

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

Akademický rok: 2016/2017

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncepční řešení překlenutí terénní překážky

- objekt bude využíván pro volnočasové aktivity

Vypracovala: Bc. Adéla Zdvořanová

Vedoucí práce: Ing. Petr Kesl

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je koncepční řešení překlenutí terénní překážky. Objekt bude zároveň využíván pro volnočasové aktivity. Práce obsahuje návrh objektu, řešení jeho uložení a návrh prostorové ocelové konstrukce. Práce je provedena v souladu s platnými normami ČSN EN. Globální analýza byla provedena v softwaru SCIA Engineer, která je založena na metodě konečných prvků (MKP). Dimenzování prvků bylo provedeno na základě výsledků ze SCIA Engineer, vlastních výpočtů a proveditelnosti konstrukce.

Klíčová slova

Ocelová konstrukce, hlavní nosné prvky, normy ČSN EN, překlenutí terénu

Abstract

The main objective of this master's thesis is a conception of passing a terrain obstacle. The structure will be also serving as a place for freetime activities. Thesis consists of the design of the object, steel construction and its boundary conditions. The design is created according to ČSN EN standards. Global analysis is processed in SCIA Engineer software, this software is based of final element method. Design of construction elements is based on the results obtained from SCIA Engineer, analythic calculations and workability of the construction.

Key words

Steel construction, main bearing parts, ČSN EN standards, crossing terrain

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

Podpis

V Plzni dne

Bc. Adéla Zdvořanová

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Keslovi za cenné rady, vřelý přístup a ochotu.

Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu a trpělivost.

V neposlední řadě panu Tomášovi Drtilovi z A. R. METAL s.r.o. za konzultaci fasádního systému.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Koncept.....	9
2.1 Tradiční způsoby překlenutí terénních překážek	9
2.2 Vlastní návrh	10
2.3 Typ mostiny - Koncepční návrh pochozí části.....	14
2.4 Fasáda kavárny - Koncepční návrh	16
3. Zvolená koncepční varianta	18
3.1 Hodnocení výsledného návrhu	18
3.2 Popis výsledné varianty.....	20
3.2.1 Postup výstavby	20
3.2.2 Založení a spodní stavba.....	20
3.2.3 Sloupy	21
3.2.4 Vzpěry.....	21
3.2.5 Sloupky	21
3.2.6 Podélník	22
3.2.7 Příčnick	22
3.2.8 Mostovka	22
3.2.9 Zábradlí	22
3.2.10 Spojení s ocelovými moduly.....	23
3.2.11 Ocelový modul.....	24
3.2.12 Železobetonové moduly.....	30
3.3 Uložení ocelové konstrukce na železobetonovou část	37
4. Připojení vzpěr k podélníku	40
4.1 Přímé spojení materiálem.....	41
4.2 Výpočet	44
4.3 Výsledky	45
5. SBRA	51
5.1 Posouzení v programu Anthill metodou SBRA.....	53
6. Dynamika - vlastní frekvence	62
7. Zatížení konstrukce	68
7.1 zatížení	68
7.1.1 Zatížení – stálé	68

7.1.2	Zatížení – proměnná	69
7.2	Zatížení – Železobetonový modul.....	80
7.3	Zatěžovací stavy.....	82
7.4	Kombinace zatížení.....	85
8.	Závěr	87
	Seznam použité literatury, zdrojů a softwaru	89
	Literatura.....	89
	Internetové zdroje	90
	Software	90
	Seznam obrázků.....	91
	Seznam tabulek	94
	Příloha I.....	95
	Příloha II.	<u>samostatná příloha</u>
	Příloha III.	<u>samostatná příloha</u>
	Příloha IV.....	<u>samostatná příloha</u>

1. Úvod

Výběr tématu diplomové práce byl celkem náročným úkolem, neboť jsem nechtěla dělat „klasickou“ stavbu či různá porovnávání. Rozhodnutí padlo na vytvoření vlastního návrhu překlenutí terénní překážky s využitím pro volnočasové aktivity. Snažila jsem se přijít netradičním nápadem a vytvořit turisticky zajímavé a vyhledávané místo. Inspirací pro návrh se mi stala stavba z knihy Prefab Architecture, kterou mi poskytl k nahlédnutí vedoucí této práce. Objekt Bridge House z Adelaide (Austrálie) mě zaujal na první pohled.

V diplomové práci řeším koncepční návrh překlenutí terénní překážky s využitím pro volnočasové aktivity. K finální podobě návrhu objektu jsem se dostala přes mnoho různých návrhů. Nakonec jsem zvolila návrh, který umožňuje využití vnitřní části pro provoz kavárny a vnější části, která umožňuje bezpečný přechod a zároveň vyhlídku do krajiny. Návrh jsem řešila s ohledem na pohyb osob se sníženou schopností pohybu a orientace. Zohledněny byly i další požadavky a to například tepelně-technické, požární a estetické. Návrh objektu jsem situovala do oblasti Plzeňska, kde se nachází mnoho míst, kam je možné objekt zakomponovat.

Konstrukci objektu jsem vytvořila jako 3D model v programu SCIA Engineer 15.3, ve kterém jsem zároveň provedla posouzení ocelových prvků a přípojů. Ocelovou konstrukci jsem postupně upravovala, aby splňovala požadavky na 1. mezní stav – únosnost, 2. mezní stav – použitelnost, požární odolnost, a aby byla realizovatelná. Některé mezivýpočty a části jsem realizovala jako 2D modely taktéž v programu SCIA Engineer 15.3.

V programu SCIA Engineer jsem provedla i výpočet nelineární (teorie 2. řádu) a také výpočet a vykreslení vlastních tvarů konstrukce. Práce je doplněna o posouzení z programů NX či Anhill.

2. Koncept

Při návrhu je nutné dodržet komplexní pohled na objekt. Hledět na stavbu jako na funkční organismus, který musí splňovat účel pro který má být postavena. V návaznosti na požadavky, které jsou na výslednou stavbu kladeny, jsou vytvořeny architektonické návrhy poté technické návrhy s konstrukčními a materiálovými řešeními s ohledem na vnitřní a vnější okrajové podmínky.

2.1 Tradiční způsoby překlenutí terénních překážek

„*Historie je učitelkou života.*“¹. Před vlastním návrhem je vhodné seznámit se s již využívanými a osvědčenými konstrukcemi a řešeními.

Pro překlenutí terénu jsou využívány nejrůznější mosty a lávky. Ty lze rozdělit podle různých kritérií a to například:

- 1) Podle druhu dopravy
 - Silniční mosty
 - Železniční mosty
 - Kombinace – silniční se železničními
 - Lávka pro pěší
 - Průmyslové mosty
 - Ostatní mosty – průplavní, potrubní,...
- 2) Podle materiálu
 - Dřevěné
 - Zděné (kamenné, cihelné)
 - Betonové (železobetonové, předpjaté)
 - Kovové
 - Ocelobetonové
 - Kombinace
- 3) Podle průběhu trasy
 - Přímé
 - Půdorysně zakřivené
- 4) Podle počtu polí
 - Jedno pole

¹ *Marcus Tullius Cicero*

- Více polí
- 5) Statické působení nosné konstrukce
 - Deskové
 - Trámové
 - Obloukové
 - Rámové
 - Visuté
 - Zavěšené

2.2 Vlastní návrh

Původním záměrem bylo vytvořit koncepční návrh netradiční a turisticky zajímavé stavby, která umožní překlenutí terénu a zároveň umožní příjemné trávení volného času. Inspirací pro návrh se mi stala stavba z knihy Prefab Architecture, kterou mi poskytl k nahlédnutí vedoucí této práce. Jedná se o objekt Bridge House poblíž australského města Adelaide. Architekt Max Pritchard navrhl tento objekt pro trvalé bydlení o ploše cca 100 m². Rodinný dům byl zasituován na pozemek zákazníka skrz který protéká potok.



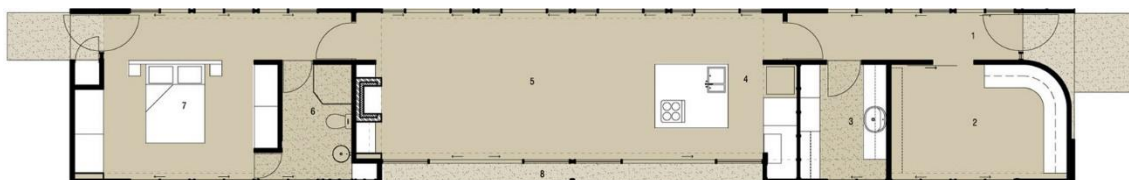
Obrázek 1 Bridge House exteriér

[<http://www.freshpalace.com/wp-content/uploads/2013/02/Bridge-House-Adelaide-Australia-1024x679.jpg>]



Obrázek 2 Bridge House interiér

[<http://www.freshpalace.com/wp-content/uploads/2013/02/Bridge-House-Adelaide-Australia-Kitchen-Living-Space.jpg>]



Obrázek 3 Bridge House půdorys

[<http://www.freshpalace.com/wp-content/uploads/2013/02/Bridge-House-Adelaide-Australia-Floor-Plan.jpg>]



Obrázek 4 Bridge House exteriér

[<http://www.freshpalace.com/wp-content/uploads/2013/02/Bridge-House-Adelaide-Australia-2.jpg>]

Návrh konceptu byl silně ovlivněn výše uvedeným Bridge House a stal se odrazovým můstkem pro vytvoření kavárny, která by návštěvníkům poskytla nevšední zážitek a zpříjemnila pobyt v přírodě.

Jedním z mých prvních úmyslů bylo vytvoření obdobného objektu avšak doplněné o pochozí vegetační střechu. Jelikož jsem chtěla vytvořit bezbariérovou kavárnu, musela jsem od tohoto návrhu postupně ustoupit. Koncept založený na Bridge House měl pro mě jeden zásadní problém: „Co když bude kavárna uzavřená?“. Rozšíření šířky objektu pro dostatečný prostor jak pro kavárnu tak i pro průchod se mi nejevila jako vhodná a zajímavá. Aby byla zachována možnost pohybu přes terénní překážku i v době uzavření kavárny, rozdělila jsem objekt na dvě části (každá část v jiné výškové úrovni):

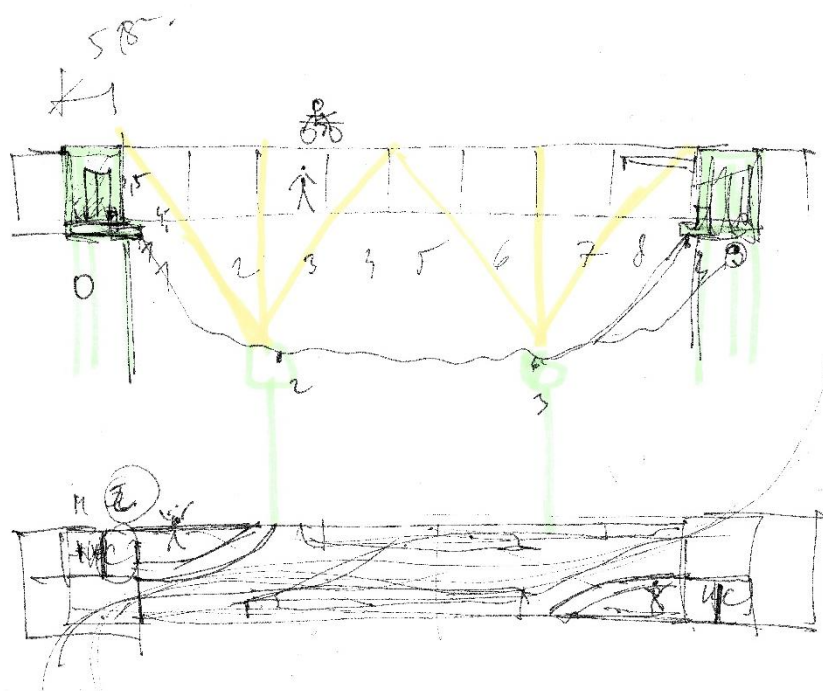
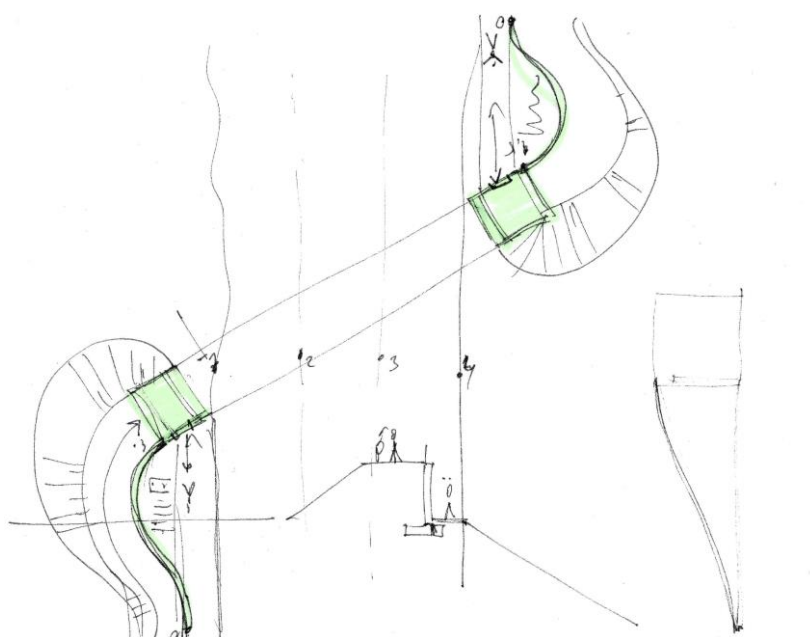
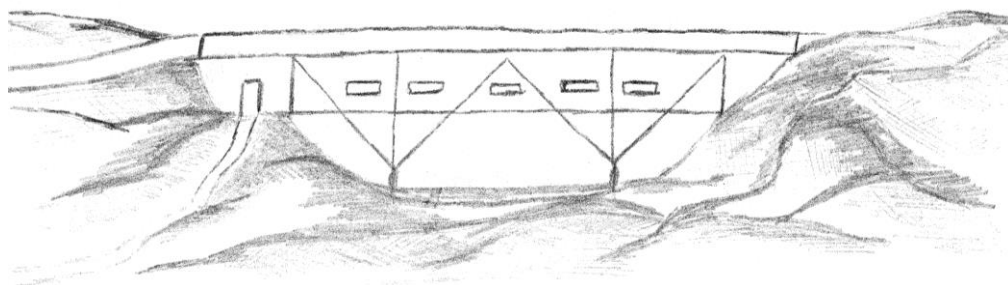
- Vnitřní část (prostory kavárny)
- Pochozí část

Cíl byl již jasný. Vytvoření návrhu kavárny spojené s lávkou pro pěší návštěvníky a zároveň cyklisty. To umožní méně ovlivnit ráz krajiny spojením dvou staveb v jednu a poskytnout jak možnost překlenutí terénní překážky, tak i možnost odpočinku a občerstvení v kavárně s výhledem. Výsledné řešení umožňuje přímý přístup do prostor kavárny jejíž podlahová plocha se nachází v obdobné výškové úrovni, jako je nájezd z terénu.

Požadavky pro návrh stavby:

- překlenutí terénní překážky o délce 40 m
- šířka dostatečná pro obousměrný cyklistický a pěší provoz kavárna s kapacitou alespoň 30 návštěvníků a sociálním zázemím
- plnohodnotné využití i pro osoby se sníženou schopností pohybu
- dostatečná únosnost pro umožnění použití stavby v mimořádných situacích i pro přejezd ISZ – vozidlo do 2,5 t
- splnění požární odolnosti nosné ocelové konstrukce vůči vnějšímu požáru
- odolnost klimatickým vlivům charakteristickým pro plzeňský region
- moderní design, možnosti variability designu podle konkrétních přání zákazníka

Některé ruční skicy - zasednutí do prostředí, půdorys, řez, dispozice:

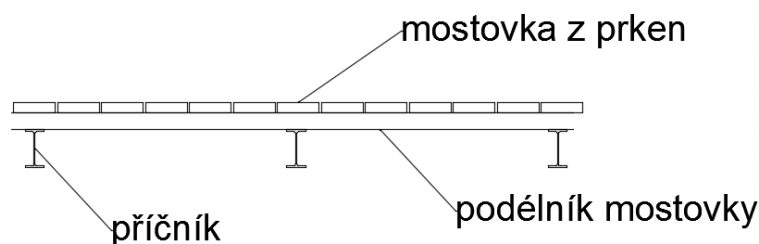


2.3 Typ mostiny - Koncepční návrh pochozí části

Při návrhu pochozí části je nutné zvážit materiál, neboť se jedná o nechráněnou konstrukci umístěnou v exteriéru, na kterou působí abiotiční a biotičtí činitelé. Dále je nutné uvážovat komfort při užívání. Jedním z původních návrhů bylo použití spráženého dřevobetonu. Tento návrh jsem zavrhla po myšlence vytvořit kavárnu samostatně od pochozí části. Vhodné a nejčastěji užívané varianty pochozích vrstev jsou zmíněny níže.

Varianta 1) mostina z dřevěných prken

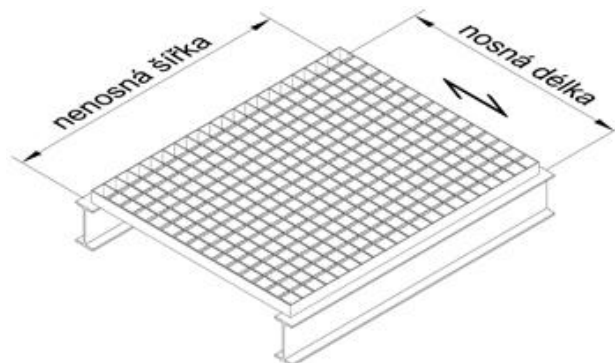
Nejčastěji jsou používána prkna dubová třídy pevnosti D30 či modřínová třídy pevnosti C24. Modřínové dřevo je velmi trvanlivé, díky velkému obsahu pryskyřice, a dobře odolává střídání vlhka a sucha. Dubové dřevo je velmi pevné a taktéž trvanlivé. Mezery mezi jednotlivými mostinami zajišťují cirkulaci vzduchu a možnosti tvarových změn. Protiskluzová úprava se provádí z korundu.



Obrázek 5 Mostina z prken

Varianta 2) mostina z ocelových roštů

Ocelové rošty nabízejí vysokou únosnost – běžně okolo 500 kg/m². Únosnost ovlivňují převážně rozměry ok a způsob výroby. Rošt je vyroben na přesné použití, jelikož je rozložen na dva směry. Jedním směrem je nosná délka a druhým nenosná šířka a je potřeba tyto směry použít tak, jak udává výrobce. Nosná část se využívá kolmo na uvažovaný směr pohybu osob.



Obrázek 6 Pororošt
[<http://www.e-rosty.com/docs/obrazky/pororosty.jpg>]

Pororošty jsou díky volbě správné povrchové úpravy odolné vůči povětrnostním podmínkám a mají dlouhou životnost.

Rošty s velkými oky mohou konstrukci vizuálně odlehčit.

Nevýhodou těchto roštů je skutečnost, že nenabízí dostatečný komfort pro cyklisty, pro pěší a především pak pro případné čtyřnohé mazlíčky. Z tohoto důvodu pak často dochází při rekonstrukcích lávek k výměně roštů za dřevěný povrch.

Rozhodovací proces (párové srovnání)

Tabulka 1 Párové srovnání užítosti

<i>Párové srovnání užítosti:</i>	dřevěná prkna		ocelové rošty		
<i>Kritéria</i>	1.	2.	3.	4.	5.
<i>1. cena</i>	xxx				
<i>2. obtížnost montáže</i>	1	xxx			
<i>3. komfort při užívání</i>	3	3	xxx		
<i>4. únosnost</i>	4	4	3	xxx	
<i>5. údržba</i>	5	5	2	5	xxx
<i>součet počtu voleb</i>	1	2	3	2	3

Tabulka 2 Párové srovnání užítosti s vyhodnocením

Dílčí kritéria	Pořadové číslo	Počet voleb	Pořadí význa mu	váha	dřevěná prkna		ocelové rošty	
					Prostá hodnota	Vážená hodnota	Prostá hodnota	Vážená hodnota
1. cena	1	1	1	5	85	425	60	300
2. obtížnost montáže	2	2	2	4	80	320	75	300
3. komfort při užívání	3	3	5	1	95	95	50	50
4. únosnost	4	2	3	3	55	165	80	240
5. údržba	5	3	4	2	75	150	65	130
Celkem 1500					1155		1020	
Užitnost v relativním vyjádření [%]					77,00%		68,00%	

Na základě párového srovnání užítosti je vhodnost využití dřevěných prken na mostiny vyšší než použití ocelových pororoštů. Užitnost dřevěných prken činí 77 %, a ocelových roštů 68 %. I na základě zkušeností a osobních preferencí volím pro další řešení dřevěnou mostinu, která vytváří větší pocit bezpečí při pobytu a přecházení.

2.4 Fasáda kavárny - Koncepční návrh

Opláštění musí splňovat základní funkční požadavky a to hlavně mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, bezpečnost při užívání, ochranu proti hluku, ochrana na úsporu energií a tepla, ochranu zdraví a životního prostředí, aerodynamické a hydrodynamické vlastnosti a v neposlední řadě estetické a hygienické požadavky. Při návrhu kavárny je nutné uvažovat i požadavky na minimální denní osvětlení vnitřních prostor.

Varianta 1) – Sedvičové panely

Vhodnou variantou jsou například sendvičové panely, které se pyšní možností širokého uplatnění. Používají se převážně na opláštění hal, ale také na jiné objekty. Sendvičové panely je možné omývat, jsou lehké a mají dlouhou životnost. Vnitřní izolační jádro může být například PIR, PUR, minerální vlna a jiné. Vhodným stěnovým panelem je například KS1150FR od firmy Kingspan s izolačním jádrem z minerální vlny. Výhodou sendvičových panelů, jejichž jádro tvoří minerální vlákna, je vysoká trvanlivost při působení různých klimatických vlivů a vysoká požární odolnost. Jejich výroba neškodí životnímu prostředí ani lidskému zdraví, protože při výrobě nejsou používány freony ani jiné škodlivé látky. K tomu jsou vhodné střešní panely KS1150 FP taktéž od firmy

Kingspan, které mají izolační jádro z minerální vlny. Tyto panely jsou určeny pro střechy se sklonem od $0,5^\circ$ (1%). Při uvažování tohoto střešního panelu je hydroizolační PVC fólie mechanicky kotvená k exteriérovému plechu panelu dodatečně. Střešní konstrukce z těchto panelů, je výhodná jak po stránce funkční tak i ekonomické.

Varianta 2) – prosklená fasáda

Fasádní systém Schüco AOC ST lze využít na velkoplošné vertikální fasády na nosné kovové konstrukce a to v kvalitě pasivního domu. Hodnoty U_f této systémové konstrukce na ocel se pohybují kolem $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (včetně vlivů šroubů). Nasazovací konstrukce Schüco AOC umožňuje realizovat velké rozměry tabulí i s třvrstvým zasklením díky patentovanému systému prvků, které přenáší zatížení (až do 11 kN). Systém umožňuje integraci vyklápěných či posuvných automatických oken.

Rozhodovací proces

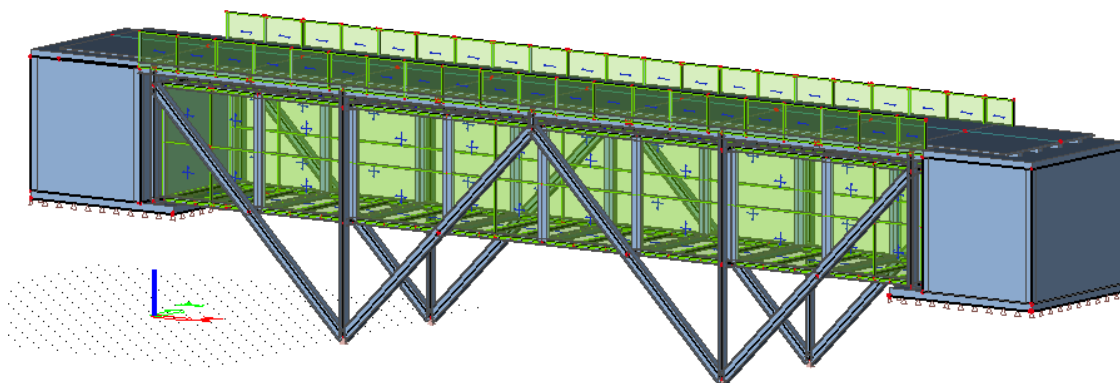
Měla jsem obavu o realizovatelnosti varianty skleněné tabule o velikosti 5 x 5 m. Z tohoto důvodu jsem si sjednala osobní schůzku se zástupcem firmy Schüco a zjistila jsem, že není problém realizovat skleněnou tabuli o těchto rozměrech. Také není problém rozčlenit plochu na menší a různě velké segmenty a dát tak možnost vytvořit jedinečný design výsledné stavby. Na této schůzce jsem si ujasnila i mnoho dalších skutečností týkajících se realizování uvažovaného systému jako jsou hodnoty tloušťek zasklení pro splnění požadovaných hodnot prostupů tepla a i o možnosti aplikace kompozitních panelů Schüco s izolačním jádrem. Dále jsem zkonzultovala rozmístění uvažovaných zatížení, aby bylo možné návrh použít při případné realizaci firmou Schüco a nebylo nutné přepočítávat zatížení od fasádního systému.

Výsledná zvolená varianta opláštění konstrukce spočívá v kombinaci sendvičových panelů a systému Schüco. Pro moderní a nadčasové provedení vidím vhodnost využití skleněné fasády pro obvodovou část doplněné o kompozitní panely taktéž od Schüco s izolačním jádrem. Na opláštění střešní konstrukce není potřeba skleněného systému, neboť se nad ní nachází pochozí vrstva a využití prostorů pod střechou k vedení rozvodů v podhledu. Uvažuji tak použití sendvičových panelů s nízkým sklonem.

3. Zvolená koncepční varianta

3.1 Hodnocení výsledného návrhu

Konečný návrh by se dal nazvat jako „skládačka“. Objekt jsem si rozdělila na moduly, které jsou tvořeny jako celek. Výstavba objektu je prováděna montováním jednotlivých modulů k sobě. Tím jsem docílila variabilnosti návrhu na různé délky překlenutí a zároveň jsem minimalizovala mokré procesy výstavby. Jedinou pevně spojenou částí se zemí je založení stavby. Po případné demontáži zůstanou po objektu pouze základové piloty.



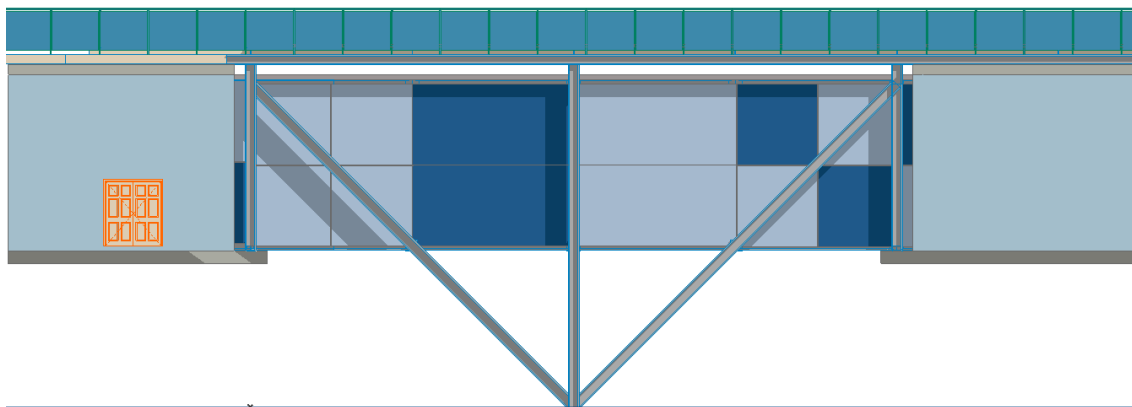
Obrázek 7 Konstrukce

Konstrukce je rozebíratelná, přemístitelná, dostatečně únosná, s životností 50 let a požárně odolná (řešená varianta s 30ti minutovou požární odolností vůči vnějšímu požáru).

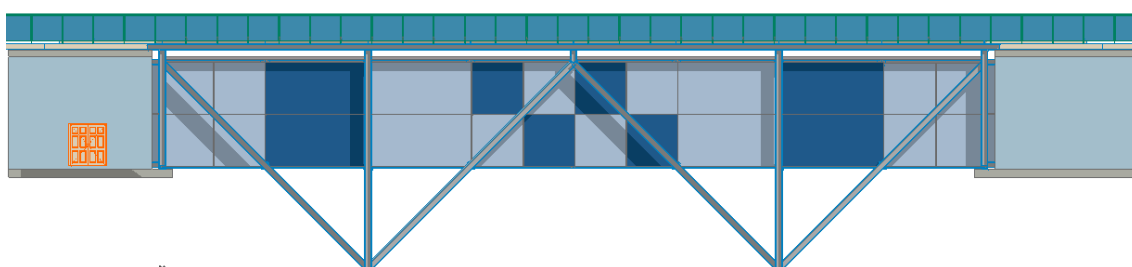
Šířka pochozí části umožňuje bezpečný obousměrný provoz pro chodce a cyklisty a umožňuje přejezd vozidlu IZS.

Nosný ocelový skelet je vytvořen z normalizovaných ocelových průřezů HEM z materiálu S235, za účelem zachování duktility a svařitelnosti. Tyto prvky jsou v maximální možné míře spojeny svařováním, doplněné o šroubové spoje.

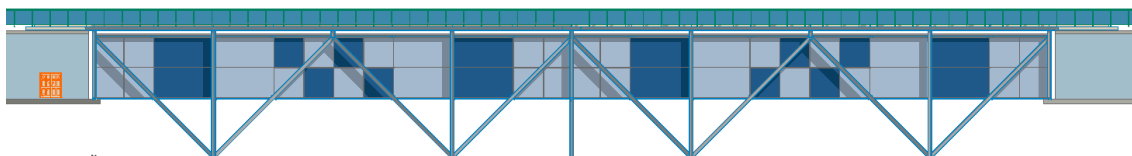
Stavba disponuje velkou škálou variability. Uvažované rozpětí 40 m. Návrh je možné využít i na poloviční rozpětí, tak i na dvojnásobné. Při nutnosti umístění konstrukce do hlubších údolí, je zde možnost přiznání pilot nad úroveň terénu.



Obrázek 8 Konstrukce na poloviční rozpětí



Obrázek 9 Konstrukce na mnou řešené rozpětí



Obrázek 10 Konstrukce na dvojnásobné rozpětí

Další možnosti variability je opláštění stěn ocelových modulů kavárny. Více v kapitole Fasáda.

Možnost volby se nabízí i v požární odolnosti. Možnost požární odolnosti ocelové konstrukce bez ochranných opatření (nátěr, obklad, ...) je na 15 až 30 min. Hmotnost ocelové konstrukce při požární odolnosti 15 min činí cca 95 t. Hmotnost ocelové konstrukce při požární odolnosti 30 min činí cca 132 t. Rozdíl mezi ocelovou konstrukcí s odolností 15 min a 30 min je 37 t. Převáděno na finanční stránku, jedná se o rozdíl cca 2,4 miliónů korun při ceně 65 000 Kč/t materiálu.

Vstup do pochozí části bude minimálně z jedné strany zajištěn opěrnou zdí z prefabrikovaných T případně L kusů, která zároveň zabezpečí vstup do kavárny. Využití prefabrikovaných prostorových dílců urychlí výstavbu, sníží mokré procesy při

výstavbě a umožní vytvořit potřebný sklon přístupové cesty k pochozí částí 1:12. Z druhé strany bude provedeno, pokud to bude možné, svahování.

3.2 Popis výsledné varianty

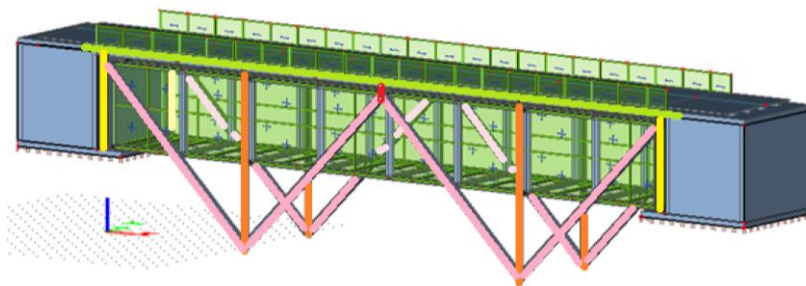
3.2.1 Postup výstavby

1. příprava staveniště
2. terénní úpravy
3. provedení základů
4. osazení železobetonových modulů
5. osazení prefabrikovaných opěrných zdí
6. provedení ocelové konstrukce
7. osazení ocelových modulů kavárny
8. provedení hydroizolační vrstvy střešní konstrukce
9. osazení dřevěných podélníků a dřevěných mostin
10. montáž zábradlí
11. konečné úpravy

3.2.2 Založení a spodní stavba

Pro založení stavby jsem vycházela z inženýrsko-geologického průzkumu z lokality Plzeňska, který mi byl dodán vedoucím práce. Dle něj se jedná postupně od povrchu o jemnozrnné zeminy třídy F8 a dále F6. V hloubce cca 6 m od původního terénu jsou písčité zeminy S4. Poté jsou zeminy štěrkovité. Nestlačitelné podloží horniny třídy R1, R2 v hloubce 8 m od původního terénu, které je neztvrdlé a nenarušené. Hladina podzemní vody byla nalezena v hloubce 2,4 m od původního terénu.

Na základě hodnot podloží jsem navrhla kruhové velkoformátové svislé piloty, opřené o nestlačitelné podloží, o průměru 800 mm, které mají rozšířenou hlavu piloty na průměr 1000 mm. Použitý beton pilot je ze třídy C 30/37-XC2-XA1. Vrtané železobetonové piloty jsou vyztuženy ocelovými profily o průměru 20 mm z oceli B550. Stupeň vyztužení pilot činí 0,375 %, který je vyšší než minimální stupeň vyztužení 0,137 %. Délka rozšířené hlavy piloty je 1 m. Celková délka opřené piloty je 8 m. Počet a rozmístění pilot je patrný z výkresu „Plán pilot“. Výpočet pilot jsem provedla v softwaru FINE GEO 5 – Piloty.



Obrázek 11 Zjednodušené znázornění prvků konstrukce - sloupy oranžová, vzpěry růžová, podélníky zelená, sloupky žlutá

3.2.3 Sloupy

Sloupy jsou kloubově připojeny k pilotám. Jsou tvořeny průřezy HEM 300 S235, které jsou pevně spojené pomocí svarů s podélníky HEM 300 S235. Délka jednotlivých sloupů je 10,65 m. Ke každému sloupu jsou kloubově připojené dvě vzpěry a na pevno připojené dvě konzoly. Konzoly spojují ocelovou konstrukci s vnitřní částí (ocelovými moduly).

3.2.4 Vzpěry

Vzpěry jsou tvořeny průřezy HEM 300 S235. Ke každému sloupu jsou kloubově připojené dvě vzpěry. Vzpěry svírají se sloupem úhel 45° . Vzpěry se v polovině rozpětí podélníku sbíhají a je zde vytvořeny spoj za pomoci krátkého vertikálního nosníku HEM 300 S235. Tyto vzpěry jsou z obou stran k nosníku spojeny přímo pomocí materiálu (viz kapitola Připojení vzpěr k podélníku). Tento vertikální nosník je stejně jako sloup napevno spojen s podélníkem a je k němu ještě připojena konzola, která spojuje ocelovou konstrukci s vnitřní částí (ocelovými moduly). Spoj u vertikálního nosníku je řešen s ohledem na možnost využít konstrukci i na dvojnásobné rozpětí a změnit jej v sloup bez nutnosti měnit typ přípoje vzpěr.

Vzpěry mají v půlce rozpětí na pevno připojené konzoly, které spojují ocelovou konstrukci s vnitřní částí (ocelovými moduly).

Krajní vzpěry jsou pevně spojeny ke sloupkům.

3.2.5 Sloupky

Sloupky jsou tvořeny průřezem HEM 300 S235. Sloupky jsou uloženy na železobetonové moduly pomocí elastomerových ložisek. Na jedné straně pomocí všesměrně pevných elastomerových ložisek, na druhé straně pomocí příčně pevných elastomerových ložisek. Na druhém konci jsou pevně spojeny s podélníky

HEM 300 S235. Ke sloupkům jsou pevně spojeny vzpěry a ke každému sloupku jsou dále na pevně připojené dvě konzoly, které spojují ocelovou konstrukci s vnitřní částí (ocelovými moduly).

3.2.6 Podélník

Jsou navrženy dva ocelové podélníky HEM 300 S235 délky 42 m a osové vzdálenosti 6,5 m. Podélníky jsou uloženy na železobetonové moduly pomocí elastomerových ložisek. Na jedné straně pomocí všesměrně pevných elastomerových ložisek, na druhé straně pomocí příčně pevných elastomerových ložisek.

3.2.7 Příčník

Příčník HEM 260 S235 je pevně spojený s podélníky HEM 300 S235. Osová vzdálenost mezi podélníky je 6500 mm. Jednotlivé příčníky jsou od sebe osově vzdáleny 5000 mm. Těchto příčníků je v konstrukci devět.

3.2.8 Mostovka

Mostovka je tvořena z podélníků z lepeného lamelového dřeva GL24h obdélníkového průřezu 160 x 280 mm a podélníků 160 x 245 mm. Podélníky jsou řešeny jako prosté nosníky uložené na příčnicích z důvodu možnosti demontáže při údržbových pracích. Osová vzdálenost mezi podélníky je 1,3 m. Délka jednotlivých podélníků je 5 m. Podélníky 160 x 245 mm z GL24h jsou uloženy na ocelových podélnicích pro následné uložení mostin.

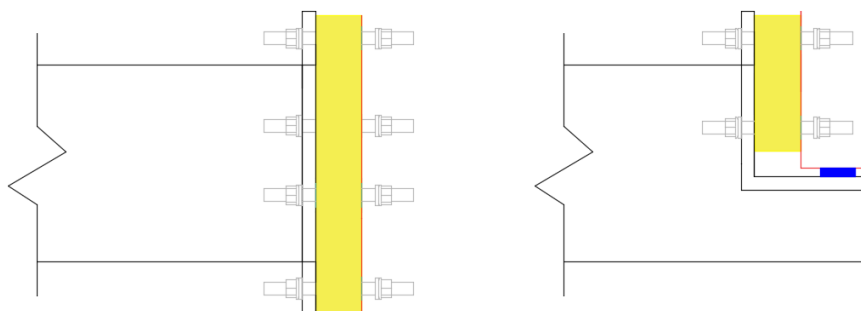
Pochozí vrstva (mostina) je z hranolů 200 x 80 mm z rostlého dřeva C24, které jsou kladeny příčně (kolmo na směr chůze) s mezerami 10 mm na dřevěné podélníky. Tyto podélníky jsou osově vzdálené 1,3 m. Tyto hranoly byly zvoleny z důvodu možného pojezdu vozidla IZS a vyhoví na průhyb i při přejezdu v polovině rozpětí.

3.2.9 Zábradlí

Lávka bude po obou stranách vybavena neprodyšným zábradlím výšky 1300 mm od horního povrchu mostiny. Tato výška byla zvolena z důvodu, že se na pochozí vrstvě mohou pohybovat i cyklisté. Madla a sloupky jsou z uzavřených ocelových profilů. Výplň uvažována z bezpečnostního skla, lze však využít například hladký lakovaný plech, hladký plech s polyesterovým povrchem nebo kompozitní hliníkové desky NEOBOND, které umožňují vytvořit neobyčejný design díky možnosti potisku.

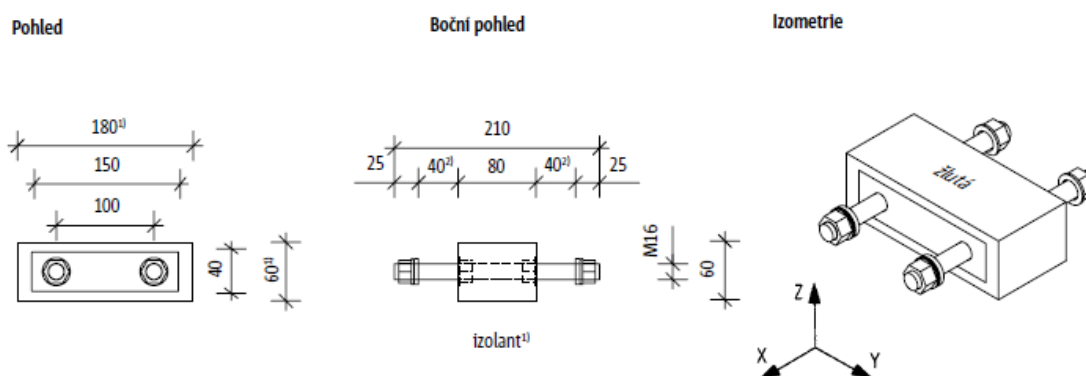
3.2.10 Spojení s ocelovými moduly

Spojení vnitřní části (ocelové moduly) s ocelovou konstrukcí je pomocí konzol HEM 300 S235 s tepelně-izolačním prvkem Schöck Isokorb typ KST (ocel-ocel). Spodní konzoly jsou navíc doplněny o kluznou teflonovou desku (PTFE) v ocelové vaničce o celkové tloušťce 15 mm.

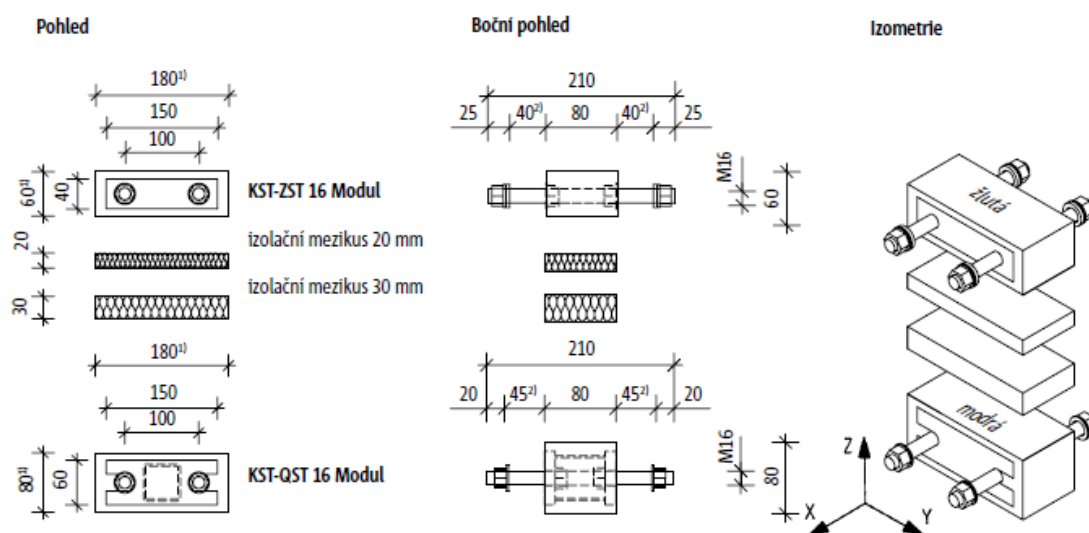


Obrázek 12 Schéma přípojení konzol k ocelovému modulu, vlevo horní konzola, vpravo dolní konzola

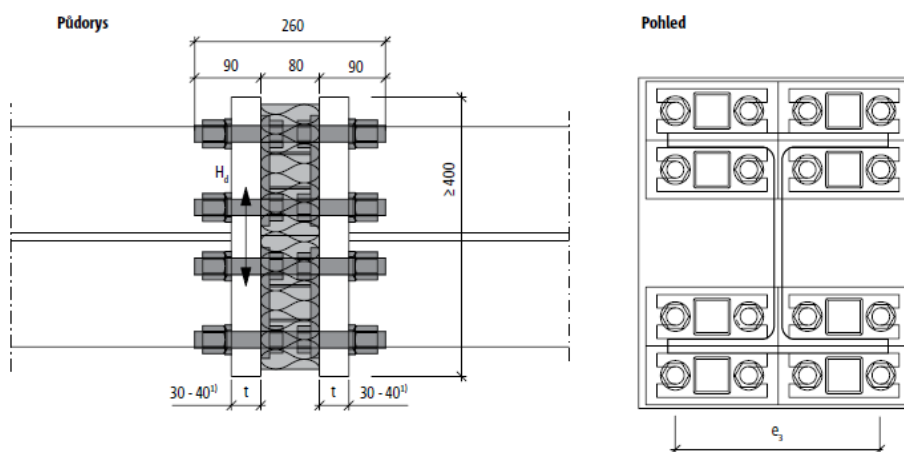
Schöck Isokorb typ s KST moduly slouží pro spojení ocelových nosníků velkého průřezu na ocelovou konstrukci. Tento prvek umožňuje termické oddělení ocelových průřezů a tím zabraňuje vzniku nežádoucích tepelných mostů. Modulové provedení umožňuje přizpůsobení na individuální statické požadavky (momenty, tlak/tah, posouvající síly) a umožňují prefabrikaci a snadnou montáž. Modul KST-ZST slouží k přenosu tahových sil, v kombinaci s KST-QST modulem může přenášet také část tlakové síly. Modul KST-QST slouží k přenosu smykových a tlakových sil. Možné provedení fixní spojení i posuvného.



Obrázek 13 schéma Schöck Isokorb KST-ZST 16
[<http://www.schoeck-wittek.cz/>]



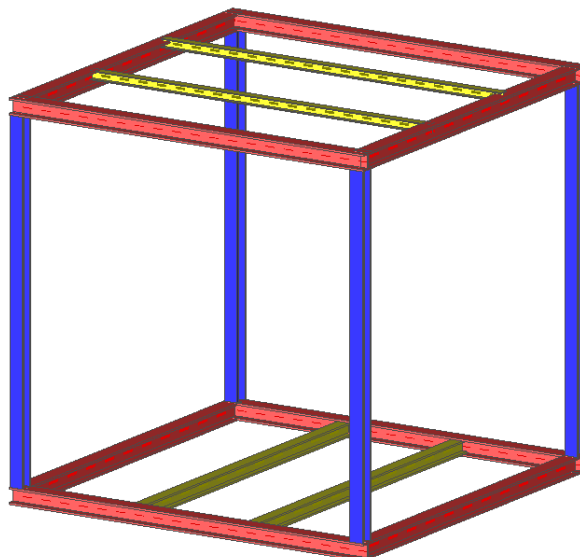
Obrázek 14 Příklad možného složení modulů - základní typ Schöck Isokorb KST 16
[<http://www.schoeck-wittek.cz/>]



Obrázek 15 Příklad spojení prvků pomocí 8x Schöck Isokorb KST-QST 22
[<http://www.schoeck-wittek.cz/>]

3.2.11 Ocelový modul

Ocelový modul má rozměry 5 x 5,22 x 5,2 m. Konstrukce modulu je tvořena podélníky z průřezu HEM 200 S235, příčníky HEM 200 S235 a sloupky HEM 180 S235, které jsou pevně spojeny pomocí svarů. Vnitřní příčníky ve spodní části modulu jsou řešeny z HEM 160 S235, které jsou připojeny k podélníkům kloubově. Vazníčky jsou navrženy z HEB 120 S235, které jsou spojeny k příčníkům kloubově. Jednotlivé moduly budou k sobě pevně tuhým spojením (svarem). Při uložení na železobetonové moduly jsou sloupky a příčníky zdvojeny.

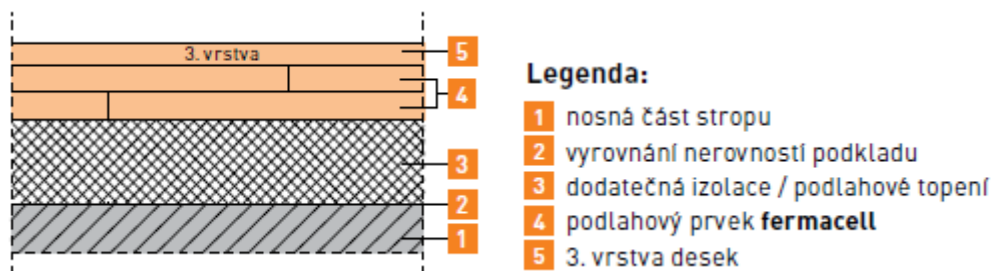


Obrázek 16 Ocelový modul

Nosná konstrukce podlahy je tvořena spřaženou ocelobetonovou deskou s příčnicí. Vnitřní příčnice jsou spojeny s podélníky kloubově. Konstrukce ocelobetonové desky je tvořena nosným trapézovým plechem, který je zalitý betonem vyztuženým kari sítí. Trapézový plech TR 50/250 je kolmo uložen na příčnice HEM 160 S235. Použitý beton je třídy C 25/30 XC4. Celková tloušťka ocelobetonové desky s trapézovým plechem je 108,5 mm. Spřažení příčniců je pomocí spřahovacích trnů SD 19 x 90 mm.

Podlaha

V návrhu jsem zvolila podlahový systém od firmy Fermacell. Fermacell nabízí širokou oblast použití podlahových prvků. Mezi oblastmi je i kategorie užitého zatížení C1, které odpovídá plochám kaváren a restaurací a je proto vhodná k použití v mém návrhu. Přípustné soustředné zatížení zvolené skladby Q_k dosahuje hodnoty 3 kN a rovnoměrné zatížení q_k má hodnotu 4 kN/m². Zvolená skladba se vyznačuje nízkou hmotností a možností rychlé a suché výstavby.



**Obrázek 17 Schéma vrstev skladby podlahy
[katalog fermacell - podlahové systémy]**

Tabulka 3 Skladba podlahy

Vrstva	Hustota [kg/m ³]	Tloušťka [mm]	zatížení kg/m ²	zatížení kN/m ²
Keramická dlažba	2000	9	18	0,18
Lepidlo	1300	5	6,5	0,065
2 x 12,5 mm sádrovláknitá deska	1200	25	30	0,3
1 x 10 mm sádrovláknitá deska	1200	10	12	0,12
180 mm XPS DEO 300kPa	45	180	8,1	0,081
10 mm vyrovnávací vrstvy	400	10	4	0,04
Celkem	-	239	78,6	0,786

Charakteristická hodnota zatížení od podlahy: $g_k = 0,786 \text{ kN/m}^2$

podlaha nad venkovním prostorem | jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce R_{si}							0.17	m ² K/W	$\theta_0 = 19.5 \text{ °C}$?
j	Materiál	d [m]	λ_m [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	R_j [m ² K/W]	θ_j [°C]					
1	<input checked="" type="checkbox"/> Keramika	0,009	1,3	0.007	19.45	↓				
2	<input checked="" type="checkbox"/> Sádrovláknitá deska fermacell (tl.	0,0125	0,32	0.039	19.2	↑ ↓				
3	<input checked="" type="checkbox"/> Sádrovláknitá deska fermacell (tl.	0,0125	0,32	0.039	18.94	↑ ↓				
4	<input checked="" type="checkbox"/> Sádrovláknitá deska fermacell (tl.	0,01	0,32	0.031	18.74	↑ ↓				
5	<input checked="" type="checkbox"/> Styrofoam XPS 300 SL	0,18	0,038	4.737	-12.02	↑ ↓				
6	<input checked="" type="checkbox"/> Vyrovnávací podsyp (tl. 10 - 100	0,01	0,09	0.111	-12.74	↑				
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce R_{se}							0.04	m ² K/W	$\theta_e = -13 \text{ °C}$	

Přidat vrstvu konstrukce

Celková tloušťka konstrukce $d = 0.234 \text{ m}$

Tepelný odpor konstrukce $R = 4.96 \text{ m}^2\text{K/W}$

Obrázek 18 Prostup tepla podlahovou konstrukcí
[<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>]]



Obrázek 19 Vyhodnocení prostupu tepla podlahovou konstrukcí
[<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>]

Hodnota součinitele prostupu tepla je nižší než požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro strop s podlahou nad venkovním prostorem $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ a vyšší než doporučená hodnota součinitele prostupu tepla $U_{rec,20} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.

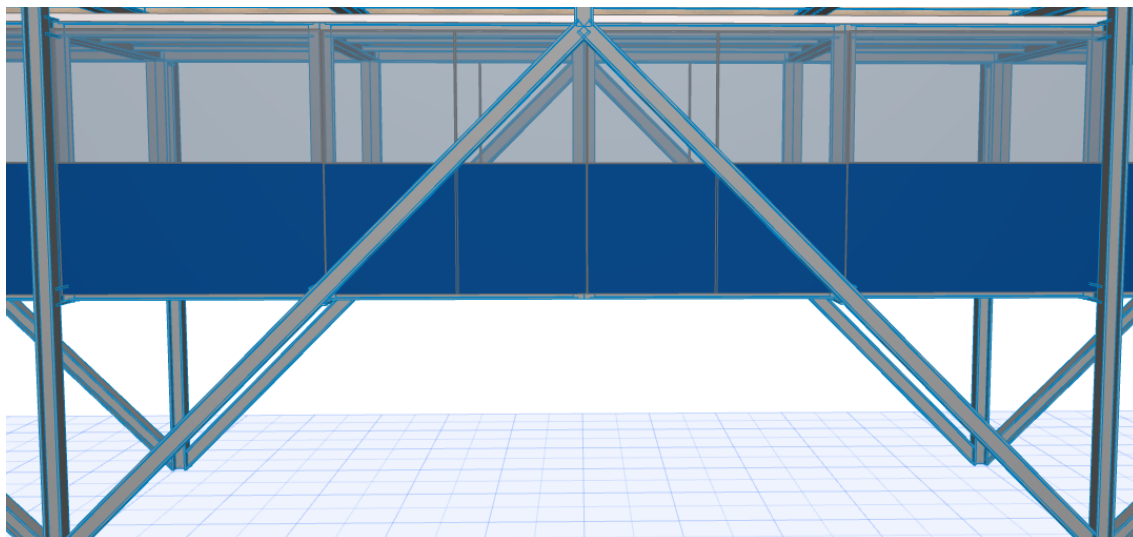
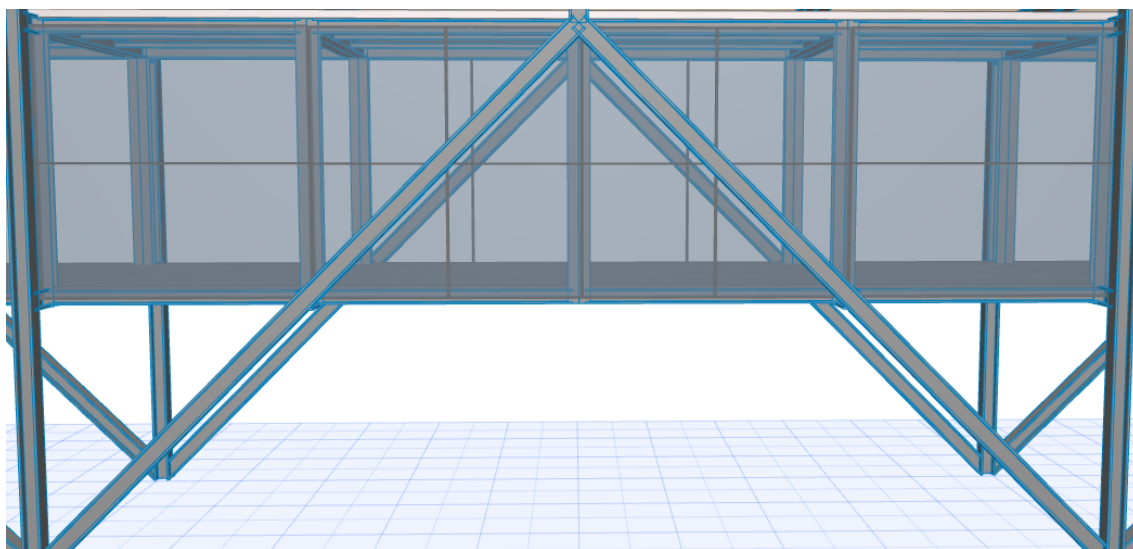
Zastřešení

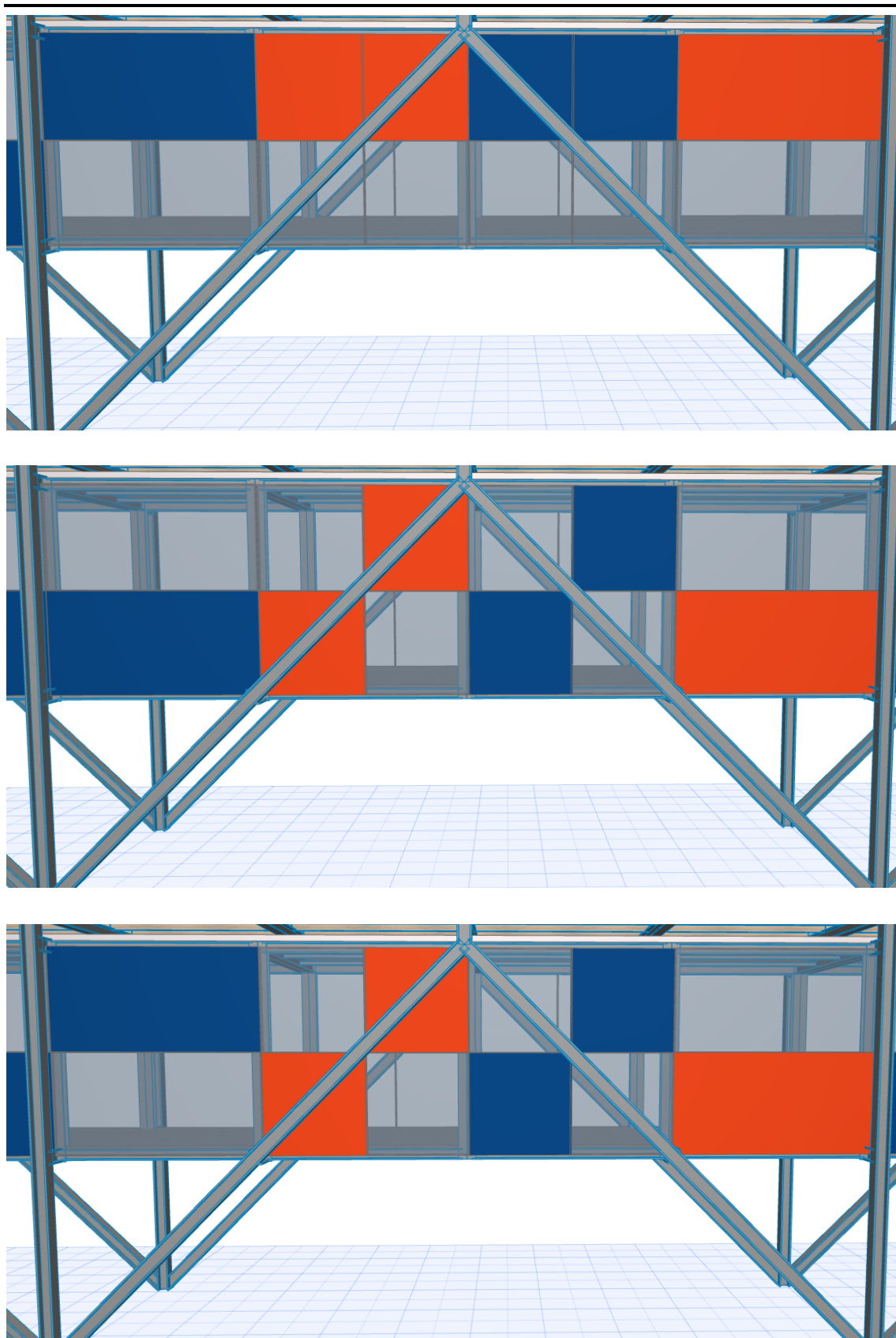
Zastřešení jednotlivých modulů je navrženo ze systému Kingspan KS1150 FP. Jedná se o izolační panely s jádrem z minerální vlny. Dodatečná montáž hydroizolační fólie po smontování všech modulů zajistí celistvost střešního pláště. Hydroizolace z PVC fólie Alkorplan 35176 tloušťky 1,2 mm. Sklon střechy je 1° . Panely jsou kladeny příčně na podélné vazničky HEB 120 S235, sklon zajišťují omega profily. Staticky se jedná o spojitý nosník o třech polích. Navržena tloušťka izolačního jádra panelu 200 mm. Součinitel prostupu tepla pro tloušťku izolačního jádra panelu tloušťky 200 mm činí $0,210 \text{ W/m}^2\text{K}$. Při započtení hodnot pro přestup tepla na vnější a vnitřní straně konstrukce ($R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$, $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$) dostáváme celkový součinitel prostupu tepla U v hodnotě $0,204 \text{ W/m}^2\text{K}$. Při srovnání s požadovanou ($U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$) a doporučenou ($U_{rec,20} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$) hodnotou součinitele prostupu tepla pro střechu plochou a šikmou se sklonem do 45° včetně je hodnota konstrukce na rozhraní. Lze prohlásit, že konstrukce střechy splňuje požadované hodnoty součinitele prostupu tepla. Panely mají vysokou požární odolnosti REI 90 DP1, RE 120 DP1 a index zvukové neprůzvučnosti R_w v hodnotě 31 dB. Odvodnění bude provedeno pomocí systémových prvků Kingspan.

Fasáda

Na opláštění stěn jednotlivých modulů jsou uvažovány systémové prvky od firmy Schüco. Uvažovaný systém byl konzultován přímo se zástupcem firmy Schüco. Je

navržena předsazená konstrukce SCHÜCO AOC ST. Plochu fasády modulu lze rozdělit na menší části. V návrhu je uvažováno rozdělení stěny modulu na 2 a 4 části pomocí nosníků ALU 150 x 80 x 6 mm. Rozdělení na jednotlivé plochy umožňuje integraci automatických oken s možností vyklápění a zajistit tak dostatečné přirozené větrání prostoru kavárny. Dále dává možnost vytvořit libovolný vzhled. Na opláštění lze místo skleněných tabulí použít i plné kompozitní panely libovolné barvy s izolačním jádrem. Při návrhu bylo uvažováno pouze se skleněnými panely, neboť jejich hmotnost je větší než jakou mají plné panely s izolací. Systém je možné kombinovat s fotovoltaikou.



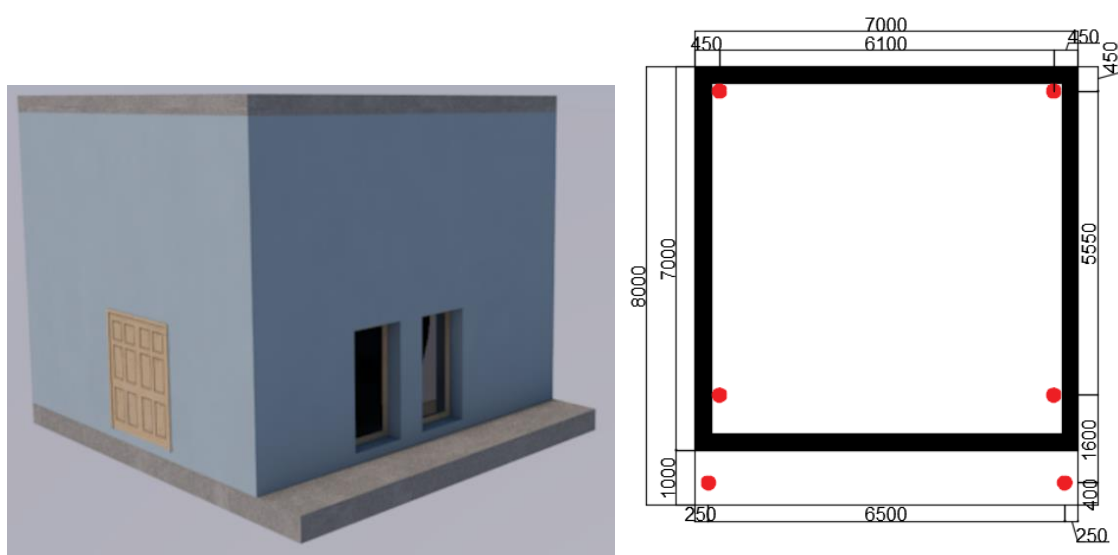


Obrázek 20 Vizualizace příkladů možné fasády

3.2.12 Železobetonové moduly

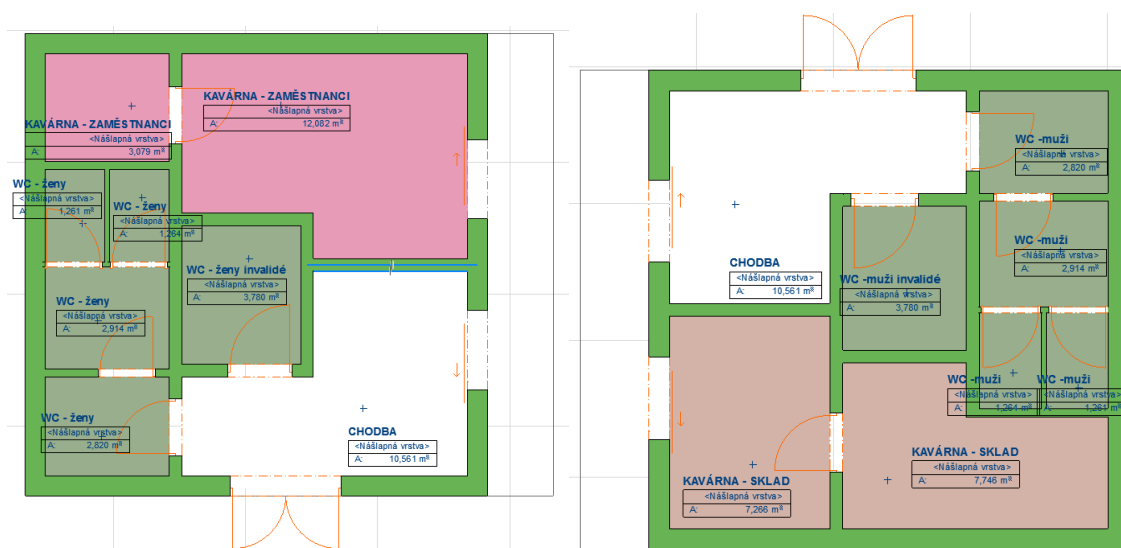
Železobetonové moduly slouží k uložení ocelové konstrukce a dřevěných podélníků a zároveň tvoří zázemí kavárny (sklad, sociální zázemí) a umožňují vstup do kavárny. Rozměr modulu 7 x 7 x 6,09 m s přesahem základové desky 1 m v jednom směru pro uložení ocelové konstrukce. Železobetonový modul jsem navrhla z vodonepropustného betonu C30/37 třídy prostředí XC3 s výztuží B500B. Tloušťka stěn je 300 mm, základová deska tloušťky 400 mm a stropní deska tloušťky 300 mm. Železobetonový modul je vytvořen jako prefabrikát, který bude na stavbě uložen na 6 pilot. Navrženy jsou kruhové vrtané piloty opřené o nestačitelné podloží o průměru 720 mm s rozšířenou hlavou na 820 mm. Beton pilot je ze třídy C 30/37 XC2, XA1. Piloty jsou vyztuženy ocelovými profily o průměru 20 mm z B550. Délka rozšířené hlavy piloty je 1 m. Celková délka opřené piloty je 8 m. Počet a rozmístění pilot je patrný z výkresu „Plán pilot“. Usazení na jednotlivé piloty je navrženo pomocí 6-ti předpřipravených otvorů v základové desce, na přichystané kotevní šrouby viz obrázek „Schéma rozmístění otvorů pro uložení“. Skladba vrstev konstrukce podlahy je obdobná jako u ocelových modulů.

Výpočtový model železobetonového modulu jsem vytvořila v programu Scia Engineer 15.3. „Tabulka 4“ obsahuje nutné plochy výztuže na extrémy jednotlivých prvků ŽB modulu. Z tabulek 5 až 10 je patrné množství výztuže na jednotlivých prvcích (základová deska, stropní deska, stěna)

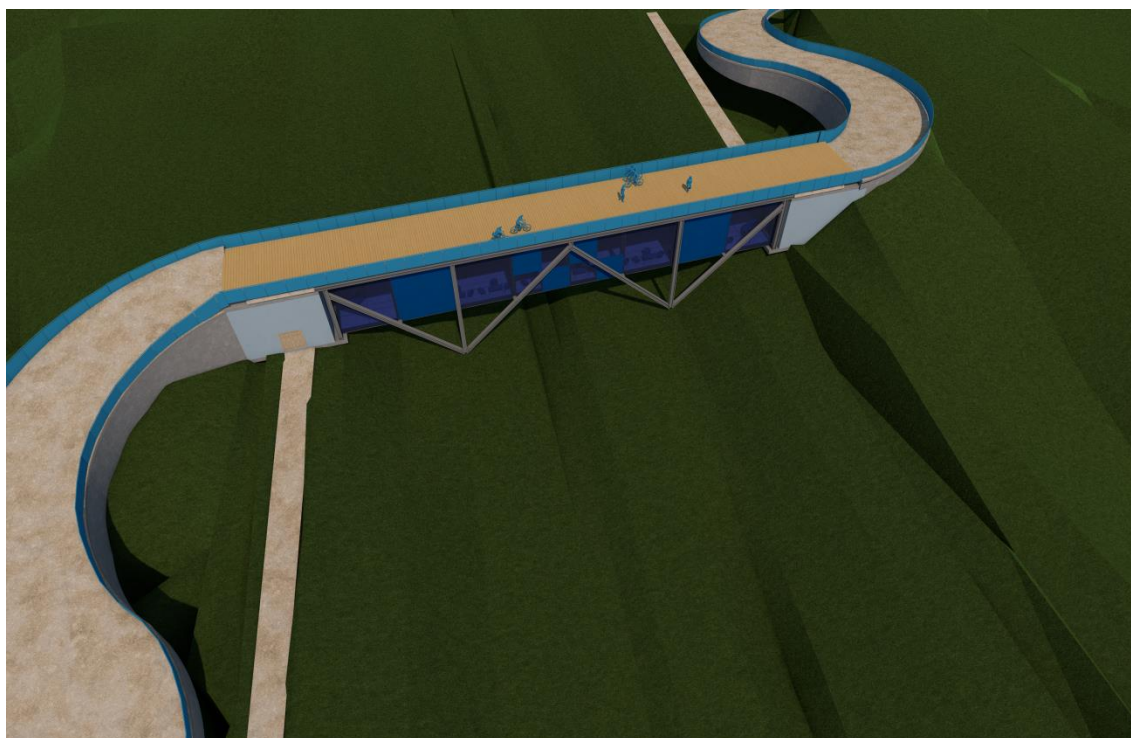


Obrázek 21 Vlevo: vizualizace ŽB modulu, vpravo: Schéma rozmístění otvorů v základové desce pro uložení

Vytvořila jsem možnou variantu studie vnitřní dispozice železobetonových modulů. Ve variantách je myšleno jak na sociální zázemí pro návštěvníky kavárny, tak na zázemí nutné pro provoz kavárny. Zázemí je rozděleno do jednotlivých modulů. V modulu I je umístěno WC pro ženy, WC pro ženy – bezbariérové a zázemí pro zaměstnance kavárny. V modulu II je umístěno WC pro muže, WC pro muže – bezbariérové a zázemí kavárny pro skladování.



Obrázek 22 Studie vnitřních dispozic železobetonové modulu I a II

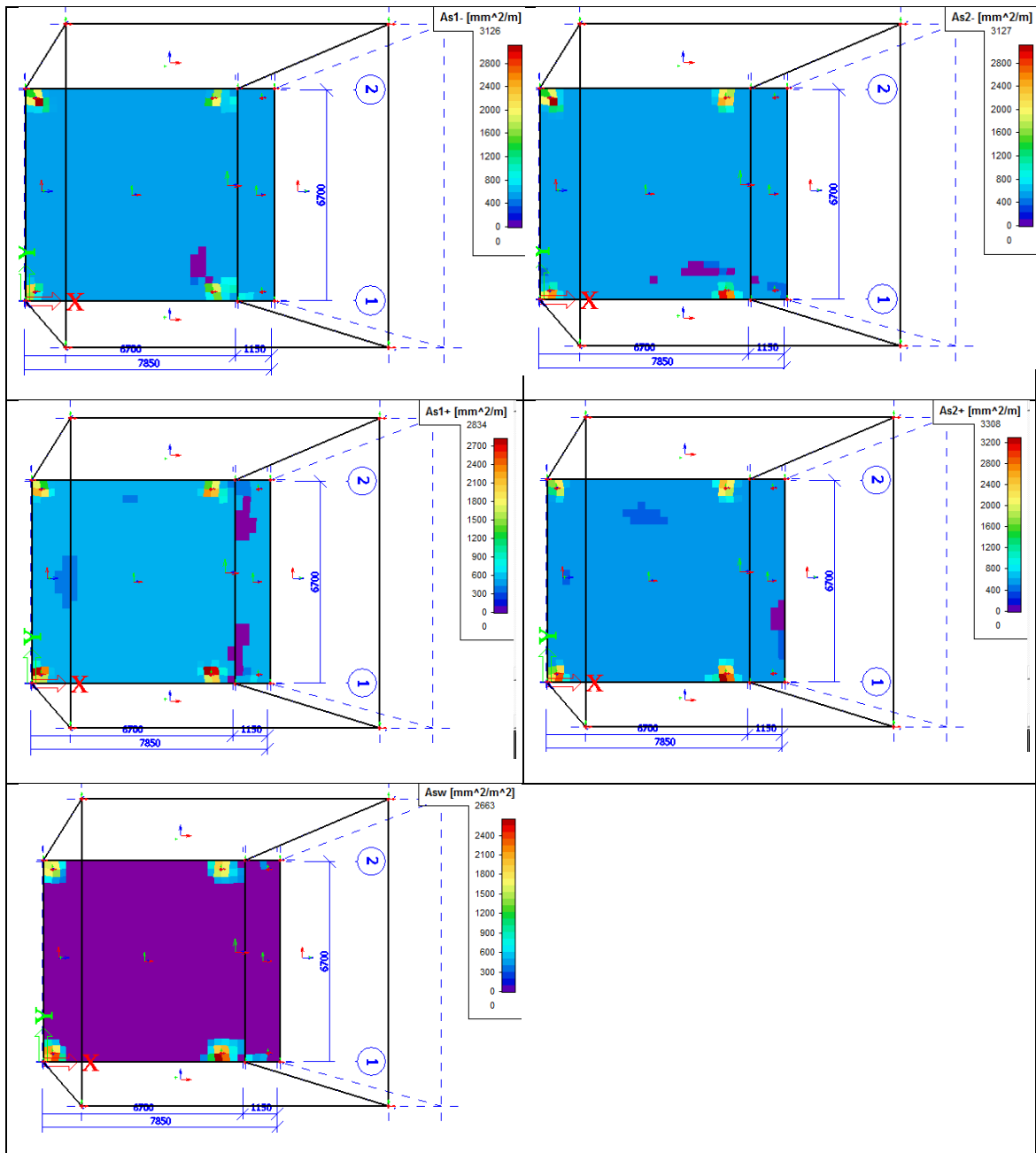


Obrázek 23 Vizualizace

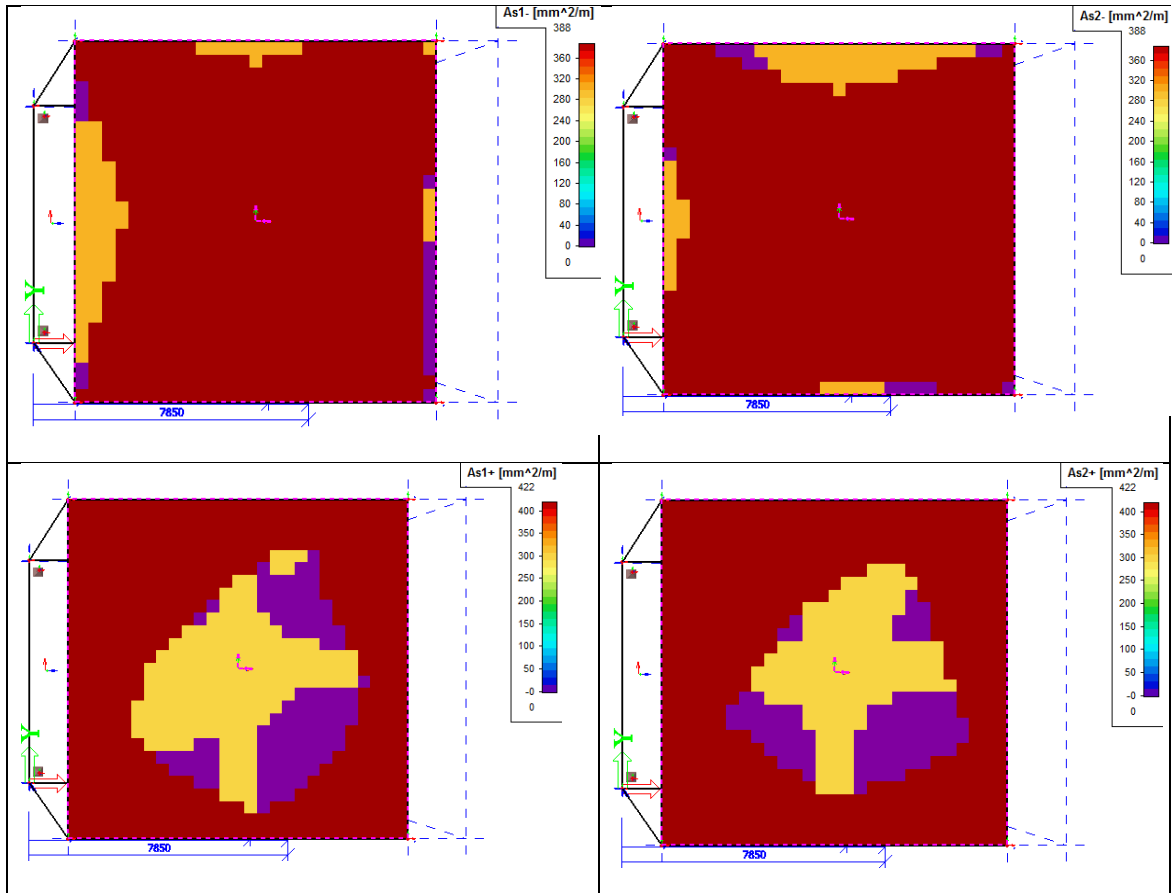
Tabulka 4 Tabulka nutných ploch výztuží a navržených výztuží na extrémě

Prvek	Nutná výztuž směr 1 $A_{s,total1}$ [mm ² /m]	Navržená výztuž ve směru 1	Nutná výztuž směr 2 $A_{s,total2}$ [mm ² /m]	Navržená výztuž ve směru 2
Hlavní spodní výztuž				
Základová deska	3126	Ø20 á 100 mm 3142	3127	Ø20 á 100 mm 3142
Stěna	477	Ø10 á 150 mm 524	1212	Ø14 á 120 mm 1283
Stropní deska	388	Ø8 á 120 mm 419	388	Ø8 á 120 mm 419
Hlavní horní výztuž				
Základová deska	2834	Ø20 á 110 mm 2856	3308	Ø22 á 110 mm 3456
Stěna	468	Ø10 á 150 mm 524	1109	Ø14 á 120 mm 1283
Stropní deska	422	Ø8 á 100 mm 503	422	Ø8 á 100 mm 503
Smyková výztuž				
Základová deska	$A_{sw} = 2663 \text{ mm}^2/\text{m}^2$			
Stěna přiléhající k zemině	$A_{sw} = 605 \text{ mm}^2/\text{m}^2$			

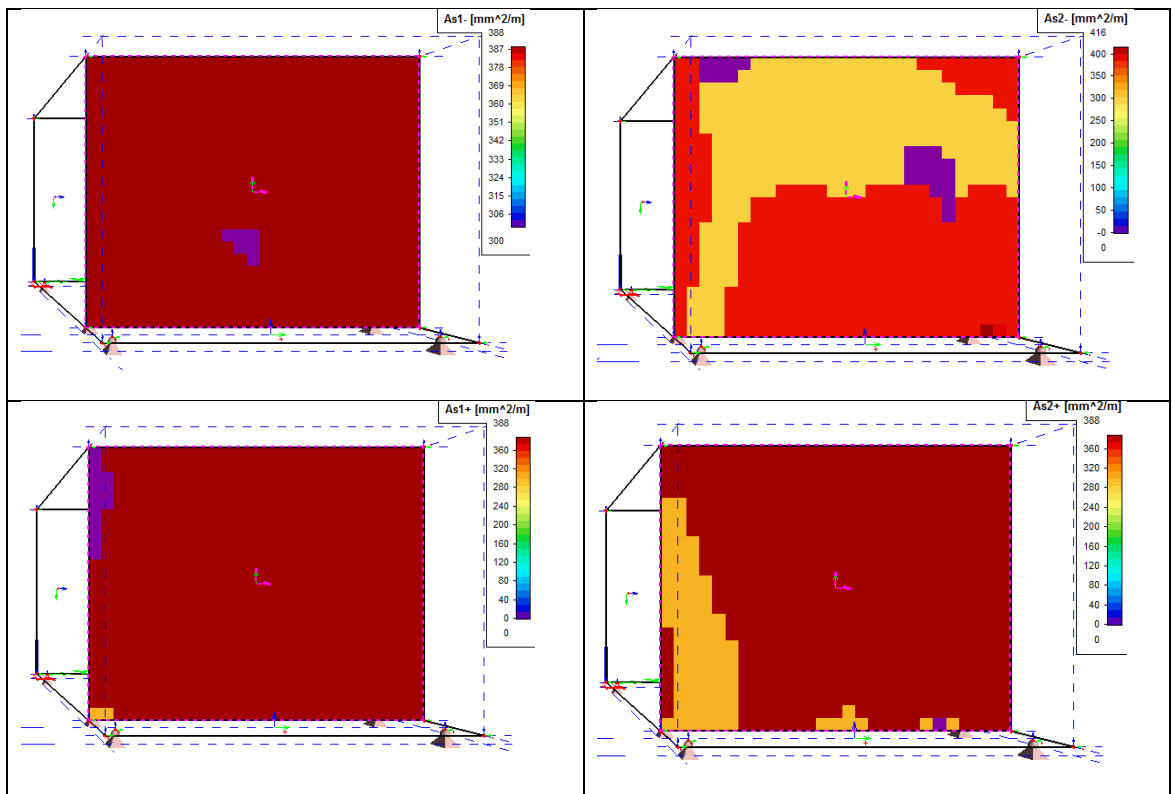
Tabulka 5 Nutná výztuž základové desky (S1+S2)



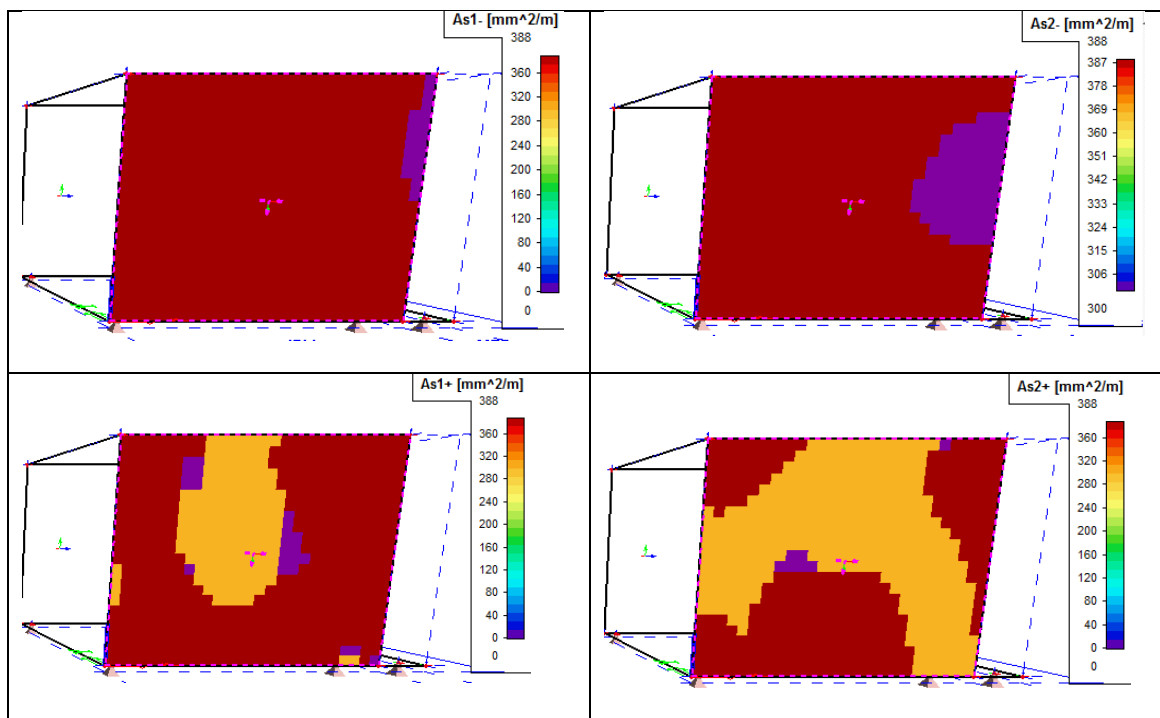
Tabulka 6 Nutná výztuž stropní desky (S3)



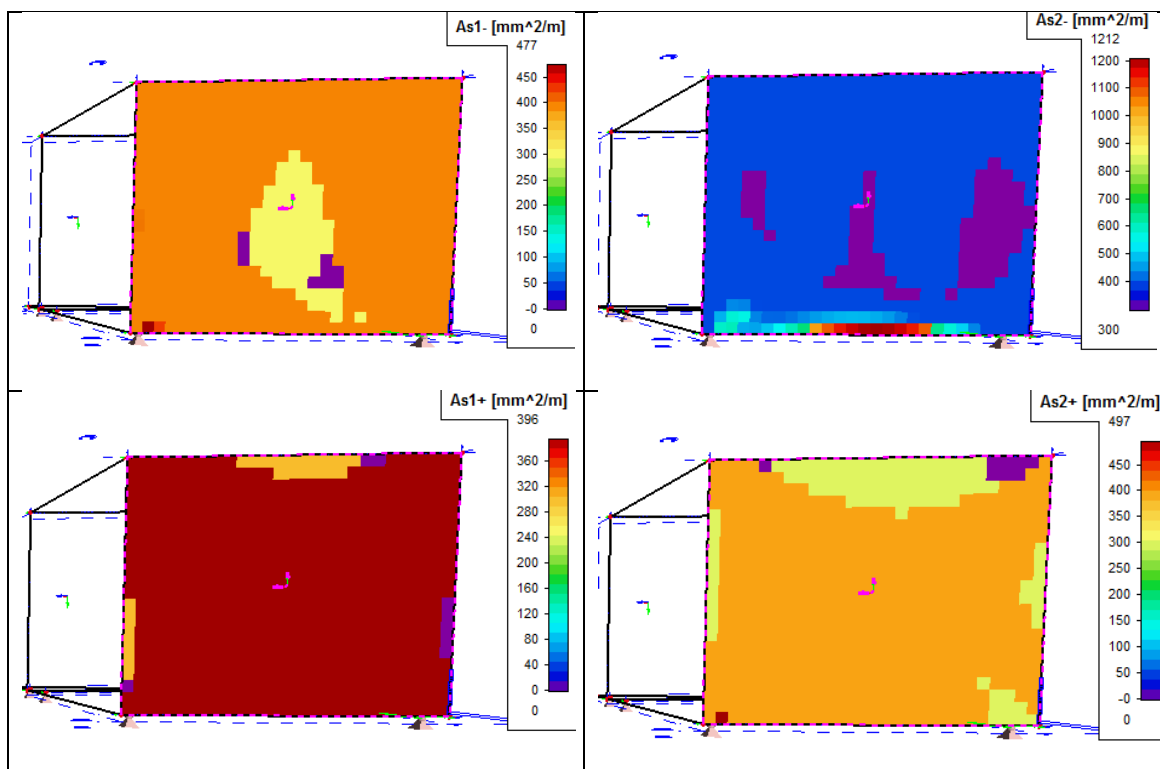
Tabulka 7 Nutná výztuž stěna (S4 - k ocel. konstrukci)

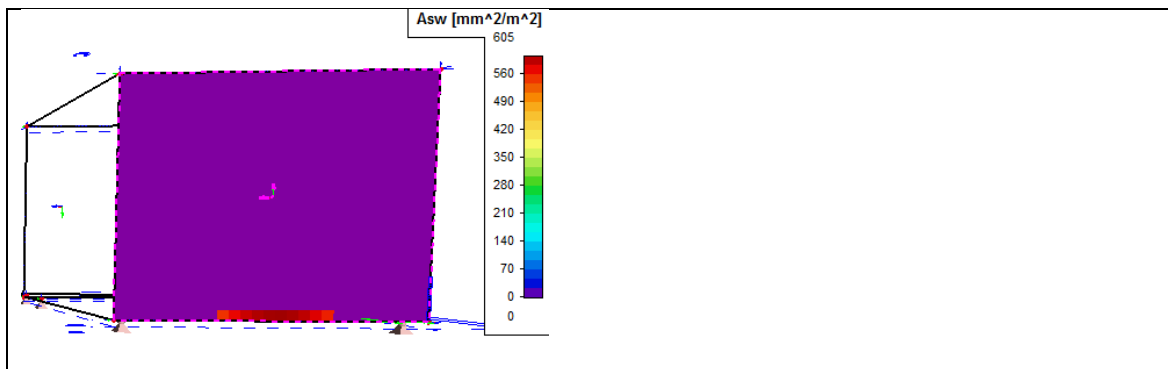


Tabulka 8 Nutná výztuž stěna (S5)

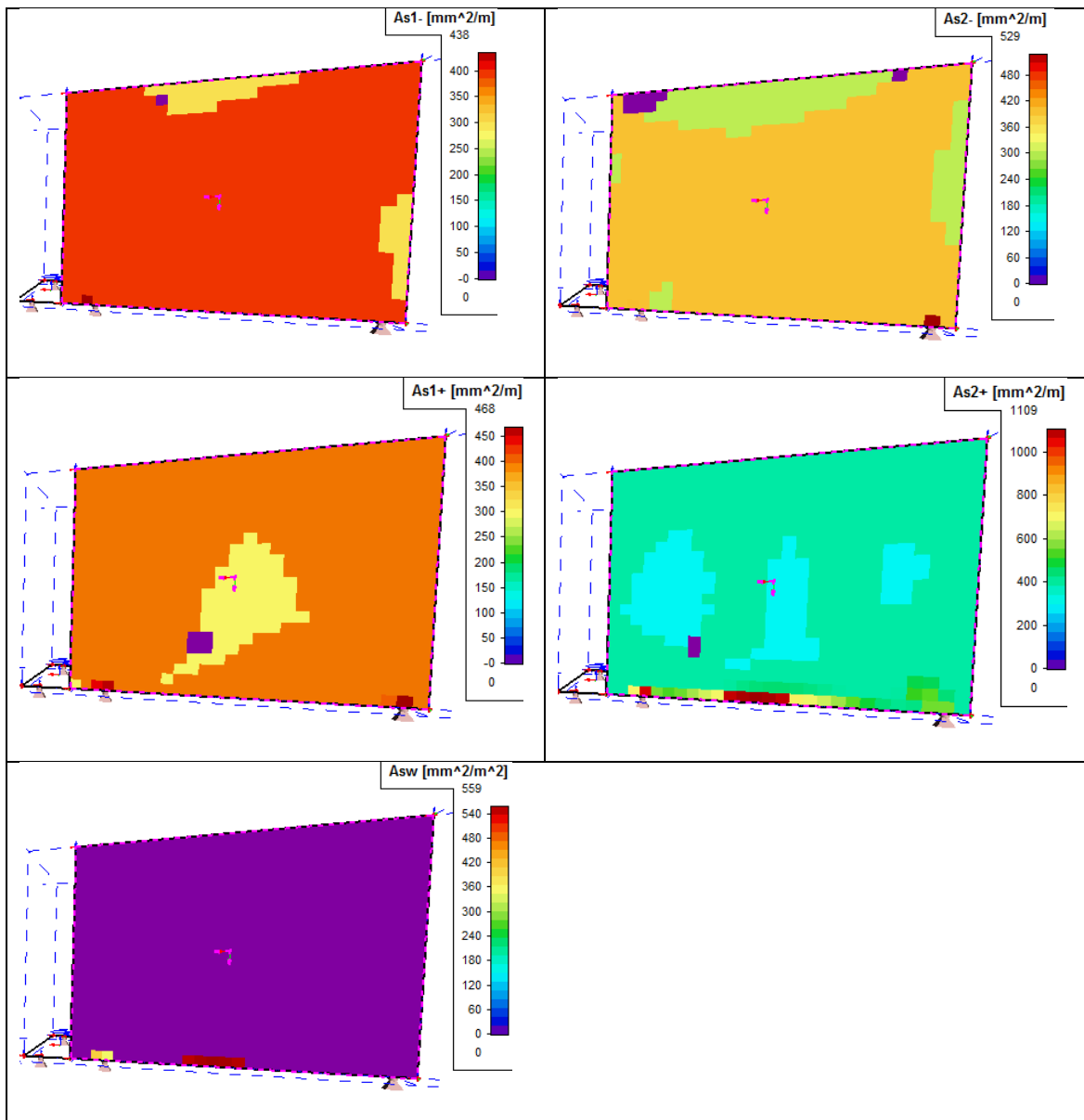


Tabulka 9 Nutná výztuž stěna (S7 - zatížená zeminou)





Tabulka 10 Nutná výztuž stěna (S6 - zatížená zeminou)



3.3 Uložení ocelové konstrukce na železobetonovou část

Pro uložení nosných konstrukcí mostů či stavebních objektů se nejčastěji užívají ložiska elastomerová, kalotová či hrncová.

Všechny zmíněné typy ložisek se vyrábějí v těchto provedení

- Pevné provedení umožňuje pouze natočení.
- Jednosměrné pohyblivé provedení umožňují natočení a posun v jednom směru.
- Všesměrně pohyblivá provedení umožňují natočení a posuny ve všech směrech.

Elastomerové ložisko je vrstvený blok elastomeru, který může být vyztužen jedním i několika vodorovnými ocelovými plechy.


Kalotové ložisko se skládá ze dvou ocelových tvarovaných částí (vypuklé a vyduté), které jsou opatřeny kluznou vrstvou teflonu. Umožňuje přenášet velká vertikální zatížení a výrazné pootočení.

Hrncové ložisko se skládá z ocelového „hrnce“ s vloženým elastomerem doplněným o kluznou vrstvu teflonu. Je vhodné na přenášení velkých zatížení.

Orientační návrh ložisek

- orientační návrh pomocí tabulek výrobců
- uvažováno ložisko elastomerové
- při deformaci ložiska se snižuje jeho únosnost v tlaku
- Pro návrh nutné návrhové zatížení a posunutí podpor
- Protážení a zkrácení od teploty (viz. Zatěžovací stavy – Teplota): +/- 10 mm
- Posunutí od zatížení
 - prodloužení 9,1 mm
 - zkrácení 5,3 mm
- potřebná kapacita posunů v ložisku
 - $\Delta L = 9,1 + 10 + 5,3 + 10 = 34,4$ mm
- Maximální potřebná kapacita posunů v jednom směru
 - $\Delta L_{\max} = 9,1 + 10 = 19,1$ mm
- Reakce posuvného ložiska: $R_z = 438,81$ kN, $R_y = 62,18$ kN
- Reakce pevného ložiska: $R_z = 409,41$ kN, $R_x = 91,64$ kN, $R_y = 60,28$ kN

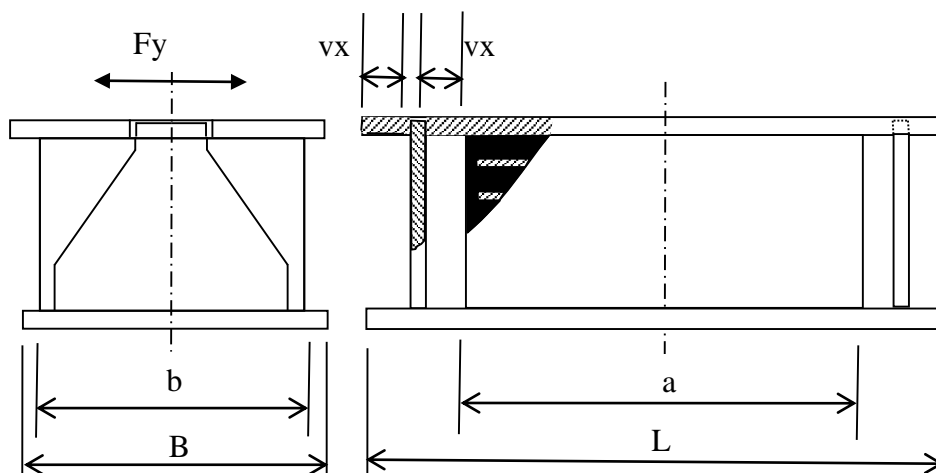
- Nutná koordinace s dodavatelem ložisek – teplotní změny a připojení prvků

Elastomerová vrstvená ložiska s usměrněným pohybem																
Typ ložiska			Všesměrně pevné				Příčně pevné				Podélně pevné					
Půdorysní rozměry	Výška elastomerového bloku	Zatížení	Horizontální zatížení		Hlavní rozměry		Horizontální zatížení	Pohyb	Hlavní rozměry		Horizontální zatížení	Pohyb	Hlavní rozměry		Stavební výška	
			F _x	F _y	B	L			F _y	± vx			B	L		F _x
axb	c	Fz	kN		mm		kN	mm	mm		kN	mm	mm		mm	
100x100	14	100	48	28	120	230	48	7	120	180	48	10	120	220	54	
	21		42	24			42	11		200	47				61	
	28		35	20			35	14		210	39				68	
	35		30	17			30	16		220	33				75	
	42		26	15			26	18		230	30				82	
100x150	14	150	48	28	120	265	48	7	170	180	48	10	120	260	54	
	21		42	24			42	11		200	47				61	
	28		35	20			35	14		210	39				68	
	35		30	17			30	16		220	33				75	
	42		26	15			26	18		230	30				82	
150x200	21	300	147	79	170	330	165	11	220	240	165	10	170	310	61	
	28		125	67			140	14		260	140				68	
	35		110	60			122	28		270	122				75	
	42		96	53			108	21		290	108				82	
	49		87	48			96	23		300	96				89	
	56		80	44			88	25		310	88				96	
	63		72	40			82	27		320	82				103	
200x250	30	625	152	80	220	370	165	15	270	310	165	10	220	350	70	
	41		124	65			137	20		330	137				81	
	52		105	56			116	26		360	116				92	
	63		91	50			103	30		370	103				103	
	74		80	44			88	34		390	88				114	
	85		72	38			80	36		400	80				125	
	200x300		30	750			148	78		220	420				165	15
41		123	63		135	20	330	135	81							
52		104	55		115	26	350	115	92							
63		90	48		100	30	370	100	103							
74		79	43		88	34	390	88	114							
85		72	38		80	36	400	80	125							
200x400	30	1000	148	78	220	520	165	15	420	310	165	10	220	500	70	
	41		123	63			135	20		330	135				81	
	52		104	55			115	26		350	115				92	
	63		90	48			100	30		370	100				103	
	74		79	43			88	34		390	88				114	
	85		72	38			80	36		400	80				125	

Obrázek 24 Technická data pro elastomerová vrstvená ložiska s usměrněným pohybem
[<http://helmos.cz/produkty>]

Příčně pevné ložisko

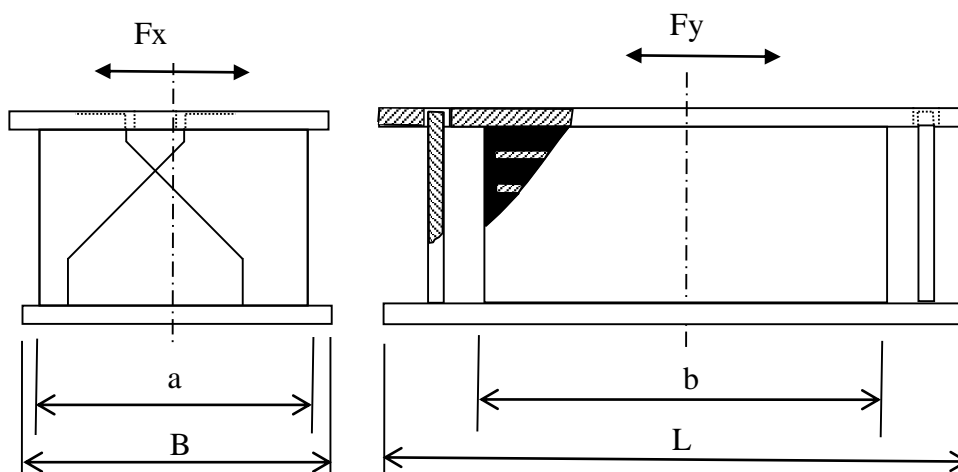
Podle technických dat pro příčně pevné ložisko jsem vybrala ložisko s půdorysnými rozměry 200 x 250 mm. Výška elastomerového bloku 41 mm. Hlavní rozměry B x L jsou 220 x 330 mm. Ložisko s celkovou stavební výškou 81 mm.



Obrázek 25 Schéma příčně pevného ložiska
[technická data, www.helmos.cz/produkty]

Všesměrné pevné ložisko

Podle technických dat pro všesměrné pevné ložisko jsem vybrala ložisko s půdorysnými rozměry 200 x 250 mm. Výška elastomerového bloku 41 mm. Hlavní rozměry B x L jsou 220 x 370 mm. Ložisko s celkovou stavební výškou 81 mm.

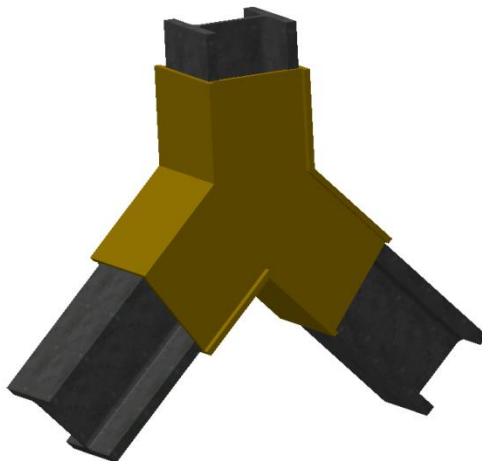


Obrázek 26 Schéma všesměrně pevného ložiska
[technická data, www.helmos.cz/produkty]

4. Připojení vzpěr k podélníku

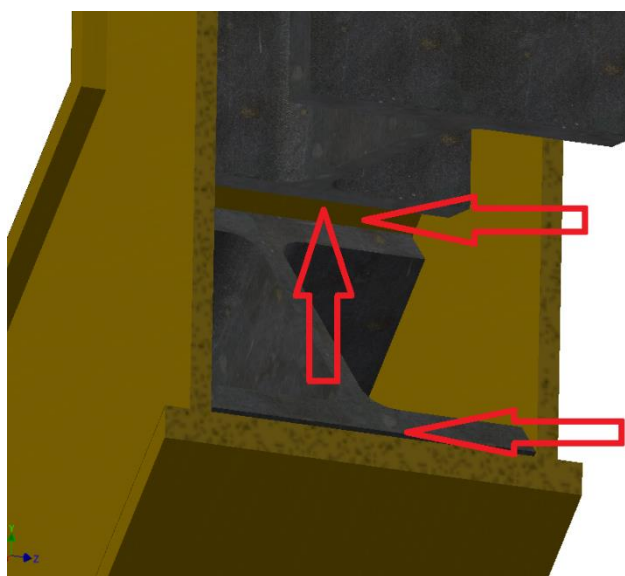
Řešení uzlu spojující vzpěry HEM 300 S235 k podélníku HEM 300 S235 lze řešit mnohými způsoby.

1) Prvotní varianta použití svařovaného spojovacího prvku – komorový svařenec.



Obrázek 27 3D geometrie komorového svařence

Nevýhodou této varianty spojení je pracnost, hmotnost a otázka upevnění profilů do spojovacího prvku. Spoj materiálem (svar) je nevhodný, neboť pomineme-li problematickou realizaci spoje, spoj bude nerozebíratelný a vlivem neuzavřených svarů náchylný ke korozi (viz. Obrázek řez komorovým svařencem). Toto řešení by mělo výhody v případě realizace spojení dílů tvarem (šrouby, nýty).



Obrázek 28 řez komorovým svařencem

2) Alternativou je řešení uzlu přímým spojením nosníků materiálem. Tento typ spojení lze aplikovat i na další obdobné uzly a to v případě rozšíření konstrukce o další segment. V takovém případě dojde k prodloužení vertikálního nosníku na sloup, který zajistí dostatečnou oporu pro konstrukci. Tento spoj je dobře proveditelný na místě, svary je možné zkontrolovat, neboť jsou na viditelném a přístupném místě, a nevznikají otevřené dutiny, kde by se mohly usazovat nečistoty a držet vlhkost. Spoj je oproti komorovému svařenci lehčí a výroba levnější.

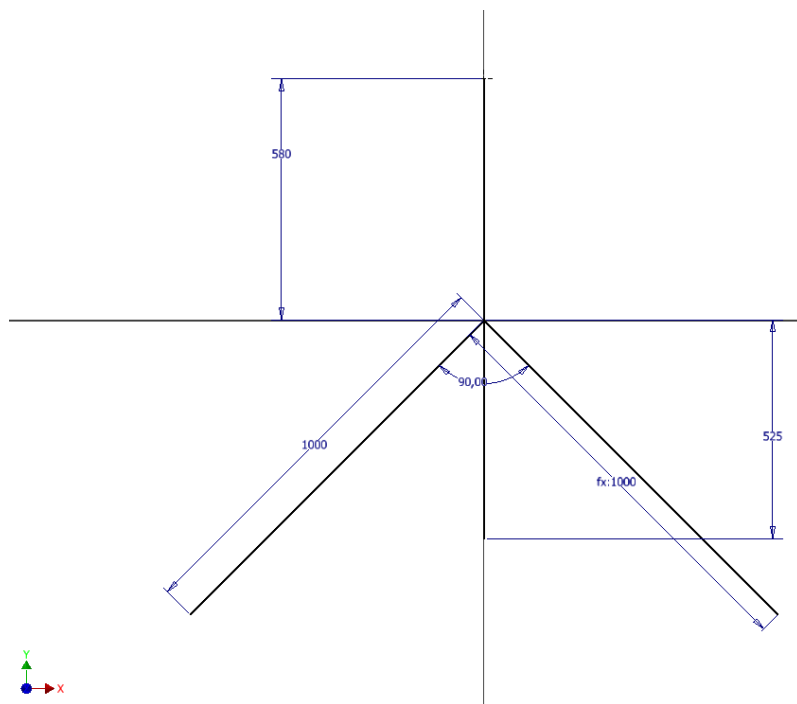
4.1 Přímé spojení materiálem



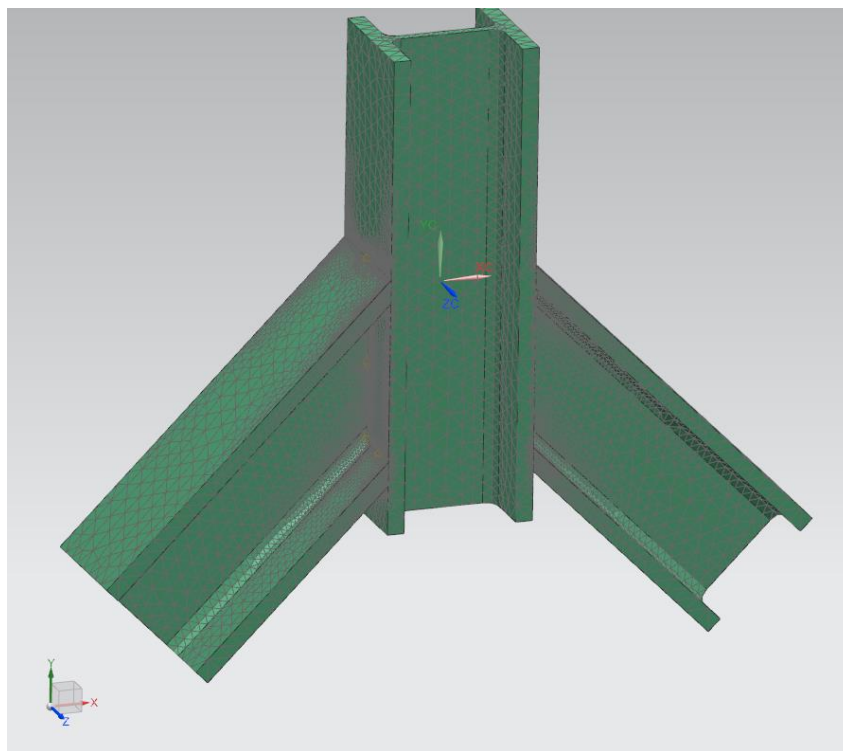
Obrázek 29 zobrazení 3D geometrie řešeného uzlu



Obrázek 30 3D geometrie - detail



Obrázek 31 skeleton konstrukčního uzlu



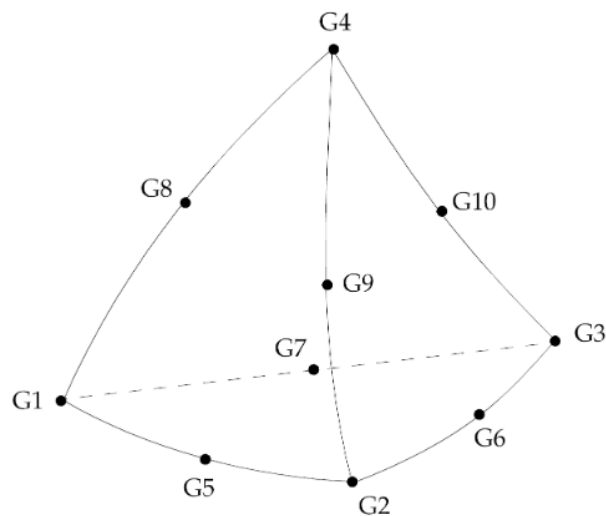
Obrázek 32 síť MKP (MESH)

Model uzlu jsem vytvořila v programu NX 9.0. Komponenty modelu jsou nasítovány elementy CTETRA(4) o velikosti 50 mm, v místě svarů jsem síť lokálně zahustila na 5 mm, aby v případný gradient napětí po tloušťce byl co nejvíce v souladu s reálným průběhem (eliminace vzniku singulárních bodů). Síť jednotlivých třech těles jsem

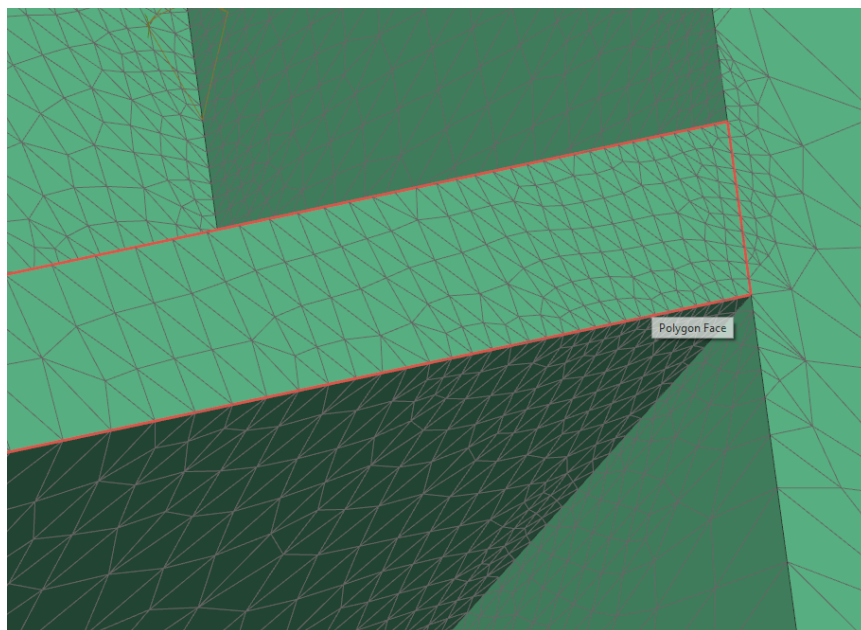
mesh-mateovala v jeden konečnoprvkový celek. Byly dodrženy veškeré základní zásady síťování, zejména použití minimálně 3 elementů po tloušťce a dostatečného lokálního zahuštění v síti v ostrých přechodech.

CTETRA(4) je solidový prvek doporučený pro modely s ostrými hranami. Z důvodu výpočtového času jsem použila CTETRA(4) a ne CTETRA(10), neboť síť měla přes 140 000 elementů.

Prvek CTETRA(4) používá vertexy G1, G2, G3 a G4 viditelné na obrázku níže.



Obrázek 33 Prvek CTETRA
[help desk NX 9.0]



Obrázek 34 zahuštění v oblasti průvaru

4.2 Výpočet

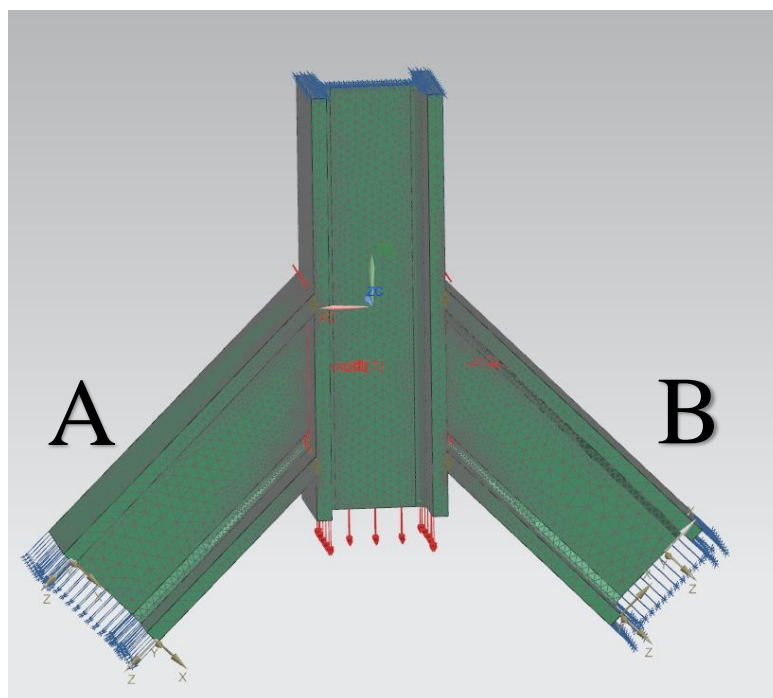
Výpočet byl realizován v řešiči SOL101 – linear statics při definované konstantní teplotě $T = 20^{\circ}\text{C}$.

Zvolila jsem následující okrajové podmínky. Horní ploše vertikálního nosníku jsem odebrala veškeré stupně volnosti (fixed). Koncovým plochám vzpěr jsem odebrala pouze posuny v jejich osových směrech (simply supported).

Zvolené okrajové podmínky jsem ověřila simulacemi s jednoduchými vstupy a výsledky těchto analýz jsem srovnala s analytickými řešeními. Přijatelná odchylka výsledku 10 %.

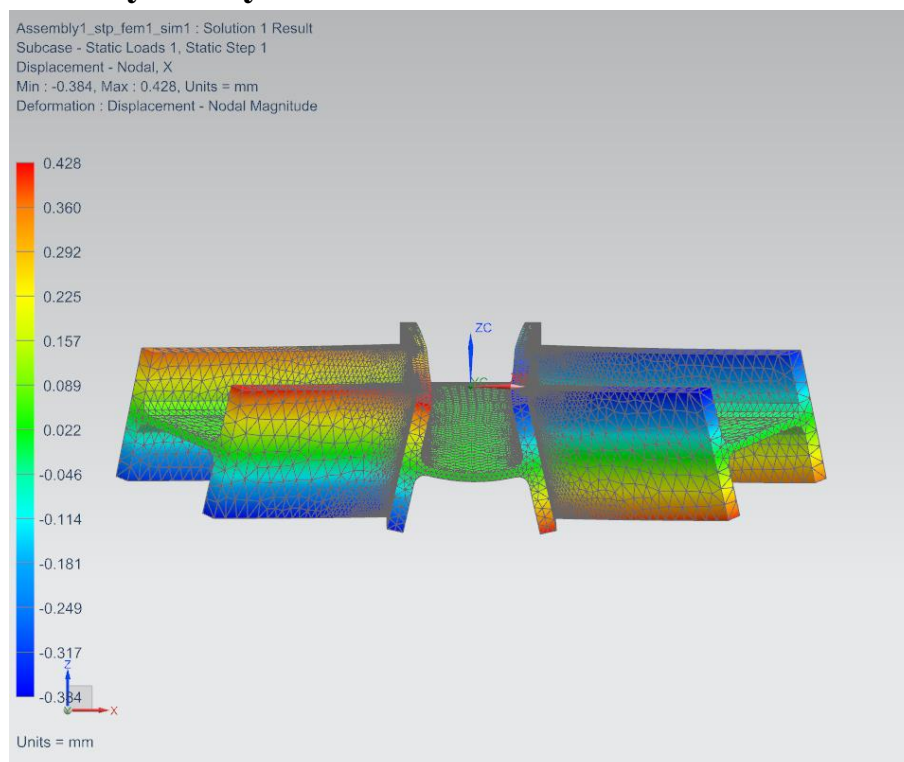
Zatížení jsem převzala z výpočtového programu Scia Engineer pro daný uzel. Použila jsem kombinaci maximálních hodnot pro jednotlivé složky zatížení. Zatížení pro vzpěry jsem aplikovala na jejich koncové body sítě ve styku s vertikálním nosníkem. Zatížení vertikálního nosníku jsem aplikovala na jeho spodní plochu.

Osa Y globálního souřadnicového systému je totožná s osou vertikálního nosníku, její kladná část směřuje proti směru gravitace (k horní fixed ploše). Orientace zbylých os je patrná z obrázku. Osa X a Y tvoří náčrtnou rovinu skeletonu a osa Z uzavírá ortogonální systém.

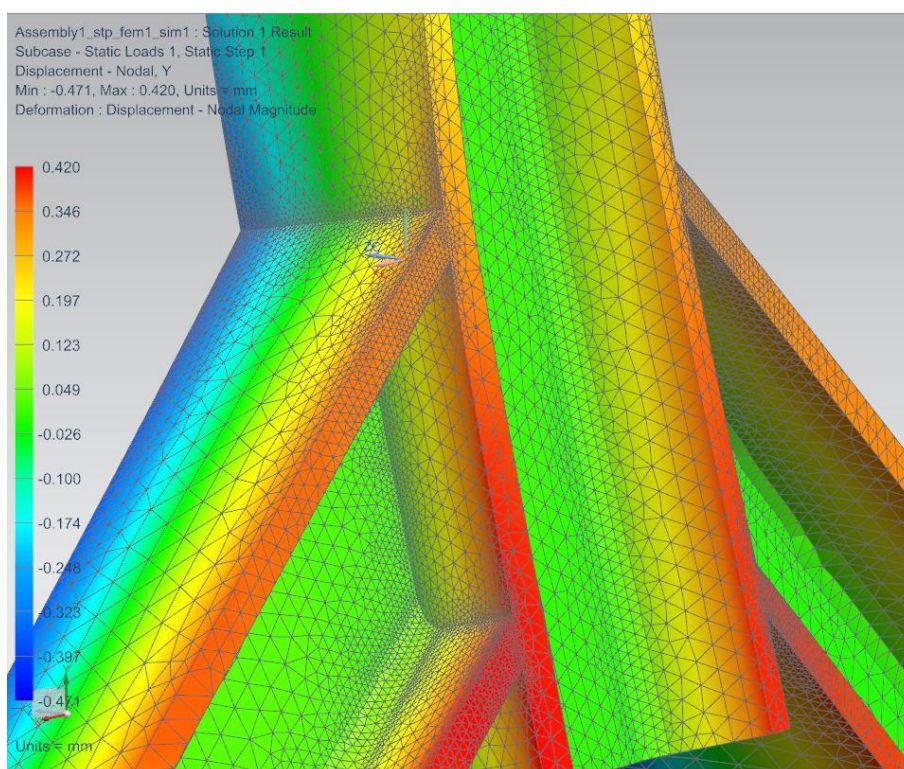


Obrázek 35 výpočtový model

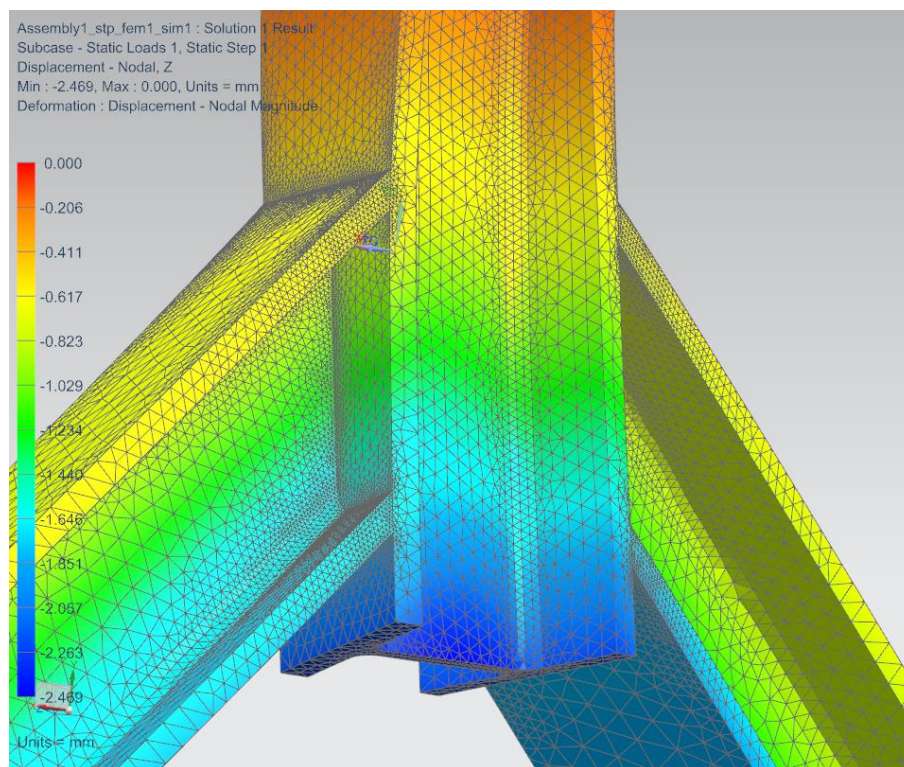
4.3 Výsledky



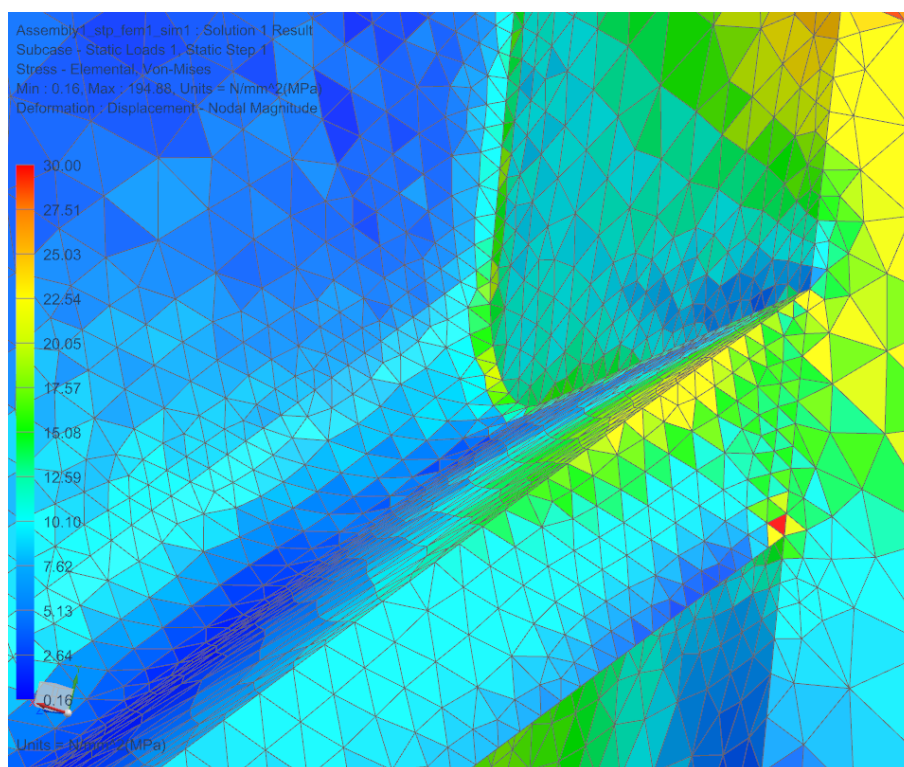
Obrázek 36 deformace X



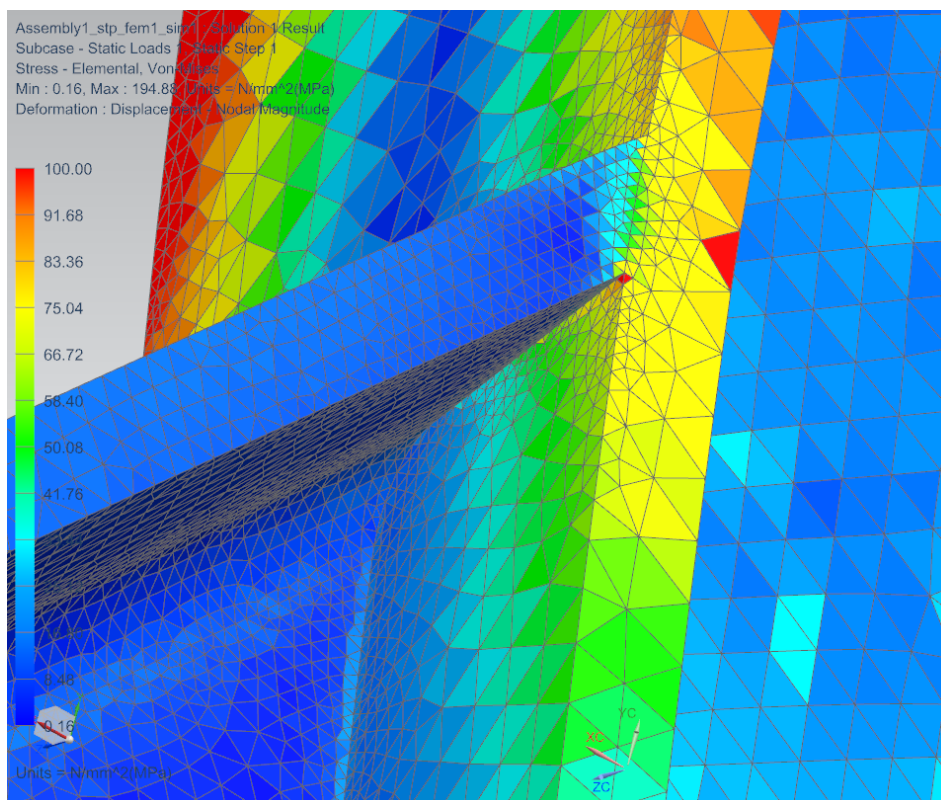
Obrázek 37 deformace Y



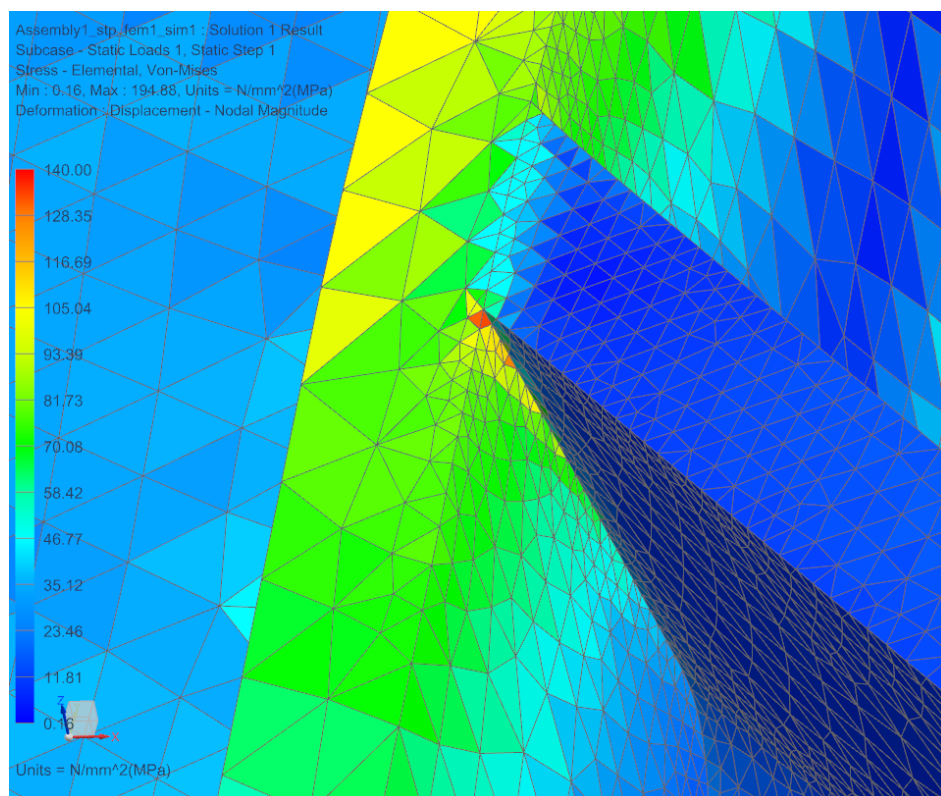
Obrázek 38 deformace Z



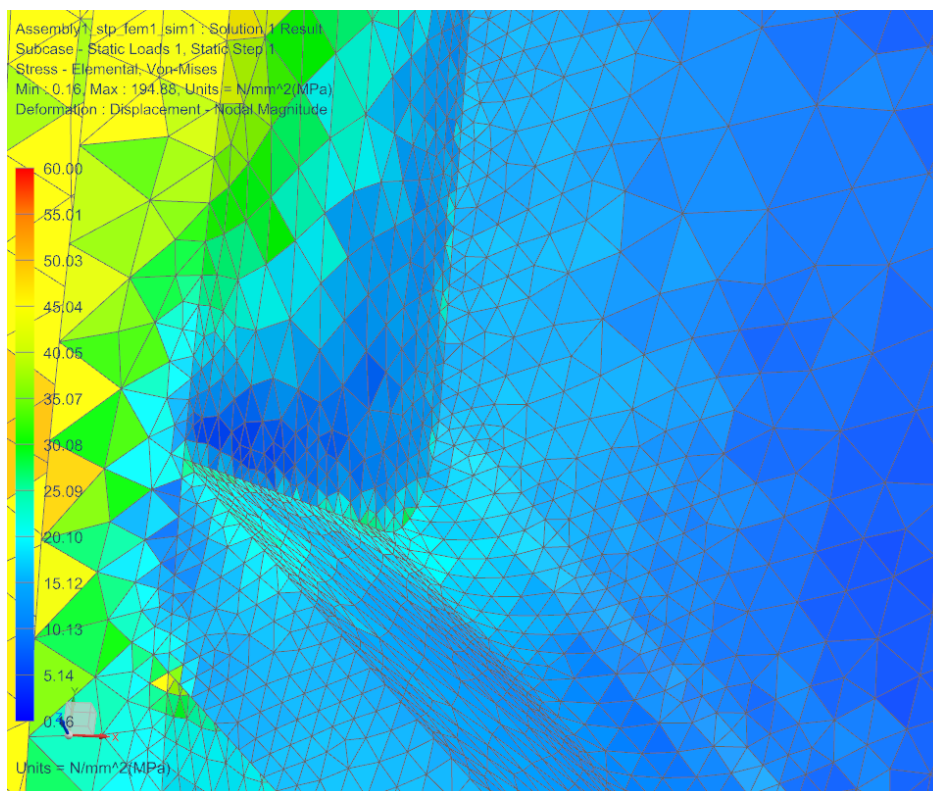
Obrázek 39 Vzpěra A – redukované napětí podle Von Misses – spodní pásnice



Obrázek 40 Vzpěra A – redukované napětí podle Von Misses – horní pásnice



Obrázek 41 Vzpěra A - redukované napětí podle Von Misses – horní pásnice druhá strana



Obrázek 42 Vzpěra A - redukované napětí podle Von Misses - spodní pásnice druhá strana

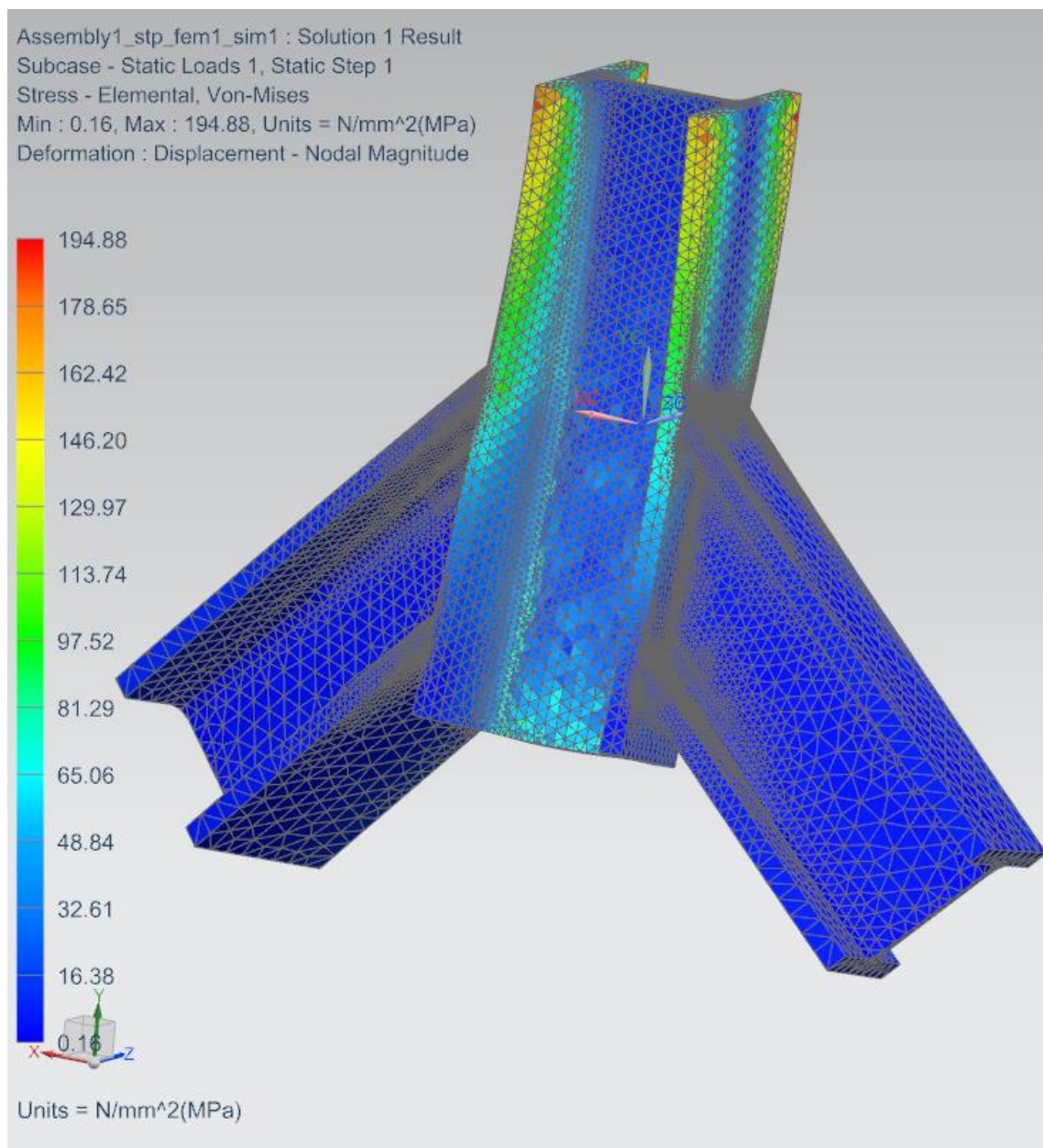
Vykreslení redukovaného napětí podle Von Misses pro uzel vzpěra A – vertikální nosník. Uzel vzpěra B – vertikální nosník byla méně zatížená, a proto podle očekávání nedošlo k synergii s žádným zatížením a je tedy méně namáhaná. Tyto výsledky nejsou rozhodující a nebyly vyexportovány. Charakter napěťového pole v oblasti průvaru byl totožný pro uzel vzpěra A-vertikální nosník i vzpěra B-vertikální nosník, ale hodnoty redukovaného napětí byly v uzlu B/C o 5 – 10 % nižší.

Tabulka 11 Tabulka špičkových hodnot

Uzel vzpěra A – vertikální nosník	
Δx	0,428 mm
Δy	0,420 mm
Δz	- 2,469 mm
σ_{red}	75 MPa

Pole deformací v jednotlivých souřadnicových směrech je k nahlédnutí na obrázku 36 - 38. Pole redukovaného napětí podél svaru uzlu A-C je zobrazeno na obrázku 39 - 42.

Redukované napětí v místech průvaru se pohybuje v přijatelných hodnotách (singulární body zanedbáváme), maximální hodnoty dosahuje u napojení horní pásnice nosníku A na nosník C a to až 75 Mpa. Závěrem lze říci, že uzel spojení nosníků A B a C pevnostně vyhovuje.



Obrázek 43 Redukované napětí podle Von Misses

Tabulka 12 Párové srovnání užítosti

<i>Párové srovnání užítosti:</i>	komorový svařenec / přímé spojení prvků						
<i>Kritéria</i>	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>1. cena</i>	xxx						
<i>2. pracnost</i>	2	xxx					
<i>3. zástavbový prostor</i>	1	2	xxx				
<i>4. kontrola jakosti svarů</i>	4	4	4	xxx			
<i>5. náchylnost vůči okolí</i>	5	5	5	4	xxx		
<i>6. design</i>	1	2	6	4	5	xxx	
<i>7. opravitelnost</i>	7	7	7	7	7	7	xxx
<i>součet počtu voleb</i>	2	3	0	5	4	1	6

Tabulka 13 Párové srovnání užítosti s vyhodnocením

Dílčí kritéria	Pořadové číslo	Počet voleb	Pořadí významu	váha	Komorový svařenec		přímé spojení prvků	
					Prostá hodnota	Vážená hodnota	Prostá hodnota	Vážená hodnota
<i>1. cena</i>	1	2	5	3	20	60	80	240
<i>2. pracnost</i>	2	3	4	4	15	60	65	260
<i>3. zástavbový prostor</i>	3	0	7	1	50	50	50	50
<i>4. kontrola jakosti svarů</i>	4	5	2	6	10	60	95	570
<i>5. náchylnost vůči okolí</i>	5	4	3	5	60	300	90	450
<i>6. design</i>	6	1	6	2	80	160	30	60
<i>7. opravitelnost</i>	7	6	1	7	65	455	50	350
Celkem 2800					1145		1980	
Užitnost v relativním vyjádření [%]					40,89%		70,71%	

Pro výběr mezi komorovým svařencem a přímým spojením prvků jsem provedla párové srovnání užitečnosti. V tomto srovnání jsem zohledňovala 7 kritérií – cenu, pracnost, zástavbový prostor, kontrolu jakosti svarů, náchylnost vůči okolí, design a opravitelnost. Vhodnost využití komorového svařence činí dle kritérií a preferencí 40,89 % oproti tomu přímé spojení prvků 70,71 %.

5. SBRA

Pravděpodobnostní simulační metoda SBRA – Simulation Based Reliability Assessment, která vznikla na konci 80. let 20. století, je založena na numerické integraci Monte Carlo. Jedná se tedy o opakovaných vyčísleních funkce spolehlivosti. Monte Carlo je třída algoritmů pro simulaci systémů. Řadí se mezi klasické metody. Jde o stochastickou metodu používající pseudonáhodná čísla. Je založena na provádění náhodných experimentů s modelem systému a jejich vyhodnocení. Výsledkem provedení velkého množství experimentů je obvykle určení pravděpodobnosti určitého jevu. Faktory ovlivňující přesnost výpočtu pomocí Monte Carlo jsou kvalita generátoru náhodných čísel a výběr vhodného algoritmu výpočtu.

Konstrukce je spolehlivá, pokud je splněna podmínky $P_{fi} < P_{di}$, případně $\beta > \beta_d$. P_{fi} značí pravděpodobnost poruchy a P_{di} značí návrhovou pravděpodobnost poruchy, která je závislá na uvažovaném typu poruchy. Typy poruchy jsou rozděleny podle požadované úrovně spolehlivosti, druhu mezního stavu a podle předpokládané životnosti konstrukce. β_d označuje návrhový index spolehlivosti a β označuje index spolehlivosti konstrukce.

Tabulka 14 Kategorizace tříd následků podle EN 1990

Třídy následků	Popis	Příklady staveb
CC1	Malé následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo malé/zanedbatelné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí	Zemědělské budovy, do kterých lidé běžně nevstupují (např. skladovací budovy, skleníky,...)
CC2	Střední následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí	Obytné a administrativní budovy a budovy pro veřejnost, kde jsou následky poruchy středně závažné (např. kancelářské budovy)
CC3	Velké následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí	Stadiony budovy pro veřejnost, kde jsou následky poruchy vysoké (např. koncertní sály)

Tabulka 15 Návrhové hodnoty β_d a P_d

Třída spolehlivost	Mezní stav únosnosti			Mezní stav použitelnosti		
	β_d		P_d	β_d		P_d
	1 rok	50 let		1 rok	50 let	
RC3 (velké následky)	5,2	4,3	$8,40 \cdot 10^{-6}$			
RC2 (střední následky)	4,7	3,8	$7,28 \cdot 10^{-5}$	2,5	1,5	$6,70 \cdot 10^{-2}$
RC1 (malé následky)	4,2	3,3	$4,80 \cdot 10^{-4}$			

Tabulka 16 Návrhové životnosti konstrukce T_d

Kategorie návrhové životnosti	Návrhová životnost T_d [rok]	příklady
1	10	Dočasné konstrukce
2	10 - 20	Vyměnitelné konstrukční části
3	25 - 50	Zemědělské a obdobné stavby
4	80	Budovy a běžné stavby
5	100	Monumentální stavby

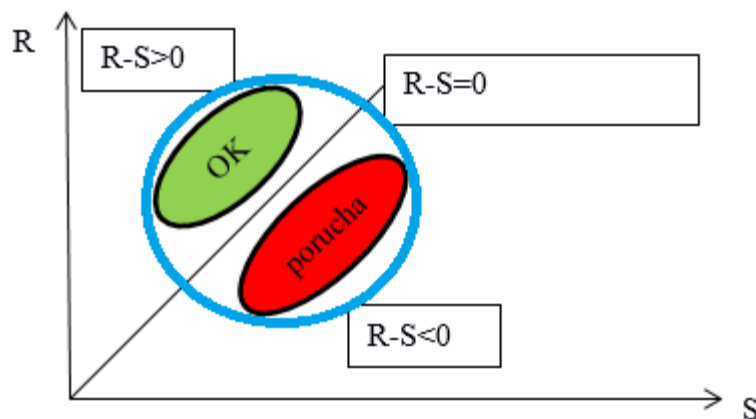
Lze také určit návrhovou pravděpodobnost poruchy pro konstrukce s jinou návrhovou

životností T_{dx} než je návrhová životnost T_d . $P_{fdx} = 1 - (1 - P_d)^{\frac{T_{dx}}{T_d}}$ $T_{dx} \leq T_d$

Přepočítání mezi pravděpodobnostmi poruchy a indexem spolehlivosti:

$$\beta_d \approx -0605 + \sqrt{\frac{\log P_d}{0,198} - 1,5}$$

Funkce spolehlivosti (Reliability function) $RF = R - S$. R označuje odolnost konstrukce a S účinky zatížení. Pravděpodobnost poruchy je tak dána jako $P_f = (RF = R - S)$. Porucha nastane pokud $RF < 0$.



Obrázek 44 Graf R-S

Odolnost konstrukce R závisí na výpočetním modelu, materiálových vlastnostech konstrukce (pevnost a tuhost) a jejich geometrických charakteristikách (tvar, rozměr, průřez, nepřesnosti). Váže se na mezní stav. Mezní stav únosnosti v daném namáhání. Mezní stav použitelnosti odolnost konstrukce daná přetvořením konstrukce či kmitáním.

Účinek zatížení S je nejvýznamnější veličinou, která vstupuje do procesu posudku spolehlivosti. Vyjadřuje zdroj zatížení, intenzitu, směr působení, dobu trvání, ale i vliv prostředí. Jedná se o náhodnou veličinu. Pravděpodobnostní vyjádření je výstižné, ale velice pracné. Vyjadřuje se pomocí histogramů středních nebo extrémních hodnot, nebo pomocí křivek trvání zatížení. Váže se na mezní stav.

5.1 Posouzení v programu Anthill metodou SBRA

Pro posouzení jsem vybrala ocelovou vzpěru HEM 300 S235. Vybrala jsem nejvíce namáhanou vzpěru – nejkritičtější místo a kombinace sil, která byla rozhodující při posuzování mezního stavu únosnosti ve SCIA Engineer. Posouzení pravděpodobnosti poruchy je možné udělat i pro ostatní prvky konstrukce a ve větší míře uplatnění pravděpodobnostního přístupu.

Třidu spolehlivosti jsem pro danou konstrukci určila jako RC2, tedy střední následky. Pravděpodobnost poruchy pro RC2 má hodnotu $7,28 \cdot 10^{-5}$.

Pro posouzení bylo provedeno 50000 kroků (omezení dostupné verze softwaru Anthill). Z tohoto důvodu bylo provedeno více výpočtů a sledovány rozdíly ve výsledných hodnotách. Rozdíly ve výsledcích „Tlakyohyb“ byly mezi 0,01 - 0,1 %. To pro účely této diplomové práce je přijatelné a jsou prezentovány výsledky z jednoho náhodně

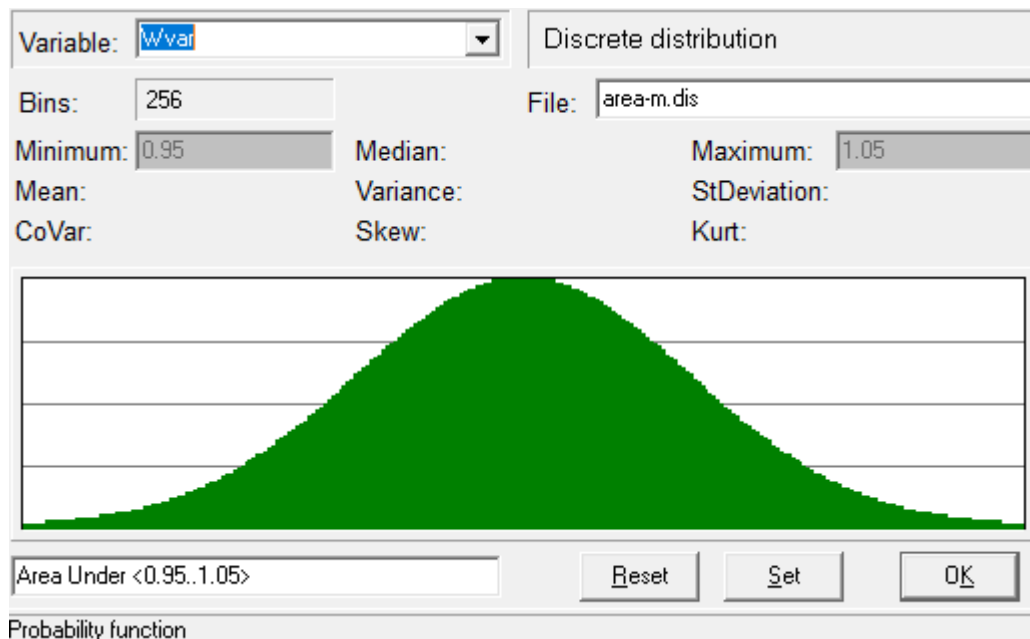
zvoleného výpočtu. Pro podrobnější řešení a případnou realizaci by byla použita plná verze softwaru a realizováno více kroků.

Variable	Type	Parameters	Comment
Wvar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.0500	Area Under <0.95..1.05>
Fyvar	t235fy01.dis	Min=200.00000000 Max=435.	Pevnost na mezi kluzu Fy [MPa], S235J
Avar	area-m.dis	Min=0.95000000 Max=1.0500	Area Under <0.95..1.05>
Ned1	Constant	Value=664.42	vnitřní síly
Mzed1	Constant	Value=50.67	vnitřní síly
Vzed1	Constant	Value=15.03	vnitřní síly
A1	Constant	Value=0.03031	plocha průřezu
y	Constant	Value=0.155	vzdálenost těžiště
Fvar	area-o.dis	Min=0.95000000 Max=1.1000	Area Over <0.95..1.1>
Wplz1	Constant	Value=0.001913	plastický modul průřezu
z	Constant	Value=0.17	vzdálenost těžiště
Wply1	Constant	Value=0.004078	plastický modul průřezu
Vyed1	Constant	Value=7.99	vnitřní síly
Myed1	Constant	Value=56.52	vnitřní síly

Obrázek 45 Vstupní proměnné

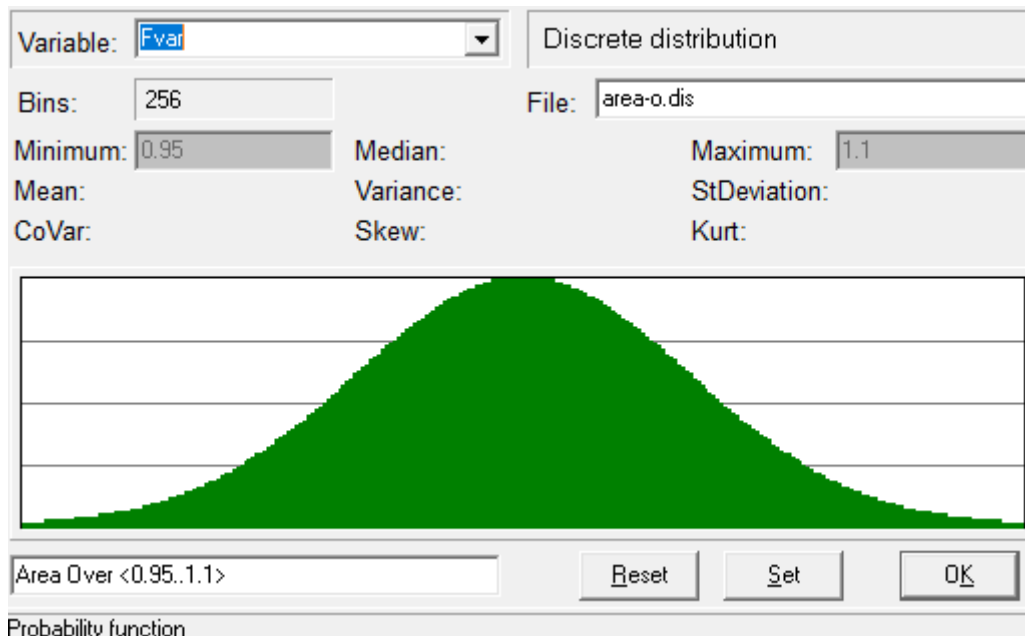
Použité histogramy

- Typ area-m
 - o Minimum 0,95
 - o Maximum 1,05
 - o Použito pro proměnné Wvar a Avar



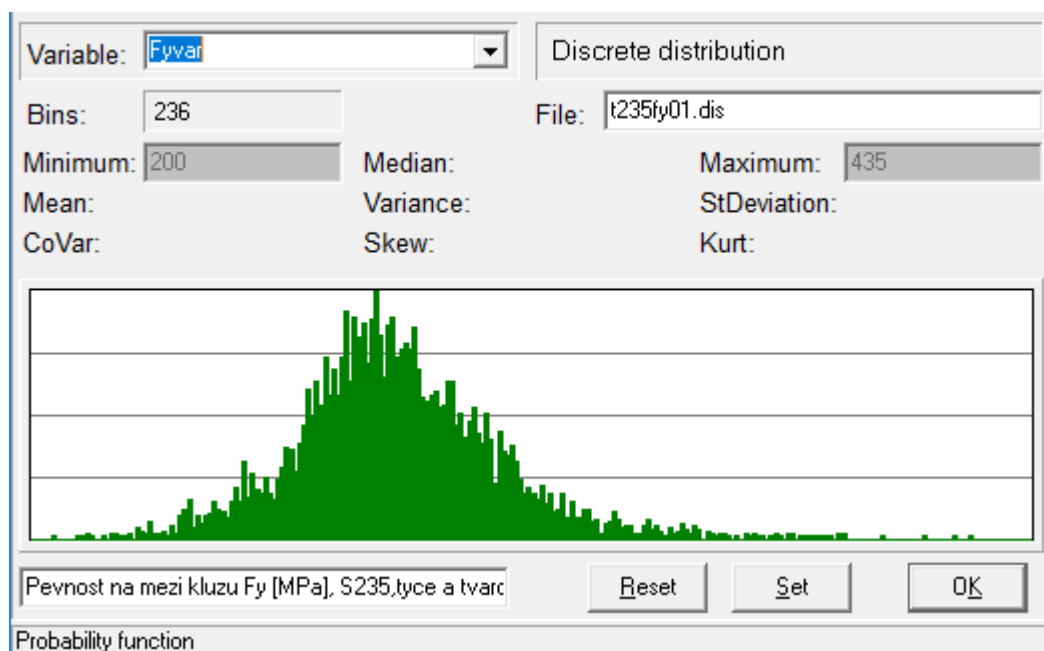
Obrázek 46 Histogram area-m

- Typ area-o
 - o Minimum 0,95
 - o Maximum 1,1
 - o Použito pro proměnou Fvar



Obrázek 47 Histogram area-o

- Typ t235fy01
 - o Minimum 200
 - o Maximum 435
 - o Použito pro proměnou Fyvar



Obrázek 48 Histogram t235fy01

Hodnocené veličiny

Evaluated variables			
Variable	Activity	Discrete	Recalculate
SigmaN	Log	No	No
SF1	Log	No	No
SF2	Log	No	Yes
Ned	Log	No	No
Wply	Inactive	No	No
CapaLT	Inactive	No	No
Myrd	Log	No	No
kyy	Inactive	No	No
CapaY	Inactive	No	No
Nrd	Log	No	No
lz	Inactive	No	No
Wplz	Inactive	No	No
kzz	Inactive	No	No
CapaZ	Inactive	No	No
A	Inactive	No	No
Myed	Log	No	No
Vyed	Log	No	No
Mzed	Log	No	No
Vzed	Log	No	No
ly	Inactive	No	No
Avy	Inactive	No	No
Avz	Inactive	No	No
Vyrd	Log	No	No
Vzrd	Log	No	No
Smyky	Log	No	No
Smykz	Log	No	No
Mzrd	Log	No	No
SigmaOy	Log	No	No
SigmaOz	Log	No	No
SigmaNOy	Log	No	No
SigmaNOz	Log	No	No
SF3	Log	No	No
Chiy	Inactive	No	No
Chiz	Inactive	No	No
Tlaky	Log	No	No
Tlakz	Log	No	No
kyz	Inactive	No	No
kzy	Inactive	No	No
Ohybzy	Log	No	No
Ohybyy	Log	No	No
Ohybyz	Log	No	No
Ohybzz	Log	No	No
TlakzOhyb	Log	No	No
TlakyOhyb	Log	No	No

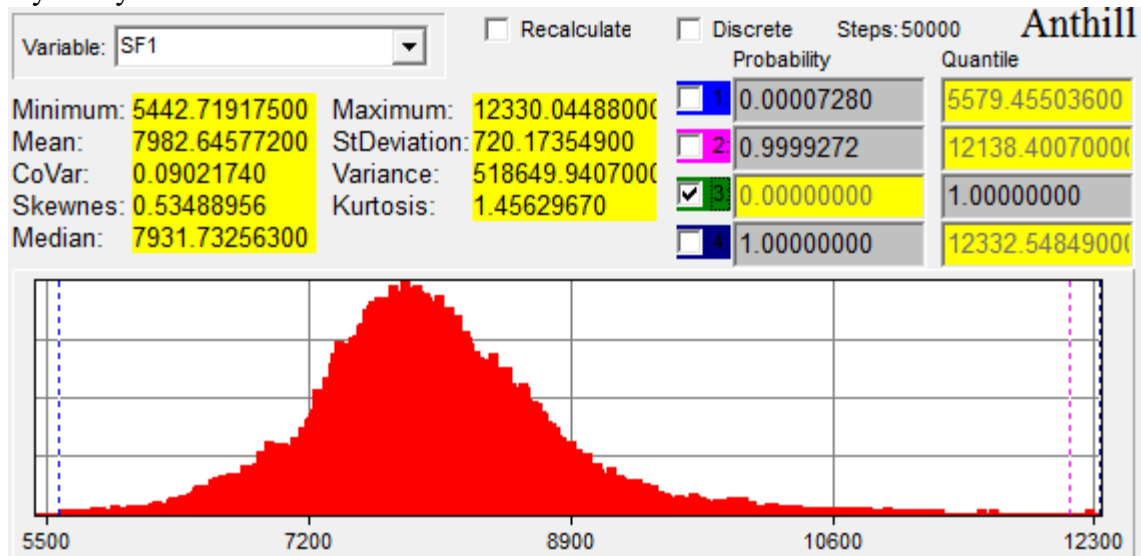
Obrázek 49 Hodnocené veličiny

Rovnice

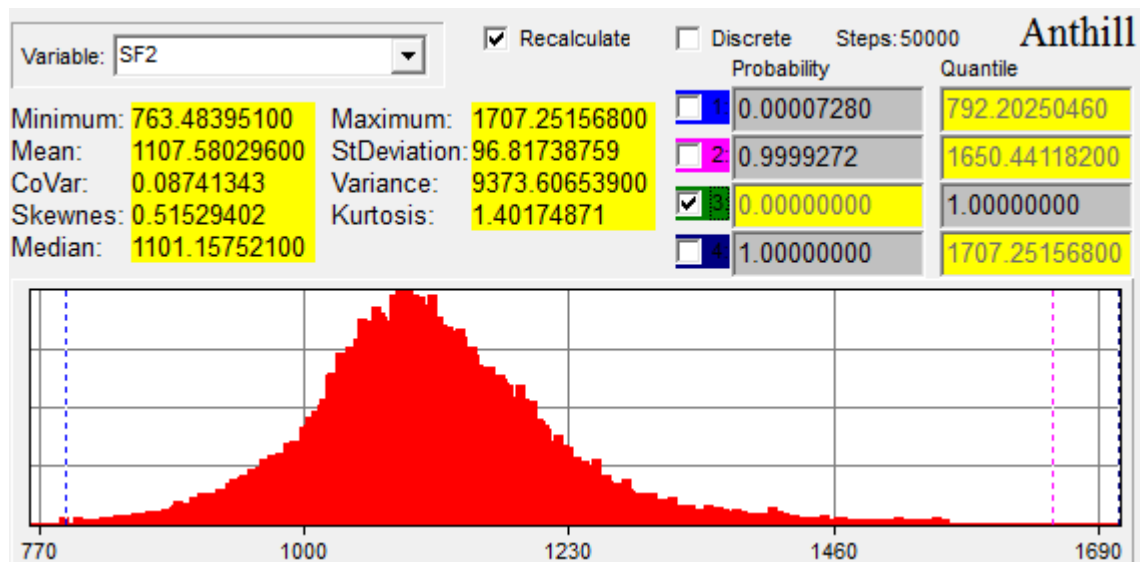
Equations			
SF3=(Mzrd)-abs(Mzed)	:pst poruchy v ohybu	kzy=0.83	:interakční součinitel [-]
SF2=(Myrd)-abs(Myed)	:pst poruchy v ohybu	CapaY=1	:součinitel vzpernosti [-]
SF1=(Nrd)-abs(Ned)	:pst poruchy v tlaku	kyy=1.38	:interakční součinitel [-]
SigmaNOz=SigmaN+SigmaOz	:kombinace napeti od ohybu a tlaku	kzz=0.4	:interakční součinitel [-]
SigmaNOy=SigmaN+SigmaOy	:kombinace napeti od ohybu a tlaku	Mzrd=(CapaLT*Wplz*Fyvar*10 ³)/1	:unosnost v ohybu [kNm]
SigmaN=(Ned*10 ³ /A)*10 ⁻⁶	:napeti v tlaku [MPa]	Myrd=(CapaLT*Wply*Fyvar*10 ³)/1	:unosnost v ohybu [kNm]
SigmaOz=(Mzed*10 ³ /Iz)*10 ⁻⁶	:napeti v ohybu [MPa]	CapaLT=1	:součinitel klopení [-]
SigmaOy=(Myed*10 ³ /Iy)*10 ⁻⁶	:napeti v ohybu [MPa]	Wplz=Wplz1*Wvar	:plastický průřezový modul [m ³]
TlakyOhyb=Tlaky+Ohybyy+Ohybyz	:posouzení ohybu + tlaku	Wply=Wply1*Wvar	:plastický průřezový modul [m ³]
TlakzOhyb=Tlakz+Ohybzy+Ohybzz	:posouzení ohybu + tlaku	Smykz=(Vzed)/Vzrd	:posouzení ve smyku
Tlaky=Ned/(Chiy*Nrd)	:posouzení tlaku	Smyky=(Vyed)/Vyrd	:posouzení ve smyku
Chiz=0.13	:redukční součinitel [-]	Vzrd=(Avz*Avar*(Fyvar*10 ³ /3 ^{0.5}))/1	:unosnost ve smyku [kN]
Chiy=0.14	:redukční součinitel [-]	Vyrd=(Avy*Avar*(Fyvar*10 ³ /3 ^{0.5}))/1	:unosnost ve smyku [kN]
Ohybzz=(kzz*(Mzed)/Mzrd)	:posouzení ohybu	Avz=0.009055	:smyková plocha [m ²]
Ohybyz=(kzy*(Mzed)/Mzrd)	:posouzení ohybu	Avy=0.025188	:smyková plocha [m ²]
Ohybyy=(kyy*(Myed)/Myrd)	:posouzení ohybu	Iz=0.000194	:moment setrvačnosti [m ⁴]
Ohybzy=(kzy*(Myed)/Myrd)	:posouzení ohyb	Iy=0.000593	:moment setrvačnosti [m ⁴]
Nrd=(CapaZ*A*Fyvar*10 ³)/1	:unosnost v tlaku [kN]	A=A1*Avar	:plocha průřezu [m ²]
CapaZ=1	:součinitel vzpernosti [-]		
kzz=0.67	:interakční součinitel [-]		
		:síly:	
		Ned=Ned1*Fvar	[kN]
		Vzed=Vzed1*Fvar	[kN]
		Mzed=Mzed1*Fvar	[kNm]
		Vyed=Vyed1*Fvar	[kN]
		Myed=Myed1*Fvar	[kNm]

Obrázek 50 Rovnice

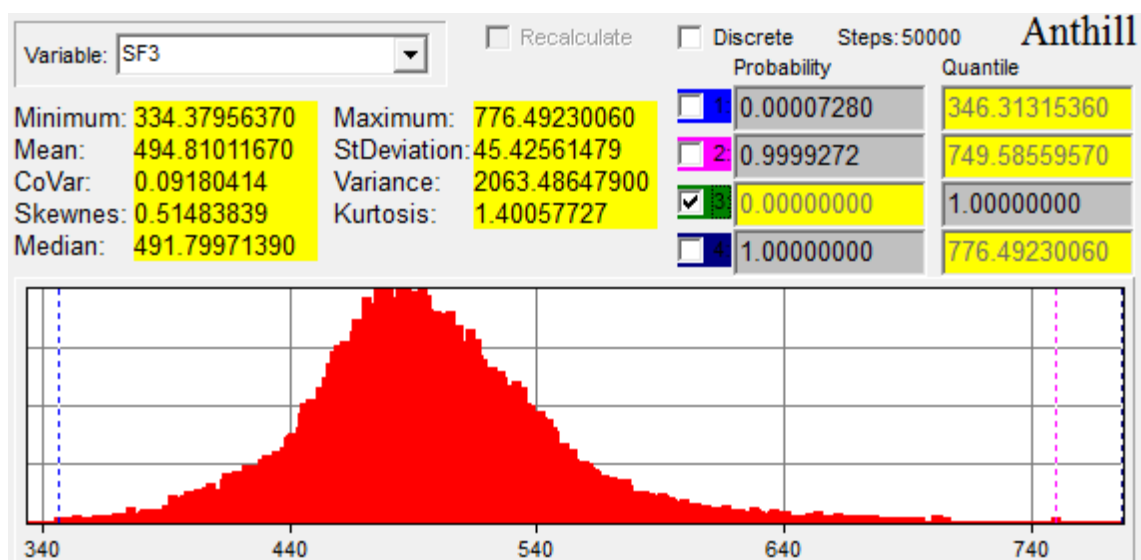
Výsledky



Obrázek 51 Histogram SF1 [kN]

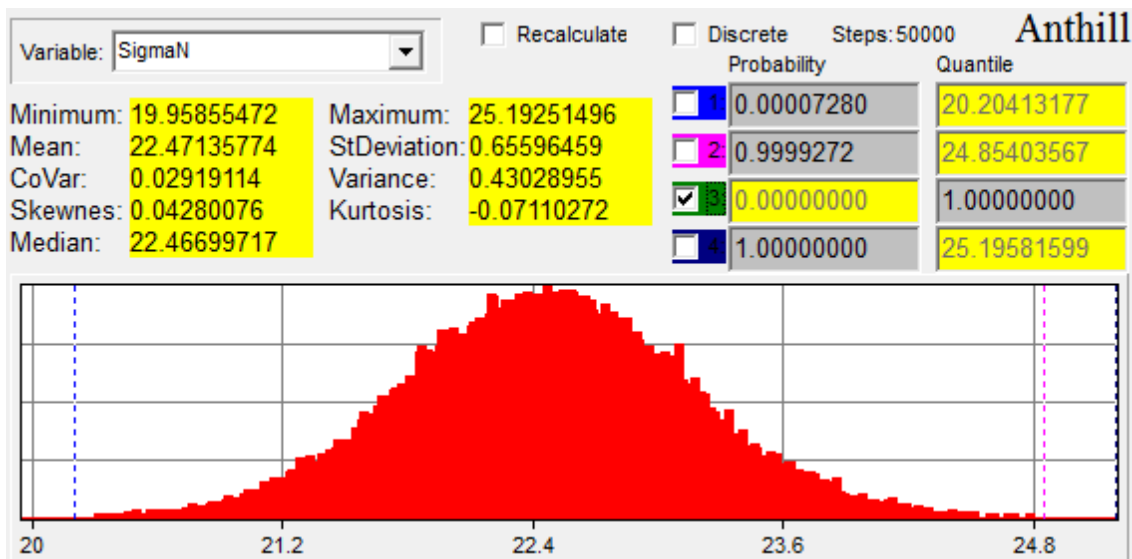


Obrázek 52 Histogram SF2 [kNm]



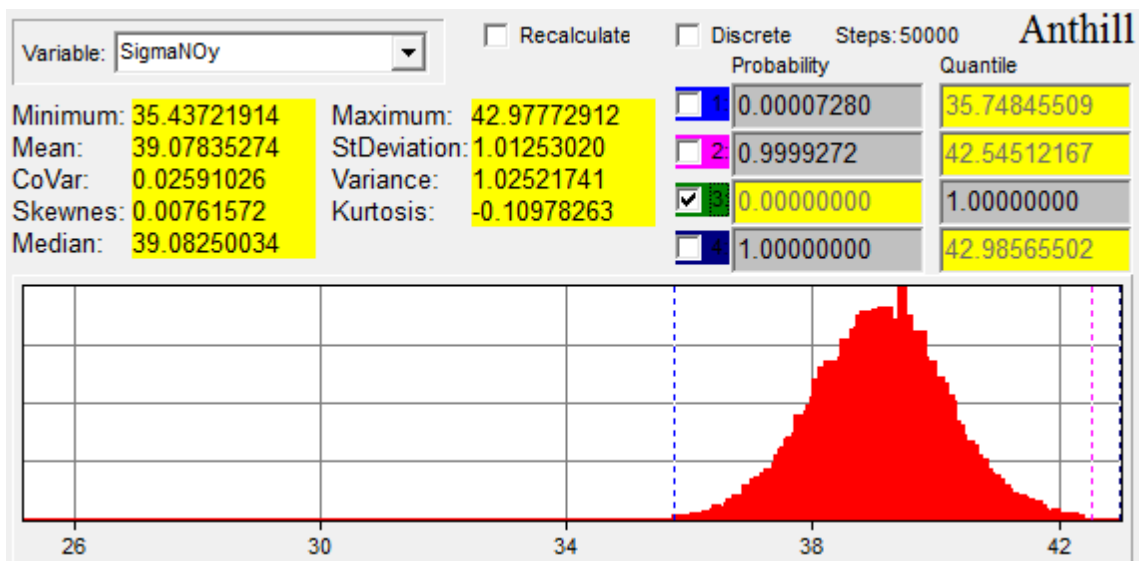
Obrázek 53 Histogram SF3 [kNm]

Napětí v průřezu pro tlak při pravděpodobnosti poruchy $P_f = 0,0000728$ je 24,85 Mpa.



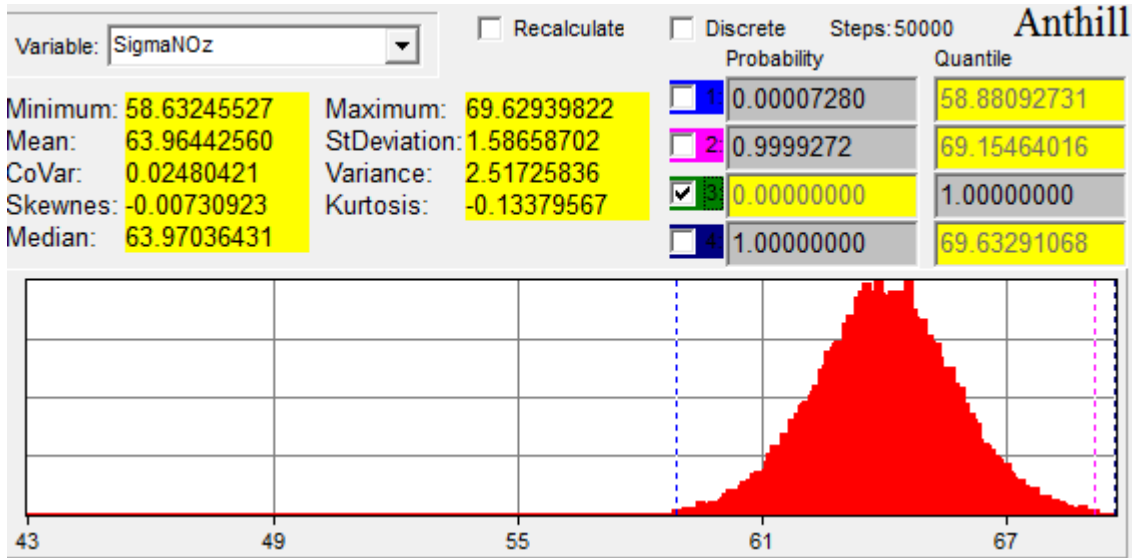
Obrázek 54 Histogram SigmaN [MPa]

Napětí v průřezu pro tlak a ohyb při pravděpodobnosti poruchy $P_f = 0,0000728$ je 42,55 MPa.



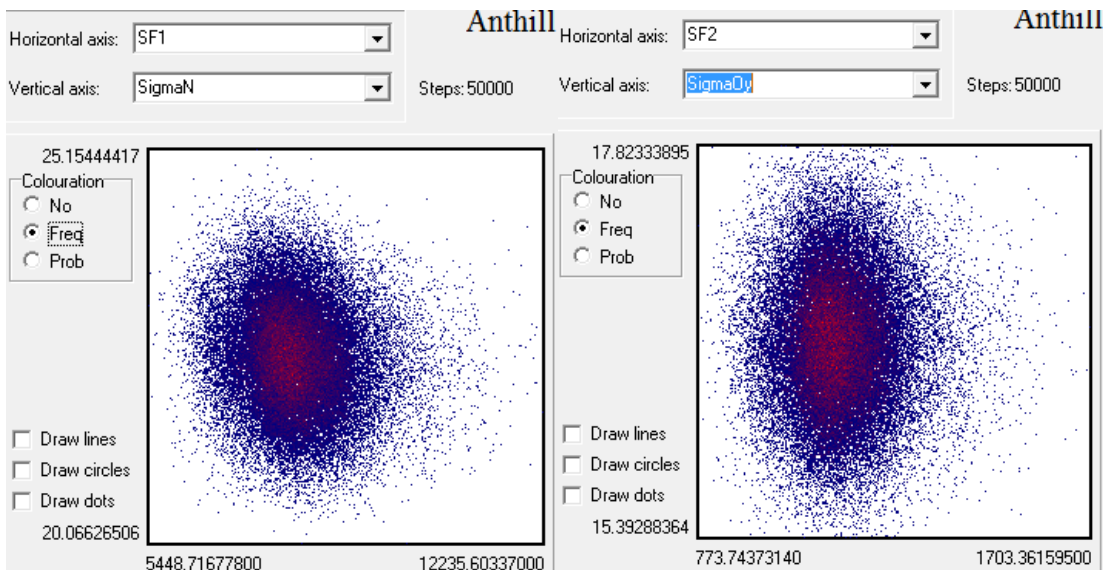
Obrázek 55 Histogram SigmaNOy [MPa]

Napětí v průřezu pro tlak a ohyb při pravděpodobnosti poruchy $P_f = 0,0000728$ je 69,16 MPa.

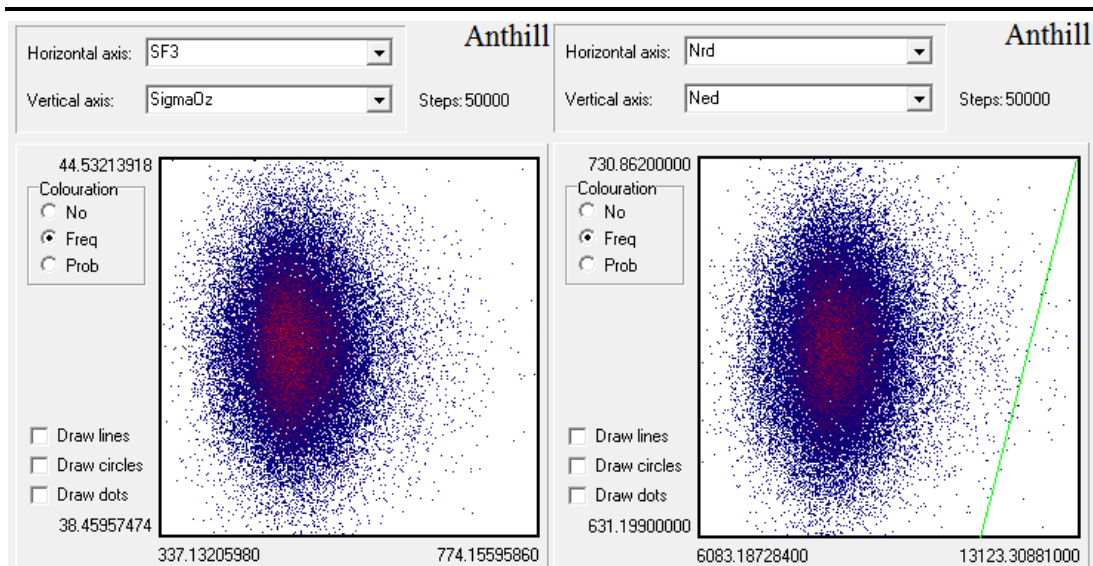


Obrázek 56 Histogram SigmaNOz [MPa]

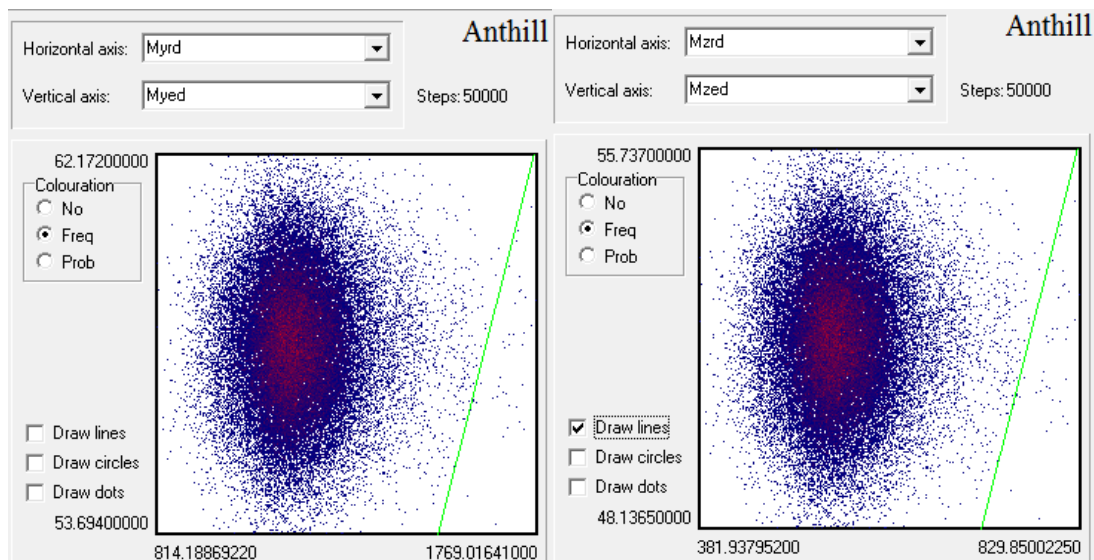
2D výstupy



Obrázek 57 2D výstupy SF1/SigmaN a SF2/SigmaOy

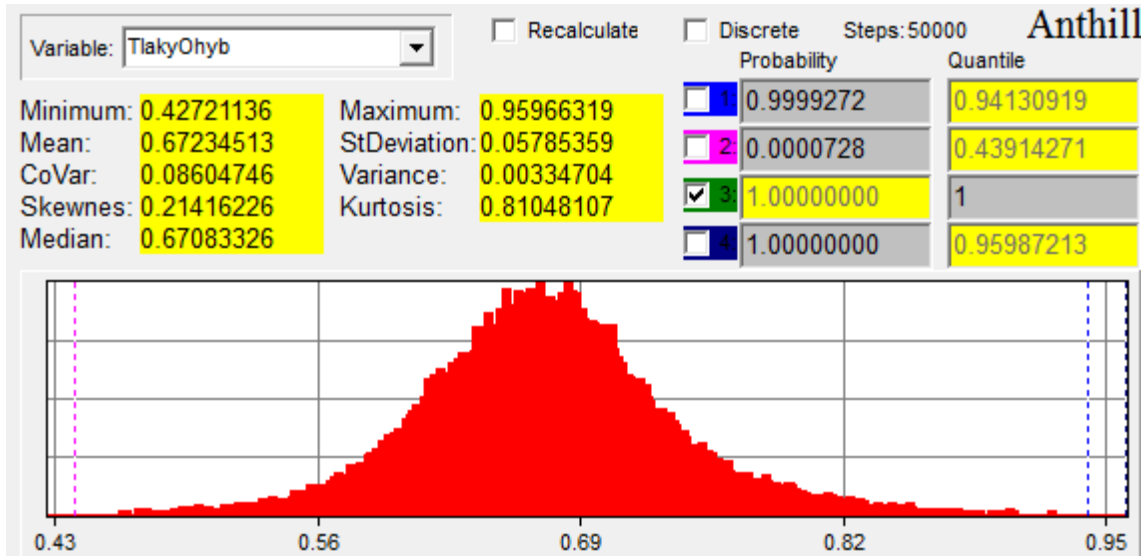


Obrázek 58 2D výstup SF3/SigmaOz a Nrd/Ned s vykreslenou přímkou =0



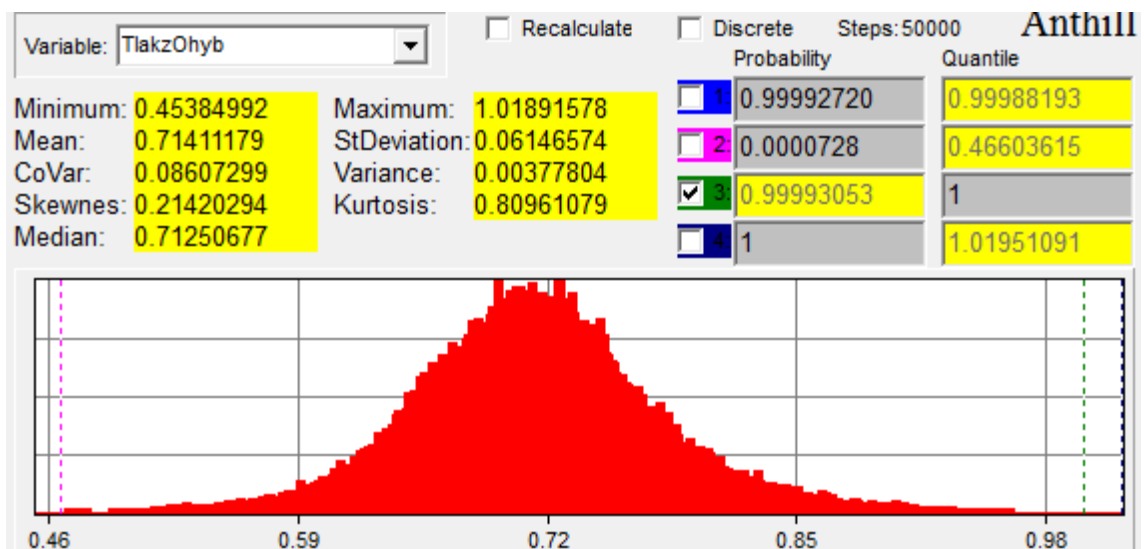
Obrázek 59 2D výstup Myrd/Myed s vykreslenou přímkou =0 a Mzrd/Mzed s vykreslenou přímkou = 0

Využití průřezu pro kombinaci osového tlaku a ohybu při pravděpodobnosti poruchy $P_f = 0,0000728$ je 93,4 %. Využití průřezu v programu SCIA Engineer je 79 %. Využití průřezu z programu Anthill je v rozmezí mezi 42 – 96 % se střední hodnotou 67 %.



Obrázek 60 Histogram TlakyOhyb [%]

Využití průřezu pro kombinaci osového tlaku a ohybu při pravděpodobnosti poruchy $P_f = 0,0000728$ je 99,4 %. Využití průřezu v programu SCIA Engineer je 83 %. Využití průřezu z programu Anthill je v rozmezí mezi 45 – 100 % se střední hodnotou 71 %.



Obrázek 61 Histogram TlakzOhyb [%]

6. Dynamika - vlastní frekvence

Na dynamický výpočet jsem uvažovala hmoty - vlastní tíha a veškerá stálá zatížení. Výpočet jsem provedla v programu SCIA Engineer 15.3.

Hodnoty vlastních frekvencí jsou nízké, a proto byl proveden výpočet podle 2. řádu, který uvažuje vliv deformace konstrukce na vnitřní síly. Výsledky nelineární analýzy (teorie 2. řádu) se významně neliší od prvního řádu.

Chodci při běžné chůzi budí na lávce periodické současně působící síly

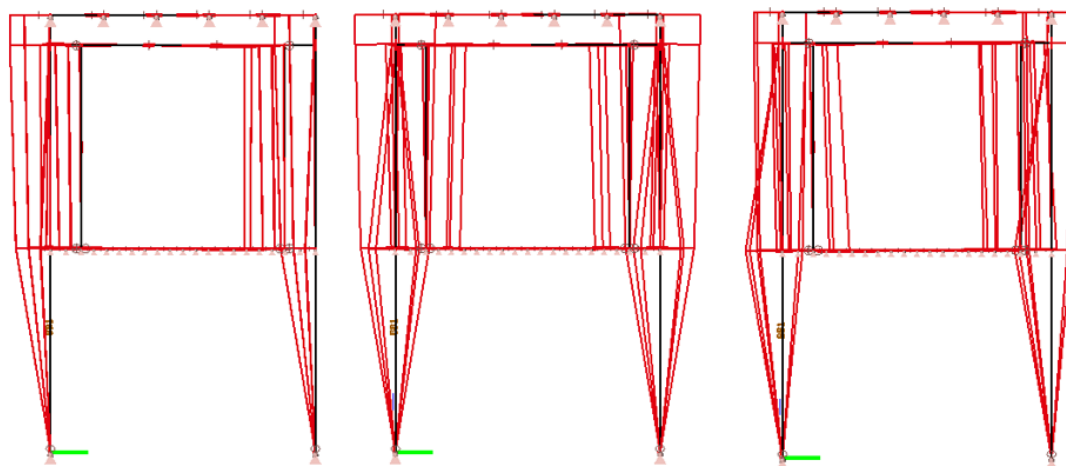
- frekvence ve vodorovném směru 0,5 – 1,5 Hz
- frekvence ve svislém směru 1 – 3 Hz

Na základě porovnání vlastních frekvencí s frekvencemi, které budí chodci, jsem konstručně přidala ztužidla HEM 300 S235. Výsledné vlastní frekvence se ztužidly jsou již mimo vlastní frekvence od chodců a nehrozí tak rezonanční stav. Tyto ztužidla jsou zanesené do výkresů, ne však do posudků, vizualizace a ostatních výsledků.

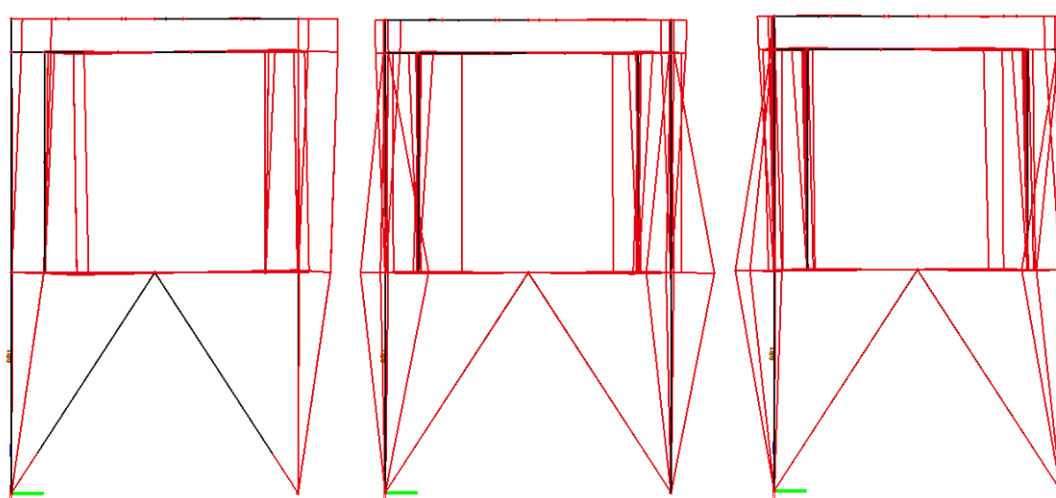
Tabulka 17 Srovnání vlastních frekvencí

N	f	Omega	Omega ²	T	N	f	Omega	Omega ²	T
	[Hz]	[1/s]	[1/s ²]	[s]		[Hz]	[1/s]	[1/s ²]	[s]
Kombinace hmot: CM1									
<i>Bez ztužidla</i>					<i>Se ztužidlem</i>				
1	1,00	6,30	39,7	1	1	1,56	9,78	95,66	0,64
2	1,97	12,41	153,9	0,51	2	3,09	19,42	377,12	0,32
3	2,56	16,08	258,66	0,39	3	3,22	20,24	409,81	0,31
4	3,03	19,03	361,99	0,33	4	3,26	20,50	420,13	0,31
5	3,59	22,55	508,6	0,28	5	4,06	25,49	649,91	0,25

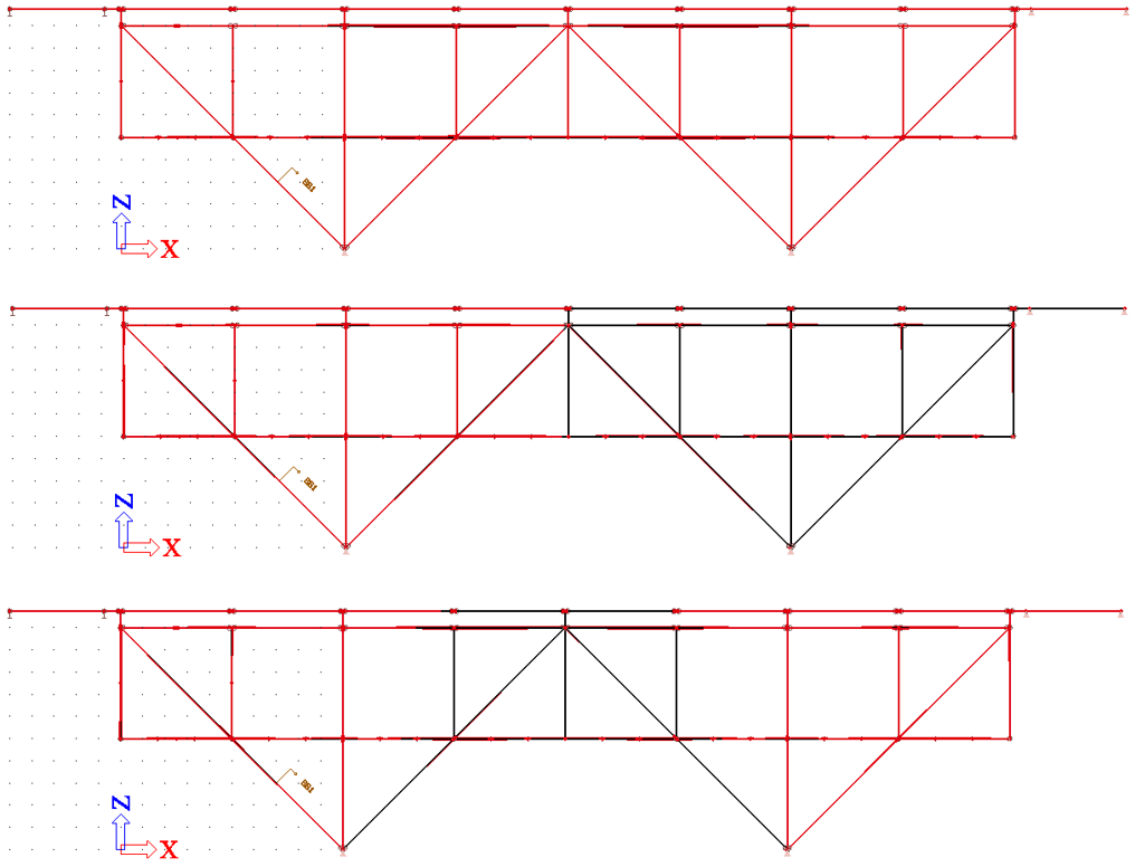
Na následujících obrázcích jsou znázorněny první tři vlastní tvary frekvencí bez ztužidla a se ztužidlem.



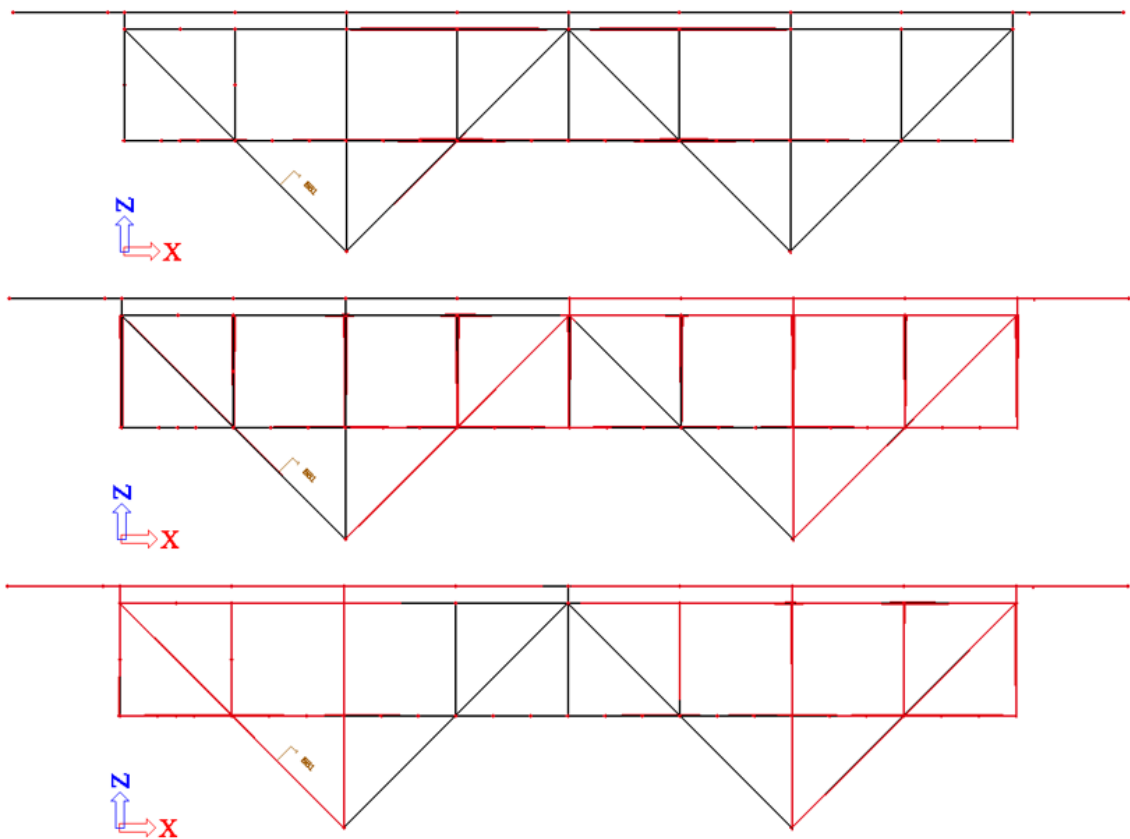
Obrázek 62 Vlastní frekvence pohled proti směru osy X bez ztužidla - zleva: 1., 2. a 3.



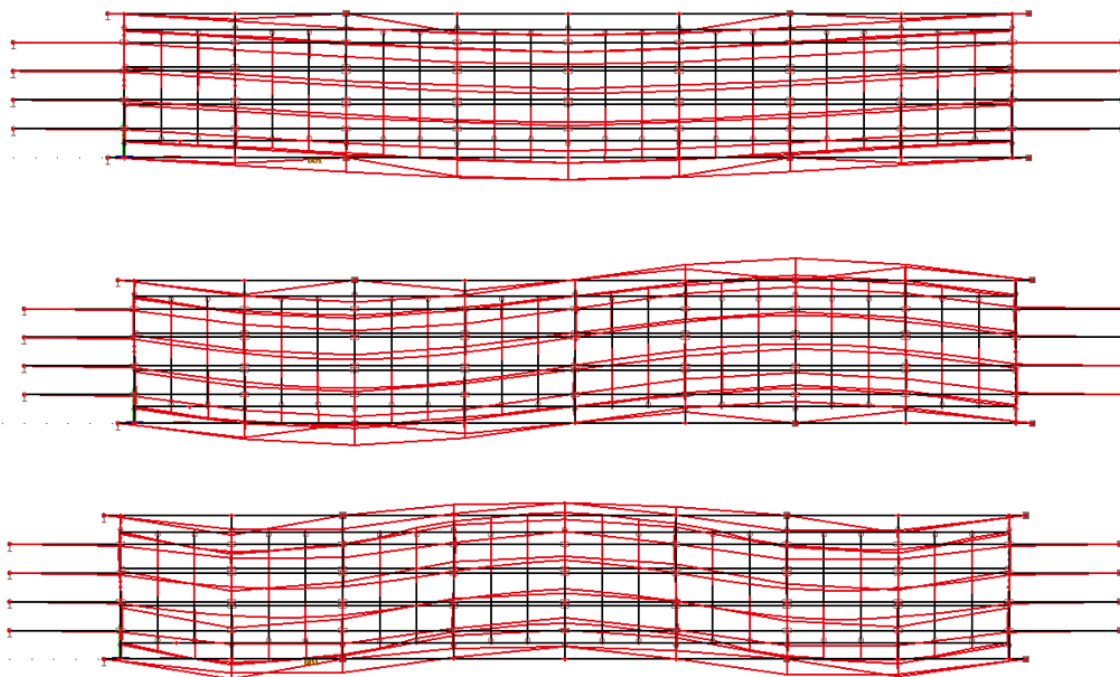
Obrázek 63 Vlastní frekvence pohled proti směru osy X se ztužidlem - zleva: 1., 2. a 3.



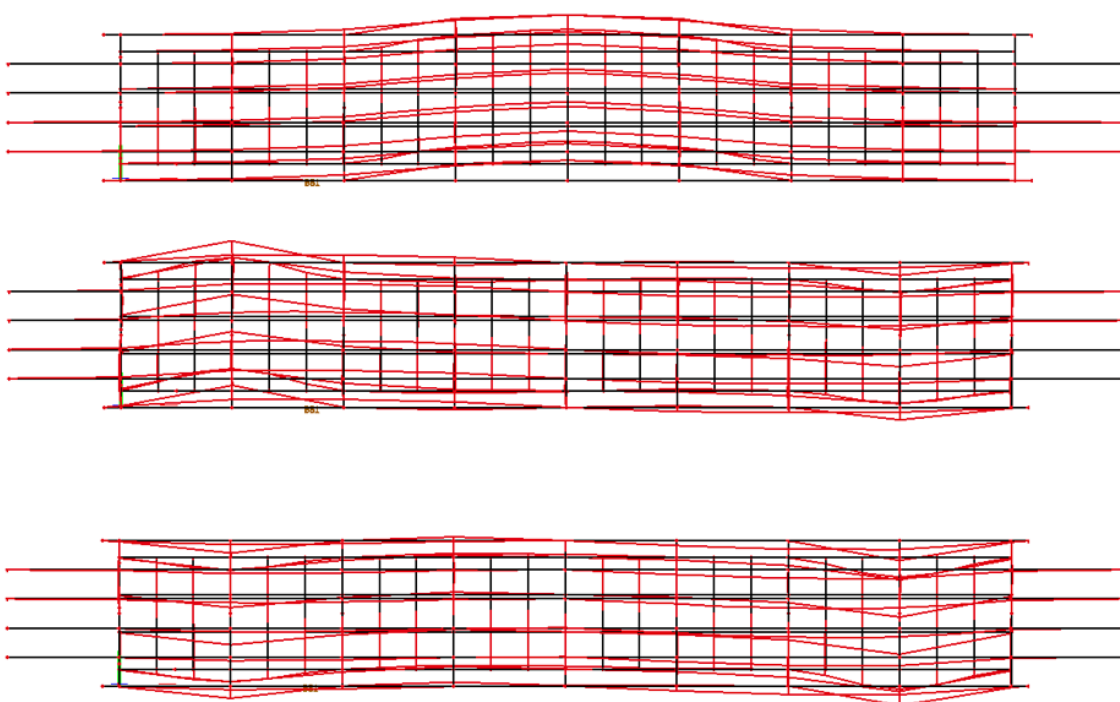
Obrázek 64 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Y - zleva: 1., 2. a 3.



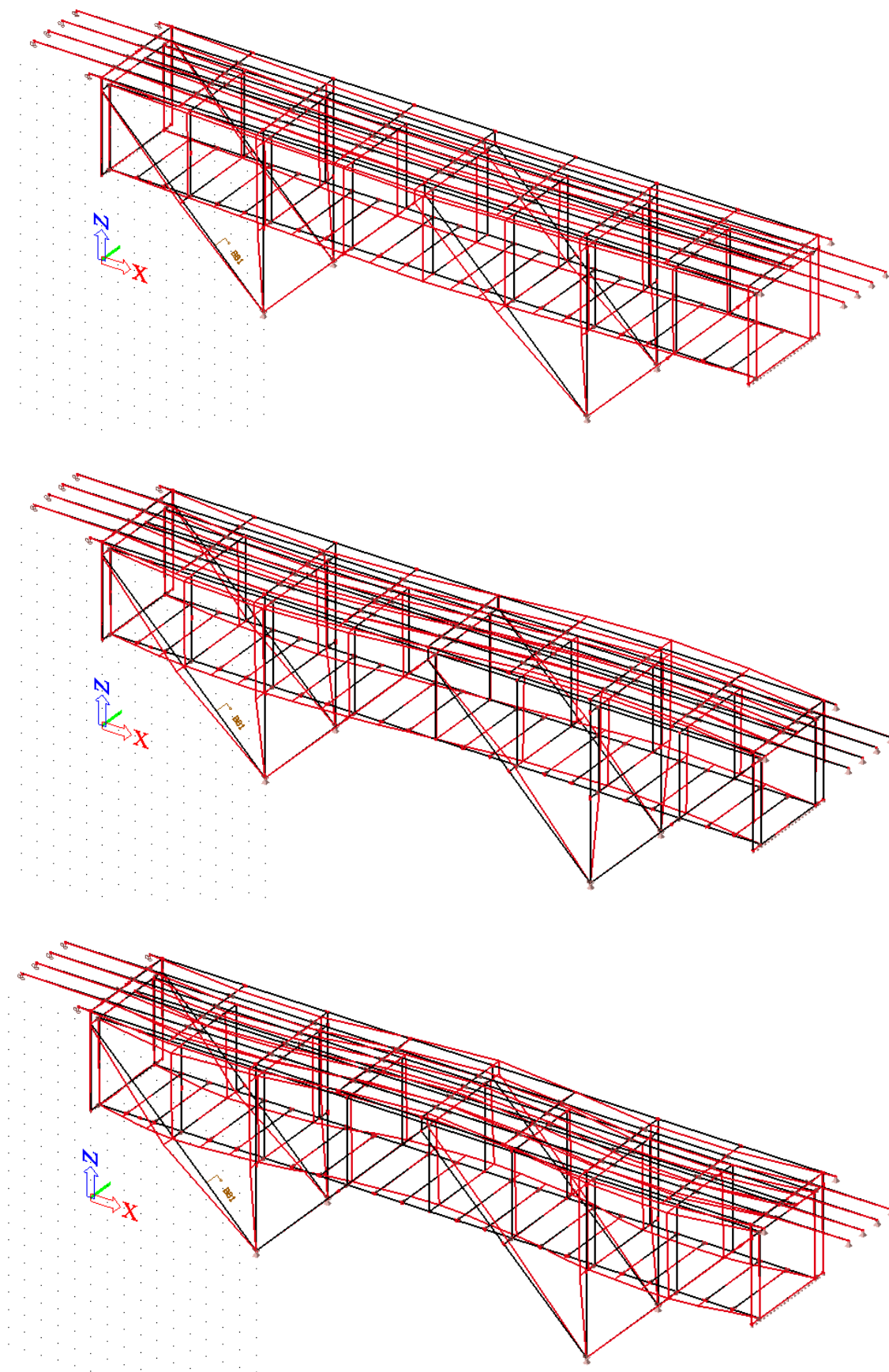
Obrázek 65 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Y se ztužidlem - zleva: 1., 2. a 3.



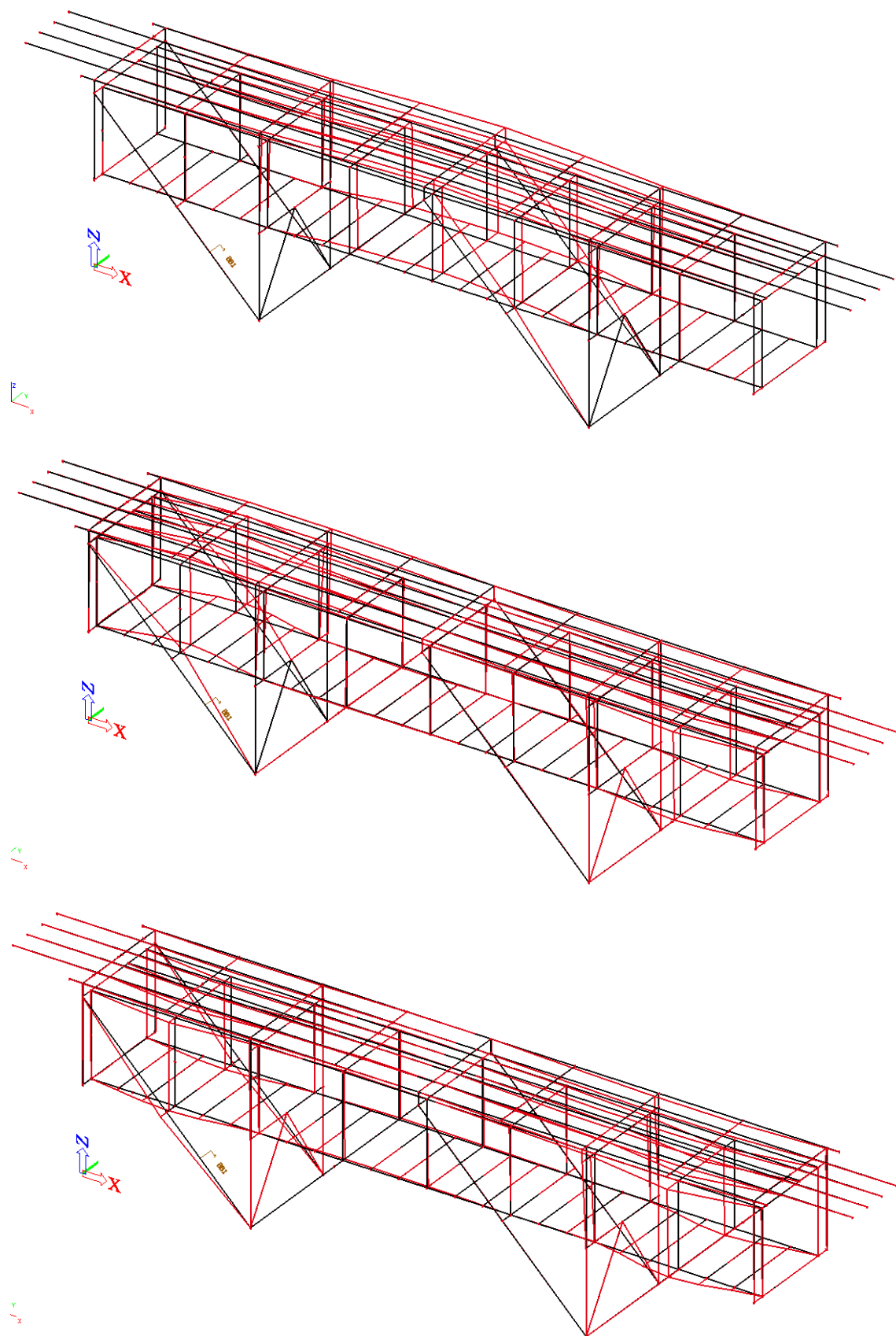
Obrázek 66 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Z - zleva: 1., 2. a 3.



Obrázek 67 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Z se ztužidlem- zleva: 1., 2. a 3.



Obrázek 68 Vlastní frekvence axonometrie - shora 1., 2. a 3.



Obrázek 69 Vlastní frekvence axonometrie se ztužidlem - shora 1., 2. a 3

7. Zatížení konstrukce

7.1 zatížení

7.1.1 Zatížení – stálé

Vlastní tíha

- Vlastní tíha konstrukce je automaticky generována programem SCIA Engineer

Podlaha v ocelovém modulu (dolní část)

- Skladba podlahy od Fermacell

Tabulka 18 Skladba podlahy

Vrstva	hustota[kg/m ³]	tloušťka [mm]	kg/m ²	kN/m ²
Keramická dlažba	2000	9	18	0,18
Lepidlo	1300	5	6,5	0,065
2x12,5mm sádrovláknitá deska	1200	25	30	0,3
1x10mm sádrovláknitá deska	1200	10	12	0,12
180 mm XPS DEO 300kPa	45	180	8,1	0,081
10 mm vyrovnávací vrstvy	400	10	4	0,04
Celkem	-	239	78,6	0,786

- Charakteristická hodnota zatížení od podlahy: $g_k = 0,786 \text{ kN/m}^2$

Zasklení ocelového modulu (dolní část)

- Zasklení pomocí fasádního systému Schüco AOC
- Zasklení 14 mm při rozdělení na 4 části
- Zasklení 24 mm při rozdělení na 2 části
- Plné panely s izolací od Schüco mají nižší hmotnost zasklení, proto je ve výpočtech uvažováno pouze zasklení
- Zatížení:
 - $g_s = b \text{ [m]} \cdot v \text{ [m]} \cdot 2,5 \cdot z \text{ [mm]}$
 - b – šířka
 - v – výška
 - z – tloušťka zasklení
 - 2,5 – objemová tíha skla (hliníkové profily nižší hodnota)
 - $g_{k,s14} = 1 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 14 = 35 \text{ kg/m}^2 = 0,35 \text{ kN/m}^2$
 - $g_{k,s24} = 1 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 24 = 60 \text{ kg/m}^2 = 0,60 \text{ kN/m}^2$

Zastřešení ocelového modulu (dolní část)

- Kingspan KS 1150 FP tl. 200 mm
- Zatížení $g_{stř,k} = 37,05 \text{ kg/m}^2 = 0,3705 \text{ kN/m}^2$

Zatížení ocelového modulu od technologie (dolní část)

- Zatížení od technogie/podhledu
 - o $g_{k,tech} = 0,2 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od mostovky

- mostiny z rostlého dřeva C24 (výška 80 mm, šířka 200 mm) uložené na podélníky z lepeného lamelového dřeva GL24h (výška 280 mm, šířka 160 mm)

Zatížení od zábradlí

- uvažováno v dalších výpočtech s neprodyšným zábradlím
- zatížení od konstrukce zábradlí
 - o $g_{k,zábradlí} = 0,5 \text{ kN/m}$

7.1.2 Zatížení – proměnná

Užitné ocelového modulu (dolní část)

- uvažována plocha, kde může docházet ke shromažďování lidí
- užitná kategorie: C1 „plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.“
- Rovnoměrné zatížení kategorie C1: $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Soustředěné zatížení kategorie C1: $Q_k = 3,0 \text{ kN}$

Zatížení dopravou

- Uvažují se tři navzájem vylučující modely – rovnoměrné zatížení, zatížení osamělou silou a zatížení od obslužného vozidla

1. Rovnoměrné zatížení

- o Charakteristická hodnota zatížení:

$$q_{kf} = 2 + 120/(L + 30) = 2 + 120/(40 + 30) = 3,71 \text{ kN/m}^2$$

- o L – zatěžovací délka $\rightarrow L = 40 \text{ m}$
- o Vodorovná síla brána jako 10 % ze zatížení svislého

2. Osamělá síla

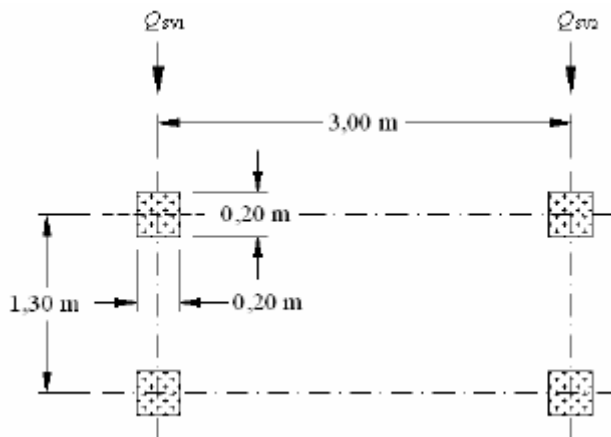
- o Charakteristická hodnota osamělé síly:

$$Q_{kfw} = 10 \text{ kN působící na čtvercové ploše o straně 0,1 m}$$

- o Osamělá síla se při ověřování obslužného vozidla neuvažuje

3. Obslužné vozidlo

- Bráno jako mimořádná návrhová situace
- Při zatížení obslužným vozidlem se neuvažuje žádné další proměnné zatížení
- Uvažované vozidlo o hmotnosti 2,5 t



Obrázek 70 Rozložení a vzdálenosti zatížení

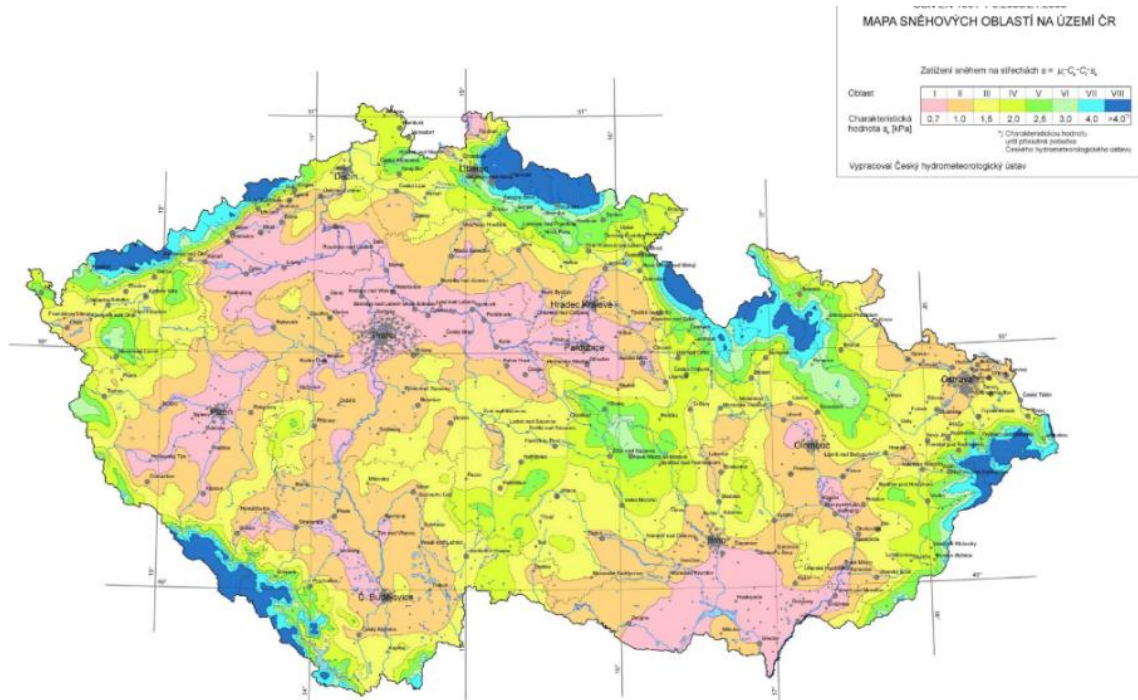
- Rozdělení sil na nápravy: $Q_{sv1} = 15 \text{ kN}$, $Q_{sv2} = 10 \text{ kN}$
- Brzdná (vodorovná) síla 60% ze svislého zatížení

Zatížení na zábradlí v úrovni madla

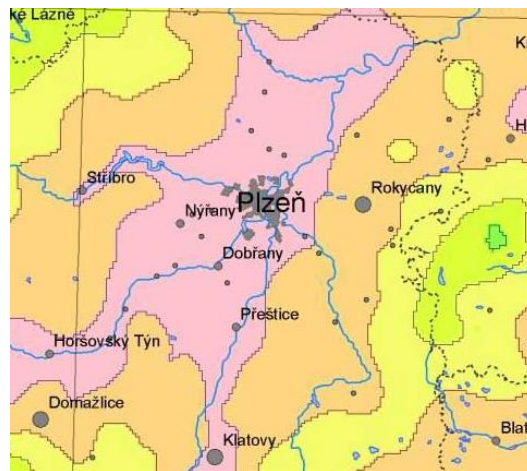
- svislé zatížení: $q_{s,zábradlí,k} = 1,0 \text{ kN/m}$
- vodorovné zatížení: $q_{v,zábradlí,k} = 1,0 \text{ kN/m}$

Sníh

- uvažovaná lokalita – Plzeňsko



Obrázek 71 Mapa sněhových oblastí ČR



Obrázek 72 Detail sněhové mapy - Plzeňsko

- Sněhová oblast II
- Charakteristický hodnota:
 - $s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
- Tvarový součinitel:
 - $\mu_1 = 0,8 [-]$
- Součinitel expozice:
 - $C_e = 1,2 [-]$

- Tepelný součinitel:
 - $C_t = 1,0 [-]$
- Celkové zatížení sněhem:
 - $s = s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 1 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 = \mathbf{0,96 \text{ kN/m}^2}$

Návěj sněhu u překážky

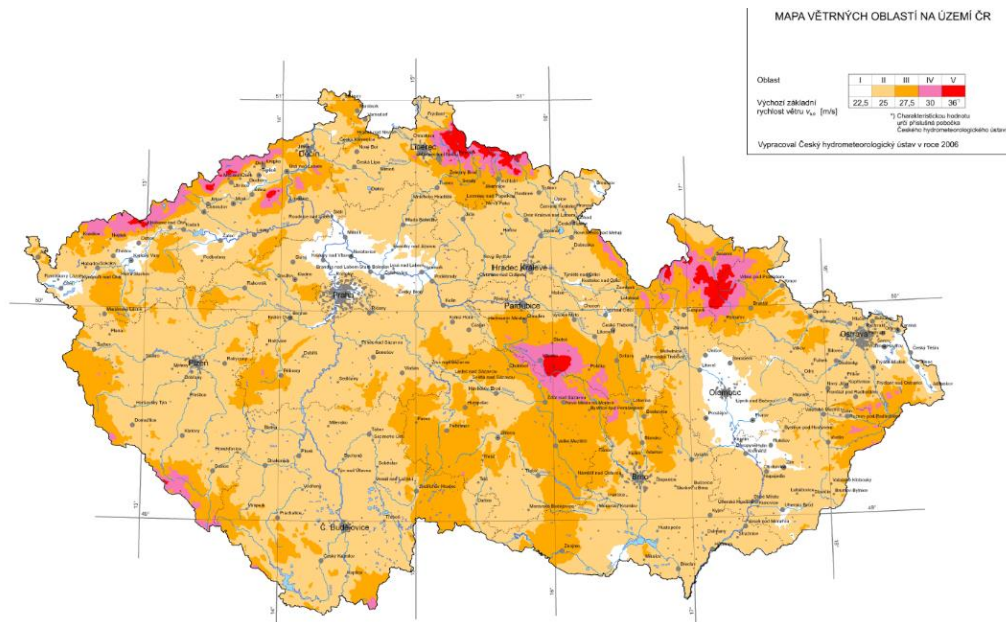
- Možnost návěje sněhu u zábradlí
- Výška zábradlí:
 - $h = 1,3 \text{ m}$
- Délka návěje:
 - $l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 1,3 = 2,6\text{m} \quad \mathbf{5\text{m} \leq l_s \leq 15\text{m}}$
- Tvarový součinitel:
 - $\mu_1 = 0,8$
- Tvarový součinitel:
 - $\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k = 2 \cdot 1,3 / 0,96 = 2,71 \quad \mathbf{0,8 \leq \mu_2 \leq 2}$
- γ – objemová tíha ulehlého sněhu $\rightarrow \gamma = 2 \text{ kN/m}^3$
- zatížení návějí:
 - $s_n = \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,96 = 2,3 \text{ kN/m}^2$

Návěj sněhu ve výpočtu dále neuvažována.

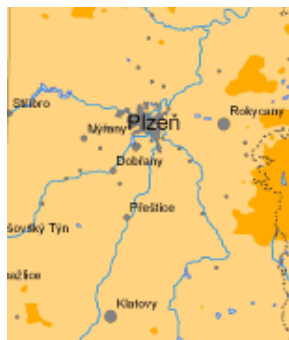
Kombinace zatížení sněhem a zatížením od dopravy se u lávek neuvažuje.

Vítr

- uvažovaná lokalita – Plzeňsko



Obrázek 73 Mapa větrných oblastí ČR



Obrázek 74 Detail větrné mapy - Plzeňsko

- Větrná oblast II
- základní rychlost větru:
 - $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
- kategorie terénu III
 - $z_0 = 0,3 \text{ m}$
 - $z_{min} = 5 \text{ m}$
- součinitel směru větru:
 - $c_{dir} = 1$
- součinitel ročního období:
 - $c_{season} = 1$

- základní rychlost větru:
 - $v_b = c_{dir} \cdot c_{Season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$
- součinitel drsnosti terénu:
 - $c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0)$ pro $z_{min} \leq z_e \leq 200\text{m}$
 - $c_r(z_e) = 0,168 \cdot \ln(12,6/0,3) = 0,628$
 - $k_r = 0,19 \cdot (z_0/0,05)^{-0,07} = 0,19 \cdot (0,3/0,05)^{-0,07} = 0,168$
 - $z_e = \text{referenční výška} = 12,6 \text{ m}$
- součinitel orografie:
 - $c_o(z) = 1,0$
- střední rychlost větru:
 - $v_m(z_e) = v_b \cdot c_o(z_e) \cdot c_r(z_e)$
 - $v_m(z_e) = 25 \cdot 1 \cdot 0,628 = 15,7 \text{ m/s}$
- intenzita turbulence větru:
 - $I_v = k_I / (c_o(z) \cdot \ln(z_{min}/z_0)) = 1 / (1 \cdot \ln(5/0,3)) = 0,355$
- základní dynamický tlak větru:
 - $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 390,625 \text{ Pa}$
- maximální dynamický tlak:
 - $q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = (1 + 7 \cdot 0,355) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 15,7^2 = 536,89 \text{ Pa}$
 - $q_p(z) = 0,537 \text{ kN/m}^2$

Vítr horní část

součinitel konstrukce

- podle NA se má nutnost dynamického výpočtu odezvy mostu konzultovat se specialisty
- obvykle pro konstrukce o rozpětí $\leq 40 \text{ m}$ není dynamický výpočet odezvy nutný
 - $c_s c_d = 1$
- součinitele sil
 - síla ve směru x – zjednodušená metoda
 - $F_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x}$
 - $C = c_e \cdot c_{f,x} = 3,485 \cdot 1,3 = 4,53$
 - $c_{f,x} = c_{f,x,0} = 1,3$
 - $c_e = 1 + 7 \cdot I_v(z) = 1 + 7 \cdot 0,355 = 3,485$

- $F_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 4,53 \cdot A_{ref,x} = 1770 \cdot A_{ref,x}$
- $f_{w,x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 4,53 = 1770 \text{ N/m}^2 = 1,770 \text{ kN/m}^2$
- síly ve směru z
 - $F_{w,z} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z}$
 - $C = c_e \cdot c_{f,z} = \pm 1,4$
 - $c_{f,z} = \pm 0,4$
 - $A_{ref,z} = b \cdot L = 6,5 \cdot 40 = 260 \text{ m}^2$
 - $F_{w,z} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,z} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot \pm 1,4 \cdot 260 = 142187,5 \text{ N} = 142,2 \text{ kN}$
 - $f_{w,z} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot \pm 1,4 = \pm 547 \text{ N/m}^2 = \pm 0,547 \text{ kN/m}^2$
- síly ve směru y
 - lze uvažovat jako 25% síly ve směru x
 - $F_{w,y} = 0,25 \cdot F_{w,x} = 0,25 \cdot 1,77 = 0,443 \text{ kN/m}^2$

Vítr dolní část (ocelový modul)

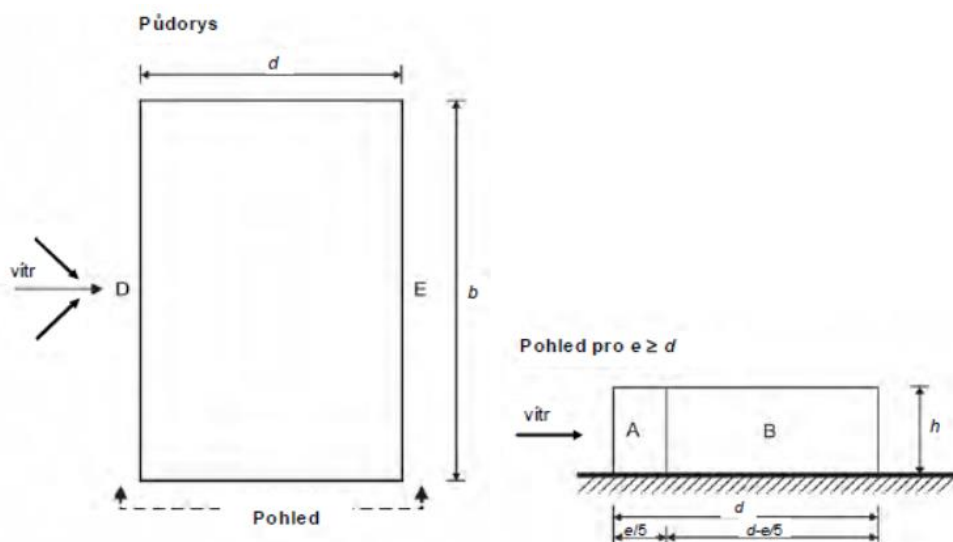
- stěny
 - $e = \min \{b; 2h\} = \min \{40,4; 2 \cdot 5,4\} = 10,8 \text{ m}$
 - $d = 5,4 \text{ m}$
 - $A = e/5 = 10,8/5 = 2,16 \text{ m}$
 - $B = 4/5 e = 8,64 \text{ m}$
 - $h/d = 5,4 / 5,4 = 1$
 - $w_e = q_p(z) \cdot C_{pe}$

Tabulka 19 Součinitel tlaku větru a tlak větru na oblasti stěny

Oblast	C _{pe}	W _e [kN/m ²]
A	-1,2	-0,64
B	-1,4	-0,75
D	+0,8	+0,43
E	-0,5	-0,269

Tabulka 20 Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	



Obrázek 75 Legenda pro stěny

- střecha

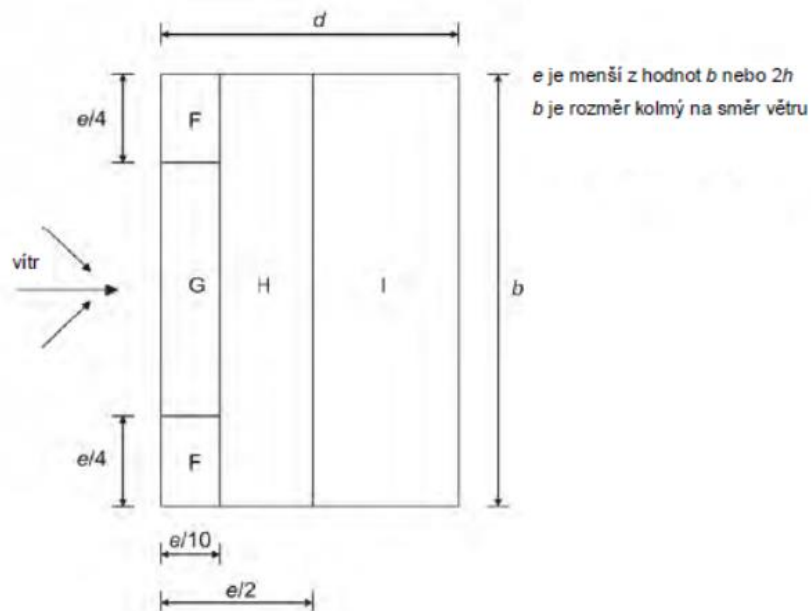
- $e = \min \{b; 2h\} = \min \{40,4; 2 \cdot 5,4\} = 10,8 \text{ m}$
- $e/2 = 5,4 \text{ m}$
- $e/4 = 2,7 \text{ m}$
- $e/10 = 1,08 \text{ m}$

Tabulka 21 Součinitel tlaku větru a tlak větru na oblasti střechy

Oblast	C_{pe}	$W_e \text{ [kN/m}^2\text{]}$
F	-2,35	-1,262
G	-1,2	-0,644
H	-0,7	-0,376
I	$\pm 0,2$	$\pm 0,107$

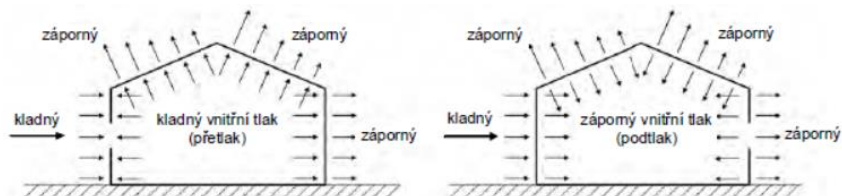
Tabulka 22 Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro ploché střechy

Typ střechy	Oblasti							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Ostré hrany	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2



Obrázek 76 Legenda pro ploché střechy

Dynamické tlaky na povrchy



Obrázek 77 Tlaky na povrchy

- $c_{pi} = +0,2$ a $-0,3$

Příhradová konstrukce – vítr

- $F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref} = 1 \cdot 1,8 \cdot 0,537 \cdot A_{ref} = 0,97 \text{ kN/m}^2 \cdot A_{ref}$

○ $c_s c_d = 1$

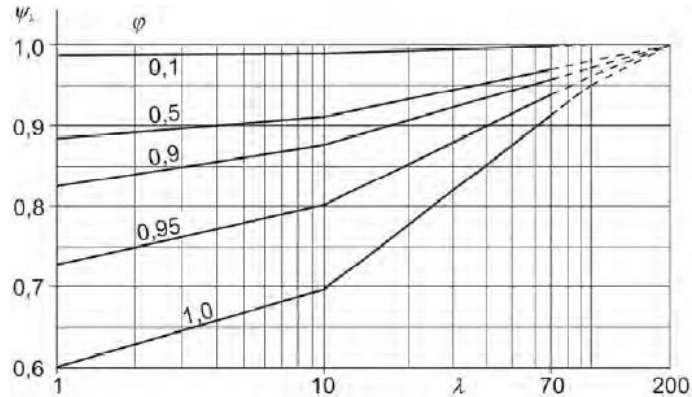
○ $c_f = c_{f,0} \cdot \Psi_\lambda = 1 \cdot 1,8 = 1,8$

▪ $c_{f,0} = 1,8$

▪ $\Psi_\lambda = 1$

- λ – menší z hodnot $2l/b$ nebo 70

- $\varphi = A/A_c = 34,7 / 400 = 0,09$
- $A_c = l \cdot b = 40 \cdot 10 = 400$
- $A = 4 \cdot (14,142 \cdot 0,5) + 2 \cdot (10,75 \cdot 0,3) = 34,7$



Obrázek 78 Směrné hodnoty součinitele koncového efektu $\Psi\lambda$ jako funkce součinitele plnosti φ v závislosti na štíhlosti λ

Námraza

- uvažuje se pouze pro účinky větru
- kombinace se sněhem se neuvažuje → na konstrukci obalené námrazou se nevytvoří vrstva sněhu
- námrazová oblast: S – střední
 - základní tloušťka námrazy: $t_{gl} = 15$ mm při době opakování 1x za 10 let
- zatížení:
 - $V_{gl2n} = \chi_{gl} \cdot t_{gl} \cdot \gamma_{gl} \cdot \mu_{gl}$
 - t_{gl} – základní tloušťka námrazy
 - μ_{gl} – tvarový součinitel vyjadřující vliv tvaru prvku na tloušťku námrazy

Tabulka 23 Tvarový součinitel μ_{gl}

Kruhový profil o průměru d v mm ¹⁾						Válcované profily C L I	Uzavřené profily □
5	10	20	30	50	70 a větší		
1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,7

¹⁾ Pro mezilehlé průměry d se stanoví hodnoty μ_{gl} interpolací podle přímky.

- γ_{gl} – objemová tíha námrazy → $\gamma_{gl} = 9$ kN/m³
- χ_{gl} – součinitel výšky

Tabulka 24 Součinitel výšky χ_{gl} pro výšku nad terénem

5	10	20	30	50	70	100	200	300	400
0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	3,0	4,0
Poznámka: Pro mezilehlé výšky se hodnoty χ_{gl} stanoví interpolací podle přímky.									

○ $V_{gl2n} = \chi_{gl} \cdot t_{gl} \cdot \gamma_{gl} \cdot \mu_{gl} = 1 \cdot 0,015 \cdot 9 \cdot 0,5 = 0,0675 \text{ kN/m}^2$

Teplota

- Plzeňsko
 - $T_{\max} = 38,1$ až 40°C
 - $T_{\min} = -30,1$ až -32°C
 - Výchozí teplota $T_0 = 10^\circ\text{C}$
- Kladné rozdíly teplot: $T_{M,\text{exp}} = 18^\circ\text{C}$
- Záporné rozdíly teplot: $T_{M,\text{con}} = -13^\circ\text{C}$
- Pro ložiska a dilatační spáry se v ČR doporučuje rozsah teplot
 - Charakteristická hodnota maximálního rozsahu záporných rovnoměrných teplo
 - $\Delta T_{N,\text{con}} = +20^\circ\text{C}$
 - Charakteristická hodnota maximálního rozsahu kladných rovnoměrných teplo
 - $\Delta T_{N,\text{exp}} = +20^\circ\text{C}$
 - Protážení a zkrácení vlivem teploty
 - $\Delta L = \Delta T_{N,\text{exp}} \cdot L \cdot \alpha_t = 20 \cdot 41500 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 9,96 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$

7.2 Zatížení – Železobetonový modul

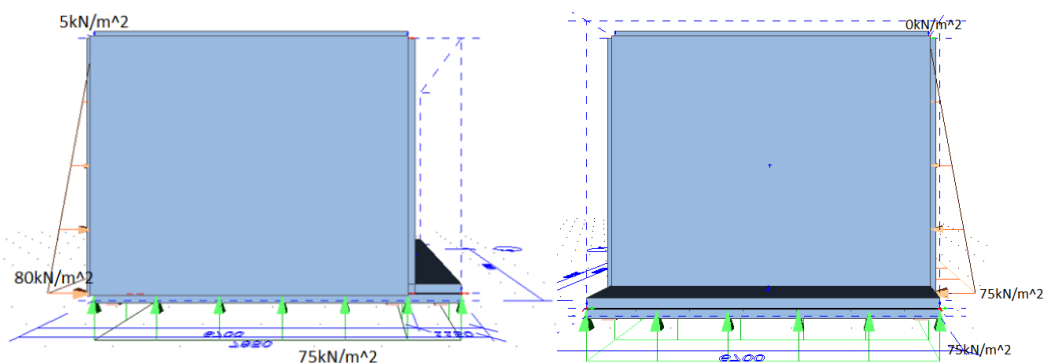
Vlastní tíha

- Vlastní tíha konstrukce je automaticky generována programem SCIA Engineer

Zatížení zeminou

Pasivní zemní tlak

- $g_z = \gamma_{f(i)} \cdot h_{(i)} \cdot \gamma_t \cdot (K_p)$
 - o $K_p = 1 - \sin\varphi_{(i)}$
 - o $\varphi_{(i)} = 30^\circ$
 - o $\gamma_{f(i)} = 1,25$
 - o $h_{(i)} = 6 \text{ m}$
 - o $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
 - o $K_p = 1 - \sin\varphi_{(i)} = 1 - \sin(30^\circ) = 0,5$
- $g_z = \gamma_{f(i)} \cdot h_{(i)} \cdot \gamma_t \cdot (K_p) = 1,35 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 0,5 = 75 \text{ kN/m}^2$



Obrázek 79 Zatížení ŽB modulu zeminou

Zatížení od podlahy

- převzato z dolní části/ocelového modulu (skladba podlahy od Fermacell)

vrstva	Hustota [kg/m ³]	tloušťka [mm]	zatížení kg/m ²	zatížení kN/m ²
Keramická dlažba	2000	9	18	0,18
lepidlo	1300	5	6,5	0,065
2 x 12,5 mm sádrovláknitá deska	1200	25	30	0,3
1 x 10 mm sádrovláknitá deska	1200	10	12	0,12
180 mm XPS DEO 300kPa	45	180	8,1	0,081
10 mm vyrovnávací vrstvy	400	10	4	0,04
celkem	-	239	78,6	0,786

- Charakteristická hodnota zatížení od podlahy: $g_k = 0,786 \text{ kN/m}^2$

Zatížení od podhledu

- Zatížení od technologie/podhledu
 - $g_{k,tech} = 0,2 \text{ kN/m}^2$

Užitné zatížení

- uvažována plocha, kde může docházet ke shromažďování lidí
- užitná kategorie: C1 „plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.“
- Rovnoměrné zatížení kategorie C1: $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
- Soustředěné zatížení kategorie C1: $Q_k = 3,0 \text{ kN}$

Zatížení od konstrukce pochozí části s kavárnou

- Zatíženo od konstrukce pochozí části s kavárnou
- Stropní deska dozatížena od zatížení působících na pochozí část

7.3 Zatěžovací stavy

- Bez železobetonového modulu

ZS1

- Stálé zatížení
- Vlastní tíha – generováno programem

ZS2

- Stálé zatížení
- Zatížení od opláštění (stěny, střecha) a konstrukce zábradlí

ZS3

- Stálé zatížení
- Zatížení od betonu a plechu spřažené konstrukce a zatížení od skladby podlahy ocelového modulu (dolní část)


ZS4

- Stálé zatížení
- Zatížení od technologie a podhledu ocelového modulu (dolní část)


ZS5

- Stálé zatížení
- Zatížení od mostovky (fošny)

ZS6

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Užité zatížení kategorie C1 
- Po celé ploše

ZS7

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Užité zatížení kategorie C1 
- Zatížení na 1. polovinu plochy

ZS8

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Užité zatížení kategorie C1
- Zatížení na 2. polovinu plochy



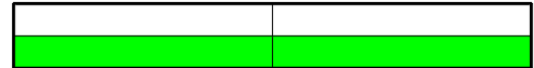
ZS9

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení
- Zatížení celé šířky po celé délce



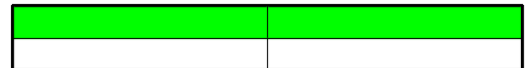
ZS10

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení
- Zatížení 1. poloviny šířky po celé délce



ZS11

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení
- Zatížení 2. poloviny šířky po celé délce



ZS12

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení
- Zatížení šachovnicově



ZS13

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení
- Zatížení šachovnicově



ZS14

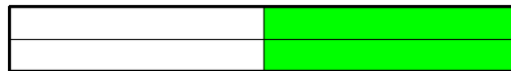
- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení



- Zatížení celé šířky a poloviny délky

ZS15

- Proměnné zatížení v ocelovém modulu (dolní část)
- Zatížení dopravou – rovnoměrné zatížení
- Zatížení celé šířky a poloviny délky



ZS16

- Proměnné zatížení
- Zatížení sněhem
- Zatížení celé šířky po celé délce

ZS17

- Proměnné zatížení
- Zatížení námrazou
- Zatížení bez mostovky

ZS18

- Proměnné zatížení
- Zatížení námrazou
- Zatížení s mostovkou

ZS19

- Proměnné zatížení
- Zatížení větrem
- Zatížení s tlakem větrem na střeše v oblasti I

ZS20

- Proměnné zatížení
- Zatížení větrem
- Zatížení se sáním větrem na střeše v oblasti I

ZS21

- Proměnné zatížení

- Zatížení větrem
- Vnitřní podtlak

ZS22

- Proměnné zatížení
- Zatížení větrem
- Vnitřní přetlak

ZS23

- Zatížení teplotou
- Zkrácení

ZS24

- Zatížení teplotou
- Prodloužení

ZS25 - 51

- Mimořádné zatížení
- Zatížení od vozidla
- Vozidlo o hmotnosti 2,5 t
- Svislé a vodorovné zatížení
- Krok 2 m

7.4 Kombinace zatížení

1) Mezní stav únosnosti

- Zatížení od obslužného vozidla (mimořádná situace) se nemá kombinovat s jinými proměnnými zatíženími. Kvůli charakteru stavby uvažují vedlejší proměnné zatížení od užitého zatížení dolní části – kategorie C1.
- Zatížení od dopravy – rovnoměrné se nekombinuje se zatížením od sněhu
- Zatížení od větru se nekombinuje se zatížením od teploty
- Zatížení od námrazy se nekombinuje se zatížením od sněhu
- Zatížení od námrazy mimo mostiny kombinují se sněhem na mostovce.
- Rovnice 6.10

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

- $\gamma_G = 1,35$
 - $\gamma_Q = 1,5$
 - $\psi_0 = 0,7$ – *kategorie C*
 - $\psi_0 = 0,7$ – *sníh*
 - $\psi_0 = 0,6$ – *vítr*
 - $\psi_0 = 0,6$ – *teplota*
 - $\psi_0 = 0,5$ – *námraza*
 - $\psi_0 = 0,4$ – *doprava (chodci)*
- Rovnice 6.11b
- $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,i} \text{ nebo } \psi_{2,i}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,j}$

2) Mezní stav použitelnosti

- Rovnice 6.14
- $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,j}$
 - $\psi_0 = 0,7$ – *kategorie C*
 - $\psi_0 = 0,7$ – *sníh*
 - $\psi_0 = 0,6$ – *vítr*
 - $\psi_0 = 0,6$ – *teplota*
 - $\psi_0 = 0,5$ – *námraza*
 - $\psi_0 = 0,4$ – *doprava (chodci)*

Kombinace jsem vytvořena ručně s ohledem na stavy, které mohou na konstrukci nastat. Z kombinací jsem vytvořila třídy pro jednotlivé stavy, které umožňují pracovat s výsledky jako s obálkou výsledků.

8. Závěr

Diplomová práce řeší koncepční návrh překlenutí terénní překážky. I přesto, že byl návrh od počáteční vize několikrát upravován, tak konečný návrh předčil má očekávání. Povedlo se mi vytvořit variabilní návrh umožňující přechod přes terén a zároveň trávení volného času v kavárně. Konstrukce je subtilní s opakujícími se průřezy. Provedení fasády působí moderním designem.

Jedná se o komplexní práci, ve které jsem zohlednila vnější a vnitřní okrajové podmínky stavby. Práce mě obohatila o mnohé informace z různých oblastí, které jsem během studia neměla možnost poznat. Některé již známé oblasti byly prohloubeny a pochopeny v širších vztazích.

Vytvořila jsem dva modely ocelové konstrukce na rozpětí 40 m a na 15ti a 30ti minutovou požární odolnost. Z modelu pro 30ti minutovou požární odolnosti vůči vnějšímu požáru jsou prezentovány výsledky a provedené dimenzování. Modely a dimenzování jsem provedla v programu Scia Engineer včetně jejích přídatných modulů (Ocel, Přípoje, Beton, Požár,...). Při tvorbě modelů konstrukce bylo nutné zvážit vhodnost vazeb mezi jednotlivými prvky a také způsob uložení konstrukce. Neboť studentská verze programu neumožňovala výpočet celého modelu (ocelová konstrukce včetně železobetonových modulů, zábradlí, zatěžovací panely, mostiny) z důvodů vysokého počtu prvků, musela jsem model rozdělit na dva a zjednodušit je. Tím vznikl menší prostor na vznik chyb v modelech a možnost kontroly modelů.

V průběhu vytváření návrhu jsem se setkala s mnohými možnostmi provedení různých částí. V práci uvádím pro příklad některé rozhodovací procesy a to například výběr finální verze pochozí vrstvy.

Dále jsem provedla posouzení přípoje v programu NX 9.0. Metodou SBRA jsem posoudila nejvíce namáhaná vzpěra. Při komplexním posouzení všech prvků by se dalo docílit snížení množství materiálu a tím konstrukci udělat nejen lehčí, ale hlavně ekonomicky přívětivější.

Příloha je rozdělena na 4 části. Příloha I. Výpočty, která je součástí tohoto dokumentu a obsahuje ruční výpočty a posudek z FIN GEO 5 - Piloty. Příloha II. v samostatné vazbě, která obsahuje výsledky a posudky z programu Scia Engineer. Příloha III. v samostatných deskách obsahuje výkresy. Příloha IV. je CD, které obsahuje kompletní

práci v PDF souborech, dále jsou zde některé posudky z nelineárního a lineárního výpočtu, soubor z Anthill a další. Z důvodu rozsahu diplomové práce nejsou uvedeny veškeré výpočty (hlavně ruční kontrolní výpočty), výsledky a mezikroky, které vedly k výsledné práci.

Seznam použité literatury, zdrojů a softwaru

Literatura

Neufert P., Neff L.: Dobrý projekt – správná stavba. Bratislava, 2005

Faltus F.: Ocelové konstrukce pozemního stavitelství, Praha, 1960

Kolektiv autorů: Konstrukce pozemních staveb, Praha, 1968

Navrhování ocelových konstrukcí, příručka k ČSN EN 1993-1-1 A ČSN EN 1993 -
1-8. ČKAIT, 2009

Navrhování konstrukcí na zatížení větrem - Příručka k ČSN EN 1991-1-4, ČKAIT,
2010

Navrhování mostních konstrukcí - Příručka k ČSN EN 1991-1 až 1991-7, 1991-2, 1993-
2, 1994-2, 1992-2, ČKAIT, 2010

Neuman D., Weinbrenner U., Hestermann U., Roggen L.: Stavební konstrukce I.-II..
Bratislava, 2005

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1993 Navrhování sprážených ocelobetonových konstrukcí

ČSN EN 1995 Navrhování dřevěných konstrukcí

ČSN 73 4108 Hygienická zařízení a šatny

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov

ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty

ČSN ISO 12494 Zatížení konstrukcí námrazou

Technická pravidla ČBS 02 Bílé vany, 2007

Studnička J.: Ocelové konstrukce 1 -ČVUT, 2013

Tomáš Vraný, František Wald: Ocelové konstrukce – tabulky, 2005

Vyhláška č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících

bezbariérové užívání staveb

Internetové zdroje

<http://www.schoeck.com/>

<http://www.prefazatec.cz>

<http://www.kingspan.cz>

<https://www.schueco.com>

<http://www.tzb-info.cz>

<http://www.fermacell.cz/>

<http://www.helmos.cz/>

<http://www.freyssinet.cz/>

Software

Microsoft Office 2013

Scia Engineer 15.3

AutoCAD 16

Archicad 19

FINE GEO 5

NX 9.0

Anthill 2.3

Smath Studio

Seznam obrázků

Obrázek 1 Bridge House exteriér	10
Obrázek 2 Bridge House interiér	11
Obrázek 3 Bridge House půdorys	11
Obrázek 4 Bridge House exteriér.....	11
Obrázek 5 Mostina z prken	14
Obrázek 6 Pororošt	15
Obrázek 7 Konstrukce	18
Obrázek 8 Konstrukce na poloviční rozpětí	19
Obrázek 9 Konstrukce na mnou řešené rozpětí	19
Obrázek 10 Konstrukce na dvojnásobné rozpětí	19
Obrázek 11 Zjednodušené znázornění prvků konstrukce - sloupy oranžová, vřpěry růžová, podélníky zelená, sloupky žlutá	21
Obrázek 12 Schéma připojení konzol k ocelovému modulu, vlevo horní konzola, vpravo dolní konzola.....	23
Obrázek 13 schéma Schöck Isokorb KST-ZST 16.....	23
Obrázek 14 Příklad možného složení modulů - základní typ Schöck Isokorb KST 16 [http://www.schoeck-wittek.cz/].....	24
Obrázek 15 Příklad spojení prvků pomocí 8x Schöck Isokorb KST-QST 22	24
Obrázek 16 Ocelový modul	25
Obrázek 17 Schéma vrstev skladby podlahy	25
Obrázek 18 Prostup tepla podlahovou konstrukcí	26
Obrázek 19 Vyhodnocení prostupu tepla podlahovou konstrukcí.....	27
Obrázek 20 Vizualizace příkladů možné fasády.....	29
Obrázek 21 Vlevo: vizualizace ŽB modulu, vpravo: Schéma rozmístění otvorů v základové desce pro uložení	30
Obrázek 22 Studie vnitřních dispozic železobetonové modulu I a II.....	31
Obrázek 23 Vizualizace	31
Obrázek 24 Technická data pro elastomerová vrstvená ložiska s usměrněným pohybem	38
Obrázek 25 Schéma příčně pevného ložiska	39
Obrázek 26 Schéma všestranně pevného ložiska	39
Obrázek 27 3D geometrie komorového svařence.....	40
Obrázek 28 řez komorovým svařencem	40
Obrázek 29 zobrazení 3D geometrie řešeného uzlu	41
Obrázek 30 3D geometrie - detail.....	41
Obrázek 31 skeleton konstrukčního uzlu.....	42
Obrázek 32 síť MKP (MESH).....	42
Obrázek 33 Prvek CTETRA	43
Obrázek 34 zahuštění v oblasti průvaru.....	43
Obrázek 35 výpočtový model	44
Obrázek 36 deformace X	45
Obrázek 37 deformace Y	45

Obrázek 38 deformace Z.....	46
Obrázek 39 Vzpěra A – redukované napětí podle Von Misses – spodní pásnice	46
Obrázek 40 Vzpěra A – redukované napětí podle Von Misses – horní pásnice.....	47
Obrázek 41 Vzpěra A - redukované napětí podle Von Misses – horní pásnice druhá strana	47
Obrázek 42 Vzpěra A - redukované napětí podle Von Misses - spodní pásnice druhá strana	48
Obrázek 43 Redukované napětí podle Von Misses	49
Obrázek 44 Graf R-S	53
Obrázek 45 Vstupní proměnné	54
Obrázek 46 Histogram area-m.....	54
Obrázek 47 Histogram area-o	55
Obrázek 48 Histogram t235fy01	55
Obrázek 49 Hodnocené veličiny	56
Obrázek 50 Rovnice.....	56
Obrázek 51 Histogram SF1 [kN]	57
Obrázek 52 Histogram SF2 [kNm]	57
Obrázek 53 Histogram SF3 [kNm]	57
Obrázek 54 Histogram SigmaN [MPa].....	58
Obrázek 55 Histogram SigmaNOy [MPa]	58
Obrázek 56 Histogram SigmaNOz [MPa]	59
Obrázek 57 2D výstupy SF1/SigmaN a SF2/SigmaOy	59
Obrázek 58 2D výstup SF3/SigmaOz a Nrd/Ned s vykreslenou přímkou =0	60
Obrázek 59 2D výstup Myrd/Myed s vykreslenou přímkou =0 a Mzrd/Mzed s vykreslenou přímkou = 0	60
Obrázek 60 Histogram TlakyOhyb [%].....	61
Obrázek 61 Histogram TlakzOhyb [%]	61
Obrázek 62 Vlastní frekvence pohled proti směru osy X bez ztužidla - zleva: 1., 2. a 3.	63
Obrázek 63 Vlastní frekvence pohled proti směru osy X se ztužidlem - zleva: 1., 2. a 3.	63
Obrázek 64 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Y - zleva: 1., 2. a 3.	64
Obrázek 65 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Y se ztužidlem - zleva: 1., 2. a 3.	64
Obrázek 66 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Z - zleva: 1., 2. a 3.....	65
Obrázek 67 Vlastní frekvence pohled proti směru osy Z se ztužidlem- zleva: 1., 2. a 3.	65
Obrázek 68 Vlastní frekvence axonometrie - shora 1., 2. a 3.....	66
Obrázek 69 Vlastní frekvence axonometrie se ztužidlem - shora 1., 2. a 3.....	67
Obrázek 70 Rozložení a vzdálenosti zatížení	70
Obrázek 71 Mapa sněhových oblastí ČR.....	71
Obrázek 72 Detail sněhové mapy - Plzeňsko	71
Obrázek 73 Mapa větrných oblastí ČR.....	73
Obrázek 74 Detail větrné mapy - Plzeňsko	73

Obrázek 75 Legenda pro stěny	76
Obrázek 76 Legenda pro ploché střechy.....	77
Obrázek 77 Tlaky na povrchy.....	77
Obrázek 78 Směrné hodnoty součinitele koncového efektu $\Psi\lambda$ jako funkce součinitele plnosti φ v závislosti na štíhlosti λ	78
Obrázek 79 Zatížení ŽB modulu zeminou.....	80

Seznam tabulek

Tabulka 1 Párové srovnání užitenosti.....	15
Tabulka 2 Párové srovnání užitenosti s vyhodnocením	16
Tabulka 3 Skladba podlahy.....	26
Tabulka 4 Tabulka nutných ploch výztuží a navržených výztuží na extrémny.....	32
Tabulka 5 Nutná výztuž základové desky (S1+S2).....	33
Tabulka 6 Nutná výztuž stropní desky (S3).....	34
Tabulka 7 Nutná výztuž stěna (S4 - k ocel. konstrukci).....	34
Tabulka 8 Nutná výztuž stěna (S5).....	35
Tabulka 9 Nutná výztuž stěna (S7 - zatížená zeminou).....	35
Tabulka 10 Nutná výztuž stěna (S6 - zatížená zeminou).....	36
Tabulka 11 Tabulka špičkových hodnot	48
Tabulka 12 Párové srovnání užitenosti.....	50
Tabulka 13 Párové srovnání užitenosti s vyhodnocením	50
Tabulka 14 Kategorizace tříd následků podle EN 1990	51
Tabulka 15 Návrhové hodnoty β_d a P_d	52
Tabulka 16 Návrhové životnosti konstrukce T_d	52
Tabulka 17 Srovnání vlastních frekvencí	62
Tabulka 18 Skladba podlahy.....	68
Tabulka 19 Součinitel tlaku větru a tlak větru na oblasti stěny	75
Tabulka 20 Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem.....	76
Tabulka 21 Součinitel tlaku větru a tlak větru na oblasti střechy	76
Tabulka 22 Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro ploché střechy	77
Tabulka 23 Tvarový součinitel μ_{gl}	78
Tabulka 24 Součinitel výšky χ_{gl} pro výšku nad terénem	79

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD

KATEDRA MECHANIKY

Akademický rok: 2016/2017

Příloha I.

Výpočty

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Koncepční řešení překlenutí terénní překážky

- objekt bude využíván pro volnočasové aktivity

Vypracovala: Bc. Adéla Zdvořanová

Vedoucí práce: Ing. Petr Kesl

Obsah

1. Mostovka – pochozí vrstva	97
2. Mostovka - podélník	101
3. Připojení konzoly ke sloupu	104
4. Posouzení přípoje – ocelový modul - HEM 160 s HEM 200	106
5. Posouzení kotvení sloupu	109
6. Spřažená ocelobetonová deska	112
7. Posouzení piloty.....	124

1. Mostovka – pochozí vrstva

- Rozpětí $l = 1,3 \text{ m}$
 - Uvažováno jako prostý nosník
 - Třída provozu 3
 - Dřevo C24 – rostlé
 - Charakteristické hodnoty pevnostních vlastností
 - Pevnost v ohybu $f_{mk} = 24 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny $f_{t0k} = 14 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tahu kolmo k vláknům $f_{t90k} = 0,4 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny $f_{c90k} = 21 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c90k} = 2,5 \text{ MPa}$
 - Pevnost ve smyku $f_{vk} = 2,5 \text{ MPa}$
 - Modul pružnosti $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$, $E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$
 - Průměr modulu pružnosti kolmo k vláknům $E_{90,mean} = 0,37 \text{ GPa}$,
 - Průměru modulu ve smyku $G_{mean} = 0,69 \text{ GPa}$
 - Hustota $\rho_k = 3,5 \text{ kN/m}^3$
 - Dílčí součinitel materiálu $\gamma_M = 1,3$
 - Průřezové charakteristiky
 - Šířka $b = 1 \text{ m}$ mezery mezi fošnami (10 mm) zanedbány
 - Výška $h = 80 \text{ mm}$
 - Kvadratický moment $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 4,2667 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$
 - Modul průřezu $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,0011 \text{ m}^3$
 - Zatížení
 - Stálé – vlastní tíha $G_k = \rho_k \cdot h = 0,28 \text{ kN/m}^2$
 - Proměnné
 - Rovnoměrné svislé zatížení od chodců $g_{kf} = 3,71 \text{ kN/m}^2$
 - Zatížení od obslužného vozidla – jedno kolo $Q_k = 7,5 \text{ kN}$ na plochu $0,2 \times 0,2 \text{ m}$
1. Posouzení pochozí vrstvy na kombinaci vlastní tíhy a zatížení od chodců
- 1.1 MSÚ
- 6.10: $q_{d0} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot q_{kf} = 5,943 \text{ kN/m}^2$
 - 6.10a: $q_{da} = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot 0,4 \cdot q_{kf} = 2,604 \text{ kN/m}^2$

- 6.10b: $q_{db} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot q_{kf} = 5,8863 \text{ kN/m}^2$
- Posouzení na ohyb
 - Zatěžovací šířka $z\check{s} = 1 \text{ m}$
 - Zatížení $q_{dv} = q_{d0} \cdot z\check{s} = 5,943 \text{ kN/m}$
 - $M_{yEd} = \frac{1}{8} \cdot q_{dv} \cdot l^2 = 1,2555 \text{ kNm}$
 - $\sigma_{myd} = \frac{M_{yEd}}{W_y} = 1,177 \text{ MPa}$
 - $k_{mod,k} = 0,7$
 - $f_{md} = k_{mod,k} \cdot \left(\frac{f_{mk}}{\gamma_M}\right) = 12,9231 \text{ MPa}$
 - Posouzení $\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} = 0,0911 \leq 1$
 - Vyhovuje
- Posouzení na smyk
 - $A = b \cdot h = 0,08 \text{ m}^2$
 - $V_{zEd} = \frac{1}{2} \cdot q_{dv} \cdot l = 3,863 \text{ kN}$
 - $\tau_{zd} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{zEd}}{A} = 0,0724 \text{ MPa}$
 - $k_{mod,k} = 0,7$
 - $f_{vd} = k_{mod,k} \cdot \left(\frac{f_{vk}}{\gamma_M}\right) = 1,3462 \text{ MPa}$
 - Posouzení $\frac{\tau_{zd}}{f_{vd}} = 0,0538 \leq 1$

1.2 MSP

- $q_k = G_k + q_{kf} = 3,99 \text{ kN/m}^2$
- *průhyb od stálého zatížení*
 - $u_{sz} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(G_k \cdot z\check{s}) \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 0,0222 \text{ mm}$
 - $k_{def} = 2 \dots$ *součinitel vlivu dotvarování*
 - $u_{sfin} = u_{sz} \cdot (1 + k_{def}) = 0,0666 \text{ mm}$
- *Průhyb od proměnného zatížení*
 - $u_{pz} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(q_{kf} \cdot z\check{s}) \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 0,294 \text{ mm}$
 - $\Psi_2 = 0 \dots$ *součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnných*
(tabulka A2.2 EN 1990)
 - $u_{pfin} = u_{pz} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 0,294 \text{ mm}$
- Celkový průhyb

- $u_{net} = u_{sfin} + u_{pfin} = 0,3605 \text{ mm}$
- $u_{netmax} = \frac{l}{250} = 5,2 \text{ mm}$
- $u_{net} \leq u_{netmax}$
 - vyhovuje

2. Posouzení pochozí vrstvy na kombinaci vlastní tíhy a zatížení od obslužného vozidla

- Zatížení pouze na pruh 0,2 m $pruh = 0,2 \text{ m}$
- $W_{y,pruh} = \frac{1}{6} \cdot pruh \cdot h^2 = 0,0002 \text{ m}^3$
- $I_{y,pruh} = \frac{1}{12} \cdot pruh \cdot h^3 = 8,5333 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
- Vlastní tíha $G_{k2} = G_k \cdot pruh = 0,056 \text{ kN/m}$
- Obslužné vozidlo $Q_d = 1,25 \cdot Q_k = 9,375 \text{ kN}$... hodnota 1,25 zvolena k této mimořádné návrhové situaci

2.1 MSÚ

- Posouzení na ohyb
 - $M_{yEd,vlastní} = \frac{1}{8} \cdot G_{k2} \cdot l^2 = 0,0118 \text{ kNm}$
 - $M_{yEd,voz} = \frac{1}{4} \cdot Q_d \cdot l = 3,0469 \text{ kNm}$
 - $M_{yEd,cel} = M_{yEd,vlastní} + M_{yEd,voz} = 3,0587 \text{ kNm}$
 - $\sigma_{myd,2} = \frac{M_{yEd,cel}}{W_{y,pruh}} = 14,3377 \text{ MPa}$
 - $k_{mod,ok} = 0,9$
 - $f_{md,2} = k_{mod,ok} \cdot \left(\frac{f_{mk}}{\gamma_M}\right) = 16,6154 \text{ MPa}$
 - Posouzení $\frac{\sigma_{myd,2}}{f_{md}} = 0,8629 \leq 1$
 - Vyhovuje
- Posouzení na smyk
 - $A_2 = pruh \cdot h = 0,016 \text{ m}^2$
 - $V_{zEd,2} = \frac{1}{2} \cdot Q_d = 4,6875 \text{ kN}$
 - $\tau_{zd,2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{zEd,2}}{A_2} = 0,4395 \text{ MPa}$
 - $k_{mod,ok} = 0,9$
 - $f_{vd,2} = k_{mod,ok} \cdot \left(\frac{f_{vk}}{\gamma_M}\right) = 1,7308 \text{ MPa}$
 - Posouzení $\frac{\tau_{zd,2}}{f_{vd,2}} = 0,2539 \leq 1$

2.2 MSP

- Průhyb od stálého zatížení
 - $u_{sz} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(G_{k2}) \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_{y,pruh}} = 0,0222 \text{ mm}$
 - $k_{def} = 2 \dots$ součinitel vlivu dotvarování
 - $u_{sfin} = u_{sz} \cdot (1 + k_{def}) = 0,0666 \text{ mm}$
- Průhyb od obslužného vozidla
 - $u_{mz} = \frac{1}{48} \cdot \frac{(Q_k) \cdot l^3}{E_{0,mean} \cdot I_{y,pruh}} = 3,6571 \text{ mm}$
 - $\Psi_2 = 0$
 - $u_{mfin} = u_{mz} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 3,6571 \text{ mm}$
- Celkový průhyb
 - $u_{net,2} = u_{sfin,2} + u_{mfin} = 3,7237 \text{ mm}$
 - $u_{netmax} = \frac{l}{250} = 5,2 \text{ mm}$
 - $u_{net,2} \leq u_{netmax}$
 - vyhovuje

2. Mostovka - podélník

- Rozpětí $l = 5 \text{ m}$
- Uvažováno jako prostý nosník
- Třída provozu 3
- Osová vzdálenost podélníků $a = 1,3 \text{ m}$
- Dřevo GL24h – lepené lamelové
- $k_{mod} = 0,7$
- Dílčí součinitel materiálu $\gamma_M = 1,25$
- Charakteristické hodnoty pevnostních vlastností
 - Pevnost v ohybu
 - $f_{mk} = 24 \text{ MPa}$
 - $f_{md} = k_{mod} \cdot \frac{f_{mk}}{\gamma_M} = 13,44 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny
 - $f_{t0k} = 16,5 \text{ MPa}$
 - $f_{t0d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t0k}}{\gamma_M} = 9,24 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tahu kolmo k vláknům
 - $f_{t90k} = 0,5 \text{ MPa}$
 - $f_{t90d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t90k}}{\gamma_M} = 0,28 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny
 - $f_{c0k} = 24 \text{ MPa}$
 - $f_{c90d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_M} = 13,44 \text{ MPa}$
 - Pevnost v tlaku kolmo k vláknům
 - $f_{c90k} = 2,7 \text{ MPa}$
 - $f_{c90d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c90k}}{\gamma_M} = 1,512 \text{ MPa}$
 - Pevnost ve smyku
 - $f_{vk} = 3,5 \text{ MPa}$
 - $f_{vd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_M} = 1,96 \text{ MPa}$
 - Modul pružnosti $E_{0,mean} = 11,6 \text{ GPa}$, $E_{0,05} = 8,8 \text{ GPa}$
 - Průměr modulu pružnosti kolmo k vláknům $E_{90,mean} = 0,39 \text{ GPa}$,
 - Průměru modulu ve smyku $G_{mean} = 0,72 \text{ GPa}$

- Hustota $\rho_k = 3,8 \text{ kN/m}^3$
- Průřezové charakteristiky
 - Šířka $b = 0,16 \text{ m}$
 - Výška $h = 0,28 \text{ m}$
 - Kvadratický moment $I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0,0003 \text{ m}^4$
 - Modul průřezu $W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = 0,021 \text{ m}^3$
- Hodnoty vnitřních sil
 - $M_{yed} = 21,08 \text{ kNm}$
 - $N_{ed} = 1,51 \text{ kN}$
 - $N_{ed,max} = 3,01 \text{ kN}$
 - $V_{ed} = 16,86 \text{ kN}$
- MSÚ
 - Kombinace osového tlaku a ohybu
 - $\sigma_{myd} = \frac{M_{yed}}{W_y} = 10,0829 \text{ MPa}$
 - $\sigma_{cod} = \frac{N_{ed}}{A} = 0,0337 \text{ MPa}$
 - Posouzení $\frac{\sigma_{cod}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} = 0,7527 \leq 1$
 - Vyhovuje
 - Smyk
 - $\tau_{vd} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{Ed}}{A} = 0,5645 \text{ MPa}$
 - Posouzení $\tau_{vd} \leq f_{vd}$
 - $0,5645 \leq 1,96 \text{ [MPa]}$
 - *vyhovuje*
 - Klopení
 - $l_{ef} = 5 \text{ m}$
 - $\sigma_{mcrit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = 125,5131 \text{ MPa}$
 - $\lambda_{relm} = \sqrt{f_{mk} / \sigma_{mcrit}} = 0,4373$
 - $\lambda_{relm} \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$
 - Posouzení $\frac{\sigma_{md}}{k_{crit} \cdot f_{md}} = 0,7502 \leq 1$
 - Vyhovuje

- MSP

- Kombinace na největší průhyb – zatížení od vlastní tíhy, mostiny a chodců
- Vlastní tíha $A_1 = \rho_k \cdot h \cdot b = 0,1702 \text{ kN/m}$
- Zatížení od mostin $A_2 = 0,364 \text{ kN/m}$
- Zatížení od chodců $C_h = 4,823 \text{ kN/m}$
- průhyb od stálého zatížení
 - $u_{sz} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(A_1 + A_2) \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 1,2805 \text{ mm}$
 - $k_{def} = 2 \dots$ součinitel vlivu dotvarování
 - $u_{sfin} = u_{sz} \cdot (1 + k_{def}) = 3,8415 \text{ mm}$
- Průhyb od proměnného zatížení (chodci)
 - $u_{pz} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(C_h) \cdot l^4}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 11,5602 \text{ mm}$
 - $\Psi_2 = 0 \dots$ součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnných
(tabulka A2.2 EN 1990)
 - $u_{pfin} = u_{pz} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 11,5602 \text{ mm}$
- Celkový průhyb
 - $u_{net} = u_{sfin} + u_{pfin} = 15,4017 \text{ mm}$
 - $u_{netmax} = \frac{l}{300} = 16,6667 \text{ mm}$
 - $u_{net} \leq u_{netmax}$
 - vyhovuje

3. Připojení konzoly ke sloupu

- Hodnoty vnitřních sil
 - $M_{yed} = 163,93 kNm$
 - $N_{ed} = 199,50 kN$
 - $V_{zed} = 219,76 kN$
- Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{Ms} = 1,25$
- Materiál S235
 - $f_u = 360 MPa$
 - $\beta_w = 0,8$
- Profil HEM 300
 - Výška profilu $h = 340 mm$
 - Šířka profilu $b = 310 mm$
 - Tloušťka pásnice $t_p = 39 mm$
 - Tloušťka stojiny $t_s = 21 mm$
 - Výška stojiny $h_s = h - 2 \cdot t_p = 244 mm$
 - Průřezový modul $W_{ely} = 0,003482 m^3$
- Svar $a = 6 mm$
- Plocha svarů
 - $A_s = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot a \cdot (b - t_s) = 0,0072 m^2$
- Posouzení
 - $\tau_r = \frac{V_{zEd}}{A_s} = 30,57 MPa$
 - $\sigma_M = \frac{M_{yEd}}{W_{ely}} \cdot \frac{\frac{b-t_s}{2}}{\frac{b}{2}} = 43,89 MPa$
 - $\sigma_k = \frac{\left(\frac{N_{Ed}}{A_s} + \sigma_M\right)}{\sqrt{2}} = 50,66 MPa$
 - $\tau_k = \sigma_k = 50,66 MPa$
 - Posouzení
 - $\sqrt{\sigma_k^2 + 3 \cdot (\tau_k^2 + \tau_r^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Ms}}$
 - $114,32 \leq 360 [MPa]$
 - Vyhovuje
 - $\sigma_k \leq \frac{f_u}{\gamma_{Ms}}$
 - $50,66 \leq 288 [MPa]$

- Vyhovuje

- $\sigma_{kp} = \frac{N_{Ed}}{A_s} + \frac{M_{yEd}}{W_{ely}} = 70,518 \text{ MPa}$

- $\sqrt{\sigma_{kp}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Ms}}$

- $70,518 \leq 360 \text{ [MPa]}$

- *vyhovuje*

4. Posouzení přípoje – ocelový modul - HEM 160 s HEM 200

- Kombinace zatížení
 - A) $N_A = 0 \text{ kN}$
 $V_{ZA} = 36,72 \text{ kN}$
 - B) $N_B = 0,25 \text{ kN}$
 $V_{ZA} = 31,09 \text{ kN}$
- Návrh šroubů
 - M12 třída 8.8
 - $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$
 - $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$
 - $d = 16 \text{ mm}$
 - $d_0 = 18 \text{ mm}$
 - $A_s = 157 \text{ mm}^2$
- Třída povrchu A
- Ocel S235
 - $f_u = 360 \text{ MPa}$
- Tloušťka plechu $t = 8 \text{ mm}$
- Rozteče doporučené
 - $e_{1d} = 2 \cdot d_0 = 0,036 \text{ m}$
 - $p_{1d} = 3,5 \cdot d_0 = 0,063 \text{ m}$
 - $e_{2d} = 3 \cdot d_0 = 0,054 \text{ m}$
- Rozteče navržené
 - $e_1 = 0,05 \text{ m}$
 - $p_1 = 0,08 \text{ m}$
 - $e_2 = 0,09 \text{ m}$
- Počet šroubů $n_s = 2$
- Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{Ms} = 1,25$
- Počet třecích ploch $n = 1$
- Součinitel tření styčných ploch – třída A $\mu = 0,5$
- Součinitel tvaru díry $k_s = 1$
- Kombinace A
 - Návrhová smyková síla na 1 šroub

- $F_{vSd} = \frac{VZA}{n_s} = 18360 \text{ N}$
- Předpínací síla
 - $F_{pCd} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 87920 \text{ N}$
- Odolnost v prokluzu
 - $F_{SRd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot F_{pCd}}{\gamma_{Ms}} = 35168 \text{ N}$
 - Posouzení $F_{SRd} \geq F_{vSd}$
 - Vyhovuje
- Únosnost v otláčení
 - $\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$
 - $\alpha = \min(0,9259; 1,4815; 2,2222; 1)$
 - $\alpha = 0,9259$
 - $F_{bRd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Ms}} = 85333,333 \text{ N}$
 - Posouzení $F_{bRd} \geq F_{vSd}$
 - Vyhovuje
- Kombinace B
 - $F_{tEd} = \frac{N_B}{2} = 125 \text{ N}$
 - Kombinace tahu a smyku
 - $F_{SRdB} = \frac{k_s \cdot \mu \cdot n \cdot (F_{pCd} - 0,8 \cdot F_{tEd})}{\gamma_{Ms}} = 35128 \text{ N}$
 - Posouzení $F_{SRdB} \geq \frac{V_{ZB}}{2}$
 - $35128 \geq 15545 \text{ [N]}$
 - Vyhovuje
- Posouzení svaru desky
 - $a = 3 \text{ mm}$
 - $d_s = 60 \text{ mm}$
 - $\sigma_r = \frac{N_B}{2 \cdot a \cdot d_s} = 6,9444 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 - $\tau_r = \frac{V_{ZB}}{2 \cdot a \cdot d_s} = 8,63161 \cdot 10^7 \text{ Pa}$
 - $\sigma_k = \frac{\sigma_r}{\sqrt{2}} = 4,9105 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 - $\tau_k = \sigma_k = 4,9105 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 - Posouzení

$$\blacksquare \sqrt{\sigma_k^2 + 3 \cdot \tau_k^2 + 3 \cdot \tau_r^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Ms}}$$

$$\blacksquare 1,4959 \cdot 10^8 \leq 3,6 \cdot 10^8 [Pa]$$

- Vyhovuje

5. Posouzení kotvení sloupu

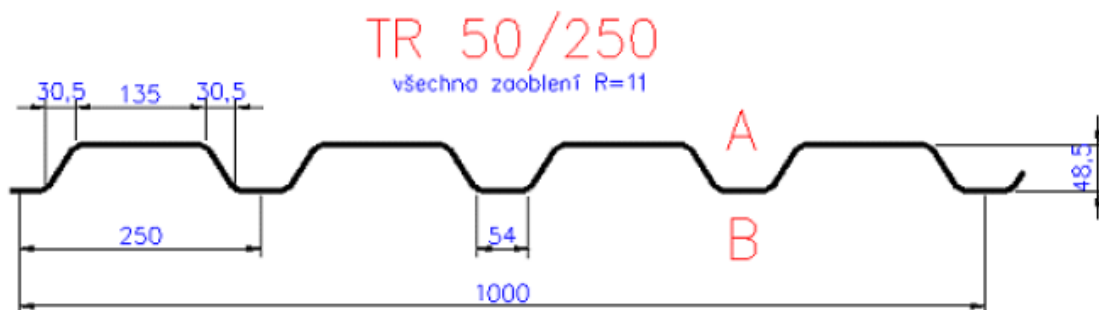
- Hodnoty vnitřních sil
 - $M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$
 - $N_{Ed} = 1608,06 \text{ kN}$
 - $V_{yEd} = 660,68 \text{ kN}$
 - $V_{zEd} = 15,05 \text{ kN}$
 - Výslednice posouvajících sil
 - $V_{Ed} = \sqrt{V_{yEd}^2 + V_{zEd}^2} = 6,6085 \cdot 10^5 \text{ N}$
- Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
 - $\gamma_{Ms} = 1,25$
 - $\gamma_{M0} = 1,0$
 - $\gamma_c = 1,5$
- Beton piloty C30/37
 - $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
 - $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 20 \text{ MPa}$
- Rozměry a tloušťka plechu
 - $t = 30 \text{ mm}$
 - $a = 500 \text{ mm}$
 - $b = 500 \text{ mm}$
 - $f_y = 235 \text{ MPa}$
 - $f_u = 360 \text{ MPa}$
- Rozměry piloty
 - Průměr hlavy piloty 1 m
 - $a_p = 700 \text{ mm}$
 - $b_p = 700 \text{ mm}$
 - $h_p = 1000 \text{ mm}$
- Započitatelné rozměry
 - $a_1 = \min(a_p; 5 \cdot a; a + h_p; 5 \cdot b)$
 - $a_1 = \min(0,7; 2,5; 1,5; 2,5)$
 - $a_1 = 0,7 \text{ m}$
 - $b_1 = \min(b_p; 5 \cdot b; b + h_p; 5 \cdot a)$

- $b_1 = \min(0,7; 2,5; 1,5; 2,5)$
- $b_1 = 0,7 \text{ m}$
- Součinitel koncentrace $k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = 1,4$
- Součinitel vlivu podlití $\beta_j = 2/3$
- Návrhová betonová pevnost ve spáře
 - $f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = 1,8667 \cdot 10^7 \text{ Pa}$
- Funkční přesah desky
 - $c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 0,0615$
- Efektivní plocha $A_{eff} = 0,129903 \text{ m}^2$
- Posouzení
 - $N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 2424,856$
 - $N_{Rd} \geq N_{Ed}$
 - Vyhovuje
- Návrh a posouzení svaru sloupu a kotevní desky
 - $s_{var} = 5 \text{ mm}$
 - $h_{hem} = 340 \text{ mm}$
 - $b_{hem} = 310 \text{ mm}$
 - $t_p = 39 \text{ mm}$
 - $t_s = 21 \text{ mm}$
 - $A_{plocha} = (b_{hem} \cdot s_{var}) \cdot 2 + (t_p \cdot s_{var}) \cdot 4 + (b_{hem} - t_s) \cdot s_{var} + (h_{hem} - 2 \cdot t_p - 2 \cdot s_{var}) \cdot s_{var} \cdot 2 = 7845 \text{ mm}^2$
 - $\sigma_k = \frac{N_{Ed}}{A_{plocha}} = 204,979 \text{ MPa}$
 - $\tau_r = \frac{V_{Ed}}{A_{plocha}} = 84,2385 \text{ MPa}$
 - Posouzení
 - $\sqrt{\sigma_k^2 + 3 \cdot \tau_r^2} \leq \frac{f_u}{0,9 \cdot \gamma_{Ms}}$
 - $251,6 \leq 320 \text{ [MPa]}$
 - Vyhovuje
 - $\sigma_k \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{Ms}}$
 - $204,98 \leq 259,2 \text{ [MPa]}$

- Vyhovuje
- Kotevní šrouby
 - Kategorie A
 - Počet šroubů $n_{\xi} = 2$
 - Šroub M42x3
 - $A_s = 1204 \text{ mm}^2$
 - $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$
 - Posouzení ve smyku
 - $\alpha_v = 0,6$
 - $F_{vRd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Ms}} = 4,6234 \cdot 10^5 \text{ N}$
 - $\frac{F_{vRd}}{V_{Ed}} = 0,6996 \rightarrow 1 \text{ šroub unese } 69,96\% \text{ zatížení}$
 - $n_{\xi} \cdot F_{vRd} \geq V_{Ed}$
 - $9,2467 \cdot 10^5 \geq 6,6085 \cdot 10^5 \text{ [N]}$
- Vyhovuje

6. Spřažená ocelobetonová deska

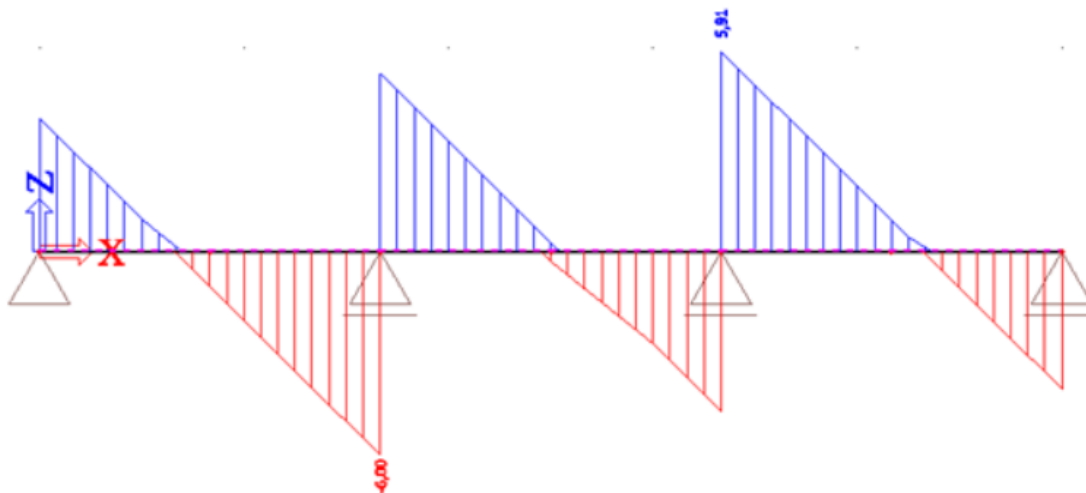
- Původní návrh HEA 200 S235 nevyhovoval požární odolnosti $t = 30$ min
- $l = 5000$ mm
- $a = \frac{l}{3} = 1,6667$ m
- Beton C25/30
 - $f_{ck} = 25$ MPa
 - $E_{cm} = 31 \cdot 10^3$ MPa
- Ocel S235
 - $f_{yk} = 235$ MPa
 - $E = 210$ GPa
- Součinitele
 - $\gamma_a = 1$
 - $\gamma_c = 1,5$
 - $\gamma_s = 1,15$
 - $\gamma_G = 1,35$
 - $\gamma_Q = 1,5$
- Trapézový plech
 - $W_{y,eff,k} = 12,83 \cdot 10^3$ mm³
 - $W_{y,eff,z} = 12,43 \cdot 10^3$ mm³
 - $I_{y,eff,k} = 413 \cdot 10^3$ mm⁴
 - $I_{y,eff,z} = 311 \cdot 10^3$ mm⁴
 - $g_{tr,k} = 0,101$ kN/m²



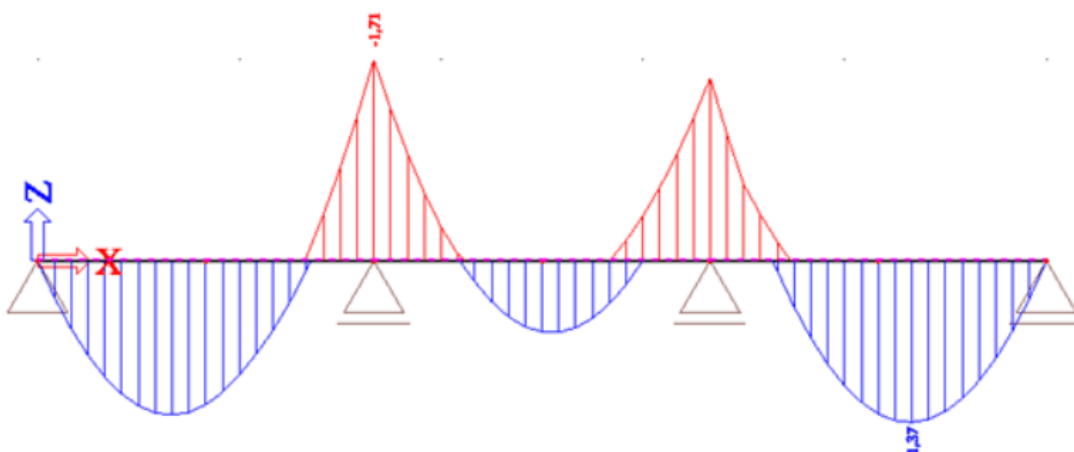
Obrázek: Trapézový plech

- Tloušťka betonové vrstvy
 - Vyrovnaná výška betonu v TR50/250

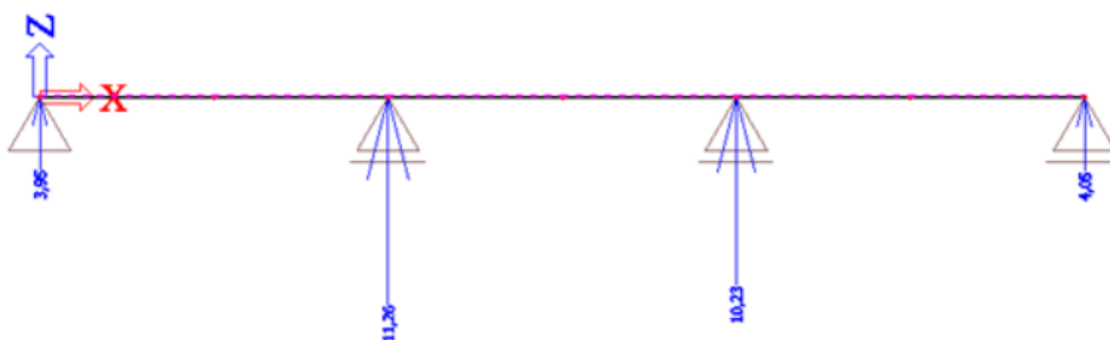
- $h_{bet,tr} = \frac{(54+30,5) \cdot 48,5 \cdot 4}{1000} = 16,39 \text{ mm}$
- Tloušťka betonové desky
 - $h_{bet,des} = 60 \text{ mm}$
- Celková tloušťka betonu
 - $h_{bet} = h_{bet,tr} + h_{bet,des} = 76,39 \text{ mm}$
- Návrhové zatížení od vlastní tíhy betonu
 - $g_{bet,k} = 25 \left[\frac{kN}{m^3} \right] \cdot h_{bet} = 1,91 \text{ kN/m}^2$
 - $g_{bet,d} = g_{bet,k} \cdot \gamma_G = 2,58 \text{ kN/m}^2$
- Návrhové zatížení od vlastní tíhy TR50/250
 - $g_{tr,d} = g_{tr,k} \cdot \gamma_G = 0,14 \text{ kN/m}^2$
- Celkové zatížení od vlastní tíhy desky
 - $g_{des,k} = g_{bet,k} + g_{tr,k} = 2,01 \text{ kN/m}^2$
 - $g_{des,d} = g_{bet,d} + g_{tr,d} = 2,71 \text{ kN/m}^2$
- Montážní zatížení
 - $q_{m,k} = 0,75 \text{ kN/m}^2$
 - $q_{m,d} = q_{m,k} \cdot \gamma_G = 1,125 \text{ kN/m}^2$
- Extrémní montážní zatížení
 - $q_{m,ex,k} = 1,5 \text{ kN/m}^2$
 - $q_{m,ex,d} = q_{m,k} \cdot \gamma_G = 2,25 \text{ kN/m}^2$
- Velikosti vnitřních sil a reakce
 - $M_{y.m,k} = 1,37 \text{ kNm}$
 - $M_{y.m,z} = 1,71 \text{ kNm}$
 - $R_{k,max} = 3,95 \text{ kN}$
 - $R_{v,max} = 11,26 \text{ kN}$



Obrázek: Průběh sil Vz



Obrázek: Průběh ohybového momentu My



Obrázek: Reakce

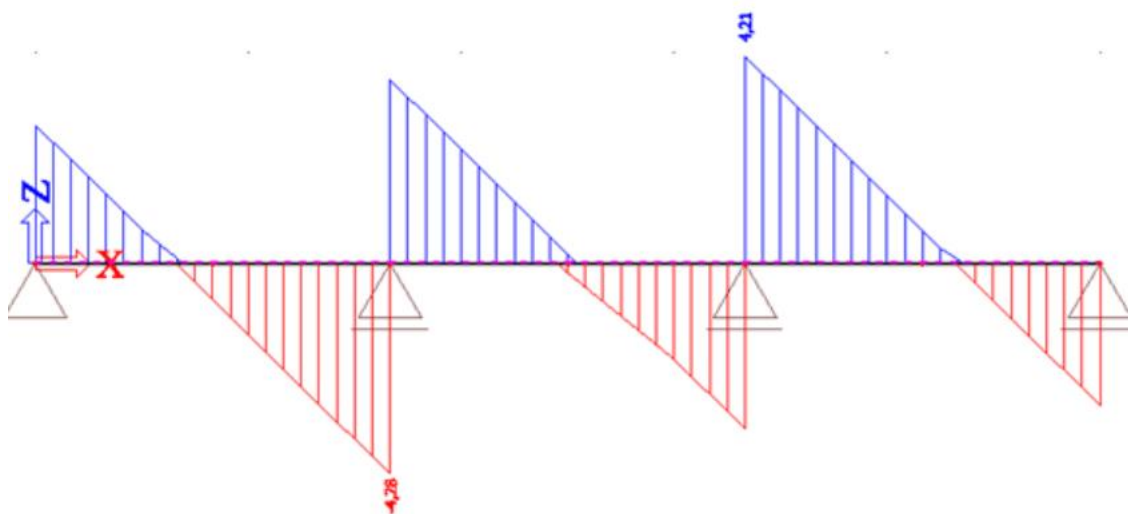
- Kladný moment

$$\circ M_{y,eff,k} = W_{y,eff,k} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_a} = 3,02 \text{ kNm}$$

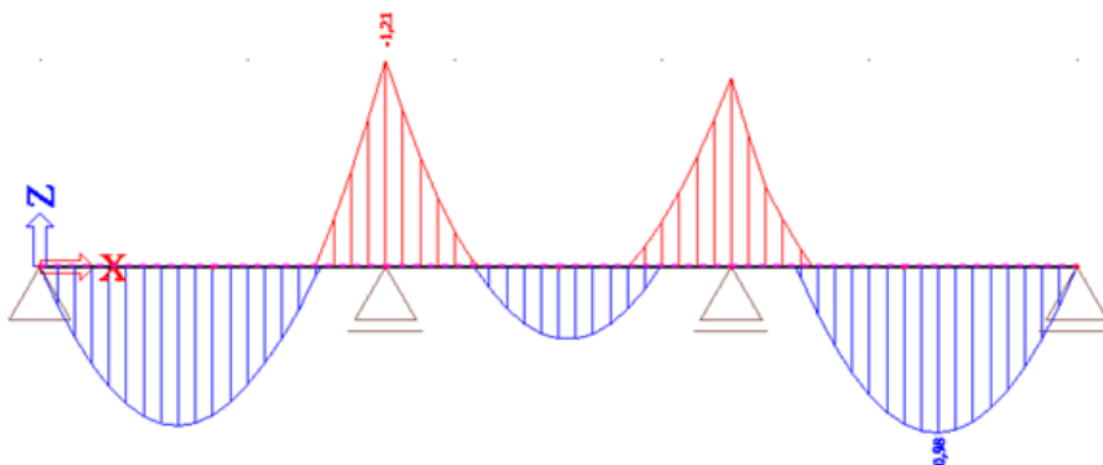
$$\circ M_{y,m,k} = 1,37 \text{ kNm}$$

- Záporný moment
 - $M_{y,eff,z} = W_{y,eff,z} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_a} = 2,92 \text{ kNm}$
 - $M_{y,m,z} = 1,71 \text{ kNm}$
- Maximální průhyb
 - Plech nebude navyšovaný $\delta_0 = 0 \text{ mm}$
 - $\delta_{lim} = \frac{a}{200} = 8,3333 \text{ mm}$
 - $M_k = \frac{1}{10} \cdot g_{des,k} \cdot a^2 \cdot 1[m] = 0,56 \text{ kNm}$
 - $\delta_{1,max} = \frac{1}{E \cdot I_{y,eff,k}} \cdot \frac{5}{384} \cdot g_{des,k} \cdot 1[m] \cdot a^4 = 2,33 \text{ mm}$
 - $\delta_{2,max} = \frac{1}{E \cdot I_{y,eff,k}} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g_{des,k} \cdot 1[m] \cdot a^4 - \frac{1}{16} \cdot M_k \cdot a^2 \right) = 1,21 \text{ mm}$
 - $\delta_{1,1,max} = \frac{1}{E \cdot I_{y,eff,k}} \cdot \frac{5}{384} \cdot (g_{des,k} + q_{m,ex,k}) \cdot 1[m] \cdot a^4 = 4,07 \text{ mm}$
 - Průhyb vyhovuje
- $M_{y,max} = \frac{1}{8} \cdot g \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot \frac{R_{v,max}}{1} \cdot 5^2 = 35,188 \text{ kN/m}$
- Minimální průřezový modul nosníku
 - $W_{min} = \frac{M_{y,max} \cdot \gamma_a}{f_{yk}} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
- Návrh HEM 160
 - $I_y = 51,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 - $W_y = 566,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 - $W_{y,pl} = 674,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 - $A = 9,705 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 - $A_{vz} = 3,081 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$
 - $G = 0,762 \text{ kN/m}$
 - $b_{hem} = 166 \text{ mm}$
 - $h_{hem} = 180 \text{ mm}$
 - $t_p = 23 \text{ mm}$
 - $t_s = 14 \text{ mm}$
- Posouzení nosníku
 - $M_{Rd,pl} = W_{y,pl} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_a} = 158,53 \text{ kNm}$
 - Vyhovuje
- Maximální průhyb

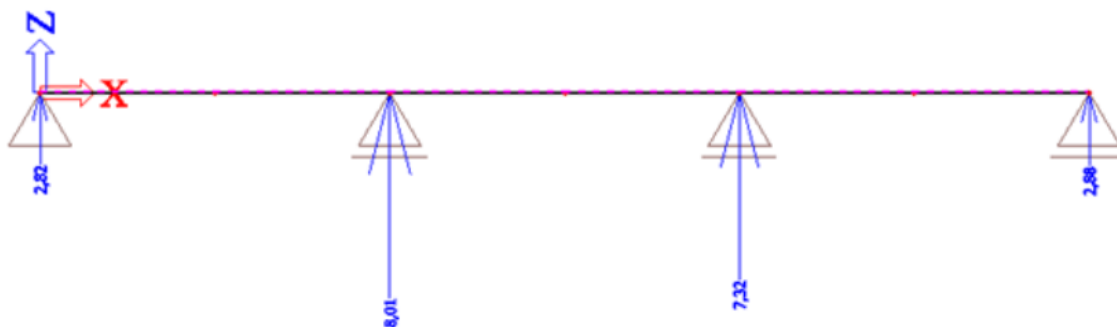
- $\delta_{lim,1} = \frac{l}{250} = 25 \text{ mm}$
- $\delta_{lim,2} = \frac{l}{250} = 20 \text{ mm}$
- $\delta_{lim} = \delta_{lim,2} = 20 \text{ mm}$
- $g_k = 7,19 \text{ kN/m}$
- $\delta_{1,max} = \frac{1}{E \cdot I_y} \cdot \frac{5}{384} \cdot g_k \cdot l^4 = 5,46 \text{ mm}$
- $\delta_{1,max} \leq \delta_{lim}$
 - Vyhovuje



Obrázek: Průběh sil Vz

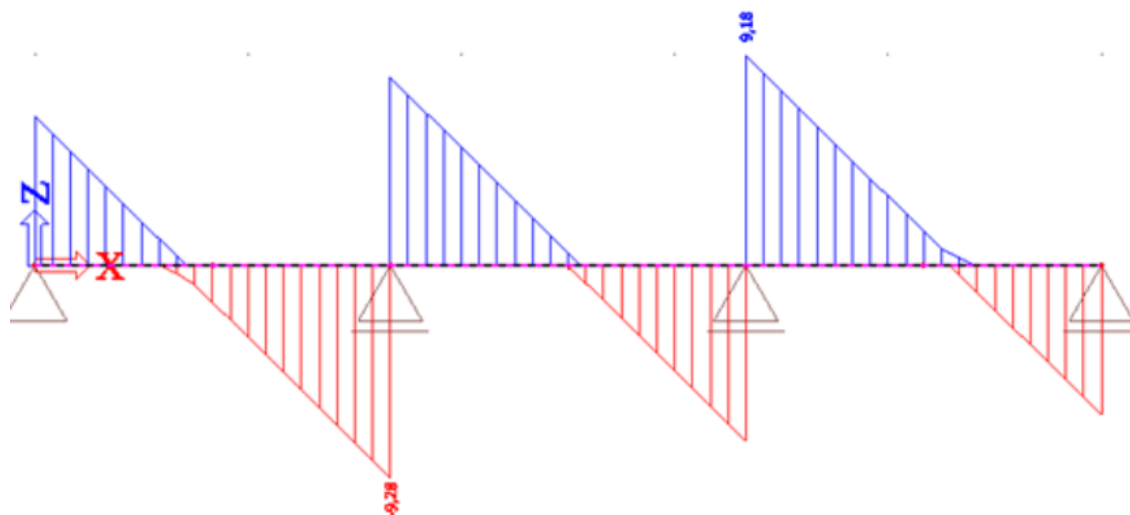


Obrázek: Průběh ohybového momentu My

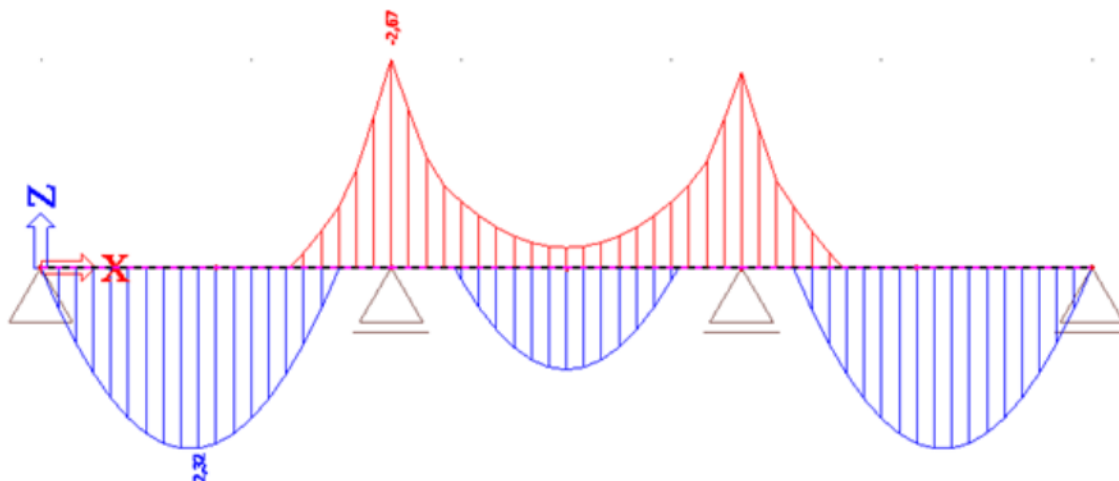


Obrázek: Reakce

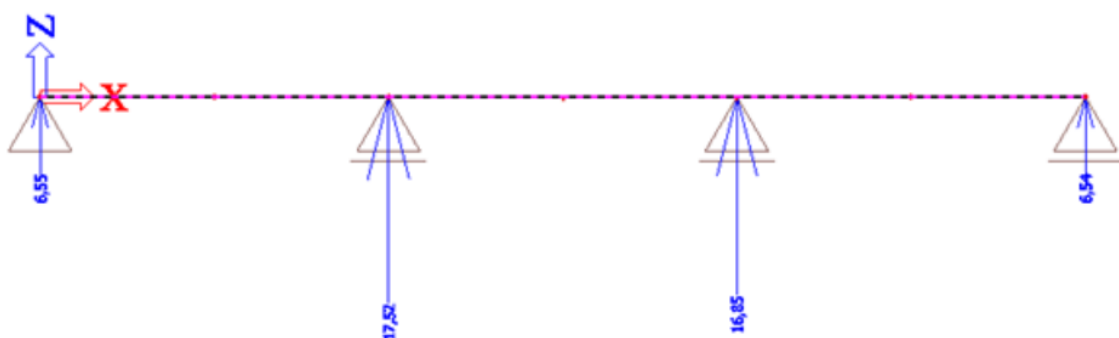
- Zatížení
 - Stálé od desky a nosníku
 - $g_{des,d} = 2,71 \text{ kN/m}^2$
 - $g_{nos,d} = G \cdot \gamma_G = 1,03 \text{ kN/m}$
 - Stálé od podlahy
 - $g_{po,k} = 0,786 \text{ kN/m}^2$
 - $g_{po,d} = g_{po,k} \cdot \gamma_G = 1,06 \text{ kN/m}^2$
 - Užité zatížení – C1
 - $g_k = 3 \text{ kN/m}^2$
 - $g_d = g_k \cdot \gamma_Q = 4,5 \text{ kN/m}^2$
- Maximální reakce $R_{des,max} = 17,52 \text{ kN/m}$



Obrázek: Průběh vnitřní síly Vz



Obrázek: Průběh ohybového momentu M_y



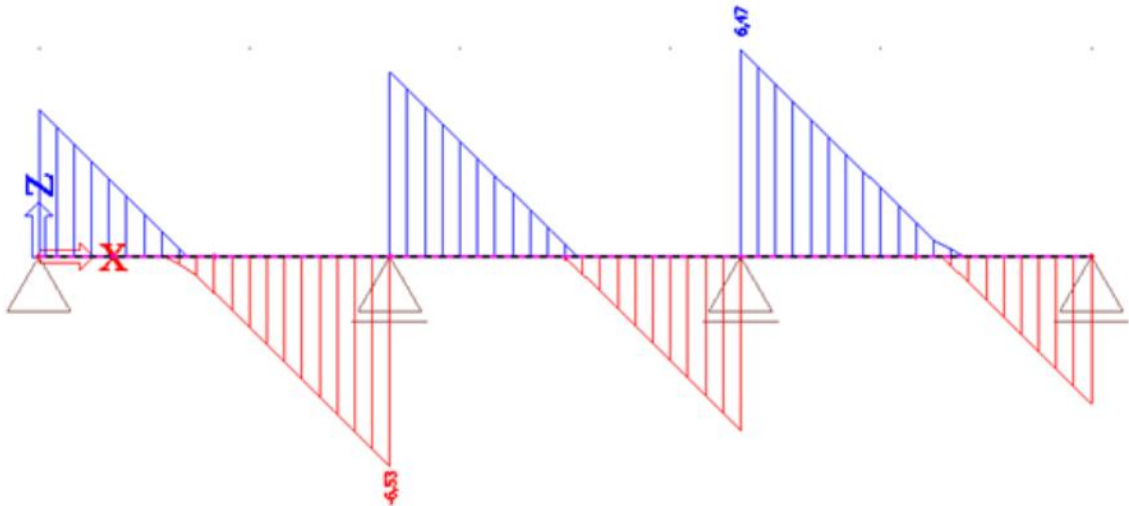
Obrázek: Reakce

- Maximální vnitřní síly na stropnici HEM
 - $M_{st,max} = \frac{1}{8} \cdot (R_{des,max} + g_{nos,d}) \cdot l^2 = 57,96 \text{ kNm}$
 - $V_{st,max} = \frac{1}{2} \cdot (R_{des,max} + g_{nos,d}) \cdot l = 46,37 \text{ kN}$
- Posouzení únosnosti ve smyku
 - $V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yk}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_a} = 418,02 \text{ kN}$
 - $V_{pl,Rd} > V_{st,max}$
 - Vyhovuje
 - $0,5 \cdot V_{pl,Rd} > V_{st,max}$
 - Vyhovuje
- Spolupůsobící šířka
 - $L_e = 5 \text{ m}$
 - $L_2 = \frac{l}{2} = 2,5 \text{ m}$

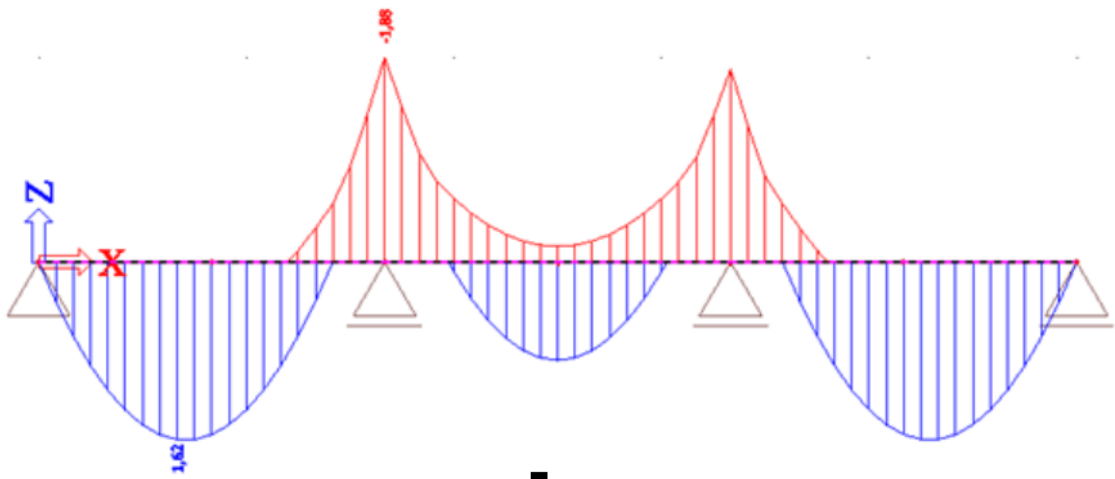
- $L_4 = \frac{l}{4} = 1,25 \text{ m}$
- $b_e = \frac{L_e}{8} = 0,62 \text{ m}$
- V poli
 - $b_{eff,1} = 2 \cdot b_e = 1,25 \text{ m} < a = 1,67 \text{ m} \rightarrow \text{vyhovuje}$
- Nad podporou
 - $\beta = \frac{0,55[m]+0,25 \cdot L_e}{b_e} = 2,88$ pokud $\beta < 1 \rightarrow \beta = \beta$ jinak $\beta = 1$
 - $b_{eff,0} = 2 \cdot \beta \cdot b_e = 1,25 \text{ m}$
- Výška tlačené oblasti betonu
 - $F_c = b_{eff,1} \cdot h_{bet} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1352792,71 \text{ N}$
 - $F_1 = b_{hem} \cdot t_p \cdot f_{yk} = 8,9725 \cdot 10^5 \text{ N}$
 - $F_2 = (h_{hem} - 2 \cdot t_p) \cdot t_p \cdot f_{yk} = 4,4086 \cdot 10^5 \text{ N}$
 - $F_3 = b_{hem} \cdot (108,5[mm] + t_p - x) \cdot f_{yk}$
 - $F_4 = b_{hem} \cdot (x - 108,5[mm]) \cdot f_{yk}$
 - $F_c + F_4 = F_1 + F_2 + F_3$
 - $x = 119,81 \text{ mm}$
 - $F_3 = b_{hem} \cdot (108,5[mm] + t_p - x) \cdot f_{yk} = 4,5603 \cdot 10^5 \text{ N}$
 - $F_4 = b_{hem} \cdot (x - 108,5[mm]) \cdot f_{yk} = 4,412 \cdot 10^5 \text{ N}$
 - Tlačená plocha průřezu se nachází v pásnici
- $M_{a,Pl,Rd} = 261,302 \text{ kNm}$
- $M_{st,max} = 57,96 \text{ kNm}$
- $M_{st,max} \leq M_{a,Pl,Rd}$
 - Vyhovuje
- Rozměry trnu
 - $d = 19 \text{ mm}$
 - $f_u = 310 \text{ MPa}$
 - $D = 31,7 \text{ mm}$
 - $h_d = 10 \text{ mm}$
 - $l_t = 90 \text{ mm}$
 - $h = l_t - h_d = 80 \text{ mm}$
- Únosnost trnu
 - $P_{Rk,1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 70,32 \text{ kN}$

- $P_{Rk,2} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 92,16 \text{ kN}$
 - pokud $\left(\frac{h}{d} > 3\right)$ a $\left(\frac{h}{d} < 4\right) \rightarrow \alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{h}{d} + 1\right)$ jinak $\alpha = 1$
- $P_{Rk,min} = \min[P_{Rk,1}; P_{Rk,2}] = P_{Rk,1}$
- $P_{Rd} = \frac{P_{Rk,min}}{1,25} = 56,2521 \text{ kN}$
- Šířka vlny v polovině výšky trapézového plechu
 - $b_0 = \frac{135 + (135 + 2 \cdot 30,5)}{2} = 165,5 \text{ mm}$
 - $h_p = 50 \text{ mm}$
 - $h_{sc} = l_t = 90 \text{ mm}$
- Počet trnů ve vlně $n_r = 2$
- Redukční součinitel únosnosti
 - $k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1\right) = 1,31$
 - Pro 2 trny v žeburu, tl. Plechu 1 mm a trny s průměrem do 20 mm přivařené skrz plech
 - $k_{t,max} = 0,7$
 - $k_t = k_{t,max} = 0,7$
- $P_{Rd,red} = k_t \cdot P_{Rd} = 39,38 \text{ kN}$
- Šířka pásnice $b_{hem} = 0,166 \text{ m}$
- Rozteč:
 - $b_{hem} - (2 \cdot 20[\text{mm}] + d) = 107 \text{ mm}$
 - $2,5 \cdot d = 47,5 \text{ mm}$
 - $107 > 47,5 \rightarrow$ vyhovuje
- Počet trnů na $\frac{1}{2}$ nosníku
 - $N_{cf} = F_c + F_4 = 1794 \text{ kN}$
 - $n_\varepsilon = \frac{N_{cf}}{P_{Rd,red}} = 46$
- Vzdálenost trnů v podélném směru
 - $l_{trn,max} = 15 \cdot t_p \cdot \sqrt{\frac{235[\text{MPa}]}{f_{yk}}} = 345 \text{ mm}$
 - $l_{trn,min} = 2,5 \cdot d = 47,5 \text{ mm}$
 - $l_{trn} = \frac{l}{\frac{n_\varepsilon}{2}} = 108,6957 \text{ mm}$
- Součinitel pro srovnání tuhostí

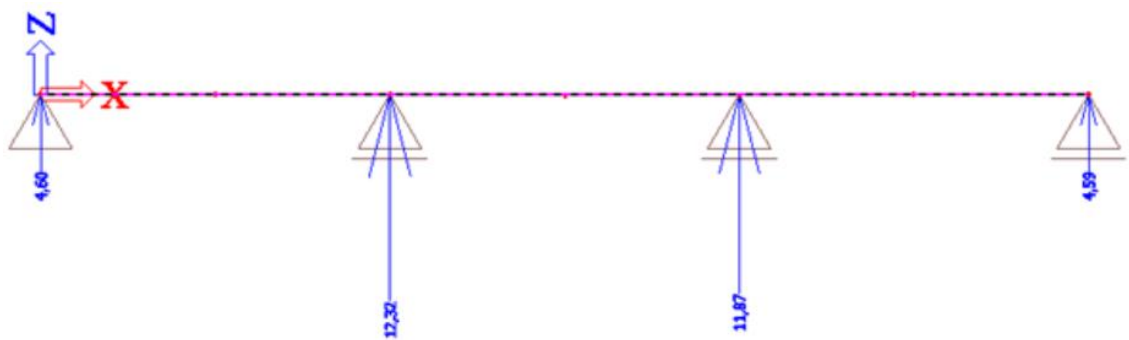
- $E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = 15,5 \text{ GPa}$
- $n = \frac{E}{E'_c} = 13,55$
- $A_c = h_{bet,des} \cdot b_{eff,0} = 75000 \text{ mm}^2$
- $z_T = \frac{A \cdot 0,5 \cdot h_{hem} + \frac{A_c \cdot (h_{hem} + h_p + h_{bet,des} \cdot 0,5)}{n}}{A + \frac{A_c}{n}} = 151,75 \text{ mm}$
- Moment setrvačnosti
 - $z_1 = z_T - 0,5 \cdot h_{hem} = 61,75 \text{ mm}$
 - $z_2 = (h_{hem} + h_p + h_{bet,des} \cdot 0,5) - z_T = 108,25 \text{ mm}$
 - $I_{y,cel} = I_y + A \cdot z_1^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff,0} \cdot h_{bet,des}^3 + A_c \cdot z_2^2 \right) = 1,55 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
- Montážní stav
 - $M_{1d} = M_{y,max} = 35,19 \text{ kNm}$
- Proměnné zatížení
 - $M_{2d} = M_{st,max} = 57,96 \text{ kNm}$
- Dolní vlákna
 - $\sigma_{a1} = \frac{M_{1d}}{I_{y,cel}} \cdot z_1 = 14,06 \text{ MPa}$
 - $\sigma_{a2} = \frac{M_{2d}}{I_{y,cel}} \cdot z_1 = 23,16 \text{ MPa}$
- Horní vlákna
 - $\sigma_{c2} = \frac{1}{n} \cdot \frac{M_{2d}}{I_{y,cel}} \cdot z_2 = 3 \text{ MPa}$
- $\sigma_{a1} < f_{yk} \rightarrow \text{vyhovuje}$
- $\sigma_{a2} < f_{yk} \rightarrow \text{vyhovuje}$
- $\sigma_{c2} < 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \rightarrow \text{vyhovuje}$
- $R_{k,max} = 12,32 \text{ kN/m}$



Obrázek: Průběh vnitřní síly Vz



Obrázek: Průběh ohybového momentu My



Obrázek: Reakce

- Vlastní tíha $G = 0,76 \text{ kN/m}$
- Průhyb

- $\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{(R_{k,max}+G) \cdot l^4}{E \cdot I_{y,cel}} = 3,28 \text{ mm}$
 - $\frac{l}{200} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$
 - $\frac{l}{250} = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$
 - $\frac{l}{350} = 14,29 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$
 - $\frac{l}{400} = 12,5 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$
 - $\frac{l}{450} = 11,11 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhovuje}$

7. Posouzení piloty






Založení stavby pomocí pilot. Připojení sloupů k pilotám bylo navrženo kloubově.
Návrh a posouzení provedeno v programu FIN GEO 5 – Piloty:

Vstupní data






Projekt

Datum : 26.11.2016






Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]
1	Třída F8, konzistence měkká		15.00	5.00	20.50	10.50
2	Třída F6, konzistence měkká		19.00	12.00	21.00	11.00
3	Třída S4		29.00	5.00	18.00	11.00
4	Třída G3, středně ulehlá		32.50	0.00	19.00	10.50
5	zvetral. granit		24.00	6.00	20.00	10.00

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	Třída F8, konzistence měkká		-	1.50	20.50	-	-
2	Třída F6, konzistence měkká		-	2.25	21.00	-	-
3	Třída S4		-	10.00	21.00	-	-
4	Třída G3, středně ulehlá		-	85.00	20.50	-	-
5	zvetral. granit		-	12.00	20.00	-	-

Parametry zemín pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	β
1	Třída F8, konzistence měkká		0.00
2	Třída F6, konzistence měkká		0.00
3	Třída S4		0.00
4	Třída G3, středně ulehlá		0.00
5	zvetral. granit		0.00

Parametry zemín

Třída F8, konzistence měkká

Objemová tíha :	γ	=	20,50 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	15,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	5,00 kPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,42
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	1,50 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,50 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	0,00 °

Třída F6, konzistence měkká

Objemová tíha :	γ	=	21,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	19,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	12,00 kPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,40
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	2,25 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	0,00 °

Třída S4

Objemová tíha :	γ	=	18,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	29,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	5,00 kPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,30
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	10,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	21,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	0,00 °

Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha :	γ	=	19,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	32,50 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	0,00 kPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,25
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	85,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,50 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	0,00 °

zvetral. granit

Objemová tíha :	γ	=	20,00 kN/m ³
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef}	=	24,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef}	=	6,00 kPa
Poissonovo číslo :	ν	=	0,35
Modul přetvárnosti :	E_{def}	=	12,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,00 kN/m ³
Úhel roznášení :	β	=	0,00 °

Geometrie konstrukce

Geometrie piloty

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0.80$ m

Délka $l = 8.00$ m

Umístění

Vysazení $h = 0.25$ m

Hloubka upraveného terénu $h_z = 0.70$ m

Redukce odporu na patě = 0.80

Redukce odporu na plášti = 0.60

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.







Materiál konstrukce

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

Beton : C 30/37

Ocel podélná : B550

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	1.00	Třída F8, konzistence měkká	
2	2.80	Třída F8, konzistence měkká	
3	2.00	Třída S4	
4	1.00	Třída G3, středně ulehlá	
5	0.70	Třída G3, středně ulehlá	
6	-	zvetral. granit	

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	ANO		Zatížení č. 1	Výpočtové	1610.00	5.00	5.00	335.00	28.00

HPV + nestlačitelné podloží

Hladina podzemní vody je v hloubce 2.40 m od původního terénu.

Nestlačitelné podloží je v hloubce 8.00 m od původního terénu.

Nastavení výpočtu

Výpočet proveden podle teorie mezních stavů s redukcí vstupních parametrů zemin.

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_{m\phi} = 1.10$

Součinitel redukce soudržnosti $\gamma_{mc} = 1.40$

Posouzení čís. 1

Výpočet piloty opřené o nestlačitelné podloží (hornina třídy R1,R2)

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejneprůzračnějších zatěžovacích stavů.

Typ piloty: pilota betonovaná pod vodou nebo jílovitou suspenzí.

Průměrný sečnový modul deform. $E_s = 15.27$ MPa

Příčinkový součinitel sedání $I_{wp} = 0.98$

Sednutí piloty $s = 0.8$ mm

Únosnost piloty $U_{vd} = 7539.82$ kN

Extrémní svislá síla $V_d = 1610.00$ kN

$U_{vd} = 7539.82$ kN > 1610.00 kN = V_d

Svislá únosnost opřené piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejneprůzračnějších zatěžovacích stavů.

Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Průběhy vnitřních sil a deformace piloty

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - maximální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	48.15	9.93	67.46	336.17	7.07
0.25	0.00	45.66	9.91	83.31	323.19	80.65
0.25	2.81	45.66	9.91	83.31	323.19	80.65
0.40	2.81	44.17	9.89	92.82	315.40	124.80
0.55	2.81	42.69	9.85	100.27	301.16	169.07
0.55	2.81	42.69	9.85	100.27	301.16	169.07
0.80	2.81	40.22	9.78	112.69	277.43	242.84
1.20	2.81	36.33	9.59	101.78	242.99	346.45
1.60	2.81	32.52	9.35	91.12	212.01	437.03
2.00	2.81	28.82	9.05	80.76	184.42	515.95
2.40	2.81	25.25	8.71	70.77	160.09	584.52
2.80	2.81	21.83	8.33	61.18	138.92	644.03
3.20	2.81	18.57	7.91	125.76	120.75	695.71
3.35	2.81	17.41	7.75	164.02	98.74	709.24

Koncepční řešení překlenutí terénní překážky - objekt bude využíván pro volnočasové aktivity
Akademický rok: 2016/2017

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
3.35	18.75	17.41	7.75	164.02	98.74	709.24
3.60	18.75	15.48	7.47	227.78	62.06	731.81
4.00	18.75	12.58	7.01	234.95	21.88	739.24
4.40	18.75	9.85	6.55	184.10	88.83	716.55
4.80	18.75	7.31	6.12	136.58	140.05	670.27
5.20	18.75	4.93	5.72	265.00	176.57	606.47
5.35	18.75	4.10	5.59	291.30	217.14	571.08
5.35	159.38	4.10	5.59	291.30	217.14	571.08
5.60	159.38	2.71	5.37	335.13	284.74	512.10
6.00	159.38	0.61	5.10	96.65	368.53	377.89
6.35	159.38	1.29	4.93	206.87	350.73	249.50
6.35	159.38	1.29	4.93	206.87	350.73	249.50
6.40	159.38	1.39	4.91	222.61	348.19	231.15
6.80	159.38	3.33	4.80	418.47	227.59	112.70
7.05	159.38	4.53	4.77	343.43	149.61	70.24
7.05	22.50	4.53	4.77	343.43	149.61	70.24
7.20	22.50	5.24	4.76	298.41	102.81	44.77
7.60	22.50	7.14	4.74	161.26	58.23	12.10
8.00	22.50	9.04	4.74	204.06	0.00	0.00

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - minimální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-47.97	-9.97	-67.72	-335.00	-5.00
0.25	0.00	-45.49	-9.95	-83.62	-322.07	-80.43
0.25	2.81	-45.49	-9.95	-83.62	-322.07	-80.43
0.40	2.81	-44.00	-9.93	-93.17	-314.31	-125.69
0.55	2.81	-42.53	-9.89	-100.65	-300.12	-170.10
0.55	2.81	-42.53	-9.89	-100.65	-300.12	-170.10
0.80	2.81	-40.07	-9.82	-113.11	-276.48	-244.13
1.20	2.81	-36.19	-9.63	-102.17	-242.17	-348.10
1.60	2.81	-32.40	-9.39	-91.46	-211.31	-438.98
2.00	2.81	-28.72	-9.09	-81.06	-183.82	-518.16
2.40	2.81	-25.16	-8.74	-71.03	-159.58	-586.96
2.80	2.81	-21.75	-8.36	-61.40	-138.48	-646.65
3.20	2.81	-18.50	-7.94	-126.23	-120.38	-698.49
3.35	2.81	-17.35	-7.77	-164.62	-98.45	-712.07
3.35	18.75	-17.35	-7.77	-164.62	-98.45	-712.07
3.60	18.75	-15.43	-7.50	-228.61	-61.90	-734.69
4.00	18.75	-12.53	-7.03	-235.81	-22.03	-742.12
4.40	18.75	-9.82	-6.58	-184.77	-89.23	-719.32
4.80	18.75	-7.28	-6.15	-137.07	-140.64	-672.84
5.20	18.75	-4.92	-5.75	-265.96	-177.29	-608.78
5.35	18.75	-4.08	-5.61	-292.34	-218.00	-573.25
5.35	159.38	-4.08	-5.61	-292.34	-218.00	-573.25
5.60	159.38	-2.70	-5.39	-336.32	-285.85	-514.03
6.00	159.38	-0.61	-5.12	-96.95	-369.93	-379.31

Koncepční řešení překlenutí terénní překážky - objekt bude využíván pro volnočasové aktivity
Akademický rok: 2016/2017

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
6.35	159.38	-1.30	-4.95	-206.15	-352.05	-250.43
6.35	159.38	-1.30	-4.95	-206.15	-352.05	-250.43
6.40	159.38	-1.40	-4.93	-221.75	-349.50	-232.02
6.80	159.38	-3.34	-4.82	-416.90	-228.44	-113.12
7.05	159.38	-4.54	-4.79	-342.15	-150.16	-70.50
7.05	22.50	-4.54	-4.79	-342.15	-150.16	-70.50
7.20	22.50	-5.26	-4.77	-297.30	-103.20	-44.93
7.60	22.50	-7.17	-4.76	-160.66	-58.45	-12.15
8.00	22.50	-9.07	-4.75	-203.30	-0.00	-0.00

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 48.2 mm
 Max.posouvající síla = 369.93 kN
 Maximální moment = 742.12 kNm

Dimenzace výztuže:

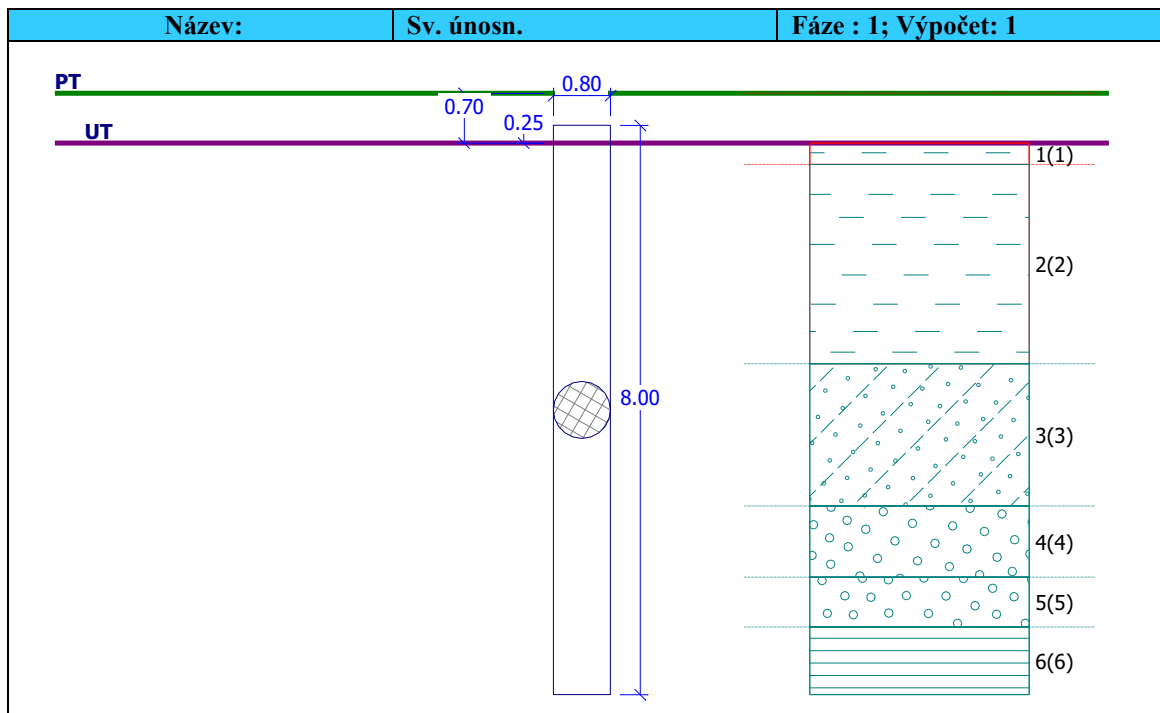
Vyztužení - 12 ks profil 20.0 mm; krytí 50.0 mm

Stupeň vyztužení $\rho = 0.375 \% > 0.137 \% = \rho_{\min}$

Zatížení : $N_{Ed} = -1610.00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 742.12$ kNm

Únosnost : $N_{Rd} = -1862.32$ kN; $M_{Rd} = 858.43$ kNm

Navržená výztuž piloty VYHOVUJE



Výpočet piloty opřené o nestlačitelné podloží

Průměrný sečnový modul defor. $E_s = 15.27 \text{ MPa}$

Příčinkový součinitel sedání

$I_{wp} = 0.98$

Sednutí piloty

$s = 0.8 \text{ mm}$

Únosnost piloty

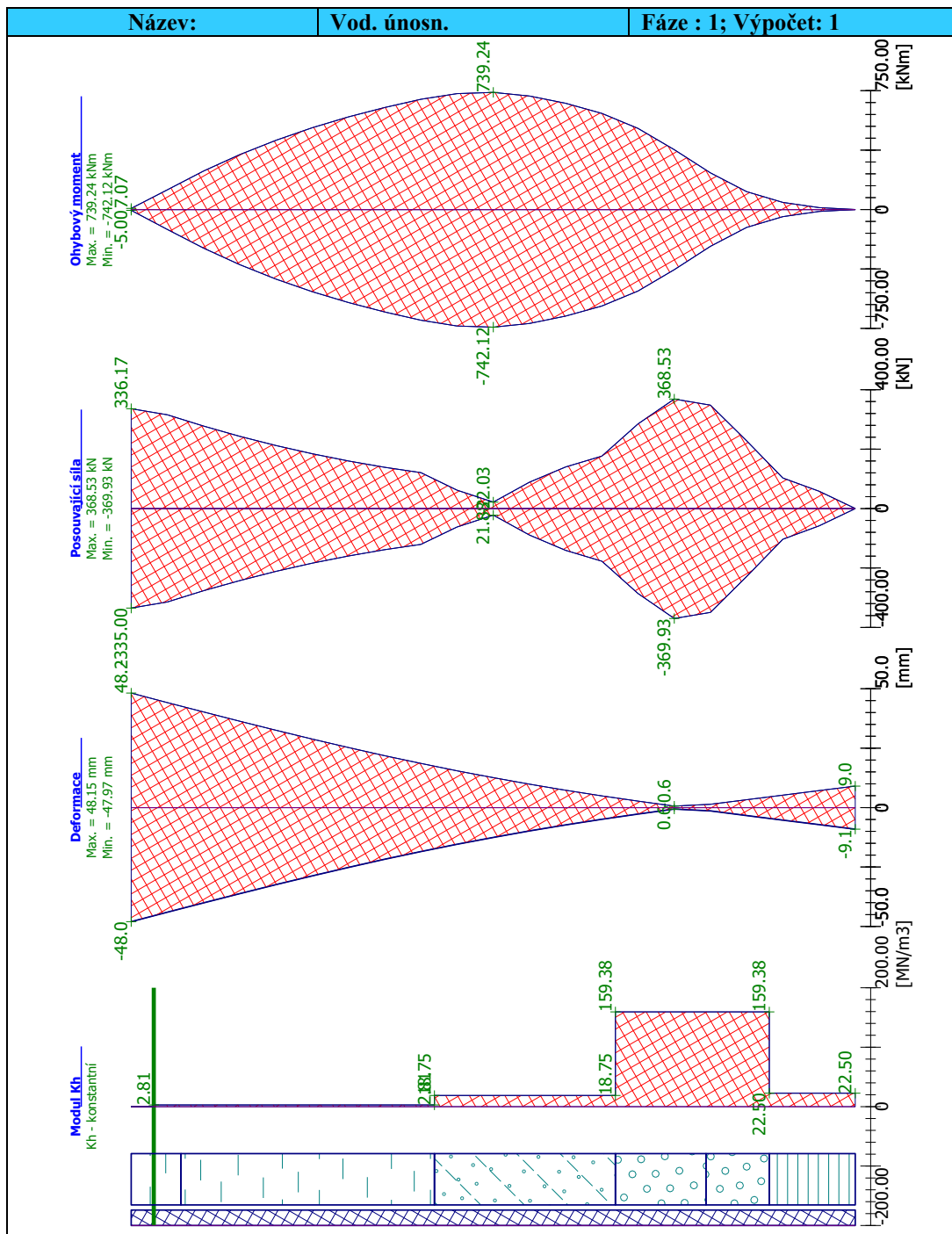
$U_{vd} = 7539.82 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla

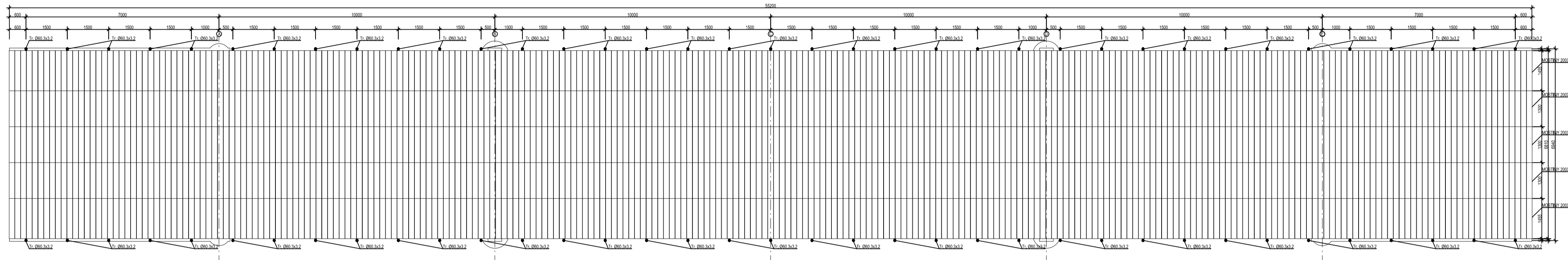
$V_d = 1610.00 \text{ kN}$

$U_{vd} = 7539.82 \text{ kN} > 1610.00 \text{ kN} = V_d$

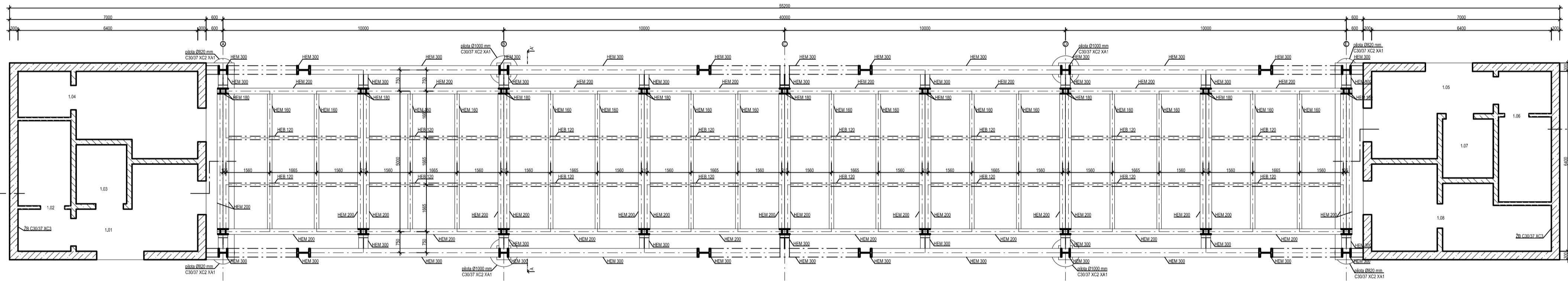
Svislá únosnost opřené piloty VYHOVUJE



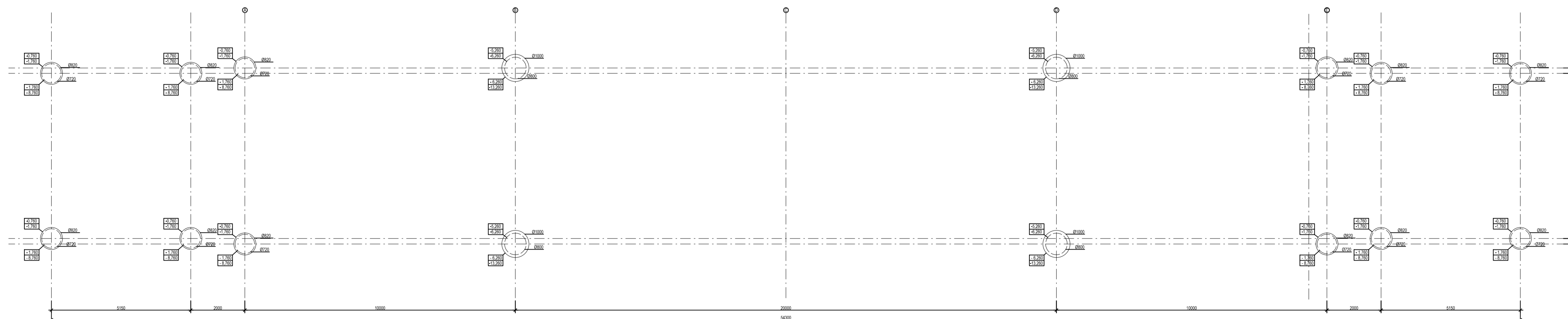
PŮDRYS C-C'



PŮDRYS D-D'



PLÁN PILOT

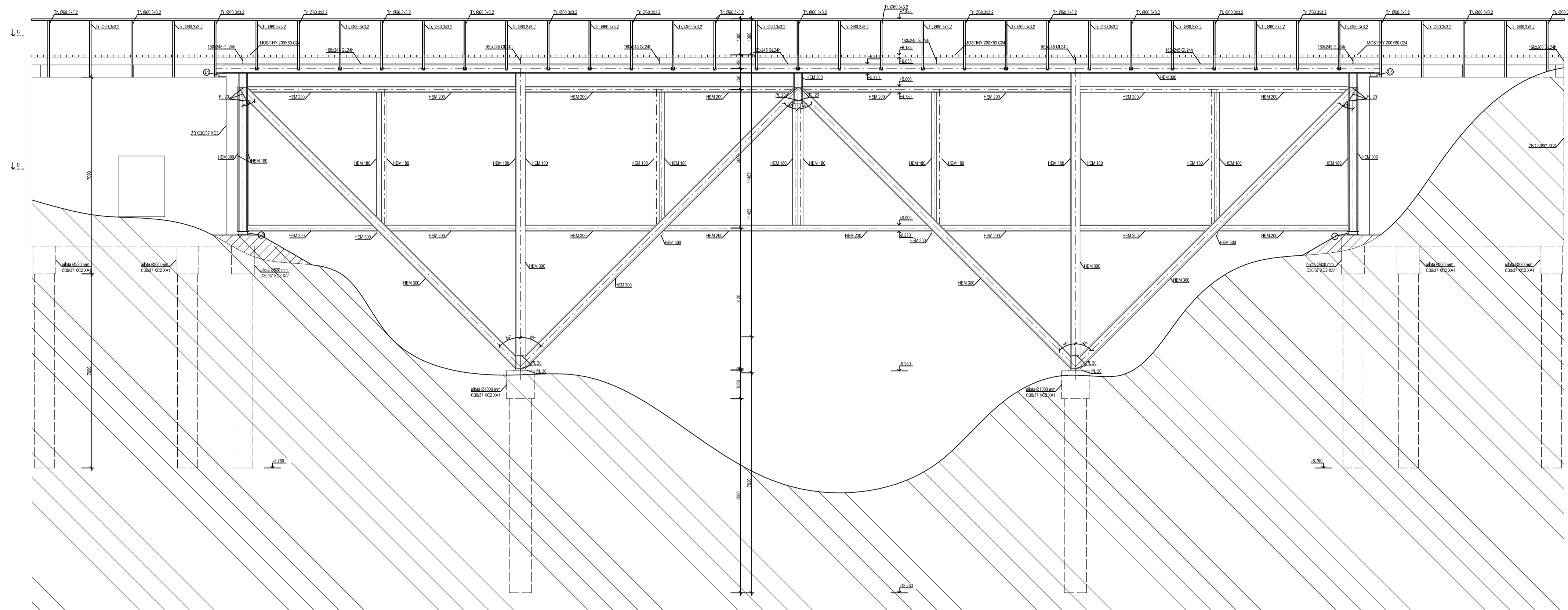


- LEGENDA:
 ŽELEZOBETONOVÝ MODUL I
 1.01 CHODBA
 1.02 WC ŽENY
 1.03 WC ŽENY INVALIDE
 1.04 ZÁZEMÍ KAVÁRNY
 ŽELEZOBETONOVÝ MODUL II
 1.05 CHODBA
 1.06 WC MUŽ
 1.07 WC MUŽ INVALIDE
 1.08 ZÁZEMÍ KAVÁRNY

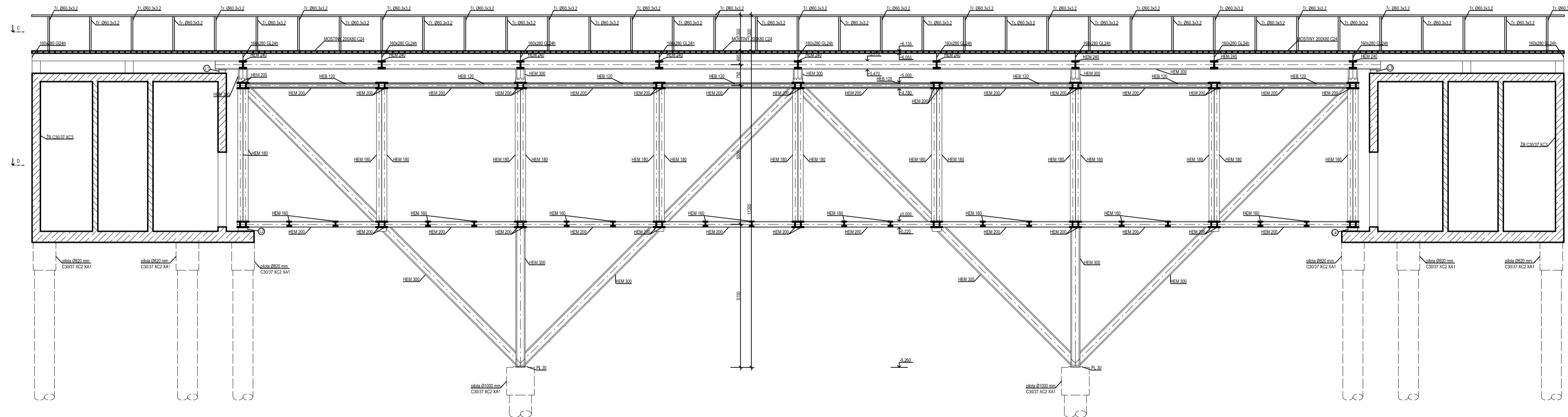
Poznámka:
 oost
 řídicí provádění EXCI dle ČSN EN 1090-2
 materiál S235
 svařovací materiál - dle způsobu svařování
 svařkové spoje - srovnání ČSN 02 1308
 materiál ČSN 02 1601
 podlahy ČSN 02 1708
 železobetonové moduly
 ČSN 02 1303
 výztuž S500B
 pletky
 C 30/37 XC2, XA1
 výztuž B500
 výšší zátvara
 bezpečnostní sklo

VYPRACOVALA Bc. Adéla Zvořánová	KONTROLOVAL Ing. Petr Kesl	ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
CHARAKTER Překlenutí terénní překážky	Diplomová práce	FORMAT A1
STAVBA Překlenutí terénní překážky		DATUM 12/2016
		STUPĚŇ PS DPP
		MĚŘÍTKO 1:100
		ZAKÁZKA DP
OBSAH PŮDRYS C-C' a D-D', PLÁN PILOT		VYKRES 1

POHLED

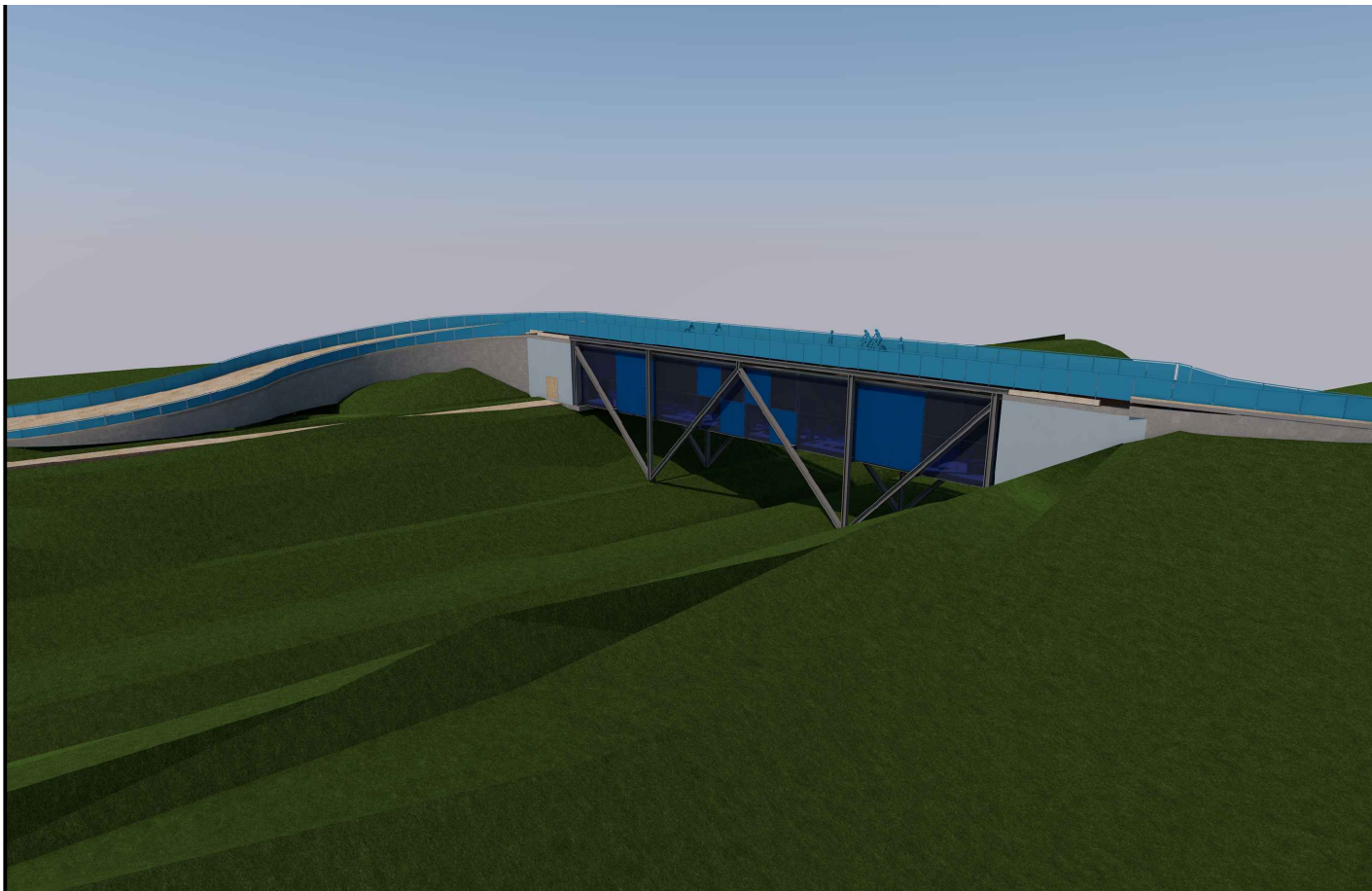


ŘEZ B-B'

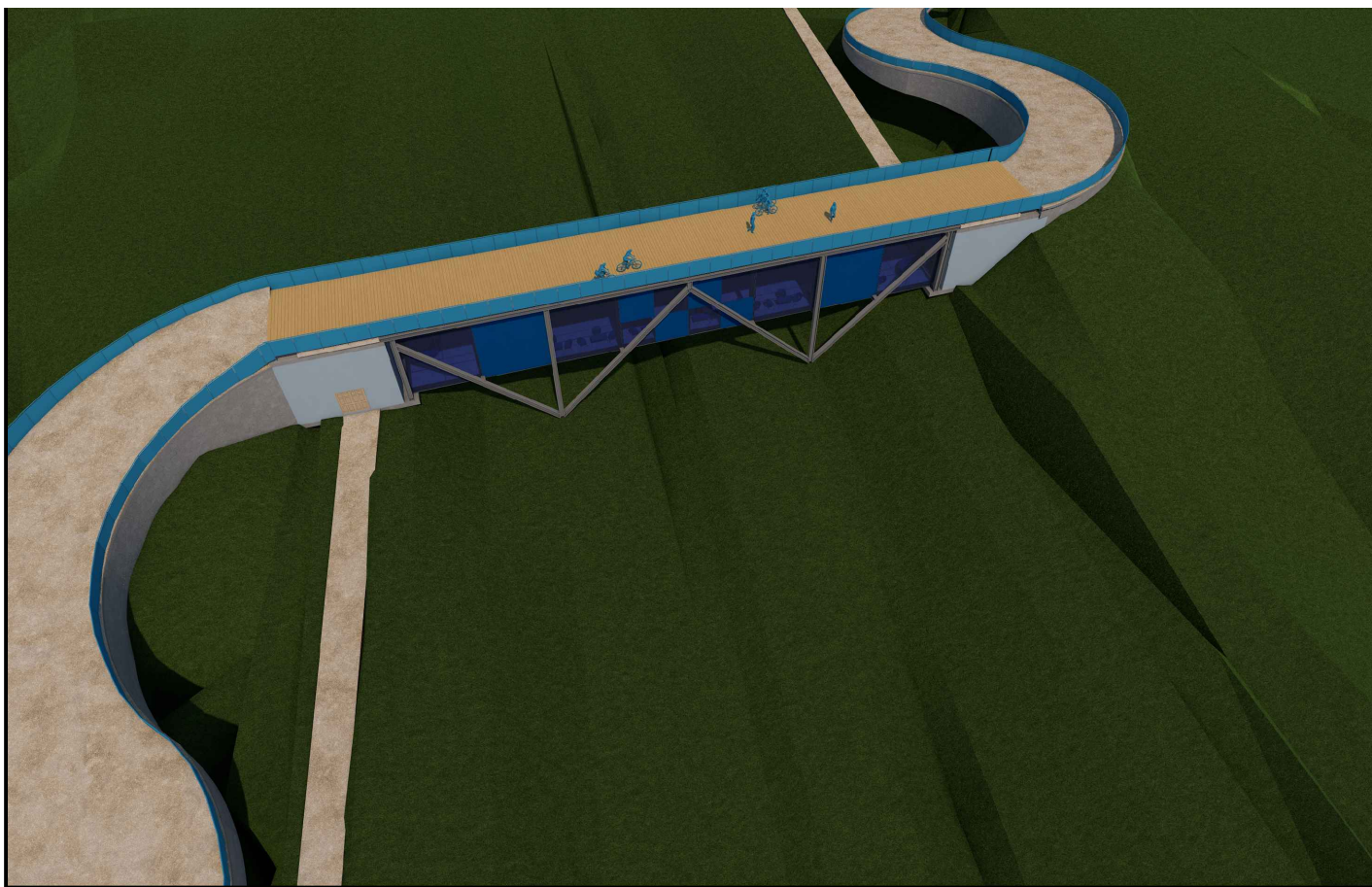
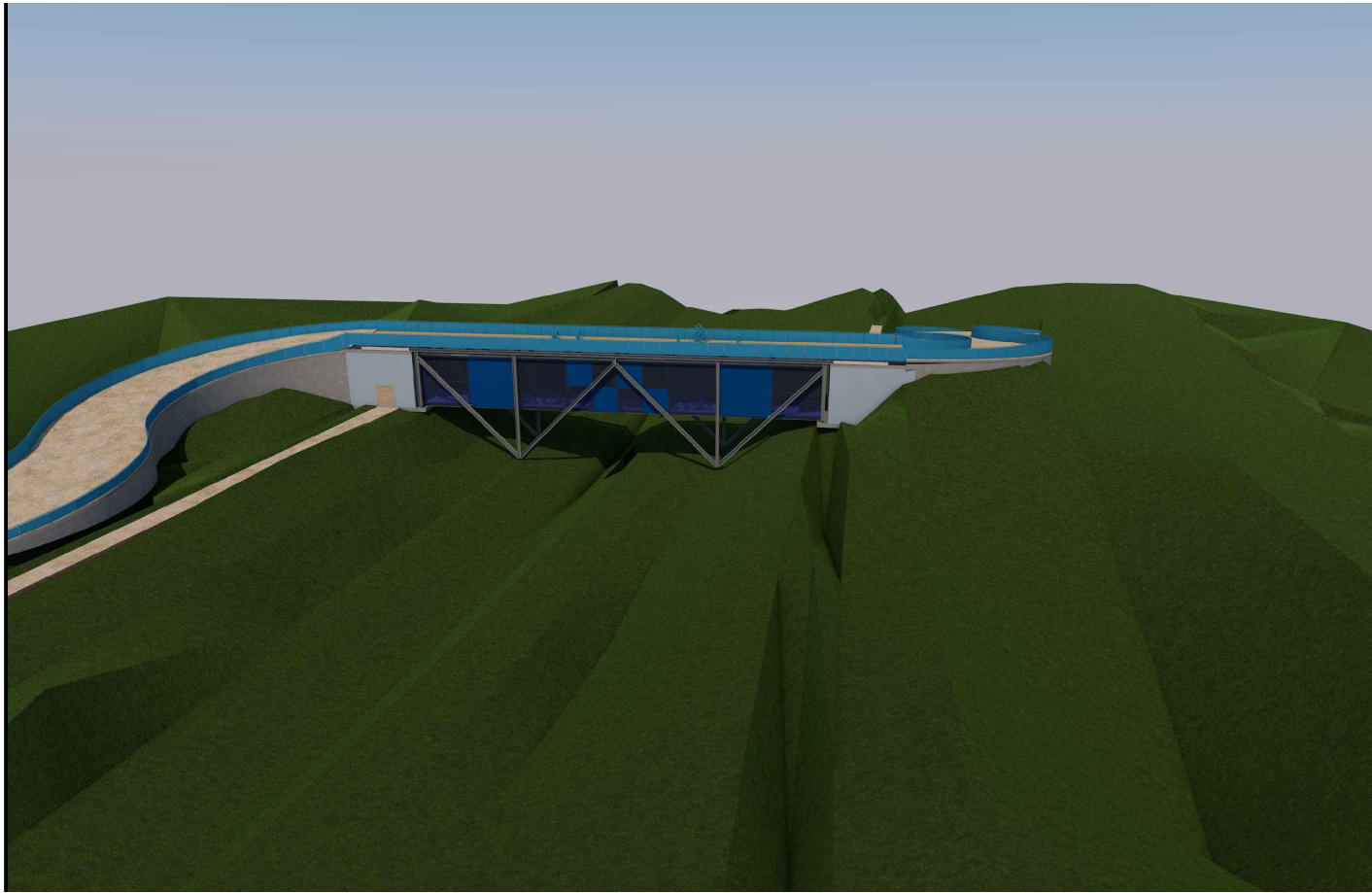


- ▨ ŽB C30/37 XC3, výztuž B500B
 - ▨ vlnitá síť
 - ▨ beton
 - ▨ zřutiny náspů
- ① příložné pevné elastomerní kuličko např. Hémos
 ② příložné pevné elastomerní kuličko např. Hémos
 ③ vlněné pevné elastomerní kuličko např. Hémos
 ④ vlněné pevné elastomerní kuličko např. Hémos
- Příkladka:
 ool
 vřída provádění EXC3 dle ČSN EN 1090-2
 materiál S235
 svařovací materiál - dle způsobu svařování
 svařovací spoje - Evropský ČSN 02 1308
 - materiál ČSN 02 1051
 - podtlaky ČSN 02 1708
 Žr. zábrusů a Žr. vnitřní nářří
 zábrusovací meziklá
 C30/37 XC3
 výztuž B500B
- pláty
 C 30/37 XC2, XA1
 výztuž B500
 výřří zábrusů
 bezpečnostní sklo

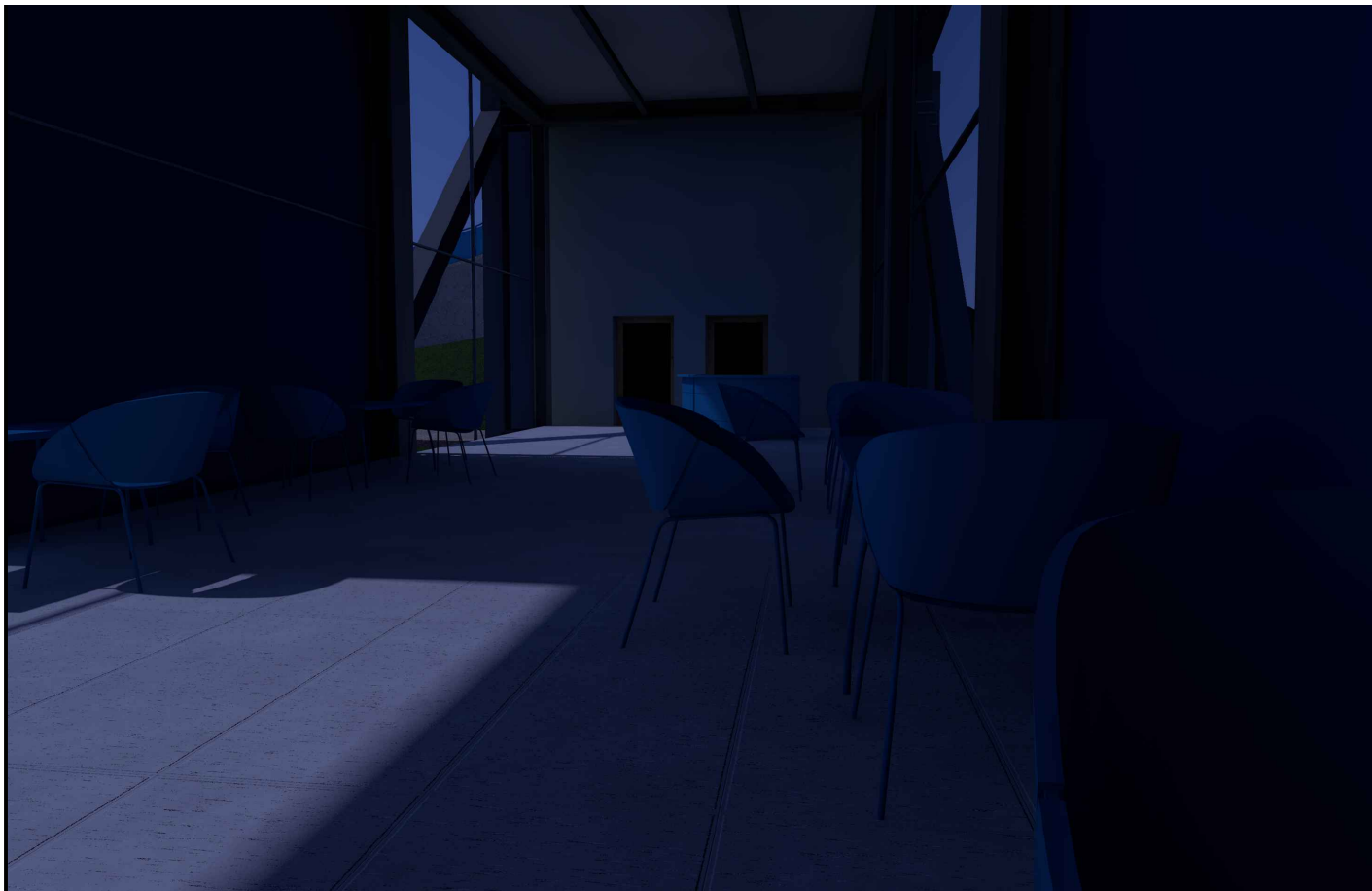
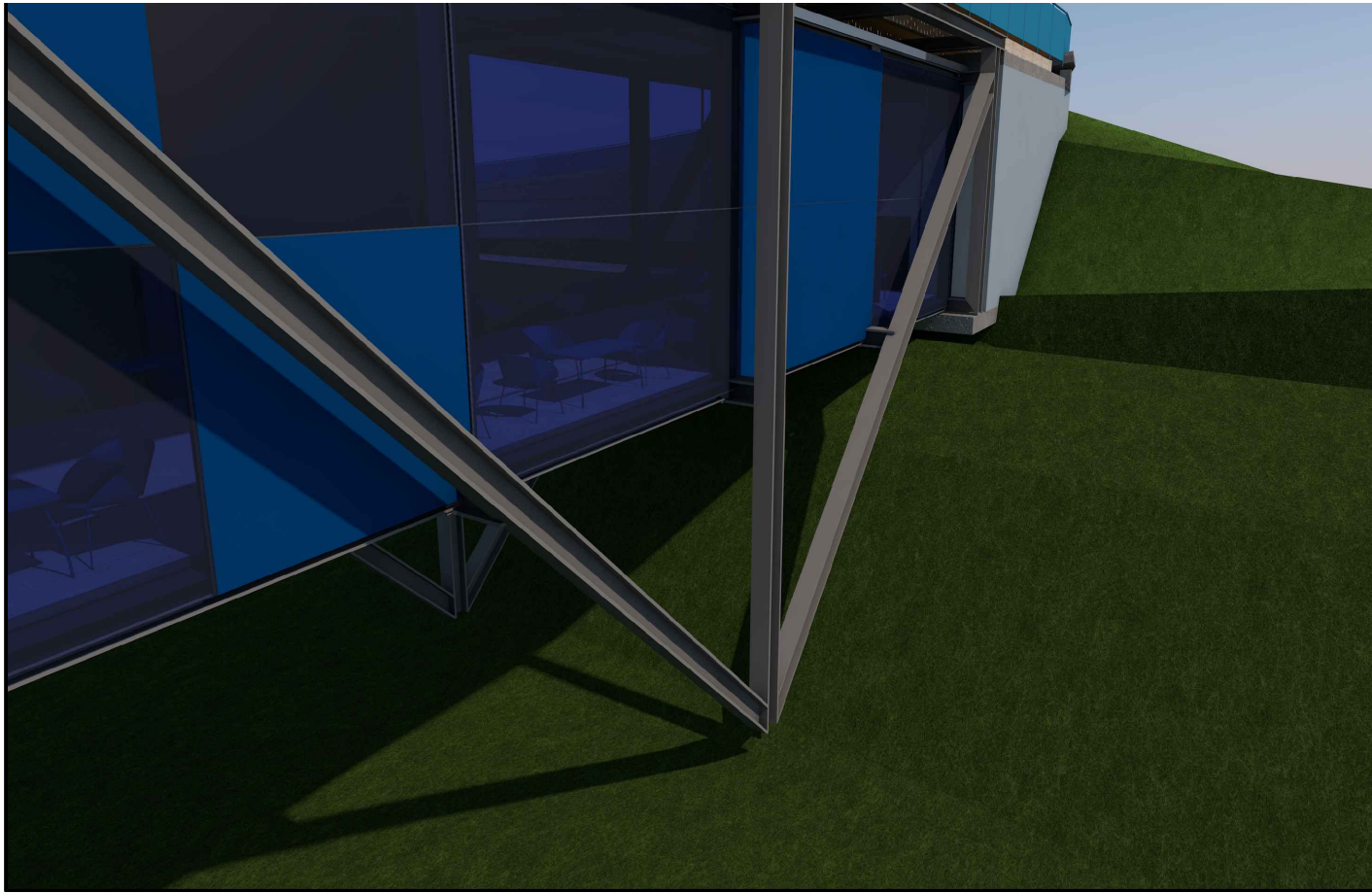
VYPRACOVALA	KONTROLOVAL	ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI	
Bc. Adéla Závofánová	Ing. Petr Kesl	FORMÁT	A1
CHARAKTER	Diplomová práce	DATA	12/2016
STAVBA Překlenutí terénní překážky		STUPĚN PŮ	DSP
		MĚŘÍTKO	1:100
		ZAKÁZKA	DP
OBSAH	POHLED, ŘEZ B-B'	VYKRES	2



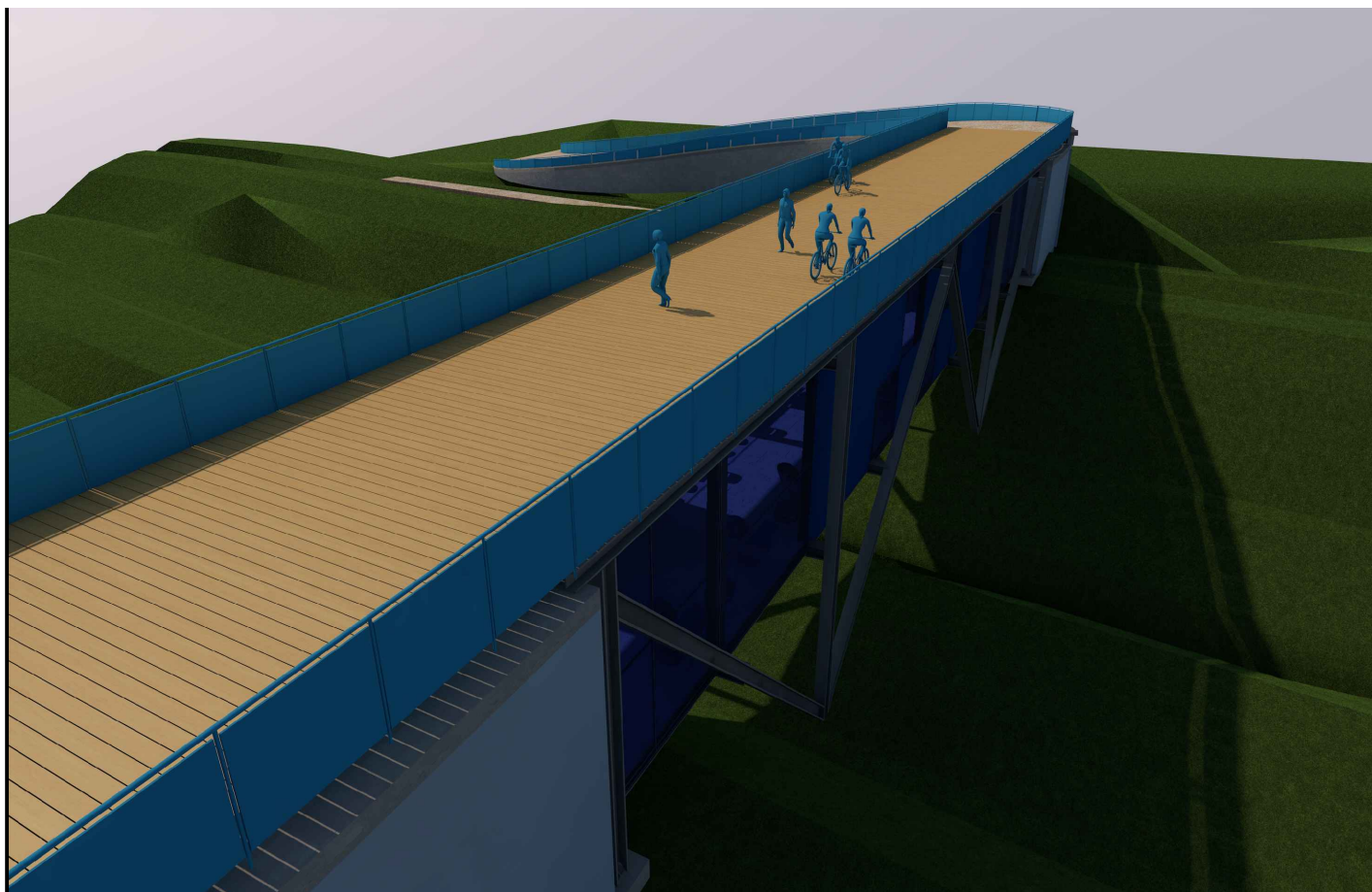
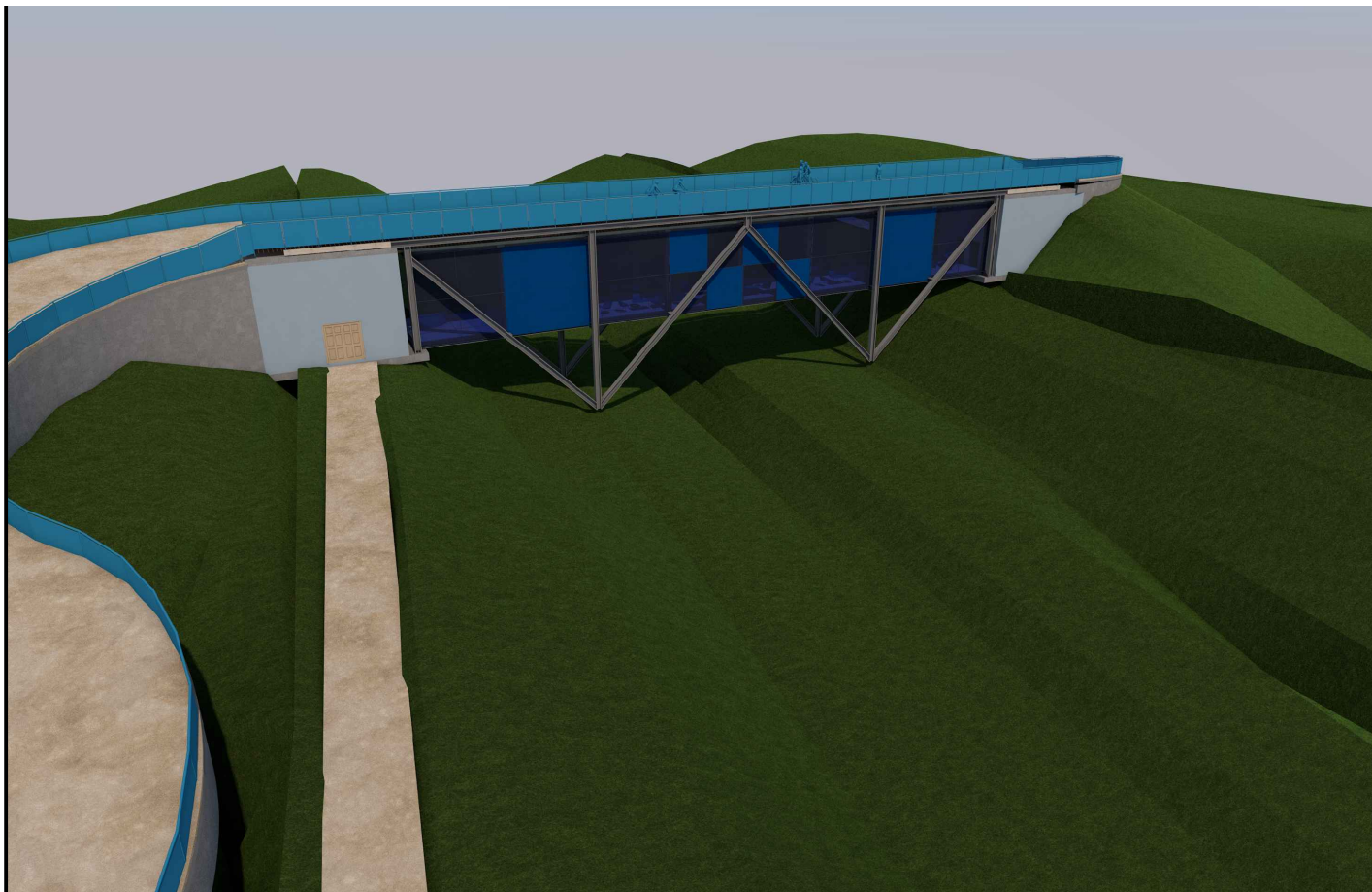
VYPRACOVALA	KONTROLOVAL	ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI	
Bc. Adéla Zdvořanová	Ing. Petr Kesl		
CHARAKTER	Diplomová práce		
STAVBA		FORMÁT	A3
Překlenutí terénní překážky		DATUM	12/2016
		STUPEŇ PD	-
		MĚŘÍTKO	-
		ZAKÁZKA	DP
OBSAH	Vizualizace I	VÝKRES	4



VYPRACOVALA	KONTROLOVAL	ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI	
Bc. Adéla Zdvořanová	Ing. Petr Kesl		
CHARAKTER	Diplomová práce		
STAVBA		FORMÁT	A3
Překlenutí terénní překážky		DATUM	12/2016
		STUPEŇ PD	-
		MĚŘÍTKO	-
OBSAH		ZAKÁZKA	DP
		VÝKRES	5
Vizualizace II			



VYPRACOVALA	KONTROLOVAL	ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI	
Bc. Adéla Zdvořanová	Ing. Petr Kesi		
CHARAKTER	Diplomová práce		
STAVBA		FORMÁT	A3
Překlenutí terénní překážky		DATUM	12/2016
		STUPEŇ PD	-
		MĚŘÍTKO	-
		ZAKÁZKA	DP
OBSAH	Vizualizace III	VÝKRES	6



VYPRACOVALA	KONTROLOVAL	ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI	
Bc. Adéla Zdvořanová	Ing. Petr Kesi		
CHARAKTER	Diplomová práce		
STAVBA		FORMÁT	A3
Překlenutí terénní překážky		DATUM	12/2016
		STUPEŇ PD	-
		MĚŘÍTKO	-
		ZAKÁZKA	DP
OBSAH	Vizualizace IV	VÝKRES	7