



NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE AUTOSALONU

THE STEEL STRUCTURE OF CAR SHOWROOM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

VOJTĚCH BUCHTA

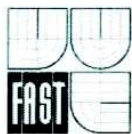
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. LUKÁŠ HRON

SUPERVISOR

BRNO, 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Vojtěch Buchta
Název	Nosná ocelová konstrukce autosalonu
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Lukáš Hron
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Platné normy pro určení účinků zatížení a pro navrhování ocelových konstrukcí:

ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem.

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem.

ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V rámci této práce bude vypracována nosná ocelová konstrukce autosalonu osobních automobilů o rozměrech 15 x 30 m s konstrukční výškou do 7 m.

Stanovení klimatického zatížení bude pro statutární město Hradec Králové.

Při návrhu nosné konstrukce budou splněny architektonické a dispoziční požadavky.

Požadované výstupy:

Technická zpráva.

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce.

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....
Ing. Lukáš Hron
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Zadáním práce bylo vypracování návrhu a posudků nosné konstrukce autosalonu. Objekt se nachází v katastru města Hradec Králové. Půdorysná plocha má rozměry 30 x 15 m, výška objektu 7 m v nejvyšším místě. Střeška je pultová, tvořená dvěma částmi o shodném sklonu 3,81°. Materiál všech konstrukčních částí je ocel S235. Statické výpočty jsou realizovány dle platných norem.

Konstrukce je tvořena nosnými sloupy vetknutými do základů, vazníky jsou navrženy příhradové z dutých průřezů, kloubově připojeny ke sloupům. Vaznice jsou kloubově připojeny k hornímu pasu vazníku, přičemž spodní i horní hrany lícují. Podporují střešní plášť tvořený panely Kingspan tl. 160 mm. Stěnový plášť technické části objektu je tvořen takéž systémovými panely firmy Kingspan. Opláštění prodejního prostoru je tvořeno skleněnými panely firmy Reynaers.

Klíčová slova

Autosalon, ocelová konstrukce, ocel, statický výpočet, sloup, příhradový vazník, vaznice, zatížení

Abstract

The task of the thesis was to design a draft and a review of car's showroom supporting structure. The object is located in the city of Hradec Králové. Floor plan has a size of 30 x 15 m, the height of the object is 7 m at the highest point. The mono-pitched roof is formed by two parts on the same slope 3.81 °. Material of all components is steel S235. All calculations were performed in accordance with valid standards.

The structure consists of a load-bearing columns fixed to the ground, the truss girders are designed of hollow cross-sections, pin-supported by the columns. The purlins are pin supported by upper chords of a truss girder, with the lower and upper edges flushing. Purlins support the roof made of roof-panels by Kingspan, thickness 160 mm. Wall casing the technical parts of the object is formed also by system panels by Kingspan. The cladding of the sales area is made of glass panels by Reynaers.

Key words

Car showroom, steel construction, steel, static calculation, column, truss girder, purlin, load

Bibliografická citace VŠKP

Buchta, Vojtěch, *Nosná ocelová konstrukce autosalonu*. Brno, 2016. 60 s., 19 s. příl.

Bakalářská práce.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.

Vedoucí práce Ing. Lukáš Hron

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.5.2016

Podpis:

Vojtěch Buchta

Poděkování

Děkuji panu Ing. Lukáši Hronovi za ochotu, pomoc a užitečné rady pro vypracování mé práce. Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu.

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP

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

V Brně dne 27.5.2016

Podpis:

Vojtěch Buchta



TECHNICKÁ ZPRÁVA

AUTOR PRÁCE

VOJTĚCH BUCHTA

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. LUKÁŠ HRON

SUPERVISOR

BRNO, 2016

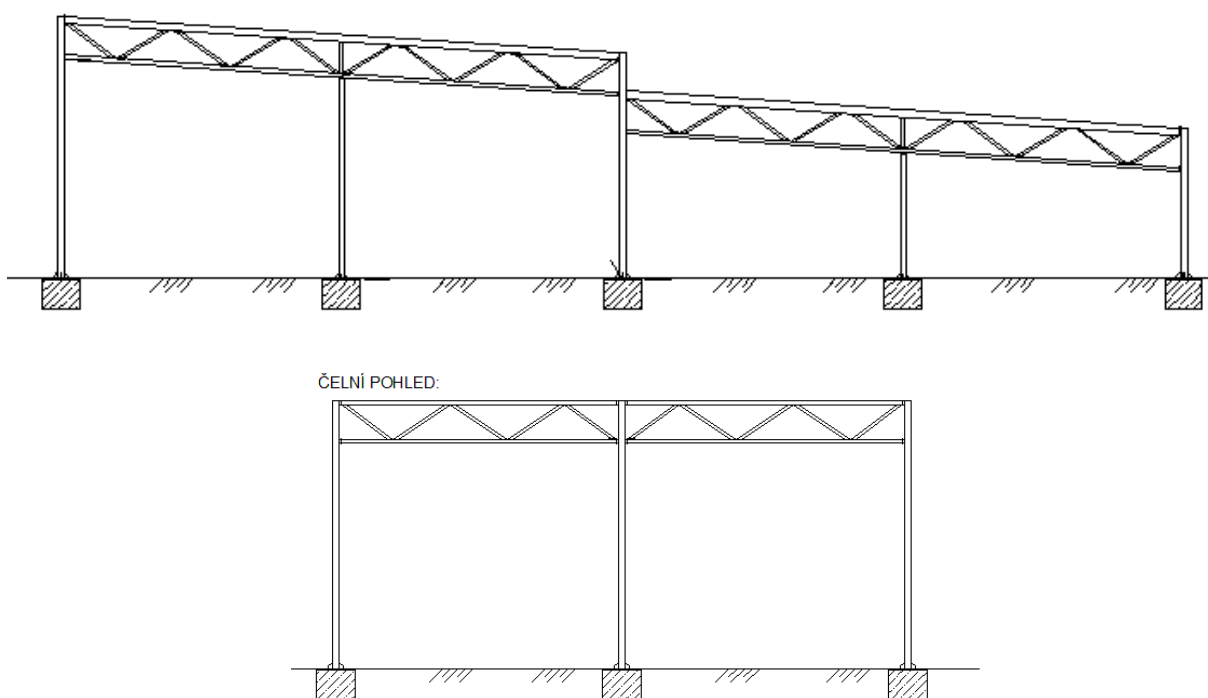
OBSAH:

1. Základní údaje	1
2. Předpoklady návrhu nosné konstrukce	1
3. Popis statického řešení nosné konstrukce	2
4. Popis jednotlivých konstrukčních částí	2
4.1. Opláštění	2
4.2. Vaznice	3
4.3. Vazníky	3
4.4. Sloupy	4
4.5. Kotvení	4
4.6. Ztužidla	5
5. Přeprava	5
6. Montáž konstrukce	6
7. Závěr	6
8. Seznam použité literatury	7

1. Základní údaje

Stavba se bude nacházet na území města Hradec Králové. Konstrukční systém je ze statického hlediska řešen jako soustava tří podélných rámtů, spojených v příčném směru příhradovými ztužidly, plnícími zároveň funkci vaznic. Půdorysné rozměry konstrukce jsou 30x15m, výška 7m. Střecha navržena jako dvojitá pultová, obě části klesají směrem dozadu ve shodném sklonu $3,81^\circ$.

Objekt je navrhován s ohledem na jeho pozdější využití pro účely autosalonu. Z toho důvodu je rozdělen na dvě části – prodejní prostor a technické zázemí. Obě části mají shodnou půdorysnou plochu 15 x 15 m. Zastřešení technického prostoru je vůči části nad prodejním prostorem sníženo o 2 m.



2. Předpoklady návrhu nosné konstrukce

Statické posouzení nosných ocelových konstrukcí v objektu autosalonu je provedeno na:

- Mezní stav únosnosti s uvážením vlivu ztráty stability prvků na nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty byly pro nosné konstrukce brány z norem pro navrhování ocelových konstrukcí pro ocel pevnosti S235.
- Mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější z kombinací charakteristických hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty přetvoření byly brány z norem pro navrhování ocelových konstrukcí pro ocel pevnosti S235.

3. Popis statického řešení nosné konstrukce

Statická analýza nosných konstrukcí v objektu autosalonu byla provedena metodou konečných prvků programovým systémem Scia Engineer 14.1. Výpočtem byl analyzován prostorový model nosné ocelové konstrukce objektu, a to na účinky stálých a proměnných zatížení. Statický výpočet byl proveden jako lineární, přičemž prvkům, u nichž se neuvažuje tlaková únosnost, byly přiřazeny absence pro jednotlivé zatěžovací stavy.

Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosných konstrukcí jako celku i jejich jednotlivých elementů bylo provedeno v souladu s normativními dokumenty ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí. V rámci výpočtu byla posouzena únosnost konstrukce proti globální ztrátě stability i únosnost prvků konstrukce proti lokální ztrátě stability.

4. Popis jednotlivých konstrukčních částí

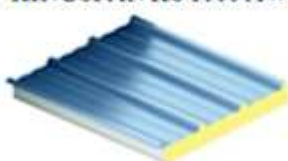
4.1. Opláštění

Opláštění je zvoleno systémovými panely pro jejich dostatečně reprezentativní vzhled a dobré tepelně-technické charakteristiky. Prodejní část objektu bude opláštěná skleněnými panely Reynaers CW 65-EF-HI po celé výšce jednotlivých stěn. Technická část bude opláštěná sendvičovými panely Kingspan KS1000 RW tl. 150 mm, kladenými horizontálně. Zastřešení bude realizováno taktéž panely firmy Kingspan, konkrétně typ KS1000 AWP tl. 160 mm. Panely se vyrábí ve standardním barevném vzorníku RAL, konkrétní odstín bude dle výběru investora.

REYNAERS CW 65-EF-HI



KINGSPAN KS 1000 AWP



KINGSPAN KS 1000 RW

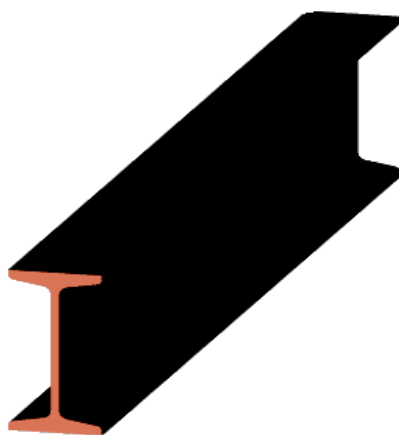


Firma Kingspan byla zvolena jak pro své kvalitní výrobky, tak pro její výhodné umístění – výroba se nachází přímo ve městě Hradec Králové, budou tedy minimalizovány přepravní náklady a zjednodušeno řešení případných problémů.

4.2. Vaznice

Vaznice jsou navrženy profilu IPN200, statické působení je uvažováno jako prostý nosník, oboustranně kloubově uložený na vazníky. Uložení bude realizováno pomocí styčných plechů tl. 10 mm přivařených k hornímu pásu vazníku a jednoho šroubu M16-8.8, díky čemuž bude vytvořen kloub. Drobná změna délky prvku oproti osovému modelu z důvodu realizace připoje se ve výpočtu již zpětně neuvažuje, je na stranu bezpečnou a tudíž prvek vyhoví i po změně. Příčná osová vzdálenost a tedy i zatěžovací šířka vaznic je navržena 1,5 m.

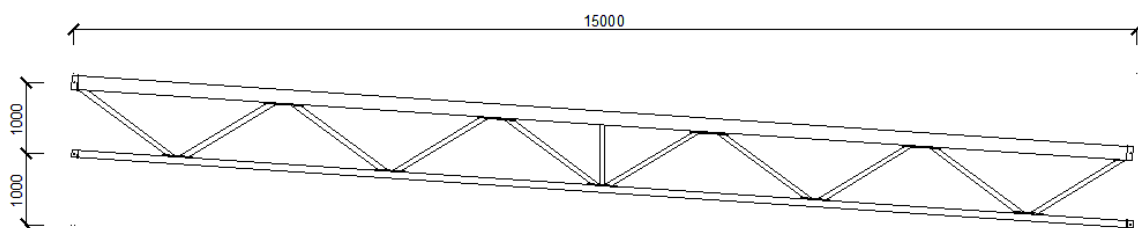
Vaznice bude zapuštěna mezi horní pásy vazníků, díky stejné výšce profilů je zajištěno lícování horní i spodní hrany.



4.3. Vazníky

Vazníky jsou navrženy příhradové z důvodu velkého rozpětí. Jelikož se jedná o konstrukci příznanou, je nutné brát zřetel i na estetickou stránku návrhu a vazníky jsou tedy navrženy z dutých uzavřených průřezů, přičemž horní i spodní pás je z pravoúhlých průřezů shodné šířky 100 mm, diagonály z kruhových trubek průměru 70 mm. Styčníky budou svařované, z důvodu nízké únosnosti povrchu pásů bude provedeno zesílení přivařením plechu tloušťky 16 mm.

Horní i spodní pás je kloubově připojen ke sloupům, což dohromady tvoří pevný rámový roh a příznivě ovlivňuje součinitele vzpěrné délky sloupů. Kloub bude realizován šroubovým spojem plechu přivařeného ke stojině sloupu a plechu na zátce přivařeného k pásu. Všechny svary navrženy koutové, $a = 5 \text{ mm}$.

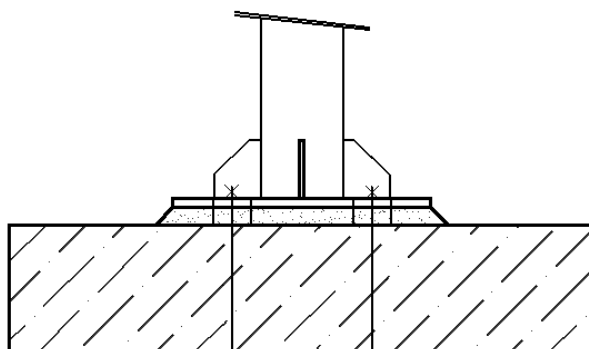


4.4. Sloupy

Sloupy zvoleny průřezu H, jež je pro daný účel vhodný a často využívaný. Délka sloupů je proměnná od 7 m do 4 m v závislosti na umístění daného sloupu.

Nosné sloupy jsou navrženy průřezu HEA180, vzdáleny osově ve směru rámu 15 m, v příčném směru pak 7,5 m. Přenáší jak zatížení od vazníků, tak i zatížení od působení větru na stěny přenesené opláštěním a zatížení od opláštění samotného. Rozteč sloupů 15 m je příliš velká pro realizaci opláštění, které je dodáváno v délkách maximálně 13,5 m, proto bylo nutné navrhnout navíc konstrukční sloupy opláštění.

Profil těchto sloupů je navržen HEA140, pata bude vetknuta do základu pro úsporu materiálu a konec bude připojen k vazníku kloubem posuvným ve směru osy prutu, aby ve sloupu nevznikaly přidavné normálové síly a byla tak redukována možnost jeho vybočení z důvodu ztráty stability.



4.5. Kotvení

Sloupy jsou uvažovány vetknuté v obou směrech. Toho je dosaženo kombinací excentricity čtyř kotevních šroubů a výztuh patního plechu. Patní plech je navržen tl. 15 mm, profil sloupu je k němu přivařen po celém obvodu koutovým svarem. Zatížení se přenáší prostřednictvím kotevních šroubů do betonové patky. Šrouby pro přenos zatížení jsou navrženy průměru 24 mm jakosti 8.8, opatřeny kotevní hlavou. Jelikož se bude jednat o předem zabetonované šrouby, je třeba v patním plechu uvažovat s větším otvorem z důvodu ponechání vůle pro možné nepřesnosti při betonáži. Doporučené hodnoty jsou při použití šablony $d \pm 20$ mm, navrženy tedy byly otvory pro kotevní šrouby o průměru 64 mm.

Rozměry betonových patek byly předběžně odhadnuty na 1000 x 1000 x 800 mm pro splnění podmínky nezámrzné hloubky. Podrobný návrh patek závisí na geologickém průzkumu, což však není součástí mé bakalářské práce, proto ve výpočtu uvažován pouze předběžný odhad rozměrů. Pevnostní třída betonu bude C16/20, stejně jako u podlití, jež bude realizováno v tl. 30 mm.

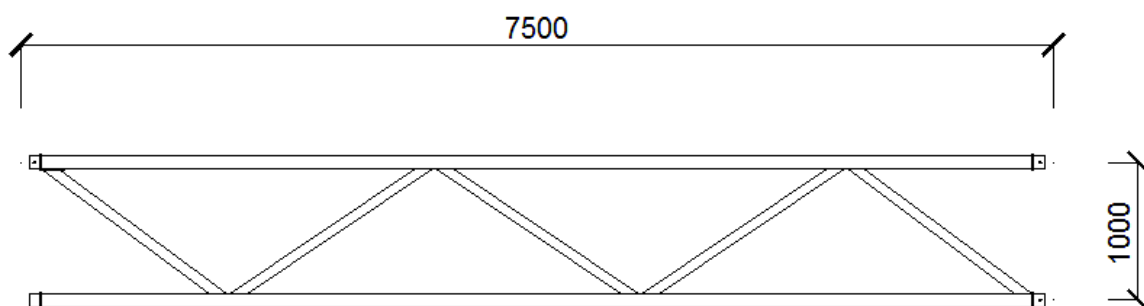
Tabulka reakcí na patky pro jejich přesný návrh je součástí přílohy „Výstupy ze softwaru Scia Engineer 14“

4.6. Ztužidla

Prostorová tuhost konstrukce v podélném směru je zajištěna tuhostí podélných ráků. V příčném směru je tuhost zajištěna soustavou příhradových ztužidel a jedním střešním ztužidlem. Příhradová ztužidla plní též funkci vaznic v daném místě a jsou navržena vizuálně podobná vazníkům.

Rozpětí příhradového ztužidla je shodné s rozpětím vaznic, tedy 7,5 m (stejně jako u vaznic se nebere v potaz zkrácení vlivem návrhu spoje), výška příhrady 1 m, vzdálenost styčníků 3 m.

Střešní ztužidla jsou navržena jako plné kruhové tyče průměru 20 mm a délky 10,6 m. Díky těmto rozměrům prvek vykazuje značnou štíhlost a téměř nulovou únosnost v tlaku, ve výpočetním modelu je tedy uvažován pouze pro přenos tahových sil.



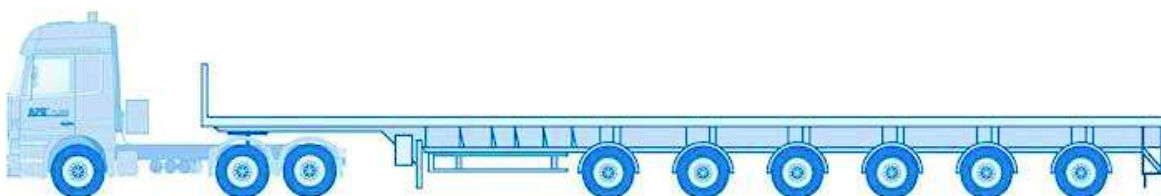
5. Přeprava

Největší prvek:	Vazník
Rozměry:	15,1 x 1,0 x 0,1 m
Hmotnost:	705 kg

Je třeba zajistit přepravu nadměrného nákladu. Zvolena firma Hynčica, s.r.o., jež disponuje příslušnými povoleními a podvalníkem ES-GE s ložnou plochou 15,6 m, nosností 49 t a řízenými nápravami pro nižší poloměr otáčení při průjezdu městem.

Bude možno přepravit všech 6 vazníků zároveň, celková hmotnost 4230 kg.

Ostatní prvky splňují podmínky standardní kamionové přepravy a není tedy pro ně třeba zajišťovat speciální přepravní podmínky.



6. Montáž konstrukce

Montáž konstrukce bude probíhat následovně:

1. Spodní stavba

Nejdříve budou vybudovány základy. Betonové patky budou již při betonáži opatřeny šrouby s kotevní hlavou dle šablony, jejíž rozměry, stejně jako vzdálenosti patek, jsou specifikovány v příloze č. 9 – Kotevní plán.

2. Osazení sloupů

Na již vytvrzené patky se osadí jak nosné sloupy, tak i sloupy opláštění, jež budou z výroby opatřeny kotevními plechy s výztuhami.

3. Montáž vazníků a ztužidel

Po osazení a upevnění sloupů se tyto spojí v podélném směru pomocí kloubově připojených vazníků a v příčném směru ztužidly. Jak sloupy, tak vazníky a ztužidla budou opatřeny plechy s otvorem pro šroub M16 již z výroby, provede se tudíž pouze osazení a dostatečné utažení šroubů.

4. Vaznice

Na vzniklou rámovou konstrukci se přišroubují vaznice, spoje budou předpřipraveny stejně jako u vazníků, stačí tedy opět jen osadit šrouby.

5. Opláštění

Na dokončenou nosnou konstrukci se již může instalovat opláštění a zastřešení. Bude dodržena technologie doporučená výrobcem.

7. Závěr

Byl navržen nosný ocelový skelet budovy autosalonu. Výsledky výpočetního modelu v programu Scia Engineer 14 byly ověřeny ručním výpočtem. Zvolené průřezy a prvky vyhoví jak na MSÚ, tak na MSP.

Výkresová dokumentace byla zpracována v programu AutoCAD 2011.

8. Seznam použité literatury, norem a webových odkazů

- ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: český normalizační institut, 2003.
- ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: český normalizační institut, 2004.
- ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: český normalizační institut, 2005.
- ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 1993-1-1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: český normalizační institut, 2006.
- ČSN EN 1993-1-8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí: Navrhování styčníků. Praha: český normalizační institut, 2006.
- KARMAZÍNOVÁ, Marcela: Prvky kovových konstrukcí: MODUL BO02-M02 Spoje kovových konstrukcí, Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 48 s.
- MELCHER, J.; KARMAZÍNOVÁ, M.; BAJER, M.; SÝKORA, K.: Prvky kovových konstrukcí: MODUL BO02-M03 Pruty namáhané tahem a tlakem, Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 57 s.
- VRANÝ, T.; ELIÁŠOVÁ, M.; PELEŠKA, K.; HOBLÍKOVÁ, M.: Ocelové konstrukce 20: Pomůcka pro navrhování hal, Praha: ČVUT, 113 s.
- <http://www.vutbr.cz>
- <http://www.fce.vutbr.cz>
- <http://server.kdk.fce.vutbr.cz>
- <http://www.fce.vutbr.cz/bzk/svarickova.i>
- <http://homel.vsb.cz>
- <http://www.steelcalc.com>
- <http://panely.kingspan.cz>
- <http://www.reynaers.cz>
- <http://www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m>
- <http://fast10.vsb.cz>
- <http://people.fsv.cvut.cz>



STATICKÝ VÝPOČET

STRUCTURAL DESIGN REPORT

AUTORPRÁCE

VOJTĚCH BUCHTA

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. LUKÁŠ HRON

SUPERVISOR

BRNO, 2016

NÁVRH NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE AUTOSALONU



OBSAH

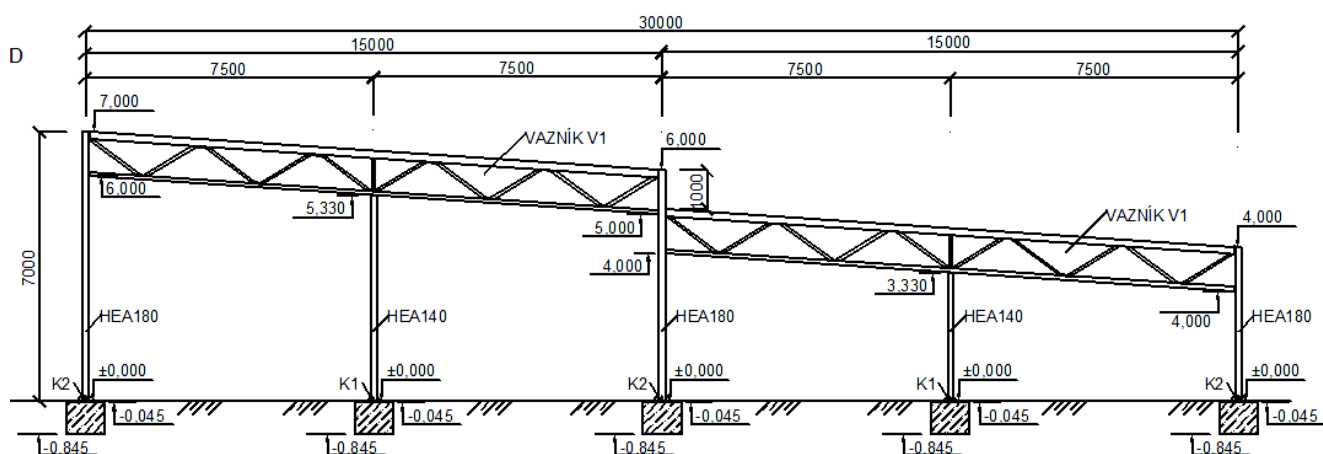
1. Geometrie	1
2. Zatížení	3
2.1. Stálá zatížení	3
2.1.1. Vlastní tíha	3
2.1.2. Ostatní stálé	3
2.2. Proměnná zatížení	3
2.2.1. Vítr	3
2.2.2. Sníh	4
2.2.3. Užité zatížení na střeše	5
2.3. Zatěžovací stavy – shrnutí	5
3. Kombinace	5
3.1. Rovnice kombinací pro MSÚ	5
3.2. Rovnice kombinací pro MSP	5
4. Průřezy	6
5. Posudky profilů	6
5.1. Výstupy ze softwaru Scia Engineer 14	6
5.2. Posudky jednotlivých profilů	6
5.2.1. Vaznice	6
5.2.2. Vazník	9
5.2.2.1. Horní pás	9
5.2.2.2. Spodní pás	13
5.2.2.3. Diagonála	17
5.2.2.4. MSP	18
5.2.3. Sloup HEA180	18
5.2.4. Sloup HEA140	24
6. Spoje	29
6.1. Vaznice – vazník	29
6.2. Vazník – sloup	30
6.3. K-spoj diagonály – spodní pás vazníku	31
7. Kotvení sloupů	33
7.1. HEA140 – Sloupek opláštění	33
7.2. HEA180 – Nosný sloup	37
8. Výkaz materiálu	42
9. Seznam příloh	42

1. Geometrie

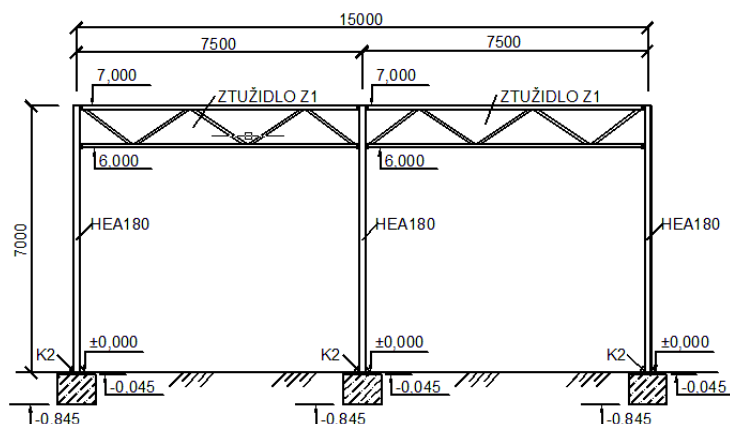
Konstrukce navržena jako soustava podélných ráků.

Jednotlivé ráky jsou složeny ze tří sloupů profilu HEA180 vzdálených od sebe 15 m a spojených příhradovými vazníky, jejichž horní pás je tvořen obdélníkovým dutým profilem o rozměrech 200 x 100 x 5 mm, spodní pás čtvercovým dutým profilem o délce strany 100 mm a tloušťce 5 mm a diagonály trubkami 70 x 5 mm.

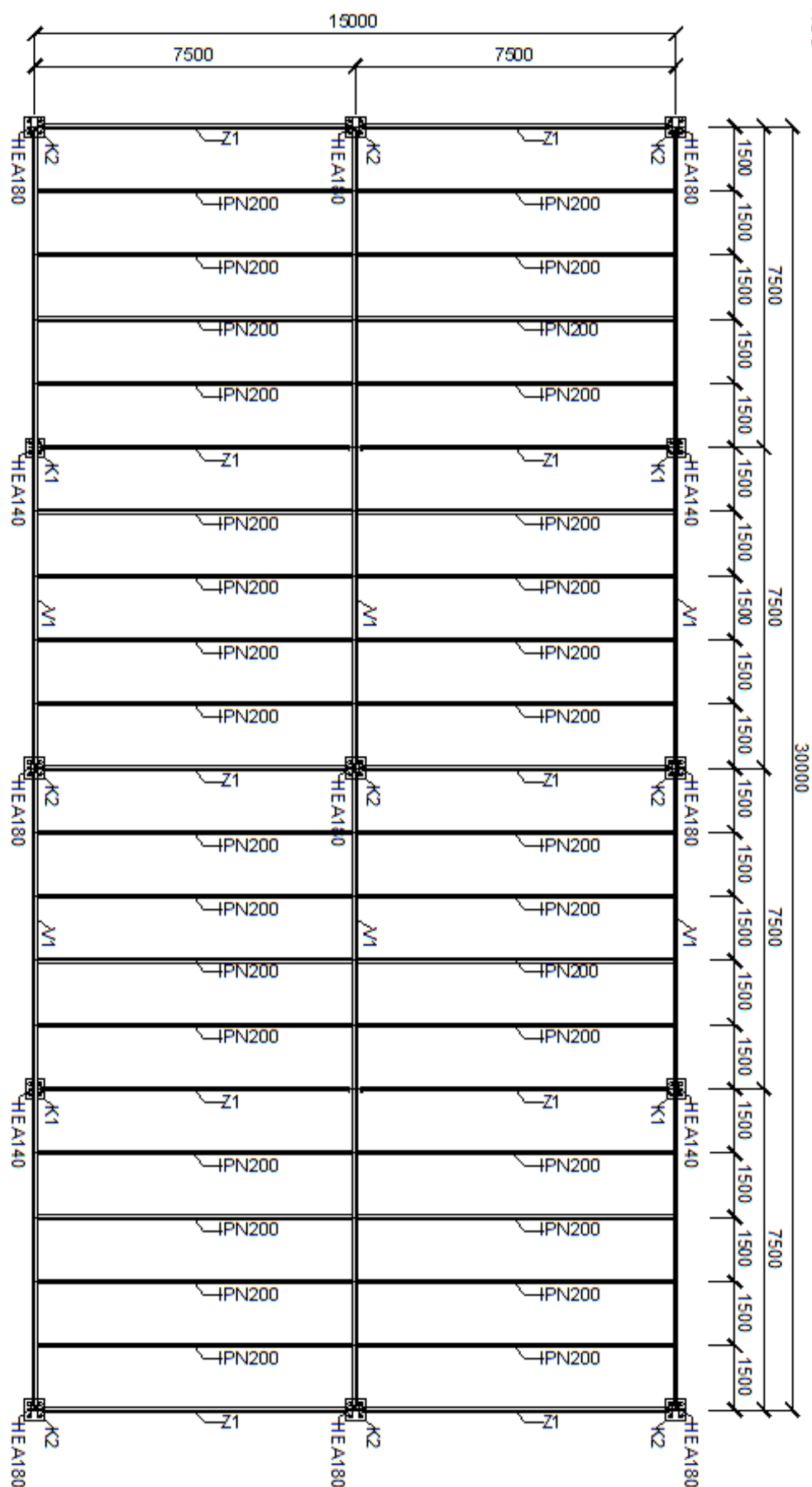
Vazníky jsou navrženy ve sklonu $3,81^\circ$ a tvoří dvě pultové střechy. Výška ve vrcholu 7 m.



V příčném směru jsou ráky spojeny příhradovými ztužidly připojenými ke sloupům stejně jako vazníky oboustranně kloubově. Rozpětí ztužidla je 7,5 m.



Půdorysné rozměry konstrukce jsou 30 x 15 m, osová vzdálenost nosných sloupů v podélném směru 15 m se sloupy opláštění v polovině rozteče a v příčném směru 7,5 m.



2. Zatížení

2.1. Stálá zatížení

2.1.1. ZS1 – Vlastní tíha

Generováno programem Scia Engineer 14

2.1.2. ZS2 – Ostatní stálé zatížení

Střešní panely KINGSPAN KS1000 RW 0,14 kN/m²

Stěnové panely KINGSPAN KS1000 AWP 0,15 kN/m²

Skleněné panely REYNAERS CW 65-EF-HI 0,57 kN/m²

2.2. Proměnná zatížení

2.2.1. Vítr

Větrná oblast II.

Kategorie terénu IV.

Základní rychlost větru $v_{b,0} = 25$ m/s

Rychlost větru

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

Střední rychlost větru

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_{0,I}}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234$$

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln \left(\frac{z_{min}}{z_{0,I}} \right) = 0,234 \cdot \ln \left(\frac{10}{1} \right) = 0,540$$

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b = 0,540 \cdot 1,0 \cdot 25 = 13,487 \text{ m/s}$$

Tlak větru

$$I_{v(z)} = \frac{k_{1,1}}{c_{o(z)} \cdot \ln \left(\frac{z}{z_{0,I}} \right)} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln \left(\frac{10}{1} \right)} = 0,434$$

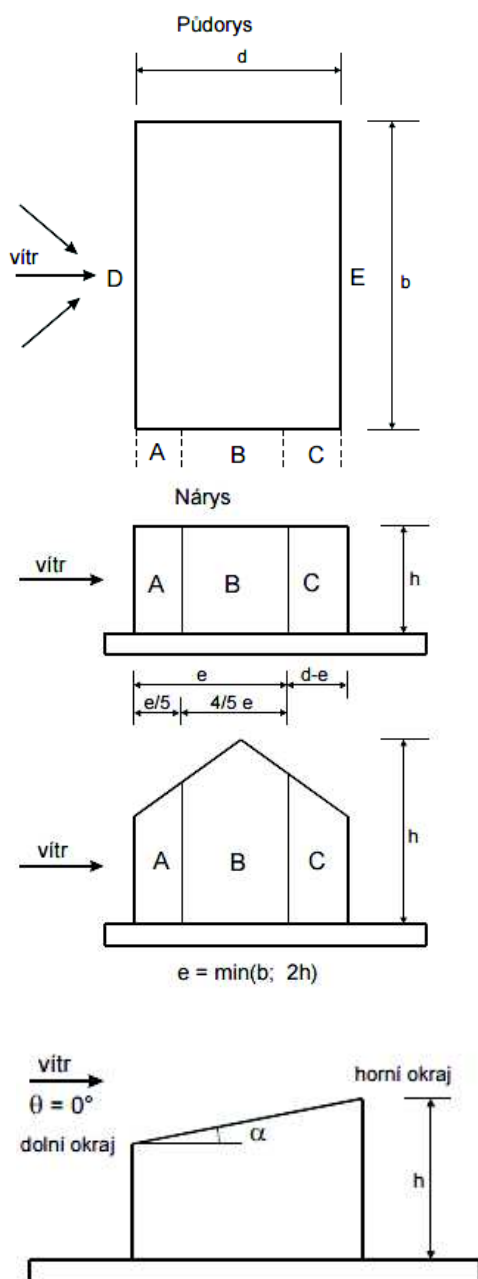
$$q_{p(z)} = \left[1 + 7 \cdot I_{v(z)} \right] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 =$$

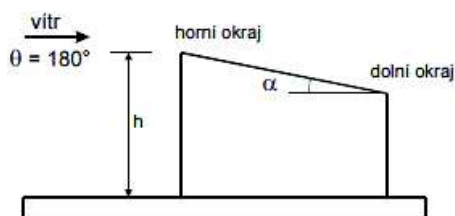
$$= [1 + 7 \cdot 0,434] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 13,487^2 = 0,459 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e = c_{pe} \cdot q_{p(z)}$$

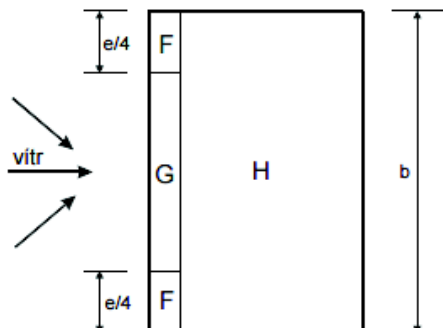
2.2.1.1. ZS3a – Vítr podélný (0°)

Oblast:	$c_{pe} \cdot q_{p(z)}$:	w_e :
A:	$-1,2 \cdot 0,459 =$	$-0,551 \text{ kN/m}^2$
B:	$-0,8 \cdot 0,459 =$	$-0,367 \text{ kN/m}^2$
C:	$-0,5 \cdot 0,459 =$	$-0,230 \text{ kN/m}^2$
D:	$0,7 \cdot 0,459 =$	$0,322 \text{ kN/m}^2$
E:	$-0,3 \cdot 0,459 =$	$-0,138 \text{ kN/m}^2$
F:	$-2,153 \cdot 0,459 =$	$-0,989 \text{ kN/m}^2$
G:	$-1,2 \cdot 0,459 =$	$-0,551 \text{ kN/m}^2$
H:	$-0,6 \cdot 0,459 =$	$-0,276 \text{ kN/m}^2$

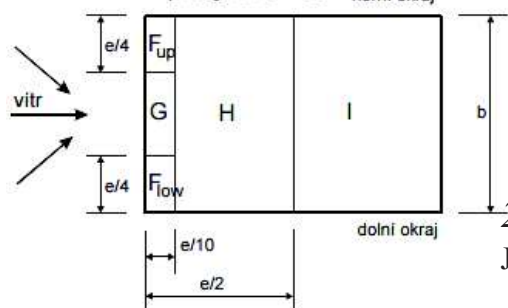




podélný vítr $\theta = 0^\circ$ a $\theta = 180^\circ$



příčný vítr $\theta = 90^\circ$



2.2.1.2. ZS3b – Vítr podélný (180°)

Oblast:	$c_{pe} \cdot q_{p(z)}$:	w_e :
A:	$-1,2 \cdot 0,459 =$	$-0,551 \text{ kN/m}^2$
B:	$-0,8 \cdot 0,459 =$	$0,367 \text{ kN/m}^2$
C:	$-0,5 \cdot 0,459 =$	$-0,230 \text{ kN/m}^2$
D:	$0,7 \cdot 0,459 =$	$0,322 \text{ kN/m}^2$
E:	$-0,3 \cdot 0,459 =$	$-0,138 \text{ kN/m}^2$
F:	$-2,413 \cdot 0,459 =$	$-1,108 \text{ kN/m}^2$
G:	$-1,3 \cdot 0,459 =$	$-0,597 \text{ kN/m}^2$
H:	$-0,8 \cdot 0,459 =$	$-0,367 \text{ kN/m}^2$

2.2.1.3. ZS4a – Vítr levý (90°)

Oblast:	$c_{pe} \cdot q_{p(z)}$:	w_e :
A:	$-1,2 \cdot 0,459 =$	$-0,551 \text{ kN/m}^2$
B:	$-0,8 \cdot 0,459 =$	$0,367 \text{ kN/m}^2$
C:	$-0,5 \cdot 0,459 =$	$-0,230 \text{ kN/m}^2$
D:	$0,729 \cdot 0,459 =$	$0,335 \text{ kN/m}^2$
E:	$-0,387 \cdot 0,459 =$	$-0,178 \text{ kN/m}^2$
F:	$-2,413 \cdot 0,459 =$	$-1,108 \text{ kN/m}^2$
G:	$-1,3 \cdot 0,459 =$	$-0,597 \text{ kN/m}^2$
H:	$-0,8 \cdot 0,459 =$	$-0,367 \text{ kN/m}^2$

2.2.1.4. ZS4b – Vítr pravý (90°)

Jako ZS4a, pouze v modelu zadán opačným směrem.

2.2.2. Sníh

Sněhová oblast

II.

Charakteristická hodnota zatížení

$s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Součinitel okolí

$C_e = 1,2$

(Městská zástavba)

Tepelný součinitel

$C_t = 1,0$

(Střešní panely mají nízký součinitel prostupu tepla)

2.2.2.1. ZS5 – Sníh rovnoměrný

$\mu = 0,8$

$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = \underline{0,672 \text{ kN/m}^2}$

2.2.2.2. ZS6 – Sníh navátý

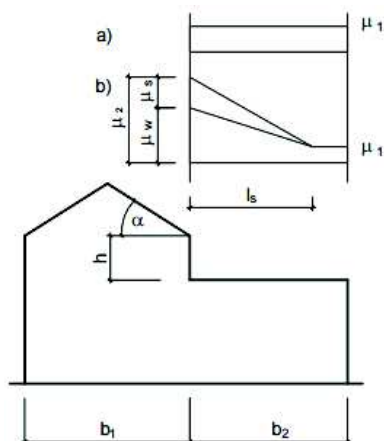
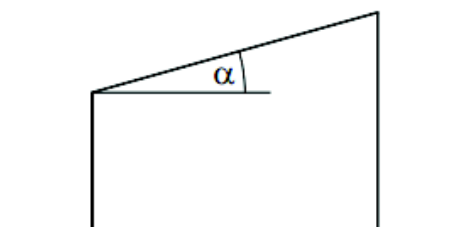
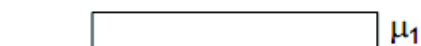
$\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0 + 2,857 = 2,857 \text{ kN/m}^2$

$\mu_s = 0$ pro $\alpha \leq 15^\circ$

$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma \cdot h/s_k; \quad 0,8 \leq \mu_w \leq 4,0$

$= (15 + 15)/2 \cdot 1 \leq 2 \cdot 1/0,7$

$= 15 \leq 2,857$



2.2.3. Užitné zatížení na střeše

Norma stanovuje uvažovat horší z variant:

A) Rovnoměrné zatížení 1 kN/m² na ploše 10 m²

B) Soustředěné zatížení velikosti 1 kN

Zatížení je vždy uvažováno v nejnepříznivější poloze pro posouzení daného prvku. Do modelu zadáno jako výběrová skupina jednotlivých umístění (pro vyloučení současného působení na více místech).

2.3. Zatěžovací stavy - shrnutí

Číslo	Název	Působení	Skupina
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	Stálé
ZS2	Ostatní stálé	Stálé	Stálé
ZS3a	Vítr podélný (0°)	Proměnné	Vítr
ZS3b	Vítr podélný (180°)	Proměnné	Vítr
ZS4a	Vítr levý	Proměnné	Vítr
ZS4b	Vítr pravý	Proměnné	Vítr
ZS5	Sníh rovnoměrný	Proměnné	Sníh
ZS6	Sníh navátý	Proměnné	Sníh
ZS7a	Užitné na střeše - spojitě	Proměnné	Užitné
ZS7b	Užitné na střeše - síla	Proměnné	Užitné

3. Kombinace

3.1. Rovnice kombinací pro MSÚ

a) Rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \cdot \Psi_{0,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \cdot \Psi_{0,i}$$

Kde: $\gamma_{G,j,\text{sup}} = 1,35$ $\gamma_{G,j,\text{inf}} = 1,0$

$\gamma_{Q,i,\text{sup}} = 1,5$ $\gamma_{Q,i,\text{inf}} = 0,0$

$\Psi_{0,i} = 0,6$ pro zatížení větrem

$\Psi_{0,i} = 0,5$ pro zatížení sněhem

b) Rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \cdot \Psi_{0,i}$$

Kde: $\xi = 0,85$

$\gamma_{G,j,\text{sup}} = 1,35$ $\gamma_{G,j,\text{inf}} = 1,0$

$\gamma_{Q,i,\text{sup}} = 1,5$ $\gamma_{Q,i,\text{inf}} = 0,0$

$\Psi_{0,i} = 0,6$ pro zatížení větrem; 0,5 pro zatížení sněhem

3.2. Rovnice kombinací pro MSP

rovnice 6.14b: $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} Q_{k,i} \cdot \Psi_{0,i}$

Kde: $\Psi_{0,i} = 0,6$ pro zatížení větrem; 0,5 pro zatížení sněhem

4. Průřezy

prvek	průřez	materiál
Sloup nosný	HEA180	S235
Sloup opláštění	HEA140	S235
Horní pás vazníku	VHP200/100x5	S235
Spodní pás vazníku	VHP100/100x5	S235
Diagonála vazníku	RO70x5	S235
Vaznice	IPN200	S235
Horní pás ztužující vaznice	VHP100/100x5	S235
Spodní pás ztužující vaznice	VHP100/100x5	S235
Diagonála ztužující vaznice	RO51x5	S235
Střešní ztužidlo	RD20	S235

5. Posudky profilů

5.1. Výstupy ze softwaru Scia Engineer 14

Prvek	css	mat	Stav	dx [m]	jed.posudek [-]	pevnost [-]	stab. posudek [-]
B41	CS4 - HEA180	S 235	MSU/4	5,000	0,89	0,89	0,61
B43	CS2 - VHP200/100x5.0	S 235	MSU/4	6,000	0,72	0,37	0,72
B44	CS1 - VHP100/100x5.0	S 235	MSU/4	1,500	0,68	0,12	0,68
B46	CS3 - RO70X5	S 235	MSU/4	0,000	0,82	0,65	0,82
B136	CS7 - VHP100/100x5.0	S 235	MSU/4	3,750	0,82	0,20	0,82
B133	CS8 - RO51X5	S 235	MSU/4	2,125	0,38	0,16	0,38
B143	CS9 - HEA140	S 235	MSU/7	0,000	0,91	0,57	0,91
B170	CS5 - IPN200	S 235	MSU/4	3,750	0,63	0,63	0,00
B199	CS6 - RD20	S 235	MSU/17	0,000	0,15	0,15	0,00

5.2. Posudky jednotlivých profilů

5.2.1. Vaznice – IPN200, prvek B170

ZATÍŽENÍ

Působení:	Název:	q [kN]	M _k [kNm]
Stálé	Vlastní tíha	0,224	1,575
	Ostatní stálé	0,210	1.477
Proměnné	Vítr 180°	-0,551	-3.874
	Vítr 0°	-0,414	-2.911
	Vítr pravý (0-1,4m)	-1,643	-3.515
	Vítr pravý (1,4-7,5m)	-0,414	
	Sníh rovnoměrný	1,008	7.086
	Sníh navátý	3,188	22.415
	Užitné – plošné (2,083-5,46m)	1,5	7.292
	Užitné – síla	1kN	1.875

KOMBINACE

podle rovnice 6.10a)

$$M_{Ed}^+ = 1,35 \cdot (1,575 + 1,477) + 1,5 \cdot 22,415 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 7,292 \cdot 0 = 20,67 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (1,575 + 1,477) + 1,5 \cdot (-3,874) \cdot 0,6 = \underline{-0,43 \text{ kNm}}$$

podle rovnice 6.10b)

$$M_{Ed}^+ = 0,85 \cdot 1,35 \cdot (1,575 + 1,477) + 1,5 \cdot 22,415 + 1,5 \cdot 7,292 \cdot 0 = 37,13 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 1,0 \cdot (1,575 + 1,477) + 1,5 \cdot (-3,874) = -2,76 \text{ kNm}$$

Rozhoduje kombinace podle 6.10b)

Vypočtená návrhová hodnota ohybového momentu přibližně odpovídá výsledkům softwaru Scia Engineer 14 (37,23 kNm), čímž je ověřena správnost jeho výstupů. Drobná nepřesnost (0,3%) je způsobena zjednodušením roznášecích ploch v ručním výpočtu.

Do dalších výpočtů budou tedy použity hodnoty vnitřních sil z výpočtového modelu ve Scia Engineer 14.

ZATŘÍZENÍ PRŮŘEZU:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Pásnice:

$$c = 33,8 \text{ mm}$$

$t_f = 11,3 \text{ mm}$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{33,8}{11,3} = 3,0 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \sqrt{\text{TŘÍDA 1}}$$

Stojina:

$c = 159 \text{ mm}$

$$t_w = 7,5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{159}{7,5} = 21,2 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \quad \checkmark \text{ TRÍDA 1}$$

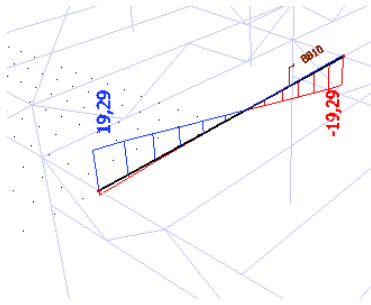
Celkové zařazení: TŘÍDA 1

PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Průřez:		
A	$3,34 \cdot 10^{-4}$	m^2
I_y	$2,14 \cdot 10^{-5}$	m^4
I_z	$1,17 \cdot 10^{-6}$	m^4
$W_{pl,y}$	$2,14 \cdot 10^{-4}$	m^3
$W_{pl,z}$	$2,60 \cdot 10^{-5}$	m^3
I_w	$1,05 \cdot 10^{-8}$	m^6
I_t	$1,35 \cdot 10^{-7}$	m^4
Materiál:		
f_y	235	MPa
E	210	GPa
G	81	GPa

POSUDEK: MSÚ

a) SMYK



$$V_{Ed} = 19,8 \text{ kN} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

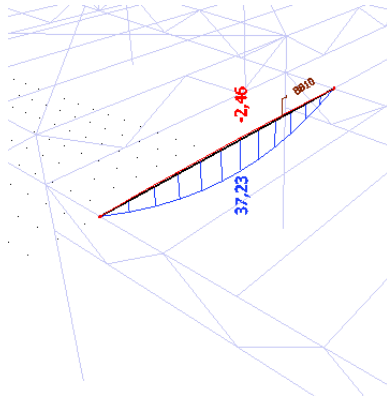
$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$= 3,34 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,09 \cdot 0,0113 + (0,0075 + 2 \cdot 0,0075) \cdot 0,0113 = \underline{1,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{1,56 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = \underline{211,7 \text{ kN}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{19,8}{211,7} = 0,09 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) OHYB



$$M_{Ed} = 37,23 \text{ kNm} \quad v \quad x = 3,750 \text{ m}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 58,75 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{37,23}{58,75} = 0,63 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

c) KLOPENÍ

Při kladném ohybovém momentu (tlačena horní pásnice) je klopení bráněno střešním pláštěm.

Záporný moment:

křivka vzpěrné pevnosti: $a \rightarrow \alpha = 0,21$

$$M_{Ed} = -2,76 \text{ kNm} \quad v \quad x = 3,750 \text{ m}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{L_z}{L_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_z^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot e_z)^2 + C_2 \cdot e_z \right] =$$

$$= 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,17 \cdot 10^{-6}}{7,5^2} \cdot$$

$$\cdot \left[\sqrt{\left(\frac{7,5}{7,5} \right)^2 \cdot \frac{1,05 \cdot 10^{-8}}{1,17 \cdot 10^{-6}} + \frac{7,5^2 \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 1,35 \cdot 10^{-7}}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,17 \cdot 10^{-6}}} + (0,459 \cdot 0,1)^2 + 0,459 \cdot 0,1 \right] =$$

$$= \underline{27,35 \text{ kNm}}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,60 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{27,35 \cdot 10^3}} = 0,473$$

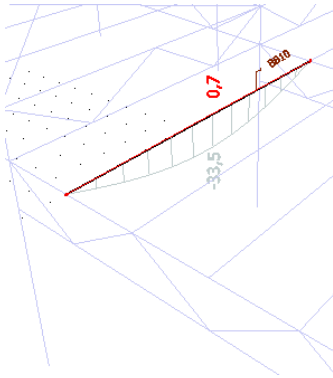
$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,473 - 0,2) + 0,473^2] = 0,640$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,640 + \sqrt{0,640^2 - 0,473^2}} = 0,933$$

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,179 \cdot \frac{2,6 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 5,70 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{2,76}{5,70} = 0,48 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Pro posouzení MSÚ je rozhodující zatížení ohybem: $\underline{0,63 \leq 1,0} \quad \checkmark$



POSUDEK: MSP

$$u_z = 33,5 \text{ mm}$$

$$u_{z,lim} = \frac{l}{200} = \frac{7500}{200} = 37,5 \text{ mm}$$

$$\frac{u_z}{u_{z,lim}} = \frac{33,5}{37,5} = 0,89 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU SE SOFTWAREM VÝSTUPY:

Posudek MSÚ:

Ruční výpočet: 0,63

Scia Engineer: 0,63 $\checkmark$ SOUHLASÍ

Posudek MSP:

Ruční výpočet: 0,89

Scia Engineer: 0,89 $\checkmark$ SOUHLASÍ

5.2.2. Vazník

5.2.2.1. Horní pás – VHP200/100x5, prvek B43

ZATŘÍZENÍ PRŮŘEZU:

Pásnice: $c = 80 \text{ mm}$

$$t_f = 5 \text{ mm}$$

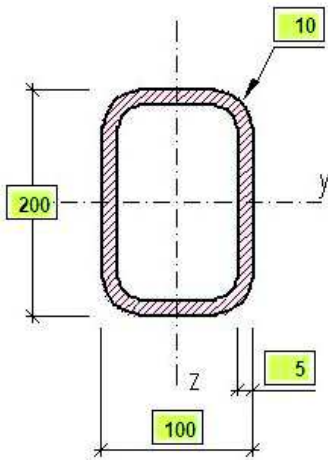
$$\frac{c}{t_f} = \frac{80}{5} = 16 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \quad \checkmark \text{ TŘÍDA 1}$$

Stojina: $c = 180 \text{ mm}$

$$t_w = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{180}{5} = 36 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \quad \checkmark \text{ TŘÍDA 1}$$

Celkové zatřídění: TŘÍDA 1



PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Průřez:		
A	$2,84 \cdot 10^{-3}$	m^2
I_y	$1,46 \cdot 10^{-5}$	m^4
I_z	$4,97 \cdot 10^{-6}$	m^4
$W_{pl,y}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$	m^3
$W_{pl,z}$	$1,12 \cdot 10^{-4}$	m^3
Materiál:		
f_y	235	MPa
E	210	GPa
G	81	GPa

POSUDEK: MSÚ

a) PROSTÝ TLAK

$$N_{Ed} = 263,31 \quad \text{v} \quad x = 9,000 \text{ m}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 667,40 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{263,31}{667,40} = 0,39 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) SMYK

$$V_{Ed} = 27,34 \text{ kN} \quad \text{v} \quad x = 4,500 \text{ m}$$

$$A_v = \frac{A \cdot h}{b+h} = \frac{2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2}{0,1+0,2} = 1,89 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{1,89 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 256,43 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{27,34}{256,43} = 0,11 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

c) OHYB

$$M_{y,Ed} = 25,59 \text{ kNm} \quad \text{v} \quad x = 1,500 \text{ m}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,81 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 42,54 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{25,59}{42,54} = 0,60 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

d) OHYB, SMYK A OSOVÁ SÍLA

$$M_{y,Ed} = 25,59 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,26 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 89,88 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0,11 \leq 0,5 \quad \rightarrow \quad \text{vliv smyku se může zanedbat}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{89,88}{667,40} = 0,135$$

$$a_w = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t}{A} = \frac{2,84 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,1 \cdot 0,005}{2,84 \cdot 10^{-3}} = 0,648 \leq 0,5 \Rightarrow a_w = 0,5$$

$$a_f = \frac{A - 2 \cdot h \cdot t}{A} = \frac{2,84 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,2 \cdot 0,005}{2,84 \cdot 10^{-3}} = 0,296 \leq 0,5 \quad \checkmark$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_w} = 42,54 \cdot \frac{1-0,135}{1-0,5 \cdot 0,5} = 49,06 \text{ kNm} \leq M_{pl,Rd} = 42,54 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_f} = 42,54 \cdot \frac{1-0,135}{1-0,5 \cdot 0,296} = 43,19 \text{ kNm} \leq M_{pl,Rd} = 42,54 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot 0,135^2} = 1,695$$

$$(6.41): \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$\left[\frac{25,59}{42,54} \right]^{1,695} + \left[\frac{0,26}{42,54} \right]^{1,695} = 0,42 \leq 1,0 \text{ v VYHOVUJE}$$

e) KLOPENÍ

Duté uzavřené průřezy obecně nejsou náchylné ke klopení, není tedy třeba jej posuzovat.

f) VZPĚR

kolmo k rovině y-y:

$$N_{Ed} = 246,69 \text{ kN} \quad \text{v} \quad x = 4,500 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad c \quad \rightarrow \quad \alpha=0,49$$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_y = 1,0 \cdot 3,0 = 3,0 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,46 \cdot 10^{-5}}{3,0^2} = 3\,362,25 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{3362,25 \cdot 10^3}} = 0,446$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,446 - 0,2) + 0,446^2] = 0,659$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,659 + \sqrt{0,659^2 - 0,446^2}} = 0,873$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,873 \cdot \frac{2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 582,63 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{246,69}{582,63} = 0,42 \leq 1,0 \text{ v VYHOVUJE}$$

kolmo k rovině z-z:

$$N_{Ed} = 263,31 \text{ kN} \quad \text{v} \quad x = 9,000 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad c \quad \rightarrow \quad \alpha=0,49$$

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L_z = 1,0 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,97 \cdot 10^{-6}}{1,5^2} = 4\,578,18 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{4578,18 \cdot 10^3}} = 0,382$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,382 - 0,2) + 0,382^2] = 0,617$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,617 + \sqrt{0,617^2 - 0,382^2}} = 0,907$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,907 \cdot \frac{2,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 605,26 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{263,31}{605,26} = 0,41 \leq 1,0 \text{ v VYHOVUJE}$$

g) TLAK + OHYB

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 246,74 \text{ kN} & v & & x &= 6,000 \text{ m} \\ M_{y,Ed} &= 12,83 \text{ kNm} & \Delta M_{y,Ed} &= 0 \text{ kNm} \\ M_{z,Ed} &= 0 \text{ kNm} & \Delta M_{z,Ed} &= 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

$$C_{m,z} = 1,0$$

$$\begin{aligned} k_{yy} &= C_{m,y} \cdot \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \leq C_{m,y} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \\ &= 0,9 \cdot \left[1 + (0,446 - 0,2) \cdot \frac{246,74}{\frac{0,873 \cdot 667,40}{1,0}} \right] \leq 0,9 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{246,74}{\frac{0,873 \cdot 667,40}{1,0}} \right] \\ &= \underline{0,994} \leq 1,205 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{zz} &= C_{m,z} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \leq C_{m,z} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \\ &= 1,0 \cdot \left[1 + (0,382 - 0,2) \cdot \frac{246,74}{\frac{0,907 \cdot 667,40}{1,0}} \right] \leq 1,0 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{246,74}{\frac{0,907 \cdot 667,40}{1,0}} \right] \\ &= \underline{1,074} \leq 1,326 \end{aligned}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,074 = 0,644$$

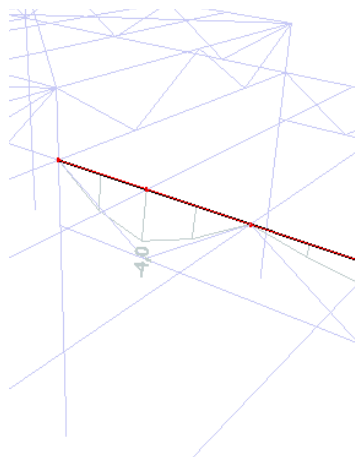
$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,994 = 0,596$$

(6.61):

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M,1}}} &\leq 1,0 \\ \frac{246,74}{\frac{0,873 \cdot 667,40}{1,0}} + 0,994 \cdot \frac{12,83 + 0}{\frac{1,0 \cdot 42,54}{1,0}} + 0,644 \cdot \frac{0 + 0}{\frac{42,54}{1,0}} &\leq 1,0 \\ 0,42 + 0,30 + 0,0 &= 0,72 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE} \end{aligned}$$

(6.62):

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}{\gamma_{M,1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M,1}}} &\leq 1,0 \\ \frac{246,74}{\frac{0,907 \cdot 667,40}{1,0}} + 0,596 \cdot \frac{12,83 + 0}{\frac{1,0 \cdot 42,54}{1,0}} + 1,074 \cdot \frac{0 + 0}{\frac{42,54}{1,0}} &\leq 1,0 \\ 0,41 + 0,18 + 0,0 &= 0,59 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE} \end{aligned}$$



Pro posouzení MSÚ je rozhodující kombinace tlaku a ohybu podle (6.61)
v $x = 6,000 \text{ m}$: $0,72 \leq 1,0 \checkmark$

POSUDEK MSP:

$$u_z = 4,0 \text{ mm} \quad v \quad x = 0,750 \text{ m}$$

$$u_{z,lim} = \frac{l}{250} = \frac{3000}{250} = 12,0 \text{ mm}$$

$$\frac{u_z}{u_{z,lim}} = \frac{4,0}{12,0} = 0,33 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU SE SOFTWAREM VÝSTUPY:

Posudek MSÚ:

Ruční výpočet: 0,72
Scia Engineer: 0,72 √ SOUHLASÍ

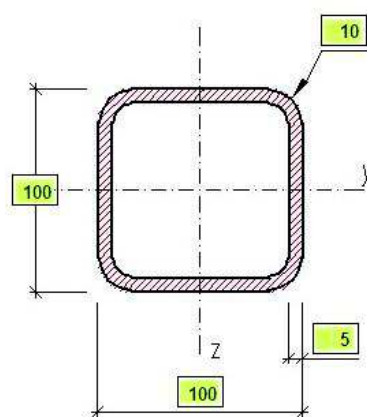
Posudek MSP:

Ruční výpočet: 0,33
Scia Engineer: 0,27

Rozdíl je způsoben rozdílnými hodnotami $u_{z,lim}$, kdy Scia Engineer uvažuje $\frac{l}{200}$ a v ručním výpočtu je uvažováno $\frac{l}{250}$ (doporučená hodnota pro vazníky).

5.2.2.2. Spodní pás – VHP100/100x5, prvek B44

ZATŘÍZENÍ PRŮŘEZU:



Pásnice: $c = 80 \text{ mm}$
 $t_f = 5 \text{ mm}$
 $\frac{c}{t_f} = \frac{80}{5} = 16 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \sqrt{\text{TŘÍDA 1}}$

Stojina: $c = 80 \text{ mm}$
 $t_f = 5 \text{ mm}$
 $\frac{c}{t_f} = \frac{80}{5} = 16 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \sqrt{\text{TŘÍDA 1}}$

Celkové zatřídění: TŘÍDA 1

PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Průřez:		
A	$1,84 \cdot 10^{-3}$	m^2
I_y	$2,71 \cdot 10^{-6}$	m^4
I_z	$2,71 \cdot 10^{-6}$	m^4
$W_{pl,y}$	$6,46 \cdot 10^{-5}$	m^3
$W_{pl,z}$	$6,46 \cdot 10^{-5}$	m^3
Materiál:		
f_y	235	MPa
E	210	GPa
G	81	GPa

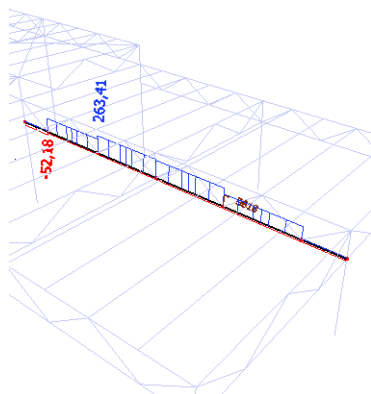
POSUDEK: MSÚ

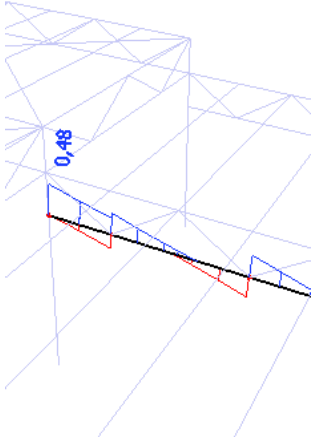
a) PROSTÝ TAH

$N_{Ed} = 263,41 \quad v \quad x = 4,500 \text{ m}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 432,40 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{263,41}{432,40} = 0,61 \leq 1,0 \sqrt{\text{VYHOVUJE}}$$





b) SMYK

$$V_{Ed} = 0,48 \text{ kN} \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$A_v = \frac{A \cdot h}{b + h} = \frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1}{0,1 + 0,1} = 9,20 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{9,20 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 124,82 \text{ kN}$$

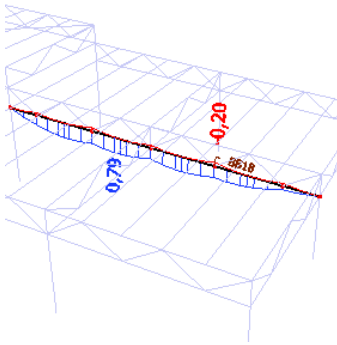
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{0,48}{124,82} = 0,00 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

c) OHYB

$$M_{Ed} = 0,79 \text{ kNm} \quad x = 6,000 \text{ m}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{6,46 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 15,18 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{0,79}{15,18} = 0,05 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$



d) OHYB, SMYK A OSOVÁ SÍLA

$$M_{y,Ed} = 0,79 \text{ kNm} \quad x = 6,000 \text{ m}$$

$$M_{z,Ed} = 0,64 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 263,39 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0,00 \leq 0,5 \quad \Rightarrow \quad \text{vliv smyku se může zanedbat}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{263,39}{432,40} = 0,609$$

$$a_w = a_f = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t}{A} = \frac{1,84 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,1 \cdot 0,005}{1,84 \cdot 10^{-3}} = 0,457 \leq 0,5 \quad \checkmark$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_w} = 15,18 \cdot \frac{1-0,609}{1-0,5 \cdot 0,457} = 7,69 \text{ kNm} \leq M_{pl,Rd} = 42,54 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot 0,609^2} = 2,858$$

$$(6.41): \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$\left[\frac{0,79}{7,69} \right]^{2,858} + \left[\frac{0,64}{7,69} \right]^{2,858} = 0,00 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

e) KLOPENÍ

Duté uzavřené průřezy obecně nejsou náchylné ke klopení, není tedy třeba jej posuzovat.

f) VZPĚR

kolmo k rovině y-y:

$$N_{Ed} = 52,18 \text{ kN} \quad v \quad x = 1,500 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad c \quad \rightarrow \quad \alpha = 0,49$$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_y = 1,0 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,71 \cdot 10^{-6}}{1,5^2} = 2\,496,35 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{2\,496,35 \cdot 10^3}} = 0,416$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,416 - 0,2) + 0,416^2] = 0,640$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,640 + \sqrt{0,640^2 - 0,416^2}} = 0,889$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,889 \cdot \frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 384,29 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{52,18}{384,29} = 0,14 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

kolmo k rovině z-z:

$$N_{Ed} = 52,18 \text{ kN} \quad v \quad x = 1,500 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad c \quad \rightarrow \quad \alpha = 0,49$$

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L_z = 1,0 \cdot 7,5 = 7,5 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,71 \cdot 10^{-6}}{7,5^2} = 99,86 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{99,85 \cdot 10^3}} = 2,081$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (2,081 - 0,2) + 2,081^2] = 3,126$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{3,126 + \sqrt{3,126^2 - 2,081^2}} = 0,183$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,183 \cdot \frac{1,84 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 79,21 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{52,18}{79,21} = 0,66 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

g) TLAK + OHYB

$$N_{Ed} = 52,18 \text{ kN} \quad v \quad x = 1,500 \text{ m}$$

$$M_{y,Ed} = 0,53 \text{ kNm} \quad \Delta M_{y,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,16 \text{ kNm} \quad \Delta M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

$$C_{m,z} = 1,0$$

$$\begin{aligned}
 k_{yy} &= C_{m,y} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} \right] \leq C_{m,y} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} \right] \\
 &= 0,9 \cdot \left[1 + (0,416 - 0,2) \cdot \frac{\frac{52,18}{0,889 \cdot 432,40}}{1,0} \right] \leq 0,9 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{52,18}{0,889 \cdot 432,40}}{1,0} \right] \\
 &= \underline{0,926} \leq 0,998
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_{zz} &= C_{m,z} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} \right] \leq C_{m,z} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} \right] \\
 &= 1,0 \cdot \left[1 + (2,081 - 0,2) \cdot \frac{\frac{52,18}{0,183 \cdot 432,40}}{1,0} \right] \leq 1,0 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{\frac{52,18}{0,183 \cdot 432,40}}{1,0} \right] \\
 &= \underline{2,240} \leq \underline{1,527}
 \end{aligned}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,527 = 0,917$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,926 = 0,556$$

$$\begin{aligned}
 (6.61): \quad & \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0 \\
 & \frac{\frac{52,18}{0,889 \cdot 432,40}}{1,0} + 0,926 \cdot \frac{\frac{0,53+0}{1,0 \cdot 15,18}}{1,0} + 0,917 \cdot \frac{\frac{0+0}{42,54}}{1,0} \leq 1,0 \\
 & 0,14 + 0,03 + 0,0 = 0,17 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (6.62): \quad & \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0 \\
 & \frac{\frac{52,18}{0,183 \cdot 432,40}}{1,0} + 0,556 \cdot \frac{\frac{0,53+0}{1,0 \cdot 15,18}}{1,0} + 1,067 \cdot \frac{\frac{0+0}{42,54}}{1,0} \leq 1,0 \\
 & 0,66 + 0,02 + 0,0 = 0,68 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

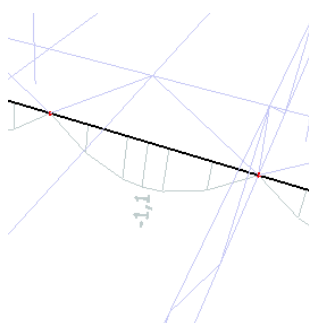
Pro posouzení MSÚ je rozhodující kombinace tlaku a ohybu podle (6.62)
v x=1,500 m: $0,68 \leq 1,0 \quad \checkmark$

POSUDEK MSP:

$$u_z = 1,1 \text{ mm} \quad \text{v} \quad x = 6,000 \text{ m}$$

$$u_{z,lim} = \frac{l}{250} = \frac{3000}{250} = 12,0 \text{ mm}$$

$$\frac{u_z}{u_{z,lim}} = \frac{1,1}{12,0} = 0,09 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$



SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU SE SOFTWAREM VÝSTUPY:

Posudek MSÚ:

Ruční výpočet: 0,68

Scia Engineer: 0,68 $\checkmark$ SOUHLASÍ

Posudek MSP:

Ruční výpočet: 0,09

Scia Engineer: 0,07

Rozdíl je způsoben rozdílnými hodnotami $u_{z,lim}$, kdy Scia Engineer uvažuje $\frac{l}{200}$ a v ručním výpočtu je uvažováno $\frac{l}{250}$ (doporučená hodnota pro vazníky).

5.2.2.3. Diagonála – RO70x5, prvek B46

ZATŘÍZENÍ PRŮŘEZU:

$$d = 70 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{70}{5} = 14 \leq 50 \cdot \epsilon^2 = 50 \quad \checkmark \text{ TŘÍDA 1}$$

Celkové zatřídění: TŘÍDA 1

PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Průřez:		
A	$1,02 \cdot 10^{-3}$	m^2
I_y	$5,42 \cdot 10^{-5}$	m^4
I_z	$5,42 \cdot 10^{-6}$	m^4
$W_{pl,y}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$	m^3
$W_{pl,z}$	$2,11 \cdot 10^{-5}$	m^3
Materiál:		
f_y	235	MPa
E	210	GPa
G	81	GPa

POSUDEK: MSÚ

a) PROSTÝ TLAK

$$N_{Ed} = 154,88 \text{ kN} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 239,70 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{154,88}{239,70} = 0,65 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

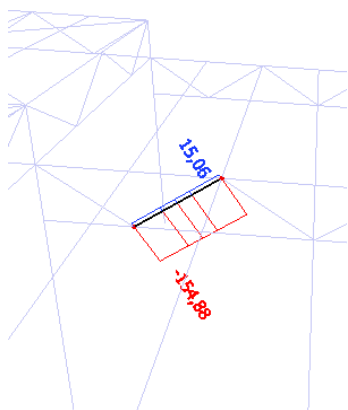
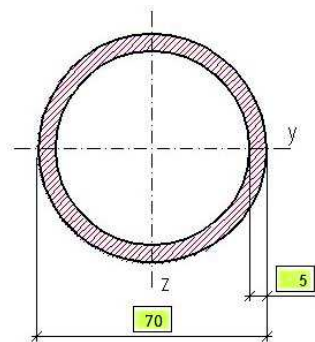
b) VZPĚR

$$N_{Ed} = 154,88 \text{ kN} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

křivka vzpěrné pevnosti: a $\rightarrow \alpha = 0,21$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_y = 1,0 \cdot 1,747 = 1,747 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5,42 \cdot 10^{-7}}{1,747^2} = 368,07 \text{ kN}$$



$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{368,07 \cdot 10^3}} = 0,807$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,807 - 0,2) + 0,807^2] = 0,889$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,889 + \sqrt{0,889^2 - 0,807^2}} = 0,792$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,792 \cdot \frac{1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 189,77 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{154,88}{189,77} = 0,82 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Pro posouzení MSÚ je rozhodující účinek vzpěrného tlaku v $x=0,000$ m:

$$0,82 \leq 1,0 \quad \checkmark$$

POSUDEK MSP:

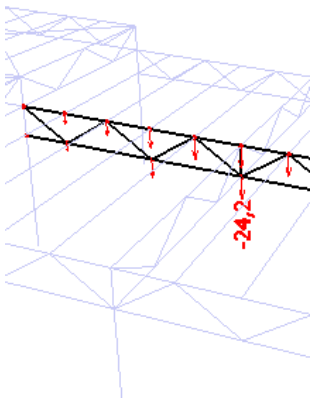
Prvek je namáhán pouze osově, nevykazuje tedy průhyby ($u_z = 0,0$ mm) a není třeba jej posuzovat na MSP.

SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU SE SOFTWAREM VÝSTUPY:

Posudek MSÚ:

Ruční výpočet: 0,82

Scia Engineer: 0,82 $\checkmark$ SOUHLASÍ



5.2.2.4. Posudek MSP pro vazník jako celek

$$u_z = 24,2 \text{ mm} \quad \text{v} \quad x = 7,500 \text{ m}$$

$$u_{z,lim} = \frac{l}{250} = \frac{15000}{250} = 60,0 \text{ mm}$$

$$\frac{u_z}{u_{z,lim}} = \frac{24,2}{60,0} = 0,40 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

5.2.3. Sloup – HEA180, prvek B41

ZATŘÍZENÍ PRŮŘEZU:

Pásnice: $c = 72,0 \text{ mm}$

$$t_f = 9,5 \text{ mm}$$

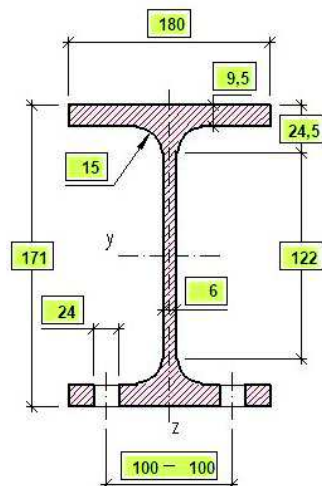
$$\frac{c}{t_f} = \frac{72,0}{9,5} = 7,6 \leq 72 \cdot \epsilon = 72 \quad \checkmark \text{ TŘÍDA 1}$$

Stojina: $c = 122 \text{ mm}$

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

$$\frac{c}{t_w} = \frac{122}{6} = 20,3 \leq 72 \cdot \epsilon = 72 \quad \checkmark \text{ TŘÍDA 1}$$

Celkové zatřídění: TŘÍDA 1



PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARATERISTIKY:

Průřez:		
A	$4,53 \cdot 10^{-3}$	m^2
I_y	$2,51 \cdot 10^{-5}$	m^4
I_z	$9,25 \cdot 10^{-6}$	m^4
I_t	$1,48 \cdot 10^{-7}$	m^4
I_w	$6,02 \cdot 10^{-8}$	m^6
$W_{pl,y}$	$3,25 \cdot 10^{-4}$	m^3
$W_{pl,z}$	$1,57 \cdot 10^{-4}$	m^3
Materiál:		
f_y	235	MPa
E	210	GPa
G	81	GPa

POSUDEK: MSÚ

a) PROSTÝ TLAK

$$N_{Ed} = 227,50 \text{ kN} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1064,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{227,50}{1064,55} = 0,21 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) SMYK

$$V_{y,Ed} = 46,60 \text{ kN} \quad v \quad x = 5,000 \text{ m}$$

$$A_v = A - t_w \cdot h_w = 4,53 \cdot 10^{-3} - 0,006 \cdot 0,122 = 3,80 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{3,80 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 515,57 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{46,60}{515,57} = 0,09 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$V_{z,Ed} = 24,22 \text{ kN} \quad v \quad x = 5,000 \text{ m}$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

$$= 4,53 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,180 \cdot 0,0095 + (0,006 + 2 \cdot 0,015) \cdot 0,0095 = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 197,0 \text{ kN}$$

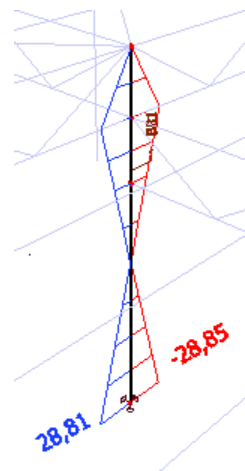
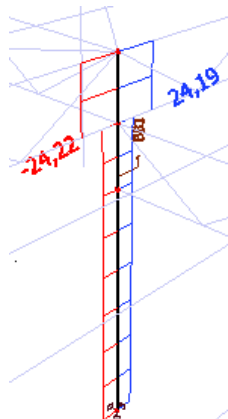
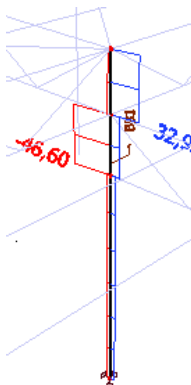
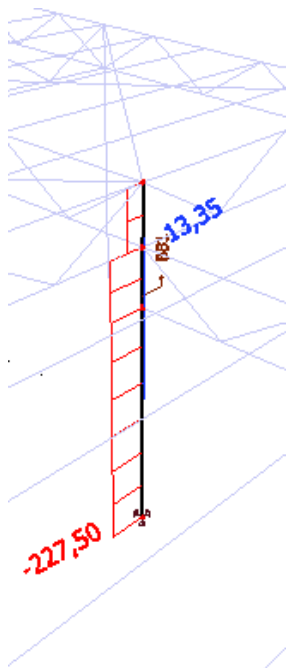
$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{24,22}{197,0} = 0,12 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

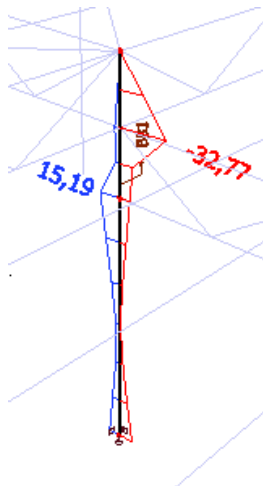
c) OHYB

$$M_{y,Ed} = 28,85 \text{ kNm} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{3,25 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 76,37 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{28,85}{76,37} = 0,38 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$





$$M_{z,Ed} = 32,77 \text{ kNm} \quad \text{v} \quad x = 5,000 \text{ m}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 36,90 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{32,77}{36,90} = 0,89 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

d) OHYB, SMYK A OSOVÁ SÍLA

$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 32,77 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -222,03 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} = 0,09 \quad \text{a} \quad \frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = \frac{24,22}{197,0} = 0,12 \leq 0,5 \rightarrow \text{vliv smyku se může zanedbat}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{222,03}{1064,55} = 0,209$$

$$a = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} = \frac{4,53 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,180 \cdot 0,0095}{4,53 \cdot 10^{-3}} = 0,284 \leq 0,5 \quad \checkmark$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a} = 76,37 \cdot \frac{1-0,209}{1-0,5 \cdot 0,245} = 70,50 \text{ kNm} \leq M_{pl,Rd} = 76,37 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = 36,90 \text{ kN} \quad (\text{pro } n \leq a)$$

$$\alpha = 2$$

$$\beta = 5 \cdot n = 5 \cdot 0,209 = 1,045$$

$$(6.41): \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$\left[\frac{0,00}{70,50} \right]^2 + \left[\frac{32,77}{36,90} \right]^{1,045} = 0,89 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

e) ROVINNÝ VZPĚR

kolmo k rovině y-y:

$$N_{Ed} = 227,50 \text{ kN} \quad \text{v} \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad b \quad \rightarrow \quad \alpha = 0,34$$

Hodnota součinitele vzpěrné délky β :

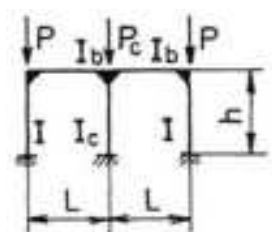
$$\Psi = \frac{P_c}{P} = \frac{192,1}{118,5} = 1,621$$

$$\eta = \frac{I_c}{I} = \frac{2,51 \cdot 10^{-5}}{2,51 \cdot 10^{-5}} = 1,0$$

$$\kappa = \frac{I \cdot L}{I_b \cdot h} = \frac{2,51 \cdot 10^{-5} \cdot 7,5}{4,65 \cdot 10^{-4} \cdot 6,0} = 0,0674$$

$$\beta = \frac{1+0,4 \cdot \kappa}{1+0,2 \cdot \kappa} \cdot \sqrt{\frac{2+\Psi}{2+\eta}} \cdot \sqrt{\frac{\eta}{\Psi}} = \frac{1+0,4 \cdot 0,0674}{1+0,2 \cdot 0,0674} \cdot \sqrt{\frac{2+1,621}{2+1,0}} \cdot \sqrt{\frac{1,0}{1,621}} = 0,874$$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_y = 0,874 \cdot 5,0 = 4,370 \text{ m}$$



pro střední sloup:

$$\sqrt{\frac{2+\Psi}{2+\eta}} \cdot \sqrt{\frac{\eta}{\Psi}}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,51 \cdot 10^{-5}}{4,37^2} = 2\,724,14 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{2\,724,14 \cdot 10^3}} = 0,625$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,625 - 0,2) + 0,625^2] = 0,768$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,768 + \sqrt{0,768^2 - 0,625^2}} = 0,824$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,824 \cdot \frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 877,46 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{227,50}{877,46} = 0,26 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

kolmo k rovině z-z:

$$N_{Ed} = 227,50 \text{ kN} \quad \text{v} \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad c \quad \rightarrow \quad \alpha = 0,49$$

$$\Psi = \frac{P_c}{P} = \frac{192,1}{76,0} = 2,528$$

$$\eta = \frac{I_c}{I} = \frac{9,25 \cdot 10^{-6}}{9,25 \cdot 10^{-6}} = 1,0$$

$$\kappa = \frac{I \cdot L}{I_b \cdot h} = \frac{9,25 \cdot 10^{-6} \cdot 15}{4,65 \cdot 10^{-4} \cdot 6,0} = 0,0175$$

$$\beta = \frac{1 + 0,4 \cdot \kappa}{1 + 0,2 \cdot \kappa} \cdot \sqrt{\frac{2 + \Psi}{2 + \eta}} \cdot \sqrt{\frac{\eta}{\Psi}} = \frac{1 + 0,4 \cdot 0,0175}{1 + 0,2 \cdot 0,0175} \cdot \sqrt{\frac{2 + 2,528}{2 + 1,0}} \cdot \sqrt{\frac{1,0}{2,528}} = 0,775$$

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L_z = 0,775 \cdot 5,0 = 3,875 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,25 \cdot 10^{-6}}{3,875^2} = 1\,276,78 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1\,276,78 \cdot 10^3}} = 0,913$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,913 - 0,2) + 0,913^2] = 1,092$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,092 + \sqrt{1,092^2 - 0,913^2}} = 0,592$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,592 \cdot \frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 629,99 \text{ kN}$$

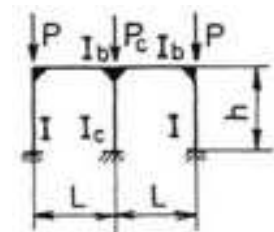
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{227,50}{629,99} = 0,36 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

f) PROSTOROVÝ VZPĚR

$$N_{cr,TF} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{cr,TF}^2} \right) = \frac{1}{0,087^2} \cdot \left(81 \cdot 10^9 \cdot 1,48 \cdot 10^{-7} + \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 6,02 \cdot 10^{-8}}{5,0^2} \right) = 2\,243,21 \text{ kN}$$

$$i_0 = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,51 \cdot 10^{-5} + 9,25 \cdot 10^{-6}}{4,53 \cdot 10^{-3}}} = 0,087$$

$$\lambda_{TF} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{2\,243,21 \cdot 10^3}} = 0,689$$



pro střední sloup:

$$\sqrt{\frac{2 + \Psi}{2 + \eta}} \sqrt{\frac{\eta}{\Psi}}$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,689 - 0,2) + 0,689^2] = 0,820$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0,820 + \sqrt{0,820^2 - 0,689^2}} = 0,790$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,790 \cdot \frac{4,53 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 840,94 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{227,50}{806,88} = 0,27 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

g) KLOPENÍ

křivka vzpěrné pevnosti: a $\rightarrow \alpha = 0,21$

$$M_{Ed} = 28,85 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{L_z}{L_w} \right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_z^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot e_z)^2 + C_2 \cdot e_z \right] =$$

$$= 1,365 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,25 \cdot 10^{-6}}{5,0^2} \cdot$$

$$\cdot \left[\sqrt{\left(\frac{5,0}{5,0} \right)^2 \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{-8}}{9,25 \cdot 10^{-6}} + \frac{5,0^2 \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 1,48 \cdot 10^{-7}}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,25 \cdot 10^{-6}}} + (0,553 \cdot 0,0)^2 + 0,553 \cdot 0,0 \right] =$$

$$= 155,76 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{155,76 \cdot 10^3}} = 0,487$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,487 - 0,2) + 0,487^2] = 0,649$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,649 + \sqrt{0,649^2 - 0,487^2}} = 0,928$$

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,928 \cdot \frac{1,57 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 34,25 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{28,85}{34,25} = 0,84 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

h) TLAK + OHYB

$$N_{Ed} = 222,03 \text{ kN} \quad v \quad x = 6,000 \text{ m}$$

$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm} \quad \Delta M_{y,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 32,77 \text{ kNm} \quad \Delta M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

$$C_{m,z} = 0,4$$

$$k_{yy} = C_{m,y} \cdot \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \leq C_{m,y} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right]$$

$$= 0,9 \cdot \left[1 + (0,625 - 0,2) \cdot \frac{222,03}{\frac{0,824 \cdot 1064,55}{1,0}} \right] \leq 0,9 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{222,03}{\frac{824 \cdot 1064,55}{1,0}} \right]$$

$$= \underline{0,997} \leq 1,082$$

$$k_{zz} = C_{m,z} \cdot \left[1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} \right] \leq C_{m,z} \cdot \left[1 + 1,4 \cdot \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} \right]$$

$$= 0,4 \cdot \left[1 + (2 \cdot 0,913 - 0,6) \cdot \frac{\frac{222,03}{0,592 \cdot 1064,55}}{1,0} \right] \leq 0,4 \cdot \left[1 + 1,4 \cdot \frac{\frac{222,03}{0,592 \cdot 1064,55}}{1,0} \right]$$

$$= \underline{0,573} \leq 0,597$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,573 = 0,344$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,997 = 0,598$$

(6.61):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0$$

$$\frac{\frac{222,03}{0,824 \cdot 1064,55}}{1,0} + 0,997 \cdot \frac{\frac{0+0}{1,0 \cdot 76,37}}{1,0} + 0,344 \cdot \frac{\frac{32,77+0}{36,90}}{1,0} \leq 1,0$$

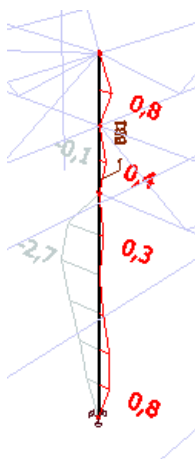
$$0,25 + 0,00 + 0,31 = 0,56 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

(6.62):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0$$

$$\frac{\frac{222,03}{0,592 \cdot 1064,55}}{1,0} + 0,598 \cdot \frac{\frac{0+0}{1,0 \cdot 76,37}}{1,0} + 0,573 \cdot \frac{\frac{32,77+0}{36,90}}{1,0} \leq 1,0$$

$$0,35 + 0,00 + 0,51 = 0,86 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$



Pro posouzení MSÚ je rozhodující namáhání ohybovým momentem v $x=5,000$ m:

$$0,89 \leq 1,0 \checkmark$$

POSUDEK MSP:

(v místě nejvyššího poměru $\frac{u_z}{u_{lim}}$)

$$u_y = 0,8 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{h}{300} = \frac{1000}{300} = 3,3 \text{ mm}$$

$$\frac{u_z}{u_{lim}} = \frac{0,8}{3,3} = 0,24 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU SE SOFTWAREM VÝSTUPY:

Posudek MSÚ:

Ruční výpočet: 0,89

Scia Engineer: 0,89 $\checkmark$ SOUHLASÍ

Posudek MSP:

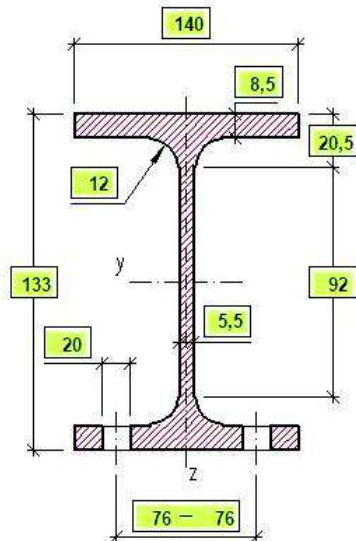
Ruční výpočet: 0,24

Scia Engineer: 0,15

Rozdíl je způsoben rozdílnými hodnotami $u_{z,lim}$, kdy Scia Engineer uvažuje $\frac{l}{200}$

a v ručním výpočtu je uvažováno $\frac{h}{300}$ (doporučená hodnota pro sloupy).

5.2.4. Sloup – HEA140, prvek B142



ZATRŽENÍ PRŮŘEZU:

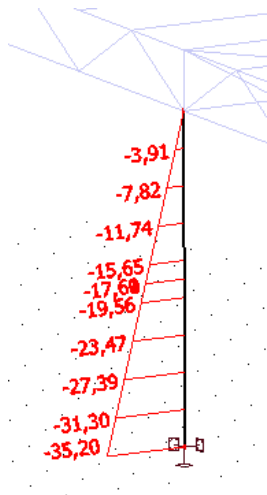
Pásnice: $c = 55,3 \text{ mm}$
 $t_f = 8,5 \text{ mm}$
 $\frac{c}{t_f} = \frac{55,3}{8,5} = 6,5 \leq 72 \cdot \epsilon = 72 \checkmark \text{ TRÍDA 1}$

Stojina: $c = 92 \text{ mm}$
 $t_w = 5,5 \text{ mm}$
 $\frac{c}{t_w} = \frac{92}{5,5} = 16,7 \leq 72 \cdot \epsilon = 72 \checkmark \text{ TRÍDA 1}$

Celkové zatřizení: TRÍDA 1

PRŮŘEZOVÉ A MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:

Průřez:		
A	$3,14 \cdot 10^{-3}$	m^2
I_y	$1,03 \cdot 10^{-5}$	m^4
I_z	$3,89 \cdot 10^{-6}$	m^4
I_t	$8,13 \cdot 10^{-8}$	m^4
I_w	$1,51 \cdot 10^{-8}$	m^6
$W_{pl,y}$	$1,74 \cdot 10^{-4}$	m^3
$W_{pl,z}$	$8,49 \cdot 10^{-5}$	m^3
Materiál:		
f_y	235	MPa
E	210	GPa
G	81	GPa



POSUDEK: MSÚ

a) PROSTÝ TLAK

$N_{Ed} = 35,20 \text{ kN}$ v $x = 0,000 \text{ m}$

$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 737,90 \text{ kN}$

$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{35,20}{737,90} = 0,05 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$

b) SMYK

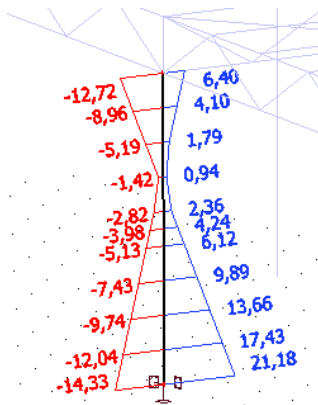
$V_{y,Ed} = 0,23 \text{ kN}$ ~ 0 kN , není třeba posuzovat

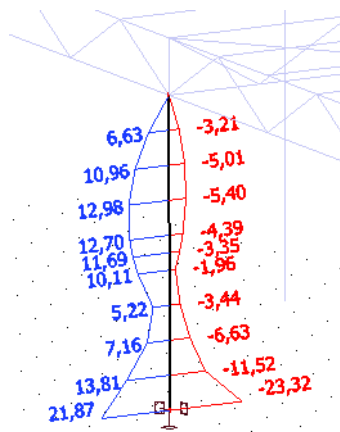
$V_{z,Ed} = 21,18 \text{ kN}$ v $x = 0,000 \text{ m}$

$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$
 $= 3,14 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,140 \cdot 0,0085 + (0,0055 + 2 \cdot 0,012) \cdot 0,0085 = 1,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{1,01 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 137,14 \text{ kN}$

$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{21,18}{137,14} = 0,15 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$





c) OHYB

$$M_{y,Ed} = 23,32 \text{ kNm} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

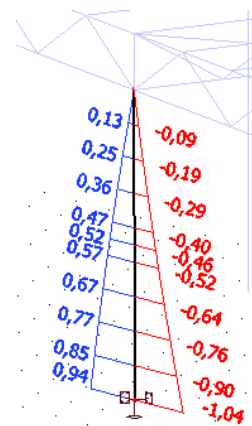
$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{1,74 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 40,89 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{23,32}{40,89} = 0,57 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$M_{z,Ed} = 1,04 \text{ kNm} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{8,49 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 19,95 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{1,04}{19,95} = 0,05 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$



d) OHYB, SMYK A OSOVÁ SÍLA

$$M_{y,Ed} = 23,32 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1,04 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -35,20 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,z,Rd}} = 0,15 \leq 0,50 \rightarrow \text{vliv smyku se může zanedbat}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{35,20}{737,90} = 0,048$$

$$a = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} = \frac{3,14 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 0,140 \cdot 0,0085}{3,14 \cdot 10^{-3}} = 0,242 \leq 0,5 \quad \checkmark$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a} = 40,89 \cdot \frac{1-0,048}{1-0,5 \cdot 0,242} = 44,29 \text{ kNm} \leq M_{pl,Rd} = 40,89 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = 19,95 \text{ kN} \quad (\text{pro } n \leq a)$$

$$\alpha = 2$$

$$\beta = 5 \cdot n = 5 \cdot 0,209 = 1,045$$

$$(6.41): \left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1,0$$

$$\left[\frac{23,32}{40,89} \right]^2 + \left[\frac{1,04}{19,95} \right]^{1,045} = 0,37 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

e) ROVINNÝ VZPĚR

kolmo k rovině y-y:

$$N_{Ed} = 32,50 \text{ kN} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad b \quad \rightarrow \quad \alpha = 0,34$$

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_y = 2,0 \cdot 5,5 = 11,000 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,03 \cdot 10^{-5}}{11,0^2} = 176,43 \text{ kN}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{176,43 \cdot 10^3}} = 2,045$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0,2) + \lambda_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (2,045 - 0,2) + 2,045^2] = 2,905$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{2,905 + \sqrt{2,905^2 - 2,045^2}} = 0,201$$

$$N_{b,Rd} = \chi_y \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,201 \cdot \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 148,52 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{32,50}{148,52} = 0,22 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

kolmo k rovině z-z:

$$N_{Ed} = 32,50 \text{ kN} \quad \text{v} \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$\text{křivka vzpěrné pevnosti:} \quad c \quad \rightarrow \quad \alpha = 0,49$$

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L_z = 0,7 \cdot 5,5 = 3,850 \text{ m}$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,89 \cdot 10^{-6}}{3,85^2} = 543,94 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{543,94 \cdot 10^3}} = 1,165$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,165 - 0,2) + 1,165^2] = 1,415$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,415 + \sqrt{1,415^2 - 1,165^2}} = 0,451$$

$$N_{b,Rd} = \chi_z \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,451 \cdot \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 332,75 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{32,50}{332,75} = 0,10 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

f) PROSTOROVÝ VZPĚR

$$N_{cr,TF} = \frac{1}{i_o^2} \cdot \left(G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{cr,TF}^2} \right) = \frac{1}{0,067^2} \cdot \left(81 \cdot 10^9 \cdot 8,13 \cdot 10^{-8} + \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,51 \cdot 10^{-8}}{5,5^2} \right) =$$

$$= 1\,697,46 \text{ kN}$$

$$i_o = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1,03 \cdot 10^{-5} + 3,89 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 10^{-3}}} = 0,067$$

$$\lambda_{TF} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,TF}}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1697,46 \cdot 10^3}} = 0,659$$

$$\phi_{TF} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0,2) + \lambda_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,659 - 0,2) + 0,659^2] = 0,795$$

$$\chi_{TF} = \frac{1}{\phi_{TF} + \sqrt{\phi_{TF}^2 - \lambda_{TF}^2}} = \frac{1}{0,795 + \sqrt{0,795^2 - 0,659^2}} = 0,806$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{TF} \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,806 \cdot \frac{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 595,00 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{32,50}{595,00} = 0,05 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

g) KLOPENÍ

křivka vzpěrné pevnosti: a $\rightarrow \alpha=0,21$

$$M_{Ed} = 23,32 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot EI}{L_{cr}^2} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{L_z}{L_w}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_z} + \frac{L_z^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot e_z)^2 + C_2 \cdot e_z \right] = 1,132 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,89 \cdot 10^{-6}}{3,85^2} \left[\sqrt{\left(\frac{3,85}{3,85}\right)^2 \cdot \frac{1,51 \cdot 10^{-8}}{3,89 \cdot 10^{-6}} + \frac{3,85^2 \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 8,13 \cdot 10^{-8}}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,89 \cdot 10^{-6}}} + (0,459 \cdot 0,0655)^2 + 0,459 \cdot 0,0655 \right] = 98,54 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,74 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{98,54 \cdot 10^3}} = 0,644$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,400 - 0,2) + 0,400^2] = 0,754$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,754 + \sqrt{0,754^2 - 0,644^2}} = 0,872$$

$$M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = 0,872 \cdot \frac{1,74 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 35,68 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{23,32}{35,68} = 0,65 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

h) TLAK + OHYB

$$N_{Ed} = 29,93 \text{ kN} \quad v \quad x = 0,000 \text{ m}$$

$$M_{y,Ed} = 23,32 \text{ kNm} \quad \Delta M_{y,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,88 \text{ kNm} \quad \Delta M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$C_{m,y} = 0,9$$

$$C_{m,z} = 0,657$$

$$k_{yy} = C_{m,y} \cdot \left[1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \leq C_{m,y} \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \\ = 0,9 \cdot \left[1 + (2,045 - 0,2) \cdot \frac{29,93}{\frac{0,201 \cdot 737,90}{1,0}} \right] \leq 0,9 \cdot \left[1 + 0,8 \cdot \frac{29,93}{\frac{0,201 \cdot 737,90}{1,0}} \right] \\ = 1,235 \leq 1,045$$

$$k_{zz} = C_{m,z} \cdot \left[1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \leq C_{m,z} \cdot \left[1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z \cdot N_{Rk}}{\gamma_{M,1}}} \right] \\ = 0,657 \cdot \left[1 + (2 \cdot 1,165 - 0,6) \cdot \frac{29,93}{\frac{0,451 \cdot 737,90}{1,0}} \right] \leq 0,657 \cdot \left[1 + 1,4 \cdot \frac{29,93}{\frac{0,451 \cdot 737,90}{1,0}} \right] \\ = 0,759 \leq 0,738$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,738 = 0,443$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,045 = 0,627$$

(6.61):

$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0$$

$$\frac{29,93}{\frac{0,201 \cdot 737,90}{1,0}} + 1,045 \cdot \frac{23,32+0}{\frac{0,872 \cdot 40,89}{1,0}} + 0,443 \cdot \frac{0,88+0}{\frac{19,95}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,20 + 0,68 + 0,02 = 0,90 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

(6.62):

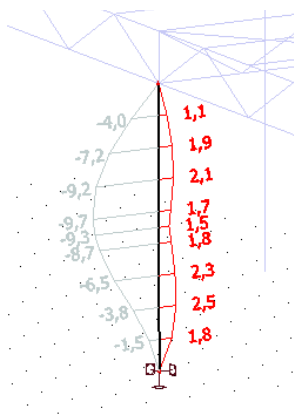
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}}}{\gamma_{M,1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}}}{\gamma_{M,1}} \leq 1,0$$

$$\frac{29,93}{\frac{0,451 \cdot 737,90}{1,0}} + 0,627 \cdot \frac{23,32+0}{\frac{0,958 \cdot 40,89}{1,0}} + 0,737 \cdot \frac{0,88+0}{\frac{19,95}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,09 + 0,37 + 0,03 = 0,49 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

Pro posouzení MSÚ je rozhodující namáhání kombinací tlaku a ohybu podle

(6.62): $0,90 \leq 1,0 \checkmark$



POSUDEK MSP:

(v místě nejvyššího poměru $\frac{u_z}{u_{lim}}$)

$$u_z = 9,7 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{h}{300} = \frac{5500}{300} = 18,3 \text{ mm}$$

$$\frac{u_z}{u_{lim}} = \frac{9,7}{18,3} = 0,53 \leq 1,0 \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

SROVNÁNÍ RUČNÍHO VÝPOČTU SE SOFTWAREM VÝSTUPY:

Posudek MSÚ:

Ruční výpočet: 0,90

Scia Engineer: 0,91 $\checkmark$ SOUHLASÍ

Drobný rozdíl je způsoben zaokrouhlováním během výpočtů.

Posudek MSP:

Ruční výpočet: 0,53

Scia Engineer: 0,35

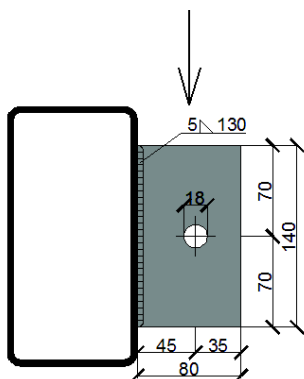
Rozdíl je způsoben rozdílnými hodnotami $u_{z,lim}$, kdy Scia Engineer uvažuje $\frac{l}{200}$

a v ručním výpočtu je uvažováno $\frac{h}{300}$ (doporučená hodnota pro sloupy).

6. Spoje

6.1. Vaznice – vazník

1x Šroub M16 8.8; plech P10 80x140



CHARAKTERISTIKA

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$f_{u,b} = 8 \cdot 100 = 800 \text{ MPa}$$

$$d_o = 18 \text{ mm}$$

$$f_{y,b} = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ MPa}$$

$$A_s = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$e_1 = 35 \text{ mm} \geq e_{\min} = 1,2 \cdot d_o = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$e_2 = 70 \text{ mm} \geq e_{\min} = 1,2 \cdot d_o = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

NAMÁHÁNÍ:

$$V_{Ed} = 19,29 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 19,29 \cdot 0,045 = 0,87 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 0,00 \text{ Kn}$$

PORUŠENÍ PLECHU SMYKEM

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{1,22 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 165,53 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{19,29}{165,53} = 0,12 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSUDEK ŠROUBU:

a) Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}}{1,45} = 51,97 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{19,29}{51,97} = 0,37 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

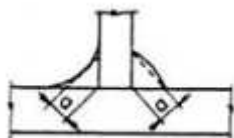
b) Otlačení

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_o}; \frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{35}{3 \cdot 18}; \frac{-}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = 0,648$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,b}} = \frac{2,5 \cdot 0,648 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot 0,016 \cdot 0,0075}{1,45} = 48,26 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{19,29}{48,26} = 0,40 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

PO SOUZENÍ SVARU (w)



$$I_{y,w} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot a_w \cdot l_{\text{eff}}^3 = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,003 \cdot 0,13^3 = 1,10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{y,w} = \frac{I_{y,w}}{z_w} = \frac{1,10 \cdot 10^{-6}}{\frac{0,13}{2}} = 1,69 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_w = 2 \cdot 0,003 \cdot 0,13 = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{19,29}{7,8 \cdot 10^{-4}} = 24,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{y,w}} = \frac{0,87 \cdot 10^3}{1,69 \cdot 10^{-5}} = 51,5 \text{ MPa}$$

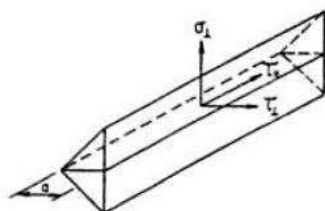
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{51,5}{\sqrt{2}} = 36,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{36,4^2 + 3 \cdot (36,4^2 + 24,7^2)} = 84,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{84,4}{300} = 0,28 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 37,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$



6.2. Vazník – sloup

1x Šroub M16 8.8

CHARAKTERISTIKA

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$f_{u,b} = 8 \cdot 100 = 800 \text{ MPa}$$

$$d_o = 18 \text{ mm}$$

$$f_{y,b} = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ MPa}$$

$$A_s = 1,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$e_1 = 35 \text{ mm} \geq e_{\min} = 1,2 \cdot d_o = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

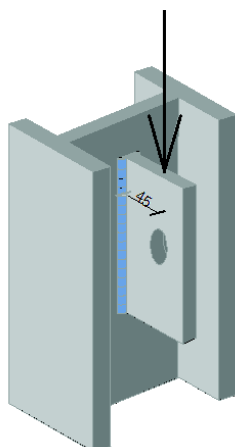
$$e_2 = 100 \text{ mm} \geq e_{\min} = 1,2 \cdot d_o = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

NAMÁHÁNÍ:

$$V_{Ed} = 19,50 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 19,50 \cdot 0,045 = 0,88 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 87,00 \text{ kN}$$



PORUŠENÍ PLECHU SMYKEM

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,0}} = \frac{1,82 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 246,93 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{19,50}{246,93} = 0,08 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSUDEK ŠROUBU:

1) Střih

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M,b}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}}{1,45} = 51,97 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{19,50}{51,97} = 0,37 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

2) Otláčení

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_o}; \frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{u,b}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{35}{3 \cdot 18}; \frac{-}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}; \frac{800}{360}; 1,0 \right\} = 0,648$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M,b}} = \frac{2,5 \cdot 0,648 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot 0,016 \cdot 0,010}{1,45} = 64,35 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{19,50}{64,35} = 0,30 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SVARU (w)

$$I_{y,w} = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot a_w \cdot l_{\text{eff}}^3 = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 0,003 \cdot 0,19^3 = 3,43 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{y,w} = \frac{I_{y,w}}{z_w} = \frac{3,43 \cdot 10^{-6}}{\frac{0,19}{2}} = 3,61 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_w = 2 \cdot 0,003 \cdot 0,13 = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\tau_{ll} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{19,50}{1,14 \cdot 10^{-3}} = 24,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{y,w}} = \frac{0,88 \cdot 10^3}{3,61 \cdot 10^{-5}} = 24,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{87,00 \cdot 10^3}{1,14 \cdot 10^{-3}} = 78,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{24,4}{\sqrt{2}} + \frac{78,1}{\sqrt{2}} = 72,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{72,5^2 + 3 \cdot (72,5^2 + 24,7^2)} = 148,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{148,0}{300} = 0,49 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 72,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

6.3. K-spoj diagonály - spodní pás vazníku

PODMÍNKY:

$$\text{tab.7.8: } -\frac{d_i}{b_o} \in \langle 0,4; 0,8 \rangle: \quad \frac{d_i}{b_o} = \frac{70}{100} = 0,7 \quad \checkmark$$

$$- \text{TRŽÍDA 1:} \quad \frac{d}{t} = \frac{70}{5} = 14 \leq 50 \cdot \epsilon^2 = 50 \cdot 1 = 50 \quad \checkmark$$

$$\begin{aligned}
- \frac{d_i}{t_i} \leq 50: & \quad \frac{d_i}{t_i} = \frac{70}{5} = 14 \leq 50 & \checkmark \\
- \frac{h_o}{b_o} \in \langle 0,5; 2,0 \rangle: & \quad \frac{h_o}{b_o} = \frac{100}{100} = 1 & \checkmark \\
- \frac{b_o}{t_o} \leq 35 + T\check{R}. 2: & \quad \frac{b_o}{t_o} = \frac{100}{5} = 20 \leq 35, T\check{R}. 1 & \checkmark \\
- \frac{h_o}{t_o} \leq 35 + T\check{R}. 2: & \quad \frac{h_o}{t_o} = \frac{100}{5} = 20 \leq 35, T\check{R}. 1 & \checkmark \\
- \frac{g}{b_o} \geq 0,5 \cdot (1 - \beta): & \quad \frac{g}{b_o} = \frac{24}{100} \geq 0,5 \cdot (1-0,7) & \\
& \quad = 0,24 \geq 0,15 & \checkmark \\
& \quad \leq 1,5 \cdot (1 - \beta): & \quad 0,24 \leq 1,5 \cdot (1-0,7) = 0,45 & \checkmark
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{tab.7.9: } - 0,6 \leq \frac{d_1+d_2}{2 \cdot d_1} \leq 1,3: & \quad 0,6 \leq \frac{70+70}{2 \cdot 70} = 1,0 \leq 1,3 & \checkmark \\
- \frac{b_o}{t_o} \geq 15: & \quad \frac{b_o}{t_o} = \frac{100}{5} = 20 & \checkmark
\end{aligned}$$

► Posouzení únosnosti se provede pouze pro *porušení povrchu pásu a porušení mezipásového prutu s redukovanou účinnou šířkou*.

PORUŠENÍ POVRCHU PÁSU

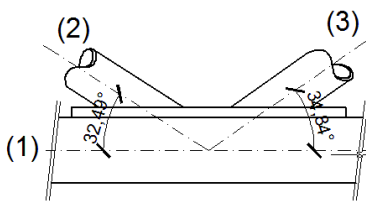
$$\gamma = \frac{b_o}{2 \cdot t_o} = \frac{100}{2 \cdot 5} = 0,1$$

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} = \frac{52,18}{1,84 \cdot 10^{-3}} = 28,4 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{0,Ed}}{f_{y,o}} = \frac{28,4}{235} = 0,121$$

$k_n = 1,0$ pro tah

$$= 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,3 - \frac{0,4 \cdot 0,121}{0,7} = 1,21 \leq \underline{1,0} \text{ pro tlak}$$



$$N_{t,Rd} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot \gamma^{0,5} \cdot k_n \cdot f_{y,o} \cdot t_o^2}{\sin \theta_i} \cdot \frac{d_1 + d_2}{2 \cdot b_o} / \gamma_{M5} =$$

$$(2) = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot 0,1^{0,5} \cdot 1 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2}{\sin 32,49^\circ} \cdot \frac{70+70}{2 \cdot 100} / 1,0 = 16,92 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 165,01 \text{ kN} \quad \text{X}$$

$$(3) = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot 0,1^{0,5} \cdot 1 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2}{\sin 34,84^\circ} \cdot \frac{70+70}{2 \cdot 100} / 1,0 = 15,91 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 154,88 \text{ kN} \quad \text{X}$$

Průřez nevyhoví na porušení povrchu pásu

► navrženo zesílení přivařením plechu na pásnici:

$$l_p \geq 1,5 \cdot \left(\frac{h_1}{\sin \theta_1} + g + \frac{h_2}{\sin \theta_2} \right) = 1,5 \cdot \left(\frac{70}{\sin 32,49^\circ} + 24 + \frac{70}{\sin 34,84^\circ} \right) = 415,3 \text{ mm}$$

Navrženo $l_p = 420 \text{ mm}$

$$b_p \geq b_o - 2 \cdot t_o = 100 - 2 \cdot 5 = 90 \text{ mm}, \quad \text{Navrženo } b_p = 90 \text{ mm}$$

$$t_p \geq 2 \cdot t_1 \text{ a } 2 \cdot t_2 = 2 \cdot 5 = 10 \text{ mm}, \quad \text{Navrženo } t_p = 16 \text{ mm}$$

► Navržen plech P16 420x90

$$(2) N_{t,Rd} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot 0,1^{0,5} \cdot 1 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,016^2}{\sin 32,49^\circ} \cdot \frac{70+70}{2 \cdot 100} / 1,0 = 173,30 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{165,01}{173,30} = 0,95 \leq 1,0$$

✓ VYHOVUJE

$$(3) N_{c,Rd} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{8,9 \cdot 0,1^{0,5} \cdot 1 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,016^2}{\sin 34,84^\circ} \cdot \frac{70+70}{2 \cdot 100} / 1,0 = 162,94 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{154,88}{162,94} = 0,95 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

PORUŠENÍ MEZIPÁSOVÉHO PRUTU S REDUKOVANOU ŠÍŘKOU

$$b_{\text{eff}} = \frac{10}{\frac{b_0}{t_0}} \cdot \frac{f_{y,0} \cdot t_0}{f_{y,i} \cdot t_i} \cdot b_i = \frac{10}{\frac{100}{5}} \cdot \frac{235 \cdot 10^6 \cdot 5}{235 \cdot 10^6 \cdot 5} \cdot 70 = 35 \text{ mm}$$

$$N_{i,Rd} = \frac{\pi}{4} \cdot f_{y,i} \cdot t_i \cdot (2 \cdot d_i - 4 \cdot t_i + d_i + b_{\text{eff}}) / \gamma_{M5}$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,005 \cdot (2 \cdot 0,070 - 4 \cdot 0,005 + 0,070 + 0,035) / 1,0 = 207,64 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{165,01}{207,64} = 0,79 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

7. Kotvení sloupů

7.1. Sloupek opláštění, HEA 140

ŠROUBY: M24-8.8,

$$f_{u,b} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{y,b} = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ MPa}$$

$$T_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{3,53 \cdot 10^{-4} \cdot 640 \cdot 10^6}{1,0} = 225,92 \text{ kN}$$

Navrženy předem zabetonované šrouby s kotevní hlavou, tudíž je třeba počítat s většími otvory kvůli toleranci možných odchylek.

Při betonáži bude použita šablona, což vede na otvory pro šrouby v patním plechu o velikosti: $d_0 = d + 2 \cdot 20 \text{ mm} = 24 + 2 \cdot 20 = \underline{64 \text{ mm}}$

PODLITÍ: Beton C16/20, tl. 30mm

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,7 \text{ MPa}$$

NAMÁHÁNÍ:

$N_{Ed,max} = 35,20 \text{ kN}$	$M_{Ed,max} = 26,10 \text{ kNm}$
$M_{Ed,odp.} = 0,15 \text{ kNm}$	$N_{Ed,odp.} = 4,78 \text{ kN}$
$V_{Ed,max} = 21,18 \text{ kN}$	

PATKA: C16/20, 1000 x 1000 x 800 mm

započitatelné rozměry patky:

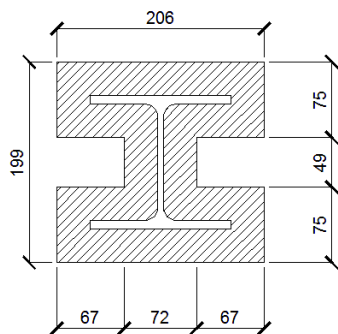
$$a_1 = \min(A_{\text{patky}}, 5 \cdot a; a + h_{\text{patky}}, 5 \cdot b) = \min(1 \text{ m}; 5 \cdot 0,44; 0,44 + 0,8; 5 \cdot 0,440) = 1 \text{ m}$$

$$b_1 = \min(A_{\text{patky}}, 5 \cdot b; b + h_{\text{patky}}, 5 \cdot a) = \min(1 \text{ m}; 5 \cdot 0,44; 0,44 + 0,8; 5 \cdot 0,440) = 1 \text{ m}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 1}{0,44 \cdot 0,44}} = 2,273$$

$$\beta_j = 2/3 \text{ pro: } t_{\text{podlití}} \leq 0,2 \cdot b_{\text{patky}} : 0,030 \leq 0,2 \cdot 1,0 = 0,2 \quad \checkmark$$

$$f_{ck, \text{podlití}} \geq 0,2 \cdot f_{ck, \text{patky}} : 16 \geq 0,2 \cdot 16 = 3,2 \quad \checkmark$$



$$f_{j,d} = \beta_j \cdot \alpha \cdot f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 2,273 \cdot 10,7 = 16,2 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{y,p}}{3 \cdot \gamma_{M,0} \cdot f_{j,d}}} = 15 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,0 \cdot 16,2}} = 33,0 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 0,034 \text{ m}^2$$

POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PATKY

a) max N + M: 35,2 kN + 0,15 kNm

$$\Sigma F_{i,z} = 0$$

$$N_{Ed} = N_c - T_{Rd} \Rightarrow N_{Ed} = A_{eff} \cdot f_{j,d} - T_{Rd}$$

$$A_{eff} = \frac{N_{Ed} + T_{Rd}}{f_{j,d}} = \frac{35,2 + 451,84}{16,2 \cdot 10^3} = 0,030 \text{ m}^2 \Rightarrow r_c = 0,012 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 2 \cdot T_{Rd} \cdot r_t + A_{eff} \cdot f_{j,d} \cdot r_c = 451,84 \cdot 0,12 + 0,030 \cdot 16,2 \cdot 10^3 \cdot 0,012 = 60,05 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{0,15 \cdot 10^3}{60,05 \cdot 10^3} = 0,00 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) N + max M: 4,78 kN + 26,10 kNm

$$\Sigma F_{i,z} = 0$$

$$N_{Ed} = N_c - T_{Rd} \Rightarrow N_{Ed} = A_{eff} \cdot f_{j,d} - T_{Rd}$$

$$A_{eff} = \frac{N_{Ed} + T_{Rd}}{f_{j,d}} = \frac{4,78 + 451,84}{16,2 \cdot 10^3} = 0,028 \text{ m}^2 \Rightarrow r_c = 0,018 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 2 \cdot T_{Rd} \cdot r_t + A_{eff} \cdot f_{j,d} \cdot r_c = 451,84 \cdot 0,12 + 0,028 \cdot 16,2 \cdot 10^3 \cdot 0,018 = 62,39 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{26,10 \cdot 10^3}{62,39 \cdot 10^3} = 0,42 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

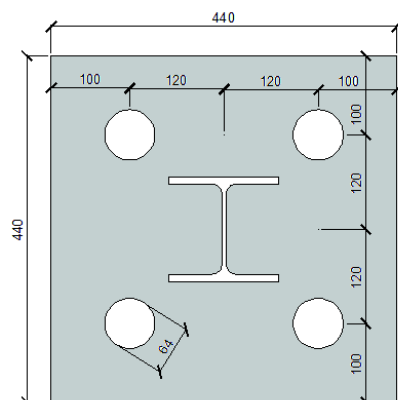
c) pevnost betonu

$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{35,20 \cdot 10^3}{0,030} = 1,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{f_{j,d}} = \frac{1,2}{16,2} = 0,07 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

PŘENOS VODOROVNÝCH SIL

Realizován kotevními šrouby, viz posouzení střihu šroubů.



POSOUZENÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ

a) TAH

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{e} = \frac{M_{Ed,y}}{e_y} = \frac{26,10}{0,12} = 217,5 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{e_z} = \frac{2,40}{0,12} = 20 \text{ kN} \right)$$

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}{1,45} = 350,57 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{217,5}{350,57} = 0,62 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) STŘIH

$$V_{Ed} = 21,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 4 \cdot \frac{0,6 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 4 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}{1,45} = 467,44 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{21,18}{467,44} = 0,05 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

c) OTLAČENÍ

K otlačení nedojde z důvodu velkých průměrů děr pro šrouby.

POSOUZENÍ SOUDRŽNOSTI MEZI ŠROUBEM A BETONEM

$$N_{Ed} = \frac{217,5}{2} = 108,8 \text{ kN}$$

$$f_{o,d} = \frac{f_{o,k}}{\gamma_c} = \frac{32}{1,5} = 21,33 \text{ MPa}$$

$$f_{t,d} = \frac{f_{t,k}}{\gamma_c} = \frac{1,13}{1,5} = 0,75 \text{ MPa}$$

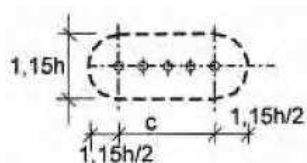
$$\Delta h = \left(\frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \frac{f_{o,d}}{4 \cdot f_{t,d}} \cdot d = \left(\frac{4 \cdot 4,15 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,024^2} - 1 \right) \frac{21,33 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,75 \cdot 10^6} \cdot 0,024 = 2,557 \text{ m}$$

$$A = 0,8 \cdot A_s \frac{0,8 \cdot f_{y,d}}{f_{o,d}} + \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4} \frac{0,8 \cdot 640}{21,33} + \frac{\pi \cdot 0,024^2}{4} = 7,231 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_{s,Rd} = \pi \cdot d \cdot (h + \Delta h) \cdot f_{t,d} = \pi \cdot 0,024 \cdot (0,5 + 2,557) \cdot 0,75 \cdot 10^6 = 172,9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{s,Rd}} = \frac{108,8}{172,9} = 0,63 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA VYTRŽENÍ ŠROUBU ZE ZÁKLADU

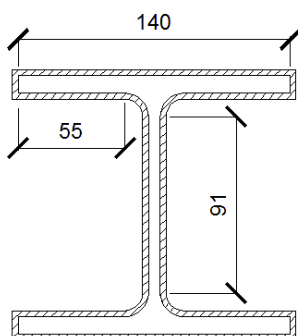


$$A_k = 2,1 \cdot h^2 + 2,3 \cdot c \cdot h = 2,1 \cdot 0,5^2 + 2,3 \cdot 0,24 \cdot 0,5 = 0,801 \text{ m}^2$$

$$f_{v,Rd} = A_k \cdot f_{t,Rd} = 0,801 \cdot 0,75 \cdot 10^6 = 600,8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{s,Rd}} = \frac{217,5}{600,8} = 0,36 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SVARU



Průřez bude přivařen po celém obvodu ($a = 5 \text{ mm}$), do výpočtu jsou však uvažovány pouze přímé části svaru, viz obr.

Namáhání svaru uvažováno hodnotami obálky vnitřních sil, i když jednotlivé hodnoty nemusí působit současně, a to z důvodu redukování množství výpočtů pro zjištění nejneprůzračnější kombinace namáhání (pokud svary vyhoví na obálku namáhání, vyhoví i na všechny jednotlivé kombinace).

$$I_y = 1,50 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 6,60 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{y,w} = \frac{I_{y,w}}{z_w} = \frac{1,50 \cdot 10^{-5}}{\frac{0,091}{2}} = 3,30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{z,w} = \frac{I_{z,w}}{z_w} = \frac{6,60 \cdot 10^{-6}}{0,008} = 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{y,f} = \frac{I_{y,w}}{z_f} = \frac{1,50 \cdot 10^{-5}}{\frac{0,141}{2}} = 2,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{z,f} = \frac{I_{z,w}}{z_f} = \frac{6,60 \cdot 10^{-6}}{0,07} = 9,43 \cdot 10^{-5}$$

$$A_w = 2 \cdot 0,005 \cdot 0,091 = 9,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_f = 2 \cdot 0,005 \cdot 0,140 + 4 \cdot 0,005 \cdot 0,055 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{svaru}} = A_w + A_f = 9,1 \cdot 10^{-4} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 3,41 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

a) posouzení namáhání ve směru osy z:

svar u stojiny průřezu:

$$\tau_{ll} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{21,18 \cdot 10^3}{9,10 \cdot 10^{-4}} = 23,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{y,w}} = \frac{26,10 \cdot 10^3}{3,30 \cdot 10^{-4}} = 79,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{35,20 \cdot 10^3}{3,41 \cdot 10^{-3}} = 10,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{79,2}{\sqrt{2}} + \frac{10,3}{\sqrt{2}} = 63,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{63,3^2 + 3 \cdot (63,3^2 + 23,3^2)} = 132,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{132,8}{300} = 0,44 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 63,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

svar u pásnic průřezu:

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{y,f}} = \frac{26,10 \cdot 10^3}{2,10 \cdot 10^{-4}} = 124,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{35,20 \cdot 10^3}{3,41 \cdot 10^{-3}} = 10,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{124,4}{\sqrt{2}} + \frac{10,3}{\sqrt{2}} = 95,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{95,3^2 + 3 \cdot (95,3^2 + 0^2)} = 190,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{190,5}{300} = 0,63 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 95,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) posouzení namáhání ve směru osy y:

svar u pásnic průřezu:

$$\tau_{ll} = \frac{V_{Ed}}{A_f} = \frac{0,68 \cdot 10^3}{2,50 \cdot 10^{-3}} = 0,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{z,f}} = \frac{2,40 \cdot 10^3}{9,43 \cdot 10^{-5}} = 25,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{35,20 \cdot 10^3}{3,41 \cdot 10^{-3}} = 10,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{25,5}{\sqrt{2}} + \frac{10,3}{\sqrt{2}} = 25,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{25,3^2 + 3 \cdot (25,3^2 + 0,3^2)} = 50,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{50,6}{300} = 0,17 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 25,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

svar u stojiny průřezu:

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{z,w}} = \frac{2,40 \cdot 10^3}{8,25 \cdot 10^{-4}} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{35,20 \cdot 10^3}{3,41 \cdot 10^{-3}} = 10,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{2,9}{\sqrt{2}} + \frac{10,3}{\sqrt{2}} = 9,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{9,4^2 + 3 \cdot (9,4^2 + 0^2)} = 18,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{18,8}{300} = 0,06 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 9,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU

$$c = 33,0 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_{j,d} \cdot c^2 = \frac{1}{8} \cdot 16,2 \cdot 10^3 \cdot 0,033^2 = 2,21 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{5,625 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 13,22 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{2,21}{13,22} = 0,17 \leq 1,0 \quad \checkmark \quad \text{VYHOVUJE}$$

7.2. Nosný sloup, HEA180

ŠROUBY: M24-8.8,

$$f_{u,b} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{y,b} = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ MPa}$$

$$T_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{3,53 \cdot 10^{-4} \cdot 640 \cdot 10^6}{1,0} = 225,92 \text{ kN}$$

Navrženy předem zabetonované šrouby s kotevní hlavou, tudíž je třeba počítat s většími otvory kvůli toleranci možných odchylek.

Při betonáži bude použita šablona, což vede na otvory pro šrouby v patním plechu o velikosti: $d_o = d + 2 \cdot 20 \text{ mm} = 24 + 2 \cdot 20 = \underline{64 \text{ mm}}$

PODLITÍ: Beton C16/20, tl. 30 mm

$$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,7 \text{ MPa}$$

NAMÁHÁNÍ:

$$N_{Ed,max} = 227,5 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,max} = 37,45 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,odp.} = 8,11 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed,odp.} = 5,54 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max} = 46,60 \text{ kN}$$

PATKA: C16/20, 1000 x 1000 x 800 mm

započitatelné rozměry patky:

$$a_1 = \min(A_{patky}, 5 \cdot a; a + h_{patky}, 5 \cdot b) = \min(1 \text{ m}; 5 \cdot 0,44; 0,48 + 0,8; 5 \cdot 0,440) = 1 \text{ m}$$

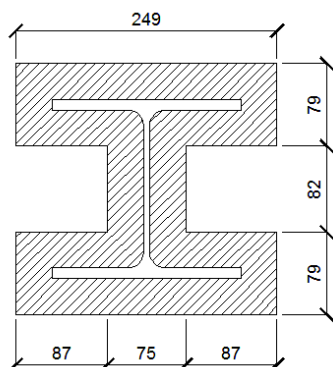
$$b_1 = \min(A_{patky}, 5 \cdot b; b + h_{patky}, 5 \cdot a) = \min(1 \text{ m}; 5 \cdot 0,44; 0,48 + 0,8; 5 \cdot 0,440) = 1 \text{ m}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 1}{0,48 \cdot 0,48}} = 2,083$$

$$f_{j,d} = \beta_j \cdot \alpha \cdot f_{cd} = \frac{2}{3} \cdot 2,083 \cdot 10,7 = 14,9 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{y,p}}{3 \cdot \gamma_{M,0} \cdot f_{j,d}}} = 15 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 1,0 \cdot 14,9}} = 34,4 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = 0,045 \text{ m}^2$$



POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI PATKY

a) max N + M: $227,5 \text{ kN} + 8,11 \text{ kNm}$

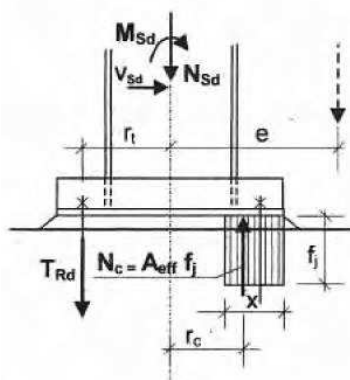
$$\Sigma F_{i,z} = 0$$

$$N_{Ed} = N_c - T_{Rd} \Rightarrow N_{Ed} = A_{eff} \cdot f_{j,d} - T_{Rd}$$

$$A_{eff} = \frac{N_{Ed} + T_{Rd}}{f_{j,d}} = \frac{227,5 + 451,84}{14,9 \cdot 10^3} = 0,045 \text{ m}^2 \Rightarrow r_c = 0,000 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 2 \cdot T_{Rd} \cdot r_t + A_{eff} \cdot f_{j,d} \cdot r_c = 451,84 \cdot 0,14 + 0,045 \cdot 14,9 \cdot 10^3 \cdot 0,000 = 63,26 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{8,11 \cdot 10^3}{63,26 \cdot 10^3} = 0,00 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$



b) N + max M:

$$\Sigma F_{i,z} = 0$$

$$N_{Ed} = N_c - T_{Rd} \Rightarrow N_{Ed} = A_{eff} \cdot f_{j,d} - T_{Rd}$$

$$A_{eff} = \frac{N_{Ed} + T_{Rd}}{f_{j,d}} = \frac{5,54 + 451,84}{14,9 \cdot 10^3} = 0,031 \text{ m}^2 \Rightarrow r_c = 0,041 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = 2 \cdot T_{Rd} \cdot r_t + A_{eff} \cdot f_{j,d} \cdot r_c = 451,84 \cdot 0,14 + 0,031 \cdot 14,9 \cdot 10^3 \cdot 0,041 = 82,20 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{37,45 \cdot 10^3}{82,20 \cdot 10^3} = 0,46 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

c) pevnost betonu

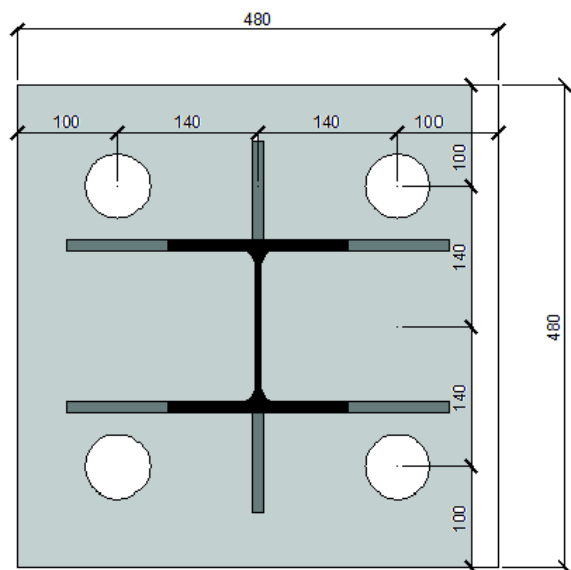
$$\sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{227,50 \cdot 10^3}{0,045} = 5,1 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{f_{j,d}} = \frac{5,1}{14,9} = 0,34 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

PŘENOS VODOROVNÝCH SIL

Realizován kotevními šrouby, viz posouzení stříhu šroubů.

POSOUZENÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ



a) TAH

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{e} = \frac{M_{Ed,y}}{e_y} = \frac{37,45}{0,14} = 267,50 \text{ kN}$$

$$\left(\frac{M_{Ed,z}}{e_z} = \frac{32,77}{0,14} = 234,07 \text{ kN} \right)$$

$$F_{t,Rd} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 2 \cdot \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}{1,45} = 350,57 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{267,5}{350,57} = 0,76 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) STŘIH

$$V_{Ed} = 46,60 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 4 \cdot \frac{0,6 \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 4 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^6 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4}}{1,45} = 467,44 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{46,60}{467,44} = 0,10 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

c) OTLAČENÍ

K otlačení nedojde z důvodu velkých průměrů děr pro šrouby.

POSOUZENÍ SOUDRŽNOSTI MEZI ŠROUBEM A BETONEM

$$N_{Ed} = \frac{267,5}{2} = 133,8 \text{ kN}$$

$$f_{o,d} = \frac{f_{o,k}}{\gamma_c} = \frac{32}{1,5} = 21,33 \text{ MPa}$$

$$f_{t,d} = \frac{f_{t,k}}{\gamma_c} = \frac{1,13}{1,5} = 0,75 \text{ MPa}$$

$$\Delta h = \left(\frac{4 \cdot A}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \frac{f_{o,d}}{4 \cdot f_{t,d}} \cdot d = \left(\frac{4 \cdot 4,15 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,024^2} - 1 \right) \frac{21,33 \cdot 10^6}{4 \cdot 0,75 \cdot 10^6} \cdot 0,024 = 2,557 \text{ m}$$

$$A = 0,8 \cdot A_s \frac{0,8 \cdot f_{y,d}}{f_{o,d}} + \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 3,53 \cdot 10^{-4} \frac{0,8 \cdot 640}{21,33} + \frac{\pi \cdot 0,024^2}{4} = 7,231 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$F_{s,Rd} = \pi \cdot d \cdot (h + \Delta h) \cdot f_{t,d} = \pi \cdot 0,024 \cdot (0,5 + 2,557) \cdot 0,75 \cdot 10^6 = 172,9 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{s,Rd}} = \frac{133,8}{172,9} = 0,77 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ NA VYTRŽENÍ ŠROUBU ZE ZÁKLADU

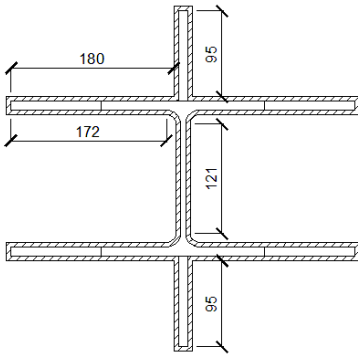
$$A_k = 2,1 \cdot h^2 + 2,3 \cdot c \cdot h = 2,1 \cdot 0,5^2 + 2,3 \cdot 0,28 \cdot 0,5 = 0,847 \text{ m}^2$$

$$f_{v,Rd} = A_k \cdot f_{t,Rd} = 0,847 \cdot 0,75 \cdot 10^6 = 635,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{s,Rd}} = \frac{267,5}{635,3} = 0,42 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ SVARU

Princip posouzení stejný, jako u 6.1.:



$$I_y = 9,76 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{y,w} = \frac{I_{y,w}}{z_w} = \frac{9,76 \cdot 10^{-5}}{\frac{0,380}{2}} = 5,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{y,f} = \frac{I_{y,w}}{z_f} = \frac{9,76 \cdot 10^{-5}}{\frac{0,181}{2}} = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$I_z = 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_{z,w} = \frac{I_{z,w}}{z_w} = \frac{1,06 \cdot 10^{-4}}{0,008} = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{z,f} = \frac{I_{z,w}}{z_f} = \frac{1,06 \cdot 10^{-4}}{0,07} = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$A_w = 2 \cdot 0,005 \cdot (0,121 + 2 \cdot 0,095) = 3,11 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_f = 4 \cdot 0,005 \cdot 0,180 + 4 \cdot 0,005 \cdot 0,172 = 7,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_{\text{svaru}} = A_w + A_f = 3,11 \cdot 10^{-3} + 7,04 \cdot 10^{-3} = 1,02 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

a) posouzení namáhání ve směru osy z:

svar u stojiny průřezu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{24,19 \cdot 10^3}{3,11 \cdot 10^{-3}} = 7,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{y,w}} = \frac{37,45 \cdot 10^3}{5,26 \cdot 10^{-4}} = 71,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{227,50 \cdot 10^3}{1,02 \cdot 10^{-2}} = 22,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{71,2}{\sqrt{2}} + \frac{22,4}{\sqrt{2}} = 66,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{66,2^2 + 3 \cdot (66,2^2 + 7,8^2)} = 133,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{132,8}{300} = 0,44 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 66,2 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

svar u pásnic průřezu:

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{y,f}} = \frac{37,45 \cdot 10^3}{1,08 \cdot 10^{-3}} = 34,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{227,50 \cdot 10^3}{1,02 \cdot 10^{-2}} = 22,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{34,7}{\sqrt{2}} + \frac{22,4}{\sqrt{2}} = 40,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{40,4^2 + 3 \cdot (40,4^2 + 0^2)} = 80,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{80,8}{300} = 0,27 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 40,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

b) posouzení namáhání ve směru osy y:

svar u pásnic průřezu:

$$\tau_{ll} = \frac{V_{Ed}}{A_f} = \frac{46,6 \cdot 10^3}{7,04 \cdot 10^{-3}} = 6,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{z,f}} = \frac{32,77 \cdot 10^3}{1,18 \cdot 10^{-3}} = 27,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{227,50 \cdot 10^3}{1,02 \cdot 10^{-2}} = 22,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{27,8}{\sqrt{2}} + \frac{22,4}{\sqrt{2}} = 35,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{35,5^2 + 3 \cdot (35,5^2 + 6,6^2)} = 72,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{72,0}{300} = 0,24 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 35,5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

svar u stojiny průřezu:

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed}}{W_{z,w}} = \frac{32,77 \cdot 10^3}{5,58 \cdot 10^{-4}} = 58,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{227,50 \cdot 10^3}{1,02 \cdot 10^{-2}} = 22,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} + \frac{\sigma_N}{\sqrt{2}} = \frac{58,7}{\sqrt{2}} + \frac{22,4}{\sqrt{2}} = 57,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ll}^2)} = \sqrt{57,4^2 + 3 \cdot (57,4^2 + 0^2)} = 114,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Rd} = \frac{f_u}{\beta \cdot \gamma_w} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,5} = 300 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} = \frac{114,8}{300} = 0,06 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} = 57,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{360}{1,5} = 240 \text{ MPa} \quad \checkmark \text{ VYHOVUJE}$$

POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU

$$c = 34,4 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot f_{j,d} \cdot c^2 = \frac{1}{8} \cdot 14,9 \cdot 10^3 \cdot 0,0344^2 = 2,20 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,0}} = \frac{5,625 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 13,22 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{2,20}{13,22} = 0,17 \leq 1,0 \quad \checkmark \quad \text{VYHOVUJE}$$

8. Výkaz materiálu

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Objem [m³]
CS1 - VHP100/100x5.0	S 235	14,4	240,200	3469,4	91,997	7850,0	4,4197e-01
CS2 - VHP200/100x5.0	S 235	22,3	90,200	2010,9	52,586	7850,0	2,5617e-01
CS3 - RO70X5	S 235	8,0	114,280	915,0	25,142	7850,0	1,1657e-01
CS4 - HEA180	S 235	35,6	51,000	1813,6	52,020	7850,0	2,3103e-01
CS5 - IPN200	S 235	26,2	240,000	6292,6	170,074	7850,0	8,0160e-01
CS6 - RD20	S 235	2,5	42,521	104,8	2,665	7850,0	1,3351e-02
CS8 - RO51X5	S 235	5,7	85,000	482,4	13,600	7850,0	6,1455e-02
CS9 - HEA140	S 235	24,6	18,005	443,8	14,296	7850,0	5,6534e-02

Jméno	Hmotnost [kg]	Povrch [m²]	Objem [m³]
Celkový součet :	15532,6	422,379	1,9787e+00

Hmotnost ocelové konstrukce by měla být v rozmezí 6-8 kg/m³:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{15\,532,6}{15 \cdot 30 \cdot 5,5} = \frac{15\,532,6}{2475} = 6,27 \text{ kg/m}^3 \quad \checkmark$$

9. Seznam příloh

- | | |
|--|---------|
| 1) Detail přípoje vaznice na vazník, | M 1:2 |
| 2) Detail přípoje vazníku na sloup, | M 1:2 |
| 3) Detail přípoje diagonál | M 1:2 |
| 4) Detail kotvení K1 | M 1:5 |
| 5) Detail kotvení K2 | M 1:5 |
| 6) Výkres vazníku a ztužidla | M 1:50 |
| 7) Půdorys střechy | M 1:100 |
| 8) Boční a čelní pohled | M 1:100 |
| 9) Kotevní plán | M 1:100 |
| 10) Výstupy ze softwaru Scia Engineer 14 | |