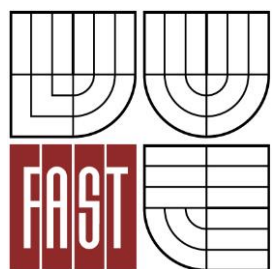




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ A VÝROBNÍ OBJEKT

ADMINISTRATIVE AND PRODUCTION BUILDING.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

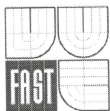
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VÍTĚZSLAV HÁNDL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

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 3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

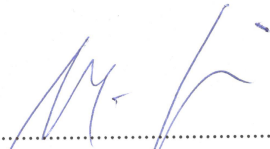
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Vítězslav Hándl
Název Administrativní a výrobní objekt
Vedoucí bakalářské práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
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

ČSN EN 1991 Zatížení staveb

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus

Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Melcher, Straka

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

Vypracujte návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce dvoupodlažního objektu administrativně výrobního charakteru o půdorysných rozměrech 12,0 x 45,0m.

Vypracujte:

Technickou zprávu.

Statický výpočet základních nosných prvků.

Výkresovou dokumentaci v rozsahu dispozičních výkresů včetně výpisu materiálu.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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


.....
Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

V zadané bakalářské práci jsem řešil návrh a posouzení ocelové konstrukce dvoupodlažního objektu administrativně výrobního charakteru o půdorysných rozměrech 44x12,5m a výškou 9,225m. Objekt je tvořený jako halová konstrukce tvořená rámovými příčnými vazbami, které jsou osově vzdálené po 6m. Střešní tvar je sedlový se sklonem 5,71°. Vnější plášť haly je proveden sendvičovými panely.

Klíčová slova

Ocelová konstrukce, dvoupodlažní hala, model, zatížení, vnitřní síly, navrhování, posouzení, příhradový prut, příčná vazba

Abstract

In my bachelor thesis I deal with the design and assesment of the steel structure two storey big office and production hall. In the groundplan the hall has dimensions 44x12,5 metres and the hall has a height of 9,225m. The object is designed as a hall with frame structure. The frames are axially located one from each other in 6m. Roof has a saddle type shape with a downgrade of 5,71°. The sheating of the hall is made up of sandwinch insulation panels.

Keywords

Steel structure, two storey hall, model, load, internal forces, design, assesment, truss member, frame structure

Bibliografická citace VŠKP

Vítězslav Hándl *Administrativní a výrobní objekt*. Brno, 2016. 86 s., 17 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2016



.....
podpis autora
Vítězslav Hándl

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2016



.....
podpis autora
Vítězslav Hándl

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Stanislavu Buchtovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za čas, který mi věnoval, za vstřícnost a za cenné rady k dané řešené práci.

Obsah

1. Textová část

- Úvodní listy
- Technická zpráva

2. Výpočtová část

- Statický výpočet a výkaz materiálu

3. přílohy

Výkresová část

- Dispoziční výkresy M 1:100
- Výkres kotvení M 1:100
- Výkresy detailů M 1:10
- Výpis ze statických tabulek kingspan
- Výpis ze technického listu panelů spiroll
- Výpis ze technického listu kotvení hilti
- Výpis z katalogu podhledů

Seznam použitých zdrojů

1. Normativní dokumenty

- ČSN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

2. Literatura

- VRANÝ, Tomáš. *Ocelové konstrukce 20: projekt, haly*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02806-2.
- ELIÁŠOVÁ, Martina a Zdeněk SOKOL. *Ocelové konstrukce 1: příklady*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05214-3.
- STUDNIČKA, Jiří. *Ocelové konstrukce: normy*. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-03930-4.
- WALD, František. *Základy navrhování ocelových konstrukcí podle ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8*. Ostrava: Česká asociace ocelových konstrukcí, 2010. ISBN 978-80-904535-0-0.
- WALD, František. *Prvky ocelových konstrukcí: příklady podle Eurokódů*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02722-8.
- VRANÝ, Tomáš a Martina ELIÁŠOVÁ. *Ocelové konstrukce 2*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03331-7.

3. Internetové zdroje

<http://panely.kingspan.cz/sendvicove-panely-zatepleni-izolace-oplasteni-1725.html>

<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=30183>

<http://www.valentazt.cz/srouby-se-sestihrannou-hlavou.html#din931>

<http://www.feromax.cz/plocha-ocel-sor9.html>

<http://citankaok.wz.cz/var2.htm>

<https://www.hilti.cz/kotevn%C3%AD-technika/kotevn%C3%AD-%C5%A1rouby-a-prvky/387065>

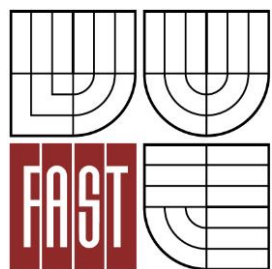
<https://www.us.hilti.com/hy200-system>

4. Použitý software

- Dlubal RSTAB 8.05 64-bit
- Nemetschek Allplan 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ A VÝROBNÍ OBJEKT

ADMINISTRATIVE AND PRODUCTION BUILDING.

TECHNICKÁ ZPRÁVA

Obsah

1	Obecné údaje	2
2	Normativní dokumenty	2
3	Popis konstrukčního řešení	2
4	Základní prvky hlavní nosné konstrukce	3
5	Výpočtový model	6
6	Zatížení	6
7	Montážní postup	6
8	Hmotnost konstrukce	7
9	Poznámky.....	7

1. OBECNÉ ÚDAJE

V bakalářské práci se řeší návrh nosné konstrukce dvoupodlažního objektu administrativně výrobního charakteru o půdorysných rozměrech 44x12,5m. Podkladem pro práci bylo zadání soukromého investora, který měl v úmyslu takovýto objekt zrealizovat. Objekt se navrhoval do v obce Sluštice, okrese Praha-východ. Konstrukce se navrhovala na splnění normativních požadavků spolehlivosti.

Objekt je dvoupodlažní halová konstrukce. Příčná vazba je tvořena nosnými sloupy, na které je uložený vazník, který zajišťuje hlavní nosnou konstrukci střechy. Kolmo na vazníky jsou uloženy vaznice na nichž je uložen střešní plášť a to sendvičový panel. Prvky příčné vazby doplňuje stropní průvlak, který je uložen na krajní nosné sloupy a který vynáší stropní konstrukci tvořenou betonovými panely a středový sloup, který tvoří svislou podporu pro průvlak uprostřed objektu.

Prostorová tuhost objektu je zajištěna příčným ztužidlem, které je umístěno v prostředním poli haly. Příčné ztužidlo je tvořeno částí střešní stěnovou částí na každé straně haly. Tuhost střešní roviny zajišťuje dále okapové ztužení. Objekt je dále ztužen v rovině čelních stěn.

Objekt je opláštěný sendvičovými panely kingspan s rovným vnějším povrchem. KS1000 Top Dek ve střešní části a KS1000 AWP ve stěnové části.

První nadzemní podlaží je uvažováno jako část výrobní a v druhém nadzemním podlaží se nachází administrativní část. Světlá výška prvního nadzemního podlaží se uvažuje 3,8m, druhého nadzemního podlaží 2,75m po podhled. Výška objektu je 9,425m vztaženo k ÚT. 9,225 vztaženo k 0,000. Sklon střešní roviny je 5,71°.

2. NORMATIVNÍ DOKUMENTY

- ČSN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnicků
- ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

3. POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Půdorysné rozměry objektu jsou 44x12,5m. Objekt je navržen jako halová konstrukce. Tuhost konstrukce v příčném směru zajišťují příčné vazby, které jsou od sebe osově vzdálené po 6m. Příčná vazba je tvořena krajními nosnými sloupy, které vynáší stropní průvlak a vazník. Sloupy jsou uloženy kloubově. Stropní průvlak i vazník jsou na sloup uloženy kloubově. Stropní průvlak je navrhnutý jako prostý nosník na vzdálenost 6,25m. Uprostřed rozpětí haly, čili v příčném směru vzdálenosti 6,25m je průvlak podporován prostředním sloupem, který je uložen kloubově. Vazník je

navrhnutý na rozpětí 12,5m. Na vazník jsou kloubově uložené vaznice, uvažovány jako prosté nosníky na rozpětí 6m. Na styčníky spodního pásu vazníku jsou kloubově uložené nosníky pro podhled na rozpětí 6m vzdálené od sebe 2,5m v příčném směru, čili jsou umístěny na každém druhém styčníku vazníku. Prostorovou tuhost konstrukce zajišťuje jedno příčné ztužidlo. Ztužidlo je uvažováno jako příhradová konstrukce ve stěnové části a ve střešní části (mezi osami 5, 6). Dále tuhost v příčném směru zajišťuje příčné ztužení v rovině příčné vazby, které je umístěné mezi krajním a prostředním sloupem pod průvlakem ve dvou prostředních příčných vazbách (mezi osami, 5, 6, B, C).

Tuhost střešní konstrukce kromě příčného střešního ztužidla, zajišťuje okapové ztužení, které je zataženo do čelních štítových stěn. Čelní štítové stěny jsou v jejich rovině ztuženy příčným ztužením.

Štítové stěny jsou předsazené od krajních příčných vazeb o 1m. Spolupůsobení a ztužení čelních štítových stěn s příčnou vazbou objektu je zajištěno střešním okapovým ztužením.

Z důvodů splnění statických požadavků na stěnové panely kingspan a to sání a tlak větru, byly vloženy další sloupy v podélném směru mezi sloupy příčné vazby. Tyto sloupy jsou uloženy kloubově a v horní části přichyceny ke krajní vaznici. Okapové ztužení spolu s krajní vaznicí zajišťuje podporu pro sloup.

Sloupy v podélném směru zajišťuje v úrovni průvlaků podélný výztužný nosník.

Tuhost stropní konstrukce zajišťují ŽB panely spiroll PPD 207, které jsou uloženy na průvlaky. Mezi jednotlivé dílce se osadí zálivková výztuž, která se přivaří k průvlakem a provede se zálivka z vysokopevnostní malty.

Opláštění je tvořeno sendvičovými panely kingspan o tloušťce jádra 100mm. Celková výška panelu 130mm. Panely jsou kotveny do vaznic ve střeše a do sloupů ve stěnách.

4. ZÁKLADNÍ PRVKY HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Profily byly tvořeny převážně válcovanými průřezy IPE. Ztužidla byla tvořena průřezy trubkami RO a rovnoramennými úhelníky. Prvky vazníku byly tvořeny rovnoramennými úhelníky. Konstrukce je navržena z oceli S235 kromě průvlakem, který je z oceli S355.

Sloupy příčné vazby

Sloupy jsou tvořeny válcovanými profily IPE 360. Pro stanovení dimenze průřezu byl naprosto rozhodující mezní stav použitelnosti, při dodržení limitu vodorovné deformace ve špičce sloupu.

Vazníky

Vazník byl navrhnutý z rovnoramenných úhelníku na rozpětí 12,5 metru. Horní pás vazníku je tvořen rovnoramenným úhelníkem 90x90x7 na který je přivařený styčníkový plech P8 a na tento plech je přichycena vaznice přes příložku 170x70x30mm a úhelník L140x80x8. Spodní pás vazníku je tvořen rovnoramenným úhelníkem 70x70x7 na který je přes přivařený styčníkový plech P8 a přichycen po 2,5 metrech nosník pro podhled. Diagonály a svislice se skládají ze složených prutů. Pruty tvoří dvojice úhelníků. Svislice a vnitřní diagonály jsou tvořeny dvojicí rovnoramenných úhelníků 30x30x4mm. Vnitřní vložky jsou o rozměru 25x25x8mm přivařeny koutovými svary po celém obvodu vložky. Vložky jsou po vzdálenostech 130mm. Krajní diagonály tvoří dvojice rovnoramenných úhelníků 45x45x4mm a vnitřní vložky o rozměru 40x40x8mm jsou přivařeny koutovými svary po celém obvodu vložky. Vzdálenost vnitřních vložek je 200mm. Styčníky vazníku jsou tvořeny styčníkovými plechy P8 na které jsou přivařené pruty vazníku.

Průvlak

Stropní průvlak je tvořený upraveným profilem IPE 360. Z důvodů dostatečné délky uložení pro stropní ŽB panely Spiroll byla horní pásnice IPE 360 rozšířena z 170mm na 240mm. Na horní pásnici profilu IPE 360 je přivařena pásová ocel o šířce 35mm a tloušťce 12,7mm oceli S355 po celé délce průvlaku koutovým svarem u účinné výšce $a=4\text{mm}$. Pruhy přivařené pásové ocele podporují svislé výztuhy přivařené ze spodu k horní pásnici a ke stojině IPE 360 koutovým svarem $a=4\text{mm}$ po celém obvodu výztuhy. Výztuhy jsou vzdáleny po 500mm. Tímto konstrukčním řešením se docílilo šířky uložení pro stropní panel spiroll 115mm. Výrobce předepisuje ve svých technických listech minimální šířku uložení panelu spiroll 100mm. Na horní pás profilu IPE 360 byl dále uprostřed navařený plech P10 o výšce 50mm po celé délce nosníku. Tento plech slouží k lepšímu zajištění horního tlačného pásu průvlaku při klopení. Zálivková výztuž při uložení panelu spiroll je přivařena k hornímu plechu průvlaku.

Vaznice

Vaznice byly navrženy z válcovaných profilů IPE160 na rozpětí 6m. Vaznice fungují v konstrukci jako prosté nosníky. Osově jsou od sebe vzdáleny v příčném směru po 1,5m. Vaznice jsou uloženy na styčníky vazníku. Kotvení vaznic k hornímu pásu vazníku je přes přivařenou podložku, příložku a úhelník 140x70x7 a šrouby M16x55 4.6. O návrhu vaznice rozhodoval mezní stav použitelnosti.

Nosníky pro podhled

Nosníky pro podhled jsou navrženy z profilů IPE 160. Působí jako prosté nosníky. Slouží k vynášení minerálního podhledu pro administrativní část ve 2NP.

Sloup pod průvlakem

Uprostřed dispozice ve vzdálenosti 6,25m jsou navrženy sloupy pod průvlakem. Sloupy jsou kloubově uloženy. Sloupy jsou navrženy z válcovaného profilu IPE 300, který svými rozměry je výhodný pro uložení průvlaku a splňuje požadavek na MSÚ.

Sloup mezilehlý krajní a sloupy čelní stěny

Sloupy byly navrženy z hlediska zajištění statických požadavků výrobce na osovou vzdálenost při zatížení větrem tlakem a sáním pro stěnové panely kingspan. Pro splnění limitních požadavků na vodorovnou deformaci byl navržen válcovaný profil IPE 270. Uložení sloupů je kloubové.

Okapové ztužení

Pro výběr profilu okapového ztužení ve střešní rovině byl rozhodující MSÚ. Rozhodovala největší osová tlaková síla a vzpěrná délka prutu. Ztužení bylo navrženo z rovnoramenných úhelníků 50x50x4mm.

Příčné ztužení

Prvky příčného ztužení byly navrženy z ocelových trubek tloušťky stěny 4mm. V střešní části byly navrženy trubky o průměru 60mm přichycené přes styčnickové plechy P8 šrouby M16x45 4.6 styčnickový plech je k prostřední vaznici přivařen. Ve stěnové části trubky o průměru 80mm přichycené přes styčnickový plech P8 k stojině sloupů IPE 360 a IPE270.

Příčné ztužení v rovině příčné vazby

Příčné ztužení je umístěno mezi krajní sloup IPE 360 a prostřední sloup. V konstrukci bylo navrženo kvůli omezení velké deformace konstrukce ve vodorovném směru při působení příčného větru na podélné stěny objektu. Jelikož tlaková síla ve ztužidle při vybrané kombinaci zatížení byla větší než tahová, nemohlo se k výpočtu vzpěrné délky ztužidla použít zkrácení vzpěrné délky podle teorie zkřížených prutů, kdy tažený prut zajišťuje tažený. Jako vzpěrná délka prutu byla brána celková délka prutu mezi styčníky. Z příslušné největší osově síly při dané kombinaci zatížení a vzpěrné délky byl navržen profil trubky o průměru 127mm a tloušťky stěny 6,3mm.

Ztužení v čelní stěně

Bylo navrženo z trubek o tloušťce stěn 4mm a průměru 60x4, ve vrcholové části pak z trubek o průměru 42mm. Trubky jsou uprostřed svařeny koutovými svary o $a=3\text{mm}$.

Podélný výztužný nosník

Podélný výztužný nosník zajišťuje vybočení sloupů v podélném směru, při daném uspořádání sloupů, čili vybočení ve směru osy y (ohyb kolem měkké osy z). Je navrženo z trubky o tloušťce stěny 4mm a průměru 60mm. Podélný výztužný nosník je malého profilu, jelikož je málo namáhán.

Navržené konstrukční profily:

číslo prvku	označení prvku	zvolený průřez
1	vaznice	IPE 160
2	vaznice okapová	IPE 160
3	vazník-horní pás	ÚHELNÍK L 90x90x7
4	vazník-spodní pás	ÚHELNÍK L 70x70x7
5	vazník-krajní diagonála	SLOŽENÝ PRUT 2L 45x45x4
6	vazník-diagonála	SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4
7	vazník-svislice	SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4
8	okapové ztužení	ÚHELNÍK L 50x50x4
9	nosník pro podhled	IPE 160
10	sloup příčné vazby	IPE 360
11	sloup mezilehlý krajní	IPE 270
12	sloup pod průvlakem	IPE 300
13	průvlak	UPRAVENÝ IPE 360
14	příčné ztužení ve střešní rovině	RO 60x4
15	podélné ztužení ve stěně	RO 80x4
16	sloup čelní stěny	IPE 270
17	vrcholový nosník čelní stěny	IPE 160
18	příčný nosník čelní stěny	IPE 160
19	ztužení v čelní stěně	RO 60x4
20	ztužení vrcholové v čelní stěně	RO 42x4
21	podélný výztužný nosník	RO 60x4
22	příčné ztužení mezi sloupy	RO 127x6,3

5. VÝPOČTOVÝ MODEL

Model administrativního a výrobního objektu byl vytvořen jako prostorová prutová konstrukce. Model byl vytvořený v software od firmy Dlubal RSTAB 8.05. V RSTABU byl objekt namodelován a byly vypočteny vnitřní síly v prutech pro dané zatěžovací stavy a kombinaci zatížení. Pro posouzení prutů byl použitý přídavný modul STEEL EC3. Pruty se posuzovaly na mezní stav únosnosti se zohledněním pevnosti průřezů, ztráty stability prvků, na nejnepříznivější návrhovou kombinaci zatížení. Pruty se dále posuzovali na mezní stav použitelnosti a to na nejnepříznivější charakteristickou kombinaci zatížení. Z programu byly získány výsledné deformace.

Vnitřní síly a deformace byly počítány metodou konečných prvků a byl zvolený lineární výpočet. Byly zvoleny dva typy prutů, nosník a příhradový prut. Kloubové pruty byly modelovány se zamezením pohybu, ale možným pootočením kolem lokálních souřadnicových os y a z . Vaznice ve střešní části budou zajištěny tuhými střešními panely v jejich rovině. V programu byly vaznice modelovány jako kloubově uložené s možným pootočením pouze kolem lokální osy y (ohyb kolem osy y). Pruty, které přenáší pouze normálové síly, byli modelovány jako příhradové pruty (ztužidla, vodorovný ztužující nosník,...). Tuhý strop byl v programu modelován, dvěma zkříženými příhradovými pruty trubkového profilu umístěnými v rovině stropu mezi krajními sloupy příčné vazby a prostřední sloupy pod průvlaky. V případě zkřížených prutů ztužidel ve stěnové části, stropu a v rovině příčné vazby mezi krajními sloupy a vnitřními sloupy, jsou pruty modelovány tak, že se míjejí a není vytvořený styčník uprostřed.

6. ZATÍŽENÍ

Stálé

Vlastní tíha konstrukce (spočítaná programem)

Ostatní stálé zatížení

- opláštění budovy panely kingspan $12,34\text{kg/m}^2$
- zatížení od technického zařízení budovy 20kg/m^2
- zatížení podhledem 10kg/m^2
- zatížení stropními panely spiroll PPD 207 - $2,96\text{ kN/m}$
- zatížení skladbou podlahy ve 2NP

Proměnné

- užitné zatížení stropní konstrukce z normy $2,5\text{kN/m}^2$
- zatížení sněhem pro obec Sluštice v okrese Praha-východ (sněhová oblast I pro kterou platí charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $s_k = 0,7\text{kN/m}^2$)
- zatížení větrem pro obec Sluštice v okrese Praha-východ (základní rychlost větru pro oblast II $v_{b,0} = 25\text{m/s}$)
- zatížení užitné kategorie H: nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby nebo oprav hodnotou 1 kN

Stabilitní síly

Byly zohledněny při tlaku v horním pásu vazníku a tlaku v krajním sloupu příčné vazby. Stabilitní síly vznikají z důvodu snahy prutu vybočit při tlakovém namáhání.

7. MONTÁŽNÍ POSTUP

- Montáž sloupů v modulových osách 5,6 a montáž stěnových ztužidel mezi sloupy
- Montáž průvlaku, prostředního sloupu, příčného ztužení mezi prostředními sloupy a krajními sloupy v modulových osách 5,6

- Montáž stropních panelů mezi modulovými osami 5,6
- Montáž vazníků v modulových osách 5,6
- Montáž střešního ztužení a vaznic mezi modulovými osami 5,6
- Montáž sloupů v modulové ose 4
- Montáž průvlatku, prostředního sloupu, v modulové ose 4
- Montáž vodorovného výztužného nosníku mezi osami 4,5
- Montáž stropních panelů mezi osami 4 a 5
- Montáž vazníku v modulové ose 4
- Montáž vaznic mezi osami 4,5 a okapového ztužení
- Montáž zbývajících vazeb
- Montáž sloupů a ztužení čelních stěn
- Montáž okapového ztužení mezi čelní stěnou a krajní příčnou vazbou
- Montáž panelů kingspan

8. HMOTNOST KONSTRUKCE

Celková hmotnost konstrukce byla počítána ze systémových délek prutů mezi styčníky. Oslabené průřezy nebyly zohledněny. Hmotnost byla počítána bez uvažování hmotnosti spojovacích prostředků.

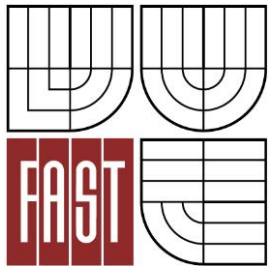
celková hmotnost konstrukce (kg)	41 998,19
celkový povrch konstrukce (m ²)	1321,232
celkový objem konstrukce (m ³)	5,35

9. POZNÁMKY

Prvky ocelové konstrukce budou natřeny základním antikoročním nátěrem. Dle požárně bezpečnostního řešení budou prvky opatřeny případným dodatečným opláštěním či protipožárním nátěrem.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ADMINISTRATIVNÍ A VÝROBNÍ OBJEKT

ADMINISTRATIVE AND PRODUCTION BUILDING.

STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH

1. POPIS KONSTRUKČNÍHO SYSTÉMU
2. GEOMETRIE
3. MODEL
4. ZATÍŽENÍ
 - 4.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ
 - 4.1.1. VLASTNÍ TÍHA KONSTRUKCE
 - 4.1.2. OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ
 - 4.2. PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ
 - 4.2.1. UŽITNÉ ZATÍŽENÍ STROPNÍ KONSTRUKCE
 - 4.2.2. ZATÍŽENÍ SNĚHEM
 - 4.2.3. ZATÍŽENÍ VĚTREM
 - 4.2.4. ZATÍŽENÍ OSAMĚLÝM BŘEMENEM
 - 4.3. STABILITNÍ SÍLY
 - 4.4. ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATÍŽENÍ
 - 4.4.1. ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE PRO MSÚ
 - 4.4.2. ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE PRO MSP
5. RUČNÍ KONTROLA VÝSLEDKŮ
6. NÁVRH A POSOUZENÍ
 - 6.1. NÁVRH A POSOUZENÍ NA MSÚ
 - 6.2. NÁVRH A POSOUZENÍ NA MSP
 - 6.2.1. SVISLÉ PRŮHYBY
 - 6.2.2. VODOROVNÁ DEFORMACE
7. RUČNÍ VÝPOČET VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ
8. POSOUZENÍ VYBRANÝCH SMĚRNÝCH DETAILŮ
9. VÝKAZ MATERIÁLU
10. KOTVENÍ

1. Popis konstrukčního systému

Půdorysné rozměry objektu jsou 44x12,5m. Objekt je navržený jako halová konstrukce. Tuhost konstrukce v příčném směru zajišťují příčné vazby, které jsou od sebe osově vzdálené po 6m. Příčná vazba je tvořená krajními nosnými sloupy, které vynášejí stropní průvlak a vazník. Sloupy jsou uloženy kloubově. Stropní průvlak i vazník jsou na sloup uloženy kloubově. Stropní průvlak je navrhnoutý jako prostý nosník na vzdálenost 6,25m. Uprostřed rozpětí haly, čili v příčném směru vzdálenosti 6,25m je průvlak podporován prostředním sloupem, který je uložen kloubově. Vazník je navrhnoutý na rozpětí 12,5m. Na vazník jsou kloubově uloženy vaznice, uvažovány jako prosté nosníky na rozpětí 6m. Na styčníky spodního pásu vazníku jsou kloubově uloženy nosníky pro podhled na rozpětí 6m vzdálené od sebe 2,5m v příčném směru, čili jsou umístěny na každém druhém styčníku vazníku. Prostorovou tuhost konstrukce zajišťuje jedno příčné ztužidlo. Ztužidlo je uvažováno jako příhradová konstrukce ve stěnové části a ve střešní části (mezi osami 5, 6). Dále tuhost v příčném směru zajišťuje příčné ztužení v rovině příčné vazby, které je umístěné mezi krajním a prostředním sloupem pod průvlakem ve dvou prostředních příčných vazbách (mezi osami, 5, 6, B, C).

Tuhost střešní konstrukce kromě příčného střešního ztužidla, zajišťuje okapové ztužení, které je zataženo do čelních štítových stěn. Čelní štítové stěny jsou v jejich rovině ztuženy příčným ztužením.

Štítové stěny jsou předsazené od krajních příčných vazeb o 1m. Spolupůsobení a ztužení čelních štítových stěn s příčnou vazbou objektu je zajištěno střešním okapovým ztužením.

Z důvodů splnění statických požadavků na stěnové panely kingspan a to sání a tlak větru, byly vloženy další sloupy v podélném směru mezi sloupy příčné vazby. Tyto sloupy jsou uloženy kloubově a v horní části přichyceny ke krajní vaznici. Okapové ztužení spolu s krajní vaznicí zajišťuje podporu pro sloup.

Sloupy v podélném směru zajišťuje v úrovni průvlaků podélný výztužný nosník.

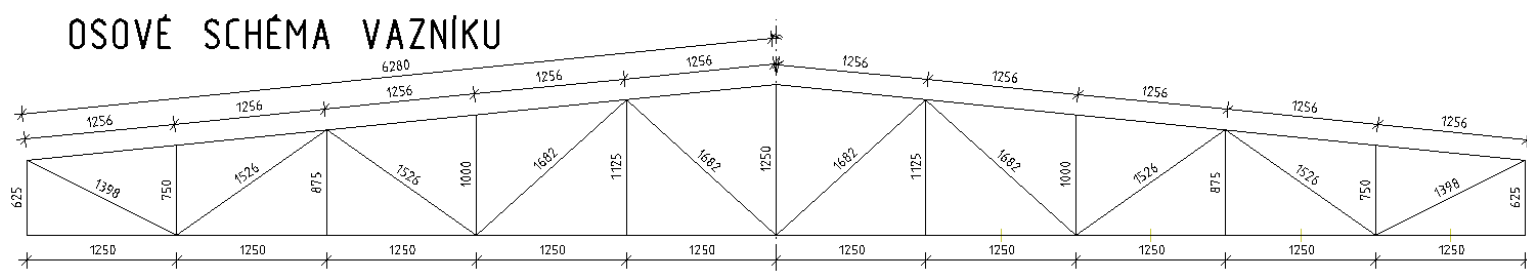
Tuhost stropní konstrukce zajišťují ŽB panely spiroll PPD 207, které jsou uloženy na průvlaky.

Mezi jednotlivé dílce se osadí záhlvková výztuž, která se přivaří k průvlakem a provede se záhlvka z vysokopevnostní malty.

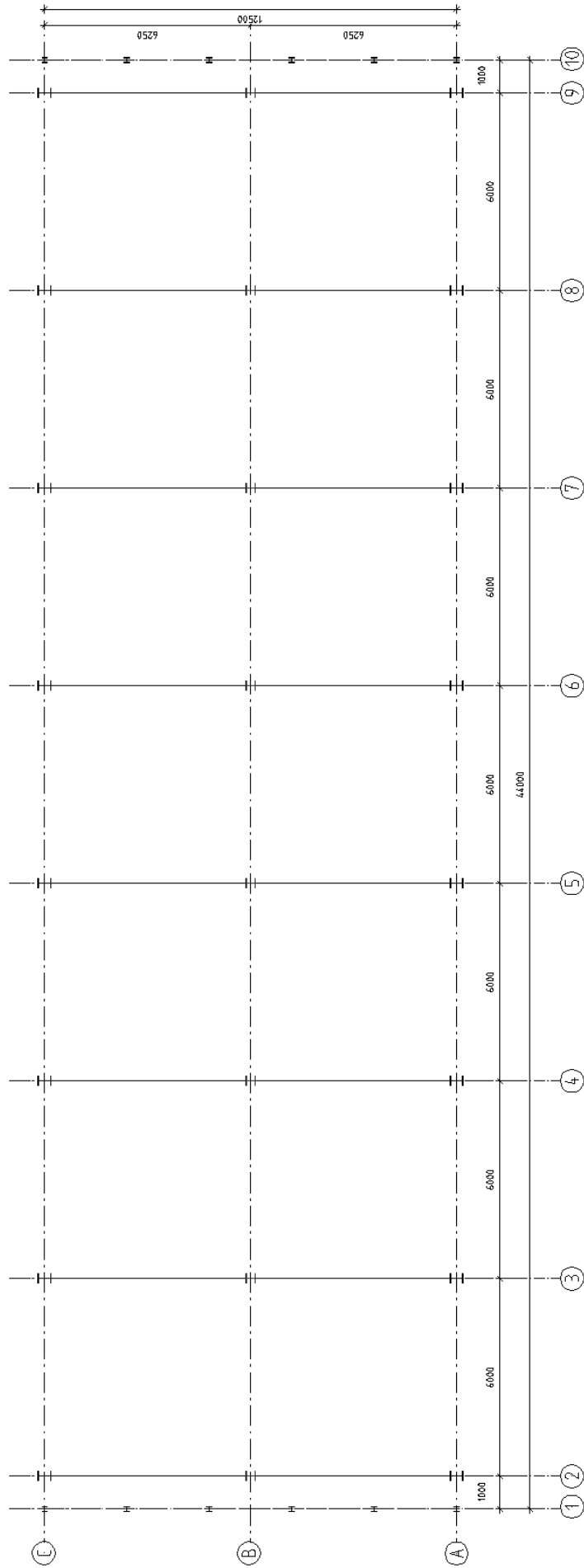
Opláštění je tvořeno sendvičovými panely kingspan o tloušťce jádra 100mm. Celková výška panelu 130mm. Panely jsou kotveny do vaznic ve střeše a do sloupů ve stěnách.

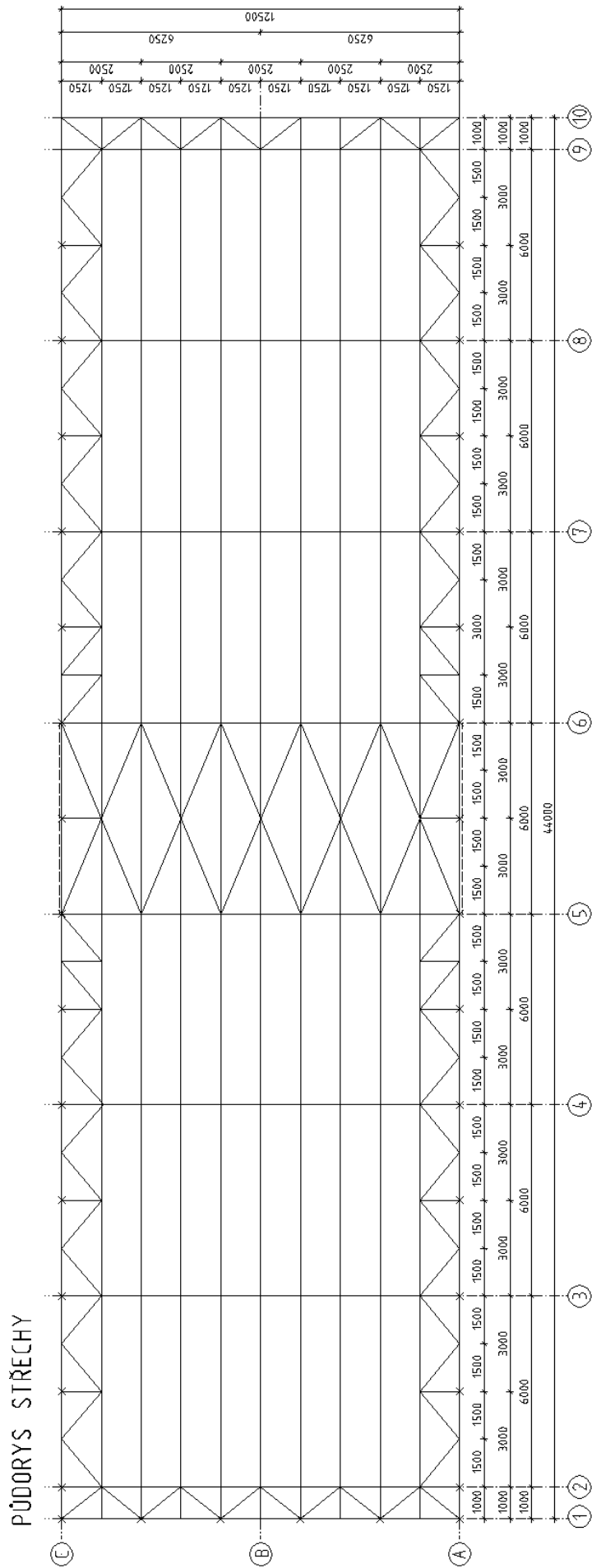
2. Geometrie

Je vyobrazené na následujících obrázcích osové schéma vazníku, půdorysu, střechy, příčné vazby, čelní stěny a pohled na boční stěnu.

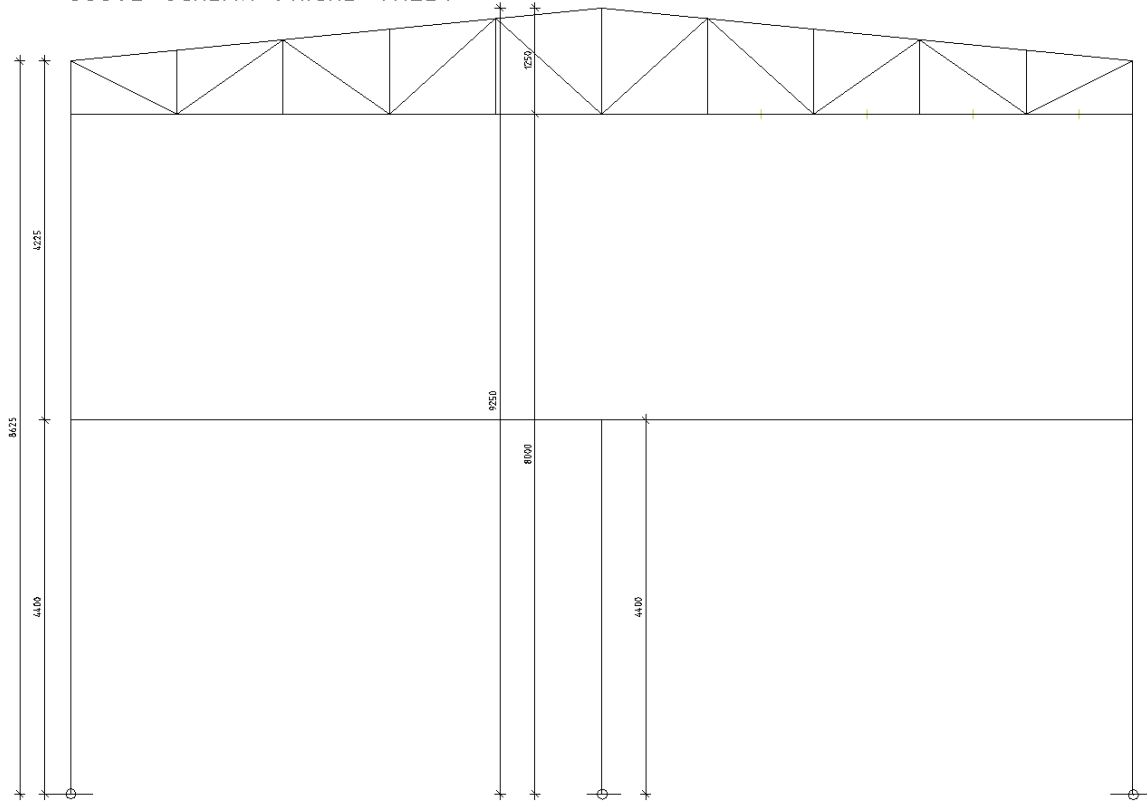


OSOVÉ SCHEMA PŮDORYSU 1NP

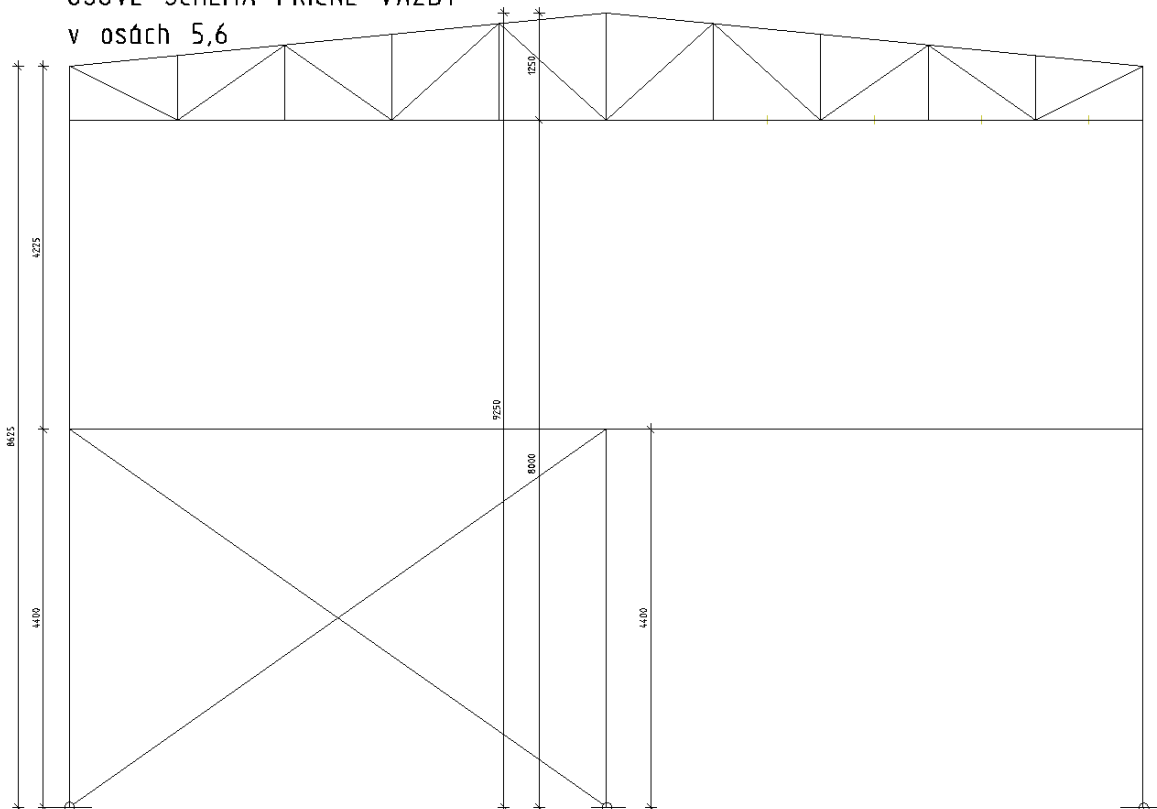




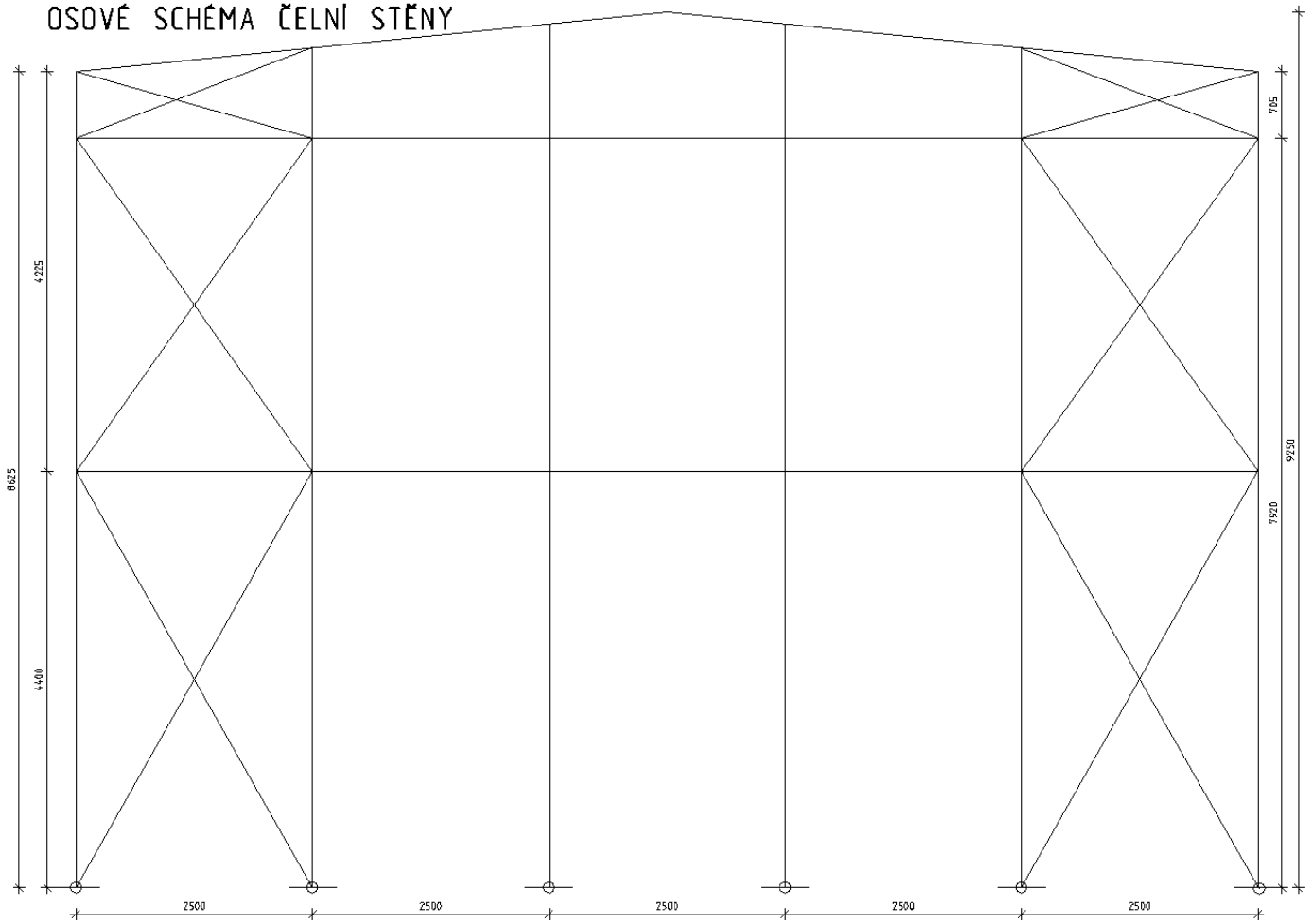
OSOvé SCHEMA PŘÍČNÉ VAZBY



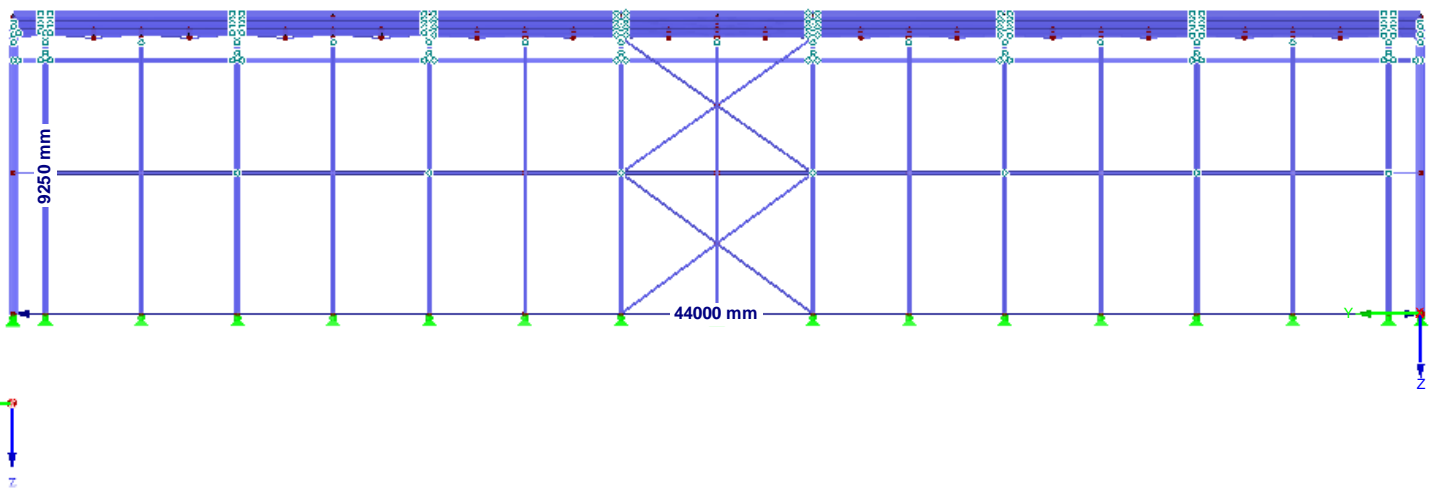
OSOvé SCHEMA PŘÍČNÉ VAZBY
v osách 5,6



OSOVÉ SCHEMA ČELNÍ STĚNY

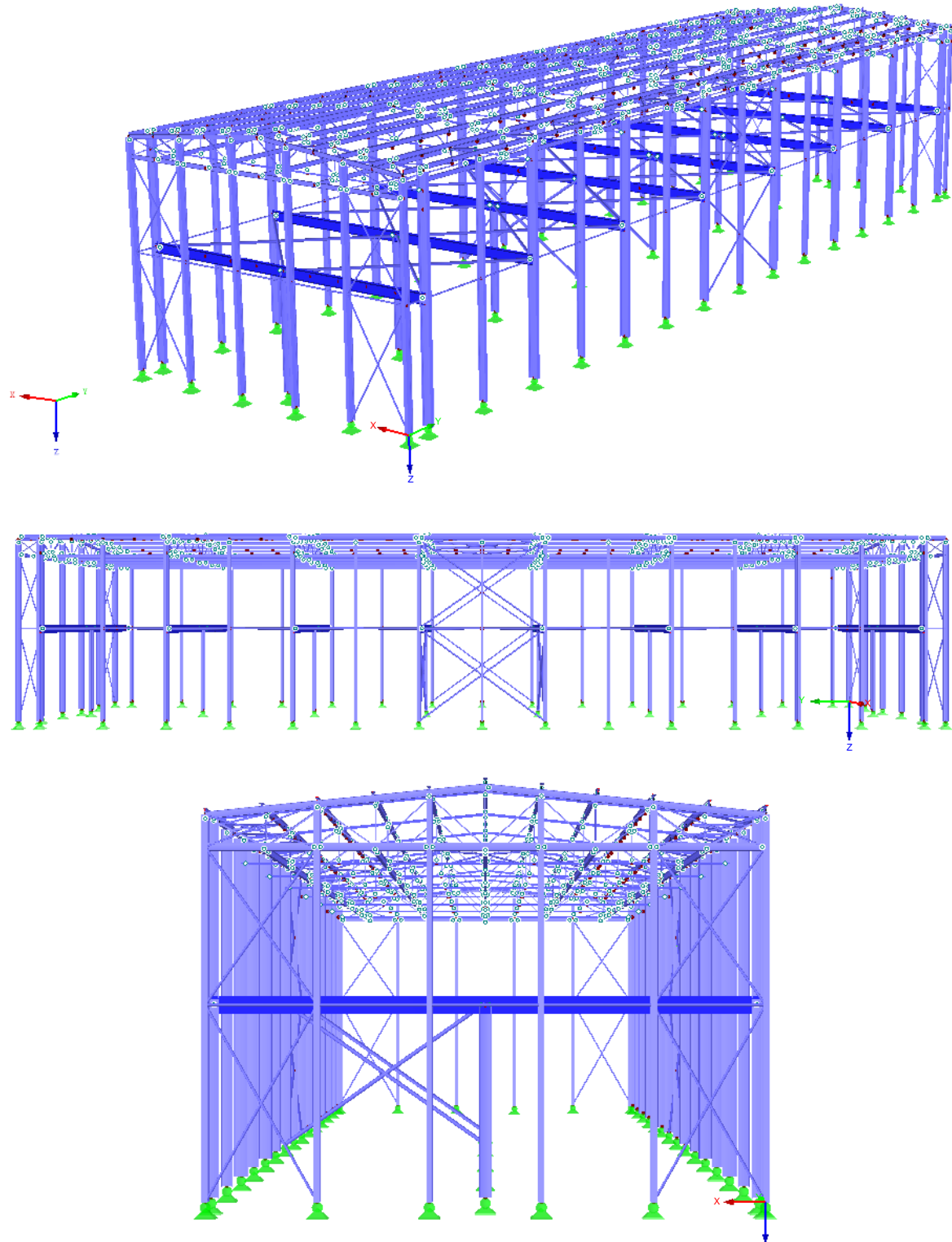


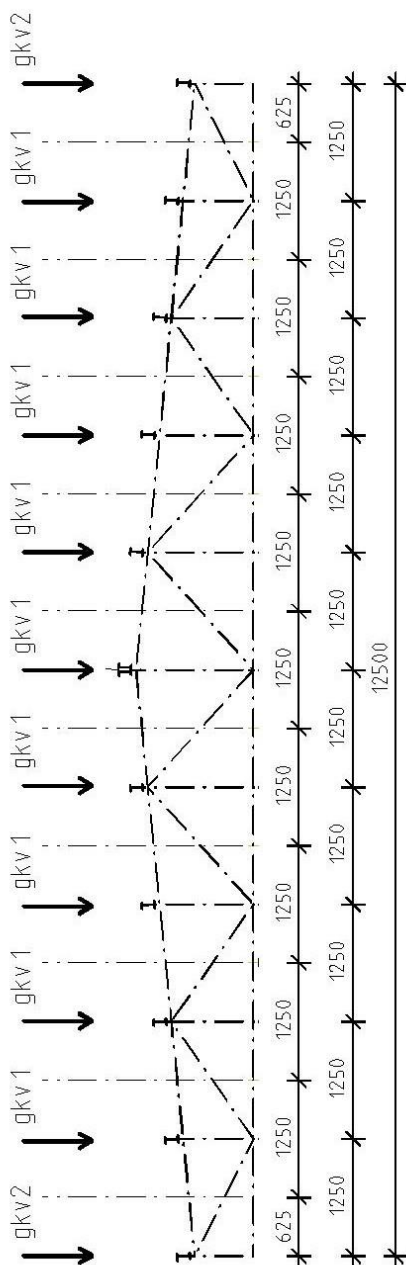
POHLED NA BOČNÍ STĚNU



3. Model

Model byl vytvořen jako prutová prostorová konstrukce v programu RSTAB 8.





4. Zatížení

Zatížení stanoveno dle ČSN EN 1991

4.1. Stálé zatížení

Stálé zatížení:

vlastní tíha konstrukce, ostatní stálé zatížení.

4.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha konstrukce byla vygenerována Softwarem Dlubal RSTAB.

4.1.2. Ostatní stálé zatížení

Zatížení na vaznice

Střešní panely-KINGSPAN KS 1000 TOP DEK

-tloušťka izolačního jádra panelu-100mm

-plošná hmotnost $12,34\text{kg/m}^2$

- $g_k=12,34\text{kg/m}^2=123,4\text{ N/ m}^2=0,124\text{kN/m}^2$

-Zatížení na vaznice $g_{kv1}=0,124\text{kN/m}^2*1,25\text{m}=0,16\text{ kN/m}$

-Zatížení na okapovou vaznici

$g_{kv2}=0,124\text{kN/m}^2*0,625\text{m}=0,08\text{kN/m}$

Zatížení na vazník

Střešní panely-KINGSPAN KS 1000 TOP DEK

-tloušťka izolačního jádra panelu-100mm

-plošná hmotnost $12,34\text{kg/m}^2$

- $g_k=12,34\text{kg/m}^2=123,4\text{ N/ m}^2=0,124\text{kN/m}^2$

Tíha vaznice + vlastní tíha vazníku a ztužidel + tíha nosníků k upevnění podhledu (zohledněno ve vlastní tíze konstrukce)

Zatížení od technického zařízení budovy odhad 20kg/m^2

-bude působit na spodní pás vazníku ve styčnicích se svislicemi

- $g_k=20\text{kg/m}^2=200\text{N/ m}^2=0,2\text{ kN/m}^2$

Zatížení od podhledu- Kazetový podhled Gyptone Base

-bude působit na spodní pás vazníku a přenášet se přes nosníky, které slouží ke kotvení podhledu.

$$- g_k = 10 \text{ kg/m}^2 = 100 \text{ N/m}^2 = \underline{0,1 \text{ kN/m}^2}$$

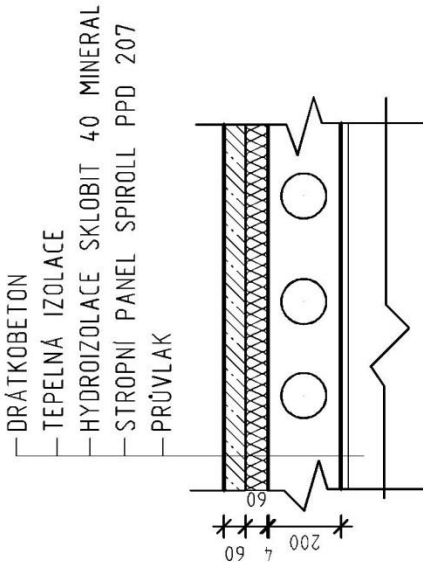
Zatížení na nosník pro podhled v charakteristických hodnotách

$$Z\check{S} = 1,25\text{m} + 1,25\text{m} = 2,5\text{m}$$

$$\Rightarrow g_k = 2,5\text{m} * (0,2 \text{ kN/m}^2 + 0,1 \text{ kN/m}^2) = 0,75 \text{ kN/m}$$

Zatížení podlahy ve 2NP

	tloušťka(m)	kN/m ³	kN/m ²	kN/m' na jeden metr zatěžovací šířky	zatěžovací šířka= 6m	zatěžovací šířka= 4m
drátkobeton	0,06	25	1,5	1,5	9	6
tepelná izolace	0,06	2	0,12	0,12	0,72	0,48
sklobit mineral 40	0,004		0,048	0,048	0,288	0,192
stropní panel spiroll PPD207				2,96	17,76	11,84
					27,5	18,312



-zatížení z podlahy se přenáší přes průvlak na boční sloupky a vnitřní sloupky

4.2. Proměnné zatížení

4.2.1 Užité zatížení stropní konstrukce

pro kancelářské plochy dle hodnoty z normy uvažují s hodnotou $2,5 \text{ kN/m}^2$

$$Z\check{S} = 6\text{m v poli, } 4\text{m v krajním poli}$$

$$\Rightarrow 6\text{m} * 2,5 \text{ kN/m}^2 = 15 \text{ kN/m; } 4\text{m} * 2,5 \text{ kN/m}^2 = 10 \text{ kN/m}$$

4.2.2 Zatížení sněhem

Dle ČSN EN 1991-1-3

Konstrukce se nachází v obci Sluštice v okrese Praha-východ

\Rightarrow sněhová oblast I pro kterou platí charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Součinitel expozice $C_e = 1,0$

Součinitel teploty $C_t = 1,0$

Úhel sklonu střechy = $5,7^\circ$

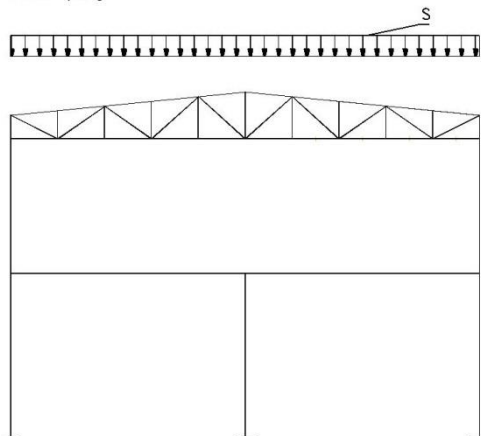
Tvarový součinitel zatížení sněhem $\mu_1 = 0,8$

Zatížení sněhem

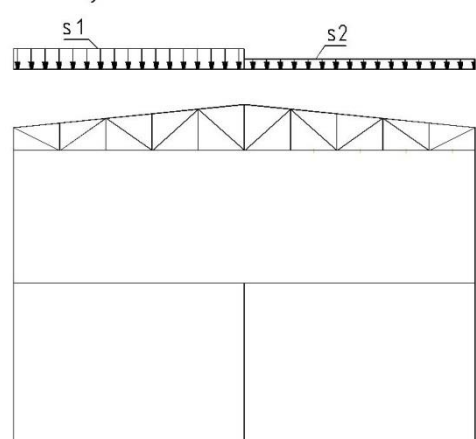
$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s = 0,8 * 1 * 1 * 0,7 = \underline{0,56 \text{ kN/m}^2}$$

snih plný



snih levý



sníh převalí přes okraj neuvažují => nadmořská výška menší jak 800 m.n.m

SNÍH PLNÝ

$$s=0,56 \text{ kN/m}^2; Z\check{S}=1,25\text{m}; \Rightarrow 1,25*0,56=0,7\text{kN/m};$$

$$Z\check{S}=0,625\text{m}; \Rightarrow 0,625*0,56=0,35\text{kN/m}$$

SNÍH LEVÝ

$$s_1=0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2=0,5*0,56 \text{ kN/m}^2=0,28 \text{ kN/m}^2 \quad Z\check{S}=1,25\text{m};$$

$$\Rightarrow 1,25*0,56=0,7\text{kN/m}; \quad Z\check{S}=0,625\text{m}; \Rightarrow 0,625*0,56=0,35\text{kN/m}$$

$$Z\check{S}=1,25\text{m}; \Rightarrow 1,25*0,28=0,35\text{kN/m}$$

$$Z\check{S}=0,625\text{m}; \Rightarrow 0,625*0,28=0,175\text{kN/m}$$

SNÍH PRAVÝ

$$s_1=0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2=0,28 \text{ kN/m}^2; Z\check{S}=1,25\text{m}; \Rightarrow 1,25*0,28=0,35\text{kN/m}$$

$$Z\check{S}=0,625\text{m}; \Rightarrow 0,625*0,28=0,175\text{kN/m}$$

4.2.3 Zatížení větrem

Dle ČSN EN 1991-1-4

Konstrukce se nachází v obci Sluštice v okrese Praha-východ

=> základní rychlost větru pro oblast II $v_{b,0}=25\text{m/s}$

=> kategorie terénu III =>

parametr drsnosti terénu $z_0=0,3\text{m}$

minimální výška $z_{\min}=5\text{m}$

maximální výška $z_{\max}=200\text{m}$

součinitel směru větru $c_{\text{dir}}=1,0$

součinitel ročního období $c_{\text{season}}=1,0$

základní rychlost větru $v_b = c_{\text{dir}} * c_{\text{season}} * v_{b,0} = 1 * 1 * 25\text{m/s} = \underline{25\text{m/s}}$

střední rychlost větru ve výšce z nad terémem

$$v_{m(z)} = c_{r(z)} * c_{o(z)} * v_b = 0,73 * 1 * 25 = \underline{18,25\text{m/s}}$$

součinitel drsnosti

$$c_{r(z)} = k_r * \ln(z / z_0) = 0,215 * \ln(8,8 / 0,3) = \underline{0,73}$$

referenční výška

$$z = h + h_{\text{vaznice}} + h_{\text{střešní plášť}} = 8585 + 160 + 135 = 8800\text{mm} = \underline{8,8\text{m}}$$

délka

$$L = l + 2 * \check{s}_{\text{obvod. plášť}} + l = 44000 + 2 * 135 + 200 = 44470\text{mm} = \underline{44,47\text{m}}$$

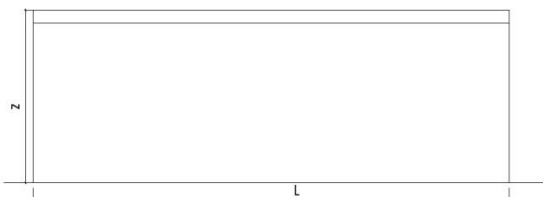
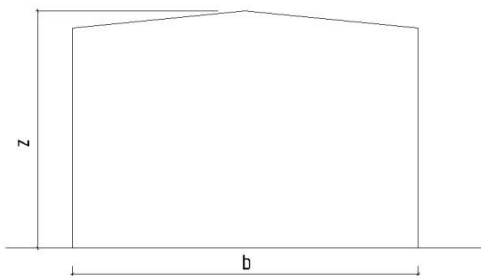
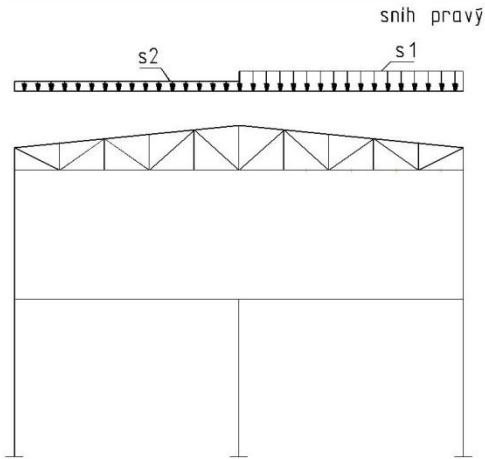
Šířka

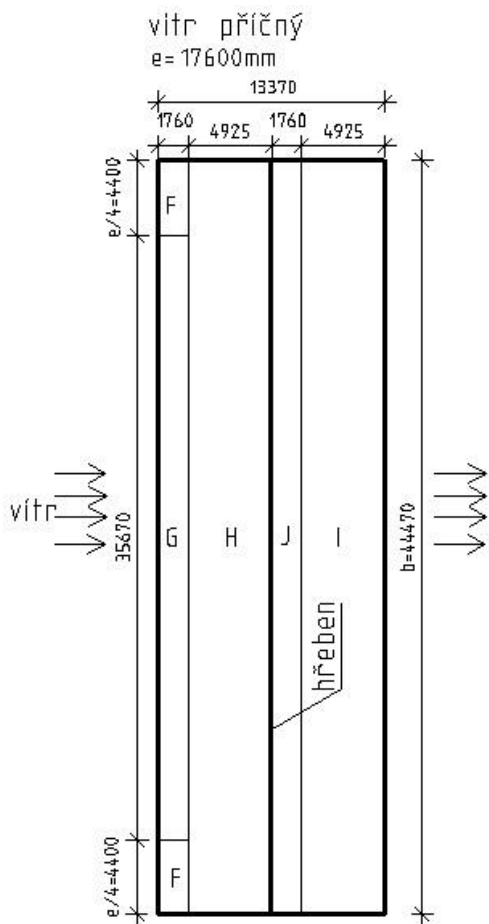
$$b = l + 2 * \check{s}_{\text{obvod. plášť}} + l = 12500 + 2 * 135 + 600 = 13370\text{mm} = \underline{13,37\text{m}}$$

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 * (z_0 / z_{0,II})^{0,7} = 0,19 * (0,3 / 0,05)^{0,7} = \underline{0,215}$$

Intenzita turbulence ve výšce 8,8m





$$l_{v(z)} = \frac{k_i}{c_{o(z)} \times \ln(z/z_0)} = \frac{1}{1 \times \ln(8,8/0,3)} = 0,3$$

Maximální dynamický tlak

$$q_{p(z)} = [1 + 7 * l_{v(z)}] * 0,5 \rho * v_{m(z)}^2 = [1 + 7 * 0,3] * 0,5 * 1,25 * 18,25^2 = 654,3 \text{ N/m}^2 = \underline{0,654 \text{ kN/m}^2}$$

$h < b$

$$8,8 < 13,37$$

$$q_p(z) = q_p(z_e) = \underline{0,654 \text{ kN/m}^2}$$

Vitr příčný

Zatížení na střešku

$$e = \min(b, 2h) = \min(44\,470 \text{ mm}, 2 * 8800 \text{ mm}) = \underline{17\,600 \text{ mm}}$$

$$e/4 = 17600/4 = \underline{4400 \text{ mm}}$$

$$e/10 = 17600/10 = \underline{1760 \text{ mm}}$$

$$d = 13\,370 \text{ mm}$$

$$e = 17\,600 \text{ mm}$$

SÁNÍ		
OBLAST	C _{pe}	charakteristické hodnoty zatížení větrem w [kN/m ²]
F	-1,73	-1,13
G	-1,17	-0,77
H	-0,58	-0,38
J	-0,63	-0,41
I	-0,59	-0,39

TLAK		
OBLAST	C _{pe}	charakteristické hodnoty zatížení větrem w [kN/m ²]
F	0,014	0,01
G	0,014	0,01
H	0,014	0,01
J	0,014	0,01
I	0	0,00

Zatížení na obvodový plášť

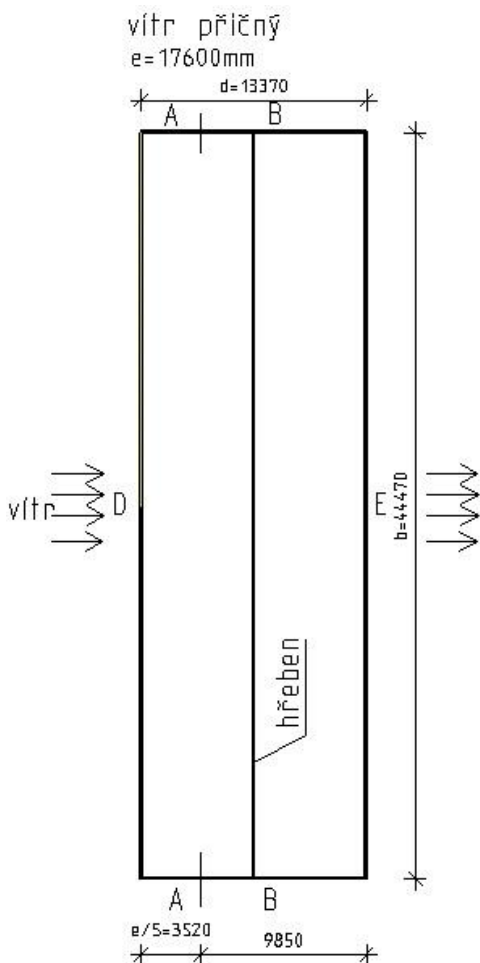
pro součinitele c_{pe} vnějšího tlaku svislých stěn platí případ kdy $e > d$

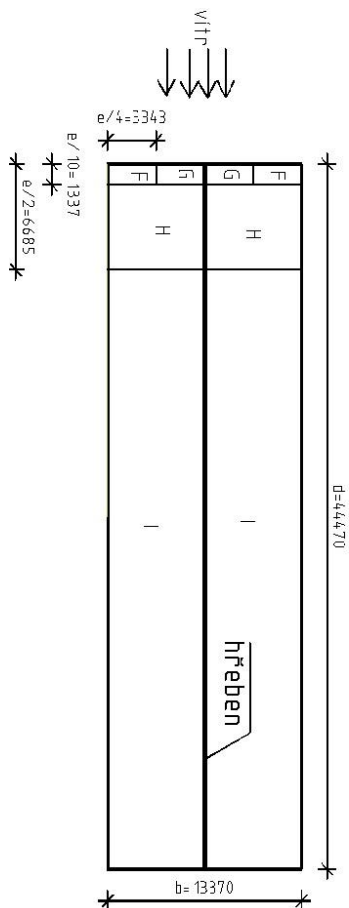
$$17\,600 \text{ mm} > 13\,370 \text{ mm} \Rightarrow \text{pro vnější stěnu platí oblast A, B}$$

$$e/5 = 17\,600 \text{ mm} / 5 = \underline{3520 \text{ mm}}$$

$$d - e/5 = 13\,370 - 3520 = \underline{9850 \text{ mm}}$$

$$h/d = 8\,800 \text{ mm} / 13\,370 \text{ mm} = \underline{0,66}$$





OBLAST	C _{pe}	charakteristické hodnoty zatížení větrem w [kN/m ²]
A	-1,2	-0,78
B	-0,8	-0,52
C	-0,5	-0,33
D	0,77	0,50
E	-0,43	-0,28

Vítr podélný

Zatížení na střechu

$e = \min(b, 2h) = \min(13\,370\text{mm}, 17\,600\text{mm}) = 13\,370\text{mm}$

$e/4 = 13370\text{mm}/4 = 3343\text{mm}$ $e/10 = 1337\text{mm}$

$e/2 = 13370\text{mm}/2 = 6\,685\text{mm}$

SÁNÍ		
OBLAST	C _{pe}	charakteristické hodnoty zatížení větrem w [kN/m ²]
F	-1,78	-1,16
G	-1,54	-1,01
H	-0,5	-0,33
I	-0,5	-0,33

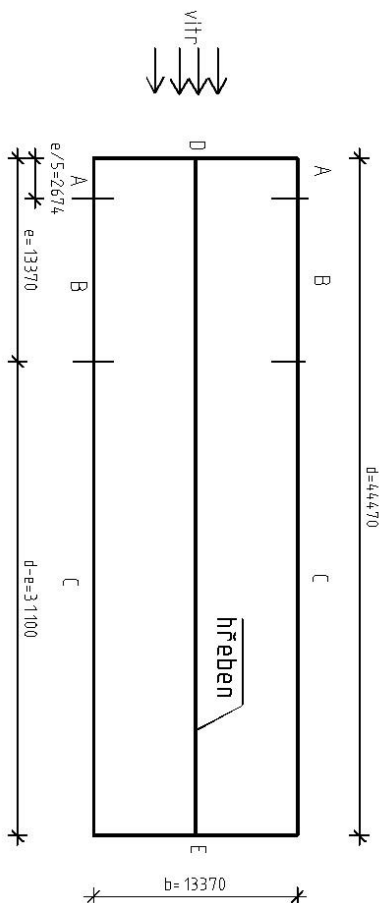
Zatížení na obvodový plášť

pro součinitele c_{pe} vnějšího tlaku svislých stěn platí případ kdy $e < d$

$13\,370\text{mm} < 44\,470\text{mm} \Rightarrow$ pro vnější stěnu platí oblast A; B; C

$e/5 = 13\,370\text{mm}/5 = 2674\text{mm}$ $4e/5 = 4 \cdot 13370\text{mm}/5 = 10\,696\text{mm}$

$h/d = 8\,800\text{mm}/44\,470\text{mm} = 0,2$



OBLAST	C _{pe}	charakteristické hodnoty zatížení větrem w [kN/m ²]
A	-1,2	-0,78
B	-0,8	-0,52
C	-0,5	-0,33
D	0,7	0,46
E	-0,3	-0,20

Hodnoty liniového zatížení na konstrukci byly získány roznásobením hodnot zatížení větrem w a příslušné zatěžovací šířky.

4.2.4 Zatížení osamělým břemenem

Bylo uvažováno jako zatížení montérem o hodnotě $Q_k=1kN$ na střeše a na nosníku pro podhled. Zatížení bylo umístěno do nejneprůzračnější pozice a to do poloviny rozpětí vaznice.

4.3. Stabilitní síly

Pro návrh střešního ztužidla

Navrhnuté je jedno příčné střešní ztužidlo uprostřed objektu a je vytvořeno mezi dvojicí vazníků doplněním výplňových prutů. Pásky ztužidla jsou tvořeny na jedné straně horním pásem vazníku a na druhé straně zvláště k tomu účelu vloženými pruty v úrovni horních páسů vazníku. Svislice jsou tvořeny vaznicemi a diagonály jsou vytvořeny pruty trubkového průřezu. V bakalářské práci jsem navrhl, vzhledem k poměrně malému počtu polí, jedno příčné ztužidlo v prostředním poli.

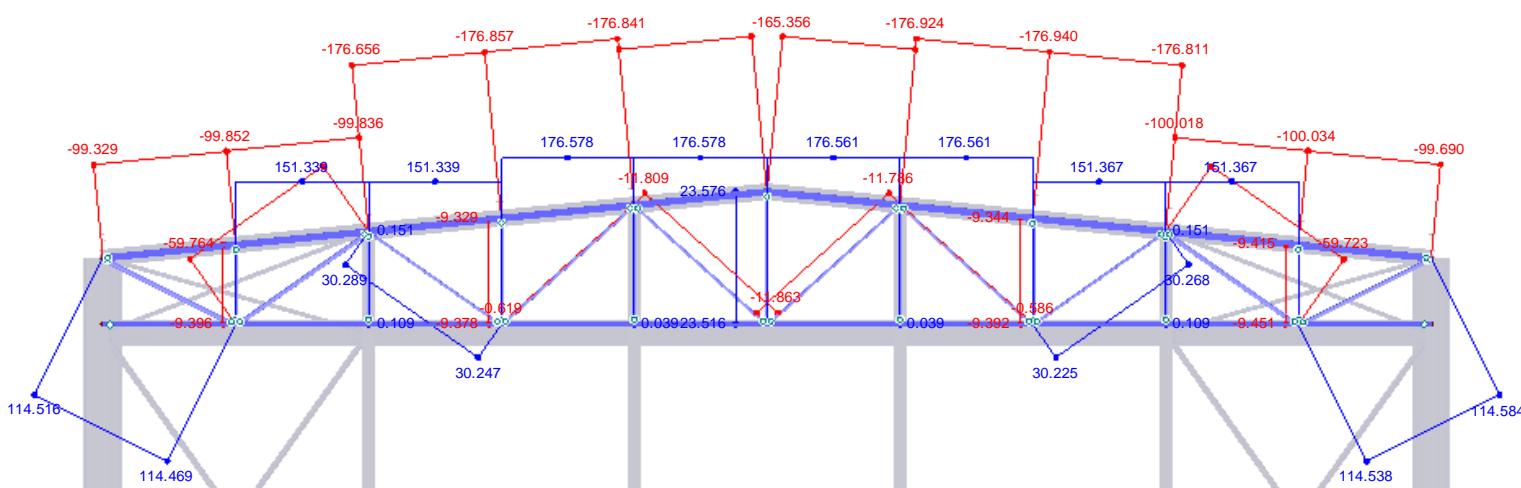
Největší osová síla pro stabilitní síly v horním tlačném prutu vazníku nastává při kombinaci $1.35ZS1 + 1.35ZS2 + 1.5ZS4$.

Z funkce ztužidla, které zajišťuje stabilitu tlačných prutů horních páсů vazníků vyplývá zatížení stabilitními silami.

Střechu nese celkem 8 vazníků a stabilitní síly budou působit na obou stranách ztužidla.

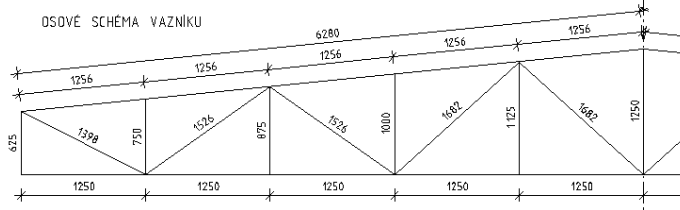
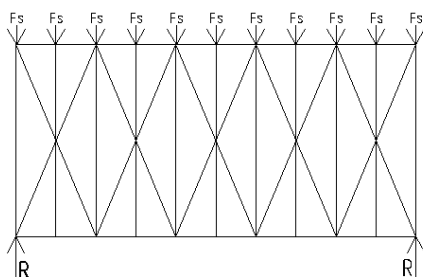
$$F_j = n \frac{1}{100} N_{s,d,j}$$

kde n je počet zabezpečovaných vazníků (účinek dvou štítových vazníků lze s ohledem na jejich poloviční zatěžovací šířku uvažovat jako poloviční). $n=7$ a $N_{s,d,j}$ je průměr sil v sousedních prutech.



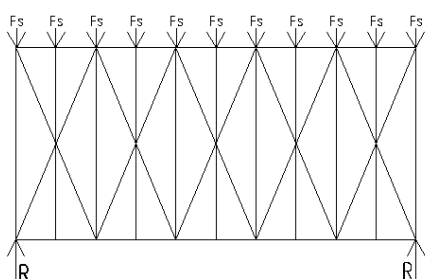
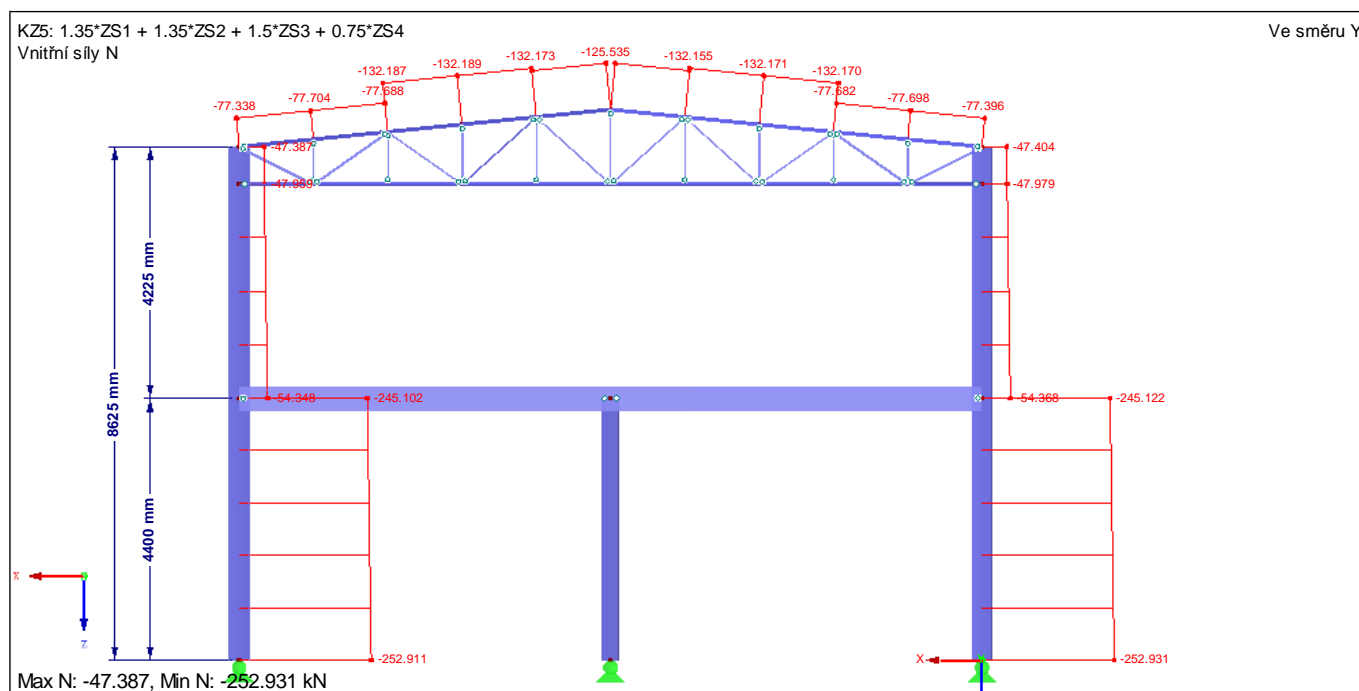
$$N_{sd} = \frac{(99,329 + 99,836 + 176,656 + 176,841 + 165,356) \cdot 1256}{6280} = -143,6kN$$

$$F_s = 7 \cdot \frac{143,6}{100} = 10kN$$



Pro návrh stěnového ztužidla

Bylo navrženo jedno stěnové podélné ztužidlo. Největší osová síla pro stabilitní síly v tlačném sloupu nastává při kombinaci KZ5 - 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 + 0.75*ZS4. Ztužidlo zajišťuje 8 hlavních příčných vazeb.



střešní část

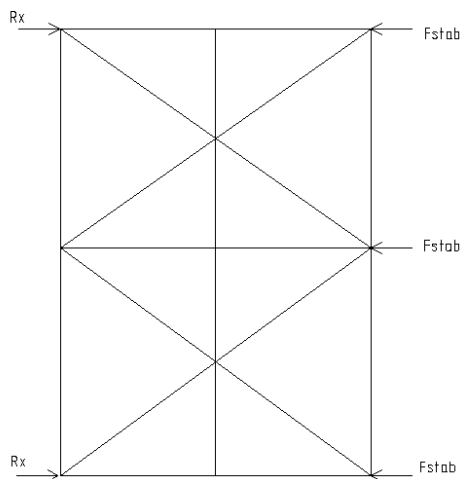
$$N_{sd} = \frac{(77,7 * 2 + 132,2 * 2 + 125,54) * -1256}{6280} = 109,1kN$$

$$F_s = 7 * \frac{109,1}{100} = 7,63kN$$

stěnová část

$$N_{sd} = \frac{0,5 * (47,4 + 54,4) * 4225 + 0,5 * (245,12 + 252,93) * 4400}{8625} = 151,97kN$$

$$F_{stab} = 8 * \frac{151,97}{100} = 12,16kN$$



4.4. Rozhodující kombinace

Kombinace byly uvažovány dle rovnice 6.10.

$$\sum \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

- ZS1 vlastní tíha
- ZS2 stálé
- ZS3 užité zatížení stropní konstrukce
- ZS4 sníh plný
- ZS5 sníh levý
- ZS6 sníh pravý
- ZS7 vítr příčný
- ZS8 vítr podélný
- ZS9 montér na střeše
- ZS10 stabilitní síly pro návrh střešního ztužidla
- ZS11 stabilitní síly pro návrh stěnového ztužidla

4.4.1 Kombinace pro MSÚ

Programem Rfem Dlubal bylo vygenerováno celkem 130 kombinací zatěžovacích stavů. Kombinace byly sestavené způsobem kdy nebylo možné spolu kombinovat různé způsoby zatížení od větru nebo od sněhu.

Rozhodující kombinace pro jednotlivé prvky

pro návrh vaznice: 1,35ZS1 + 1,35 ZS2 + 1,5ZS4 + 1,05ZS9

pro návrh vaznice okapové: 1,35ZS1 + 1,35 ZS2 + 1,5ZS7

pro návrh vazníku (horní pás, spodní pás, krajní diagonála, svislice):

1,35ZS1 + 1,35ZS2 + 1,5ZS4 + 1,05ZS9 + 0,9ZS8 (pouze na štítové stěny)

pro návrh diagonály vazníku: 1,35*ZS1 + 1,35*ZS2 + 1,5*ZS6 + 1,05*ZS9

pro návrh nosníku pro podhled: 1,35*ZS1 + 1,35*ZS2 + 1,5*ZS9

pro návrh sloupu příčné vazby:

1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+ 0,75ZS4 1,5ZS7 (max. Moment uprostřed sloupu)

1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS3+0,75ZS4 (max. N)

pro návrh krajního mezilehlého sloupu: 1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+ 0,75ZS4 1,5ZS7

pro návrh sloupu pod průvlakem: 1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS3

pro návrh stropního průvlaku: $1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS3$

pro návrh okapového ztužení: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS5 + 1.5*ZS7$

pro návrh střešního ztužení: $1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS8$ (na štítové stěny pouze)+ $ZS10$

pro návrh stěnového ztužení: $1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS8$ (na štítové stěny pouze)+ $ZS11$

pro návrh sloupu v čelní stěně: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS4 + 1.5*ZS7$

pro vrcholový nosník v čelní stěně: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS4 + 1.5*ZS7$

pro příčný nosník v čelní stěně: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS4 + 1.5*ZS7$

pro ztužení v čelní stěně: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0,75ZS5 + 1.5*ZS7$

pro vrcholové ztužení v čelní stěně: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0,75ZS4 + 1.5*ZS7$

pro návrh podélného výztužného nosníku: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS8 + 1.05*ZS9$

pro návrh příčného ztužení mezi sloupy: $1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 + 1.5*ZS7$

4.4.2 Kombinace pro MSP

Celkem bylo vygenerováno 127 kombinací. Byla pro mezní stav použitelnosti uvažována charakteristická kombinace. Všechny součinitele zatížení byly uvažovány rovny jedné.

Rozhodující kombinace pro jednotlivé prvky- **svislý průhyb**:

Vaznice- $ZS1 + ZS2 + ZS4$

Vazník- $ZS1 + ZS2 + ZS4$

Nosník pro podhled- $ZS1 + ZS2 + ZS4$

Stropní průvlak- $ZS1 + ZS2 + ZS3$

Rozhodující kombinace pro jednotlivé prvky- **vodorovný průhyb**:

Sloup příčné vazby – $ZS7, ZS1+ZS2+ZS7$

Sloup mezilehlý krajní - $ZS1+ZS2+ZS7$

Sloup čelní stěny - $ZS1+ZS2+ZS7+ZS9$

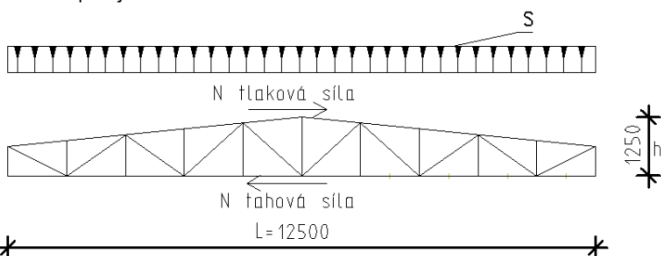
5. Ruční kontrola výsledků

Byl proveden ruční výpočet kontroly vnitřních sil pro dva případy.

Případ 1)

Normálové síly ve vazníkú pro zatěžovací stav ZS4-plný sníh.

sníh plný



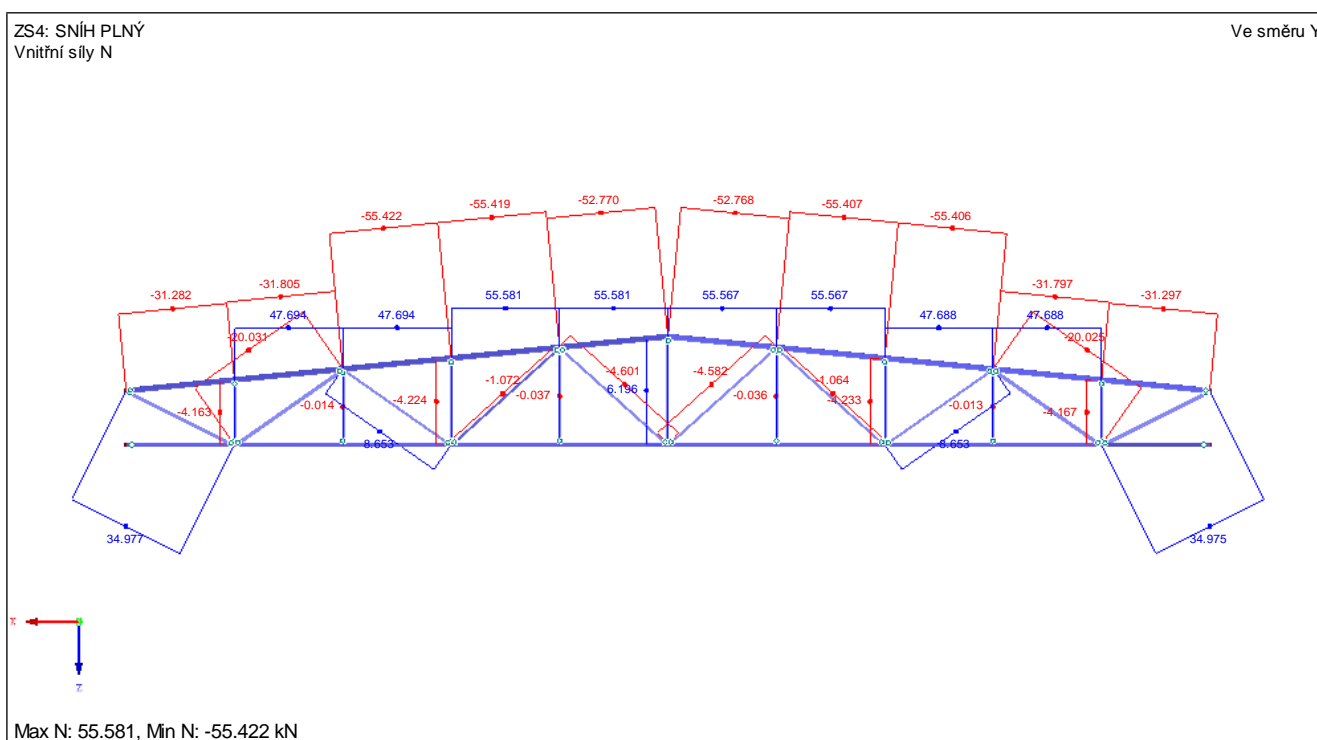
$$s = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

$$ZŠ = 6 \text{ m}$$

$$S = 6 * 0,56 = 3,36 \text{ kN/m}$$

$$M = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} * 3,36 * 12,5^2 = 65,625 \text{ kNm}$$

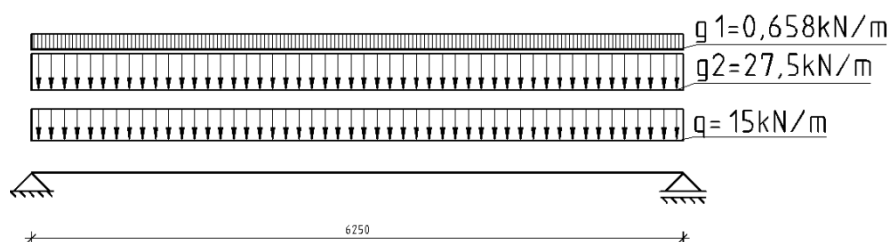
$$N = \frac{M}{h} = \frac{65,625 \text{ kNm}}{1,25 \text{ m}} = 52,5 \text{ kN}$$



Rstab	Ručně
N= 52,8 kN tlak horní pás	N=52,5kN
N= 55,6kN tah spodní pás	N=52,5kN

Případ 2)

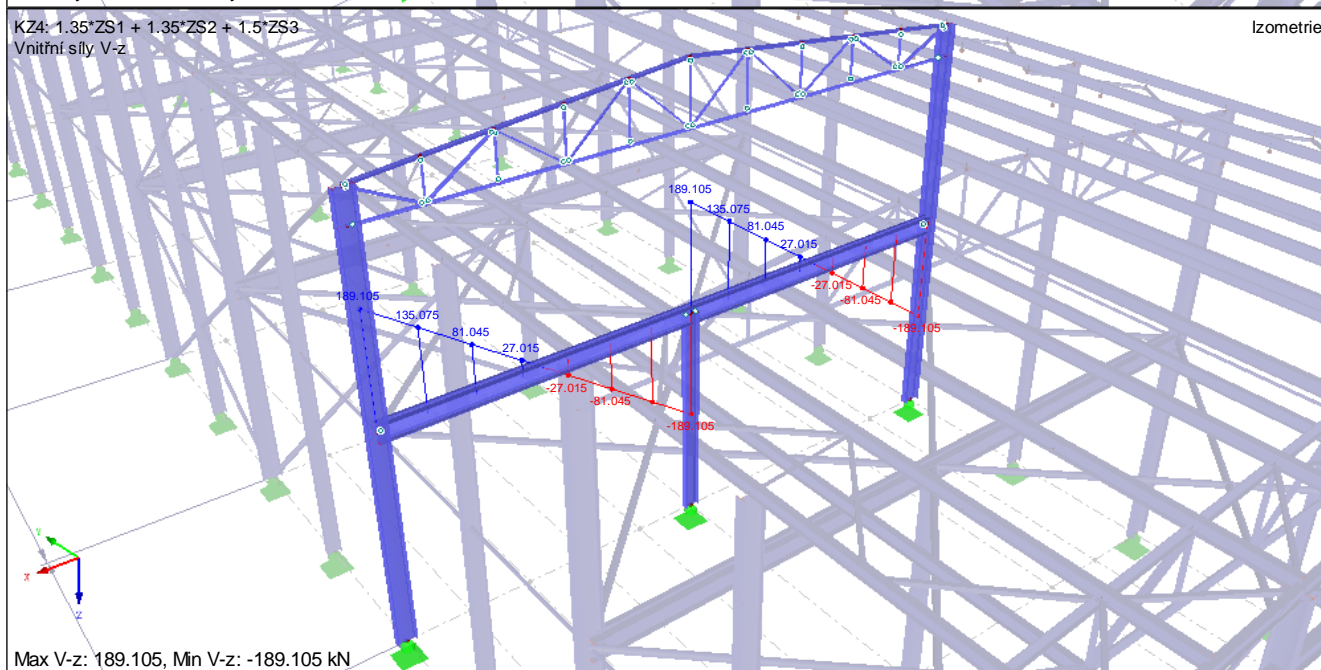
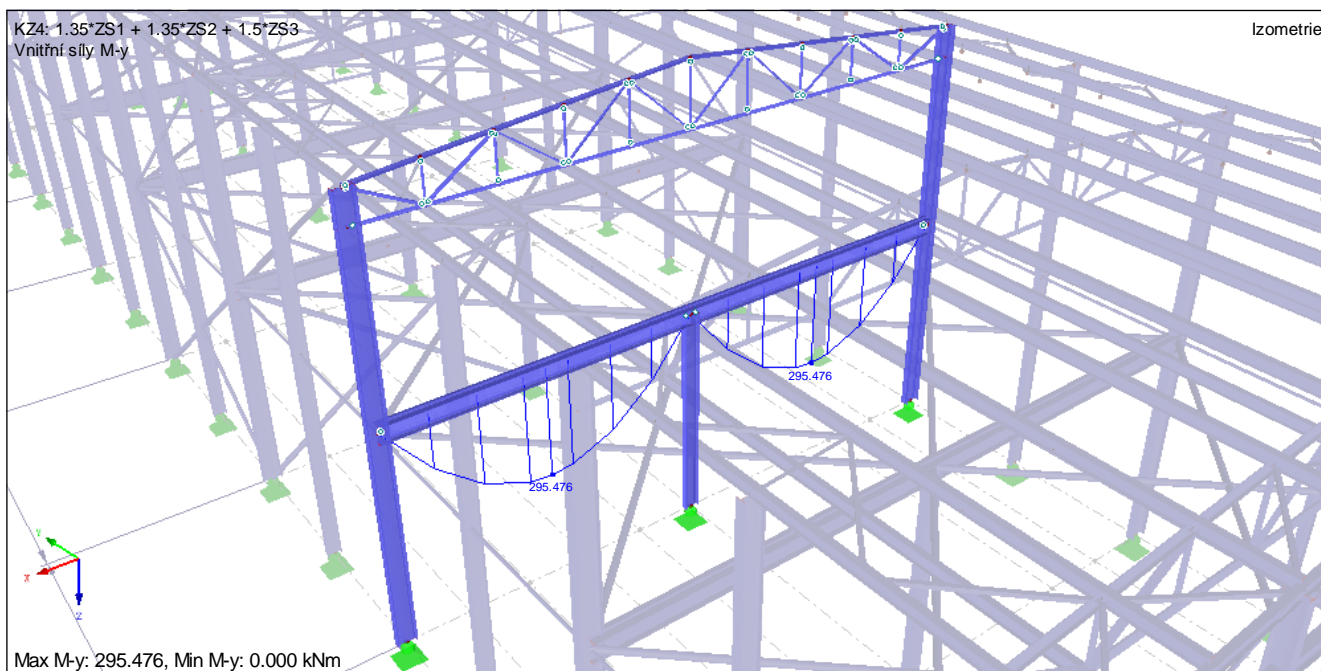
Vnitřní síly ve stropním průvlaku pro kombinaci zatížení KZ4 - 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3



$$q_d = 1,35 \cdot 0,658 + 1,35 \cdot 27,5 + 1,5 \cdot 15 = 60,513 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{60,513 \cdot 6,25^2}{8} = 295,5 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{60,513 \cdot 6,25}{2} = 189,1 \text{ kNm}$$



Rstab	Ručně
Myed= 295,476kNm	Myed= 295,5 kNm
Vzed= 189,105 kN	Vzed= 189,1 kN

6. Návrh a posouzení

Návrh a posouzení se provedl dle Eurokódu 3 - ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí. Konstrukce se posuzovala na mezní stav únosnosti (MSÚ) i na mezní stav použitelnosti (MSP). Návrh konstrukčních prvků vycházel z předpokladů snahy největšího využití prvků na MSÚ, zároveň dodržení příslušných deformací pro MSP a praktičnosti montáže a skladby konstrukce. U větší části prvků měl větší vliv na návrh průřezů mezní stav použitelnosti (MSP). Zcela zásadní vliv na návrh dimenzí mělo odladění vodorovné deformace ve špičce sloupu.

Byly dodrženy požadavky na limitní hodnoty štíhlostí u tlačených prvků. Zároveň byl brán také ohled na pohodu uživatele při užívání konstrukce- např. splnění podmínek pro kmitání stropní konstrukce.

Posouzení bylo prováděno v přídatném modulu Rstab Dlubal STEEL EC3. Vzpěrné délky $L_{cr}=\beta L$ byly zadávány do programu ručně.

číslo prvku	označení prvku	zvolený průřez
1	vaznice	IPE 160
2	vaznice okapová	IPE 160
3	vazník-horní pás	ÚHELNÍK L 90x90x7
4	vazník-spodní pás	ÚHELNÍK L 70x70x7
5	vazník-krajní diagonála	SLOŽENÝ PRUT 2L 45x45x4
6	vazník-diagonála	SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4
7	vazník-svislice	SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4
8	okapové ztužení	ÚHELNÍK L 50x50x4
9	nosník pro podhled	IPE 160
10	sloup příčné vazby	IPE 360
11	sloup mezilehlý krajní	IPE 270
12	sloup pod průvlakem	IPE 300
13	průvlak	UPRAVENÝ IPE 360
14	příčné ztužení ve střešní rovině	RO 60x4
15	podélné ztužení ve stěně	RO 80x4
16	sloup čelní stěny	IPE 270
17	vrcholový nosník čelní stěny	IPE 160
18	příčný nosník čelní stěny	IPE 160
19	ztužení v čelní stěně	RO 60x4
20	ztužení vrcholové v čelní stěně	RO 42x4
21	podélný výztužný nosník	RO 60x4
22	příčné ztužení mezi sloupy	RO 127x6,3

6.1. Rozhodující posudky MSÚ

1. VAZNICE - IPE 160

Posouzení mezního stavu únosnosti

1.35 ZS1 + 1.35 ZS2 + 1.5 Z3 | 467 | 2.000 | 0.62 ≤ 1 | 363) Posouzení stability - dvouosý ohyb podle 6.3.3, metoda 2

Max: 0.62 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 467 - x: 2.000 m - KZ49

☑ **Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05**

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Smykový modul	G	80769.200	MPa	
☑ Rozmezí tloušťky t ≤ 40 mm				
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
☑ Rozmezí tloušťky t > 40 mm a t ≤ 80 mm				
Mez kluzu	f _y	215.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1

☑ **Průřezové charakteristiky - IPE 160 | Feron - DIN 1025-5:1994**

☑ **Návrhové vnitřní síly**

Nomálová síla	N _{Ed}	-1.683	kN	
Posouvající síla	V _{y,Ed}	-0.001	kN	
Posouvající síla	V _{z,Ed}	2.004	kN	
Krouticí moment	T _{Ed}	0.000	kNm	
Moment	M _{y,Ed}	6.966	kNm	
Moment	M _{z,Ed}	0.013	kNm	

☑ **Klasifikace průřezu - třída 1**

☑ **Posouzení**

☑ **Rovnice pro posouzení**

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.48 \leq 1$ (6.61)

$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.62 \leq 1$ (6.62)

[mm]

STEEL EC3 PŘ4

Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku

Izometrie

Max Posouzení [-]: 0.62

Min: 0.00

Max Posouzení: 0.62

2. VAZNICE OKAPOVÁ – IPE160

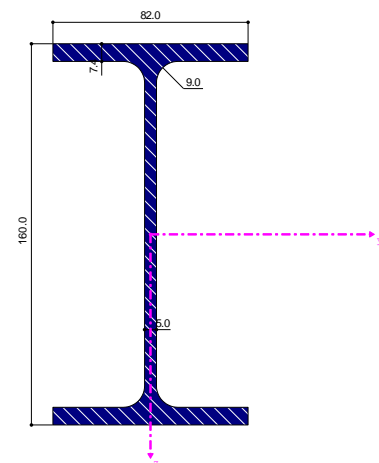
Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z	1426	0.000	0.25 ≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Max: 0.25 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 1426 - x: 0.000 m - KZ26 IPE 160

☑ **Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05**

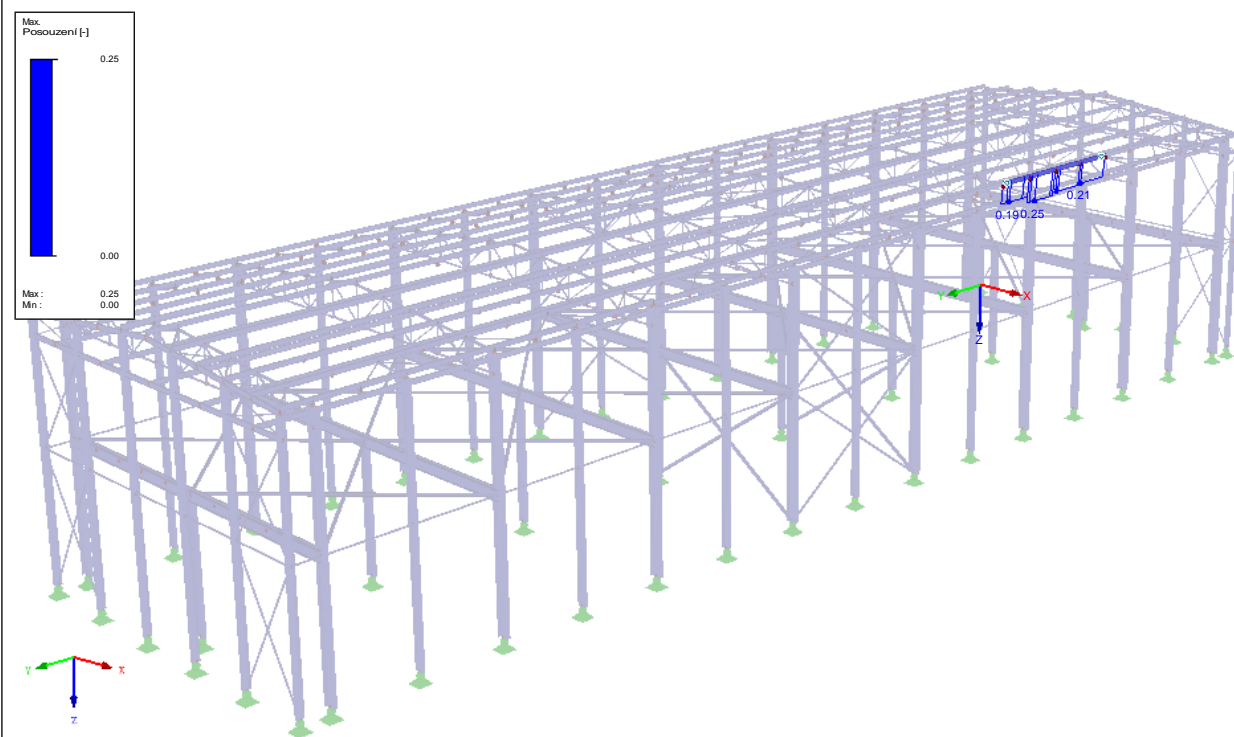
☐ Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
☐ Smykový modul	G	80769.200	MPa	
☑ Rozmezí tloušťky t ≤ 40 mm				
☐ Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
☐ Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
☑ Rozmezí tloušťky t > 40 mm a t ≤ 80 mm				
☐ Mez kluzu	f _y	215.000	MPa	3.2.1
☐ Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
☑ Průřezové charakteristiky - IPE 160 Ferona - DIN 1025-5:1994				
☑ Návrhové vnitřní síly				
☐ Normálová síla	N _{Ed}	-18.081	kN	
☐ Posouvající síla	V _{y,Ed}	0.153	kN	
☐ Posouvající síla	V _{z,Ed}	-0.032	kN	
☐ Kroučící moment	T _{Ed}	-0.015	kNm	
☐ Moment	M _{y,Ed}	-1.340	kNm	
☐ Moment	M _{z,Ed}	0.273	kNm	
☑ Klasifikace průřezu - třída 1				
☑ Posouzení				
☑ Rovnice pro posouzení				
☐ $N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.15 \leq 1$ (6.61)				
☐ $N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.25 \leq 1$ (6.62)				



STEEL EC3 PŘ5

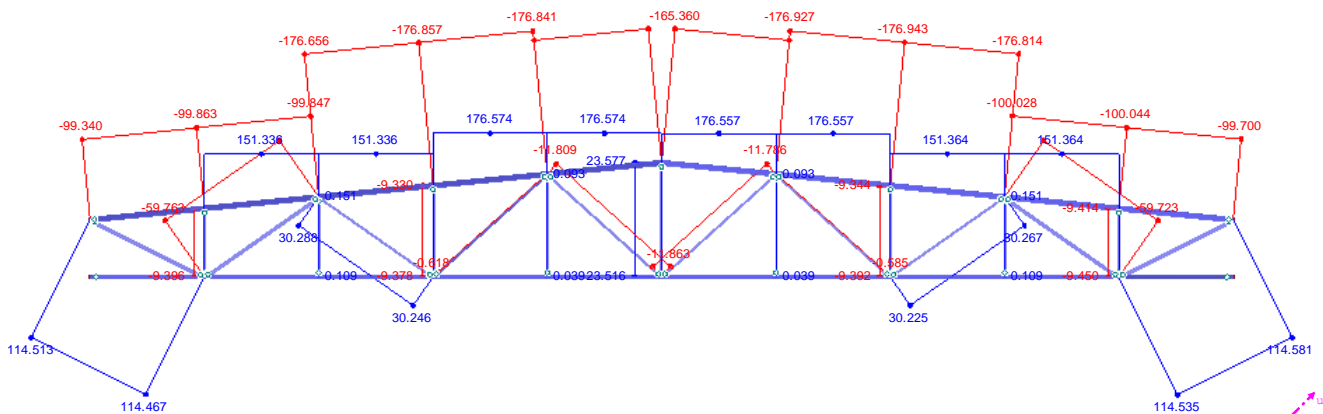
Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku

Izometrie

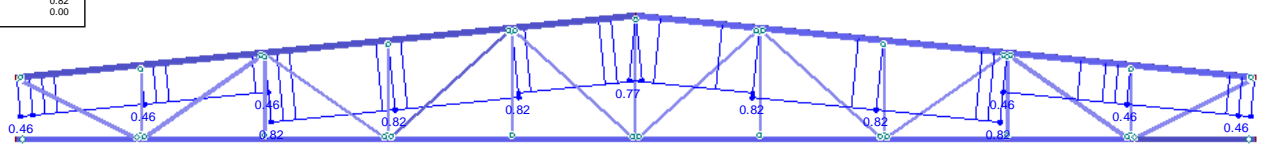
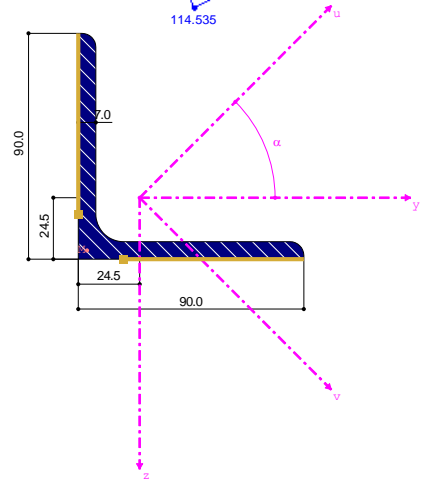
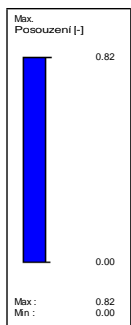


Max Posouzení: 0.25

VAZNÍK-vnitřní síly N (rozhodující kombinace)

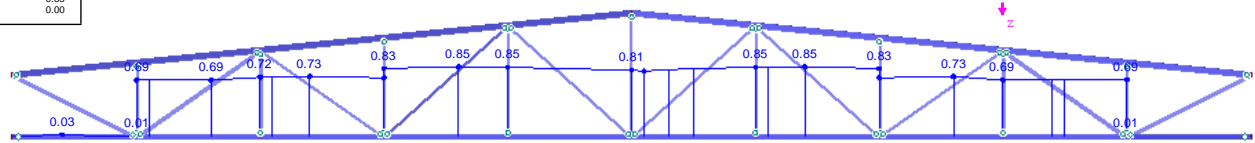
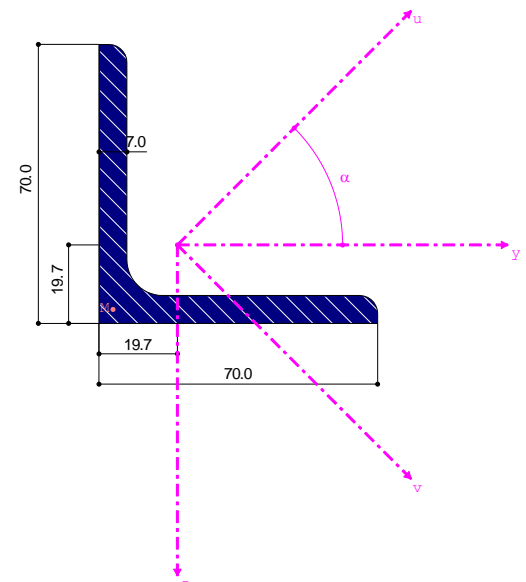
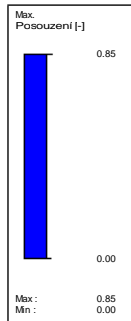


3. HORNÍ PÁS VAZNÍKU
ROVNORAMENNÝ ÚHELNÍK L 90x90x7
Využití průřezu:



Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z	449	1.256	0.82	≤ 1 314) Posouzení stability - vzpěr okolo osy v podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2 - třída 4
Max:		0.82	≤ 1	
Mezihodnoty - prut 449 - x: 1.256 m - KZ8				
☑ Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 EN 1993-1-1:2005-05				
☐ Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
☐ Smykový modul	G	80769.200	MPa	
☑ Rozmezí tloušťky t ≤ 40 mm				
☐ Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
☐ Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
☑ Rozmezí tloušťky t > 40 mm a t ≤ 80 mm				
☐ Mez kluzu	f _y	215.000	MPa	3.2.1
☐ Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
☑ Průřezové charakteristiky - L 90x90x7 EN 10056-1:1998				
☑ Návrhové vnitřní síly				
☑ Klasifikace průřezu - třída 4				
☑ Charakteristiky účinného průřezu				
☑ Posouzení				
☑ Rovnice pro posouzení				
N _{Ed} / N _{b,v,Rd} = 0.82 ≤ 1 (6.46)				

4. SPODNÍ PÁS VAZNÍKU
ROVNORAMENNÝ ÚHELNÍK L 70x70x7



1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z 445 0.500 0.85 ≤ 1 205) Posouzení průřezu - ohyb okolo v, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9 - třída 3

Max: 0.85 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 445 - x: 0.500 m - KZ8

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05

Průřezové charakteristiky - L 70x70x7 | EN 10056-1:1998

Návrhové vnitřní síly

Klasifikace průřezu - žádný tlak

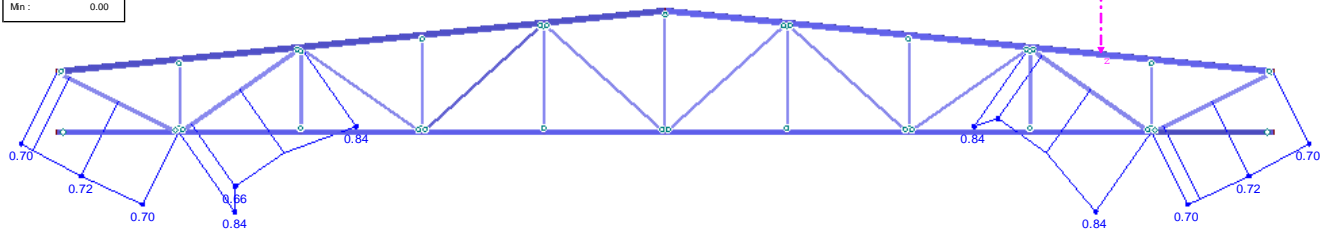
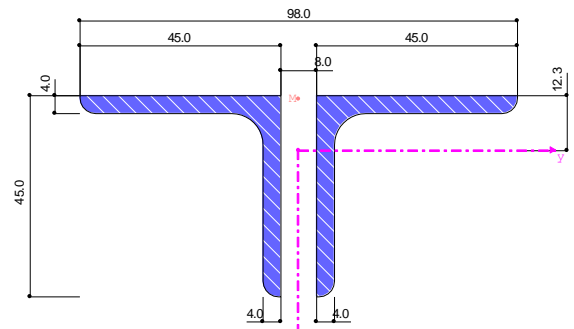
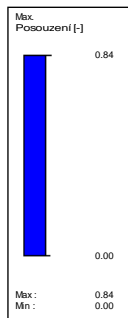
Posouzení

<input type="checkbox"/> Normálová síla	N_{Ed}	176.574	kN		
<input type="checkbox"/> Plocha průřezu	A	940.0	mm ²		
<input type="checkbox"/> Normálové napětí od N	$\sigma_{x,N,Ed}$	187.845	MPa		
<input type="checkbox"/> Moment	$M_{v,Ed}$	-0.081	kNm		
<input type="checkbox"/> Elastický průřezový modul	$W_{el,v,min}$	6582.1	mm ³		
<input type="checkbox"/> Normálové napětí od M_v	$\sigma_{x,Mv,Ed}$	12.339	MPa		
<input type="checkbox"/> Normálové napětí	$\sigma_{x,Ed}$	200.184	MPa		
<input type="checkbox"/> Posouvající síla	$V_{u,Ed}$	0.004	kN		
<input type="checkbox"/> Účinná smyková plocha	$A_{v,u}$	396.3	mm ²		6.2.6(3)
<input type="checkbox"/> Mez kluzu	f_y	235.000	MPa		3.2.1
<input type="checkbox"/> Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000			6.1
<input type="checkbox"/> Únosnost ve smyku	$V_{pl,u,Rd}$	53.764	kN		Rov. (6.18)
<input type="checkbox"/> Kříterium $V_{u,Ed} / V_{pl,u,Rd}$	v_u	0.000		≤ 0.5	6.2.10(2)
<input type="checkbox"/> Únosnost	$\sigma_{x,Rd}$	235.000	MPa		Rov. (6.45)
<input type="checkbox"/> Posouzení	η	0.85		≤ 1	6.2.10

Rovnice pro posouzení

$\sigma_{x,Ed} / (f_y / \gamma_{M0}) = 0.85 \leq 1$ (6.42)

5. KRAJNÍ DIAGONÁLA VAZNÍKU
SLOŽENÝ PRUT 2L 45x45x4 (rozhoduje tlačenná krajní diagonála)

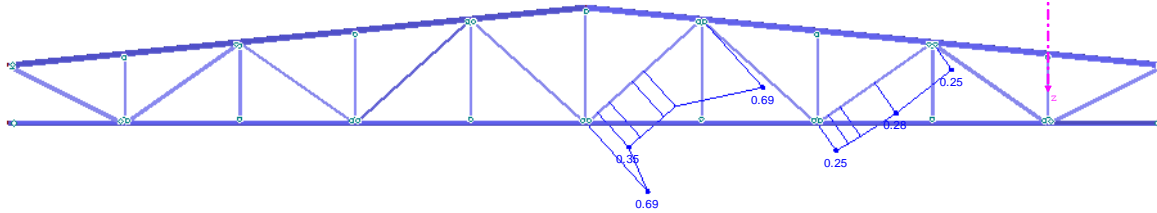
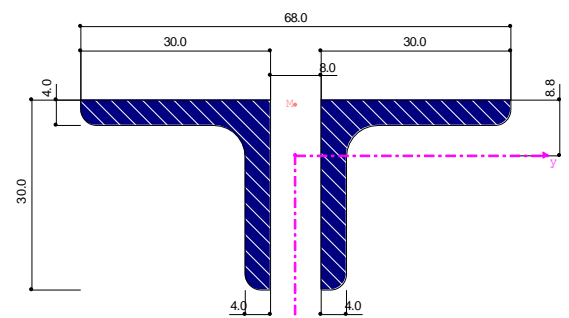
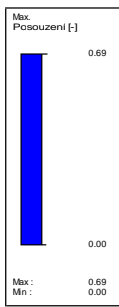


Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z	487	1.526	0.84 ≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
		Max:	0.84 ≤ 1	
Mezihodnoty - prut 487 - x: 1.526 m - KZ8				
<input checked="" type="checkbox"/> Průřezové charakteristiky - 2LA L 45x4-8/4 Feron - DIN 1028				
<input checked="" type="checkbox"/> Návrhové vnitřní síly				
<input checked="" type="checkbox"/> Klasifikace průřezu - třída 3				
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení				
<input type="checkbox"/> Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
<input type="checkbox"/> Moment setrvačnosti	I _y	128600.0	mm ⁴	
<input type="checkbox"/> Vzpěná délka prutu	L _{cr,y}	1.526	m	
<input type="checkbox"/> Pružná kritická síla	N _{cr,y}	114.486	kN	
<input type="checkbox"/> Plocha průřezu	A	698.0	mm ²	
<input type="checkbox"/> Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
<input type="checkbox"/> Poměrná štíhlost	λ _y	1.197	> 0.2	6.3.1.2(4)
<input type="checkbox"/> Osová síla (tlak)	N _{Ed}	59.763	kN	
<input type="checkbox"/> Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	ηN _{cr}	0.522	> 0.04	6.3.1.2(4)
<input type="checkbox"/> Křivka vzpěmé pevnosti	KVP _y	c		Tab. 6.2
<input type="checkbox"/> Součinitel imperfekce	α _y	0.490		Tab. 6.1
<input type="checkbox"/> Pomocný součinitel	Φ _y	1.461		6.3.1.2(1)
<input type="checkbox"/> Součinitel vzpěmosti	χ _y	0.435		Rov. (6.49)
<input type="checkbox"/> Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000		6.1
<input type="checkbox"/> Vzpěná únosnost	N _{b,y,Rd}	71.388	kN	Rov. (6.47)
<input type="checkbox"/> Posouzení	η	0.84	≤ 1	(6.46)
<input checked="" type="checkbox"/> Rovnice pro posouzení				
<input type="checkbox"/> N _{Ed} / N _{b,y,Rd} = 0.84 ≤ 1 (6.46)				

6. DIAGONÁLA VAZNÍKU

SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4 (rozhoduje tlačená diagonála)

2LA L 30x30x4-8/4 | Feron - EN 10056



[mm]

Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z	538	1.682	0.69 ≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

Max: 0.69 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 538 - x: 1.682 m - KZ73

Průřezové charakteristiky - 2LA L 30x30x4-8/4 | Feron - EN 10056

Návrhové vnitřní síly

Klasifikace průřezu - třída 3

Posouzení

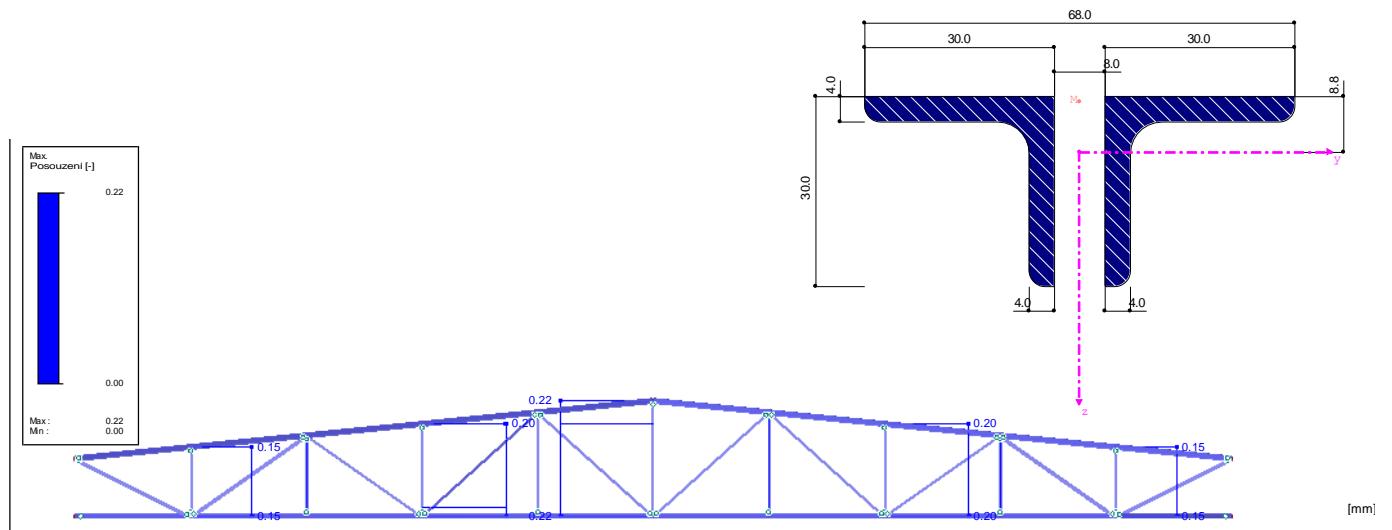
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Moment setrvačnosti	I _y	36000.0	mm ⁴	
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	1.682	m	
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	26.383	kN	
Plocha průřezu	A	454.0	mm ²	
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _y	2.011		> 0.2 6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N _{Ed}	14.259	kN	
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	η _{N,cr}	0.540		> 0.04 6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	c		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.490		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	2.966		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.194		Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000		6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	20.735	kN	Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.69		≤ 1 (6.46)

Rovnice pro posouzení

$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.69 \leq 1 \quad (6.46)$

7. SVISLICE VAZNÍKU
SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4
(rozhoduje tažená svislice)

2LA L 30x30x4-8/4 | Ferona - EN 10056



Posouzení mezního stavu únosnosti
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z 489 1.250 0.22 ≤ 1 101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3

Max: 0.22 ≤ 1

ezihodnoty - prut 489 - x: 1.250 m - KZ8

] Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05

] Průřezové charakteristiky - 2LA L 30x30x4-8/4 | Ferona - EN 10056

] Návrhové vnitřní síly

— Normálová síla	N_{Ed}	23.577	kN		
— Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	0.001	kN		
— Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.000	kN		
— Krouticí moment	T_{Ed}	0.000	kNm		
— Moment	$M_{y,Ed}$	0.000	kNm		
— Moment	$M_{z,Ed}$	0.000	kNm		

] Klasifikace průřezu - žádný tlak

] Posouzení

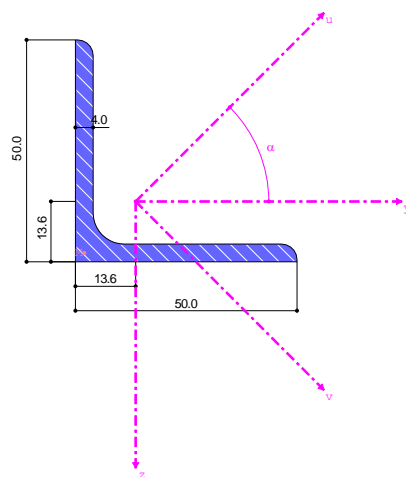
— Tahová síla	$N_{t,Ed}$	23.577	kN		
— Plocha průřezu	A	454.0	mm ²		
— Mez kluzu	f_y	235.000	MPa		3.2.1
— Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M0}	1.000			6.1
— Návrhová plastická únosnost vůči normálovým silám	$N_{pl,Rd}$	106.690	kN		(6.6)
— Únosnost při působení osově síly	$N_{t,Rd}$	106.690	kN		
— Posouzení	η	0.22		≤ 1	(6.5)

] Rovnice pro posouzení

— $N_{t,Ed} / N_{t,Rd} = 0.22 \leq 1$ (6.5)

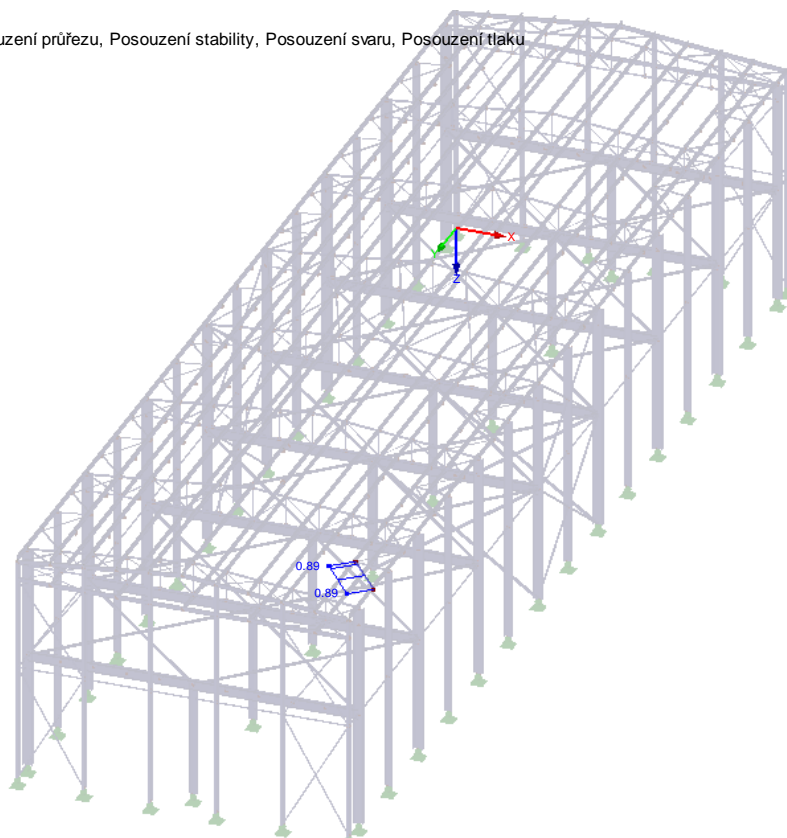
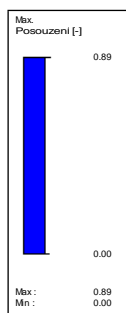
8. OKAPOVÉ ZTUŽENÍ ÚHELNÍK L 50x50x4

Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS5 + 1.5*ZS7	1451	0.000	0.89 ≤ 1	328) Posouzení stability - prostorový vzpěr podle 6.3.1.4 a 6.3.1.2 - třída 4
Max:		0.89	≤ 1	
Mezihodnoty - prut 1451 - x: 0.000 m - KZ53				
Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 EN 1993-1-1:2005-05				
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Smykový modul	G	80769.200	MPa	
Rozmezí tloušťky t ≤ 40 mm				
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
Rozmezí tloušťky t > 40 mm a t ≤ 80 mm				
Mez kluzu	f _y	215.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
Průřezové charakteristiky - L 50x50x4 Ferona - EN 10056				
Návrhové vnitřní síly				
Nomálová síla	N _{Ed}	-15.226	kN	
Posouvající síla	V _{u,Ed}	0.000	kN	
Posouvající síla	V _{v,Ed}	0.000	kN	
Krouticí moment	T _{Ed}	0.000	kNm	
Moment	M _{u,Ed}	0.000	kNm	
Moment	M _{v,Ed}	0.000	kNm	
Klasifikace průřezu - třída 4				
Charakteristiky účinného průřezu				
Posouzení				
Rovnice pro posouzení				
N _{Ed} / N _{b,T,Rd} = 0.89 ≤ 1 (6.46)				



STEEL EC3 PR13

Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku



Max Posouzení: 0.89

9. NOSNÍK PRO PODHLED IPE 160

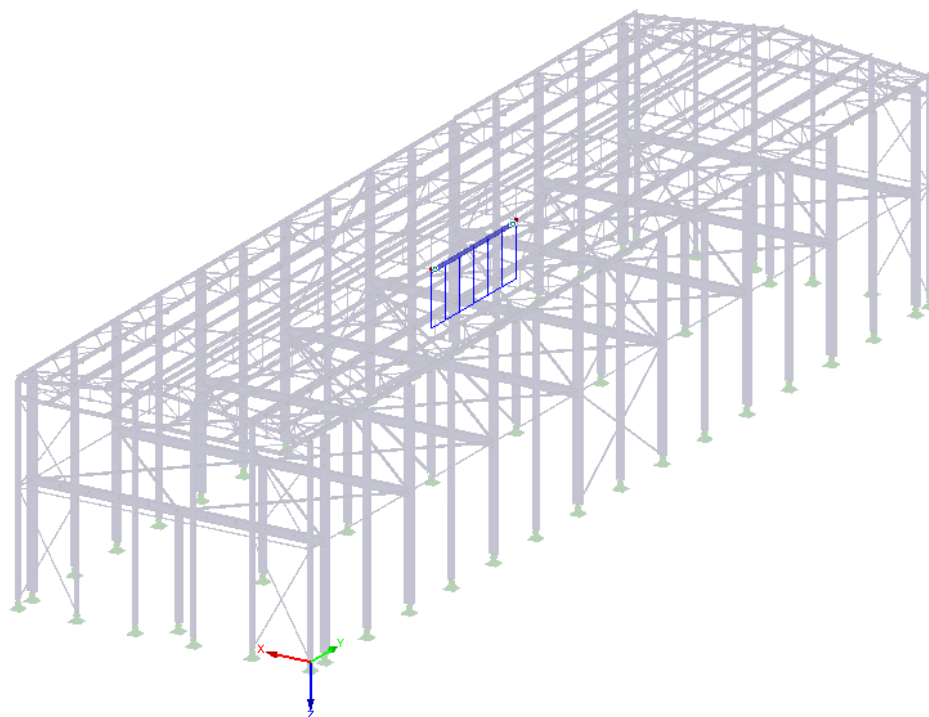
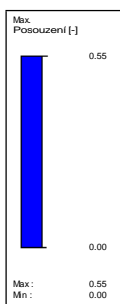
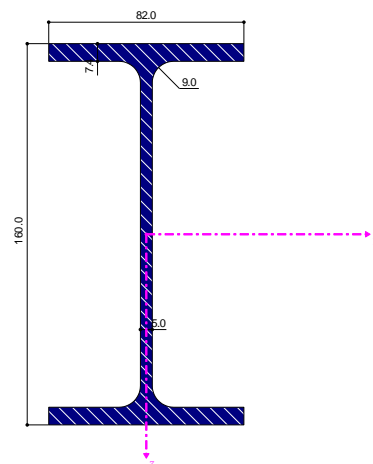
Posouzení mezního stavu únosnosti
 1,35ZS1 + 1,35ZS2 + 1,5ZS9 | 1 | 3.000 | 0.55 ≤ 1 | 331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez

Max: 0.55 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 1 - x: 3.000 m - ZS1

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05

<input type="checkbox"/> Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
<input type="checkbox"/> Smykový modul	G	80769.200	MPa	
<input checked="" type="checkbox"/> Rozmezí tloušťky t ≤ 40 mm				
<input type="checkbox"/> Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
<input type="checkbox"/> Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
<input checked="" type="checkbox"/> Rozmezí tloušťky t > 40 mm a t ≤ 80 mm				
<input type="checkbox"/> Mez kluzu	f _y	215.000	MPa	3.2.1
<input type="checkbox"/> Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1
<input checked="" type="checkbox"/> Průřezové charakteristiky - IPE 160 Feron - DIN 1025-5:1994				
<input checked="" type="checkbox"/> Návrhové vnitřní síly				
<input type="checkbox"/> Normálová síla	N _{Ed}	-1.000	kN	
<input type="checkbox"/> Posouvající síla	V _{y,Ed}	0.000	kN	
<input type="checkbox"/> Posouvající síla	V _{z,Ed}	0.750	kN	
<input type="checkbox"/> Krouticí moment	T _{Ed}	0.000	kNm	
<input type="checkbox"/> Moment	M _{y,Ed}	7.514	kNm	
<input type="checkbox"/> Moment	M _{z,Ed}	0.000	kNm	
<input checked="" type="checkbox"/> Klasifikace průřezu - třída 1				
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení				
<input checked="" type="checkbox"/> Rovnice pro posouzení				
<input type="checkbox"/>	M _{y,Ed} / M _{b,Rd} = 0.55 ≤ 1 (6.54)			



Max Posouzení: 0.55

10. SLOUP PŘÍČNÉ VAZBY - IPE 360

Mezihodnoty - prut 386 - x: 4.400 m - KZ258

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05

Průřezové charakteristiky - IPE 360 | Feron - DIN 1025-5:1994

Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N_{Ed}	-205.939	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.008	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-11.854	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	0.013	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	-41.431	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	0.030	kNm

Klasifikace průřezu - třída 2

Posouzení

Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.29 \leq 1 \quad (6.61)$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.51 \leq 1 \quad (6.62)$$

Max: 0.52

Mezihodnoty - prut 386 - x: 0.880 m - KZ258

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05

Průřezové charakteristiky - IPE 360 | Feron - DIN 1025-5:1994

Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N_{Ed}	-212.156	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.002	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-7.894	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	0.006	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	-6.470	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	0.001	kNm

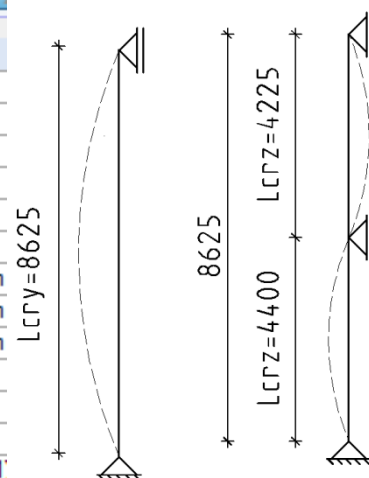
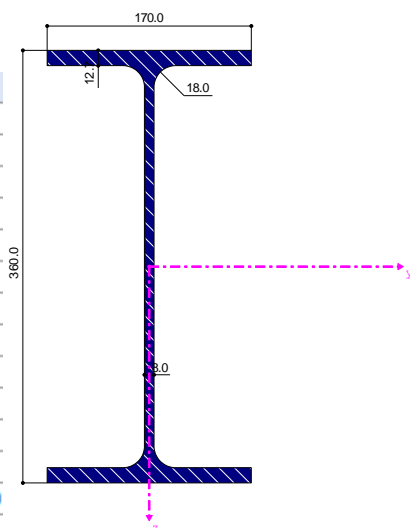
Klasifikace průřezu - třída 2

Posouzení

Rovnice pro posouzení

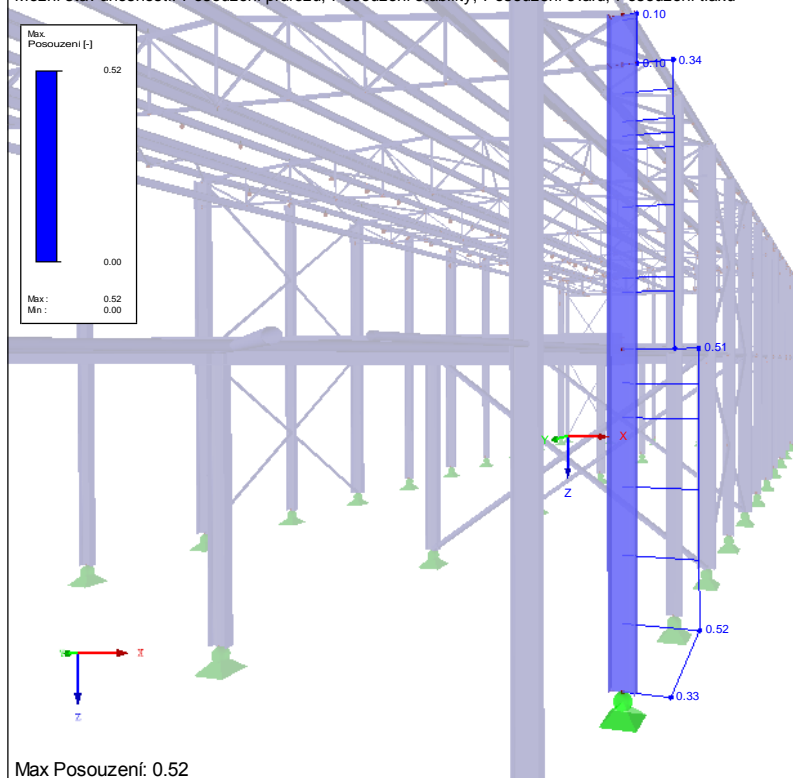
$$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.30 \leq 1 \quad (6.61)$$

$$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.52 \leq 1 \quad (6.62)$$



STEEL EC3 PR16

Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku



Izometrie

Max Posouzení: 0.52

11. SLOUP MEZILEHLÝ KRAJNÍ – IPE 270

Max: 0.61 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 6 - x: 0.000 m - KZ258

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 | EN 1993-1-1:2005-05

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Smykový modul	G	80769.200	MPa	

Rozmezí tloušťky t ≤ 40 mm

Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1

Rozmezí tloušťky t > 40 mm a t ≤ 80 mm

Mez kluzu	f _y	215.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f _u	360.000	MPa	3.2.1

Průřezové charakteristiky - IPE 270 | Feron - DIN 1025-5:1994

Návrhové vnitřní síly

Nomálová síla	N _{Ed}	-59.889	kN	
Posouvající síla	V _{y,Ed}	0.005	kN	
Posouvající síla	V _{z,Ed}	4.648	kN	
Krouticí moment	T _{Ed}	0.000	kNm	
Moment	M _{y,Ed}	15.288	kNm	
Moment	M _{z,Ed}	0.002	kNm	

Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

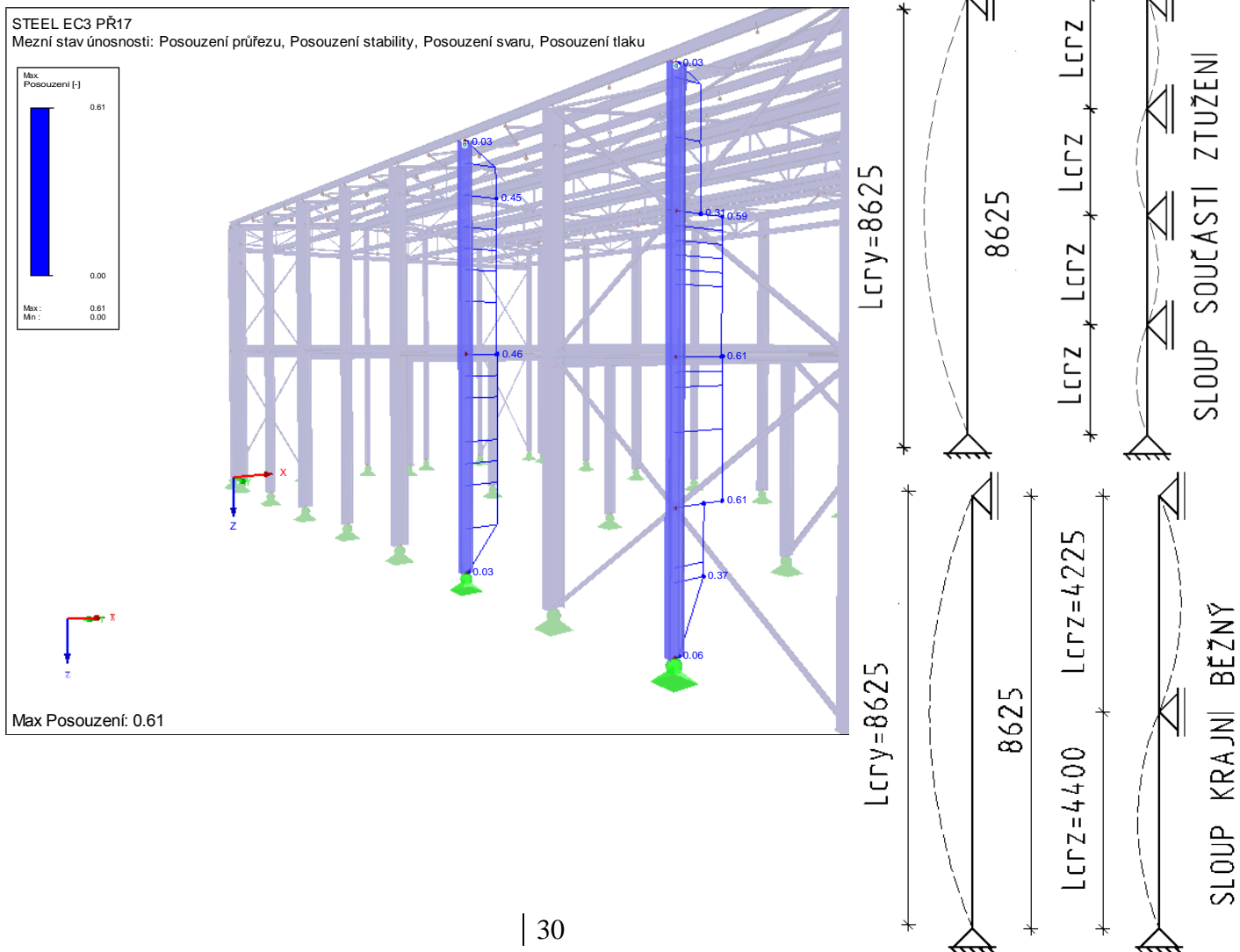
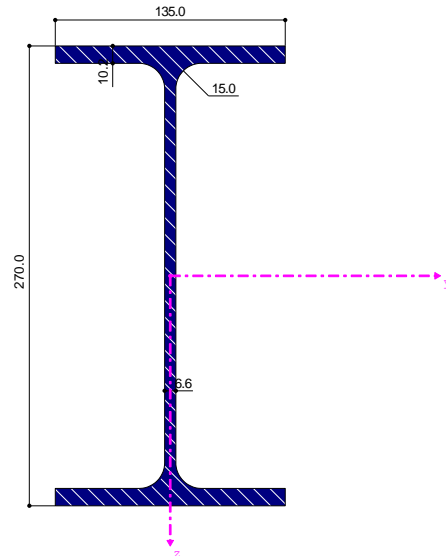
Rovnice pro posouzení

$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.61 \leq 1$ (6.61)

$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.61 \leq 1$ (6.62)

Posouzení mezního stavu únosnosti

1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS7+1,05ZS3+0,75ZS4	6	0.000	0.61 ≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
--	---	-------	----------	--



12. SLOUP POD PRŮVLAKEM - IPE 300

L_{cr} = 4,4m

Posouzení mezního stavu únosnosti

1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*Z	618	4.400	0.79	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
-----------------------------	-----	-------	------	-----	--

Max: 0.79 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 618 - x: 4.400 m - KZ4

Průřezové charakteristiky - IPE 300 | Ferona - DIN 1025-5:1994

Návrhové vnitřní síly

Klasifikace průřezu - třída 2

Posouzení

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I _z	6040000.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,z}	4.400	m		
Pružná kritická síla	N _{cr,z}	646.622	kN		
Plocha průřezu	A	5380.0	mm ²		
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa		3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _z	1.398		> 0.2	6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N _{Ed}	383.568	kN		
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,z}	ηN _{cr}	0.593		> 0.04	6.3.1.2(4)
Křivka vztahové pevnosti	KVP _z	b			Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _z	0.340			Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _z	1.681			6.3.1.2(1)
Součinitel vztahové	χ _z	0.382			Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000			6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,z,Rd}	483.491	kN		Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.79		≤ 1	(6.46)

Rovnice pro posouzení

N_{Ed} / N_{b,z,Rd} = 0.79 ≤ 1 (6.46)

STEEL EC3 PR18

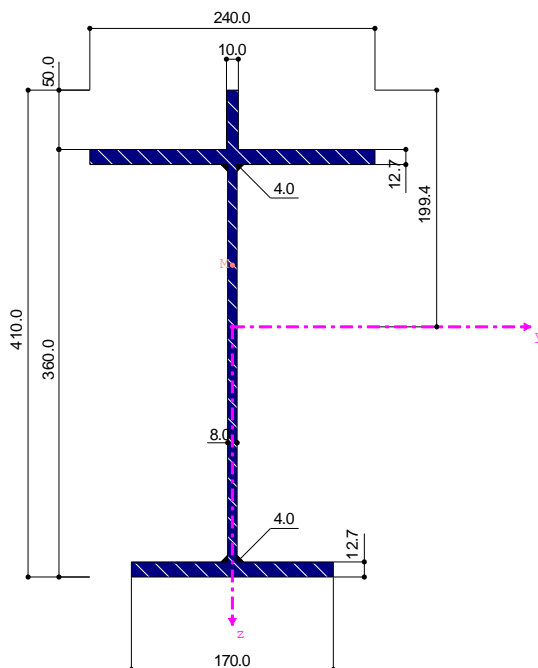
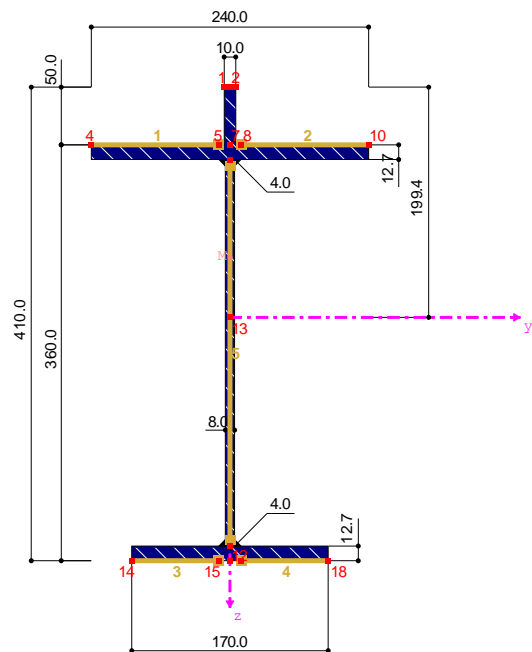
Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku

Izometrie

Max Posouzení: 0.79

13. STROPNÍ PRŮVLAK- UPRAVENÝ IPE 360

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Šířka pásnice nahoře	b_o	240,000	mm
Tloušťka pásnice nahoře	t_o	12,700	mm
Tloušťka stojiny	s	8,000	mm
Šířka pásnice dole	b_u	170,000	mm
Tloušťka pásnice dole	t_u	12,700	mm
Výška	h	360,000	mm
Šířka plechu	a	10,000	mm
Tloušťka plechu	b	50,000	mm
Tloušťka koutového svaru nahoře	a_o	4,000	mm
Tloušťka koutového svaru dole	a_u	4,000	mm
Plocha průřezu	A	8383,800	mm ²
Smyková plocha	A_y	3968,300	mm ²
Smyková plocha	A_z	2723,900	mm ²
Vzdálenost těžiště	e_z	199,400	mm
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_y	195300000,000	mm ⁴
Moment setrvačnosti (plošný moment 2. stupně)	I_z	19850000,000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	I_p	215200000,000	mm ⁴
Polární moment setrvačnosti	$I_{p,M}$	238100000,000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	152,600	mm
Poloměr setrvačnosti	i_z	48,700	mm
Polární poloměr setrvačnosti	i_p	160,200	mm
Polární poloměr setrvačnosti	$i_{p,M}$	168,500	mm
Hmotnost průřezu	G	65,800	kg/m
Plocha pláště	$A_{plášť}$	1,624	m ² /m
Moment tuhosti v kroucení	I_t	352238,000	mm ⁴
Vzdálenost od středu smyku k těžišti	z_M	-51,900	mm
Výsečový moment setrvačnosti vztážený na M	$I_{@v}$	462800000000,000	mm ⁶
Výsečový poloměr setrvačnosti	$i_{@v,M}$	44,100	mm
Součinitel tlumení	l	0,001	1/mm
Elastický průřezový modul	$W_{y,max}$	927194,000	mm ³
Elastický průřezový modul	$W_{y,min}$	-979650,000	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	165404,000	mm ³
Výsečový průřezový modul	$W_{@v}$	21250000,000	mm ⁴
Statický moment	$S_{y,max}$	597781,000	mm ³
Statický moment	$S_{z,max}$	91415,000	mm ³
Výsečová souřadnice	v_{max}	21779,000	mm ²
Výsečová plocha (plošný moment 1. stupně výseče)	$S_{@v,max}$	11760000,000	mm ⁴
Stabilitní parametr podle Kindema	$r_{y,Kindem}$	43,300	mm
Stabilitní parametr	$r_{M,z}$	147,200	mm
Poloha osy plochy vztážená k S	f_z	-56,200	mm
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y,max}$	1170320,000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z,max}$	281241,000	mm ³
Plastický tvarový součinitel	$a_{pl,y,max}$	1,262	
Plastický tvarový součinitel	$a_{pl,z,max}$	1,700	
Vzpěrná křivka (DIN 18800-2:2008-11)	$VK_{y,DIN}$	c	
Vzpěrná křivka (DIN 18800-2:2008-11)	$VK_{z,DIN}$	d	
Vzpěrná křivka podle EN	$VK_{y,EN}$	c	
Vzpěrná křivka podle EN	$VK_{z,EN}$	d	
Vzpěrná křivka podle EN pro ocel S 460	$VK_{y,EN,S460}$	c	
Vzpěrná křivka podle EN pro ocel S 460	$VK_{z,EN,S460}$	d	



Posouzení mezního stavu únosnosti

1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS3 619 3.125 0.90 ≤ 1 112) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 3

Max: 0.90 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 619 - x: 3.125 m - KZ4

☑ Materiálové charakteristiky - Ocel S 355 | EN 1993-1-1:2005-05

☑ Průřezové charakteristiky - KB 240/12.7/8/170/12.7/360/10/50/4/4

☐ Návrhové vnitřní síly

—	Nomálová síla	N _{Ed}	0.000	kN		
—	Posouvající síla	V _{y,Ed}	-0.030	kN		
—	Posouvající síla	V _{z,Ed}	0.000	kN		
—	Krouticí moment	T _{Ed}	-0.001	kNm		
—	Moment	M _{y,Ed}	295.476	kNm		
—	Moment	M _{z,Ed}	0.090	kNm		

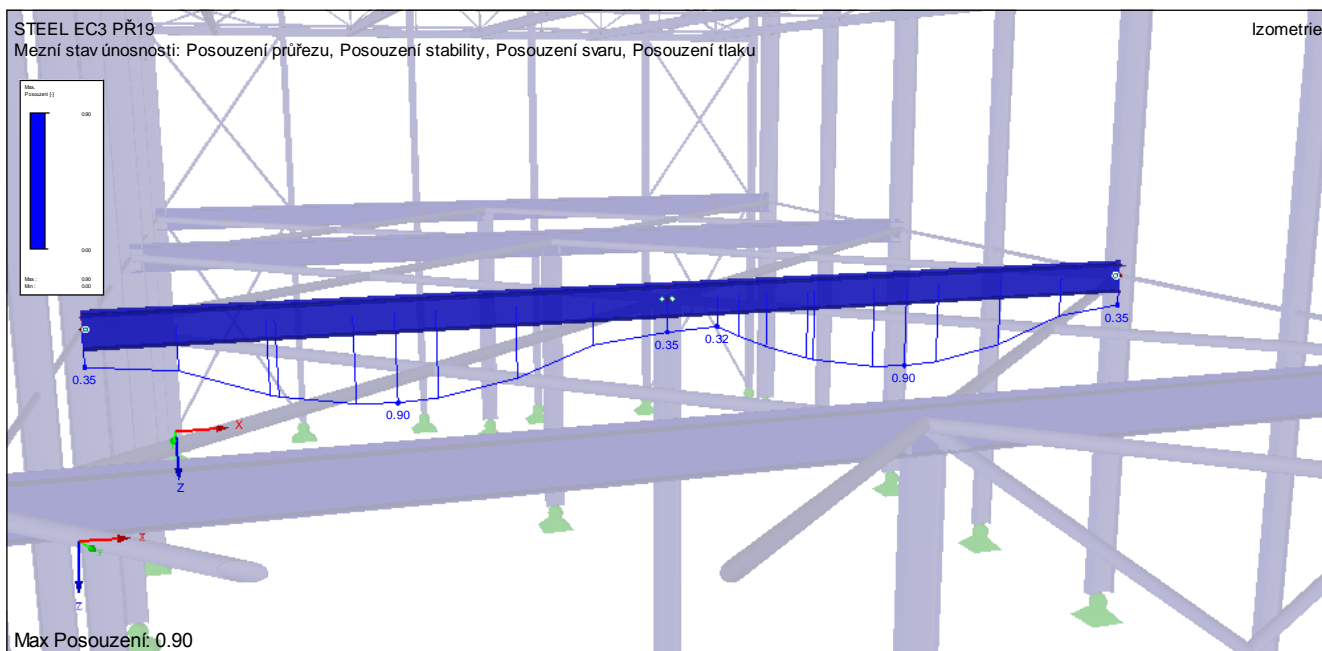
☑ Klasifikace průřezu - třída 3

☐ Posouzení

—	Moment	M _{y,Ed}	295.476	kNm		
—	Elastický průřezový modul	W _{el,y,min}	927194.0	mm ³		
—	Mez kluzu	f _y	355.000	MPa		3.2.1
—	Díličí součinitel únosnosti	γ _{M0}	1.000			6.1
—	Únosnost v ohybu	M _{el,y,Rd}	329.154	kNm		Rov. (6.14)
—	Únosnost v ohybu	M _{c,y,Rd}	329.154	kNm		
—	Posouzení	η	0.90		≤ 1	(6.12)

☐ Rovnice pro posouzení

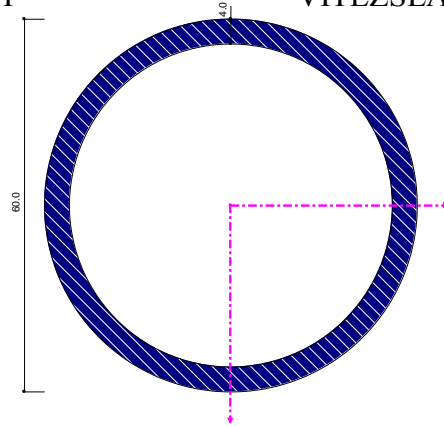
— $M_{y,Ed} / M_{c,y,Rd} = 0.90 \leq 1$ (6.12)



14. PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ VE STŘEŠNÍ ROVINĚ

RO 60x4

L_{cr}=3,252m



Posouzení mezního stavu únosnosti					
ZS1 + ZS2 + 1.5*ZS8 + ZS10	1629	3.252	0.70	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 + 1.5*ZS8 + ZS10	1629	3.252	0.71	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 + 1.5*ZS8 + ZS11	1629	3.252	0.59	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

Průřezové charakteristiky - RO 60x4 | Ferona - ČSN 42 6711.21

Návrhové vnitřní síly

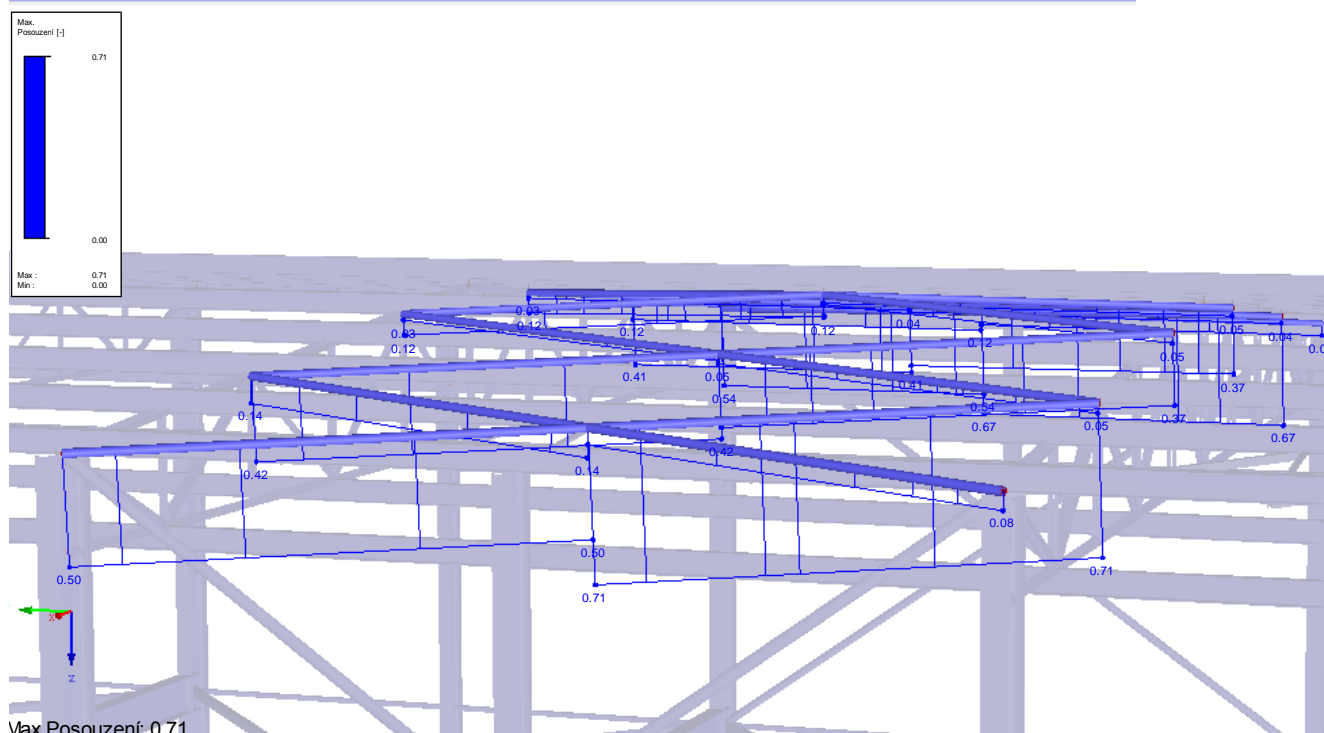
Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I _y	277264.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	3.252	m		
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	54.326	kN		
Plocha průřezu	A	703.7	mm ²		
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa		3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _y	1.745		> 0.2	6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N _{Ed}	33.355	kN		
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	ηN _{cr}	0.614		> 0.04	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a			Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.210			Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	2.184			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.286			Rov. (6.49)
Dílní součinitel únosnosti	γM1	1.000			6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	47.272	kN		Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.71		≤ 1	(6.46)

Rovnice pro posouzení

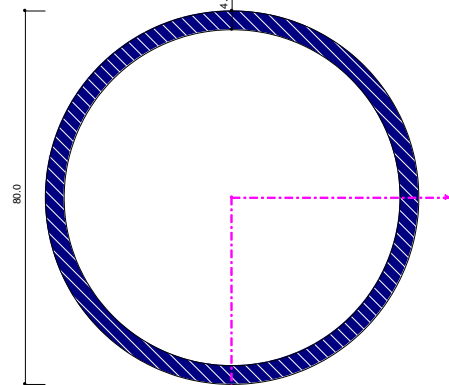
$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.71 \leq 1$ (6.46)



Max Posouzení: 0.71

15. PODÉLNÉ ZTUŽENÍ RO 80x4

L_{cr}=3,72m



Posouzení mezního stavu únosnosti
 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 + 1.5*ZS8 + ZS11 20 0.000 0.92 ≤ 1 302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

Max: 0.92

Mezihodnoty - prut 20 - x: 0.000 m - KZ3

Průřezové charakteristiky - RO 80x4 | Feron - ČSN 42 6711.21

Návrhové vnitřní síly

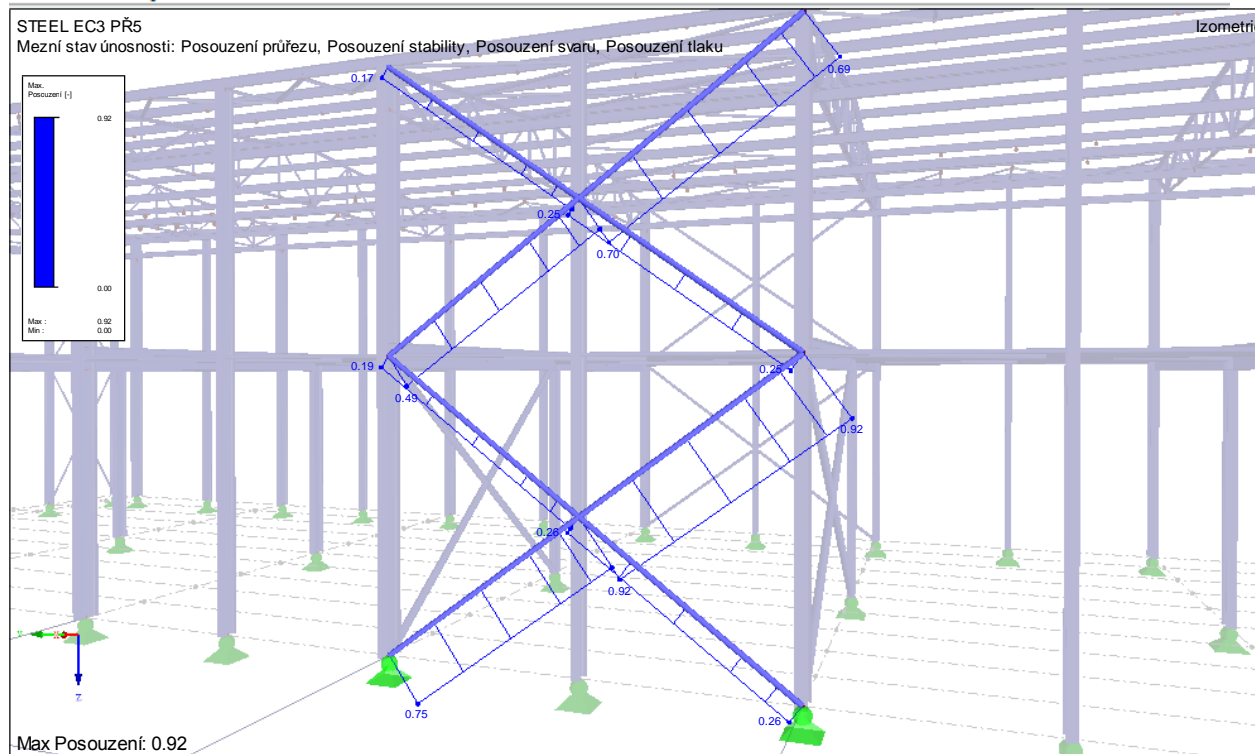
Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Moment setrvačnosti	I _y	691452.0	mm ⁴	
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	3.720	m	
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	103.549	kN	
Plocha průřezu	A	955.0	mm ²	
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _y	1.472		> 0.2 6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N _{Ed}	79.560	kN	
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	ηN _{cr}	0.768		> 0.04 6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.210		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	1.717		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.384		Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γM1	1.000		6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	86.274	kN	Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.92		≤ 1 (6.46)

Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.92 \leq 1 \quad (6.46)$$



16. SLOUP ČELNÍ STĚNY – IPE 270

$L_{crz}=4,4m$, $L_{cry}=8,875m$

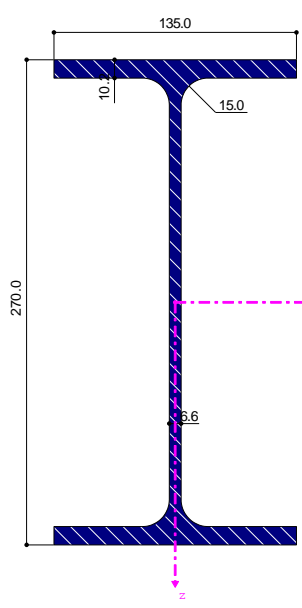
Posouzení mezního stavu únosnosti

1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS4 + 1.5*ZS7	789	0.880	0.86	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
--	-----	-------	------	----------	--

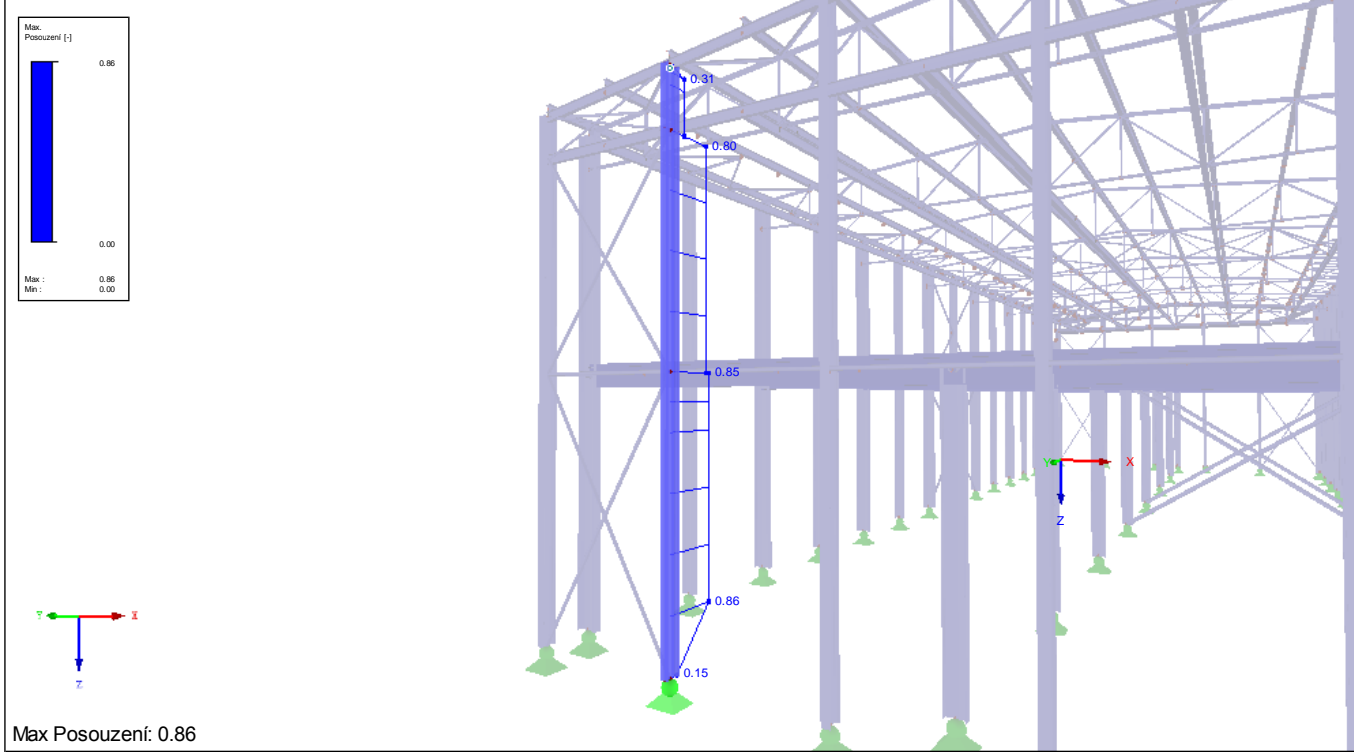
Max: 0.86 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 789 - x: 0.880 m - KZ41

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235 EN 1993-1-1:2005-05				
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Smykový modul	G	80769.200	MPa	
Rozmezí tloušťky $t \leq 40$ mm				
Mez kluzu	f_y	235.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f_u	360.000	MPa	3.2.1
Rozmezí tloušťky $t > 40$ mm a $t \leq 80$ mm				
Mez kluzu	f_y	215.000	MPa	3.2.1
Pevnost materiálu v tahu	f_u	360.000	MPa	3.2.1
Průřezové charakteristiky - IPE 270 Feron - DIN 1025-5:1994				
Návrhové vnitřní síly				
Normálová síla	N_{Ed}	-51.504	kN	
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-0.003	kN	
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	-11.988	kN	
Krouticí moment	T_{Ed}	-0.001	kNm	
Moment	$M_{y,Ed}$	-11.886	kNm	
Moment	$M_{z,Ed}$	0.002	kNm	
Klasifikace průřezu - třída 2				
Posouzení				
Rovnice pro posouzení				
$N_{Ed} / (\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{yz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.67 \leq 1$ (6.61)				
$N_{Ed} / (\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zy} M_{y,Ed} / (\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}) + k_{zz} M_{z,Ed} / (M_{z,Rk} / \gamma_{M1}) = 0.86 \leq 1$ (6.62)				



STEEL EC3 PŘ20
Mezní stav únosnosti: Posouzení průřezu, Posouzení stability, Posouzení svaru, Posouzení tlaku



Max Posouzení: 0.86

17. VRCHOLOVÝ NOSNÍK ČELNÍ STĚNY – IPE 160

Návrhové vnitřní síly

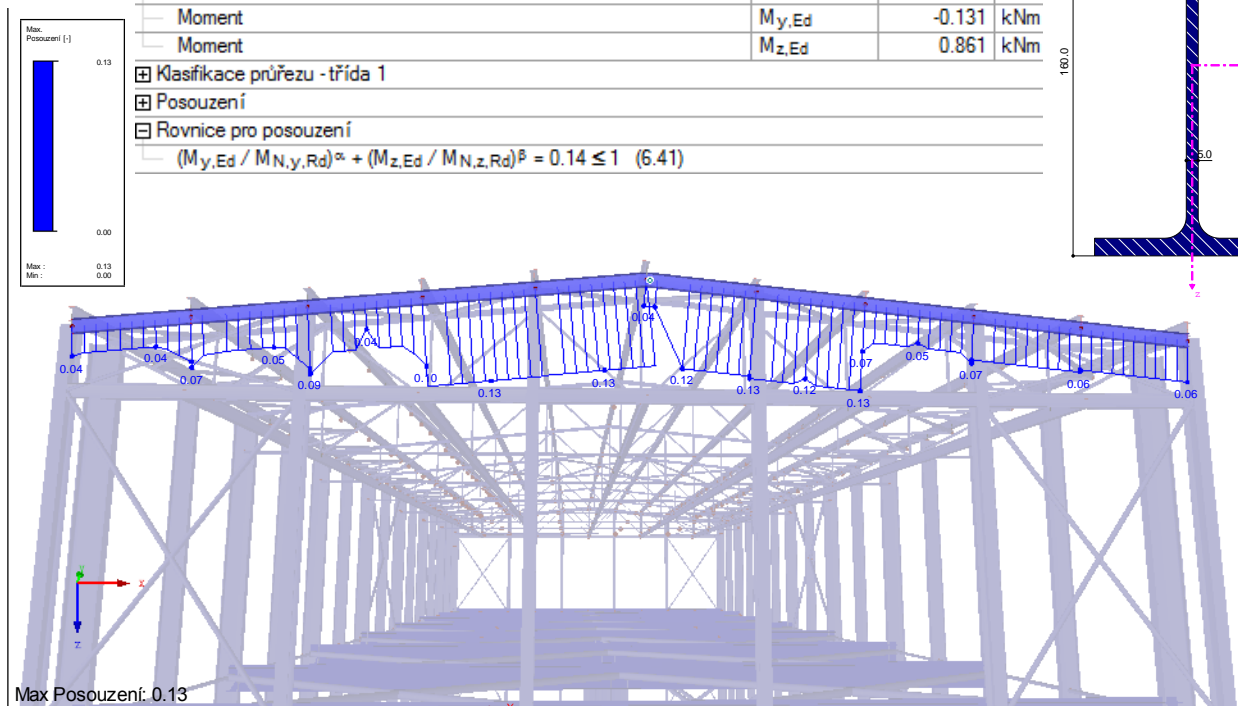
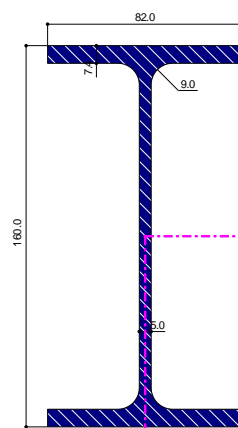
Normálová síla	N_{Ed}	-0.168	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	1.198	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.312	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	0.000	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	-0.131	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	0.861	kNm

Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

Rovnice pro posouzení

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0.14 \leq 1 \quad (6.41)$$



18. PŘÍČNÝ NOSNÍK ČELNÍ STĚNY – IPE 160

Návrhové vnitřní síly

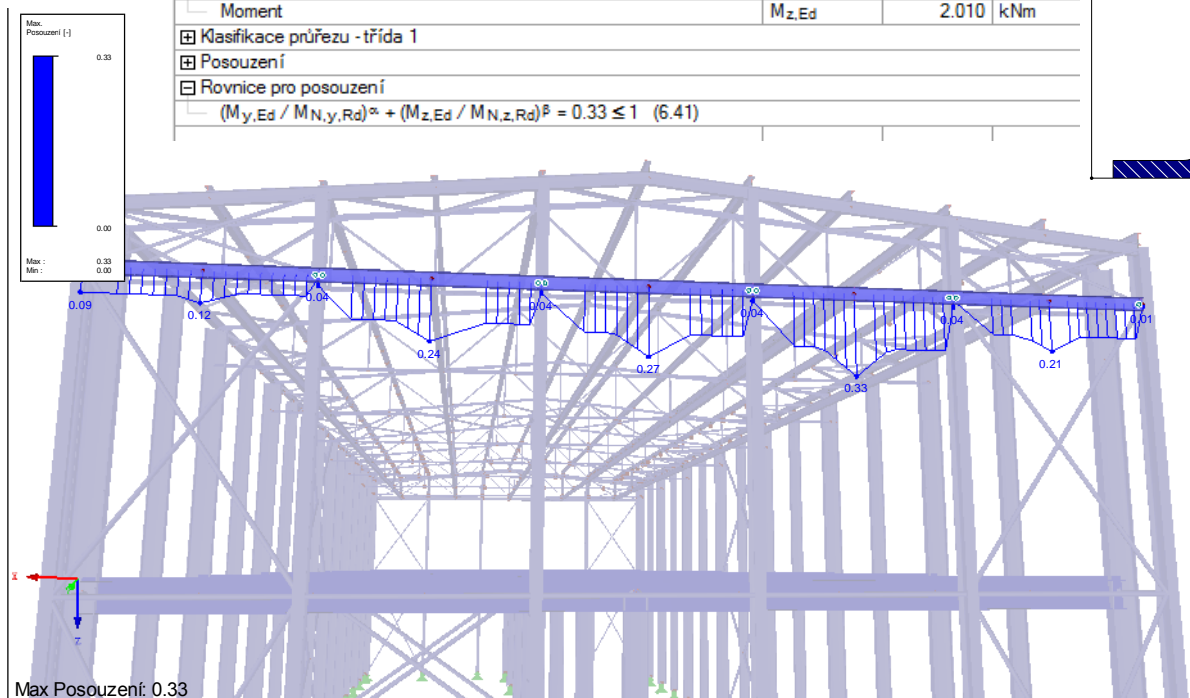
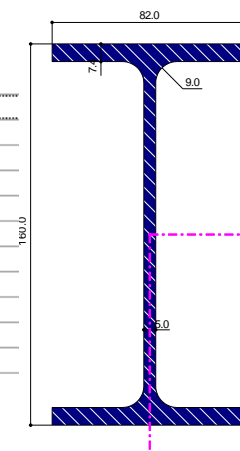
Normálová síla	N_{Ed}	4.046	kN
Posouvající síla	$V_{y,Ed}$	-1.608	kN
Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	0.308	kN
Krouticí moment	T_{Ed}	-0.004	kNm
Moment	$M_{y,Ed}$	0.551	kNm
Moment	$M_{z,Ed}$	2.010	kNm

Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

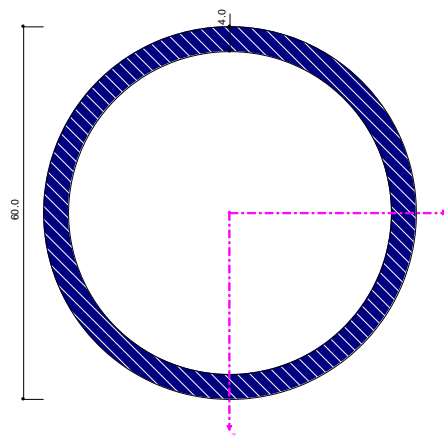
Rovnice pro posouzení

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0.33 \leq 1 \quad (6.41)$$



19. ZTUŽENÍ V ČELNÍ STĚNĚ-RO 60x4

L_{cr,y}=5,061m



Posouzení mezního stavu únosnosti
 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75* 1533 0.000 0.96 ≤ 1 302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

Max: 0.96 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 1533 - x: 0.000 m - KZ53

Průřezové charakteristiky - RO 60x4 | Feron - ČSN 42 6711.21

Návrhové vnitřní síly

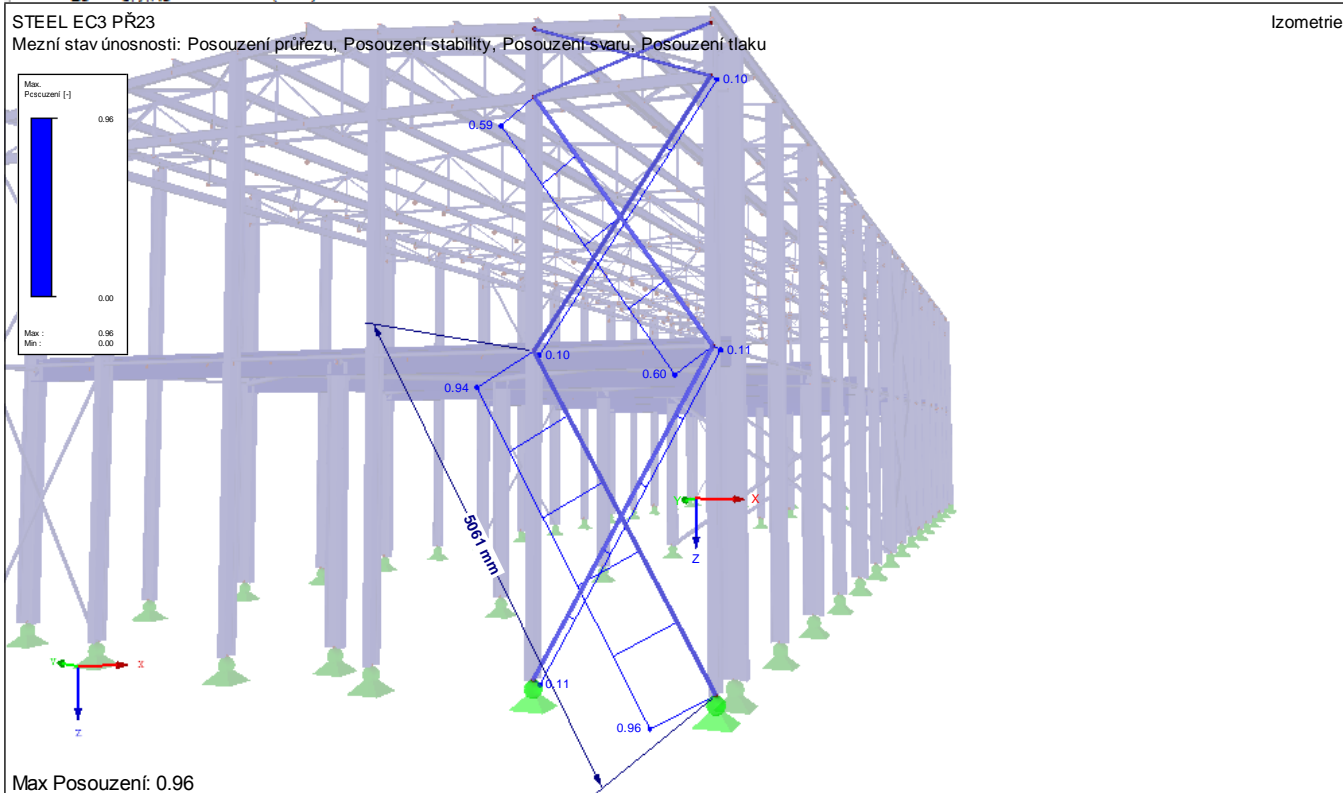
Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I _y	277264.0	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	5.061	m		
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	22.439	kN		
Plocha průřezu	A	703.7	mm ²		
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa		
Poměrná štíhlost	λ _y	2.715		> 0.2	6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N _{Ed}	19.823	kN		
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	η _{N,cr}	0.883		> 0.04	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a			Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.210			Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	4.449			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.125			Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000			6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	20.740	kN		Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.96		≤ 1	(6.46)

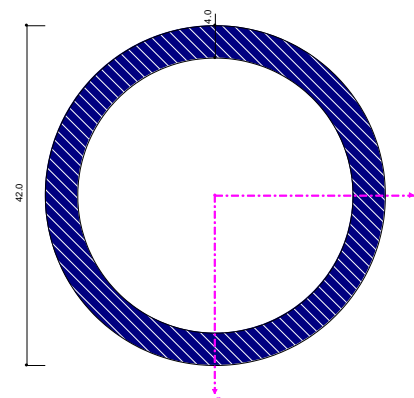
Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.96 \leq 1 \quad (6.46)$$

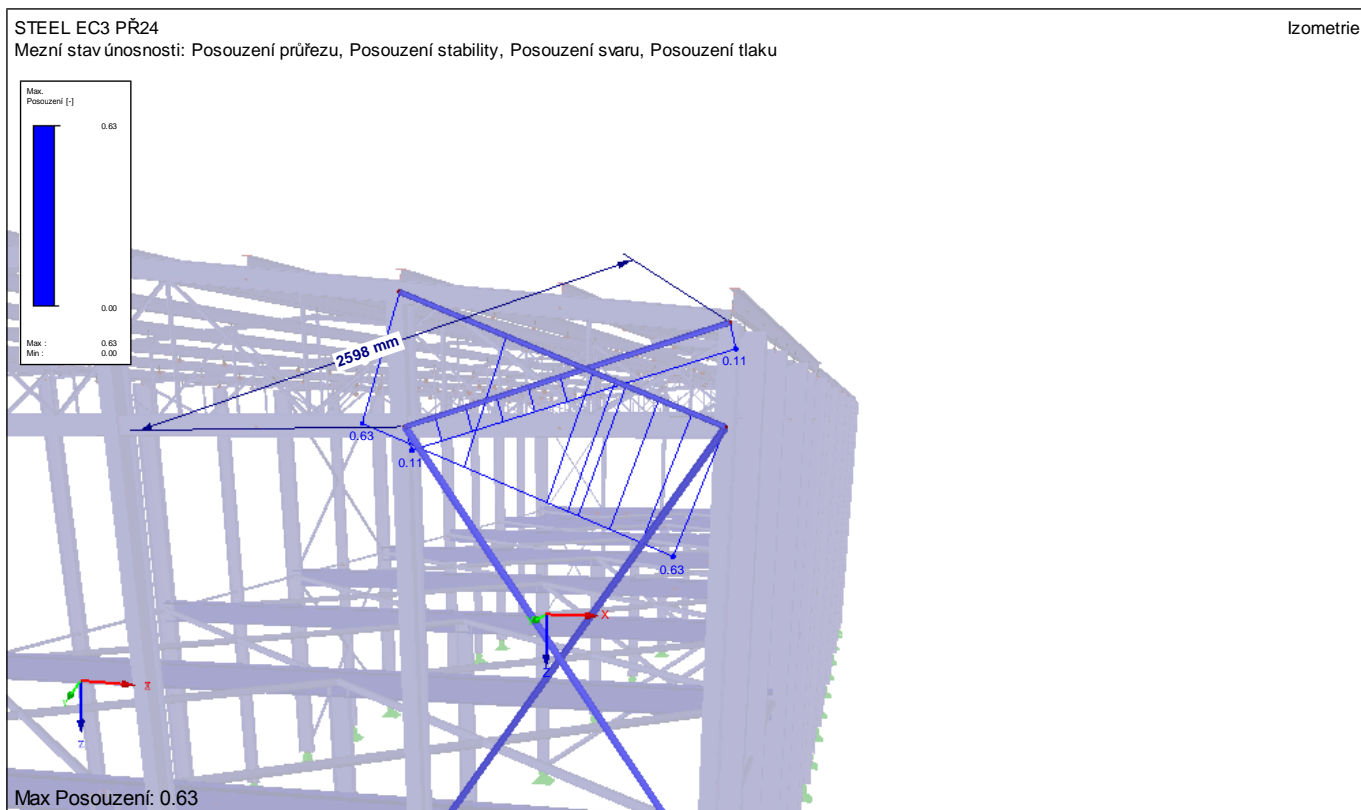


20. ZTUŽENÍ VRCHOLOVÉ V ČELNÍ STĚNĚ – RO 42x4

$L_{cr}=2,676m$

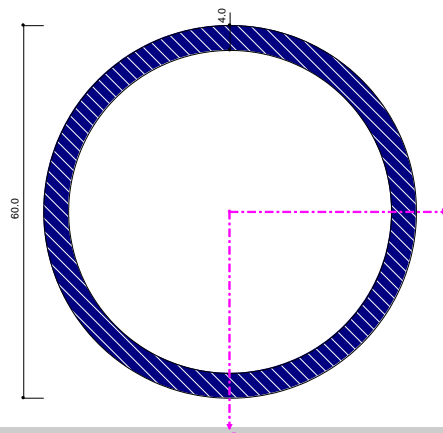


Posouzení mezního stavu únosnosti					
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 0.75*ZS4 + 1.5*ZS7	1587	2.676	0.63	≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
☑ Průřezové charakteristiky - RO 42x4 Feron - ČSN 42 6711.21					
☑ Návrhové vnitřní síly					
☑ Klasifikace průřezu - třída 1					
☑ Posouzení					
Modul pružnosti	E	210000.000	MPa		
Moment setrvačnosti	I_y	87147.8	mm ⁴		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	2.676	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	25.220	kN		
Plocha průřezu	A	477.5	mm ²		
Mez kluzu	f_y	235.000	MPa		3.2.1
Poměrná štíhlost	λ_y	2.109		> 0.2	6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N_{Ed}	14.231	kN		
Kritérium $N_{Ed} / N_{cr,y}$	$\eta_{N,cr}$	0.564		> 0.04	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a			Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α_y	0.210			Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ_y	2.925			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ_y	0.202			Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ_{M1}	1.000			6.1
Vzpěrná únosnost	$N_{b,y,Rd}$	22.661	kN		Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.63		≤ 1	(6.46)
☑ Rovnice pro posouzení					
$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.63 \leq 1$ (6.46)					



21. PODELNÝ VÝZTUŽNÝ NOSNÍK - RO 60x4

L_{cr}= 3m



Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.5*ZS8 + 1.05*ZS9	1085	0.000	0.34 ≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

☑ Průřezové charakteristiky - RO 60x4 | Ferona - ČSN 42 6711.21

☑ Návrhové vnitřní síly

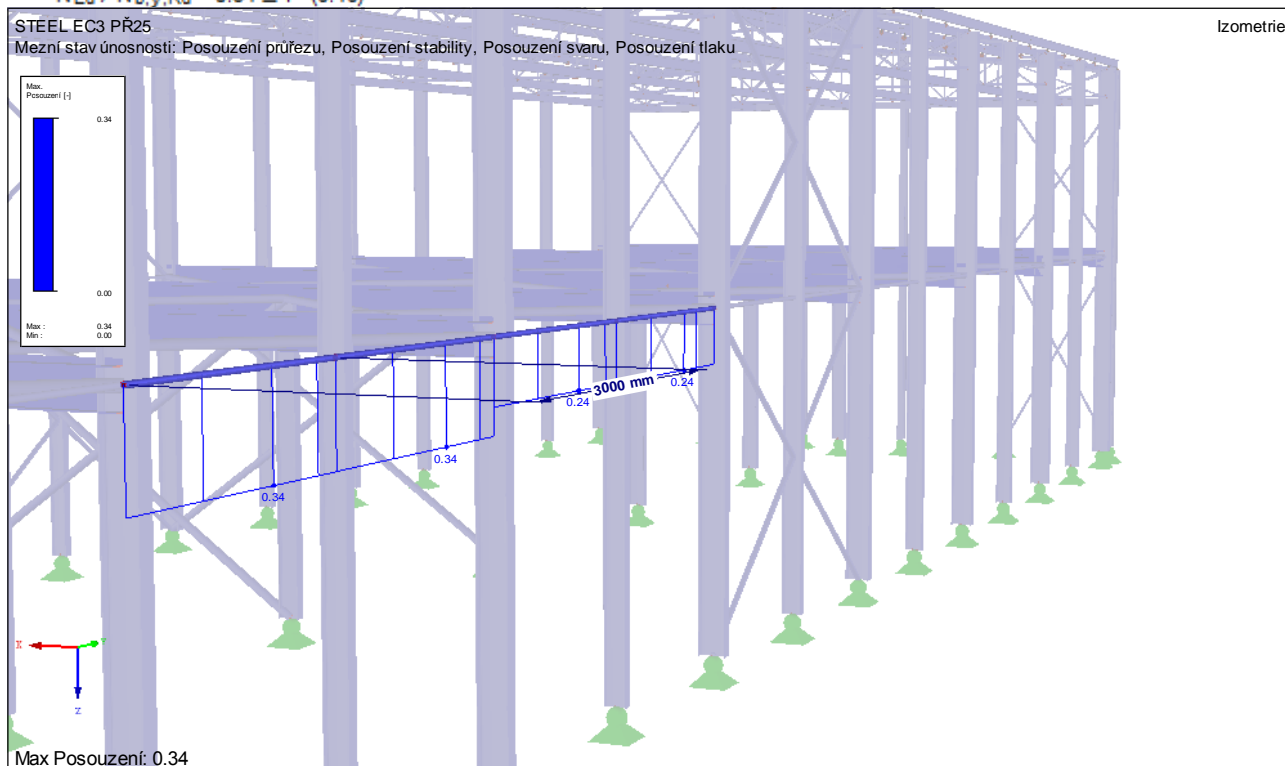
☑ Klasifikace průřezu - třída 1

☑ Posouzení

— Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
— Moment setrvačnosti	I _y	277264.0	mm ⁴	
— Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	3.000	m	
— Pružná kritická síla	N _{cr,y}	63.851	kN	
— Plocha průřezu	A	703.7	mm ²	
— Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
— Poměrná štíhlost	λ _y	1.609	> 0.2	6.3.1.2(4)
— Osová síla (tlak)	N _{Ed}	18.798	kN	
— Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	η _{N,cr}	0.294	> 0.04	6.3.1.2(4)
— Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a		Tab. 6.2
— Součinitel imperfekce	α _y	0.210		Tab. 6.1
— Pomocný součinitel	Φ _y	1.943		6.3.1.2(1)
— Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.330		Rov. (6.49)
— Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000		6.1
— Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	54.550	kN	Rov. (6.47)
— Posouzení	η	0.34	≤ 1	(6.46)

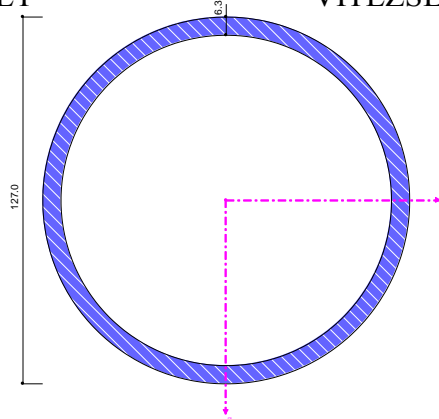
☑ Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.34 \leq 1 \quad (6.46)$$



22.PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ MEZI SLOUPY - RO 127x6,3

Lcr=7,643m



Posouzení mezního stavu únosnosti				
1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.05*ZS3 + 1.5*ZS7	1632	0.000	0.95 ≤ 1	302) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2

Průřezové charakteristiky - RO 127x6.3 | Feron - ČSN 42 5715.01

Návrhové vnitřní síly

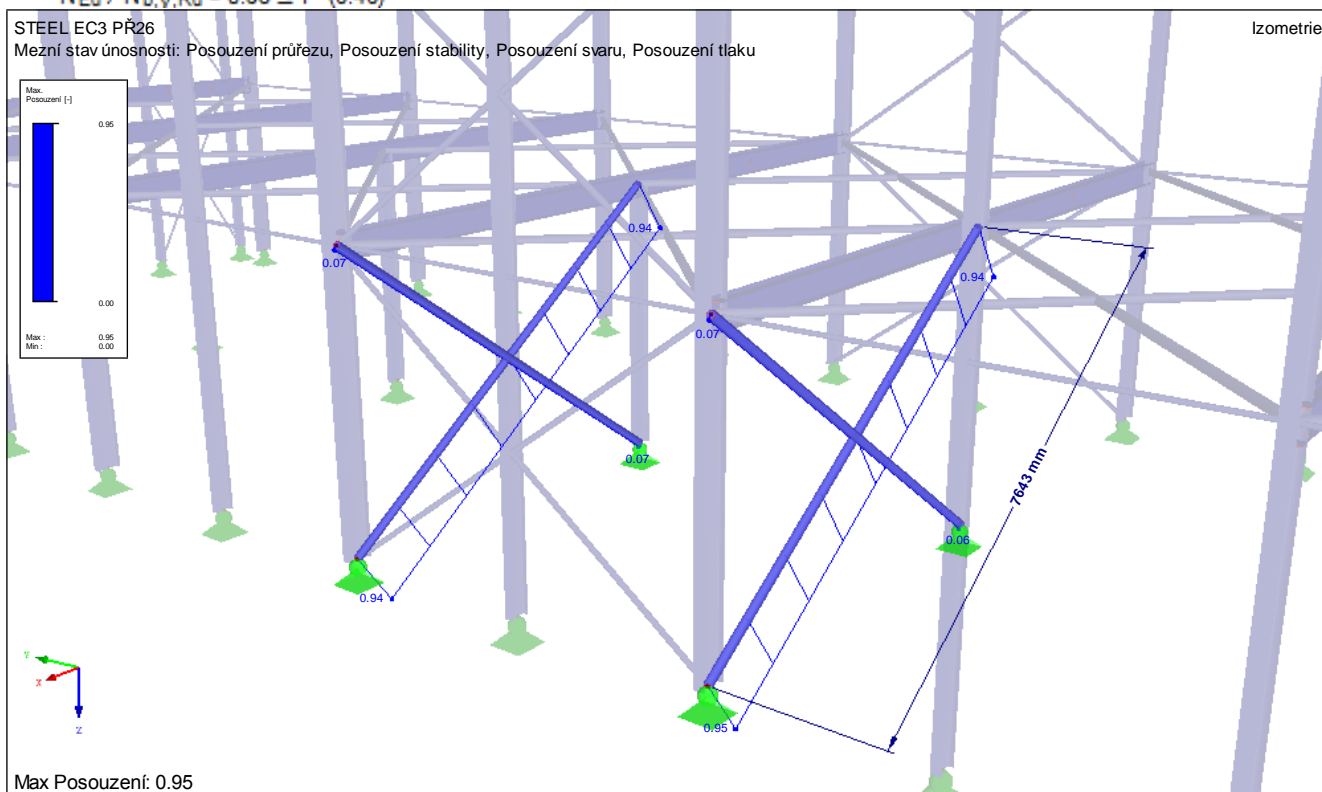
Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

Modul pružnosti	E	210000.000	MPa	
Moment setrvačnosti	I _y	4362180.0	mm ⁴	
Vzpěrná délka prutu	L _{cr,y}	7.643	m	
Pružná kritická síla	N _{cr,y}	154.754	kN	
Plocha průřezu	A	2388.9	mm ²	
Mez kluzu	f _y	235.000	MPa	3.2.1
Poměrná štíhlost	λ _y	1.905		> 0.2 6.3.1.2(4)
Osová síla (tlak)	N _{Ed}	129.793	kN	
Kritérium N _{Ed} / N _{cr,y}	η _{N,cr}	0.839		> 0.04 6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP _y	a		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α _y	0.210		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	Φ _y	2.493		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	χ _y	0.244		Rov. (6.49)
Dílčí součinitel únosnosti	γ _{M1}	1.000		6.1
Vzpěrná únosnost	N _{b,y,Rd}	136.890	kN	Rov. (6.47)
Posouzení	η	0.95		≤ 1 (6.46)

Rovnice pro posouzení

$$N_{Ed} / N_{b,y,Rd} = 0.95 \leq 1 \quad (6.46)$$



Max Posouzení: 0.95

6.2. Rozhodující posudky MSP

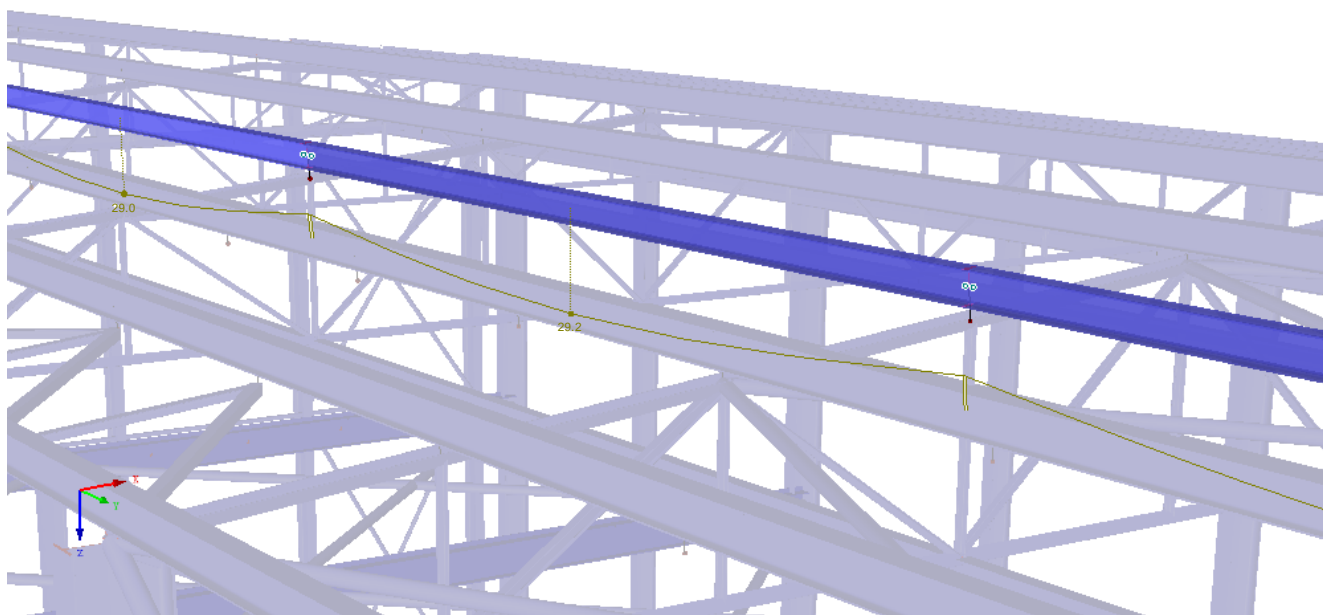
Rozhodující deformace svislé a vodorovné byly spočítány programem RSTAB 8. Posouzení dle příslušné limitní hodnoty bylo provedeno ručně. Jednotlivé prvky konstrukce byly posuzovány na nejnepříznivější charakteristickou kombinaci zatížení. Všechny součinitele pro uvažované zatěžovací stavy byly rovny 1,0.

6.2.1 Svislé deformace

Prvek 1. VAZNICE - IPE 160

KZ136: ZS1 + ZS2 + ZS4
Globální deformace u-Z
Podporové reakce[kN]

Izometrie

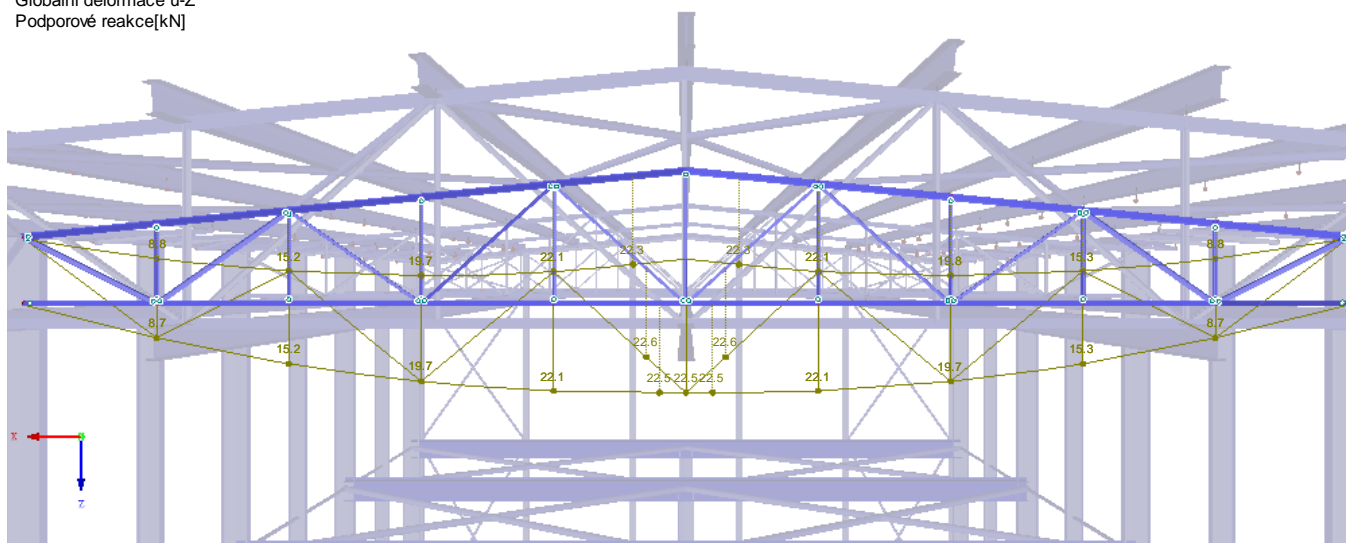


Průhyby střešních vaznic mají splňovat $\delta_{max}=L/200$
 $\delta=29,2mm < \delta_{max}=L/200=6000/200=30mm...$ vaznice na průhyb vyhoví

Prvek 3. VAZNÍK

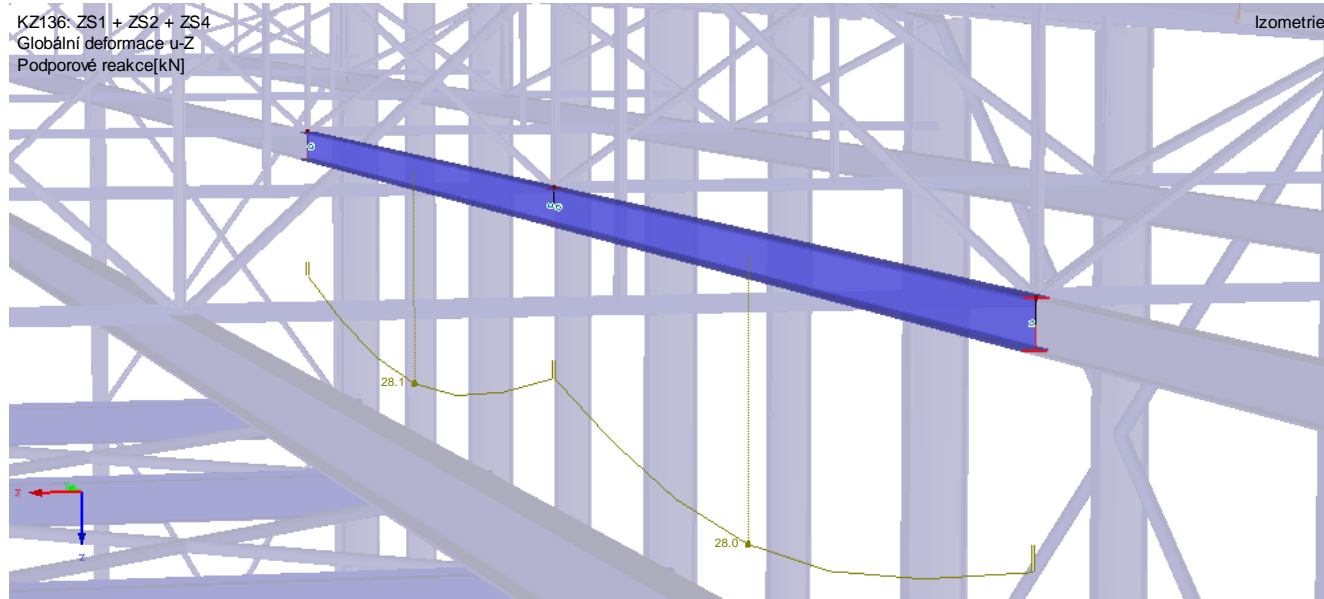
KZ136: ZS1 + ZS2 + ZS4
Globální deformace u-Z
Podporové reakce[kN]

Ve směru Y



Průhyby vazníků musí splňovat $\delta_{max}=L/250$
 $\delta=22,5mm < \delta_{max}=L/250=12500/250=50mm...$ vazník na průhyb vyhoví

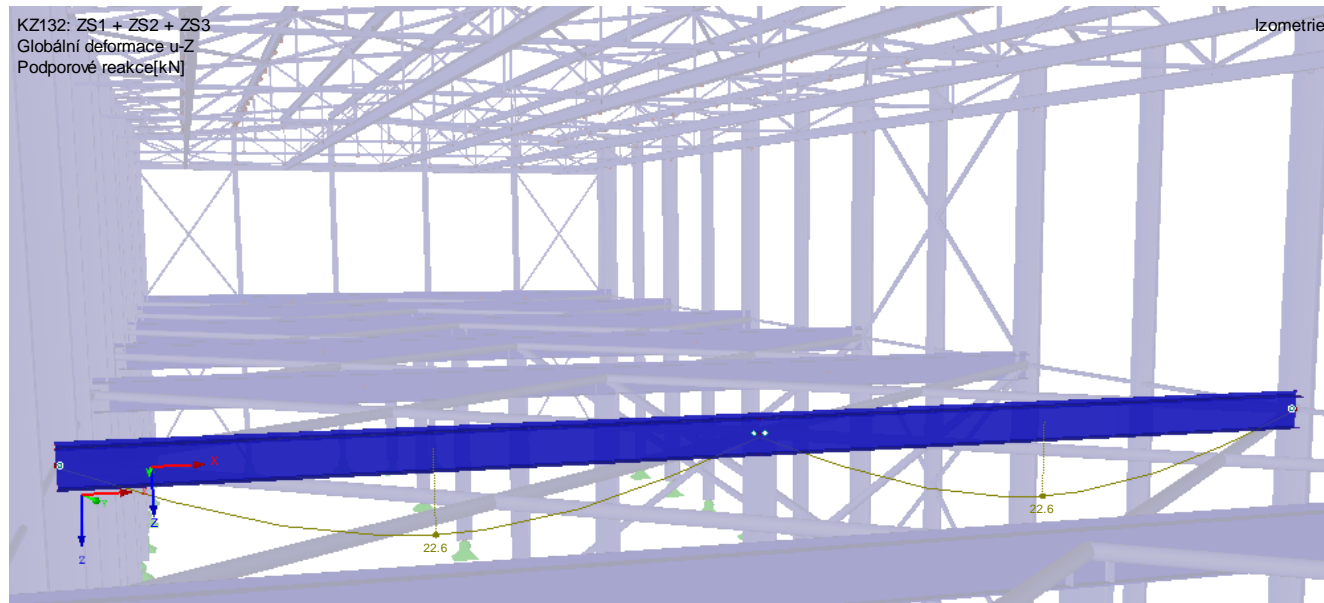
Prvek 9. NOSNÍK PRO PODHLED- IPE 160



Průhyb nosníku pro podhled byl omezen na $\delta_{max}=L/200$

$\delta=28,1mm < \delta_{max}=L/200=6000/200=30mm...$ nosník pro podhled na průhyb vyhoví

Prvek č.13 STROPNÍ PRŮVLAK – UPRAVENÝ IPE 360



Posouzení z hlediska vlastní frekvence, kdy vlastní frekvence f_1 stropní konstrukce v administrativních budovách nemá být menší než 3Hz. Uvedené podmínky jsou přibližně splněny pokud nosníky o rozpětí $L < 10m$ jsou u běžně přístupných konstrukcí $\delta_1 + \delta_2 < 28mm$.

$\delta_1...$ průhyb od stálého zatížení (14,8mm)

$\delta_2...$ průhyb od proměnného zatížení (7,8mm)

$\delta_1 + \delta_2=22,6mm < 28mm...$ průvlak vyhoví.

Průhyb průvlaku je omezen na $\delta_{max}=L/250$.

$\delta=22,6mm < \delta_{max}=L/250=6250/250=25mm...$ průvlak vyhoví

Průhyb průvlaku musí dále splňovat:

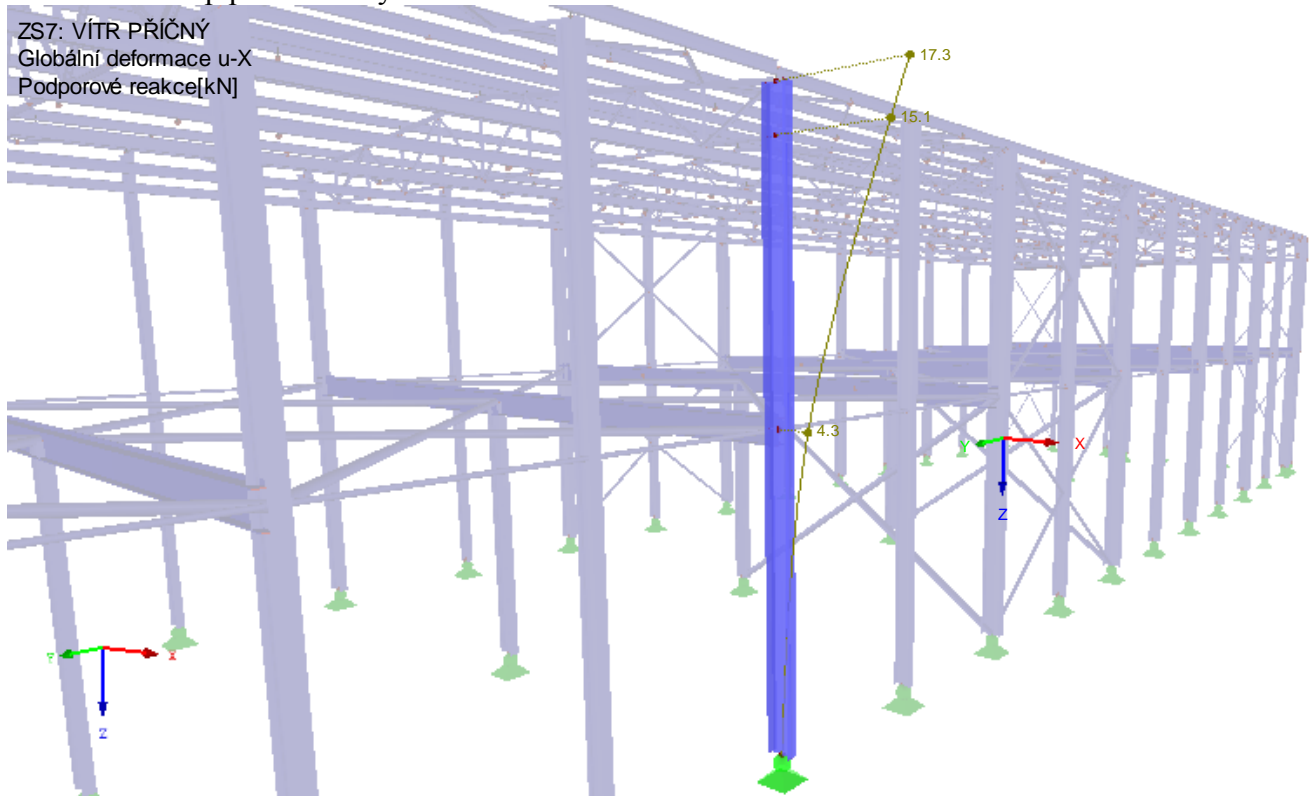
$\delta_2 < L/400$

$7,8mm < 6250/400=15,6mm...$ průvlak vyhoví

6.2.2 Vodorovné deformace

Prvek č.10 sloup příčné vazby

ZS7: VÍTR PŘÍČNÝ
Globální deformace u-X
Podporové reakce[kN]



Vrcholy sloupů budov bez jeřábových drah od zatížení větrem musí splňovat u vícepodlažních budov pro konstrukci jako celek podmínku:

$h_0/500$...kde h_0 je celková výška budovy

Jedná se o dvoupodlažní objekt $\Rightarrow h_0/500$ musí být splněna.

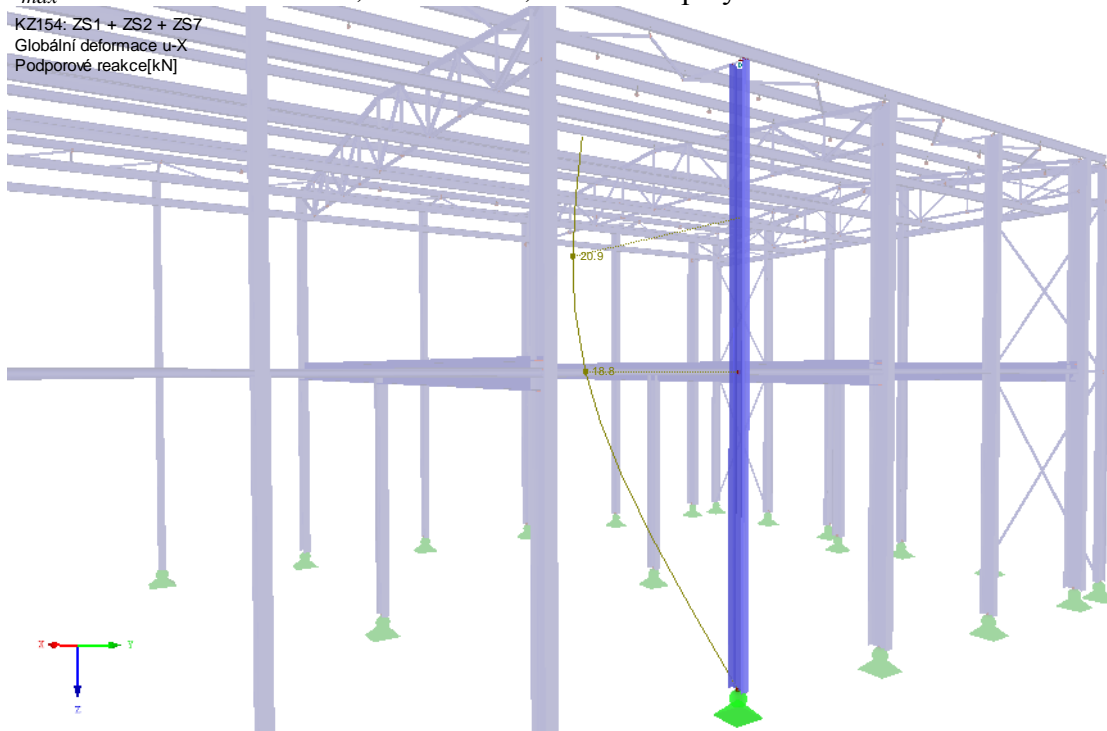
$h_0 = 9425/500 = 18,85\text{mm} > \delta = 17,3\text{mm}$...sloup vyhoví

$\delta_{max} = L/250 = 8625/250 = 34,5\text{mm} > \delta = 17,3\text{mm}$...sloup vyhoví

Prvek č.11 sloup mezilehlý krajní

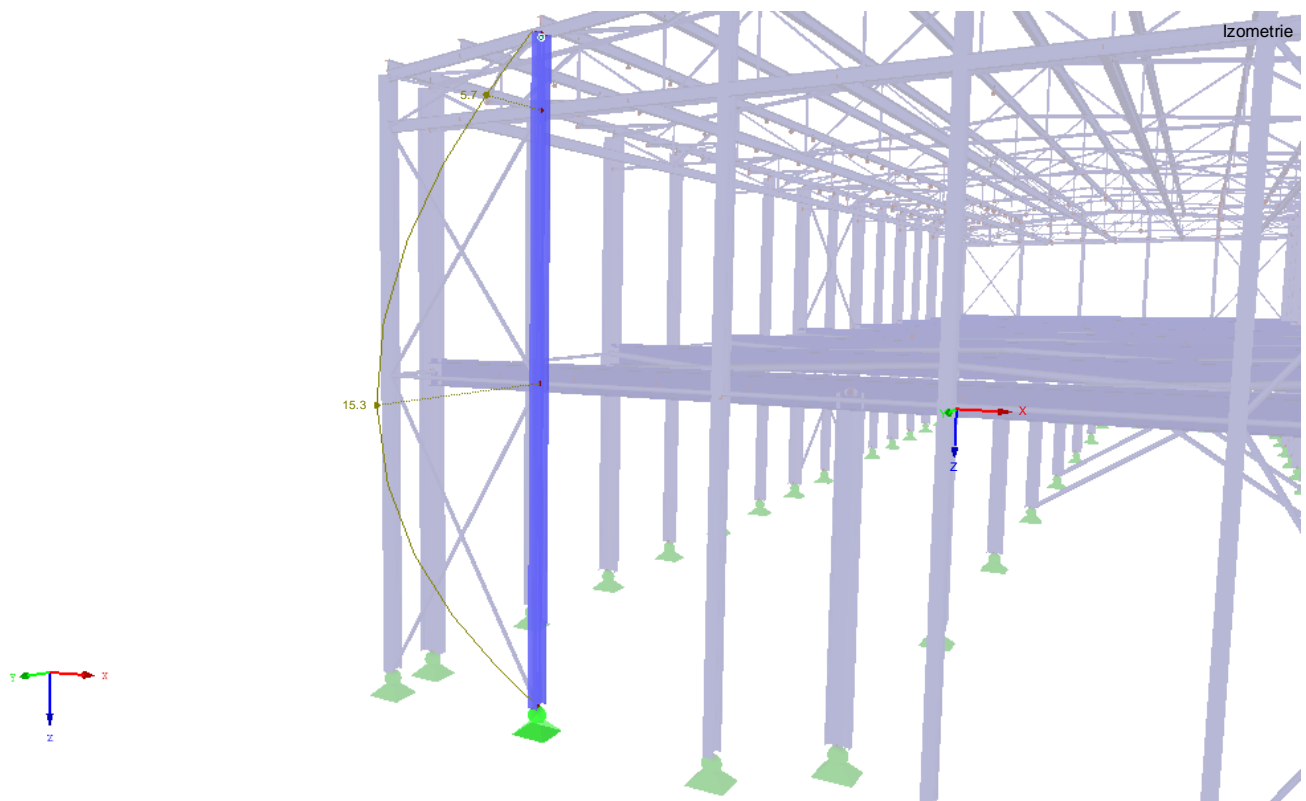
$\delta_{max} = L/250 = 8625/250 = 34,5\text{mm} > \delta = 20,9\text{mm}$...sloup vyhoví

KZ154: ZS1 + ZS2 + ZS7
Globální deformace u-X
Podporové reakce[kN]



Prvek č.16 sloup čelní stěny

$\delta_{max} = L/250 = 8875/250 = 35,5\text{mm} > \delta = 15,3\text{ mm} \dots$ sloup vyhoví



7. Ruční výpočet vybraných konstrukčních prvků

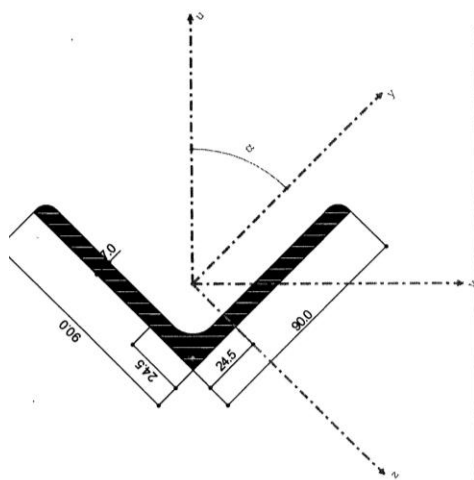
Ručním výpočtem se ověřovaly posudky vybraných prvků příčné vazby. Ověřoval se posudek tlačného horního pásu vazníku, taženého spodního pásu vazníku, tlačené krajní diagonály, ohýbaného stropního průvlaku a tlačného sloupu pod průvlakem. Byl ověřen ještě mezní stav použitelnosti a to svislý průhyb stropního průvlaku.

Vzpěrná délka horního pásu vazníku byla určena pro vybočení prutu v rovině vazníku jako vzdálenost styčnicku, pro vybočení prutu kolmo k rovině vazníku jako body které byly zajištěny proti vybočení. Tyto body zajišťovaly vaznice, které zajišťovaly příčné ztužidlo ve střešní rovině.

Vzpěrná délka tlačené krajní diagonály byla brána na bezpečnou stranu jako celková vzdálenost prutu mezi styčnicku.

U ohýbaného stropního průvlaku je při daném zatížení tlačný horní pás průřezu. Tlačný horní pás upraveného IPE profilu je zajištěn po celé délce tuhou stropní deskou, která je vytvořena stropními panely SPIROLL PPD207. Z důvodu lepšího zajištění horního tlačného pásu průvlaku proti ztrátě příčné a torzní stability byl průřez IPE 360 upraven navařením kolmo na horní pás ocelovou pásovinou o rozměrech 50mmx10mm.

Vzpěrná délka tlačného sloupu pod průvlakem byla brána jako vzdálenost mezi styčnicku.



$$\epsilon = \sqrt{\frac{235^2}{235}} = 1.0$$

$$i_y = 341.6 \text{ mm}$$

$$i_z = 177.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow i_{\min} = 177.7 \text{ mm}$$

účinné průřezové

charaktere ristiky

$$A_{eff} = 1220 \text{ mm}^2$$

$$\lambda_1 = 93.9 \cdot \epsilon = 93.9 \cdot 1 = 93.9$$

koeficient vzhledně pevnosti

Ⓟ \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0.34$

TLAČENÍ PRUT - HORNÍ PÁŠ VAZNIKU

$$N_{ed} = -176.9 \text{ kN}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

$$\frac{h}{t} = \frac{90}{7} = 12.86 < 15 \cdot \epsilon = 15 \cdot 1$$

$$\frac{b+h}{2t} \leq 11.5 \epsilon$$

$$\frac{90+90}{2 \cdot 7} \leq 11.5 \cdot 1$$

$12.86 \leq 11.5 \dots$ NEVHODNĚ
 \Rightarrow PRŮŘEZ TŘÍDY 4.

VTBOČENÍ V ROVINĚ A Z ROVIN VAZNIKU
 VZPERNÁ DÉLKA TLAČENÉHO HORNÍHO PÁŠU

- PRO VTBOČENÍ V ROVINĚ VAZNIKU ROVNA
 VZDALENOSTI STŘEŽNÍKŮ $L_{chv} = 1256 \text{ mm}$

- PRO VTBOČENÍ Z ROVIN VAZNIKU ROVNA
 ROVNA VZDALENOSTI BODŮ ZAJIŠTENÍCH
 PROTI VTBOČENÍ Z ROVIN VAZNIKU,

t.j. VZDALENOST VAZNIC $L_u = 1256 \text{ mm}$

$$\bar{\lambda}_v = \frac{L_{ch}}{i_v} \cdot \frac{\sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{\lambda_1} = \frac{1256}{177} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1220}{720}}}{93.9}$$

$$= 0.1756$$

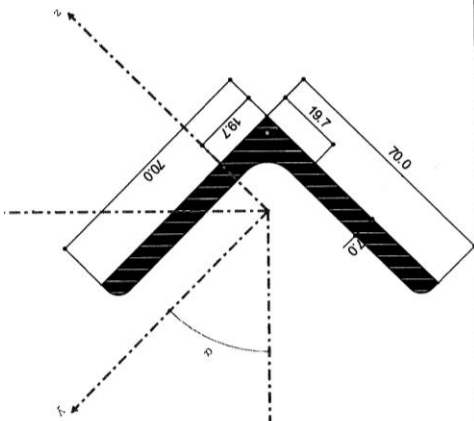
$$\phi = 0.15 \cdot [1 + 0.34 \cdot (0.1756 - 0.12) + 0.1756^2]$$

$$= 0.18803$$

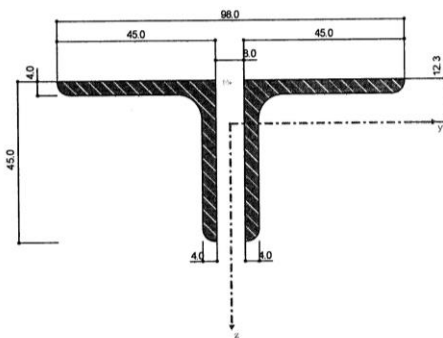
$$\chi_v = \frac{1}{0.18803 + \sqrt{0.18803^2 - 0.1756^2}} = 0.17514$$

$$N_{bird} = \frac{\chi_v \cdot A_{eff} \cdot F_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.17514 \cdot 1220 \cdot 235}{1.0}$$

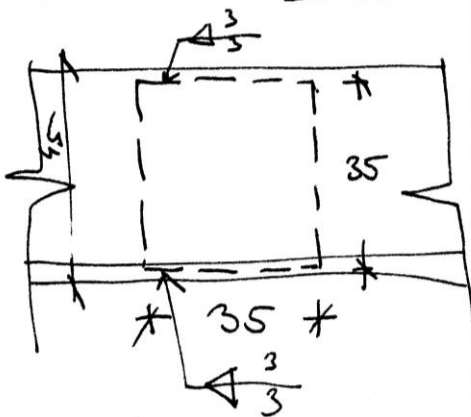
$$= 215.43 \text{ kN} > 176.9 \text{ kN} = N_{ed}$$



ÚHELNÍK 70x70 x 7
 $A = 940 \text{ mm}^2$



$i_y = i_{min} = 136 \text{ mm}$
 $A = 2 \times 349 \text{ mm}^2 = 698 \text{ mm}^2$



TAŽENÍ SPODNI ČÁST VÁZNIKU

$N_{ed} = 176,6 \text{ kN}$

$N_{red} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{940 \cdot 235}{1,10} = 2209 \text{ kN}$

$2209 \text{ kN} > 176,6 \text{ kN}$

TLAČENÁ KRAJINÍ DIAGONÁLA VÁZNIKU

VZDÁLENOST VLOŽEK $a = 20 \text{ cm}$

$N_{ed} = 59,8 \text{ kN}$

$a < 15 i_{min} = 15 \cdot 136 \text{ mm} = 2040 \text{ mm}$

$20 \text{ cm} < 20,4 \text{ cm} \checkmark$

\Rightarrow ROZSUZENÍ JAKO CELISTVÝ PRUT

$\frac{h}{t} = \frac{70}{7} = 10 < 15 \cdot \epsilon = 15 \cdot 1$

$\frac{h+b}{2t} = \frac{70+70}{2 \cdot 7} < 115 \cdot \epsilon = 115 \cdot 1$

\Rightarrow PŘEŘEZ $\sigma_{ED} \leq \sigma_{yk}$

$\lambda_y = \frac{1526}{1316} = \frac{L_y}{i_y} = 112,205 < \lambda_{lim} = 200 \checkmark$

$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\alpha} = \frac{112,205}{1,12} = 100,183$

KOEFICIENT VZDĚRNÉ PEVNOSTI ϕ

$\alpha = 0,134$

$\phi = 0,15 \cdot [1 + 0,134 \cdot (112 - 0,12) + 112^2]$

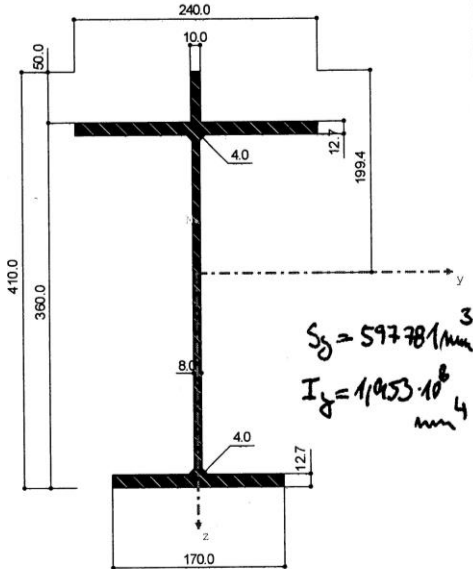
$= 1,14$

$\chi_y = \frac{1}{1,14 + \sqrt{1,14^2 - 112^2}} = 0,145$

$N_{b,red} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,145 \cdot 698 \cdot 235}{1,10}$

$= 73,8 \text{ kN} > N_{ed} = 59,8 \text{ kN}$

UPRAVENÝ IPE 360



$S_y = 597781 \text{ mm}^3$
 $I_y = 11953 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

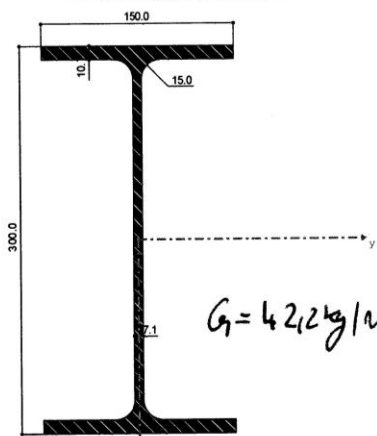
OCEL S355

$E = \sqrt{\frac{235}{E}} \Rightarrow \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

$W_{elmin} = 927194 \text{ mm}^3$

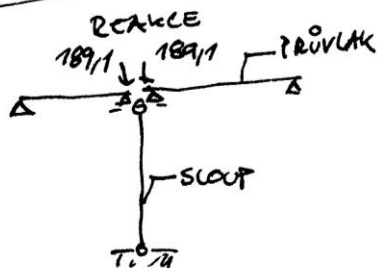
SMYKOVÁ PLOCHA $A_z = 27239 \text{ mm}^2$

SLOUP POD PRŮVLAKEM IPE 300

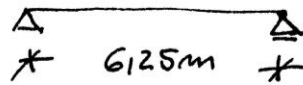


$G_s = 4212 \text{ kg/m}$

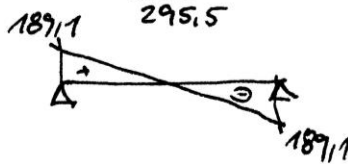
OCEL S235 $\Rightarrow E = 110$



STROPNÍ PRŮVLAK - ZABRANĚNO KLOPENÍ TUHOU STROPNÍ DESKOU



$M_{ed} = 295,5 \text{ kNm}$



$V_{ed} = 189,1 \text{ kN}$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU

STOJINA

$\frac{360 - 2 \cdot 12,7}{8} \leq 72 \cdot 0,181$

$41,83 \leq 58,132$

PAŠNICE - TLACENÁ

$\frac{c}{t} = \frac{240 \cdot 0,015}{12,7} = 2,83 \leq 14 \cdot E = 14 \cdot 0,181 = 2,53$

\Rightarrow TRÍDA PRŮŘEZU 3 \Rightarrow PLATI

PRŮVĚR ROZDĚLENÍ NAPĚTÍ

$M_{red} = M_{ed} = \frac{W_{elmin} \cdot \sigma_{1,70}}{1,10} = \frac{927194 \cdot 355}{1,10} = 329154 \text{ kNm}$

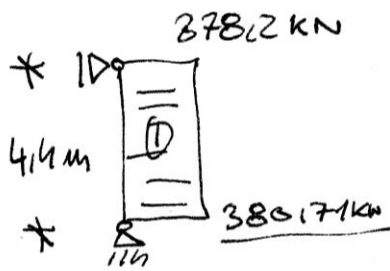
$329154 > 295,5 \text{ kNm}$

SMYK

$\tau_{ed} = \frac{V_{ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t} = \frac{189100 \cdot 597781}{11953 \cdot 10^8 \cdot 8} = 72,40 \text{ MPa}$

$\tau_{ed} \leq 10$

$\frac{F_y / \sqrt{3}}{355 \text{ MPa} / \sqrt{3}} = \frac{72,40 \text{ MPa}}{355 \text{ MPa} / \sqrt{3}} = 0,35 \leq 1,0 \checkmark$



$i_y = 125 \text{ mm}$
 $i_z = 33,5 \text{ mm}$
 $L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4400 \text{ mm}$
 $I_y = 8,36 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$
 $I_z = 6,04 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$

⇒ ROZHODUJE VTBODENÍ

b na osu z
 $A = 5380 \text{ mm}^2$

KŘIVKAZPĚRNÉ!
 PEVNOSTI KOSE z (b)

$\frac{h}{b} = \frac{300}{150} = 2 > 1,2$
 $t_f < 40 \text{ mm}$

SOW. IMPERFEKCE
 $\alpha = 0,34$

$\phi = 0,15 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$

$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$

$N_{b,Ed} = \frac{\chi \cdot A \cdot F_y}{\gamma_{M1}}$

VNITŘNÍ SILY SLOUP POD PŘÍVLAKEM

2x REAKCE + 1,35 · VLASTNÍ TÍHA SLOUPU
 ⇒ SILA OSOVA V PATE SLOUPU

$2 \times 189,1 = \underline{\underline{378,2 \text{ kN}}}$

$1,35 \cdot 4,4 \text{ m} \cdot 0,422 \text{ kN/m} = \underline{\underline{2,51 \text{ kN}}}$

$\Sigma = 378,2 + 2,51 = \underline{\underline{380,71 \text{ kN}}}$

$R_{STAB} = 383,568 \approx 380,71 \text{ kN}$

ZATŘÍDENÍ PRŮŘEZU - STOJINA TLAKOVÁ ČÁST

$\frac{300 - 2 \cdot 1017}{7,1} = 39,24 \leq 33 \cdot \epsilon = 33 \cdot 1 \checkmark$
 ⇒ 2 TŘÍDA

- PÁSNICE

$\frac{15012}{1017} = 7 \leq 9,1 \checkmark$

⇒ 2 TŘÍDA PRŮŘEZU

$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 6,04 \cdot 10^8}{4400^2}$
 $= \underline{\underline{646162 \text{ kN}}}$

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot F_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5380 \cdot 0,1235}{646162}}$
 $= \underline{\underline{1,398}}$

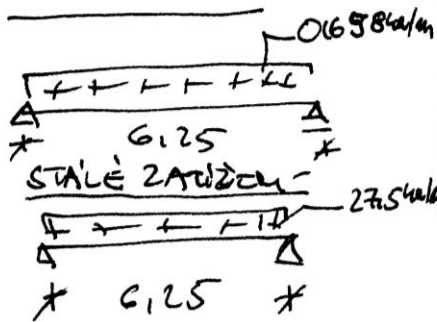
$\phi = 0,15 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,398 - 0,2) + 1,398^2]$
 $= \underline{\underline{1,168}}$

$\chi_z = \frac{1}{1,168 + \sqrt{1,168^2 - 1,398^2}} = \underline{\underline{0,382}}$

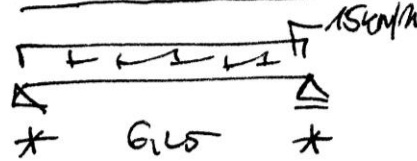
$N_{b,z,Rd} = \frac{0,382 \cdot 5380 \cdot 235}{1,10} = \underline{\underline{483197 \text{ kN}}}$

$\underline{\underline{483197 \text{ kN} > 383,568 \text{ kN} \checkmark}}$

VLASTNÍ TÍHA

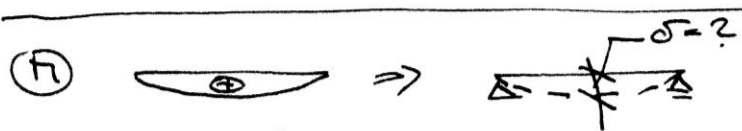


STÁLÉ ZATÍŽENÍ



$I_y = 11953 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$
 $E = 210000 \text{ MPa}$

POSOUZENÍ STROPNÍHO PŘEVLAČU NA DEŽNÍ STAV POUŽITELNOSTI



$$\delta = \frac{5}{384} \frac{q \cdot L^4}{EI_y}$$

PRŮHTB OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ
(0.1658 + 27.5) · 6250⁴

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(0.1658 + 27.5) \cdot 6250^4}{210000 \cdot 11953 \cdot 10^8} = 13.64 \text{ mm}$$

$$13.64 \text{ mm} < \frac{6250}{250} = \delta_{\text{max}}$$

$$13.64 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \checkmark$$

PRŮHTB OD NAHODILÉHO ZATÍŽENÍ

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{15 \cdot 6250^4}{210000 \cdot 11953 \cdot 10^8} = 7.3 \text{ mm}$$

$$7.3 \text{ mm} < \frac{6250}{400} = 15.63 \text{ mm} \checkmark$$

$$\delta_1 + \delta_2 < 28 \text{ mm}$$

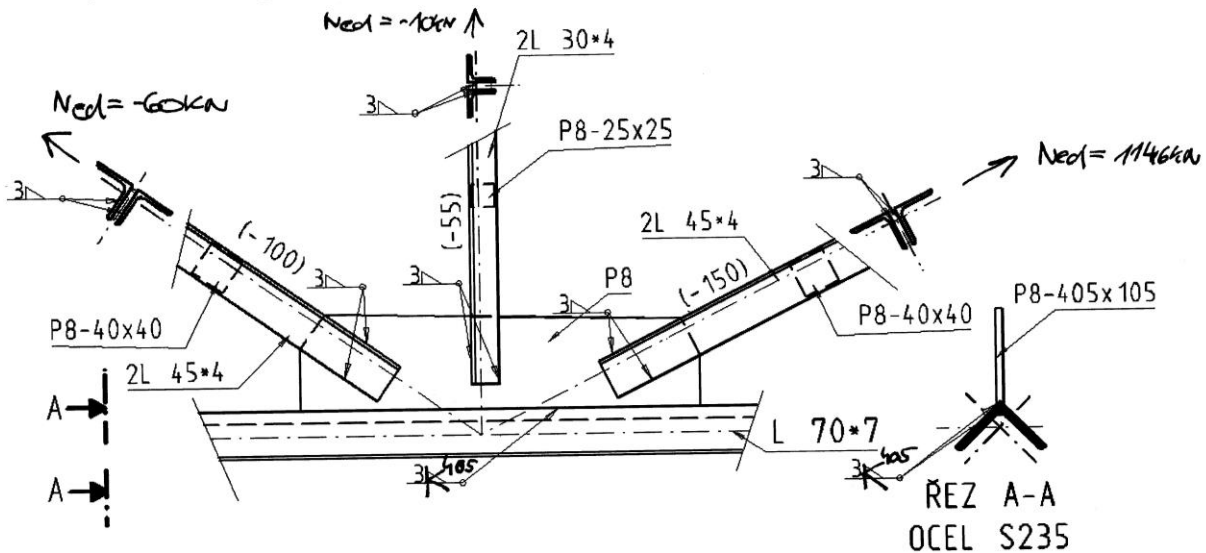
$$13.64 + 7.3 \approx 21 \text{ mm} < 28 \text{ mm} \checkmark$$

8. Posouzení vybraných směrných detailů

Vnitřní síly pro směrné detaily se uvažovaly z nejnepříznivější kombinace zatížení pro daný konstrukční detail a prut na konstrukci. Vnitřní síly byly brány z prostorového Modelu konstrukce vytvořeném v RSTAB 8.

DETAIL 1. KRAJNÍ STYČNÍK VAZNÍKU

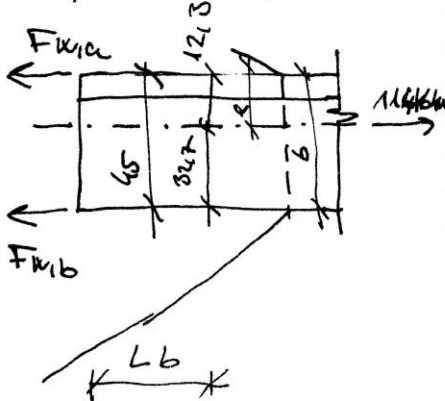
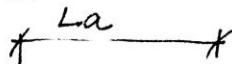
VAZNÍK - KRAJNÍ DIAGONÁLA - PŘÍPOJ ÚHELNÍK Ů KOUTOVITÍ SLARY



úČINNÁ VÍŠKA SMĚRU

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$F_u = 360 \text{ MPa}$$



$$\text{max } N_{ed} = 1146 \text{ kN}$$

⇒ STYČNÍ KOUT PLECH P8

SPROUČENÍ MATERIÁL DO 10 MM

⇒ TLOUŠŤKA $a_{min} = 3 \text{ mm}$

$$\text{SÍLA NA JEDEN ÚHELNÍK} = \frac{1146}{2} = 573 \text{ kN}$$

SVAR VPRÍLEHAJÍCÍ KOBATONĚ

$$F_{w1b} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = 573 \cdot \frac{1213}{45} = 1517 \text{ kN}$$

$$\chi_{II1b} = \frac{F_{w1b}}{a_{w1b} \cdot L_b} \leq \frac{F_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}$$

$$L_b = \frac{F_{w1b} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}{F_u \cdot a_{w1b}}$$

$$= \frac{1517 \cdot 0,8 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}{0,3 \text{ cm} \cdot 36 \text{ kN/cm}^2} = 2152 \text{ cm}$$

→ MAVRHUSÍ 4 CM

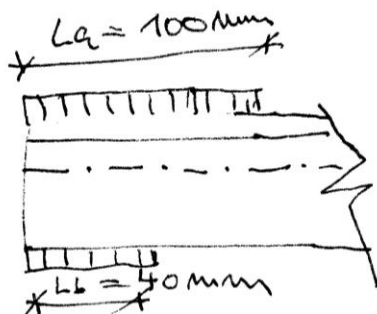
$$F_{w1a} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{(b-e)}{b} = 573 \text{ kN} \cdot \frac{327}{45} =$$

$$= 4164 \text{ kN}$$

$$\sigma_{La} = \sigma_{La} = \frac{M_{w1a}}{I_a} = \frac{M_{w1a}}{\frac{a_{w1a} \cdot L_a^2}{6}}$$

(K_{w1a})
L_{průřezu}
MODUL

$$\sqrt{\sigma_{La}^2 + 3 \cdot (\tau_{La}^2 + \tau_{11a}^2)} \leq \frac{F_u}{\beta_w \cdot \eta_{t2}}$$



DĚLKA SVARU VODSTAVAJÍCÍHO RAMPENE
MAVŘENÍ \$L_a = 100 \text{ mm}\$

SÍTKOVÉ NAPĚTÍ

$$\tau_{11a} = \frac{F_{w1a}}{a_{w1a} \cdot L_a} = \frac{41,64 \text{ kN}}{0,3 \text{ m} \cdot 100 \text{ mm}} = 13,88 \text{ kN/cm}^2$$

VLIVEM EXCENTRICITY BUDE SVARU
ODSTAVAJÍCÍHO RAMPENE UHELMÍKOVĚ NATA
HÁNĚNĚ OHTĚBOVÍM MOMENTEM
V ROVINĚ \$b\$ NA SÍTKOVÝ PLECH

$$M_{w1a} = \frac{1}{2} \cdot \frac{N_{ed1}}{2} \cdot \frac{b}{2} = 0,15 \cdot 573 \cdot \frac{0,1045}{2} = 0,1644 \text{ kNm}$$

1 KTERÝ VTVODÍ NAPĚTÍ DO SVARU

\$\sigma_{La}\$ i \$\sigma_{La}\$

$$\tau_{La} = \sigma_{La} = \frac{M_{w1a}}{\sqrt{2} \cdot \frac{a_{w1a} \cdot L_a^2}{6}} = \frac{0,1644 \cdot 10^6}{\sqrt{2} \cdot \frac{3 \cdot 100^2}{6}} = 9,11 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sqrt{9,11^2 + 3 \cdot (9,11^2 + 13,88^2)} \leq \frac{36}{0,18 \cdot 1,25}$$

$$30,12 \text{ kN/cm}^2 \leq 36 \text{ kN/cm}^2 \checkmark$$

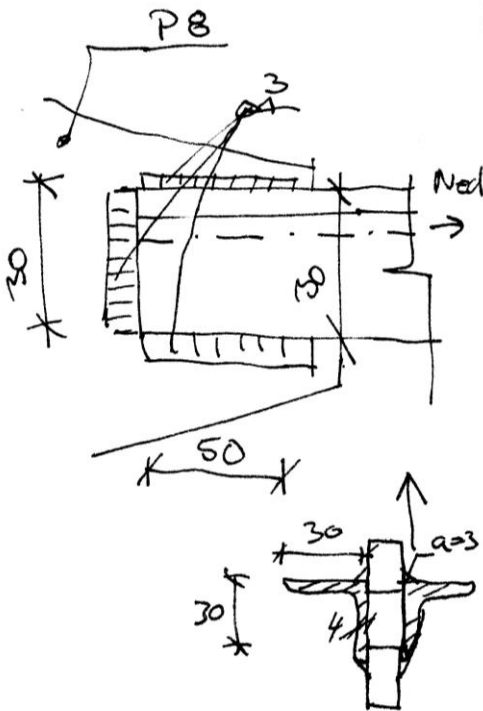
$$0,184 \leq 1,0 \checkmark$$

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY:

MAVŘENÍ SVAR JEDELSÍ NEŽ \$40 \text{ mm} \checkmark\$
NEŽ \$6a = 63 = 18 \text{ mm} \checkmark\$

DĚLKA SVARU JE MENŠÍ NEŽ \$150 a \checkmark\$
\$= 150 \cdot 3 = 450 \text{ mm}\$
(KON OBNOST SVARU SE NEPOUSÍ PEDLOVAT)

2x uhelník 30x30x4



DELKA SVARU V NEJVÍCE NATŘÍHANÉ SVISLICE

NEJVĚTŠÍ OSOVÁ SILA $N_{ed} = 23,96 \text{ kN}$

NÁVRH SVARU ZJEDNOTIŠENOU METODOU

OVĚŘENO DOKOLA

CELKOVÁ DELKA SVARU

$$\Sigma l_w = 4 \cdot 5 \text{ cm} + 2 \cdot 3 \text{ cm} = \underline{\underline{26 \text{ cm}}}$$

VTŘKA účinná SVARU = 3 mm

$$F_{w,red} = \frac{N_{ed}}{\Sigma l_w} = \frac{23,96 \text{ kN}}{26 \text{ cm}} = \underline{\underline{0,92 \text{ kN/cm}}}$$

$$F_{w,red} = \frac{F_u \cdot a_w}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot H_{M2}} = \frac{36 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,13 \text{ cm}}{\sqrt{3} \cdot 0,16 \cdot 1,125}$$

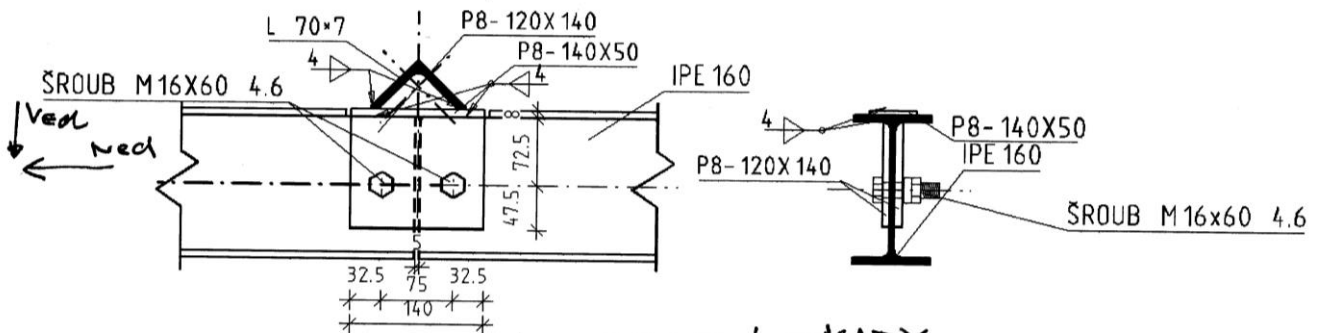
$$= \underline{\underline{6,24 \text{ kN/cm}}}$$

$$0,92 \text{ kN/cm} < 6,24 \text{ kN/cm} \quad \checkmark$$

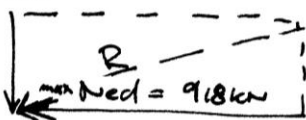
SVAR V HODOUJE

DETAIL2.

PŘÍPOJ NOSNÍKU PRO PODHLED NA SPODNÍ PÁS VAZNÍKU

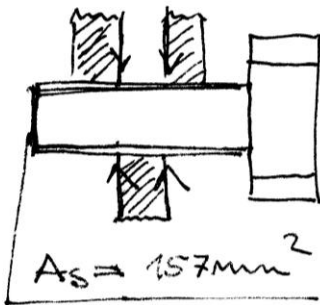


$\max V_{ed} = 37 \text{ kN}$



$R = \sqrt{9.18^2 + 3.7^2} = 10.15 \text{ kN}$

$M16 \Rightarrow d_o = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$



MATERIAL 4.6

$F_{ub} = 400 \text{ MPa}$

$k_1 = \min(2.18 \frac{e_2}{d_o} - 1.17, 2.5)$

PRO VNOSNOST V OTACE-
NI ROZHODUJE TLOUSTKA
STOJINT IPE 160

$t_w = 5 \text{ mm}$

$F_{b1rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot F_u \cdot d \cdot t}{M_2}$

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

$e_1 = e_2 = 1.2 \cdot d_o = 1.2 \cdot 18 = 21.6 \text{ mm}$

$e_1 = 32.5 \text{ mm} > 21.6 \text{ mm} \checkmark$
 $e_2 = 47.5 \text{ mm}$

$p_1 = 2.2 \cdot d_o = 2.2 \cdot 18 = 39.6 \text{ mm}$
 $75 \text{ mm} > 39.6 \text{ mm} \checkmark$

NÁVHOVÁ VNOSNOST JEDNOHO ŠROUBU
VE SÍTKU PRO DVE STEŽENÉ PLOCHY
A STEŽIT ŠROUBU UZÁVITU

$F_{v1rd} = 2 \cdot \frac{0.16 \cdot F_{ub} \cdot A_s}{M_2} = 2 \cdot \frac{0.16 \cdot 400 \cdot 157}{1125}$
 $= 6013 \text{ kN} > 1015 \text{ kN}$

NÁVHOVÁ VNOSNOST JEDNOHO ŠROUBU V
OTLACENÍ

$\text{SOUČ. } k_1 = \min(2.18 \cdot \frac{47.5}{18} - 1.17, 2.5)$
 $= 2.15$

SOUČ. α d PRO ŠROUBT NA KONCI

$\alpha d = \frac{e_1}{3 \cdot d_o} = \frac{32.5}{3 \cdot 18} = 0.16$ (ROZHODUJE)

$\alpha = \frac{F_{ub}}{F_u} = \frac{400}{360} = 1.11$

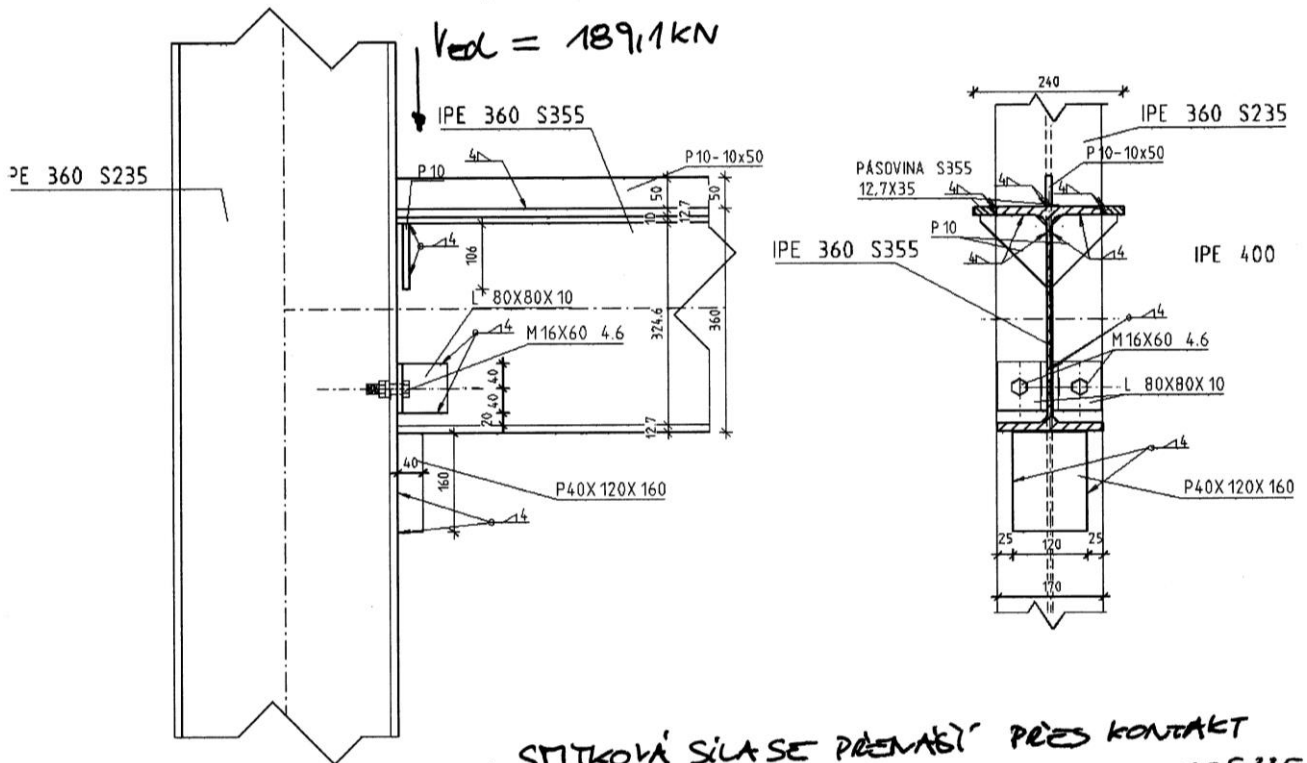
$\alpha = 1.10$

$F_{b1rd} = \frac{2.15 \cdot 0.16 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 5}{1125} = 34.56 \text{ kN}$

$34.56 \text{ kN} > 10.15 \text{ kN} \checkmark$

DETAIL 3.

PŘIPOJENÍ STROPNÍHO PRŮVLAKU NA SLOUP



$M 16 \Rightarrow d_0 = 16 + 2 = \underline{18 \text{ mm}}$

ÚNOSNOST KOUTOVĚHO SVARU

$$F_{k,rd} = \frac{F_u \cdot a \cdot w_e \cdot L \cdot w_e}{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}$$

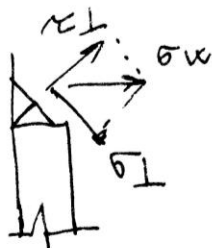
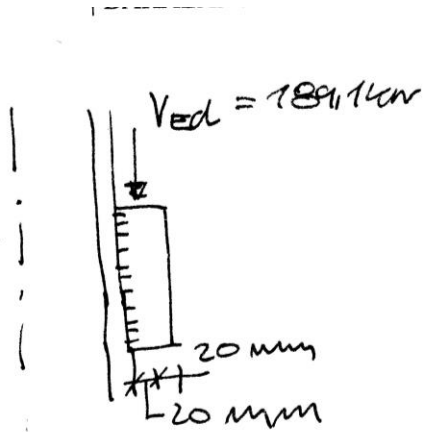
SMYKOVÁ SILA SE PŘENÁŠÍ PŘES KONTAKT PRŮVLAKU S PŘÍLO ŽELV P40X120X160 S235 ŠROUBI A ÚHELNÍK L 80X80X10 JSOU NAVRŽENY KONSTRUKČNĚ PŘI DODRŽENÍ KONSTRUKČNÍCH ZÁSAD
 KDT VZDÁLENOST ŠROUBU OD OKRAJE $e_2 = e_1 = 12 \cdot d_0 = 12 \cdot 18 = 216 \text{ mm}$
 $216 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \checkmark$
 O ÚNOSNOSTI SPOJE ROZHODUJE KOUTOVÝ SVAR ÚČINNÉ ÚTĚSĚ $a = 4 \text{ mm}$

$$F_{k,rd} = \frac{36 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0,14 \text{ cm} \cdot 2 \cdot 16 \text{ cm}}{0,8 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}$$

$= \underline{266 \text{ kN}}$

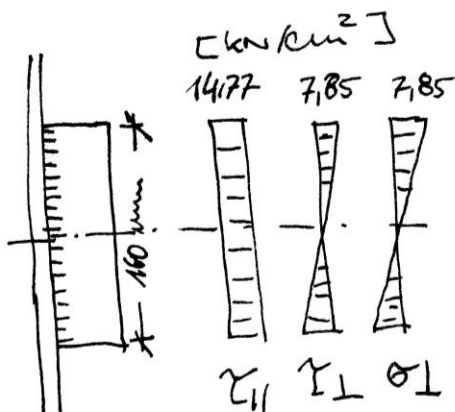
$266 \text{ kN} > 189,1 \text{ kN} \checkmark$

$\underline{0,71} < 1,0 \checkmark$



$$W_{el w} = \frac{2 \cdot a_w \cdot L^2}{6}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} < \frac{F_y}{\beta_w \cdot H_{w2}}$$



POSOUVADÍCÍ SILA ZPŮSOBUJE STHKOVÉ NAPĚTÍ // SOSOUSVARU

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_{we}} = \frac{189,1 \text{ kN}}{0,14 \text{ m} \cdot 2 \cdot 16 \text{ m}} = 14,77 \text{ kN/cm}^2$$

VLIVEM EXCENTRICITY VZNIKÁ VE SVARU OHTBOVÝ MOMENT

$$M_{ed} = V_{ed} \cdot e = 189,1 \text{ kN} \cdot 0,102 \text{ m} = 3,8 \text{ kNm}$$

$$\sigma_w = \frac{M_{ed}}{W_{el w}} = \frac{3,8 \cdot 10^6}{2 \cdot 4 \cdot 160^2} = 11,1 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{11,1}{\sqrt{2}} = 7,85 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sqrt{7,85^2 + 3 \cdot (7,85^2 + 14,77^2)} = 29,94 \text{ kN/cm}^2$$

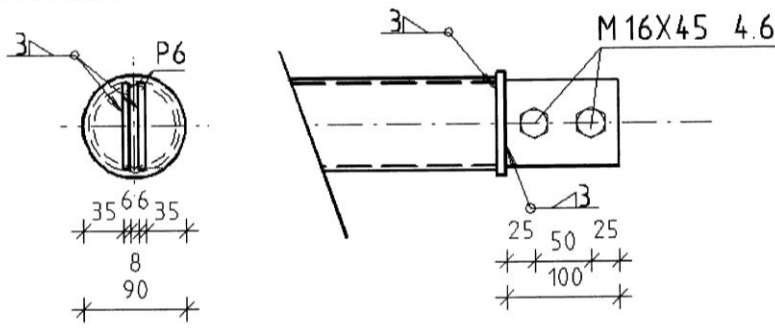
$$29,94 \text{ kN/cm}^2 < \frac{36 \text{ kN/cm}^2}{0,18 \cdot 1,25} = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$0,183 < 1,0 \checkmark$$

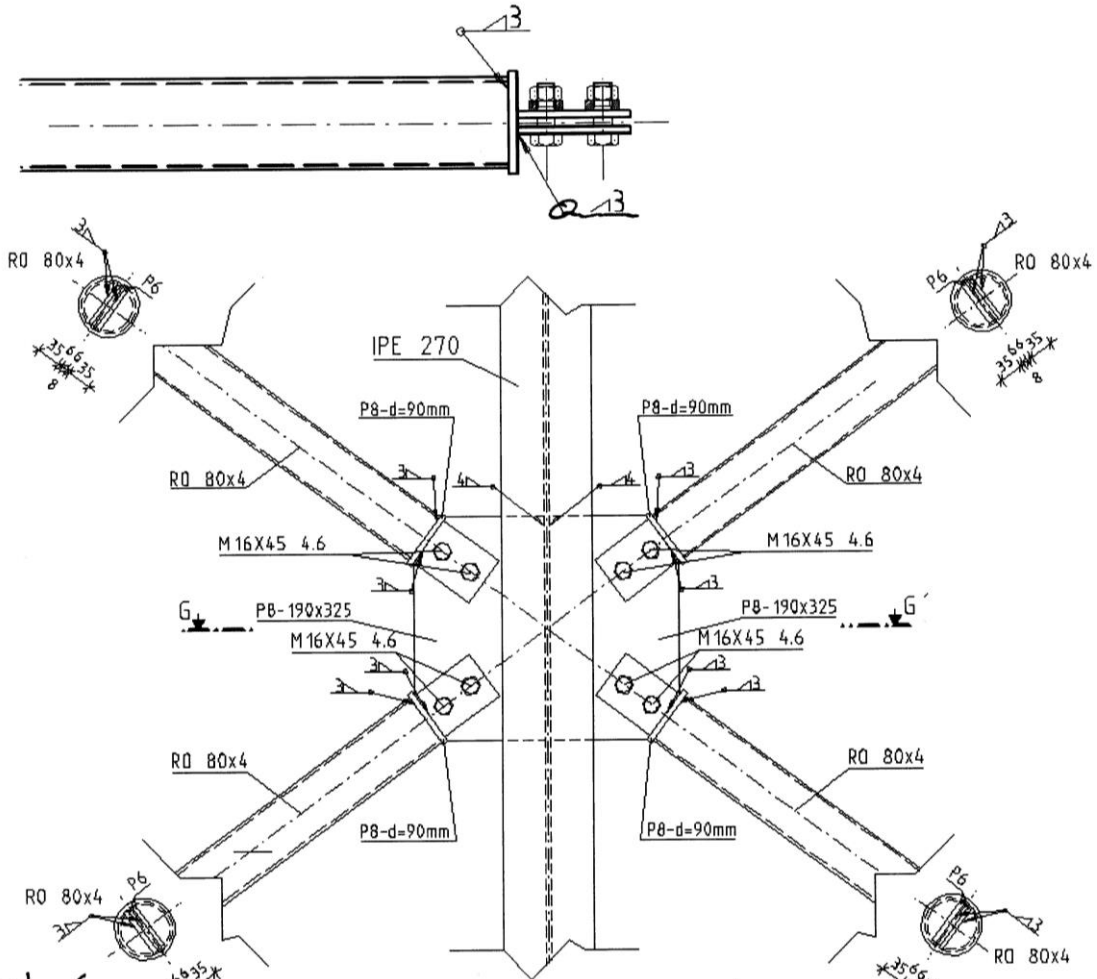
NAVRŽENÝ SVAR VŤHOVÍ

DETAIL 4.

NAVRH SPOJE 2TUŽIDLA

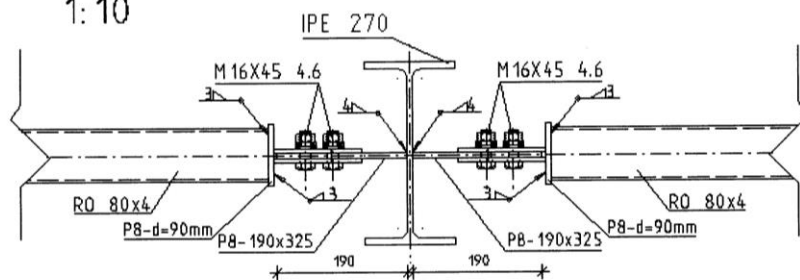


MAX OSOVÁ
SÍLA VE 2TUŽIDLU
 $N_{edmax} = 79,5 \text{ kN}$



MAX NED
 $79,5 \text{ kN}$

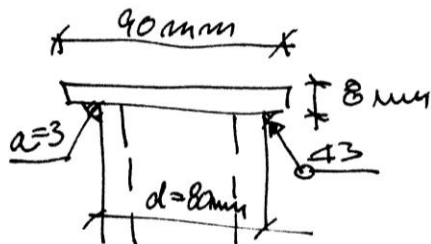
REZ G-G
1:10



RO 80x4

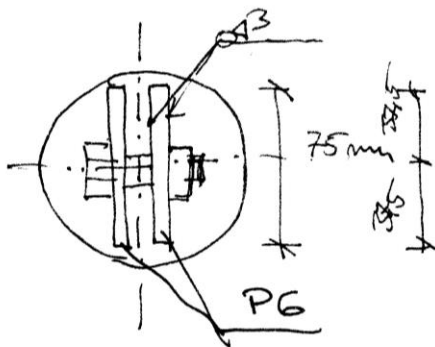
PŘILOŽKA OPŘÍŽEVU

$d = 90 \text{ mm}$



$N_{\text{max}} = 79.56 \text{ kN}$

$F_u = 36 \text{ kN/cm}^2$



PŘILOŽKA OVAŘENÁ Z OBOU STRAN

NAVŘET SPOJE ŽTUŽIDLA

PŘIVÁŘENÍ PŘILOŽEK K PROFILU TRUBKY

NAVŘET - KOUTOVÍ SVAR POCELEM OBVOPU TRUBKY

DĚLKA SVARU

$$L_w = \pi \cdot d = \pi \cdot 8 \text{ cm} = 25.13 \text{ cm}$$

ÚČINNÁ VĚŠKA SVARU $a = 3 \text{ mm}$

PLOCHA SVARU

$$S_w = 25.13 \text{ cm} \cdot 0.3 \text{ cm} = 7.54 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_w = \frac{N_{\text{max}}}{S_w} = \frac{79.56 \text{ kN}}{7.54 \text{ cm}^2} = 10.6 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{10.6}{\sqrt{2}} = 7.5 \text{ kN/cm}^2$$

POSOUZENÍ

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} \leq F_u$$

$$\sqrt{7.5^2 \cdot 4} \leq \frac{36 \text{ kN/cm}^2}{1.8 \cdot 1.25}$$

$$15 \text{ kN/cm}^2 \leq 36 \text{ kN/cm}^2 \checkmark$$

$$0.42 \leq 1.0 \checkmark$$

PŘIVÁŘENÍ PŘILOŽEK

DĚLKA SVARU $L_w = 7.5 \text{ cm} \cdot 4 = 30 \text{ cm}$

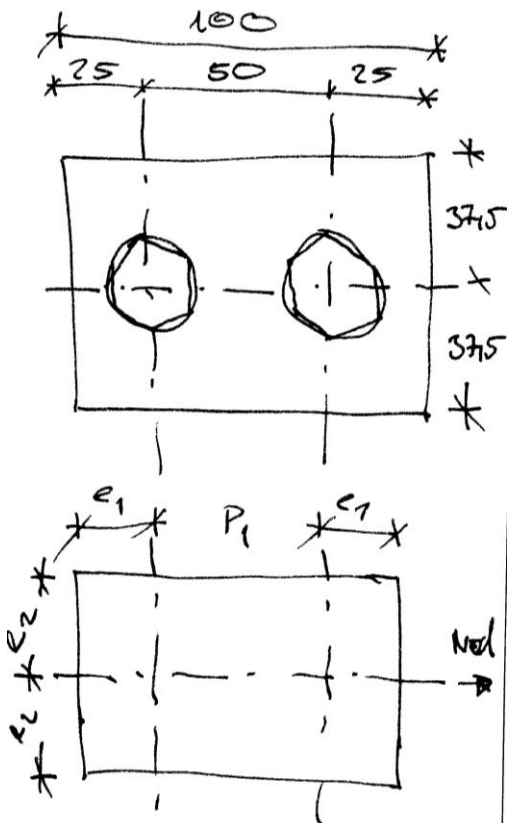
$$\sigma_w = \frac{79.56 \text{ kN}}{30 \text{ cm} \cdot 0.3 \text{ cm}} = 8.84 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{8.84}{\sqrt{2}} = 6.25 \text{ kN/cm}^2$$

POSOUZENÍ

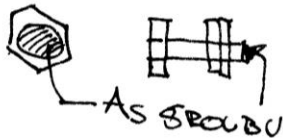
$$\sqrt{4 \cdot 6.25^2} = 12.5 \text{ kN/cm}^2 \leq 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$0.35 \leq 1.0$$



$$d_o = 18 \text{ mm} = 16 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = d + 2 \text{ mm}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$



$$F_{ub} = 400 \text{ MPa}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot F_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

NÁVRH ŠROUBOVÉHO PŘÍPOJE

2x M16 4.6 NÁVRH

$$e_1 = 1,2 d_o = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2 d_o = 21,6 \text{ mm}$$

$$21,6 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \checkmark$$

$$< 37,5 \text{ mm} \checkmark$$

$$p_1 = 2,2 d_o = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \text{ mm}$$

$$39,6 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \checkmark$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST JEDNOTO SROUBU VESTITKY

- 2 STEŽÍŽNÉ ROUIT

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot \frac{0,16 \cdot F_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

$$= 2 \cdot \frac{0,16 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = \underline{\underline{60,29 \text{ kN}}}$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST JEDNOTO SROUBU VOTLAČEK

t = min (2,6 mm; 8 mm) = 2,6 mm

$$t = \min (2,6 \text{ mm}; 8 \text{ mm}) = \underline{\underline{2,6 \text{ mm}}}$$

$$k = \frac{e_1}{3d_o} = \frac{25}{3 \cdot 18} = \underline{\underline{0,463}}$$

$$\alpha = \frac{p_1}{3d_o} = \frac{50}{3 \cdot 18} = \underline{\underline{0,93}}$$

$$\kappa = \frac{F_{ub}}{F_u} = \frac{400}{360} = \underline{\underline{1,11}}$$

$$\min(k, \alpha) = \underline{\underline{0,463}}$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right)$$

SOUCÍMTEL k_1

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{37,5}{18} - 1,7; 2,5\right) = \underline{2,5}$$

$$F_{b, Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,1463 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8}{1,25}$$

$$= \underline{\underline{42,67 \text{ kN}}}$$

0 ŠROUBOVĚM PŘÍPOJÍ ROZHODUJE ÚNOSNOST V OTLACENÍ

POČET NITNÍCH ŠROUBŮ

$$n = \frac{N_{ed, max}}{F_{b, Rd}} = \frac{79,6 \text{ kN}}{42,67 \text{ kN}} = \underline{1,86}$$

⇒ NÁVRH 2 ŠROUBY M16 4.8

POSOUZENÍ PŘÍLOZE K -KRAJINÍ

$$N_{p, Rd} = \frac{A_s \cdot F_T}{\gamma_{M0}} = \frac{900 \cdot 235}{1,10} = \underline{\underline{211,5 \text{ kN}}}$$

OSLABENÁ PLOCHA

$$N_{v, Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{s, net} \cdot F_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 684 \cdot 36}{1,25}$$

$$= \underline{\underline{177,3 \text{ kN} > 79,6 \text{ kN} \checkmark}}$$

PŘÍLOŽEK VŮHOVÍ

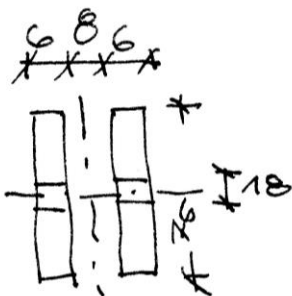
STYČNÍKOVÝ PLECH

$$N_{p, Rd} = \frac{6 \text{ cm}^2 \cdot 235 \text{ kN/cm}^2}{1,10} = \underline{\underline{147 \text{ kN}}}$$

$$N_{v, Rd} = \frac{0,9 \cdot 4,56 \text{ cm}^2 \cdot 36 \text{ kN/cm}^2}{1,25}$$

$$= \underline{\underline{118,2 \text{ kN}}}$$

STYČNÍKOVÝ PLECH VŮHOVÍ $118,2 \text{ kN} > 79,6 \text{ kN} \checkmark$



PG - 75 x 100

$$A_s = 2 \cdot 75 \cdot 6$$

$$= \underline{\underline{900 \text{ mm}^2}}$$

OSLABENÁ PLOCHA

$$A_{s, net} = 2 \cdot (75 \cdot 6 - 18 \cdot 6)$$

$$= \underline{\underline{684 \text{ mm}^2}}$$

STYČNÍKOVÝ PLECH PB

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$A_{sp} = 8 \cdot 75 = 6 \text{ cm}^2$$

OSLABENÁ PLOCHA PB

$$A_{s, net} = 6 \text{ cm}^2 - 0,9 \cdot 1,18 \text{ cm}^2$$

$$= \underline{\underline{4,56 \text{ cm}^2}}$$

9. Výkaz materiálu

celková hmotnost konstrukce (kg)	41 998,19
celkový povrch konstrukce (m ²)	1321,232
celkový objem konstrukce (m ³)	5,35

číslo prvku	prvek	průřez	materiál	kg/m	celková délka (m)	hmotnost (kg)	povrch (m ²)	kg/m ³	objem (m ³)
1+2	vaznice	IPE 160	S235	15,78	528	8331,84	328,942	7850	1,06
3	vazník-horní pás	ÚHELNÍK L 90x90x7	S235	9,58	100,5	962,79	35,23	7850	0,12
4	vazník-spodní pás	ÚHELNÍK L 70x70x7	S235	7,38	100	738	27,23	7850	0,09
5	vazník-krajní diagonála	SLOŽENÝ PRUT 2L 45x45x4	S235	5,48	46,77	256,2996	16,28	7850	0,03
6	vazník-diagonála	SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4	S235	3,56	78,23	278,4988	18,1	7850	0,04
7	vazník-svislice	SLOŽENÝ PRUT 2L 30x30x4	S235	3,56	70	249,2	16,16	7850	0,03
8	okapové ztužení	ÚHELNÍK L 50x50x4	S235	3,05	148,64	453,352	28,83	7850	0,06
9	nosník pro podhled	IPE 160	S235	15,78	210	3313,8	130,83	7850	0,42
10	sloup příčné vazby	IPE 360	S235	57,07	138	7875,66	186,71	7850	1,00
11	sloup mezilehlý krajní	IPE 270	S235	36,03	120,75	4350,6225	125,7	7850	0,55
12	sloup pod průvlakem	IPE 300	S235	42,23	35,2	1486,496	40,8	7850	0,19
13	průvlak	UPRAVENÝ IPE 360	S355	65,81	100	6581	162,4	7850	0,84
14	příčné ztužení ve střešní rovině	RO 60x4	S235	5,52	65,05	359,076	12,26	7850	0,05
15	podélné ztužení ve stěně	RO 80x4	S235	7,5	59,11	443,325	14,86	7850	0,06
16	sloup čelní stěny	IPE 240	S235	36,03	106,5	3837,195	110,87	7850	0,49
17+18	nosníky čelní stěny	IPE 160	S235	15,78	50,12	790,8936	15,61	7850	0,10
19	ztužení v čelní stěně	RO 60x4	S235	5,52	75,02	414,1104	14,14	7850	0,05
20	ztužení vrcholové v čelní stěně	RO 42x4	S235	3,75	21,09	79,0875	2,78	7850	0,01
21	podélný výztužný nosník	RO 60x4	S235	5,52	113	623,76	21,3	7850	0,08
22	příčné ztužení mezi sloupy	RO 127x6,3	S235	18,75	30,57	573,1875	12,2	7850	0,07

10. Kotvení

Kotvení sloupů bylo navrženo jako kotvení patní deskou. Bylo využito nevyztužené patní desky a zabetonovaných kotevních šroubů. Bylo využito plastického návrhového modelu. Smyková síla se z patní desky přenáší do betonového základu třením mezi patní deskou, maltou a betonovým základem, smykem a ohybem kotevních šroubů. Kde je smyková síla větší než třecí síla vypočítaná z nejméně příznivé kombinace (nejmenší tlakové síly ve sloupu na základ), je k přenosu smykové síly navržena smyková zarážka tvořená úpalkem HEB profilu. Součinitel tření je doporučen pro pískocementovou maltu s návrhovou hodnotou $C_{f,d}=0,2$. Při porušení dojde k namáhání šroubů tahem po jejich deformaci. Počítá se se šrouby nevyužitými v tahu. Po montáži je třeba provést opatření pro přenos smykové síly do šroubu a to injektáží nadměrné díry pro šroub epoxidovou maltou.

Uvažuje se kloubové uložení konstrukce. Kotvení přenáší osové a smykové síly. Ohybové momenty kotvení nepřenáší.

Jako kotevní šrouby byly použity závitové šrouby z pozinkované oceli Hilti HIT-V-5.8 M16x300. Průměr vrtání 18mm. Byl navržen injektážní systém Hilti HIT-HY 200-R. Z technických podkladů Hilti byla vypočítána smyková únosnost jednoho šroubu M16.

$$f_{uk} = 500MPa$$

$$f_{yk} = 400MPa$$

$$A_s = 157mm^2$$

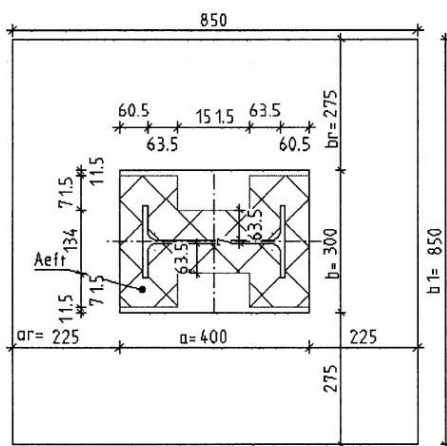
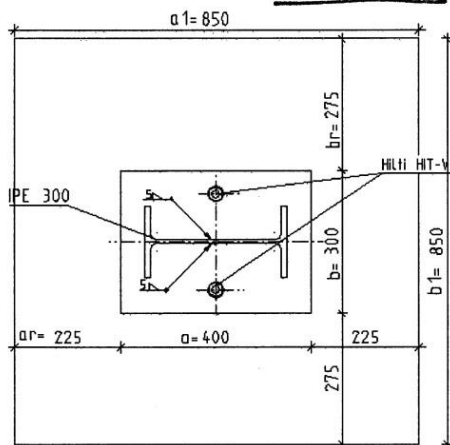
$$N_{Rk,s} = A_s * f_{uk} = 157 * 500 = 78,5kN$$

$$V_{Rk,s} = 0,5N_{Rk,s} = 0,5 * 78,5 = 39,25kN$$

	MAX SVISLÁ REAKCE (Ned)	MAX VODOROVNÁ REAKCE (Ved)
PROSTŘEDNÍ SLOUP (SOUČÁSTÍ VNITŘNÍHO PŘÍČNÉHO ZTUŽENÍ)	385kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS3)	39kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS7)
KRAJNÍ SLOUP PŘÍČNÉ VAZBY (SOUČÁSTÍ PŘÍČNÉHO ZTUŽENÍ)	277kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS7)	97kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS7)
KRAJNÍ SLOUP PŘÍČNÉ VAZBY BĚŽNÝ	256kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS4)	6,4kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS7)
SLOUP ČELNÍ STĚNY	56kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS7)	15,1kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,5ZS7)
SLOUP MEZILEHLÝ KRAJNÍ	8kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+1,05ZS3+1,5ZS4)	6kN (KZ=1,35ZS1+1,35ZS2+ZS8)

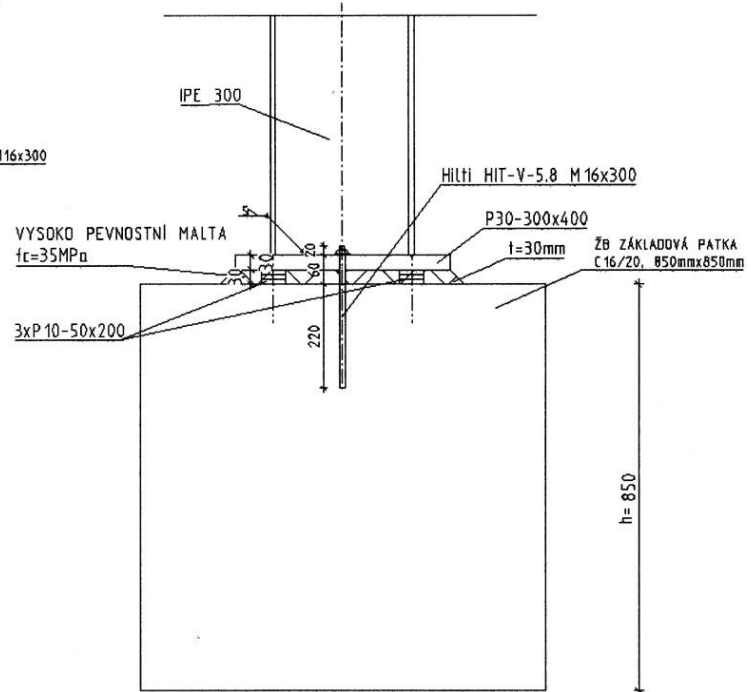
DETAIL KOTVENÍ 1
KOTVENÍ PROSTŘEDNÍHO SLOUPU

KOTVENÍ - PATKA PROSTŘEDNÍ SLOUP



Aeff=89 136,42 mm²

BETON C16/20



MAX Ned = 385 kN
MAX Ved = 39 kN

LAVRAH PATNÍHO PLECHU
TLOUŠŤKA t = 30 mm

SOUČINITEL KONCENTRACE
MĚŘENÍ - PROJEDNĚNÍ ROZMĚR
BETON NOVĚHO ZÁKLADU

$$\begin{aligned}
 (a_1 = b_1) & \left\{ \begin{aligned} a + 2a_1 &= 400 + 2 \cdot 225 = 850 \text{ mm} \\ 5 \cdot a &= 5 \cdot 400 = 2000 \text{ mm} \\ a + h &= 850 + 400 = 1250 \text{ mm} \\ 5 \cdot b_1 &= 5 \cdot 850 = 4250 \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

→ a₁ = 850 mm

$$k_f = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{850^2}{400 \cdot 300}} = 2,45$$

$$F_d = \frac{0,167 \cdot k_f \cdot F_{ck}}{\alpha_c} = \frac{0,167 \cdot 2,45 \cdot 16}{1,5}$$

= 17,51 MPa

EFEKTIVNÍ ŠÍŘKA PATNÍ DESKY

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{E_x}{3 \cdot E_j \cdot \gamma_{f70}}} = 3 \text{ cm} \cdot \sqrt{\frac{23,5}{3 \cdot 17,511}}$$

$$= \underline{\underline{6,35 \text{ cm}}}$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST TLACENÉ DESKY JE:

$$N_{ed} = A_{eff} \cdot f_j = 89\,136,42 \text{ mm}^2 \cdot 17,51 \text{ MPa}$$

$$= \underline{\underline{1560,78 \text{ kN} > 385 \text{ kN}}}$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST SLOUPU

IPE 300

$$N_{pRd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53,8 \text{ cm}^2 \cdot 23,5 \text{ kN/cm}^2}{1,0}$$

$$= \underline{\underline{1264,3 \text{ kN} \checkmark}}$$

$N_{Rd} > N_{pRd}$

NALTOVÉ PODLITÍ NEODLIVNÁ ÚNOSNOST PATKY A PATNÍ DESKY
NALTA MUSÍ MÍT VÍŠÍ PEVNOST NEŽ F_{ck} 16/20 MPa

VRSTVA MUSÍ BÝT TENČÍ NEŽ 0,2 min(a, b) = 0,2 · 30 cm = 6 cm

$$t = 3 \text{ cm} < \underline{\underline{6 \text{ cm} \checkmark}}$$

NÁVRH NABEZPE ČNOU STRANU
VVAŽUJI ŽE SÍTKOVOU SÍLU PŘEMÁŠÍ
POUZE ŠROUBI HILTI M16x300 HIT-V-58.

$$2 \cdot 31,4 \text{ kN} > 39 \text{ kN}$$

$$62,8 \text{ kN} > 39 \checkmark$$

$$\underline{\underline{0,62 < 1,0 \checkmark}}$$

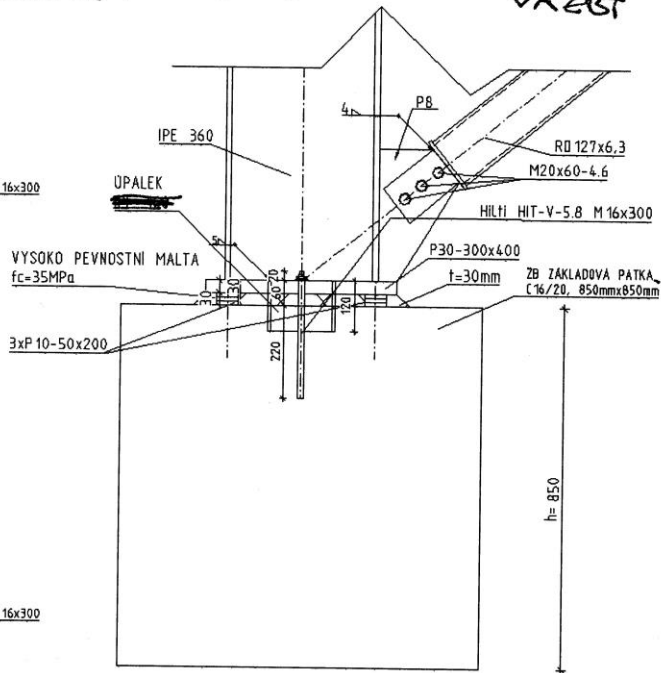
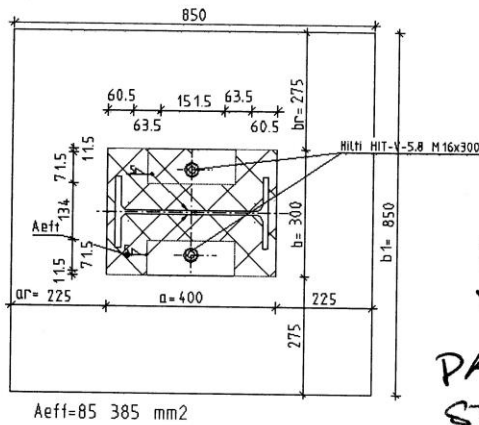
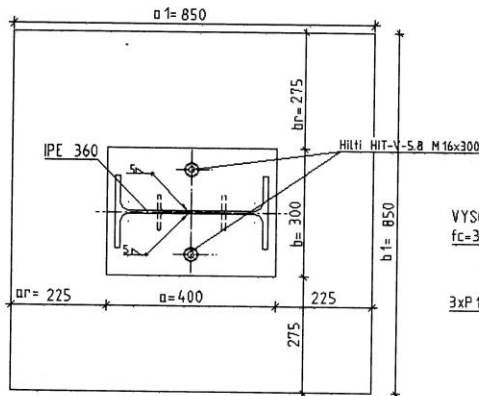
ÚNOSNOST JEDNOHO ŠROUBU VESTÍTKU
JE $k_{ed,15} = \frac{39,25 \text{ kN}}{1,25} = \underline{\underline{31,4 \text{ kN}}}$

TŘEMI NEŽI DESKOU NALTOU A ZAKLADENÍ NEVVAŽUJI

DETAIL KOTVENÍ 2

KOTVENÍ KRAJNÍHO SLOUPU KTERÉ JE UCHYCENO PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO MEZI SLOUPY

KOTVENÍ KRAJNÍHO SLOUPU PŘÍČNÉ VÁZBY



$N_{edmax} = 277 \text{ kN}$

$V_{edmax} = 97 \text{ kN}$

PATKA i KOTVENÍ DESKA STEJNĚJŠÍ ROZMĚRŮ JAKO

PROSTŘEDNÍHO SLOUPU

$\rightarrow a_1 = 850 \text{ mm}$

$f_j = 245$

$F_j = 17.51 \text{ MPa}$

$c = 6.35 \text{ cm}$

$N_{rd} = A_{eff} \cdot F_j = 85 \cdot 85 \text{ mm}^2 \cdot 17.51 \text{ MPa}$

$= 1495091 \text{ kN} > 277 \text{ kN}$
 NÁVRHOVÁ NĚKOSNOST SLOUPU

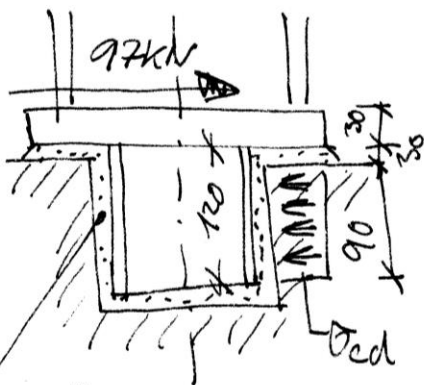
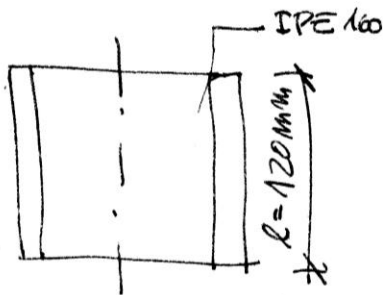
$N_{p1rd} = 1709 \text{ kN} > 277 \text{ kN}$

KONSTRUKČNÍ POŽADAVKY

VIZ. PROSTŘEDNÍ SLOUP POSOUZENÍ KOTVENÍ

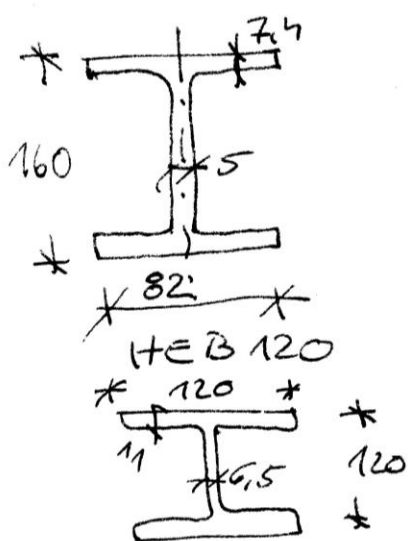
ÚPALEK IPE 160

Ø DĚLCE 120mm

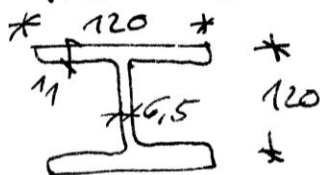


VĚPLNĚNO
NAKOVU

IPE 160



HEB 120



ÚNOSNOST KOTVENÍ VESTITKU

2x ŠROUB HILTI M16 x 300 HIT-V-58.

$$\Rightarrow 2 \cdot 31,4 \text{ kN} = 62,8 \text{ kN} < 97 \text{ kN} \times$$

⇒ NÁVRH STIKOVÉ ZARÁŽKY

BETON C 16/20

$$f_{cd} = \frac{16 \text{ MPa}}{1,15} = 10,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd} = \frac{97 \text{ kN}}{90 \text{ mm} \cdot 82 \text{ mm}} = 13,14 \text{ MPa}$$

$$13,14 > 10,67$$

ÚPALEK Z IPE 160 NEVYHOVÍ

⇒ ZVĚŠIT TRÍDU BETONU, ZVOLIT
JINÝ PROFIL

⇒ VOLIT ÚPALEK Z HEB 120

$$\sigma_{cd} = \frac{97 \text{ kN}}{90 \text{ mm} \cdot 120 \text{ mm}} = 8,98 \text{ MPa}$$

$$8,98 \text{ MPa} < 10,67 \checkmark$$

POSOUZENÍ PROFILU HEB 120



$$M_{cd} = 97 \text{ kN} \cdot \left(3 + \frac{9}{2}\right) = 7,275 \text{ kNm}$$

$$V_{cd} = 97 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = 38,8 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = 147 \text{ kN}$$

$$I_y = 864 \text{ cm}^4$$

$$A_{vz} = 11 \text{ cm}^2$$

$$\frac{M_{ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{7275}{38,8} = 0,19 < 1 \checkmark$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{97}{147} = 0,66 < 1 \checkmark$$

$0,66 > 0,15$

⇒ INTERAKCE M a V

$$\sigma_{ed} = \frac{M_{ed} \cdot z}{I_y} = \frac{7275 \text{ kNm} \cdot 6 \text{ cm}}{864 \text{ cm}^4} = 5,11 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{med} = \frac{V_z}{A_{vz}} = \frac{97 \text{ kN}}{11 \text{ cm}^2} = 8,818 \text{ kN/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma_{ved} &= \sqrt{\sigma_{ed}^2 + 3\tau_{med}^2} \\ &= \sqrt{5,11^2 + 3 \cdot 8,818^2} \\ &= 150,6 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa} \checkmark \end{aligned}$$

HEB OVĚŘENO PO CELÉ M OBVODU
KOVKOVÝ SVAREM O ÚČINNÉ
VÍŠCE $a = 4 \text{ mm}$

POSOUBENÍ SVARU

$$\begin{aligned} \Sigma l_w &= 120 \cdot 2 + 4 \cdot 12 + (120 - 12 - 65) \cdot 2 \\ &+ 74 \cdot 2 = 639 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{k,ed} = \frac{V_{ed}}{\Sigma l_w} = \frac{97000 \text{ N}}{639 \text{ mm}} = 1152 \text{ kN/cm}$$

$$\begin{aligned} F_{w,Rd} &= \frac{F_u \cdot a_w}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{36 \cdot 0,14}{\sqrt{3} \cdot 1,25 \cdot 0,8} \\ &= 8,31 \text{ kN/cm} \end{aligned}$$

$$1152 \text{ kN/cm} < 8131 \text{ kN/cm} \checkmark$$

NAVR ŽENÍ SVAR V TĚŽKÉ