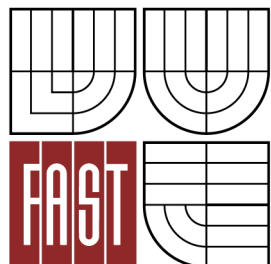




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ HALY

THE STEEL STRUCTURE OF A SPORTS HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

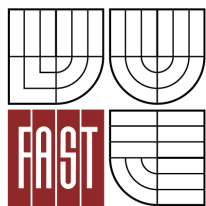
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MILAN VANĚČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Autor práce	Bc. Milan Vaněček
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Název práce	Ocelová konstrukce sportovní haly
Název práce v anglickém jazyce	The steel structure of a sports hall
Typ práce	Diplomová práce
Přidělovaný titul	Ing.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF
Anotace práce	Cílem diplomové práce je navrhnout ocelovou konstrukci sportovní haly. Objekt se nachází v Jihlavě. Rozměry a dispozice vycházely ze zadání diplomové práce, kde byly dány rozměry objektu 40m x 60m, výška konstrukce 15m. Byly vypracovány dvě varianty řešení konstrukce – příhradový vazník ve tvaru čochky a girlandový vazník. Varianty byly orientačně dimenzovány a posouzeny hlavní nosné prvky obou variant. Následně byly varianty zhodnoceny a byla vybrána jedna varianta pro podrobné rozpracování. To obnášelo návrh důležitých detailů konstrukce, vypracování výkresové dokumentace a technické zprávy. To vše v rozsahu

stanoveném vedoucím práce. Pro zpracování diplomové práce byly použity platné normy ČSN EN.

- Anotace práce v anglickém jazyce** Master thesis is focused on design of steel roofing structure of sports hall. Construction is located in town of Jihlava. Proportions and disposition are in accordance of assignment of master thesis. The proportions are 40m x 60m, the height of structure is approximately 15m. Two versions of roof structure were designed – truss beam with shape of lentil and double reverse truss girders (girland truss). These versions were tentatively analyzed and designed for the main bearing members. Afterwards both of the versions were appraised and one of the versions was chosen for detailed treatment. It means there was attention focused on design of important details, creating of drawing documentation and technical report, all in the range of thesis supervisor. The valid Eurocodes were used.
- Klíčová slova** ocelová konstrukce sportovní haly, varianty, předběžný návrh, příhradový vazník, girlandový vazník, hlavní nosné prvky, podrobné zpracování, výkresová dokumentace, technická zpráva, statický posudek, tvar čočky, detaily, ČSN EN
- Klíčová slova v anglickém jazyce** the steel structure of a sports hall, versions, tentative desing, truss beam, double reverse truss girders (girland truss), main bearing members, detailed treatment, drawing documentation, technical report, structural analysis, shape of lentil, details, Eurocode

Bibliografická citace VŠKP

VANĚČEK, Milan. *Ocelová konstrukce sportovní haly*. Brno, 2011. 113 s., 48 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2012

.....
podpis autora

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svým rodičům, kteří mají největší zásluhu na tom, že jsem měl možnost studovat a kteří mě psychicky podporovali i při tvorbě této práce.

Další velké díky patří mému vedoucímu práce za vedení práce, jeho pomoc a za množství rad, které byly velice užitečné.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11.1.2012

.....
podpis autora
Bc. Milan Vaněček

Abstrakt

Cílem diplomové práce je navrhnout ocelovou konstrukci sportovní haly. Objekt se nachází v Jihlavě. Rozměry a dispozice vycházely ze zadání diplomové práce, kde byly dány rozměry objektu 40m x 60m, výška konstrukce 15m. Byly vypracovány dvě varianty řešení konstrukce – příhradový vazník ve tvaru čočky a girlandový vazník. Varianty byly orientačně dimenzovány a posouzeny hlavní nosné prvky obou variant. Následně byly varianty zhodnoceny a byla vybrána jedna varianta pro podrobné rozpracování. To obnášelo návrh důležitých detailů konstrukce, vypracování výkresové dokumentace a technické zprávy. To vše v rozsahu stanoveném vedoucím práce. Pro zpracování diplomové práce byly použity platné normy ČSN EN.

Klíčová slova

ocelová konstrukce sportovní haly, varianty, předběžný návrh, příhradový vazník, girlandový vazník, hlavní nosné prvky, podrobné zpracování, výkresová dokumentace, technická zpráva, statický posudek, tvar čočky, detaily, ČSN EN

Abstract

Master thesis is focused on design of steel roofing structure of sports hall. Construction is located in town of Jihlava. Proportions and disposition are in accordance of assignment of master thesis. The proportions are 40m x 60m, the height of structure is approximately 15m. Two versions of roof structure were designed – truss beam with shape of lentil and double reverse truss girders (girland truss). These versions were tentatively analyzed and designed for the main bearing members. Afterwards both of the versions were appraised and one of the versions was chosen for detailed treatment. It means there was attention focused on design of important details, creating of drawing documentation and technical report, all in the range of thesis supervisor. The valid Eurocodes were used.

Keywords

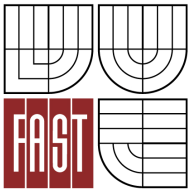
the steel structure of a sports hall, versions, tentative desing, truss beam, double reverse truss girders (girland truss), main bearing members, detailed treatment, drawing documentation, technical report, structural analysis, shape of lentil, details, Eurocode

...

Obsah:

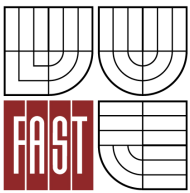
<u>POVINNÉ PŘÍLOHY</u>	I
<u>TECHNICKÁ ZPRÁVA VARIANT:</u>	
ÚVOD, ZADÁNÍ DISPOZICE	2
LITERATURA A NORMY	2
VARIANTA A – PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK	2
STATICKÝ SYSTÉM, MATERIÁLY, PROFILY	3
ZATÍŽENÍ	3
VARIANTA B – GIRLANDOVÝ VAZNÍK	3
STATICKÝ SYSTÉM, MATERIÁLY, PROFILY	4
ZATÍŽENÍ	4
ZHODNOCENÍ A VÝBĚR VARIANTY	5
<u>NÁVRH A POSUDEK VARIANT ŘEŠENÍ:</u>	
ÚVOD	2
VARIANTY	3
ZATÍŽENÍ - SHODNÉ PRO OBĚ VARIANTY	5
VARIANTA A – PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK	7
ZATÍŽENÍ	7
STATICKÝ SYSTÉM, MATERIÁLY	9
STATICKÝ VÝPOČET	9
CELKOVÁ HMOTNOST KONSTRUKCE	15
VARIANTA B – GIRLANDOVÝ VAZNÍK	16
ZATÍŽENÍ	16
STATICKÝ SYSTÉM, MATERIÁLY	19
STATICKÝ VÝPOČET	19
CELKOVÁ HMOTNOST	25
<u>TECHNICKÁ ZPRÁVA VYBRANÉ VARIANTY:</u>	
ÚVOD	2
ZADANÁ DISPOZICE, LITERATURA, NORMY	2
ROZSAH ŘEŠENÍ	3
POPIS ŘEŠENÍ KONSTRUKCE	3
STATICKÝ MODEL	4
MATERIÁLY	5
ZATÍŽENÍ	5
POSUDEK	5
DETAILY	6
OCHRANA	6
MONTÁŽ	6
<u>STATICKÝ VÝPOČET VYBRANÉ VARIANTY:</u>	
GEOMETRIE	2
ZATÍŽENÍ	
STÁLÉ	4
SNÍH	4
VÍTR	
ZATĚŽOVACÍ STAVY	10

KOMBINACE	10
STATICKÝ SYSTÉM	17
POSUDEK MSÚ	18
HORNÍ PÁS VAZNÍKU	18
DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	21
SVISLICE VAZNÍKU	25
DIAGONÁLA VAZNÍKU	27
SLOUP	30
ZTUŽIDLO	33
DOLNÍ PÁS PODÉLNÉHO ZTUŽIDLA	34
VAZNICE	37
POSUDEK MSP	41
RUČNÍ OVĚČENÍ POSUDKŮ	42
HORNÍ PÁS VAZNÍKU	42
DOLNÍ PÁS VAZNÍKU	43
DIAGONÁLA VAZNÍKU	44
SVISLICE VAZNÍKU	45
DIAGONÁLA VAZNÍKU	44
SLOUP	46
VAZNICE	49
NÁVRH DETAILŮ	50
POSOUZENÍ PORUŠENÍ TRUBEK VE STYČNÍKU	50
NÁVRH SVARŮ VE STYČNÍKU	57
NÁVRH MONTÁŽNÍCH CELKŮ	58
NÁVRH MONTÁŽNÍHO SPOJE DIAGONÁLY	58
NÁVRH MONTÁŽNÍHO SPOJE DOLNÍHO PÁSU	60
NÁVRH MONTÁŽNÍHO SPOJE HORNÍHO PÁSU	62
NÁVRH KOTVENÍ SLOUPU DO PATKY	63
NÁVRH PATNÍCH PLECHŮ	63
POSOUZENÍ PRŮŘEZŮ PATKY	65
NÁVRH KOTEVNÍHO PŘÍČNÍKU	67
NÁVRH ROZMĚRŮ BETONOVÉ PATKY	68
<u>VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE:</u>	
101	VARIANTA A
102	VARIANTA B
103	PŮDORYS
104	KOTEVNÍ PLÁN
105	KONSTRUKČNÍ VÝKRES VAZNÍKU V PŘÍČNÉ VAZBĚ A a PATKY
106	PODÉLNÉ ZTUŽIDLO - V POLOVINĚ ROZPĚTÍ
107	PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO MEZI SLOUPY
108	DETAILY



Diplomová práce
Ocelová konstrukce sportovní haly
Tech. zpráva variant řešení
Bc. Milan Vaněček

Technická zpráva variant řešení



Úvod

Cílem diplomové práce bylo navrhnout ocelovou konstrukci sportovní haly na dispozici o rozměrech 40x60m. Jako první krok byl proveden návrh dvou možných variant konstrukce. Tyto varianty byly vyhodnoceny a vybraná varianta byla nadále podrobně zpracována. Dále byla provedena výkresová dokumentace a výkaz materiálů. Rozsah jednotlivých částí určil vedoucí práce.

Tato zpráva má za úkol popsat a vyhodnotit obě varianty.

Zadání dispozice

Vedoucím práce byla zadána práce, která se má zabývat návrhem konstrukce ocelové sportovní haly. K této práci byla zadána lokalita Jihlava, z které vyplývá klimatické zatížení větrem a sněhem a dále pak rozměry stavby, které byly zadány 40x60m. Po konzultaci o přesnějším zadání bylo stanoveno, že se primárně bude jednat o halu pro basketbalové zápasy.

Jedná se o novostavbu na parcele s dostatečným prostorem a proto není na dispozici konstrukce kladen žádný speciální požadavek, co se prostorového uspořádání týče.

Literatura a normy

Jako základní dokumenty sloužily evropské normy přijaté do českého systému norem.

ČSN EN 1990 – Základní navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

Bylo použito i dnes neplatných norem ČSN:

ČSN 01 3483 - Výkresy kovových konstrukcí

Monografie:

PETŘÍČKOVÁ, Monika. *Ocelové nosné konstrukce – předběžný návrh pro architekty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 145 s.

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10 – normy pro navrhování*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 125 s.

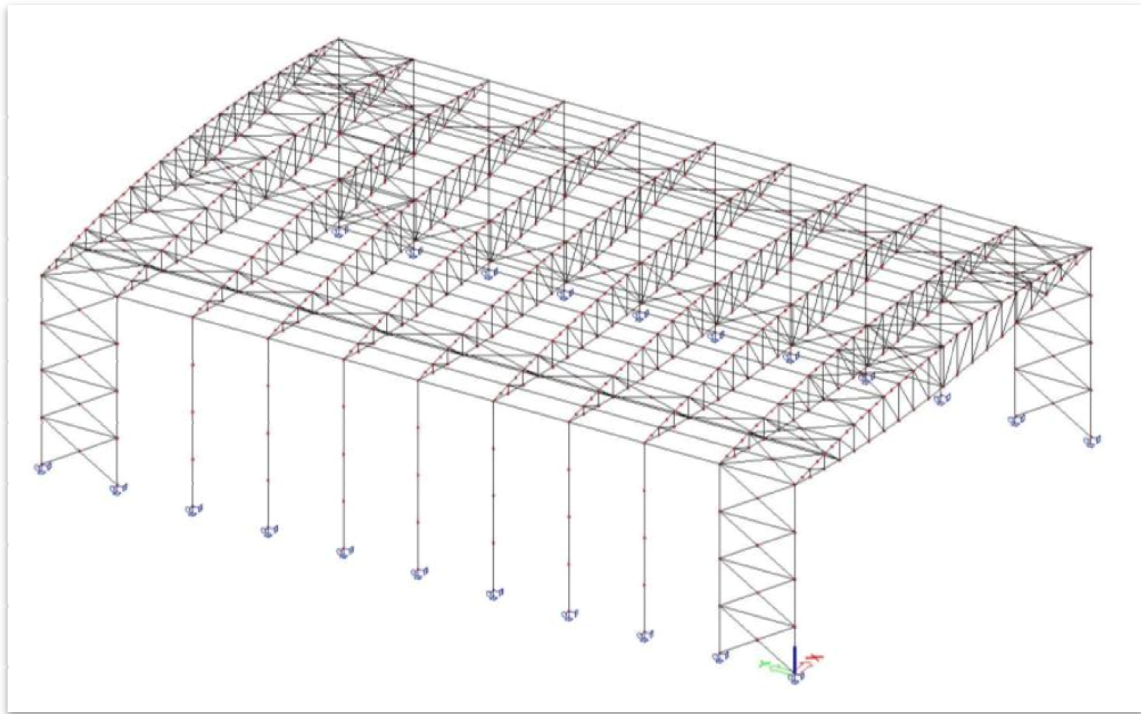
MELCHER, Jindřich, STRAKA, Bohumil. *Kovové konstrukce – konstrukce průmyslových budov*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1977, 209 s.

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998, 289 s.

WANKE, Josef, SPAL, Luděk. *Ocelové trubkové konstrukce*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1975, 492 s.

Varianta A – příhradový vazník

Příhradový vazník je tvořen horním i dolním pásem ve tvaru kruhového segmentu, čímž tvoří tzv. čochkovou příhradovinu. Tato konstrukce má vlastnost, že jak v spodním, tak horním páse vznikají v absolutní hodnotě stejné normálové síly. V horním páse je to však tlak a v dolním tah. To je důvod větší dimenze horního páse, jež je namáhán vzpěrem. Příhradový vazník má vzepětí 3,0m s tím, že středem vzepětí prochází osa vazníku (parabola horního páse má vzepětí 1,5m a parabola dolního páse taktéž 1,5m). Hřeben střechy je ve výšce cca 15,5m.



Statický systém, profily, materiály:

Konstrukce je modelována jako příhradová s tím, že sloupy jsou vetknuty ve směru příčné vazby. Detailněji řečeno, zabránily posunutí ve směru X, Y a Z a dále pak pootočení ve směru φ_y . Svislice a diagonály jsou připojeny kloubově k dolnímu a hornímu pásu. Taktéž vazníky jsou připojeny kloubově ke sloupům.
 Jako materiál je na konstrukci použita ocel S355, profily byly zvoleny bezešvé obdélníkové trubky.

Zatížení:

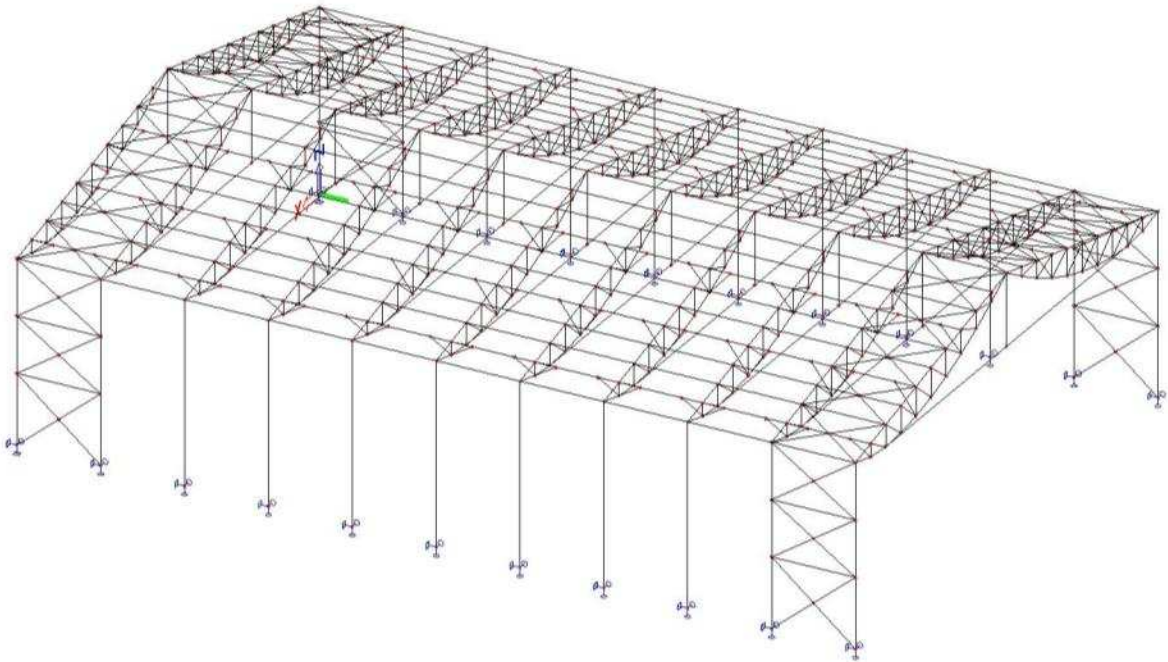
Vlastní tíha – nosná konstrukce
 Stálé zatížení – střešní plášť
 Ostatní stálé - zatížení od technologie
 Klimatické zatížení – sníh, vítr
 Zatížení je rozpočítáno na zatěžovací šířku vaznic. Hodnoty zatížení viz. **Návrh a statický posudek variant řešení**

Výpočet byl proveden v programu SCIA Engineer, který taktéž provedl posouzení extrémně namáhaných prutů.

Celková hmotnost konstrukce je 185,2t

Varianta B – Girlandový vazník

Řešení pomocí girlandového vazníku je navrženo nad stejným půdorysem jako předchozí řešení. Osová vzdálenost vazníků a sloupů je 6m. Girlandový vazník je složen ze dvou dílčích vazníků, které jsou kloubově spojeny v horní části a ve spodní části vazníku jsou propojeny táhlem, jež zabraňuje rozevření obou vazníků a vykrývá vodorovnou složku reakce. Hřeben střechy je ve výšce cca 17,5m.



Statický systém, profily, materiály:

Konstrukce je modelována z příhradových vazníků s horním a dolním pásem průběžným a kloubově připojenými diagonálami a svislicemi. Vazník se skládá ze dvou dílčích vazníků, jež jsou spojeny ve vrcholu kloubem a ve spodní části táhlem z kulatiny. Vazníky jsou kloubově uloženy na sloupy. Sloupy jsou navrženy z profilů HEA a jsou podepřeny podporami, jež zabraňují posunutí ve směru X, Y a Z a dále pootočení kolem osy Y – f_{iy} .

Jak horní a spodní pás, tak svislice a diagonály jsou, stejně jako v prvním případě, navrženy z obdélníkových bezešvých trubek z oceli S355.

Zatížení:

Vlastní tíha – nosná konstrukce

Stálé zatížení – střešní plášť

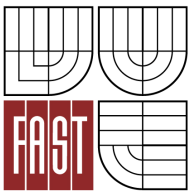
Ostatní stálé - zatížení od technologie

Klimatické zatížení – sníh, vítr

Zatížení je rozpočítáno na zatěžovací šířku vaznic. Hodnoty zatížení viz. **Návrh a statický posudek variant řešení**

Výpočet byl proveden v programu SCIA Engineer, který taktéž provedl posouzení extrémně namáhaných prutů.

Celková hmotnost konstrukce je 171,3t



Zhodnocení a výběr varianty

Ze zjištěné hmotnosti jednotlivých variant lze určit přibližnou cenu konstrukce. Při uvažované ceně 50kč/kg je cena konstrukcí následující:

Hmotnost – cena:

Varianta A	9 260 000 Kč
Varianta B	8 565 000 Kč

Počet styčnicků:

Varianta A	40
Varianta B	39

Montáž:

Varianta A – Příhradová vazník je nutno rozdělit na tři montážní díly z důvodu přepravy na stavbu. Tyto díly se na staveništi smontují dohromady a jeřábem umístí na sloupy.

Varianta B – Girlandový vazník je již svou konstrukcí rozdělen na dva dílčí vazníky. Tyto se však budou muset také rozdělit na montážní dílce. Tudíž bude vazník rozdělen na čtyři dílce. Na staveništi se montážní dílce smontují na dva dílčí vazníky. Pro montáž bude třeba v půli rozpětí příčné vazby postavit dočasnou podporu, na kterou se oba dílčí vazníky uloží před vzájemným spojením v kloub. Po spojení je třeba dolní pásy propojit kulatinou a následně je možno dočasnou podporu odstranit.

Ačkoliv je varianta A těžší a tudíž dražší, je jednodušší její montáž a je tvarově stálejší. Má sice o jeden styčník více, ale styčníky jsou na provádění jednodušší

Po konzultaci s vedoucím práce bylo dohodnuto, že k podrobnému zpracování bude vybrána **varianta A**.



Diplomová práce
Ocelová konstrukce sportovní haly
Dvě varianty řešení
Bc. Milan Vaněček

Návrh a statický posudek variant řešení



Úvod

Cílem diplomové práce je vypracovat projekt ocelové konstrukce sportovní haly umístěné v Jihlavě. Z toho vyplývá, že práce řeší jak zastřešení objektu, tak nosné prvky zastřešení.

Rozsah práce stanovil vedoucí diplomové práce.

Jsou vypracovány dvě varianty a jejich orientační statický výpočty. Ty jsou dále posouzeny z hlediska spotřeby materiálu, náročnosti provedení a vzhledu.

Rozměry objektu jsou zadány 40x60m. Z tohoto vyplývá, že rozpětí příčných vazeb je 40m. Osová vzdálenost příčných vazeb je 6m. V obou případech je střecha uložena na ocelových sloupech, které jsou řešeny jako vetknuté v příčném směru.

Diplomová práce zahrnuje orientační výpočet obou variant, jejich zhodnocení a výběr vhodnější varianty. Na vybranou variantu je následně proveden podrobný výpočet.

Práce dále obsahuje výkresy dispozic jednotlivých variant a vybrané výkresy varianty zvolené.

Varianty

Při výběru variant bylo pohlíženo na zadané rozpětí konstrukce. Práním vedoucího práce byla určitá tvarová podobnost obou řešení z důvodu snazšího porovnání obou variant. Po konzultaci byly domluveny tyto dvě varianty.

1. Příhradový vazník

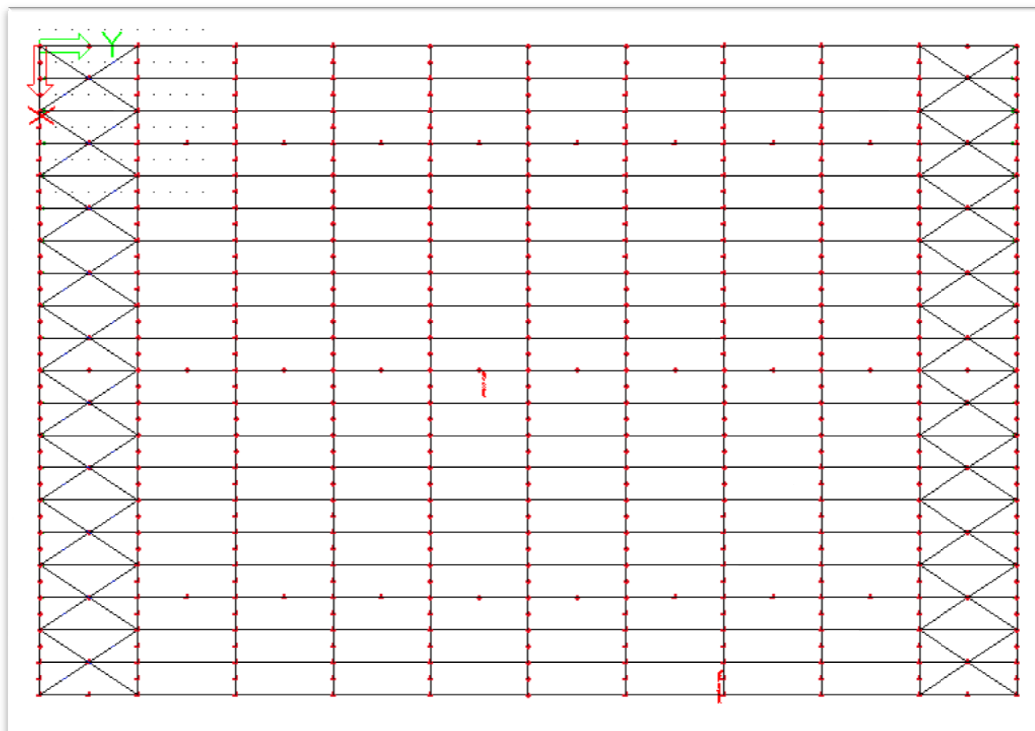
2. Girlandový vazník

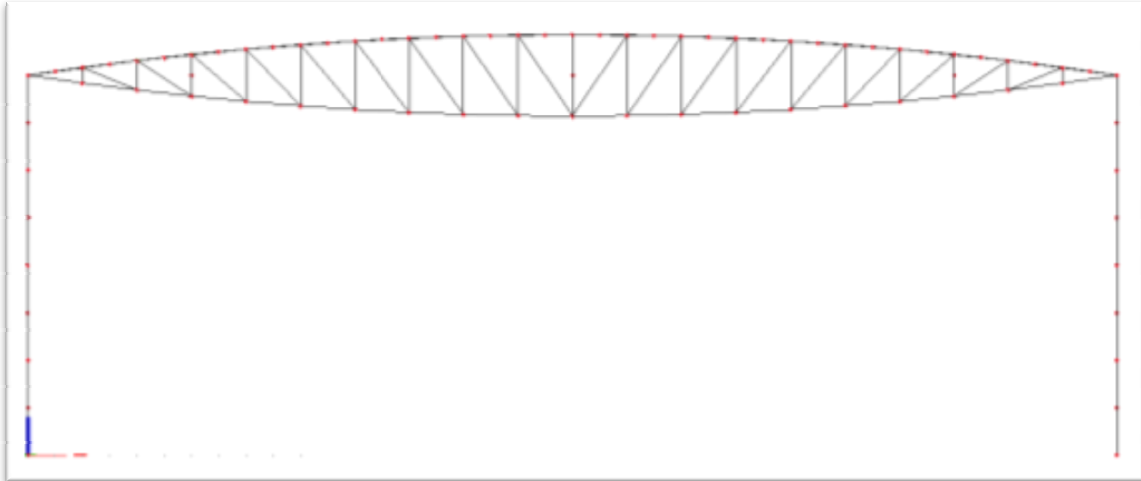
ad. 1

Příhradový vazník je tvořen horním i spodním pásem, jež mají tvar kruhového segmentu. Tato příhradová konstrukce se nazývá příhradovina ve tvaru čočky. Konstrukce tohoto tvaru má jedinečnou vlastnost, že síly v prutech dílčích příhrad horního i dolního pásu mají stejné hodnoty, liší se však ve znaménku. Tento tvar našel široké uplatnění v 19. Století při stavbě mostů.

Vzepětí příhradoviny je 3m s tím, že jak horní, tak dolní segment mají vzepětí 1,5m od vodorovné osy. Osová vzdálenost svislíc je 2m. Tato hodnota je zvolena z důvodu ideálního dělení po rozpětí 40m a také z optimální zatěžovací šířky na vaznice, které jsou připojeny ve styčnicích vazníku. Vaznice jsou navrženy z U profilů.

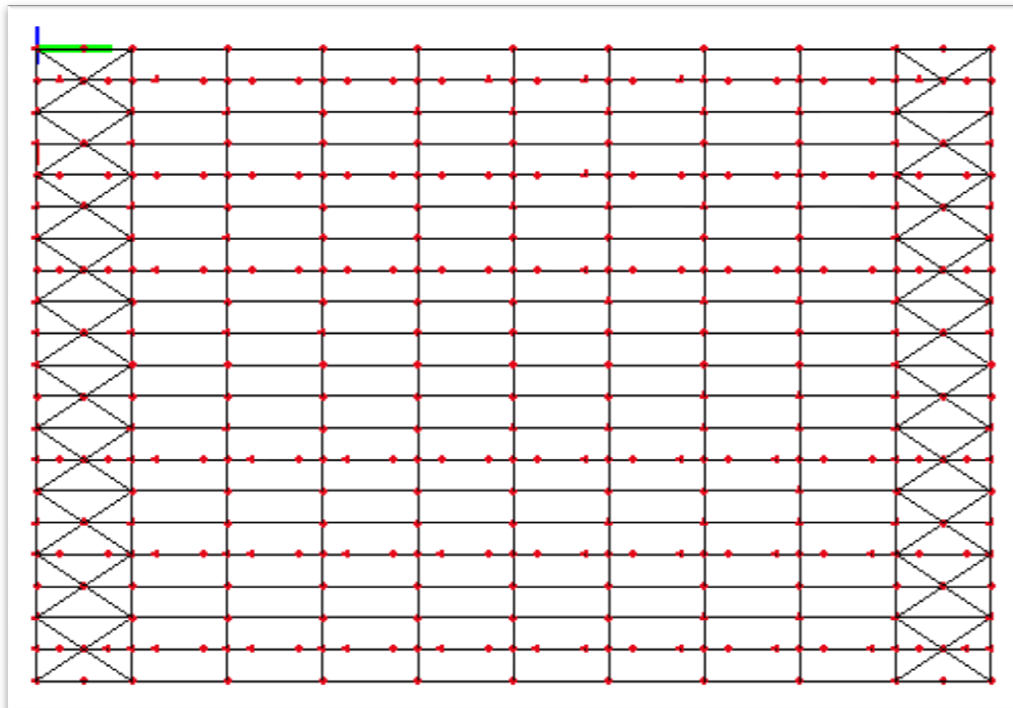
Na dolní a horní pás jsou připojeny diagonály a svislíce, jejichž uchycení se uvažuje jako kloubové.

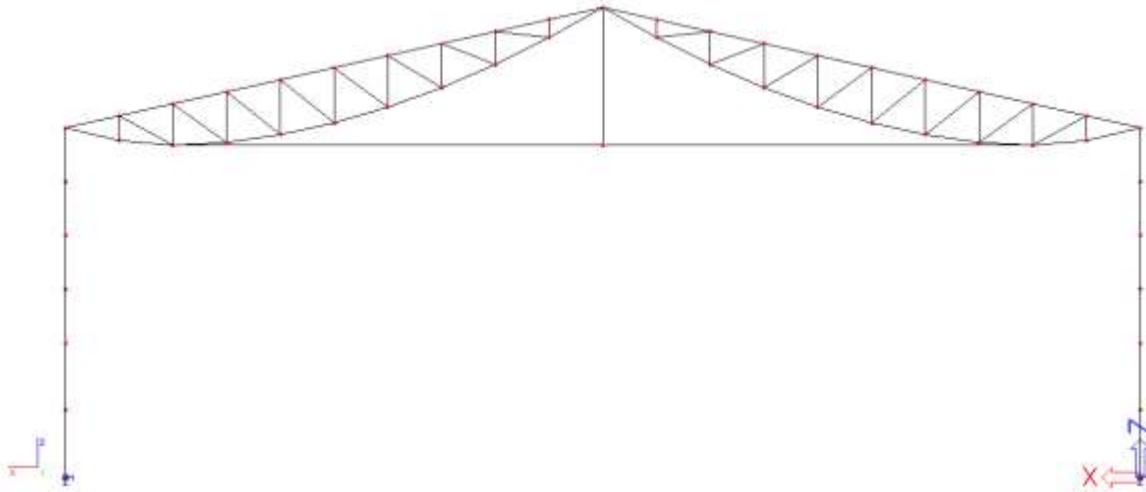




ad. 2

Řešení pomocí girlandového nosníku je navrženo nad stejným půdorysem jako předchozí řešení a to na rozpětí 40m po délce 60m. Osová vzdálenost vazníků a sloupů je 6m. Z toho vyplývá, že konstrukce je tvořena celkem deseti poli. Vazník se sestává ze dvou dílčích částí, které jsou kloubově spojeny ve vrcholu střechy. Dílčí části se skládají z rovného horního pásu, svislic a diagonál a dolního pásu vazníku, jež opisuje svými rovnými prvky kružnici. Oba dílčí vazníky jsou spojeny tyčovinou. Jejím nadměrnému průhybu je zabráněno závěsem, umístěným v polovině rozpětí vazníku. Vaznice jsou tvořeny válcovaným U profilem. Jejich rozpětí je 6m a jsou od sebe vzdáleny 2m, což je šířka příhrady vazníku.





Zatížení – shodné pro obě varianty

Zatížení je vypočteno a dáno do kombinací v souladu s normami ČSN EN 1990 a 1991
 Zatížení je kombinováno podle vzorce 6.10a a 6.10b ČSN EN 1990

Zatížení společné pro obě varianty:

Zatěžovací plocha na vaznice:

Varianta A	12 m ²
Varianta B	12,3 m ²

Zatížení stálé

- Vlastní tíha – spočítána programem SCIA Engineer
- Střešní plášť -

Hydroizolační PVC folie	0,03 kN/m ²
Perlitová izolační deska	0,08 kN/m ²
Tepelná izolace	0,32 kN/m ²
Parotěsná zábrana	0,02 kN/m ²
Trapézový plech	0,10 kN/m ²
Pomocné konstrukce střechy	0,10 kN/m ²
Celkem	0,65 kN/m²
- Technologie – trasování elektřiny, vzduchotechniky, osvětlení, zvukové techniky
 Celková hodnota zařízení 0,3 kN/m²

Zatížení proměnné

- Zatížení sněhem - Jihlava ČSN EN 1991-3

$$s = 1,5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$C_e = 1; C_t = 1$$

- Zatížení větrem – Jihlava ČSN EN 1991-4

$$v_{b0} = 25 \text{ms}^{-1}$$

$$c_{dir} = 1 \quad c_{season} = 1$$

$$v_b = 25 \text{ms}^{-1}$$

Kategorie větru:



III. = oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, budovami nebo překážkami

$$\Rightarrow z_0 = 0,3 \text{ m} \quad z_{\min} = 5,0 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \left(z_0 / z_{0,II} \right)^{0,07} = 0,19 (0,3 / 0,05)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \ln(z / z_0) = 0,22 \ln(15,5 / 0,3) = 0,868 \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

$$c_0(z) = 1$$

$$v_m(z) = 0,868 \cdot 25 = 21,696 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak větru

$$\rho = 1,25 \text{ kg / m}^3$$

$$l_v(z) = \frac{k_l}{c_o \ln(z / z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(15,5 / 0,3)} = 0,253$$

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,253] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 21,696^2 = \underline{\underline{815,22 \text{ N/m}^2}}$$

Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe;10}$ určíme dle typu střechy.

Součinitel vnitřního tlaku $c_{pi;10}$ je v normě uveden +0,2 a -0,3

Varianta A – příhradový vazník

Zatížení

- 1.ZS** - Vlastní tíha – dle SCIA Engineer
- 2.ZS** - Stálé zatížení - $g_k=0,65\text{kN/m}^2$
 Zatížení je vnášeno do vaznic na zatěžovací šířku 2m ($=1,3\text{kN/m}'$). V krajních polích pak na zat. šířku 1m ($=0,65\text{kN/m}'$).
- 3.ZS** - Ostatní stálé – zatížení od technologie $0,3\text{ kN/m}^2$. Zatížení bude taktéž vnášeno do vaznic stejným způsobem jako u zatížení stálého.
- 4.ZS** - Sníh na celou plochu

Pro sníh nenavátý je uvažován součinitel tvaru střechy $\mu_1 = 0,8$

$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 1,2\text{ kN/m}^2$ což znamená, že na vaznici bude zatížení $2,4\text{ kN/m}'$

- 5.ZS** - Sníh na půl plochy střechy – stejné zatížení jako v ZS4, pouze však na jednu polovinu střechy
- Zatížení větrem

Základní tlak větru na konstrukci je $q_p(z) = \underline{815,22\text{ N/m}^2}$

$$z = 15,5\text{m} \quad \frac{h}{d} = \frac{14,0}{40} = 0,35$$

$$\frac{f}{d} = \frac{1,5}{40} = 0,0375$$

Součinitel sání větru na plášť

Interpolace pro $0 < \frac{h}{d} = 0,375 < 0,5$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,69 \quad \text{– oblast A}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,75 \quad \text{– oblast B}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,55 \quad \text{– oblast C}$$

Součinitel vnitřního tlaku

$$c_{pi} = +0,2$$

$$c_{pi} = -0,3$$

Sání větru na vnější povrch – **6.ZS**

$$A - w_{e(A)} = q_p(z) c_{pe} = -0,69 \cdot 815,22 = -562,5\text{ N/m}^2$$

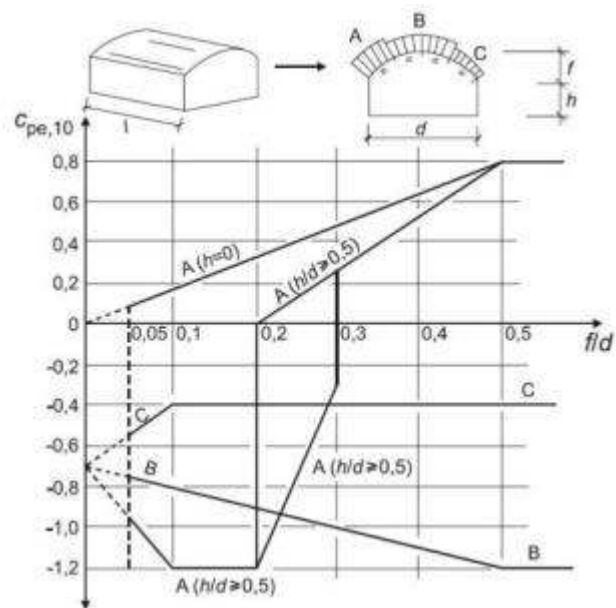
$$B - w_{e(B)} = q_p(z) c_{pe} = -0,75 \cdot 815,22 = -614,41\text{ N/m}^2$$

$$C - w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,55 \cdot 815,22 = -448,4\text{ N/m}^2$$

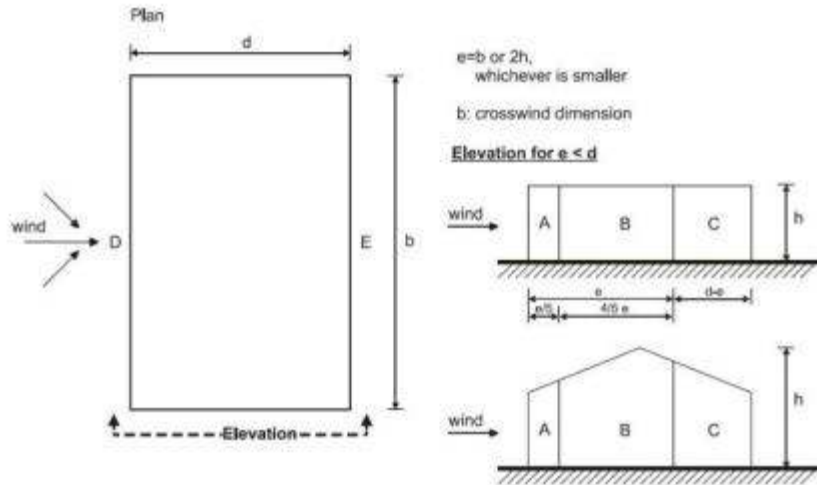
Sání větru na vnitřní povrch

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = +0,2 \cdot 815,22 = +163,0\text{ N/m}^2 \quad \text{- 7.ZS}$$

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -244,57\text{ N/m}^2 \quad \text{- 8.ZS}$$



Tlak větru na stěny



$$e = 2 \cdot 15,5 = 31m$$

$$\frac{e}{5} = 6,2m$$

$$\frac{4}{5}e = 24,8m$$

$$d - e = 9m$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,8 - \text{oblast D}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,3 - \text{oblast E}$$

$$w_{e(D)} = q_p(z) c_{pe} = +0,7 \cdot 815,22 = +570,65 \text{ N/m}^2 \quad - \text{9. ZS} - \text{vítr boční}$$

$$w_{e(E)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -244,57 \text{ N/m}^2$$

Tlak větru na štít – 10. ZS

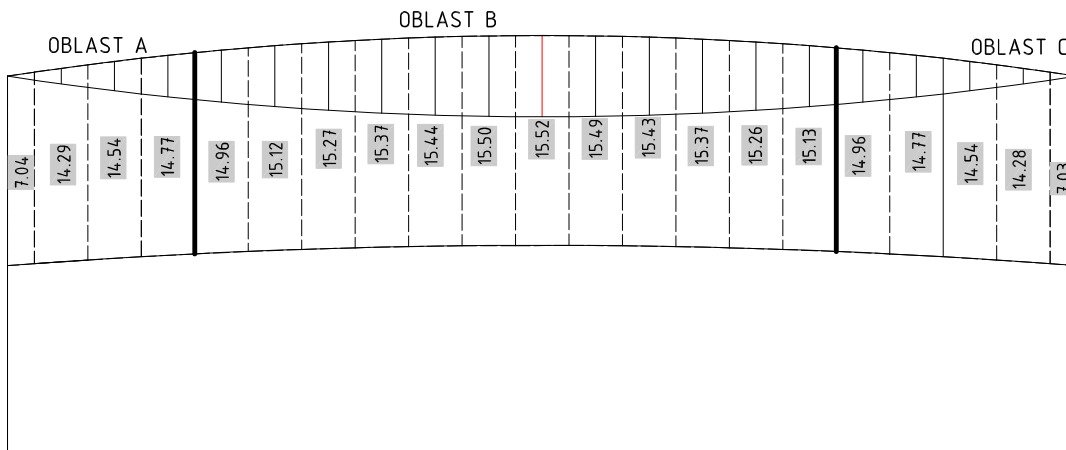
$$w_{e(A)} = q_p(z) c_{pe} = -1,2 \cdot 815,22 = -976,8 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(B)} = q_p(z) c_{pe} = -0,8 \cdot 815,22 = -651,2 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,5 \cdot 815,22 = -407,0 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(D)} = q_p(z) c_{pe} = +0,7 \cdot 815,22 = +569,8 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(E)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -244,2 \text{ N/m}^2$$



Zatížení je opět realizováno přes vaznice. Zatěžovací šířka na vaznice je 2m.

Boční zatížení je vneseno do sloupů, které jsou od sebe vzdáleny 6m – zatěžovací šířka je 6m, s tím, že na krajních sloupech jsou to pouze 3 m.

Statický systém

Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté. Podpora zabraňuje posunu ve směru všech tří os (X, Y a Z) s tím, že je dále zabráněno pootočení ve směru f_{iy} – ve směru příčné vazby. Vazník je modelován pruty. Horní a dolní pás jsou průběžné a k nim jsou kloubově připojeny svislice a diagonály. Vazníky jsou připojeny ke sloupům přes klouby.

Vaznice jsou uloženy na styčnicích horního pásu a svislice a jsou na ně taktéž vloženy klouby. Ztužidla jsou připojeny kloubově.

Výpočet byl proveden lineárně. Při zjišťování vnitřních sil na ztužidlech bylo použito nelineárního výpočtu z důvodu vyloučení tlaku na ztužidlech. Byla zvolena metoda **Newton-Rapson**

Materiál, profily

Základním materiálem je ocel S355, na ztužidla je použita ocel S235

Statický výpočet

Vazník:

1. Posouzení na MSP

$$\delta_{lim} \leq L / 200 = 200mm$$

Maximální deformace $\delta = 182mm < 200mm$

2. Posouzení na MSÚ

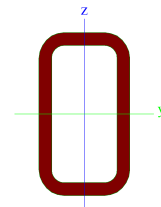
Vazník se bude skládat z prvků, které jsou uzavřené (čtvercové trubky) a tudíž není potřeba pruty posuzovat na klopení. SCIA Engineer však do posudku zahrnuje i klopení, jehož přírůstek je ale značně malý. Posudek na vzpěr řadí do stabilitních posudků a proto při tlaku na prut bude rozhodovat tento stabilitní posudek. Na prutech vznikají také ohybové momenty M_y a M_z , které jsou zanedbatelně malé. Tyto momenty jsou taktéž zavedeny do posudku. Obě chyby jsou však na stranu bezpečnou a nijak nezasahují do celkového výsledku.

Všechny posudky jsou dle ČSN EN 1993

- Dolní pás

Prut B1808	RRO160X90X12.5	S 355	CO2/7	0.77
------------	----------------	-------	-------	------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
1425.23	-0.04	0.68	-0.03	-6.01	0.14



Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	2.01	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.21	
C2	0.02	



C3	1.00	
----	------	--

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.77 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.07 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Klopení	0.07 < 1
Tlak + moment	0.07 < 1
Tlak + moment	0.04 < 1

- Horní pás**

Prut B1779	RRO180X100X11	S 355	CO2/1	0.97
-------------------	----------------------	--------------	--------------	-------------

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-1429.69	0.22	-8.62	-0.04	11.33	-0.26

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	28.20	38.51	
Redukovaná štíhlost	0.37	0.50	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.91	0.84	
Délka	2.01	2.01	m
Součinitel vzpěru	0.87	0.74	
Vzpěrná délka	1.74	1.49	m
Kritické Eulerovo zatížení	13969.32	7491.35	kN

LTB		
Délka klopení	2.01	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.28	
C2	0.12	
C3	0.99	



zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.75 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.01 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.11 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.89 < 1
Klopení	0.11 < 1
Tlak + moment	0.94 < 1
Tlak + moment	0.97 < 1

- **Svislice**

Prut B737	RRO80X40X4.5	S 355	CO2/3	0.85
------------------	---------------------	--------------	--------------	-------------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-74.46	0.22	0.00	0.00	-0.00	-0.14

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	108.19	123.69	
Redukovaná štíhlost	1.42	1.62	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.34	0.28	
Délka	3.00	3.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	0.65	
Vzpěrná délka	3.00	1.95	m
Kritické Eulerovo zatížení	173.89	133.03	kN

LTB		
Délka klopení	3.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	1.00	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.21 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1



Posudek ohybového momentu (Mz)	0.03 < 1
M	0.03 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.77 < 1
Tlak + moment	0.68 < 1
Tlak + moment	0.85 < 1

- **Diagonála**

Prut B2210	RRO80X40X4.5	S 355	CO4/1	0.96
-------------------	---------------------	--------------	--------------	-------------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-65.10	0.00	0.09	0.01	-0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	129.55	153.11	
Redukovaná štíhlost	1.70	2.00	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.26	0.20	
Délka	3.59	3.59	m
Součinitel vzpěru	1.00	0.67	
Vzpěrná délka	3.59	2.41	m
Kritické Eulerovo zatížení	121.27	86.82	kN

LTB		
Délka klopení	3.59	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.19 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.95 < 1



Tlak + moment	$0.74 < 1$
Tlak + moment	$0.96 < 1$

• **Vaznice**

MSÚ

Prut B2348	U260	S 355	NC1	0.93
-------------------	-------------	--------------	------------	-------------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-180.42	0.48	-3.20	-0.01	17.77	0.32

Kritický posudek v místě 3.75 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	60.06	121.80	
Redukovaná štíhlost	0.79	1.59	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.67	0.29	
Délka	6.00	6.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	0.52	
Vzpěrná délka	6.00	3.12	m
Kritické Eulerovo zatížení	2775.14	674.80	kN

LTB		
Délka klopení	6.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	$0.11 < 1$
Posudek na smyk (V_y)	$0.00 < 1$
Posudek na smyk (V_z)	$0.01 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_y)	$0.11 < 1$
Posudek ohybového momentu (M_z)	$0.01 < 1$
M	$0.26 < 1$

Stabilitní posudek	
Vzpěr	$0.37 < 1$
Prostorový-rovinný vzpěr	$0.22 < 1$
Klopení	$0.46 < 1$
Tlak + moment	$0.83 < 1$
Tlak + moment	$0.93 < 1$



MSP

$$\delta_{\text{lim}} \leq L / 200 = 30\text{mm}$$

$$\delta_{\text{max}} = 7,4\text{mm} < 30\text{mm}$$

- **Sloup:**

Prut B2640	HEA600	S 355	CO2/2	0.72
-------------------	---------------	--------------	--------------	-------------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-361.72	-0.00	27.78	0.00	68.76	0.00

Kritický posudek v místě 7.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvn é	neposuvn é	
Štíhlost	41.18	195.96	
Redukovaná štíhlost	0.52	2.49	
Vzpěr. křivka	a	b	
Imperfekce	0.21	0.34	
Redukční součinitel	0.92	0.14	
Délka	14.00	14.00	m
Součinitel vzpěru	0.73	0.99	
Vzpěrná délka	10.26	13.83	m
Kritické Eulerovo zatížení	27744.17	1225.18	kN

LTB		
Délka klopení	14.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.75	
C2	0.11	
C3	0.94	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.04 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.01 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.04 < 1
M	0.09 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.34 < 1
Klopení	0.07 < 1



Tlak + moment	0.57 < 1
Tlak + moment	0.72 < 1

MSP

$$\delta_{\text{lim}} \leq L / 200 = 70\text{mm}$$

$$\delta_{\text{max}} = 58\text{mm} < 70\text{mm}$$

Přehled:

Vazník:

Dolní pás - RRO160X90X12.5 posudek 0,77 < 1.0

Horní pás - RRO180X100X11 posudek 0,97 < 1.0

Svislice - RRO80X40X4.5 posudek 0,85 < 1.0

Diagonála - RRO80X40X4.5 posudek 0,96 < 1.0

Vaznice - U260 posudek 0.93 < 1.0

Sloup – HEA 600 posudek 0.72 < 1.0

Celková hmotnost konstrukce

$$m_{\text{oceli}} = 185,2\text{ t}$$

Varianta B – girlandový vazník

Zatížení

1. **1. ZS** - Vlastní tíha – dle SCIA Engineer
2. **2. ZS** - Stálé zatížení - $g_k=0,65\text{kN/m}^2$
 Zatížení je vnášeno do vaznic na zatěžovací šířku 2,1m ($=1,365\text{kN/m}'$). V krajních polích pak na zat. šířku 1,05m ($=0,65\text{kN/m}'$).
3. **3. ZS** - Ostatní stálé – zatížení od technologie $0,3\text{ kN/m}^2$. Zatížení bude taktéž vnášeno do vaznic stejným způsobem jako u zatížení stálého.
4. **4. ZS** - Sníh na celou plochu
 Pro sníh nenavátý je uvažován součinitel tvaru střechy $\mu_1 = 0,8$
 $s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 1,2\text{ kN/m}^2$ což znamená, že na vaznici bude zatížení $2,52\text{ kN/m}'$
5. **5. ZS** - Sníh na půl plochy střechy – stejné zatížení jako v ZS4, pouze však na jednu polovinu střechy
6. Zatížení větrem

Rychlost větru:

$$z = 17,5\text{ m} \quad v_{b0} = 25\text{ m s}^{-1} \quad \alpha = 12,6^\circ - \text{úhel střechy}$$

Kategorie větru:

III. = oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, budovami nebo překážkami

$$\Rightarrow z_0 = 0,3\text{ m} \quad z_{\min} = 5,0\text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \left(z_0 / z_{0,II} \right)^{0,07} = 0,19 \left(0,3 / 0,05 \right)^{0,07} = 0,215$$

$$c_{r(z)} = k_r \ln(z / z_0) = 0,22 \ln(17,5 / 0,3) = 0,876 \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

$$c_0(z) = 1$$

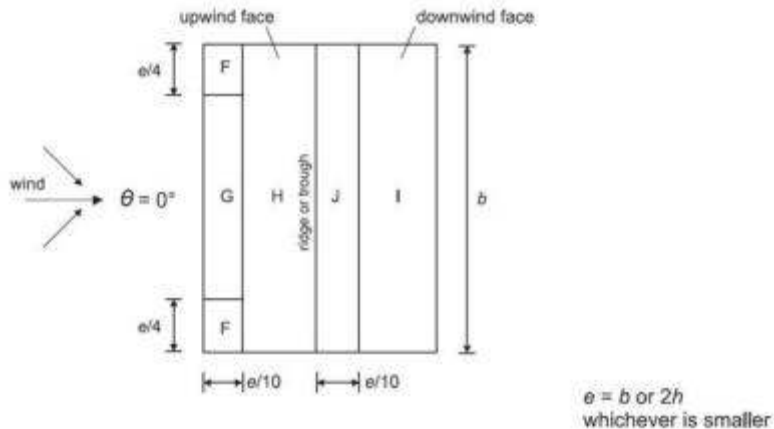
$$v_m(z) = 0,894 \cdot 25 = 22,36\text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,246] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 22,36^2 = 850,57\text{ N/m}^2$$

$$l_v(z) = \frac{k_l}{c_o \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(17,5/0,3)} = 0,246$$

Součinitel vnějšího tlaku



Interpolace pro úhel $\alpha = 12,6^\circ$

Součinitel sání větru na plášť

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,9 - \text{oblast } G \quad e = 2 \cdot 17,5 = 35m$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,37 - \text{oblast } H \quad e/4 = 8,75m$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -1,09 - \text{oblast } F \quad e/10 = 3,5m$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,45 - \text{oblast } I$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,7 - \text{oblast } J$$

Součinitel tlaku větru na plášť

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,15 - \text{oblast } G$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,15 - \text{oblast } H$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,15 - \text{oblast } F$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,144 - \text{oblast } I$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,144 - \text{oblast } J$$

Sání větru na vnější povrch – 6. ZS

$$G - w_{e(G)} = q_p(z) c_{pe} = -0,9 \cdot 850,57 = -756,51 \text{ N/m}^2$$

$$H - w_{e(H)} = q_p(z) c_{pe} = -0,37 \cdot 850,57 = -314,71 \text{ N/m}^2$$

$$F - w_{e(F)} = q_p(z) c_{pe} = -1,09 \cdot 850,57 = -927,12 \text{ N/m}^2$$

$$I - w_{e(I)} = q_p(z) c_{pe} = -0,45 \cdot 850,57 = -382,75 \text{ N/m}^2$$

$$J - w_{e(J)} = q_p(z) c_{pe} = -0,7 \cdot 850,57 = -595,4 \text{ N/m}^2$$

Tlak větru na vnější povrch- 7.ZS

$$\text{oblast } F, G \text{ a } H \quad w_e = q_p(z) c_{pe} = +0,15 \cdot 850,57 = +127,58 \text{ N/m}^2$$

$$\text{oblast } J \text{ a } I \quad w_e = q_p(z) c_{pe} = -0,144 \cdot 850,57 = -122,48 \text{ N/m}^2$$

součinitel tlaku větru na stěny

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,7 - \text{oblast } D$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,3 - \text{oblast } E$$

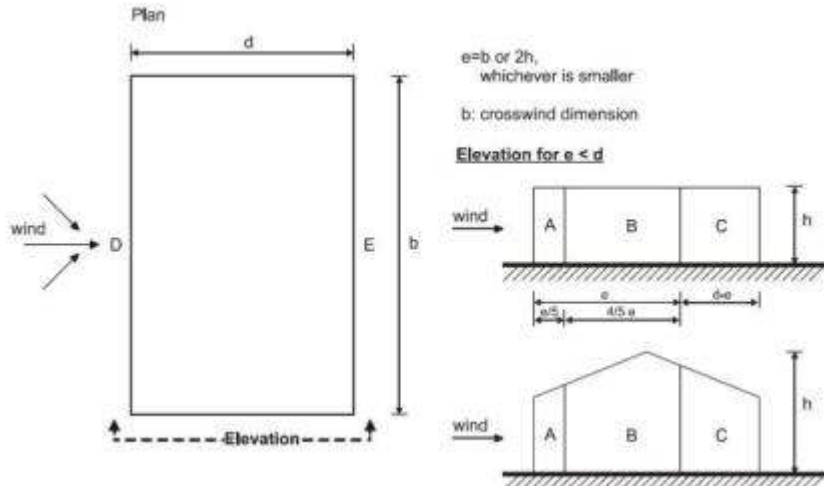
Součinitel tlaku větru na štít – 8. ZS

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -1,2 - \text{oblast } A$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,8 - \text{oblast B}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,5 - \text{oblast C}$$

Tlak větru na stěny



$$e = 2 \cdot 17,5 = 35m$$

$$\frac{e}{5} = 7m$$

$$\frac{4}{5}e = 28m$$

$$d - e = 5m$$

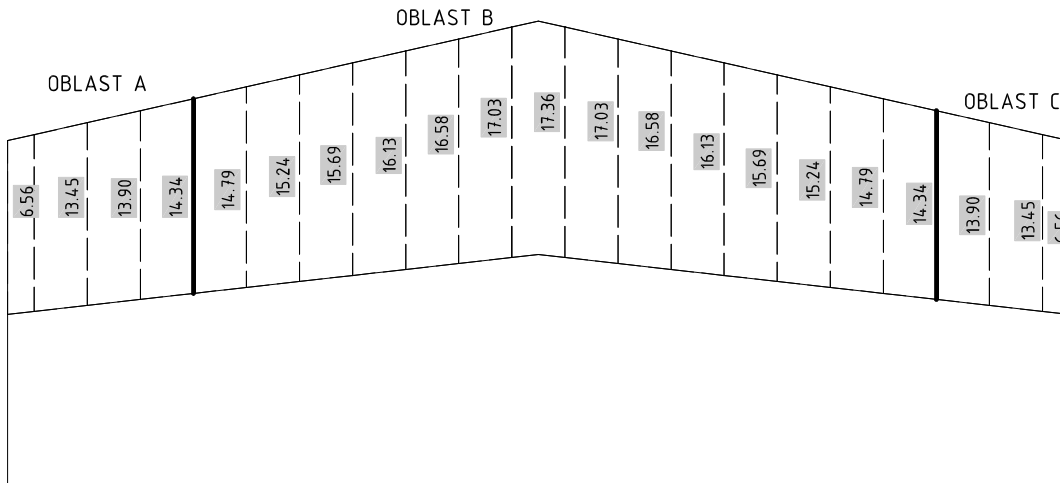
$$w_{e(A)} = q_p(z) c_{pe} = -1,2 \cdot 850,57 = +1020,68 N/m^2$$

$$w_{e(B)} = q_p(z) c_{pe} = -0,8 \cdot 850,57 = -680,45 N/m^2$$

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,5 \cdot 850,57 = -425,28 N/m^2$$

$$w_{e(D)} = q_p(z) c_{pe} = +0,7 \cdot 850,57 = +595,4 N/m^2 - 9. ZS$$

$$w_{e(E)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 814,0 = -255,17 N/m^2$$



Součinitel vnitřního tlaku/sání větru

$$c_{pi} = c_{pi;10} = +0,2, \text{ respektive } c_{pi} = c_{pi;10} = -0,3$$

Sání a tlak větru na vnitřní povrch – 10. ZS, 11. ZS

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = +0,2 \cdot 850,57 = +170,11 N/m^2$$

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -255,17 N/m^2$$



Zatížení je opět realizováno přes vaznice. Zatěžovací šířka na vaznice je 2,05m.

Boční zatížení je vneseno do sloupů, které jsou od sebe vzdáleny 6m – zatěžovací šířka je 6m s tím, že na krajních sloupech jsou to pouze 3 m.

Statický systém

Sloupy jsou uvažovány jako vetknuté ve směru příčné vazby. Podpora zabraňuje posunu ve směru všech tří os (X, Y a Z) s tím, že je dále zabráněno pootočení ve směru f_{iy} – ve směru příčné vazby. Vazník je modelován pruty. Horní a dolní pás jsou průběžné a k nim jsou kloubově připojeny svislice a diagonály. Oba dílčí vazníky jsou spojeny v horní části kloubem a ve spodní části jsou propojeny kulatinou. Mocnost kulatiny byla zjištěna vložím podpor na horní kraj sloupů. Tím byla zjištěna síla, která vzniká od rozevírání vazníků ve vodorovném směru. Na tuto sílu byla nadimenzována kulatina a vložena do konstrukce. Pod jejím působením se pak zjišťoval průhyb od zatížení.

Vazníky jsou připojeny ke sloupům přes klouby.

Vaznice jsou uloženy na styčnicích horního pásu a svislice a jsou na ně taktéž vloženy klouby.

Ztužidla jsou taktéž připojeny kloubově.

Výpočet byl proveden lineární. Nelineární výpočet byl zvolen pro zjištění vnitřních sil na ztužidlech z důvodu zadání nelinearity VYLOUČENÍ TLAKU. Byla zvolena metoda **Newton-Rapson**.

Materiál, profily

Základním materiálem je ocel S355, na ztužidla je použita ocel S235

Statický výpočet

Vazník:

1. Posouzení na MSP

$$\delta_{lim} \leq L / 200 = 200mm$$

Maximální deformace $\delta = 180mm < 200mm$

2. Posouzení na MSÚ

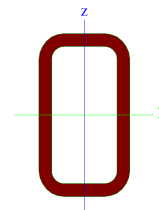
Vazník se skládá z prvků, které jsou uzavřené (čtvercové trubky) a tudíž není potřeba pruty posuzovat na klopení. Stejně jako v první variantě však SCIA Engineer do posudku zahrnuje i klopení, jehož přírůstek je ale značně malý. Posudek na vzpěr řadí do stabilitních posudků a proto při tlaku na prut bude rozhodovat tento stabilitní posudek. Na prutech vznikají také ohybové momenty M_y a M_z , které jsou zanedbatelně malé. Tyto momenty jsou taktéž zavedeny do posudku. Obě chyby jsou však na stranu bezpečnou a nijak nezasahují do celkového výsledku.

Všechny posudky jsou dle ČSN EN 1993

- Horní pás

Prut B157	RRO180X100X16	S 355	CO4/1	0.95
------------------	----------------------	--------------	--------------	-------------

NEd [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	TEd [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-1529.39	2.56	-10.90	-4.31	8.14	1.77



Kritický posudek v místě 2.05 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	



Štíhlost	32.66	51.88	
Redukovaná štíhlost	0.43	0.68	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.88	0.74	
Délka	2.05	2.05	m
Součinitel vzpěru	0.94	0.92	
Vzpěrná délka	1.93	1.89	m
Kritické Eulerovo zatížení	14144.06	5605.14	kN

LTB		
Délka klopení	2.05	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.52	
C2	0.01	
C3	0.98	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.59 < 1
Posouzení kroucení	0.05 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.01 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.06 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.02 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.80 < 1
Klopení	0.06 < 1
Tlak + moment	0.89 < 1
Tlak + moment	0.95 < 1

- **Dolní pás**

Prut B1914	RRO120X60X10	S 355	CO1/1	0.91
-------------------	---------------------	--------------	--------------	-------------

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
987.08	0.04	1.55	0.02	0.51	-0.04

Kritický posudek v místě 0.00 m

LTB		
Délka klopení	2.05	m
k	1.00	



kw	1.00	
C1	1.63	
C2	0.02	
C3	0.98	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.91 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.01 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Klopení	0.01 < 1
Tlak + moment	0.08 < 1
Tlak + moment	0.05 < 1

- **Svislice**

Prut B1983	RRO60X40X5.6	S 355	CO4/1	0.96
-------------------	---------------------	--------------	--------------	-------------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-167.87	0.04	0.00	-0.00	-0.00	-0.03

Kritický posudek v místě 0.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	73.97	80.25	
Redukovaná štíhlost	0.97	1.05	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.56	0.51	
Délka	1.54	1.54	m
Součinitel vzpěru	1.00	0.77	
Vzpěrná délka	1.54	1.19	m
Kritické Eulerovo zatížení	366.66	311.56	kN

LTB		
Délka klopení	1.54	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.46	
C3	1.00	



zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.49 < 1
Posudek na smyk (V_y)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (M_z)	0.01 < 1
M	0.01 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.96 < 1
Tlak + moment	0.88 < 1
Tlak + moment	0.96 < 1

- **Diagonála**

Prut B1582	RRO60X40X4	S 355	CO4/1	0.68
-------------------	-------------------	--------------	--------------	-------------

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
175.06	-0.00	-0.08	-0.00	0.00	-0.00

Kritický posudek v místě 2.28 m

LTB		
Délka klopení	2.28	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na osovou sílu	0.68 < 1
Posudek na smyk (V_z)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (M_z)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Stabilitní posudek	
Tlak + moment	0.01 < 1
Tlak + moment	0.01 < 1

- **Vaznice**

MSÚ

Prut B1304	U280	S 355	CO1/2	0.90
-------------------	-------------	--------------	--------------	-------------

N _{Ed} [kN]	V _{y,Ed} [kN]	V _{z,Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	M _{y,Ed} [kNm]	M _{z,Ed} [kNm]
-45.25	0.10	-0.00	0.01	32.15	-2.53



Kritický posudek v místě 3.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	55.27	138.27	
Redukovaná štíhlost	0.72	1.81	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.71	0.23	
Délka	6.00	6.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	0.63	
Vzpěrná délka	6.00	3.78	m
Kritické Eulerovo zatížení	3615.75	577.84	kN

LTB		
Délka klopení	6.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.02 < 1
Posudek na smyk (V_y)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (M_y)	0.17 < 1
Posudek ohybového momentu (M_z)	0.06 < 1
M	0.30 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.10 < 1
Prostorový-rovinný vzpěr	0.05 < 1
Klopení	0.54 < 1
Tlak + moment	0.86 < 1
Tlak + moment	0.90 < 1

MSP

$$\delta_{\text{lim}} \leq L / 200 = 30\text{mm}$$

Maximální deformace $\delta_{\text{max}} = 9,7\text{mm} < 30\text{mm}$

- Sloup

MSP

$$\delta_{\text{lim}} \leq L / 200 = 13000 / 200 = 65\text{mm}$$

Maximální deformace $\delta_{\text{max}} = 61\text{mm} < 65\text{mm}$



MSÚ

Prut B1731 HEA650 S 355 CO4/1 0.69

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
-406.90	-0.00	48.86	0.00	441.07	0.00

Kritický posudek v místě 13.00 m

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	35.44	186.64	
Redukovaná štíhlost	0.45	2.36	
Vzpěr. křivka	a	b	
Imperfekce	0.21	0.34	
Redukční součinitel	0.94	0.16	
Délka	13.00	13.00	m
Součinitel vzpěru	0.73	1.00	
Vzpěrná délka	9.53	12.98	m
Kritické Eulerovo zatížení	39935.59	1439.91	kN

LTB		
Délka klopení	13.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.83	
C2	0.04	
C3	0.94	

zatížení v těžišti

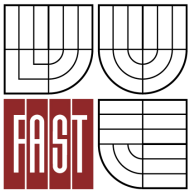
POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tlak	0.05 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.02 < 1
Posudek ohybového momentu (My)	0.20 < 1
M	0.20 < 1

Stabilitní posudek	
Vzpěr	0.33 < 1
Klopení	0.39 < 1
Tlak + moment	0.53 < 1
Tlak + moment	0.69 < 1

- **Táhl**

Prut B1505 RD60 S 355 CO4/1 0.93

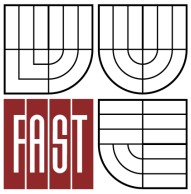
NEd [kN]
933,13



Diplomová práce
Ocelová konstrukce sportovní haly
Tech. zpráva vybrané varianty
Bc. Milan Vaněček

Technická zpráva vybrané varianty

Příhradový vazník



Úvod

Cílem řešení varianty je podrobně zpracovat vybranou konstrukci. To zahrnuje posudek hlavních prvků a řešení směrných detailů. Součástí podrobného zpracování je dále výkresová dokumentace a výkaz materiálu.

Vybranou variantou je varianta A – PŘÍHRADOVÝ VAZNÍK. Důvody výběru této konstrukce jsou zmíněny Technické zprávě variant řešení.

Zadaná dispozice

Rozměry a tvar konstrukce vychází ze základního zadání diplomové práce, kdy jsou dány půdorysné rozměry 40x60 m a je zadána výška stavby 15m. Dále se předpokládá, že hala bude používána jako basketbalová aréna. Zadané rozměry jsou dostatečné pro umístění hřiště a dále pro tribunu s diváky a technické zázemí haly.

Půdorys haly je tedy obdélníkový.

Literatura a normy

Jako základní dokumenty sloužily evropské normy přijaté do českého systému norem-ČSN EN, monografie a internetové odkazy na použité systémy. Přesný výčet použitých zdrojů je součástí povinných příloh:

Normy:

ČSN EN 1990 – Základní navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

Bylo použito i dnes neplatných norem ČSN:

ČSN 01 3483 – Výkresy kovových konstrukcí

ČSN 73 2601 – Provádění ocelových konstrukcí

Monografie:

PETŘÍČKOVÁ, Monika. *Ocelové nosné konstrukce – předběžný návrh pro architekty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 145 s.

STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10 – normy pro navrhování*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 125 s.

MELCHER, Jindřich, STRAKA, Bohumil. *Kovové konstrukce – konstrukce průmyslových budov*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1977, 209 s.

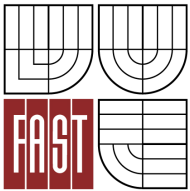
STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998, 289 s.

WANKE, Josef, SPAL, Luděk. *Ocelové trubkové konstrukce*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1975, 492 s.

Internetové zdroje:

Ztužidla Halfen-Detan: <http://halfen-detan.cz>

Trapézové plechy Satjam: <http://www.satjam.cz>



Rozsah řešení

Diplomová práce řeší návrh, statický výpočet a posouzení hlavní nosné konstrukce. Tato je tvořena příhradovými vazníky, které jsou uloženy na vetknutých sloupech. Návrh a výpočet řeší uspořádání prutů vazníku a dimenzi těchto prutů, návrh a dimenzi ztužidel podélných i příčných a dimenzi sloupů.

Další částí práce je návrh směrných detailů, tj. návrh a posudek svarů na styčnicích příhradového vazníku, návrh a posudek montážního spoje dolního a horního pásu vazníku. Dále se podrobný výpočet konstrukce zabývá návrhem a posudkem plechů patky sloupu.

Součástí dokumentace jsou výkresy:

- 103 půdorys
- 104 kotevní plán
- 105 konstrukční výkres vazníku v příčné vazbě A a patky
- 106 podélné ztužidlo v polovině rozpětí
- 107 příčné ztužidlo mezi sloupy
- 108 detaily

Popis řešení konstrukce

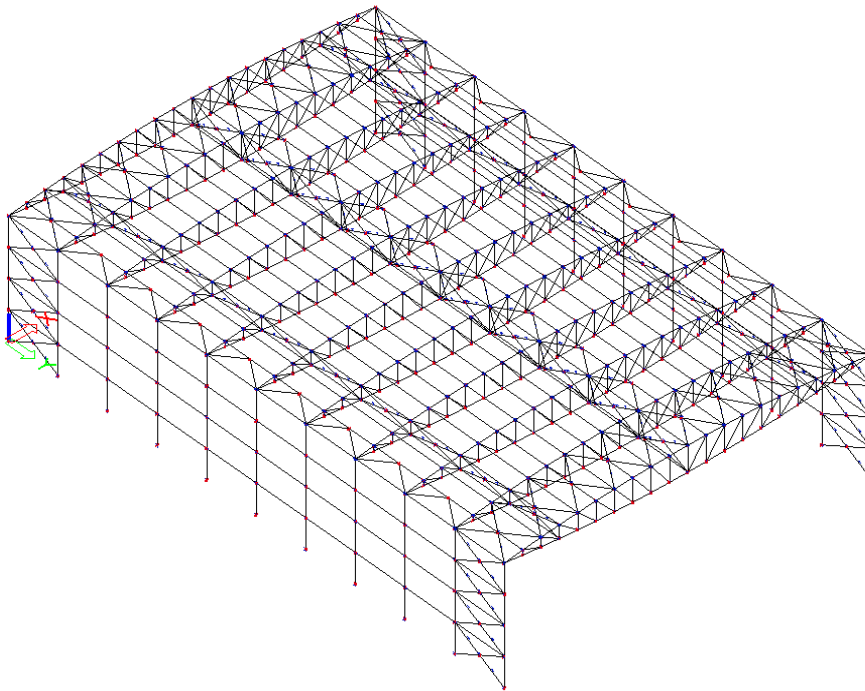
Konstrukce je tvořena z příčně uložených příhradových vazníků na vetknutých sloupech. Vazníky mají rozpon 40m, jsou ve tvaru čocky s tím, že horní a dolní pás jsou tvořeny kruhovými segmenty o poloměru 134 000m. Vazníky jsou navzájem spojeny vaznicemi z válcovaných U-profilů, které jsou na vazníky připojeny kloubově přes nerovnoramenné úhelníky přivařené k horní stěně horního pásu v místě styčniců vazníku. Tyto styčnice jsou od sebe vzdáleny 2m. Délka vaznice je 6m, vaznice v krajních polích mají délku 6,5m s tím, že jsou o 0,5m přetaženy přes vazník. Do těchto přesahů je kotven plášť štítových stěn. Krajní vaznice je doplněna okapovým ztužidlem, které zajišťuje stabilitu vaznice proti vybočení ve směru střešní roviny.

Vazníky jsou na sloupy uloženy kloubově. V krajních polích jsou umístěna příčná ztužidla tvořená kombinací táhel Halfen-detan a paždíků ze čtvercových trubek. Tyto paždíky jsou rozmístěny po délce sloupu po 3,5m. Paždíky jsou umístěny mezi všemi sloupy shodně s umístěním v příčném ztužidle. Tyto zabraňují sloupu vybočení ve směru podélné osy objektu.

Vazníky jsou osově symetrické. Jediná nesymetričnost vzniká u vrcholové vaznice. Ta je pouze jedna z důvodu jedné střešní roviny. Proto uprostřed rozpětí vazníku bude přivařen pouze jeden úhelník. Všechny vazníky jsou profilově shodné. Rozdílné je však uložení vaznic v krajním poli a v polích vnitřních. Uložení se liší velikostí přivařeného nerovnoramenného úhelníku, který je u krajních vazníků dlouhý 85mm, u ostatních vazníků je dlouhý 125mm z důvodu umístění dvou šroubů a připojení dvou vaznic. Další odlišnost vazníku krajního je v nutnosti navařit připojovací plechy pro pruty podélného ztužidla pouze na jedné straně horního a dolního pásu.

Nosný prvek střešního pláště tvoří trapézový plech, který roznáší zatížení do vaznic. Tento je navržen podle statických tabulek výrobce.

Statický model



Statický model vychází z obecných poznatků příhradových konstrukcí. Mezipásové pruty jsou kloubově připojeny k hornímu a dolnímu pásu. Jelikož je dolní a horní pás uvažován jako průběžný prut přes styčníky, není v pásových prutech zadáván kloub ve styčnicích. Zatížení je zadáváno spojitě na vaznice, které jsou kotveny ve styčnicích vazníku a v těchto působí bodově.

Vzpěrné délky na vazníku jsou rovny vzdálenosti styčniců v rovině vazníků, kolmo na rovinu vazníku je stabilizace zajištěna vaznicemi. Vaznice jsou stabilizovány kloubově připojeným příčným ztužidlem, které je umístěno v krajních polích a je kotveno do každé krajní vaznice. Tato stabilizace krajní vaznice zaručuje schopnost každé této vaznice odolávat vybočení horního pásu.

Vzpěrná délka vaznice je pro vybočení kolmo ke střešní rovině shodná se skutečnou délkou vaznice. Pro vybočení ve směru střešní roviny je stabilita vaznice zajištěna okapovým ztužidlem, které brání vybočení vaznice v polovině rozpětí. Účinky vybočení vaznic mimo okapové ztužidlo jsou přenášeny do okapového ztužidla a hřebenového ztužidla přes trapézový plech, jež tvoří nosnou část střešního pláště. Proto je nutné trapézový plech kotvit do vaznice ob jednu vlnu.

Vzpěrná délka sloupu je uvažována následovně. V rovině příčné vazby je sloup vetknutý. Na sloup je uložen vazník, který ovlivňuje vybočení sloupu. Podle normy ČSN 731401 tab. C2 byl určen součinitel vzpěru $\beta=2,55$ při předpokladu, že na oba sloupy příčné vazby působí stejná síla. Jelikož se při výskytu větší síly na opačném sloupu, než je sloup řešený součinitel zvětšuje, byl tento navýšen na hodnotu $\beta=2,70$.

Ve směru kolmém na příčnou vazbu je sloup stabilizován paždíky ve vzdálenosti 3,5m. Tato vzdálenost je ve výpočtu brána jako vzpěrná délka sloupu.

Statický model a výpočet byl proveden v programu SCIA Engineer 2008. Ztužujícím táhlům byla zadána nelinearita „vyloučení tlaku“. Pro dimenzi hlavních nosných prvků konstrukce byly použity výsledky z lineárního výpočtu. Pro návrh a posudek ztužidel byl použit výpočet nelineární.

Materiál

Všechny nosné prvky jsou provedeny z oceli S355 se svařitelností J2. Materiálem pro spojování jednotlivých dílců a pro výrobu patky sloupu jsou plechy z oceli S235 se svařitelností taktéž J2. Výjimkou je montážní spoj dolního pásu, kde jsou příložky z důvodu velkého namáhání navrženy z oceli S355.

Pro spoje šroubové je použita převážně jakost šroubů 5.6. Výjimkou je opět montážní spoj dolního pásu, kde je třeba použít šrouby s větší pevností a to šrouby jakosti 8.8.

Zatížení

Zatížení je stanoveno dle normy ČSN EN 1991. Klimatické zatížení se odvíjí od zadané lokality stavby, město Jihlava.

Zatížení je vnášeno spojitě do vaznic s uvažovanou zatěžovací šířkou 2m (pro sníh zatěžovací šířka vodorovná – 2m, pro vítr a stálé zatížení pláštěm zatěžovací šířka 2,05m – šikmá vzdálenost styčniců) Kombinace byly stanoveny dle ČSN EN 1990 a jejich postup vytváření je popsán ve statickém výpočtu.

1. Vlastní tíha – počítané programem
2. Stálé zatížení – střešní plášť
 - Hydroizolační PVC folie
 - Perlitová izolační deska
 - Tepelná izolace
 - Parotěsná zábrana
 - Trapézový plech
3. Ostatní stálé - zatížení od technologie – trasování elektřiny, osvětlení, zvuková technika
4. Sníh
 - a. Sníh nenavátý
 - b. Sníh navátý pravý
 - c. Sníh navátý levý
5. Vítr

Vítr je uvažován ve dvou směrech. Kolmo na podélnou osu objektu tzv. $\theta = 0^\circ$ a ve směru podélné osy $\theta = 90^\circ$

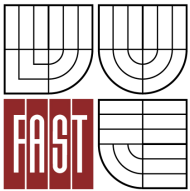
Vítr je rozdělen do čtyř zatěžovacích stavů:

 - Vítr vnější směr 0°
 - Vítr vnější směr 90°
 - Vítr vnitřní sání
 - Vítr vnitřní tlak

Posudek

Posudek byl proveden pomocí programu SCIA Engineer a normy ČSN EN 1993 1-1. Vzpěrné délky byly upraveny uživatelsky. Pro hlavní nosné prvky byl proveden ověřující ruční výpočet.

Jelikož je v předběžném návrhu uvažováno se vzpěrnými délkami generovanými programem, dimenze jsou v předběžném návrhu rozdílné. Dále je zaveden zatěžovací stav vítr směr 90° do



podrobného zpracování a řešení návaznosti jednotlivých prutů ve styčnicích. Díky zavedení paždíků pro stabilizaci sloupu bylo možno také zmenšit dimenzi sloupu.

Byl taktéž proveden posudek MSP, jež ovlivnil dimenzi sloupu. Tento, aby se vešel do limitního průhybu, musí být z hlediska MSÚ předimenzován.

Detaily

V rámci DP je řešeno několik detailů. Část z nich je navržena a posouzena výpočtem, zbytek je řešen pouze konstrukčně.

Ve statickém výpočtu je vyšetřováno připojení diagonál a svislic na dolní a horní pás. Jsou provedeny posudky na stabilitu stěn pásu a mezipásového prutu. Dále jsou navrženy koutové svary pro připojení mezipásových prutů k pásu. Pro tyto spoje je doporučeno provést na mezipásmových prutech úkos pro lepší svaření.

Pozornost je věnována také spojení montážních dílců vazníku. Spojení dolního pásu je navrženo včetně montážního otvoru pro instalaci šroubů. Tento otvor je třeba po montáži zavičkovat.

Práce se také zabývá návrhem patky a jejích jednotlivých dílců včetně kotevních šroubů. Ve statickém výpočtu jsou také orientačně navrženy rozměry betonové patky vzhledem ke vzniku tahu v krajních sloupech. Pro návrh patky jsou brány extrémní účinky na všechny sloupy. Tudiž je brána kombinace největšího momentu s odpovídající nejmenší normálovou silou – z této kombinace dostáváme největší tahovou sílu na kotevní šrouby; a kombinace, kde se vyskytuje největší normálová síla s odpovídajícím momentem dávající největší napětí na styku patního plechu s betonem.

Konstrukčně jsou pak řešeny detaily montážního spojení horního pásu, kde jsou navrženy dva stykové plechy, přivařené kolmo k podélné ose horního pásu. Tyto plechy jsou vzájemně spojeny čtyřmi šrouby M16 5.6 v rozích plechů.

Detail uložení vaznice na horní pás vazníku je řešen pomocí přivařeného nerovnoramenného úhelníku. Jak již bylo zmíněno, liší se připojení vaznice ke krajnímu vazníku a k vazníku ve vnitřních polích délkou a tvarem připojovaného úhelníku. U tohoto detailu je snaha připojit U profil vaznice k úhelníku v těžišťové ose vaznice. Z důvodu velkého průřezu vaznice toto není zcela dosaženo.

Detail uložení vazníku na sloup je taktéž součástí výkresu detailů. Zde je snaha zkonstruovat spoj, jež bude odpovídat kloubovému připojení, tak jak bylo uvažováno ve výpočtovém modelu. Kynvý kloub je proveden z úpalku I profilu a dvou zarážek. Posunu zabraňují čtyři šrouby M12 5.6.

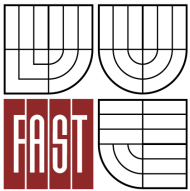
Ochrana

Ochrana ocelových konstrukcí bude provedena základním antikorozním nátěrem, který musí být kompatibilní s protipožárním nátěrem. Protipožární nátěr musí být proveden z materiálu s životností srovnatelnou s životností konstrukce. Je nutné vypracovat dodatečný protipožární posudek tak, aby odolnost nosného systému byla 30 minut.

Montáž

Montáž je nutno provádět v zimním období kvůli eliminaci případného zatížení sněhem. Návrh konstrukce předpokládá rozdělení vazníku na tři montážní celky. Délka krajních celků je 13m, délka středové části je 14m.

Všechny vyrobené prvky musí být označeny v souladu s výkresovou dokumentací.



Doprava konstrukce na staveniště bude zajištěna silniční dopravou. Během dopravy musí být prvky zajištěny proti posunutí, deformaci a jinému poškození.

Postup práce na staveništi:

Montáž je třeba začít příčnou vazbou, kde je umístěno příčné ztužení. Tudiž je možno postupovat od jednoho konce stavby k druhému nebo provádět montáž z obou stran konstrukce směrem ke středu.

Montáž začne osazením čtyř sloupů příčného ztužení. Následně se mezi tyto sloupy umístí paždíky a táhla příčného ztužení.

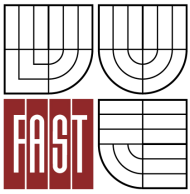
Poté se v blízkosti sloupů spojí montážní dílce vazníku a za pomoci jeřábu se umístí na dané místo. Při upevnění zvedacích lan je třeba tyto umístit ke krajům vazníku, tak aby při zvedání vazníku nevznikal tah v montážním spojení horního pásu.

Po osazení vazníků na obě příčné vazby následuje montáž vaznic a příčného ztužení mezi vaznicemi.

Stejným postupem se montuje další příčná vazba s tím, že po uložení sloupu se osadí mezi sloupy paždíky. Poté se na zajištěný sloup může osadit vazník. Po montáži vazníku následuje osazení vaznic. Postup je zcela stejný pro všechny další příčné vazby.

Hmotnost jednoho vazníku je cca 5,5t

Celková hmotnost konstrukce je cca 176,5t



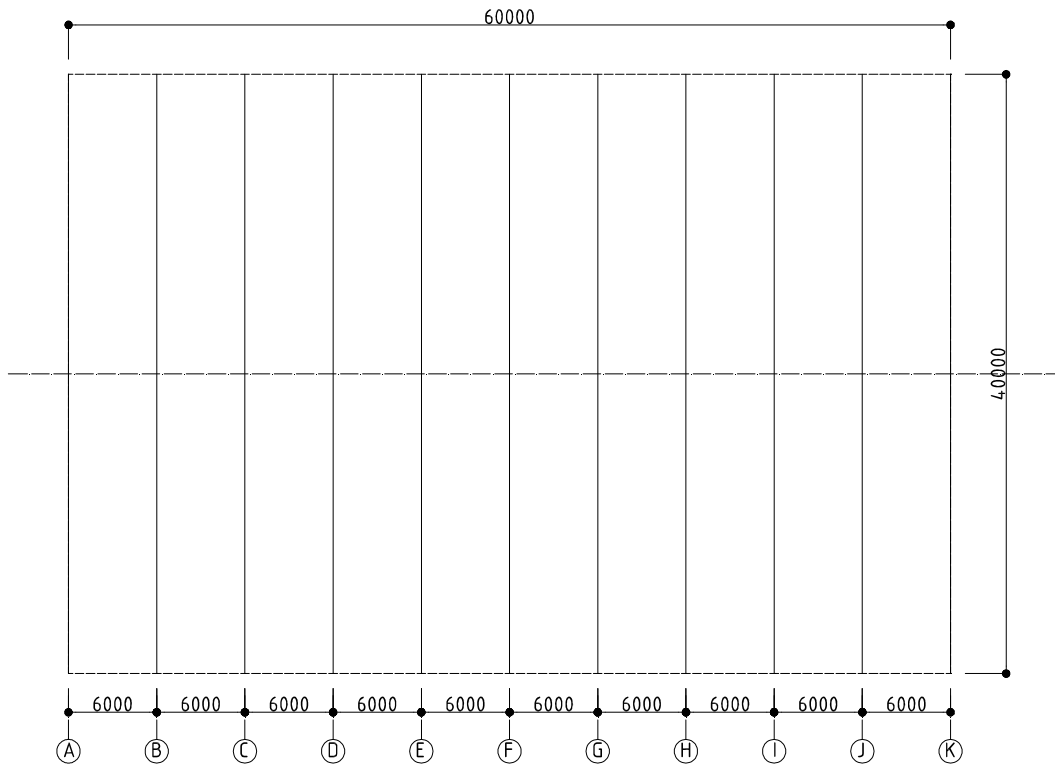
Diplomová práce
Ocelová konstrukce sportovní haly
Příhradový vazník
Bc. Milan Vaněček

Statický výpočet vybrané varianty

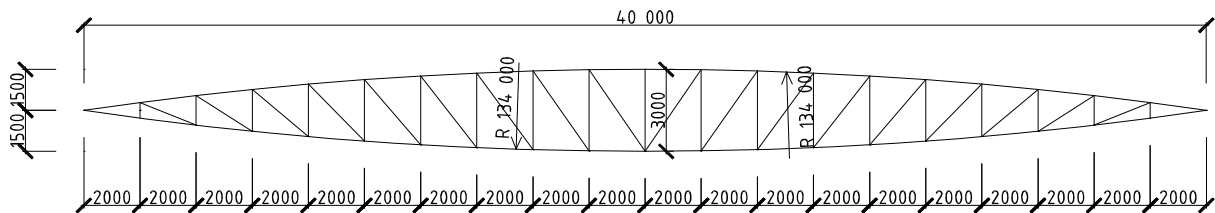
Girlandový vazník

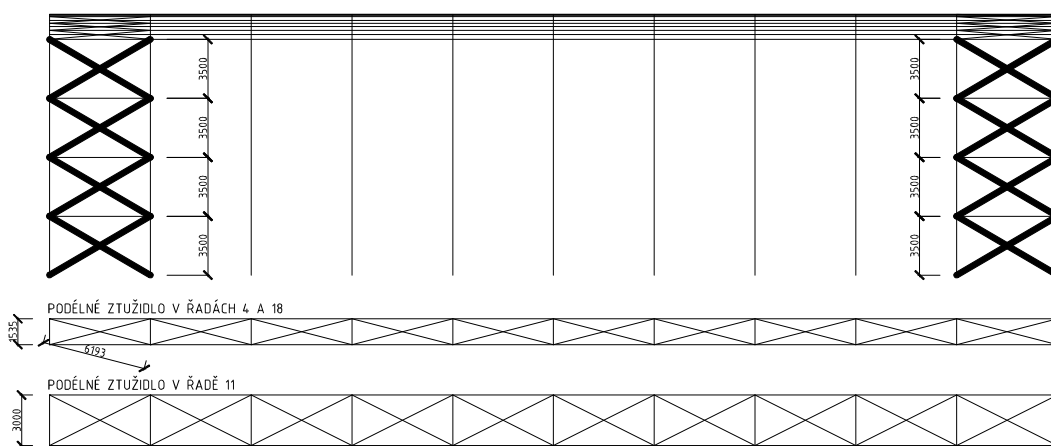
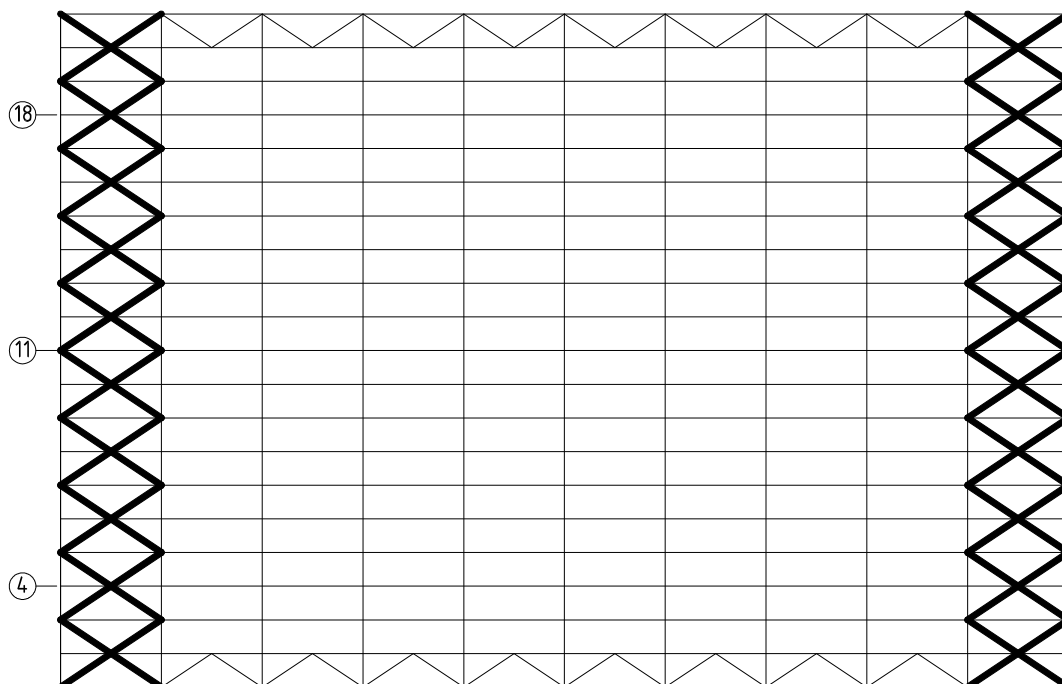
Geometrie

Geometrie zůstává stejná z předběžného návrhu. Konstrukce se skládá z jedenácti totožných příčných vazeb vzdálených od sebe 6m osově. Příčná vazba se sestává z vetknutých sloupů a čočkového příhradového vazníku. Horní a dolní pás jsou tvořeny obloukovým segmentem o poloměru 134 000m.



Geometrie vazníku:





Zatížení

Zatížení je vypočteno a dáno do kombinací v souladu s normami ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991. Kombinace jsou provedeny dle vzorce 6.10 z ČSN EN 1990

Stálé:

1. Vlastní tíha – spočítána programem SCIA Engineer 1. ZS VT $\gamma_g = 1,35$

2. Ostatní stálé – střešní plášť 2. ZS VT plášť $\gamma_g = 1,35$

Hydroizolační PVC folie	0,03 kN/m ²
Perlitová izolační deska	0,08 kN/m ²
Tepelná izolace	0,32 kN/m ²
Parotěsná zábrana	0,02 kN/m ²
Trapézový plech	0,10 kN/m ²
Pomocné konstrukce střechy	0,10 kN/m ²
Celkem	0,65 kN/m²

Zatěžovací šířka vaznice v poli $b = 2,05\text{m}$

$$g_k = 2,05 \cdot 0,65 = 1,3325 \approx 1,35 \text{ kN/m'}$$

vaznice na kraji $b = 1,025\text{m}$

$$g_k = 1,025 \cdot 0,65 = 0,70 \text{ kN/m'}$$

Zaokrouhlením je zavedeno osamělé břemeno nutné pro údržbu střechy.

Návrh trapézového plechu:

Zatížení na m² plechu:

$$g_d = 0,65 \cdot 1,35 + 1,2 \cdot 1,5 + 0,9 \cdot 1,5 = 4,02 \text{ kN/m}^2$$

Trapézový plech T60/235, tloušťka plechu 0,70mm – 5,19 kNm⁻²

Plech je předimenzován z důvodu montážního zatížení a zatížení v případě údržby.

Je doporučeno dělat montáž v letním období kdy nepůsobí zatížení od sněhu.

3. Technologie – trasování elektřiny, osvětlení zvuková technika

3. ZS technologie

$$\gamma_g = 1,35$$

Celková hodnota zavedena paušálně 0,3 kNm⁻²

Zatěžovací šířka vaznice v poli $b = 2,05\text{m}$

$$g_k = 2,05 \cdot 0,3 = 0,615 \text{ kN/m}^2$$

vaznice na kraji $b = 1,025\text{m}$

$$g_k = 1,025 \cdot 0,3 = 0,31 \text{ kN/m}^2$$

Proměnné:

4. Sníh $\gamma_q = 1,5$

Jihlava - sněhová oblast III

$$s = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

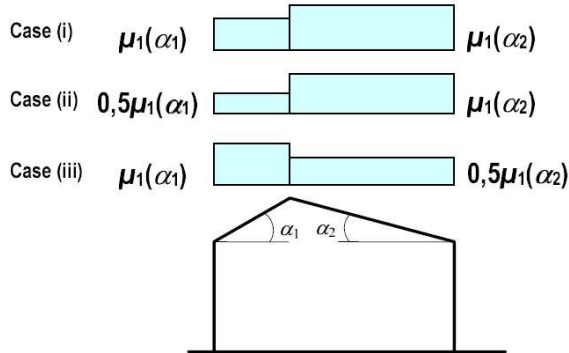
$$C_e = 1; C_t = 1$$

Sklon střechy: $\alpha = 12,6^\circ$

Tabulka tvarového součinitele pro zatížení sněhem

Angle of pitch of roof α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

$$\mu_1 = 0,8$$



i – nenavátý sních

ii a iii – navátý sních

a. Sních nenavátý **4. ZS sních plný**

$$s_k = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

$$g_k = 1,2 \cdot 2,0 = 2,4 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro vaznice v poli}$$

$$g_k = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro krajní vaznice}$$

b. Sních navátý

Dle obrázku z normy má být střecha zatížena na jedné straně polovinou hodnoty sněhu nenavátého a druhá polovina střechy bude zatížena celou hodnotou sněhu nenavátého

Případ ii: **5. ZS sních navátý pravý**

$$g_{k1} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 2,0 = 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro vaznici v poli}$$

$$g_{k1} = 0,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 0,6 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro krajní vaznici}$$

$$g_{k2} = 1,2 \cdot 1,0 = 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro vaznice v poli}$$

$$g_{k2} = 1,2 \cdot 2,0 = 2,4 \text{ kN/m}^2 \quad \text{pro krajní vaznice}$$

Případ iii: **6. ZS sních navátý levý**

Shodný s případem ii, jsou však prohozeny strany

5. Vítr $\gamma_q = 1,5$

Jihlava – větrová oblast II

$$v_{b0} = 25 \text{ ms}^{-1}$$

$$c_{dir} = 1 \quad c_{season} = 1$$

$$v_b = 25 \text{ ms}^{-1}$$

$$z = 15,5 \text{ m}$$

Kategorie terénu III

III. = oblasti rovnoměrně pokryté vegetací, budovami nebo překážkami

$$\Rightarrow z_0 = 0,3 \text{ m} \quad z_{min} = 5,0 \text{ m}$$

Součinitel terénu:

$$k_r = 0,19 \left(z_0 / z_{0,II} \right)^{0,07} = 0,19 (0,3 / 0,05)^{0,07} = 0,215$$

Součinitel drsnosti:

$$c_{r(z)} = k_r \ln(z / z_0) = 0,22 \ln(15,5 / 0,3) = 0,868 \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

$$c_0(z) = 1$$

$$v_m(z) = 0,894 \cdot 25 = 22,36 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence větru:

$$l_v(z) = \frac{k_l}{c_o \ln(z / z_0)} = \frac{1}{1 \cdot \ln(15,5 / 0,3)} = 0,253$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,253] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 21,696^2 = \underline{815,22 \text{ N/m}^2}$$

Zatížení větrem $\theta = 0^\circ$ **7. ZS vítr**

Součinitel sání větru na plášť

Interpolace pro $0 < \frac{h}{d} = 0,35 < 0,5$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,665 \quad \text{— oblast A}$$

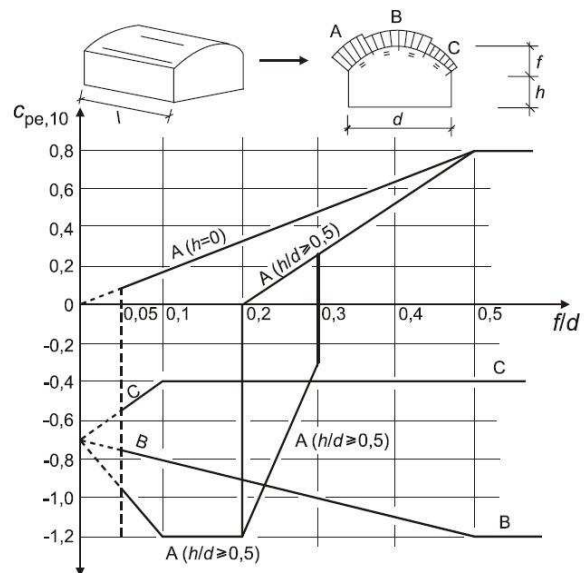
$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,525 \quad \text{— oblast B}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,385 \quad \text{— oblast C}$$

Součinitel vnitřního tlaku

$$c_{pi} = +0,2$$

$$c_{pi} = -0,3$$



Sání větru na vnější povrch

$$A - w_{e(A)} = q_p(z) c_{pe} = -0,665 \cdot 815,22 = -542,12 \text{ N/m}^2$$

$$B - w_{e(B)} = q_p(z) c_{pe} = -0,525 \cdot 815,22 = -428,0 \text{ N/m}^2$$

$$C - w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,385 \cdot 815,22 = -313,86 \text{ N/m}^2$$

Zatížení na vaznice

Vaznice v oblasti A

$$g_k = 0,542 \cdot 2,05 = 1,11 \text{ kN/m}' \quad \text{Vaznice v poli}$$

$$g_k = 0,542 \cdot 1,025 = 0,56 \text{ kN/m}' \quad \text{krajní vaznice}$$

Vaznice v oblasti B

$$g_k = 0,428 \cdot 2,05 = 0,88 \text{ kN/m}' \quad \text{Vaznice v poli}$$

$$g_k = 0,428 \cdot 1,025 = 0,44 \text{ kN/m}' \quad \text{vrcholová vaznice}$$

Vaznice v oblasti C

$$g_k = 0,313 \cdot 2,05 = 0,64 \text{ kN/m}' \quad \text{Vaznice v poli}$$

$$g_k = 0,313 \cdot 1,025 = 0,32 \text{ kN/m}' \quad \text{krajní vaznice}$$

Sání větru na vnitřní povrch

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = +0,2 \cdot 815,22 = +163,0 \text{ N/m}^2 \quad \text{8. ZS vítr 1}$$

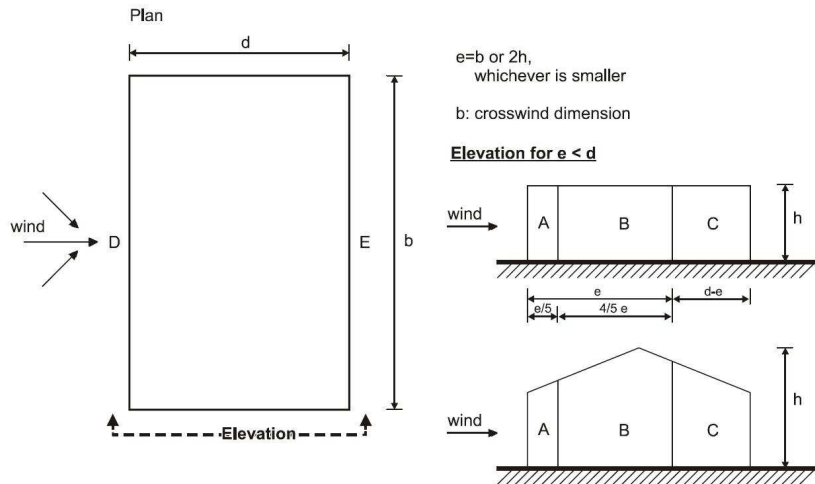
$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -244,57 \text{ N/m}^2 \quad \text{9. ZS vítr 2}$$

Zatížení na vaznice

$$g_k = 2,05 \cdot 0,16 = 0,33 \text{ kN/m}' \quad \text{vaznice v poli}$$

$$g_k = 1,025 \cdot 0,16 = 0,16 \text{ kN/m}' \quad \text{krajní vaznice}$$

Tlak větru na stěny



$$e = 2 \cdot 15,5 = 31 \text{ m}$$

$$\frac{e}{5} = 6,2 \text{ m}$$

$$\frac{4}{5}e = 24,8 \text{ m}$$

$$d - e = 9 \text{ m}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,8 - \text{oblast D}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,3 - \text{oblast E}$$

$$w_{e(D)} = q_p(z) c_{pe} = +0,7 \cdot 815,22 = +570,65 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(E)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -244,57 \text{ N/m}^2$$

Zatížení na sloupy – zatěžovací šířka 6m

Pravá strana

$$g_k = 6,0 \cdot 0,570 = 3,42 \text{ kN/m}' \quad \text{vnitřní sloup – zatěžovací šířka 6m}$$

$$g_k = 3,0 \cdot 0,570 = 1,72 \text{ kN/m}' \quad \text{krajní sloup – zatěžovací šířka 3m}$$

Levá strana

$$g_k = 6,0 \cdot -0,24 = -1,44 \text{ kN/m}' \quad \text{vnitřní sloup – zatěžovací šířka 6m}$$

$$g_k = 3,0 \cdot -0,24 = -0,72 \text{ kN/m}' \quad \text{krajní sloup – zatěžovací šířka 3m}$$

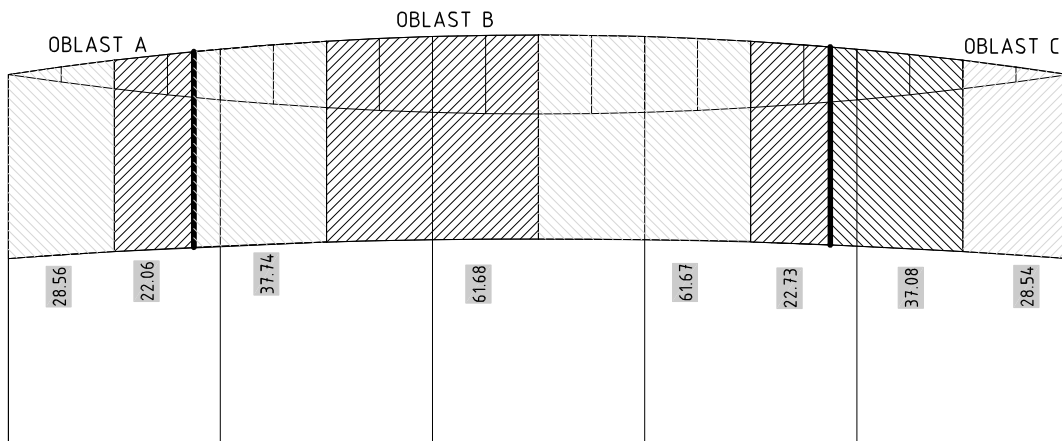
Tlak větru na štít

$$w_{e(A)} = q_p(z) c_{pe} = -1,2 \cdot 815,22 = -976,8 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(B)} = q_p(z) c_{pe} = -0,8 \cdot 815,22 = -651,2 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,5 \cdot 815,22 = -407,0 \text{ N/m}^2$$

Štítová zeď bude rozdělena na pět dílů pomocí čtyř sloupů. Na sloupy bude uchycen rastr s plášťovými panely. Přes tyto čtyři sloupy bude do krajního vazníku vneseno zatížení od větru na štít.



Síly od štítových sloupů do krajního vazníku:

$$F_{k1} = 28,56 \cdot 0,98 = 28,0kN \text{ krajní sloup - levý}$$

$$F_{k2} = 22,06 \cdot 0,98 + 37,74 \cdot 0,65 = 46,15kN$$

$$F_{k3} = 61,68 \cdot 0,65 = 40,1kN$$

$$F_{k4} = 61,67 \cdot 0,65 = 40,1kN$$

$$F_{k5} = 22,73 \cdot 0,65 + 0,41 \cdot 37,08 = 30,0kN$$

$$F_{k6} = 28,54 \cdot 0,41 = 11,7kN \text{ - krajní sloup - pravý}$$

I. Zatížení větrem $\theta = 90^\circ$ 10. ZS vítr 3

Vítr na stěny

$$c_{pe} = c_{pe;10} = +0,8 - \text{oblast D}$$

$$c_{pe} = c_{pe;10} = -0,3 - \text{oblast E}$$

$$w_{e(D)} = q_p(z) c_{pe} = +0,7 \cdot 815,22 = +570,65 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(E)} = q_p(z) c_{pe} = -0,3 \cdot 815,22 = -244,57 \text{ N/m}^2$$

Síly od sloupů štítu do krajního vazníku

Štít A

$$F_1 = 0,57 \cdot 28,56 = 16,28kN \quad \text{síla do krajního sloupu}$$

$$F_2 = 0,57 \cdot 59,8 = 34,1kN$$

$$F_3 = 0,57 \cdot 61,68 = 35,16kN$$

$$F_4 = 0,57 \cdot 61,68 = 35,16kN$$

$$F_5 = 0,57 \cdot 59,8 = 34,1kN$$

$$F_6 = 0,57 \cdot 28,56 = 16,28kN \quad \text{síla do krajního sloupu}$$

Štít B

$$F_1 = -0,24 \cdot 28,56 = -6,85kN \quad \text{síla do krajního sloupu}$$

$$F_2 = -0,24 \cdot 59,8 = -14,35kN$$

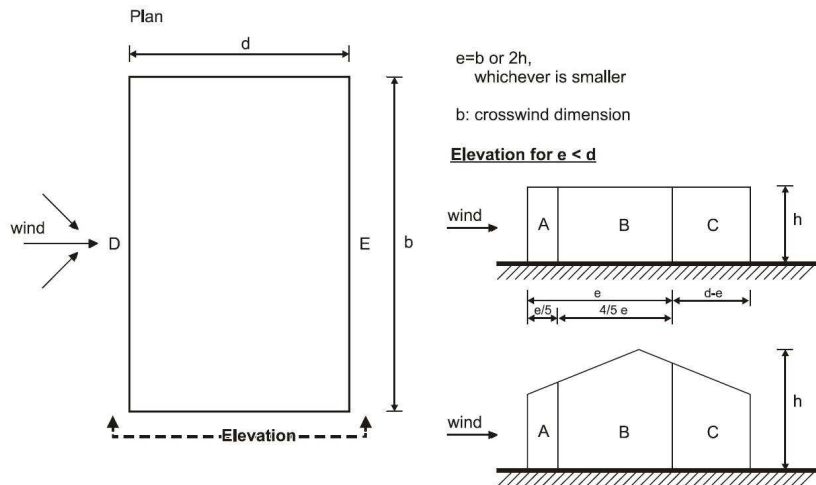
$$F_3 = -0,24 \cdot 61,68 = -14,8kN$$

$$F_4 = -0,24 \cdot 61,68 = -14,8kN$$

$$F_5 = -0,24 \cdot 59,8 = -14,35kN$$

$$F_6 = -0,24 \cdot 28,56 = -6,85kN \quad \text{síla do krajního sloupu}$$

Tlak větru na boční stěny



$$e = 2 \cdot 15,5 = 31m$$

$$\frac{e}{5} = 6,2m$$

$$\frac{4}{5}e = 24,8m$$

$$d - e = 29m$$

$$w_{e(A)} = q_p(z) c_{pe} = -1,2 \cdot 815,22 = -976,8 N/m^2$$

$$w_{e(B)} = q_p(z) c_{pe} = -0,8 \cdot 815,22 = -651,2 N/m^2$$

$$w_{e(C)} = q_p(z) c_{pe} = -0,5 \cdot 815,22 = -407,0 N/m^2$$

Zatížení na sloupky v oblasti A

$$F_A = 3,0 \cdot 0,98 = -2,94 kN/m'$$

$$F_B = 3,2 \cdot 0,98 + 2,8 \cdot 0,65 = -4,96 kN/m'$$

$$F_{C-E} = 6,0 \cdot 0,65 = -3,9 kN/m'$$

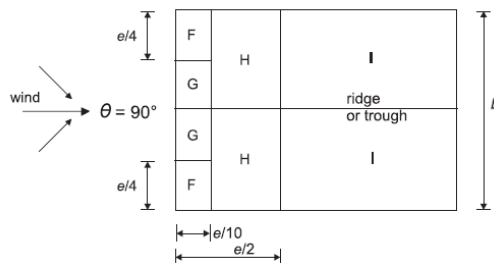
$$F_F = 4,0 \cdot 0,65 + 2,0 \cdot 0,41 = -3,42 kN/m'$$

$$F_{G-J} = 6 \cdot 0,41 = -2,46 kN/m'$$

$$F_K = 3 \cdot 0,41 = -1,23 kN/m'$$

Zatížení větrem na střechu ve směru $\theta = 90^\circ$

– v normě není uvedeno pro obloukovou střechu ve směru $\theta = 90^\circ$, proto byly použity součinitele vnějšího tlaku $c_{pe,10}$ pro sedlovou střechu ve směru větru $\theta = 90^\circ$



(c) wind direction $\theta = 90^\circ$

$$e = 2 \cdot 15,5 = 31m$$

$$\frac{e}{5} = 6,2m$$

$$\frac{4}{5}e = 24,8m$$

$$d - e = 29m$$

$$\frac{e}{4} = \frac{31}{4} = 7,75m$$

$$\frac{e}{10} = 3,1m$$

$$\frac{e}{2} = \frac{31}{2} = 15,5m$$

Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$

$$c_{pe,10} = -1,6 \quad \text{oblast F}$$

$$c_{pe,10} = -1,3 \quad \text{oblast G}$$

$$c_{pe,10} = -0,7 \quad \text{oblast H}$$

$$c_{pe,10} = -0,6 \quad \text{oblast I}$$

Tlak větru

$$w_{e(F)} = q_p(z) c_{pe} = -1,6 \cdot 815,22 = -1304,3 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(G)} = q_p(z) c_{pe} = -1,3 \cdot 815,22 = -1060,0 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(H)} = q_p(z) c_{pe} = -0,7 \cdot 815,22 = -570,6 \text{ N/m}^2$$

$$w_{e(I)} = q_p(z) c_{pe} = -0,6 \cdot 815,22 = -489,1 \text{ N/m}^2$$

Zatížení na vaznice

$$g_F = 2,05 \cdot -1,304 = -2,67 \text{ kN/m'}$$

$$g_G = 2,05 \cdot -1,06 = -2,17 \text{ kN/m'}$$

$$g_H = 2,05 \cdot -0,57 = -1,17 \text{ kN/m'}$$

$$g_I = 2,05 \cdot -0,49 = -1,00 \text{ kN/m'}$$

Na krajní vaznice je vloženo poloviční zatížení z důvodu poloviční zatěžovací šířky.

Zatěžovací stavy - přehled

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Působení
VT		Stálé	stale	Vlastní tíha	
VT	plášť	Stálé	stale	Standard	
sníh	plný	Nahodilé	sníh	Statické	Krátkodobé
technologie		Stálé	stale	Standard	
vítr	vnější 0°	Nahodilé	vítr	Statické	Krátkodobé
vítr1	vnitřní - sani	Nahodilé	vítr	Statické	Krátkodobé
vítr2	vnitřní - tlak	Nahodilé	vítr	Statické	Krátkodobé
sníh 1	navátý levý	Nahodilé	sníh	Statické	Krátkodobé
sníh 2	navátý pravý	Nahodilé	sníh	Statické	Krátkodobé
vítr3	vnější 90°	Nahodilé	vítr	Statické	Krátkodobé

Kombinace

Kombinace byly prováděny podle vzorce 6.10 z normy CSN EN 1990.

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

Dílčí součinitel stálého zatížení

$$\gamma_g = 1,35 \text{ nepříznivé zatížení}$$

$$\gamma_g = 1,00 \text{ příznivé zatížení}$$

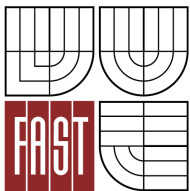
Dílčí součinitel proměnného zatížení

$$\gamma_q = 1,50 \text{nepříznivé zatížení}$$

$$\gamma_g = 1,00 \text{příznivé zatížení}$$

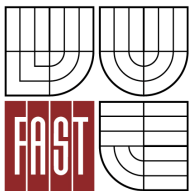
Součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení ψ_0

Zatížení	ψ_0
Kategorie užitečných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)	0,7
Kategorie C: shromažďovací plochy	
Kategorie H : střechy	



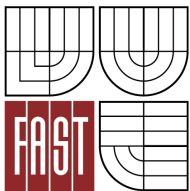
	0,0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3)*	
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n.m.	0,50
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [1]
CO1.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	1,50
CO2.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh 1 - navátý levý	1,50
CO3.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh 2 - navátý pravý	1,50
CO4.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO4.3	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	technologie	1,00
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO5.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO5.3	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	technologie	1,00
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO6.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO6.3	VT	1,00
	VT plášť	1,00

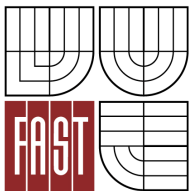


	technologie	1,00
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO7.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO7.3	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	technologie	1,00
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO8.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	1,50
	vítr - vnější 0°	0,90
	vítr1 - vnitřní - sání	0,90
CO8.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	0,75
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO9.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	1,50
	vítr - vnější 0°	0,90
	vítr2 - vnitřní - tlak	0,90
CO9.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	0,75
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO10.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	1,50
	vítr3 - vnější 90°	0,90
	vítr1 - vnitřní - sání	0,90
CO10.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	0,75
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO11.2	VT	1,35

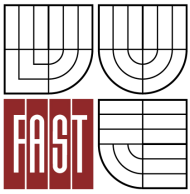
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	1,50
	vítr3 - vnější 90°	0,90
	vítr2 - vnitřní - tlak	0,90
CO11.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	sníh - plný	0,75
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO12.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
	sníh 1 - navátý levý	0,75
CO12.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	0,90
	vítr1 - vnitřní - sání	0,90
	sníh 1 - navátý levý	1,50
CO13.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
	sníh 1 - navátý levý	0,75
CO13.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	0,90
	vítr2 - vnitřní - tlak	0,90
	sníh 1 - navátý levý	1,50
CO14.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
	sníh 1 - navátý levý	0,75
CO14.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	0,90
	vítr1 - vnitřní - sání	0,90
	sníh 1 - navátý levý	1,50
CO15.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35



	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
	sníh 1 - navátý levý	0,75
CO15.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	0,90
	vítr2 - vnitřní - tlak	0,90
	sníh 1 - navátý levý	1,50
CO19.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
	sníh 2 - navátý pravý	0,75
CO19.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	0,90
	vítr2 - vnitřní - tlak	0,90
	sníh 2 - navátý pravý	1,50
CO18.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
	sníh 2 - navátý pravý	0,75
CO18.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr3 - vnější 90°	0,90
	vítr1 - vnitřní - sání	0,90
	sníh 2 - navátý pravý	1,50
CO17.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
	sníh 2 - navátý pravý	0,75
CO17.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	0,90
	vítr2 - vnitřní - tlak	0,90
	sníh 2 - navátý pravý	1,50
CO16.2	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50



	sníh 2 - navátý pravý	0,75
CO16.4	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	technologie	1,35
	vítr - vnější 0°	0,90
	vítr1 - vnitřní - sání	0,90
	sníh 2 - navátý pravý	1,50
CO20.5	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO20.6	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO21.8	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO21.9	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO21.11	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO21.12	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	vítr - vnější 0°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO22.8	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO22.9	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO22.11	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO22.12	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr1 - vnitřní - sání	1,50
CO23.5	VT	1,35
	VT plášť	1,35
	vítr3 - vnější 90°	1,50

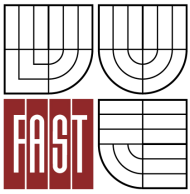


	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50
CO23.6	VT	1,00
	VT plášť	1,00
	vítr3 - vnější 90°	1,50
	vítr2 - vnitřní - tlak	1,50

Výše vypsane kombinace vycházejí z uživatelského zadání kombinací zatěžovacích stavů. Program SCIA Engineer dále přiřazuje dílčí součinitele γ_g , γ_q a součinitele kombinací ψ_0 .

Vypsane kombinace jsou kombinace pouze výtažkem z kombinací v programu. SCIA ještě každou uvedenou kombinaci rozšiřuje o kombinaci se zavedením $\gamma_g = 1,0$ pro stálé zatížení z důvodu zjištění, je-li konstrukce nadnášena. Autor zde uvádí pouze kombinace s touto hodnotou v případě, kde se jedná o sání na střešní plášť v kombinaci pouze se stálým zatížením.

Tyto kombinace byly následně převedeny na kombinace nelineární.



Statický systém

Příhradový vazník je modelován v programu SCIA Engineer jako rovinná příhradové konstrukce. Vazník sestává z horního a dolního pásu ve tvaru kruhového segmentu o poloměru 134 000m. K hornímu a dolnímu pásu jsou kloubově připojeny svislíce a diagonály. Vazník je kloubově uložen na sloupech, jež jsou modelovány jako vetknuté (zabraňující posun ve směru os X, Y a Z a pootočení kolem osy Y – fiy – směr příčné vazby).

Vaznice jsou z předběžného návrhu uvažovány jako U profily, jež jsou připojeny v místě styčnicků vazníku. Uložení je taktéž modelováno jako kloubové.

Celá konstrukce byla modelována trojdimenzionálně jako Obecná XYZ

Ztužidla jsou připojena kloubově do zadaných uzlů. Ztužidlům byla přiřazena nelinearita „vyloučení tlaku“ jež v programu SCIA Engineer vyžaduje nelineární výpočet.

Vzpěrné délky:

Vzpěrné délky byly v programu SCIA Engineer nastaveny uživatelsky. Součinitel vzpěrné délky **vazníku** $\beta = 1,0$. V rovině vazníku je vzpěrná délka dána vzdáleností svislíc a z roviny vazníku je určena vzdáleností vaznic v souladu se systémem střešních ztužidel.

Vzpěrné délky **vaznic** jsou také zadány uživatelsky a to tak, že v rovině tuhé osy (kolmo na rovinu střechy) je zaveden součinitel $\beta = 1,0$. V rovině měkké osy (ve střešní rovině) je zadán součinitel $\beta = 0,5$. Ten je dán umístěním okapových ztužidel, které zabraňují vybočení vaznice.

Vzpěrná délka **sloupu** je uvažována následovně. V rovině příčné vazby je sloup vetknutý. Na sloup je uložen vazník, který ovlivňuje vybočení sloupu. Podle normy ČSN 731401 tab. C2 byl určen součinitel vzpěru $\beta = 2,55$ při předpokladu, že na oba sloupy příčné vazby působí stejná síla. Jelikož se při výskytu větší síly na opačném sloupu, než je sloup řešený součinitel zvětšuje, byl tento navýšen na hodnotu $\beta = 2,70$.

Ve směru podélné osy objektu je sloup uvažován za kloubově uložený, proto je zaveden součinitel $\beta = 1,0$. Mezi sloupy jsou vloženy paždíky, které dělí sloup na 4 díly. Vzpěrná délka je brána jako délka každého tohoto dílce (3,5m). Pro každý tento je tedy zadán součinitel $\beta = 1,0$.

Materiál:

Primárním materiálem celé nosné konstrukce je ocel S355. Na ztužidla bude použit systém táhel DETAN firmy Halfen. Tyto táhla jsou nabízena v materiálovém provedení S355.

Způsob posuzování průřezů:

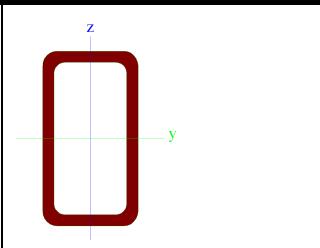
Vazníky a sloupy jsou navrženy všechny ze stejných průřezů z důvodu stejného tvaru všech příčných vazeb. Proto jsou vybírány extrémně namáhané pruty dílčích částí vazníku a ztužidel a na tyto extrémní je provedena dimenze.

Posudek MSÚ

Vazník

Horní pás

Průřezy

Jméno	horni pas3	
Typ	RRO220X120X14.2	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Vzpěr y-y, z-z	c	c
Obrázek		
A [m²]	8,3300e-003	
A_{y, z} [m²]	2,9400e-003	5,3900e-003
I_{y, z} [m⁴]	4,6800e-005	1,7700e-005
I_w [m⁶], t [m⁴]	1,4021e-007	4,4300e-005
W_{el y, z} [m³]	4,2600e-004	2,9500e-004
W_{pl y, z} [m³]	5,5559e-004	3,6032e-004
d_{y, z} [mm]	0	0
c_{YLSS, ZLSS} [mm]	60	110
alfa [deg]	0,00	
AL [m²/m]	6,6246e-001	

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B3452	RRO220X120X14.2	S 355	CO8/1	0.85
-------------------	------------------------	--------------	--------------	-------------

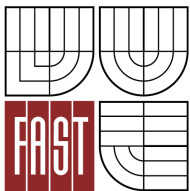
Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

Údaje o materiálu		
mez kluzu f_y	355.00	MPa
pevnost v tahu f_u	510.00	MPa
typ výroby	tvářený za studena	

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Poměr šířky ke tloušťce pro vnitřní tlačené prvky (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 1).
 poměr 12.49 v místě 0.00 m

poměr		
--------------	--	--



maximální poměr	1	26.85
maximální poměr	2	30.92
maximální poměr	3	34.17

==> Třída průřezu 1

Kritický posudek v místě 0.00 m

Vnitřní síly		
NEd	-1587.88	kN
Vy,Ed	-9.66	kN
Vz,Ed	0.00	kN
TEd	-0.00	kNm
My,Ed	-0.00	kNm
Mz,Ed	26.49	kNm

Posudek na tlak

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.4 a vzorce EN 1993-1-1 : (6.9)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Nc,Rd	2957.15	kN
jedn. posudek	0.54	

Posudek na smyk (Vy)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

Tabulka hodnot		
Vc,Rd	602.58	kN
jedn. posudek	0.02	

Posudek ohybového momentu (My)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	197.24	kNm
jedn. posudek	0.00	

Posudek ohybového momentu (Mz)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)

Klasifikace průřezu je 1.

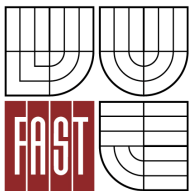
Tabulka hodnot		
Mc,Rd	127.91	kNm
jedn. posudek	0.21	

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.31)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
MNVy,Rd	129.62	kNm
MNVz,Rd	67.69	kNm



alfa 2.46 beta 2.46
 jedn. posudek 0.39
 Prvek VYHOVÍ na únosnost !

Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	26.90	43.74	
Redukovaná štíhlost	0.35	0.57	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.92	0.80	
Délka	2.02	2.02	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	2.02	2.02	m
Kritické Eulerovo zatížení	23859.31	9023.71	kN

Posudek na vzpěr

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.46)

Tabulka hodnot		
Nb.Rd	2370.41	kN
jedn. posudek	0.67	

Posudek klopení

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.54)

Tabulka hodnot		
Mb.Rd	197.24	kNm
Wy	555593.56	mm ³
redukce	1.00	
imperfekce	0.76	
redukovaná štíhlost	0.11	
metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	15493.35	kNm
jedn. posudek	0.00	

LTB		
Délka klopení	2.02	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	2.70	
C2	0.00	
C3	0.68	

zatížení v těžišti

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
kyy	0.809	

k _{yz}	0.519	
k _{zy}	0.485	
k _{zz}	0.866	
Delta M _y	0.00	kNm
Delta M _z	0.00	kNm
A	8330.00	mm ²
W _y	555593.56	mm ³
W _z	360321.13	mm ³
NR _k	2957.15	kN
M _y ,R _k	197.24	kNm
M _z ,R _k	127.91	kNm
M _y ,E _d	0.00	kNm
M _z ,E _d	26.49	kNm
Interakční metoda 2		
C _{my}	0.743	
C _{mz}	0.693	
C _{mLT}	0.743	

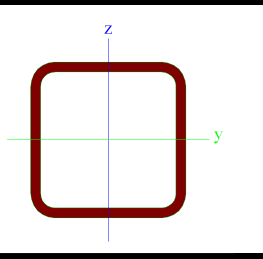
jedn. posudek = 0.58 + 0.00 + 0.11 = 0.69

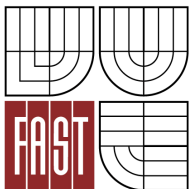
jedn. posudek = 0.67 + 0.00 + 0.18 = 0.85

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !

Dolní pás

Průřezy

Jméno	dolni pas	
Typ	RRK160/160/10	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Vzpěr y-y, z-z	c	c
Obrázek		
A [m²]	5,6570e-003	
A_{y, z} [m²]	2,8285e-003	2,8285e-003
I_{y, z} [m⁴]	2,0500e-005	2,0500e-005
I_w [m⁶], I_t [m⁴]	8,7381e-008	3,4900e-005
W_{el y, z} [m³]	2,5600e-004	2,5600e-004
W_{pl y, z} [m³]	3,1100e-004	3,1100e-004
d_{y, z} [mm]	0	0
c_{YLSS, ZLSS} [mm]	80	80
alfa [deg]	0,00	
AL [m²/m]	6,0688e-001	



EC3 : posouzení EN 1993

Prut B2707	RRK160/160/10	S 355	CO8/1	0.85
-------------------	----------------------	--------------	--------------	-------------

Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

Údaje o materiálu		
mez kluzu f_y	355.00	MPa
pevnost v tahu f_u	510.00	MPa
typ výroby	tvářený za studena	

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Kritický posudek v místě 0.00 m

Vnitřní síly		
NEd	1499.45	kN
Vy,Ed	-14.10	kN
Vz,Ed	0.00	kN
TEd	-0.00	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	30.28	kNm

Posudek na osovou sílu

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.5)

Tabulka hodnot		
Nt.Rd	2008.23	kN
jedn. posudek	0.75	

Posudek na smyk (Vy)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

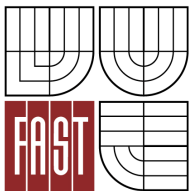
Tabulka hodnot		
Vc,Rd	579.73	kN
jedn. posudek	0.02	

Posudek ohybového momentu (My)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	110.41	kNm
jedn. posudek	0.00	



Posudek ohybového momentu (Mz)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	110.41	kNm
jedn. posudek	0.27	

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.31)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
MNVy.Rd	35.73	kNm
MNVz.Rd	35.73	kNm

alfa 4.49 beta 4.49

jedn. posudek 0.85

Prvek VYHOVÍ na únosnost !

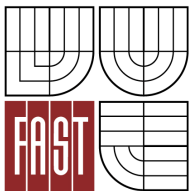
Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	33.56	33.56	
Redukovaná štíhlost	0.44	0.44	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.88	0.88	
Délka	2.02	2.02	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	2.02	2.02	m
Kritické Eulerovo zatížení	10408.60	10408.60	kN

Posudek klopení

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.54)

Tabulka hodnot		
Mb.Rd	110.41	kNm
Wy	311000.00	mm ³
redukce	1.00	
imperfekce	0.76	
redukovaná štíhlost	0.13	
metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	6905.60	kNm
jedn. posudek	0.00	



LTB		
Délka klopení	2.02	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.26	
C2	0.00	
C3	0.99	

zatížení v těžišti

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
kyy	0.821	
kyz	0.370	
kzy	0.493	
kzz	0.616	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	5657.00	mm ²
Wy	311000.00	mm ³
Wz	311000.00	mm ³
NRk	2008.23	kN
My,Rk	110.41	kNm
Mz,Rk	110.41	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	30.28	kNm
Interakční metoda 2		
Cmy	0.821	
Cmz	0.616	
CmLT	0.821	

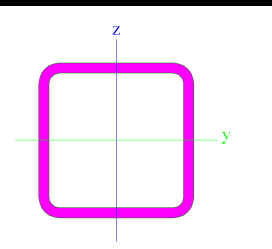
jedn. posudek = 0.00 + 0.00 + 0.10 = 0.10

jedn. posudek = 0.00 + 0.00 + 0.17 = 0.17

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !

Svislice

Průřezy

Jméno	svislice	
Typ	RRK60/60/4	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Vzpěr y-y, z-z	c	c
Obrázek		
A [m²]	8,5500e-004	
A_{y, z} [m²]	4,2750e-004	4,2750e-004
I_{y, z} [m⁴]	4,3600e-007	4,3600e-007
I_w [m⁶], I_t [m⁴]	2,5920e-010	7,2600e-007
W_{el y, z} [m³]	1,4500e-005	1,4500e-005
W_{pl y, z} [m³]	1,7600e-005	1,7600e-005
d_{y, z} [mm]	0	0
c_{YLSS, ZLSS} [mm]	30	30
alfa [deg]	0,00	
AL [m²/m]	2,3020e-001	

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B3211	RRK60/60/4	S 355	CO12/2	0.66
-------------------	-------------------	--------------	---------------	-------------

Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

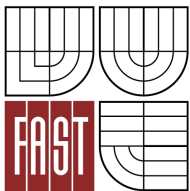
Údaje o materiálu		
mez kluzu f_y	355.00	MPa
pevnost v tahu f_u	510.00	MPa
typ výroby	tvářený za studena	

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Poměr šířky ke tloušťce pro vnitřní tlačené prvky (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 1).
 poměr 12.00 v místě 0.00 m

poměr		
maximální poměr	1	26.85
maximální poměr	2	30.92
maximální poměr	3	34.17

==> Třída průřezu 1



Kritický posudek v místě 0.00 m

Vnitřní síly		
N _{Ed}	-50.23	kN
V _{y,Ed}	0.00	kN
V _{z,Ed}	0.00	kN
T _{Ed}	-0.01	kNm
M _{y,Ed}	-0.00	kNm
M _{z,Ed}	-0.00	kNm

Varování: Pro tento průřez není kroucení zohledněno!

Posudek na tlak

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.4 a vzorce EN 1993-1-1 : (6.9)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
N _{c,Rd}	303.52	kN
jedn. posudek	0.17	

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.31)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
MN _{Vy,Rd}	6.25	kNm
MN _{Vz,Rd}	6.25	kNm

alfa 1.71 beta 1.71

jedn. posudek 0.00

Prvek VYHOVÍ na únosnost !

Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	131.61	131.61	
Redukovaná štíhlost	1.72	1.72	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.25	0.25	
Délka	2.97	2.97	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	2.97	2.97	m
Kritické Eulerovo zatížení	102.31	102.31	kN

Posudek na vzpěr

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.46)

Tabulka hodnot		
N _{b,Rd}	76.56	kN
jedn. posudek	0.66	

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
kyy	1.525	
kyz	0.915	
kzy	0.915	
kzz	1.525	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	855.00	mm ²
Wy	17600.00	mm ³
Wz	17600.00	mm ³
NRk	303.52	kN
My,Rk	6.25	kNm
Mz,Rk	6.25	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm
Interakční metoda 2		
Cmy	1.000	
Cmz	1.000	
CmLT	1.000	

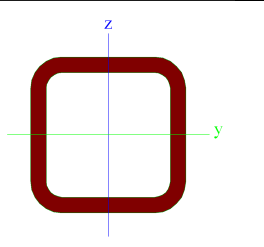
jedn. posudek = 0.66 + 0.00 + 0.00 = 0.66

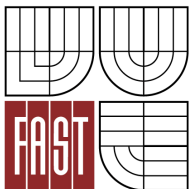
jedn. posudek = 0.66 + 0.00 + 0.00 = 0.66

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !

Diagonála

Průřezy

Jméno	diagonaly	
Typ	RRK60/60/6	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Vzpěr y-y, z-z	c	c
Obrázek		
A [m²]	1,2030e-003	
A y, z [m²]	6,0150e-004	6,0150e-004
I y, z [m⁴]	5,6100e-007	5,6100e-007
I w [m⁶], t [m⁴]	3,8880e-010	9,8400e-007
Wel y, z [m³]	1,8700e-005	1,8700e-005
Wpl y, z [m³]	2,3700e-005	2,3700e-005
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	30	30
alfa [deg]	0,00	
AL [m²/m]	2,2534e-001	



EC3 : posouzení EN 1993

Prut B3194	RRK60/60/6	S 355	CO12/2	0.76
-------------------	-------------------	--------------	---------------	-------------

Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

Údaje o materiálu		
mez kluzu f_y	355.00	MPa
pevnost v tahu f_u	510.00	MPa
typ výroby	tvářený za studena	

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Poměr šířky ke tloušťce pro vnitřní tlačené prvky (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 1).
 poměr 7.00 v místě 0.00 m

poměr		
maximální poměr	1	26.85
maximální poměr	2	30.92
maximální poměr	3	34.17

==> Třída průřezu 1

Kritický posudek v místě 0.00 m

Vnitřní síly		
NEd	-53.11	kN
V _{y,Ed}	0.13	kN
V _{z,Ed}	0.00	kN
TEd	-0.01	kNm
M _{y,Ed}	-0.00	kNm
M _{z,Ed}	-0.00	kNm

Posudek na tlak

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.4 a vzorce EN 1993-1-1 : (6.9)
 Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
N _{c,Rd}	427.06	kN
jedn. posudek	0.12	

Posudek na smyk (V_y)

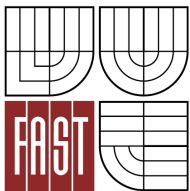
podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

Tabulka hodnot		
V _{c,Rd}	123.28	kN
jedn. posudek	0.00	

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.31)
 Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		



MNVy.Rd	8.41	kNm
MNVz.Rd	8.41	kNm

alfa 1.69 beta 1.69

jedn. posudek 0.00

Prvek VYHOVÍ na únosnost !

Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	166.46	166.46	
Redukovaná štíhlost	2.18	2.18	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.17	0.17	
Délka	3.59	3.59	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	3.59	3.59	m
Kritické Eulerovo zatížení	89.98	89.98	kN

Posudek na vzpěr

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.46)

Tabulka hodnot		
Nb.Rd	72.23	kN
jedn. posudek	0.74	

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interakční metoda 2

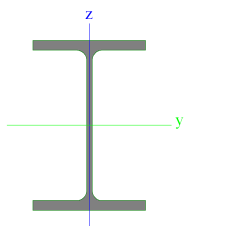
Tabulka hodnot		
kyy	1.588	
kyz	0.905	
kzy	0.953	
kzz	1.509	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1203.00	mm ²
Wy	23700.00	mm ³
Wz	23700.00	mm ³
NRk	427.06	kN
My,Rk	8.41	kNm
Mz,Rk	8.41	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	0.11	kNm
Interakční metoda 2		
Cmy	1.000	
Cmz	0.950	
CmLT	1.000	

jedn. posudek = $0.74 + 0.00 + 0.01 = 0.75$

jedn. posudek = $0.74 + 0.00 + 0.02 = 0.76$

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !

Sloup

Jméno	CS1	
Typ	HEB450	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Vzpěr y-y, z-z	a	b
Obrázek		
A [m ²]	2,1800e-002	
A _{y, z} [m ²]	1,3322e-002	5,7126e-003
I _{y, z} [m ⁴]	7,9890e-004	1,1720e-004
I _w [m ⁶], I _t [m ⁴]	5,2909e-006	4,4050e-006
W _{el y, z} [m ³]	3,5510e-003	7,8140e-004
W _{pl y, z} [m ³]	3,9800e-003	1,2000e-003
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YLSS, ZLSS} [mm]	150	225
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	2,0254e+000	

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B3088	HEB450	S 355	CO10/1	0.53
------------	--------	-------	--------	------

Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

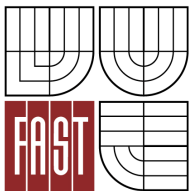
Údaje o materiálu		
mez kluzu f _y	355.00	MPa
pevnost v tahu f _u	510.00	MPa
typ výroby	válcovaný	

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Poměr šířky ke tloušťce pro vnitřní tlačené prvky (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 1).

poměr 24.57 v místě 10.50 m

poměr		
-------	--	--



maximální poměr	1	26.85
maximální poměr	2	30.92
maximální poměr	3	35.81

==> Třída průřezu 1

Poměr šířky ke tloušťce pro odstávající pásnice (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 2).

poměr 4.46 v místě 10.50 m

poměr		
maximální poměr	1	7.32
maximální poměr	2	8.14
maximální poměr	3	11.21

==> Třída průřezu 1

Kritický posudek v místě 14.00 m

Vnitřní síly		
NEd	-508.25	kN
Vy,Ed	0.06	kN
Vz,Ed	39.75	kN
TEd	-0.00	kNm
My,Ed	119.74	kNm
Mz,Ed	-0.00	kNm

Posudek na tlak

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.4 a vzorce EN 1993-1-1 : (6.9)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Nc,Rd	7739.00	kN
jedn. posudek	0.07	

Posudek na smyk (Vy)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

Tabulka hodnot		
Vc,Rd	3326.08	kN
jedn. posudek	0.00	

Posudek na smyk (Vz)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

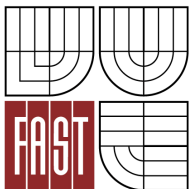
Tabulka hodnot		
Vc,Rd	1633.12	kN
jedn. posudek	0.02	

Posudek ohybového momentu (My)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	1412.90	kNm
jedn. posudek	0.08	



Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.31)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
MNVy.Rd	1412.90	kNm
MNVz.Rd	426.00	kNm

alfa 2.00 beta 1.00

jedn. posudek 0.08

Prvek VYHOVÍ na únosnost !

Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	197.46	47.73	
Redukovaná štíhlost	2.58	0.62	
Vzpěr. křivka	a	b	
Imperfekce	0.21	0.34	
Redukční součinitel	0.14	0.82	
Délka	14.00	3.50	m
Součinitel vzpěru	2.70	1.00	
Vzpěrná délka	37.80	3.50	m
Kritické Eulerovo zatížení	1158.85	19829.45	kN

Posudek na vzpěr

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.46)

Tabulka hodnot		
Nb.Rd	1066.15	kN
jedn. posudek	0.48	

Posudek klopení

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.54)

Tabulka hodnot		
Mb.Rd	1412.90	kNm
Wy	3980000.00	mm ³
redukce	1.00	
imperfekce	0.21	
redukovaná štíhlost	0.40	
metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	8828.44	kNm
jedn. posudek	0.08	

LTB		
Délka klopení	3.50	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.77	
C2	0.02	

C3	0.94	
----	------	--

zatížení v těžišti

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
kyy	0.592	
kyz	0.379	
kzy	0.985	
kzz	0.631	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	21800.00	mm ²
Wy	3980000.00	mm ³
Wz	1200000.00	mm ³
NRk	7739.00	kN
My,Rk	1412.90	kNm
Mz,Rk	426.00	kNm
My,Ed	119.74	kNm
Mz,Ed	0.20	kNm
Interakční metoda 2		
Cmy	0.428	
Cmz	0.600	
CmLT	0.581	

jedn. posudek = 0.48 + 0.05 + 0.00 = 0.53

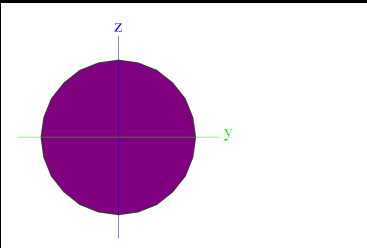
jedn. posudek = 0.08 + 0.08 + 0.00 = 0.16

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !

Sloup je předdimenzován. O jeho dimenzi rozhoduje 2. mezní stav.

Ztužidlo:

Kulatina pro ztužidla Z1 a Z2

Jméno	ztuzidlo		
Typ	RD24		
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Vzpěr y-y, z-z	c	c	
Obrázek			
A [m²]	4,5216e-004		

A y, z [m ²]	3,8434e-004	3,8434e-004
I y, z [m ⁴]	1,5945e-008	1,5945e-008
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+000	3,1889e-008
Wel y, z [m ³]	1,3287e-006	1,3287e-006
Wpl y, z [m ³]	2,2677e-006	2,2677e-006
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	0	0
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	7,5394e-002	

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B3290	RD28	S 235	NC19/1	0,87
------------	------	-------	--------	------

NEd [kN]	Vy,Ed [kN]	Vz,Ed [kN]	TEd [kNm]	My,Ed [kNm]	Mz,Ed [kNm]
126,43	-0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00

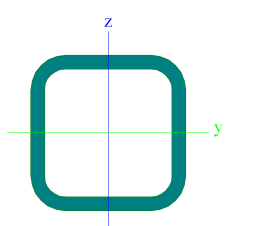
Kritický posudek v místě 0.00 m

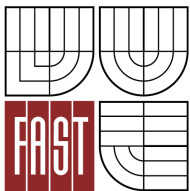
zatížení v těžišti

POSUDEK ÚNOSNOSTI	
Posudek na tah	0.87 < 1
Posudek na smyk (Vy)	0.00 < 1
Posudek na smyk (Vz)	0.00 < 1
Posudek ohybového momentu (Mz)	0.00 < 1
M	0.00 < 1

Pro ztužení bude použit stabilizační systém Halfen – DETAN. Návrh je použit táhla o průměru 24mm s únosností $N_{RD}=158,6\text{kN}$, ocel těchto táhel je S355.

Dolní pás podélného ztužidla

Jméno	ztuzidlo1	
Typ	RRK90/90/8	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Vzpěr y-y, z-z	c	c
Obrázek		
A [m ²]	2,4040e-003	
A y, z [m ²]	1,2020e-003	1,2020e-003
I y, z [m ⁴]	2,5500e-006	2,5500e-006
I w [m ⁶], t [m ⁴]	3,9366e-009	4,5600e-006
Wel y, z [m ³]	5,6600e-005	5,6600e-005



Wpl y, z [m ³]	7,1300e-005	7,1300e-005
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	45	45
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	3,3364e-001	

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B2505	RRK90/90/8	S 355	CO8/1	0.27
------------	------------	-------	-------	------

Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

Údaje o materiálu		
mez kluzu fy	355.00	MPa
pevnost v tahu fu	510.00	MPa
typ výroby	tvářený za studena	

POSUDEK ÚNOSNOSTI

Kritický posudek v místě 0.00 m

Vnitřní síly		
NEd	230.93	kN
Vy,Ed	0.04	kN
Vz,Ed	0.75	kN
TEd	-0.00	kNm
My,Ed	-0.00	kNm
Mz,Ed	-0.13	kNm

Posudek na osovou sílu

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.5)

Tabulka hodnot		
Nt,Rd	853.42	kN
jedn. posudek	0.27	

Posudek na smyk (Vy)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

Tabulka hodnot		
Vc,Rd	246.36	kN
jedn. posudek	0.00	

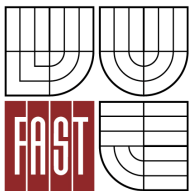
Posudek na smyk (Vz)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.6. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.17)

Tabulka hodnot		
Vc,Rd	246.36	kN
jedn. posudek	0.00	

Posudek ohybového momentu (Mz)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)



Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	25.31	kNm
jedn. posudek	0.01	

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.31)

Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
MNVy.Rd	23.09	kNm
MNVz.Rd	23.09	kNm

alfa 1.81 beta 1.81

jedn. posudek 0.01

Prvek VYHOVÍ na únosnost !

Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	184.22	184.22	
Redukovaná štíhlost	2.41	2.41	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.14	0.14	
Délka	6.00	6.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	1.00	
Vzpěrná délka	6.00	6.00	m
Kritické Eulerovo zatížení	146.81	146.81	kN

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
kyy	0.950	
kyz	0.240	
kzy	0.570	
kzz	0.400	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	2404.00	mm ²
Wy	71300.00	mm ³
Wz	71300.00	mm ³
NRk	853.42	kN
My,Rk	25.31	kNm
Mz,Rk	25.31	kNm
My,Ed	1.12	kNm
Mz,Ed	0.13	kNm
Interakční metoda 2		
Cmy	0.950	

Cmz	0.400	
CmLT	0.950	

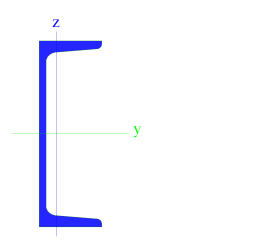
jedn. posudek = $0.00 + 0.04 + 0.00 = 0.04$

jedn. posudek = $0.00 + 0.03 + 0.00 = 0.03$

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !

Průřez je předdimenzován z důvodu splnění podmínky štíhlosti prutu, jež se musí pohybovat pod hranicí 200.

Vaznice

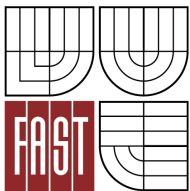
Jméno	VAZNICE7	
Typ	U280	
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Vzpěr y-y, z-z	c	c
Obrázek		
A [m²]	5,3300e-003	
A_{y, z} [m²]	1,2451e-003	2,4083e-003
I_{y, z} [m⁴]	6,2800e-005	3,9900e-006
I_w [m⁶], I_t [m⁴]	4,8500e-008	3,1000e-007
W_{el y, z} [m³]	4,4800e-004	5,7200e-005
W_{pl y, z} [m³]	5,3200e-004	1,1089e-004
d_{y, z} [mm]	-57	0
c_{YLSS, ZLSS} [mm]	26	140
alfa [deg]	0,00	
AL [m²/m]	8,9087e-001	

EC3 : posouzení EN 1993

Prut B2353	U280	S 355	CO8/1	0.95
------------	------	-------	-------	------

Základní data EC3 : EN 1993	
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
Dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

Údaje o materiálu		
mez kluzu f _y	355.00	MPa
pevnost v tahu f _u	510.00	MPa
typ výroby	válcovaný	



POSUDEK ÚNOSNOSTI

Poměr šířky ke tloušťce pro vnitřní tlačené prvky (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 1).
 poměr 22.00 v místě 0.00 m

poměr		
maximální poměr	1	26.85
maximální poměr	2	30.92
maximální poměr	3	34.17

==> Třída průřezu 1

Poměr šířky ke tloušťce pro odstávající pásnice (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. strana 2).
 poměr 4.67 v místě 0.00 m

poměr		
maximální poměr	1	7.32
maximální poměr	2	8.14
maximální poměr	3	11.39

==> Třída průřezu 1

Kritický posudek v místě 3.00 m

Vnitřní síly		
NEd	-79.51	kN
Vy,Ed	-0.00	kN
Vz,Ed	-0.00	kN
TEd	0.00	kNm
My,Ed	-32.33	kNm
Mz,Ed	-3.08	kNm

Posudek na tlak

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.4 a vzorce EN 1993-1-1 : (6.9)
 Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Nc,Rd	1892.15	kN
jedn. posudek	0.04	

Posudek ohybového momentu (My)

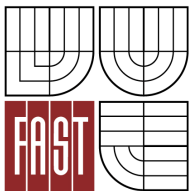
podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)
 Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	188.86	kNm
jedn. posudek	0.17	

Posudek ohybového momentu (Mz)

podle článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.12)
 Klasifikace průřezu je 1.

Tabulka hodnot		
Mc,Rd	39.36	kNm
jedn. posudek	0.08	



Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly
 podle článku EN 1993-1-1 : 6.2 a vzorce EN 1993-1-1: (6.1)
 Klasifikace průřezu je 3.

Tabulka hodnot		
sigma N	14.92	MPa
sigma Myy	-72.08	MPa
sigma Mzz	-53.58	MPa
Tau y	-0.00	MPa
Tau z	-0.00	MPa
Tau t	0.23	MPa

ro 0.00 místo 15
 jedn. posudek 0.31
 Prvek VYHOVÍ na únosnost !

Stabilitní posudek

Parametry vzpěru	yy	zz	
typ	neposuvné	neposuvné	
Štíhlost	55.28	109.65	
Redukovaná štíhlost	0.72	1.44	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce	0.49	0.49	
Redukční součinitel	0.71	0.34	
Délka	6.00	6.00	m
Součinitel vzpěru	1.00	0.50	
Vzpěrná délka	6.00	3.00	m
Kritické Eulerovo zatížení	3615.57	918.86	kN

Posudek na vzpěr

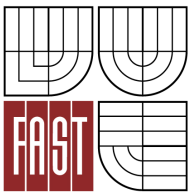
podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.46)

Tabulka hodnot		
Nb.Rd	636.80	kN
jedn. posudek	0.12	

Posudek prostorového-rovinného vzpěru

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.1.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.46)

Tabulka hodnot		
Nb.Rd	906.85	kN
Redukovaná štíhlost	1.11	
Redukční součinitel	0.48	
sigma,cr,T	331.87	MPa
sigma,cr,TF	288.43	MPa
Vzpěrná délka na prostorový vzpěr	6.00	m
jedn. posudek	0.09	



Posudek klopení

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.54)

Tabulka hodnot		
Mb.Rd	48.08	kNm
Wy	448000.00	mm ³
redukce	0.30	
imperfekce	0.76	
redukována štíhlost	1.41	
metoda pro křivku klopení	Art. 6.3.2.2.	
Mcr	79.96	kNm
jedn. posudek	0.67	

LTB		
Délka klopení	6.00	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

zatížení v těžišti

Posudek na tlak s ohybem

podle článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorce EN 1993-1-1 : (6.61) (6.62)

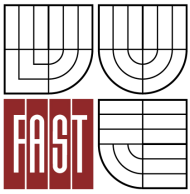
Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
kyy	0.974	
kyz	1.021	
kzy	0.991	
kzz	1.021	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	5330.00	mm ²
Wy	448000.00	mm ³
Wz	57200.00	mm ³
NRk	1892.15	kN
My,Rk	159.04	kNm
Mz,Rk	20.31	kNm
My,Ed	32.33	kNm
Mz,Ed	3.08	kNm
Interakční metoda 2		
Cmy	0.950	
Cmz	0.950	
CmLT	0.950	

jedn. posudek = 0.06 + 0.66 + 0.16 = 0.87

jedn. posudek = 0.12 + 0.67 + 0.16 = 0.95

Prvek VYHOVÍ na stabilitu !



Posudek MSP

Vaznice

Maximální deformace $\delta_{\max} = 7,2\text{mm} < L/200 = 6000/200 = 30\text{mm}$

Vazník

Maximální deformace $\delta_{\max} = 178\text{mm} < L/200 = 40000/200 = 200\text{mm}$

Sloup

Maximální deformace $\delta_{\max} = 68\text{mm} < L/200 = 14000/200 = 70\text{mm}$

Konstrukce vyhoví na průhyb!!

Ruční ověření posudků

Horní pás

Třída průřezu 1

ocel	355	$\gamma_{M0} =$	1,0
		$\gamma_{M1} =$	1,0
		$\gamma_{M2} =$	1,25
$\varepsilon = (235 \cdot f_y)^{0,5}$	0,814		
$I_y =$	0,0000468	m^4	
$I_z =$	0,0000177	m^4	
$W_{el,y} =$	0,000426	m^3	
$W_{el,z} =$	0,000295	m^3	
$W_{pl,y} =$	0,0005556	m^3	
$W_{pl,z} =$	0,0003603	m^3	
$A =$	0,00833	m^2	
$i_y =$	74,95	mm	
$i_z =$	46,10	mm	

$N_{Ed} =$	1587,88	kN
$V_{y,Ed} =$	9,66	kN
$M_{z,Ed} =$	26,49	kNm

posudek v rovině y-y

$L =$ 2000 mm $L_{cr} =$ 2000 mm

$\beta =$ 1

součinitel vzpěrnosti

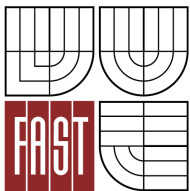
$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti
$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i \cdot \lambda_1) =$	0,35	c
$\lambda =$	26,68	$\alpha =$ 0,49
$\phi =$	0,597	
$\chi =$	0,92	
$N_{b,Rd} =$	2731,97 kN	
jed. posudek	0,58	

posudek v rovině z-z

$L =$ 2000 mm $L_{cr} =$ 2000 mm

$\beta =$ 1

součinitel vzpěrnosti



$\lambda_1=93,9*\epsilon=$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\lambda=L_{cr}/(i*\lambda_1)=$	0,57	c	
$\lambda =$	43,39	$\alpha=$	0,49
$\phi=$	0,7514		
$\chi=$	0,80		
$N_{b,Rd}=$	2378,25kN		
jednot. posudek	0,67		

Kombinace tlaku a ohybu

C_{my}	0,743
k_{yy}	0,807
k_{yz}	0,518

C_{mz}	0,693
k_{zy}	0,484
k_{zz}	0,863
$M_{y,Rk}$	197,23kNm
$M_{z,Rk}$	127,91kNm
jed. posudek	0,11
jed. posudek	0,18

Součet: **0,58+0,11=0,69**
0,67+0,18=0,85

Shoda s výsledky ze SCIA ENGINEER (0,85)

Dolní pás

Vnitřní síly		
N_{Ed}	1499.45	kN
$V_{y,Ed}$	-14.10	kN
$V_{z,Ed}$	0.00	kN
T_{Ed}	-0.00	kNm
$M_{y,Ed}$	0.00	kNm
$M_{z,Ed}$	30.28	kNm

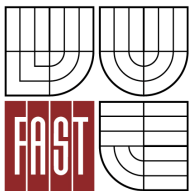
Kombinace ohybu a tahu

$$M_{n,Rd} = M_{pl,Rd} (1-n) / (1-0,5a_w)$$

$$a_w = (A - 2bt) / A = 0,434$$

$$n = \frac{N_{ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{1499}{2008,2} = 0,7466$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0}} = 2008,2kN$$



$$M_{pl,Rd} = W_{z,pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 110,4 \text{ kNm}$$

$$M_{n,Rd} = 110,41 \cdot (1 - 0,747) / (1 - 0,5 \cdot 0,434) = 35,7$$

$$\left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd}} \right] \leq 1 \quad \left[\frac{30,28}{35,7} \right] = 0,85 \quad \text{Shodné z programem SCIA (0,85)}$$

Diagonála

Třída průřezu 1

Posudek v místě 0,0m

ocel	355	$\gamma_{M0} =$	1,0
		$\gamma_{M1} =$	1,0
		$\gamma_{M2} =$	1,25
$\epsilon = (235 \cdot f_y)^{0,5}$	0,814		
$I_y =$	5,61e-7	m^4	
$I_z =$	5,61e-7	m^4	
$W_{el,y} =$	1,87e-5	m^3	
$W_{el,z} =$	1,87e-5	m^3	
$W_{pl,y} =$	2,37e-5	m^3	
$W_{pl,z} =$	2,37e-5	m^3	
$A =$	1,203e-3	m^2	
$i_y =$	21,59	mm	
$i_z =$	21,59	mm	

$N_{Ed} =$	53,11	kN
$V_{y,Ed} =$	0	kN
$M_{z,Ed} =$	0,11	kNm

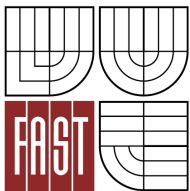
posudek v rovině y-y

$$L = 3590 \text{ mm} \quad L_{cr} = 3590 \text{ mm}$$

$$\beta = 1$$

součinitel vzpěrnosti

$\lambda_1 = 93,9 \cdot \epsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i \cdot \lambda_1) =$	2,18	c	
$\lambda =$	166,24	$\alpha =$	0,49
$\phi =$	3,352		
$\chi =$	0,17		



$N_{b,Rd} =$	72,37
jed. posudek	0,74

SCIA zahrnuje do posudku i malý moment M_z , který zjistila v polovině délky diagonály. Tento přírůstek je však zanedbatelný.

JEDNOTKOVÝ POSUDEK téměř shodný s programem SCIA (0,76)!

Svislice

Posudek v místě 0,0m

ocel	355	$\gamma_{M0} =$	1,0
		$\gamma_{M1} =$	1,0
		$\gamma_{M2} =$	1,25

$\varepsilon = (235 \cdot f_y)^{0,5}$	0,814	
$I_y =$	0,000000436	m^4
$I_z =$	0,000000436	m^4
$W_{el,y} =$	0,0000145	m^3
$W_{el,z} =$	0,0000145	m^3
$W_{pl,y} =$	0,0000176	m^3
$W_{pl,z} =$	0,0000176	m^3
$A =$	0,000855	m^2
$i_y =$	22,58	mm
$i_z =$	22,58	mm

$N_{Ed} =$	50,23	kN
$V_{y,Ed} =$	0	kN
$M_{z,Ed} =$	0,11	kNm

posudek v rovině y-y

$L = 2970\text{mm}$

$L_{cr} = 2970\text{mm}$

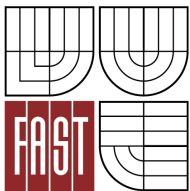
$\beta = 1$

součinitel vzpěrnosti

$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\lambda = L_{cr} / (i \cdot \lambda_1) =$	1,72	c	
$\lambda =$	131,52	$\alpha =$	0,49
$\phi =$	2,355		
$\chi =$	0,25		
$N_{b,Rd} =$	76,63	kNm	
jed. posudek	0,66		

Jednotkový posudek z programu SCIA 0,66

ZCELA SE SHODUJE!



SLOUP

Kritický posudek v místě 14.00 m

ocel	355	$\gamma_{M0} =$	1,0
		$\gamma_{M1} =$	1,0
		$\gamma_{M2} =$	1,25
$\varepsilon = (235 \cdot f_y)^{0,5}$	0,814		
$I_y =$	0,0007989	m^4	
$I_z =$	0,0001172	m^4	
$W_{el,y} =$	0,003551	m^3	
$W_{el,z} =$	0,0007814	m^3	
$W_{pl,y} =$	0,00398	m^3	
$W_{pl,z} =$	0,0012	m^3	
$A =$	0,0218	m^2	
$i_y =$	191,43	mm	
$i_z =$	73,32	mm	

$N_{Ed} =$	-316,99	kN
$V_{z,Ed} =$	62,63	kN
$M_{y,Ed} =$	374,12	kNm

posudek v rovině y-y

$L =$ 14000 mm $L_{cr} = 37800$ mm

$\beta =$ 2,7

součinitel vzpěrnosti

$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i \cdot \lambda_1) =$	2,58	a	
$\lambda =$	197,46	$\alpha =$	0,21
$\phi =$	4,09		
$\chi =$	0,14		
$N_{b,Rd} =$	1065,87	kNm	
jed. posudek	0,48		

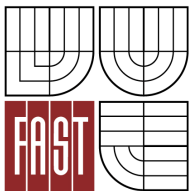
posudek v rovině z-z

$L =$ 3500 mm $L_{cr} = 3500$ mm

$\beta =$ 1

součinitel vzpěrnosti

$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i \cdot \lambda_1) =$	0,62	b	
$\lambda =$	47,73	$\alpha =$	0,34



$\phi=$	0,77
$\chi=$	0,82
$N_{b,Rd}=$	6380,15
jednot. posudek	0,08

kombinace tlaku a obybu

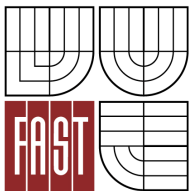
C_{my}	0,428		
k_{yy}	915	max. však:	0,591
k_{yz}	0,379		
C_{mt}	0,581		
C_{mz}	0,6		
k_{zy}	0,985		
k_{zz}	0,631		
$M_{y,Rk}$	1412,90	kNm	
$M_{z,Rk}$	426,00	kNm	
jed. posudek	0,05		
jed. posudek	0,08		

Součet: $0,48+0,05=0,53$
 $0,08+0,08=0,16$

Výsledky s nepatrným rozdílem stejné jako z programu SCIA Engineer (0,53/0,16)

Vaznice

ocel	355	$\gamma_{M0}=$	1,0
		$\gamma_{M1}=$	1,0
		$\gamma_{M2}=$	1,25
$\epsilon=(235 \cdot f_y)^{0,5}$	0,814		
$I_y=$	0,0000628	m^4	
$I_z=$	3,99E-06	m^4	
$W_{el,y}=$	0,000448	m^3	
$W_{el,z}=$	0,0000572	m^3	
$W_{pl,y}=$	0,000532	m^3	
$W_{pl,z}=$	0,0001109	m^3	
$A=$	0,00533	m^2	
$i_y=$	108,55	mm	
$i_z=$	27,36	mm	
$N_{Ed}=$	77,16	kN	
$M_{y,Ed}=$	32,33	kN	
$M_{z,Ed}=$	3,08	kNm	



posudek v rovině y-y

$$L = 6000 \text{ mm} \quad L_{cr} = 6000 \text{ mm}$$

$$\beta = 1$$

součinitel vzpěrnosti

$\lambda_1 = 93,9 * \epsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i * \lambda_1) =$	0,72	c	
$\lambda =$	55,28	$\alpha =$	0,49
$\phi =$	0,89		
$\chi =$	0,71		
$N_{b,Rd} =$	1343,58		
jed. posudek	0,06		

posudek v rovině z-z

$$L = 6000 \text{ mm} \quad L_{cr} = 3000 \text{ mm}$$

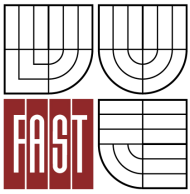
$$\beta = 0,5$$

součinitel vzpěrnosti

$\lambda_1 = 93,9 * \epsilon =$	76,40	křivka vzpěrnosti	
$\bar{\lambda} = L_{cr} / (i * \lambda_1) =$	1,44	c	
$\lambda =$	109,65	$\alpha =$	0,49
$\phi =$	1,8325		
$\chi =$	0,34		
$N_{b,Rd} =$	636,6633		
jednot. posudek	0,12		

klopení

k	1	
k_w	1	
C_1	1,132	
C_2	0,459	
M_{cr}	81385,5	Nm
E	210000	MPa
I_w	4,85E-08	m ⁶
G	80700	MPa
I_t	0,00000031	m ⁴



		míra imperfekce	
		d	
λ_{LT}	1,40	$\alpha_{LT} =$	0,76
$\phi_{LT} =$	1,9323		
$\chi_{LT} =$	0,31		

kombinace tlaku a obybu

C_{my}	0,95		
k_{yy}	0,974	max však:	0,994
k_{yz}	1,019		
C_{mLT}	0,95		
C_{mz}	0,95		
k_{zy}	0,988	však větší než:	0,991
k_{zz}	1,049	max. však:	1,019
$M_{y,Rk}$	159,04		
$M_{z,Rk}$	20,31		celkem
jed. posudek	0,65	0,15	0,86
jed. posudek	0,66	0,16	0,94

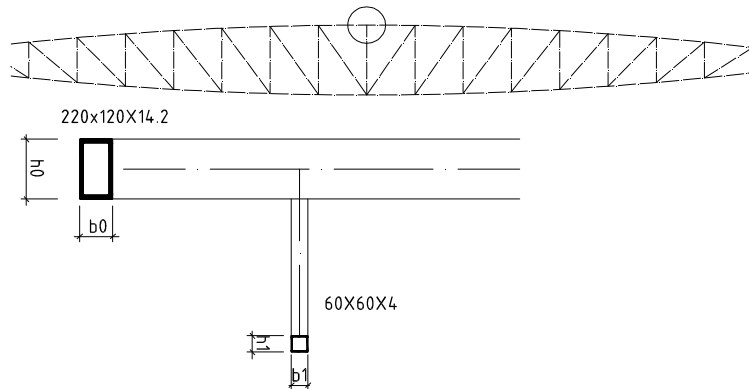
ZCELA shodné s výsledky SCIA (0,86/0,94)!

Návrh detailů

V návrhu detailů je pozornost věnována styčnickům vazníku, uložení vazníku na sloup a kotvení sloupu na betonovou patku. Styčníky budou navrženy podle ČSN EN 1993-1-8

Posouzení porušení trubek ve styčnicku:

STYČNÍK TVARU T – POSOUZENÍ HORNÍHO PÁSU



Konstrukční požadavky na styčník

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{60}{120} = 0,5 \geq 0,25 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{60}{4} = 15 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{60}{4} = 15 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

TŘÍDA PRŮŘEZU 1 vyhovuje

$$\frac{h_0}{b_0} = \frac{220}{120} = 1,83 \quad 0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_1}{b_1} = \frac{60}{60} = 1,0 \quad 0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{120}{14,2} = 8,45 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{220}{14,2} = 15,5 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\beta = \eta = \frac{b_1(h_1)}{b_0(b_0)} = \frac{60}{120} = 0,5$$

$$\gamma_{M5} = 1,0$$

Vnitřní síly na prutech ve styčnicku

$$N_{0,Ed} = -1587,4 \text{ kN} \quad \text{tlak}$$

$$N_{1,Ed} = -43,7 \text{ kN} \quad \text{tlak}$$

$$N_{0,Ed} = 18,55 \text{ kN} \quad \text{tah}$$

$$N_{1,Ed} = 2,25 \text{ kN} \quad \text{tah}$$

Porušení povrchu pásu:

Pro tlak:

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{1587000}{8,33 \cdot 10^{-3}} = 190,5 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{190,5}{355} = 0,54 > 0$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,54}{0,5} = 0,87 < 1,0$$

$$N_{i,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2 \cdot \left(\frac{2 \cdot \eta}{\sin \theta_i} + 4\sqrt{1-\beta} \right)}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_i} \Bigg/ \gamma_{M5}$$

$$N_{i,Rd} = -478,84 \text{ kN} > N_{1,Ed} = -43,7 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Pro tah

$$k_n = 1,0$$

$$N_{i,Rd} = 548,1 \text{ kN} > 2,25 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Vybočení boční stěny pásu:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_b \cdot t_0 \left(\frac{2h_i}{\sin \theta_i} + 10t_0 \right)}{\sin \theta_i} \Bigg/ \gamma_{M5}$$

$$\bar{\lambda} = 3,46 \cdot \frac{\left(\frac{h_0}{t_0} - 2 \right) \sqrt{\frac{1}{\sin \theta_i}}}{\pi \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}} = 3,46 \cdot \frac{\left(\frac{220}{14,2} - 2 \right) \sqrt{\frac{1}{\sin 90}}}{\pi \sqrt{\frac{210000}{350}}} = 0,61$$

Křivka c - $\alpha = 0,49$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49(0,61 - 0,2) + 0,61^2 \right] = 0,786$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,786 + \sqrt{0,786^2 - 0,61^2}} = 0,78$$

$$f_b = \chi \cdot f_{y0} = 0,78 \cdot 355 = 277 \text{ MPa}$$

$$N_{i,Rd} = -1030,5 \text{ kN} > -43,7 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Porušení mezipásmového prutu:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{yi} \cdot t_i (2h_i - 4t_i + 2b_{eff})}{\gamma_{M5}}$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{120} \cdot \frac{355 \cdot 14,2}{355 \cdot 4} \cdot 60 = 252 \text{ mm} > b_i \quad \text{- za } b_{eff} \text{ vezmeme } b_i$$

$$N_{i,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,004 (2 \cdot 0,06 - 4 \cdot 0,004 + 2 \cdot 0,06)}{1,0} = -318,1 \text{ kN} > -43,7 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

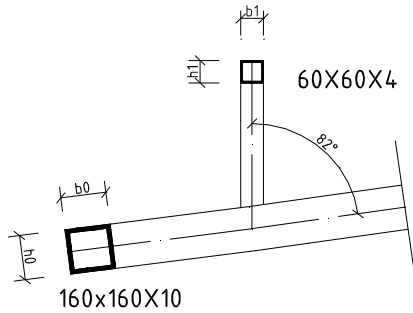
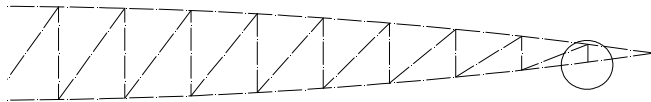
Prolomení smykem:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin \theta_i} \left(\frac{2h_i}{\sin \theta_i} + 2 \cdot b_{e,p} \right) / \gamma_{M5}$$

$$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot b_i = \frac{10}{120/14,2} \cdot 60 = 71 \text{ mm} > b_i - \text{za } b_{e,p} \text{ vezmeme } b_i$$

$$N_{i,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,0142}{\sqrt{3} \cdot 1} \left(\frac{2 \cdot 0,06}{1} + 2 \cdot 0,06 \right) / 1,0 = -698,5 \text{ kN} > -43,78 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

STYČNÍK TVARU T – POSOUZENÍ DOLNÍHO PÁSU



$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{60}{160} = 0,375 \geq 0,25 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{60}{4} = 15 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{60}{4} = 15 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

TŘÍDA PRŮŘEZU 1 vyhovuje

$$\frac{h_0}{b_0} = \frac{160}{160} = 1,0 \quad 0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_1}{b_1} = \frac{60}{60} = 1,0 \quad 0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{160}{10} = 16 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{160}{10} = 16 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\beta = \eta = \frac{b_1(h_1)}{b_0(b_0)} = \frac{60}{160} = 0,375$$

$$\gamma_{M5} = 1,0$$

Vnitřní síly na prutech ve styčnicku

$$N_{0,Ed} = 1427,4kN \quad \text{tah} \quad N_{1,Ed} = 2,98kN \quad \text{tah}$$

$$N_{0,Ed} = -95,15kN \quad \text{tlak} \quad N_{1,Ed} = -33,8kN \quad \text{tlak}$$

Porušení povrchu pásu:

Pro tlak:

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{95150}{4,057 \cdot 10^{-3}} = 23,45MPa$$

$$n = \frac{23,45}{355} = 0,07 > 0$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,07}{0,5} = 1,3 > 1,0 \text{ vezmeme } k_n = 1,0$$

$$N_{i,Rd} = \frac{k_n \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2 \cdot \left(\frac{2 \cdot n}{\sin \theta_i} + 4\sqrt{1-\beta} \right)}{(1-\beta) \cdot \sin \theta_i} \quad \gamma_{M5}$$

$$N_{i,Rd} = -275,2kN > N_{1,Ed} = -33,8kN \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Pro tah

$$k_n = 1,0$$

$$N_{i,Rd} = 275,2kN > 2,98kN \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Vybočení boční stěny pásu:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_b \cdot t_0 \left(\frac{2h_i}{\sin \theta_i} + 10t_0 \right)}{\sin \theta_i} \quad \gamma_{M5}$$

$$\bar{\lambda} = 3,46 \cdot \frac{\left(\frac{h_0}{t_0} - 2 \right) \sqrt{\frac{1}{\sin \theta_i}}}{\pi \sqrt{\frac{E}{f_{y,0}}}} = 3,46 \cdot \frac{\left(\frac{160}{10} - 2 \right) \sqrt{\frac{1}{\sin 82}}}{\pi \sqrt{\frac{210000}{355}}} = 0,64$$

Křivka c - $\alpha = 0,49$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49(0,64 - 0,2) + 0,64^2 \right] = 0,813$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,64^2}} = 0,76$$

$$f_b = \chi \cdot f_{y,0} = 0,76 \cdot 355 = 270,3MPa$$

$$N_{i,Rd} = -609,1kN > -33,8kN \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Porušení mezipásmového prutu:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{yi} \cdot t_i (2h_i - 4t_i + 2b_{eff})}{\gamma_{M5}}$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{yi} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{160} \cdot \frac{355 \cdot 10}{355 \cdot 4} \cdot 60 = 94 \text{ mm} > b_i \quad \text{- za } b_{eff} \text{ vezmeme } b_i$$

$$N_{i,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,004 (2 \cdot 0,06 - 4 \cdot 0,004 + 2 \cdot 0,06)}{1,0} = -318,1 \text{ kN} > -33,8 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Prolomení smykem:

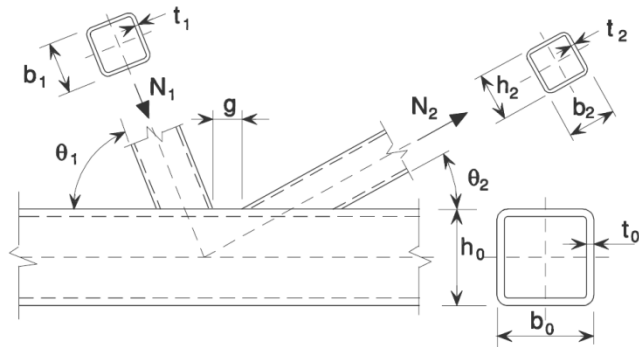
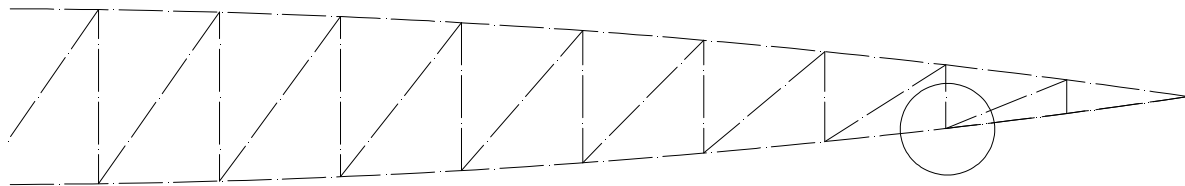
$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin \theta_i} \left(\frac{2h_i}{\sin \theta_i} + 2 \cdot b_{e,p} \right) / \gamma_{M5}$$

$$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot b_i = \frac{10}{160/10} \cdot 60 = 37,5 \text{ mm} < b_i$$

$$N_{i,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,01}{\sqrt{3} \cdot \sin 82} \left(\frac{2 \cdot 0,06}{\sin 82} + 2 \cdot 0,0375 \right) / 1,0 = -406,0 \text{ kN} > -33,8 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

STYČNÍK TVARU K – POSOUZENÍ DOLNÍHO PÁSU

Styčník s největší tlakovou silou ve svislici a tahovou silou v diagonále



$$\theta_1 = 97^\circ$$

$$g = 60 \text{ mm}$$

$$N_1 = -98 \text{ kN}$$

$$b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$t_1 = 4 \text{ mm}$$

$$A_0 = 5,657 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\theta_2 = 16^\circ$$

$$N_2 = 335,6 \text{ kN}$$

$$b_2 = 60 \text{ mm}$$

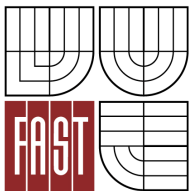
$$t_2 = 6 \text{ mm}$$

$$N_{0,Ed} = 882,5 \text{ kN}$$

$$h_0 = 160 \text{ mm}$$

$$b_0 = 160 \text{ mm}$$

$$t_0 = 10 \text{ mm}$$



Konstrukční požadavky na styčník

Svislice:

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{60}{160} = 0,375 \geq 0,35$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{60}{160} = 0,375 \geq 0,35$$

$$0,5 > 0,1 + 0,01 \frac{b_0}{t_0} = 0,26 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_1}{t_1} = \frac{60}{4} = 15 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{60}{4} = 15 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_2}{t_2} = \frac{60}{6} = 10 < 35$$

$$\frac{h_2}{t_2} = \frac{60}{6} = 10 < 35$$

TŘÍDA PRŮŘEZU 1 vyhovuje

$$\frac{h_0}{b_0} = \frac{160}{160} = 1,0 \quad 0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_1}{b_1} = \frac{60}{60} = 1,0 \quad 0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_2}{b_2} = \frac{60}{60} = 1,0 \quad 0,5 \leq \frac{h_1}{b_1} \leq 2,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = \frac{160}{10} = 16 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = \frac{160}{10} = 16 < 35 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\frac{g}{b_0} = \frac{60}{160} = 0,375 < 1,5(1 - \beta) = 0,9375$$

$$\frac{g}{b_0} = 0,5 > 0,5(1 - \beta) = 0,31$$

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} = \frac{60 + 60 + 60 + 60}{4 \cdot 160} = 0,375$$

$$g > t_1 + t_2 \quad 60 > 4 + 6 = 10$$

Porušení povrchu pásu:

$$N_{i,Rd} = \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{\gamma} \left(\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \right)}{\sin \theta_i} \quad \gamma_{M5}$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{98000}{8,55 \cdot 10^{-4}} = 114,62 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{114,62 / 355}{1} = 0,32 > 0$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,32}{0,375} = 0,959 < 1,0$$

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{120}{2 \cdot 10} = 6$$

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot 0,959 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,01^2 \sqrt{6} \left(\frac{60+60+60+60}{4 \cdot 160} \right)}{\sin 97} / 1,0 = -280,41 kN > -98 kN$$

VYHOVUJE

$$N_{2,Rd} = \frac{8,9 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,01^2 \sqrt{6} \left(\frac{60+60+60+60}{4 \cdot 160} \right)}{\sin 16} / 1,0 = 1053 kN > 335,6 kN \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smykové porušení pásu

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin \theta_i} / \gamma_{M5}$$

$$A_v = (2h_0 + \alpha b_0) t_0 = (2 \cdot 0,16 + 0,143 \cdot 0,16) \cdot 0,01 = 0,00343$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4 \cdot 60^2}{3 \cdot 10^2}}} = 0,143$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,00257}{\sqrt{3} \sin 97} = -530,7 kN > -98,0 kN$$

VYHOVUJE

$$N_{2,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,00257}{\sqrt{3} \sin 16} = 1911 kN > 335,6 kN$$

VYHOVUJE

$$N_{0,Rd} = \left[(A_0 - A_v) \cdot f_{y0} + A_v \cdot f_{y0} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{Sd}}{V_{pl,Rd}} \right)^2} \right] / \gamma_{M5}$$

$$V_{Sd} = N_1 \sin \theta_1 + N_2 \sin \theta_2 = -98 \cdot \sin 97 + 335,6 \cdot \sin 16 = -4,76 kN$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{Sv} \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{2,4 \cdot 10^{-3} \left(\frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} \right)}{1,0} = 491,9 kN$$

$$A_{Sv} = \eta \sum (h_w \cdot t_w) = (120 \cdot 10) \cdot 2 = 2,4 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$N_{0,Rd} = \left[(5,657 \cdot 10^{-3} - 0,00257) \cdot 355 \cdot 10^6 + 0,00257 \cdot 355 \cdot 10^6 \sqrt{1 - \left(\frac{4,76}{491,9} \right)^2} \right] / 1,0$$

$$N_{0,Rd} = 2008,2 kN > 882,5 kN$$

VYHOVUJE!

Porušení mezipásového prutu

$$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2h_i - 4t_i + b_i + b_{eff}) / \gamma_{M5}$$

$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{yi} t_i} b_i =$$

$$b_{eff,1} = \frac{10}{160/10} \frac{355 \cdot 10}{355 \cdot 4} \cdot 60 = 93,75 > b_1 = 60 - \text{vezmeme } b_1$$

$$b_{eff,2} = \frac{10}{160/10} \frac{355 \cdot 10}{355 \cdot 6} \cdot 60 = 62,5 > b_2 = 60 - \text{vezmeme } b_2$$

$$N_{1,Rd} = 355 \cdot 10^6 \cdot 0,004 (2 \cdot 0,06 - 4 \cdot 0,004 + 0,06 + 0,06) / 1,0 = -318,08 kN < -98 kN$$

VYHOVUJE!

$$N_{2,Rd} = 355 \cdot 10^6 \cdot 0,006 (2 \cdot 0,06 - 4 \cdot 0,006 + 0,06 + 0,06) / 1,0 = 460,1 kN < 335,6 kN$$

VYHOVUJE!

Prolomení smykem

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin \theta_i} \left(\frac{2h_i}{\sin \theta_i} + b_i + b_{e,p} \right) / \gamma_{M5}$$

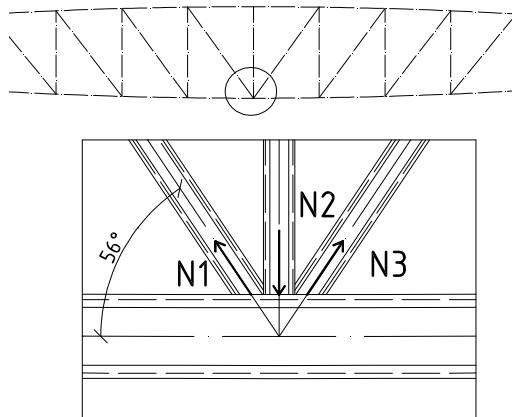
$$b_{e,1,2} = \frac{10}{b_0/t_0} b_i = \frac{10}{0,16/0,01} 0,06 = 0,0375 m$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,01}{\sqrt{3} \sin 97} \left(\frac{2 \cdot 0,06}{\sin 97} + 0,06 + 0,0375 \right) / 1,0 = -451,0 kN > -98 kN \quad \text{VYHOVUJE!}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355 \cdot 10^6 \cdot 0,01}{\sqrt{3} \sin 16} \left(\frac{2 \cdot 0,06}{\sin 16} + 0,06 + 0,0375 \right) / 1,0 = 3962,2 kN > 335,6 kN \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Návrh svárů

Návrh svárů ve styčnicku:



Síly ve styčnicku:

$$N_1 = 48,57 kN$$

$$N_2 = -44,0 kN$$

$$N_3 = 60,5 kN$$

Spoj diagonály a dolního pásu:

$$N_{3x} = 33,8kN \quad N_{3y} = 50,16kN$$

$$\beta_w = 0,9 \quad \text{pro ocel S355}$$

$$\gamma_{Mw} = 1,5$$

$$a = 3mm$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_R}{\sqrt{2}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{Mw})$$

$$\sqrt{2\sigma_R^2} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{Mw})$$

$$\sigma_R \leq \frac{f_u}{(\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{2})}$$

Posudek sváru na tah $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$

$$F'_{w,Rd} = 2 \cdot b \cdot a \cdot f_u / (\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{2}) = 2 \cdot 0,04 \cdot 0,004 \cdot 355 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{2}) = 59,5kN$$

$$\frac{50,16}{59,5} = 0,84 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

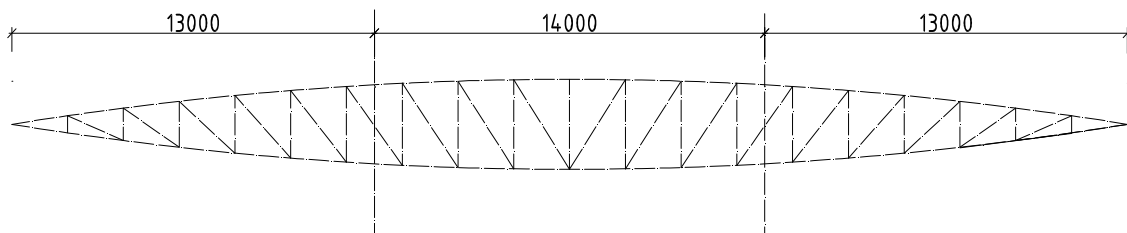
Posudek sváru na smyk $\tau_{\text{rovnoběžné}}$

$$F'_{w,Rd} = 2 \cdot l \cdot f_u / (\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}) = 2 \cdot 0,04 \cdot 0,004 \cdot 355 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{3}) = 48,58kN$$

$$\frac{33,8}{48,58} = 0,695 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

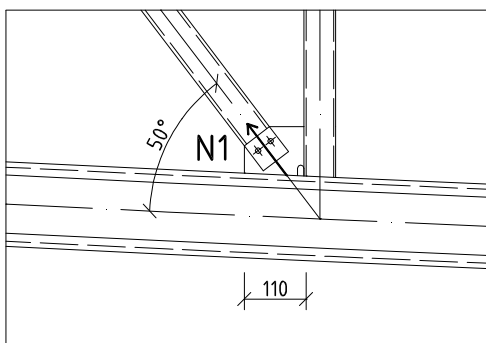
Tlačená svislice bude přivařena konstrukčně po celém boční styku svislice a dolního pásu (a=4mm, l=2x35mm)

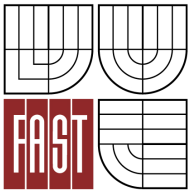
Návrh montážních celků a jejich spojů:



Z důvodu převozu vazníku z výrobních prostor na stavbu je navrženo rozdělit vazník na tři montážní dílce. S tím, že krajní dílce budou mít délku 13m a postřední dílec 14m.

Spoj desky k dolnímu pásu:





$$N_1 = 27,5kN$$

$$N_{1,x} = -17,7kN \quad N_{1,y} = 21,07kN$$

Posudek sváru na tah $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$

$$F'_{w,Rd} = 2 \cdot l \cdot a \cdot f_u / (\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{2}) = 2 \cdot 0,11 \cdot 0,003 \cdot 355 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{2}) = 122,7kN$$

$$\frac{21,07}{122,7} = 0,17 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Posudek sváru na smyk $\tau_{\text{rovnoběžné}}$

$$F'_{w,Rd} = 2 \cdot l \cdot f_u / (\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}) = 2 \cdot 0,11 \cdot 0,003 \cdot 355 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{3}) = 100,2kN$$

$$\frac{17,7}{100,2} = 0,18 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Posouzení příložného plechu: t=4mm; l= 110mm; S235

Tah – únosnost příložného plechu

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 0,004 \cdot 0,11 \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 186,12kN$$

$$\frac{21,07}{186,12} = 0,11 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Smyk:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = 2 \cdot \frac{4,4 \cdot 10^{-4} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 119,4kN$$

$$\frac{17,7}{119,4} = 0,22 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

$$A_v = 0,11 \cdot 0,004 = 4,4 \cdot 10^{-4}$$

Připojení diagonály:

$$N_1 = 27,5kN$$

$$\alpha_v = 0,6 \quad f_{ub} = 500MPa \quad \text{- šrouby typu 5.6}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Návrh šroubu průměru 10mm

$$A_s = 58,0mm^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 5,8 \cdot 10^{-5}}{1,25} = 13,92kN \quad \text{- únosnost jednoho stříhu}$$

$$4 \cdot F_{v,Rd} = 55,68kN$$

$$\frac{27,5}{55,68} = 0,5 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Navrženy dva šrouby $\varnothing 10mm$ se čtyřmi stříhy

Příložný plech tl. 4mm

Únosnost v otláčení:

Minimální vzdálenost šroubu od okraje plechu:

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 11 = 13,2mm \quad \text{- vzdálenost ve směru síly – navrženo } e_1 = 20mm$$

$e_2 = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 11 = 13,2\text{mm}$ - vzdálenost kolmo na směr síly – navrženo $e_2 = 15\text{mm}$

$p_1 = 2,2d_0 = 2,2 \cdot 11 = 24,2\text{mm}$ - vzdálenost mezi šrouby – navrženo $p_2 = 25\text{mm}$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \text{nejmenší } z: \frac{f_{ub}}{f_u}; \alpha_d; 1,0$$

$$k_1 = \text{menší } z \text{ hodnot } 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5$$

$$\alpha_b = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{235} = 2,13$$

$$k_1 = \text{menší } z \text{ hodnot } \underline{2,12}; 2,5$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{20}{3 \cdot 11} = \underline{0,606}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,12 \cdot 0,606 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,01 \cdot 0,004}{1,25} = 9,66\text{kN}$$

$$N_1 / 4 = 6,875\text{kN} \quad \frac{6,875}{9,66} = 0,71 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Posouzení oslabeného průřezu:

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} f_u / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 9,63 \cdot 10^{-4} \cdot 510 \cdot 10^6 / 1,25 = 353,6\text{kN}$$

$$A_{net} = A - A_{otvorů} = 1,203 \cdot 10^{-3} - 0,011 \cdot 0,006 \cdot 4 = 9,63 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$$

$$\frac{27,5}{353,6} = 0,1 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

NÁVRH MONTÁŽNÍHO STYKU DOLNÍHO PÁSU:

$$N_{Ed} = 1599\text{kN}$$

Návrh příložných desek:

t=18mm; l=110mm, S355

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 3 \cdot \frac{0,018 \cdot 0,11 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 2108,7\text{kN}$$

$$\frac{1599}{2108,7} = 0,76\text{kN}$$

Posudek sváru na tah $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$

$$F''_{w,Rd} = 3 \cdot l \cdot a \cdot f_u / (\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{2}) = 3 \cdot 0,11 \cdot 0,006 \cdot 355 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{2}) = 368,17\text{kN}$$

Posudek sváru na smyk $\tau_{\text{rovnoběžné}}$

$$F'_{w,Rd} = 6 \cdot l \cdot a \cdot f_u / (\beta_w \gamma_{Mw} \sqrt{3}) = 6 \cdot 0,25 \cdot 0,006 \cdot 355 \cdot 10^6 / (1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{3}) = 1366,4\text{kN}$$

Součet:

$$F_{w,Rd} = F'_{w,Rd} + F''_{w,Rd} = 1366,4 + 368,17 = 1734\text{kN}$$

$$\frac{1599}{1734} = 0,92 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Připojení šrouby

$$\alpha_v = 0,6 \quad f_{ub} = 800\text{MPa} \quad \text{- šrouby typu 8.8}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Návrh šroubu průměru 24mm

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}{1,25} = 135,55 \text{ kN} \quad \text{- únosnost jednoho stříhu}$$

$$\frac{1599}{135,55} = 11,79$$

Navrženo min 12 jednostržných šroubů $\varnothing 24 \text{ mm}$

Příložný plech tl. 18mm

Únosnost oslabených příložek:

$$N_{u,Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} = 3 \cdot 0,9 \cdot 1,53 \cdot 10^{-3} \cdot 510 \cdot 10^6 / 1,25 = 1685,4 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 0,11 \cdot 0,018 - 0,025 \cdot 0,018 = 1,53 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\frac{1599}{1685,4} = 0,95$$

VYHOVUJE!

Únosnost v otláčení:

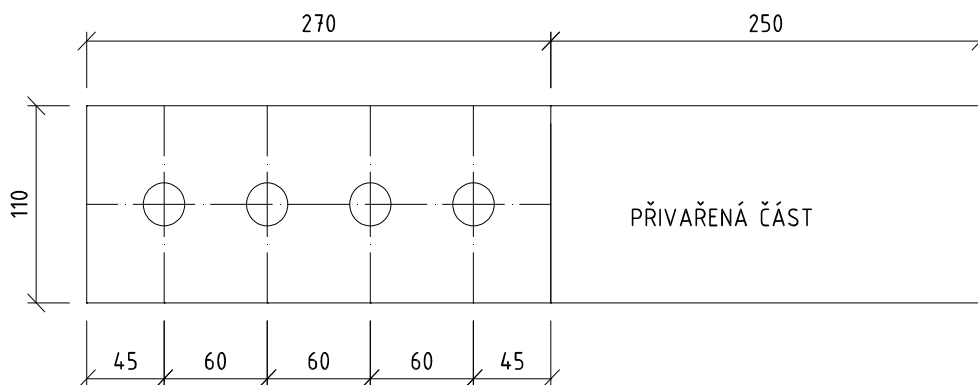
Minimální vzdálenost šroubu od okraje plechu:

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ mm} \quad \text{- vzdálenost ve směru síly - navrženo } e_1 = 45 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2d_0 = 1,2 \cdot 25 = 30 \text{ mm} \quad \text{- vzdálenost kolmo na směr síly - navrženo } e_2 = 55 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 2,2 \cdot 25 = 55 \text{ mm} \quad \text{- vzdálenost mezi šrouby - navrženo } p_1 = 60 \text{ mm}$$

PLECHY NA BOČÍCH A DOLNÍM LÍCI DOLNÍHO PÁSU



$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

$$\alpha_b = \text{nejmenší z: } \frac{f_{ub}}{f_u}; \alpha_d; 1,0$$

$$k_1 = \text{menší z hodnot } 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5$$

$$\alpha_b = \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{355} = 2,25$$

$$k_1 = \text{menší z hodnot } 3,9; \underline{2,5}$$

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{45}{3 \cdot 25} = 0,6$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,6 \cdot 510 \cdot 10^6 \cdot 0,024 \cdot 0,010}{1,25} = 146,8 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

$$12 \cdot F_{b,Rd} = 1762,56 \text{ kN}$$

$$\frac{1599}{1762,56} = 0,91 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Posouzení průřezu oslabeného šrouby:

$$N_{u.Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 4,907 \cdot 10^{-3} \cdot 510 \cdot 10^6 / 1,25 = 1802 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 5,657 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 0,025 \cdot 0,01 = 4,907 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\frac{1599}{1802} = 0,89 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Posouzení průřezu oslabeného montážním otvorem:

$$A_{net} = 4,556 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$N_{u.Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 4,556 \cdot 10^{-3} \cdot 510 \cdot 10^6 / 1,25 = 1673 \text{ kN}$$

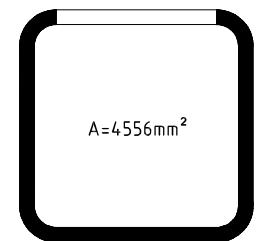
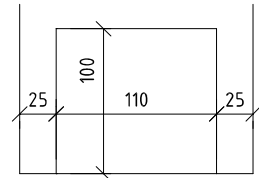
$$\frac{1599}{1673} = 0,956 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Posouzení průřezu oslabeného montážním otvorem a šrouby:

$$A_{net} = 3,806 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$N_{u.Rd} = 0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,9 \cdot 3,806 \cdot 10^{-3} \cdot 510 \cdot 10^6 / 1,25 = 1397,5 \text{ kN}$$

$$\frac{1599}{1397,5} = 1,14 \quad \text{je třeba šroubový spoj provést až za montážním otvorem}$$



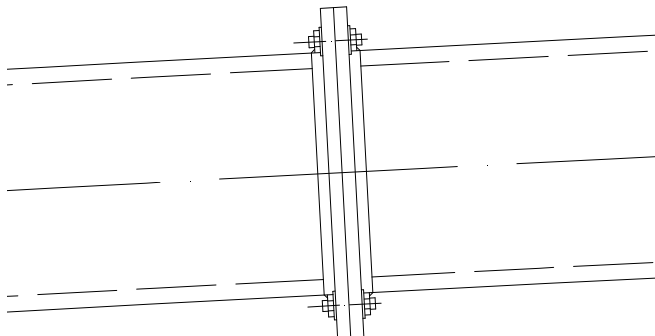
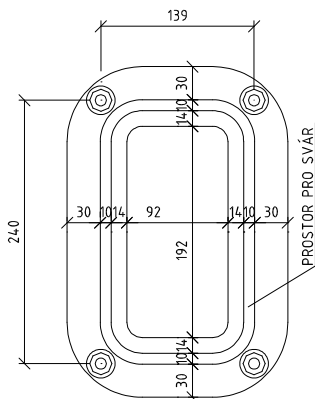
NÁVRH MONTÁŽNÍHO STYKU HORNÍHO PÁSU:

Horní pás je ve všech kombinacích namáhán tlakem, proto bude přípoj navržen konstrukčně.

Styčné desky S235 tl. 12mm spojené v rozích šrouby $\varnothing 16\text{mm}$ pevnostní třídy 5.6.

Plech přivařený kolem celé trubky koutovým svarem tloušťky $a=10\text{mm}$.

$$e_2 = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 11 = 13,2 \text{ m}$$



NÁVRH KOTVENÍ SLOUPU DO PATKY:

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn58/N1799	CO10/1	-66,89	45,96	481,34	0,00	-207,32	0,00
Sn57/N1797	CO10/1	66,49	45,07	477,17	0,00	201,66	0,00
Sn59/N1868	CO8/2	-21,57	-4,32	325,37	0,00	-151,08	0,00
Sn38/N585	CO10/1	-32,15	48,52	477,31	0,00	-107,50	0,00
Sn60/N1870	CO23/3	-38,19	45,47	-220,31	0,00	-102,51	0,00
Sn58/N1799	CO10/4	-41,59	27,85	515,03	0,00	-144,75	0,00
Sn37/N583	CO1/5	3,04	1,05	195,09	0,00	42,56	0,00
Sn49/N1513	CO21/6	-62,46	0,00	22,02	0,00	-371,70	0,00

kombinace					
zatížení	M (kNm)	-371,7	-144,75	-207,32	102,51
	N (kN)	-22,02	-515,03	-481,34	220,31
c=M/N	(m)	16,88	0,28	0,43	-0,47
c/d		12,60	0,21	0,32	-0,35
ξ		0,333	0,75	0,53	0,48
x=ξ*d	(m)	0,44622	1,005	0,7102	0,6432
r=d-a-x/3	(m)	1,09126	0,905	1,003267	1,0256
c ₀ =c+d/2-a	(m)	13,17	0,78	0,89	0,22
T _b =(N*c ₀)/r	(kN)	265,69	443,75	427,68	47,85
σ _{b,max} =(2*T _b)/(x*bp)	(Mpa)	1,98	1,47	2,01	0,25
Z=T _b -N	(kN)	243,67	-71,28	-53,66	-172,46
Z ₁ =(1/n)*Z*1,2	(kN)	146,20	-42,77	-32,19	-103,47

d	1,24	m
a	0,1	
bp	0,6	
n	2	
M36		
A	817	mm ²

Beton patky C16/20 $f_{ck} = 20MPa$

$$\sigma_{b,max} = 4,83MPa < f_{cd} = \frac{20}{1,5} = 13,33MPa$$

Kotevní šrouby: M36

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,9 \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 8,17 \cdot 10^{-4}}{1,25} = 294,12kN$$

$$F_{t,Rd} = 294,12kN > Z_1 = 276,15kN$$

VYHOVUJE!

V ukotvení sloupu dochází v kombinaci 23/3 k tahu. Tahová síla N=220,31kN + tahová síla od momentu F=44,96*2

$$4 \cdot F_{t,Rd} = 1176,5kN > N = 220,31 + 2 \cdot 44,96 = 310,23kN \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Kontrola nadzdvížení betonové patky:

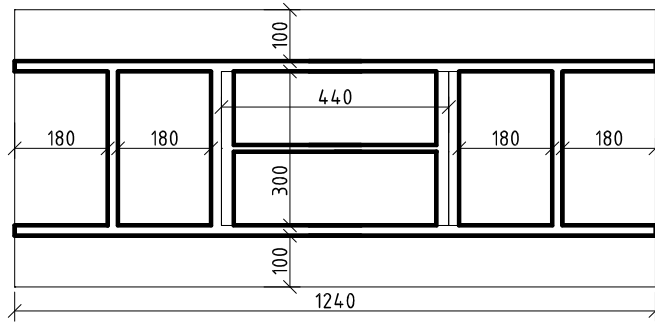
Návrh rozměrů: 2,5x2,5x1,5m

$$F_g = 2,5 \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot 25 = 234,375kN$$

$$\frac{220,31}{234,375} = 0,94 \quad \text{VYHOVUJE!}$$

Tahová síla v kotvení vzniká pouze u krajních sloupů objektu.

Návrh a posouzení tloušťky patní desky:



a. Volný přečnívající okraj

$\bar{a} = 100mm$ - přesah plechu za výztuhou

$$d_{p1,min} = 1,73\bar{a} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{b,max}}{f_y/\gamma_{M0}}} = 1,73 \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{4,83}{235/1,0}} = 0,025m$$

b. Deska podepřená po celém obvodě

$\bar{a} = 150mm$; $\bar{b} = 440mm$ - rozměry sloupu

$\alpha_3 = 0,78$ - z poměru b/a

$$d_{p2,min} = \alpha_3 \cdot \bar{a} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{b,max}}{f_y/\gamma_{M0}}} = 0,78 \cdot 150 \cdot \sqrt{\frac{4,83}{235/1,0}} = 0,017m$$

c. Deska podepřená po třech stranách obvodu

$\bar{a} = 300mm$; $\bar{b}_1 = 180mm$ - rozměry sloupu

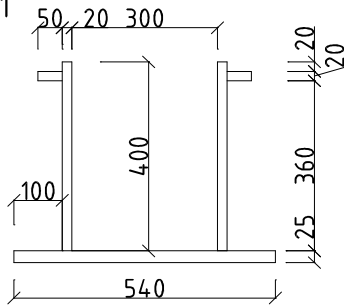
$\alpha_4 = 0,666$ - z poměru b_1/a

$$d_{p3,min} = \alpha_4 \cdot \bar{a} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{b,max}}{f_y/\gamma_{M0}}} = 0,666 \cdot 300 \cdot \sqrt{\frac{4,83}{235/1,0}} = 0,00186m$$

$$\underline{d_p = 25mm}$$

Posouzení průřezu patky:

ŘEZ 1-1



$$I_y = 6,887 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$z_h = 0,28m \quad z_d = 0,145m$$

$$W_{y,h} = \frac{6,887 \cdot 10^{-4}}{0,28} = 2,46 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$W_{y,d} = \frac{6,887 \cdot 10^{-4}}{0,145} = 4,75 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$A = 0,0315 m^2$$

Ohybový moment a posouvající síla od tlaku betonu

$$\sigma_1 = 0,93 MPa$$

$$\sigma_2 = 1,44 MPa$$

$$\sigma_0 = 2,01 MPa$$

$$M_1 = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2} d_1 \frac{d_1}{2} b_d = \frac{2,01 \cdot 10^6 + 0,93 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,38 \cdot \frac{0,38}{2} \cdot 0,54 = 57,3 kNm$$

$$T_1 = \frac{\sigma_0 + \sigma_1}{2} d_1 b_p = \frac{2,01 \cdot 10^6 + 0,93 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,38 \cdot 0,54 = 301,64 kN$$

Ohybový moment a posouvající síla od tahu v kotevních šroubech

$$M'_1 = Z \cdot r = 243,67 \cdot 0,28 = 68,23 kNm$$

$$T'_1 = Z = 243,67 kN < T_1$$

Napětí normálové:

$$\sigma_h = \frac{M'_1}{W_{yh}} = \frac{68230}{2,46 \cdot 10^{-3}} = 27,73 MPa < f_{y,d} = 235 MPa$$

$$\sigma_d = \frac{M_1}{W_{yd}} = \frac{68230}{4,75 \cdot 10^{-3}} = 14,36 MPa < f_{y,d} = 235 MPa$$

Napětí smykové:

$$\tau_{\max} = \frac{T \cdot S_x}{I_y \cdot 2d_s} = \frac{301,64 \cdot 10^3 \cdot (0,54 \cdot 0,025 \cdot (0,145 - 0,0125) + 0,12 \cdot 0,04 \cdot 0,06)}{6,887 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0,02} = 22,74 MPa$$

$$\tau_{\text{prim}} = \frac{T}{A_{st}} = \frac{301,64 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,4 \cdot 0,02} = 18,85 MPa$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} \leq 1,0$$

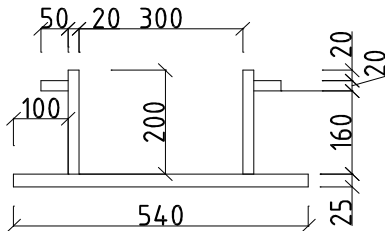
$$\frac{22,74}{135,7} = 0,17 \leq 1,0$$

VYHOVUJE!

Kombinace namáhání:

$$\sqrt{\sigma_h^2 + 3\tau_{prům}^2} = \sqrt{27,73 + 3 \cdot 18,85^2} = 33,07 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE!!}$$

ŘEZ 2-2



$$I_y = 1,2735 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$z_h = 0,159 \text{ m} \quad z_d = 0,066 \text{ m}$$

$$W_{y,h} = \frac{1,2735 \cdot 10^{-4}}{0,159} = 8,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{y,d} = \frac{1,2735 \cdot 10^{-4}}{0,066} = 1,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$A = 0,0235 \text{ m}^2$$

Ohybový moment a posouvající síla od tlaku betonu

$$\sigma_2 = 1,44 \text{ MPa}$$

$$M_1 = \frac{\sigma_0 + \sigma_2}{2} d_1 \frac{d_1}{2} b_d = \frac{2,01 \cdot 10^6 + 1,44 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,2 \cdot \frac{0,2}{2} \cdot 0,54 = 18,63 \text{ kNm}$$

$$T_1 = \frac{\sigma_0 + \sigma_2}{2} d_1 b_p = \frac{2,01 \cdot 10^6 + 1,44 \cdot 10^6}{2} \cdot 0,2 \cdot 0,54 = 186,3 \text{ kN}$$

Ohybový moment a posouvající síla od tahu v kotevních šroubech

$$M_1' = Z \cdot r = 243,67 \cdot 0,1 = 24,36 \text{ kNm}$$

$$T_1' = Z = 243,67 \text{ kN}$$

Napětí normálové:

$$\sigma_h = \frac{M_1}{W_{yh}} = \frac{24360}{8,0 \cdot 10^{-4}} = 30,45 \text{ MPa} < f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{M_1}{W_{yd}} = \frac{24360}{1,93 \cdot 10^{-3}} = 12,62 \text{ MPa} < f_{y,d} = 235 \text{ MPa}$$

Napětí smykové:

$$\tau_{\max} = \frac{T \cdot S_x}{I_y \cdot 2d_s} = \frac{243,67 \cdot 10^3 \cdot (0,54 \cdot 0,025 \cdot (0,066 - 0,0125) + 0,041 \cdot 0,04 \cdot 0,06)}{1,2735 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0,02} = 39,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_{prům} = \frac{T}{A_{st}} = \frac{243,67 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 0,04} = 30,46 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} \leq 1,0$$

$$\frac{39,25}{135,7} = 0,29 \leq 1,0$$

VYHOVUJE!

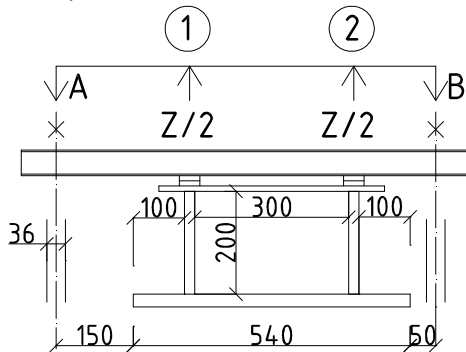
Kombinace namáhání:

$$\sqrt{\sigma_h^2 + 3\tau_{prim}^2} = \sqrt{30,45 + 3 \cdot 30,46^2} = 53,05 MPa < 235 MPa \quad \text{VYHOVUJE!!}$$

Svislé patní plechy jsou připojeny k patní desce tupým svarem. Srovnáním výsledků z předchozího výpočtu lze usuzovat, že tupý svar bezpečně VYHOVUJE!

NÁVRH KOTEVNÍHO PŘÍČNÍKU

Konstrukční řešení patky s předem zabetonovanými šrouby musí umožnit montážní toleranci v osazení sloupu +/-50mm



$$A = \frac{0,5 \cdot Z \cdot e_2 + 0,5 \cdot Z (b'_p + e_2)}{e_1 + b'_p + e_2} = \frac{0,5 \cdot 243\,670 \cdot 0,06 + 0,5 \cdot 243\,670 (0,32 + 0,06)}{0,16 + 0,32 + 0,06} = 99,27 kN$$

$$B = Z - A = 243,67 - 99,27 = 144,4 kN < Z_1 = 146,2 kN$$

Namáhání kotevního příčnicku:

V řezu 1:

$$M_1 = 99,27 \cdot 0,26 = 25,81 kNm$$

$$T_1 = A = 99,27 kN$$

V řezu 2:

$$M_2 = 144,4 \cdot 0,16 = 23,1 kNm$$

$$T_2 = B = 144,4 kN$$

Navržen průřez U 2x160

$$W_y = 1,16 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$A_{st} = 6,76 \cdot 10^{-4} m^2$$

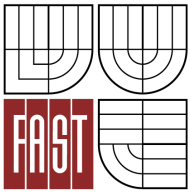
Napětí v řezu 1:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_z} = \frac{25810}{2 \cdot 1,16 \cdot 10^{-4}} = 111,25 MPa$$

$$\tau_1 = \frac{T_1}{A_{st}} = \frac{99270}{2 \cdot 6,76 \cdot 10^{-4}} = 73,42 MPa$$

$$\sigma_{srov} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = 112,23 MPa < 235 MPa$$

VYHOVUJE!



Napětí v řezu 2:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_y} = \frac{23104}{2 \cdot 1,16 \cdot 10^{-4}} = 99,59 \text{MPa}$$

$$\tau_2 = \frac{T_2}{A_{st}} = \frac{144400}{2 \cdot 6,76 \cdot 10^{-4}} = 106,8 \text{MPa}$$

$$\sigma_{srov} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = 210,1 \text{MPa} < 235 \text{MPa} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

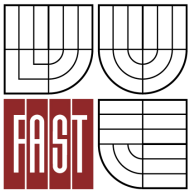
NÁVRH ROZMĚRU PATKY NA TAHOVOU SÍLU

$$N_{Ed} = 220,31 \text{kN}$$

Rozměry patky 2,5x2,5m, hloubka 1,5m

$$N_{Rd} = 25 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 1,5 = 234,4 \text{kN}$$

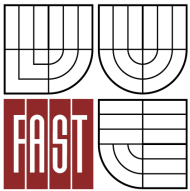
$$\frac{220,31}{234,4 \text{kN}} = 0,94$$



Diplomová práce
Ocelová konstrukce sportovní haly
Výkaz materiálu
Bc. Milan Vaněček

VÝKAZ MATERIÁLU

Příhradový vazník



Diplomová práce - Ocelová konstrukce sportovní haly		
Zpracovatel		
Bc. Milan Vaněček		
Vedoucí DP		
Ing. Michal Štrba,		
Ph.D.		

Datum:	leden 2012
výrobní skupina:	
B	

celková hmotnost konstrukce (kg)	176455,1
----------------------------------	-----------------

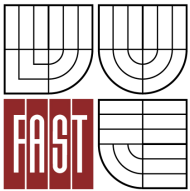
VÝKRES:

105 - VÝROBNÍ VÝKRES VAZNÍKU A PATKY

číslo položky	počet kusů	průřez	délka	hmotnost	jakost materiálu	pozn.
			(mm)	(kg)		
101	2	RRO 220x120x14,2	13100	1676,8	S355	
102	1	RRO 220x120x14,2	14000	896	S355	
103	2	RRK 160x160x10	13100	1152,8	S355	
104	1	RRK 160x160x10	14000	616	S355	
105	2	RRK 60x60x4	390	4,7	S355	
106	2	RRK 60x60x6	1600	32,0	S355	
107	2	RRK 60x60x4	900	10,8	S355	
108	2	RRK 60x60x6	2140	42,8	S355	
109	2	RRK 60x60x4	1350	16,2	S355	
110	2	RRK 60x60x6	2350	47,0	S355	
111	2	RRK 60x60x4	1740	20,9	S355	
112	2	RRK 60x60x6	2650	53,0	S355	
113	2	RRK 60x60x4	2070	24,8	S355	
114	2	RRK 60x60x6	2900	58,0	S355	
115	2	RRK 60x60x4	2340	28,1	S355	
116	2	RRK 60x60x6	3000	60,0	S355	
117	2	RRK 60x60x4	2545	30,5	S355	
118	2	RRK 60x60x6	3250	65,0	S355	
119	2	RRK 60x60x4	2695	32,3	S355	
120	2	RRK 60x60x6	3320	66,4	S355	
121	2	RRK 60x60x4	2790	33,5	S355	
122	2	RRK 60x60x6	3400	68,0	S355	
123	1	RRK 60x60x4	2820	16,9	S355	

šrouby

	28	M24		89,6	8.8	
	8	M12		25,6	5.6	
	8	M12		25,6	5.6	
plechy	6	580x110x18		54,1	S355	montážní spoj
	1	280x305x20		26,82	S235	uložení



2	2	305x376x20	29,5	S235	vazníku na sloup
3	2	415x300x20	39,08	S235	
4	2	490x300x20	46,16	S235	
5	4	150x400x16	30,14	S235	
1	4	1240x400x20	60,3	S235	patka
2	4	200x300x20	37,68	S235	
3	4	400x200x20	50,24	S235	
4	2	540x1240x25	262,82	S235	

celkem jeden vazník: 5744,60

VÝKRES:

105-podélné ztužidlo

201	11	RRK90X90X8	5840	1156,3	S355	
202	44	halfen detan 24	2600	457,6	s355	táhlo
203	44	2,4kg - jeden plech		105,6	S235	styčnickový plech
204	11	9,64kg - jeden plech		105,6	S235	
šrouby						
	22	M12		70,4	5.6	

vaznice

301	42	U280	6500	11466	S355	
302	168	U280	6000	42336	S355	
303	16	9,64kg - jeden plech		153,6	S235	
304	64	2,4kg - jeden plech		153,6	S235	styčnickový plech
305	64	halfen detan 24	2800	716,8	S355	táhlo

sloup

401	22	HEB450	13800	51004,8	S355	
-----	----	--------	-------	---------	------	--

HMOTNOST KONSTRUKCE BEZ SVÁRŮ

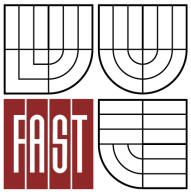
174708 kg

SVÁRY 1%

1747,1 kg

CELKOVÁ HMOTNOST KONSTRUKCE

176455,1 kg



Závěr

V diplomové práci je popsáno řešení dvou variant ocelové konstrukce sportovní haly. Hala je situovaná do města Jihlava. Tyto varianty byly modelovány v programu SCIA ENGINEER a byl proveden předběžný návrh hlavních nosných prvků konstrukce. Z těchto dvou variant byla vybrána jedna pro podrobnější zpracování. V této variantě bylo zpřesněno zadané zatížení, byl podrobně zpracován návrh a posudek hlavních nosných prvků a bylo řešeno několik směrných detailů konstrukce.

K vypracování byl použit licencovaný software pro FAST VUT v Brně, monografie a normy.

Seznam použitých zdrojů

Normy:

ČSN EN 1990 – Základní navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

Bylo použito i dnes neplatných norem ČSN:

ČSN 01 3483 – Výkresy kovových konstrukcí
ČSN 73 2601 – Provádění ocelových konstrukcí

Monografie:

PETŘÍČKOVÁ, Monika. *Ocelové nosné konstrukce – předběžný návrh pro architekty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 145 s.
STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10 – normy pro navrhování*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 125 s.
MELCHER, Jindřich, STRAKA, Bohumil. *Kovové konstrukce – konstrukce průmyslových budov*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1977, 209 s.
STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce 10*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998, 289 s.
WANKE, Josef, SPAL, Luděk. *Ocelové trubkové konstrukce*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1975, 492 s.

Internetové zdroje:

Ztužidla Halfen-Detan: <http://halfen-detan.cz>
Trapézové plechy Satjam: <http://www.satjam.cz>

Seznam použitých symbolů

γ_f – dílčí součinitel zatížení, v němž jsou uváženy možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot

g_k – charakteristická hodnota stálého zatížení

F_x – hodnota sály v daném bodě

z_e – referenční výška pro zatížení vnějšího povrchu větrem

$v_{b,0}$ – základní rychlost větru

c_{dir} – součinitel směru

c_{season} – součinitel ročního období

z_0 – parametr drsnosti terénu

l_v – intenzita turbulence

k_t – součinitel turbulence

c_o – součinitel orografie

v_m – střední rychlost

c_r – součinitel drsnosti

k_r – součinitel terénu

q_r – maximální dynamický tlak

ρ – měrné hmotnost vzduchu

$c_{pi,10}$ – součinitel vnitřního tlaku

w_i – tlak větru na vnitřní povrchy

x,y,z – souřadnicový systém

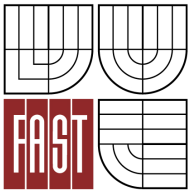
MSÚ – mezní stav únosnosti

MSP – mezní stav použitelnosti

s_k – charakteristická hodnota zatížení sněhem

μ_i – tvarový součinitel zatížení sněhem

C_e – součinitel expozice



C_t – tepelný součinitel s – referenční hodnota zatížení sněhem

$\gamma_{m,0}$ – dílčí součinitel spolehlivosti pro únosnost průřezu

$\gamma_{m,1}$ – dílčí součinitel spolehlivosti na odolnost proti nestabilitě

$\gamma_{m,2}$ – dílčí součinitel spolehlivosti pro oslabený průřez

k_{yy} – součinitel interakce

k_{yz} – součinitel interakce

k_{zy} – součinitel interakce

k_{zz} – součinitel interakce

$N_{R,k}$ – charakteristická hodnota únosnosti v tlaku

$M_{y,R,k}$ – charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y-y

$M_{z,R,k}$ – charakteristická hodnota únosnosti v ohybu k ose y-y

M_{Ed} – návrhová hodnota momentu

C_{my} – součinitel ekvivalentního konstantního zatížení

C_{mz} – součinitel ekvivalentního konstantního zatížení

C_{yLT} – součinitel ekvivalentního konstantního zatížení

I_y, I_z – moment setrvačnosti k dané ose

$W_{el,y}; W_{el,z}$ – elastický modul průřezu k dané těžišťové ose

$W_{pl,y}; W_{pl,z}$ – plastický modul průřezu k dané ose

A – plocha

i_z, i_y – poloměr setrvačnosti k dané ose

L – délka

B – součinitel vzpěrné délky

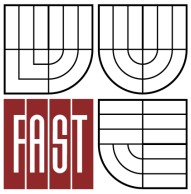
$L_{cr,y}; L_{cr,z}$ – vzpěrná délka k dané ose

λ_1 – hodnota štíhlosti pro výpočet poměrné štíhlosti

$\bar{\lambda}$ – poměrná štíhlosti

λ – štíhlosti

χ – součinitel vzpěrnosti pro příslušnou křivku vzpěrné pevnosti



α – součinitel imperfekt

σ_{\perp} - napětí kolmé

τ_{\perp} - napětí kolmé

τ_{\parallel} - napětí rovnoběžné