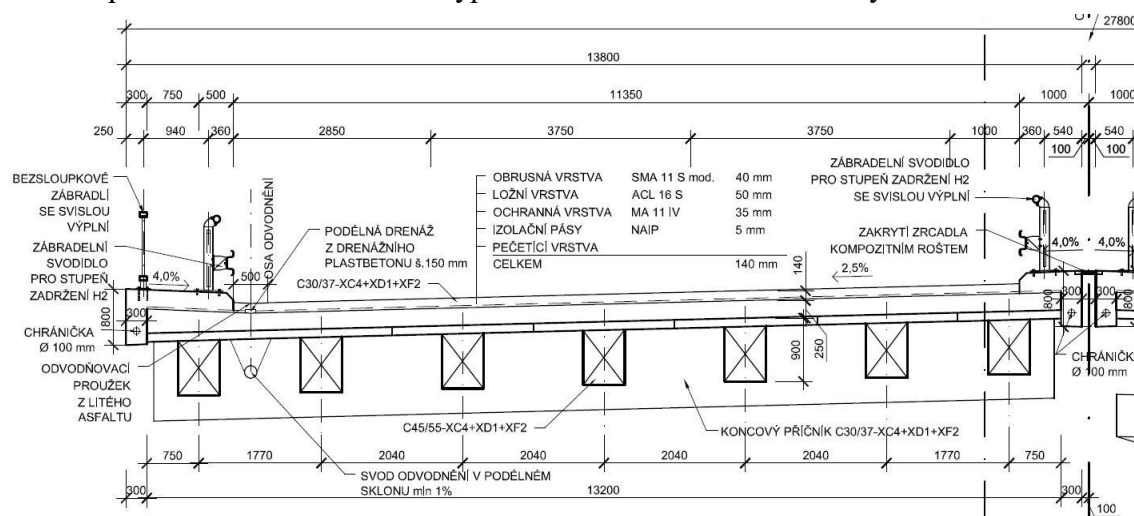
Dálniční most se nachází na dálnici D7 (staničení na dálnici 11,345 km) mezi Prahou a Slaným u obce Stehelčeves (Obrázek 1). Most překračuje Dřetovický potok, který se vlévá do přílehlého rybníku a převádí pozemní komunikaci S 24,5/100. V roce 2014 byl původní most stržen a nahrazen novou konstrukcí, která využívá původní hlubinné založení.



Obrázek 1 - Obec Stehelčeves na mapě

Most tvoří dvě samostatné nosné konstrukce, které mají společný koncový příčník. Most je kolmý a má celkem 3 pole o rozpětí 17,58+18,00+17,58 m. Délka přemostění je 51,73 m, délka nosné konstrukce je 54,76 m a celková délka mostu je 62,46 m. Podélný sklon mostu je 0,55 %. Příčný sklon vozovky na mostě je jednostranný 2,5 %. Na každé polovině mostu se nachází revizní chodník o šířce 0,75 m, dva jízdny pruhy o šířce 3,75 m. Celkový volný prostor mezi svodidly je 11,35 m. Šířka poloviny mostu je 13,8 m. Celková šířka mostu je poté 27,8 m včetně 0,2 m širokého zrcadla. Dále jsou na

polovině mostu osazena dvě zábradlní svodidla pro stupeň zadržení H2, jedno bezsloupkové zábradlí se svislou výplní a dvě železobetonové římsy.



Obrázek 2 - Příčný řez mostu na D7

Nosnou konstrukci tvoří (jedna samostatná nosná konstrukce) 7 dodatečně předpjatých prefabrikovaných mostních nosníků typu MK-T o osové vzdálenosti 2,04 m se spráženou železobetonovou deskou tloušťky 0,25 m. Nosník je vysoký 0,9 m a široký 2,04 m, deska nosníku má tloušťku 0,12 m a stojina nosníku je široká 0,6 m. Deska mostovky mezi jednotlivými poli je tvořena pérovou deskou a dohromady staticky konstrukce působí jako systém prostých polí. Prefabrikované nosníky jsou uloženy na mezilehlých rámových pilířích s příčlím a na obou koncích jsou uloženy do masivních železobetonových koncových příčníků. Příčník je široký 1,4 m, vysoký 1,5 m a délky 13,2 m.



Obrázek 3 – Pérová deska

Uložení nosníků na mezilehlých podpěrách je realizováno pomocí elastomerových ložisek a na obou koncích jsou příčníky uloženy na hrncová ložiska.



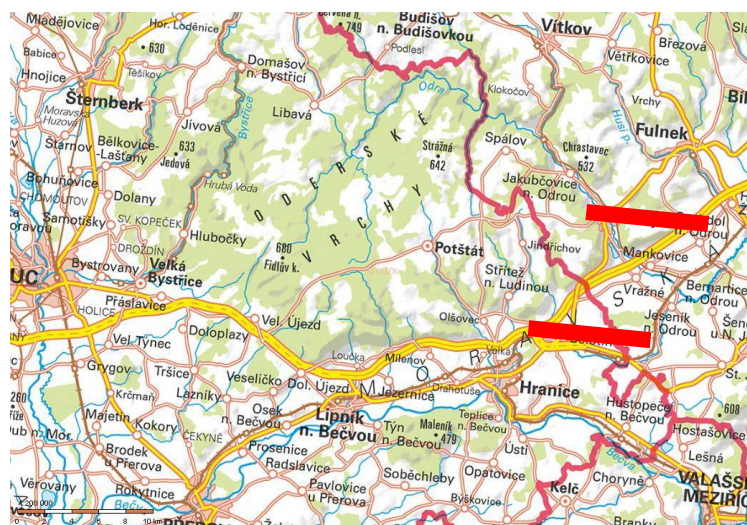
Nosníky ve středním poli jsou uloženy na všesměrně posuvných elastomerových ložiskách. Krajní pole (směr Praha) je na mezilehlé příčli uloženo na podélně pevných elastomerových ložiskách a koncový příčník je uloženo na dvou hrncových ložiscích, jedno všesměrně posuvné a druhé příčně pevné. Krajní pole (směr Slaný) je na mezilehlé příčli uloženo na všesměrně posuvných elastomerových ložiskách a koncový příčník je uloženo na dvou hrncových ložiscích, jedno všesměrně posuvné a druhé příčně pevné.



Obrázek 4 - Pohled na kompletní rekonstrukci mostu v roce 2014

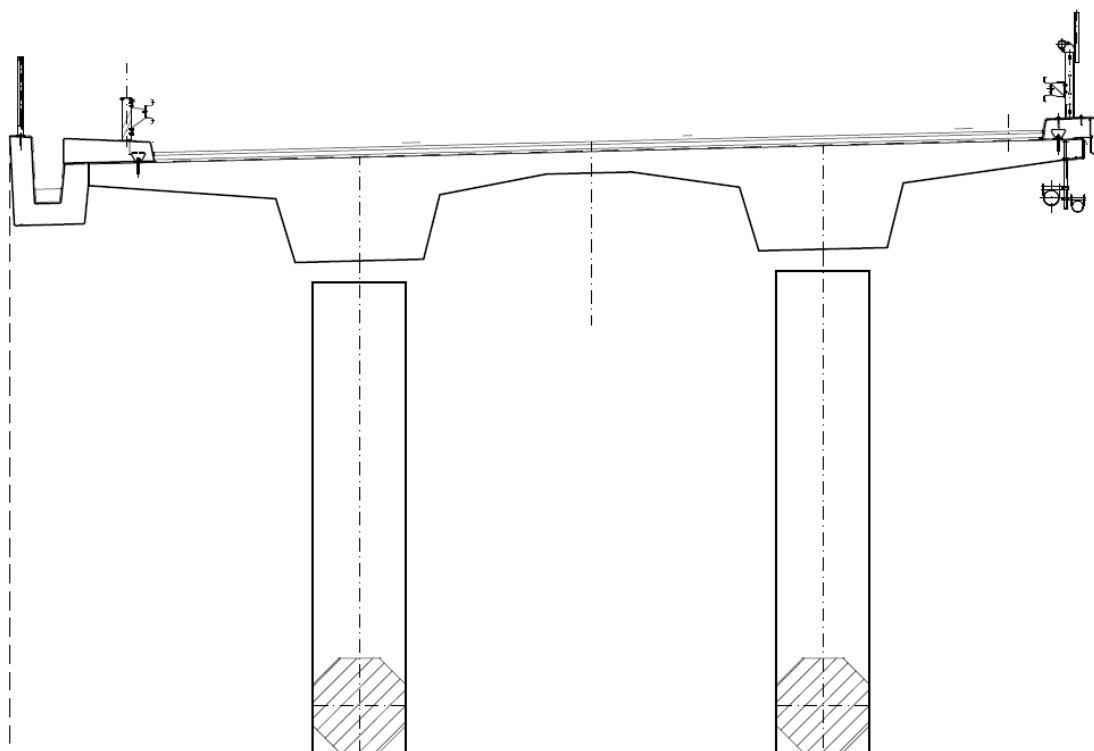
### 2.1.2. Dálniční most na D1 přes místní vodoteč u obce Bělotín

Dálniční most se nachází na dálnici D1 (staničení na dálnici 314,79 km) mezi Olomoucí a Ostravou u obce Bělotín (Obrázek 3). Most překračuje místní nepojmenovanou vodoteč a polní cestu a převádí pozemní komunikaci D 27,5/120.



Obrázek 5- Obec Bělotín a Odry na mapě

Most tvoří dvě samostatné nosné konstrukce, které mají společnou opěru. Most má levou šikmost s úhlem 68 g. Konstrukce má celkem 3 pole o rozpětí 20,00+29,00+20,00 m. Délka přemostění je 71,055 m, délka nosné konstrukce je 70,712 m a celková délka mostu je 80,599 m. Podélný sklon mostu je proměnný, most se nachází v údolnicovém výškovém oblouku. Podélné sklony jednotlivých polí jsou 0,095 %, 0,145 % a 0,195 %. Příčný sklon vozovky na mostě je jednostranný 2,5 %. Na každé polovině mostu se nachází dva jízdní pruhy o šířce 3,75 m. Celkový volný prostor mezi svodidly je 12,50 m. Šířka poloviny mostu je 15,3 m. Celková šířka mostu je poté 31,5 m včetně 0,9 m širokého zrcadla. Dále je na polovině mostu osazeno jedno zábradlní svodidlo pro stupeň zadržení H2 s pletivovým nástavcem proti pádu osob, jedno ocelové zábradlí, dvě železobetonové římsy a monolitický žlab pro odvodnění mostu. Na polovině mostu ve směru Ostrava, který se nachází blíže obce Bělotín, je místo ocelového zábradlí vybudována protihluková stěna.



Obrázek 6 - Příčný řez poloviny mostu u Bělotína

Nosnou konstrukci tvoří (jedna samostatná nosná konstrukce) dvoutrámová monolitická předpjatá konstrukce. Osová vzdálenost mezi trámy je 6,50 m. Šířka nosné konstrukce je 13,95 m. Trám je vysoký 1,45 m a široký ve spodní části 1,8 m a v horní části 2,3 m. Mostovka mezi trámy je tloušťky 0,55 – 0,3 m, ve vyložení směrem ke středu mostu je široká 0,25 m. Trámy jsou uloženy na vnitřních pilířích, které tvoří dvojice

sloupů osmiúhelníkového průřezu. U opěr jsou trámy vetknuty do koncových železobetonových příčníků. Příčník je široký 1,385 m, vysoký 1,45 m a délky 13,95 m.

Uložení trámy na mezilehlých podpěrách a příčníku na úložném prahu je realizováno pomocí hrncových ložisek. Trámy jsou ve středním poli uloženy (blíže Olomouci) na jednom pevném a na druhém příčně posuvném ložisku. Na druhé straně je střední pole uloženo pod trámy na jednom příčně pevném ložisku a na druhém všesměrně posuvném ložisku. Totéž uložení je i na opěrách.



Obrázek 7 - Pohled z prostoru pod mostem

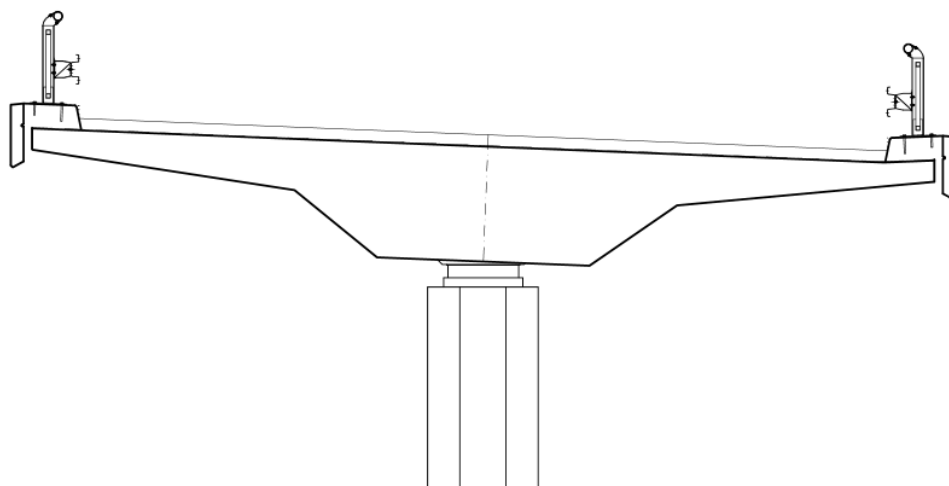
### 2.1.3. Silniční nadjezd nad D1 u obce Běloutín

Most překračuje dálnici D1 a převádí silnici I. třídy č. 47 staničení (na úseku 4,090 km a na dálnici 315,91 km) mezi obcemi Běloutín a Odry (Obrázek 3). Komunikace na mostě je návrhové kategorie S 9,5/80.

Most se nachází v půdorysném směrovém oblouku. V ose komunikace je poloměr  $R = 400$  m. Konstrukce má celkem 5 polí o rozpětí 21,00+27,00+27,00+24,00+18,00 m. Délka přemostění je 115,6 m, délka nosné konstrukce je 118,5 m a celková délka mostu je 126,9 m. Podélný sklon mostu je proměnný, most se nachází ve vrcholovém výškovém oblouku. Podélné sklony jednotlivých polí jsou 4,634 %, 3,990 %, 3,183 %, 2,335 % a 1,730 %. Příčný sklon vozovky na mostě je jednostranný 4,0 %. Komunikace na mostě

je obousměrná a má dva jízdní pruhy o šířce 3,5 m. Celkový volný prostor mezi svodidly je 9,50 m. Šířka mostu je 11,10 m. Dále je na mostu osazeno na každé straně jedno zábradelní svodidlo pro stupeň zadržení H2 a železobetonová římsa.

Nosnou konstrukci tvoří jednostránková monolitická předpjatá konstrukce. Šířka nosné konstrukce je 10,60 m. Trám je vysoký 1,35 m a široký ve spodní části 2,5 m a v horní části 4,5 m. Tloušťka desky je proměnná od 0,25 m u konzol až 0,6 m u trámu. Trámy jsou uloženy na vnitřních pilířích, které mají průřez osmiúhelníku. U opěr je trám vetknut do koncových železobetonových příčníků. Příčník je široký 1,45 m, vysoký 1,35 m a délky 10,60 m.



Obrázek 8 - Příčný řez nadjezdu u Bělotína na D1

Uložení trámu na mezilehlých podpěrách a příčnicku na úložném prahu je realizováno pomocí hrncových ložisek. Trám je uložen na O1 na dvou hrncových ložiskách, jedno všesměrně posuvné a druhé je podélně posuvné. Na P2 je trám uložen na podélně posuvném ložisku. Na P3 je ložisko pevné. Na P4 je také ložisko pevné. Na P5 je konstrukce uložena na podélně posuvném ložisku. Na O6 je konstrukce uložena na dvojici ložiskách, jedno všesměrně posuvné a druhé je podélně posuvné.





Obrázek 9 – Pohled na most převádějící silnici I/47



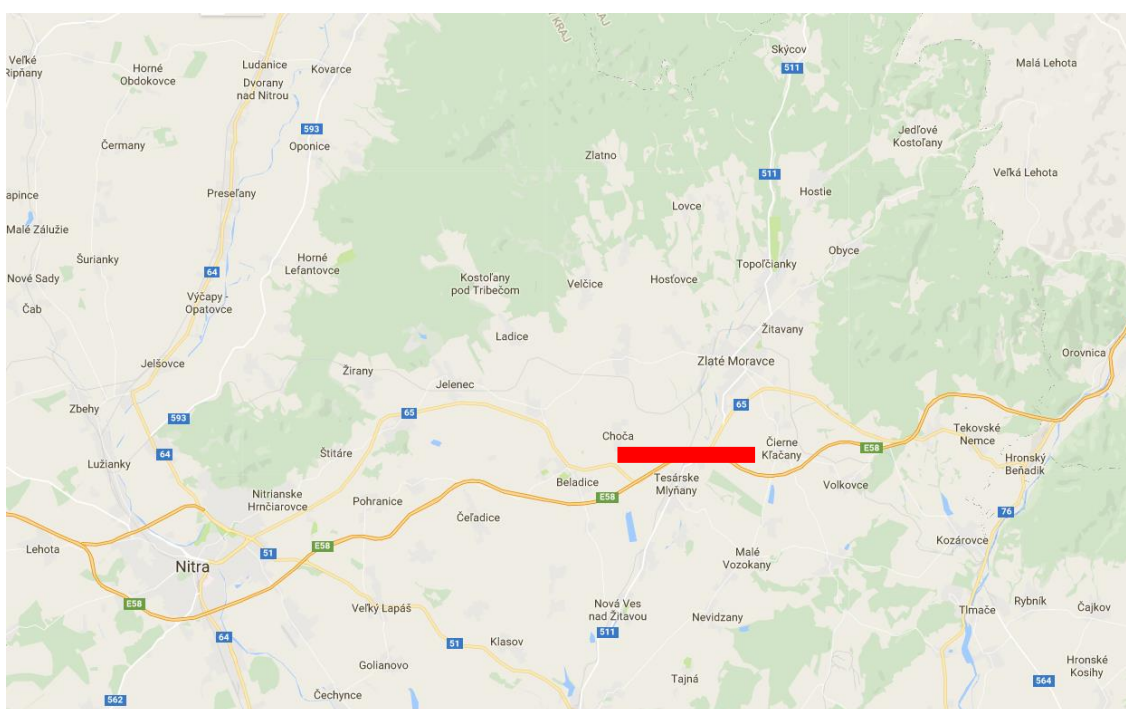
Obrázek 10 – Pohled z mostu převádějící silnici I/47

#### 2.1.4. Dálniční most na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/01)

Dálniční most se nachází na rychlostní silnici R1 na Slovensku u obce Tesárské Mlyňany. Dálniční most je součástí dálniční křižovatky a u opěry O2 se šířka mostu zvětšuje z důvodu nájezdu. Most se nachází na úseku dálnice Beladice – Tekovské Nemce ve staničení 70,00 km (Obrázek 7). Most překračuje řeku Žitavu.

Most tvoří dvě samostatné nosné konstrukce, které mají společnou opěru. Most má levou šikmost s úhlem 72 g. Konstrukce má jedno pole o rozpětí 31,50 m. Délka přemostění je 30,483 m, délka nosné konstrukce je 33,367 m a celková délka mostu je 39,132 m. Podélný sklon mostu je proměnný, most se nachází v údolnicovém výškovém oblouku. Podélný sklon u O1 je 0,25 %, uprostřed rozpětí 0,16 % a na O2 je sklon 0,07

%. Příčný sklon vozovky na mostě je proměnný. Polovina mostu (ve směru jízdy na Zvolen) je v jednostranném sklonu 2,5 %. Druhá polovina mostu (směr jízdy na Nitrú) má proměnnou šířku a sklon mostovky je důvodu nájezdu střechovitý. V šířce 7,75 m má most sklon 2,5 % a v proměnné šířce 4,536 – 5,031 m je sklon 1,5%. Celkový volný prostor mezi svodidly (na polovině mostu ve směru jízdy na Zvolen) je 9,75 m a na druhém mostě proměnný 12,786 – 13,281 m. Celková šířka mostu je poté proměnná 26,886 – 27,381 m včetně 0,2 m širokého zrcadla. Dále jsou na polovině mostu osazena dvě zábradelní svodidla pro stupeň zadržení H2, dvě železobetonové římsy a dva lícni prefabrikáty.

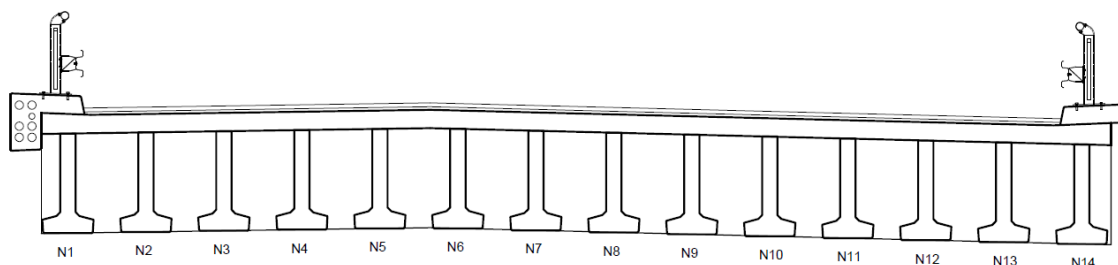


Obrázek 11 – Obec Tesárske Mlyňany na mapě

Nosnou konstrukci tvoří (ve směru jízdy na Zvolen) dvanáct prefabrikovaných předem předpjatých nosníků typu VSTI 2000 délky 32 m a spřažená betonová deska tl. 0,24 m. Osová vzdálenost mezi nosníky je 0,973 m. Šířka nosné konstrukce je 11,55 m. Nosník je vysoký 1,30 m, stojina má tloušťku 0,2 m, dolní pásnice má šířku 0,65 m a tloušťku 0,175 m. Celková výška spřažené konstrukce beton-beton je 1,54 m.

Druhou nosnou konstrukci tvoří (ve směru jízdy na Nitrú) čtrnáct prefabrikovaných předem předpjatých nosníků typu VSTI 2000 délky 32 m a spřažená betonová deska tl. 0,24 m. Osová vzdálenost mezi nosníky je 1,019 m. Šířka nosné konstrukce je 13,986 m. Nosník je vysoký 1,30 m, stojina má tloušťku 0,2 m, dolní

pásnice má šířku 0,65 m a tloušťku 0,175 m. Celková výška spřažené konstrukce beton-beton je 1,54 m.



Obrázek 12 - Příčný řez polovinou mostu s nájezdem

Nosníky jsou vetknuty u opěr do příčnicku. Příčník je uložen na O1 i O2 na 12 respektive na 14 elastomerových ložiskách, které jsou vždy pod jednotlivým nosníkem. Čtyři nosníky uprostřed příčnicku jsou uloženy na elastomerových ložiskách pevných (O1 i O2). Nosníky na krajích příčnicku jsou uloženy na všesměrně posuvných ložiskách (O1 i O2). Příčník je široký 1,4 m, vysoký 1,54 m a délky 11,55 resp. 13,986 m.



Obrázek 13 – Pohled na dálniční most přes řeku Žitavu

### 2.1.5. Dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/02)

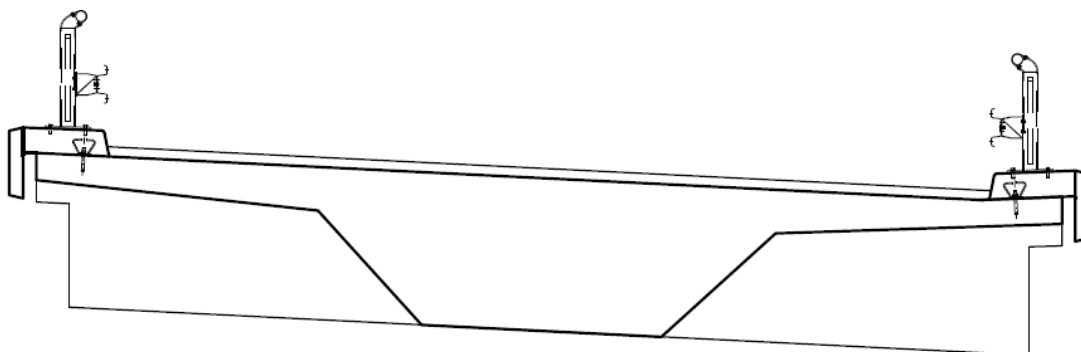
Dálniční sjezd se nachází na rychlostní silnici R1 na Slovensku u obce Tesárske Mlyňany. Sjezd je součástí dálniční křižovatky stejně jako SO 201/01. Sjezd se dále napojuje na silnici II. třídy č. 511 a silnici I. třídy č. 65. Most překračuje řeku Žitavu.

Sjezd se nachází v půdorysném oblouku ( $R = 85$  m). Konstrukce má jedno pole o rozpětí 29,819 m. Délka přemostění je 28,619 m, délka nosné konstrukce je 31,147 m a celková délka mostu je 34,806 m. Podélný sklon mostu je proměnný, most se nachází v údolnicovém výškovém oblouku. Podélný sklon u O1 je 2,83 %, uprostřed rozpětí 3,65



% a na O2 je sklon 4,00 %. Příčný sklon vozovky na mostě je jednotný 5,0 %. Celkový volný prostor mezi svodidly je 8,10 m. Celková šířka mostu je 9,90 m. Dále jsou na polovině mostu osazena dvě zábradelní svodidla pro stupeň zadržení H2, dvě železobetonové římsy a dva lící prefabrikáty.

Nosnou konstrukci tvoří jedno-trámová monolitická předpjatá konstrukce. Šířka nosné konstrukce je 9,4 m. Trám je vysoký 1,40 m a široký ve spodní části 2,2 m a v horní části 4,2 m. Tloušťka desky je proměnná od 0,25 m u konzol až 0,4 m u trámu. U opěr jsou trámy vetknuty do koncových železobetonových příčníků. Příčník je široký 1,20 m, vysoký 1,40 m a délky 9,40 m. Příčník je uložen na O1 i na O2 na dvojici hrncových ložiskách. Na O2 je konstrukce uložena na pevném ložisku a na všesměrně pohyblivém. Opěra O2 není kolmá na osu mostu. Úhel opěry O2 a osy mostu je 75 g. Na O1 je konstrukce uložena na jednom podélně pohyblivém a na druhém všesměrně pohyblivém ložisku. Podélně pohyblivé ložisko směřuje na pevné ložisko, čili je pootočené o 14,86 g na O2. [1]

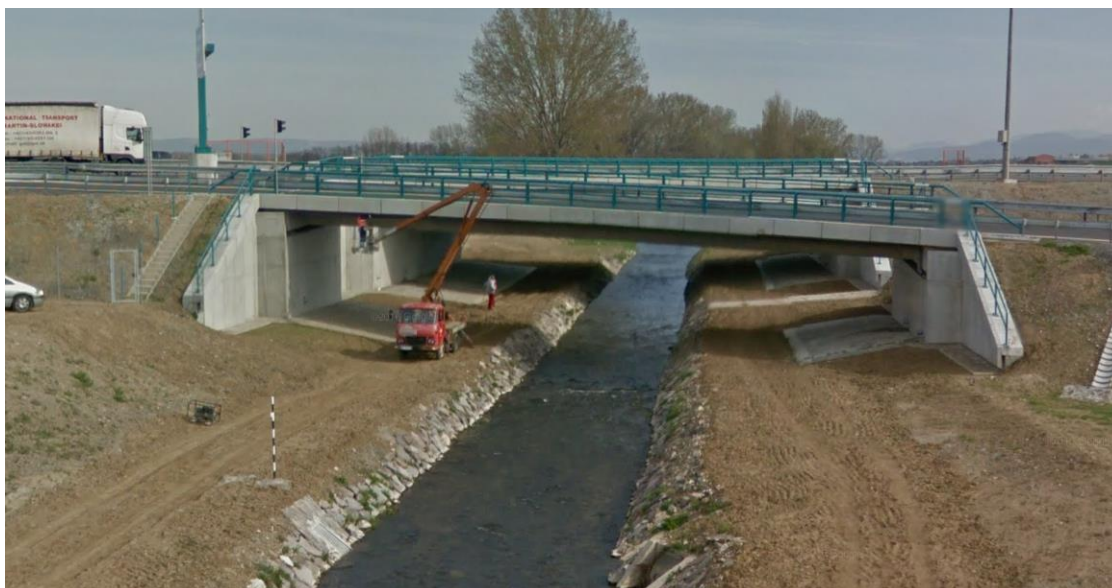


Obrázek 14 - Příčný řez sjezdu SO 201/02



Obrázek 15 - Pohled na dálniční sjezd na R1





Obrázek 16 – Pohled na část dálniční křižovatky u obce Tesárské Mlyňany – SO 201/02 v pozadí SO 201/01

## 2.2. Smyk

Svislé zatížení, které působí na prvek, vyvolává jednak ohyb ale i posouvající sílu. Od posouvajících sil vzniká v průřezu smykové napětí  $\tau$ .

Dle ČSN 1992-1-1 – Navrhování betonových konstrukcí rozdělujeme posuzování prvků na prvky bez smykové výztuže a na prvky se smykovou výztuží. První věc, kterou musíme posoudit, je únosnost prvku v tlačené diagonále. Pokud totiž nevyjde únosnost tlačené diagonály větší než návrhová posouvající síla. Nepomůže nám ani maximálně vyztužený průřez a je nutné průřez upravit.

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b_w * z * v_1 * \frac{f_{cd}}{(\cot\theta + \tan\theta)}$$

kde:  $\alpha_{cw}$  – součinitel, kterým se zohledňuje stav napětí v tlačeném pásu  
 $b_w$  – nejmenší šířka průřezu mezi taženým a tlačeným pásem  
 $z$  – rameno vnitřních sil, pokud nepůsobí normálová síla, lze vzít  $0,9 * d$ ,  
 $d$  je účinná výška průřezu  
 $v_1$  – redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem  
 $f_{cd}$  – návrhová válcová tlaková pevnost betonu  
 $\theta$  – úhel mezi betonovými tlakovými diagonálami a osou nosníku  
a osou nosníku kolmou na posouvající sílu

Pokud posouvající síla nepřesahuje únosnost v tlačené diagonále, vypočte se únosnost betonového prvku bez smykové výztuže. Pokud je tato hodnota větší než působící posouvající síla. Navrhne se pouze konstrukční smyková výztuž.

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed}$$

kde:  $V_{Rd,c}$  je únosnost prvku bez smykové výztuže

$V_{Ed}$  je návrhová posouvající síla

$$V_{Rd,c} = \left[ C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_1 * f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 * \sigma_{cp} \right] * b_w * d$$

kde:  $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$  kde  $d$  je v mm

$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w * d} \leq 0,02$ ,  $A_{sl}$  je plocha tahové výztuže

$b_w$  je nejmenší šířka v tažené oblasti

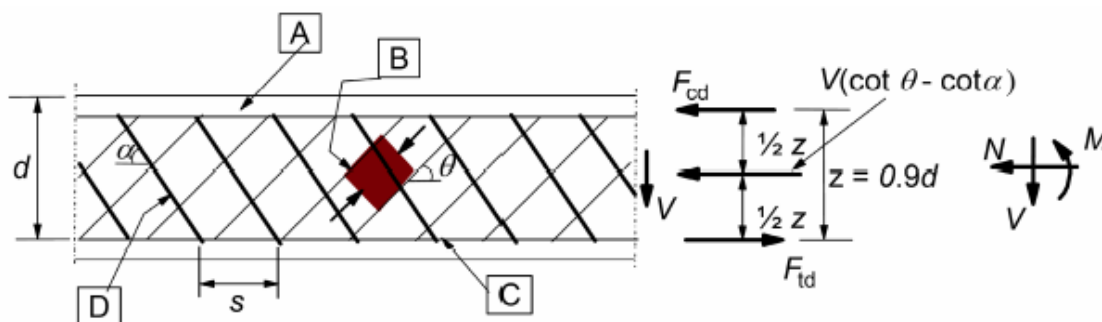
$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0,2 * f_{cd}$

$N_{Ed}$  je normálová síla od zatížení nebo předpětí

$A_c$  je plocha betonového průřezu

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

V oblastech, kde je návrhová posouvající síla větší než únosnost prvku bez smykové výztuže, je nutno navrhnout smykovou výztuž. Návrh prvků se smykovou výztuží vychází z modelu náhradní příhradoviny.



[A] – tlačený pás, [B] – tlačené diagonály, [C] – tažený pás, [D] – smyková výztuž

Obrázek 17 - Náhradní příhradovina

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} * z * f_{ywd} * (\cot\theta + \cot\alpha) * \sin\alpha$$

kde:  $A_{sw}$  průřezová plocha smykové výztuže

$s$  osová vzdálenost třmíneků

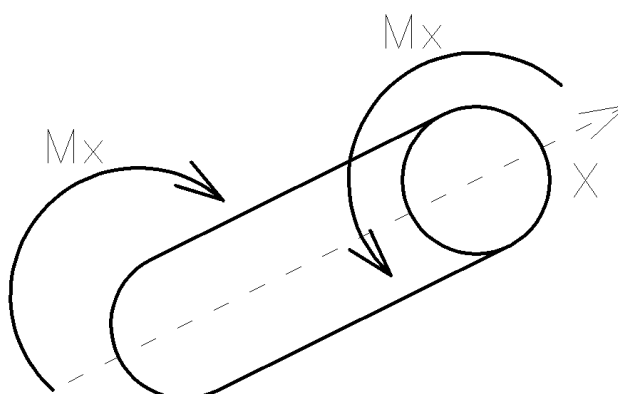
$f_{ywd}$  je návrhová mez kluzu smykové výztuže

úhel  $\theta$  je omezen  $1 \leq \cot\theta \leq 2,5$ , čili  $45^\circ \leq \theta \leq 22,5^\circ$

$\alpha$  je úhel smykové výztuže od vodorovné roviny

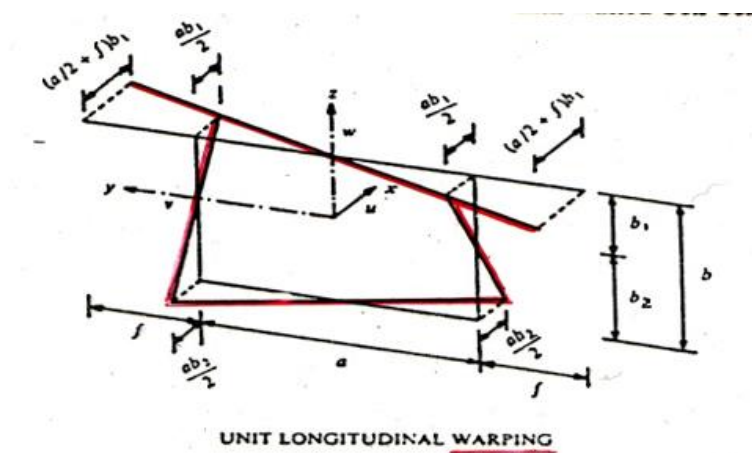
### 2.3. Kroucení

Prosté kroucení je stav prvku, ve kterém jsou všechny vnitřní síly rovny nule kromě krouťícího (torzního) momentu. Na obrázku č. 18 je kruhová tyč a působí na ní krouťící moment  $M_x$ . Při zanedbání vlivu vlastní tíhy dochází k prostému kroucení.



Obrázek 18 – Prosté kroucení

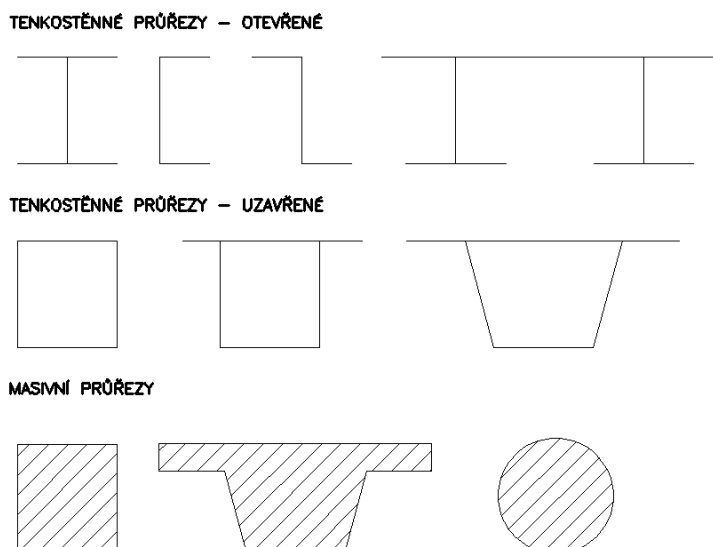
Obecně při kroucení průřezy ztrácejí svojí rovinnost (deplanují). Neplatí pro ně předpoklad o zachování rovinnosti průřezu. Pro lepší představu na obrázku č. 19 je komorový průřez mostu, který deplanuje. Průřezy rotačně symetrické (kruh a mezikruží) nedeplanují.



Obrázek 19 – Deplanace průřezu

Pokud není deplanaci bráněno, dochází k volnému kroucení. Při volném kroucení (St. Vénantovo) nevznikají normálová napětí v průřezu. Průřez se pouze zdeformuje. V případě bránění deplanaci (například trubku z obrázku č. 18 vetkneme a zatížíme krouticím momentem) dochází k vázanému kroucení. V průřezu vznikají smyková, ale také normálová napětí. Toto normálové napětí je zvláště významné u kroucení tenkostěnných otevřených průřezů.

Důležité také je, že vnější zatížení, které působí na prut obecného průřezu, vyvozuje kroucí účinky k ose, která spojuje středy smyku průřezů. Střed smyku u tenkostěnných průřezů není shodný s těžištěm průřezu, a proto je nutné na toto dbát. U masivních průřezů není rozdíl významný, a proto ho zanedbáváme. Tenkostěnné průřezy dělíme na otevřené a uzavřené. Uzavřené průřezy obsahují otvory. Masivní průřezy jsou plné geometrické tvary bez otvorů. Na obrázku č. 20 jsou příklady tenkostěnných a masivních průřezů. [2][3]



Obrázek 20 - Tenkostěnné a masivní průřezy

### 2.3.1. Kroucení masivních průřezů:

Odvození vztahů pro smykové napětí v masivním průřezu vychází ze vztahů pro prostorovou napjatost tělesa (Cauchyho rovnice rovnováhy). Dostáváme potom tzv. Prandtlovy funkce napětí. Pro řešení úloh kroucených prvků s obecným průřezem se využívají numerické metody (metoda sítí, metoda konečných prvků) pro řešení parciálních diferenciálních rovnic.

Největší smykové napětí v průřezu se vypočte pomocí vztahu:

$$\tau_{max} = \frac{T}{W_t}$$

kde:  $T$  je krouticí moment

$W_t$  je průřezový modul v kroucení

Průřezový modul v kroucení pro obdélníkový průřez se vypočte jako:

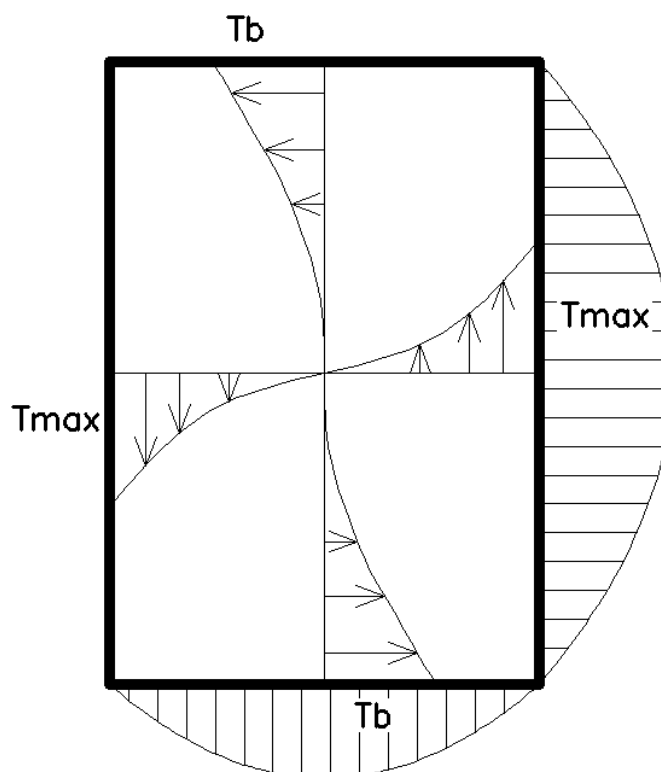
$$W_t = \beta * b^2 * h$$

kde:  $b$  je šířka obdélníku

$h$  je výška obdélníku

$\beta$  je bezrozměrný součinitel, závislý na výšce a šířce průřezu

Na obrázku č. 21 je průběh smykového napětí při kroucení na obdélníkovém průřezu.



Obrázek 21 - Průběh smykového napětí při kroucení

### 2.3.2. Kroucení tenkostěnných průřezů:

#### 2.3.2.1. Volné kroucení tenkostěnných otevřených průřezů:

Obecně tenkostěnné průřezy mají malou tuhost v kroucení. Takže při poměrně malé hodnotě smykového napětí dochází k velkému úhlu zkroucení. Tenkostěnné průřezy jsou většinou složeny z dílčích stěn (obvykle obdélníkového průřezu), u kterých je tloušťka výrazně menší než výška. Pro tyto obdélníky platí vzorce:

$$\text{Tuhost v kroucení:} \quad I_t = \frac{1}{3} * t^3 * h$$

$$\text{Průřezový modul v kroucení:} \quad W_t = \frac{I_t}{t} = \frac{1}{3} * t^2 * h$$

$$\text{Napětí v průřezu:} \quad \tau_{max} = \frac{M_t}{I_t} * t = \frac{M_t}{W_t}$$

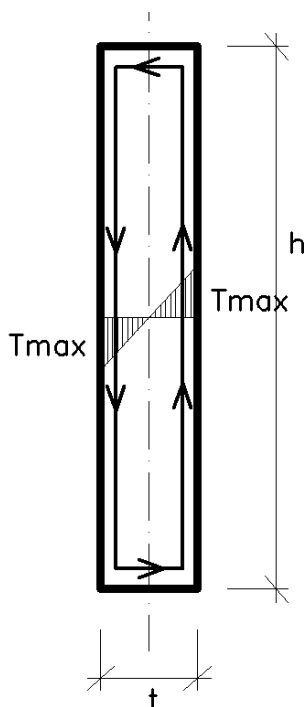
kde:  $t$  je tloušťka obdélníku

$h$  je výška obdélníku

$M_t$  je moment v kroucení

Průřez, který je složen z více tenkostěnných obdélníků. Tak pro takový průřez platí, že celková tuhost v kroucení je součet tuhostí jednotlivých obdélníků.

Z těchto vztahů plyne, že smykové napětí v tenkostěnném otevřeném průřezu je největší v místě s největší tloušťkou. Rozložení napětí po tenkostěnném průřezu je lineární, jak je ukázáno na obr. č. 22. Je zde také ukázán smykový tok na tenkostěnném otevřeném průřezu. Dále tuhost v kroucení tenkostěnných průřezů razantně roste s tloušťkou průřezu (se třetí mocninou).



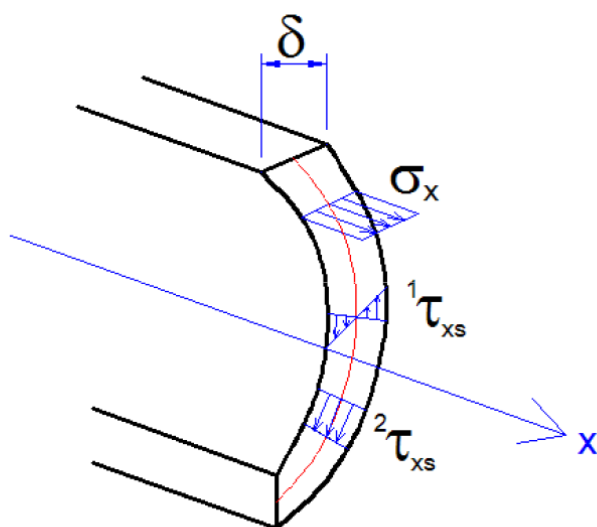
Obrázek 22 – Rozložení napětí po tenkostěnném průřezu

### 2.3.2.2. Vázané kroucení tenkostěnných otevřených průřezů:

Vázané kroucení nelze u tenkostěnných otevřených průřezů zanedbat. Tyto průřezy jsou náchylnější na větší deplaci průřezu než masivní průřezy. Zabráníme-li deplaci vznikají v průřezu přidavné normálové napětí. V průřezech poté vznikají ohybové momenty (bimomenty), které uvádí soustavu do rovnováhy. Vzniká zde také vázané smykové napětí, které se sčítá s účinky smykového napětí od volného kroucení.

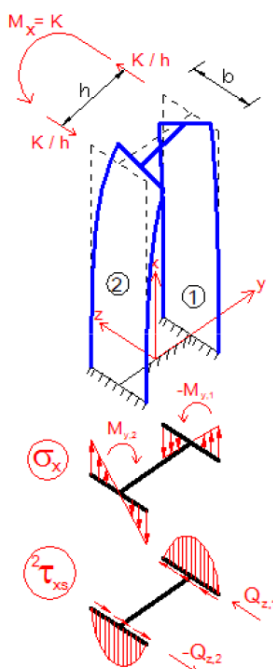
Při vázaném kroucení vzniká tedy normálové napětí vlivem bimomentu, dále vzniká smykové napětí od volného kroucení a smykové napětí od vázaného kroucení. Na

obrázku č. 23 jsou ukázána jednotlivá napětí rozložená po průřezu. Index 1 je smykové napětí od volného kroucení a index 2 označuje smykové napětí od vázaného kroucení.



Obrázek 23 – Napětí na tenkostěnném otevřeném průřezu

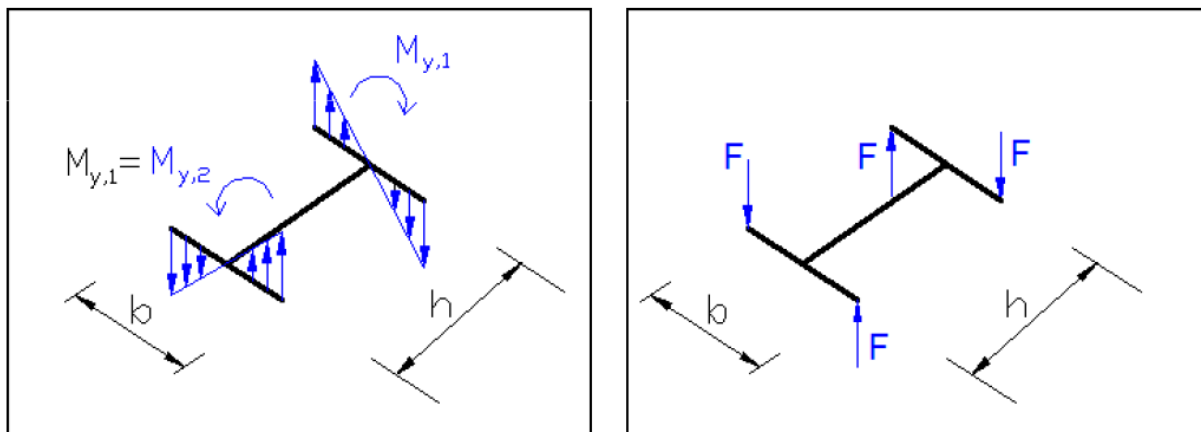
Na obrázku č. 24 je ukázán vznik normálových napětí a smykových napětí od vázaného kroucení. Je vidět, že průběh normálových napětí je lineární a průběh smykových napětí kvadratický.



Obrázek 24 - Normálové napětí a smykové napětí od vázaného kroucení



Na obrázku č. 25 je ilustrace bimomentu. Zde bimoment představuje dva protisměrné stejně veliké momenty, které působí na pásnici průřezu. Dá se nahradit také soustavou sil.



Obrázek 25 - Bimoment

Normálové napětí se vypočte jako: 
$$\sigma_x = \frac{B \cdot \omega}{I_\omega}$$

kde:  $B$  je bimoment, který se vypočte 
$$B = -EI_\omega * \frac{d\theta}{dx}$$

$\omega$  je výsečová souřadnice průřezu

$I_\omega$  je výsečový moment setrvačnosti průřezu

$E$  je modul pružnosti materiálu

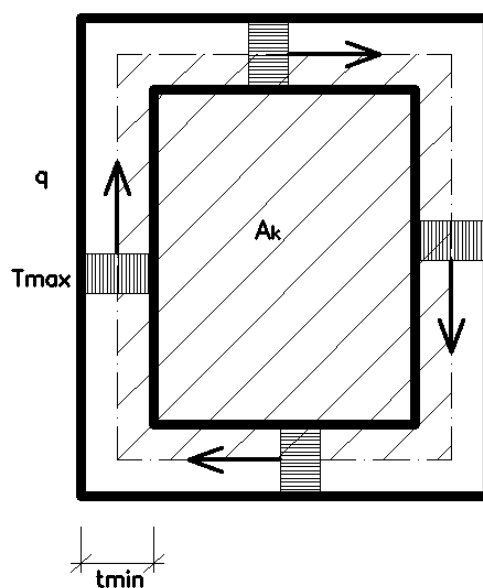
$\theta$  je úhel zkroucení

Poté se dá výraz zjednodušit: 
$$\sigma_x = -E * \frac{d\theta}{dx} * \omega$$

### 2.3.2.3. Kroucení tenkostěnných uzavřených průřezů:

Při kroucení tenkostěnných uzavřených průřezů dochází k jinému chování než u tenkostěnných otevřených průřezů. Smykové napětí má konstantní průběh po šířce průřezu, je-li tloušťka relativně malá. Smykové napětí působí ve směru střednice průřezu.

Maximální smykové napětí vzniká v nejužším místě průřezu a lze ho vypočítat pomocí dvou Bredtových vzorců. Na obrázku č. 26 je ukázán průběh smykového napětí a smykového toku po průřezu.



Obrázek 26 - Smykové napětí a smykový tok na tenkostěnném uzavřeném průřezu

První Bredtův vzorec charakterizuje výpočet průřezového modulu v kroucení pro tenkostěnné uzavřené průřezy.

$$W_t = 2 * A_k * t$$

kde:  $A_k$  je plocha uzavřená střednicí průřezu

$t$  je tloušťka větve průřezu

Druhý Bredtův vzorec popisuje tuhost v kroucení tenkostěnných uzavřených průřezů. Je definován jako:

$$I_t = \frac{4 * A_k^2}{\oint_s \frac{ds}{t(s)}}$$

kde:  $A_k$  je plocha uzavřená střednicí průřezu

$\oint_s \frac{ds}{t(s)}$  je křivkový integrál podílu celé délky uzavřené střednice průřezu a tloušťky průřezu

Výsledné napětí v tenkostěnném uzavřeném průřezu se potom vypočte:

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{M_t}{2 * A_k * t}$$

Smykový tok vypočteme jako součin tloušťky a výsledného smykového napětí.[4], [5], [6], [7]

$$q = \tau * t = \frac{M_t}{2 * A_k}$$

### 2.3.3. Kroucení betonových prvků dle ČSN EN 1992 – 1 - 1

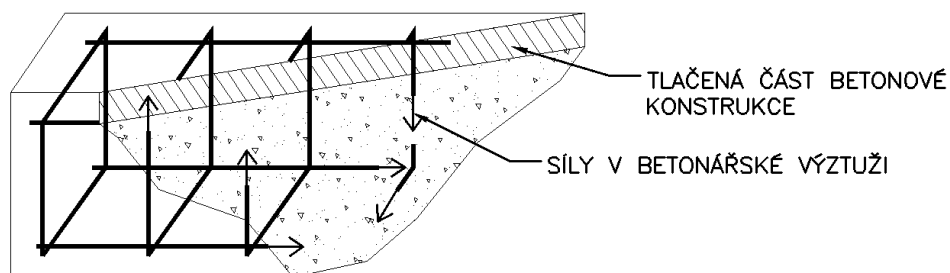
V betonových konstrukcích dělíme chování a porušování konstrukcí namáhané kroucením na dva typy.

Prvním typem je konstrukce bez trhlin. U takové konstrukce se prvek počítá dle pružnosti, smykové napětí se vypočte dle vzorců, které jsem uvedl v předešlých kapitolách na základě zatřídění průřezu (masivní – tenkostěnný otevřený/uzavřený).

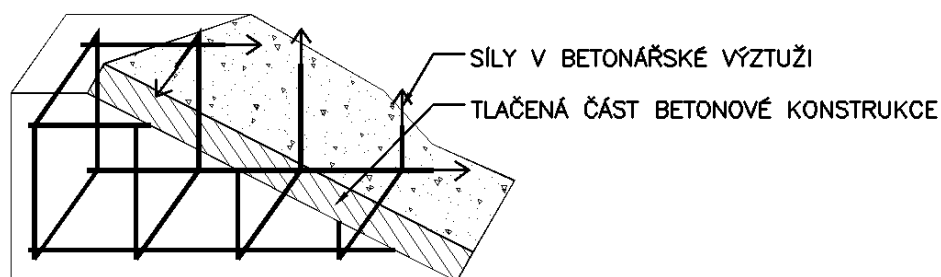
Při zvyšování zatížení vzniknou v prvku trhliny. Tím se dostaneme k druhému typu - konstrukce po vzniku trhlin. Buď konstrukce nemá výztuž na kroucení a dochází ke kolapsu konstrukce, nebo konstrukce má výztuž (příčnou i podélnou) a tato výztuž přenáší zatížení. K porušení poté dojde dosažením meze kluzu ve výztuži, poté dochází k výraznému zkroucení prvku. Konstrukce varuje. Další možnost porušení je rozdrčení tlačného betonu v místech mezi trhlínami.

Účinky kroucení na konstrukci většinou nepůsobí osamoceně, a proto je nutné účinky skládat od různých zatížení a charakterizovat porušení prvků. Rozdělíme tedy chování kroucených prvků na kombinaci účinků kroucení s působením posouvajících sil a kombinaci účinků kroucení s působením ohybových momentů. Na obrázku č. 27 je znázorněné porušení takto namáhaných prvků a místo tlačné oblasti.

## PORUŠENÍ KOMBINACE KROUCENÍ A OHYB



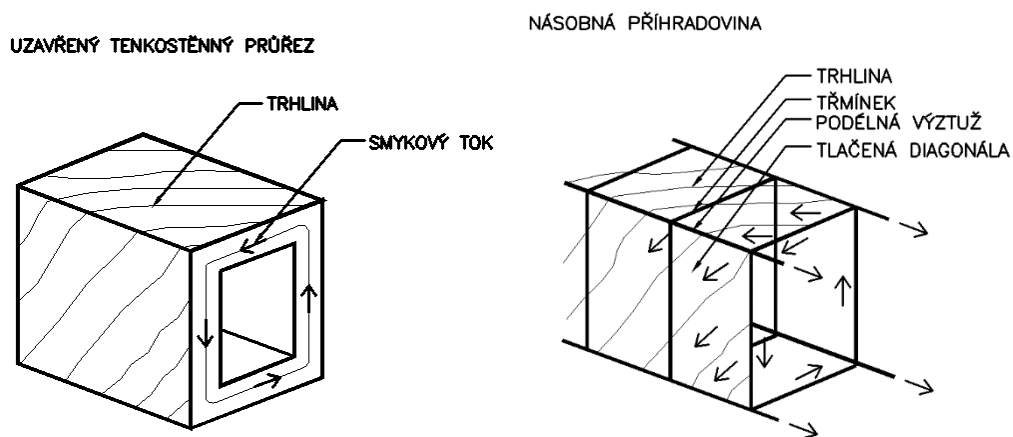
## PORUŠENÍ KOMBINACE KROUCENÍ A SMYK



Obrázek 27 – Porušení železobetonových prvků vlivem kroucení

2.3.4. Výpočetní modely kroucených prvků

Výpočetní modely obecných kroucených masivních průřezů lze získat převedením na tenkostěnný uzavřený průřez nebo se konstrukce může modelovat pomocí prostorové násobné příhradové soustavy (Strut and Tie model), což je soustava prutů, které reprezentují příčnou a podélnou betonářskou výztuž na kroucení a tlačené diagonály mezi trhlinami (obrázek 28). Složené průřezy (průřezy tvaru T) se dají rozdělit na dílčí tenkostěnné průřezy a celková únosnost v kroucení je součtem únosností jednotlivých částí.



Obrázek 28 - Násobná příhradovina

### 2.3.5. Únosnost kroucených prvků bez trhlin

Pro výpočet průřezu bez trhlin se používá pružná analýza konstrukce, a proto se vychází z modelu obecného tenkostěnného uzavřeného průřezu (obrázek č. 29). Pro výpočet smykového napětí od krouticího momentu se použije Bredtův vzorec.

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} = \frac{T_E}{2 * A_k * t}$$

Pro idealizaci tenkostěnným uzavřeným modelem je nejprve nutné znát účinnou tloušťku stěny. Ta se vypočte jako podíl celkové plochy  $A$  neoslabeného průřezu a jeho vnějším obvodem  $u$ .

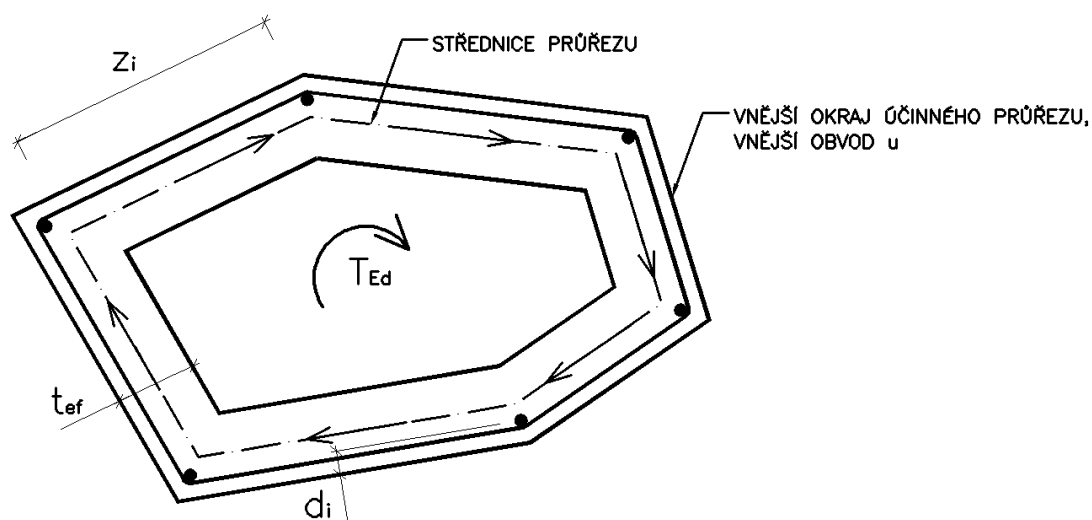
$$t_{ef} = \frac{A}{u}$$

Pro tento vzorec platí ještě podmínka:

$$2d \leq t_{ef} \leq t_w$$

kde:  $d$  je vzdálenost mezi osou podélné výztuže a okrajem průřezu

$t_w$  je skutečná tloušťka stěny u případného dutého průřezu



Obrázek 29 - Obecný tenkostěnný průřez železobetonového průřezu

Únosnost prvku v kroucení na mezi vzniku trhlin se určí opět z Bredtova vzorce. Pokud za smykové napětí dosadíme  $f_{ctd}$ . Poté dostáváme vztah:

$$T_{Rc} = f_{ctd} * 2 * A_k * t_{ef}$$

Posouzení únosnosti na mezi vzniku trhlin s návrhovým momentem od kroucení je potom:

$$T_{Rc} \geq T_{Ed}$$

Protože krouticí moment většinou nepůsobí osaměle a současně působí i posouvající síla  $V_{Ed}$ . Musí být splněna interakční podmínka pro průřez bez smykové výztuže:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rc}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rc}} \leq 1,0$$

kde  $V_{Rc}$  je mezní posouvající síla pro průřez bez smykové výztuže.

I při této podmínce musí být v průřezu aspoň minimální vyztužení na smyk.

### 2.3.6. Únosnost kroucených prvků s trhlinami

Při zvýšeném zatížení, kdy v průřezu již vzniknou trhliny, je třeba navrhnout výztuž na kroucení. Tato výztuž se vkládá do průřezu v podobě uzavřených třmíneků a přidává se i podélná výztuž. Při větším namáhání krouticím momentem zanedbáváme přínos tlačeného betonu ve vzniklé trhlíně a veškeré zatížení od krouticího momentu a posouvající síly bude přenášet výztuž.

Odvození vztahů pro výpočet únosnosti v čistém kroucení nebo při návrhu výztuže na kroucení můžeme vycházet z podobných vztahů jako při návrhu smykové výztuže při působení posouvající síly. Posouvající síla v jednotlivé stěně se potom určí z Bredtova vzorce pro smykový tok.

$$v_{Ei} = \tau_t * t_{efi} = \frac{T_E}{2 * A_k}$$

Poté posouvající síla pro jednotlivou stěnu se vypočte jako:

$$V_{Ei} = v_{Ei} * z_i = \frac{T_E * z_i}{2 * A_k}$$

Potřebnou výztuž lze také vyčíslit z průmětu této svislé posouvající síly do plochy šikmé trhliny ve stěně do směru podélné osy průřezu. Ve tvaru:

$$v_{Ei} = \frac{V_{Ei}}{z * \cotg\theta} = \frac{T_E}{2 * A_k * \cotg\theta}$$

Poté měrná únosnost na jednotku délky tohoto průmětu se vypočte jako:

$$v_{Rwi} = \frac{A_{swi} * f_{ywd}}{s_w}$$

Lze tedy zapsat:

$$\frac{A_{swi} * f_{ywd}}{s_w} = \frac{T_E}{2 * A_k * \cot g \theta}$$

Podobný přístup zvolíme i při návrhu podélné výztuže na kroucení. U únosnosti se vychází z podmínky rovnosti měrné únosnosti  $v_{Rl}$  na jednotku délky střednice  $u_k$  a ekvivalentní měrnou vodorovnou posouvající silou  $v_{El}$

$$v_{Rl} = \frac{\sum A_{sl} * f_{yd}}{u_k} = v_{El} = \frac{T_E * \cot g \theta}{2 * A_k}$$

U výpočtu podélné výztuže musíme také uvažovat s interakcí s ohybovým momentem a posouvající silou. Proto můžeme podélnou výztuž v tlačené části redukovat úměrně tlakové síle a v tažených částech průřezu naopak přidat. Plná hodnota podélné výztuže se dá do stěn, kde převažuje v interakci kroucí moment a posouvající síla.

Účinky smyku od kroucení a posouvajících sil lze počítat pouze, je-li úhel tlačené diagonály stejný pro oba případy. O únosnosti v kroucení při kombinaci s posouvající silou může také rozhodovat únosnost tlačené diagonály, a proto musí být dodržena podmínka:

$$\frac{T_E}{T_{Rmax}} + \frac{V_E}{V_{Rmax}} \leq 1,0$$

kde:  $V_{Rmax}$  je smyková únosnost tlačené diagonály (segment mezi trhlinami)

$T_{Rmax}$  je torzní únosnost tlačené diagonály pro uzavřený tenkostěnný průřez

Torzní únosnost tlačené diagonály pro jednotlivou stěnu se stanoví jako:

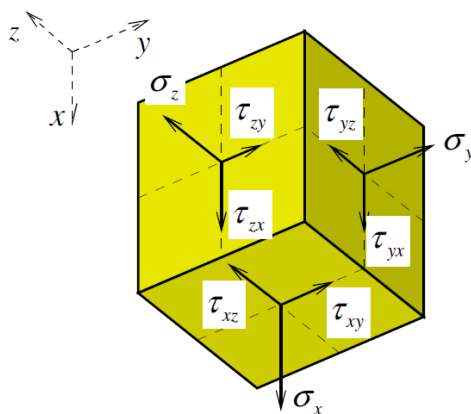
$$T_{Rmax} = T_{Rmaxi} = 2 * A_k * \alpha_{cw} * v * f_{cd} * t_{efi} * \sin \theta * \cos \theta$$

## 2.4. Prostorová napjatost, deformace a Hookeův zákon

Obecně prostorová napjatost v bodě je popsána 9 složkami napětí. Napětí nezávisí pouze na bodě, ale také na směru, ve kterém ho zkoumáme a vedeme řez. Napětí má

obecně kolmou složku na rovinu řezu a rovnoběžnou s rovinou řezu. Kolmá označujeme normálová, rovnoběžná jsou smyková. Které dohromady tvoří tenzor napětí:

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$$



Obrázek 30 – Napětí na elementárním dílku

Z momentových podmínek rovnováhy plyne, že smyková napětí, na vzájemně kolmých ploškách, jsou si rovna.

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx}$$

$$\tau_{zy} = \tau_{yz}$$

Poté z 9 neznámých dostáváme pouze 6 neznámých. Tři normálové a tři smykové.

Pomocí rovnováhy na elementárním dílku, můžeme odvodit Cauchyho rovnice rovnováhy. Tyto rovnice jsou celkem 3 (v každém směru osy jedna) a říkají nám jaký je vztah mezi vnější silou a napětím na elementárním kvádru. Jedná se o statické rovnice.

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \bar{X} = 0$$

$$\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \bar{Y} = 0$$

$$\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \bar{Z} = 0$$

Deformace jsou v prostoru charakterizovány opět 3 normálovými složkami a 3 smykovými složkami. Normálové složky popisují protažení ve směru souřadnicových os a smykové složky deformace popisují zkosení pravých úhlů mezi hranami xz, xy a yz.



Normálové složky deformace:  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$

Smykové složky deformace:  $\gamma_{xz}, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}$

Vztahy mezi deformacemi a posunutím nazýváme geometrickými rovnicemi. Pokud známe posunutí, můžeme z nich spočítat deformace. Pokud budeme značit  $u$  jako posunutí ve směru osy x,  $v$  posunutí ve směru osy y a  $w$  posunutí ve směru osy z. Dostáváme vztahy, čili dalších 6 rovnic:

Normálové složky deformace:

$$\varepsilon_x = \frac{\delta u}{dx}, \varepsilon_y = \frac{\delta v}{dy}, \varepsilon_z = \frac{\delta w}{dz}$$

Smykové složky deformace:

$$\gamma_{yz} = \frac{\delta v}{dz} + \frac{\delta w}{dy}, \gamma_{zx} = \frac{\delta w}{dx} + \frac{\delta u}{dz}, \gamma_{xy} = \frac{\delta u}{dy} + \frac{\delta v}{dx}$$

Obecný Hookeův zákon zahrnuje vztahy mezi složkami napětí a složkami deformace. Pro jednoosou napjatost platí:

Pro osu x	Pro osu y	Pro osu z
$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E}$	$\varepsilon_x = -\vartheta * \frac{\sigma_y}{E}$	$\varepsilon_x = -\vartheta * \frac{\sigma_z}{E}$
$\varepsilon_y = -\vartheta * \varepsilon_x = -\vartheta \frac{\sigma_x}{E}$	$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E}$	$\varepsilon_y = -\vartheta * \frac{\sigma_z}{E}$
$\varepsilon_z = -\vartheta * \varepsilon_x = -\vartheta \frac{\sigma_x}{E}$	$\varepsilon_z = -\vartheta \frac{\sigma_y}{E}$	$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E}$

Pokud sečteme následující vztahy ve vodorovném směru, dostáváme vztahy mezi prostorovými deformacemi a prostorovou napjatostí. Těmto vztahům se říká zobecněný Hookeův zákon (celkem 6 materiálových rovnic).

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu\sigma_y - \nu\sigma_z) & \gamma_{xy} &= \frac{2(1+\nu)}{E}\tau_{xy} \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu\sigma_z - \nu\sigma_x) & \gamma_{xz} &= \frac{2(1+\nu)}{E}\tau_{xz} \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E}(\sigma_z - \nu\sigma_x - \nu\sigma_y) & \gamma_{yz} &= \frac{2(1+\nu)}{E}\tau_{yz} \end{aligned}$$

Nebo obráceně, závislost napětí na deformaci:

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y + \nu\varepsilon_z] \\ \sigma_y &= \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x + \nu\varepsilon_z] \\ \sigma_z &= \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} [(1-\nu)\varepsilon_z + \nu\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{xy} &= \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{xy} \\ \tau_{xz} &= \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{xz} \\ \tau_{yz} &= \frac{E}{2(1+\nu)} \gamma_{yz}\end{aligned}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

kde:  $\nu$  je Poissonův součinitel příčné deformace

$E$  je Youngův modul pružnosti

$G$  je Modul pružnosti ve smyku

Dostáváme tedy celkem 15 rovnic, které řeší obecnou prostorovou úlohu. 6 geometrických rovnic, kde dostáváme vztah mezi posunutími a deformacemi. 6 materiálových, kde dostáváme vztah mezi deformacemi a napětím a 3 statické rovnice, kde dostáváme vztah mezi vnějšími silami a napětím.

### 3. Popis výpočtových modelů

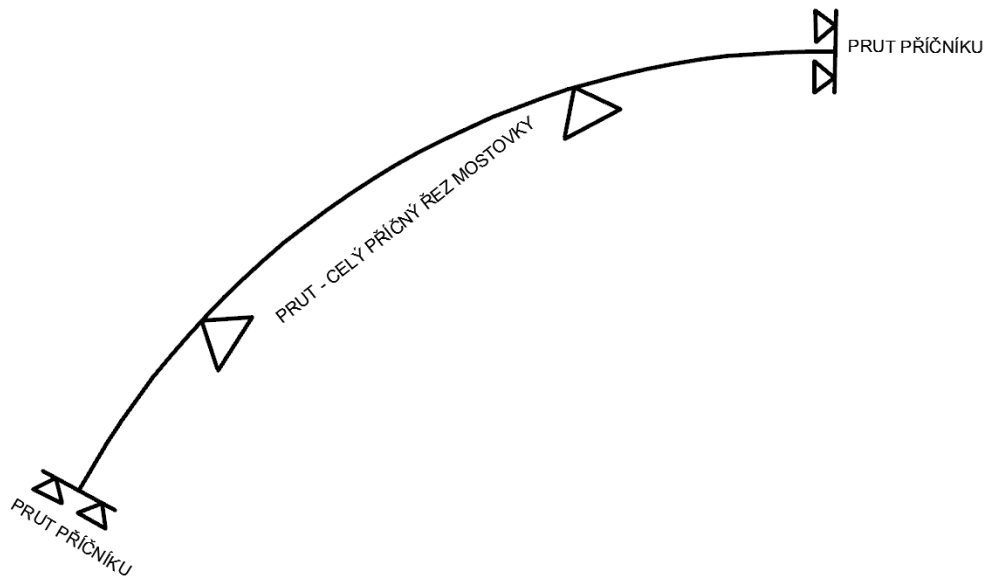
Jednotlivé konstrukce mostů byly modelovány v programech Scia Engineering a midas Civil. U každé z 5 reálných konstrukcí, které jsou popsány v kapitole 2.1. Popis analyzovaných mostů, bylo vyrobeno celkem 5 modelů v programu Scia Engineering a 2 modely v programu midas Civil. Geometrie jednotlivých modelů byla vytvořena v programu AutoCAD a následně byla importována do výpočetních programů. Výsledkem je porovnání výpočtových modelů konstrukce včetně výstižnosti jednotlivých modelů.

#### Druhy výpočtových modelů:

- Prutový model ( Scia Engineering )
- Roštový model ( Scia Engineering, midas Civil )
- Deskový model se žebry ( Scia Engineering )
- Deskostěnový model ( Scia Engineering )
- Deskostěnový model – tenkostěnný ( Scia Engineering )
- Objemové prvky ( midas Civil )

#### Prutový model

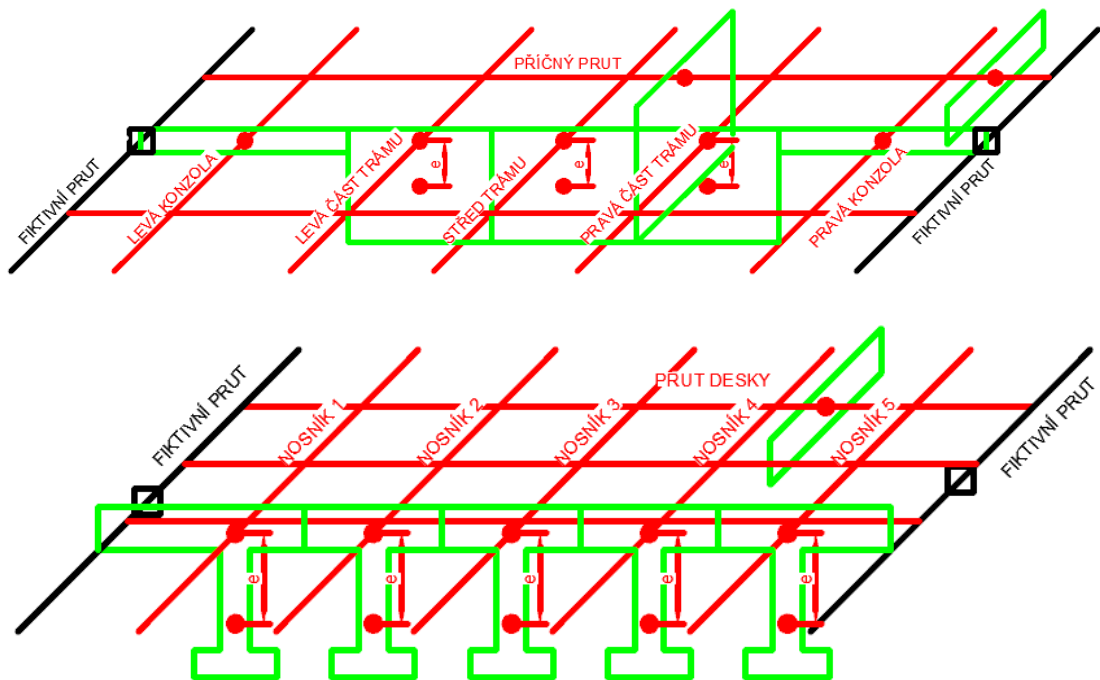
Nejjednodušším modelem konstrukce je prutový model. Výpočtový model se skládá pouze z 1D prvků modelovaných ve 3D prostředí. Zatížení i vnitřní síly se vztahují na střednici konstrukce. Mostovku mostu tvoří jeden prut, který má skutečný průřez mostu. Příčník tvoří pruty, které vystihují tvar příčníku. Příčník a mostovka se na sebe napojují v těžištích a tvoří tak konstrukci v ploše. Prutům příčníku je potom udělena excentricita, která vystihuje skutečný tvar konstrukce. Podpory jsou modelovány pomocí tuhých ramen, které vedou z těžiště příčníku a podporují konstrukci v místech úložného prahu. Tuhá ramena jsou modelována pomocí oceli, která má mnohonásobně zvětšený modul pružnosti ( $1,0e+12$  MPa). Ocel byla zvolena i kvůli tomu, že není ovlivněna objemovými změnami. Zároveň je u tohoto materiálu přidána nulová hmotnost prvků tak, aby neovlivňovala nijak výpočet. Průřez tuhého ramene byl zvolen jako kruh o průměru 1,0 m. Tato tuhá ramena byla použita u všech modelů konstrukcí.



Obrázek 31 - Prutový model

### Roštový model

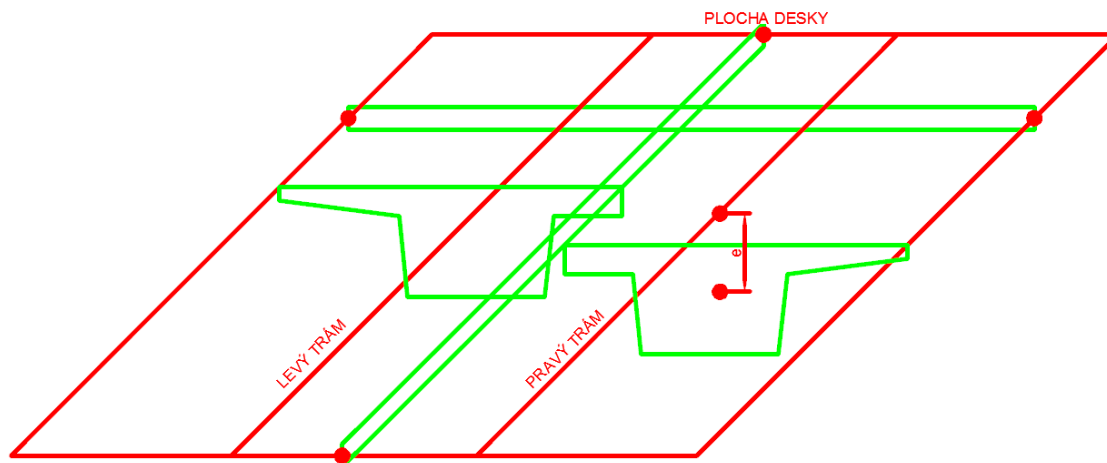
Tento model zjednodušuje konstrukci na rovinný rošt. Konstrukce se skládá také pouze z 1D prvků modelovaných ve 3D prostředí. V podélném směru se konstrukce modeluje podle skutečnosti. Jednotlivé části průřezu jsou v podélném směru rozděleny na části a příčně spojené pruty tak, aby dohromady tvořily čtvercovou síť nebo obdélníkovou síť o poměru stran maximálně 1:2. Příčné pruty zajišťovaly roznošení zatížení na jednotlivé podélné pruty. Tyto pruty měly průřez, který kopíroval průřez mostu kolmo na střednici. Průřezy s náběhy (konzoly, středové části trámu s náběhy) se modelovaly jako obdélníkového průřezu s průměrnou konstantní výškou průřezu. Tím byla zajištěna tuhost jednotlivých prutů v příčném směru. Jednotlivým prutům je připsána excentricita, aby model vypadal dle skutečnosti. Vždy byla zvolena excentricita k hornímu povrchu prvku. V roštovém modelu byly použity na krajích desky fiktivní pruty, které dotvářely konstrukci. Díky těmto fiktivním prutům nedocházelo ke ztrátě zatížení. Výhodou tohoto modelu je rychlost výpočtu (pouze 1D prvky) a také, že dostáváme přímo vnitřní síly. Nevýhodou tohoto modelu je, že zatížení nemůžeme dát do libovolného bodu konstrukce, je třeba ho rozpočítat do nejbližších uzlů modelu nebo na nejbližší prvky sítě. Oba programy Scia Engineer i midas Civil toto rozpočítání umí udělat. V programu Scia Engineer je funkcionální Zatěžovací panel. Tento panel roznáší zatížení na prvky sítě. V programu midas Civil při pojezdu zatížení LM1 byly zadány příčné vazby, na které se zatížení má rozvést a dále byla zadána dráha a excentricita jednotlivých zatěžovacích pruhů. Program poté automaticky pojede konstrukci a rozdělí zatížení na pruty dle zatěžovacích pruhů.



Obrázek 32 - Roštový model

### Deskový model se žebry

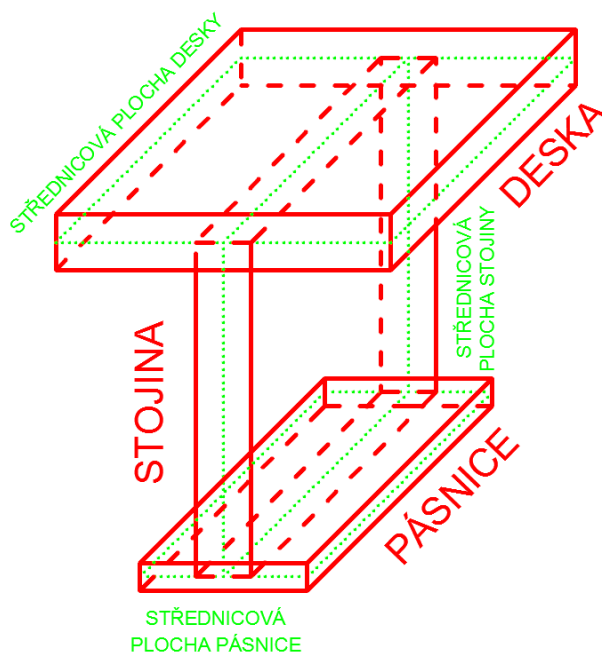
Dalším výpočetním modelem je deskový model se žebry. Konstrukce je modelována pomocí deskové konstrukce a hlavní nosníky a příčníky tvoří 1D prvky. Program automaticky přidá excentricitu žebřům, která je rozdílem těžišť desky a žebra (trámu/nosníků). V tomto modelu můžeme modelovat desku mostovky podle skutečného tvaru konstrukce (v předešlých modelech tomu tak nebylo) – zakřivené, zaoblené. Výhodou oproti předešlým modelům je, že můžeme umístit zatížení libovolně na konstrukci. Model je již náročnější na software, jelikož je použit 2D a 1D prvek. Program automaticky integruje napětí v desce na vnitřní síly a umí je složit s vnitřními silami na žebře.



Obrázek 33 - Deskový model se žebry

### Deskostěnový model

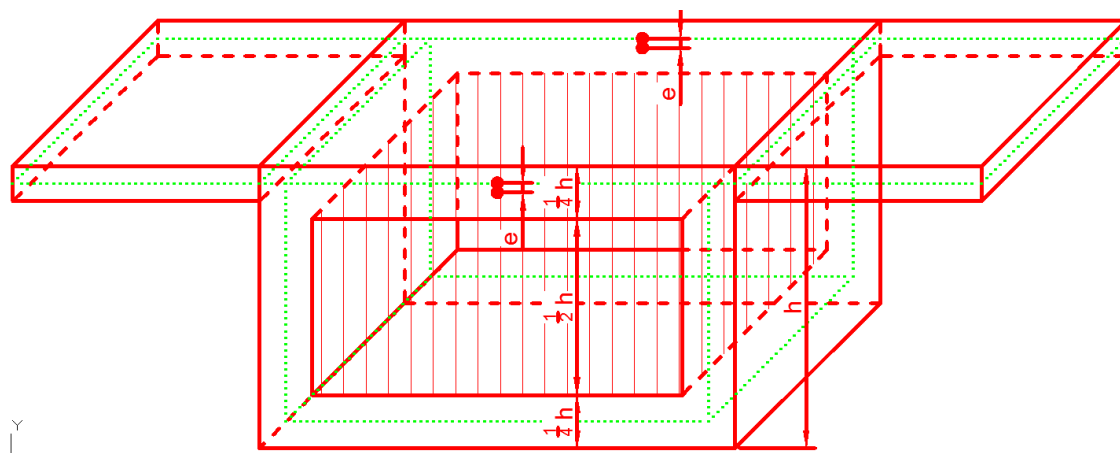
Nejsložitějším modelem, který se dá v programu Scia Engineering vytvořit, je deskostěnový model, kde je celá konstrukce modelována pouze 2D prvky. Jedná se o nejmátižnější model konstrukce (kromě 3D brick modelu). Model je nejnáročnější na výpočet a dostáváme přímo napětí na jednotlivých částech konstrukce. Čili interpretace výsledků je náročnější, nedostáváme přímo vnitřní síly. Geometrie konstrukcí byla tvořena prostorově pomocí střednicových ploch. Po přenesení geometrie do programu, byla jednotlivým plochám udělena tloušťka.



Obrázek 34 - Deskostěnový model konstrukce

### Deskostěnový model – tenkostěnný

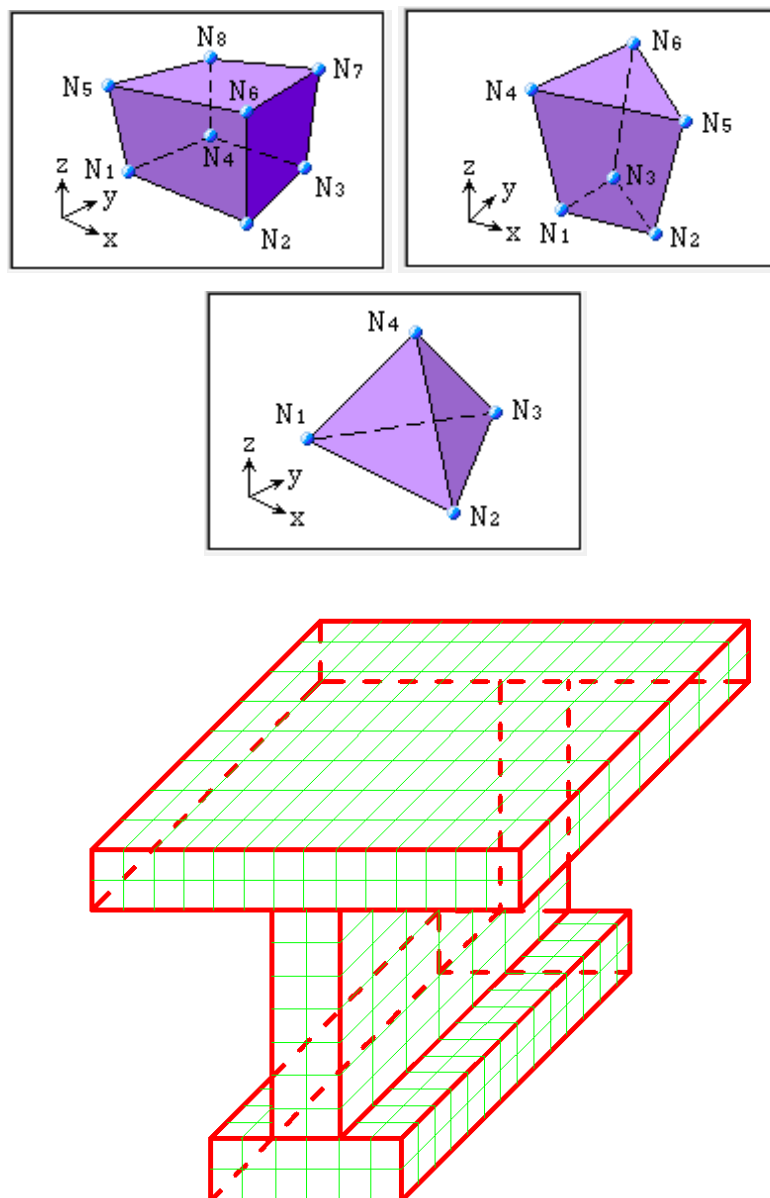
Posledním modelem, který byl vytvořen v programu Scia Engineer byl deskostěnový model – tenkostěnný. Tento model byl vytvořen pro trémové konstrukce. Z trému byla vytvořena komora. Otvor má výšku poloviny celkové výšky trému, ostatní desky mají potom tloušťku  $\frac{1}{4}$  výšky komory. Na obrázku 35 je vidět vynechaný objem trémové konstrukce, který byl následně doplněn do modelu pomocí vnějšího zatížení na spodní desku komory.



Obrázek 35 - Deskostěnový model – tenkostěnný jednotrémové konstrukce

### Objemové prvky

Model objemových prvků byl vypracován pouze v programu midas CIVIL, Scia tento model neumí. Konstrukce byla rozdělena objemovými prvky, které dohromady tvořily celou konstrukci. Muselo se dbát na to, aby prvky na sebe navzájem navazovaly v uzlech jednotlivých objemových prvků. Po počátečním seznámení s modelováním objemových prvků jsem se rozhodl modelovat konstrukci nejprve v příčném směru pomocí desek. Příčný řez nosné konstrukce jsem si nejprve v AutoCADu rozdělil na jednotlivé plochy, které dohromady dávaly příčný řez nosné konstrukce, dále jsem na takto rozdělený příčný řez domodeloval plochy příčnicku. Plochy takto na sebe navazovaly v uzlech. Tyto plochy jsem následně namodeloval v programu a pomocí funkce Extrude jsem plochy vytvaroval do objemových prvků. Poté jsem plochy vymazal a zbyl model s objemovými prvky, ke kterým jsem už jen přidal materiál. Objemové prvky bylo možné vytvářet buď pomocí 8, 6 nebo 4 uzlů. Počet uzlů dával objemovému prvku různý tvar (kvádr, hranol s trojúhelníkovou podstavou a jehlan s trojúhelníkovou podstavou).



Obrázek 36 - Model objemových prvků

### 3.1. Popis a kontrola konstrukčních modelů reálných konstrukcí v programu Scia Engineering

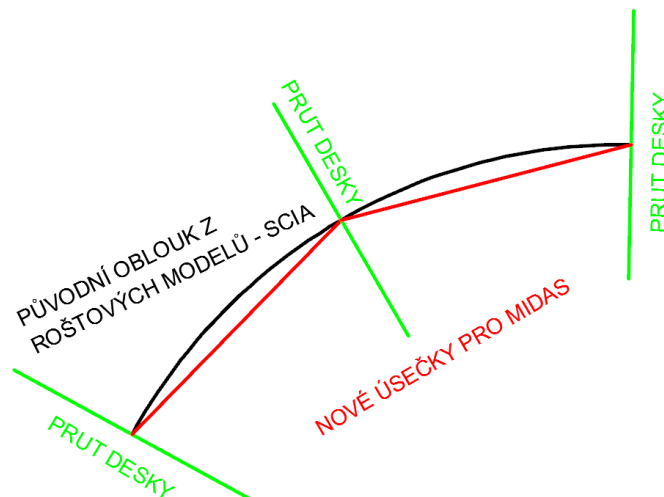
Pro každý model konstrukce byla vytvořena geometrie konstrukce v programu AutoCAD. Následně tato geometrie konstrukce byla převedena do výpočetního programu. Jednotlivým prvkům byly přiřazeny průřezové a materiálové vlastnosti. Pro ověření správnosti konstrukčních modelů byly sečteny reakce od zatěžovacích stavů, kde byla umístěna osamělá síla 100 kN uprostřed rozpětí a zatěžovací stav s vlastní tíhou.



Dále byly porovnány průhyby jednotlivých modelů pro stejné zatěžovací stavy. Průhyby byly brány z 3D deformace konstrukce ze stejného místa.

### 3.2. Popis a kontrola konstrukčních modelů reálných konstrukcí v programu midas CIVIL

V programu midas CIVIL byly vytvořeny pouze roštové modely konstrukcí a modely objemových prvků. U roštových modelů byla geometrie opět převzata z předešlých aplikací ve Scie Engineering. Pouze se dbalo na to, aby prvky byly vytvořeny z úseček, midas CIVIL neimportuje geometrii vytvořenou z křivek. U roštových modelů u půdorysně zakřivených konstrukcí byl oblouk nahrazen úsečkou. K vytvoření takové geometrie sloužily podklady roštových modelů, které byly vytvořeny v programu Scia Engineering. Aby byl zachován přibližný tvar půdorysně zakřivené konstrukce u roštové konstrukce v programu midas CIVIL, spojovala úsečka vždy průsečík původního oblouku a prutu desky (viz. Obrázek 37). Do programu byly vždy nejprve nahrány průřezové charakteristiky jednotlivých konstrukcí. Dále materiály, beton C 30/37 a tuhá ramena, která byla přidána jako User define material. Byl zvolen opět vysoký modul pružnosti  $1,0e+12$  MPa a hmotnost nulová. Následoval import geometrie a přiřazení jednotlivým hladinám z programu AutoCAD materiálové a průřezové charakteristiky. Poté bylo přiřazeno podepření dle skutečnosti a zatížení.



Obrázek 37 - Převedení geometrie na úsečky

Modely objemových prvků byly sestaveny tak, aby respektovaly skutečnou geometrii konstrukce. Jednotlivé prvky byly na sebe napojovány v uzlech. Výroba takového modelu začala vždy u rozdělení průřezu nosné konstrukce na síť, tato síť byla poté vložena do průřezu příčnicku a byla dokreslena celá síť nosné konstrukce včetně

příčnicku. V programu midas Civil byla nejprve vytvořena svislá plocha se sítí, která charakterizovala nosnou konstrukci, dále byly dotvořeny plochy příčnicku. Plocha příčnicku byla poté roztažena do objemových prvků, které dohromady tvořily příčník. Poté rozšířením plochy nosné konstrukce byl vymodelován zbytek konstrukce. Na konci nosné konstrukce byla opět aplikována plocha pro příčník. Ta byla opět rozšířena a objemový model byl hotový. Dále se přidaly podpory dle skutečnosti.

Opět pro ověření správnosti konstrukčních modelů byly sečteny reakce od zatěžovacího stavu, kde byla umístěna osamělá síla 100 kN doprostřed rozpětí středního pole konstrukce a zatěžovací stav s vlastní tíhou. Dále byly porovnány průhyby jednotlivých modelů od zatížení vlastní tíhou a osamělou silou 100 kN uprostřed rozpětí stejně jako v programu Scia Engineering. Opět byly brány průhyby z 3D deformace konstrukce.

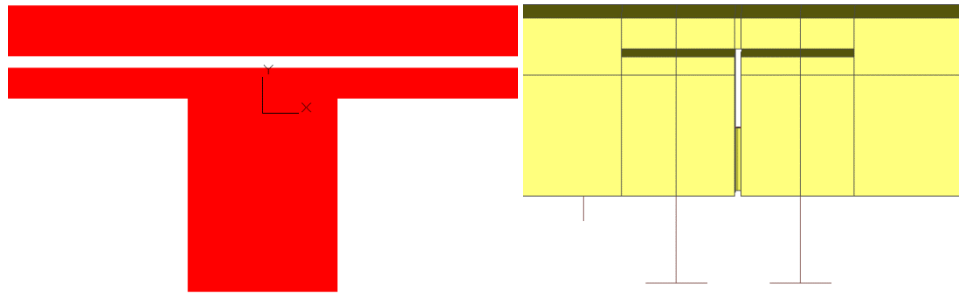
### 3.3. Dálniční most na D7 na Dřetovickém potoce u obce Stehelčevy

#### 3.3.1. Scia - Prutový model

Konstrukce byla modelována v podélném směru několika pruty, ty mají průřez nosníků se spřaženou deskou, průřez nosníků s pérovou deskou a průřez vylehčené desky v mezeře mezi nosíky. Příčník byl modelován pomocí prutů, kterým byla udělena excentricita vůči prutu v podélném směru, aby model odpovídal skutečné konstrukci. Poloha skutečného uložení konstrukce byla dosažena pomocí tuhých ramen, které měly takovou délku, aby podpora mohla být umístěna přímo pod příčníkem nebo nosíkem. Na mezilehlých pilířích (P2 a P3) jsou prefabrikované nosníky uloženy vždy na dvojici ložisek. Uložení bylo modelováno tedy jednou dvojicí ložisek, které jsou uloženy pomocí svislých tuhých ramen.



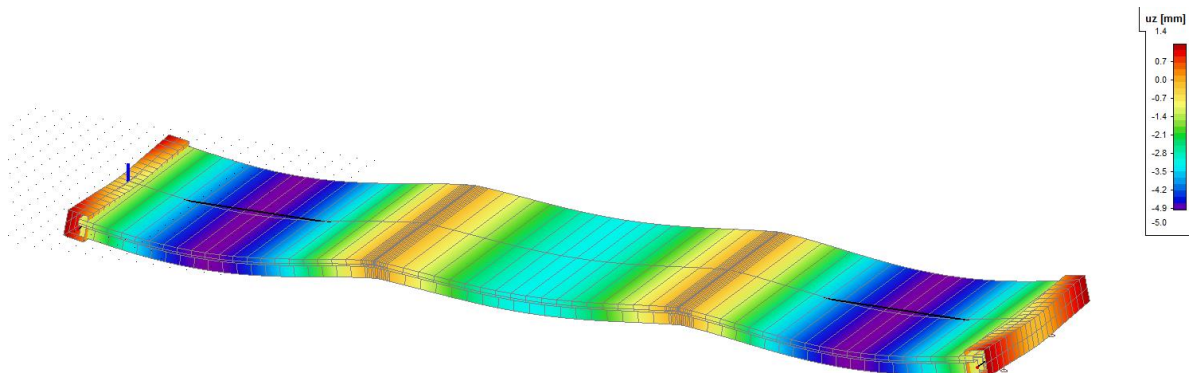
Obrázek 38 - Pohled na prutový model dálničního mostu na D7



Obrázek 39 - Průřez nosníků s pérovou deskou (mezi deskou a nosníky je 5 cm mezera)

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - SCIA - D7 STEHELČEVES - PRUTOVÝ								
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA								
1.NOSNÍ K	2.NOSNÍ K	3.NOSNÍ K	4.NOSNÍ K	5.NOSNÍ K	6.NOSNÍ K	7.NOSNÍ K	MÍSTO	
		0,1		0,1			KRAJNÍ PODPORA (O1)	
			-238,56				STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
			288,37				STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
			288,37				STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
			-238,56				STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
		0,1		0,1			KRAJNÍ PODPORA (O4)	
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ			PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN		100,02 kN		VYHOVUJE			-0,1	-5

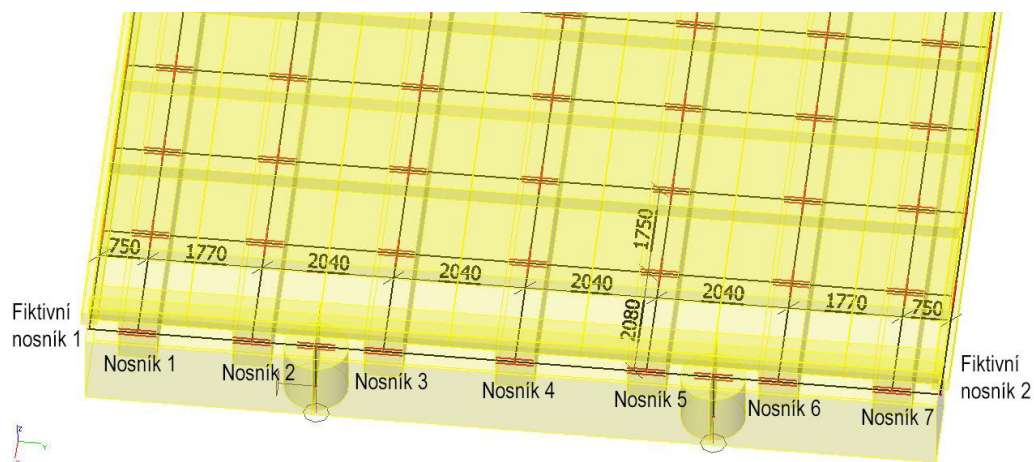


Obrázek 40 - Pohled na svislou deformaci konstrukce od vlastní tíhy

### 3.3.2. Scia - Roštový model

V podélném směru byla konstrukce modelována pruty. Každý prut charakterizuje jeden nosník MK-T. V příčném směru jsou připojeny pruty, které mají výšku stejnou jako je deska mostovky a pásnice nosníku (celkem  $0,25 + 0,12 = 0,37$  m). U příčniku je první

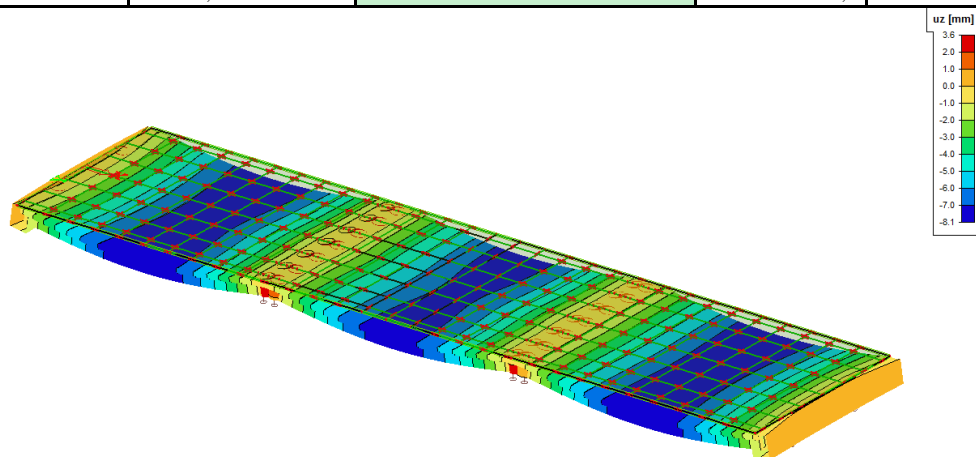
řada sítě prutů 2,04x2,08 m (kolmá vzdálenost na směr jízdy X vzdálenost ve směru jízdy). Další řady sítě jsou již 2,04x1,75 m. Krajní nosníky (NOSNÍK 1 a 7) mají osové vzdálenosti 1,77 m (od vnitřních nosníků) a 0,75 m (od kraje konstrukce).



Obrázek 41 – Roštový model konstrukce

Kontrola výpočtového modelu:

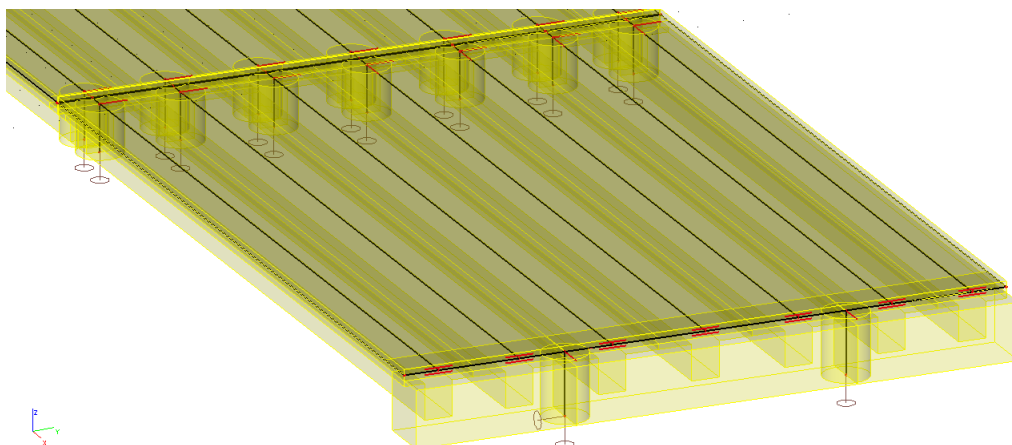
KONTROLA REAKCÍ - SCIA - D7 STEHELČEVES - ROŠT							
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA							
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	3.NOSNÍK	4.NOSNÍK	5.NOSNÍK	6.NOSNÍK	7.NOSNÍK	MÍSTO
		-0,12		-0,12			KRAJNÍ PODPORA (O1)
-0,35	0,24	-0,63	-25,81	-0,63	0,24	-0,35	STŘEDNÍ PODPORA (P2)
-2,02	7,69	9,89	46,41	9,89	7,69	-2,02	STŘEDNÍ PODPORA (P2)
-2,02	7,69	9,89	46,48	9,89	7,69	-2,02	STŘEDNÍ PODPORA (P3)
-0,25	0,09	-0,72	-25,61	-0,72	0,09	-0,25	STŘEDNÍ PODPORA (P3)
		-0,12		-0,12			KRAJNÍ PODPORA (O4)
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ		PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN		99,99 kN		VYHOVUJE		-0,5	-8,1



Obrázek 42 – Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy

### 3.3.3. Scia - Deskový model se žebry

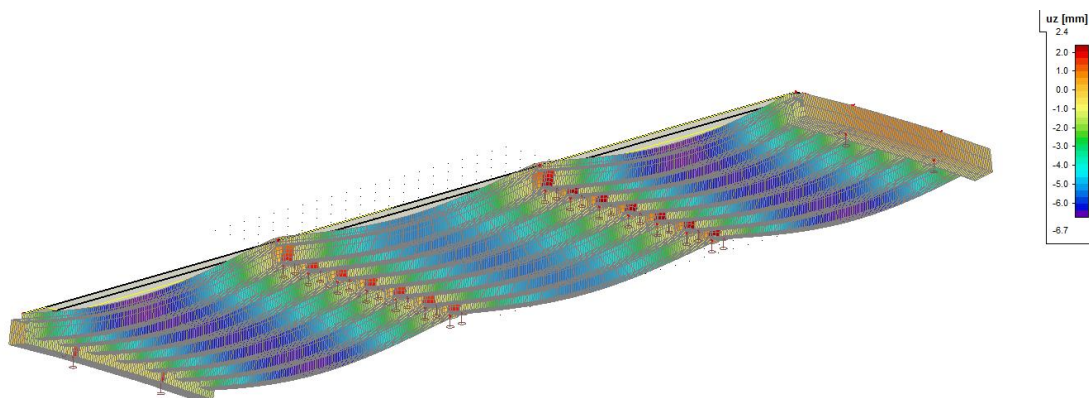
Konstrukce je modelována pomocí 2D desky, ke které jsou připojeny žebra. Ty tvoří nosníky konstrukce. Do programu jsou přiřazeny efektivní šířky nosníků podle skutečnosti. U příčníků, které jsou také modelovány jako žebra desky, je zatěžovací šířka modelována jednostranně (vždy polovina šířky příčniku + 1 m směrem do mostovky). Opět jsou zde použita tuhá ramena pro připojení ložisek.



Obrázek 43 – Deskový model se žebry

Kontrola výpočtového modelu:

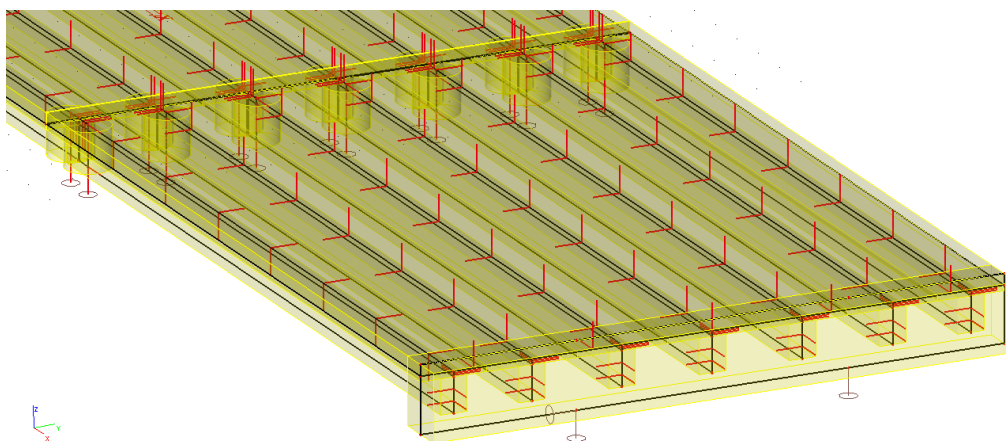
KONTROLA REAKCÍ - SCIA - D7 STEHELČEVES - DESKA SE ŽEBRY								
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA								
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	3.NOSNÍK	4.NOSNÍK	5.NOSNÍK	6.NOSNÍK	7.NOSNÍK	MÍSTO	
		1,1		1,12			KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-0,82	-17,42	-50,35	-73,52	-50,33	-17,39	-0,78	STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
-2,68	21,24	64,18	93	64,17	21,21	-2,73	STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
1,85	23,02	61,05	86,61	61,06	23,03	1,86	STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
-4,92	-18,68	-47,56	-68,36	-47,56	-18,68	-4,93	STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
		1,11		1,11			KRAJNÍ PODPORA (O4)	
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ			PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN		100,01 kN		VYHOVUJE			-0,5	-7,4



Obrázek 44 – Svislá deformace konstrukce při zatížení vlastní tíhou

### 3.3.4. Scia - Deskostěnový model

Tento model tvoří pouze 2D prvky. Stojinu nosníku tvoří svislá deska o tloušťce 600 mm, následně se na tuto svislou desku napojuje další svislá deska, která reprezentuje pásnici T – nosníku. Dále je k pásnici nosníku připojena deska mostovky.

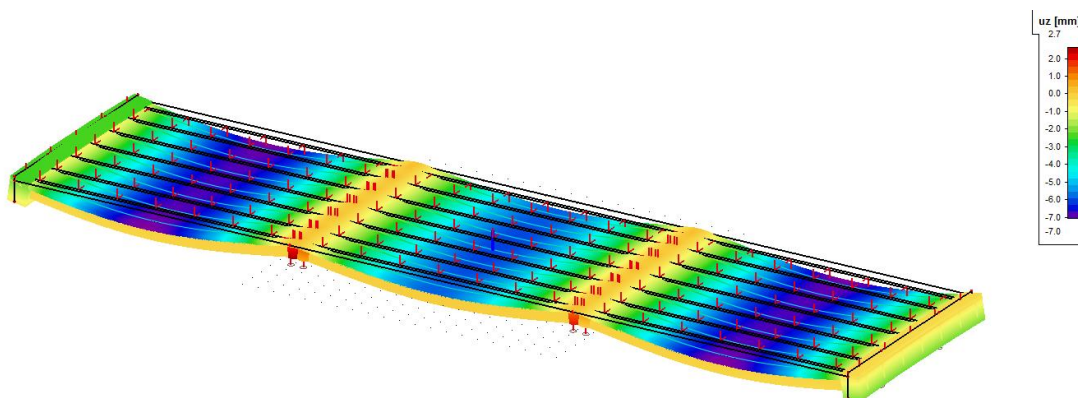


Obrázek 45 - Deskový model

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - SCIA - D7 STEHELČEVES - DESKOVÝ								
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA								
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	3.NOSNÍK	4.NOSNÍK	5.NOSNÍK	6.NOSNÍK	7.NOSNÍK	MÍSTO	
		1,05		1,04			KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-4	-17,1	-42,3	-59,34	-42,31	-17,11	-4,02	STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
0,49	21,27	56,05	78,44	56,06	21,28	0,51	STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
2,98	22,24	54,32	75,02	54,31	22,24	2,97	STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
-6,17	-17,7	-40,83	-56,78	-40,83	-17,7	-6,16	STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
		1,04		1,04			KRAJNÍ PODPORA (O4)	
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ			PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN		100 kN		VYHOVUJE			-0,6	-7,5

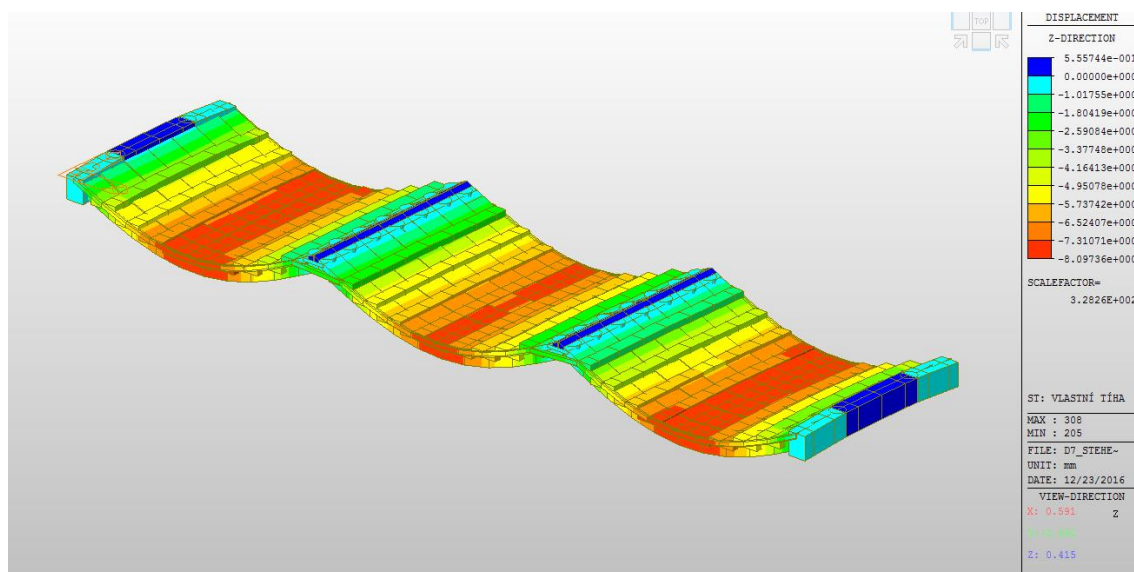




Obrázek 46 – Svislá deformace modelu při zatížení vlastní tíhou

### 3.3.5. midas – Roštový model

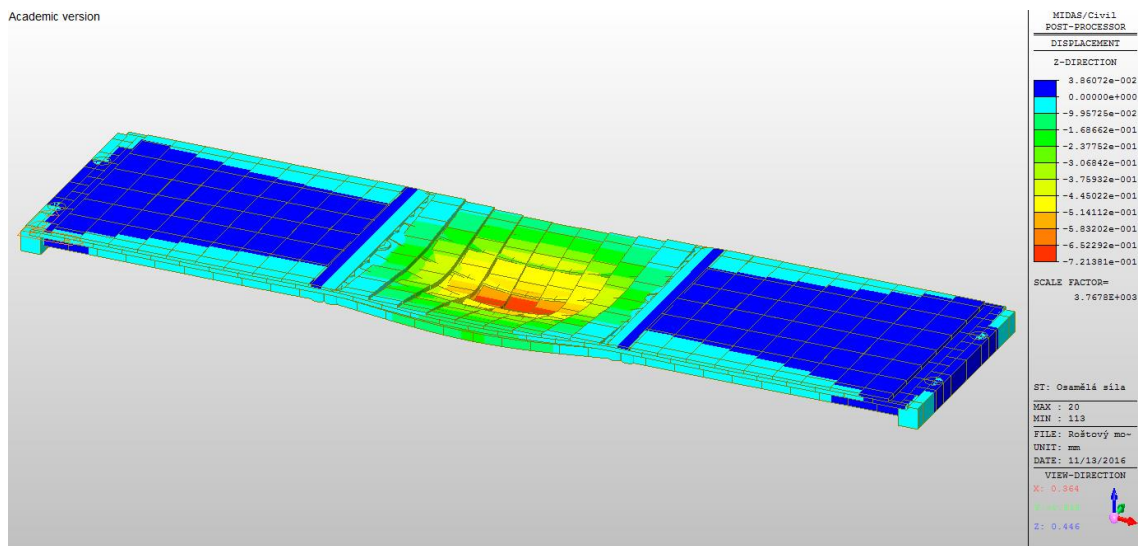
Geometrie roštu byla stejná jako pro program Scia Engineering. Nejdříve byly vloženy průřezy a materiály do programu. Poté byla vložena geometrie a při vkládání geometrie byly přiřazeny k jednotlivým prutům průřezy a materiály.



Obrázek 47 - Pohled na zatíženou konstrukci od vlastní tíhy

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - MIDAS - D7 STEHELČEVES - ROŠTOVÝ							
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA							
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	3.NOSNÍK	4.NOSNÍK	5.NOSNÍK	6.NOSNÍK	7.NOSNÍK	MÍSTO
		-0,12		-0,1			KRAJNÍ PODPORA (O1)
-0,37	0,21	-0,83	-26,1	-0,52	0,2	-0,37	STŘEDNÍ PODPORA (P2)
-2,02	7,68	10	46,97	9,78	7,64	-2,03	STŘEDNÍ PODPORA (P2)
-2,02	7,68	10	46,89	9,78	7,64	-2,03	STŘEDNÍ PODPORA (P3)
-0,24	0,07	-0,78	-26,07	-0,52	0,08	-0,25	STŘEDNÍ PODPORA (P3)
		-0,12		-0,1			KRAJNÍ PODPORA (O4)
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ		PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN		100,03 kN		VYHOVUJE		-0,55	-8

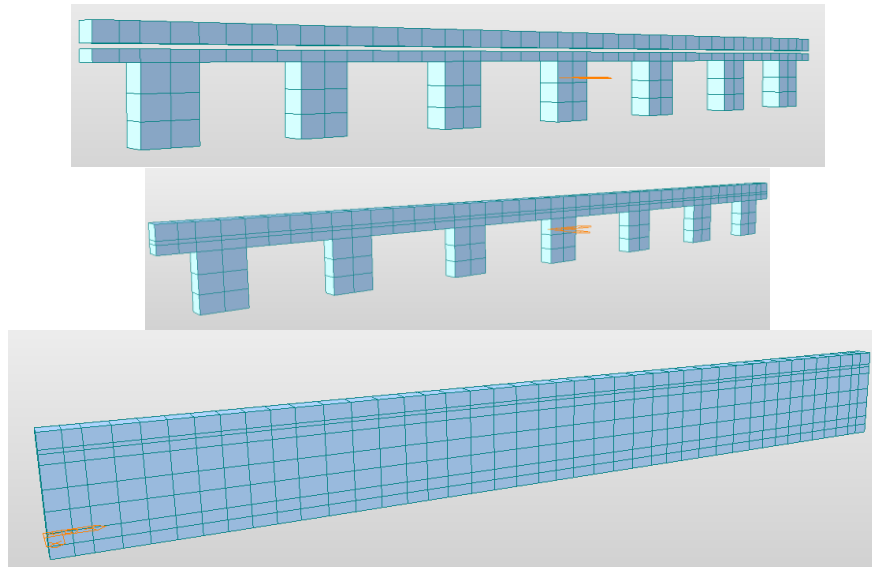


Obrázek 48 - Pohled na zatíženou konstrukci od osamělé síly

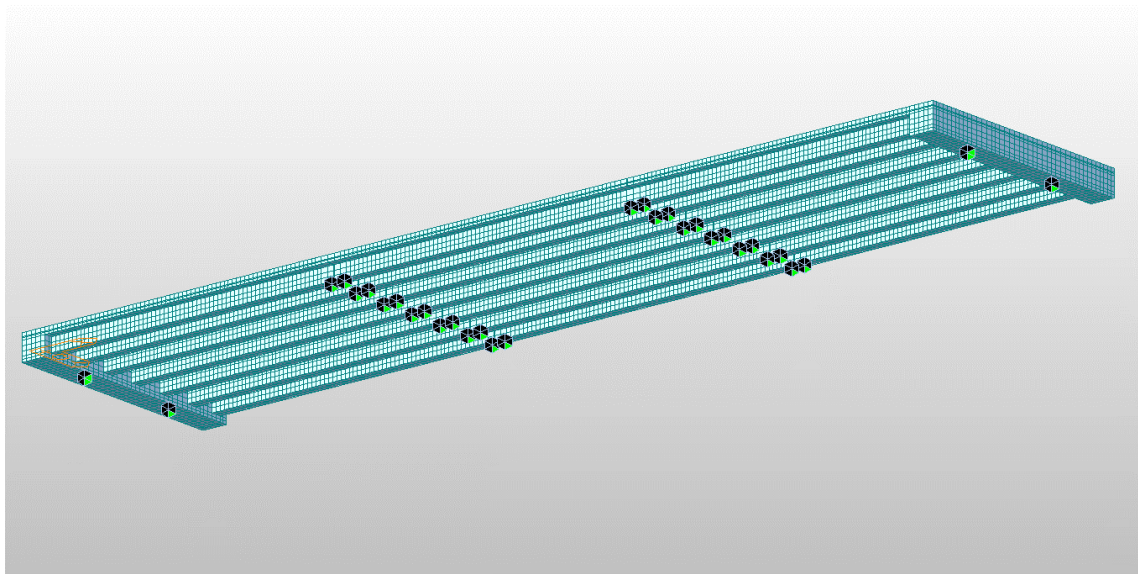
### 3.3.6. midas – Objemový model

Most na R7 u obce Stehelčeves má nejjednodušší geometrii konstrukce, a proto byl tento model zkušebním pro modelování objemových prvků. Rozdělení průřezů nosné konstrukce, nosné konstrukce s pérovou deskou a příčniku na jednotlivé objemové prvky je na dalším obrázku.





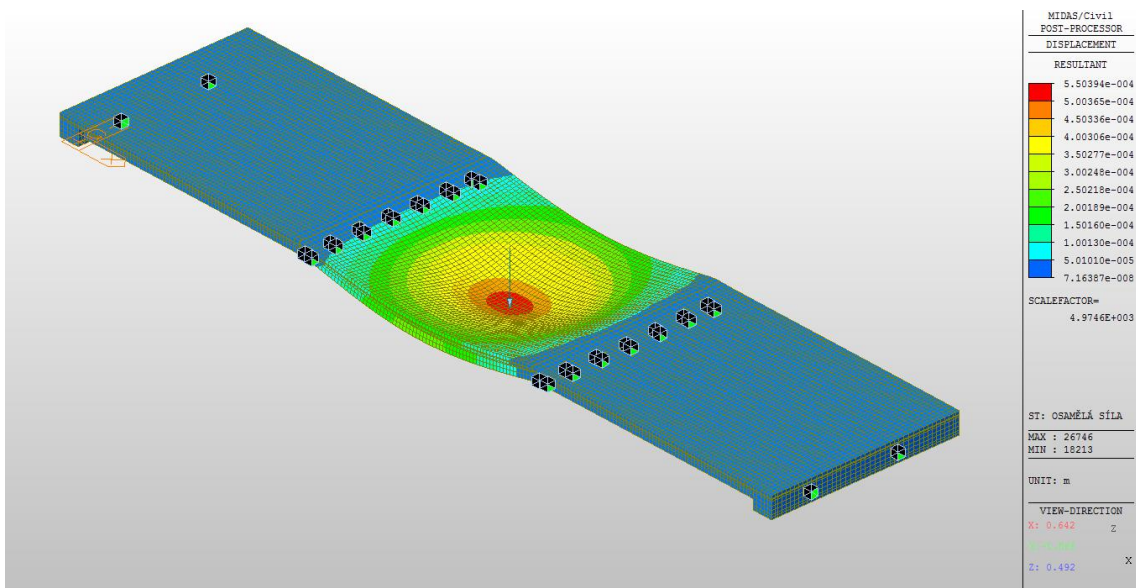
Obrázek 49 - D7 Stehelčevy - Rozdělení na objemové prvky



Obrázek 50 - Pohled na hotový objemový model - D7 Stehelčevy

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - MIDAS - D7 STEHELČEVES - OBJEMOVÝ							
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA							
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	3.NOSNÍK	4.NOSNÍK	5.NOSNÍK	6.NOSNÍK	7.NOSNÍK	MÍSTO
		-0,14		-0,14			KRAJNÍ PODPORA (O1)
-1,93	-1,78	-2,16	-2,17	-2,16	-1,78	-1,93	STŘEDNÍ PODPORA (P2)
-0,73	10,65	14,25	15,84	14,25	10,65	-0,73	STŘEDNÍ PODPORA (P2)
-0,73	10,65	14,25	15,84	14,25	10,65	-0,73	STŘEDNÍ PODPORA (P3)
-1,93	-1,78	-2,16	-2,17	-2,16	-1,78	-1,93	STŘEDNÍ PODPORA (P3)
		-0,14		-0,14			KRAJNÍ PODPORA (O4)
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ		PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN		99,98 kN		VYHOVUJE		-0,55	-8,3



Obrázek 51 - Deformace konstrukce od osamělé síly

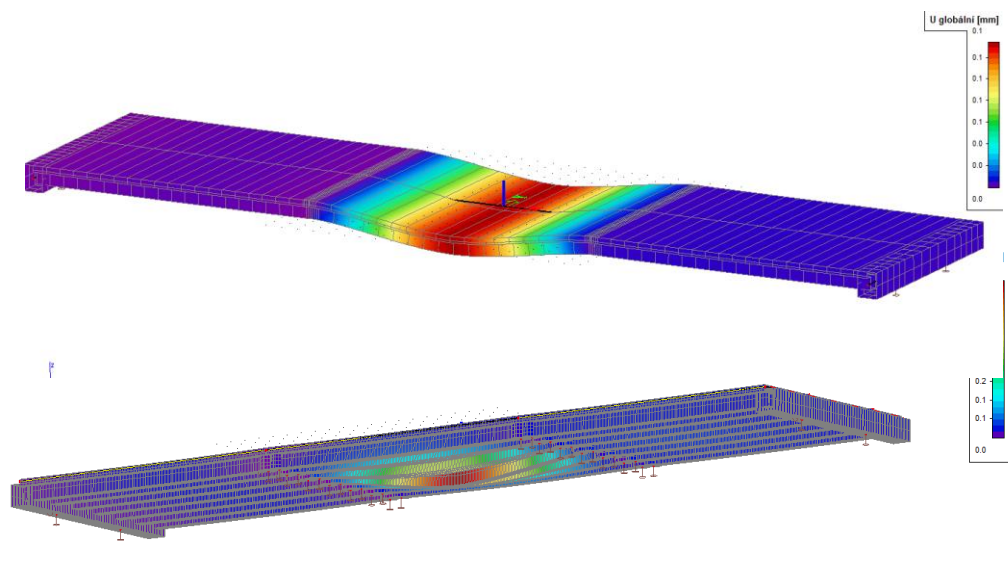
### 3.3.7. Porovnání modelů

Můžeme vidět, že prutový model se liší oproti ostatním modelům, jelikož je velice zjednodušený. Neuvažuje roznos zatížení v příčném směru, který je vidět z ostatních modelů konstrukce. Z výsledků plyne, že prutový model je oproti ostatním modelům tužší.

POROVNÁNÍ DEFORMACÍ - DÁLNIČNÍ MOST NA D7 STEHELČEVES						
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER				MIDAS CIVIL	
	PRUTOVÝ	ROŠTOVÝ	DESKOVÝ SE ŽEBREM	DESKOVÝ	ROŠTOVÝ	OBJEMOVÝ
VLASTNÍ TÍHA [mm]	-5	-8,1	-7,4	-7,5	-8	-8,3
OSAMĚLÁ SÍLA [mm]	-0,1	-0,5	-0,5	-0,6	-0,55	-0,55
VLASTNÍ TÍHA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>61,73%</b>	<b>100,00%</b>	<b>91,36%</b>	<b>92,59%</b>	<b>98,77%</b>	<b>102,47%</b>
OSAMĚLÁ SÍLA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>20,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>120,00%</b>	<b>110,00%</b>	<b>110,00%</b>

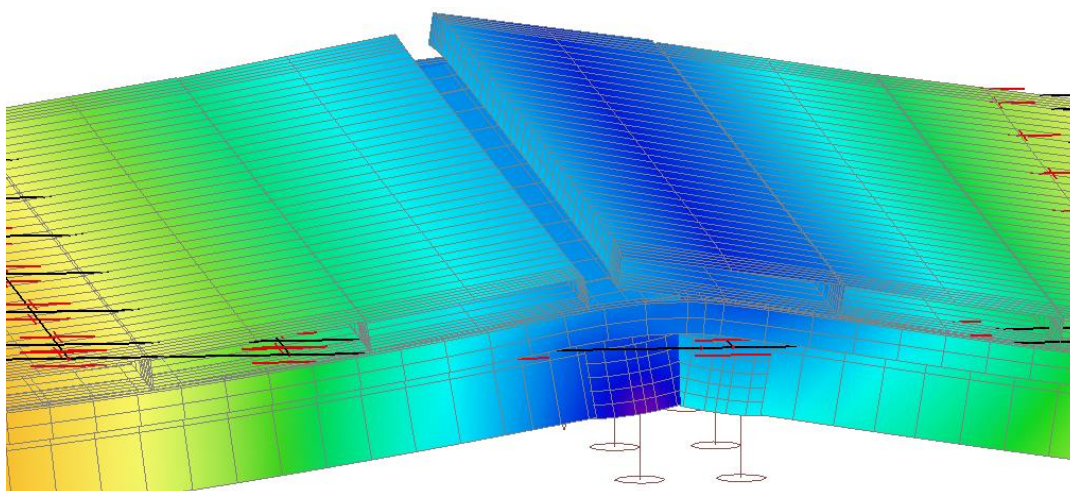
REAKCE OD VLASTNÍ TÍHY CELKOVÁ SUMA - NADJEZD NAD D1							
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER				MIDAS CIVIL		SKUTEČNÁ VYPOČTENÁ TÍHA [kN]
	PRUT	ROŠTOVÝ	DESKA SE ŽEBREM	DESKOVÝ	ROŠTOVÝ	OBJEMOVÝ	
CELKOVÁ REAKCE Z MODELU [kN]	11794,49	11748,32	11551,70	11745,90	12214,30	11880,34	12032,64
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [kN]	238,15	284,32	480,94	286,74	181,66	152,30	
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [t]	23,81	28,43	48,09	28,67	18,17	15,23	
POMĚR MODEL/SKUTEČNOST	<b>98,0%</b>	<b>97,6%</b>	<b>96,0%</b>	<b>97,62%</b>	<b>101,5%</b>	<b>98,7%</b>	

Porovnání průhybů je na obr. 50. Průhyby na prutovém modelu jsou vlivem zjednodušení (nebere v úvahu příčný roznos) menší než u deskového modelu se žebry nebo desko-stěnového modelu. Protože prutový model zatížení roznese na celou šíři rovnoměrně, ale u ostatních působí tato síla bodově nad středním nosníkem, a ten tedy bude přebírat nejvíce zatížení.



Obrázek 52 - Porovnání průhybů od osamělé síly (nahore prutový model/dole deskový model se žebry)

Další model konstrukce – roštový model – se napoprvé nepodařilo správně zkonstruovat. Pérová deska, která propojuje nosníky mezi sebou, nebyla propojena přímo se sousední deskou v sousedním poli, a docházelo tedy k lomu desky nad podporou. Ve skutečnosti deska propojuje jednotlivá pole konstrukce (nosníky jsou prefabrikované a každý je uložen na pilířích na dvojici ložisek, vzniká tedy mezera mezi nosníky 40 mm), a tím tvoří systém prostých polí. Ve všech modelech tohoto mostu byla vymodelována pérová deska dlouhá 1,5 m nad vnitřními podporami. Po správném vymodelování konstrukce se roštový model ukázal velice přesný.



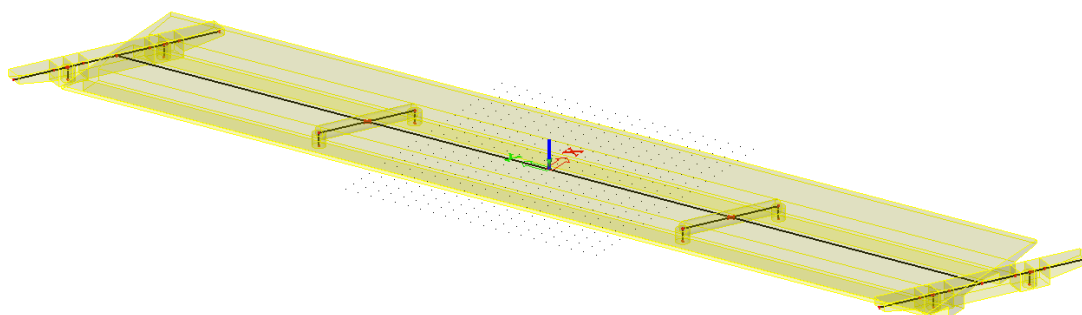
Obrázek 53 - Lom desky u roštového modelu

Všechny modely vykazují podobné deformace na odezvu, mají podobné reakce. U reakcí od vlastní tíhy dochází k rozdílům okolo 5%.

### 3.4. Dálniční most na D1 přes místní vodoteč u obce Bělotín

#### 3.4.1. Scia - Prutový model

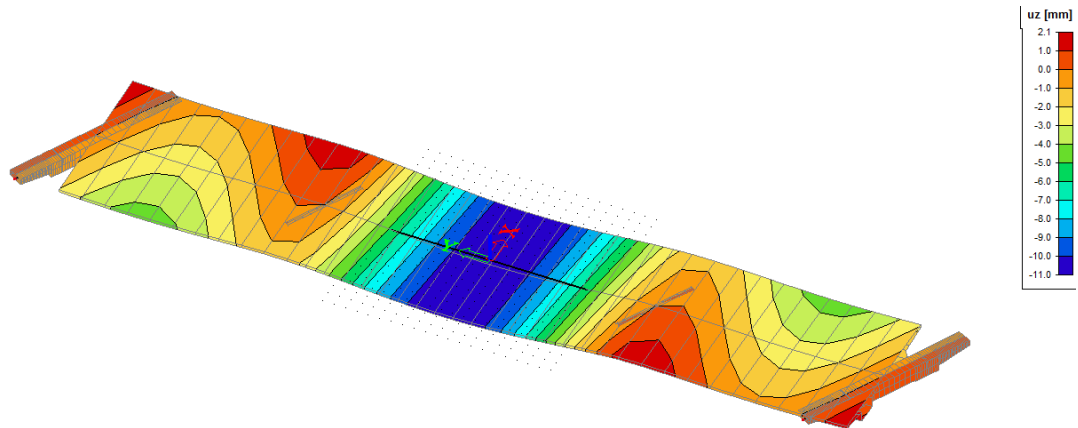
Konstrukce byla opět modelována v podélném směru pomocí jednoho prutu, který má průřez dvoutrámu dle skutečnosti. Příčník je modelován také pomocí šikmých prutů, dle skutečnosti (zadána excentricita ve svislém směru). Mezilehlé podpory byly uloženy dle skutečnosti také pomocí tuhých ramen (pod každý trám).



Obrázek 54 - Prutový model dálničního mostu na D1

Kontrola výpočtového modelu:

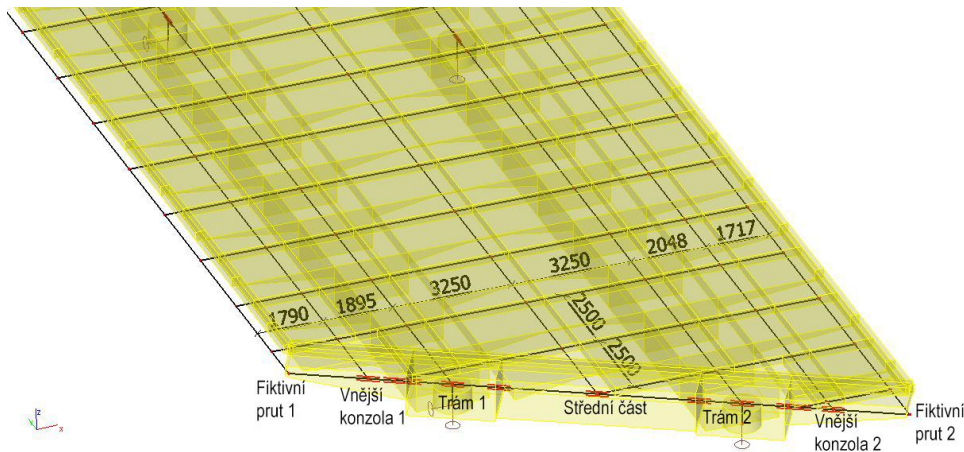
KONTROLA REAKCÍ – DÁLNIČNÍ MOST NA D1 – PRUTOVÝ				
REAKCE PODPORY – ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	MÍSTO		
1,38	-13,21	KRAJNÍ PODPORA (O1)		
14,11	47,65	STŘEDNÍ PODPORA (P2)		
47,55	14,49	STŘEDNÍ PODPORA (P3)		
-13,64	1,68	KRAJNÍ PODPORA (O4)		
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-0,4	-11



Obrázek 55 – Zatížený model vlastní tíhou – svislá deformace

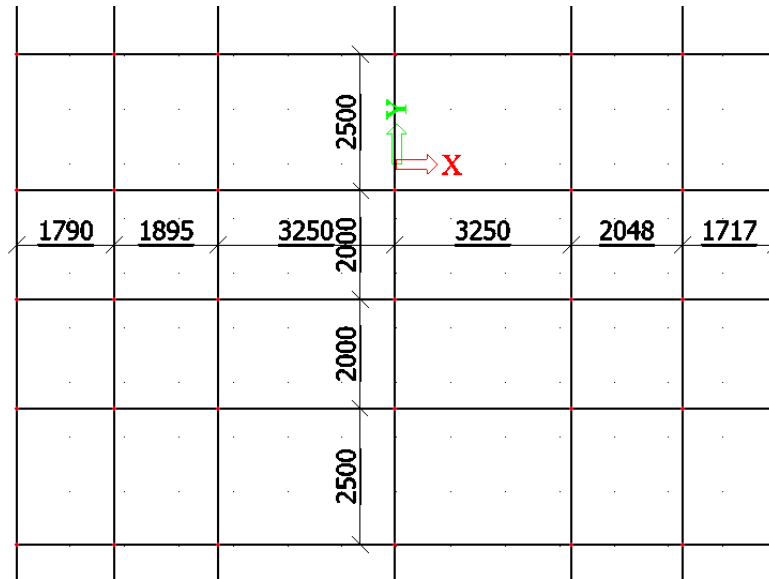
### 3.4.2. Scia - Roštový model

V podélném směru byla konstrukce modelována pruty. Každý prut charakterizuje část průřezu dvoutrámu. V příčném směru jsou opět pruty modelovány dle průřezů v podélném směru a tím je zajištěna tuhost. Síť je tvořena tak, aby maximální poměr dvou stran byl 1:2. V podélném směru jsou příčné pruty rozděleny po 2,5 m a uprostřed rozpětí prostředního pole jsou dvě řady rozděleny po 2,0 m.



Obrázek 56 – Roštový model konstrukce

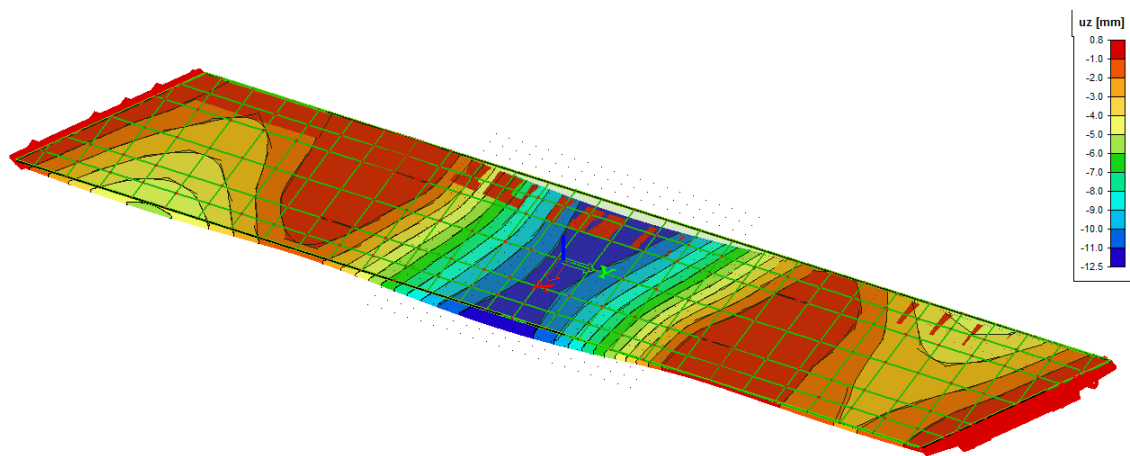




Obrázek 57 – Síť uprostřed rozpětí konstrukce

Kontrola výpočtového modelu:

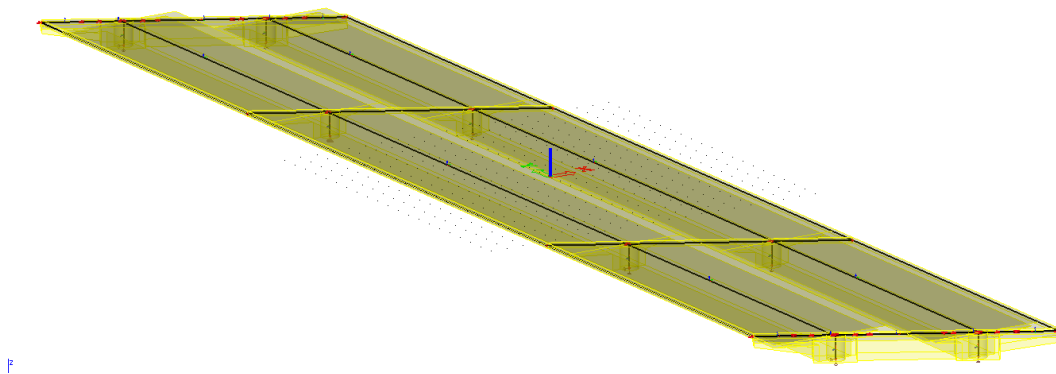
KONTROLA REAKCÍ - DÁLNIČNÍ MOST NA D1 - ROŠTOVÝ				
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1. NOSNÍK		2. NOSNÍK		MÍSTO
-0,98		-11,53		KRAJNÍ PODPORA (O1)
20,24		44,55		STŘEDNÍ PODPORA (P2)
38,72		20,71		STŘEDNÍ PODPORA (P3)
-7,98		-3,73		KRAJNÍ PODPORA (O4)
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,5	-12,5



Obrázek 58 – Pohled na svislou deformaci konstrukce od vlastní tíhy

### 3.4.3. Scia - Deskový model se žebry

Konstrukce je modelována pomocí 2D desky, ke které jsou připojena žebra. Deska odpovídá skutečné geometrii šikmého mostu. V podélném směru jsou žebra celkem dvě, každé žebro odpovídá trámu včetně střední a krajní konzoly. Efektivní šířka žebra byla zadána dle skutečnosti. V programu Scia Engineer je možné zadávat efektivní šířku pouze kolmo na osu prvku, u šikmého mostu u prutu příčnicku by to znamenalo, že zatěžovací šířka je mimo skutečnou konstrukci. Proto byla efektivní šířka u zakřivených konstrukcí zvolena jednotně polovina šířky příčnicku + 1 m.

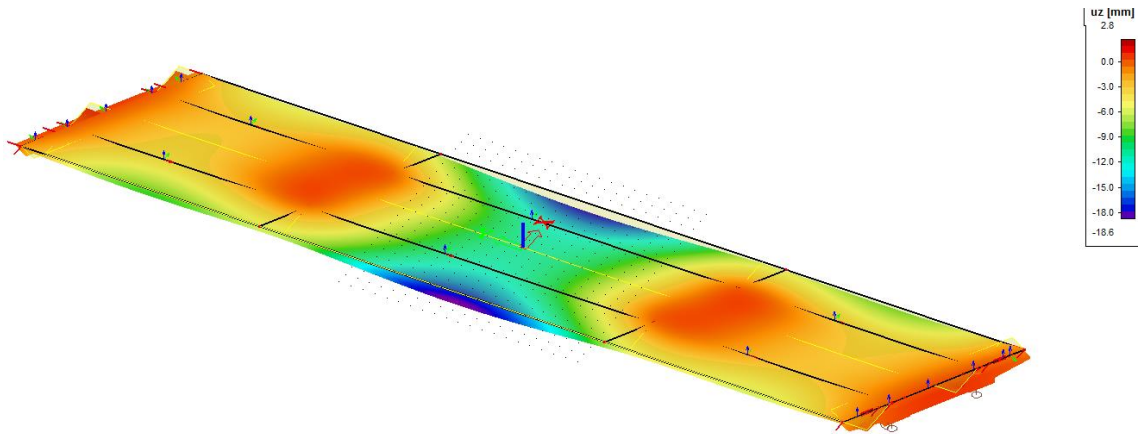


Obrázek 59 – Pohled na deskový model se žebry

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - DÁLNIČNÍ MOST NA D1 - DESKA SE ŽEBRY				
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1. NOSNÍK	2. NOSNÍK	MÍSTO		
-2,34	-10,07	KRAJNÍ PODPORA (O1)		
22,44	42,12	STŘEDNÍ PODPORA (P2)		
37,18	22,45	STŘEDNÍ PODPORA (P3)		
-8,51	-3,27	KRAJNÍ PODPORA (O4)		
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-1,0	-18,6

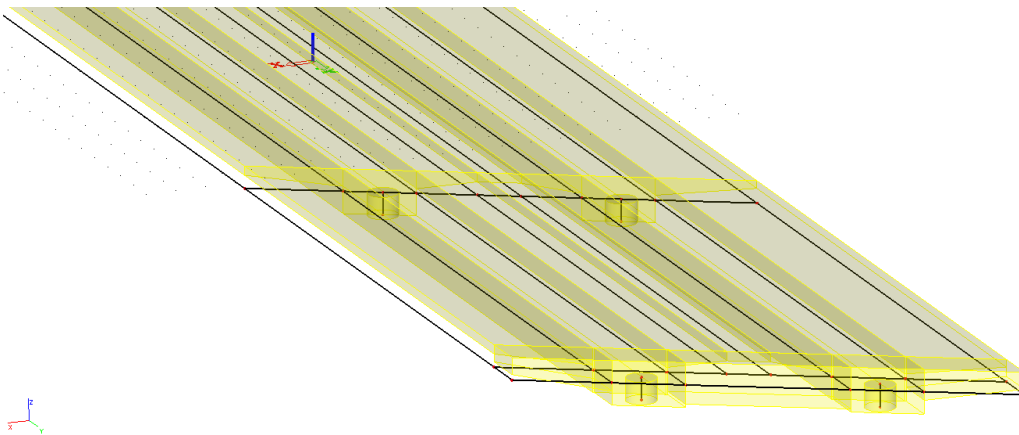




Obrázek 60 – Pohled na zatíženou konstrukci vlastní tíhou

### 3.4.4. Scia - Deskostěnový model

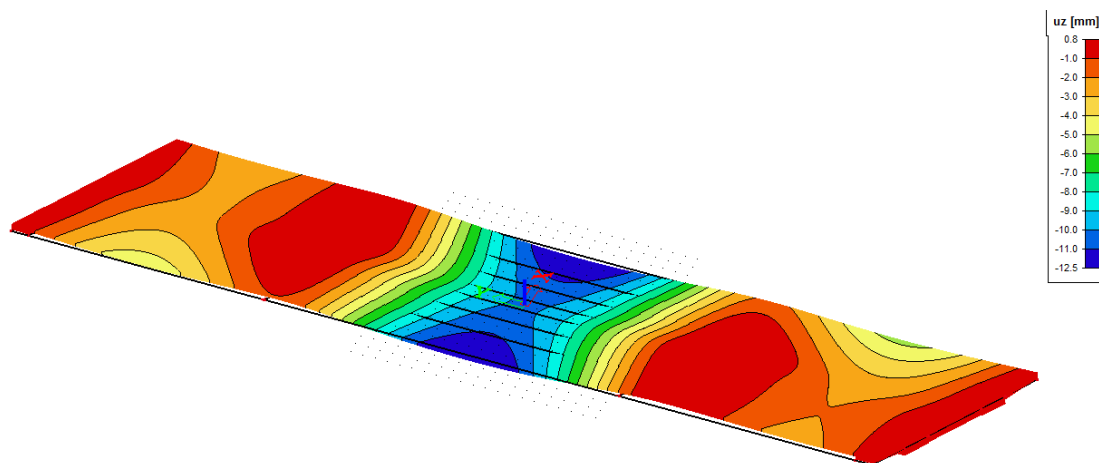
K jednotlivým deskám je přiřazena tloušťka a materiál. Náběhy konzol byly vytvořeny deskou proměnné tloušťky, která byla zadávána pomocí 4 uzlů.



Obrázek 61 – Pohled na deskový model konstrukce

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ – DÁLNIČNÍ MOST NA D1 – DESKOVÝ				
REAKCE PODPORY – ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	MÍSTO		
2,58	-14,76	KRAJNÍ PODPORA (O1)		
11,77	52,74	STŘEDNÍ PODPORA (P2)		
45,86	13,13	STŘEDNÍ PODPORA (P3)		
-10,20	-1,11	KRAJNÍ PODPORA (O4)		
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-0,6	-12,5

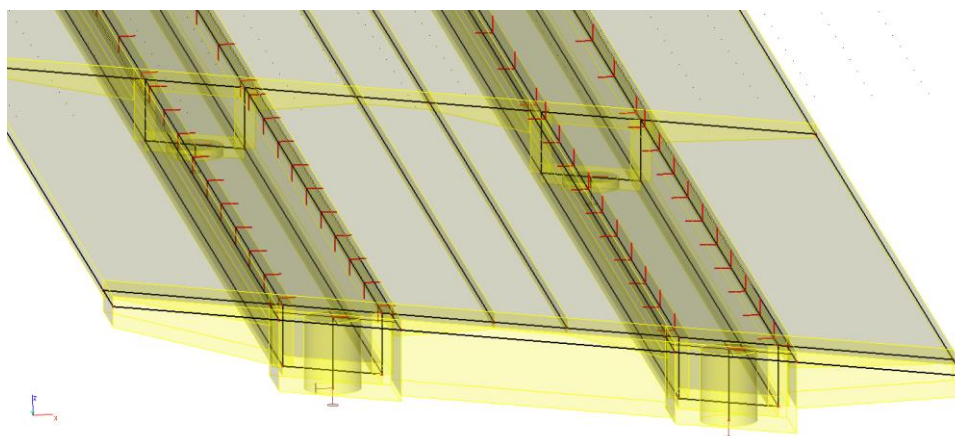


Ex

Obrázek 62 – Pohled na zatíženou konstrukci vlastní tíhou

### 3.4.5. Scia - Deskový model – tenkostěnný

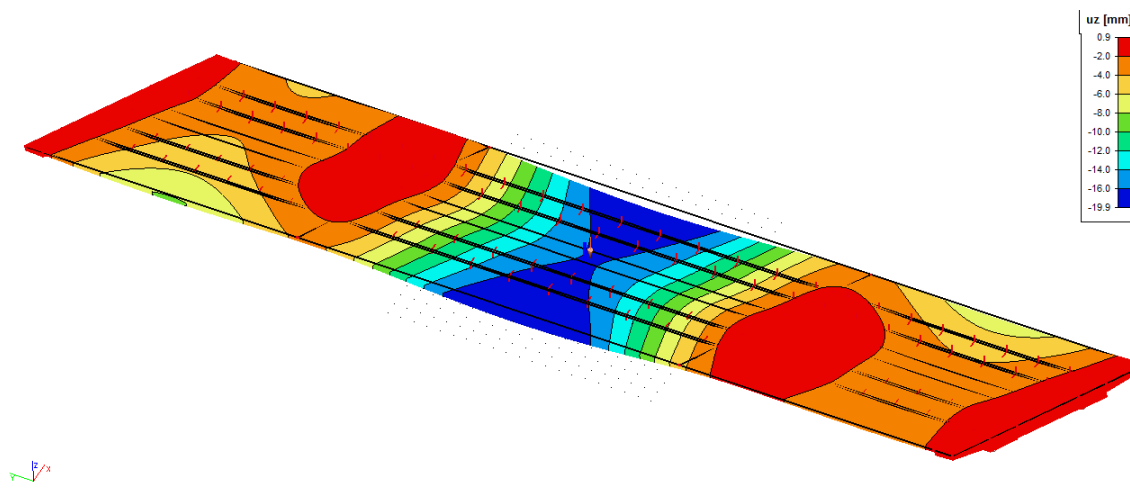
V každém trámu konstrukce byla vytvořena komora dle popisu v úvodu kapitoly (čili výška komory je  $\frac{1}{2} h$  a tloušťka desek a stěn je  $\frac{1}{4} h$ , kde  $h$  je celková výška trámu). Jinak je tento model stejný jako deskový model konstrukce, deskám je přiřazena tloušťka a materiál.



Obrázek 63 – Pohled na deskový model – tenkostěnný

Kontrola výpočtového modelu:

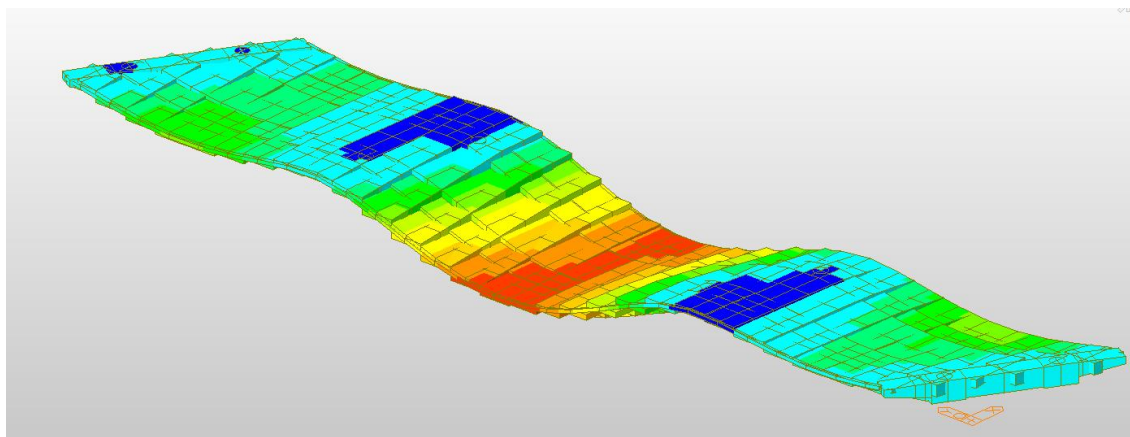
KONTROLA REAKCÍ - DÁLNIČNÍ MOST NA D1 - DESKOVÝ - TENKOSTĚNNÝ				
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1.NOSNÍK	2.NOSNÍK	MÍSTO		
-2,11	-9,25	KRAJNÍ PODPORA (O1)		
17,64	41,40	STŘEDNÍ PODPORA (P2)		
48,92	15,63	STŘEDNÍ PODPORA (P3)		
-12,92	0,70	KRAJNÍ PODPORA (O4)		
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-0,8	-17



Obrázek 64 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy

### 3.4.6. midas – Roštový model

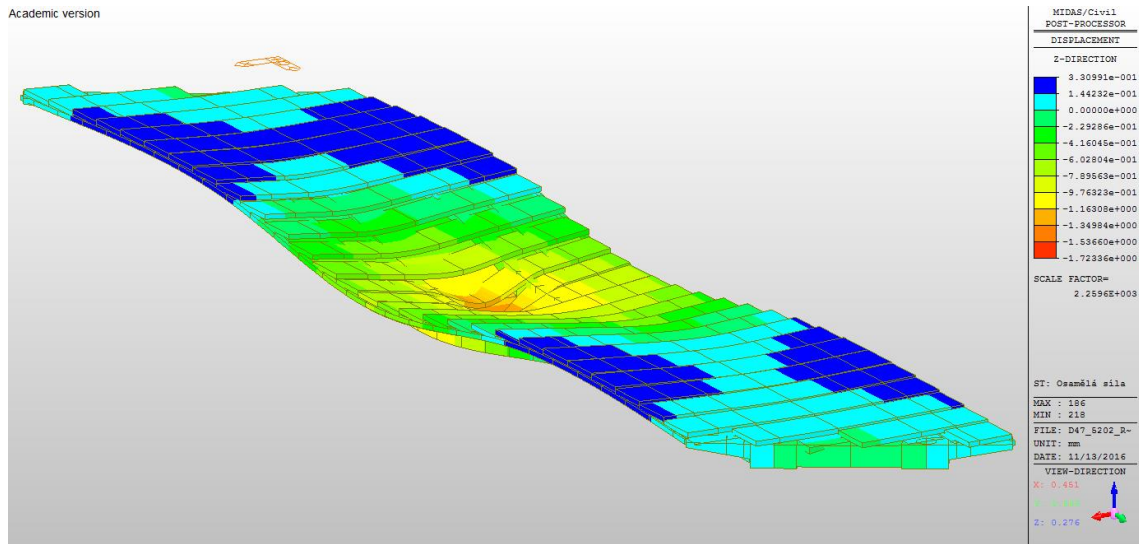
Roštový model byl vymodelován stejně jako v programu Scia Engineer. Opět při nahrávání geometrie byly ihned přiřazeny materiály a průřezy podle hladin z programu AutoCAD.



Obrázek 65 - Deformace roštového modelu od vlastní tíhy

Kontrola výpočtového modelu:

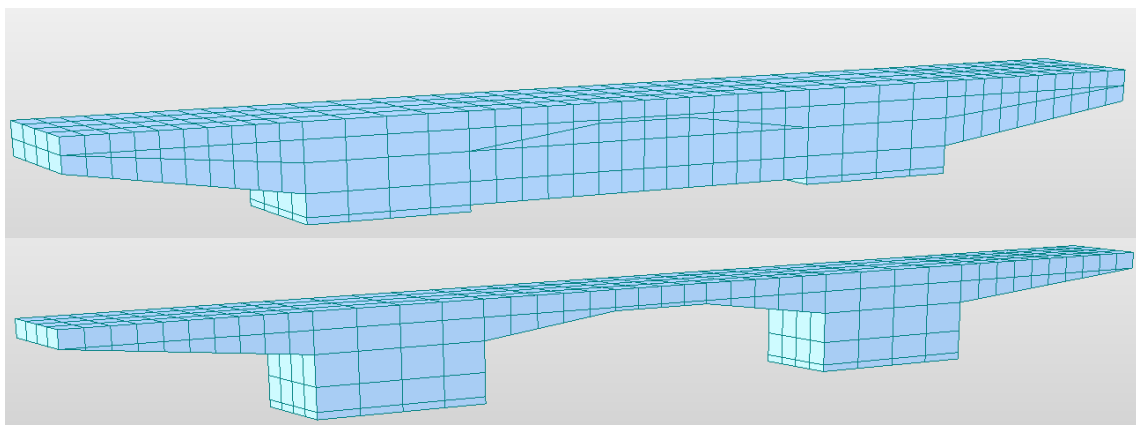
KONTROLA REAKCÍ - MIDAS - DÁLNIČNÍ MOST NA D1 - ROŠTOVÝ				
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1.NOSNÍK		2.NOSNÍK		MÍSTO
-0,98		-11,53		KRAJNÍ PODPORA (O1)
20,24		44,55		STŘEDNÍ PODPORA (P2)
38,72		20,71		STŘEDNÍ PODPORA (P3)
-7,98		-3,73		KRAJNÍ PODPORA (O4)
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,44	-12,2



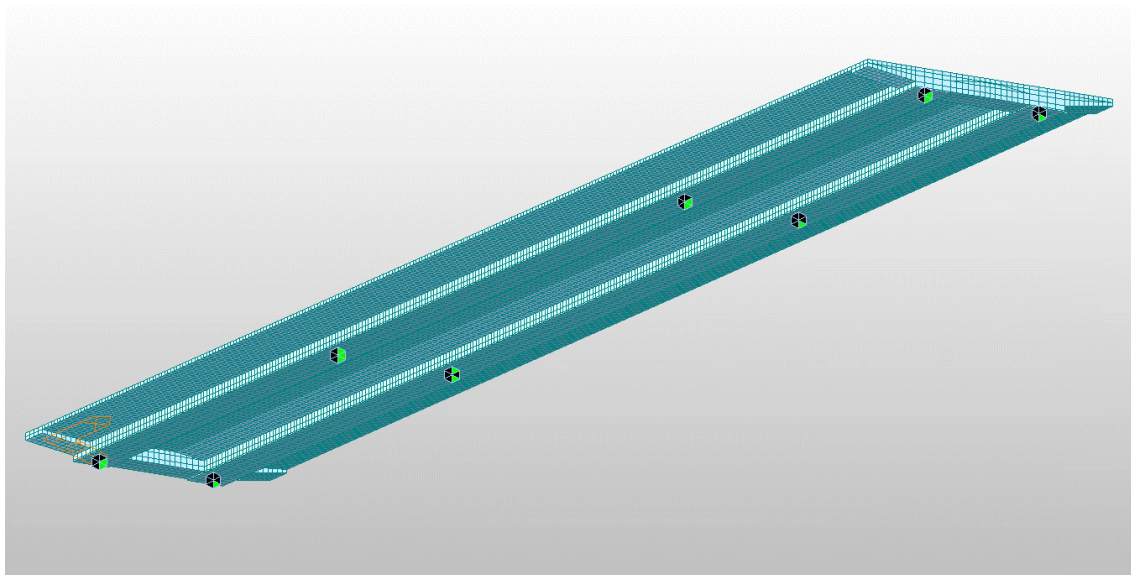
Obrázek 66 - Deformace roštového modelu od osamělé síly

### 3.4.7. Midas – Objemový model

U této konstrukce byly plochy pro vytažení objemových prvků vymodelovány již se šikmostí mostu. Nejprve byly v AutoCADu rozděleny příčné řezy (nosná konstrukce, příčník) rozděleny na jednotlivé objemové prvky. Potom v Excelu byly spočítány jednotlivé souřadnice uzlů a ty byly vloženy do midasu. Následně byly vyrobeny plochy nosné konstrukce a poté příčníku. Posledním krokem bylo vytažení plochy do objemových prvků. Na dalších obrázkách je rozdělení příčných řezů na objemové prvky.



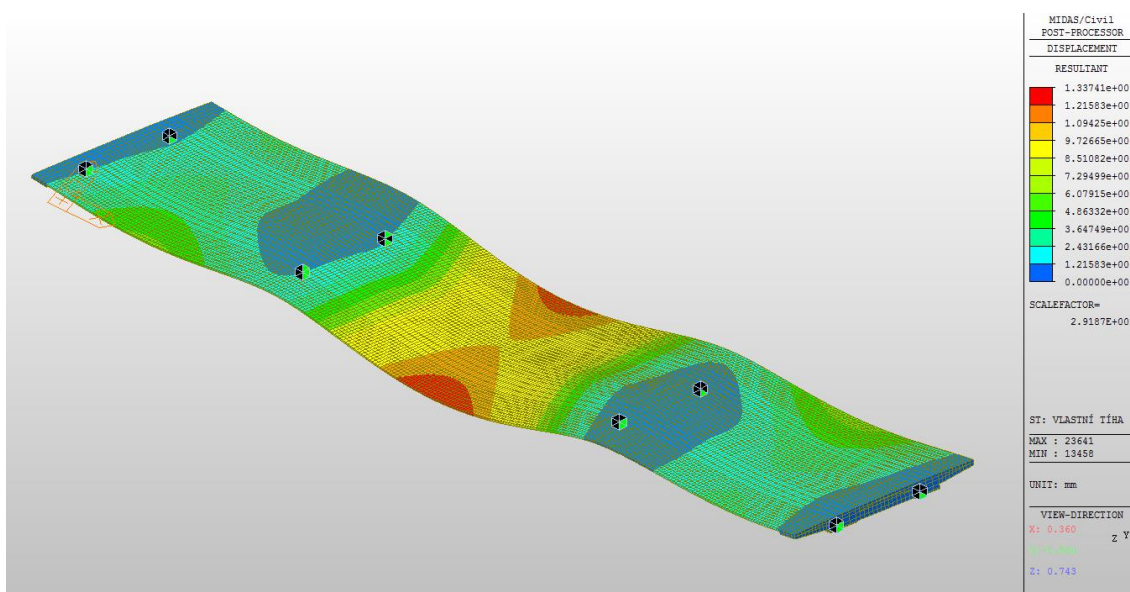
Obrázek 67 - Rozdělení příčníku a nosné konstrukce na jednotlivé prvky



Obrázek 68 - Pohled zespodu na konstrukci z objemových prvků

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - MIDAS - DÁLNIČNÍ MOST NA D1 - OBJEMOVÝ				
REAKCE PODPORY - ZS2 OSAMĚLÁ SÍLA				
1.NOSNÍK		2.NOSNÍK		MÍSTO
-0,98		-11,53		KRAJNÍ PODPORA (O1)
20,24		44,55		STŘEDNÍ PODPORA (P2)
38,72		20,71		STŘEDNÍ PODPORA (P3)
-7,98		-3,73		KRAJNÍ PODPORA (O4)
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VL. TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,65	-13,3



Obrázek 69 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy

## 3.4.8. Porovnání modelů

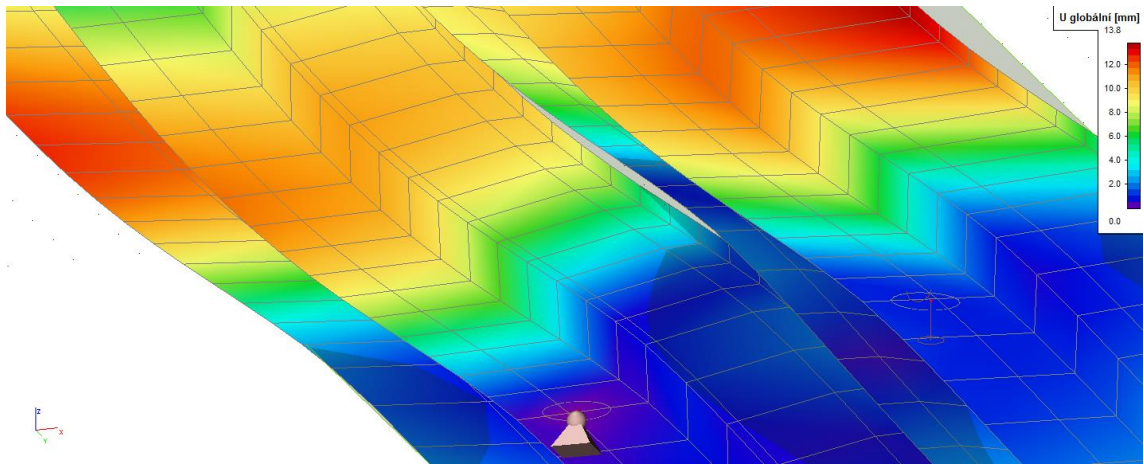
V tabulkách můžeme vidět, že deformace od vlastní tíhy a osamělé síly se nijak dramaticky neliší. Nejměkčím modelem je deskový model se žebrem a nejtužším je prutový model.

POROVNÁNÍ DEFORMACÍ - DÁLNIČNÍ MOST NA D1							
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER					MIDAS CIVIL	
	PRUTOVÝ	ROŠTOVÝ	DESKOVÝ SE ŽEBREM	DESKOVÝ	DESKOVÝ - TENKOSTĚNNÝ	ROŠTOVÝ	OBJEMOVÝ
VLASTNÍ TÍHA [mm]	-11	-12,5	-18,6	-12,5	-17	-12,2	-13,3
OSAMĚLÁ SÍLA [mm]	-0,4	-0,5	-1	-0,6	-0,8	-0,44	-0,65
VLASTNÍ TÍHA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>88,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>148,80%</b>	<b>100,00%</b>	<b>136,00%</b>	<b>97,60%</b>	<b>106,40%</b>
OSAMĚLÁ SÍLA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>80,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>200,00%</b>	<b>120,00%</b>	<b>160,00%</b>	<b>88,00%</b>	<b>130,00%</b>

REAKCE OD VLASTNÍ TÍHY CELKOVÁ SUMA - NADJEZD NAD D1								
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER					MIDAS CIVIL		VYPOČTENÁ HMOTNOST SKUTEČNÉHO MOSTU [kN]
	PRUT	ROŠT	DESKA SE ŽEBREM	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ	
CELKOVÁ REAKCE Z MODELU [kN]	16747,52	17892,42	17684,32	17491,77	19290,00	18333,00	17764,00	18180,08
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [kN]	1598,80	453,90	662,00	854,55	943,68	13,32	582,32	
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [t]	159,88	45,39	66,20	85,45	94,37	1,33	58,23	
POMĚR MODEL/ SKUTEČNOST	<b>92,1%</b>	<b>98,4%</b>	<b>97,3%</b>	<b>96,2%</b>	<b>106,1%</b>	<b>100,8%</b>	<b>97,7%</b>	

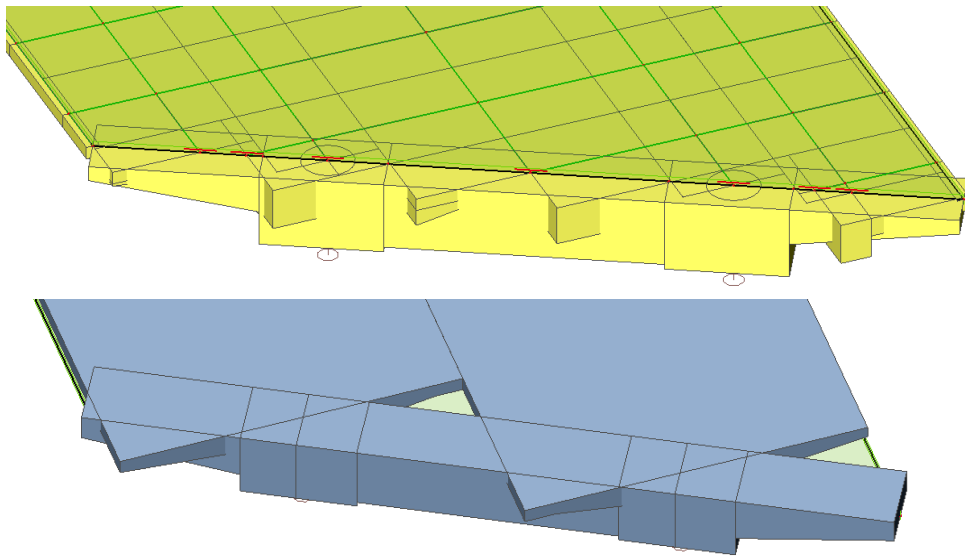
Prutový model byl nejprve modelován pomocí dvou prutů. Každý prut měl průřez poloviny průřezu. Jak je vidět z obrázku 70, chování takového prutového modelu, neodpovídá reálnému chování konstrukce. Jednotlivé poloviny konstrukce spolu nespolečně působí a mají na rozhraní jinou deformaci.





Obrázek 70 – Rozdílné průhyby prutového modelu se dvěma podélnými pruhy

Dalšími nedostatky, které ale nemají vliv na výsledky, jsou různé přečnívající a chybějící části ve vykreslování 3D modelu konstrukce viz obrázek 71.



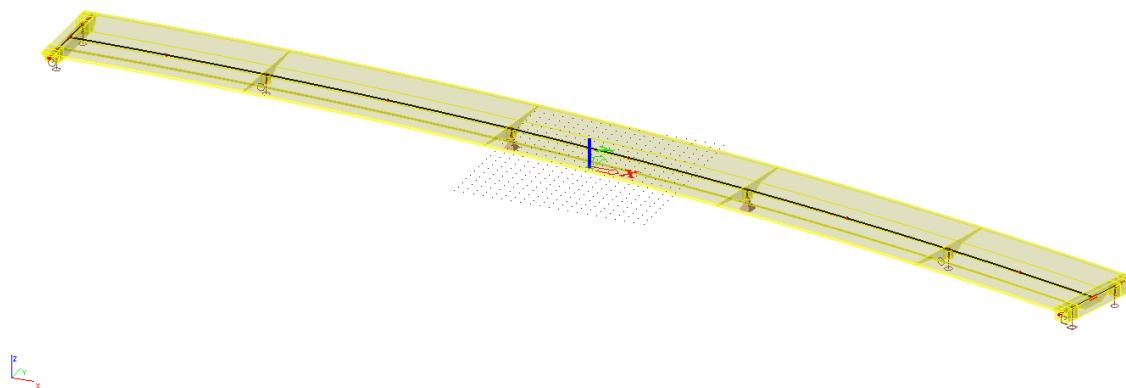
Obrázek 71 - Přečnívající a chybějící části konstrukce v modelech (žlutý - roštový, modrý - prutový)

### 3.5. Silniční nadjezd nad D1 u obce Bělotín

#### 3.5.1. Scia - Prutový model

Most se nachází v půdorysném oblouku o poloměru 400 m. V podélném směru byla konstrukce modelována pěti pruhy, vždy nad podporou a u příčníků byl rozdělen. Příčník je modelován pomocí prutů kolmo na střednici podélného prutu. Náběhy jsou také

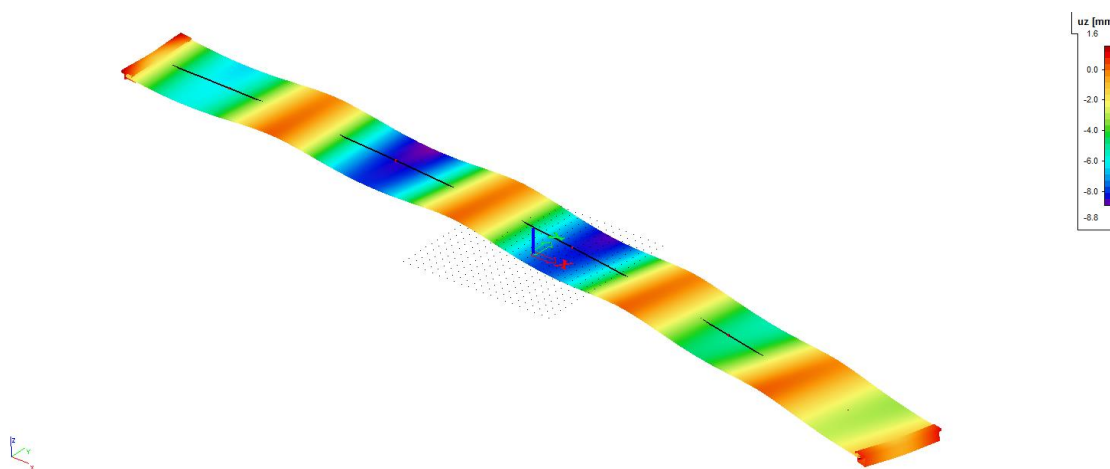
modelovány podle skutečnosti. Podpory musely být natočeny dle skutečnosti (všechny podpory jsou kolmé na osu mostu v místě uložení).



Obrázek 72 – Pohled na prutový model nadjezdu na D1

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - PRUTOVÝ				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
-1,08	1,71		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
	-3,5		STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
	57,02		STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
	46,09		STŘEDNÍ PODPORA (P4)	
	-9,13		STŘEDNÍ PODPORA (P5)	
2,35	6,55		KRAJNÍ PODPORA (O6)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-0,5	-8,8

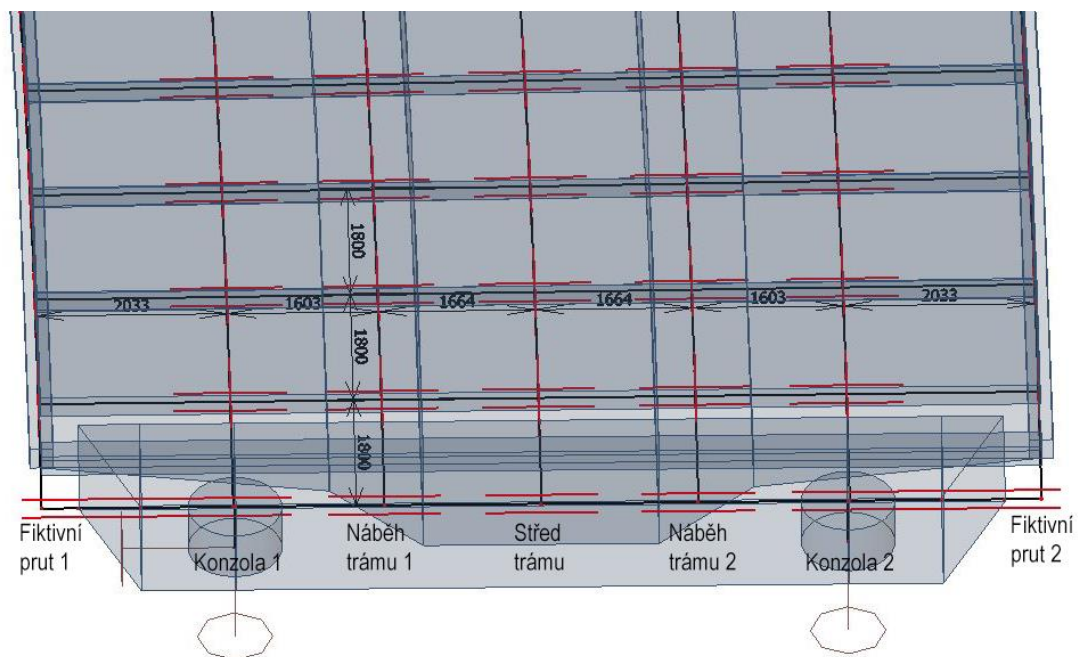


Obrázek 73 - Pohled na deformaci konstrukce pod vlastní tíhou



### 3.5.2. Scia - Roštový model

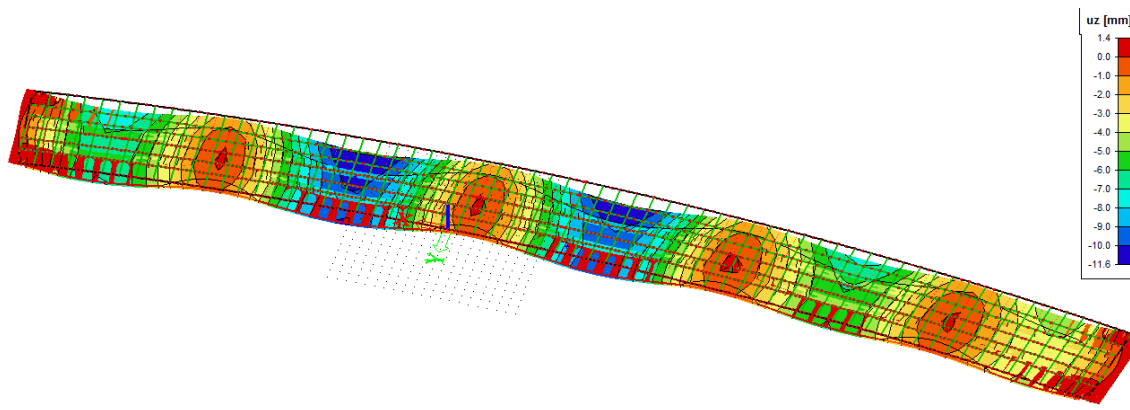
Byl tvořen opět sítí prutů. V podélném směru je rozteč prutů desky 1,8 m. V příčném směru je trám rozdělený (zleva) na fiktivní krajní prut, poté je prut, který má průřez konzoly, dále je náběh trámu a střed trámu a symetricky na druhou stranu. Příčné pruty opět dotváří prostorovou tuhost konstrukce. Všechny příčné pruty jsou obdélníkového průřezu široké 1,8 m. Výška je proměnná dle jednotlivých prvků v podélném směru.



Obrázek 74 - Pohled na roštový model

Kontrola výpočtového modelu:

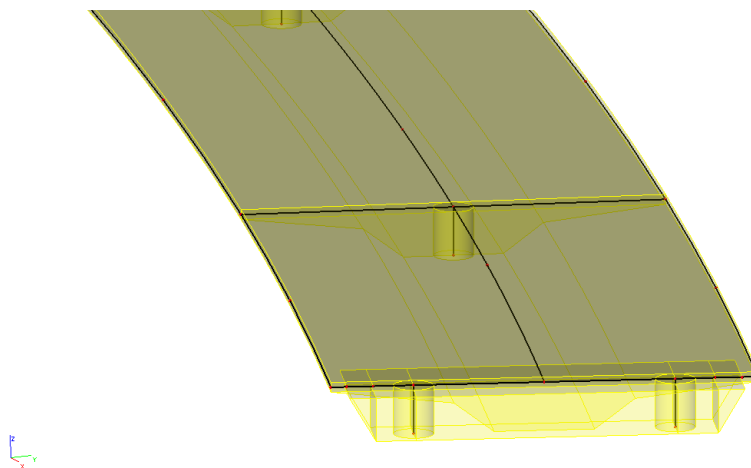
KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - ROŠT				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
-0,55	1,56		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
	-4,87		STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
	54,84		STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
	53,38		STŘEDNÍ PODPORA (P4)	
	-5,53		STŘEDNÍ PODPORA (P5)	
-0,57	1,74		KRAJNÍ PODPORA (O6)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,5	-11,6



Obrázek 75 - Podhled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy

### 3.5.3. Scia - Deskový model se žebry

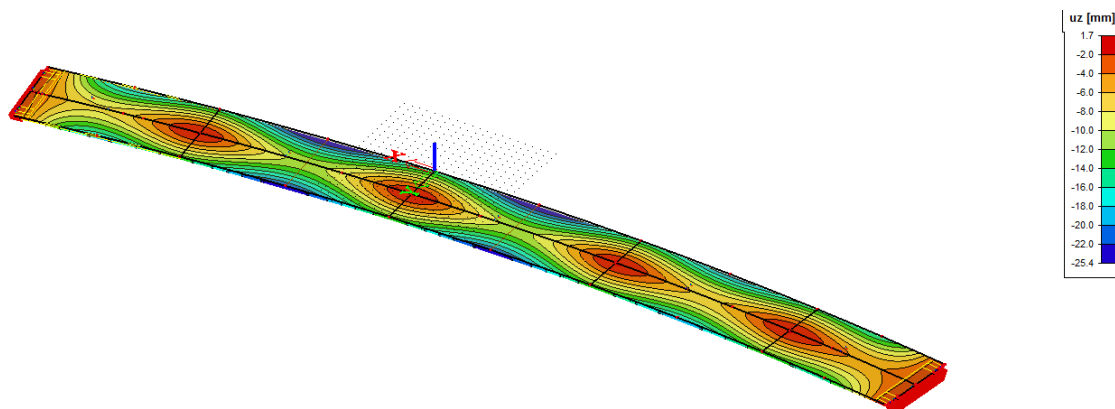
Tento model má v podélném směru jeden prut, který má průřez celého trámu a je umístěn v ose mostu. Deska mostovky je modelována jako půdorysný oblouk dle skutečnosti.



Obrázek 76 - Pohled na deskový model se žebry

Kontrola výpočtového modelu:

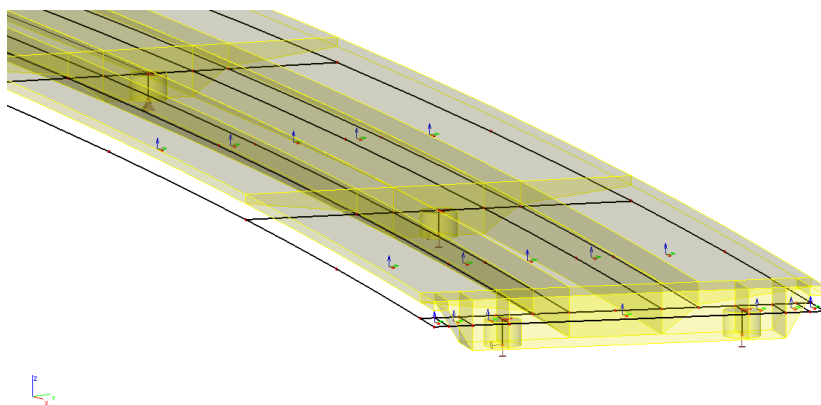
KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - DESKA SE ŽEBRY				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
-0,66	1,48		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
	-4,17		STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
	53,04		STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
	54,27		STŘEDNÍ PODPORA (P4)	
	-4,74		STŘEDNÍ PODPORA (P5)	
-0,78	1,56		KRAJNÍ PODPORA (O6)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,6	-25,4



Obrázek 77 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy

### 3.5.4. Scia - Deskostěnový model

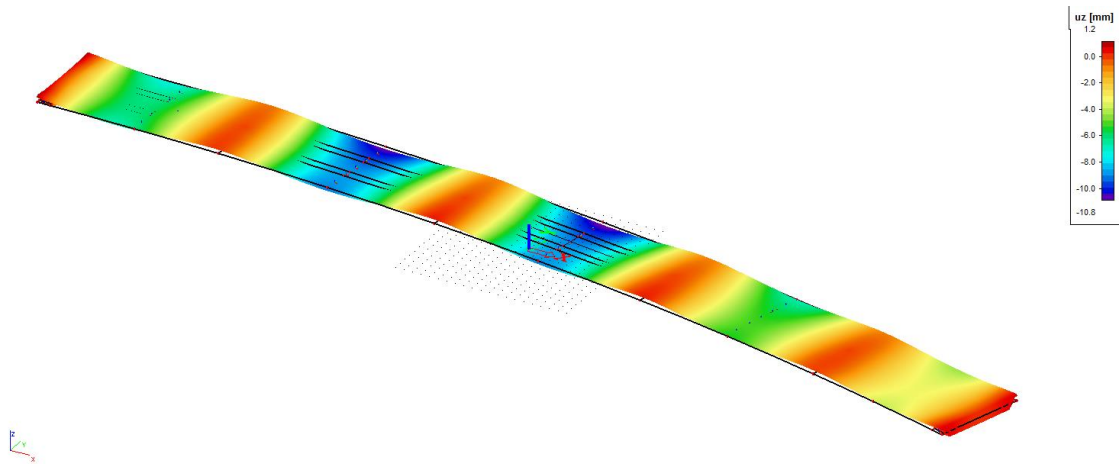
Deskostěnový model je opět vytvořen pouze z desek, ke kterým je přiřazena tloušťka jednotlivých prvků.



Obrázek 78 – Pohled na deskostěnový model konstrukce

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - DESKOVÝ				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	MÍSTO		
-0,04	1,5	KRAJNÍ PODPORA (O1)		
	-6,88	STŘEDNÍ PODPORA (P2)		
	55,04	STŘEDNÍ PODPORA (P3)		
	56,86	STŘEDNÍ PODPORA (P4)		
	-8,16	STŘEDNÍ PODPORA (P5)		
-0,01	1,69	KRAJNÍ PODPORA (O6)		
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,6	-10,8



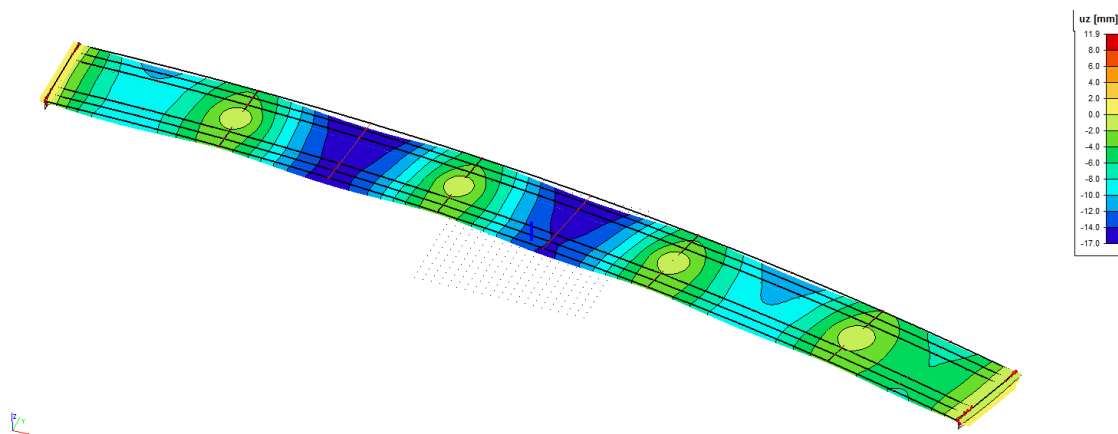
Obrázek 79 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy

### 3.5.5. Scia - Deskostěnový model – tenkostěnný

Tento model byl vytvořen pomocí skořepin. Místo trémové konstrukce byla vymodelována komorová konstrukce, opět s tloušťkou stěn  $\frac{1}{4} h = 0,3375$  m, kde  $h$  je celková výška trámu (1,35 m). Nejprve byl příčník modelován pomocí vodorovných desek se skutečnou tloušťkou. Program si ale nevěděl rady s nespojitostí, která vznikala, protože komora fyzicky nenavazovala na příčník, ale byla spojena horní deskou a konzolami s příčníkem. Příčník byl opraven pomocí svislé stěny, do které byla napojena již fyzicky komorová konstrukce. Konzoly byly modelovány pomocí dvou desek, které měly konstantní tloušťku 0,329 m a 0,487 m. Chybějící hmota komory byla opět dodána pomocí vnějšího zatížení.

#### Kontrola výpočtového modelu:

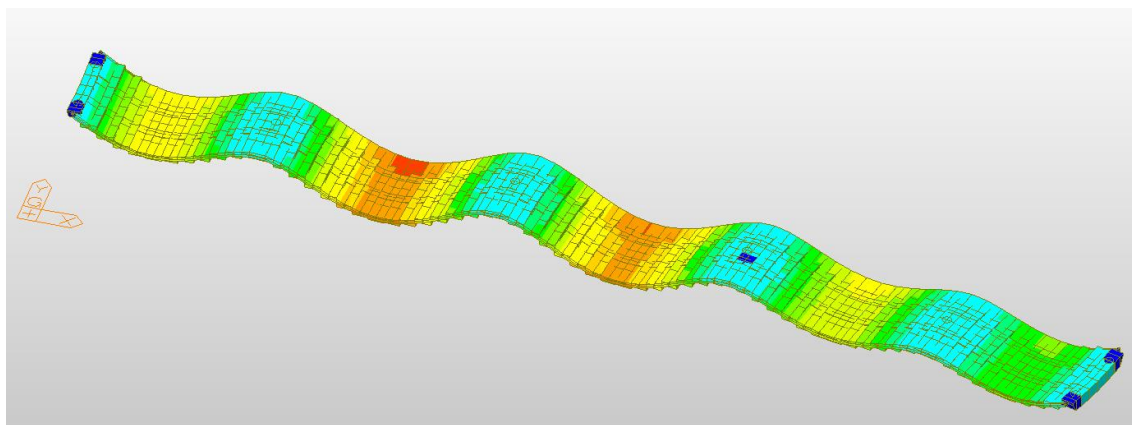
KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	MÍSTO		
-0,86	2,12	KRAJNÍ PODPORA (O1)		
	-6,33	STŘEDNÍ PODPORA (P2)		
	53,95	STŘEDNÍ PODPORA (P3)		
	57,27	STŘEDNÍ PODPORA (P4)		
	-6,57	STŘEDNÍ PODPORA (P5)		
-1,27	1,7	KRAJNÍ PODPORA (O6)		
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-0,9	-17,7



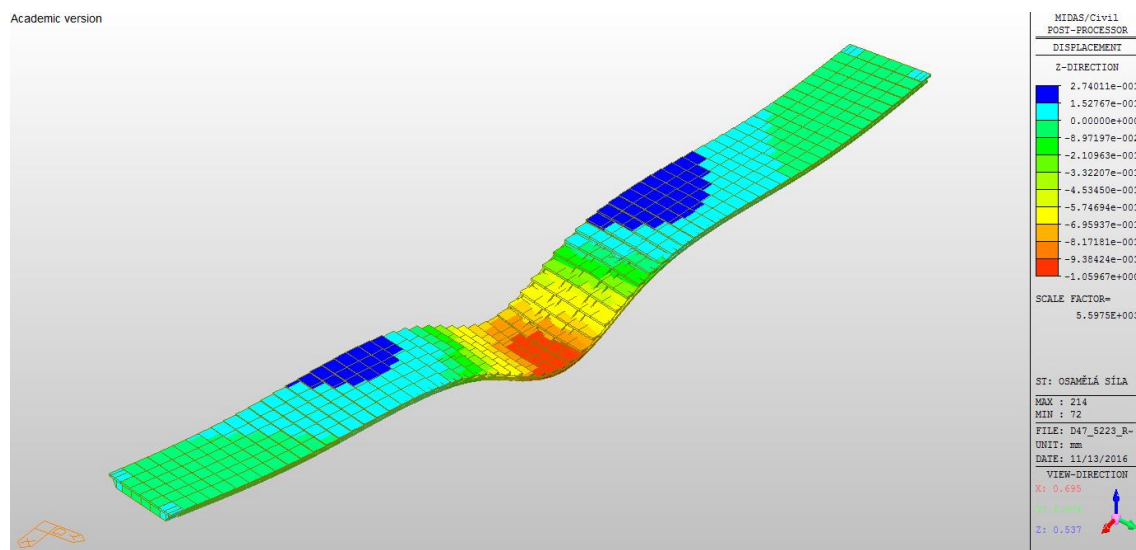
Obrázek 80 - Deformace od vlastní tíhy

### 3.5.6. midas – Roštový model

Roštový model konstrukce je opět stejný jako v programu Scia Engineer.



Obrázek 81 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy



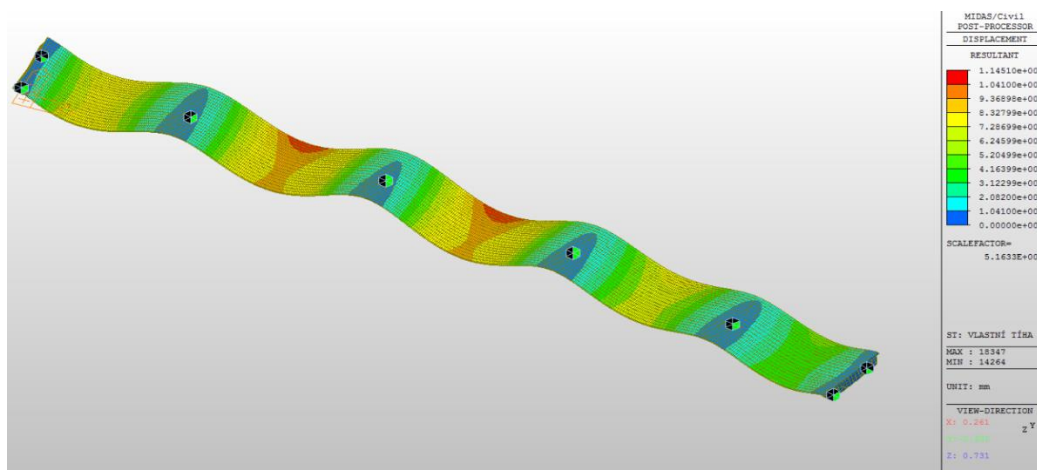
Obrázek 82 - Deformovaný tvar konstrukce od osamělé síly

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - ROŠT				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
-0,54	1,57		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
	-4,91		STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
	54,99		STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
	53,27		STŘEDNÍ PODPORA (P4)	
	-5,59		STŘEDNÍ PODPORA (P5)	
-0,56	1,77		KRAJNÍ PODPORA (O6)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-0,5	-11,6

**3.5.7. midas – Objemový model**

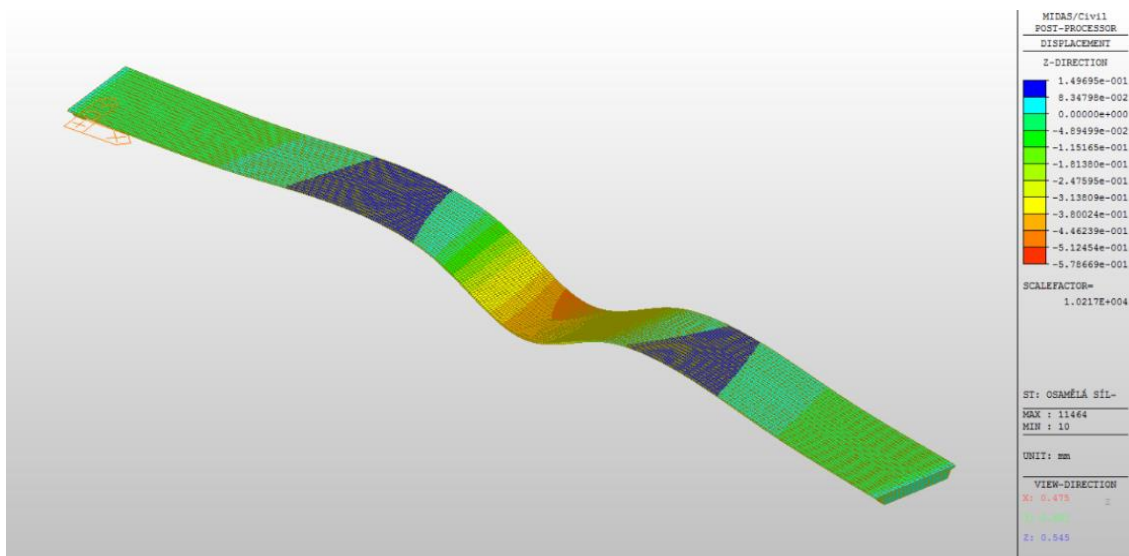
I v tomto případě byly nejprve vymodelovány svislé plochy, které rozdělávaly průřez nosné konstrukce a poté navazující plochy příčnicku. Zatímco plochy příčnicku byly vytaženy klasicky pomocí vodorovného pohybu, nosná konstrukce byla vytažena pomocí rotace. Byly spočítány jednotlivé středové úhly každého pole, ty byly rozděleny na určitý počet dílků a vytažením pomocí rotace byl vytvořen model objemových prvků.



Obrázek 83 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - NADJEZD NAD D1 - OBJEMOVÝ				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
0,05	1,51		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
	-7,35		STŘEDNÍ PODPORA (P2)	
	55,46		STŘEDNÍ PODPORA (P3)	
	57,32		STŘEDNÍ PODPORA (P4)	
	-8,96		STŘEDNÍ PODPORA (P5)	
0,18	1,78		KRAJNÍ PODPORA (O6)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB POD SILOU [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	99,99 kN	VYHOVUJE	-0,6	-11,4



Obrázek 84 - Deformace konstrukce od osamělé síly

**3.5.8. Porovnání modelů**

Deformace jednotlivých modelů se docela podobají, vybočuje akorát deskový model se žebrem, který má víc jak dvojnásobnou svislou deformaci od vlastní tíhy. Největší deformace od vlastní tíhy byla na vnějším okraji 2. pole. Deformace od osamělé síly jsou podobné. Nejměkčí (když budu porovnávat působení osamělé síly) je deskový-tenkostěnný model. Reakce od vlastní tíhy jsou opět velice podobné.

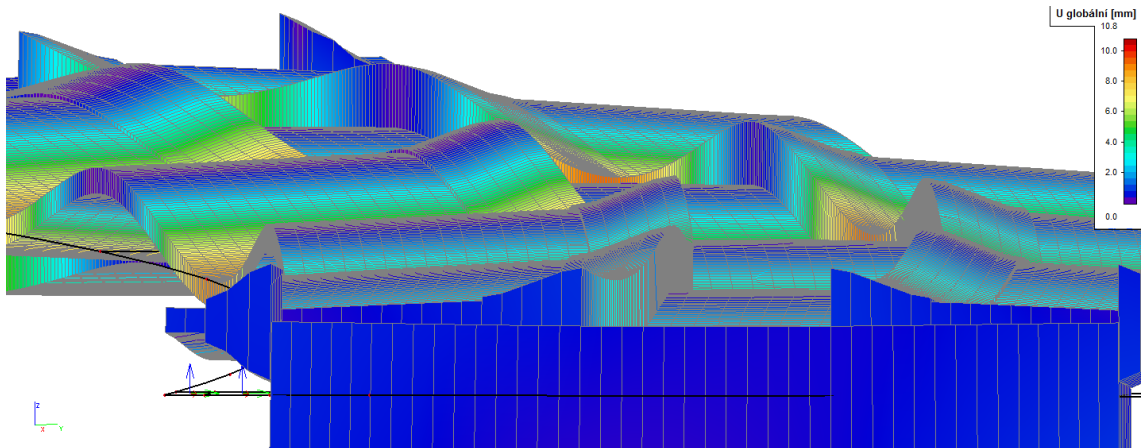


POPIS VÝPOČTOVÝCH MODELŮ

POROVNÁNÍ DEFORMACÍ - DÁLNIČNÍ MOST NA D1							
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER					MIDAS	
	PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBREM	DESKOVÝ	DESKOVÝ - TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
VLASTNÍ TÍHA [mm]	-8,8	-11,6	-25,4	-10,8	-17,7	-11,6	-11,4
OSAMĚLÁ SÍLA [mm]	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,9	-0,5	-0,6
VLASTNÍ TÍHA (POROV. ROŠTOVÝ M. SCIA)	<b>75,86%</b>	<b>100,00%</b>	<b>218,97%</b>	<b>93,10%</b>	<b>152,59%</b>	<b>100,00%</b>	<b>98,28%</b>
OSAMĚLÁ SÍLA (POROV. ROŠTOVÝ M. SCIA)	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>120,00%</b>	<b>120,00%</b>	<b>180,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>120,00%</b>

REAKCE OD VLASTNÍ TÍHY CELKOVÁ SUMA - NADJEZD NAD D1							
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER				MIDAS CIVIL		VYPOČTENÁ HMOTNOST SKUTEČNÉHO MOSTU [kN]
	PRUT	ROŠT	DESKA SE ŽEBREM	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ	
CELKOVÁ REAKCE Z MODELU [kN]	11794,49	11748,32	11551,70	11745,90	12214,30	11880,34	12032,64
ROZDÍL OD SKUTEČNOS TI [kN]	238,15	284,32	480,94	286,74	181,66	152,30	
ROZDÍL OD SKUTEČNOS TI [t]	23,81	28,43	48,09	28,67	18,17	15,23	
POMĚR MODEL/ SKUTEČNOS T	<b>98,0%</b>	<b>97,6%</b>	<b>96,0%</b>	<b>97,62%</b>	<b>101,5%</b>	<b>98,7%</b>	

U deskového modelu nejprve program nebral v úvahu zadané excentricity a propojení jednotlivých desek v příčném směru. Konstrukce v předvýpočetní fázi vypadala v programu dle skutečnosti, ale ve výsledcích konstrukce vypadala nespojitě a zároveň zadané excentricity prvků nefungovaly. Tento problém byl řešen přímo s panem Matelou ze společnosti Scia Engineer. Ukázalo se, že chyba byla v programu, při následné aktualizaci programu na novější verzi, byl tento problém vyřešen a konstrukce vykazovala správné deformace.



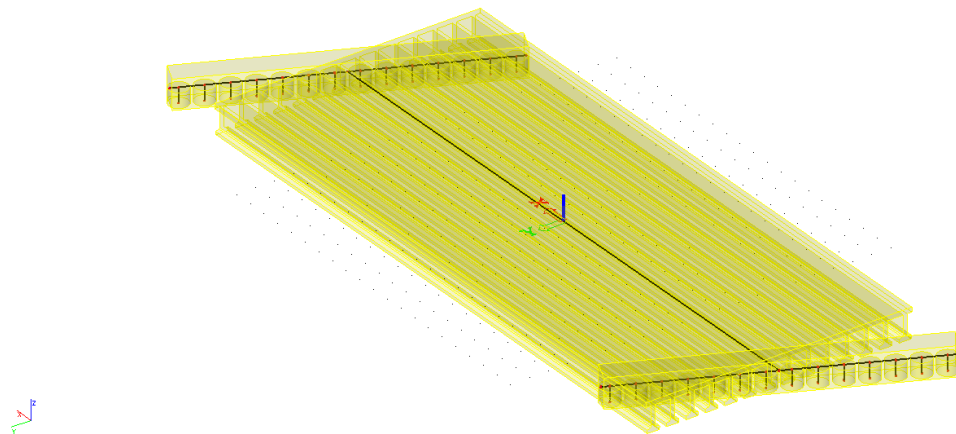
Obrázek 85 – Problém s propojením a excentricitou prvků v deskovém modelu

Po aktualizaci programu se objevil další problém, který předtím nehrál roli a to byl modul pružnosti u tuhých ramen. Pokud jsme nechali modul pružnosti  $1,0e+14$  MPa. Program buď vůbec nespočítal z důvodu výskytu nesingularity nebo když spočetl, tak nesmyslné výsledky. Bohužel se tento problém ukázal následně u všech konstrukcí, a proto byl všude modul pružnosti tuhých ramen zmenšen na  $1,0e+12$  MPa. S tím si již program uměl poradit. Bohužel aktualizace programu ovlivnila všechny výsledky i v ostatních modelech.

### 3.6. Dálniční most na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/01)

#### 3.6.1. Scia - Prutový model

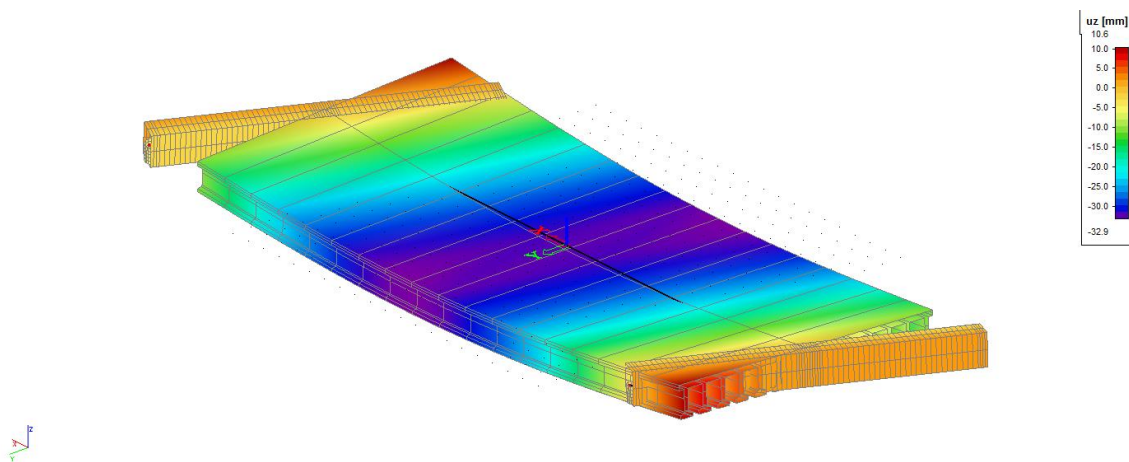
Most má levostrannou šikmost (72 g). Prut, který je tvořen ze všech 14 prefabrikovaných nosníků včetně spřažené betonové desky, je připojen na pruty příčníků. Opět je udělena prutům excentricita dle skutečnosti. Pod každým nosníkem v příčniku jsou osazeny podpory pomocí tuhých ramen.



Obrázek 86 - Prutový model dálničního mostu na R1

Kontrola výpočtového modelu:

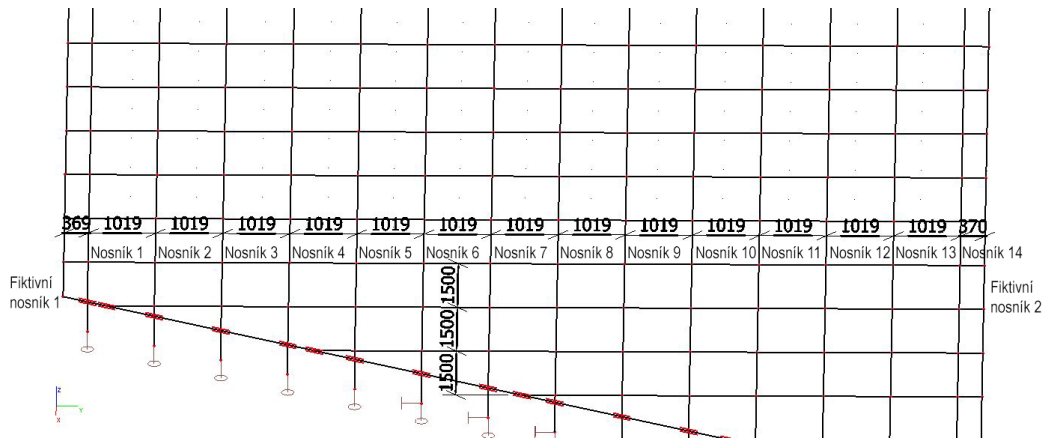
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_01 - PRUTOVÝ							
REAKCE PODPORY - OD ZS 2 - OSAMĚLÁ SÍLA							
N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	MÍSTO
0	0,01	0,06	0,31	1,64	-0,97	21,4	KRAJNÍ PODPORA (O1)
0	0	0	0	0	-0,02	-0,03	KRAJNÍ PODPORA (O2)
N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	MÍSTO
24,76	0,27	2,05	0,38	0,07	0,01	0	KRAJNÍ PODPORA (O1)
26,66	25,18	-0,98	-0,64	-0,12	-0,02	0	KRAJNÍ PODPORA (O2)
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ		PRŮHYB - ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN		100,02 kN		VYHOVUJE		-0,8	-32,9



Obrázek 87 - Deformace od vlastní tíhy

**3.6.2. Scia - Roštový model**

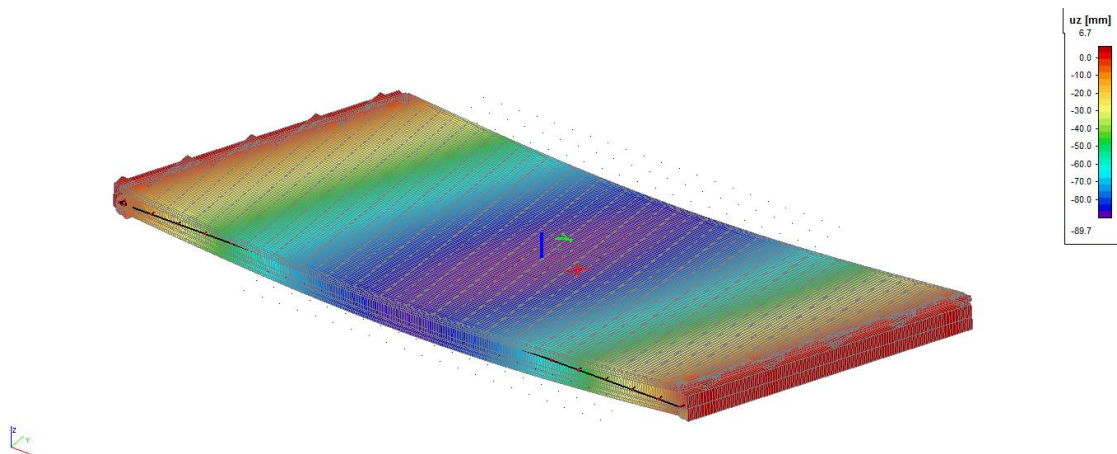
Roštový model konstrukce dálničního mostu byl opět rozdělen na téměř čtvercovou síť (1,019x1,5 m). V podélném pruty charakterizují prefabrikované nosníky 1-14. Na krajích konstrukce jsou osazeny dva fiktivní nosníky čtvercového průřezu 0,25x0,25 m. Nosníky jsou napojeny na prut příčnicku, z prutu příčnicku dále vedou svislá tuhá ramena pro osazení podpor.



Obrázek 88 - Roštový model konstrukce

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_01 - ROŠT								
REAKCE PODPORY - OD ZS 2 - OSAMĚLÁ SÍLA								
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	NOSNÍK 3	NOSNÍK 4	NOSNÍK 5	NOSNÍK 6	NOSNÍK 7	MÍSTO	
11,98	-3,57	-0,49	-0,19	0,18	-6,85	-1,41	KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-23,91	21,04	9,56	10,12	19,25	11,56	-4,01	KRAJNÍ PODPORA (O2)	
NOSNÍK 8	NOSNÍK 9	NOSNÍK 10	NOSNÍK 11	NOSNÍK 12	NOSNÍK 13	NOSNÍK 14	MÍSTO	
9,99	12,22	8,04	11,55	11,37	21,85	-21,51	KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-19,73	-1,88	16,07	1,85	-0,1	-2,57	9,58	KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ			PRŮHYB - ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN		99,99 kN		VYHOVUJE			-1,2	-31,8

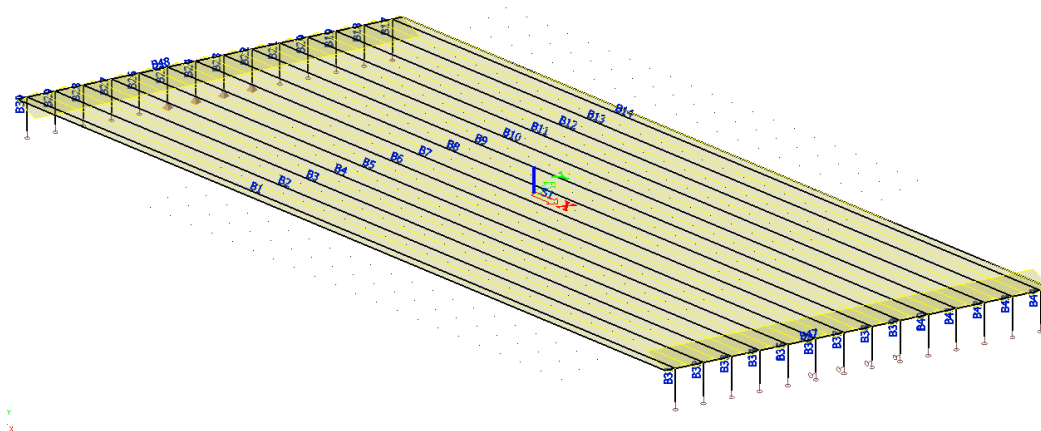


Obrázek 89 - Svislá deformace roštového modelu od vlastní tíhy

### 3.6.3. Scia - Deskový model se žebry

Deska byla modelována dle skutečnosti (tloušťka 0,24 m) a k ní připojena v podélném směru žebra, která měla průřez nosníků VSTI 2000. Příčnick je modelován

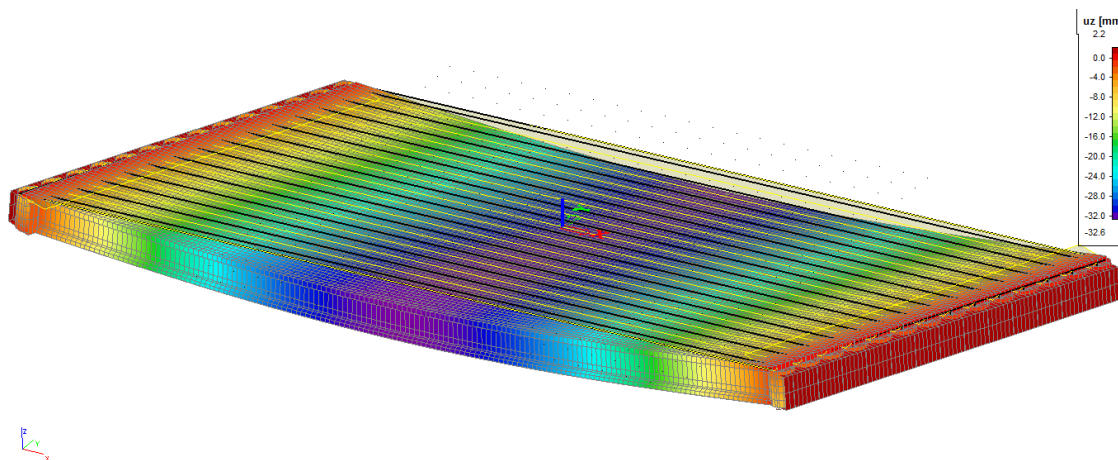
jako žebro desky, které má efektivní šířku polovinu šířky příčnicku + 1 m (celkem 0,6 + 1 = 1,6 m). Opět byla použita tuhá ramena pro umístění podpor.



Obrázek 90 - Dálniční most na R1 - pohled na deskový model se žebry

Kontrola výpočtového modelu:

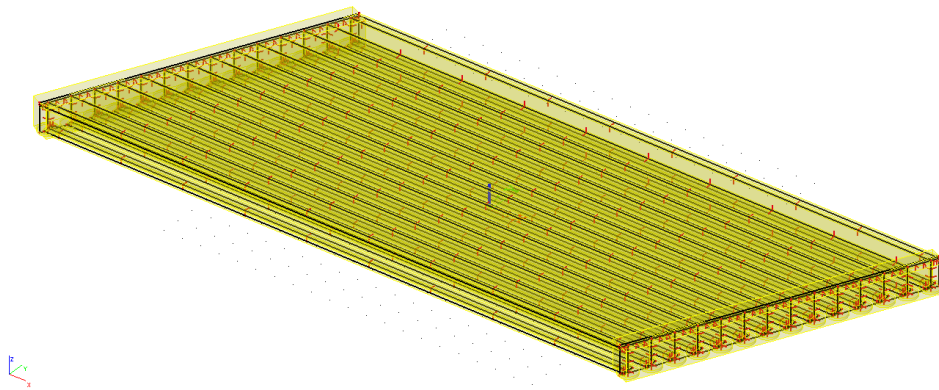
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_01 - DESKA SE ŽEBRY							
REAKCE PODPORY - OD ZS 2 - OSAMĚLÁ SÍLA							
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	NOSNÍK 3	NOSNÍK 4	NOSNÍK 5	NOSNÍK 6	NOSNÍK 7	MÍSTO
7,54	-3,37	-0,14	1,05	-2,86	-5,92	7,83	KRAJNÍ PODPORA (O1)
-11,72	5,69	5,43	7,75	12,49	15,15	8,02	KRAJNÍ PODPORA (O2)
NOSNÍK 8	NOSNÍK 9	NOSNÍK 10	NOSNÍK 11	NOSNÍK 12	NOSNÍK 13	NOSNÍK 14	MÍSTO
12,47	13,42	10,94	10,24	7,71	7,32	-13,09	KRAJNÍ PODPORA (O1)
-11	-3,26	11,43	2,99	0,17	-3,05	6,75	KRAJNÍ PODPORA (O2)
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ		PRŮHYB - ZS2 [mm]		PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	99,98 kN		VYHOVUJE		-1,2		-32,6



Obrázek 91 - Deformace od vlastní tíhy

### 3.6.4. Scia - Deskostěnový model

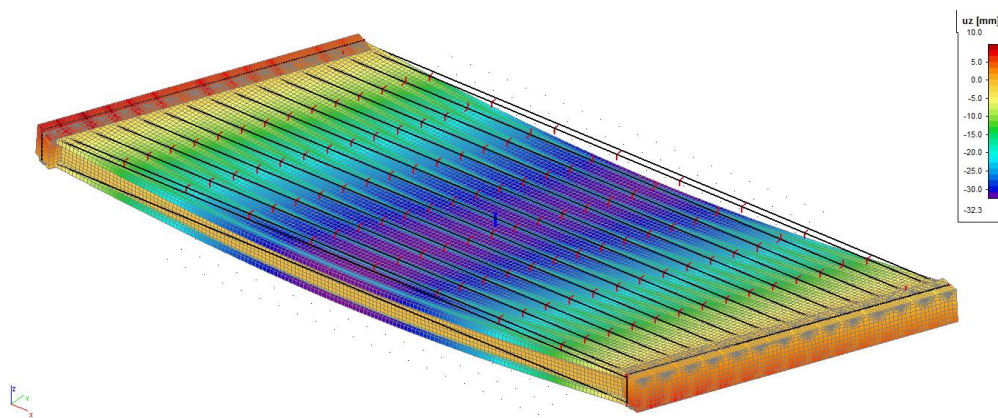
Deskostěnový model konstrukce byl tvořen pouze z desek. Nosník je tvořen z jedné svislé desky (stojina) tloušťky 0,2 m a vodorovné desky (dolní pásnice) tloušťky 0,235 m, které dohromady tvořily průřez obráceného T a byly připojeny k desce mostovky. Deska příčnicku byla modelována se střednicovou plochou ve svislém směru s tloušťkou 1,2 m. Z místa napojení stojiny a pásnice nosníku byl spuštěn prut tuhého ramene, ke kterému byla připojena podpora.



Obrázek 92 - Pohled na deskostěnový model konstrukce

KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_01 - DESKOVÝ								
REAKCE PODPORY - OD ZS 2 - OSAMĚLÁ SÍLA								
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	NOSNÍK 3	NOSNÍK 4	NOSNÍK 5	NOSNÍK 6	NOSNÍK 7	MÍSTO	
6,48	-1,03	-1	-0,25	-1,47	-2,93	5,44	KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-10,84	2,87	6,3	8,89	12,59	12,35	5,04	KRAJNÍ PODPORA (O2)	
NOSNÍK 8	NOSNÍK 9	NOSNÍK 10	NOSNÍK 11	NOSNÍK 12	NOSNÍK 13	NOSNÍK 14	MÍSTO	
10,48	12,97	11,96	11,04	8,82	4,38	-11,74	KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-3,8	0,46	6,1	2,72	-0,27	-1,05	5,5	KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY			POROVNÁNÍ			PRŮHYB - ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN			VYHOVUJE			-1,1	-32,3

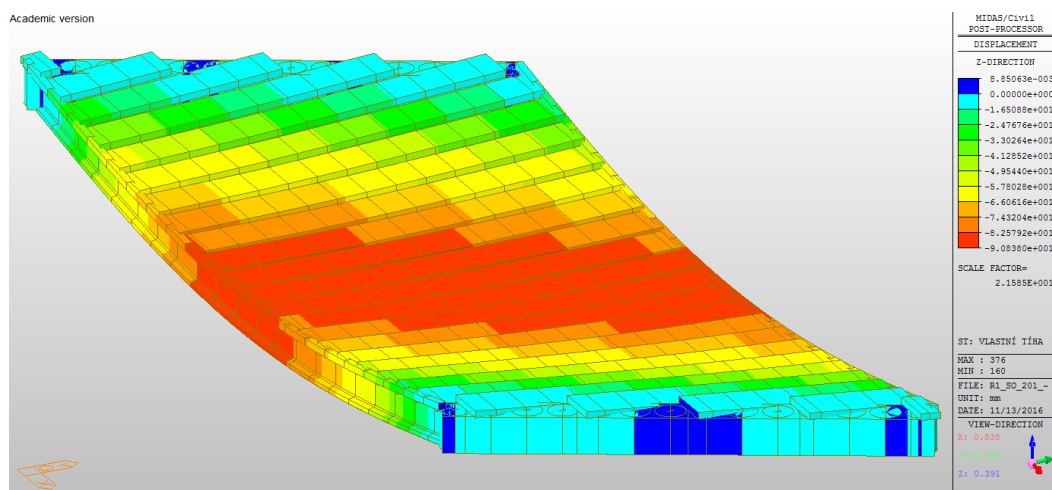




Obrázek 93 - Deformace od vlastní tíhy

### 3.6.5. midas – Roštový model

Roštový model v programu midas Civil byl opět modelován stejně jako ve Scia Engineer.

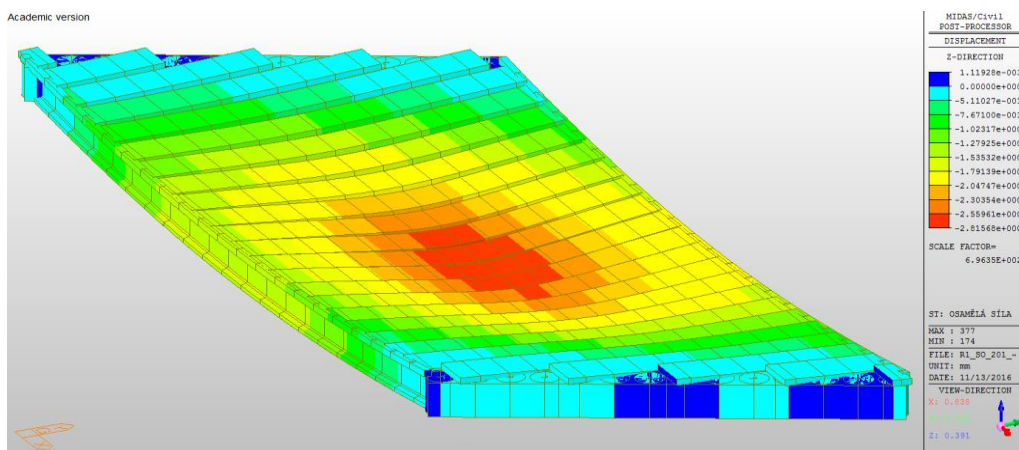


Obrázek 94 - Deformovaná konstrukce od vlastní tíhy

### Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - midas - R1 SO 201_01 - ROŠT								
REAKCE PODPORY - OD ZS 2 - OSAMĚLÁ SÍLA								
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	NOSNÍK 3	NOSNÍK 4	NOSNÍK 5	NOSNÍK 6	NOSNÍK 7	MÍSTO	
9,8	-2,6	-0,6	-0,5	1,2	-5,6	-2	KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-22,9	16	7,2	7,3	14,1	15,5	11,1	KRAJNÍ PODPORA (O2)	
NOSNÍK 8	NOSNÍK 9	NOSNÍK 10	NOSNÍK 11	NOSNÍK 12	NOSNÍK 13	NOSNÍK 14	MÍSTO	
10,8	11	10,2	9,8	9,7	17,5	-20,5	KRAJNÍ PODPORA (O1)	
-10,9	-2,4	10,9	0,1	-1,1	-3,2	10,1	KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA		SUMA TABULKY		POROVNÁNÍ			PRŮHYB - ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN		100,00 kN		VYHOVUJE			-1,2	-32,2

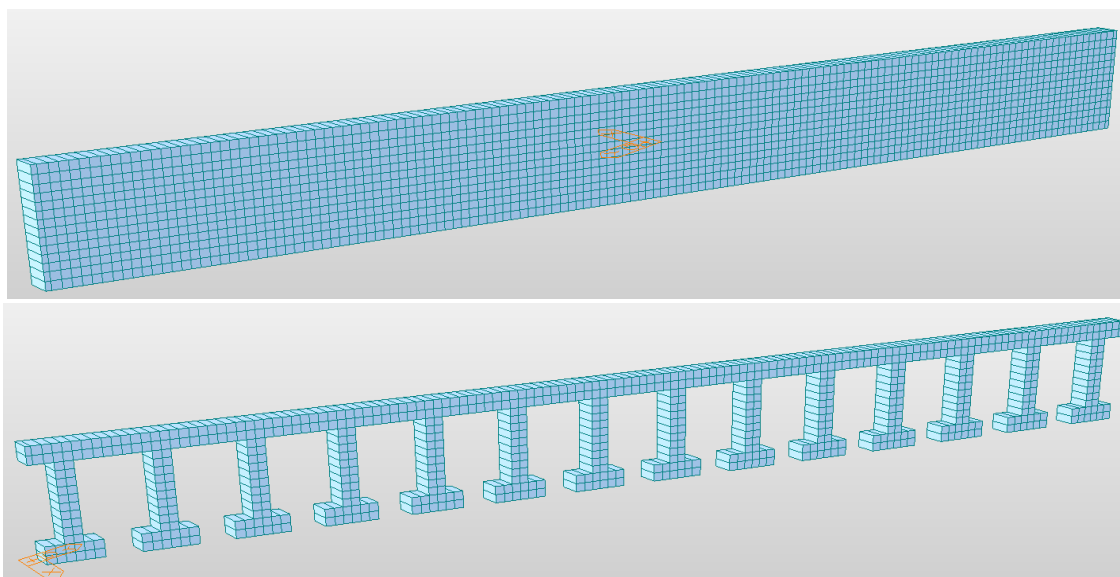




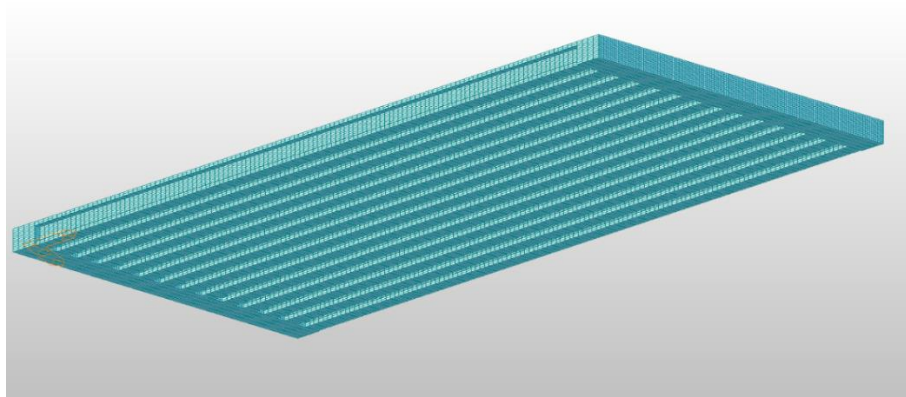
Obrázek 95 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy

### 3.6.6. midas – Objemový model

Opět byly nejprve vytvořeny plochy nosné konstrukce. Potom byly dotvořeny zbylé plochy, které dotvářejí průřez příčnicku. Poté byly tyto plochy vytaženy do skutečných rozměrů konstrukce.

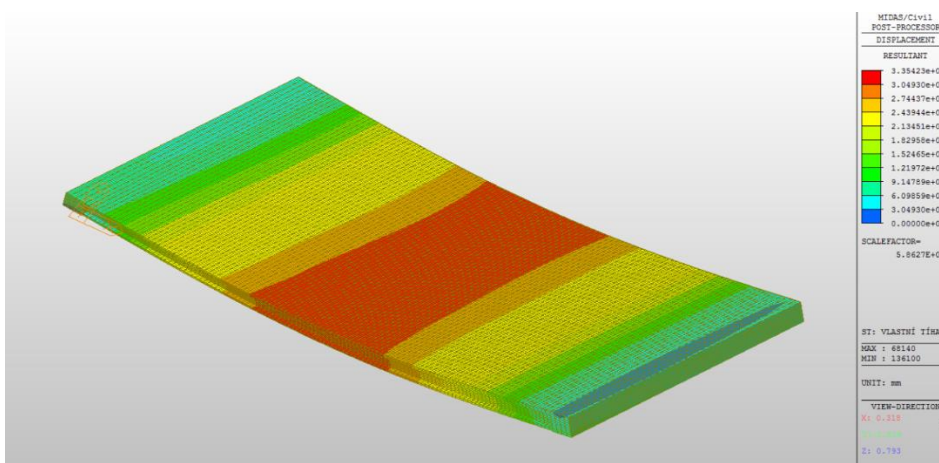


Obrázek 96 - Rozdělení konstrukce na objemové prvky



Obrázek 97 - Pohled na celkovou konstrukci

KONTROLA REAKCÍ - midas - R1 SO 201_01 - OBJEMOVÝ							
REAKCE PODPORY - OD ZS 2 - OSAMĚLÁ SÍLA							
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2	NOSNÍK 3	NOSNÍK 4	NOSNÍK 5	NOSNÍK 6	NOSNÍK 7	MÍSTO
3,7	1,2	0,4	0,6	1,1	2,1	4,3	KRAJNÍ PODPORA (O1)
-7,7	1,2	6,9	9,9	10,8	9,1	5,8	KRAJNÍ PODPORA (O2)
NOSNÍK 8	NOSNÍK 9	NOSNÍK 10	NOSNÍK 11	NOSNÍK 12	NOSNÍK 13	NOSNÍK 14	MÍSTO
7,1	9,6	10,5	9,4	6,4	1	-7,7	KRAJNÍ PODPORA (O1)
3,1	2,3	2,2	1,3	0,7	1,2	3,5	KRAJNÍ PODPORA (O2)
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ				PRŮHYB - ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE				-1,2	-33,3



Obrázek 98 - Deformovaná konstrukce od vlastní tíhy

### 3.6.7. Porovnání modelů

Z tabulky porovnání deformací je vidět, že všechny modely vychází velmi podobně, jen u prutového modelu se mírně liší deformace od osamělé síly, opět je to

zapříčiněno nemožností příčného roznosu u tohoto zatížení. Součet reakcí od vlastní tíhy je také velice podobný.

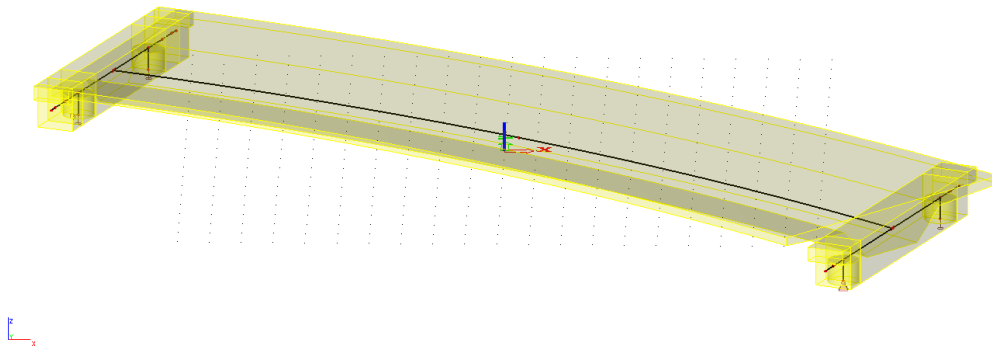
POROVNÁNÍ DEFORMACÍ – DÁLNIČNÍ MOST NA R1 PŘES ŘEKU ŽITAVU						
PROGRAM	SCIA ENGINEER				midas CIVIL	
MODEL	PRUTOVÝ	ROŠTOVÝ	DESKOVÝ SE ŽEBREM	DESKOVÝ	ROŠTOVÝ	OBJEMOVÝ
VLASTNÍ TÍHA [mm]	-32,9	-31,8	-32,6	-32,3	-32,2	-33,3
OSAMĚLÁ SÍLA [mm]	-0,8	-1,2	-1,2	-1,1	-1,2	-1,2
VLASTNÍ TÍHA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>103,46%</b>	<b>100,00%</b>	<b>102,52%</b>	<b>101,57%</b>	<b>101,26%</b>	<b>104,72%</b>
OSAMĚLÁ SÍLA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>66,67%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>91,67%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

REAKCE OD VLASTNÍ TÍHY CELKOVÁ SUMA - DÁLNIČNÍ MOST NA R1 PŘES ŘEKU ŽITAVU							
PROGRAM	SCIA ENGINEER				MIDAS CIVIL		VYPOČTENÁ HMOTNOST SKUTEČNÉHO MOSTU [kN]
	PRUT	ROŠT	DESKA SE ŽEBREM	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ	
CELKOVÁ REAKCE Z MODELU [kN]	7855,26	7739,04	7636,59	8389,41	7784,36	7638,98	7842,65
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [kN]	12,61	103,61	206,06	546,76	58,28	203,67	
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [t]	1,26	10,36	20,61	54,68	5,83	20,37	
POMĚR MODEL/SKUTEČNOST	<b>100,2%</b>	<b>98,7%</b>	<b>97,4%</b>	<b>107,0%</b>	<b>99,3%</b>	<b>97,4%</b>	

### 3.7. Dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/02)

#### 3.7.1. Scia - Prutový model

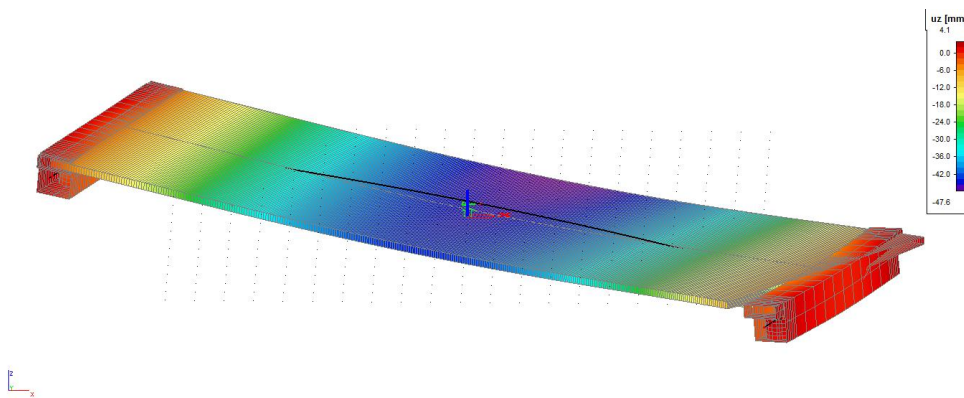
Opět konstrukce prutového modelu je stejná jako u předešlých prutových modelů. Jediná změna u tohoto mostu je, že příčník na OP2 není kolmý na střednici prutu, ale je rovnoběžný s příčníkem na OP1. Opěry jsou rovnoběžné s překázkou a tím je vodní tok pod mostem. Kvůli této geometrii mostu, musela být upravena i ložiska mostu. Pevné ložisko na OP2 a příčně pevné ložisko na OP1 jsou na sebe vzájemně natočené, a podélná deformace mostu je tedy ve směru společné přímky.



Obrázek 99 - Pohled na prutový model dálničního sjezdu

Kontrola výpočtového modelu:

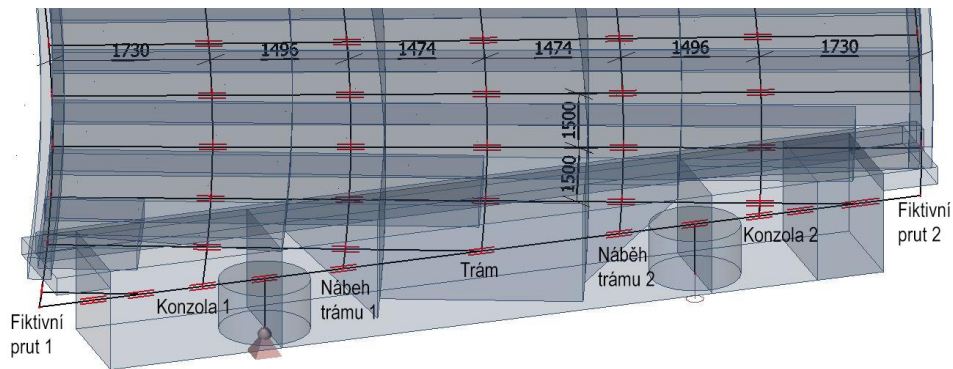
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - PRUTOVÝ				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
20,34	28,86		KRAJNÍ PODPORA (OP1)	
9,97	40,82		KRAJNÍ PODPORA (OP2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	99,99 kN	VYHOVUJE	-1,6	-47,6



Obrázek 100 - Svislá deformace konstrukce od vlastní tíhy

### 3.7.2. Scia - Roštový model

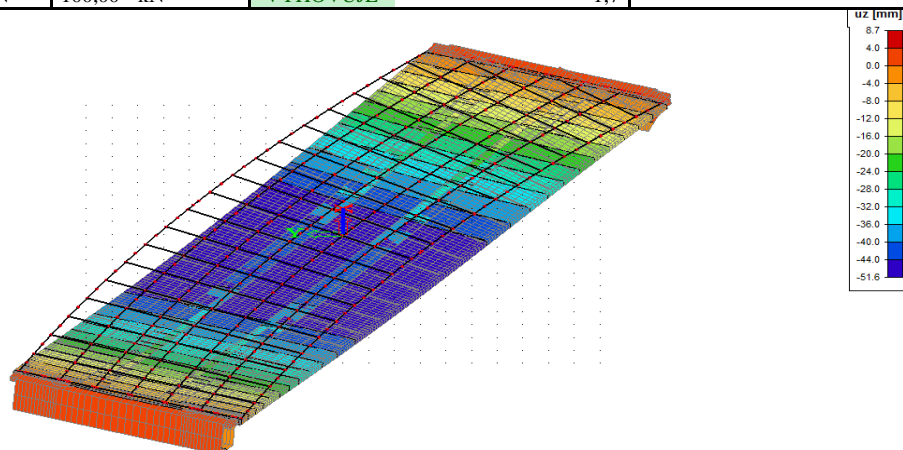
Roštový model byl opět rozdělen na téměř čtvercovou síť (obrázek 99). V příčném směru byla konstrukce rozdělena na 5 částí (konzola 1, náběh trámu 1, trám, náběh trámu 2, konzola 2). Každá část je tvořena samostatným prutem v podélném směru. Kolmo na střednici trámu byly osazeny příčné pruty. Příčné pruty měly průřez obdélníku a opět dotvářely tuhost mostu v příčném směru. Na krajích byly opět pruty příčníků, z kterých byly dle skutečnosti osazeny tuhá ramena a na nich podpory. Všem prvkům byly přiřazeny excentricity dle skutečnosti.



Obrázek 101 - Roštový model dálničního sjezdu

Kontrola výpočtového modelu:

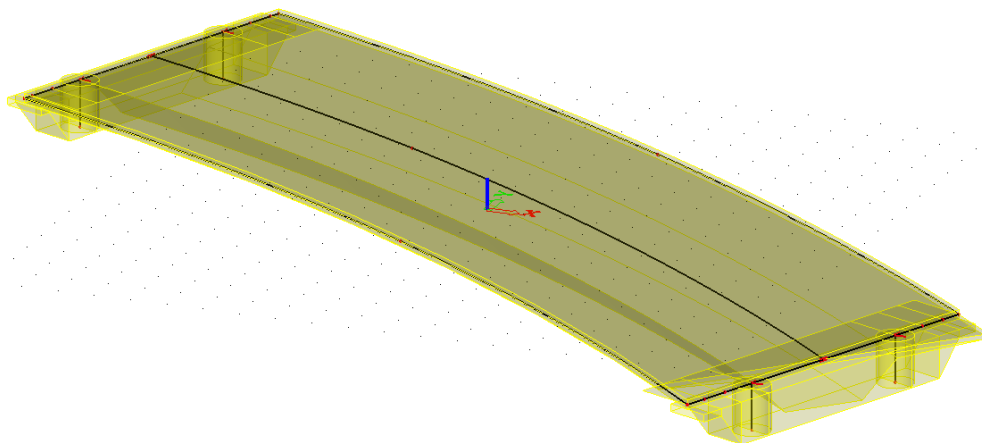
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - ROŠT				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
19,93	30,29		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
2,92	46,86		KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-1,7	-51,4



Obrázek 102 - Svislá deformace roštového modelu od vlastní tíhy

### 3.7.3. Scia - Deskový model se žebry

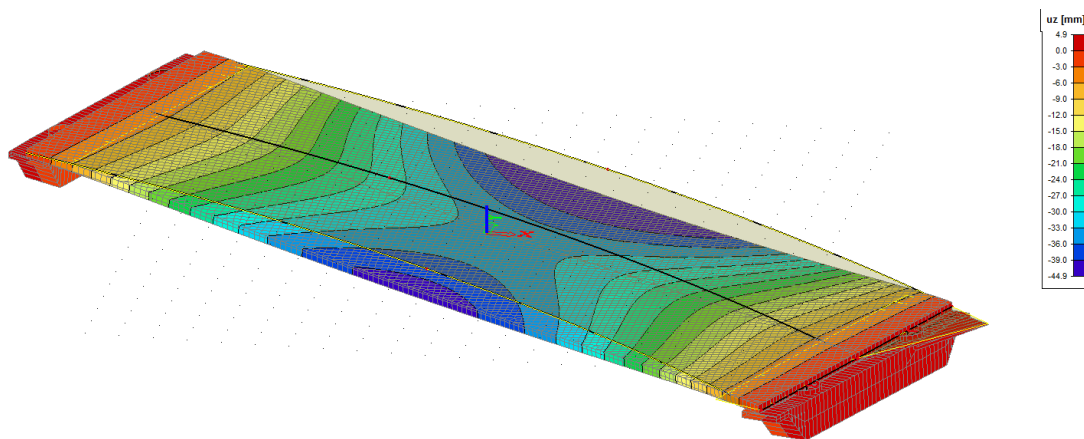
Tento model byl konstruován jednou deskou, ke které bylo přiřazeno jedno žebro v podélném směru, které charakterizuje celý průřez trámu včetně konzol. V místech v příčnicku byla osazena také žebra příčníků, která mají efektivní šířku poloviny šířky příčnicku + 1 m (celkem 1,6 m). Opět bylo příčně pevné ložisko na OP1 (levý příčnick) natočeno na pevné ložisko na OP2.



Obrázek 103 – Deskový model se žebry sjezdu na R1

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - DESKA SE ŽEBRY				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
15,88	33,33		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
8,79	42,01		KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-1,2	-41,7

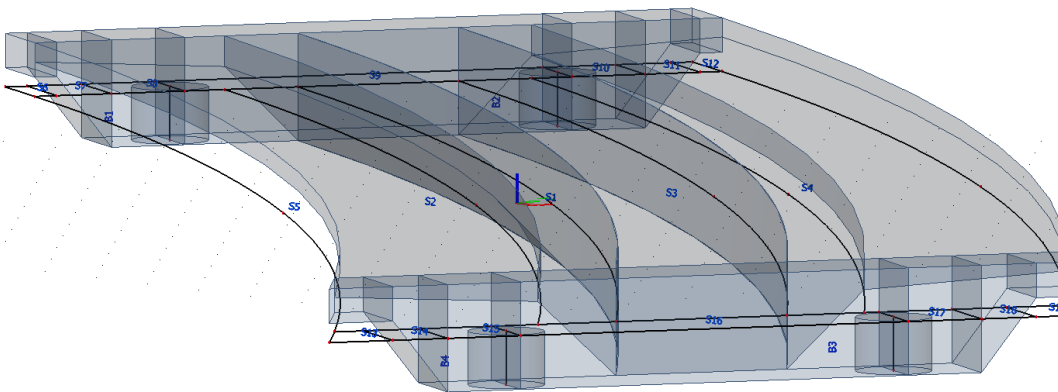


Obrázek 104 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy

### 3.7.4. Scia - Deskostěnový model

Deskostěnový model sjezdu na R1 byl modelován pomocí desek (skořepin), kterým byla přiřazena různá tloušťka a excentricita prvku. Konzoly a náběhy byly modelovány pomocí proměnné tloušťky desky, která byla zadávána různá ve 4 uzlech desky. Tím bylo dosaženo skutečného tvaru půdorysně zakřivené konstrukce. Příčníky byly také modelovány s náběhy.

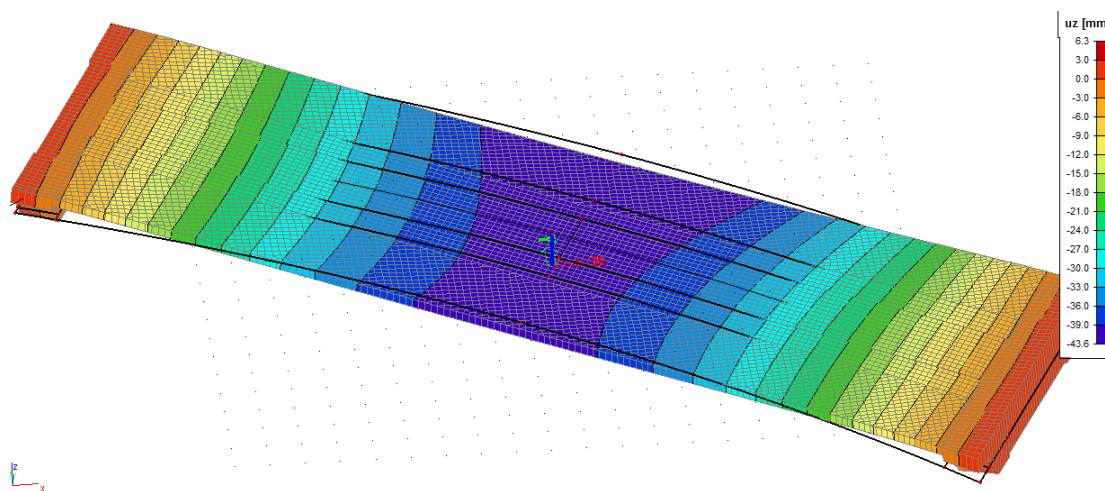




Obrázek 105 - Deskový model sjezdu na R1

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - DESKOVÝ				
REAKCE PODPORY				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
24,13	25,14		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
0,56	50,17		KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-1,5	-43,6



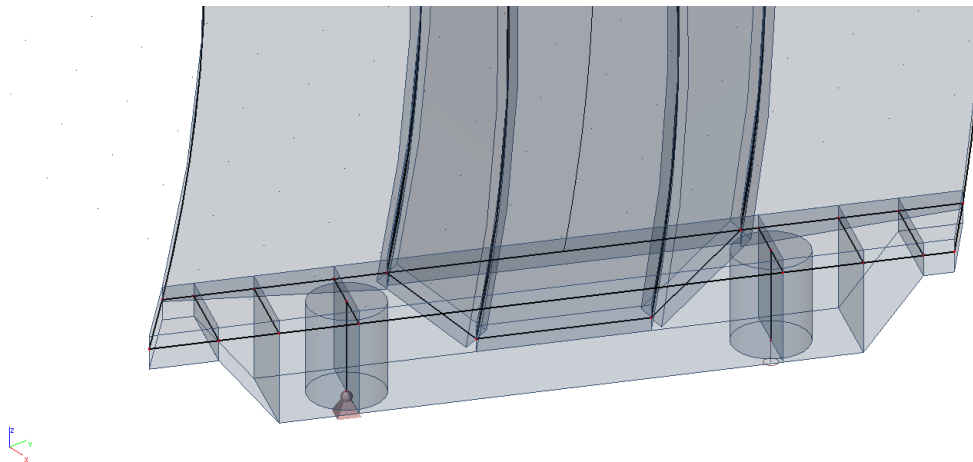
Obrázek 106 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy

### 3.7.5. Scia - Deskostěnový model – tenkostěnný

Tento model opět vycházel z deskového modelu. Místo trémové konstrukce byla vytvořena komorová konstrukce. Tloušťka stěn v komoře byla 0,35 m, to je  $\frac{1}{4}$  výšky trámu, celková výška trámu je 1,4 m. Konzoly trámu jsou poté vymodelovány dle



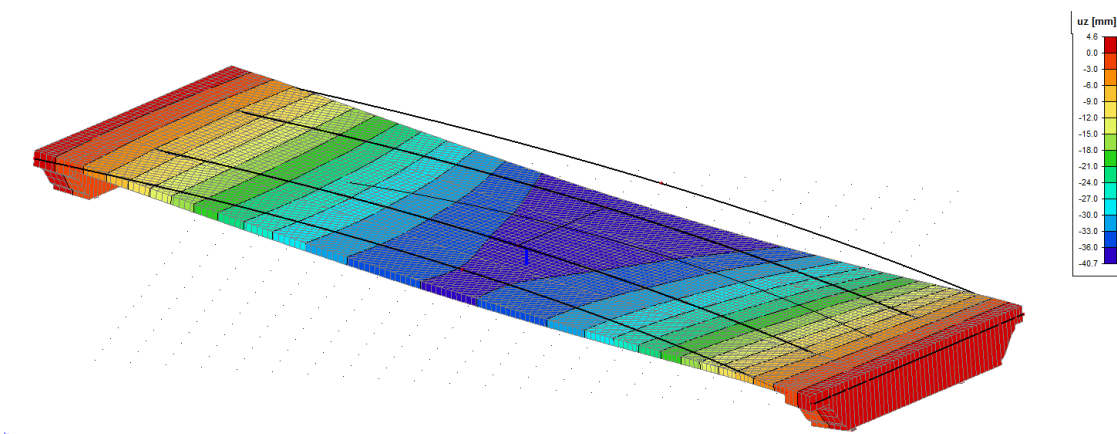
skutečnosti. Příčnick je modelován včetně náběhů. Podpory jsou natočeny dle projektu. Zbytek vlastní tíhy byl opět přidán zatížením.



Obrázek 107 - Pohled na deskostěnový model – tenkostěnný

Kontrola výpočtového modelu:

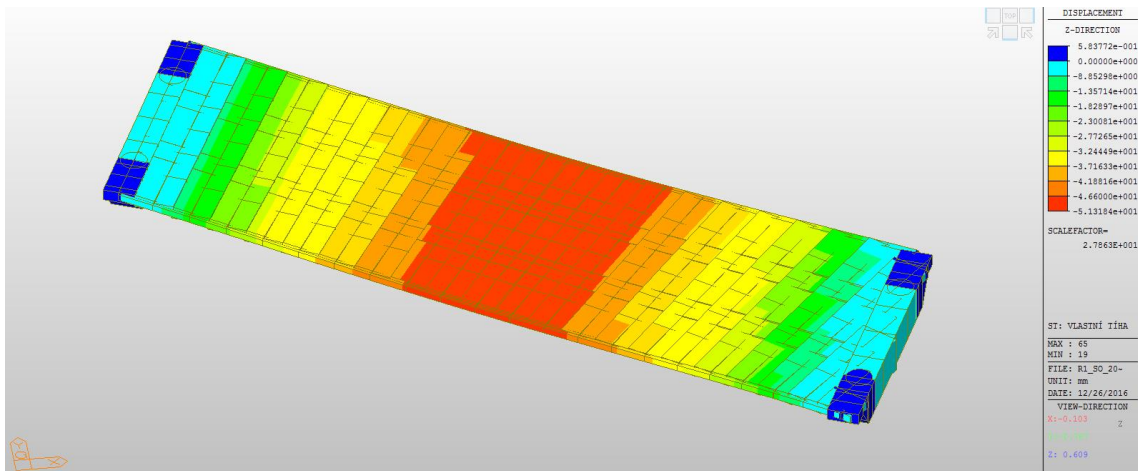
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
22,77	26,5		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
1,94	48,8		KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,01 kN	VYHOVUJE	-2,4	-48,9



Obrázek 108 - Deformace tenkostěnného modelu od vlastní tíhy

### 3.7.6. midas – Roštový model

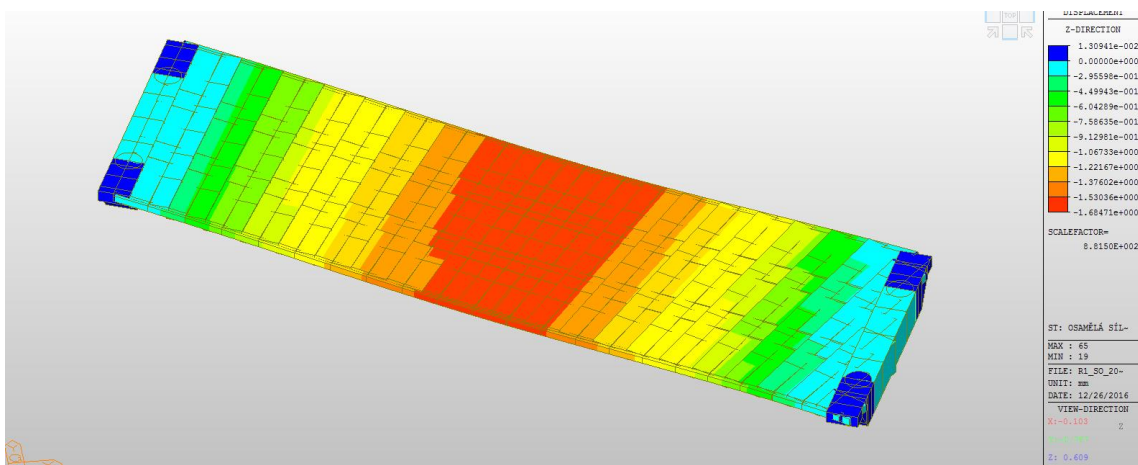
Roštový model byl opět vytvořen stejně jako model v programu Scia Engineer.



Obrázek 109 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy

Kontrola výpočtového modelu:

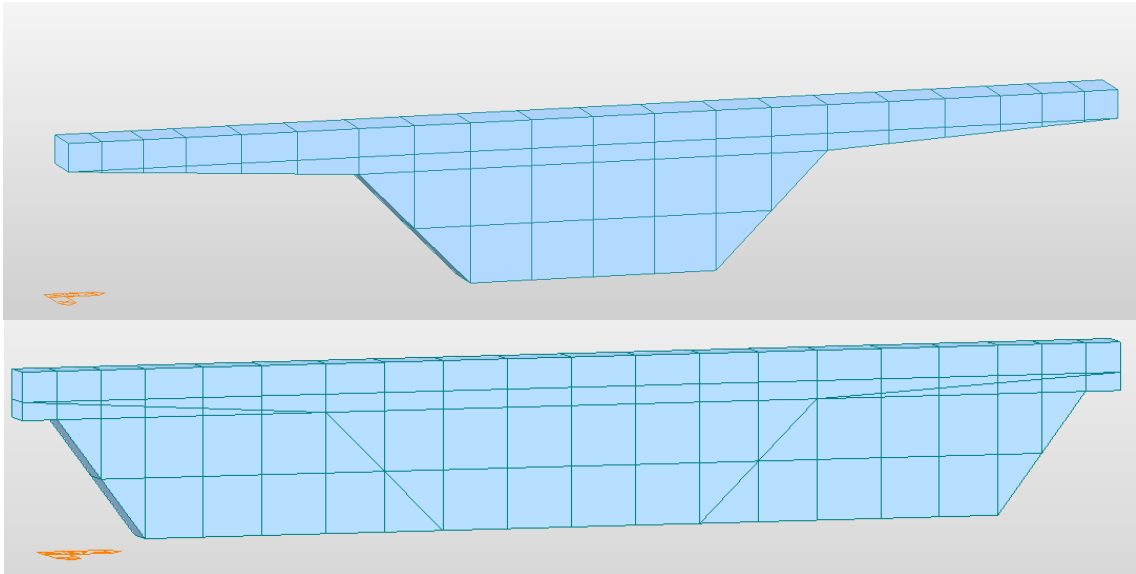
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - ROŠT				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
20,5	28,7		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
5,5	45,3		KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-1,7	-51,3



Obrázek 110 - Deformace konstrukce od osamělé síly

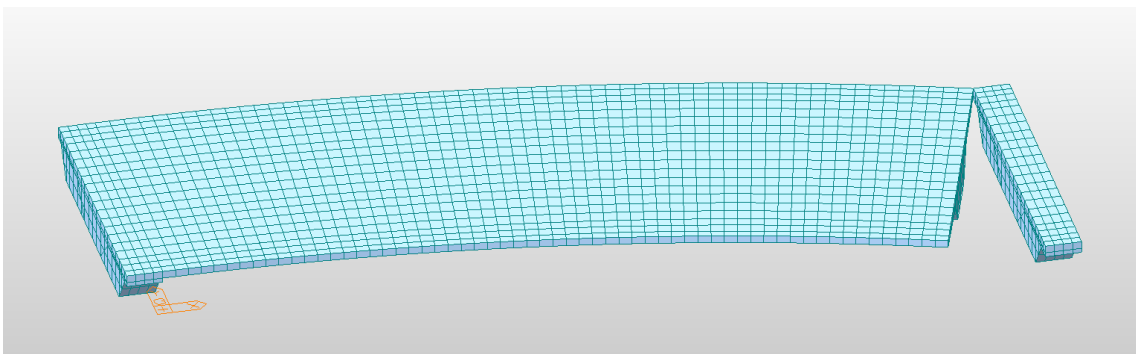
### 3.7.7. midas – Model s objemovými prvky – ručně doplněné

Tato geometrie konstrukce byla asi nejsložitější na vytváření. Opět byly vymodelovány svislé plochy – nejprve nosná konstrukce poté doplněny plochy příčnicku. Následovalo vytažení ploch příčnicku a nosné konstrukce. Vytažení nosné konstrukce bylo realizováno rotací. Na dalším obrázku je opět rozdělení nosné konstrukce a příčnicku na jednotlivé objemové prvky.



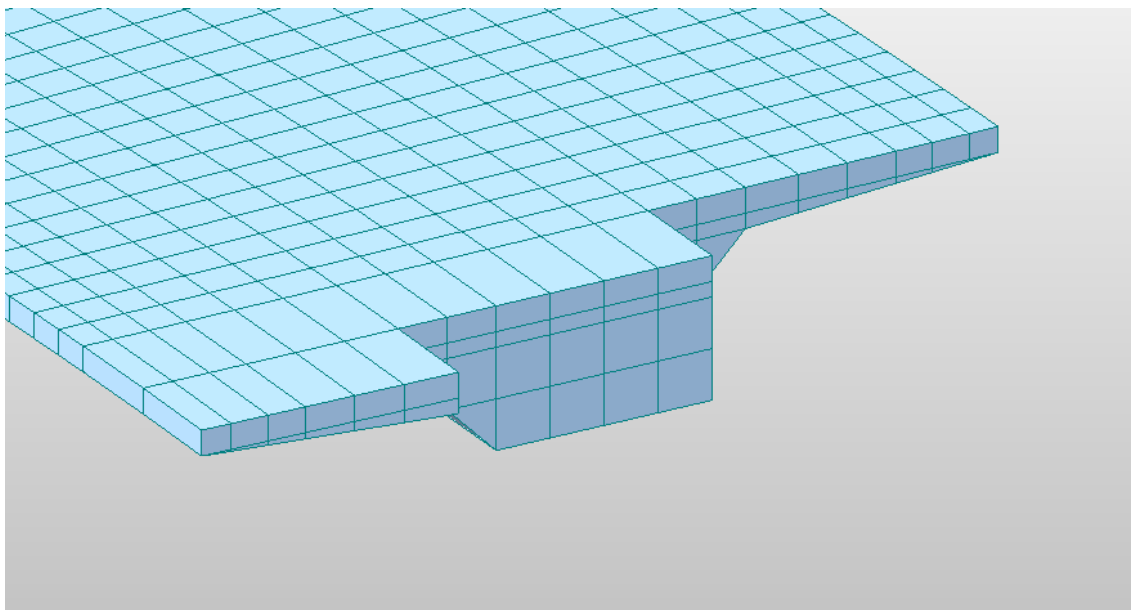
Obrázek 111 - Rozdělení průřezu na objemové prvky

Následně vznikl problém, jak vystavět zbylý trojúhelník nosné konstrukce objemovými prvky (viz obrázek 109).



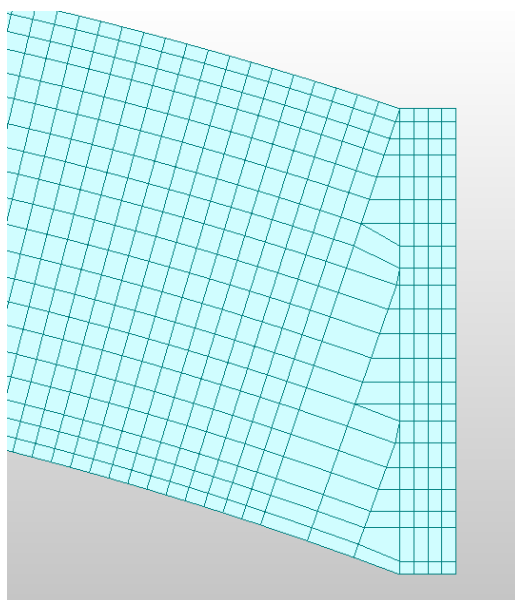
Obrázek 112 - Pohled na konstrukci bez zbylé nosné konstrukce

První možnost jsem zvolil ruční dotvoření objemových prvků. Smazal jsem příčník na OP2 a nechal jsem si pouze pomocné uzly příčnicku, na které jsem se chtěl napojit. Poté jsem si prvky nosné konstrukce vytáhl do vzdálenosti, kde jsem ještě nemusel použít zkosené objemové prvky.



**Obrázek 113 - Vytažení objemových prvků před použitím zkosených prvků**

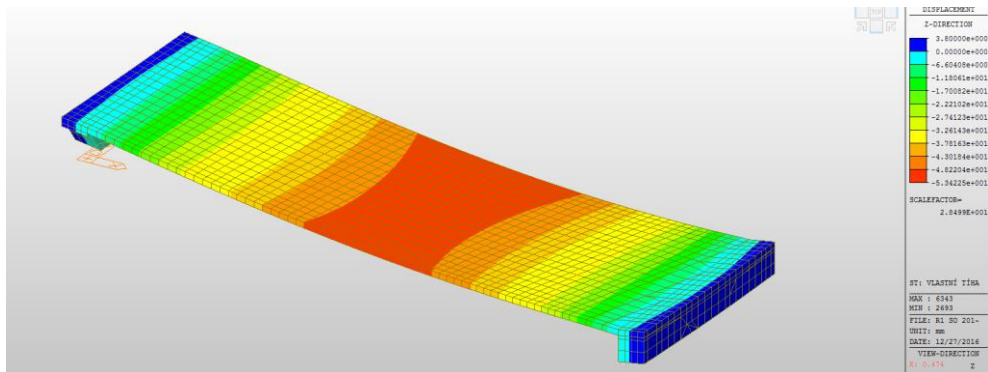
Dále následovalo použití zkosených objemových prvků (poslední řada před příčnickem), které jsem ručně vytvářel na uzly příčnicku. Byly použity objemové prvky, které se tvořily pomocí 4 a 6 uzlů. Dále jsem realizoval celkovou svislou plochu příčnicku a ten jsem vytáhnul do skutečného tvaru. Všechny objemové prvky na sebe navazují v uzlech.



**Obrázek 114 - Dotvoření objemových prvků pomocí zkosených prvků**

Kontrola výpočtového modelu:

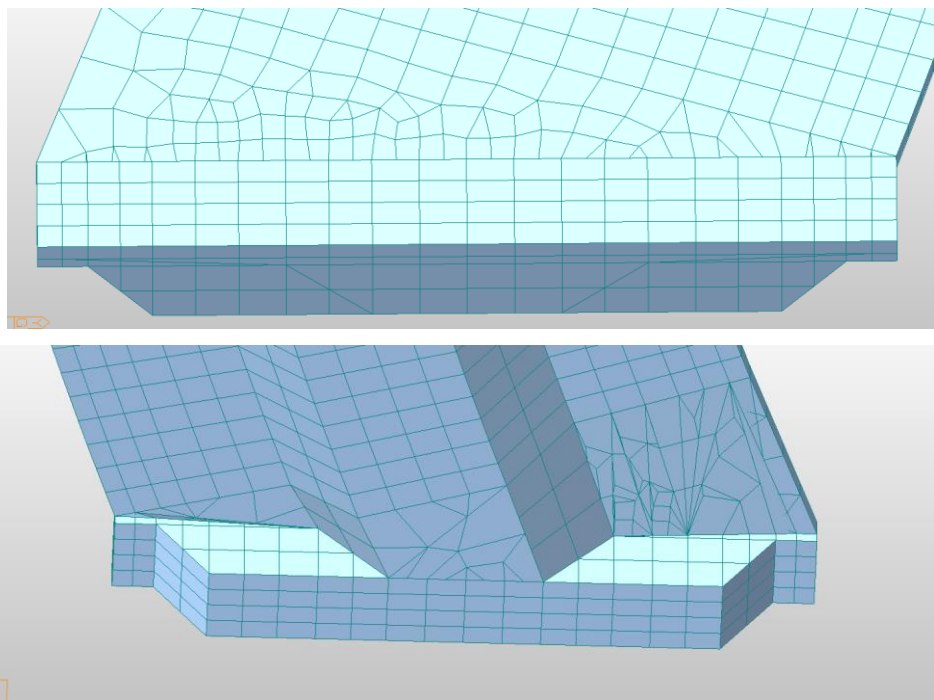
KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - OBJEMOVÝ - RUČNĚ DOPLNĚNÉ				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1	NOSNÍK 2		MÍSTO	
23,7	23,7		KRAJNÍ PODPORA (O1)	
10,8	41,8		KRAJNÍ PODPORA (O2)	
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-1,7	-53,4



Obrázek 115 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy

**3.7.8. midas – Model s objemovými prvky – meshované dle programu**

Druhý způsob, který jsem vyzkoušel, bylo automatické síťování programu. Propojil jsem zbývající trojúhelník plochou, kterou jsem nechal automaticky rozdělit pomocí programu. Program vytvořil síť, která navazovala na uzly nosné konstrukce a příčnicku. Následně jsem tuto plochu vytáhnul svisle do objemových prvků. Takto jsem pokračoval i u vytváření středového trámu. Náběhy u středového trámu byly vymodelovány ručně 6 bodovým prvkem. Konzoly byly vymodelovány pomocí šikmé plochy, ta byla opět rozdělena pomocí programu a vytažena projekcí na vodorovnou plochu. Na dalším obrázku je vidět automatické síťování programu. Byly použity trojúhelníkové a lichoběžníkové plochy, které se potom vytáhly do 6 nebo 8 bodových prvků. Výsledné síťování programem vypadá, že jednotlivé objemové prvky nejsou přesně propojeny v uzlech. Po bližším prozkoumání konstrukce, byly některé uzly sítě vytvořeny i uprostřed hrany některých objemových prvků.



Obrázek 116 - Pohled na síťování od programu

Kontrola výpočtového modelu:

KONTROLA REAKCÍ - R1 SO 201_02 - OBJEMOVÝ - MESHOVÁNÍ DLE PROGRAMU				
REAKCE PODPORY - ZS2 - OSAMĚLÁ SÍLA				
NOSNÍK 1		NOSNÍK 2		MÍSTO
23,1		22,8		KRAJNÍ PODPORA (O1)
3,7		50,4		KRAJNÍ PODPORA (O2)
OSAMĚLÁ SÍLA	SUMA TABULKY	POROVNÁNÍ	PRŮHYB OD ZS2 [mm]	PRŮHYB OD VLASTNÍ TÍHY [mm]
100 kN	100,00 kN	VYHOVUJE	-1,7	-52,9

**3.7.9. Porovnání modelů**

Z tabulky porovnání deformací je vidět, že roštové modely u obou programů se shodují. Největší shodu mají i s modely z objemových prvků. Ostatní modely u této konstrukce mají menší deformace, nejmenší deformace má deskový model se žebrem. Je vidět, že i mírný rozdíl je mezi objemovými modely v deformaci od vlastní tíhy. Naprostá shoda je ale u deformace od osamělé síly. Největší svislé deformace u všech modelů jsou na vnějším okraji mostu uprostřed rozpětí.

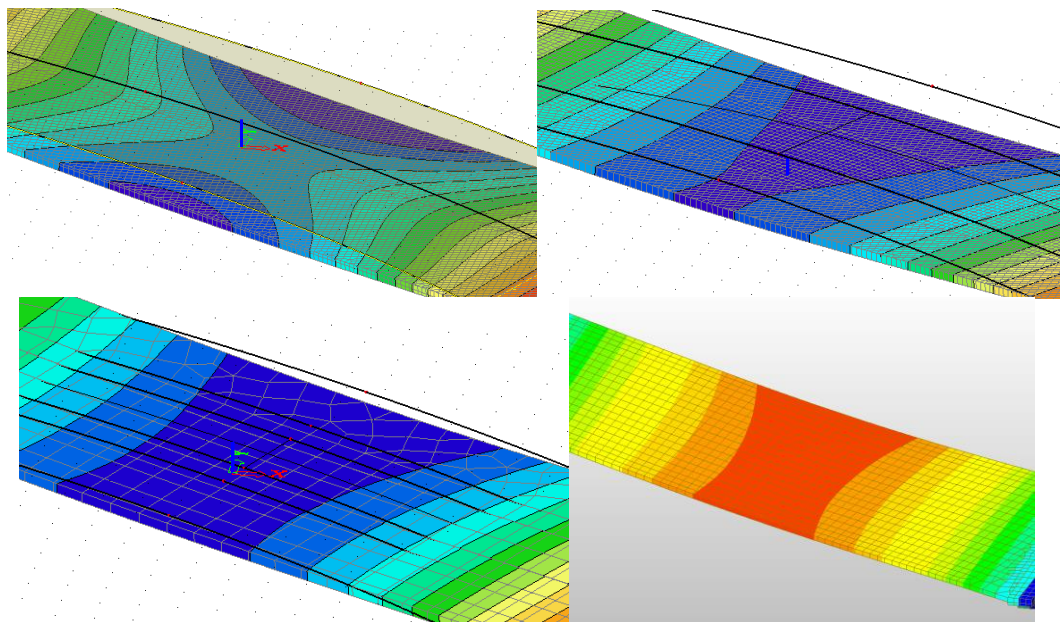
POPIS VÝPOČTOVÝCH MODELŮ

POROVNÁNÍ DEFORMACÍ - DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 PŘES ŘEKU ŽITAVU					
PROGRAM DRUH MODELU	SCIA ENGINEER				
	PRUTOVÝ	ROŠTOVÝ	DESKOVÝ SE ŽEBREM	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ
VLASTNÍ TÍHA [mm]	-47,6	-51,4	-41,7	-43,6	-48,9
OSAMĚLÁ SÍLA [mm]	-1,6	-1,7	-1,2	-1,5	-2,4
VLASTNÍ TÍHA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>92,61%</b>	<b>100,00%</b>	<b>81,13%</b>	<b>84,82%</b>	<b>95,14%</b>
OSAMĚLÁ SÍLA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>94,12%</b>	<b>100,00%</b>	<b>70,59%</b>	<b>88,24%</b>	<b>141,18%</b>
PROGRAM DRUH MODELU	MIDAS CIVIL				
	ROŠTOVÝ	OBJEMOVÝ - SÍŤOVÁNÍ RUCNĚ	OBJEMOVÝ - SÍŤOVÁNÍ PROGRAM		
VLASTNÍ TÍHA [mm]	-51,3	-53,4	-52,9		
OSAMĚLÁ SÍLA [mm]	-1,7	-1,7	-1,7		
VLASTNÍ TÍHA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>99,81%</b>	<b>103,89%</b>	<b>102,92%</b>		
OSAMĚLÁ SÍLA (POROV. ROŠTOVÝ M.)	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>		

REAKCE OD VLASTNÍ TÍHY CELKOVÁ SUMA - NADJEZD NAD D1						
PROGRAM MODEL	SCIA ENGINEER					VYPOČTENÁ HMOTNOST SKUTEČNÉHO MOSTU [kN]
	PRUT	ROŠTOVÝ	DESKA SE ŽEBREM	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	
CELKOVÁ REAKCE Z MODELU [kN]	5003,04	5577,15	4805,02	5312,71	5437,81	5610,59
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [kN]	607,54	33,43	805,56	297,88	172,77	
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [t]	60,75	3,34	80,56	29,79	17,28	
POMĚR MODEL/SKUTEČNOST	<b>89,2%</b>	<b>99,4%</b>	<b>85,6%</b>	<b>94,7%</b>	<b>96,9%</b>	
PROGRAM MODEL	MIDAS CIVIL					VYPOČTENÁ HMOTNOST SKUTEČNÉHO MOSTU [kN]
	ROŠTOVÝ	OBJEMOVÝ - RUCNĚ	OBJEMOVÝ - PROGRAM			
CELKOVÁ REAKCE Z MODELU [kN]	5623,70	5469,40	5409,10			5610,59
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [kN]	13,12	141,18	201,48			
ROZDÍL OD SKUTEČNOSTI [t]	1,31	14,12	20,15			
POMĚR MODEL/SKUTEČNOST	<b>100,2%</b>	<b>97,5%</b>	<b>96,4%</b>			

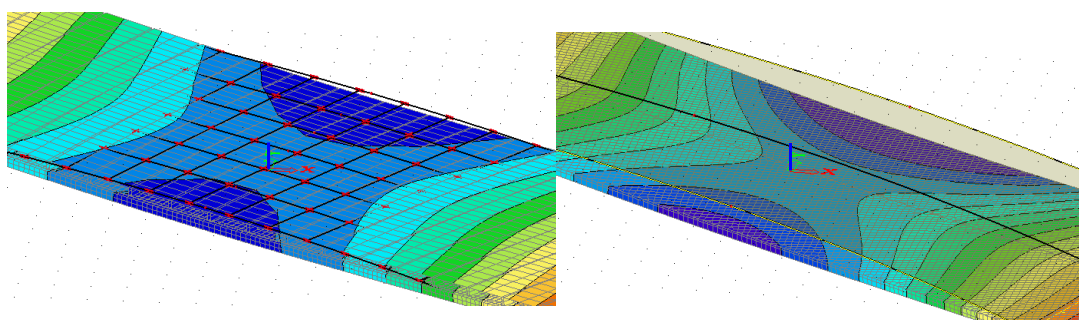
Zásadní věcí je příčná deformace jednotlivých modelů. Jak je vidět z dalších obrázků, příčná deformace od vlastní tíhy jednotlivých modelů se shoduje, kromě deskového modelu se žebrem. U deskového modelu se žebrem dochází k vyšší deformaci na krajích konstrukce než uprostřed. U ostatních modelů dochází k rovnoměrné svislé deformaci, která je téměř stejná po celé šířce konstrukce.





Obrázek 117 - Deformace příčného řezu uprostřed rozpětí, vlevo nahoře deskový model se žebrem, vpravo nahoře deskový model tenkostěnný, vlevo dole deskový model, vpravo dole objemový model

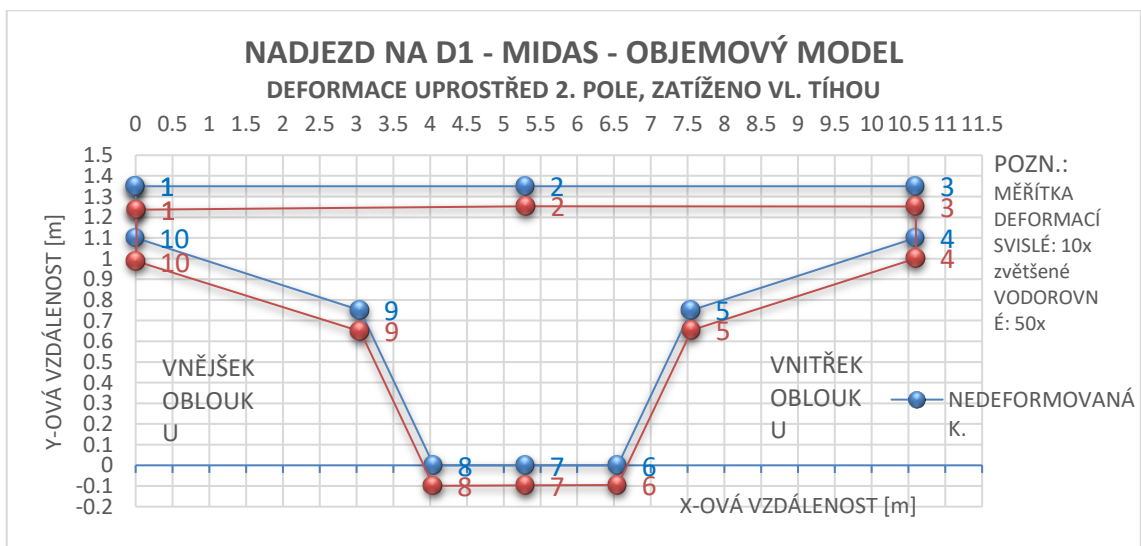
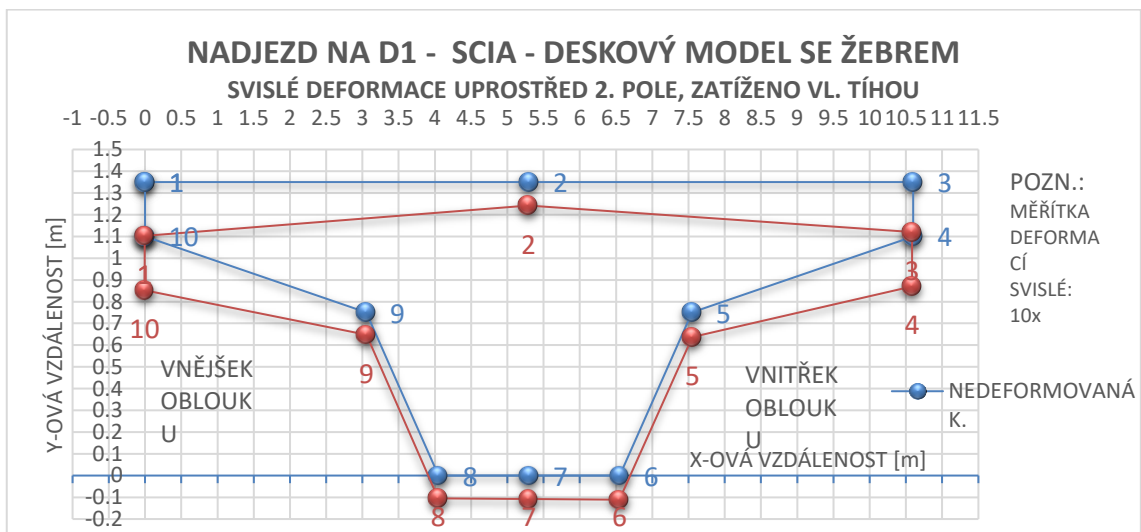
Abych zjistil, proč se jako jediný tento model chová odlišně, zkusil jsem u roštového modelu zmenšit tuhost v příčném směru. Místo jednotlivých průřezů, které charakterizovaly skutečnou příčnou tuhost konstrukce, jsem namodeloval jeden průřez o výšce 0,25 m (stejná výška jako výška desky mostovky) a sledoval jsem odezvu konstrukce na rovnoměrné zatížení a výsledná deformace byla stejná jako u deskového modelu se žebrem.



Obrázek 118 - Příčná deformace (vlevo roštový model o ponížené příčné tuhosti, vpravo deskový model se žebrem)

Tento problém se projevil u všech konstrukcí, které jsou trémové a modelované jedním (silniční nadjezd nad D1 u obce Bělotín nebo dálniční sjezd na R1 přes řeku

Žitavu) nebo dvěma (dálniční most na D1 přes místní vodoteč u obce Běloutín) žebry. U ostatních trémových konstrukcí, které mají prefabrikované nosníky (dálniční most na D7 na Dřetovickém potoce u obce Stehelčeves, dálniční most na R1 přes řeku Žitavu), je každý nosník modelován jedním žebrem. Deska se žebrem v příčném směru tedy funguje jako ve skutečnosti, protože fyzicky je v modelu jako ve skutečnosti. U trémové konstrukce tato příčná vazba chybí, protože ve skutečnosti v příčném směru je daleko větší průřez než pouze deska. Na dalším obrázku je srovnání příčných deformací pro silniční nadjezd na D1 u obce Běloutín.



### 3.8. Závěr

Výsledkem této části diplomové práce je zhodnocení různých druhů modelů a programů.

U modelů, které jsou zkonstruovány pruty (prutový, roštový, deska se žebrem) dostáváme přímo vnitřní síly, dále je výhodou rychlost výpočtu oproti složitějším modelům. Nevýhodou prutového a roštového modelu je, že zatížení se musí vkládat na prut nebo do uzlu roštu. V programu Scia Engineer šlo zatížení libovolně zadat pomocí zatěžovacího panelu. Ten rozložil zatížení na nejbližší uzly a pruty.

U jedno- a dvoutrámových konstrukcí deskových modelů se žebrem není zajištěná správná příčná tuhost. Žebro je k desce připojeno pouze v ose mostu a chybí zde příčné vazby. U konstrukcí s prefabrikovanými nosníky tento model funguje dobře. Výhodou je, že dostáváme přímo vnitřní síly, výpočetní software umí sám zintegrovat napětí po desce, dle zatěžovací šířky žebra.

U deskových modelů dostáváme napětí na prvcích. Výhodou je, že můžeme zatížení umístit do libovolného místa na konstrukci a konstrukci modelovat podle skutečného tvaru. Nevýhodou je tedy, že nedostáváme vnitřní síly v jednotlivých prvcích a je nutné zintegrovat napětí na ploše.

U objemových prvků je velká výhoda, že dostáváme v libovolném prvku všechna napětí. Nevýhodou je vysoká pracnost modelování konstrukce a dostáváme pouze napětí v libovolném bodě, ale nedostáváme vnitřní síly, které jsou nutné pro navrhování prvků.

V následující tabulce je shrnutí veličin, které lze získat z uvedených modelů.

VNITŘNÍ SÍLY, NAPĚTÍ, POSUNUTÍ A POTOČENÍ ZÍSKANÉ VÝPOČTEM						
VELIČINA	MODEL Y					
	PRUTOVÝ	ROŠTOVÝ	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	OBJEMOVÝ
N	✓	✓	✓	✗	✗	✗
V <sub>y</sub>	✓	✓	✓	✗	✗	✗
V <sub>z</sub>	✓	✓	✓	✗	✗	✗
M <sub>x</sub>	✓	✓	✓	✗	✗	✗
M <sub>y</sub>	✓	✓	✓	✗	✗	✗
M <sub>z</sub>	✓	✓	✓	✗	✗	✗
σ <sub>x</sub>	✗	✗	✓*	✓	✓	✓
σ <sub>y</sub>	✗	✗	✓*	✓	✓	✓
σ <sub>z</sub>	✗	✗	✓*	✓	✓	✓
τ <sub>xz</sub>	✗	✗	✗	✗	✗	✓
τ <sub>xy</sub>	✗	✗	✓*	✓	✓	✓
τ <sub>yz</sub>	✗	✗	✗	✗	✗	✓
u <sub>x</sub>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
u <sub>y</sub>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
u <sub>z</sub>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
φ <sub>x</sub>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
φ <sub>y</sub>	✓	✓	✓	✓	✓	✓
φ <sub>z</sub>	✓	✓	✓	✓	✓	✓

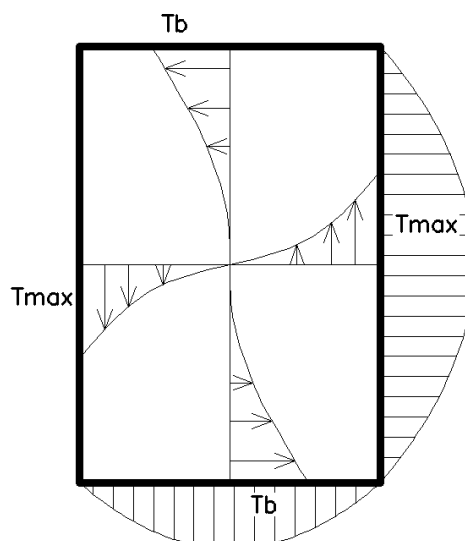
\*napětí a deformace pouze v desce, nikoli na žebru

Rozdíly v programech jsou docela velké. Scia Engineer je velice jednoduchý a intuitivní program na zadávání geometrie, průřezů i vykreslení vnitřních sil nebo napětí. Midas je program velice sofistikovaný, má spoustu výhod oproti Scie. Jde v něm dělat více věcí, má v sobě zabudovanou databázi nejrozšířenějších průřezů. Umožňuje analýzu spřažených, letmobetovaných, zavěšených, visutých konstrukcí. Zadávání geometrie těchto konstrukcí je také velice intuitivní. Zvláštním problémem, na který jsem narazil u programu Scia Engineer, byla nemožnost vykreslení příčné deformace v lokálním souřadném systému uzlu. Tuto informaci mi potvrdil pan Matela z podpory programu Scia Engineer. V programu midas Civil tato funkcionality je. Další rozdíly, na které jsem narazil u těchto programů, jsou rychlost výpočtu, rychlost vykreslování 3D deformací a rendrování konstrukce, načítání souborů. Všechny tyto vlastnosti jsou v programu midas Civil výrazně rychlejší. V programu Scia Engineer docházelo při vykreslení 3D deformaci kolikrát k náhlému vypnutí programu.

## 4. Analýza kroucení

Analýza kroucení u každé konstrukce začíná v nalezení nejvíce namáhaného průřezu od posouvající síly, ohybového momentu a od kroucího momentu. Jako referenční zatížení, které bude vyvozovat maximální účinek, byl uvažován Model zatížení 1 (LM1) pro silniční mosty bez proměnného zatížení. Pomocí příčinkových čar byl zjištěn průřez s největším torzním momentem, ohybovým momentem a posouvající silou. Příčinkové čáry byly zjištěny v prutových a roštových modelech. Následně byla zjištěna i poloha zatížení, které největší účinek na konstrukci vyvodilo. Poloha u prutových modelů se lišila oproti roštovým modelům. Jelikož prutový model nebral v úvahu příčný roznos zatížení (byl pojížděn dvojicí sil po střednici prutu). Zatížení, které vyvozovalo větší účinek na konstrukci, bylo aplikováno na stejném místě ve všech vyrobených modelech. Dále analýza pokračovala v procesu získávání normálového a smykového napětí ve stejných řezech pro všechny modely konstrukcí. Poté se porovnávalo normálové a smykové napětí ve stejných řezech a stejných zatěžovacích stavech. Porovnání probíhalo přímo z napětí a druhé porovnání, které bylo provedeno, bylo přes návrh podélné a smykové výztuže při různých površích prvků mostů.

V počátku analýzy kroucení by bylo dobré si uvědomit některé předpoklady. Všechny konstrukce jsou předpjaté, nosníkové konstrukce jsou spřažené s horní betonovou deskou (dálniční most na D7 u obce Stehelčevy a dálniční most na R1). Tyto mosty jsou předem předpjaté. Ostatní mosty jsou trémového typu. Pokud budeme předpokládat, že konstrukce je předpjatá a nepotrhaná, můžeme říct, že jakákoliv odezva na konstrukci v provozním stádiu bude mít pružné chování. Čili normálové napětí se chová podle pružnosti, lineární průběh napětí po výšce konstrukce. Smykové napětí má také stejný průběh jako v pružnosti. U tlustostěnných konstrukcí (všechny jedno- a dvoutrémové konstrukce – dálniční most u Bělolína, dálniční sjezd na R1, silniční nadjezd na D1, nosník typu MK-T – dálniční most na D7 u obce Stehelčevy) dochází ke kroucení podle masivních průřezů. Největší smykové napětí u takového průřezu vzniká na delší straně průřezu v ose těžiště.



**Obrázek 119 - Průběh smykového napětí po povrchu i po svislém a vodorovném řezu**

Nosníky VSTI2000 na dálničním mostu na R1 lze považovat za tenkostěnnou analogii.

Samotná analýza konstrukce zahrnovala tedy posouzení jednotlivých napětí přímo mezi sebou. Vždy byl zvolen jeden model a od něho se porovnávaly výsledky. Další porovnávání bylo provedeno pomocí návrhu výztuže v řezu konstrukce. Toto porovnání nám má ukázat, zda předpoklad, že objemový model bude počítat nejpřesněji výsledky na skutečné konstrukci, čili výsledky by měly být oproti ostatním modelům menší. Návrh výztuže byl proveden pomocí Eurokódu 2 – Navrhování betonových konstrukcí. Návrh se řídil analogií mezního stavu použitelnosti – omezení trhlin. Byla vypočítána, dle průběhu normálového a smykového napětí, tahová síla (výslednice). Tuto výslednici musí navrhovaná výztuž přenést. Bylo proto zvoleno napětí ve výztuži (280 MPa) a z výslednice a napětí byla vypočítána plocha potřebné výztuže na přenesení této síly.

Všechny hodnoty napětí jsou v MPa. U normálového napětí záporná hodnota značí tlak a kladná hodnota tah. Dále hodnoty smykového napětí doprovází směr toku, ten je znázorněn šipkami.

#### **4.1. Dálniční most na D7 u obce Stehelčeves**

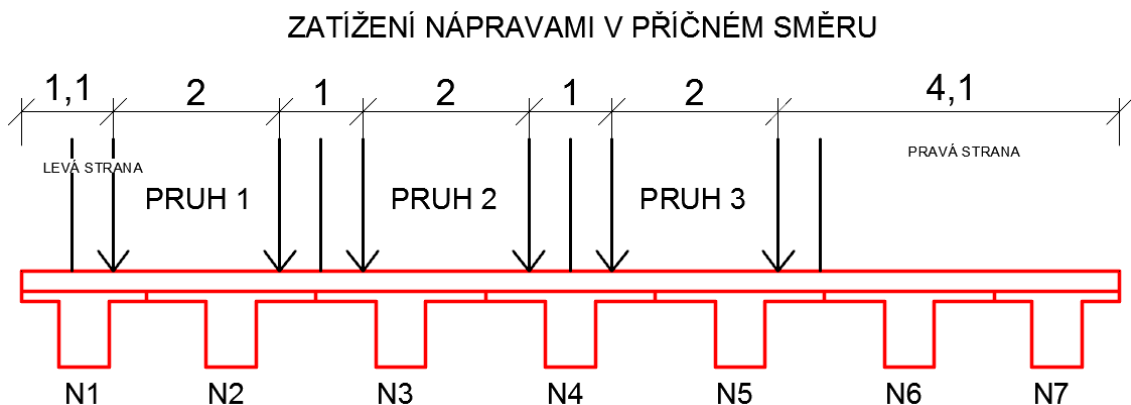
Poloha zatížení, při kterém byly vyvozeny největší účinky od krouticího momentu, ohybového momentu a posouvající síly byla následovná:

D7 - STEHELČEVES - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_x$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH – 150 kN		2. PRUH – 100 kN		3. PRUH – 50 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD P2 8,45 m	OD P2 7,25 m	OD P2 5,5 m	OD P2 4,3 m	OD P2 2 m	OD P2 0,8 m

D7 - STEHELČEVES - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_y$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - 50 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD P2 7,8 m	OD P2 9,0 m	OD P2 9,0 m	OD P2 10,2 m	OD P2 9,0 m	OD P2 10,2 m

D7 - STEHELČEVES - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $V_z$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 50 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - 150 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD P2 7,8 m	OD P2 9,0 m	OD P2 3,75 m	OD P2 4,95 m	OD P2 3,75 m	OD P2 4,95 m

Zatěžovací pruhy v příčném směru:



**Obrázek 120 - Rozdělení zatížení dálničního mostu u obce Stehelčeves**

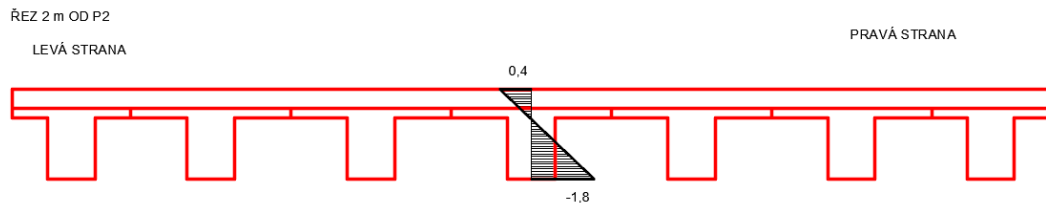
Tato poloha zatížení byla aplikována na všechny modely (prutový, roštový, deskový se žebrem, deskový, objemový) a následně bylo zjištěno normálové a smykové napětí, které toto zatížení vyvolalo. Příčné řezy, ve kterých se zkoumalo napětí, jsou popsány v následující tabulce.



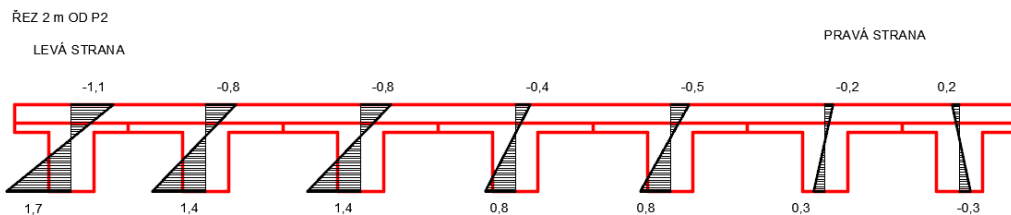
POLOHY PŘÍČNÝCH ŘEZŮ - D7 - STEHELČEVES	
ZATĚŽOVACÍ STAV	POLOHA MAXIMA Z PŘÍČINKOVÝCH ČAR [m]
min Vz	0,75 m od P2 na prostředním nosníku (N4)
min Mx	2,0 m od P2 na prostředním nosníku (N4)
max My	9 m od P2 2. nosník od kraje (N2)

V každém řezu bylo vykresleno normálové napětí a smykové napětí. Toto bylo provedeno pro všechny modely konstrukce (prutový, roštový midas/Scia, deskový se žebry, deskový a objemový). V následujících obrázcích je smykové napětí vykresleno na površích, takto bylo vykresleno napětí v každém zatěžovacím stavu a řezu. Šipky znázorňují směr toku. U normálového napětí znaménko – znamená tlak a + znamená tah. U prutového modelu nebylo srovnání umožněno, protože normálové napětí ukazoval pouze ve střednici prutu, nikoli na jednotlivých nosnících. Totéž u smykového napětí, kde bylo vidět  $T_{xy}$  po celém horním i dolním povrchu konstrukce, ale  $T_{xz}$  bylo vidět pouze na levém a pravém kraji konstrukce.

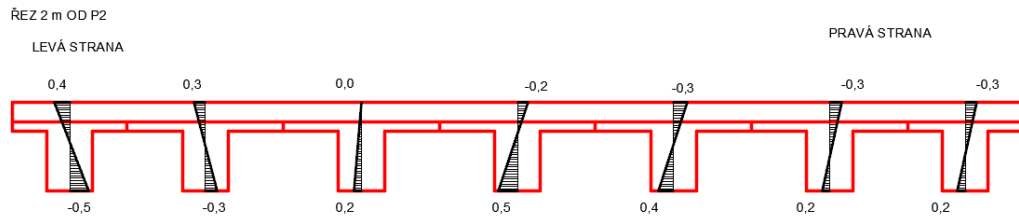
#### SCIA - PRUTOVÝ MODEL - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



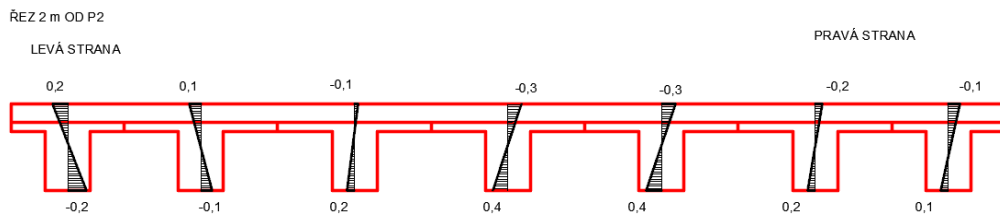
#### SCIA - ROŠT - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



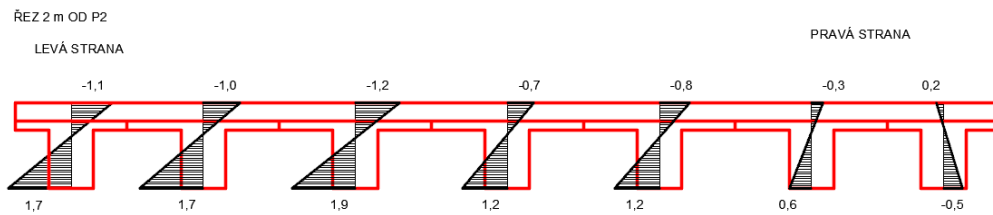
SCIA - DESKOVÝ MODEL SE ŽEBRY  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



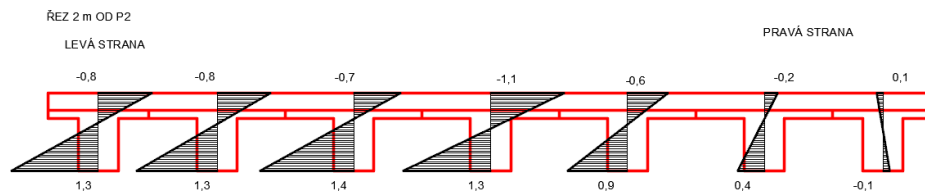
SCIA - DESKOVÝ MODEL  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



MIDAS - ROŠT  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty normálové napětí a poměru výztuže pro různé modely a zatěžovací stavy. Návrh výztuže na normálové napětí byl proveden pouze pro nejzatíženější nosník (největší tahové napětí).

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N1	N1	N4	N3	N3
POVRCH	HORNÍ	0.4	-1.1	0.4	-0.3	-1.2	-0.7
	SPODNÍ	-1.8	1.7	-0.5	0.4	1.9	1.4

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N1	N1	N4	N3	N3
POVRCH	HORNÍ	100%	-275%	100%	-75%	-300%	-175%
	SPODNÍ	100%	-94%	28%	-22%	-106%	-78%

Normálové napětí v řezu max Mx má veliký rozptyl. Je to dáno polohou řezu, ve kterém vyhodnocujeme analýzu. V tomto místě se mění ohýbaná vlákna, a proto dostáváme někde tah a někde tlak.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N1	N1	N4	N3	N3
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
	N.O. [m]	0.21	0.45	0.51	0.49	0.45	0.38
	OD H. POVRCHU						
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.21	0.70	0.51	0.66	0.70	0.77
	TLOUŠŤKA STOJINY [m]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.13	0.42	0.31	0.39	0.42	0.46
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.03	0.36	0.06	0.08	0.40	0.32
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280
PLOCHA VÝZTUŽE [mm]	90	1272	219	282	1435	1150	
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16					
	KS	8					
	PLOCHA [mm2]	1608					
POMĚR VÝZTUŽE		6%	79%	14%	18%	89%	71%

Hodnoty poměru výztuže jsou také velice rozdílné, stejně jako napětí. Pro tažená horní vlákna byl výpočet proveden na výztuž v desce. Pro tah v dolních vláknech se uvažuje výztuž při dolním povrchu nosníku.

Další zatěžovací stav max My:

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N3	N1	N2	N2	N2
POVRCH	HORNÍ	-1.2	-2.9	-3.2	-1.1	-3.1	-3.7
	SPODNÍ	2.1	5.3	4.9	4.9	5.8	5.9

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N3	N1	N2	N2	N2
POVRCH	HORNÍ	100%	242%	267%	92%	258%	308%
	SPODNÍ	100%	252%	233%	233%	276%	281%

Tahová napětí v tomto zatěžovacím stavu jsou v dolních vláknech od 4,9 do 5,9 MPa. Největší hodnota je u objemového modelu. Nejmenší je u prutového. Ten ovšem zatížení rozloží jednotně na každý prvek, a proto mají nosníky stejný průběh napětí. V tlakovém napětí je veliký rozdíl u deskového modelu. Zde vychází napětí na nosníku stejně jako na prutovém modelu.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N3	N1	N2	N2	N2
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
	N.O. [m] OD H. POVRCHU	0.42	0.41	0.45	0.21	0.40	0.44
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.73	0.74	0.70	0.94	0.75	0.71
	TLOUŠŤKA STOJINY [m]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.44	0.45	0.42	0.56	0.45	0.42
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.46	1.18	1.02	1.38	1.30	1.25
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	1647	4221	3652	4931	4657	4468
NAVŘENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	25					
	KS	12					
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	5429					
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>30%</b>	<b>78%</b>	<b>67%</b>	<b>91%</b>	<b>86%</b>	<b>82%</b>

Pro tento zatěžovací stav vychází 12 ks profilu 25 mm. Požadovaná výztuž u všech modelů je u deskového, roštového/MIDAS a objemového modelu podobná. Nejmenší hodnota požadované výztuže je u prutového modelu a u deskového se žebry.

ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N4	N4	N4	N4	N4
POVRCH	HORNÍ	0.9	0.5	1.5	0.4	0.5	2
	SPODNÍ	-1.5	-1	-1.5	-1	-0.8	-1.1

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N4	N4	N4	N4	N4
POVRCH	HORNÍ	100%	56%	167%	44%	56%	222%
	SPODNÍ	100%	67%	100%	67%	53%	73%

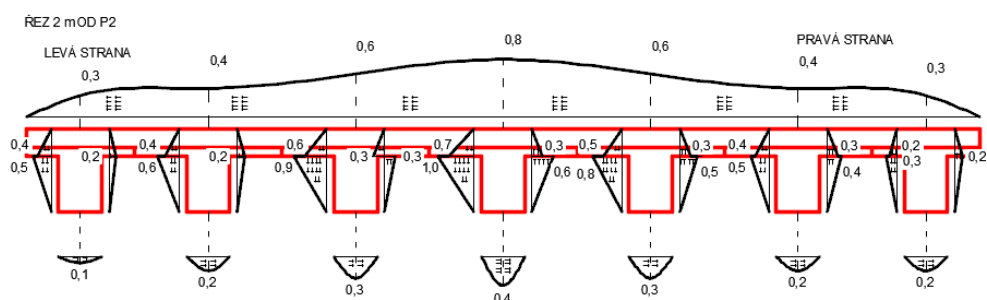
V tomto řezu jsou hodnoty normálového napětí také rozdílné, nejlepší shodu mají roštové a deskový model. Největší napětí je 2,0 MPa u objemového modelu. Objemový model se nejvíce blíží k deskovému se žebry.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N4	N4	N4	N4	N4
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
	N.O. [m] OD H. POVRCHU	0.43	0.38	0.58	0.33	0.44	0.74
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.43	0.38	0.58	0.33	0.44	0.74
	TLOUŠŤKA STOJINY [m]	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.26	0.23	0.35	0.20	0.27	0.45
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.12	0.06	0.26	0.04	0.07	0.45
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	416	205	924	141	237	1590
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16					
	KS	12					
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	2413					
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>17%</b>	<b>9%</b>	<b>38%</b>	<b>6%</b>	<b>10%</b>	<b>66%</b>

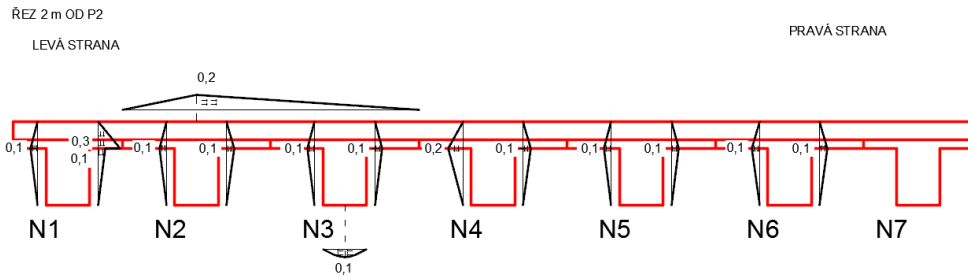
V tomto řezu vyhovuje profil 16 celkem 12 kusů. Hodnoty poměru výztuže jsou velice rozdílné. Poměr ovlivňuje objemový model, který má největší normálové napětí.

Na dalších obrázcích je vykreslen skutečný průběh smykové napětí na povrchu mostu. U nosníků, kde je pouze jeden řez, bylo smykové napětí na obou plochách stejné (jedná se o stěny nosníků).

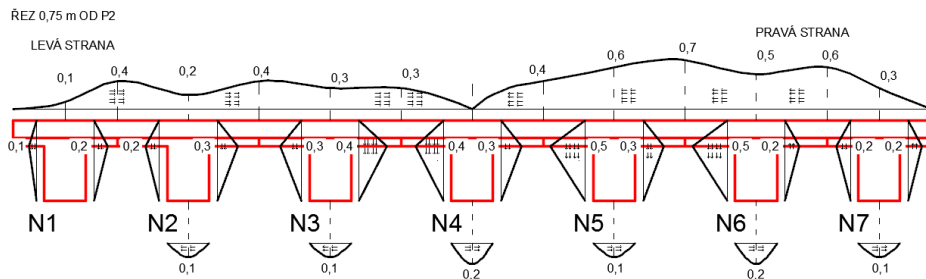
MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



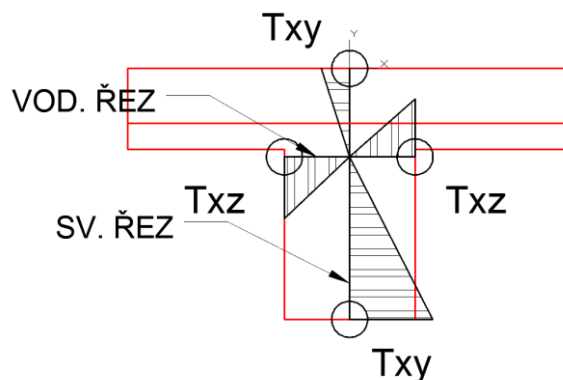
MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max  $M_y$



MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max  $V_z$



Následně byly porovnány hodnoty pro dva nejzatíženější nosníky. První nosník byl ten, který měl největší svislé smykové napětí  $T_{xz}$  a druhý nosník byl ten, který měl největší vodorovné napětí  $T_{xy}$ . Dále bylo napětí porovnáno přímo mezi sebou, vždy nosníky se stejným maximálním smykovým napětím ( $T_{xy}$  a  $T_{xz}$ ). Následně byla navržena výztuž v řezech. Řezy byly celkem 2. Jeden byl svislý v ose nosníku a na něm dva body, ve kterých bylo analyzováno napětí  $T_{xy}$  – při horním povrchu desky a při spodním povrchu stojiny. Druhý řez byl vodorovný, který vedl těžištěm nosníku, a zkoumaly se body na bočních stěnách stojiny nosníku. Jde o tlustostěnný prvek a největší smykové napětí je právě na povrchu prvku v místě těžiště průřezu.



Obrázek 121 - Řezy a body s maximálním smykovým napětím



Kladná hodnota v tabulkách znamená směr na levou stranu mostu, záporná na pravou.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N4	N4
POVRCH	H. DESKA Txy	0.2	0.2	0.5	0.5	0.6	0.6	0.0	0.5	0.8	0.8
	D. DESKA Txy	-0.2	-0.2	-0.5	-0.5	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.4	-0.4
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.4	0.2	1.0	1.0

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N4	N4
POVRCH	DESKA Txy	100%	100%	250%	250%	300%	300%	0%	250%	400%	400%
	PÁSNICE Txy	100%	100%	250%	250%	0%	0%	0%	100%	200%	200%
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	100%	100%	180%	180%	180%	180%	80%	40%	200%	200%

Hodnoty smykového napětí se téměř shodují v místech nosníků. Všechny modely ukázaly pro jednotlivé maximální napětí stejný nosník. Pouze u roštového modelu/MIDAS je u maximálního Txz nosník číslo 2. Největší smykové napětí je svislé v těžištích nosníku N4. Hodnotami se shodují modely deskové a objemový. Ty ukazují hodnoty 0,9 – 1 MPa.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]	SCIA						MIDAS				
	ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ		
	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	
MAX NOSNÍK	N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N4	N4	
HORNÍ DESKA	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	VÝŠKA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
	TAŽENÁ PLOCHA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
	NAPĚTÍ	0.2	0.2	0.5	0.5	0.6	0.6	0.0	0.5	0.8	0.8
	TAHOVÁ SÍLA	0.05	0.05	0.125	0.125	0.15	0.15	0	0.125	0.2	0.2
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	179	179	446	446	536	536	0	446	714	714
NA VRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm2]	754									
POMĚR VÝZTUŽE	24%	24%	59%	59%	71%	71%	0%	59%	95%	95%	

Výpočet smykového výztuže v horní desce byl brán zjednodušeně a to konstantní hodnotou napětí v celé výšce desky. Ve skutečnosti v desce vzniká lichoběžníkové rozdělení smykového napětí. Pro horní povrch desky vyhověla smyková výztuž 12 á 150 mm.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]	SCIA						MIDAS				
	ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ		
	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	
MAX NOSNÍK	N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N4	N4	
DOLNÍ POVRCH NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	POLOHA N.O.	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	
	TAŽENÁ PLOCHA	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	
	NAPĚTÍ	0.2	0.2	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4
	TAHOVÁ SÍLA	0.0744 9	0.0744 9	0.18622 5	0.18622 5	0	0	0	0.0744 9	0.1489 8	0.1489 8
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	266	266	665	665	0	0	0	266	532	532
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm2]	754									
POMĚR VÝZTUŽE	35%	35%	88%	88%	0%	0%	0%	35%	71%	71%	

Pro dolní povrch stojiny nosníku vyhověla, stejně jako v předešlém řezu, smyková výztuž 12 á 150 mm.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N4	N4
STOJINA NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY STOJINY	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	TAŽENÁ PLOCHA	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	NAPĚTÍ	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.4	0.2	1.0	1.0
	TAHOVÁ SÍLA	0.075	0.075	0.135	0.135	0.135	0.135	0.06	0.03	0.15	0.15
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	268	268	482	482	482	482	214	107	536	536
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	175									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	646									
POMĚR VÝZTUŽE		41%	41%	75%	75%	75%	75%	33%	17%	83%	83%

Pro vodorovný řez stojinou vyšla již smyková výztuž 12 á 175 mm. Opět se může použít stejný třmínek jako v předchozích řezech. Pro tento řez (1 bm délky) a pro toto zatížení by šly navrhnout třmínky 12 á 150 mm.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N2	N4
POVRCH	H. DESKA Txy	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.5	0.2	0.0
	D. DESKA Txy	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	0.0	0.0
POVRCH	TĚŽIŠTĚ Txz	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.2

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N2	N4
POVRC H	DESKA Txy	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	250%	100%	0%
	PÁSNICE Txy	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	200%	0%	0%
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	100%	100%	167%	167%	167%	167%	133%	67%	33%	67%

Hodnoty smykových napětí Txy jsou pro tento řez velmi malé u všech modelů. Jen u roštového modelu je smykové napětí na horní desce 0,5 MPa. Největší svislé napětí Txz je 0,5 MPa a tuto hodnotu ukazuje deskový a deskový model se žebry. Opět je zde shoda na místech s největšími extrémy. Nosník č. 4 je opět nejzatíženější. Celkově nejmenší hodnoty ukazuje objemový model. Podle něho není v prvku skoro žádné smykové napětí.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N2	N4
HORNÍ DESKA	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TAŽENÁ PLOCHA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	NAPĚTÍ	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.5	0.2	0.0
	TAHOVÁ SÍLA	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0	0.125	0.05	0
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	179	179	179	179	179	179	0	446	179	0
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10									
	Á	150									
	PLOCHA [mm2]	524									
POMĚR VÝZTUŽE		34%	34%	34%	34%	34%	34%	0%	85%	34%	0%

Smyková výztuž horní desky byla spočtena jako profil 10 á 150 mm. V tomto řezu byla téměř shoda v hodnotě poměru výztuže, nejmenší hodnoty ukazuje objemový model.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N2	N4
DOLNÍ POVRCH NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA N.O.	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449
	TAŽENÁ PLOCHA	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449
	NAPĚTÍ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
	TAHOVÁ SÍLA	0.0372 45	0.0372 45	0.03725	0.03725	0.0372 45	0.0372 45	0	0.0744 9	0	0
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	133	133	133	133	133	133	0	266	0	0
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10									
	Á	250									
	PLOCHA [mm2]	314									
POMĚR VÝZTUŽE		42%	42%	42%	42%	42%	42%	0%	85%	0%	0%

Smyková výztuž při dolním povrchu stojiny nosníku byla spočtena jako profil 10 á 250 mm. Pro modely tvořené v programu Scia jsou hodnoty shodné. Nejmenší hodnoty opět ukazuje objemový model.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N4	N4	N4	N4	N2	N4	N2	N4
STOJINA NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY STOJINY	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	TAŽENÁ PLOCHA	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	NAPĚTÍ	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0.2
	TAHOVÁ SÍLA	0.045	0.045	0.075	0.075	0.075	0.075	0.06	0.03	0.015	0.03
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	161	161	268	268	268	268	214	107	54	107
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10									
	Á	250									
	PLOCHA [mm2]	314									
POMĚR VÝZTUŽE		51%	51%	85%	85%	85%	85%	68%	34%	17%	34%

Smyková výztuž ve vodorovném řezu stojiny nosníku byla spočtena jako profil 10 á 250 mm. Nejmenší hodnoty opět ukazuje objemový model, který ukazuje plochu výztuž 107 mm<sup>2</sup>, což je třeba výztuž 6 á 200 mm. To je výztuž rozdělovací nebo konstrukční.

Když uvážíme všechny 3 řezy, dal by se navrhnout třmínek profilu 10 á 150 mm. Ten by vykryl smykové namáhání i podle nejkonzervativnějších modelů.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N5	N2	N5	N2	N2	N4	N5	N5
POVRCH	H. DESKA Txy	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6
	D. DESKA Txy	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.1
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	0.6	0.6	0.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - STEHELČEVES - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N4	N4	N5	N2	N5	N2	N2	N4	N5	N5
POVRCH	DESKA Txy	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	250%	300%	300%
	PASNICE Txy	100%	100%	50%	100%	0%	100%	0%	100%	50%	50%
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	100%	100%	100%	50%	83%	67%	67%	33%	83%	83%

Hodnoty smykových napětí Txy pro tento řez jsou u deskových modelů a roštových téměř nulové. Největší hodnota napětí Txy je v roštovém modelu/MIDAS 0,5 MPa. Na rozdíl od předešlého řezu, objemový model ukazuje na horním povrchu desky největší smykové napětí 0,6 MPa. Ostatní hodnoty napětí u objemového modelu jsou podobné jako u ostatních modelů.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$
MAX NOSNÍK		N4	N4	N5	N2	N5	N2	N2	N4	N5	N5
HORNÍ DESKA	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	TAŽENÁ PLOCHA	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	NAPĚTÍ	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.6
	TAHOVÁ SÍLA	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0.125	0.15	0.15
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	179	179	0	0	0	0	0	446	536	536
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10									
	Á	125									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	628									
POMĚR VÝZTUŽE		28%	28%	0%	0%	0%	0%	0%	71%	85%	85%

Smyková výztuž při horním povrchu desky vyšla v průměru 10 á 125 mm. Největší hodnoty smykového napětí ukazuje právě objemový model. Ostatní modely zde nevypočítaly žádnou hodnotu. Jediné roštové modely vypočítaly nějakou hodnotu smykového napětí.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$
MAX NOSNÍK		N4	N4	N5	N2	N5	N2	N2	N4	N5	N5
DOLNÍ POVRCH NOSNÍKU	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA N.O.	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449
	TAŽENÁ PLOCHA	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449	0.7449
	NAPĚTÍ	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1
	TAHOVÁ SÍLA	0.0744 9	0.0744 9	0.03724 5	0.07449	0	0.0744 9	0	0.0744 9	0.0372 45	0.0372 45
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	266	266	133	266	0	266	0	266	133	133
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	8									
	Á	175									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	287									
POMĚR VÝZTUŽE		93%	93%	46%	93%	0%	93%	0%	93%	46%	46%



U dolního povrchu stojiny nosníku vyšla výztuž průměru 8 á 175 mm. Jedná se opět o konstrukční nebo rozdělovací výztuž. Nejmenší hodnoty poměru výztuže jsou zde od objemového modelu. Jinak se roštové a deskové modely skoro shodly.

DÁLNIČNÍ MOST NA D7 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$
MAX NOSNÍK		N4	N4	N5	N2	N5	N2	N2	N4	N5	N5
STOJINA NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY STOJINY	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	TAŽENÁ PLOCHA	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	NAPĚTÍ	0.6	0.6	0.6	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5
	TAHOVÁ SÍLA	0.09	0.09	0.09	0.045	0.075	0.06	0.06	0.03	0.075	0.075
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	321	321	321	161	268	214	214	107	268	268
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10									
	Á	200									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	393									
POMĚR VÝZTUŽE		82%	82%	82%	41%	68%	55%	55%	27%	68%	68%

Smyková výztuž ve stojině nosníku vyšla jako 10 á 200 mm. Nejmenší hodnoty pro tento řez jsou od roštového modelu/MIDAS. Hned potom je objemový model. Celkově v tomto řezu se dá navrhnout třmínek průměru 10 á 125 mm.

Dá se říct, že opět nejmenší hodnoty ukazoval objemový model (kromě řezu v horní desce). Ostatní modely ukazovaly vždy o něco větší hodnotu smykového napětí. Je vidět, že ostatní modely jsou trochu konzervativní oproti objemovému modelu. Objemový model by měl zobrazovat napětí téměř shodně s reálnou konstrukcí. Dá se tedy předvídat, že pokud bychom pro návrh mostu použili objemový model, dokázali bychom ušetřit za nevyužitou výztuž.

## 4.2 Dálniční most na D1 u obce Běloutín

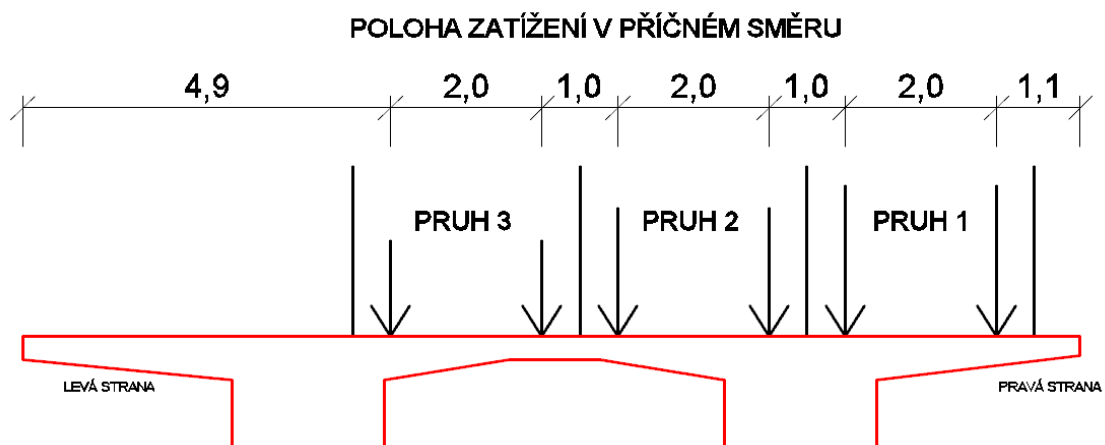
Poloha zatížení, při kterém byly vyvozeny největší účinky od kroucího momentu, ohybového momentu a posouvající síly, byla následovná:

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_x$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - 50 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	10,715 m OD L. PODP. NA P2	11,915 m OD L. PODP. NA P2	4,515 m OD L. PODP. NA P2	5,715 m OD L. PODP. NA P2	3,215 m OD L. PODP. NA P2	4,415 m OD L. PODP. NA P2

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_y$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - 50 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	16,015 m OD L. PODP. NA P2	17,215 m OD L. PODP. NA P2	17,215 m OD L. PODP. NA P2	18,415 m OD L. PODP. NA P2	16,015 m OD L. PODP. NA P2	17,215 m OD L. PODP. NA P2

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $V_z$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - 50 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	0,715 m OD L. PODP. NA P3	1,915 m OD L. PODP. NA P3	0,715 m OD L. PODP. NA P3	1,915 m OD L. PODP. NA P3	3,215 m OD L. PODP. NA P3	4,415 m OD L. PODP. NA P3

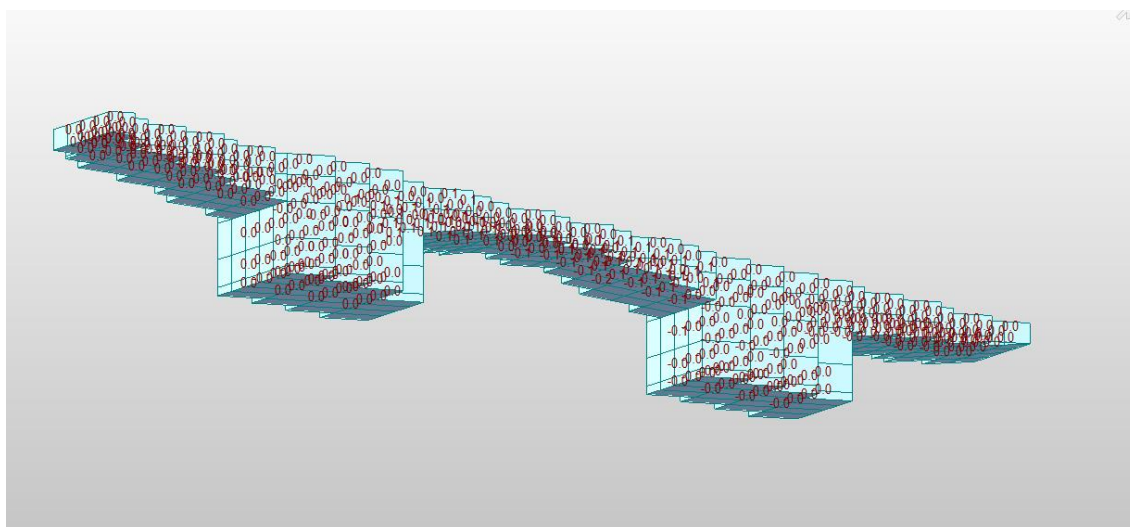
Příčné uspořádání jednotlivých zatěžovacích pruhů:



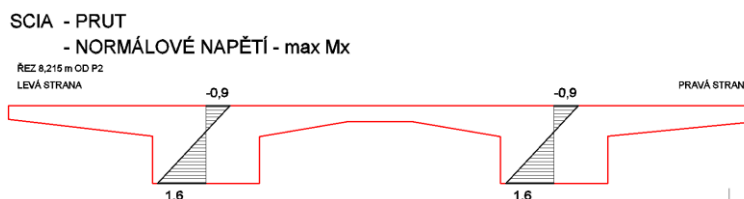
Tato poloha zatížení byla aplikována na všechny modely (prutový, roštový, deskový se žebrem, deskový, deskový tenkostěnný, objemový) a následně bylo zjištěno normálové a smykové napětí, které toto zatížení vyvolalo. Příčné řezy, ve kterých se zkoumalo napětí, jsou popsány v následující tabulce. Všechny řezy jsou kolmé na střednici mostu a vzdálenosti jsou myšleny v od osy levé podpory.

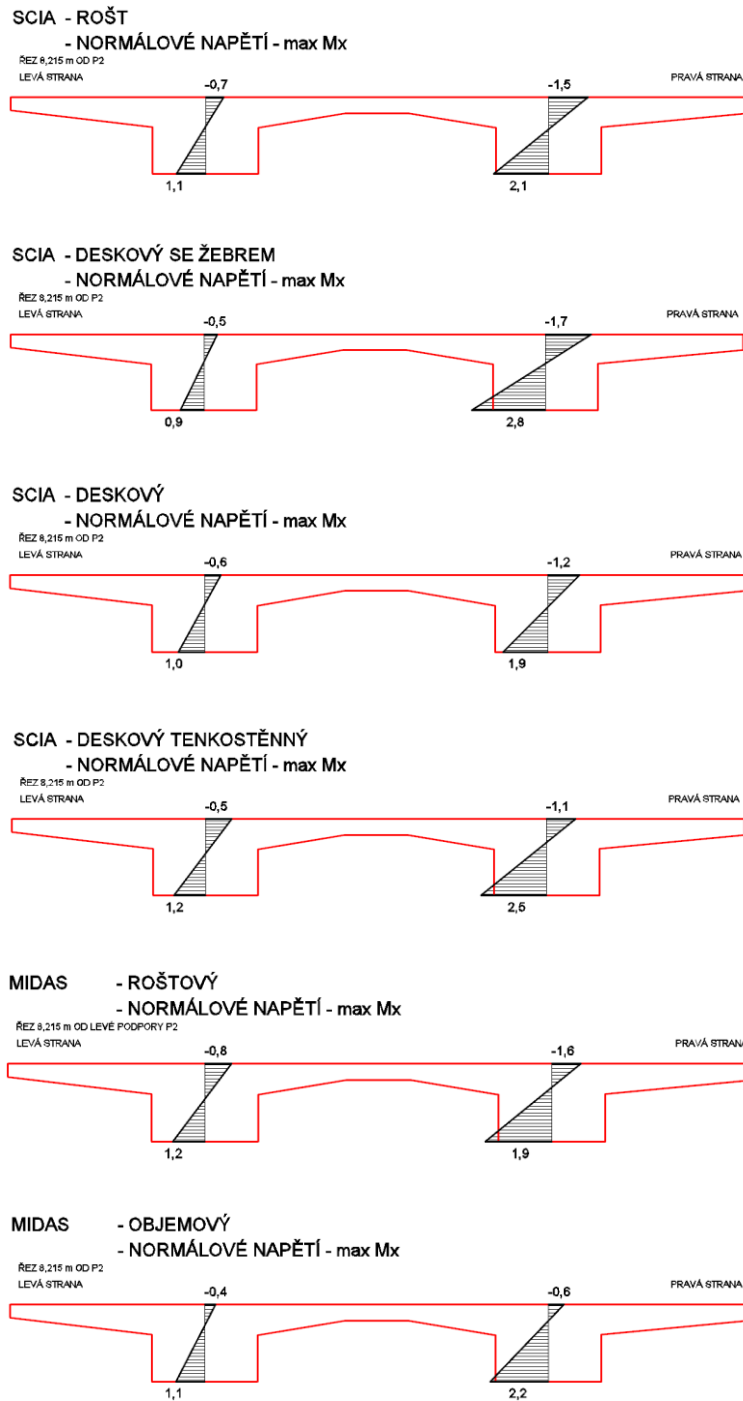
POLOHY PŘÍČNÝCH ŘEZŮ - DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN	
ZATĚŽOVACÍ	POLOHA MAXIMA Z PŘÍČINKOVÝCH ČAR
STAV	[m]
min Vz	0.715 m od LEVÉ PODPORY NA P3 - SMĚR NA OP4
min Mx	8.215 m od LEVÉ PODPORY NA P2 - SMĚR NA P3
max My	17.215 m od LEVÉ PODPORY NA P2 - SMĚR NA P3

Opět v každém řezu bylo vykresleno normálové napětí a smykové napětí. Toto bylo provedeno pro všechny modely konstrukce (prutový, roštový midas/Scia, deskový se žebry, deskový, deskový tenkostěnný a objemový). Vykreslení napětí bylo provedeno ve dvou řezech na obou trámech. Dva vodorovné a dva svislé. Svislý řez je veden v ose každého trámu a vodorovný řez je veden v těžišti trámu. Vykreslené napětí je tedy na horním a dolním povrchu a na pravé/levé stěně každého trámu. Z těchto řezů je poté napětí porovnáno přímo a poté je pro povrchy navržena výztuž. Pro ukázkou je zde zobrazeno normálové napětí od maximálního účinku krouticího momentu. Smykové napětí pro stav max My nebylo třeba vykreslovat, jelikož v řezu a pro příslušné body bylo téměř nulové pro všechny modely. Viz obrázek objemového modelu.



Obrázek 122 - Průběh smykového napětí pro zatěžovací stav max My





V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty normálové napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Opět konstrukce je přepjatá a dostáváme fiktivní napětí, které nelze pokrýt pouze betonářskou výztuží.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	-0.9	-0.7	-0.5	-0.6	-0.5	-0.8	-0.4
		SPODNÍ	1.6	1.1	0.9	1	1.2	1.2	1.1
	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	-0.9	-1.5	-1.7	-1.2	-1.1	-1.6	-0.6
		SPODNÍ	1.6	2.1	2.8	1.9	2.5	1.9	2

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	78%	56%	67%	56%	89%	44%
		SPODNÍ	100%	69%	56%	63%	75%	75%	69%
	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	167%	189%	133%	122%	178%	67%
		SPODNÍ	100%	131%	175%	119%	156%	119%	125%

Co se týče normálového napětí na prutovém modelu, tak opět prutový model ukázal shodné hodnoty na obou trámech. Hodnoty tahových napětí pro levý trám jsou téměř shodné pro všechny modely. Nejmenší tlakové napětí pro levý trám je u objemového modelu. Pro pravý trám dochází také téměř ke shodě u tahových napětí. Tlaková napětí u tohoto trámu se mírně liší.

Opět konstrukce je přepjatá a dostáváme fiktivní napětí, z jednoho zatěžovacího stavu, které nelze pokrýt pouze betonářskou výztuží. Výztuž se dá navrhnout, ale vychází velký počet prutů. V následující tabulce je ukázka pro zatěžovací stav max Mx levý a pravý trám.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx									
	VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]	SCIA					MIDAS		
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ	
LEVÝ TRÁM	VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
		N.O. [m] OD H. POVRCHU	0.52	0.56	0.52	0.54	0.43	0.58	0.39
		ŠÍŘKA DOLNÍHO POVRCHU [m]	2	2	2	2	2	2	2
		TAŽENÁ ČÁST [m]	0.93	0.89	0.93	0.91	1.02	0.87	1.06
		TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.86	1.77	1.86	1.81	2.05	1.74	2.13
		TAHOVÁ SÍLA [MN]	1.48	0.97	0.84	0.91	1.23	1.04	1.17
		NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	200	200	200	200	200	200	200
		<b>PLOCHA VÝZTUŽE [mm]</b>	<b>7424</b>	<b>4874</b>	<b>4195</b>	<b>4531</b>	<b>6141</b>	<b>5220</b>	<b>5848</b>
	NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	25						
		KS	16						
PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]		7854							
POSOZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	189	124	107	115	156	133	149	
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	25	25	25	25	25	25	25	
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	200	200	200	200	200	200	200	
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINÝ [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>95%</b>	<b>62%</b>	<b>53%</b>	<b>58%</b>	<b>78%</b>	<b>66%</b>	<b>74%</b>	

Pro levý trám vyhovělo 16 kusů výztuže profilu 25 mm.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx									
	VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]	SCIA					MIDAS		
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ	
PRAVÝ TRÁM	VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
		N.O. [m] OD H. POVRCHU	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
		ŠÍŘKA DOLNÍHO POVRCHU [m]	2	2	2	2	2	2	2
		TAŽENÁ ČÁST [m]	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
		TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93
		TAHOVÁ SÍLA [MN]	1.79	1.71	1.80	1.75	1.98	1.68	2.06
		NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	200	200	200	200	200	200	200
		<b>PLOCHA VÝZTUŽE [mm]</b>	<b>8971</b>	<b>8566</b>	<b>9011</b>	<b>8760</b>	<b>9894</b>	<b>8410</b>	<b>10279</b>

NAVRŽENÁ	VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	25						
		KS	22						
PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]		10799							
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]		166	159	167	162	183	156	190
		MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	25	25	25	25	25	25	25
		PŘI NAPĚTÍ [MPa]	200	200	200	200	200	200	200
		PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>			<b>83%</b>	<b>79%</b>	<b>83%</b>	<b>81%</b>	<b>92%</b>	<b>78%</b>	<b>95%</b>

Pro pravý trám vyhovělo 22 kusů výztuže profilu 25 mm.

Další zatěžovací stavy – max My a max Vz.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	-1.4	-1.2	-1	-1.2	-0.9	-1.5	-0.6
		SPODNÍ	2.6	1.8	1.4	1.6	1.7	2.1	1.5
	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	-1.4	-2.3	-1.6	-2.1	-2.1	-2.4	-2.2
		SPODNÍ	2.6	3.5	4.5	3.6	4.2	3.6	3.6

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	86%	71%	86%	64%	107%	43%
		SPODNÍ	100%	69%	54%	62%	65%	81%	58%
	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	164%	114%	150%	150%	171%	157%
		SPODNÍ	100%	135%	173%	138%	162%	138%	138%

Pro zatěžovací stav max My jsou, kromě prutového a roštového modelu/MIDAS, téměř ve shodě. Tahové napětí se pohybuje v rozmezí 1,5 – 1,8 MPa. Tlakové napětí se liší. Nejmenší tlakové napětí je u objemového modelu. U druhého trámu je tahové napětí podstatně vyšší (zatížení je koncentrováno nad pravým trámem). Tahové napětí u pravého trámu je v rozmezí 3,5 až 4,5 MPa. Nejmenší je u roštového modelu/SCIA.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	0	0.2	0.1	-0.1	-0.1	0	-0.1
		SPODNÍ	0.3	-0.2	-0.3	0.2	0.1	0.3	0.3
	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	-0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4
		SPODNÍ	0.1	-0.4	-0.1	-0.2	-0.3	-0.5	-0.3

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	0%	-200%	-100%	100%	100%	0%	100%
		SPODNÍ	100%	-67%	-100%	67%	33%	100%	100%
	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	-300%	-100%	-100%	-200%	-100%	-400%
		SPODNÍ	100%	-400%	-100%	-200%	-300%	-500%	-300%

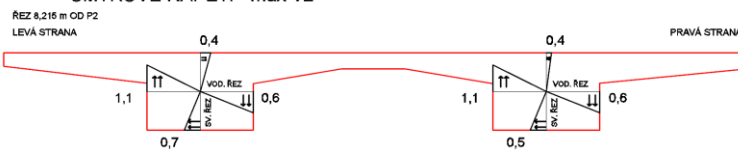
U řezu pro zatěžovací stav max Vz dochází ke změně tažených/tlačených vláken. Proto je tu normálové napětí téměř nulové, ale znaménka (tlak/tah) se u jednotlivých modelů mění.

V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty smykového napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Pro všechny zatěžovací stavy bylo porovnáváno smykové napětí na dvou řezech pro trám s větším absolutním smykovým napětím. Ve svislém řezu bylo porovnáváno na horním a dolním povrchu trámu smykové napětí  $T_{xy}$ . Na levých/pravých plochách trámu bylo porovnáváno napětí  $T_{xz}$ . Kladné hodnoty napětí  $T_{xz}$  znamenají směr dolů a záporné nahoru. Smykové napětí  $T_{xy}$  má kladnou hodnotu směrem na pravou stranu mostu, záporná na levou stranu mostu. Na dalších obrázcích je vyobrazen průběh smykových napětí od zatěžovacího stavu max Vz.



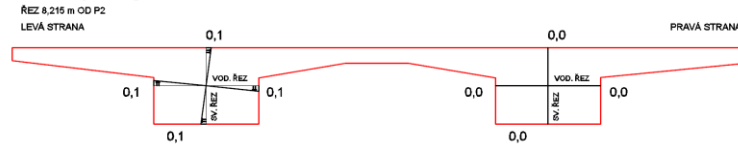
## SCIA - PRUT

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



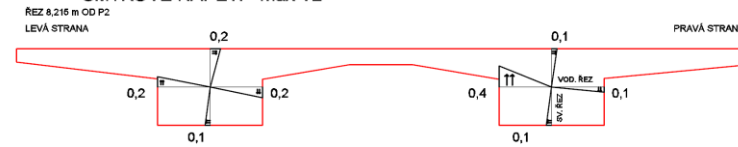
## SCIA - ROŠT

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



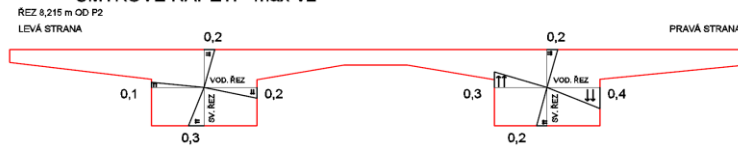
## SCIA - DESKOVÝ SE ŽEBREM

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



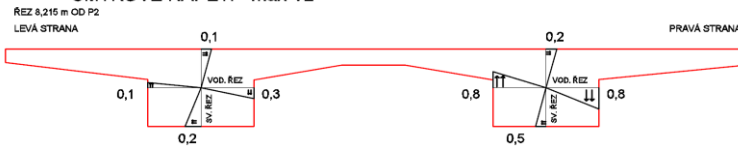
## SCIA - DESKOVÝ

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



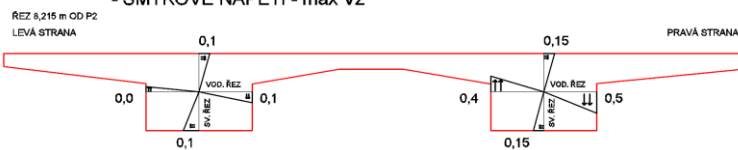
## SCIA - DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



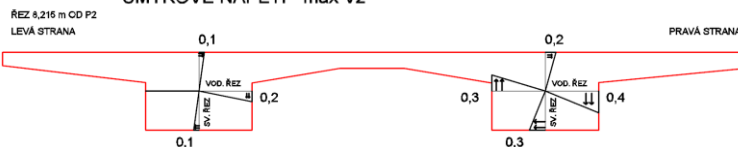
## MIDAS - ROŠTOVÝ

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



## MIDAS - OBJEMOVÝ

- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz



Ze smykových napětí v zatěžovacím stavu max Vz můžeme vidět, že napětí se točí v trámech mostu. Směrem do středu mostu se napětí snižuje a na kraji má největší intenzitu.

V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty smykového napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Porovnání bylo prováděno vždy pro povrch nejzatíženějšího trámu (horní a dolní trám, pravá a levá stěna). U zatěžovacího stavu max Mx a max Vz to byl pravý trám, vzhledem k umístění zatížení. Dále bylo porovnáno vyztužení horního povrchu mostu nad trámem, dolního povrchu trámu a pravé/levé stěny trámu.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ Txy	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2
		SPODNÍ Txy	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2
		PRAVÝ Txz	0.4	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
		LEVÝ Txz	-0.5	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
POVRCH	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ Txy	0.1	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5
		SPODNÍ Txy	-0.3	-0.6	-0.7	-0.8	-1	-0.6	-0.8
		PRAVÝ Txz	0.4	0.5	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8
		LEVÝ Txz	-0.5	-0.7	-0.8	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ Txy	100%	300%	100%	200%	200%	300%	200%
		SPODNÍ Txy	100%	100%	33%	67%	67%	100%	67%
		PRAVÝ Txz	100%	75%	25%	25%	50%	50%	25%
		LEVÝ Txz	100%	60%	20%	20%	20%	40%	20%
POVRCH	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ Txy	100%	700%	800%	800%	800%	600%	500%
		SPODNÍ Txy	100%	200%	233%	267%	333%	200%	267%
		PRAVÝ Txz	100%	125%	200%	200%	225%	150%	200%
		LEVÝ Txz	100%	140%	160%	100%	100%	80%	100%

U prutového modelu dochází opět ke stejnému rozdělení napětí na obou trámech. Dále smyková napětí na levém (nezatíženém trámu) jsou menší než na pravém trámu, a proto návrh vyztuže byl proveden pro pravý trám. Největší smykové napětí je u

deskového tenkostěnného modelu (1 MPa). V porovnání jsou hodnoty u všech modelů podobné, vyjma prutového modelu.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	NAPĚTÍ [MPa]	0.1	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.036	0.254	0.290	0.290	0.290	0.218	0.181
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	129	906	1036	1036	1036	777	647
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNĚ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	32	224	256	256	256	192	160
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>11%</b>	<b>80%</b>	<b>92%</b>	<b>92%</b>	<b>92%</b>	<b>69%</b>	<b>57%</b>

Výztuž u horního povrchu pravého trámu byla navržena průměru 12 á 100 mm. Hodnoty porovnání jsou shodné u roštového/SCIA a deskových modelů. Liší se roštový a objemový model. Nejmenší poměr je u objemového modelu.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	NAPĚTÍ [MPa]	0.3	0.6	0.7	0.8	1.0	0.6	0.8
	TAHOVÁ	0.109	0.218	0.254	0.290	0.363	0.218	0.290

	SÍLA [MN]							
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	388	777	906	1036	1295	777	1036
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	150						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	1340						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	81	162	189	216	270	162	216
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>29%</b>	<b>58%</b>	<b>68%</b>	<b>77%</b>	<b>97%</b>	<b>58%</b>	<b>77%</b>

Výztuž u spodního povrchu pravého trámu byla navržena průměru 16 á 150 mm. Objemový model se shoduje s deskovým modelem, nižší poměr mají oba roštové modely. Nejvyšší potřebu výztuže má deskový tenkostěnný model.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
STĚNA PRAVÁ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU [m]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	NAPĚTÍ [MPa]	0.4	0.5	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.200	0.250	0.400	0.400	0.450	0.300	0.400
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	833	1042	1667	1667	1875	1250	1667
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	99	124	199	199	224	149	199
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>41%</b>	<b>52%</b>	<b>83%</b>	<b>83%</b>	<b>93%</b>	<b>62%</b>	<b>83%</b>

U pravé stěny vychází výztuž průměru 16 á 100 mm. Stejné hodnoty poměru jsou u objemového, deskového se žebry a deskového. Nejvyšší hodnotu má opět deskový tenkostěnný model.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
STĚNA LEVÁ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU [m]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	NAPĚTÍ [MPa]	0.5	0.7	0.8	0.5	0.5	0.4	0.5
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.250	0.350	0.400	0.250	0.250	0.200	0.250
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	1042	1458	1667	1042	1042	833	1042
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	124	174	199	124	124	99	124
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>52%</b>	<b>73%</b>	<b>83%</b>	<b>52%</b>	<b>52%</b>	<b>41%</b>	<b>52%</b>

U pravé stěny vychází výztuž průměru 16 á 100 mm. Stejné hodnoty poměru jsou u objemového, deskového, deskového tenkostěnného a prutového. Nejvyšší hodnotu má teď deskový model se žebry. Nejnižší roštový model/MIDAS.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
		SPODNÍ	-0.7	-0.1	-0.1	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
		PRAVÝ	0.6	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2
		LEVÝ	-1.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0	0
POVRCH	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.15	0.2

		SPODNÍ	-0.5	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5	-0.15	-0.3
		PRAVÝ	0.6	0.3	0.1	0.4	0.8	0.5	0.4
		LEVÝ	-1.1	-0.3	-0.4	-0.3	-0.8	-0.4	-0.3

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA				MIDAS		
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	LEVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	25%	50%	50%	25%	25%	25%
		SPODNÍ	100%	14%	14%	43%	29%	14%	14%
		PRAVÝ	100%	17%	33%	33%	50%	17%	33%
		LEVÝ	100%	9%	18%	9%	9%	0%	0%
POVRCH	PRAVÝ TRÁM	HORNÍ	100%	25%	25%	50%	50%	38%	50%
		SPODNÍ	100%	20%	20%	40%	100%	30%	60%
		PRAVÝ	100%	50%	17%	67%	133%	83%	67%
		LEVÝ	100%	27%	36%	27%	73%	36%	27%

Prutový model opět vykazuje stejné hodnoty pro oba trámy. Na pravém trámu levé stěny je hodnota smykového napětí 1,1 MPa. Což je výrazně více než u ostatních modelů. Ostatní hodnoty smykových napětí jsou největší u deskového tenkostěnného modelu. Opět je skoro 100% shoda mezi objemovým a deskovým modelem.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA				MIDAS		
SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ	POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
		POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
		TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
		NAPĚTÍ [MPa]	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
		TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.145	0.036	0.036	0.073	0.073	0.054	0.073
		NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
		PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	518	129	129	259	259	194	259
NAVRŽENÁ	VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
		Á	150						
		PLOCHA [mm2]	754						

POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	192	48	48	96	96	72	96
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>69%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>	<b>34%</b>	<b>34%</b>	<b>26%</b>	<b>34%</b>

Výztuž pro horní povrch byla navržena v profilu 12 po 150 mm. Poměr je stejný u deskového, deskového tenkostěnného a objemového modelu.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xy</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725
	NAPĚTÍ [MPa]	0.5	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.3
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.181	0.036	0.036	0.073	0.181	0.054	0.109
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	647	129	129	259	647	194	388
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	150						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	240	48	48	96	240	72	144
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>86%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>	<b>34%</b>	<b>86%</b>	<b>26%</b>	<b>52%</b>

Výztuž pro dolní povrch byla navržena v profilu 12 po 150 mm. Zde se nejvíce shodují modely roštové, deskový se žebrem a deskový.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txz [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
STĚNA PRAVÁ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU [m]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	NAPĚTÍ [MPa]	0.6	0.3	0.1	0.4	0.8	0.5	0.4
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.300	0.150	0.050	0.200	0.400	0.250	0.200
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	1250	625	208	833	1667	1042	833
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	149	75	25	99	199	124	99
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>62%</b>	<b>31%</b>	<b>10%</b>	<b>41%</b>	<b>83%</b>	<b>52%</b>	<b>41%</b>

Výztuž pro pravou stěnu byla navržena v profilu 16 po 100 mm. U tohoto povrchu je veliký rozptyl. Nejvíce se shodují objemový a deskový model.

DÁLNIČNÍ MOST NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txz [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
STĚNA LEVÁ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU [m]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	NAPĚTÍ [MPa]	1.1	0.3	0.4	0.3	0.8	0.4	0.3
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.550	0.150	0.200	0.150	0.400	0.200	0.150
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	200	200	200	200	200	200	200
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	2750	750	1000	750	2000	1000	750
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	20						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	3142						



POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	175	48	64	48	127	64	48
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	20	20	20	20	20	20	20
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	200	200	200	200	200	200	200
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
POMĚR VÝZTUŽE		88%	24%	32%	24%	64%	32%	24%

Výztuž pro levou stěnu byla navržena v profilu 20 po 100 mm. Zde je největší smykové napětí z tohoto zatěžovacího stavu. Všechny modely se shodují až na deskový a prutový model.

#### 4.3. Silniční nadjezd nad D1 u obce Běloutín

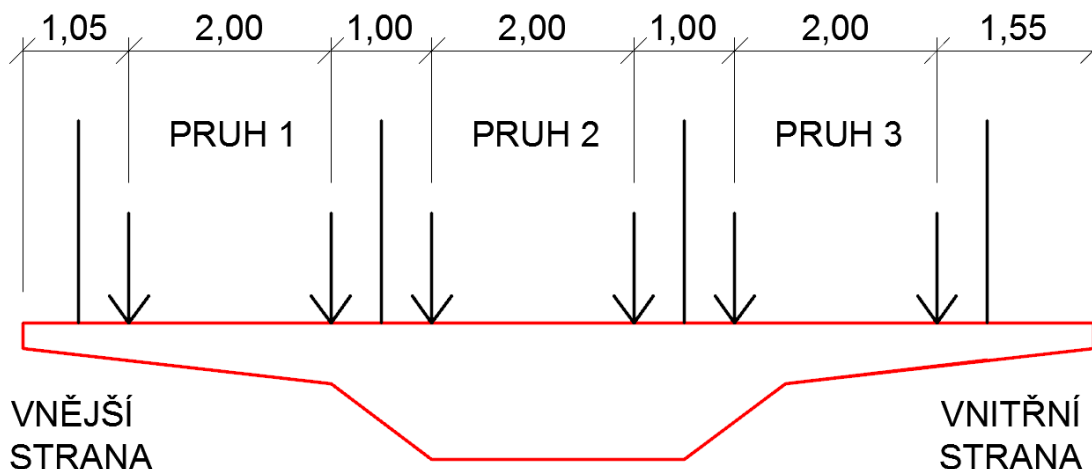
Polohy zatížení pro vyvození největšího účinků na konstrukci jsou následovné:

SILNIČNÍ NADJEZD U OBCE BĚLOTÍN - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_x$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - NENÍ	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA		
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD OP1 9,66 m	OD OP1 10,86 m	OD OP1 7,783 m	OD OP1 8,983 m		

SILNIČNÍ NADJEZD U OBCE BĚLOTÍN - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_y$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 50 kN		2. PRUH - 150 kN		3. PRUH - 100 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD OP1 8,983 m	OD OP1 10,183 m	OD OP1 8,983 m	OD OP1 10,183 m	OD OP1 8,983 m	OD OP1 10,183 m

SILNIČNÍ NADJEZD U OBCE BĚLOTÍN - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $V_z$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 100 kN		2. PRUH - 150 kN		3. PRUH - 50 kN	
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD P4 3,0 m	OD P4 4,2 m	OD P4 1,2 m	OD P4 2,4 m	OD P4 2,4 m	OD P4 3,6 m

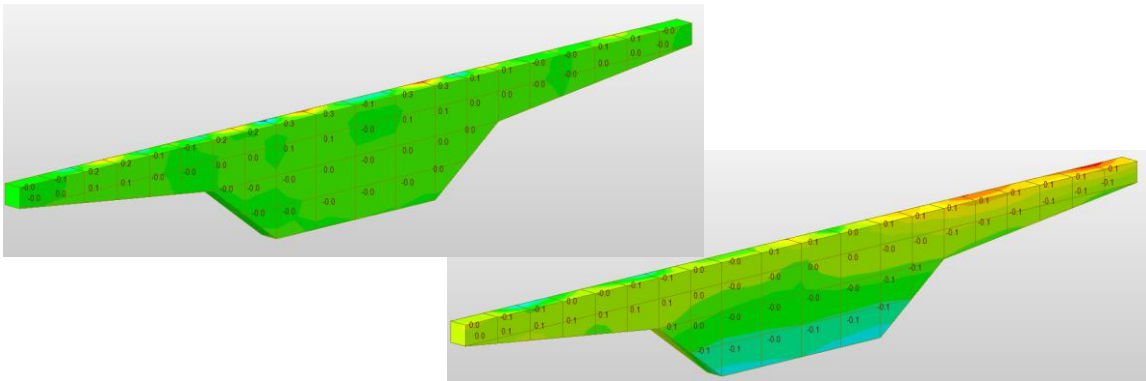
Příčné uspořádání jednotlivých zatěžovacích pruhů:



Tato poloha zatížení byla aplikována na všechny modely (prutový, roštový, deskový se žebrem, deskový, deskový tenkostěnný, objemový) a následně bylo zjištěno normálové a smykové napětí, které toto zatížení vyvolalo. Příčné řezy, ve kterých se zkoumalo napětí, jsou popsány v následující tabulce. Všechny řezy jsou kolmé na střednici mostu a vzdálenosti jsou myšleny v ose mostu.

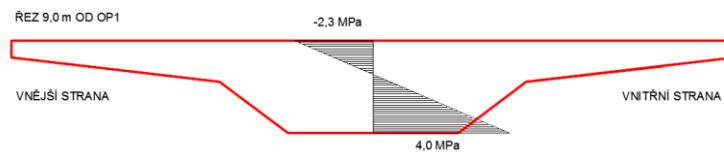
POLOHY PŘÍČNÝCH ŘEZŮ - SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 u BĚLOTÍNA	
ZATĚŽOVACÍ STAV	POLOHA MAXIMA Z PŘÍČINKOVÝCH ČAR [m]
min Vz	0,5 m od P4
min Mx	3,6 m od OP1
max My	9,0 m od OP1

Opět v každém řezu bylo vykresleno normálové napětí a smykové napětí. Toto bylo provedeno pro všechny modely konstrukce (prutový, roštový midas/Scia, deskový se žebry, deskový, deskový tenkostěnný a objemový). Vykreslení napětí bylo provedeno ve dvou řezech. Jeden vodorovný a druhý svislý. Svislý řez je veden v ose mostu. Vodorovný řez je veden v těžišti. Vykreslené napětí je tedy na horním a dolním povrchu deskového trámu a na pravém/levém náběhu trámu. Z těchto řezů je poté napětí porovnáno přímo a poté je pro povrchy navržena výztuž. Pro ukázkou je zde zobrazeno normálové napětí od maximálního účinku posouvající síly. Smykové napětí pro stav max My nebylo třeba vykreslovat, jelikož v řezu a pro příslušné body bylo nulové. Viz obrázek objemového modelu.

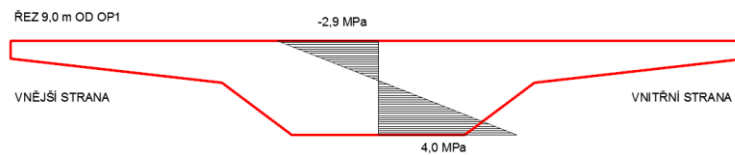


Obrázek 123 - Smykové napětí od zatěžovacího stavu max  $M_y$  (vlevo  $T_{xz}$ , vpravo  $T_{xy}$ )

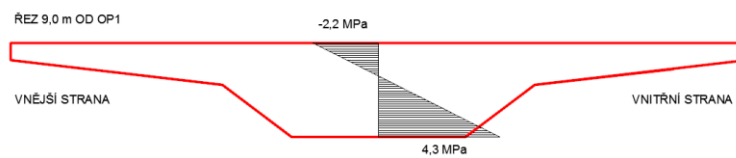
SCIA - PRUT  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max  $M_y$



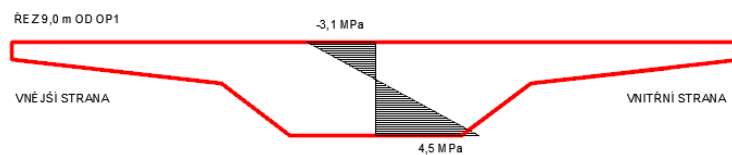
SCIA - ROŠT  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max  $M_y$



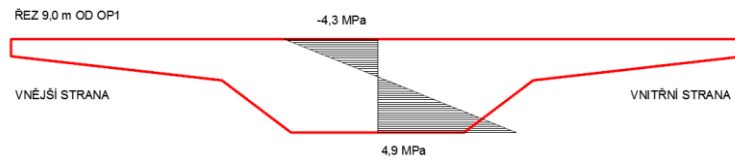
SCIA - DESKOVÝ MODEL SE ŽEBREM  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max  $M_y$



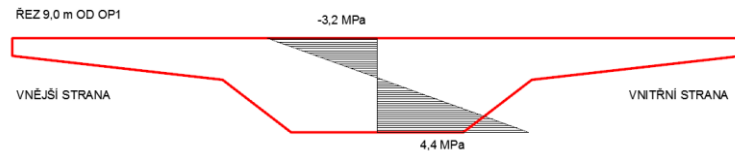
SCIA - DESKOVÝ MODEL  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max  $M_y$



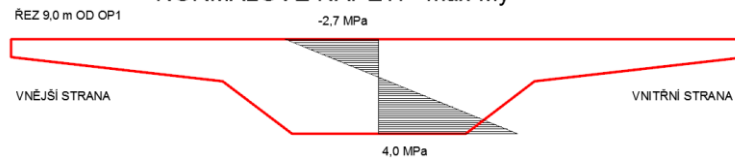
SCIA - DESKOVÝ MODEL TENKOSTĚNNÝ  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My



MIDAS - ROŠT  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My



MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My



V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty normálové napětí pro různé modely a zatěžovací stavy.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRC H	HORNÍ	-0,9	-0,9	-0,3	-0,9	-0,8	-2,6	-0,8
	SPODNÍ	1,5	1,3	0,9	1,4	1,7	3,2	1,4

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRC H	HORNÍ	100%	100%	33%	100%	89%	289%	89%
	SPODNÍ	100%	87%	60%	93%	113%	213%	93%

Hodnoty normálových napětí jsou si velice podobné, ale velmi se liší roštový model/MIDAS a deskový model se žebry.

## ANALÝZA KROUCENÍ

Protože je konstrukce předpjatá, dostáváme fiktivní napětí od jednoho zatěžovacího stavu. Na normálové napětí tedy nelze navrhnout výztuž. Dostali bychom nesmyslnou velikost plochy betonářské výztuže (viz. tabulka níže).

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
	N.O. [m]	0.51	0.55	0.34	0.53	0.43	0.61	0.49
	OD H. POVRCHU							
	ŠÍŘKA DOLNÍHO POVRCHU [m]	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.84	0.80	1.01	0.82	0.92	0.74	0.86
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	2.21	2.07	2.74	2.15	2.44	1.92	2.26
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	1.66	1.35	1.23	1.50	2.07	3.07	1.58
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	281	280	280
<b>PLOCHA VÝZTUŽE [mm]</b>	<b>5926</b>	<b>4813</b>	<b>4404</b>	<b>5364</b>	<b>7384</b>	<b>10949</b>	<b>5648</b>	

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	-2.3	-2.9	-2.2	-3.1	-4.3	-3.2	-2.7
	SPODNÍ	4	4	4.3	4.5	4.9	4.4	4

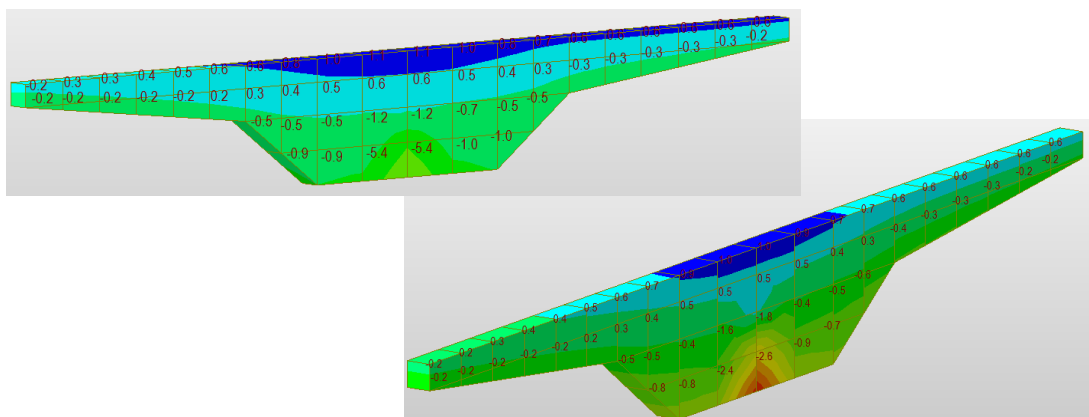
SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	100%	126%	96%	135%	187%	139%	117%
	SPODNÍ	100%	100%	108%	113%	123%	110%	100%

Pro tento zatěžovací stav dostáváme tahové napětí pro všechny modely mezi 4 až 5 MPa. Tlakové napětí se liší více. U deskového tenkostěnného je to také způsobeno absencí plochy vyjmuté z trámu. Nejmenší tahové napětí je u objemového modelu.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	0.6	1.6	1.1	1	3.6	0.6	1.1
	SPODNÍ	-1.2	-1.9	-1.9	-1.6	-5	-1.1	-2.6

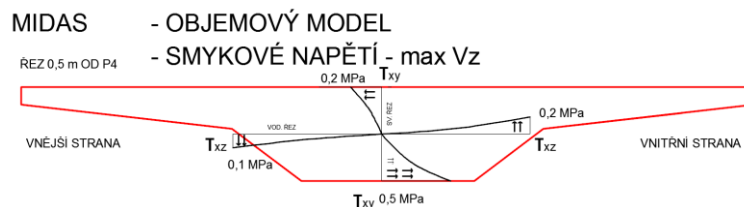
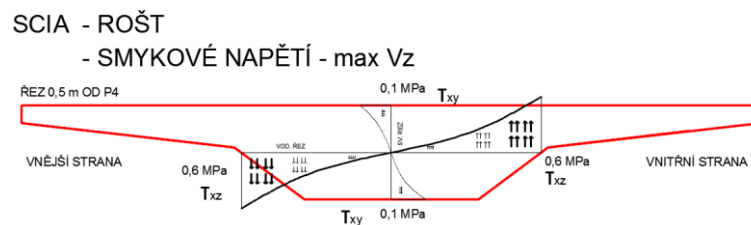
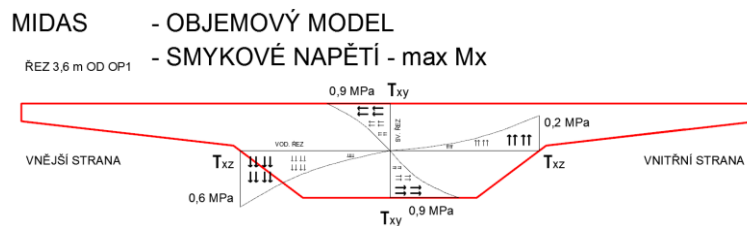
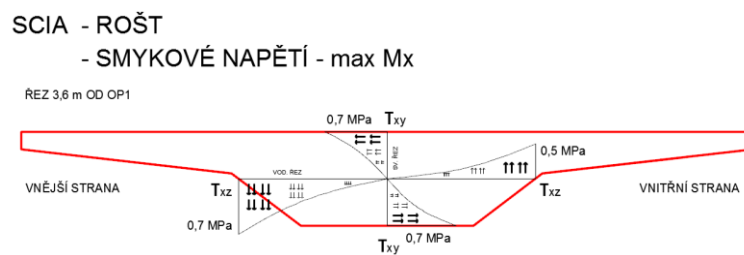
SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	100%	267%	183%	167%	600%	100%	183%
	SPODNÍ	100%	158%	158%	133%	417%	92%	217%

Z průběhu normálového napětí můžeme vidět, že hodnoty ve všech modelech jsou podobné. Nejméně výstižný je model deskový tenkostěnný, který ukazuje velké napětí při obou površích. Příčina tohoto velkého napětí je menší tuhost tohoto modelu než ostatních z důvodu chybějící hmoty. Dále můžeme vidět, že největší rozdíly napětí jsou u zatěžovacího stavu max Vz, řez je zde pouze 0,5 m od podpory a u modelů se různě projevuje špička napětí. Výsledky v této oblasti výrazně ovlivňuje průměrování výsledků. Například u výsledků objemového modelu v této oblasti byla nejdříve zaškrtnuta volba průměrování v uzlech, ale toto nastavení dávalo nesmyslné tlakové napětí -5,4 MPa. Po přepnutí na průměrování na prvku kleslo tlakové napětí na -2,6 MPa, to odpovídalo více ostatním modelům.



Obrázek 124 - Rozdílné napětí ve stejném řezu 0,5 m od P4, vlevo průměrování v uzlech, vpravo průměrování na prvku

V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty smykového napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Pro všechny zatěžovací stavy bylo porovnáváno napětí na dvou řezech. Jeden vedl svisle osou trámu a druhý vodorovně v těžišti trámu. Ve svislém řezu bylo porovnáváno na horním a dolním povrchu  $T_{xy}$ . Na vnitřních a vnějších náběžích trámu bylo porovnáváno napětí  $T_{xz}$ . Kladné hodnoty napětí  $T_{xz}$  znamenají směr dolů a záporné nahoru. Smykové napětí  $T_{xy}$  má kladnou hodnotu směrem na vnitřní stranu oblouku, záporná na vnější stranu oblouku. Na dalších obrázcích je vyobrazen průběh smykových napětí od zatěžovacího stavu max  $M_x$  a max  $V_z$  u roštového modelu ve Scie a u objemového modelu.



Ze smykových napětí v zatěžovacím stavu max  $M_x$  můžeme vidět, že napětí se točí v trámu mostu. Směrem do středu mostu se napětí snižuje a na kraji má největší intenzitu. Je tomu tak i u zatěžovacího stavu max  $V_z$ , vlivem excentricky zatížené konstrukce v jednotlivých pruzích.

V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty smykového napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Porovnání bylo prováděno vždy pro povrchy (horní a dolní trám, vnější a vnitřní náběh). Smykové hodnoty  $T_{xy}$  leží na ose průřezu a  $T_{xz}$  cca v těžišti průřezu. Dále bylo porovnáno vyztužení horního a spodního povrchu mostu a vyztužení u obou povrchů náběhů trámu (pravý/levý).

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $M_x$									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
ŘEZ	SVISLÝ	HORNÍ $T_{xy}$	-0.9	-0.7	-1.1	-0.9	-0.9	-1.3	-0.9
		SPODNÍ $T_{xy}$	1.0	0.7	1.1	1.1	1.0	1.3	0.9
	VODOROVNÝ	VNĚJŠÍ $T_{xz}$	0.2	0.7	0.2	0.5	0.6	0.7	0.6
		VNITŘNÍ $T_{xz}$	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	-0.2	-0.5	-0.2

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $M_x$									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
ŘEZ	SVISLÝ	HORNÍ $T_{xy}$	100%	78%	122%	100%	100%	144%	100%
		SPODNÍ $T_{xy}$	100%	70%	110%	110%	100%	130%	90%
	VODOROVNÝ	VNĚJŠÍ $T_{xz}$	100%	350%	100%	250%	300%	350%	300%
		VNITŘNÍ $T_{xz}$	100%	100%	100%	20%	40%	100%	40%

Z porovnání hodnot napětí vidíme, že největší hodnota smykového napětí je v roštovém modelu/MIDAS (1,3 MPa). Hodnoty na svislém řezu jsou si podobné. Na vodorovném řezu dochází k většímu rozptylu. Následují tabulky srovnání napětí pomocí vyztužení.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $M_x$									
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]			SCIA					MIDAS	
			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]		1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]		0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]		0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487



	NAPĚTÍ [MPa]	0.9	0.7	1.1	0.9	0.9	1.3	0.9
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.219	0.171	0.268	0.219	0.219	0.317	0.219
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	783	609	957	783	783	1131	783
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	194	151	237	194	194	280	194
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>69%</b>	<b>54%</b>	<b>85%</b>	<b>69%</b>	<b>69%</b>	<b>100%</b>	<b>69%</b>

Pro horní povrch vyhovuje výztuž profilu 12 á 100 mm. Poměr výztuže vychází pro prutový, deskový, deskový tenkostěnný a objemový stejně, podobný je ještě roštový/SCIA.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863
	NAPĚTÍ [MPa]	1.0	0.7	1.1	1.1	1.0	1.3	0.9
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.431	0.302	0.475	0.475	0.431	0.561	0.388
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	1541	1079	1695	1695	1541	2003	1387
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	215	150	236	236	215	279	193
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>77%</b>	<b>54%</b>	<b>84%</b>	<b>84%</b>	<b>77%</b>	<b>100%</b>	<b>69%</b>

Pro dolní povrch vyhověla výztuž profilu 16 á 100 mm. Nejmenší nároky na vyztužení má roštový model/SCIA a objemový model.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
NÁBĚH VNĚJŠÍ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU MEZI NÁBĚHAMI [m]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	NAPĚTÍ [MPa]	0.2	0.7	0.2	0.5	0.6	0.7	0.6
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.190	0.665	0.190	0.475	0.570	0.665	0.570
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	240	240	240	240	240	240	240
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	792	2771	792	1979	2375	2771	2375
NA VRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	20						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	3142						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	60	212	60	151	181	212	181
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	20	20	20	20	20	20	20
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>25%</b>	<b>88%</b>	<b>25%</b>	<b>63%</b>	<b>76%</b>	<b>88%</b>	<b>76%</b>

Výztuž pro vnější náběh vyhověla na profil 20 á 100 mm. Hodnoty jsou si velice podobné až na prutový a deskový model se žebrem.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
NÁBĚH VNITŘNÍ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU MEZI NÁBĚHAMI [m]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	NAPĚTÍ [MPa]	0.9	0.7	1.1	0.9	0.9	1.3	0.9

	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.855	0.665	1.045	0.855	0.855	1.235	0.855
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	200	200	200	200	200	200	200
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	4275	3325	5225	4275	4275	6175	4275
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	32						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	8042						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	106	83	130	106	106	154	106
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	32	32	32	32	32	32	32
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINÝ [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>53%</b>	<b>41%</b>	<b>65%</b>	<b>53%</b>	<b>53%</b>	<b>77%</b>	<b>53%</b>

Pro vnitřní náběh vyhověla výztuž profilu 32 á 100 mm. Dochází zde k největšímu namáhání (1,3 MPa). Hodnoty si jsou podobné, největší rozdíl je mezi roštovými modely.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRÝ	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
ŘEZ	SVISLÝ	HORNÍ Txy	-0.3	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2
		SPODNÍ Txy	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
VODOROVNÝ	VNĚJŠÍ Txz	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	VNITŘNÍ Txz	-0.1	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ									
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz									
VELIČINA			SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]			PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRÝ	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
ŘEZ	SVISLÝ	HORNÍ Txy	33%	22%	44%	33%	22%	33%	22%
		SPODNÍ Txy	30%	50%	40%	50%	50%	50%	50%
VODOROVNÝ	VNĚJŠÍ Txz	50%	100%	150%	50%	50%	50%	50%	
	VNITŘNÍ Txz	20%	40%	20%	60%	40%	20%	40%	

Hodnoty smykového napětí v tomto řezu, jsou oproti předchozímu daleko menší. Největší napětí je při spodním povrchu trámu Txy. U většiny modelů je 0,5 MPa.

Vzhledem k tomu, že jsou hodnoty malé, tak desetinný rozdíl hraje v poměru velký rozdíl. Jinak hodnoty napětí jsou si podobné.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487	0.487
	NAPĚTÍ [MPa]	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.073	0.049	0.097	0.073	0.049	0.073	0.049
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	261	174	348	261	174	261	174
NA VRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	8						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	503						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	145	97	194	145	97	145	97
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>52%</b>	<b>35%</b>	<b>69%</b>	<b>52%</b>	<b>35%</b>	<b>52%</b>	<b>35%</b>

Pro horní povrch deskového trámu vychází profil 8 á 100 mm. Nejmenší hodnoty poměru výztuže jsou pro objemový, deskový a roštový/SCIA model. Ostatní modely mají o něco větší potřebu vyztužení. Největší je u modelu desky se žebrem.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863
	NAPĚTÍ [MPa]	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.129	0.216	0.173	0.216	0.216	0.216	0.216

## ANALÝZA KROUCENÍ

	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	320	320	320	320	320	320	320
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	404	674	539	674	674	674	674
NA VRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	785						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	165	275	220	275	275	275	275
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	10	10	10	10	10	10	10
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>51%</b>	<b>86%</b>	<b>69%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>

Pro dolní povrch trámu vyhovuje výztuž 10 á 100 mm. V tomto místě dochází k největšímu smykovému namáhání v řezu. Hodnota smykového napětí byla téměř stejná pro všechny modely. Mírně se lišila u prutového a deskového se žebrem. Ty mají menší hodnotu poměru vyztužení.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
NÁBĚH VNEJŠÍ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU MEZI NÁBĚHAMI [m]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	NAPĚTÍ [MPa]	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.095	0.190	0.285	0.095	0.095	0.095	0.095
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	339	679	1018	339	339	339	339
NA VRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	84	168	252	84	84	84	84
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>30%</b>	<b>60%</b>	<b>90%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>

## ANALÝZA KROUCENÍ

Pro povrch vnějšího náběhu vyhověla výztuž 12 á 100 mm. Hodnoty poměru vyztužení jsou téměř pro všechny modely shodné. Liší se roštový model/SCIA a deskový se žebrem. Ty mají potřebu vyztužení větší.

SILNIČNÍ NADJEZD NA D1 U OBCE BĚLOTÍN - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
NÁBĚH VNĚJŠÍ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU MEZI NÁBĚHAMÍ [m]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	NAPĚTÍ [MPa]	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.285	0.190	0.380	0.285	0.190	0.285	0.190
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽÍ [MPa]	320	320	320	320	320	320	320
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	891	594	1188	891	594	891	594
	NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12					
Á		50						
PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]		2262						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽÍ [MPa]	126	24	47	35	24	35	24
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	320	320	320	320	320	320	320
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINÝ [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>39%</b>	<b>26%</b>	<b>52%</b>	<b>39%</b>	<b>26%</b>	<b>39%</b>	<b>26%</b>

Pro plochu náběhu na vnější straně vychází výztuž 12 po 50 mm. Poměry výztuže vychází pro všechny modely podobně. Největší hodnota je u deskového se žebrem a nejmenší je u objemového, deskového tenkostěnného a roštového/MIDAS.

#### 4.4. Dálniční most na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/01)

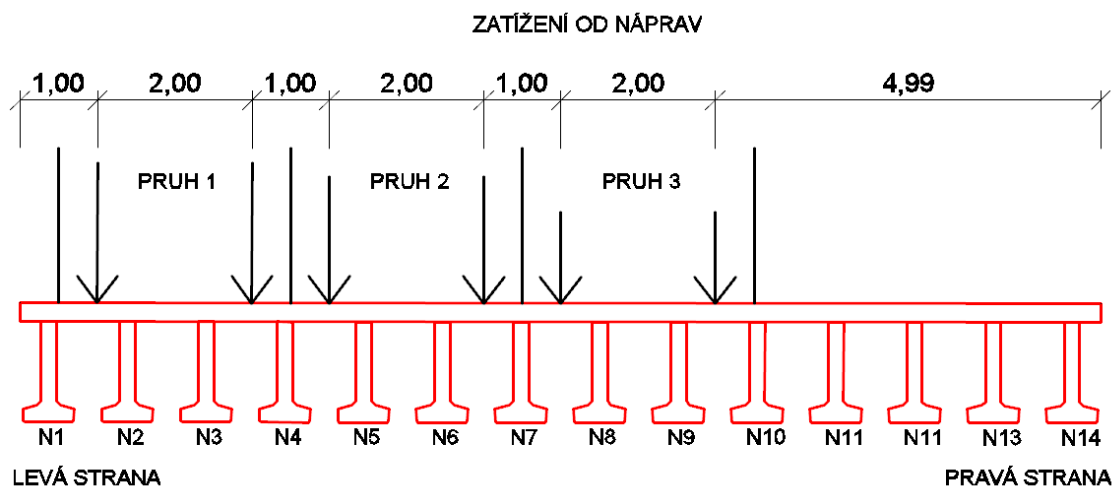
Poloha zatížení, při kterém byly vyvozeny největší účinky od krouticího momentu, ohybového momentu a posouvající síly byla následovná:

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_x$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - NENÍ	
NÁPRAVA OSOVÉ VZDÁLENOSTI	1. NÁPRAVA OD OP1 9,66 m	2. NÁPRAVA OD OP1 10,86 m	1. NÁPRAVA OD OP1 7,783 m	2. NÁPRAVA OD OP1 8,983 m		

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_y$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 50 kN		2. PRUH - 150 kN		3. PRUH - 100 kN	
NÁPRAVA OSOVÉ VZDÁLENOSTI	1. NÁPRAVA OD OP1 8,983 m	2. NÁPRAVA OD OP1 10,183 m	1. NÁPRAVA OD OP1 8,983 m	2. NÁPRAVA OD OP1 10,183 m	1. NÁPRAVA OD OP1 8,983 m	2. NÁPRAVA OD OP1 10,183 m

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - MIDAS - ROŠTOVÝ						
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $V_z$						
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 100 kN		2. PRUH - 150 kN		3. PRUH - 50 kN	
NÁPRAVA OSOVÉ VZDÁLENOSTI	1. NÁPRAVA OD P4 3,0 m	2. NÁPRAVA OD P4 4,2 m	1. NÁPRAVA OD P4 1,2 m	2. NÁPRAVA OD P4 2,4 m	1. NÁPRAVA OD P4 2,4 m	2. NÁPRAVA OD P4 3,6 m

Zatěžovací pruhy v příčném směru:



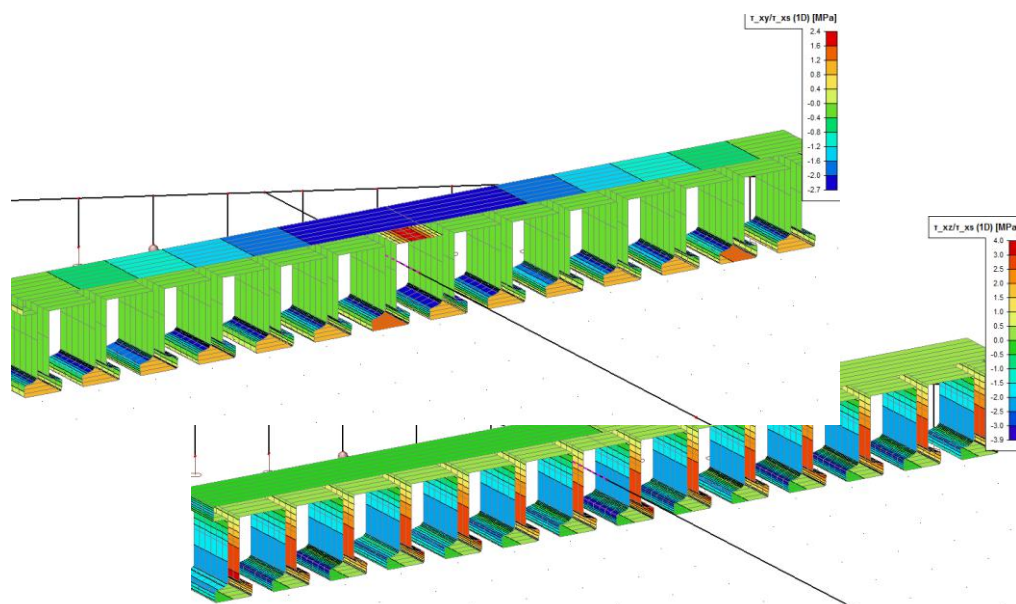
Obrázek 125 – Zatěžovací pruhy na dálničním mostu na R1

Tato poloha zatížení byla aplikována na všechny modely (prutový, roštový, deskový se žebrem, deskový, objemový) a následně bylo zjištěno normálové a smykové napětí, které toto zatížení vyvolalo. Příčné řezy, ve kterých se zkoumalo napětí, byly zjištěny z příčinkových čar v roštovém modelu. Vzdálenosti jsou měřeny v ose nosníku od opěry 1. Řez byl veden kolmo na nosníky.

POLOHY PŘÍČNÝCH ŘEZŮ - DÁLNIČNÍ MOST NA R1	
ZATĚŽOVACÍ STAV	POLOHA MAXIMA Z PŘÍČINKOVÝCH ČAR [m]
min Vz	4.74 m od OP1 na nosníku N7
min Mx	24.24 m od OP1 na nosníku N7
max My	16.16 m od OP1 na nosníku N2

V každém řezu a v každém zatěžovacím stavu bylo vykresleno normálové napětí pro nejzatíženější nosník při horním a dolním povrchu. Smykové napětí bylo posuzováno pro největší hodnotu  $T_{xz}$  a  $T_{xy}$  (většinou dva nosníky). Zkoumaly se body horní desky v ose nosníku, dolní pásnice v ose nosníku (zde šlo o napětí  $T_{xy}$ ) a v těžišti nosníku ( $T_{xz}$ ).

U prutového modelu nebylo možné srovnat smykové napětí, jelikož program nerozpočítává smykové napětí na jednotlivé nosníky (příčný řez bere jako jeden celek). Proto hodnoty smykových napětí byly vysoké oproti ostatním modelům.

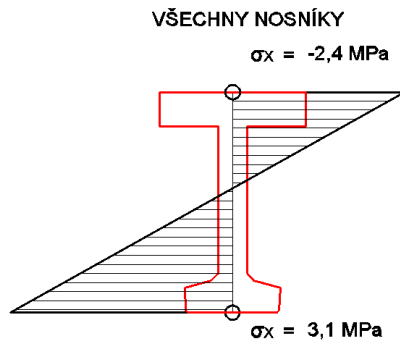


Obrázek 126 - Vysoké hodnoty smykových napětí na prutovém modelu



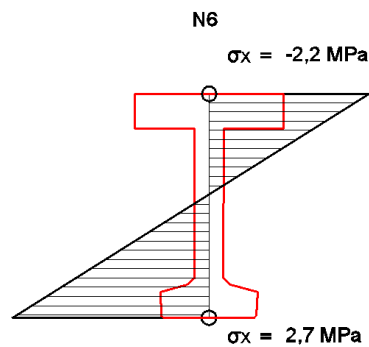
## SCIA - PRUTOVÝ - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx

ŘEZ - 24,24 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



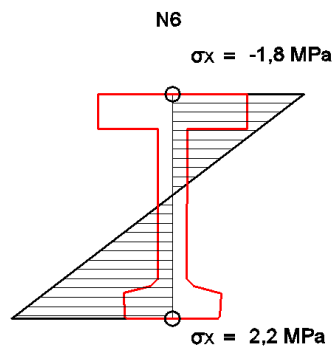
## SCIA - ROŠT - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx

ŘEZ - 24,24 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



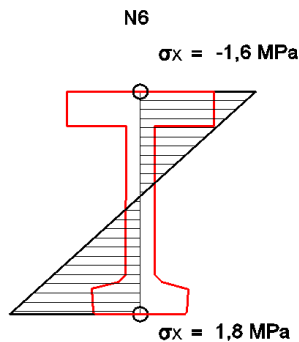
## SCIA - DESKOVÝ SE ŽEBREM - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx

ŘEZ - 24,24 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



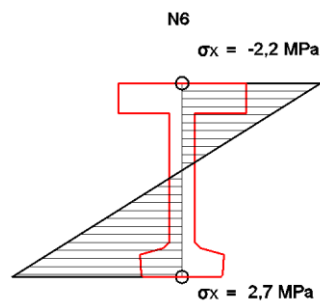
## SCIA - DESKOVÝ - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx

ŘEZ - 24,24 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



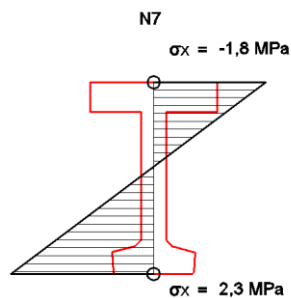
## MIDAS - ROŠT - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx

ŘEZ - 24,24 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



## MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL - NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max Mx

ŘEZ - 24,24 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



Normálové napětí bylo srovnáno dle hodnot, dále byla na hodnoty normálových napětí v tažené oblasti navržena výztuž pro každý řez v jednotlivých modelech. Výsledkem je procentuální porovnání přímo hodnot napětí a porovnání navržených výztuží. Výztuž je navržena kusově v příčném řezu nosníku.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N6	N6	N6	N6	N7
POVRCH	HORNÍ	-2.4	-2.2	-1.8	-1.6	-2.2	-1.8
	SPODNÍ	3.1	2.7	2.2	1.8	2.7	2.3

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N6	N6	N6	N6	N7
POVRCH	HORNÍ	100%	92%	75%	67%	92%	75%
	SPODNÍ	100%	87%	71%	58%	87%	74%

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N6	N6	N6	N6	N7
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
	N.O. [m] OD H. POVRCHU	0.67	0.69	0.69	0.72	0.69	0.68
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.87	0.85	0.85	0.82	0.85	0.86
	TLOUŠŤKA STOJINY [m]	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	VÝŠKA PÁSNICE [m]	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	PLOCHA PÁSNICE [m <sup>2</sup> ]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.27	0.27	0.27	0.26	0.27	0.27
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.42	0.36	0.29	0.23	0.36	0.31
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	1499	1287	1047	837	1287	1109
POS NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12					
	KS	14					
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	1583					
POS NA	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	265	228	185	148	228	196

MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12
PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280
PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>	<b>95%</b>	<b>81%</b>	<b>66%</b>	<b>53%</b>	<b>81%</b>	<b>70%</b>

Z tabulek je patrné, že nejzatíženější při kroucení je střed mostu, nejvíce namáhané nosníky jsou N6 a N7. Toto ukázal i roštový model, kde byl vytvořen pojezd a zjištěno místo (pomocí příčinkových čar) s maximálním torzním momentem. Dále hodnoty napětí jsou velice podobné. Nejmenší normálové napětí bylo u deskového modelu, podobné hodnoty má model deskový se žebry i objemový.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N1	N2	N2	N1	N2
POVRCH	HORNÍ	-1.2	-4	-2.1	-3.3	-3.5	-4.5
	SPODNÍ	1.6	5	4.1	4.8	5.1	5.4

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N1	N2	N2	N1	N2
POVRCH	HORNÍ	100%	333%	175%	275%	292%	375%
	SPODNÍ	100%	313%	256%	300%	319%	338%

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N1	N2	N2	N1	N2
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
	N.O. [m]	0.66	0.68	0.52	0.63	0.63	0.70
	OD H. POVRCHU						
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.88	0.86	1.02	0.91	0.91	0.84

	TLOUŠŤKA STOJINY [m]	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	VÝŠKA PÁSNICE [m]	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	PLOCHA PÁSNICE [m <sup>2</sup> ]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.27	0.27	0.30	0.28	0.28	0.27
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.22	0.67	0.62	0.67	0.71	0.72
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm]	781	2396	2203	2398	2549	2557
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12					
	KS	24					
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	2714					
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	81	247	227	247	263	264
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>29%</b>	<b>88%</b>	<b>81%</b>	<b>88%</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>

U zatěžovacího stavu max My dochází u prutového modelu k výraznému rozdílu. Má nejmenší hodnoty ze všech modelů, opět ho nelze tedy brát jako dobře výstižný. Jak je vidět z porovnání napětí oba roštové modely, deskový a objemový model vychází podobně. U porovnání výztuže je rozdíl u těchto modelů 6%. Nejmenší hodnotu (kterou lze považovat za výstižnou) má deskový model se žebry.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N6	N7	N7	N7	N6
POVRCH	HORNÍ	-1.3	-2.1	-1.9	-1.8	-1.6	-2.8
	SPODNÍ	1.6	2.5	2.8	2.3	2.5	3.1

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz							
VELIČINA		SCIA				MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N6	N7	N7	N7	N6

POVRCH	HORNÍ	100%	162%	146%	138%	123%	215%
	SPODNÍ	100%	156%	175%	144%	156%	194%

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE							
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My							
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA				MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
MAX NOSNÍK		VŠECHNY	N6	N7	N7	N7	N6
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54
	N.O. [m] OD H. POVRCHU	0.69	0.70	0.62	0.68	0.60	0.73
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.85	0.84	0.92	0.86	0.94	0.81
	TLOUŠŤKA STOJINY [m]	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	VÝŠKA PÁSNICE [m]	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	PLOCHA PÁSNICE [m <sup>2</sup> ]	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.27	0.26	0.28	0.27	0.29	0.26
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.21	0.33	0.39	0.31	0.36	0.40
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm]	763	1181	1403	1109	1272	1434
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12					
	KS	14					
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	1583					
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	135	209	248	196	225	254
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>48%</b>	<b>75%</b>	<b>89%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>91%</b>

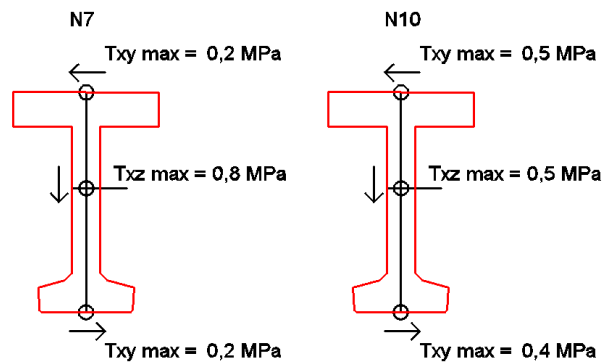
Opět u prutového modelu jsou nejmenší hodnoty normálového napětí i poměru výztuže. Zatížení se roznese opět na prut, který je tvořen celým průřezem mostu. Dochází tedy k jednotnému roznosu zatížení na nosník, a tudíž jsou zde nejmenší hodnoty. Z porovnání výztuže dostáváme opět podobné hodnoty pro ostatní modely. Největší výztuž vyšla u objemového modelu a poté u deskového se žebrem.

Na dalších obrázcích je vykresleno smykové napětí v jednotlivých bodech pro zatěžovací stav max Vz. Smykové napětí Txy bylo porovnáváno pro horní povrch desky

a pro spodní povrch pásnice nosníku, vždy v ose nosníku. Smykové napětí  $T_{xz}$  bylo vykresleno v těžišti nosníku. Kladná hodnota v tabulkách znamená směr na levou stranu mostu, záporná na pravou. Poloha nosníků v zobrazených řezech je stejná jako v příčném řezu se zatížením od náprav (obrázek na začátku kapitoly 4.4). Pokud obrázek obsahuje pouze jeden řez, byly obě napětí největší právě pro jeden nosník.

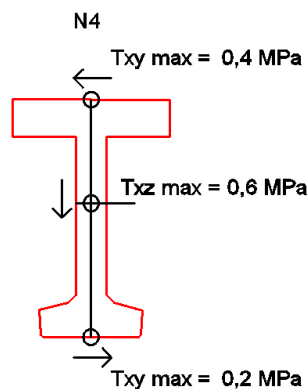
## SCIA - ROŠT - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz

ŘEZ - 4,74 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



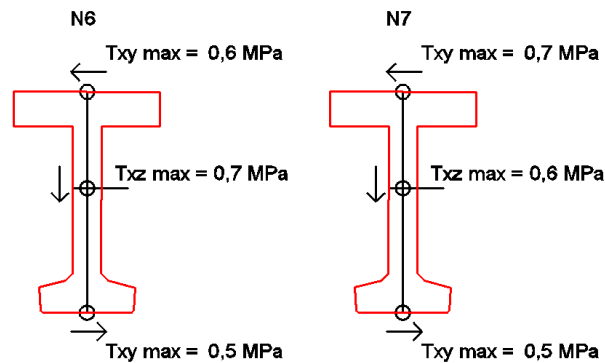
## SCIA - DESKOVÝ SE ŽEBREM - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz

ŘEZ - 4,74 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



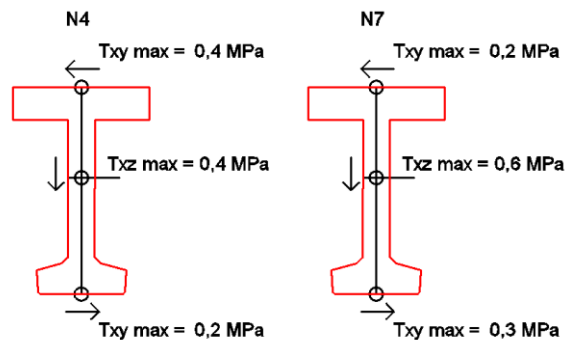
## SCIA - DESKOVÝ - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz

ŘEZ - 4,74 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



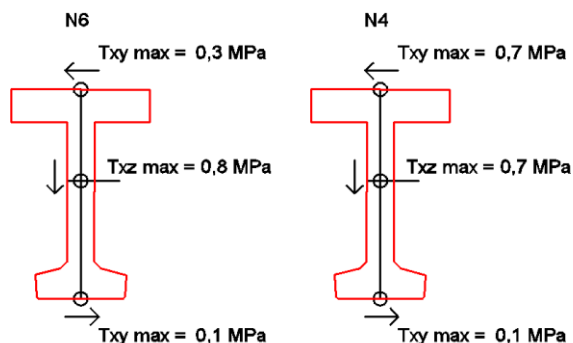
## MIDAS - ROŠT - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz

ŘEZ - 4,74 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



## MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Vz

ŘEZ - 4,74 m VE SMĚRU STANIČENÍ OD ULOŽENÍ NA OP1 V OSE N7



V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty smykového napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Porovnání bylo prováděno vždy pro dva nosníky, jeden s maximálním smykem  $T_{xy}$  a druhý nosník s maximálním  $T_{xz}$ . V tabulce byly



vždy porovnávány stejné hodnoty napětí  $T_{xz}$ ,  $T_{xy}$  pro různé modely. Dále bylo porovnáno vyztužení horní desky mostu, spodní pásnice nosníku (napětí  $T_{xy}$ ) a stojiny nosníku (napětí  $T_{xz}$ ).

DÁLNIČNÍ MOST NA R1											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
POVRC H	DESKA $T_{xy}$	0.4	0.6	0.2	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5	0.4	0.7
	PÁSNICE $T_{xy}$	-0.4	-0.6	-0.4	-0.6	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.5
BOD	TĚŽIŠTĚ $T_{xz}$	0.7	0.6	0.6	0.3	0.7	0.6	0.6	0.5	0.8	0.6

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
POVRC H	DESKA $T_{xy}$	100%	100%	50%	67%	100%	117%	100%	83%	100%	117%
	PÁSNICE $T_{xy}$	100%	100%	100%	100%	100%	83%	75%	83%	100%	83%
BOD	TĚŽIŠTĚ $T_{xz}$	100%	100%	86%	50%	100%	100%	86%	83%	114%	100%

Při porovnání hodnot napětí je vidět, že hodnoty se moc neliší. Nejvyšší hodnotou je smykové napětí  $T_{xz}$  u objemového modelu v těžišti nosníku 0,8 MPa. Následují tabulky srovnání napětí pomocí vyztužení.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ $T_{xy}$ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$	MAX $T_{xz}$	MAX $T_{xy}$
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
HORNÍ DESKA	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24

	TAŽENÁ PLOCHA	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	NAPĚTÍ	0.4	0.6	0.2	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5	0.4	0.7
	TAHOVÁ SÍLA	0.096	0.144	0.048	0.096	0.096	0.168	0.096	0.12	0.096	0.168
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	281	282	283	284	285	286	287
	PLOCHA VÝZTUŽE	343	514	171	342	340	594	338	421	336	585
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754									
POSOZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	127	191	64	127	127	223	127	159	127	223
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>45%</b>	<b>68%</b>	<b>23%</b>	<b>45%</b>	<b>45%</b>	<b>79%</b>	<b>45%</b>	<b>56%</b>	<b>45%</b>	<b>78%</b>

Ze srovnání plyne, že pro horní desku při hodnotách max Txy jsou hodnoty deskového (79 %) a objemového (78 %) téměř stejné. Hodnoty ve sloupci s max Txz jsou samozřejmě menší, a proto je není třeba brát v úvahu.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
DOLNÍ PÁSNIČE	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	TAŽENÁ PLOCHA	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	NAPĚTÍ	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5
	TAHOVÁ SÍLA	0.112	0.168	0.112	0.168	0.112	0.14	0.084	0.14	0.112	0.14
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	281	282	283	284	285	286	287
	PLOCHA VÝZTUŽE	400	600	400	598	397	495	296	491	392	488
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754									
POSOZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	149	223	149	223	149	186	111	186	149	186
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>53%</b>	<b>80%</b>	<b>53%</b>	<b>79%</b>	<b>53%</b>	<b>66%</b>	<b>39%</b>	<b>65%</b>	<b>52%</b>	<b>65%</b>

## ANALÝZA KROUCENÍ

Hodnoty pro dolní pásnici jsou téměř shodné u objemového (65 %), roštového/MIDAS (65 %) a deskového modelu (66 %). U těchto modelů je nejmenší požadavek na vyztužení. Opět hodnoty ve sloupci s max Txz jsou samozřejmě menší, a proto je není třeba brát v úvahu.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Tx [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
STOJINA NOSNÍKŮ	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ŠÍŘKA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	TAŽENÁ PLOCHA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	NAPĚTÍ	0.7	0.6	0.6	0.3	0.7	0.6	0.6	0.5	0.8	0.6
	TAHOVÁ SÍLA	0.14	0.12	0.12	0.06	0.14	0.12	0.12	0.1	0.16	0.12
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	500	429	429	214	500	429	429	357	571	429
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754									
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	186	159	159	80	186	159	159	133	212	159
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINÝ [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>66%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>28%</b>	<b>66%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>47%</b>	<b>76%</b>	<b>57%</b>

V porovnání vyztužení stojiny nosníku dochází ke shodě u roštového/SCIA a deskového. Ostatní modely ukazují shodně (57 %).

Dále je zatěžovací stav max My.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N1	N1	N3	N4	N2	N4	N4	N3	N3	N3

POVRC H	DESKA Txy	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.6	0.6
	PÁSNICE Txy	-0.4	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	0.6	0.6	0.8	0.6	0.4	0.3	0.6	0.3	0.8	0.8

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N1	N1	N3	N4	N2	N4	N4	N3	N3	N3
POVRC H	DESKA Txy	100%	100%	50%	100%	50%	75%	50%	75%	150%	150%
	PÁSNICE Txy	100%	100%	50%	50%	50%	50%	50%	75%	50%	50%
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	100%	100%	133%	100%	67%	50%	100%	50%	133%	133%

Hodnoty smykového napětí se u modelů liší. K přijatelné shodě dochází mezi deskovými modely a roštovým/MIDAS. Objemový model vykazuje největší smyková napětí v průřezu. Namáhané jsou i podobná místa. Nejvíce zatížené, vzhledem ke smykovému napětí, jsou krajní nosníky na levé straně. Dále je opět porovnání výztuže pro zatěžovací stav max My.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
HORNÍ DEŠKA	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	TAŽENÁ PLOCHA	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	NAPĚTÍ	0.4	0.4	0.2	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.6	0.6
	TAHOVÁ SÍLA	0.096	0.096	0.048	0.096	0.048	0.072	0.048	0.072	0.144	0.144
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	281	282	283	284	285	286	287
	PLOCHA VÝZTUŽE	343	343	171	342	170	254	169	253	503	502
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	200									
	PLOCHA [mm2]	565									

# ANALÝZA KROUCENÍ

POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	170	170	85	170	85	127	85	127	255	255
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>61%</b>	<b>61%</b>	<b>30%</b>	<b>60%</b>	<b>30%</b>	<b>45%</b>	<b>30%</b>	<b>45%</b>	<b>89%</b>	<b>89%</b>

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
DOLNÍ PÁSNICE	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	TAŽENÁ PLOCHA	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	NAPĚTÍ	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2
	TAHOVÁ SÍLA	0.112	0.112	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.084	0.056	0.056
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	281	282	283	284	285	286	287
	PLOCHA VÝZTUŽE	400	400	200	199	199	198	197	295	196	195
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	10									
	Á	150									
	PLOCHA [mm2]	524									
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	214	214	107	107	107	107	107	160	107	107
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>76%</b>	<b>76%</b>	<b>38%</b>	<b>38%</b>	<b>38%</b>	<b>38%</b>	<b>38%</b>	<b>56%</b>	<b>37%</b>	<b>37%</b>

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
STOJINA NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ŠÍŘKA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	TAŽENÁ PLOCHA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

	NAPĚTÍ	0.6	0.6	0.8	0.6	0.4	0.3	0.6	0.3	0.8	0.8
	TAHOVÁ SÍLA	0.12	0.12	0.16	0.12	0.08	0.06	0.12	0.06	0.16	0.16
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	429	429	571	429	286	214	429	214	571	571
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754									
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	159	159	212	159	106	80	159	80	212	212
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>76%</b>	<b>57%</b>	<b>38%</b>	<b>28%</b>	<b>57%</b>	<b>28%</b>	<b>76%</b>	<b>76%</b>

U tohoto zatěžovacího stavu můžeme vidět, že u horní desky dochází k největším hodnotám opět u objemového modelu. Jinak dochází ke shodě roštového/midas a deskového modelu (nejnižší hodnoty). U návrhu výztuže dolní pásnice dochází téměř ke shodě ve všech modelech kromě roštového/SCIA. U stojiny pro tento zatěžovací stav dochází k největším hodnotám u objemového modelu a nejnižším u deskového. Ostatní modely jsou ve shodě.

Následuje zatěžovací stav max Vz.

DÁLNIČNÍ MOST NA R1											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N7	N10	N4	N4	N6	N7	N4	N7	N6	N4
POVRCH	DESKA Txy	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	0.2	0.4	0.3	0.7
	PÁSNICE Txy	-0.2	-0.4	-0.2	-0.2	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
BOD	TĚŽIŠTĚ										
	Txz	0.8	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.4	0.8	0.7

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA		SCIA						MIDAS			
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	

		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N7	N10	N4	N4	N6	N7	N4	N7	N6	N4
POVRCH	DESKA Txy	100%	100%	200%	80%	300%	140%	100%	80%	150%	140%
	PÁSNICE Txy	100%	100%	100%	50%	250%	125%	150%	50%	50%	25%
BOD	TĚŽIŠTĚ Txz	100%	100%	75%	120%	88%	120%	75%	80%	100%	140%

U deskového modelu dochází v průměru k největším hodnotám smykového zatížení. Naopak u objemového modelu je nejmenší napětí na dolní pásnici. Nejvíce je zatížen střed mostu (nosníky 4-7).

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
HORNÍ DESKA	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	TAŽENÁ PLOCHA	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
	NAPĚTÍ	0.2	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	0.2	0.4	0.3	0.7
	TAHOVÁ SÍLA	0.048	0.12	0.096	0.096	0.144	0.168	0.048	0.096	0.072	0.168
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	281	282	283	284	285	286	287
	PLOCHA VÝZTUŽE	171	429	343	342	511	594	169	337	252	585
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754									
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	64	159	127	127	191	223	64	127	95	223
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>23%</b>	<b>57%</b>	<b>45%</b>	<b>45%</b>	<b>68%</b>	<b>79%</b>	<b>22%</b>	<b>45%</b>	<b>33%</b>	<b>78%</b>

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	

# ANALÝZA KROUCENÍ

		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
DOLNÍ PÁSNIČE	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	VÝŠKA	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	TAŽENÁ PLOCHA	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
	NAPĚTÍ	0.2	0.4	0.2	0.2	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1
	TAHOVÁ SÍLA	0.056	0.112	0.056	0.056	0.14	0.14	0.084	0.056	0.028	0.028
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	281	282	283	284	285	286	287
	PLOCHA VÝZTUŽE	200	400	200	199	496	495	296	196	98	98
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	200									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	565									
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	99	198	99	99	248	248	149	99	50	50
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>35%</b>	<b>71%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>88%</b>	<b>87%</b>	<b>52%</b>	<b>35%</b>	<b>17%</b>	<b>17%</b>

DÁLNIČNÍ MOST NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE											
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz											
VELIČINA  SMYKOVÉ NAPĚTÍ Tx [MPa]		SCIA						MIDAS			
		ROŠT		DESKOVÝ SE ŽEBRY		DESKOVÝ		ROŠT		OBJEMOVÝ	
		MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy	MAX Txz	MAX Txy
MAX NOSNÍK		N5	N7	N6	N7	N4	N7	N6	N7	N5	N7
STOJINA NOSNÍKU	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ŠÍŘKA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	TAŽENÁ PLOCHA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	NAPĚTÍ	0.8	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.4	0.8	0.7
	TAHOVÁ SÍLA	0.16	0.1	0.12	0.12	0.14	0.12	0.12	0.08	0.16	0.14
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE	571	357	429	429	500	429	429	286	571	500
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12									
	Á	150									
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	754									
POSOUZENÍ NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	212	133	159	159	186	159	159	106	212	186
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>76%</b>	<b>47%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>66%</b>	<b>57%</b>	<b>57%</b>	<b>38%</b>	<b>76%</b>	<b>66%</b>



U porovnání vyztužení horní desky dochází ke shodě objemového a deskového modelu. Ostatní modely ukazují menší hodnoty a jsou shodné. U vyztužení dolní pásnice je nejmenší potřeba vyztužení u objemového modelu (pouze 17%), nejvyšší naopak u deskového modelu. U porovnání vyztužení stojiny u tohoto zatěžovacího stavu dochází ke shodě.

#### 4.5. Dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu (SO 201/02)

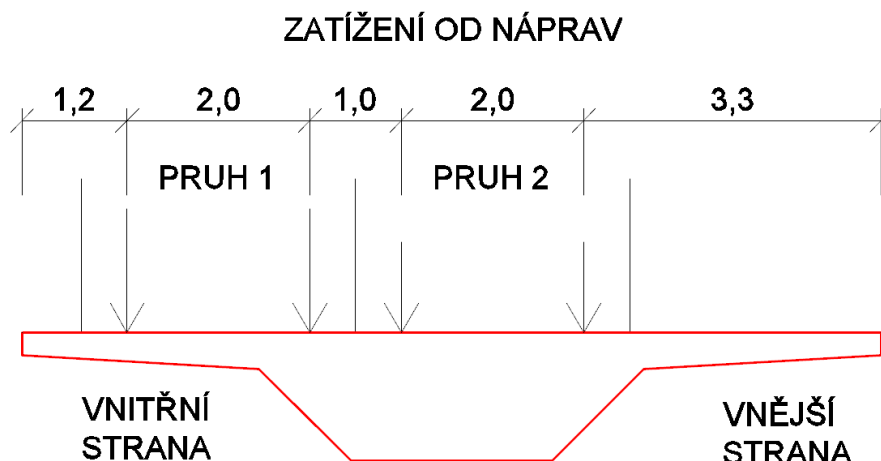
Polohy zatížení, při kterém byly vyvozeny největší účinky od krouticího momentu, ohybového momentu a posouvající síly, jsou následovné. Vzdálenost je myšlena délkou oblouku v ose mostu.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - MIDAS - ROŠTOVÝ					
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_x$					
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - NENÍ
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD OP1 19.4 m	OD OP1 20.6 m	OD OP1 13.7 m	OD OP1 14.9 m	

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - MIDAS - ROŠTOVÝ					
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $M_y$					
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 150 kN		2. PRUH - 100 kN		3. PRUH - NENÍ
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD OP1 13.7 m	OD OP1 14.9 m	OD OP1 13.7 m	OD OP1 14.9 m	

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - MIDAS - ROŠTOVÝ					
POLOHA NÁPRAV PRO VYVOZENÍ MAXIMÁLNÍ $V_z$					
ZATĚŽOVACÍ PRUH	1. PRUH - 100 kN		2. PRUH - 150 kN		3. PRUH - NENÍ
NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	1. NÁPRAVA	2. NÁPRAVA	
OSOVÉ VZDÁLENOSTI	OD OP1 22.7 m	OD OP1 23.9 m	OD OP1 24.2 m	OD OP1 25.4 m	

Zatěžovací pruhy v příčném směru:



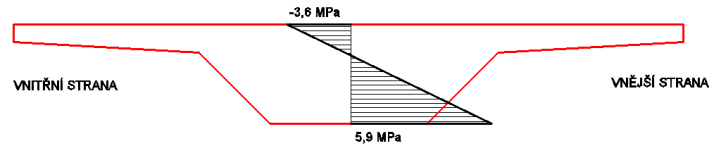
POLOHY PŘÍČNÝCH ŘEZŮ - DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1	
ZATĚŽOVACÍ	POLOHA MAXIMA Z PŘÍČINKOVÝCH ČAR
STAV	[m]
max Mx	16,4 m OD OP1
max My	14,9 m od OP1
max Vz	25,4 m oo OP1

Tato poloha zatížení byla aplikována na všechny modely (prutový, roštový, deskový se žebrem, deskový, deskový tenkostěnný, objemový) a následně bylo zjištěno normálové a smykové napětí, které toto zatížení vyvolalo. Příčné řezy, ve kterých se zkoumalo napětí, jsou vždy kolmé na střednici mostu.

V každém řezu a v každém zatěžovacím stavu bylo vykresleno normálové napětí při horním a dolním povrchu trámu. Smykové napětí bylo posuzováno pro dva řezy, jeden svislý, druhý vodorovný. Vodorovný řez ukazuje napětí na náběžích trámu (Txz) a svislý řez ukazuje napětí v ose trámu na horním a dolním povrchu (Txy). Z těchto řezů je poté napětí porovnáno přímo a poté je pro povrchy navržena výztuž.

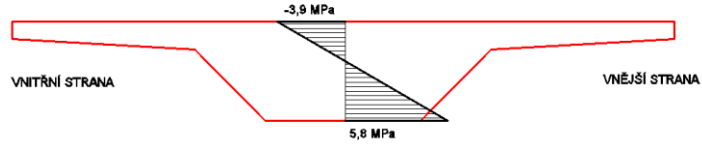
SCIA - PRUTOVÝ  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My

ŘEZ 14,9 m OD OP1



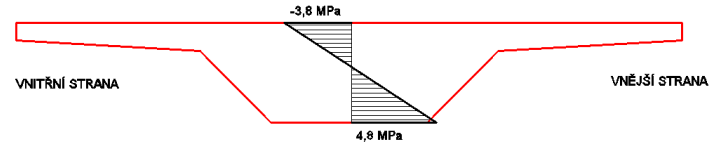
SCIA - ROŠT  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My

ŘEZ 14,9 m OD OP1



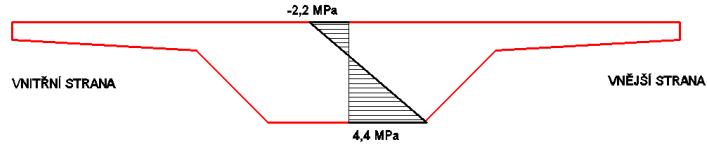
SCIA - DESKOVÝ SE ŽEBREM  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My

ŘEZ 14,9 m OD OP1



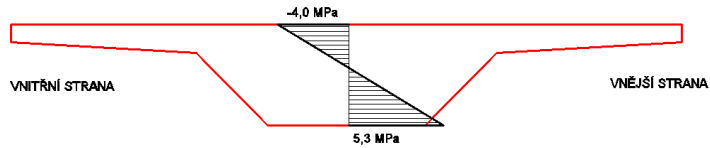
SCIA - DESKOVÝ  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My

ŘEZ 14,9 m OD OP1



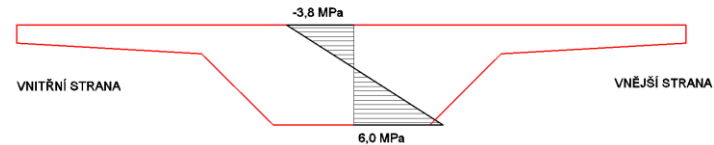
SCIA - DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My

ŘEZ 14,9 m OD OP1

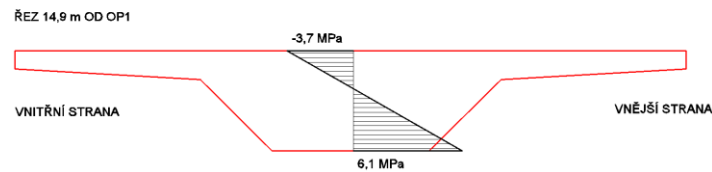


MIDAS - ROŠT  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My

ŘEZ 14,9 m OD OP1



MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ - max My



Normálové napětí bylo srovnáno dle hodnot, dále jsem chtěl navrhnout na normálové napětí výztuž, ale nebylo možné navrhnout betonářskou výztuž na fiktivní napětí bez předpětí konstrukce. Viz následující tabulka, ve které je takový výpočet předveden. Plocha výztuže dosahuje několika tisíc mm<sup>2</sup>.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ NÁVRHU VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
VÝPOČET VÝZTUŽE Z NAPĚTÍ	VÝŠKA N. [m]	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	N.O. [m]	0.54	0.55	0.62	0.48	0.48	0.53	0.51
	OD H. POVRCHU							
	ŠÍRKA DOLNÍHO POVRCHU [m]	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	TAŽENÁ ČÁST [m]	0.86	0.85	0.78	0.92	0.92	0.88	0.89
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	2.25	2.25	2.02	2.44	2.45	2.31	2.34
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	4.95	5.28	3.94	4.63	6.13	5.77	5.85
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	281	280	280
PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	17665	18843	14069	16548	21801	20605	20910	

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	-2.8	-3	-3.1	-2	-2.6	-3	-2.9
	SPODNÍ	4.4	4.7	3.9	3.8	5	5	5

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	100%	107%	111%	71%	93%	107%	104%
	SPODNÍ	100%	107%	89%	86%	114%	114%	114%

U zatěžovacího stavu max  $M_x$  vidíme celkem shodu napětí. Nejvíce se liší od ostatních modely deskový se žebry a deskový. Ostatní modely mají téměř stejný průběh normálového napětí.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $M_y$								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	-3.6	-3.9	-3.8	-2.2	-4	-3.8	-3.7
	SPODNÍ	5.9	5.8	4.8	4.4	5.3	6	6.1

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $M_y$								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	100%	108%	106%	61%	111%	106%	103%
	SPODNÍ	100%	98%	81%	75%	90%	102%	103%

V zatěžovacím stavu max  $M_y$  je shoda tlakového napětí u horního povrchu, kromě deskového modelu, totéž platí i u tahového napětí. Nejmenší hodnoty má právě deskový model.

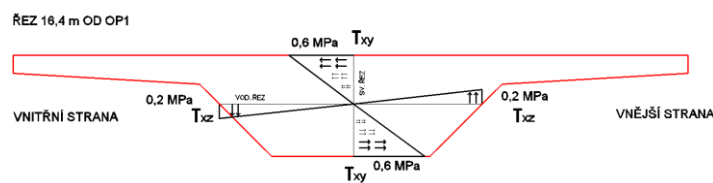
DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $V_z$								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	-1.8	-2.5	-2.1	-1.9	-2.5	-2.5	-2.4
	SPODNÍ	2.7	3.5	2.7	2.4	2.8	3.6	3.3

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max $V_z$								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
NORMÁLOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	100%	139%	117%	106%	139%	139%	133%
	SPODNÍ	100%	130%	100%	89%	104%	133%	122%

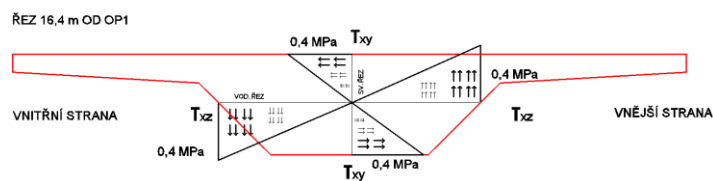
V posledním zatěžovacím stavu dochází opět k podobnému jevu jako u předešlých zatěžovacích stavů. Objemový společně s roštovými modely a deskovým tenkostěnným vychází opět obdobně. Rozdíl je trochu v deskovém tenkostěnném modelu u tahového napětí. Deskový opět ukazuje nejmenší napětí společně s deskovým modelem se žebrem.

Na dalších obrázcích je vykresleno smykové napětí v jednotlivých bodech pro zatěžovací stav max  $M_x$ . Smykové napětí  $T_{xy}$  bylo porovnáváno pro horní i spodní povrch trámu, vždy v ose trámu. Smykové napětí  $T_{xz}$  bylo vykresleno ve vodorovném řezu. Hodnoty, které jsou převzaty z modelů, jsou v krajích náběhů. Kladná hodnota smykového napětí  $T_{xy}$  v tabulkách znamená směr na vnitřní stranu mostu, záporná na vnější. Napětí  $T_{xz}$  je kladné směrem dolů, záporné naopak.

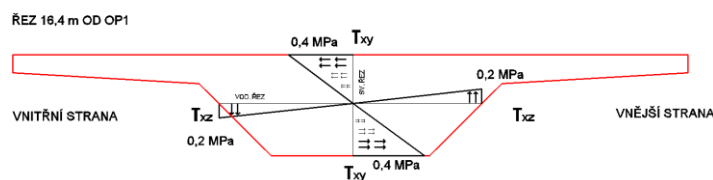
#### SCIA - PRUTOVÝ - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max $M_x$



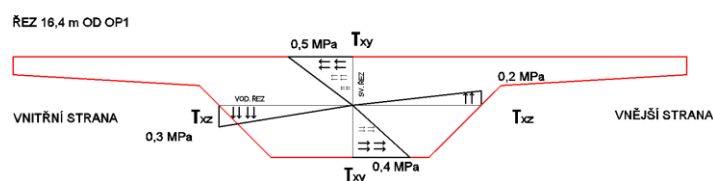
#### SCIA - ROŠT - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max $M_x$



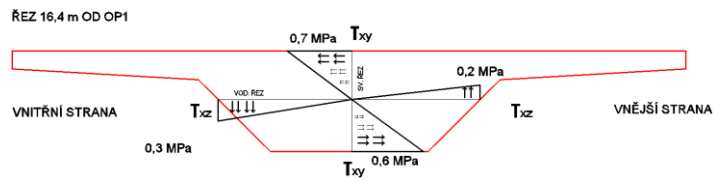
#### SCIA - DESKOVÝ SE ŽEBREM - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max $M_x$



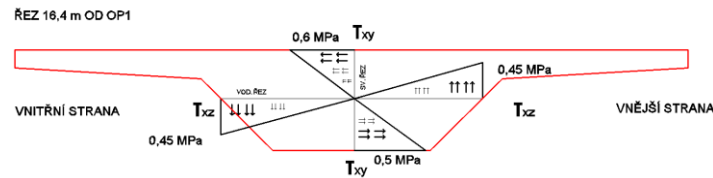
#### SCIA - DESKOVÝ - SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max $M_x$



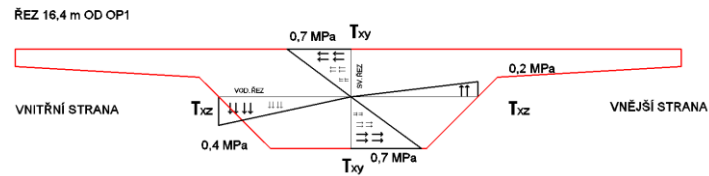
SCIA - DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ  
- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



MIDAS - ROŠT  
- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



MIDAS - OBJEMOVÝ MODEL  
- SMYKOVÉ NAPĚTÍ - max Mx



V následujících tabulkách jsou vypsány a porovnány hodnoty smykového napětí pro různé modely a zatěžovací stavy. Porovnání bylo prováděno vždy pro povrchy (horní a dolní trámu, pravý a levý náběh). Smykové hodnoty  $T_{xy}$  leží na ose průřezu a  $T_{xz}$  cca v těžišti průřezu. Dále bylo porovnáno vyztužení horního a spodního povrchu mostu a vyztužení u obou povrchů náběhů trámu (pravý/levý).

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ $T_{xy}$	-0.6	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7
	SPODNÍ $T_{xy}$	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7
	PRAVÝ $T_{xz}$	-0.2	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.45	-0.2
	LEVÝ $T_{xz}$	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.45	0.4

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ Txy	100%	67%	67%	83%	117%	100%	117%
	SPODNÍ Txy	100%	67%	67%	67%	100%	83%	117%
	PRAVÝ Txz	100%	200%	100%	100%	100%	225%	100%
	LEVÝ Txz	100%	200%	100%	150%	150%	225%	200%

Z porovnání hodnot napětí vidíme, že největší hodnota smykového napětí je v objemovém a deskovém tenkostěnném modelu (0,7 MPa). Hodnoty na prutovém modelu jsou velice podobné objemovému modelu, kromě Txz u levého náběhu (rozdíl 0,2 MPa). Následují tabulky srovnání napětí pomocí výztuže.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
	NAPĚTÍ [MPa]	0.6	0.4	0.4	0.5	0.7	0.6	0.7
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.152	0.101	0.101	0.127	0.177	0.152	0.177
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	543	362	362	453	634	543	634
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	150						
	PLOCHA [mm2]	754						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	202	134	134	168	235	202	235
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>72%</b>	<b>48%</b>	<b>48%</b>	<b>60%</b>	<b>84%</b>	<b>72%</b>	<b>84%</b>



Požadavky na vyztužení horního povrchu desky jsou u prutového modelu stejné jako u roštového modelu/MIDAS a velice podobné objemovému modelu. Roštový model/SCIA vychází stejně jako deskový model se žebrem a podobně vychází i deskový model. Dále stejné požadavky na výztuž jsou u objemového společně s deskovým tenkostěnným modelem. Opět u objemového modelu je největší hodnota.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xy</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893
	NAPĚTÍ [MPa]	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.268	0.179	0.179	0.179	0.268	0.223	0.313
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	957	638	638	638	957	798	1117
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	237	158	158	158	237	197	276
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>85%</b>	<b>56%</b>	<b>56%</b>	<b>56%</b>	<b>85%</b>	<b>71%</b>	<b>99%</b>

U vyztužení dolního povrchu trámu můžeme vidět, že roštový/SCIA, deskový se žebrem i deskový vychází podobně. Prutový, deskový tenkostěnný a objemový také vychází podobně a opět objemový ukazuje nejvyšší hodnotu.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
PRAVÝ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU V TĚŽIŠTI [m]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998

	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	NAPĚTÍ [MPa]	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.200	0.400	0.200	0.200	0.200	0.450	0.200
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	714	1427	714	714	714	1606	714
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	99	199	99	99	99	224	99
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>35%</b>	<b>71%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>80%</b>	<b>35%</b>

U vyztužení pravého povrchu trámu můžeme vidět, že všechny modely jsou téměř ve shodě. Roštové modely shodně vykazují daleko vyšší hodnotu.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Mx								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
LEVÝ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU V TĚŽIŠTI [m]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	NAPĚTÍ [MPa]	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.200	0.400	0.200	0.300	0.300	0.450	0.400
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	714	1427	714	1070	1070	1606	1427
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	99	199	99	149	149	224	199
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>35%</b>	<b>71%</b>	<b>35%</b>	<b>53%</b>	<b>53%</b>	<b>80%</b>	<b>71%</b>

Výztuž u levého povrchu trámu vychází opět u obou roštových modelů výrazně více než u ostatních modelů, stejně vysokou hodnotu má i objemový model. Nejvyšší navržená výztuž je profil 16 á 100 mm u levého povrchu trámu.

Dále je zatěžovací stav max My.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
	SPODNÍ	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	PRAVÝ	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1
	LEVÝ	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	100%	67%	67%	67%	67%	100%	100%
	SPODNÍ	100%	67%	67%	67%	67%	100%	100%
	PRAVÝ	100%	200%	100%	100%	100%	300%	100%
	LEVÝ	100%	100%	50%	50%	50%	150%	50%

Můžeme vidět, že v tomto zatěžovacím stavu hodnoty smykových napětí nepřesáhly 0,3 MPa. Jsou to velice malé hodnoty, a proto při relativně malém rozdílu v napětí dochází k velkému procentuálnímu rozdílu. Protože jsou tyto hodnoty smykových napětí nižší oproti zatěžovacímu stavu max Mx, budou nároky na vyztužení daleko menší.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xy</sub> [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507

	NAPĚTÍ [MPa]	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.076	0.051	0.051	0.051	0.051	0.076	0.076
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	272	181	181	181	181	272	272
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	8						
	Á	150						
	PLOCHA [mm2]	335						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	227	151	151	151	151	227	227
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	8	8	8	8	8	8	8
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>81%</b>	<b>54%</b>	<b>54%</b>	<b>54%</b>	<b>54%</b>	<b>81%</b>	<b>81%</b>

U horního povrchu vyhovuje průměr 8 á 150 mm pro všechny případy. Objemový společně s roštovým/MIDAS a prutovým modelem vychází stejně. Ostatní modely mají nižší nároky.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txy [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893
	NAPĚTÍ [MPa]	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.134	0.089	0.089	0.089	0.089	0.134	0.134
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	479	319	319	319	319	479	479
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	200						
	PLOCHA [mm2]	565						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	237	158	158	158	158	237	237
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>85%</b>	<b>56%</b>	<b>56%</b>	<b>56%</b>	<b>56%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>

U dolního povrchu vyhovuje průměr 12 á 200 mm pro všechny případy. Shoda napětí je úplně stejná jako při horním povrchu.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txz [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
PRÁVÝ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU V TĚŽIŠTI [m]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	NAPĚTÍ [MPa]	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.300	0.100
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	357	714	357	357	357	1070	357
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	88	177	88	88	88	265	88
	MAX. PRŮMĚR P RUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>32%</b>	<b>63%</b>	<b>32%</b>	<b>32%</b>	<b>32%</b>	<b>95%</b>	<b>32%</b>

U pravého povrchu trámu vyšla výztuž profilu 12 á 100 mm. Vyhověla by zde daleko menší výztuž pro většinu modelů, ale roštový model/MIDAS vykazuje trojnásobné požadavky a roštový/SCIA dvojnásobné.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ Txz [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
LEVÝ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU V TĚŽIŠTI [m]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	NAPĚTÍ [MPa]	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.200	0.200	0.100	0.100	0.100	0.300	0.100

## ANALÝZA KROUCENÍ

	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	714	714	357	357	357	1070	357
NA VRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12						
	Á	100						
	PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]	1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	177	177	88	88	88	265	88
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>63%</b>	<b>63%</b>	<b>32%</b>	<b>32%</b>	<b>32%</b>	<b>95%</b>	<b>32%</b>

U pravého povrchu vychází opět profil 12 á 100 mm. Prutový model vychází stejně jako roštový/SCIA. Opět daleko vyšší nárok má midas/ROŠTOVÝ. Ostatní modely vycházejí stejně.

Následuje zatěžovací stav max Vz:

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	0	0	0	0	0	-0.2	-0.1
	SPODNÍ	0	0	0	0	0	0.2	0.1
	PRAVÝ	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0	0.4
	LEVÝ	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max Vz								
VELIČINA		SCIA					MIDAS	
SMYKOVÉ NAPĚTÍ [MPa]		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKOSTĚNNÝ	ROŠT	OBJEMOVÝ
POVRCH	HORNÍ	0%	0%	0%	0%	0%	200%	100%
	SPODNÍ	0%	0%	0%	0%	0%	200%	100%
	PRAVÝ	50%	75%	50%	50%	50%	0%	100%
	LEVÝ	100%	50%	100%	100%	100%	150%	100%

Přímé srovnání napětí nám ukazuje, že smykové napětí a jejich hodnoty jsou opět velice malé. U horního a dolního povrchu trámu u modelů vypracovaných ve Scie jsou nulové hodnoty smykového napětí. Největší napětí vyšlo u objemového modelu, a to 0,4 MPa u pravého povrchu.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xy</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
HORNÍ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507
	NAPĚTÍ [MPa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.025
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	0	0	0	0	0	181	91
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	8						
	Å	250						
	PLOCHA [mm2]	201						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	0	0	0	0	0	252	126
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINÝ [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>90%</b>	<b>45%</b>

V tomto zatěžovacím stavu dochází pouze k velice malému smykovému namáhání, které pokryje výztuž profilu 8 á 250 mm, což by mohla být konstrukční výztuž na smyk.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xy</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
DOLNÍ POVRCH	DÉLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOHA TĚŽIŠTĚ OD HORNÍHO POVRCHU [m]	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893

## ANALÝZA KROUCENÍ

	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893
	NAPĚTÍ [MPa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.1
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.089	0.045
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	0	0	0	0	0	319	160
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	8						
	Á	150						
	PLOCHA [mm2]	335						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	0	0	0	0	0	267	133
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	8	8	8	8	8	8	8
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>95%</b>	<b>48%</b>

Opět dochází k velmi malému smyku, ten je pokryt výztuží profilu 8 á 150 mm.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
PRÁVÝ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU V TĚŽIŠTI [m]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	TAŽENÁ PLOCHA [m2]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	NAPĚTÍ [MPa]	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.4
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.200	0.300	0.200	0.200	0.200	0.000	0.400
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm2]	714	1070	714	714	714	0	1427
NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	16						
	Á	100						
	PLOCHA [mm2]	2011						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	99	149	99	99	99	0	199
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	16	16	16	16	16	16	16
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>35%</b>	<b>53%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>35%</b>	<b>0%</b>	<b>71%</b>



U tohoto povrchu dochází v objemovém modelu k největší hodnotě smykového napětí (0,4 MPa). Tuto hodnotu pokryje výztuž profilu 16 á 100 mm. Ostatní modely mají nižší napětí. Stejně požadavky jsou u prutového, roštový/SCIA a oba deskové modely.

DÁLNIČNÍ SJEZD NA R1 - SROVNÁNÍ NAPĚTÍ POMOCÍ VÝZTUŽE								
ZATĚŽOVACÍ STAV - max My								
VELIČINA SMYKOVÉ NAPĚTÍ T <sub>xz</sub> [MPa]		SCIA					MIDAS	
		PRUT	ROŠT	DESKOVÝ SE ŽEBRY	DESKOVÝ	DESKOVÝ TENKO	ROŠT	OBJEMOVÝ
LEVÝ POVRCH	DĚLKA [bm]	1	1	1	1	1	1	1
	POLOVINA ŠÍŘKY TRÁMU V TĚŽIŠTI [m]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	TAŽENÁ PLOCHA [m <sup>2</sup> ]	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
	NAPĚTÍ [MPa]	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
	TAHOVÁ SÍLA [MN]	0.200	0.100	0.200	0.200	0.200	0.300	0.200
	NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PLOCHA VÝZTUŽE [mm <sup>2</sup> ]	714	357	714	714	714	1070	714
	NAVRŽENÁ VÝZTUŽ	PRŮMĚR [mm]	12					
Á		100						
PLOCHA [mm <sup>2</sup> ]		1131						
POSOUZENÍ VÝZTUŽE NA MSP	SKUTEČNÉ NAPĚTÍ VE VÝZTUŽI [MPa]	177	88	177	177	177	265	177
	MAX. PRŮMĚR PRUTU [mm]	12	12	12	12	12	12	12
	PŘI NAPĚTÍ [MPa]	280	280	280	280	280	280	280
	PRO MAXIMÁLNÍ TRHLINY [mm]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>POMĚR VÝZTUŽE</b>		<b>63%</b>	<b>32%</b>	<b>63%</b>	<b>63%</b>	<b>63%</b>	<b>95%</b>	<b>63%</b>

U tohoto povrchu vyšla výztuž profilu 12 po 100 mm. Shodné nároky jsou téměř u všech modelů. Pouze roštové modely mají odlišné hodnoty.

#### 4.6. Závěr

V této kapitole byly všechny konstrukce podrobeny analýze kroucení. Na začátku této analýzy byly nejprve nalezeny průřezy, které byly nejvíce namáhány posouvající silou, ohybovým momentem a kroutivým momentem. Referenčním zatížením byl zvolen Model zatížení 1 bez proměnného zatížení. Pomocí příčinkových čar v roštovém modelu byly nalezeny extrémy a polohy náprav, které extrémy způsobilo. Dále bylo toto zatížení aplikováno na všech modelech. Dále se získávaly z programu normálové a smykové napětí v řezech, kde vznikaly maximální vnitřní síly. Porovnávalo se přímo výsledné

normálové a smykové napětí v průřezu a druhým porovnáním byly poměry potřebné výztuže a návrhové výztuže pro daný řez prvku.

Při sběru výsledků z jednotlivých modelů docházelo k odlišnostem. Může tomu tak být z důvodu vázaného kroucení. Obecně prutové modely nepočítají účinky na konstrukci od vázaného kroucení. Normálové napětí je tedy pouze od normálové síly a (šikmého) ohybu a nepřipočítává se účinek od vázaného kroucení (bimomentu), stejně tak je na tom smykové napětí.

V literatuře se můžeme dočíst, že pro prutové, roštové a deskové modely se žebrem neumí program postihnout vázané kroucení. A tudíž je normálové napětí pouze součet účinků od normálové síly a (šikmého) ohybu. Stejně tak smykové napětí je pouze součtem účinků od volného kroucení a od posouvající síly. Dále se můžeme dočíst, že deskové a objemové modely již umí zahrnout vázané kroucení do výsledků. [6]

Zvláštním příkladem je program MIDAS, který umí provést tzv. 7th DOF analýzu (seventh degree of freedom – sedmý stupeň volnosti), která počítá zvlášť účinky od prostého a vázaného kroucení. Čili umí vypočítat normálové napětí od bimomentu a smykové napětí od volného a vázaného kroucení. Výsledné napětí, které je výsledkem, je bráno jako kombinace smykového napětí od kroucení volného a vázaného a normálové napětí jako kombinace od ohybu a vázaného kroucení. Při důkladném prozkoumání, lze v programu nalézt oddělené účinky volného a vázaného kroucení. Lze si prohlédnout například průběh bimomentu po konstrukci. Dále napětí se dá skládat jednotlivě ze všech vnitřních sil. Tato analýza byla brána v potaz u výsledků napětí z roštového modelu/MIDAS. Čili odchylky stejných modelů v programu Scia a Midas mohou být způsobené vázaným kroucením.

Samotná analýza konstrukce porovnávala nejdříve samotné napětí na konstrukci. První konstrukcí byl dálniční most na D7 u obce Stehelčevy. Hodnoty normálových napětí pro tuto konstrukci se výrazně lišily, největší hodnoty normálových napětí byly paradoxně u objemového modelu. Naopak u smykového napětí měl objemový model nejmenší smyková napětí. Zde by se dalo potvrdit, že při použití objemového modelu, by se dalo ušetřit za nevyužitou výztuž. Jelikož je objemový model nejbližší realitě a budeme navrhovat výztuž z jiného než objemového modelu, můžeme dostávat výsledky poněkud konzervativní oproti objemovému modelu. U tohoto mostu se také ukázalo, že smykové

napětí nehraje úplně velkou roli, protože vykrytí účinků od zatížení postačí téměř konstrukční výztuž.

Další konstrukcí byl dálniční most na D1 u obce Bělotín. Tento šikmý dvoutrámový most byl problém pro prutový model. Na obou trámech konstrukce prutový model vypočítal úplně stejné napětí, přitom konstrukce byla zatížena excentricky. Toto je vlivem definicí prutového modelu. Celá konstrukce je modelována pouze jedním prutem. Program zatížení rozdělí stejným dílem na jednotlivé trámy, a to je špatně. Co se týče normálového napětí, tak na normálová napětí v každém modelu byla navržena výztuž, jelikož je konstrukce ve skutečnosti předeprnuta. Dostáváme pouze fiktivní napětí od zatížení, nikoli v kombinaci. Proto navržená neodpovídá skutečnosti, protože chybí další vlivy na konstrukci. Smykové napětí u tohoto mostu opět vychází přijatelně pro objemový model. Opět se ukázalo, že je v některých případech nejmenší nebo má stejnou hodnotu jako deskový model.

Dalším analyzovaným mostem je silniční nadjezd na D1. U této jednotrámové konstrukce se téměř shodují hodnoty normálová napětí ve všech modelech. Betonářská výztuž byla navržena pouze jen pro jeden řez z důvodu absence ostatních účinků, vychází vyztužení příliš vysoké. Smykové napětí u tohoto mostu hrálo významnou roli, smykové napětí od zatížení dosahovalo hodnot až 1,3 MPa. Výztuž, která by pokryla toto zatížení, vyšla jako 32 mm á 100 mm.

Poté následovala analýza dálničního mostu na R1 přes řeku Žitavu. Zde je normálové napětí nejmenší na modelech deskových a také na objemovém. U smykového napětí je tomu přesně opačně. Největší smykové napětí je u objemového modelu. U tohoto mostu byly posuzovány 2 nejvíce zatížené nosníky, jeden s největším smykovým napětím  $T_{xz}$  a druhý s největším smykovým napětím  $T_{xy}$ . Nejvíce namáhaný na smykové napětí byl střed mostu (konkrétně prostřední nosník č. 4).

Posledním analyzovaným mostem byl půdorysně zakřivený most s rovnoběžnými příčnicíky – dálniční sjezd na R1 přes řeku Žitavu. Opět na normálové napětí nešlo navrhnout skutečnou výztuž, protože chyběly účinky od předpětí. Oproti mostu u Stehelčevsi, zde dochází k největšímu smykovému namáhání v objemovém modelu.

Každý model, který byl pro tuto kapitolu vytvořen (prutový, roštový, deskový se žebrem, deskový, deskový tenkostěnný a objemový model) má svoje výhody a nevýhody.

Prutové a roštové modely jsou rychle vytvořené modely, ve kterých přímo dostáváme vnitřní síly, nevýhoda je, že se nedá zatížení dát do libovolného bodu. Prutový model nám může velice dobře sloužit pro základní návrh dimenzí mostů. Roštový model je již komplexnější a jak se ukázalo, tak tento model byl často podobný deskovému nebo objemovému modelu. Tyto modely se považují za nejpřesnější, ale interpretovat výsledky pomocí vnitřních sil a navrhování z těchto modelů je složitější. Výroba takových modelů je časově náročná, stejně tak jako získávání výsledků z jednotlivých modelů. Tyto složitější modely jsou skvělé, aby člověk detailně analyzoval daný problém. Zvláštním případem byl deskový tenkostěnný model. Tento model byl velice náročný na výrobu, ale výsledky se z něho dostávaly lépe než z deskového. U tohoto modelu byl také vidět tok napětí jako u objemového modelu.

## 5. Závěr

V této práci bylo úkolem porovnat odezvu konstrukce na zatížení, které bude vyvolávat v konstrukci kroutivé namáhání. Analýza byla provedena celkem na 5 skutečných konstrukcích mostů. Každý analyzovaný most měl svou charakteristickou geometrii a také jinou nosnou konstrukci.

V první části diplomové práce bylo pojednáno o analyzovaných konstrukcích a poté o teorii smyku a kroucení. Tato část byla základem pro vytvoření si povědomí o problému, který byl řešen.

Ve druhé části se v programech Scia a MIDAS modelovaly skutečné konstrukce mostů. V programu Scia byly vytvořeny modely prutové, roštové, deskové se žebrem, deskové, deskové tenkostěnné. Při výrobě a následné kontrole funkčnosti modelů bylo vyrobeno celkem v tomto programu 56 modelů konstrukcí. V programu MIDAS byly vytvořeny dva modely konstrukcí a to roštový a objemový model. V součtu s programem Scia bylo vytvořeno 79 modelů.

Ve třetí části byla provedena krouticí analýza. Kde bylo porovnáváno normálové a smykové napětí od extrémních účinků pohyblivého zatížení dvounáprav (LM1). Toto porovnání bylo provedeno vždy v jednom příčném řezu pro danou veličinu. Nakonec byla navržena a porovnána smyková výztuž na účinky torzního namáhání pro jednotlivé modely.

## SEZNAM LITERATURY

### Citace

1. **FOGLAR, Marek**, Výkresová dokumentace k analyzovaným konstrukcím
2. **KŘÍSTEK, Vladimír**, Teoretické problémy betonových konstrukcí a mostů, ČVUT Praha, 1980, ČNB: cnb000136763, str. 7-24
3. **KŘÍSTEK, Vladimír**, Tenkostěnné nosníky [přednáška], Praha, ČVUT v Praze, duben 2016
4. **MELCHER, Jindřich, KARMAZÍNOVÁ, Marcela, BAJER, Miroslav, SÝKORA, Karel**, Prvky kovových konstrukcí, Pruty namáhané kroucením [online], VUT v Brně, Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BO02-Prvky%20kovovych%20konstrukci/M05-Pruty%20namahane%20kroucenim.pdf>, str. 6-16
5. **MACHÁČEK, Josef**, *Kroucení prutů [přednáška]*, Praha: ČVUT v Praze, březen 2014
6. **RYJÁČEK, Pavel**, *Přídorysně zakřivené ocelobetonové mosty, [Disertační práce]* [online], ČVUT v Praze, Praha, září 2003, Dostupné z: <http://www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz/ODK/cz/docs/Disertace/Disertace-Ryjacek.pdf>, str. 10-18
7. **KONVALINKA, Petr**, *Ohybové kroucení tenkostěnných otevřených průřezů [přednáška]*, Praha: ČVUT v Praze, říjen 2014
8. **JIRÁSEK, Milan**, *Obecná prostorová úloha teorie pružnosti [přednáška]*, Praha: ČVUT v Praze, 27. listopadu 2012

## Normy

1. **ČSN EN 1992-1-1**, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
2. **ČSN EN 1990** – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
3. **ČSN EN 1991-2**, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - část 2: Zatížení mostů dopravou

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Obec Stehelčevy na mapě .....	11
Obrázek 2 - Příčný řez mostu na D7 .....	12
Obrázek 3 – Pérová deska.....	12
Obrázek 4 - Pohled na kompletní rekonstrukci mostu v roce 2014.....	13
Obrázek 5- Obec Bělotín a Odry na mapě .....	13
Obrázek 6 - Příčný řez poloviny mostu u Bělotína .....	14
Obrázek 7 - Pohled z prostoru pod mostem .....	15
Obrázek 8 - Příčný řez nadjezdu u Bělotína na D1 .....	16
Obrázek 9 – Pohled na most převádějící silnici I/47 .....	17
Obrázek 10 – Pohled z mostu převádějící silnici I/47.....	17
Obrázek 11 – Obec Tesárské Mlýňany na mapě.....	18
Obrázek 12 - Příčný řez polovinou mostu s nájezdem .....	19
Obrázek 13 – Pohled na dálniční most přes řeku Žitavu .....	19
Obrázek 14 - Příčný řez sjezdu SO 201/02 .....	20
Obrázek 15 - Pohled na dálniční sjezd na R1 .....	20
Obrázek 16 – Pohled na část dálniční křižovatky u obce Tesárské Mlýňany – SO 201/02 v pozadí SO 201/01 .....	21
Obrázek 17 - Náhradní příhradovina.....	22
Obrázek 18 – Prosté kroucení.....	23
Obrázek 19 – Deplanace průřezu.....	24
Obrázek 20 - Tenkostěnné a masivní průřezy.....	25
Obrázek 21 - Průběh smykového napětí při kroucení .....	26
Obrázek 22 – Rozložení napětí po tenkostěnném průřezu .....	27
Obrázek 23 – Napětí na tenkostěnném otevřeném průřezu.....	28
Obrázek 24 - Normálové napětí a smykové napětí od vázaného kroucení.....	28
Obrázek 25 - Bimoment.....	29
Obrázek 26 - Smykové napětí a smykový tok na tenkostěnném uzavřeném průřezu.....	30
Obrázek 27 – Porušení železobetonových prvků vlivem kroucení.....	32
Obrázek 28 - Násobná příhradovina .....	32
Obrázek 29 - Obecný tenkostěnný průřez železobetonového průřezu .....	33
Obrázek 30 – Napětí na elementárním dílku.....	36
Obrázek 31 - Prutový model .....	40
Obrázek 32 - Roštový model .....	41
Obrázek 33 - Deskový model se žebry.....	42
Obrázek 34 - Deskostěnový model konstrukce.....	42
Obrázek 35 - Deskostěnový model – tenkostěnný jednotrámové konstrukce .....	43
Obrázek 36 - Model objemových prvků .....	44
Obrázek 37 - Převedení geometrie na úsečky .....	45
Obrázek 38 - Pohled na prutový model dálničního mostu na D7.....	46

Obrázek 39 - Průřez nosníků s pérovou deskou (mezi deskou a nosníky je 5 cm mezera) .....	47
Obrázek 40 - Pohled na svislou deformaci konstrukce od vlastní tíhy .....	47
Obrázek 41 – Roštový model konstrukce .....	48
Obrázek 42 – Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy .....	48
Obrázek 43 – Deskový model se žebry .....	49
Obrázek 44 – Svislá deformace konstrukce při zatížení vlastní tíhou .....	50
Obrázek 45 - Deskový model.....	50
Obrázek 46 – Svislá deformace modelu při zatížení vlastní tíhou .....	51
Obrázek 47 - Pohled na zatíženou konstrukci od vlastní tíhy .....	51
Obrázek 48 - Pohled na zatíženou konstrukci od osamělé síly .....	52
Obrázek 49 - D7 Stehelčevy - Rozdělení na objemové prvky .....	53
Obrázek 50 - Pohled na hotový objemový model - D7 Stehelčevy .....	53
Obrázek 51 - Deformace konstrukce od osamělé síly .....	54
Obrázek 52 - Porovnání průhybů od osamělé síly (nahore prutový model/dole deskový model se žebry) .....	56
Obrázek 53 - Lom desky u roštového modelu .....	56
Obrázek 54 - Prutový model dálničního mostu na D1 .....	57
Obrázek 55 – Zatížený model vlastní tíhou – svislá deformace .....	58
Obrázek 56 – Roštový model konstrukce .....	58
Obrázek 57 – Síť uprostřed rozpětí konstrukce.....	59
Obrázek 58 – Pohled na svislou deformaci konstrukce od vlastní tíhy .....	59
Obrázek 59 – Pohled na deskový model se žebry .....	60
Obrázek 60 – Pohled na zatíženou konstrukci vlastní tíhou .....	61
Obrázek 61 – Pohled na deskový model konstrukce .....	61
Obrázek 62 – Pohled na zatíženou konstrukci vlastní tíhou .....	62
Obrázek 63 – Pohled na deskový model – tenkostěnný .....	62
Obrázek 64 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy .....	63
Obrázek 65 - Deformace roštového modelu od vlastní tíhy .....	63
Obrázek 66 - Deformace roštového modelu od osamělé síly .....	64
Obrázek 67 - Rozdělení příčniku a nosné konstrukce na jednotlivé prvky .....	64
Obrázek 68 - Pohled zespodu na konstrukci z objemových prvků .....	65
Obrázek 69 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy .....	65
Obrázek 70 – Rozdílné průhyby prutového modelu se dvěma podélnými pruty .....	67
Obrázek 71 - Přečnívající a chybějící části konstrukce v modelech (žlutý - roštový, modrý - prutový) .....	67
Obrázek 72 – Pohled na prutový model nadjezdu na D1 .....	68
Obrázek 73 - Pohled na deformaci konstrukce pod vlastní tíhou .....	68
Obrázek 74 - Pohled na roštový model .....	69
Obrázek 75 - Podled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy .....	70
Obrázek 76 - Pohled na deskový model se žebry .....	70
Obrázek 77 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy .....	71
Obrázek 78 – Pohled na deskostěnový model konstrukce .....	71
Obrázek 79 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy .....	72
Obrázek 80 - Deformace od vlastní tíhy .....	73
Obrázek 81 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy .....	73
Obrázek 82 - Deformovaný tvar konstrukce od osamělé síly .....	73
Obrázek 83 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy .....	74
Obrázek 84 - Deformace konstrukce od osamělé síly .....	75
Obrázek 85 – Problém s propojením a excentricitou prvků v deskovém modelu .....	77
Obrázek 86 - Prutový model dálničního mostu na R1 .....	77
Obrázek 87 - Deformace od vlastní tíhy .....	78
Obrázek 88 - Roštový model konstrukce .....	79
Obrázek 89 - Svislá deformace roštového modelu od vlastní tíhy .....	79
Obrázek 90 - Dálniční most na R1 - pohled na deskový model se žebry .....	80
Obrázek 91 - Deformace od vlastní tíhy .....	80
Obrázek 92 - Pohled na deskostěnový model konstrukce .....	81
Obrázek 93 - Deformace od vlastní tíhy .....	82
Obrázek 94 - Deformovaná konstrukce od vlastní tíhy .....	82
Obrázek 95 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy .....	83
Obrázek 96 - Rozdělení konstrukce na objemové prvky .....	83



Obrázek 97 - Pohled na celkovou konstrukci.....	84
Obrázek 98 - Deformovaná konstrukce od vlastní tíhy.....	84
Obrázek 99 - Pohled na prutový model dálničního sjezdu.....	86
Obrázek 100 - Svislá deformace konstrukce od vlastní tíhy.....	86
Obrázek 101 - Roštový model dálničního sjezdu.....	87
Obrázek 102 - Svislá deformace roštového modelu od vlastní tíhy.....	87
Obrázek 103 – Deskový model se žebry sjezdu na R1.....	88
Obrázek 104 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy.....	88
Obrázek 105 - Deskový model sjezdu na R1.....	89
Obrázek 106 - Pohled na deformovanou konstrukci od vlastní tíhy.....	89
Obrázek 107 - Pohled na deskostěnový model – tenkostěnný.....	90
Obrázek 108 - Deformace tenkostěnného modelu od vlastní tíhy.....	90
Obrázek 109 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy.....	91
Obrázek 110 - Deformace konstrukce od osamělé síly.....	91
Obrázek 111 - Rozdělení průřezu na objemové prvky.....	92
Obrázek 112 - Pohled na konstrukci bez zbylé nosné konstrukce.....	92
Obrázek 113 - Vytažení objemových prvků před použitím zkosených prvků.....	93
Obrázek 114 - Dotvoření objemových prvků pomocí zkosených prvků.....	93
Obrázek 115 - Deformace konstrukce od vlastní tíhy.....	94
Obrázek 116 - Pohled na síťování od programu.....	95
Obrázek 117 - Deformace příčného řezu uprostřed rozpětí, vlevo nahoře deskový model se žebrem, vpravo nahoře deskový model tenkostěnný, vlevo dole deskový model, vpravo dole objemový model.....	97
Obrázek 118 - Příčná deformace (vlevo roštový model o ponížené příčné tuhosti, vpravo deskový model se žebrem).....	97
Obrázek 119 - Průběh smykového napětí po povrchu i po svislém a vodorovném řezu.....	102
Obrázek 120 - Rozdělení zatížení dálničního mostu u obce Stehelčeves.....	103
Obrázek 121 - Řezy a body s maximálním smykovým napětím.....	110
Obrázek 122 - Průběh smykového napětí pro zatěžovací stav $\max M_y$ .....	120
Obrázek 123 - Smykové napětí od zatěžovacího stavu $\max M_y$ (vlevo $T_{xz}$ , vpravo $T_{xy}$ ).....	136
Obrázek 124 - Rozdílné napětí ve stejném řezu 0,5 m od P4, vlevo průměrování v uzlech, vpravo průměrování na prvku.....	139
Obrázek 125 – Zatěžovací pruhy na dálničním mostu na R1.....	148
Obrázek 126 - Vysoké hodnoty smykových napětí na prutovém modelu.....	149