

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



A. ZADÁNÍ

Vzduchový chladič páry

Steel structure of an air cooler

Josef Bis

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Katedra: Ocelových a dřevěných konstrukcí

2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bis** Jméno: **Josef** Osobní číslo: **468600**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Vzduchový chladič páry

Název diplomové práce anglicky:

Steel structure of an air cooler

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D., katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **20.09.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **02.01.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 2. ledna 2022

.....

Josef Bis

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné připomínky, důležité poznatky a užitečné rady při konzultacích této práce. Zároveň bych chtěl poděkovat za ochotu a možnost konzultovat téměř kdykoliv. Speciální poděkování patří rodině, která mě trpělivě podporovala a přihlížela při tvorbě této práce.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je návrh a posouzení podpůrné ocelové konstrukce vzduchového chladiče horké páry. Součástí je kontrola vlastních tvarů kmitání v nebezpečných pásmech otáčení vrtule ventilátoru. V práci jsou navrženy všechny nosné prvky, obvodový plášť a jeřábová dráha. Dále byly posouzeny vybrané montážní přípoje a detaily a zhotoveny dispoziční výkresy a výkresy posuzovaných detailů.

Klíčová slova:

podpůrná konstrukce, nosná ocelová konstrukce, ztužení, jeřábová dráha, přípoj, kloubová patka

Abstract:

The aim of this thesis is a design and verification of a load bearing steel structure of an air cooler for hot steam. This includes also the calculation of the eigen frequency to avoid structure resonance due to the frequency of the fan propeller. The thesis includes design of all load bearing elements, the cladding and a crane runway beam. In addition, selected connections and details were designed. Layout drawings and drawings of the details are also part of the thesis.

Keywords:

load bearing structure, steel structure, bracing, crane runway beam, connection, column base

Obsah

1	Seznam dokumentace.....	7
2	Zdroje.....	8



1 Seznam dokumentace

- A. Zadání
- B. Technická zpráva
- C. Statický výpočet
- D. Výkresy
- E. Přílohy



2 Zdroje

- [1] ČSN EN 1991-1-1 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-3 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 (730035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 (731401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [5] ČSN EN 1993-1-5 (731401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulení stěn*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [6] ČSN EN 1993-1-6 (731401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-6: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [7] ČSN EN 1993-1-8 (731401). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [8] ČSN EN 1993-4-3 (731443). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 4-3: Potrubí*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [9] ČSN EN 1993-6 (731460). *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 6: Jeřábové dráhy*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [10] ČSN EN 1998-1 (730036). *Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemetřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [11] ČSN EN ISO 1461 (038560). *Zinkové povlaky nanášené žárově ponorem na ocelové a litinové výrobky - Specifikace a zkušební metody*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [11] ČSN EN ISO 14713-1 (038261). *Zinkové povlaky - Směrnice a doporučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi - Část 1: Obecné zásady pro navrhování a odolnost proti korozi*. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [12] ČSN EN ISO 2553 (038261). *Svařování a příbuzné procesy - Zobrazování na výkresech - Svarové spoje*. Praha: Český normalizační institut, 2020.
- [13] Kovové profily, spol. s r. o., *kovprof.cz* [online], Praha 9 – Běchovice. [cit. 2021-03-04] Dostupné z: <https://kovprof.cz/hlavni-stranka/trapezove-profilu/technicke-informace/tabulky-unosnosti/>
- [14] Staco Rošty CZ s.r.o., *staco-rosty.cz* [online], Jihlava. [cit. 2021-03-04] Dostupné z: <https://www.staco-rosty.cz/svarovane-rosty-sp>



[15] 2TS s.r.o., *2ts.cz* [online], Kladno. [cit. 2021-11-04] Dostupné z:
<https://www.2ts.cz/retezovy-kladkostroj-pojizdny-z220-a-nosnost-3-2-t-delka-zdvihu-3-m.html>

[16] Sokol, Z., Wald, F. *Ocelové konstrukce: Tabulky*. Praha: vydalo České vysoké učení technické v Praze, únor 2016.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



B. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Vzduchový chladič páry

Steel structure of an air cooler

Josef Bis

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Katedra: Ocelových a dřevěných konstrukcí

2022

Obsah

1	Popis objektu.....	3
1.1	Popis procesu.....	3
1.2	Nosná konstrukce	3
1.3	Čtyřdřík	3
1.4	Obvodová stěna	4
1.5	Jeřábová dráha.....	4
2	Zatížení	4
2.1	Stálé.....	4
2.2	Technologie	4
2.3	Zatížení sněhem.....	4
2.4	Zatížení větrem.....	5
2.5	Užitná zatížení.....	5
2.6	Kladkostroj.....	5
2.7	Reakce od tření.....	5
3	Materiály	5
4	Třída provedení.....	5
5	Montáž konstrukce.....	6
6	Ochrana proti korozi	6
7	Ochrana proti požáru.....	7
8	Použité normy	7
9	Použitý software.....	7



1 Popis objektu

1.1 Popis procesu

Horká pára je od turbíny vedena parovodem do parní komory. Parovod je na své trase podepřen čtyřdříkem navržené konstrukce. Do stěny parní komory jsou přivařeny jednotlivé deskové výměníky z trubkových svazků. Pára procházející trubkovými svazky je rovnoměrně ochlazována pomocí dvojice vrtulí, jejichž rotace zajišťuje rovnoměrné proudění vzduchu skrz výměníky, a tedy ochlazování a následnou kondenzaci páry. Na konstrukci jsou uloženy dvě ventilátorové jednotky a celkem šestnáct deskových výměníků.

Obvodové stěny chrání chladiče před nekontrolovatelným prouděním vzduchu od větru. Jsou opláštěny trapézovým plechem.

1.2 Nosná konstrukce

Parní komora a deskové výměníky jsou uloženy na krokve podpůrné konstrukce tvaru A. Vzhledem k nutnosti zajištění teplotní dilatace a pohybů je každý deskový výměník kluzně uložen na krokve pomocí nerezových destiček k zajištění nižšího součinitele tření. Pevným bodem je sedlo parní komory v krajní vazbě A-konstrukce. Tento bod přenáší jednak vnější zatížení od parovodu a dále reakce od tření při dilatačním pohybu deskových výměníků. Krokve jsou z válcovaných profilů HEB 180. Celá konstrukce tvaru A je ve své rovině ztužena pomocí trubek TR 82,5x3,6. V polovině výšky je umístěno vodorovné ztužidlo z válcovaných profilů HEB 180 a trubek TR 89x3,6. Na tyto válcované profily je podvěšena jeřábová dráha z profilu IPE 300.

Krokve jsou uloženy na nosníky z válcovaných profilů HEB 220.

Každá jednotka ventilátoru je uložena na dvojici nosníků HEB 300 vyztužených pomocí táhel z TR 82,5x3,6 aby nedocházelo k nežádoucímu kmitání při otáčení vrtule ventilátoru.

Slzičkový krycí plech v okolí ventilátoru je podepírán válcovanými nosníky IPE 140. Pochozí lávka z pororoštu je uložena na nosnících IPE 240. V rovině pochozí lávky je umístěno ztužení obvodového pláště z trubek TR 89x4,0.

Nosníky nesoucí krokve a ventilátor jsou uloženy na sloupy z válcovaných profilů HEB 280. Sloupy jsou kloubově uloženy pomocí patního plechu tl. 30 mm na základové patky. Patní plech je zajištěn čtyřmi lepenými kotevními šrouby M24 a smykovou zárážkou. Dolní konstrukce je ztužena diagonálami z kruhových trubek TR 245x7,0.

1.3 Čtyřdřík

Konstrukce čtyřdříku přenáší zatížení od parovodu do základu. Čtyřdřík je tvořen čtyřmi sloupy z válcovaných profilů HEB 200. Sloupy jsou uloženy kloubově pomocí patního plechu tl. 30 mm a dvou lepených kotevních šroubů M24. Ztužení je tvořeno diagonálami z TR 82,5x3,6 a svislicemi z TR 27x3,2.



1.4 Obvodová stěna

Obvodová stěna brání nežádoucímu proudění vzduchu, je tvořena trapézovým plechem TR 40S/160 tl. 0,88 mm. Trapézový plech je uložen na sloupy s osovou vzdáleností 2,975 m. Sloupy delší strany jsou z válcovaných profilů IPE 300, sloupy kratší strany jsou z profilů IPE 270. Všechny sloupy jsou kloubově uloženy na obdélníkovou trubku TRHR 400x200x10. Sloupy jsou vyztuženy pomocí kruhových trubek TR 70x3,2 a diagonál TR 102x3,6. Stěna je dále vyztužena vodorovným příhradovým nosníkem, který brání nadměrným vodorovným průhybům při působení větru. Horní pas je z čtvercové trubky TRHR 140x140x7, dolní pas je z čtvercové trubky TRHR 200x200x10. Svislice příhradového ztužidla jsou z kruhových trubek TR 57x3,2. Diagonály jsou odstupňovány podle velikosti vnitřních sil, tvoří je profily TR 108x4,0, TR 82,5x3,6 a TR60,3x3,2.

1.5 Jeřábová dráha

Jeřábová dráha je z profilu IPE 300 jehož dolní pásnice je pojížděna kladkostrojem. Dráha je podvěšena na nosnících HEB 180 vytvářejících přeponu A-konstrukce. Část jeřábové dráhy vně chladiče je zajištěna pomocí táhla TR 114x3,6.

2 Zatížení

2.1 Stálé

Vlastní tíha jednotlivých prvků konstrukce, pororošt, slzičkový plech, trapézový plech, zábradlí.

2.2 Technologie

Hmotnost deskových výměníků včetně náplně je 9,5 t/ks. Celkem je na konstrukci 16 deskových výměníků, každý uložen na čtyřech nerezových destičkách.

Hmotnost parní komory včetně náplně je 420 kg/m. Celková délka parní komory je 23,5 m.

Hmotnost ventilátorové jednotky včetně vrtule, motoru a převodovky, je 7,0t. Na konstrukci jsou umístěny dvě ventilátorové jednotky.

Sekundární trubní vedení umístěné na konstrukci je uvažováno hodnotou 2,0 kN/m.

2.3 Zatížení sněhem

Sněhová oblast II dle ČSN EN 1991-1-3. Charakteristická hodnota zatížení je $s_k = 1,0$ kPa.



2.4 Zatížení větrem

Větrná oblast II, kategorie terénu II dle ČSN EN 1991-1-4. Charakteristická hodnota zatížení je $v_{b,0} = 25$ m/s.

2.5 Užitná zatížení

Užitné zatížení pro pochozí plošiny z pororoštu je $q = 2,5$ kN/m²

Užitné zatížení pro slzičkový krycí plech kolem vrtule je $q = 0,75$ kN/m²

2.6 Kladkostroj

Nosnost jeřábové dráhy je 3 tuny. Hmotnost kočky je 150 kg.

2.7 Reakce od tření

Při dilatačním pohybu deskových výměníků vzniká reakce působící v pevném bodě, který je umístěn na krajním sedle A-konstrukce. Deskové výměníky jsou uloženy na nerezových destičkách, součinitel tření nerez – nerez je uvažován $\mu = 0,15$. Celková reakce od zatížení třením je rovna nule.

Při ochlazení vychází hodnota reakce z vlastní tíhy výměníku a velikosti zatížení sněhem. Při oteplení vychází hodnota reakce pouze z hodnot vlastní tíhy výměníku.

3 Materiály

Pro všechny ocelové prvky bude použita ocel S235 JR.

Trapézový plech je z oceli S320 GD

Pevnostní třída šroubů 8.8. (pozn. pokud není jinak specifikováno)

Lepené kotvy třídy 8.8.

Beton základové patky C16/20.

4 Třída provedení

Třída provedení ocelové konstrukce byla stanovena dle ČSN EN 1993-1-1 A1.

- třída následků CC2
- typ zatížení statické, kvazistatické nebo seizmické malé

Výsledná třída provedení stanovena dle tab. C1 je EXC2.



5 Montáž konstrukce

Ocelová konstrukce bude na staveništi smontována dle montážní dokumentace.

Jednotlivé kroky montáže:

- betonáž základových patek
- osazení sloupů
- montáž nosníků a ztužidel dolní konstrukce
- montáž krokví a jejich ztužení
- montáž jeřábové dráhy
- osazení sloupků obvodové stěny
- montáž ztužení obvodové stěny včetně vodorovného příhradového ztužidla
- montáž trapézového plechu
- osazení technologií

Montáž probíhá od zdola nahoru. Na připravené betonové patky se osadí sloupy. Patky sloupů jsou řešeny jako kloubové pomocí patního plechu a lepených kotev. Patní plech je uložen na vrstvě podlití a je opatřen smykovou zarážkou. Poté proběhne montáž vodorovných nosníků a ztužidel dolní konstrukce. Nosníky jsou na válcovaný profil sloupu uloženy pomocí čelních desek a šroubů. Přípoje diagonál jsou řešeny pomocí dvojice styčnickových plechů a šroubů. Všechny tyto spoje jsou považovány za spoje kloubové.

Dále proběhne montáž krokví, které jsou uloženy ve sklonu 60°. Spoj je realizován pomocí čelní desky a šroubů. Zároveň proběhne montáž ztužidel. Před montáží ztužidel je potřeba dostatečně podepřít nosníky krokví. Spoje ztužidel jsou realizovány pomocí dvojice styčnickových plechů. Po montáži krokví a jejich ztužení bude podvěšena jeřábová dráha.

Přípoj sloupků obvodové stěny na uzavřený profil nosníku je řešen pomocí dvojice čelních desek navařených na jednotlivé profily a spojených šrouby. Ztužidla v rovině stěny jsou všechna řešena pomocí dvojice styčnickových plechů a šroubů. Vodorovné ztužidlo obsahuje pouze šroubované spoje se styčnickovými plechy. Na dolním pase se nachází šroubovaný montážní spoj s čelní deskou.

6 Ochrana proti korozi

Podpurná ocelová konstrukce se nachází v exteriéru, a tudíž bude vystavena vnějším vlivům.

Protikorozi ochrana je navržena v souladu s ČSN EN ISO 14713-1:

- stupeň korozní agresivity: C4 – Vysoká (průmyslové oblasti)
- předpokládaná životnost: Velmi dlouhá (VH) – více než 20 let

Dle tabulky 2 v kapitole 7 ČSN EN ISO 14713-1 lze určit minimální tloušťku pro žárové zinkování ponorem. Všechny prvky konstrukce budou opatřeny žárovým zinkováním o



minimální tloušťce 85 μm . Takováto tloušťka pokovování zajišťuje protikorozi ochranu na minimálně 20 let.

7 Ochrana proti požáru

Posouzení požární odolnosti není součástí této práce. Případné posouzení požární odolnosti se provede dle ČSN EN 1993-1-2.

8 Použité normy

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

ČSN EN 1991-1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1991-3: Zatížení konstrukcí – Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

ČSN EN 1993-1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-5: Boulení stěn

ČSN EN 1993-1-6: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí

ČSN EN 1993-1-8: Navrhování styčníků

ČSN EN 1993-4-3: Potrubí

ČSN EN 1993-6: Jeřábové dráhy

ČSN EN ISO 1461: Zinkové povlaky nanášené žárově ponorem na ocelové litinové výrobky

ČSN EN ISO 14713-1: Zinkové povlaky – obecné zásady pro navrhování a odolnost proti korozi

ČSN EN ISO 2553: Svařování a příbuzné procesy – zobrazování na výkresech

9 Použitý software

- AutoCAD 2018
- SMath Studio Desktop 0.99.7822
- SCIA Engineer 20.0
- LTBeamN 1.0.3
- Hilti PROFIS Engineering 3.0.73
- Microsoft Word



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



C. STATICKÝ VÝPOČET

Vzduchový chladič páry

Steel structure of an air cooler

Josef Bis

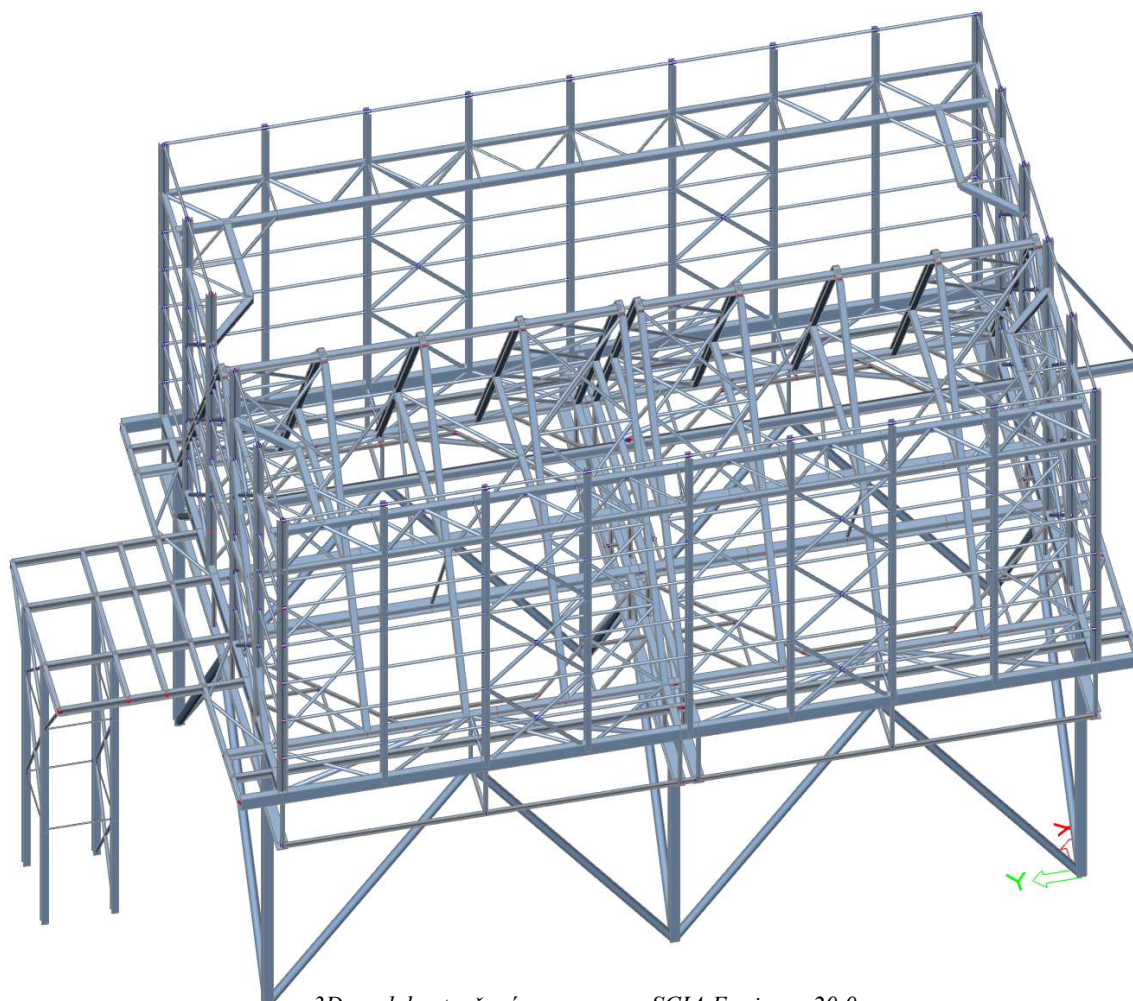
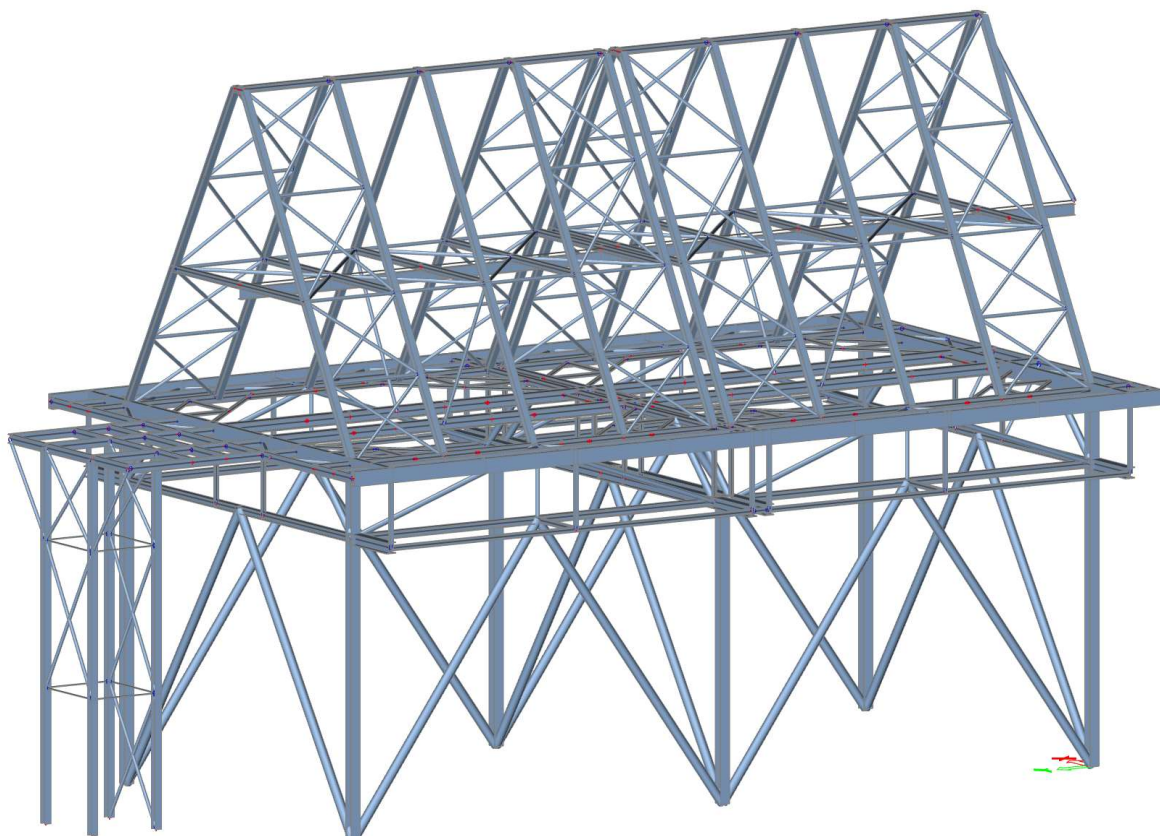
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Katedra: Ocelových a dřevěných konstrukcí

2022

OBSAH

1. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	5
2. ZATÍŽENÍ	5
2.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ	5
2.2 ZATÍŽENÍ NAHODILÉ	6
2.2.1 ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIEMI	6
2.2.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ	7
2.2.3 ZATÍŽENÍ SNĚHEM	7
2.2.4 ZATÍŽENÍ VĚTREM	8
2.2.5 REAKCE OD TŘENÍ	13
3. KOMBINACE	14
4. NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLECHU	15
5. NÁVRH POCHOZÍHO ROŠTU	15
6. POSOUZENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY	16
7. POSOUZENÍ NOSNÍKU VENTILÁTORU	26
8. POSOUZENÍ SLOUPKŮ V OBVODOVÉ STĚNĚ	36
8.1 KRÁTKÁ STĚNA	36
8.2 DLOUHÁ STĚNA	43
9. POSOUZENÍ VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA VE STĚNĚ	51
9.1 D2, D3	54
9.2 D4, D5, D6, D7	55
9.3 D8, D9	56
9.4 D10, D11	58
9.5 VZPĚRY	59
9.6 SVISLICE	60
9.7 DOLNÍ PÁS - 1	62
9.8 DOLNÍ PÁS - 2 + D1	66
9.9 HORNÍ PÁS - 1	68
9.10 HORNÍ PÁS - 2	70
9.11 VZPĚRY SVISLÉ	71
9.12 MSP	73
10. POSOUZENÍ ZTUŽENÍ STĚNY	74
11. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA MEZI SLOUPKY STĚNY	76
12. POSOUZENÍ KROKVE	78
13. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA KROKVÍ	92
14. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA JEŘÁBOVÉ DRÁHY	94
14.1 DIAGONÁLNÍ ZTUŽENÍ	94
14.2 VODOROVNÉ ZTUŽENÍ	98
15. POSOUZENÍ SVISLÉHO ZTUŽENÍ VENTILÁTOROVÉHO NOSNÍKU	102
16. POSOUZENÍ NOSNÍKU POD KROKVEMI	103
17. POSOUZENÍ NOSNÍKU POD SLOUPY OBVODOVÉ STĚNY	112
18. POSOUZENÍ SLOUPU	120
19. POSOUZENÍ DIAGONÁL	127
20. POSOUZENÍ NOSNÍKU POCHOZÍ LÁVKY	129
21. POSOUZENÍ VODOROVNÉHO ZTUŽENÍ V ROVINĚ POCHOZÍ LÁVKY	133
22. POSOUZENÍ VZPĚR POD NOSNÍKEM KROKVÍ	135
23. POSOUZENÍ NOSNÍKU DOLNÍ KONSTRUKCE- 1	137
24. POSOUZENÍ NOSNÍKU DOLNÍ KONSTRUKCE- 2	145
25. POSOUZENÍ SVISLÝCH STOJEK DOLNÍ KONSTRUKCE	148
26. POSOUZENÍ VZPĚR DOLNÍ KONSTRUKCE	151
27. POSOUZENÍ PŘÍČNÉHO NOSNÍKU DOLNÍ KONSTRUKCE	153
28. POSOUZENÍ POCHOZÍ LÁVKY U ČTYŘDŘÍKU	161
29. POSOUZENÍ SLOUPU ČTYŘDŘÍKU	169

30. POSOUZENÍ SVISLIC ČTYŘDŘÍKU	175
31. POSOUZENÍ DIAGONÁL ČTYŘDŘÍKU	177
32. NÁVRH KLOUBOVÉ PATKY	179
33. POSOUZENÍ PŘÍPOJE DIAGONÁLY NA KLOUBOVOU PATKU	186
34. NÁVRH KLOUBOVÉ PATKY ČTYŘDŘÍKU	190
35. NÁVRH MONTÁŽNÍHO STYKU VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA OBVODOVÉ STĚNY	194
36. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁL NA DOLNÍ PÁS VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA OBVODOVÉ STĚNY	197
37. NÁVRH PŘÍPOJE KROKVE NA NOSNÍK	203
38. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁLY NA NOSNÍK POD KROKVÍ	210
39. NÁVRH PŘÍPOJE SLOUKU OBVODOVÉ STĚNY NA NOSNÍK	214
40. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁLNÍHO ZTUŽENÍ OBVODOVÉ STĚNY	220
41. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁL VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA V ROVINĚ POCHOZÍ LÁVKY	225
42. NÁVRH PŘÍPOJE SLOUP - NOSNÍK POD SLOUPKY STĚNY - NOSNÍK POD KROKVÍ - KROKEV	231
42.1 NÁVRH PŘÍPOJE SLOUPKU OBVODOVÉ STĚNY NA NOSNÍK	231
42.2 NÁVRH PŘÍPOJE KROKVE NA NOSNÍK	236
42.3 NÁVRH PŘÍPOJE NOSNÍKU POD KROKVÍ NA NOSNÍK POD SLOUPKEM STĚNY	236
42:4 NÁVRH PŘÍPOJE NOSNÍKU NA SLOUP	249

NÁVRH PRVKŮ VZDUCHOVÉHO CHLADIČE HORKÉ PÁRY

3D model vytvořený v programu SCIA Engineer 20.0

1. MATERIÁLOVÉ CHARAKTRISTIKY

Ocel S 235 JR

Modul pružnosti v tahu/tlaku

$$E := 210 \text{ GPa}$$

Modul pružnosti ve smyku

$$G := 81 \text{ GPa}$$

Součinitel tepelné roztažnosti

$$\alpha := 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Mez kluzu

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

Mez pevnosti

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

Objemová tíha

$$\gamma_s := 78,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Gravitační zrychlení

$$g_e = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

POSOUZENÍ MSÚ

součinitele spolehlivosti materiálu:

$$Y_{M0} := 1,0$$

$$Y_{M1} := 1,0$$

$$Y_{M2} := 1,25$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

2. ZATÍŽENÍ

2.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ

Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha jednotlivých konstrukčních prvků je počítána pomocí SW Scia Engineer

Trapézový plech

Vlastní tíha trapézového plechu

$$g_t := 9,17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$g := g_t \cdot g_e = 0,09 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Pororošt

Vlastní tíha pororoštu

$$g_p := 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$g := g_p \cdot g_e = 0,20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Slzičkový krycí plech

Vlastní tíha slzičkového plechu

$$g_s := 42,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$g := g_s \cdot g_e = 0,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Zábradlí

Vlastní tíha zábradlí

$$g_z := 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$g := g_z \cdot g_e = 0,49 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2.2 ZATÍŽENÍ NAHODILÉ**2.2.1 ZATÍŽENÍ TECHNOLOGIEMI****Deskové výměníky (vč. náplně)**hmotnost jednoho výměníku $m_v := 9,5 \text{ t}$

celkem na konstrukci 16x

$$Q_v := 16 \cdot m_v \cdot g_e = 1490,61 \text{ kN}$$

každý výměník uložen na 2 kluzných destičkách, síla na 1 destičku:

$$Q_{v,1} := \frac{m_v \cdot g_e}{2} = 46,58 \text{ kN}$$

Parní komorahmotnost parní komory $m_k := 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ délka parní komory $l_k := 23,5 \text{ m}$

$$Q_k := m_k \cdot g_e \cdot l_k = 96,79 \text{ kN}$$

výměníky jsou přivařeny do parní komory, parní komora je uložena na kluzných destičkách, jako výměníky, celkem 32

$$Q_{k,1} := \frac{Q_k}{32} = 3,02 \text{ kN}$$

Zatížení od parovodu

Zatížení od parovodu zahrnují veškerá zatížení působící na parovod. Samotný parovod není součástí modelu, proto jsou účinky zatížení působící na parovod přenášeny do konstrukce v bodech, kde je parovod podepřen.

Zatěžovací bod - sedlo parní komory v krajní vazbě A-konstrukce

$$LP1 \quad F_x := \pm 20 \text{ kN}$$

$$F_y := \pm 15 \text{ kN}$$

$$F_z := -60 \text{ kN}$$

Zatěžovací body - podepření parovodu na čtyřdříku

$$LP2 \quad F_x := \pm 10 \text{ kN}$$

$$F_y := \pm 10 \text{ kN}$$

$$F_z := -70 \text{ kN}$$

$$LP3 \quad F_x := \pm 10 \text{ kN}$$

$$F_y := \pm 10 \text{ kN}$$

$$F_z := -70 \text{ kN}$$

Hodnoty vodorovného zatížení od působení větru - F_x a F_y - jsou podrobně spočteny v kapitole 2.2.4. Ve výpočtu jsou použity hodnoty z kapitoly 2.2.4.

Ventilátorová jednotka

hmotnost ventilátorové jednotky vč. vrtule, motoru a převodovky

$$m_j := 7,0 \text{ t}$$

$$Q_j := m_j \cdot g_e = 68,65 \text{ kN}$$

na konstrukci celkem 2 ventilátory

Kladkostroj

nosnost jeřábové dráhy + hmotnost kočky

$$m_k := 3,0 \text{ t} + 0,15 \text{ t} = 3,15 \text{ t}$$

$$Q_k := m_k \cdot g_e = 30,89 \text{ kN}$$

Trubní vedení / instalace

odhad zatížení od trubního vedení umístěného na konstrukci

$$q_t := 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

2.2.2 UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

pro pochozí plošiny

$$q_p := 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

pro krycí plech kolem vrtule

$$q_v := 0,75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

2.2.3 ZATÍŽENÍ SNĚHEM

dle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast II ==> $s_k := 1,0 \text{ kPa}$ **Zatížení konstrukce tvaru A**

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

$$\mu_i := 0,8$$

$$C_e := 1,0$$

$$C_t := 1,0$$

$$s = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

*tvarový součinitel zatížení**součinitel expozice**tepelný součinitel*

Zatížení pochozích roštů

$$s_1 := \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$\mu_i := 0,8$$

$$C_e := 1,0$$

$$C_t := 1,0$$

$$s_1 = 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

tvárový součinitel zatížení

součinitel expozice

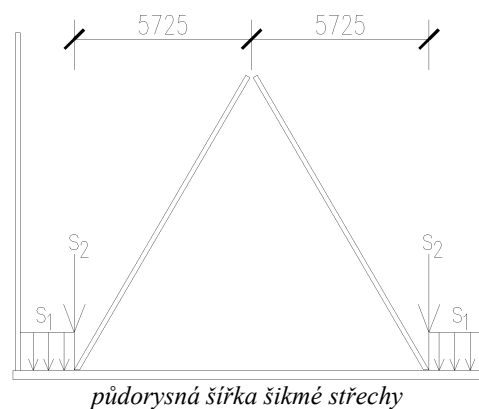
tepelný součinitel

Předpokládá se sesun 50% napadané sněhové pokrývky ze šikmé střechy pro střechy, kde $\alpha > 15$ a při zanedbání vlivu větru a prostupu tepla

$$s_2 := 0,5 \cdot \mu_i \cdot b_{1,s} \cdot s_k$$

$$b_{1,s} := 5,725 \text{ m}$$

$$s_2 = 2,29 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



zatížení sněhem pro návrh pochozích roštů:

$$s := s_1 + \frac{s_2}{0,5 \cdot 1,9 \text{ m}} = 3,21 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

šířka lávky 1,9 m, podepření v polovině rozpětí

2.2.4 ZATÍŽENÍ VĚTREM

dle ČSN EN 1991-1-4

$$z := 11 \text{ m}$$

větrná oblast II $\implies v_{b,0} := 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

kategorie terénu II

Základní rychlost větru:

$$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0}$$

$$C_{dir} := 1,0$$

$$C_{season} := 1,0$$

$$v_b = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

výška trapézového plechu

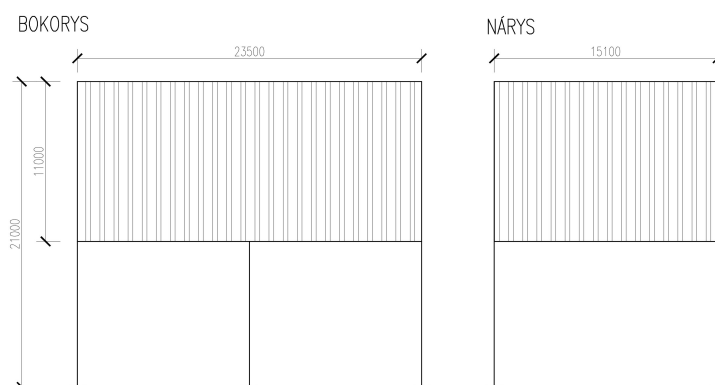


Schéma konstrukce

Střední rychlost větru:

$$v_{m,z} := C_{r,z} \cdot C_{o,z} \cdot v_b$$

$$C_{r,z} := k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

$$k_r := 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$$

$$z_{0,II} := 0,05 \text{ m}$$

$$z_0 := 0,05 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19$$

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

$$C_{o,z} := 1,0$$

$$v_{m,z} = 25,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

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

$$q_b = 0,39 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Maximální dynamický tlak větu:

$$q_{p,z} := C_{e,z} \cdot q_b$$

$$C_{e,z} := 2,85$$

$$q_{p,z} = 1,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

odečteno z grafu, pro výšku 21 m nad povrchem terénu

Vodorovné zatížení - příčný vítr

$$C_{pe,10,A} := 2,1$$

$$C_{pe,10,B} := 1,8$$

$$C_{pe,10,C} := 1,4$$

$$h := 11 \text{ m}$$

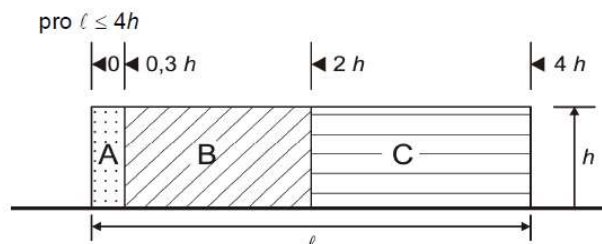
$$l := 23,5 \text{ m}$$

Tlak větru působící na vnější povrchy:

$$w_{e,A,h} := q_{p,z} \cdot C_{pe,10,A} = 2,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,B,h} := q_{p,z} \cdot C_{pe,10,B} = 2,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,C,h} := q_{p,z} \cdot C_{pe,10,C} = 1,56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Volně stojící stěny a zábradlí [3]

Vodorovné zatížení - podélný vítr

$$C_{pe,10,A} := 2,1$$

$$C_{pe,10,B} := 1,8$$

$$h := 11 \text{ m}$$

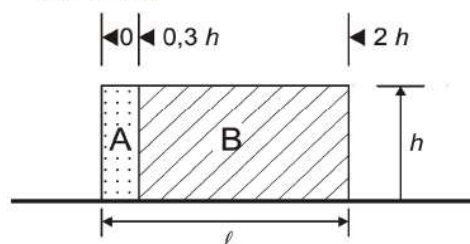
$$l := 15,1 \text{ m}$$

Tlak větru působící na vnější povrchy:

$$w_{e,A,h} := q_{p,z} \cdot C_{pe,10,A} = 2,34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,B,h} := q_{p,z} \cdot C_{pe,10,B} = 2,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

pro $l \leq 2h$



Volně stojící stěny a zábradlí [3]

Zatížení krycích plechů

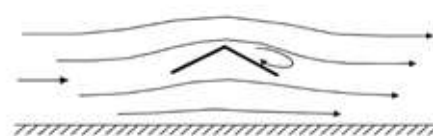
úhel sklonu střechy - $\alpha = 0$

minimum $\phi = 0$

$$C_{p,net,A} := -0,6$$

$$C_{p,net,B} := -1,3$$

$$C_{p,net,C} := -1,4$$



Prázdné, volně stojící přístřešky [3]

$$h := 10 \text{ m}$$

$$C_{e,z} := 2,35$$

odečteno z grafu, pro výšku 10 m nad povrchem terénu

$$q_{p,z} := C_{e,z} \cdot q_b$$

$$q_{p,z} = 0,92 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Výsledný tlak větru:

$$w_{e,A,h} := q_{p,z} \cdot C_{p,net,A} = -0,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,B,h} := q_{p,z} \cdot C_{p,net,B} = -1,19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$w_{e,C,h} := q_{p,z} \cdot C_{p,net,C} = -1,29 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

ZATÍŽENÍ PARNÍ KOMORY VĚTREM**Zatížení příčným větrem**

$$c_f := c_{f,0} \cdot \Psi_\lambda$$

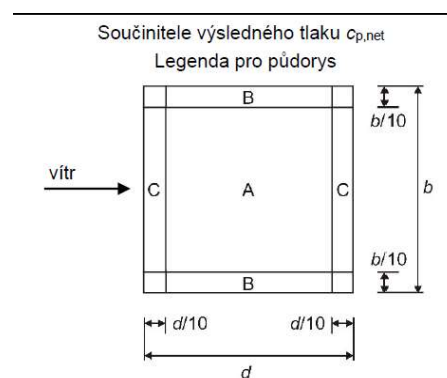
$$Re := \frac{b \cdot v}{\nu}$$

$$b := 1,6 \text{ m}$$

součinitel síly

Reynoldsovo číslo

průměr



Součinitele tlaku $c_{p,net}$ [3]

$$v := 15 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

kinematická viskozita vzduchu

$$v := \sqrt{2 \cdot \frac{q_p}{\rho}}$$

maximální rychlost větru

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

$$C_{e,z} := 2,85$$

odečteno z grafu, pro výšku 21 m nad povrchem terénu

$$q_{p,z} := C_{e,z} \cdot q_b$$

$$q_{p,z} = 1,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$v := \sqrt{2 \cdot \frac{q_p}{\rho}} = 63,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Re := \frac{b \cdot v}{\nu} = 6,75 \cdot 10^6$$

$$k := 0,2 \text{ mm}$$

ekvivalentní drsnost povrchu - pozinkovaný povrch

$$b = 1,6 \text{ m}$$

průměr parní komory

$$\frac{k}{b} = 0,0001$$

$$c_{f,0} := 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log_{10} \left(10 \cdot \frac{k}{b} \right)}{1 + 0,4 \cdot \log_{10} \left(\frac{Re}{10^5} \right)} = 0,90$$

vzorec odečten z grafu 7.28 pro danou větev

součinitel koncového efektu

$$l := 39 \text{ m}$$

$$b = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{pro } l \geq 50 \text{ m} \quad \lambda_{50} := \min \left(\left[\begin{array}{c} 0,7 \cdot \frac{l}{b} \\ 70 \end{array} \right] \right) = 17,06$$

$$\text{pro } l < 15 \text{ m} \quad \lambda_{15} := \min \left(\left[\left[\frac{l}{b} \right] \right] \right) = 24,38$$

lineární interpolace:

$$\text{pro } l = 39 \text{ m} \quad \lambda := \lambda_{50} + (l - 50 \text{ m}) \cdot \frac{\lambda_{15} - \lambda_{50}}{15 \text{ m} - 50 \text{ m}} = 19,36$$

$$\varphi := 1$$

součinitel plnosti

$$\Psi_{\lambda} := 0,77$$

součinitel koncového efektu z grafu

$$c_f := c_{f,0} \cdot \Psi_{\lambda} = 0,69$$

součinitel síly

$$A_{ref} := l \cdot b = 62,40 \text{ m}^2$$

Síla od větru působící na konstrukci:

$$F_w := c_f \cdot q_{p,z} \cdot A_{ref} = 48,05 \text{ kN}$$

Zatížení podélným větrem

$$c_f := c_{f,0} \cdot \Psi_\lambda$$

$$Re := \frac{b \cdot v}{\nu} = 6,75 \cdot 10^6$$

$$b = 1,6 \text{ m}$$

$$\frac{k}{b} = 0,0001$$

$$c_{f,0} := 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log_{10} \left(10 \cdot \frac{k}{b} \right)}{1 + 0,4 \cdot \log_{10} \left(\frac{Re}{10^5} \right)} = 0,9$$

Reynoldsovo číslo

ekvivalentní drsnost povrchu -pozink

vzorec odečten z grafu 7.28 pro danou větev

součinitel koncového efektu

$$l := 11 \text{ m}$$

$$b = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{pro } l < 15 \text{ m} \quad \lambda_{15} := \min \left(\left[\frac{l}{b} \right] \right) = 6,9$$

$$\varphi := 1$$

součinitel plnosti

$$\Psi_\lambda := 0,68$$

součinitel koncového efektu z grafu

$$c_f := c_{f,0} \cdot \Psi_\lambda = 0,61$$

součinitel síly

$$A_{ref} := l \cdot b = 17,6 \text{ m}^2$$

Síla od větru působící na konstrukci:

$$F_w := c_f \cdot q_{p,z} \cdot A_{ref} = 11,97 \text{ kN}$$

2.2.5 REAKCE OD TŘENÍ

Při dilatačním pohybu deskových výměníků vzniká reakce působící v pevném bodě, který je umístěn na krajním sedle konstrukce tvaru A. Deskové výměníky jsou uloženy na kluzných nerezových destičkách. Součinitel tření nerez-nerez je uvažován $\mu = 0,15$. Celková reakce od zatížení třením je rovna nule.

STATICKÉ SCHÉMA DESKOVÝCH VÝMĚNIKŮ

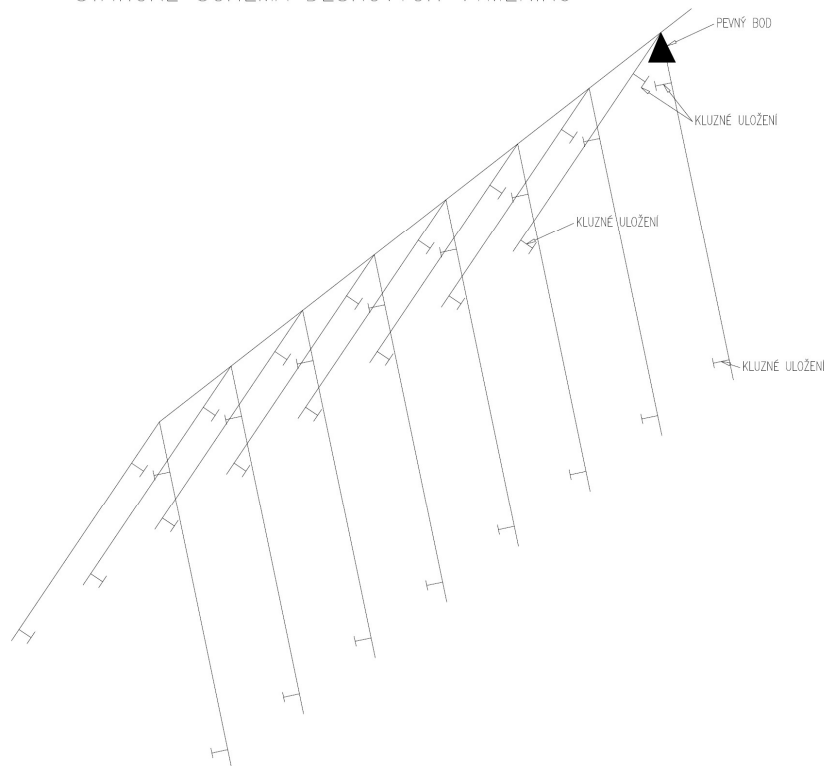


Schéma uložení deskových výměníků

Ochlazení výměníků

Velikost zatížení vychází z hodnot vlastní tíhy a velikosti zatížení sněhem.

vl. tíha výměníku působící na 1 destičku $Q_{v,1} = 46,58 \text{ kN}$

zatížení sněhem $s := 2,98 \text{ kN}$

součinitel tření nerez - nerez $\mu := 0,15$

$q_{ch} := (Q_{v,1} + s) \cdot \mu = 7,43 \text{ kN}$

Oteplení výměníků

Velikost zatížení vychází z hodnot vlastní tíhy

vl. tíha výměníku působící na 1 destičku $Q_{v,1} = 46,58 \text{ kN}$

součinitel tření nerez - nerez $\mu := 0,15$

$q_t := Q_{v,1} \cdot \mu = 6,99 \text{ kN}$

3. KOMBINACE

Základní kombinace zatížení 6.10

$$\Sigma Y_G \cdot G_k + Y_Q \cdot Q_k + \Sigma Y_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$$

Součinitele zatížení

Stálá zatížení $Y_G := 1,35$

Proměnná zatížení $Y_Q := 1,5$

Kombinační součinitele

Užitná zatížení $\Psi_0 := 0,7$

Zatížení větrem $\Psi_0 := 0,6$

Zatížení sněhem $\Psi_0 := 0,5$

Zatížení teplotou $\Psi_0 := 0,6$

Zatěžovací stavy

ZS1 - Vlastní tíha

ZS2 - Zábradlí

ZS3 - Technologie

ZS4 - Užitné zatížení

ZS5 - Zatížení sněhem

ZS6 - Zatížení větrem

ZS7 - Vítr přístřešky

ZS8 - Tření - ochlazení

ZS9 - Tření - oteplení

ZS10 - Plechy - povrchy

UL - LS1 - Pohyblivé zatížení jeřábem

Kombinace

K1: $1,0 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+ZS5+ZS6+ZS8+ZS10)$

K2: $1,0 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+ZS5+ZS6+ZS9+ZS10)$

K3: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS4 + 0,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS6 + 0,6 \cdot ZS9)$

K4: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS6 + 0,7 \cdot ZS4 + 0,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS9)$

K5: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS5 + 0,7 \cdot ZS4 + 0,6 \cdot ZS6 + 0,6 \cdot ZS9)$

K6: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS9 + 0,7 \cdot ZS4 + 0,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS6)$

K7: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS4 + 0,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS6 + 0,6 \cdot ZS8)$

K8: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS6 + 0,7 \cdot ZS4 + 0,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS8)$

K9: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS5 + 0,7 \cdot ZS4 + 0,6 \cdot ZS6 + 0,6 \cdot ZS8)$

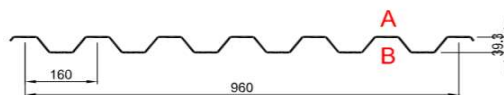
K10: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,35 \cdot UL + 1,5 \cdot (ZS8 + 0,7 \cdot ZS4 + 0,5 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot ZS6)$

K11: $1,0 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3+ZS10) + 1,5 \cdot (ZS6+ZS7)$

Přehledná tabulka z programu SCIA Engineer je součástí příloh.

4. NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLECHU

osová vzdálenost 3 m



návrhové zatížení: $q := 1,5 \cdot 2,34 \frac{kN}{m} = 3,51 \frac{kN}{m}$

t_n [mm]	g [kg/m ²]	Rozpětí [m]																					
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	
0,63	6,56	q_{d1}	15,39	10,66	7,83	6,00	4,74	3,85	3,12	2,58	2,17	1,85	1,60	1,39	1,22	1,08	0,97	0,87	0,78	0,71	0,65	0,59	0,54
		q_{d2}	12,96	9,17	6,85	5,32	4,25	3,48	2,90	2,46	2,11	1,83	1,60	1,39	1,22	1,08	0,97	0,87	0,78	0,71	0,65	0,59	0,54
		q_c	23,94	12,26	7,09	4,47	2,99	2,10	1,53	1,15	0,89	0,70	0,56	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17	0,14	0,13	0,11
0,75	7,81	q_{d1}	20,68	14,26	10,43	7,97	6,29	5,00	4,05	3,35	2,82	2,40	2,07	1,81	1,59	1,41	1,25	1,13	1,02	0,92	0,84	0,77	0,71
		q_{d2}	17,46	12,31	9,16	7,09	5,66	4,62	3,85	3,25	2,78	2,40	2,07	1,81	1,59	1,41	1,25	1,13	1,02	0,92	0,84	0,77	0,71
		q_c	30,33	15,63	8,99	5,66	3,79	2,66	1,94	1,46	1,12	0,88	0,71	0,58	0,47	0,40	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14
0,88	9,17	q_{d1}	27,02	18,55	13,54	10,32	8,02	6,35	5,15	4,26	3,58	3,05	2,63	2,29	2,01	1,78	1,59	1,43	1,29	1,17	1,07	0,98	0,90
		q_{d2}	22,88	16,06	11,92	9,21	7,33	5,97	4,97	4,19	3,58	3,05	2,63	2,29	2,01	1,78	1,59	1,43	1,29	1,17	1,07	0,98	0,90
		q_c	37,59	19,25	11,14	7,01	4,70	3,30	2,41	1,81	1,39	1,09	0,88	0,71	0,59	0,49	0,41	0,35	0,30	0,26	0,23	0,20	0,17
1,00	10,42	q_{d1}	33,38	22,85	16,63	12,62	9,69	7,67	6,22	5,14	4,32	3,69	3,18	2,77	2,43	2,16	1,92	1,73	1,56	1,41	1,29	1,18	1,08
		q_{d2}	28,33	19,83	14,68	11,32	9,00	7,33	6,08	5,13	4,32	3,69	3,18	2,77	2,43	2,16	1,92	1,73	1,56	1,41	1,29	1,18	1,08
		q_c	44,55	22,81	13,20	8,31	5,57	3,91	2,85	2,14	1,65	1,30	1,04	0,84	0,70	0,58	0,49	0,42	0,36	0,31	0,27	0,23	0,21
1,13	11,77	q_{d1}	40,78	27,83	20,21	15,09	11,58	9,17	7,44	6,15	5,17	4,41	3,80	3,31	2,91	2,58	2,30	2,07	1,87	1,69	1,54	1,41	1,30
		q_{d2}	34,68	24,21	17,88	13,76	10,92	8,88	7,37	6,15	5,17	4,41	3,80	3,31	2,91	2,58	2,30	2,07	1,87	1,69	1,54	1,41	1,30
		q_c	52,34	26,80	15,51	9,77	6,54	4,60	3,35	2,52	1,94	1,52	1,22	0,99	0,82	0,68	0,57	0,49	0,42	0,36	0,31	0,28	0,24
1,25	13,02	q_{d1}	48,02	32,69	23,65	17,45	13,40	10,61	8,61	7,12	5,99	5,10	4,40	3,84	3,37	2,99	2,67	2,39	2,16	1,96	1,79	1,63	1,50
		q_{d2}	40,91	28,48	21,00	16,14	12,79	10,39	8,61	7,12	5,99	5,10	4,40	3,84	3,37	2,99	2,67	2,39	2,16	1,96	1,79	1,63	1,50
		q_c	59,44	30,43	17,61	11,09	7,43	5,22	3,80	2,86	2,20	1,73	1,39	1,13	0,93	0,77	0,65	0,55	0,48	0,41	0,36	0,31	0,28

Tabulka únosností trapézových plechů[13]

NÁVRH TR 40S/160 tl. 0,88 mm

únosnost: $q_d := 3,58 \frac{kN}{m} > q = 3,51 \frac{kN}{m}$

5. NÁVRH POCHOZÍHO ROŠTU

rozpětí $L := 0,9 m$

návrhové zatížení $q := 1,5 \cdot \left(2,5 \frac{kN}{m} + 3,21 \frac{kN}{m} \right) = 8,56 \frac{kN}{m}$

TYP B

Materiál:
ocel jakosti
S235J R

Velikost oka:

30,1/38,1

Hodnoty zatížení
viz. tabulka

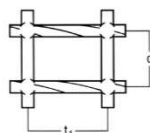
Velikost oka:

30,1/50,8

30,1/76,2

30,1/101,6

Hodnoty zatížení
viz. tabulka minus 3%



t_1 = vzdálenost rozpěrných prutů

osa/osa

q_1 = vzdálenost nosných pásek osa/osa

rozměr nosného pásu [mm]	Rozpětí L = čistá vzdálenost mezi podpěrami v mm																					
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	
20 x 2	F_v	2206	1532	1126	861	608	443	333	256	202	162	131	109	91	76	64	56	48	42	36	32	28
	f_v	0,20	0,28	0,38	0,50	0,56	0,63	0,69	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,19	1,25	1,31	1,38	1,44	1,50	1,56
	F_p	278	221	185	159	139	113	93	78	67	57	50	43	0	0	31	28	25	23	21	19	18
25 x 3	F_v	0,26	0,38	0,51	0,66	0,83	0,94	1,04	1,13	1,23	1,32	1,42	1,51	1,60	1,70	1,79	1,89	1,98	2,08	2,17	2,26	2,36
	f_v	5205	3614	2656	2033	1436	1047	786	606	476	381	310	256	213	179	153	131	113	98	86	76	67
	f_p	0,16	0,22	0,30	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
25 x 5	F_v	433	346	288	247	216	177	146	122	104	90	78	68	61	54	48	44	40	36	33	30	28
	f_v	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
	F_p	8675	6024	4426	3389	2393	1744	1310	1009	794	636	517	426	355	299	254	218	188	164	143	126	112
25 x 5	f_v	0,16	0,22	0,30	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
	F_p	721	577	481	412	360	296	243	204	174	149	130	114	101	90	81	73	66	60	55	51	47
	f_p	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25

Tabulka únosností poporošťů[14]

NÁVRH SVAŘOVANÝ ROŠT S235J R, VELIKOST OKA 30/38, NOSNÝ PÁSEK 25x3, 900x1000

únosnost: $F_v := 1436 \frac{kg}{m}$

$\frac{F_v}{1,5} g_e = 9,39 \frac{kN}{m} > q = 8,56 \frac{kN}{m}$

6. POSOUZENÍ JEŘÁBOVÉ DRÁHY

Návrhové síly:

$$N_{Ed} := 203,29 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

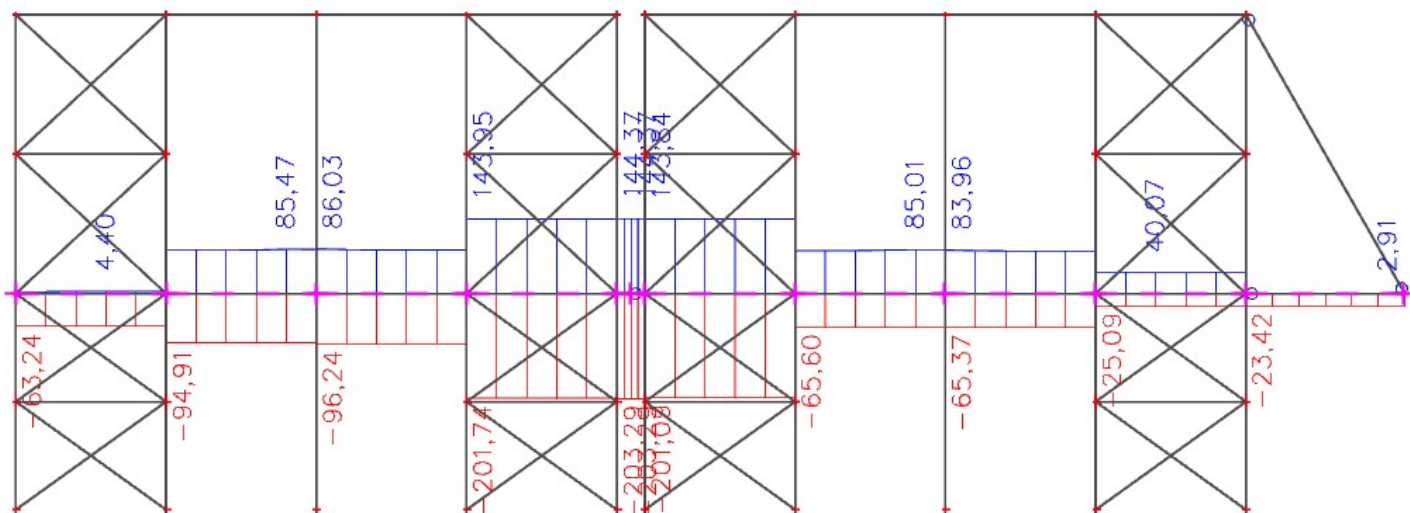
$$M_{y,Ed} := 37,54 \text{ kN m}$$

$$V_{z,Ed} := 42,24 \text{ kN}$$

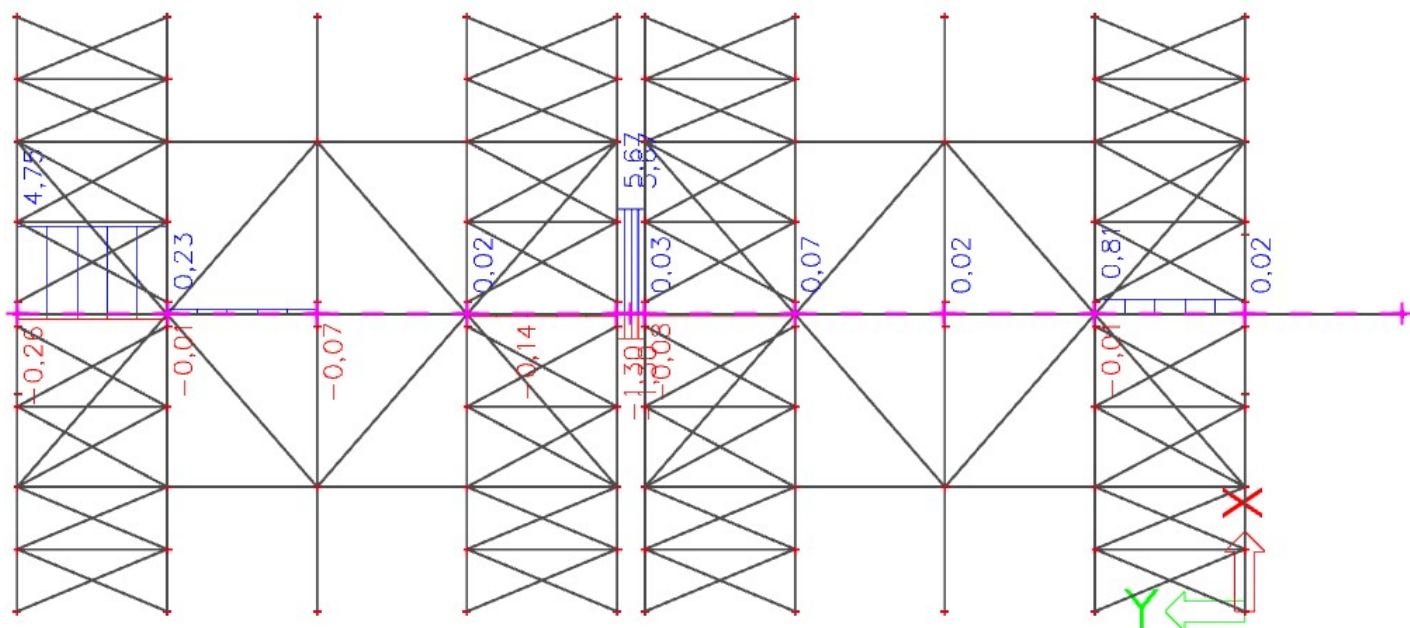
$$M_{z,Ed} := 8,80 \text{ kN m}$$

$$V_{y,Ed} := 4,75 \text{ kN}$$

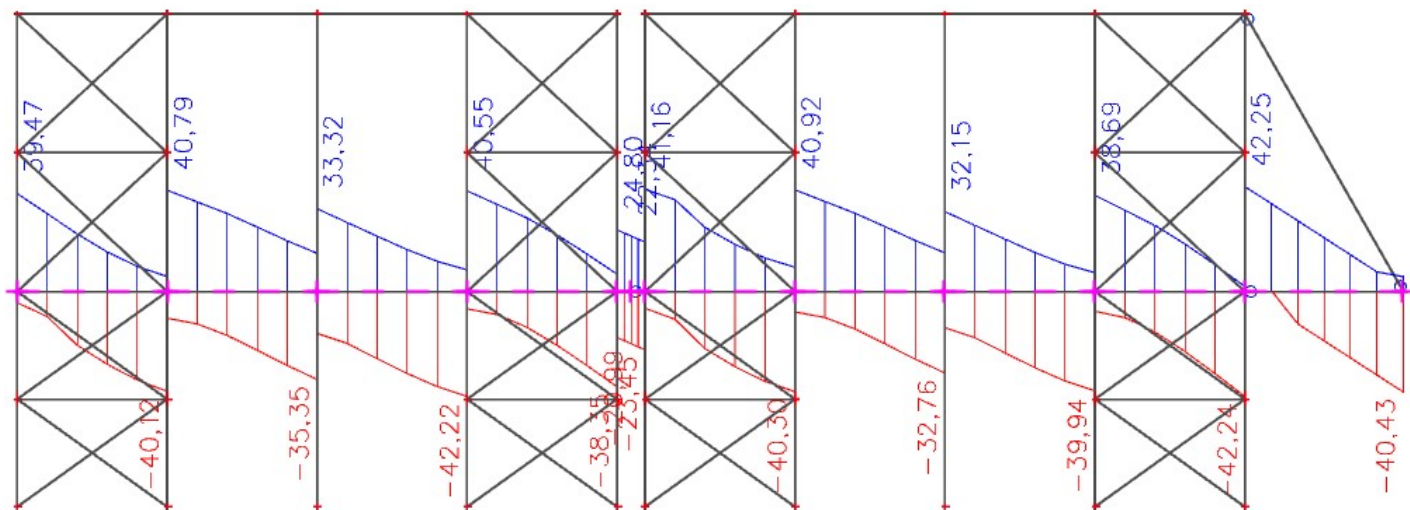
Obálka normálových sil na jeřábové dráze:



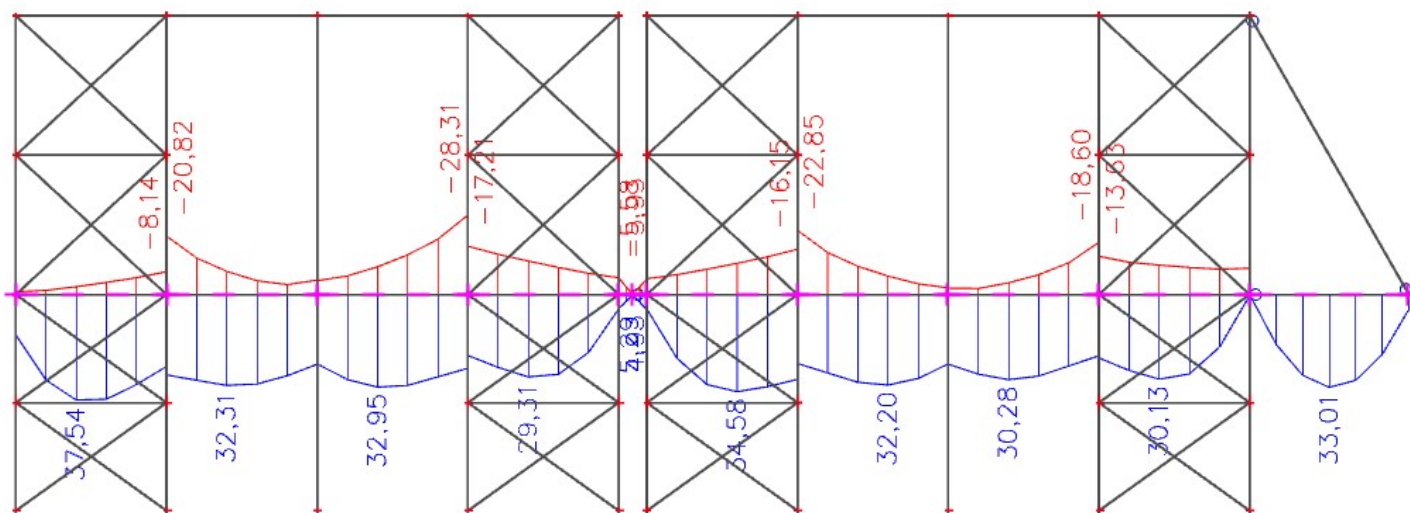
Obálka posouvajících sil V_y na jeřábové dráze:



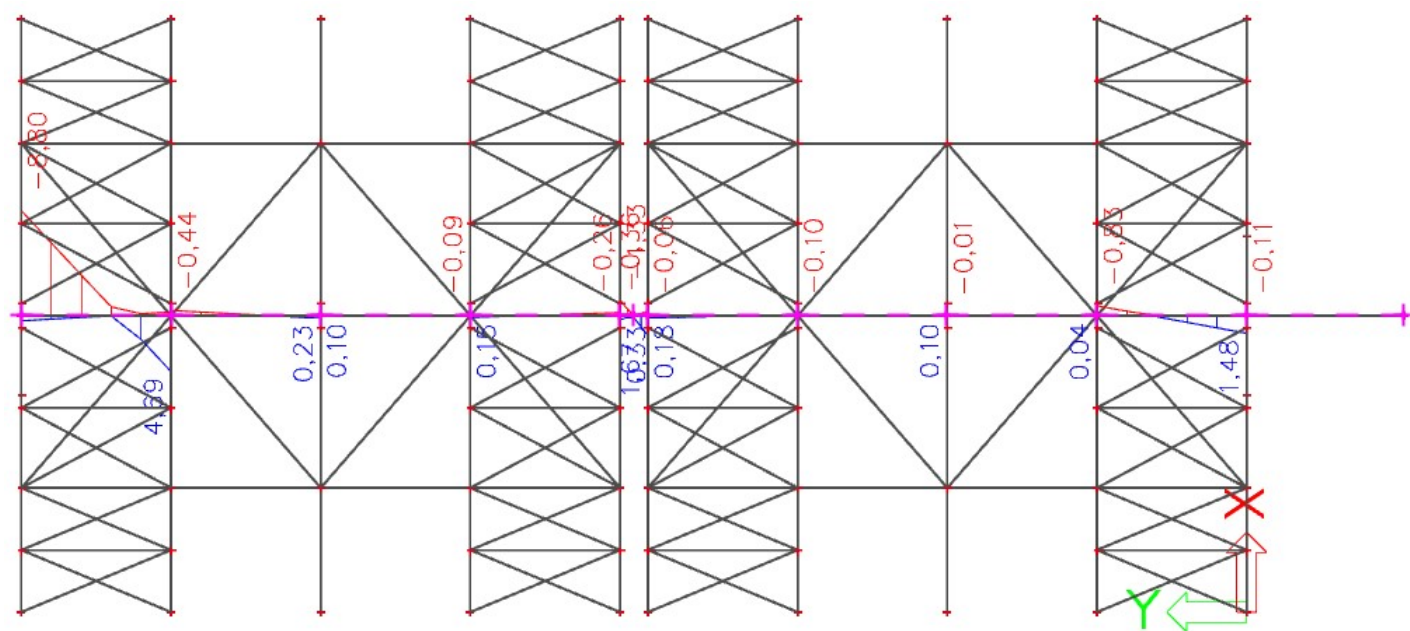
Obálka posouvajících sil Vz na jeřábové dráze:



Obálka ohybových momentů My na jeřábové dráze



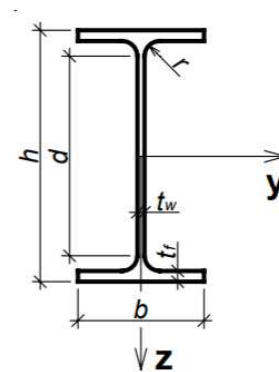
Obálka ohybových momentů Mz na jeřábové dráze



Profil: IPE 300

$$\begin{array}{lll}
 h := 300 \text{ mm} & A := 5381 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} := 628,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b := 150 \text{ mm} & A_{vz} := 2568 \text{ mm}^2 & W_{z,pl} := 125,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t_w := 7,1 \text{ mm} & I_y := 8356 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y := 125 \text{ mm} \\
 t_f := 10,7 \text{ mm} & I_z := 603,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_z := 33,5 \text{ mm} \\
 r := 15 \text{ mm} & I_w := 125900 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 & \\
 d := 248,6 \text{ mm} & I_t := 20,12 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 &
 \end{array}$$

$$\text{ocel S235} \quad f_y := 235 \text{ MPa}$$



[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

pozn. zatřídění pro tlacenou stojinu - inženýrské zjednodušení - je konzervativní

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 35,01 \quad \Rightarrow \quad 35,01 \leq 38 \quad \text{2. TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 56,45 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,28 \quad 5,28 \leq 9 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

 \Rightarrow průřez je 2. TŘÍDY**Průřez na části jeřábové dráhy vně konstrukce ventilátoru****ohyb kolem osy y**

$$L := 3,15 \text{ m}$$

$$L_{cr,y} := L = 3,15 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 25,2 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,27$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "a"} \quad \alpha := 0,21$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,54$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,985$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1245,29 \text{ kN} > N_{Ed} = 203,29 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 3,15 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 94,03 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,14$$

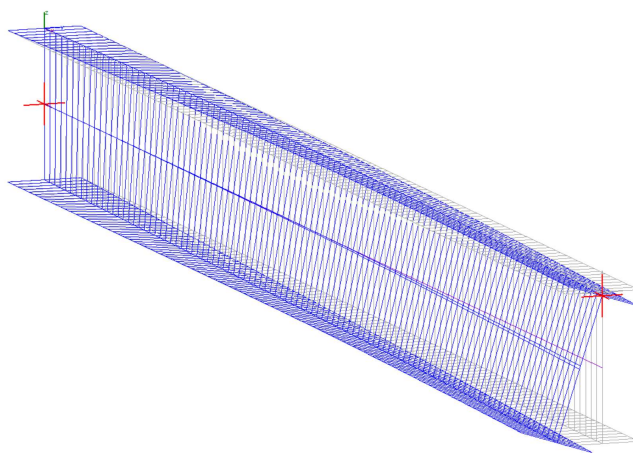
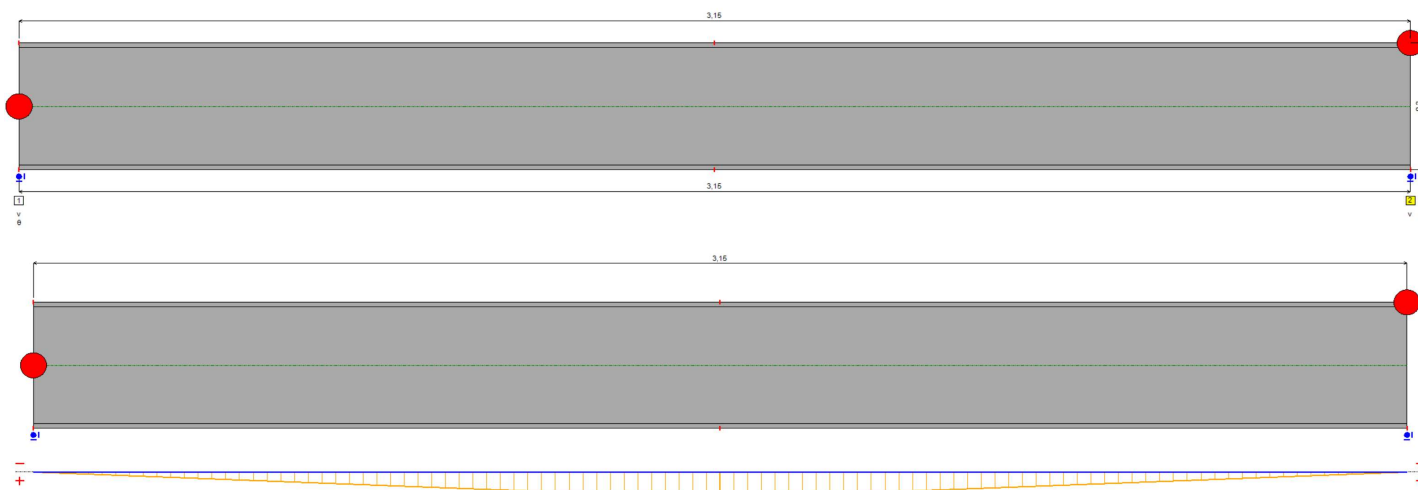
součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,596$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 753,85 \text{ kN} > N_{Ed} = 203,29 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Klopení profilu tvaru I - výstupy z programu LTBeamN



Mode	μ_{cr}	Mmax.cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax.cr [kN] (°)	x (Nmax) [m]
1	5,816	241,76	1,575	0	1,575

$$M_{cr} := 241,76 \text{ kN m}$$

poměrná štíhlost při klopení:

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,78$$

$$\alpha_{LT} := 0,34$$

$$\frac{h}{b} = 2$$

pro válcované I profily s $h/b > 2$ - křivka "b"

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\beta := 0,75$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,79$$

součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,827 < 1,0$$

$$M_{y,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 122,16 \text{ kN m} > M_{y,Ed} = 37,54 \text{ kN m} \quad \text{OK}$$

Součinitele interakce tlak + ohyb

Jedná se o konzervativní postup - maximální hodnoty jsou brány z obálky všech zatěžovacích stavů. Tento zjednodušený postup je zvolen, protože rozhodují lokální účinky na spodní pásnici jeřábové dráhy pojižděné kladkostrojem.

součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$C_{my} := 1,0$$

$$C_{mz} := 1,0$$

$$C_{mLT} := 1,0$$

konzervativní návrh

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1264,54 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,pl} \cdot f_y = 147,67 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,pl} \cdot f_y = 29,42 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[\begin{array}{l} C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 1,01$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[\begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right] \right) = 0,96$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + \left(2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6 \right) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 1,22$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,73$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,69$$

$$0,16 + 0,31 + 0,22 = 0,69 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,93$$

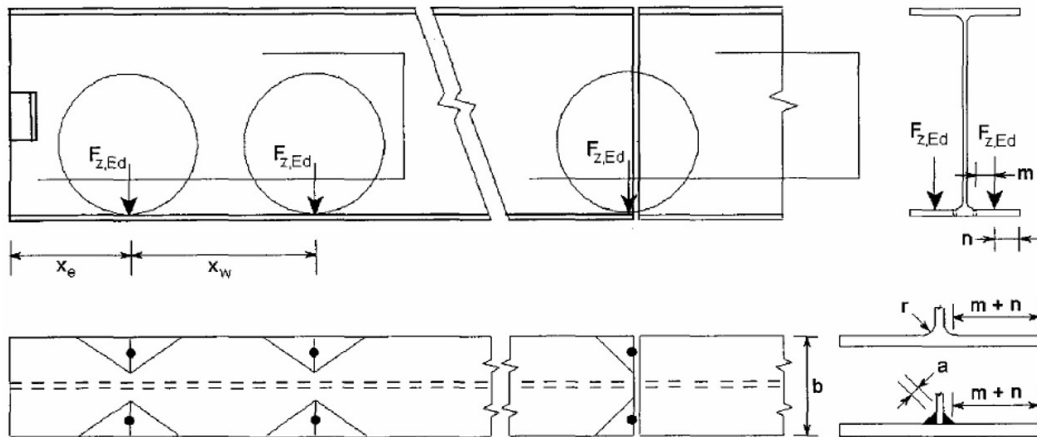
$$0,27 + 0,3 + 0,36 = 0,93 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyk

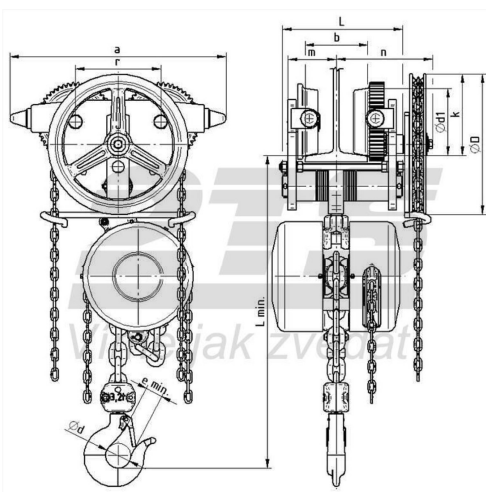
$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 348,42 \text{ kN} \quad \gg \gg \quad V_{z,Ed} = 42,24 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{p1,Rd}} = 0,12 \quad \Rightarrow \text{malý smyk}$$

Posouzení napětí spodní pásnice



Lokální působení kol pojízdného kladkostroje na dolní pásnici [9]



Pojízdný kladkostroj Brano Z220/3,21

Geometrie pojízdného kladkostroje [15]

$$x_p := 100 \text{ mm} \quad (85 - 125) \quad \text{příčná vzdálenost kol}$$

$$x_w := 170 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost kol}$$

$$n := 0,5 \cdot (b - x_p) = 25,00 \text{ mm}$$

$$m := 0,5 \cdot (b - t_w) - 0,8 \cdot r - n = 34,45 \text{ mm}$$

Lokální únosnost v místě největšího momentu

$$M_{y,Ed} = 37,54 \text{ kN m}$$

$$m_k = 3,15 \text{ t}$$

$$F_z := m_k \cdot g_e = 30,89 \text{ kN}$$

$$F_{z,1} := \frac{F_z}{4} = 7,72 \text{ kN}$$

$$\sigma_{f,Ed} := \frac{M_{y,Ed}}{I_y} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{t_f}{2} \right) = 64,99 \text{ MPa}$$

$$x_w = 170,00 \text{ mm} < 4 \cdot \sqrt{2} \cdot (m + n) = 336,30 \text{ mm}$$

$$l_{eff} := 2 \cdot \sqrt{2} \cdot (m + n) + 0,5 \cdot x_w = 253,15 \text{ mm}$$

$$F_{t,Rd} := \frac{l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{4 \cdot m} \cdot \left(1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y} \right)^2 \right) = 45,65 \text{ kN}$$

>

$$F_{z,1} = 7,72 \text{ kN}$$

OK

nosnost jeřábové dráhy + hmotnost kladkostroje

celková váha zatíženého kladkostroje

síla od jednoho kola

napětí v těžišti pásnice

účinná roznášecí délka pásnice

Lokální únosnost u kraje nosníku

$$l_{eff} := 2 \cdot (m + n) = 118,90 \text{ mm}$$

$$\sigma_{f,Ed} := 0 \text{ MPa}$$

$$F_{t,Rd} := \frac{l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{4 \cdot m} \cdot \left(1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y} \right)^2 \right) = 23,21 \text{ kN}$$

účinná roznášecí délka pásnice

napětí v těžišti pásnice

$$F_{z,1} = 7,72 \text{ kN}$$

OK

=> konec nosníku není třeba vyztužovat

Lokální napětí ve spodní pásnicisoučinitel c_x a c_y pro výpočet lokálního napětí v bodech 0, 1, 2, označených na obrázku se určí podle tab 5.2 v ČSN EN 1993-6

$$\mu := \frac{2 \cdot n}{b - t_w} = 0,35$$

$$c_{x0} := 0,050 - 0,580 \cdot \mu + 0,148 \cdot e^{3,015 \cdot \mu} = 0,272$$

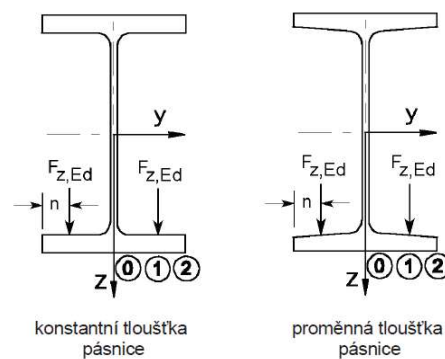
$$c_{x1} := 2,230 - 1,490 \cdot \mu + 1,390 \cdot e^{-18,33 \cdot \mu} = 1,711$$

$$c_{x2} := 0,730 - 1,580 \cdot \mu + 2,910 \cdot e^{-6,00 \cdot \mu} = 0,534$$

$$c_{y0} := -2,110 + 1,977 \cdot \mu + 0,0076 \cdot e^{6,53 \cdot \mu} = -1,344$$

$$c_{y1} := 10,108 - 7,408 \cdot \mu - 10,108 \cdot e^{-1,364 \cdot \mu} = 1,244$$

$$c_{y2} := 0$$



konstantní tloušťka pásnice

proměnná tloušťka pásnice

Obrázek 5.6 – Místa pro určení napětí od kolových zatížení

Lokální působení kol kladkostroje [9]

Lokální podélná napětí v bodech 0, 1, 2:

$$\sigma_{ox,Ed,0} := c_{x0} \cdot \frac{F_{z,1}}{t_f} = 18,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ox,Ed,1} := c_{x1} \cdot \frac{F_{z,1}}{t_f} = 115,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ox,Ed,2} := c_{x2} \cdot \frac{F_{z,1}}{t_f} = 36 \text{ MPa}$$

Lokální příčná napětí v bodech 0, 1, 2:

$$\sigma_{oy,Ed,0} := c_{y0} \cdot \frac{F_{z,1}}{t_f} = -90,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oy,Ed,1} := c_{y1} \cdot \frac{F_{z,1}}{t_f} = 83,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{oy,Ed,2} := c_{y2} \cdot \frac{F_{z,1}}{t_f} = 0 \text{ MPa}$$

Charakteristický moment:

$$M_{y,Ek} := \frac{M_{y,Ed}}{1,35} = 27,81 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ek}}{W_{y,p1}} = 44,25 \text{ MPa}$$

Součet podélného napětí pomocí superpozice z důvodu

$$x_w < 1,5 \cdot b$$

$$\sigma_{x,Ed,0} := \frac{M_{y,Ek}}{W_{y,p1}} + 2 \cdot \left(\frac{x_w}{2} - 0 \right) \cdot \frac{\sigma_{ox,Ed,0} - 0}{0,75 \cdot b - 0} = 71,98 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed,1} := \frac{M_{y,Ek}}{W_{y,p1}} + 2 \cdot \left(\frac{x_w}{2} - 0 \right) \cdot \frac{\sigma_{ox,Ed,1} - 0}{0,75 \cdot b - 0} = 218,65 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x,Ed,2} := \frac{M_{y,Ek}}{W_{y,p1}} + 2 \cdot \left(\frac{x_w}{2} - 0 \right) \cdot \frac{\sigma_{ox,Ed,2} - 0}{0,75 \cdot b - 0} = 98,65 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa}$$

OK

Srovnávací napětí má smysl posuzovat pouze v bodech, kde mají podélné a příčné napětí opačné znaménko. Proto je zde posouzeno pouze napětí v dolních vláknech pásnice v bodě 0. V bodě 1 a v bodě 2 má podélné i příčné napětí shodné znaménko v horních i dolních vláknech spodní pásnice.

$$\sigma_{eq,Ed,0} := \sqrt{\sigma_{x,Ed,0}^2 + \sigma_{oy,Ed,0}^2 - \sigma_{x,Ed,0} \cdot \sigma_{oy,Ed,0}} = 141,14 \text{ MPa}$$

OK**Posouzení MSP**

Průhyb na prostém nosníku

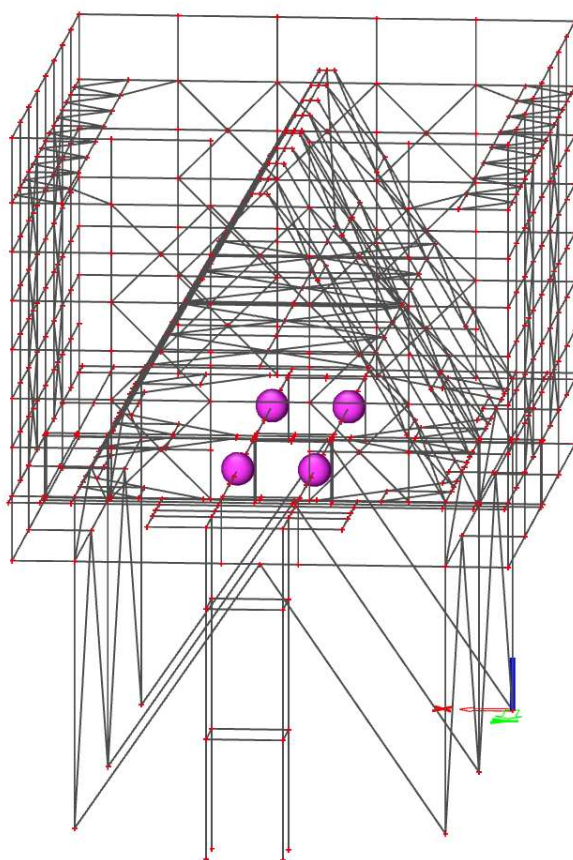
$$w := \frac{F_z \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y} = 1,15 \text{ mm} < \frac{L}{600} = 5,25 \text{ mm}$$

7. POSOUZENÍ NOSNÍKU VENTILÁTORU

Dynamika

Na konstrukci jsou umístěny dvě ventilátorové jednotky. Každá jednotka váží 7t a je uložena na dvojici válcovaných nosníků. V programu SCIA Engineer byl namodelován zatěžovací stav s hmotou umístěnou v místě uložení ventilátoru. Následně byly spočteny vlastní tvary konstrukce. Cílem bylo zkontrolovat, zda se vlastní tvary kmitání nosníku ventilátoru neblíží frekvenci otáčení vrtule ventilátoru a tím nedochází k rezonanci. Nebezpečné frevence ventilátorové jednotky se nacházejí v okolí 5 Hz a v pásmu 11 - 16 Hz. Dle ČSN EN 1998 lze považovat dva vlastní tvary kmitání za vzájemně nezávislé, pokud jim příslušné periody (frekvence) jsou odlišné alespoň o 10 %. Proto byly kontrolovány všechny vlastní tvary konstrukce odpovídající frekvencím v pásmech 4,5 - 5,5 Hz a 9,9 - 17,6 Hz.

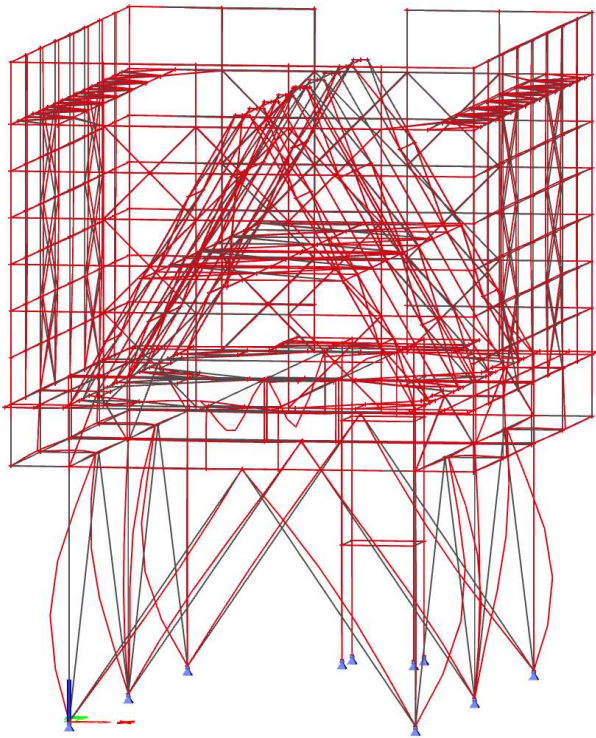
Rozmístění hmot na konstrukci:



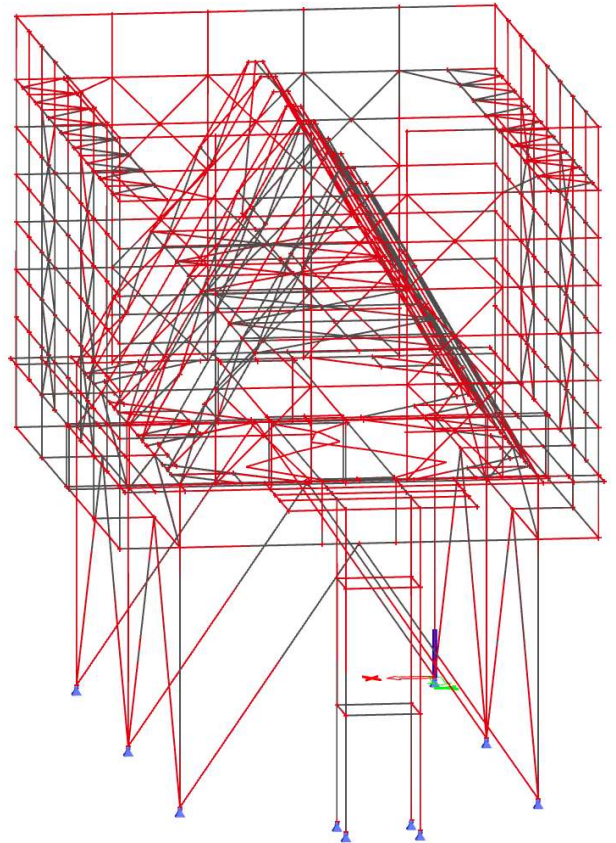
Hmota na prutu - 3,5t

Nosník IPE 360

Návrh profilu vychází z předběžného návrhu, který byl proveden v rámci diplomového semináře.

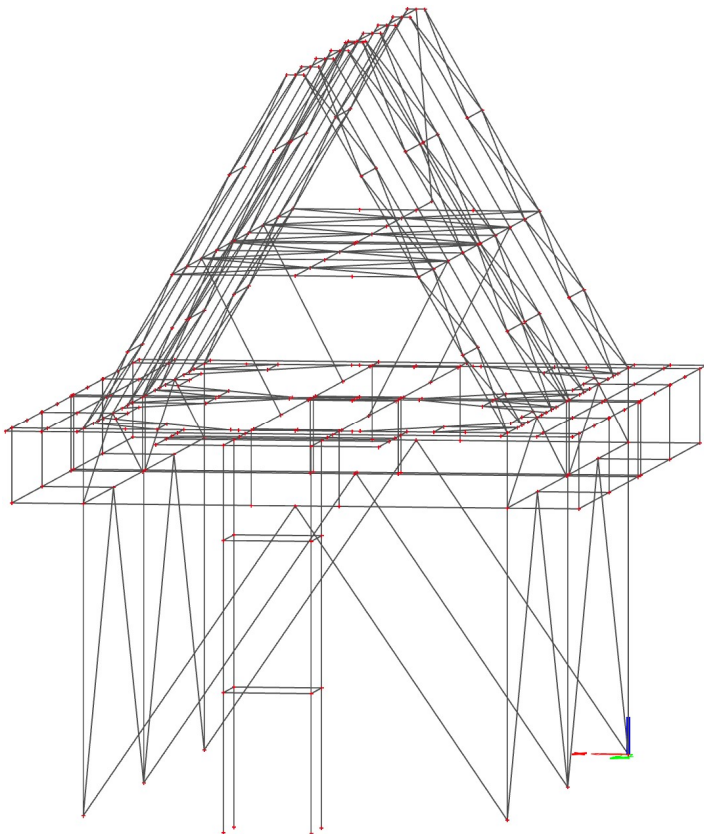


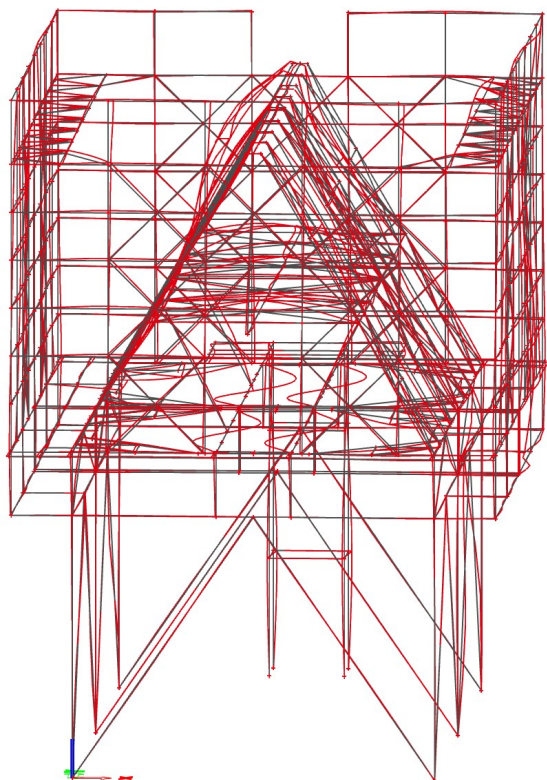
CM 1/14 - 4,60 Hz



CM 1/132 - 15,67 Hz

Vlastní tvary konstrukce se nacházejí v nebezpečném pásmu \implies přidání svislých výztuh nosníku

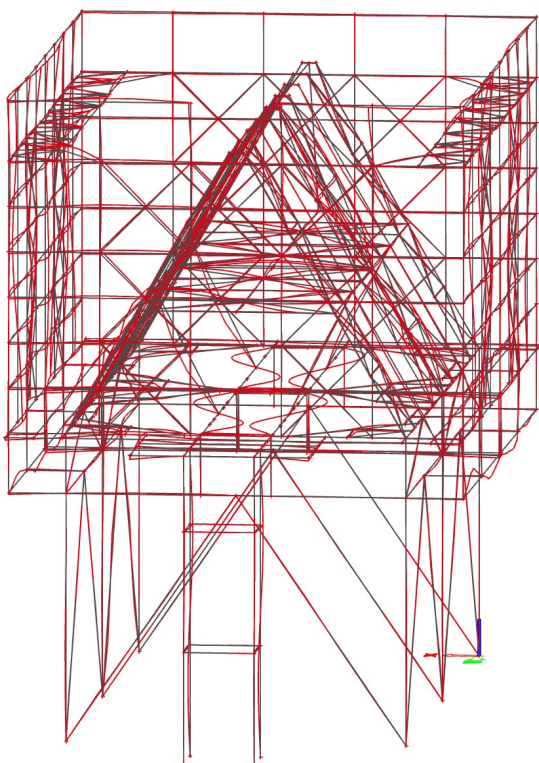




CM 1/119 - 14,58 Hz

Vlastní tvary se stále nacházejí v nebezpečném pásmu, problémem je vodorovná tuhost, proto je změněn profil:

IPE 360 ==> HEB 300



CM 1/335 - 29,06 Hz

Vlastní tvary konstrukce se podařilo dostat mimo nebezpečná pásma, konstrukce dynamicky vyhoví.

Návrhové síly:
z kombinace K4

$$N_{Ed} := 40,8 \text{ kN}$$

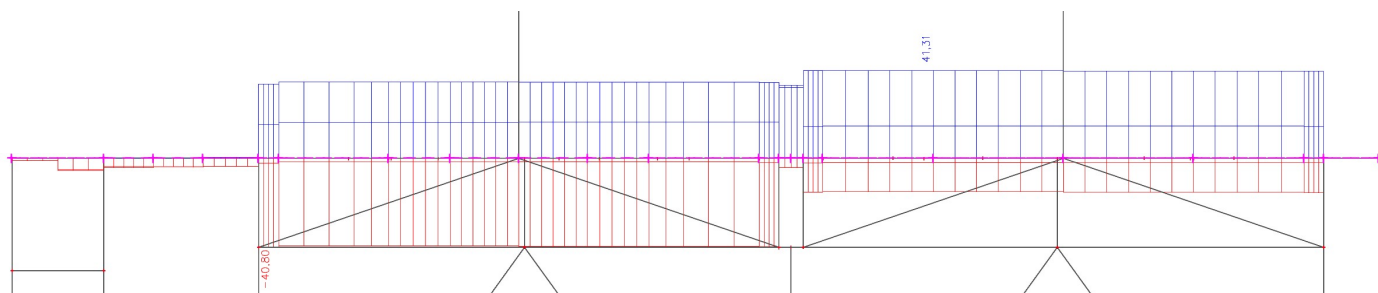
$$V_{y,Ed} := 63,17 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 85,4 \text{ kN}$$

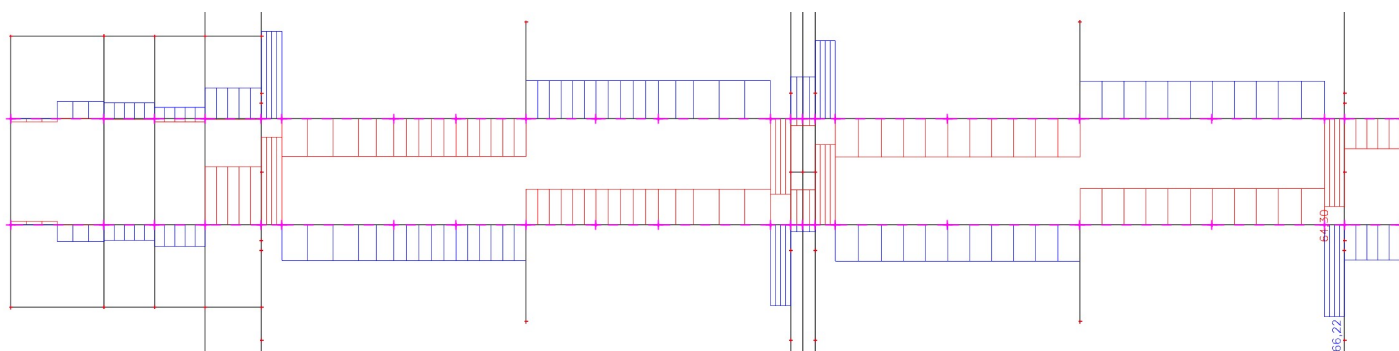
$$M_{y,Ed} := 129,32 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 65,45 \text{ kN m}$$

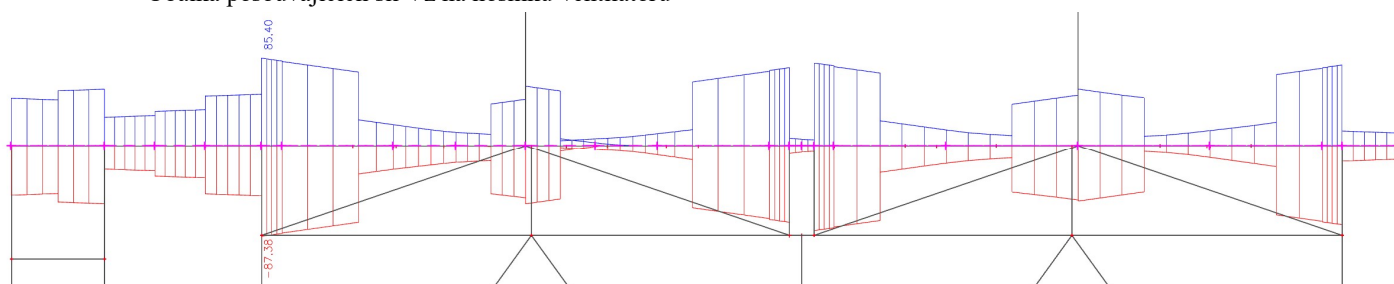
Obálka normálových sil na nosníku ventilátoru



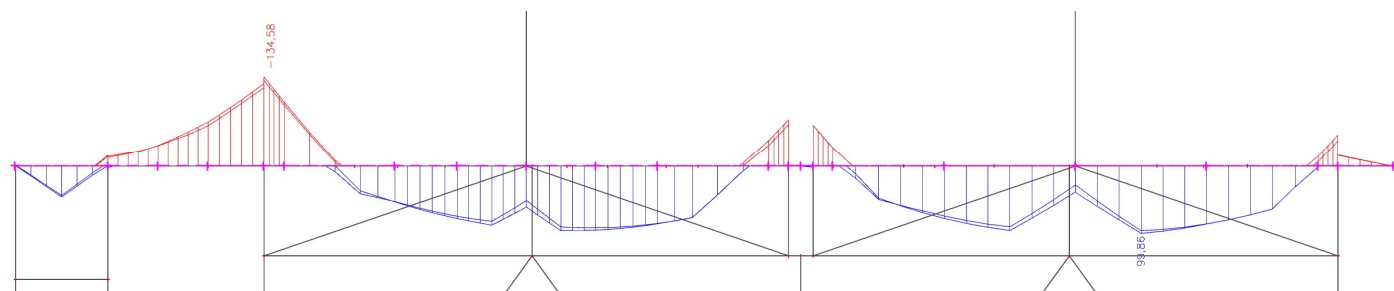
Obálka posouvajících sil V_y na nosníku ventilátoru

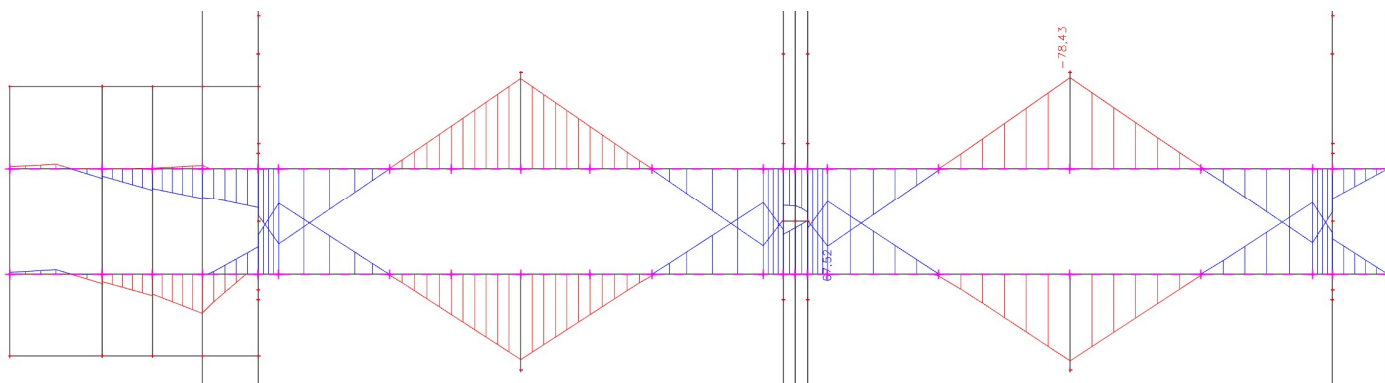


Obálka posouvajících sil V_z na nosníku ventilátoru



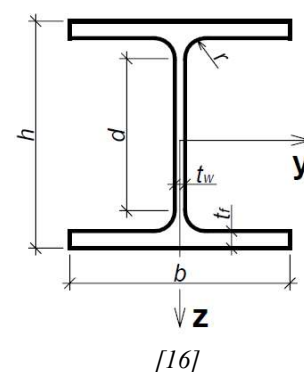
Obálka ohybových momentů M_y na nosníku ventilátoru



Obálka ohybových momentů M_z na nosníku ventilátoru

Profil: HEB 300

$$\begin{aligned}
 h &:= 300 \text{ mm} & A &:= 14910 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 1869 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b &:= 300 \text{ mm} & A_{vz} &:= 4743 \text{ mm}^2 & W_{z,pl} &:= 870,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t_w &:= 11 \text{ mm} & I_y &:= 25170 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 130 \text{ mm} \\
 t_f &:= 19 \text{ mm} & I_z &:= 8563 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_z &:= 75,8 \text{ mm} \\
 r &:= 27 \text{ mm} & I_w &:= 1688000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 & & \\
 d &:= 208 \text{ mm} & I_t &:= 185,0 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$



$$\text{ocel S235} \quad f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 18,91 \quad 18,91 \leq 33 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 117,5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 6,18 \quad 6,18 \leq 9 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

==> průřez je 1. TŘÍDY

$$\text{délka prutu:} \quad L := 11,36 \text{ m}$$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 11,36 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 87,38 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,93$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 19 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,06$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,641$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 2247,63 \text{ kN} > N_{Ed} = 40,8 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 11,36 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 149,87 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1,60$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 19 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

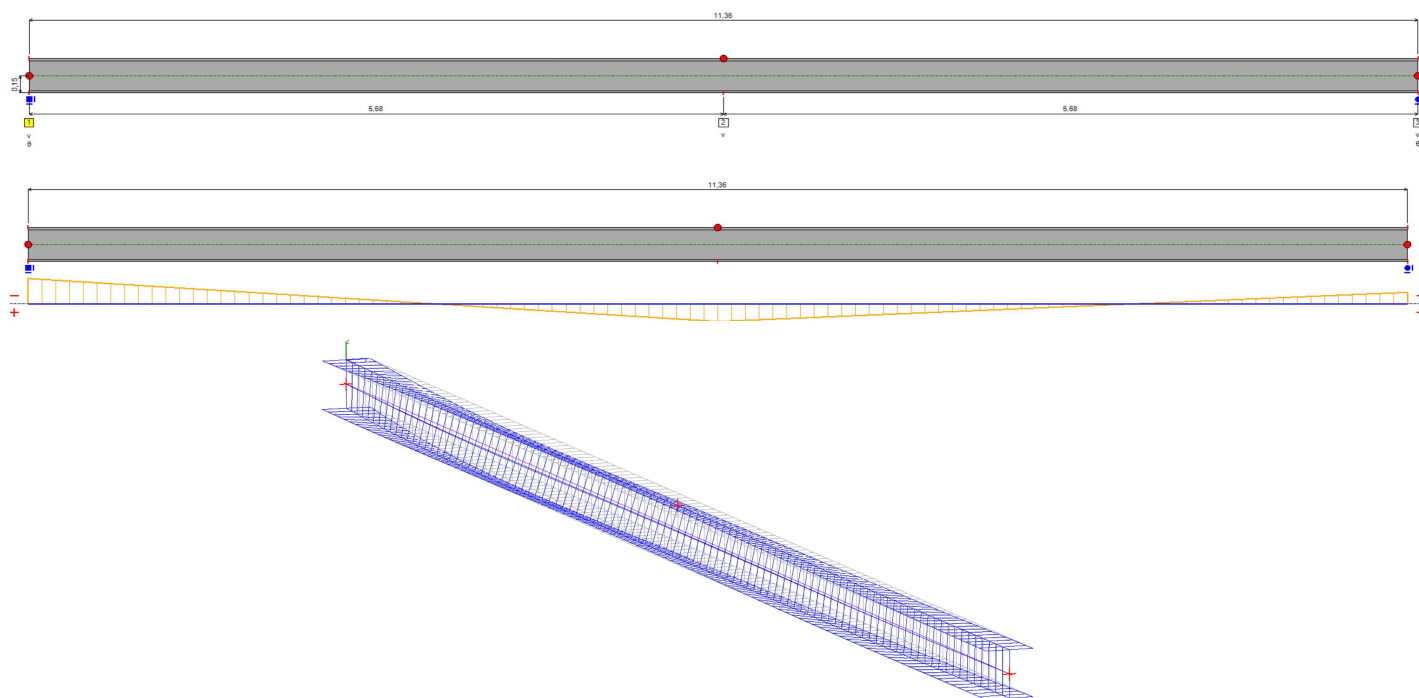
$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 2,12$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,285$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 999,81 \text{ kN} > N_{Ed} = 40,8 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN

Mode	μ_{cr}	Mmax,cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax,cr [kN] (*)	x (Nmax) [m]
1	20.5	-2758.9	0	0	0

$$M_{cr} := 2758,9 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,4 \quad \text{poměrná štíhlost při klopení}$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,56$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1 \quad \text{součinitel klopení}$$

POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,Pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 439,39 \text{ kN m}$$

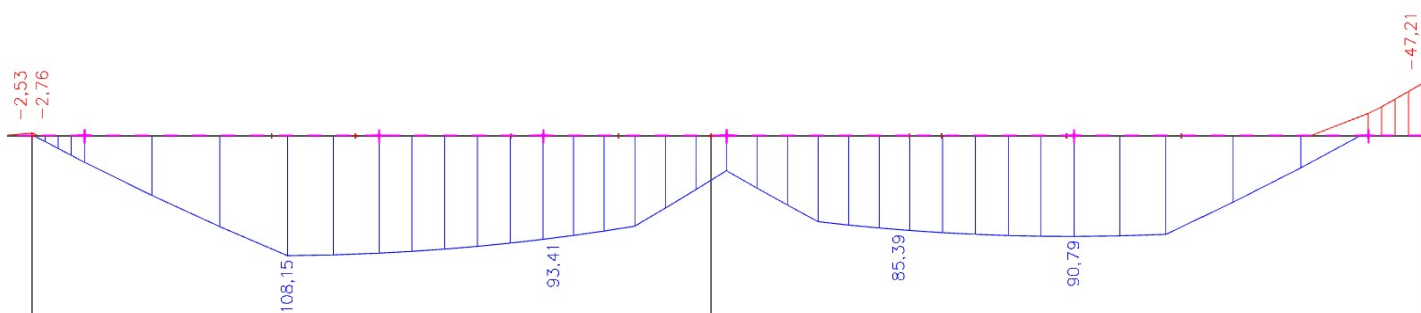
$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,29 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

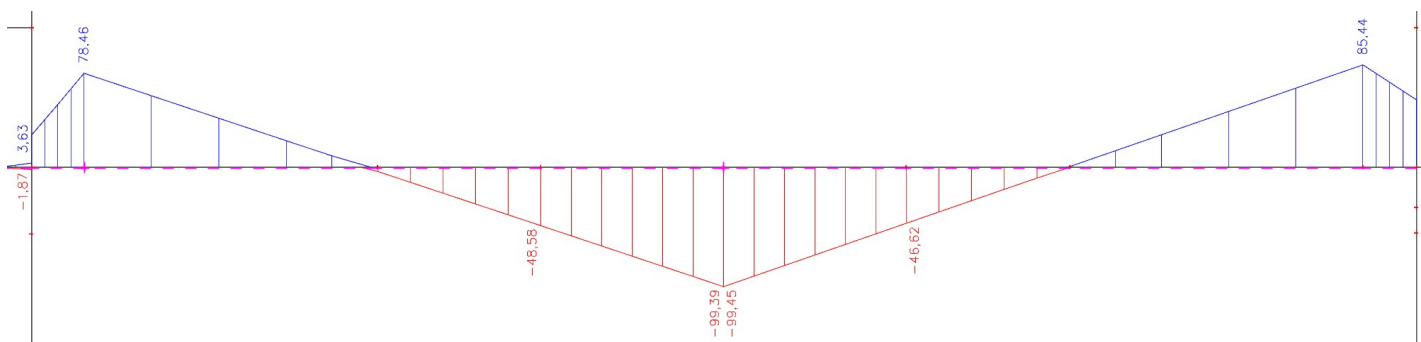
Součinitele interakce tlak + ohyb

součinitele C dle tab. B.3

M_y



M_z



poměr koncových momentů: $\psi_y := \frac{-2,76}{-47,21} = 0,06$ $\alpha_{s,y} := \frac{-47,21}{108,15} = -0,44$

$\psi_z := \frac{78,46}{85,44} = 0,92$ $\alpha_{s,z} := \frac{85,44}{-99,45} = -0,86$

součinitele ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$C_{my} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,35 \quad \Rightarrow \quad C_{my} := 0,4$$

$$C_{mz} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z} = 0,69$$

$$C_{mLT} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,35 \quad \Rightarrow \quad C_{mLT} := 0,4$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 3503,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,pl} \cdot f_y = 439,22 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,pl} \cdot f_y = 204,47 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,41$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right], \left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right] \right) = 0,97$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,71$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,43$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,27$$

$$0,02 + 0,12 + 0,14 = 0,27 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,55$$

$$0,04 + 0,29 + 0,23 = 0,55 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

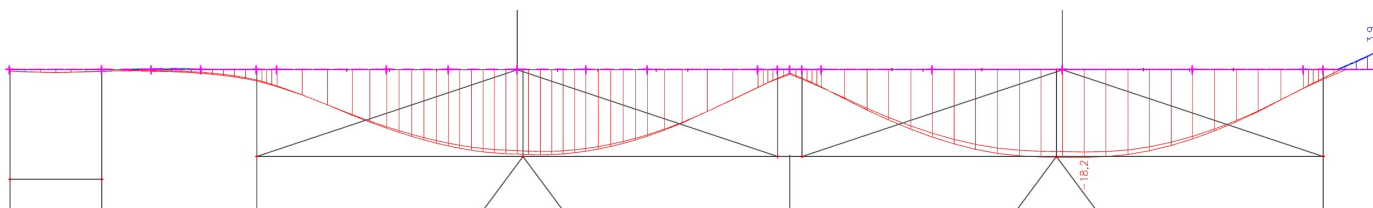
Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_{M0}} = 643,52 \text{ kN} \gg V_{z,Ed} = 85,4 \text{ kN}$$

=> malý smyk

Průhyb nosníku ventilátoru δ_{max}

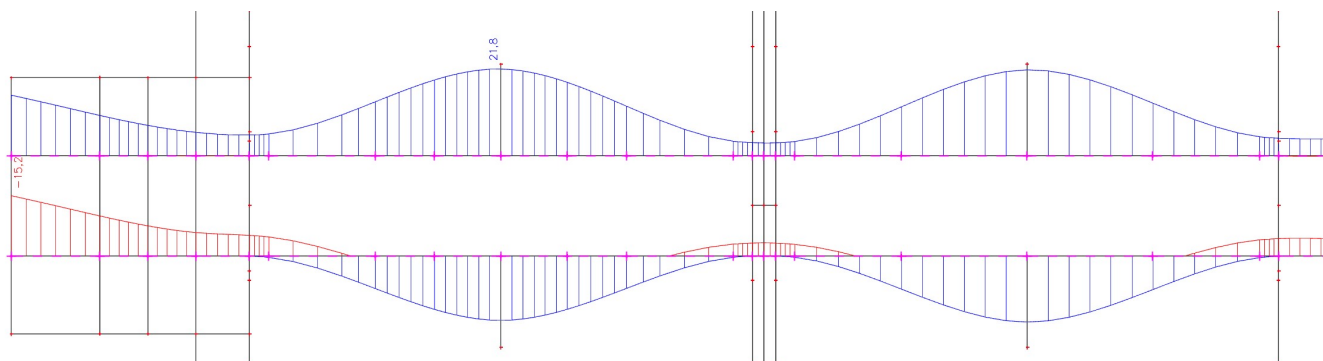
svislá deformace

délka nosníku $l := 11,36 \text{ m}$

$$18,2 \text{ mm} < \frac{l}{400} = 28,4 \text{ mm}$$

OK

vodorovná deformace



$$21,8 \text{ mm} < \frac{l}{400} = 28,4 \text{ mm}$$

OK

8. POSOUZENÍ SLOUPKŮ V OBVODOVÉ STĚNĚ**8.1 KRÁTKÁ STĚNA**

Návrhové síly: K4

$$N_{Ed,1} := 287,22 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,1} := 9,98 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,1} := 36,62 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,1} := 0,02 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed,1} := 15,78 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,1} := 4,05 \text{ kN m}$$

K4

$$N_{Ed,2} := 106,87 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,2} := 15,01 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,2} := 46,38 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,2} := 0,04 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed,2} := 78,06 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,2} := 4,62 \text{ kN m}$$

Profil: IPE 270

$$h := 270 \text{ mm}$$

$$b := 135 \text{ mm}$$

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

$$t_f := 10,2 \text{ mm}$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

$$d := 219,6 \text{ mm}$$

$$A := 4595 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 2214 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 5790 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z := 419,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w := 70580 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

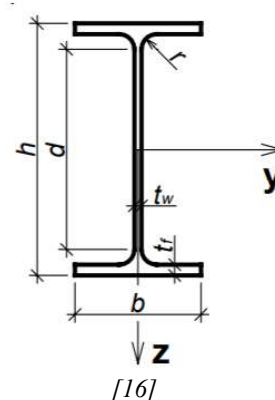
$$I_t := 15,94 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 484,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,pl} := 96,95 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 112 \text{ mm}$$

$$i_z := 30,2 \text{ mm}$$



ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

posunutí N.O. k tažené pásnici:

$$x := \frac{N_{Ed,1}}{t_w \cdot f_y} = 185,18 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 1,34 \quad \Rightarrow \text{celá stojina tlačená}$$

$$\frac{d}{t_w} = 33,27$$

$$\Rightarrow 33,27 \leq 38$$

2.TŘÍDA

$$x := \frac{N_{Ed,2}}{t_w \cdot f_y} = 68,9 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 0,81$$

$$\frac{d}{t_w} = 33,27$$

$$\Rightarrow 33,27 \leq 41,34$$

1.TŘÍDA

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 41,34$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 49,2 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4,82$$

$$4,82 \leq 9$$

1.TŘÍDA

 \Rightarrow průřez je 2. TŘÍDY

délka prutu: $L := 9,0 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 80,36 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,86$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 10,2 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "a"} \quad \alpha := 0,21$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,94$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,762$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 823,18 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 287,22 \\ 106,87 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := \frac{L}{6} = 1,5 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 49,67 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,53$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 10,2 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

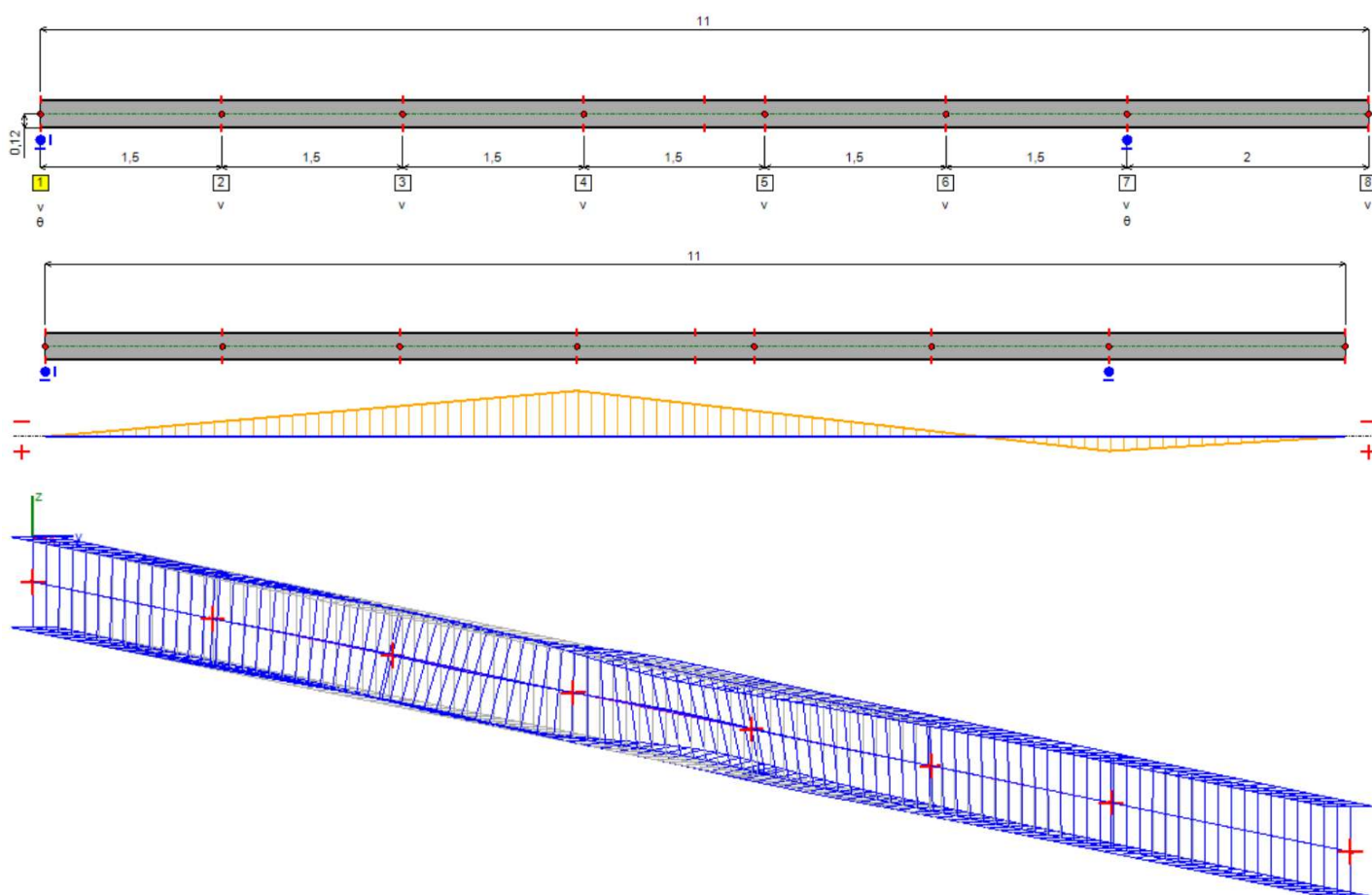
$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 0,7$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{z, pom}^2}} = 0,871$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b, Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 940,7 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 287,22 \\ 106,87 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

kritický moment - výstup z programu LTBeamN

$$M_{cr} := 682,09 \text{ kN m}$$

Klopení profilu tvaru Ipoměrná štíhlost při klopení:

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y, pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,41$$

$$\alpha_{LT} := 0,34$$

pro válcované I profily s $h/b \leq 2$ - křivka "b"

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\beta := 0,75$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,56$$

součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1,00 \leq 1,0$$

$$M_{Y,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{Y,p1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 113,37 \text{ kN m} > \begin{cases} M_{Y,Ed,1} \\ M_{Y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 15,78 \text{ m} \\ 78,06 \text{ m} \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Smyk

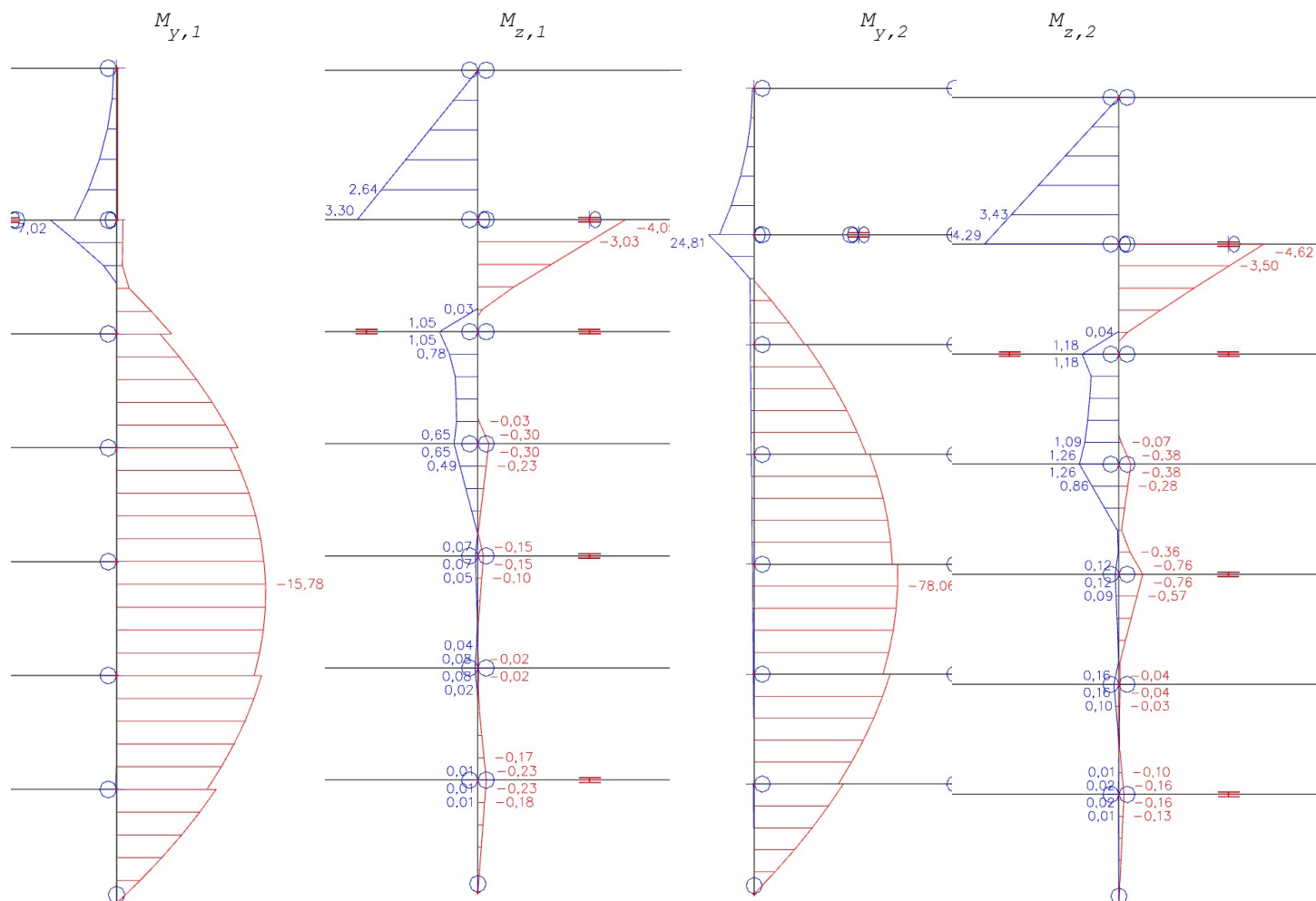
$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 300,4 \text{ kN} \gg \gg \begin{cases} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 36,62 \\ 46,38 \end{cases} \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{malý smyk}$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1079,82 \text{ kN}$$

$$M_{Y,Rk} := W_{Y,p1} \cdot f_y = 113,74 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 22,78 \text{ kN m}$$

interakční součinitele:

součinitele ekvivalentního momentu:

$$\alpha_{h,y,1} := \frac{7,02}{-15,78} = -0,44$$

$$\alpha_{h,y,2} := \frac{24,81}{-78,06} = -0,32$$

$$\psi_{y,1} := \frac{0}{7,02} = 0$$

$$\psi_{y,2} := \frac{0}{24,81} = 0$$

$$\psi_{z,1} := \frac{1,05}{-4,05} = -0,26$$

$$\psi_{z,2} := \frac{1,18}{-4,62} = -0,26$$

$$C_{my,1} := 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y,1} = 0,93 \geq 0,4$$

$$C_{mLT,1} := 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y,1} = 0,93 \geq 0,4$$

$$C_{mz,1} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_{z,1} = 0,50 \geq 0,4$$

$$C_{my,2} := 0,90 + 0,10 \cdot \alpha_{h,y,2} = 0,87 \geq 0,4$$

$$C_{mLT,2} := 0,90 + 0,10 \cdot \alpha_{h,y,2} = 0,87 \geq 0,4$$

$$C_{mz,2} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_{z,2} = 0,5 \geq 0,4$$

$$k_{yy,1} := \min \left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right] = 1,14$$

$$\left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right]$$

$$k_{yy,2} := \min \left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right] = 0,94$$

$$\left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right]$$

$$k_{zy,1} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right] = 0,99$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right]$$

$$k_{zy,2} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right] = 0,99$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right]$$

$$k_{zz,1} := \min \left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,57$$

$$\left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{zz,2} := \min \left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,52$$

$$\left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{yz,1} := 0,6 \cdot k_{zz,1} = 0,34$$

$$k_{yz,2} := 0,6 \cdot k_{zz,2} = 0,31$$

Posudek

$$\frac{N_{Ed,1}}{X_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,1} \cdot \frac{M_{Z,Ed,1}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,57$$

$$0,35 + 0,16 + 0,06 = 0,57 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{X_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,2} \cdot \frac{M_{Z,Ed,2}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,84$$

$$0,13 + 0,65 + 0,06 = 0,84 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{X_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZZ,1} \cdot \frac{M_{Z,Ed,1}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,54$$

$$0,31 + 0,14 + 0,1 = 0,54 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{X_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZZ,2} \cdot \frac{M_{Z,Ed,2}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,90$$

$$0,11 + 0,68 + 0,11 = 0,90 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

8.2 DLOUHÁ STĚNA

Návrhové síly: K4

$$N_{Ed,1} := 486,61 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,1} := 2,10 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,1} := 31,61 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,1} := 0,03 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed,1} := 61,12 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,1} := 1,71 \text{ kN m}$$

K4

$$N_{Ed,2} := 107,31 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,2} := 1,71 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,2} := 41,89 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,2} := 0,04 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed,2} := 75,68 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,2} := 1,20 \text{ kN m}$$

Profil: IPE 300

$$h := 300 \text{ mm}$$

$$b := 150 \text{ mm}$$

$$t_w := 7,1 \text{ mm}$$

$$t_f := 10,7 \text{ mm}$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

$$d := 248,6 \text{ mm}$$

$$A := 5381 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 2568 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 8356 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z := 603,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w := 125900 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

$$I_t := 20,12 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,p1} := 628,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

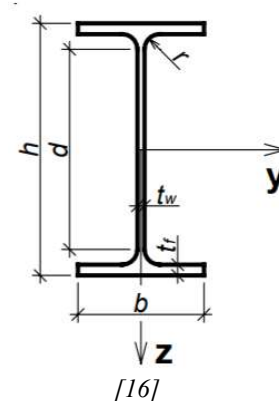
$$W_{z,p1} := 125,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 125 \text{ mm}$$

$$i_z := 33,5 \text{ mm}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

posunutí N.O. k tažené pásnici:

$$x := \frac{N_{Ed,1}}{t_w \cdot f_y} = 291,65 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 1,67 \quad \Rightarrow \text{celá stojina tlačená}$$

$$\frac{d}{t_w} = 35,01$$

$$\Rightarrow 35,01 \leq 38$$

2.TŘÍDA

$$x := \frac{N_{Ed,2}}{t_w \cdot f_y} = 64,32 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 0,76$$

$$\frac{d}{t_w} = 35,01$$

$$\Rightarrow 35,01 \leq 44,68$$

1.TŘÍDA

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 44,68$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 56,45 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,28$$

$$5,28 \leq 9$$

1.TŘÍDA

\Rightarrow průřez je 2. TŘÍDY

délka prutu: $L := 9,0 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 72 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,77$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "a"} \quad \alpha := 0,21$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,85$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,814$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1029,5 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 486,61 \\ 107,31 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := \frac{L}{6} = 1,5 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 44,78 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,48$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 10,7 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 0,66$$

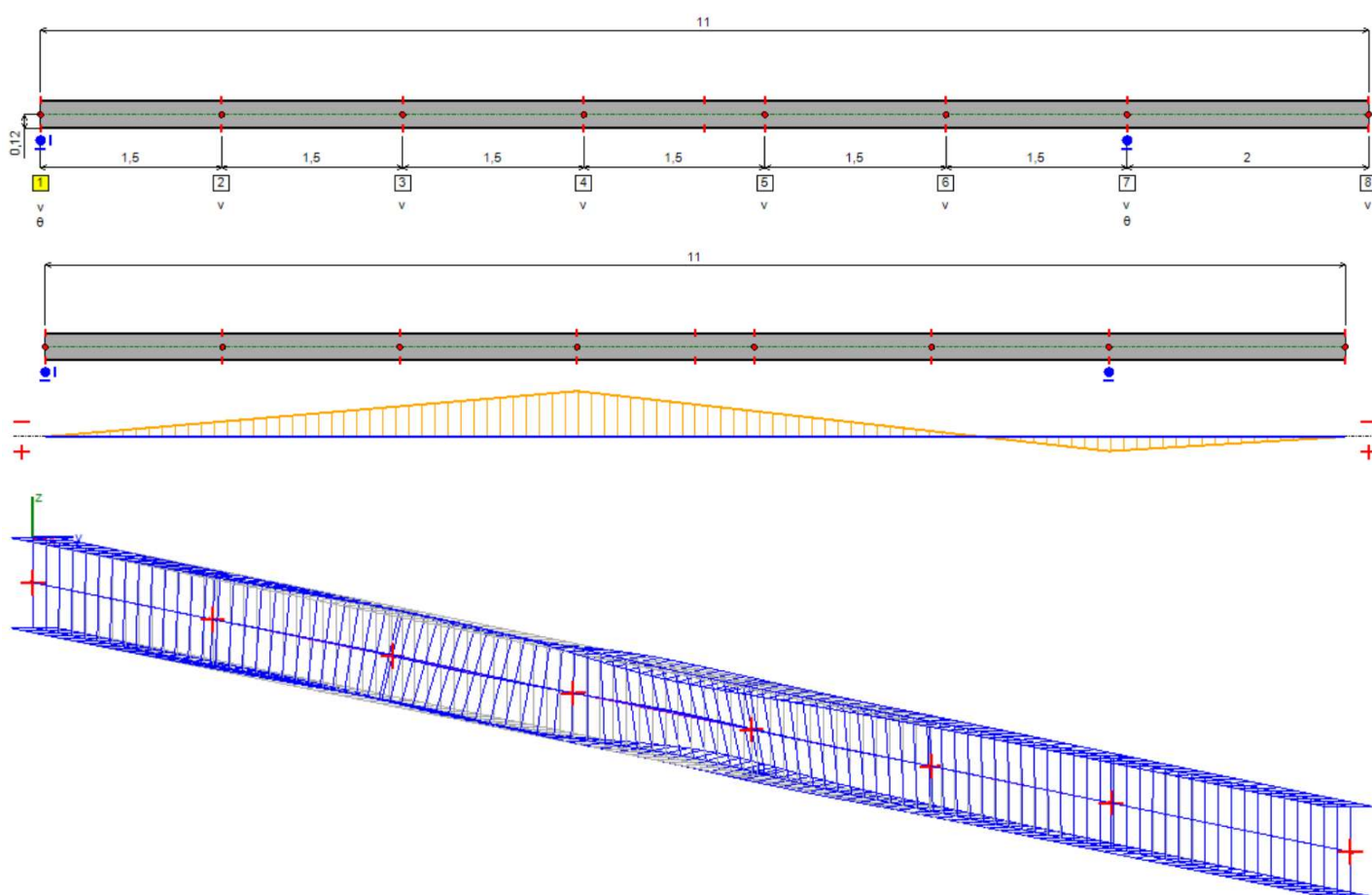
součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,894$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1130,91 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 486,61 \\ 107,31 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

kritický moment - výstup z programu LTBeamN



$$M_{cr} := 1048,4 \text{ kN m}$$

Klopení profilu tvaru Ipoměrná štíhlost při klopení:

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,38$$

$$\alpha_{LT} := 0,34 \quad \text{pro válcované I profily s } h/b \leq 2 \text{ - křivka "b"}$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\beta := 0,75$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,55$$

součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1,009 < 1,0$$

$$\implies \chi_{LT} := 1,0$$

$$M_{y,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{y,p1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 147,67 \text{ kN m} > \begin{cases} M_{y,Ed,1} \\ M_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 61,12 \text{ m kN} \\ 75,68 \text{ m kN} \end{cases} \quad \text{OK}$$

Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 348,42 \text{ kN} \gg \begin{cases} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 31,61 \text{ kN} \\ 41,89 \text{ kN} \end{cases}$$

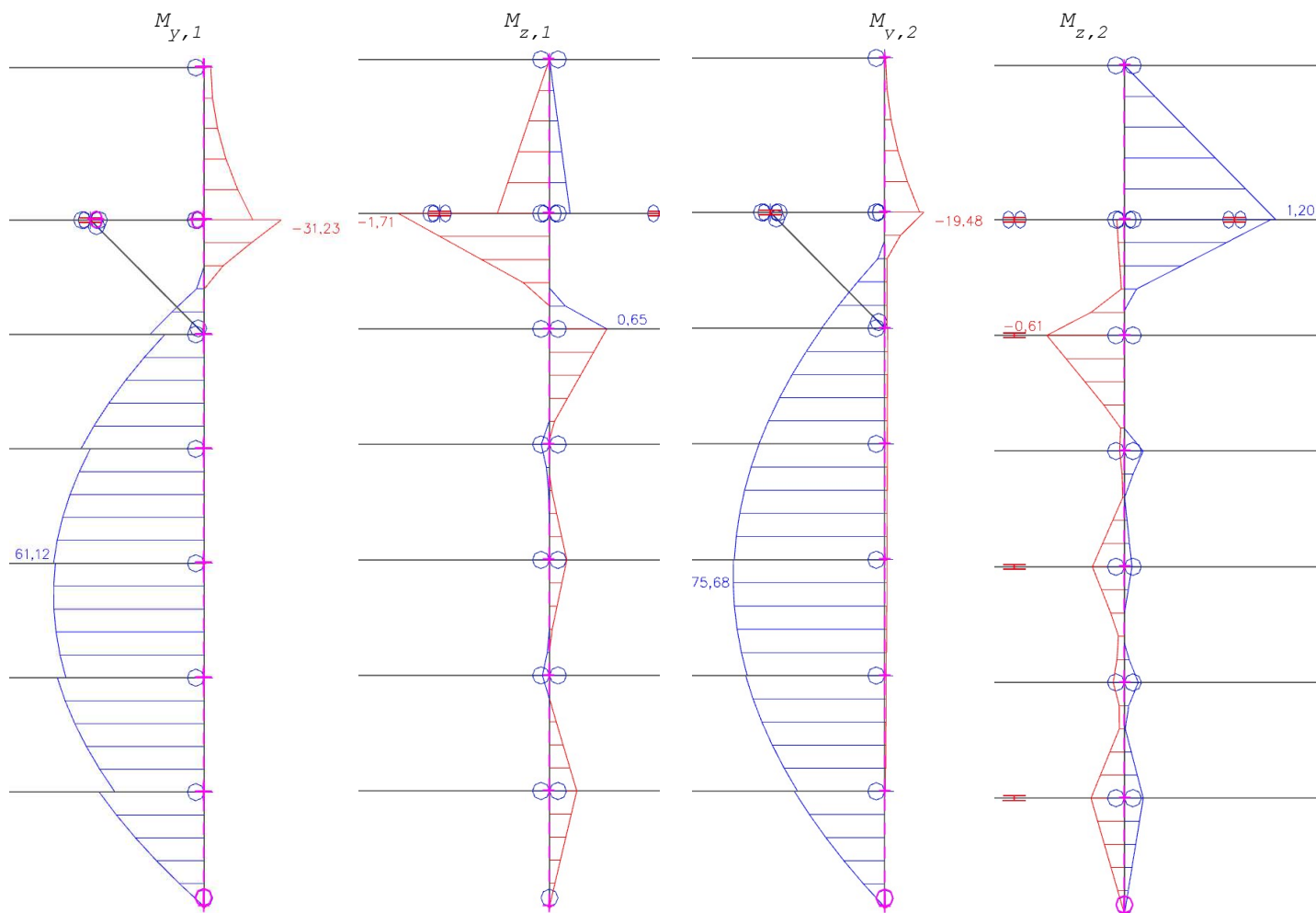
$$\frac{\max \left(\begin{bmatrix} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{bmatrix} \right)}{V_{p1,Rd}} = 0,12 \implies \text{malý smyk}$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1264,54 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,p1} \cdot f_y = 147,67 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 29,42 \text{ kN m}$$

interakční součinitele:

součinitele ekvivalentního momentu:

$$\alpha_{h,y,1} := \frac{31,23}{-61,12} = -0,51$$

$$\alpha_{h,y,2} := \frac{19,48}{-75,68} = -0,26$$

$$\psi_{y,1} := \frac{0}{31,23} = 0$$

$$\psi_{y,2} := \frac{0}{19,48} = 0$$

$$\psi_{z,1} := \frac{0,65}{-1,71} = -0,38$$

$$\psi_{z,2} := \frac{0,61}{-1,2} = -0,51$$

$$C_{my,1} := 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y,1} = 0,92 \geq 0,4$$

$$C_{mLT,1} := 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{h,y,1} = 0,92 \geq 0,4$$

$$C_{mz,1} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_{z,1} = 0,45 \geq 0,4$$

$$C_{my,2} := 0,90 + 0,10 \cdot \alpha_{h,y,2} = 0,87 \geq 0,4$$

$$C_{mLT,2} := 0,90 + 0,10 \cdot \alpha_{h,y,2} = 0,87 \geq 0,4$$

$$C_{mz,2} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_{z,2} = 0,4 \geq 0,4$$

$$k_{yy,1} := \min \left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_Y} \right) \right] \right] = 1,17$$

$$\left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_Y} \right) \right] \right]$$

$$k_{yy,2} := \min \left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_Y} \right) \right] \right] = 0,93$$

$$\left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_Y} \right) \right] \right]$$

$$k_{zy,1} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Z \cdot A \cdot f_Y} \right] \right] = 0,99$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Z \cdot A \cdot f_Y} \right] \right]$$

$$k_{zy,2} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Z \cdot A \cdot f_Y} \right] \right] = 0,99$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Z \cdot A \cdot f_Y} \right] \right]$$

$$k_{zz,1} := \min \left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,52$$

$$\left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{zz,2} := \min \left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,41$$

$$\left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{yz,1} := 0,6 \cdot k_{zz,1} = 0,31$$

$$k_{yz,2} := 0,6 \cdot k_{zz,2} = 0,25$$

Posudek

$$\frac{N_{Ed,1}}{X_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,1} \cdot \frac{M_{Z,Ed,1}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,98$$

$$0,47 + 0,49 + 0,02 = 0,98 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,2}}{X_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,2} \cdot \frac{M_{Z,Ed,2}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,59$$

$$0,1 + 0,47 + 0,01 = 0,59 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,1}}{X_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZZ,1} \cdot \frac{M_{Z,Ed,1}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,87$$

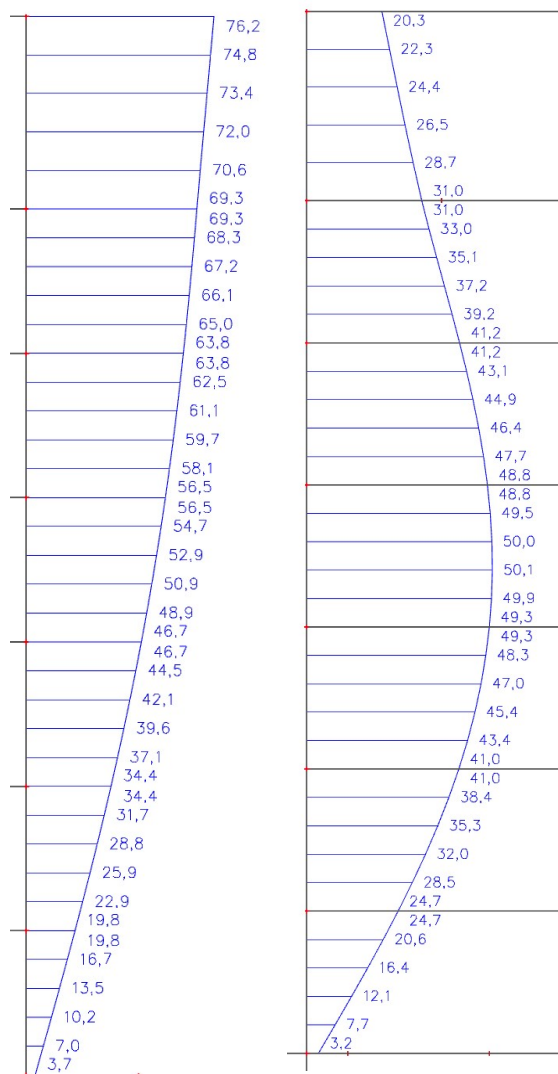
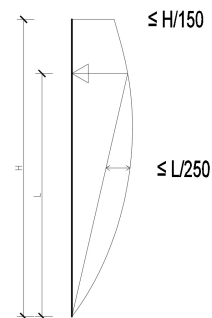
$$0,43 + 0,41 + 0,03 = 0,87 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,2}}{X_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZZ,2} \cdot \frac{M_{Z,Ed,2}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,62$$

$$0,09 + 0,51 + 0,02 = 0,62 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP**průhyb kratší stěny:**

výška stěny

 $h := 11 \text{ m}$

$$76,2 \text{ mm} - 3,7 \text{ mm} = 72,5 \text{ mm} < \frac{h}{150} = 73,33 \text{ mm}$$

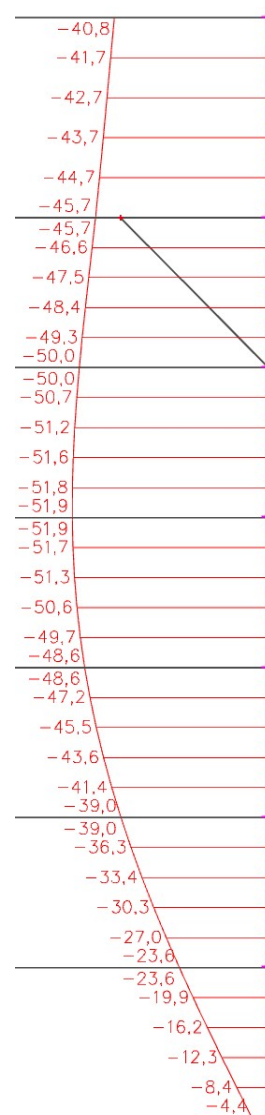
OK

$$\text{lineární průhyb: } \frac{31,0 \text{ mm}}{9 \text{ m}} \cdot 4,5 \text{ m} = 15,5 \text{ mm}$$

výška podpory (ztužidla)

 $l := 9 \text{ m}$

$$50,1 \text{ mm} - 15,5 \text{ mm} = 34,6 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 36 \text{ mm}$$

OK**průhyb delší stěny:**

$$\text{lineární průhyb: } \frac{45,7 \text{ mm}}{9 \text{ m}} \cdot 4,5 \text{ m} = 22,85 \text{ mm}$$

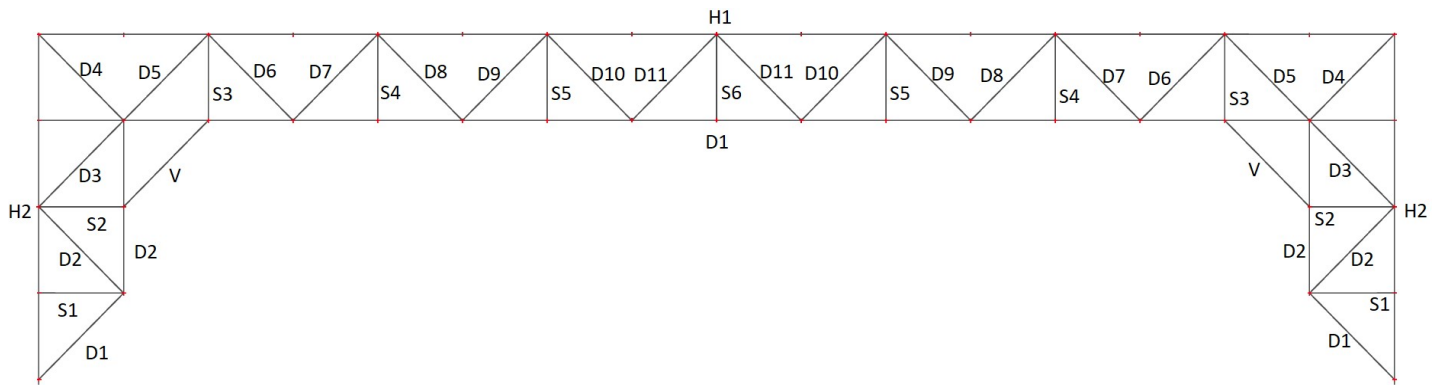
výška podpory (ztužidla)

 $l := 9 \text{ m}$

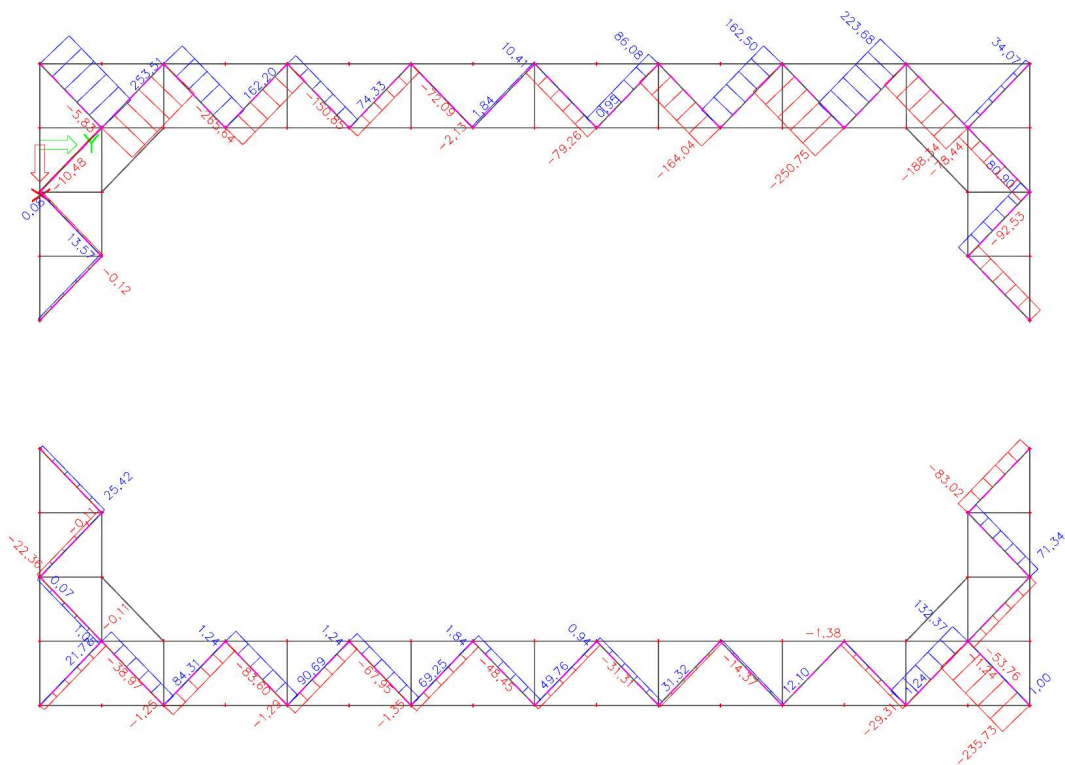
$$51,9 \text{ mm} - 22,85 \text{ mm} = 29,05 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 36 \text{ mm}$$

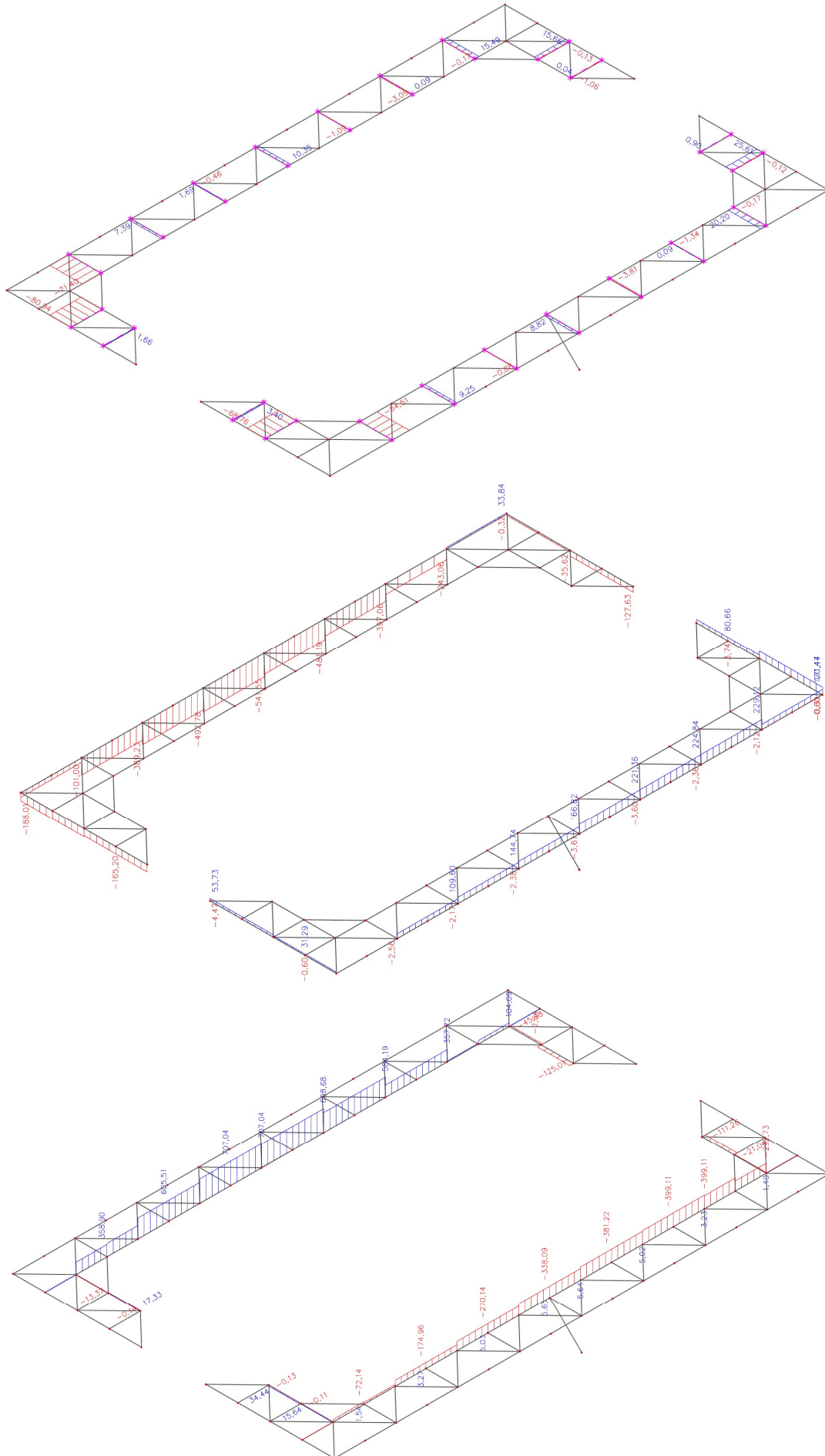
OK

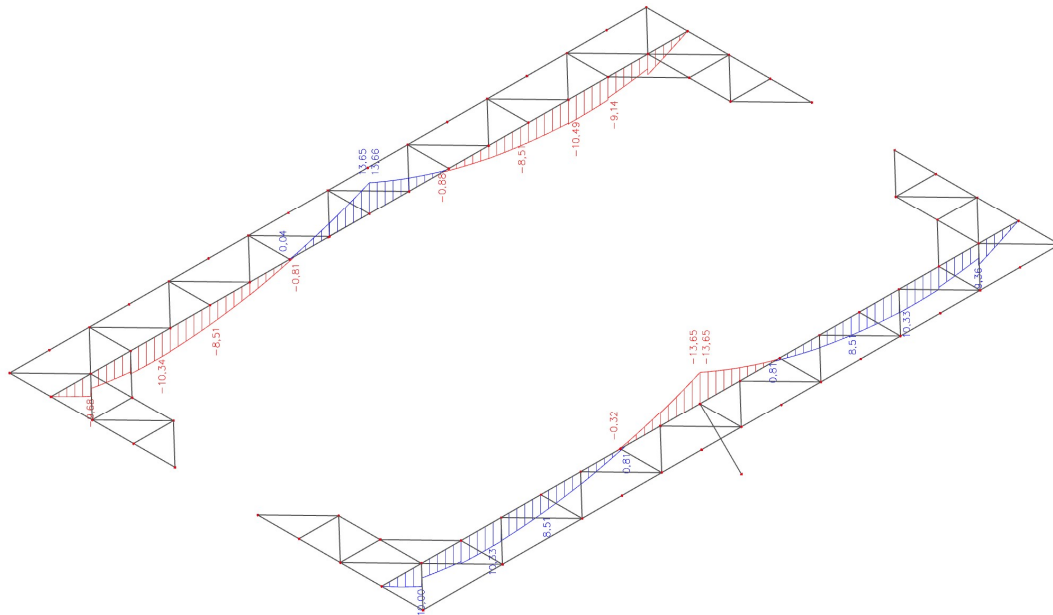
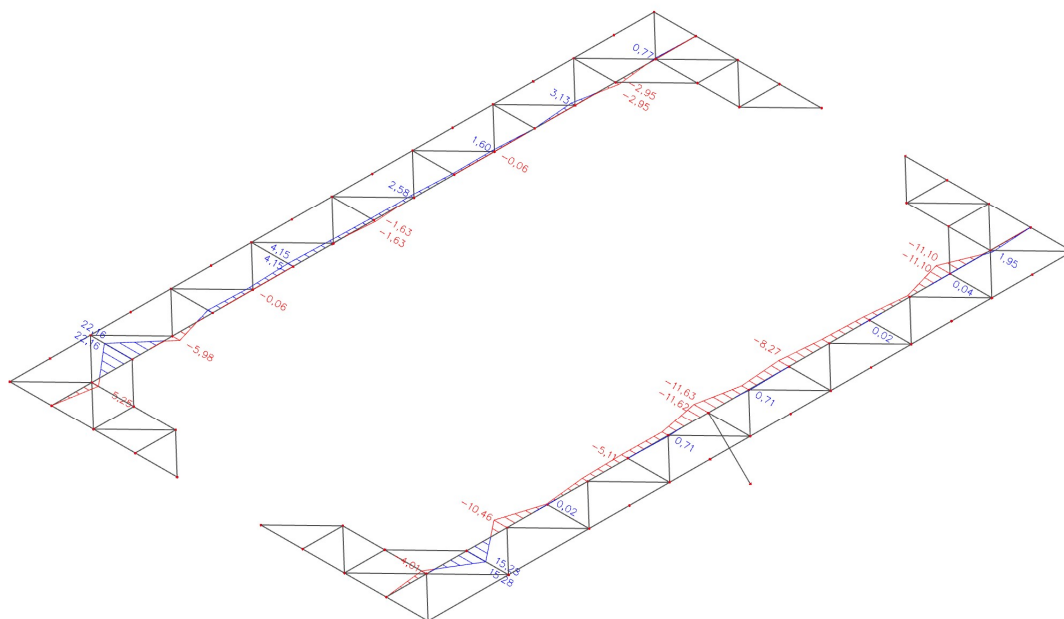
9. POSOUZENÍ VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA VE STĚNĚ



Obálky normálových sil na prvcích vodorovného ztužidla



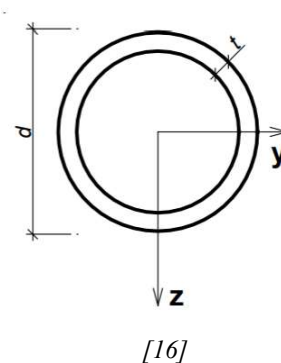


Obálka ohybového momentu M_y na dolním pasu 1Obálka ohybového momentu M_z na dolním pasu 1

9.1 D2, D3

Profil: TR 70 x 3,2

$$\begin{aligned}
 t &:= 3,2 \text{ mm} & A &:= 672 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 14,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 d &:= 70 \text{ mm} & A_{vz} &:= 428 \text{ mm}^2 & i_y &:= 23,6 \text{ mm} \\
 & & I_y &:= 37,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ 

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 21,88 \quad \implies \quad 21,88 \leq 50$$

 \implies průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 80,90 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 78,44 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 2,095 \text{ m}$ únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 157,92 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 80,9 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,51$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,095 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 88,77$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,95$$

tvarované za studena

y - y \implies křivka "c" $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,13$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,572$$

$$X_z := \chi_y = 0,572$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 90,37 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 78,44 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,87$$

9.2 D4, D5, D6, D7**Profil: TR 127 x 4,0**

$$t := 4,0 \text{ mm}$$

$$d := 127 \text{ mm}$$

$$A := 1546 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 984 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 293 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,p1} := 60,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 43,5 \text{ mm}$$

$$\text{ocel S235} \quad f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 31,75 \quad \Rightarrow \quad 31,75 \leq 50$$

==> průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 253,51 \text{ kN}$$

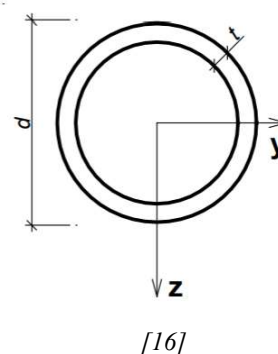
$$N_{c,Ed} := 265,64 \text{ kN}$$

$$\text{délka prutu:} \quad L := 2,096 \text{ m}$$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 363,31 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 253,51 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,70$$



únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,096 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 48,18$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,51$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,71$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,836$$

$$X_z := \chi_y = 0,836$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 303,59 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 265,64 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,88$$

9.3 D8, D9**Profil: TR 102 x 3,6**

$$t := 3,6 \text{ mm}$$

$$d := 102 \text{ mm}$$

$$A := 1113 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 709 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 135 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 34,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 34,8 \text{ mm}$$

ocel S235

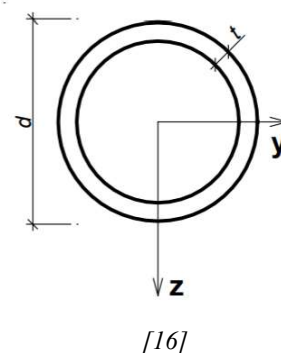
$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 28,33$$

=>

$$28,33 \leq 50$$

=> průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 162,50 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 164,04 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 2,096 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 261,56 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 162,5 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,62$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,1 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 60,23$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,64$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

 $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda_{y,pom} - 0,2 \right) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,81$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,761$$

$$X_z := \chi_y = 0,76$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 198,93 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 164,04 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,82$$

9.4 D10, D11

Profil: TR 70 x 3,2

$$\begin{aligned}
 t &:= 3,2 \text{ mm} & A &:= 672 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 14,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 d &:= 70 \text{ mm} & A_{vz} &:= 428 \text{ mm}^2 & i_y &:= 23,6 \text{ mm} \\
 & & I_y &:= 37,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 21,88 \quad \Rightarrow \quad 21,88 \leq 50$$

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 86,08 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 79,26 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 2,096 \text{ m}$ únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 157,92 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 86,08 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,55$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,1 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 88,81$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

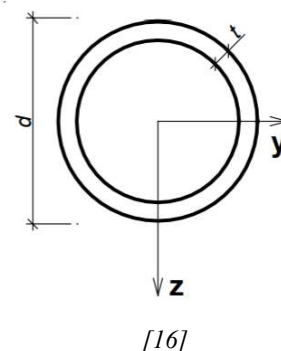
poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,95$$

tvarované za studena $y-y \Rightarrow$ křivka "c" $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,13$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,572$$

$$\chi_z := \chi_y = 0,57$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 90,32 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 79,26 \text{ kN}$$

OK

$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,88$

9.5 VZPĚRY**Profil: TR 102 x 3,6**

$$t := 3,6 \text{ mm}$$

$$d := 102 \text{ mm}$$

$$A := 1113 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 709 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 135 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 34,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 34,8 \text{ mm}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 28,33$$

 \implies

$$28,33 \leq 50$$

 \implies průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 42,55 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 125,20 \text{ kN}$$

délka prutu:

$$L := 3,276 \text{ m}$$

únosnost v tahu

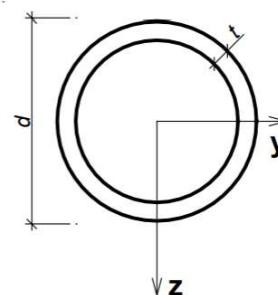
$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 261,56 \text{ kN}$$

>

$$N_{t,Ed} = 42,55 \text{ kN}$$

OK

$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,16$



[16]

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 3,276 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 94,14$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,2$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,538$$

$$X_z := \chi_y = 0,538$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 140,84 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 125,2 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,89$$

9.6 SVISLICE**Profil: TR 54x3,2**

$$t := 3,2 \text{ mm}$$

$$d := 54 \text{ mm}$$

$$A := 511 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 325 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 16,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 8,27 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 18,0 \text{ mm}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

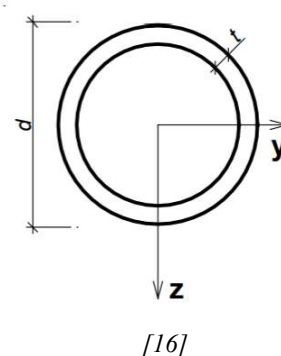
ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 16,88$$

==>

$$16,88 \leq 50$$

==> průřez je 1. TŘÍDY



$$N_{t,Ed} := 22,76 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 61,87 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 1,510 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 120,08 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 22,76 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,19$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 1,51 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 83,89$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,89$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,07$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,604$$

$$X_z := \chi_y = 0,604$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 72,52 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 61,87 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,85$$

9.7 DOLNÍ PÁS - 1

Profil: 200x200x10

$$\begin{aligned}
 t_w &:= 10 \text{ mm} & A &:= 7490 \text{ mm}^2 & W_{y,p1} &:= 531 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 h &:= 200 \text{ mm} & I_y &:= 4470 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{z,p1} &:= 531 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b &:= 200 \text{ mm} & I_z &:= 4470 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 77,2 \text{ mm} \\
 & & & & i_z &:= 77,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

$$\frac{h - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \quad \Rightarrow \quad 18 \leq 33$$

$$\frac{b - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \quad \Rightarrow \quad 18 \leq 33$$

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 707,04 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 399,11 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} := 19,36 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 7,37 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 13,65 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 15,28 \text{ kN m}$$

délka prutu: $L := 2,908 \text{ m}$ **únosnost v tahu**

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1760,15 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 707,04 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

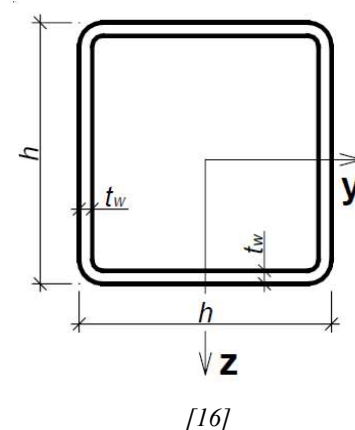
$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,4$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := 4 \cdot L = 11,63 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 150,67$$

štíhlost prutu



$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,6$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 2,13$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,283$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 497,98 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 399,11 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,8$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,z} := L = 2,908 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 37,67$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0,4$$

tvarované za studena

z - z ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 0,63$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,897$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1578,34 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 399,11 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,25$$

ohybová únosnost

$$M_{Rd} := \frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 124,78 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{Rd}} = 0,11 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{Rd}} = 0,12 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Součinitele interakce tlak + ohyb

součinitele C dle tab. B.3

$$\begin{aligned} \text{poměr koncových momentů:} \quad \psi_y &:= \frac{0}{-13,65} = 0 & \alpha_{s,y} &:= \frac{10,33}{-13,65} = -0,76 \\ \psi_z &:= \frac{-4,01}{-10,46} = 0,38 & \alpha_{s,z} &:= \frac{-10,46}{15,28} = -0,68 \end{aligned}$$

součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$C_{my} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,61$$

$$C_{mz} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z} = 0,55$$

$$C_{mLT} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,61$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1760,15 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,p1} \cdot f_y = 124,78 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 124,78 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,65$$

součinitel k_{zy} z tab B.1

$$k_{zy} := 0,6 \cdot k_{yy} = 0,39$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,55$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,33$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,91$$

$$0,8 + 0,07 + 0,04 = 0,91 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,36$$

$$0,25 + 0,04 + 0,07 = 0,36 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Smyk

$$A_{vz} := 2 \cdot (h - t_w) \cdot t_w = 3800,00 \text{ mm}^2$$

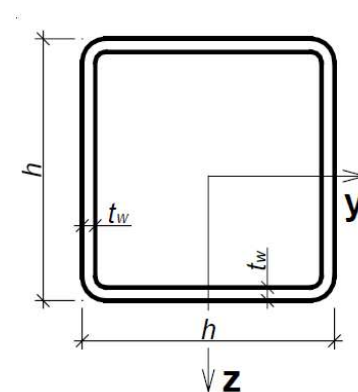
$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_{M0}} = 515,57 \text{ kN} > \begin{cases} V_{y,Ed} \\ V_{z,Ed} \end{cases} = \begin{cases} 19,36 \\ 7,37 \end{cases} \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{p1,Rd}} = 0,04$$

=> malý smyk

9.8 DOLNÍ PÁS - 2 + D1**Profil: 200x200x10**

$$\begin{aligned} t_w &:= 10 \text{ mm} & A &:= 7490 \text{ mm}^2 & W_{y,p1} &:= 531 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ h &:= 200 \text{ mm} & I_y &:= 4470 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{z,p1} &:= 531 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ b &:= 200 \text{ mm} & I_z &:= 4470 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 77,2 \text{ mm} \\ & & & & i_z &:= 77,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ **ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM**

$$\frac{h - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \quad \Rightarrow \quad 18 \leq 33$$

$$\frac{b - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \quad \Rightarrow \quad 18 \leq 33$$

=> průřez je 1. TŘÍDY

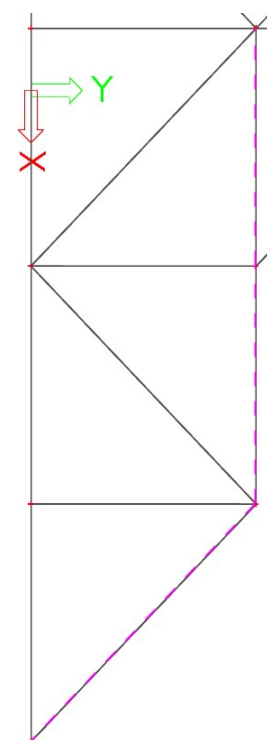
$$N_{t,Ed} := 33,99 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 125,78 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 1,511 \text{ m}$ **únosnost v tahu**

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{Y_{M1}} = 1760,15 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 33,99 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,02$$



únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := 5,120 \text{ m}$$

délka pásu i s první diagonálou

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 66,32$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,71$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda_{y,pom} - 0,2 \right) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,87$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,721$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1268,69 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 125,78 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,1$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,z} := L = 1,51 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 19,57$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0,21$$

tvarované za studena

z - z ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda_{z,pom} - 0,2 \right) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 0,52$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 1$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1752,57 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 125,78 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,07$$

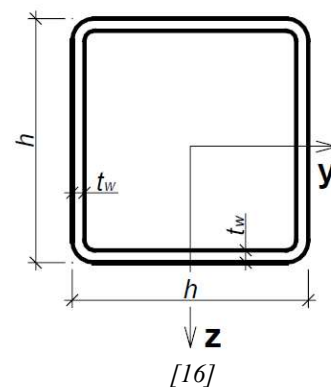
Profil TRHR 200x200x10 je zvolen k dosažení větší tuhosti při posudku stěny na mezní stavy použitelnosti.

9.9 HORNÍ PÁS - 1

Profil: 140x140x7

$$\begin{aligned} t_w &:= 7 \text{ mm} & A &:= 3720 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 184 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ h &:= 140 \text{ mm} & I_y &:= 1090 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 54,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$

**ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM**

$$\frac{h - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \implies 18 \leq 33$$

\implies průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 259,42 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 689,16 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 2,908 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 874,2 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 259,42 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,3$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,908 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := L = 2,908 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 53,85$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,57$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,76$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,801$$

$$X_z := \chi_y = 0,801$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 700,21 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 689,16 \text{ kN}$$

OK

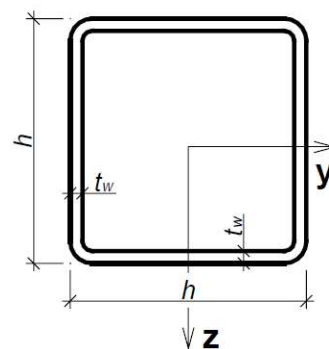
$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,98$$

9.10 HORNÍ PÁS - 2

Profil: 140x140x7

$$t_w := 7 \text{ mm} \quad A := 3720 \text{ mm}^2 \quad W_{y,pl} := 184 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h := 140 \text{ mm} \quad I_y := 1090 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \quad i_y := 54,0 \text{ mm}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ 

[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{h - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \quad \Rightarrow \quad 18 \leq 33$$

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 156,93 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 183,77 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 3,020 \text{ m}$ únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 874,2 \text{ kN} \quad > \quad N_{t,Ed} = 156,93 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,18$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 3,02 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := L = 3,02 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 55,93$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,6$$

tvarované za studena

y - y \Rightarrow křivka "c" $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,77$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{y, \text{pom}}^2}} = 0,788$$

$$X_z := \chi_y = 0,788$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b, Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 688,87 \text{ kN} > N_{c, Ed} = 183,77 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{c, Ed}}{N_{b, Rd}} = 0,27$$

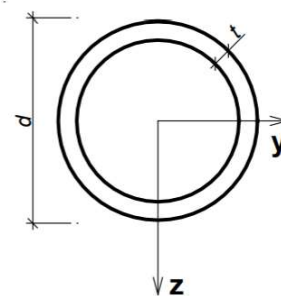
Profil TRHR 140x140x7 je zvolen k dosažení větší tuhosti při posudku stěny na mezní stavy použitelnosti.

9.11 VZPĚRY SVISLÉ

Profil: TR 38 x 3,2

$$\begin{aligned} t &:= 3,2 \text{ mm} & A &:= 350 \text{ mm}^2 & W_{y, pl} &:= 3,89 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ d &:= 38 \text{ mm} & A_{vz} &:= 223 \text{ mm}^2 & i_y &:= 12,4 \text{ mm} \\ & & I_y &:= 5,34 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & & \end{aligned}$$

$$\text{ocel S235} \quad f_y := 235 \text{ MPa}$$



[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 11,88 \quad \Rightarrow \quad 11,88 \leq 50$$

==> průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t, Ed} := 0 \text{ kN}$$

$$N_{c, Ed} := 16,27 \text{ kN}$$

$$\text{délka prutu:} \quad L := 2,128 \text{ m}$$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 82,25 \text{ kN}$$

>

$$N_{t,Ed} = 0 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,128 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 171,61$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,83$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

 $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 2,57$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,229$$

$$X_z := \chi_y = 0,229$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 18,8 \text{ kN}$$

>

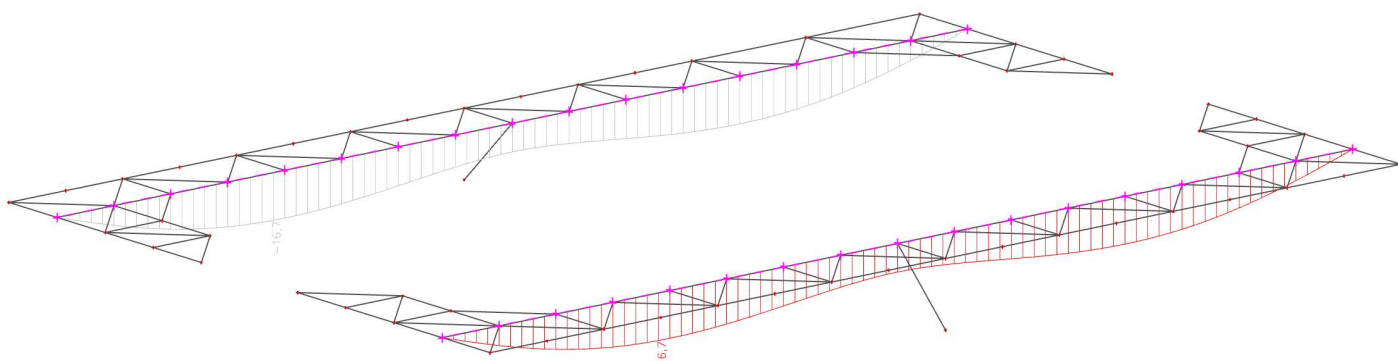
$$N_{c,Ed} = 16,27 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,87$$

9.12 MSP

Svislý průhyb nosníku



průhyb nosníku po odečtení krajních deformací:

$$l := 11,36 \text{ m}$$

$$16,7 \text{ mm}$$

<

$$\frac{l}{250} = 45,44 \text{ mm}$$

OK

10. POSOUZENÍ ZTUŽENÍ OBVODOVÉ STĚNY

pozn.: vodorovné pruty mezi jednotlivými sloupky IPE 300 (IPE 270)

Návrhové síly:

K4

$$N_{Ed} := 67,90 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} := 0,58 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 0,15 \text{ kN}$$

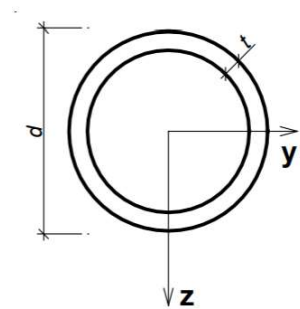
$$M_{y,Ed} := 0,14 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 0,19 \text{ kN m}$$

Profil: TR 76 x 3,2

$$\begin{aligned} t &:= 3,2 \text{ mm} & A &:= 732 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 17,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\ d &:= 76 \text{ mm} & A_{vz} &:= 466 \text{ mm}^2 & i_y &:= 25,8 \text{ mm} \\ & & I_y &:= 48,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & & \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$



[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 23,75 \quad \implies \quad 23,75 \leq 50$$

\implies průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 2,908 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 2,91 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 112,71 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,2$$

tvárované za studena

y - y \implies křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,47$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,Dom}^2}} = 0,434$$

$$X_z := \chi_y = 0,434$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 74,59 \text{ kN}$$

>

$$N_{Ed} = 67,90 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,91$$

jedná se o uzavřený dutý průřez, není třeba posuzovat na klopení, stačí prostá ohybová únosnost

$$M_{y,Rd} := W_{y,pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 4 \text{ kN m}$$

>>>

$$\begin{cases} M_{y,Ed} \\ M_{z,Ed} \end{cases} = \begin{cases} 0,14 \text{ m kN} \\ 0,19 \text{ m kN} \end{cases}$$

OK

Smyk

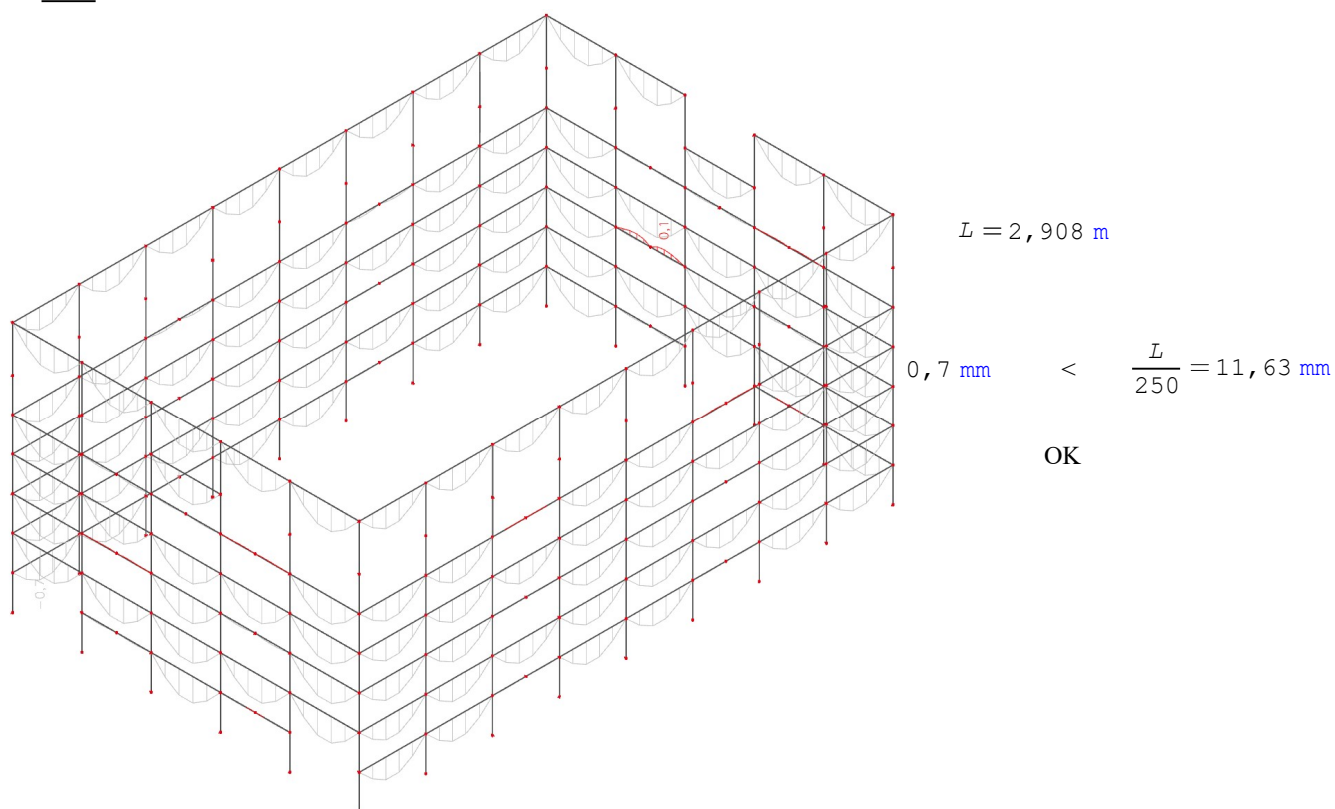
$$V_{p1,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 99,32 \text{ kN}$$

>>>

$$V_{z,Ed} = 0,15 \text{ kN}$$

=> malý smyk

OK

MSP

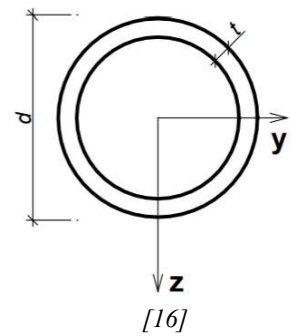
11. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA MEZI SLOUPKY STĚNY

pozn. :: diagonály přenášející zatížení větrem do dolní konstrukce

Profil: TR 102 x 3,6

$$\begin{aligned}
 t &:= 3,6 \text{ mm} & A &:= 1113 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 34,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 d &:= 102 \text{ mm} & A_{vz} &:= 709 \text{ mm}^2 & i_y &:= 34,8 \text{ mm} \\
 & & I_y &:= 135 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 28,33 \quad \Rightarrow \quad 28,33 \leq 50$$

\Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 151,15 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 180,27 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 2,128 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 261,56 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 151,15 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,58$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,128 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 61,15$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,65$$

tvorované za studena

y - y \Rightarrow křivka "c"

$\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,82$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,755$$

$$X_z := \chi_y = 0,755$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 197,38 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 180,27 \text{ kN}$$

OK

$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,91$

12. POSOUZENÍ KROKVE

Návrhové síly:

K9

$$N_{Ed,1} := 265,30 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,1} := 0,43 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,1} := 32,78 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,1} := 0,03 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed,1} := 32,97 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,1} := 0,85 \text{ kN m}$$

K8

$$N_{Ed,2} := 239,76 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,2} := 6,37 \text{ kN}$$

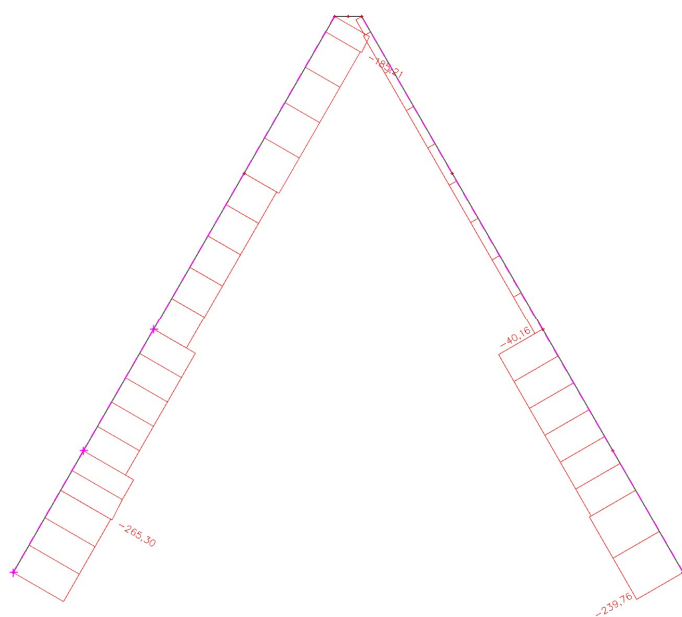
$$V_{z,Ed,2} := 34,00 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,2} := 0,22 \text{ kN m}$$

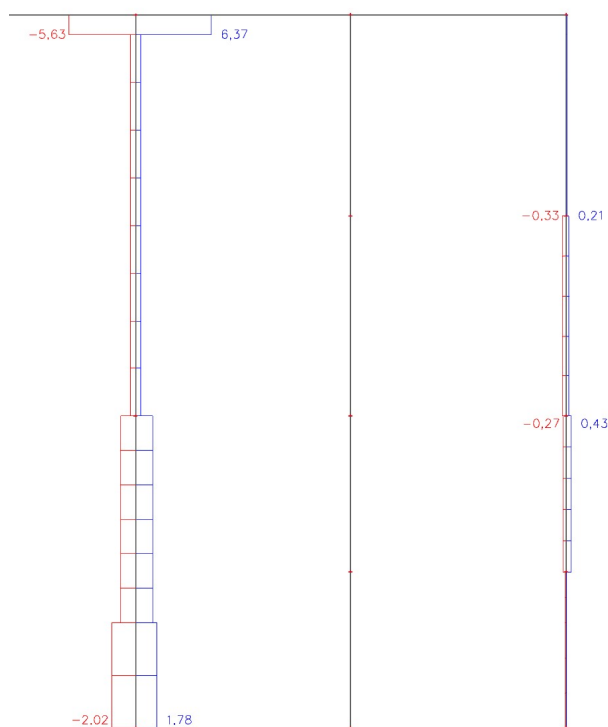
$$M_{y,Ed,2} := 35,05 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,2} := 3,23 \text{ kN m}$$

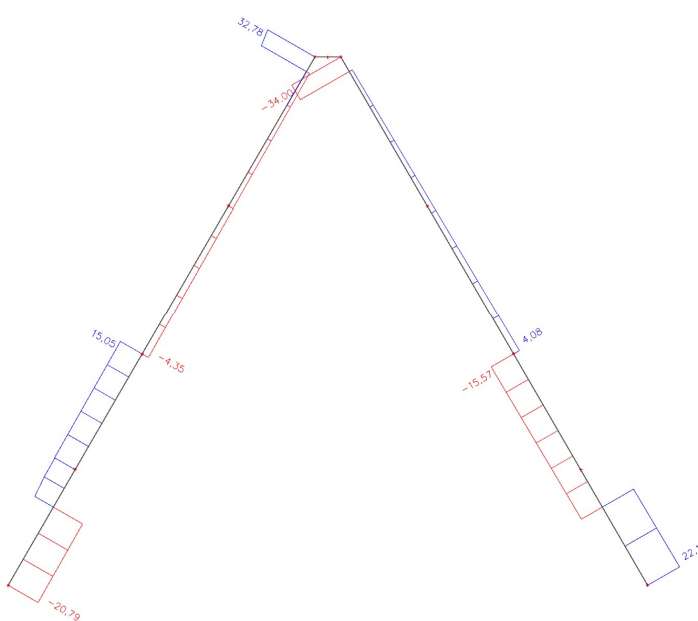
Normálové síly



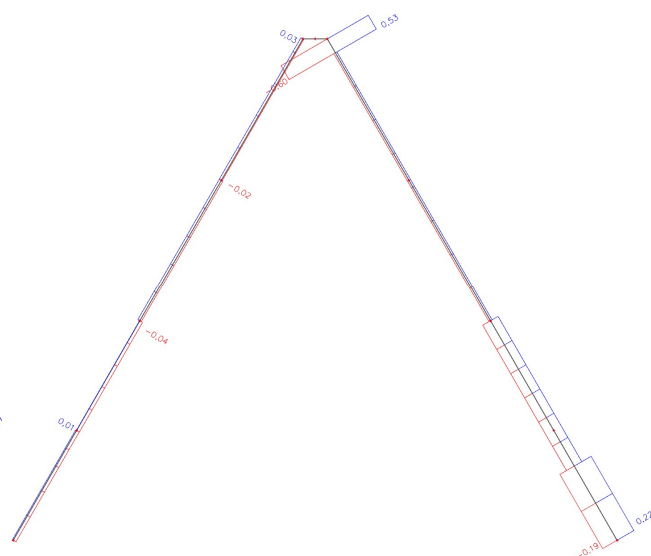
Posouvající síly V_y

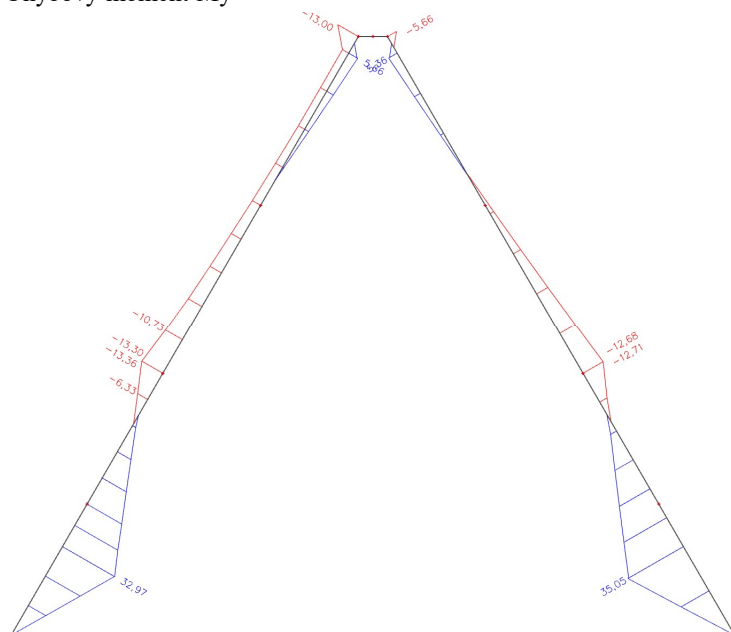
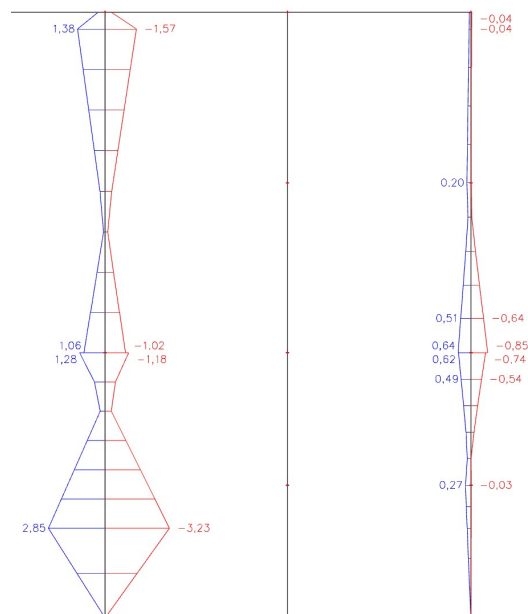


Posouvající síly V_z



Krouticí moment M_x



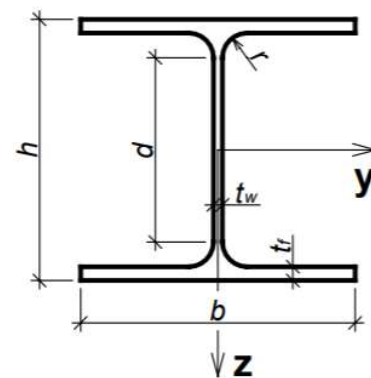
Ohybový moment M_y Ohybový moment M_z **Profil: HEB 180**

$h := 180 \text{ mm}$
 $b := 180 \text{ mm}$
 $t_w := 8,5 \text{ mm}$
 $t_f := 14 \text{ mm}$
 $r := 15 \text{ mm}$
 $d := 122 \text{ mm}$

$A := 6525 \text{ mm}^2$
 $A_{vz} := 2024 \text{ mm}^2$
 $I_y := 3831 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 $I_z := 1363 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
 $I_w := 93750 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$

$W_{y,p1} := 481,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $W_{z,p1} := 231,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $i_y := 76,6 \text{ mm}$
 $i_z := 45,7 \text{ mm}$

ocel S235

 $f_y := 235 \text{ MPa}$ 

[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

posunutí N.O. k tažené pásnici:

$$x := \frac{N_{Ed,1}}{t_w \cdot f_y} = 132,82 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 1,59 \quad \Rightarrow \text{ celá stojina tlačená}$$

$$\frac{d}{t_w} = 14,35 \quad \Rightarrow \quad 14,35 \leq 33 \quad \text{1.TŘÍDA}$$

$$x := \frac{N_{Ed,2}}{t_w \cdot f_y} = 120,03 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 1,48 \quad \Rightarrow \text{ celá stojina tlačená}$$

$$\frac{d}{t_w} = 14,35 \quad \Rightarrow \quad 14,35 \leq 33 \quad \text{1.TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 70,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,05$$

$$5,05 \leq 9$$

1.TŘÍDA

==> průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 10,84 \text{ m}$ **ohyb kolem osy y**

$$L_{cr,y} := L = 10,84 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 141,51$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,51$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 14 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,86$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,340$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 520,8 \text{ kN}$$

>

$$\begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 265,30 \\ 239,76 \end{cases} \text{ kN}$$

OK

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := \frac{L}{2} = 5,42 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 118,6$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1,26$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 14 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,56$$

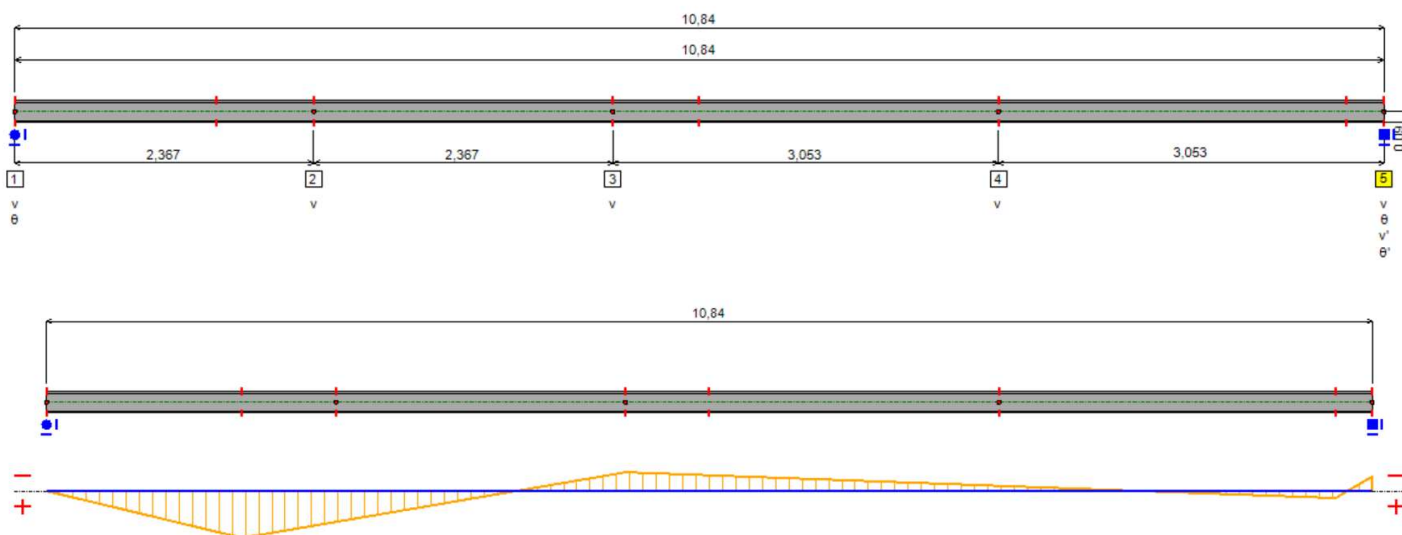
součinitel vzpěrnosti

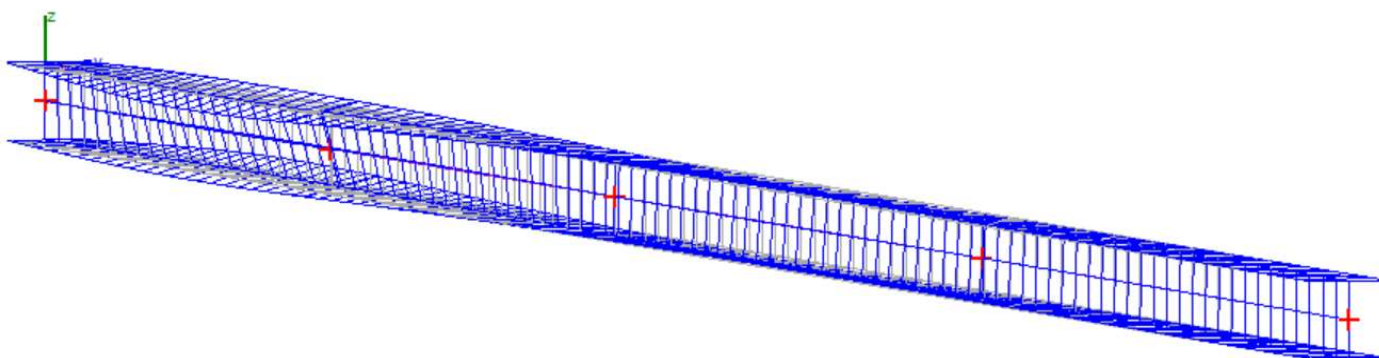
$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,405$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 620,7 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 265,3 \\ 239,76 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Výpočet kritického momentu pomocí SW LTBeamN





Mode	μ_{cr}	Mmax,cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax,cr [kN] (*)	x (Nmax) [m]
1	24,08	763,89	1,626	0	1,626

$$M_{cr} := 763,89 \text{ kN m}$$

Klopení profilu tvaru I

poměrná štíhlost při klopení:

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,38$$

$$\phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right)$$

$$\alpha_{LT} := 0,34 \quad \text{pro válcované I profily s } h/b \leq 2 \text{ - křivka "b"}$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\beta := 0,75$$

$$\phi_{LT} = 0,55$$

součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1,006 < 1,0$$

$$\Rightarrow \chi_{LT} := 1$$

$$M_{y,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 113,13 \text{ kN m} > \begin{cases} M_{y,Ed,1} \\ M_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 32,97 \\ 35,05 \end{cases} \text{ kN m} \quad \text{OK}$$

Vázané kroucení v pásnici

Vázané kroucení ve stojně je rovno nule, protože je zde nulová výsečová souřadnice a tedy i její statický moment rovný nule.

$$K_t := L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 9,86$$

parametr tuhosti při kroucení

oboustranné podepření nosníku \implies prosté podepření \implies obecné zatížení

$$\alpha := 3,7$$

$$\beta := 1,08$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0,82$$

rozdělovací parametr

Bimoment vázaného kroucení

$$B_{1,Ed} := M_{z,Ed,1} \cdot \frac{h}{2} \cdot (1 - \kappa) = 0,01 \text{ kN m}^2$$

$$B_{2,Ed} := M_{z,Ed,2} \cdot \frac{h}{2} \cdot (1 - \kappa) = 0,05 \text{ kN m}^2$$

$$\omega_{max} := \frac{b \cdot h}{4} = 8100 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 2,72 \text{ kN m}^2$$

$$\frac{\max \left(\begin{bmatrix} B_{1,Ed} \\ B_{2,Ed} \end{bmatrix} \right)}{B_{Rk}} = 1,93 \%$$

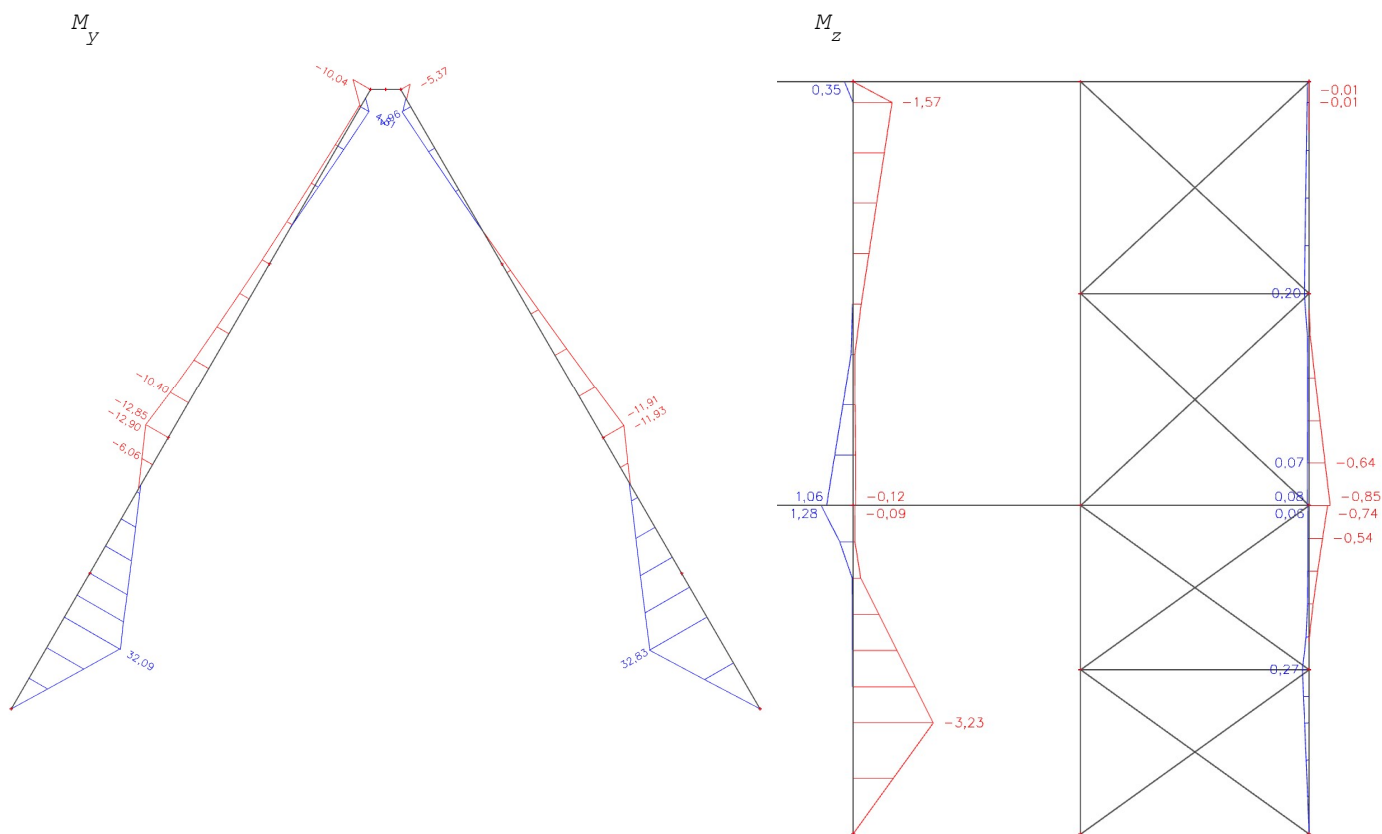
Využití průřezu od kroutícího momentu je 1,93 %, proto jsou účinky kroucení zanedbány.

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1533,38 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,p1} \cdot f_y = 113,13 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 54,28 \text{ kN m}$$

interakční součinitele:

součinitele ekvivalentního momentu:

$$\alpha_{s,y,1} := \frac{-10,04}{32,09} = -0,31$$

$$\alpha_{s,y,2} := \frac{-5,37}{32,83} = -0,16$$

$$\alpha_{s,z,1} := \frac{0,27}{-0,85} = -0,32$$

$$\alpha_{s,z,2} := \frac{1,28}{-3,23} = -0,40$$

$$\Psi_{y,1} := \frac{0}{-10,04} = 0$$

$$\Psi_{y,2} := \frac{0}{-5,37} = 0$$

$$\Psi_{z,1} := \frac{0}{-0,85} = 0$$

$$\Psi_{z,2} := \frac{0}{-1,28} = 0$$

$$C_{my,1} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,1} = 0,25 \quad \geq 0,4 \quad \Rightarrow \quad C_{my,1} := 0,4$$

$$C_{mLT,1} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,1} = 0,25 \quad \geq 0,4 \quad \Rightarrow \quad C_{mLT,1} := 0,4$$

$$C_{mz,1} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z,1} = 0,25 \quad \geq 0,4 \quad \Rightarrow \quad C_{mz,1} := 0,4$$

$$C_{my,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,2} = 0,13 \quad \geq 0,4 \quad \Rightarrow \quad C_{my,2} := 0,4$$

$$C_{mLT,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,2} = 0,13 \quad \geq 0,4 \quad \Rightarrow \quad C_{mLT,2} := 0,4$$

$$C_{mz,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z,2} = 0,32 \quad \geq 0,4 \quad \Rightarrow \quad C_{mz,2} := 0,4$$

$$k_{yy,1} := \min \left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right] = 0,56$$

$$\left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right]$$

$$k_{yy,2} := \min \left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right] = 0,55$$

$$\left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right]$$

$$k_{zy,1} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right] = 0,74$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right]$$

$$k_{zy,2} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right] = 0,74$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right]$$

$$k_{zz,1} := \min \left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,54$$

$$\left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{zz,2} := \min \left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,52$$

$$\left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{yz,1} := 0,6 \cdot k_{zz,1} = 0,32$$

$$k_{yz,2} := 0,6 \cdot k_{zz,2} = 0,31$$

Posudek

$$\frac{N_{Ed,1}}{X_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,1} \cdot \frac{M_{Z,Ed,1}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,68$$

$$0,51 + 0,16 + 0,01 = 0,68 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{X_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,2} \cdot \frac{M_{Z,Ed,2}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,65$$

$$0,46 + 0,17 + 0,02 = 0,65 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed,1}}{X_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZZ,1} \cdot \frac{M_{Z,Ed,1}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,65$$

$$0,43 + 0,22 + 0,01 = 0,65 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed,2}}{X_Z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{X_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{ZZ,2} \cdot \frac{M_{Z,Ed,2}}{\frac{M_{Z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,65$$

$$0,39 + 0,23 + 0,03 = 0,65 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{Vz} \cdot f_Y}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 274,6 \text{ kN} \quad \gg \gg \quad \begin{cases} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 32,78 \\ 34 \end{cases} \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{malý smyk}$$

$$V_{p1,Rd} := \frac{2 \cdot (b \cdot t_f) \cdot f_Y}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 683,8 \text{ kN} \quad \gg \gg \quad \begin{cases} V_{y,Ed,1} \\ V_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 0,43 \\ 6,37 \end{cases} \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{malý smyk}$$

Obálka smykových sil v místě pevného bodu uložení parní komory na první sedlo

K9

$$N_{Ed} := 124,77 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} := 17,61 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 150,61 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} := 0,03 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed} := 24,66 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 4,06 \text{ kN m}$$

délka prutu: $L := 0,460 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 0,46 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 6,01$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,06$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 14 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

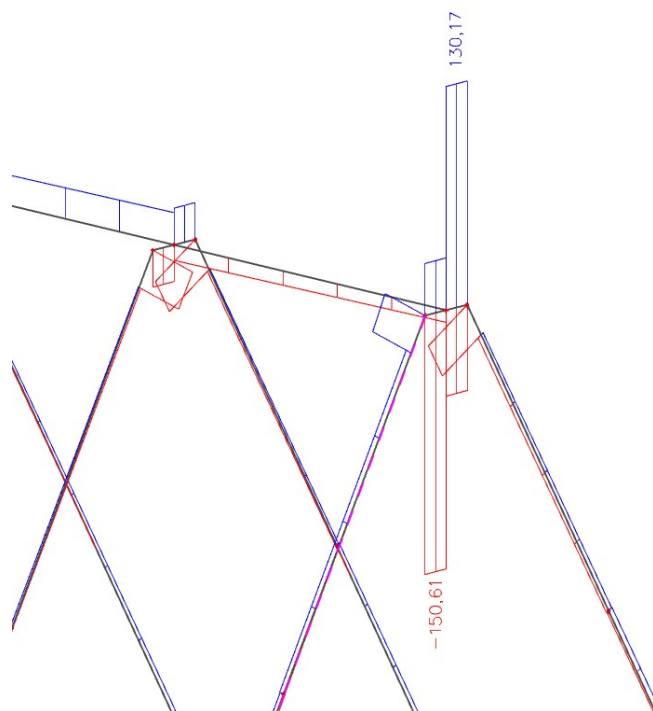
$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,48$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 1,05 \quad \Rightarrow \quad \chi_y := 1,0$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1533,38 \text{ kN} > N_{Ed} = 124,77 \text{ kN} \quad \text{OK}$$



štíhlost prutu

poměrná štíhlost

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 0,46 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 10,07 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,11$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 14 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 0,483$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 1,048 \quad \implies \quad \chi_z := 1,0$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1533,38 \text{ kN} > N_{Ed} = 124,77 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 274,61 \text{ kN} \gg V_{z,Ed} = 150,61 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{p1,Rd}} = 0,55$$

\implies redukce momentové únosnosti pomocí redukované meze kluzu

$$\rho := \left(\frac{2 \cdot V_{z,Ed}}{V_{p1,Rd}} - 1 \right)^2 = 0,01$$

$$A_w := (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 1292,00 \text{ mm}^2$$

$$M_{y,V,Rd} := \frac{\left(W_{y,p1} - \frac{\rho \cdot A_w^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 113,02 \text{ kN m}$$

Pokud jsou splněny obě následující podmínky, není nutné uvažovat účinek osové síly na plastický moment únosnosti při ohybu okolo osy y-y:

$$0,25 \cdot N_{b,Rd} = 383,34 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 124,77 \text{ kN}$$

$$h_w := h - 2 \cdot t_f = 152,00 \text{ mm}$$

$$\frac{0,25 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 75,91 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 124,77 \text{ kN}$$

==> je nutné uvažovat účinek osové síly na plastický moment únosnosti

pro ohyb okolo osy z-z:

$$\frac{h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 303,62 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 124,77 \text{ kN}$$

$$\implies M_{z,Rd} := W_{z,pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 54,29 \text{ kN m}$$

Redukce plastické momentové únosnosti:

$$n := \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,08$$

$$a := \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} = 0,23 \quad a \leq 0,5$$

$$M_{N,y,Rd} := M_{y,V,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a} = 117,16 \text{ kN m} \leq M_{y,Rd} := M_{y,V,Rd} = 113,02 \text{ m kN}$$

Posouzení pro šikmý ohyb:

konstanty α a β pro průřezy I a H:

$$\alpha := 2$$

$$\beta := 5 \cdot n = 0,41 \quad \text{ale} \quad \beta \geq 1 \quad \implies \quad \beta := 1,0$$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,V,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^\beta = 0,12 < 1,0$$

$$0,05 + 0,07 = 0,12$$

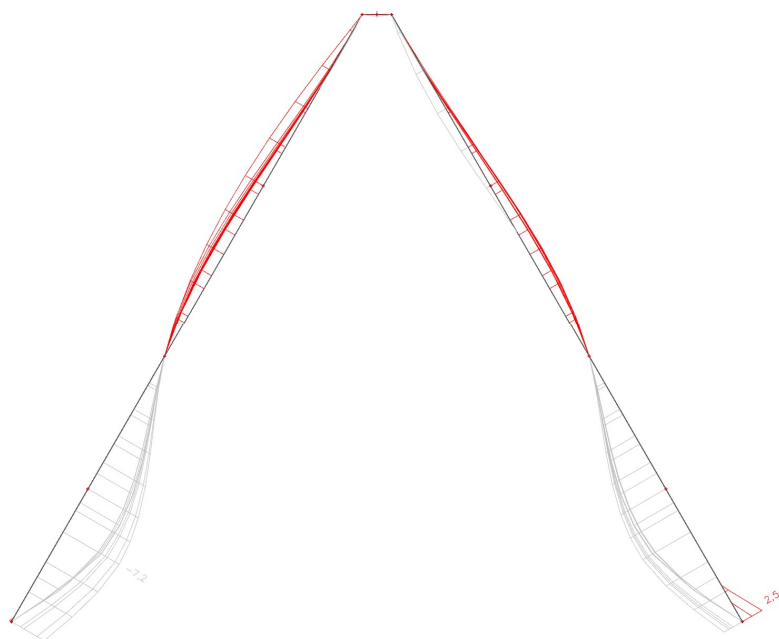
VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP

svislý průhyb krokve

$$L := 10,84 \text{ m}$$

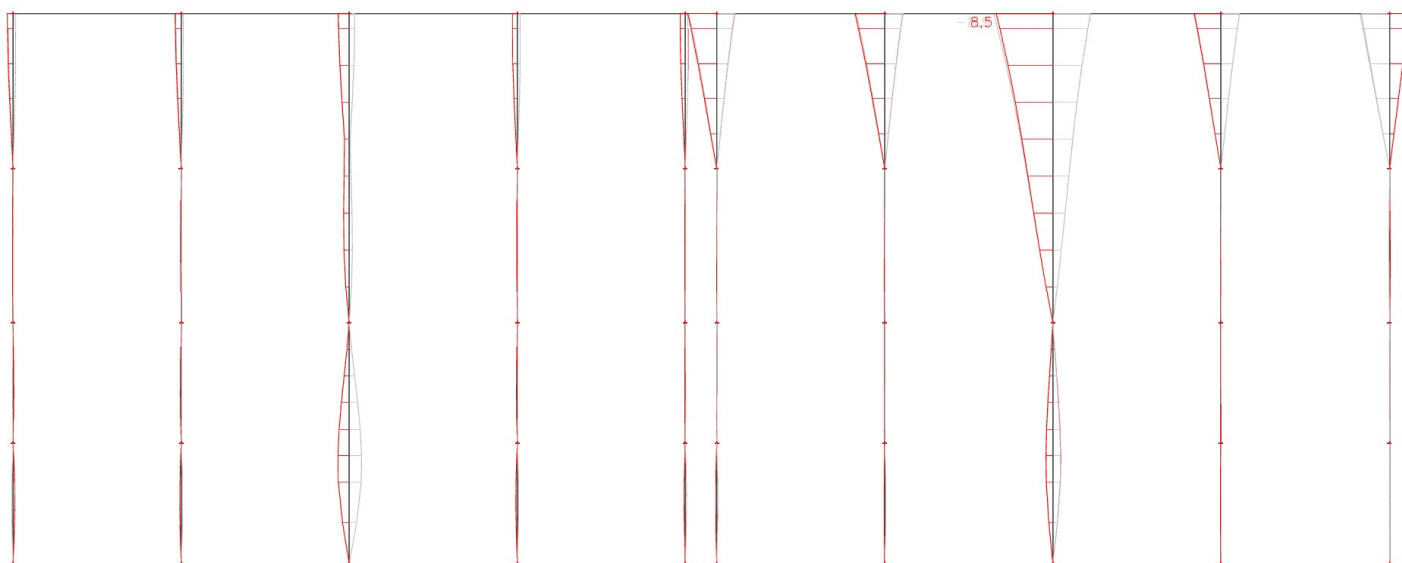
Vykreslení pomocí relativní deformace, které by mělo zobrazit deformace s ohledem na uvažované body podepření nosníku, přesto v koncových bodech krokve není nulová deformace. Z důvodu zjednodušení je přesto uvažována maximální hodnota 7,2 mm, protože svislý průhyb není rozhodujícím kritériem únosnosti.



$$7,2 \text{ mm} < \frac{L}{250} = 43,36 \text{ mm}$$

OK

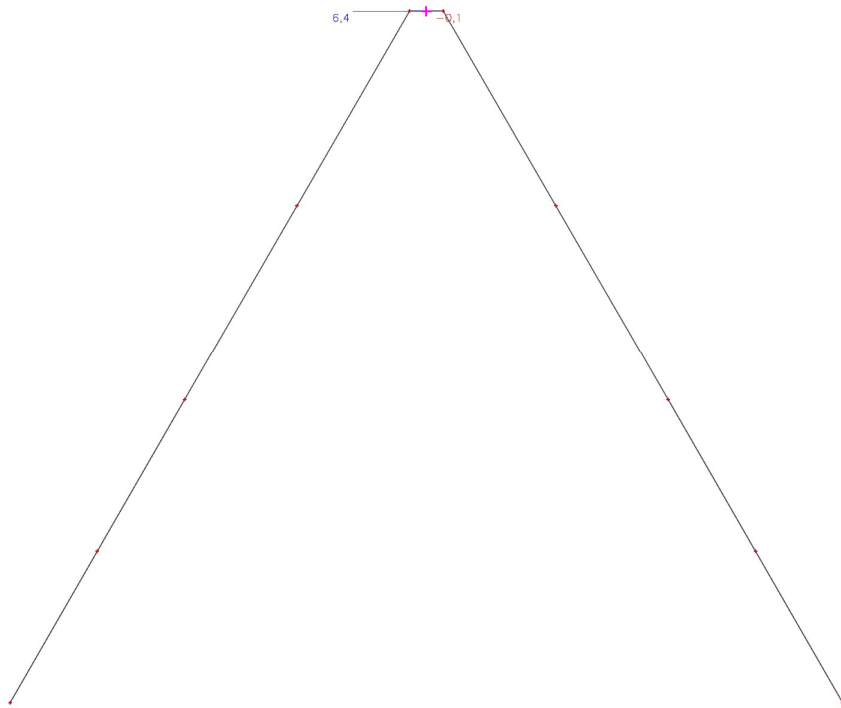
vodorovný průhyb krokve



$$8,9 \text{ mm} < \frac{L}{250} = 43,36 \text{ mm}$$

OK

Vodorovný posun ve vrcholu krokve



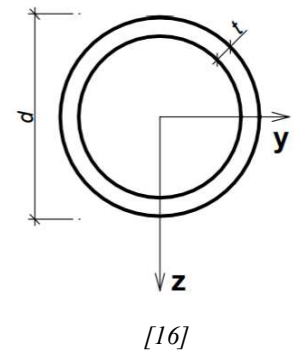
výška patra: $h := 9,388 \text{ m}$

$$8,0 \text{ mm} < \frac{h}{150} = 62,59 \text{ mm}$$

OK

13. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA KROKVI**Profil: TR 82,5 x 3,6**

$$\begin{aligned}
 t &:= 3,6 \text{ mm} & A &:= 892 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 22,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 d &:= 82,5 \text{ mm} & A_{vz} &:= 568 \text{ mm}^2 & i_y &:= 27,9 \text{ mm} \\
 & & I_y &:= 69,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ 

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 22,92 \quad \implies \quad 22,92 \leq 50$$

 \implies průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 38,95 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 45,97 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 4,176 \text{ m}$ **únosnost v tahu**

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 209,62 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 38,95 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,19$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 4,176 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 149,68$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,59$$

tvarované za studena

y - y \implies křivka "c" $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 2,11$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{y,Dom}^2}} = 0,286$$

$$X_z := \chi_y = 0,286$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 59,94 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 45,97 \text{ kN}$$

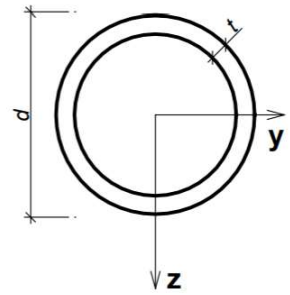
OK

$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,77$

14. POSOUZENÍ ZTUŽIDLA JEŘÁBOVÉ DRÁHY**14.1 DIAGONÁLNÍ ZTUŽENÍ**

Profil: TR 89 x 3,6

$$\begin{aligned}
 t &:= 3,6 \text{ mm} & A &:= 966 \text{ mm}^2 & W_{y,Pl} &:= 26,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 d &:= 89,0 \text{ mm} & A_{vz} &:= 615 \text{ mm}^2 & i_y &:= 30,2 \text{ mm} \\
 & & I_y &:= 88,2 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ 

[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t} = 24,72 \quad \Rightarrow \quad 24,72 \leq 50$$

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 50,55 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 67,01 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 4,339 \text{ m}$ **únosnost v tahu**

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 227,01 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 50,55 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,22$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 4,34 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 143,68$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,53$$

tvarované za studena

y - y \Rightarrow křivka "c" $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 2$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{y,Dom}^2}} = 0,305$$

$$X_z := \chi_y = 0,305$$

návrhová vzpěrná únosnost

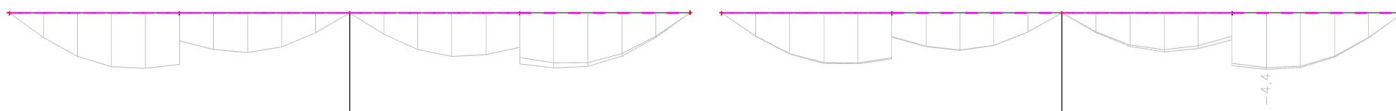
$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 69,23 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 67,01 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,97$$

POSOUZENÍ MSP

délka nosníku:

$$l := 4,346 \text{ m}$$

relativní svislá deformace:

$$4,4 \text{ mm}$$

<

$$\frac{l}{600} = 7,24 \text{ mm}$$

OK

14.2 VODOROVNÉ ZTUŽENÍ

K4

$$N_{Ed} := 177,06 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} := 0,79 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 20,70 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} := 0,08 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed} := 64,27 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 2,61 \text{ kN m}$$

Profil: HEB 180

$$h := 180 \text{ mm}$$

$$b := 180 \text{ mm}$$

$$t_w := 8,5 \text{ mm}$$

$$t_f := 14 \text{ mm}$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

$$d := 122 \text{ mm}$$

$$A := 6525 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 2024 \text{ mm}^2$$

$$I_Y := 3831 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

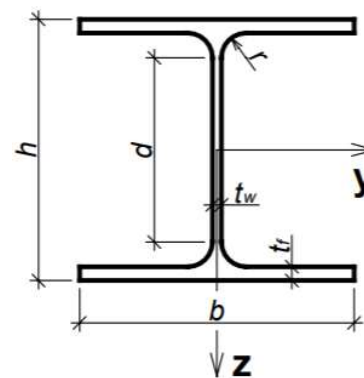
$$I_Z := 1363 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 581,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,pl} := 231,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 76,6 \text{ mm}$$

$$i_z := 45,7 \text{ mm}$$



ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 14,35$$

$$14,35 \leq 33$$

1.TŘÍDA

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 70,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,05$$

$$5,05 \leq 9$$

1.TŘÍDA

==> průřez je 1. TŘÍDY

$$\text{délka prutu: } L := 6,562 \text{ m}$$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 6,562 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 85,67$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,91$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 14 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,04$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,653$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1001,7 \text{ kN} > N_{Ed} = 177,06 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 6,562 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 143,59 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1,53$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 14 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,99$$

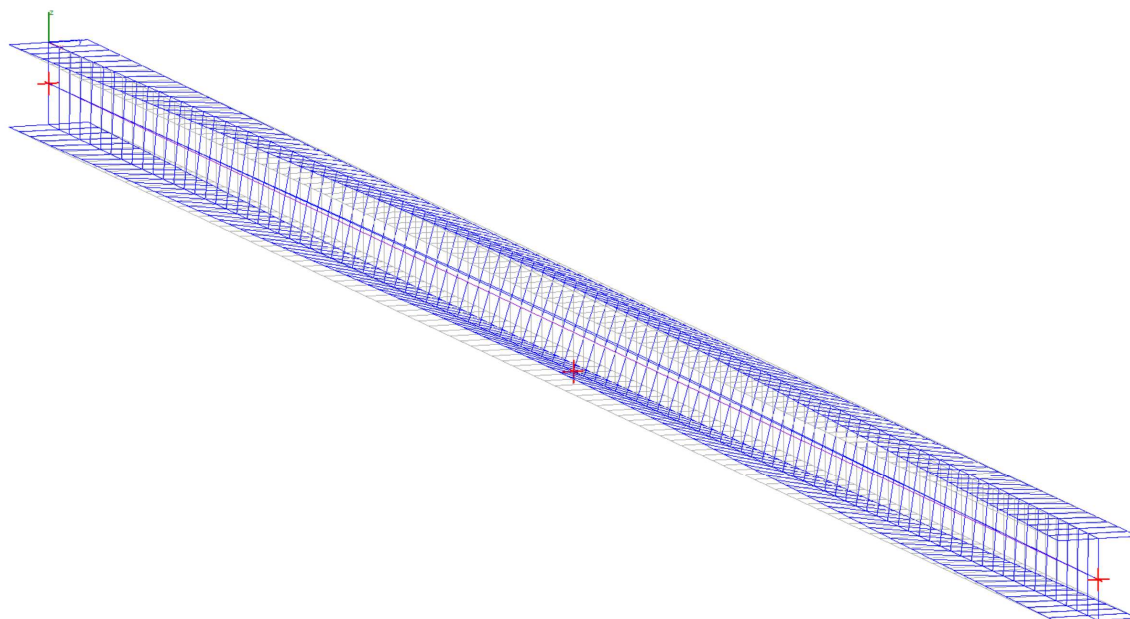
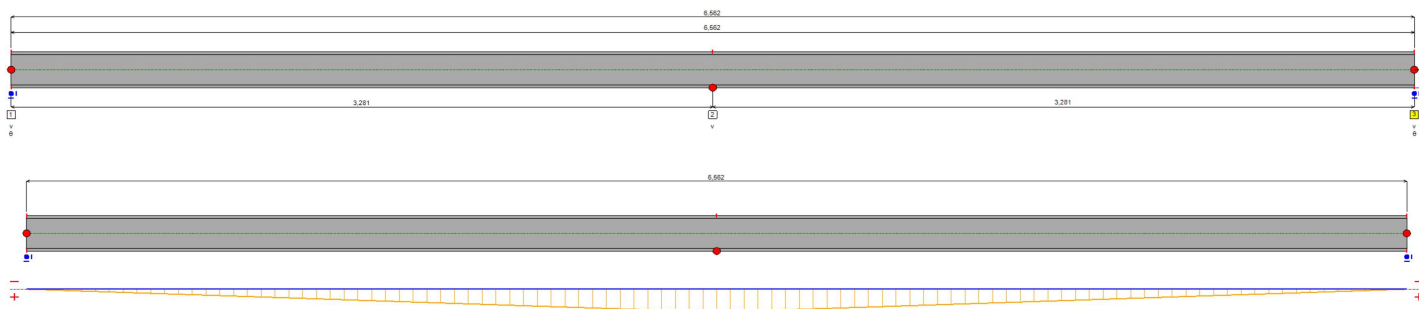
součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,305$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 468,09 \text{ kN} > N_{Ed} = 177,06 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN



Mode	μ_{cr}	Mmax.cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax.cr [kN] (*)	x (Nmax) [m]
1	5,119	329,01	3,281	0	3,281

$$M_{cr} := 329,01 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

Křivka klopení	a	b	c	d
Součinitel imperfekce při klopení α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,64 \quad \text{poměrná štíhlost při klopení}$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,7$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,897 \quad \text{součinitel klopení}$$

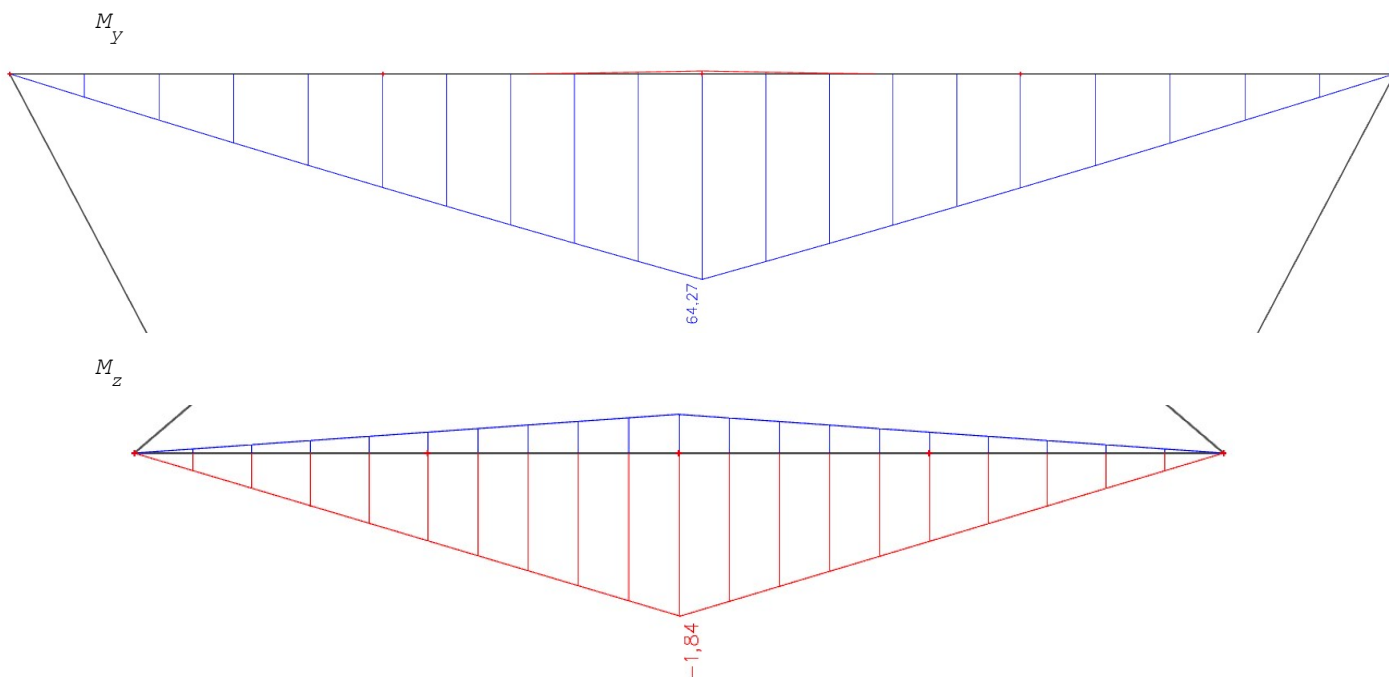
POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 122,5 \text{ kN m} > M_{y,Ed} = 64,27 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,52 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Součinitele interakce tlak + ohyb



součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$C_{my} := 0,9$$

$$C_{mz} := 0,9$$

$$C_{mLT} := 0,9$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1533,38 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,pl} \cdot f_y = 136,63 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,pl} \cdot f_y = 54,28 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[\begin{array}{l} C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 1,01$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[\begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \end{array} \right] \right) = 0,94$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[\begin{array}{l} C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \\ C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 1,17$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,7$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,74$$

$$0,18 + 0,53 + 0,03 = 0,74 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,93$$

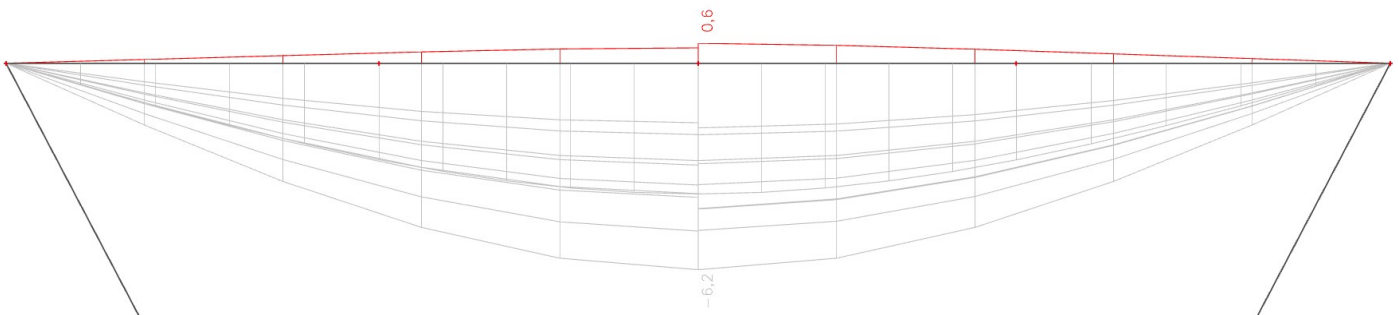
$$0,38 + 0,49 + 0,06 = 0,93 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 274,61 \text{ kN} \quad \gg \gg \quad V_{z,Ed} = 20,70 \text{ kN}$$

⇒ malý smyk

POSOZENÍ MSP

délka nosníku:

$$l := 6,562 \text{ m}$$

relativní svislá deformace:

$$6,2 \text{ mm}$$

<

$$\frac{l}{600} = 10,94 \text{ mm}$$

OK

15. POSOUZENÍ SVISLÉHO ZTUŽENÍ VENTILÁTOROVÉHO NOSNÍKU

Profil: TR 76 x 3,2

$$t := 3,2 \text{ mm}$$

$$d := 76 \text{ mm}$$

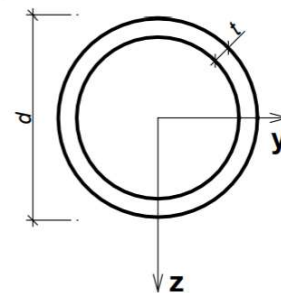
$$A := 732 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 466 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 48,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 17,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 27,9 \text{ mm}$$



[16]

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TAHEM

$$\frac{d}{t} = 23,75 \quad \Rightarrow \quad 23,75 \leq 50$$

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 162,59 \text{ kN}$$

délka prutu:

$$L := 4,611 \text{ m}$$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 172,02 \text{ kN}$$

>

$$N_{t,Ed} = 162,59 \text{ kN}$$

OK

$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,95$

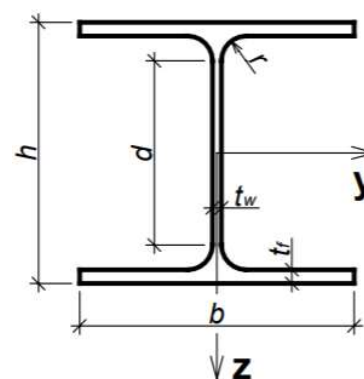
16. POSOUZENÍ NOSNÍKU POD KROKVEMI

Návrhové síly:

K9	K4
$N_{Ed,1} := 78,57 \text{ kN}$	$N_{Ed,2} := 115,75 \text{ kN}$
$V_{y,Ed,1} := 78,92 \text{ kN}$	$V_{y,Ed,2} := 81,17 \text{ kN}$
$V_{z,Ed,1} := 206,57 \text{ kN}$	$V_{z,Ed,2} := 205,40 \text{ kN}$
$M_{x,Ed,1} := 0,04 \text{ kN m}$	$M_{x,Ed,2} := 0,02 \text{ kN m}$
$M_{y,Ed,1} := 46,78 \text{ kN m}$	$M_{y,Ed,2} := 30,73 \text{ kN m}$
$M_{z,Ed,1} := 25,69 \text{ kN m}$	$M_{z,Ed,2} := 26,95 \text{ kN m}$

Profil: HEB 220

$h := 220 \text{ mm}$	$A := 9104 \text{ mm}^2$	$W_{y,p1} := 827,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$b := 220 \text{ mm}$	$A_{vz} := 2792 \text{ mm}^2$	$W_{z,p1} := 393,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$t_w := 9,5 \text{ mm}$	$I_y := 8091 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i_y := 94,3 \text{ mm}$
$t_f := 16,0 \text{ mm}$	$I_z := 2843 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i_z := 55,9 \text{ mm}$
$r := 18 \text{ mm}$		
$d := 152 \text{ mm}$		



ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

posunutí N.O. k tažené pásnici:

$$x := \frac{N_{Ed,1}}{t_w \cdot f_y} = 35,19 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 0,73$$

$$\frac{d}{t_w} = 16 \quad \Rightarrow \quad 16 \leq 46,53 \quad \text{1.TŘÍDA}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 46,53$$

$$x := \frac{N_{Ed,2}}{t_w \cdot f_y} = 51,85 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 0,84$$

$$\frac{d}{t_w} = 16 \quad \Rightarrow \quad 16 \leq 39,86 \quad \text{1.TŘÍDA}$$

$$\frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 39,86$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 87,25 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,45 \quad 5,45 \leq 9 \quad \text{1.TŘÍDA}$$

\Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

[16]

délka prutu: $L := 10,84 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 10,84 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 114,95 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,22$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 16 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,42$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,465$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 995,2 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 78,57 \\ 115,75 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := \frac{L}{2} = 5,42 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 96,96 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1,03$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 16 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda_{z, \text{p0m}} - 0,2 \right) + \lambda_{z, \text{p0m}}^2 \right) = 1,24$$

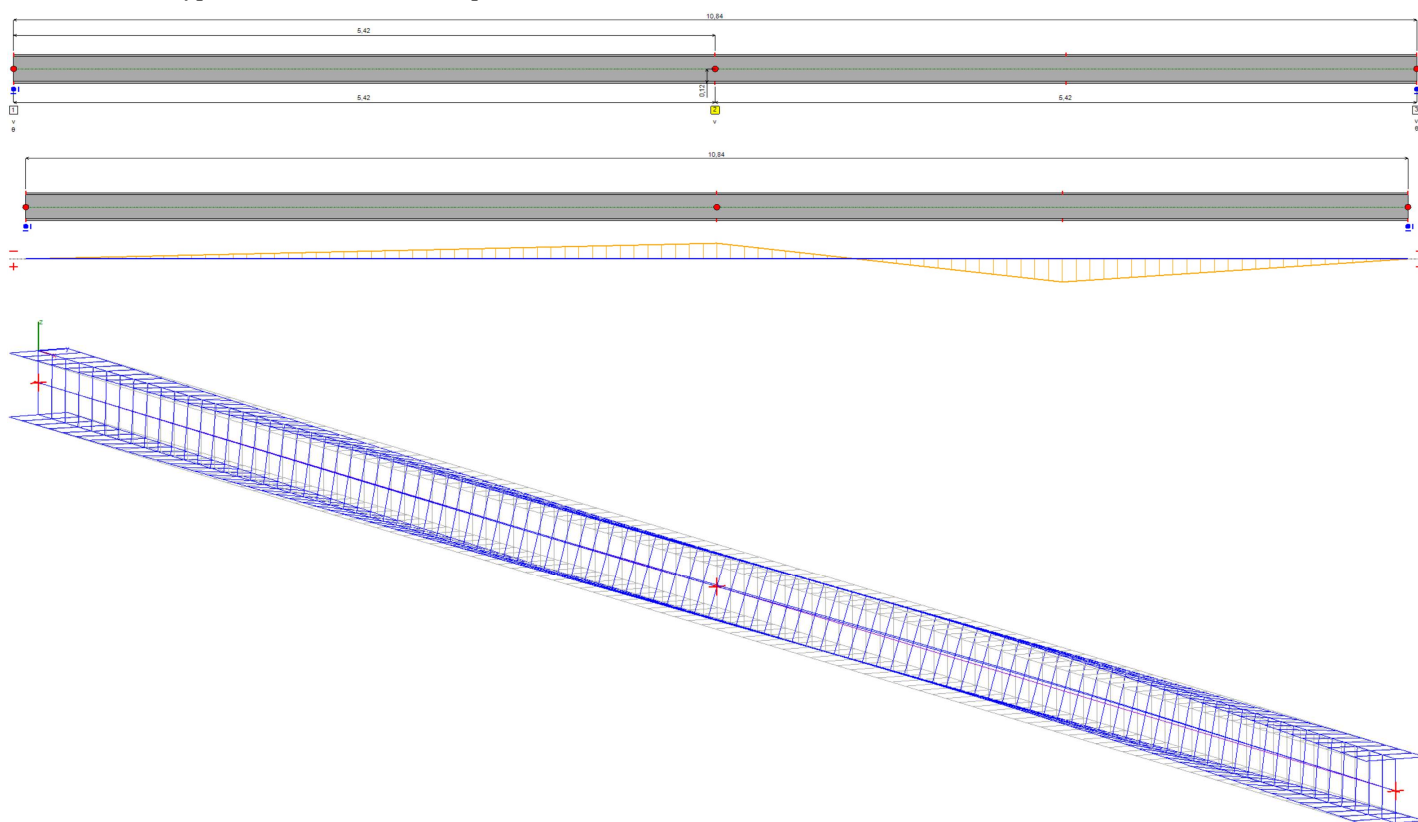
součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z, \text{p0m}}^2}} = 0,521$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b, Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1115,23 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 78,57 \\ 115,75 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Výpočet kritického momentu pomocí SW LTBeamN



Mode	μ_{cr}	Mmax.cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax.cr [kN] (°)	x (Nmax) [m]
1	10.99	513.91	8.13	0	8.13

$$M_{cr} := 513,91 \text{ kN m}$$

Klopení profilu tvaru Ipoměrná štíhlost při klopení:

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,61$$

$$\phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right)$$

$$\alpha_{LT} := 0,34 \quad \text{pro válcované I profily s } h/b \leq 2 \text{ - křivka "b"}$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\beta := 0,75$$

$$\phi_{LT} = 0,68$$

součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,91 < 1,0$$

$$M_{y,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{y,p1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 176,91 \text{ kN m} > \begin{cases} M_{y,Ed,1} \\ M_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 46,78 \\ 30,73 \end{cases} \text{ kN m} \quad \text{OK}$$

Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 378,8 \text{ kN} \gg \gg \begin{cases} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 206,57 \\ 205,4 \end{cases} \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{malý smyk}$$

$$\frac{V_{z,Ed,1}}{V_{p1,Rd}} = 0,55$$

 \Rightarrow redukce momentové únosnosti pomocí redukované meze kluzu

$$\rho := \left(\frac{2 \cdot V_{z,Ed}}{V_{p1,Rd}} - 1 \right)^2 = 0,79$$

$$A_w := (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 1786 \text{ mm}^2$$

$$M_{y,V,Rd} := \frac{\left(W_{y,p1} - \frac{\rho \cdot A_w}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 178,69 \text{ kN m}$$

$$V_{p1,Rd} := \frac{2 \cdot (b \cdot t_f) \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 955,2 \text{ kN} \gg \gg \begin{cases} V_{y,Ed,1} \\ V_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 78,92 \\ 81,17 \end{cases} \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{malý smyk}$$

Vázané kroucení v pásnici

Vázané kroucení ve stojně je rovno nule, protože je zde nulová výšečová souřadnice a tedy i její statický moment rovný nule.

$$K_t := L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 9,86$$

parametr tuhosti při kroucení

oboustranné podepření nosníku \implies prosté podepření \implies obecné zatížení

$$\alpha := 3,7$$

$$\beta := 1,08$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0,82$$

rozdělovací parametr

Bimoment vázaného kroucení

$$B_{1,Ed} := M_{z,Ed,1} \cdot \frac{h}{2} \cdot (1 - \kappa) = 0,51 \text{ kN m}^2$$

$$B_{2,Ed} := M_{z,Ed,2} \cdot \frac{h}{2} \cdot (1 - \kappa) = 0,54 \text{ kN m}^2$$

$$\omega_{max} := \frac{b \cdot h}{4} = 12100 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 1,82 \text{ kN m}^2$$

$$\frac{\max \left(\begin{array}{l} B_{1,Ed} \\ B_{2,Ed} \end{array} \right)}{\frac{B_{Rk}}{\gamma_{M1}}} = 29,44 \%$$

\implies nutno zohlednit v interakční podmínce

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

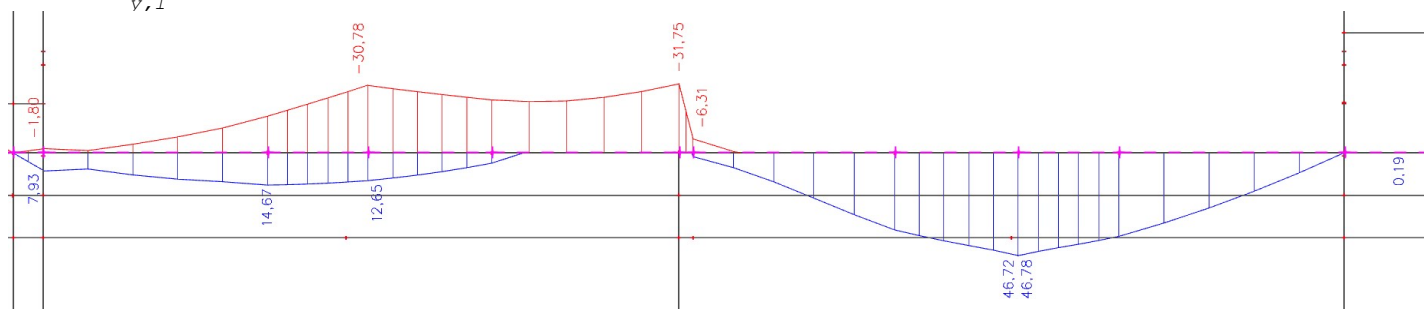
$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2139,44 \text{ kN}$$

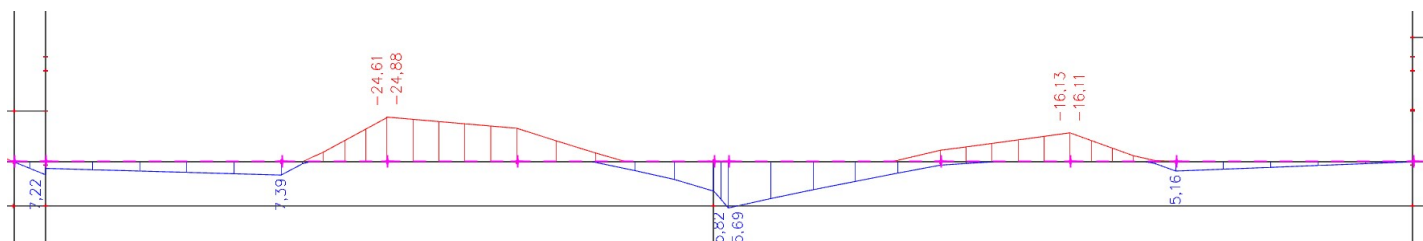
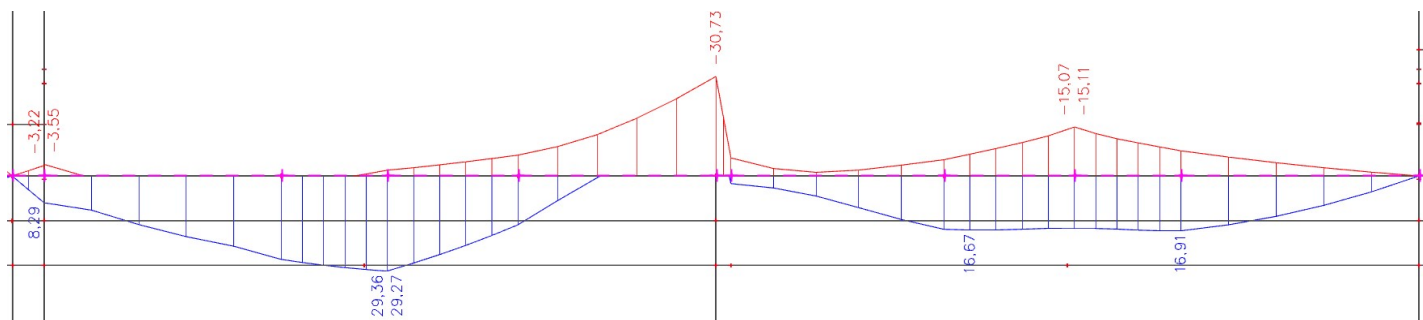
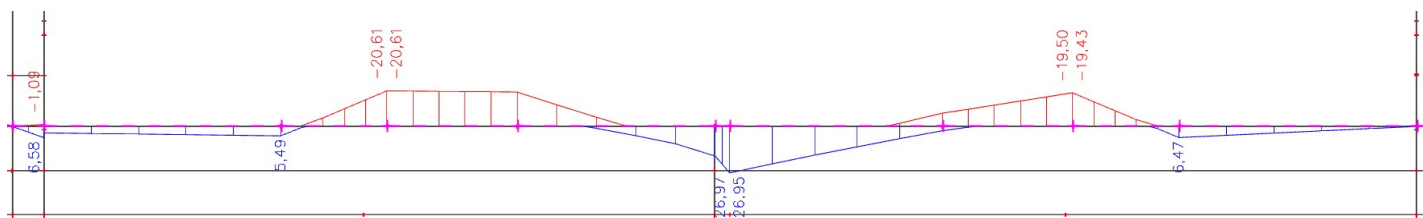
$$M_{Y,Rk} := M_{Y,V,Rd} = 178,69 \text{ kN m}$$

$$M_{Z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 92,57 \text{ kN m}$$

interakční součinitele:

$M_{Y,1}$



$M_{z,1}$  $M_{y,2}$  $M_{z,2}$ 

součinitele ekvivalentního momentu:

$$\alpha_{s,y,1} := \frac{-31,75}{46,78} = -0,68$$

$$\alpha_{s,y,2} := \frac{29,36}{-30,73} = -0,96$$

$$\alpha_{s,z,1} := \frac{-24,88}{25,82} = -0,96$$

$$\alpha_{s,z,2} := \frac{-20,61}{26,97} = -0,76$$

$$\psi_{y,1} := \frac{0}{46,78} = 0$$

$$\psi_{y,2} := \frac{0}{-30,73} = 0$$

$$\psi_{z,1} := \frac{0}{25,82} = 0$$

$$\psi_{z,2} := \frac{0}{26,97} = 0$$

$$C_{my,1} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,1} = 0,54 \quad \geq 0,4$$

$$C_{mLT,1} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,1} = 0,54 \quad \geq 0,4$$

$$C_{mz,1} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z,1} = 0,77 \quad \geq 0,4$$

$$C_{my,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,2} = 0,76 \quad \geq 0,4$$

$$C_{mLT,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,2} = 0,76 \quad \geq 0,4$$

$$C_{mz,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z,2} = 0,61 \quad \geq 0,4$$

$$k_{yy,1} := \min \left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right] = 0,58$$

$$\left[\left[C_{my,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right]$$

$$k_{yy,2} := \min \left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right] = 0,84$$

$$\left[\left[C_{my,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \right] \right]$$

$$k_{zy,1} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right] = 0,96$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,1} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right]$$

$$k_{zy,2} := \max \left[\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right] = 0,98$$

$$\left[\left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT,2} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y} \right] \right]$$

$$k_{zz,1} := \min \left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,81$$

$$\left[\left[C_{mz,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{zz,2} := \min \left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right] = 0,66$$

$$\left[\left[C_{mz,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right]$$

$$k_{yz,1} := 0,6 \cdot k_{zz,1} = 0,49$$

$$k_{yz,2} := 0,6 \cdot k_{zz,2} = 0,4$$

$$k_{1,w} := 0,7 - \frac{0,2 \cdot B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,64$$

$$k_{2,w} := 0,7 - \frac{0,2 \cdot B_{2,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,64$$

$$k_{1,zw} := 1 - \frac{M_{z,Ed,1}}{W_{z,p1} \cdot \frac{f_y}{Y_{M1}}} = 0,72$$

$$k_{2,zw} := 1 - \frac{M_{z,Ed,2}}{W_{z,p1} \cdot \frac{f_y}{Y_{M1}}} = 0,71$$

$$k_{1,a} := \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed,1}}{M_{cr}}} = 1,10$$

$$k_{2,a} := \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed,2}}{M_{cr}}} = 1,06$$

Posudek

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,1} \cdot \frac{M_{z,Ed,1}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{k_{1,w} \cdot k_{1,zw} \cdot k_{1,a} \cdot B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,52$$

$$0,08 + 0,17 + 0,14 + 0,14 = 0,52 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,2}}{\chi_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YY,2} \cdot \frac{M_{Y,Ed,2}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{YZ,2} \cdot \frac{M_{z,Ed,2}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{k_{2,w} \cdot k_{2,zw} \cdot k_{2,a} \cdot B_{2,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,53$$

$$0,12 + 0,16 + 0,12 + 0,14 = 0,53 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zY,1} \cdot \frac{M_{Y,Ed,1}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{Y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz,1} \cdot \frac{M_{z,Ed,1}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{k_{1,w} \cdot k_{1,zw} \cdot k_{1,a} \cdot B_{1,Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,72$$

$$0,07 + 0,28 + 0,23 + 0,14 = 0,72 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

17. POSOUZENÍ NOSÍKU POD SLOUPY STĚNY

Návrhové síly:

K10

$$N_{Ed,1} := 95,14 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,1} := 21,99 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,1} := 303,79 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,1} := 27,94 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed,1} := 316,73 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,1} := 39,86 \text{ kN m}$$

K4

$$N_{Ed,2} := 52,76 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,2} := 7,85 \text{ kN}$$

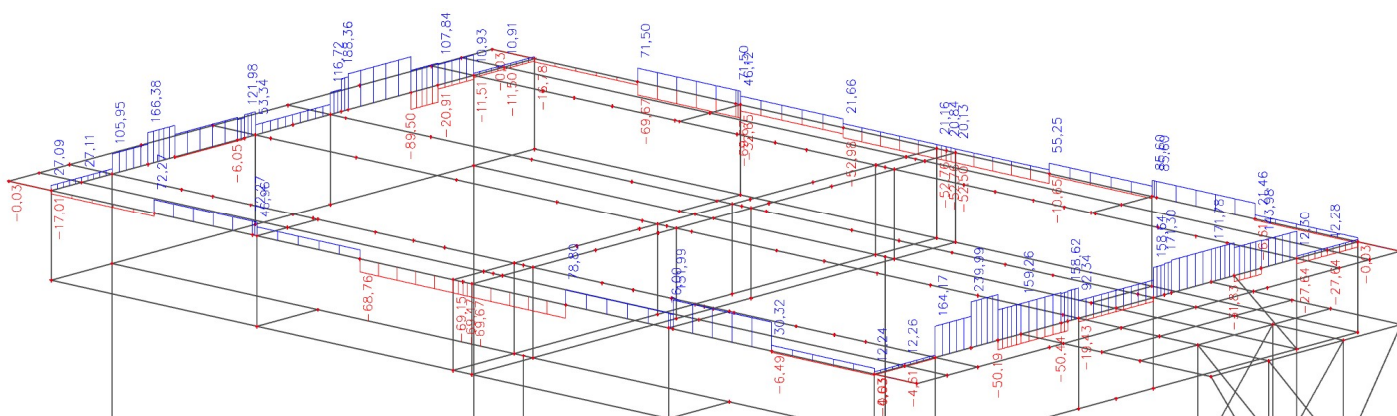
$$V_{z,Ed,2} := 215,61 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed,2} := 0,73 \text{ kN m}$$

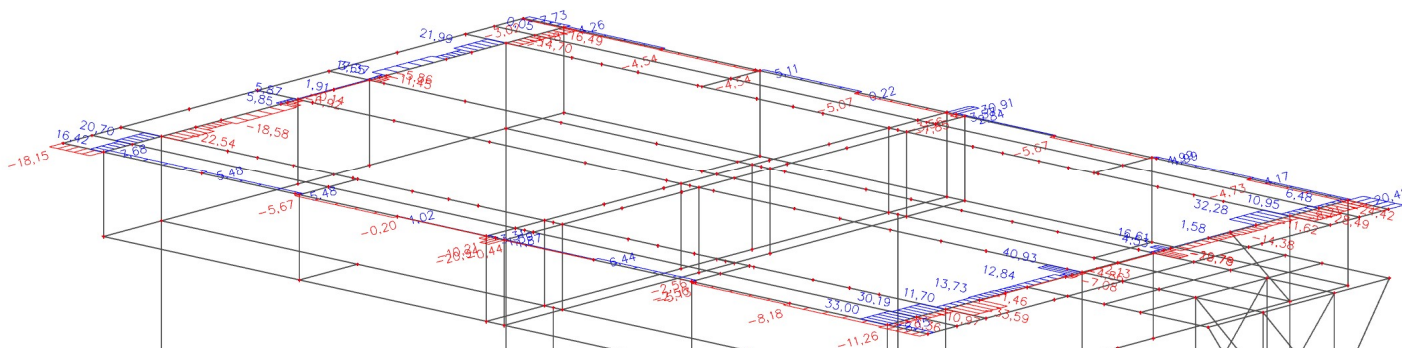
$$M_{y,Ed,2} := 370,09 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed,2} := 15,56 \text{ kN m}$$

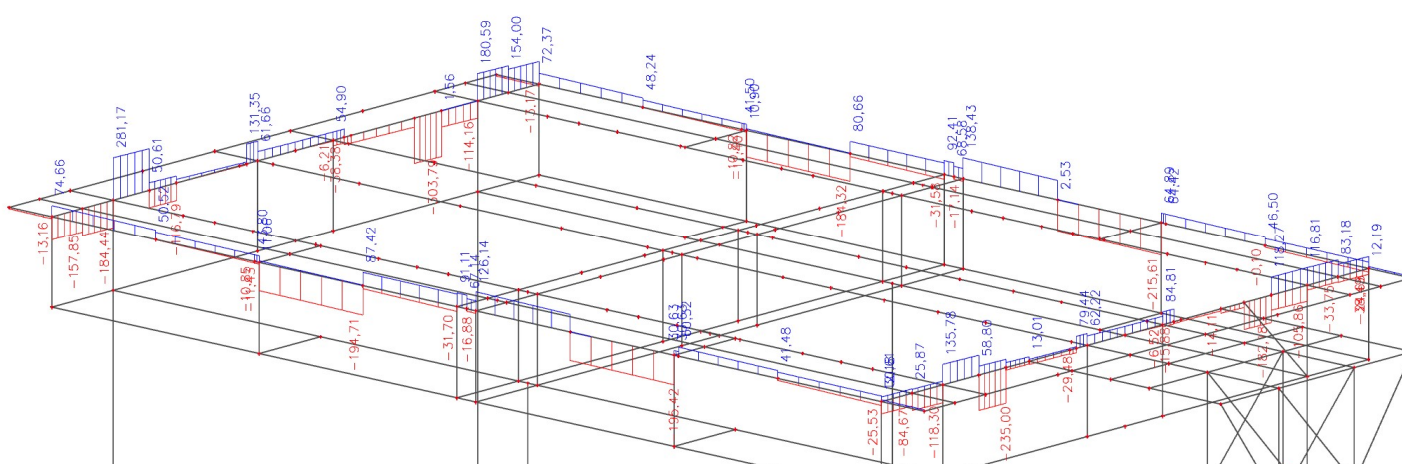
Obálka normálových sil



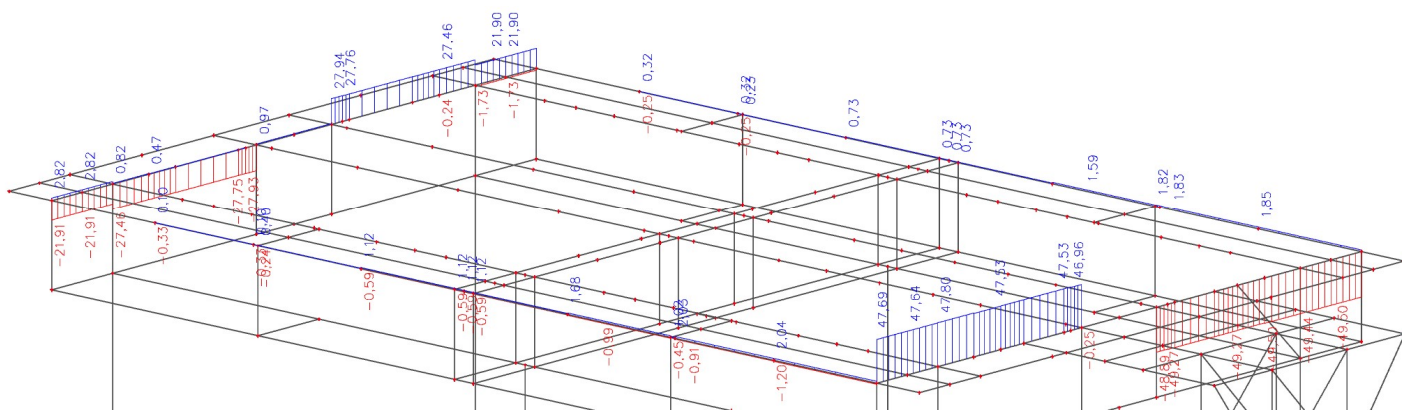
Obálka posouvajících sil Vy



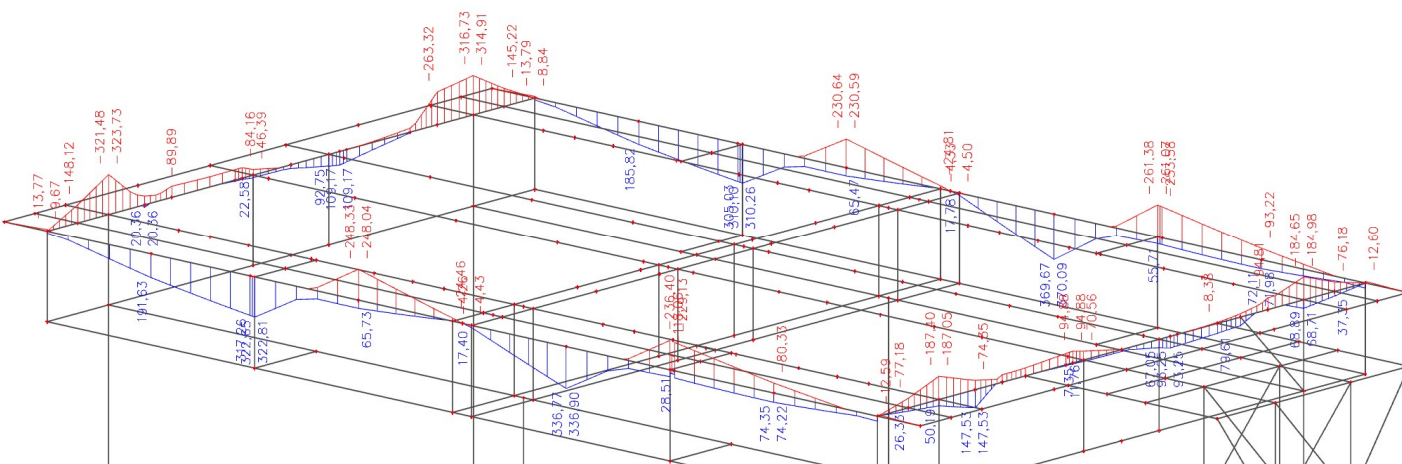
Obálka posouvajících sil Vz



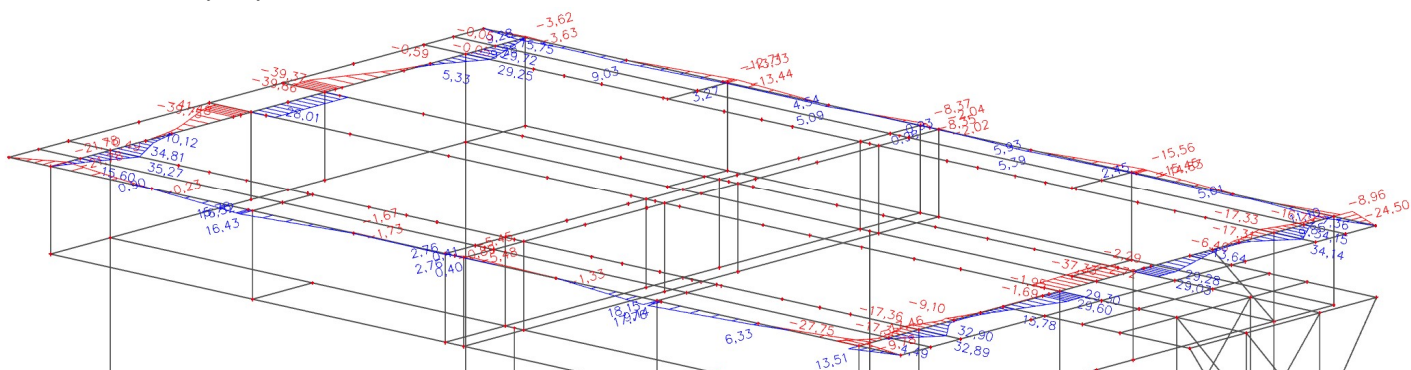
Obálka kroutících momentů M_x



Obálka ohybových momentů M_y

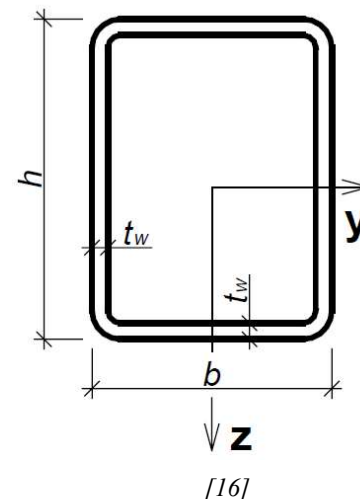


Obálka ohybových momentů M_z



Profil: 400x200x10

$$\begin{array}{lll}
 t_w := 10,0 \text{ mm} & A := 11500 \text{ mm}^2 & W_{y,p1} := 1480 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 h := 400 \text{ mm} & I_y := 23900 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{z,p1} := 911 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b := 200 \text{ mm} & I_z := 8080 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y := 144 \text{ mm} \\
 & I_t := 19300 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_z := 83,9 \text{ mm}
 \end{array}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ **ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N**

stojina

$$\frac{h - 2 \cdot t_w}{t_w} = 38 \qquad 38 \leq 38$$

2.TŘÍDA

pásnice

$$\frac{b - 2 \cdot t_w}{t_w} = 18 \qquad 14 \leq 33$$

1.TŘÍDA

==> průřez je 2. TŘÍDYdélka prutu: $L := 11,36 \text{ m}$ **ohyb kolem osy y**

$$L_{cr,y} := L = 11,36 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 78,89$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,84$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

 $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,01$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,637$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1721,45 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 95,14 \\ 52,76 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := \frac{L}{2} = 5,68 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 67,7$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,72$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 0,89$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,712$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1923,27 \text{ kN} > \begin{cases} N_{Ed,1} \\ N_{Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 95,14 \\ 52,76 \end{cases} \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{2 \cdot (h - 2 \cdot t_w) \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1031,15 \text{ kN}$$

$$\tau_{t,Ed} := \frac{M_{x,Ed,1}}{I_t} \cdot \max \left(\begin{bmatrix} t_w \\ t_f \end{bmatrix} \right) = 2,32 \text{ MPa}$$

$$V_{pl,T,Rd} := \sqrt{1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{f_y}} \cdot \frac{V_{pl,Rd}}{\sqrt{3}} = 1022,31 \text{ kN}$$

$$V_{p1,T,Rd} = 1022,31 \text{ kN} > \begin{cases} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 303,79 \\ 215,61 \end{cases} \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\begin{matrix} V_{z,Ed,1} \\ V_{z,Ed,2} \end{matrix} \right)}{V_{p1,T,Rd}} = 0,30 \implies \text{malý smyk}$$

$$V_{p1,Rd} := \frac{2 \cdot (b \cdot t_f) \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 868,33 \text{ kN} \gg \begin{cases} V_{y,Ed,1} \\ V_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 21,99 \\ 7,85 \end{cases} \text{ kN} \implies \text{malý smyk}$$

Ohybová únosnost

$$\chi_{LT} := 1,0 \quad \text{uzavřený průřez} \implies \text{neklopí}$$

$$M_{y,Rd} := W_{y,p1} \cdot f_y = 347,8 \text{ kN m} > \begin{cases} M_{y,Ed,1} \\ M_{y,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 316,73 \\ 370,09 \end{cases} \text{ kN m} \quad \text{OK}$$

$$M_{z,Rd} := W_{z,p1} \cdot f_y = 214,09 \text{ kN m} > \begin{cases} M_{z,Ed,1} \\ M_{z,Ed,2} \end{cases} = \begin{cases} 39,86 \\ 15,56 \end{cases} \text{ kN m} \quad \text{OK}$$

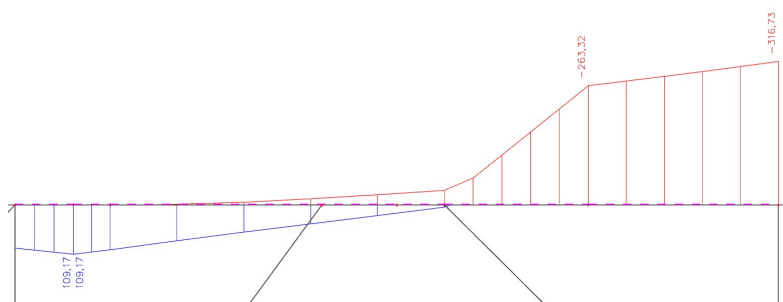
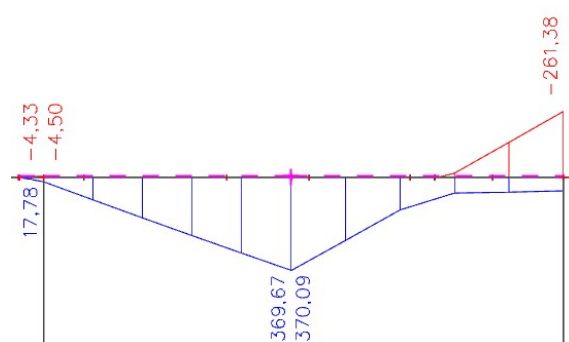
CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

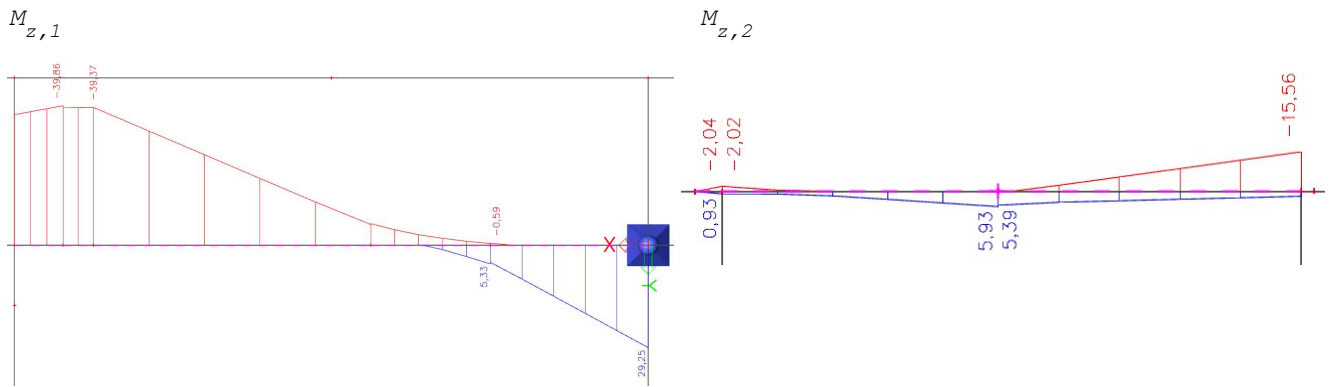
$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2702,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,p1} \cdot f_y = 347,8 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 214,08 \text{ kN m}$$

interakční součinitele:

 $M_{y,1}$

 $M_{y,2}$




součinitele ekvivalentního momentu:

$$\alpha_{s,y,2} := \frac{-261,38}{370,09} = -0,71$$

$$\alpha_{s,z,2} := \frac{5,93}{-15,56} = -0,38$$

$$\Psi_{y,1} := \frac{109,17}{-316,73} = -0,34$$

$$\Psi_{y,2} := \frac{0}{-261,38} = 0$$

$$\Psi_{z,1} := \frac{29,25}{-29,86} = -0,98$$

$$\Psi_{z,2} := \frac{0}{-15,56} = 0$$

$$C_{my,1} := 0,6 + 0,4 \cdot \Psi_{y,1} = 0,46 \quad \geq 0,4$$

$$C_{mz,1} := 0,6 + 0,4 \cdot \Psi_{z,1} = 0,21 \quad \geq 0,4$$

$$\Rightarrow C_{mz,1} := 0,4$$

$$C_{my,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y,2} = 0,57 \quad \geq 0,4$$

$$C_{mz,2} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z,2} = 0,3 \quad \geq 0,4$$

$$\Rightarrow C_{mz,2} := 0,4$$

$$k_{yy,1} := \min \left[\begin{array}{l} C_{my,1} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \\ C_{my,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \end{array} \right] \cdot \frac{1}{Y_{M1}} = 0,48$$

$$k_{yy,2} := \min \left[\begin{array}{l} C_{my,2} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \\ C_{my,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} \right) \end{array} \right] \cdot \frac{1}{Y_{M1}} = 0,58$$

$$k_{zy,1} := 0,6 \cdot k_{yy,1} = 0,29$$

$$k_{zy,2} := 0,6 \cdot k_{yy,2} = 0,35$$

$$k_{zz,1} := \min \left[\begin{array}{l} C_{mz,1} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \\ C_{mz,1} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \end{array} \right] = 0,42$$

$$k_{zz,2} := \min \left[\begin{array}{l} C_{mz,2} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \\ C_{mz,2} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \end{array} \right] = 0,41$$

$$k_{yz,1} := 0,6 \cdot k_{zz,1} = 0,25$$

$$k_{yz,2} := 0,6 \cdot k_{zz,2} = 0,25$$

Posudek

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy,1} \cdot \frac{M_{y,Ed,1}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz,1} \cdot \frac{M_{z,Ed,1}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,54$$

$$0,06 + 0,44 + 0,05 = 0,54 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,2}}{\chi_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy,2} \cdot \frac{M_{y,Ed,2}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz,2} \cdot \frac{M_{z,Ed,2}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,66$$

$$0,03 + 0,61 + 0,02 = 0,66 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,1}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy,1} \cdot \frac{M_{y,Ed,1}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz,1} \cdot \frac{M_{z,Ed,1}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,39$$

$$0,05 + 0,26 + 0,08 = 0,39 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed,2}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy,2} \cdot \frac{M_{y,Ed,2}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz,2} \cdot \frac{M_{z,Ed,2}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0,42$$

$$0,03 + 0,37 + 0,03 = 0,42 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSUDEK MSP

délka nosníku

 $L := 2,84 \text{ m}$

$$1,4 \text{ mm} < \frac{L}{250} = 11,36 \text{ mm}$$

OK

18. POSOUZENÍ SLOUPU

Návrhové síly:

$$N_{Ed} := 798,95 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$V_{y,Ed} := 0,26 \text{ kN}$$

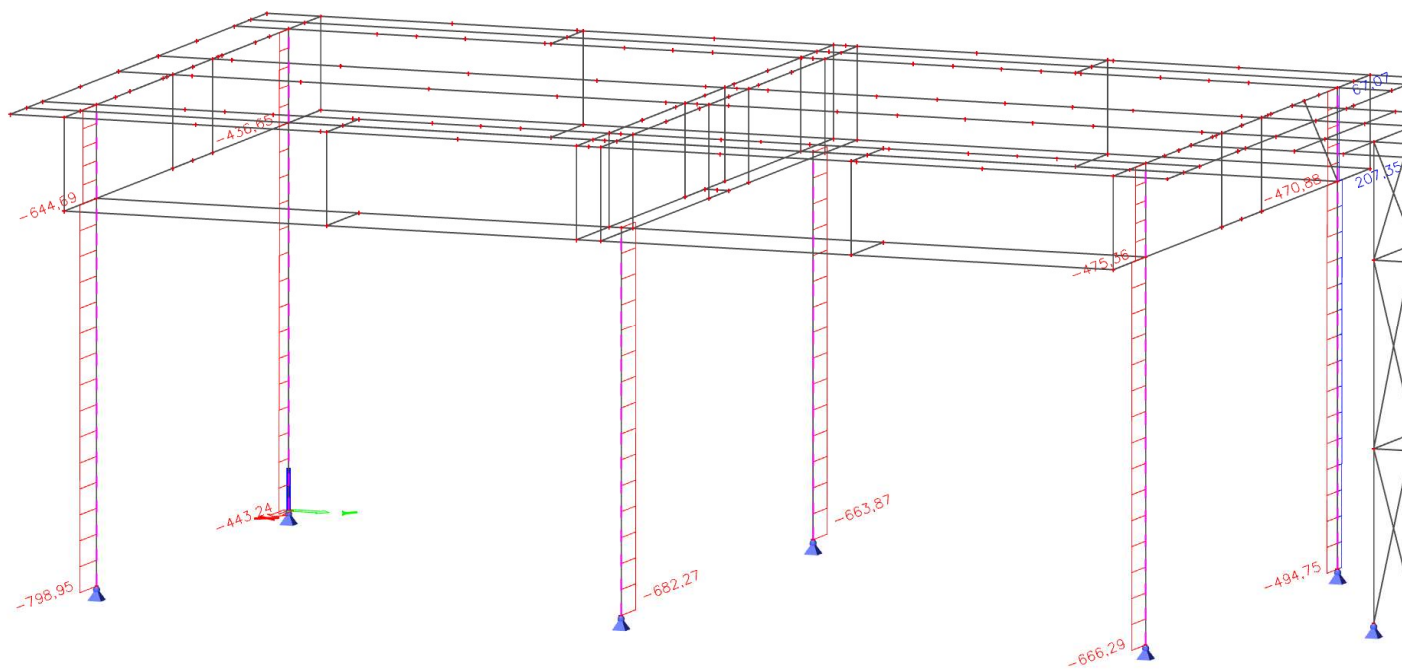
$$V_{z,Ed} := 2,40 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 46,22 \text{ kN m}$$

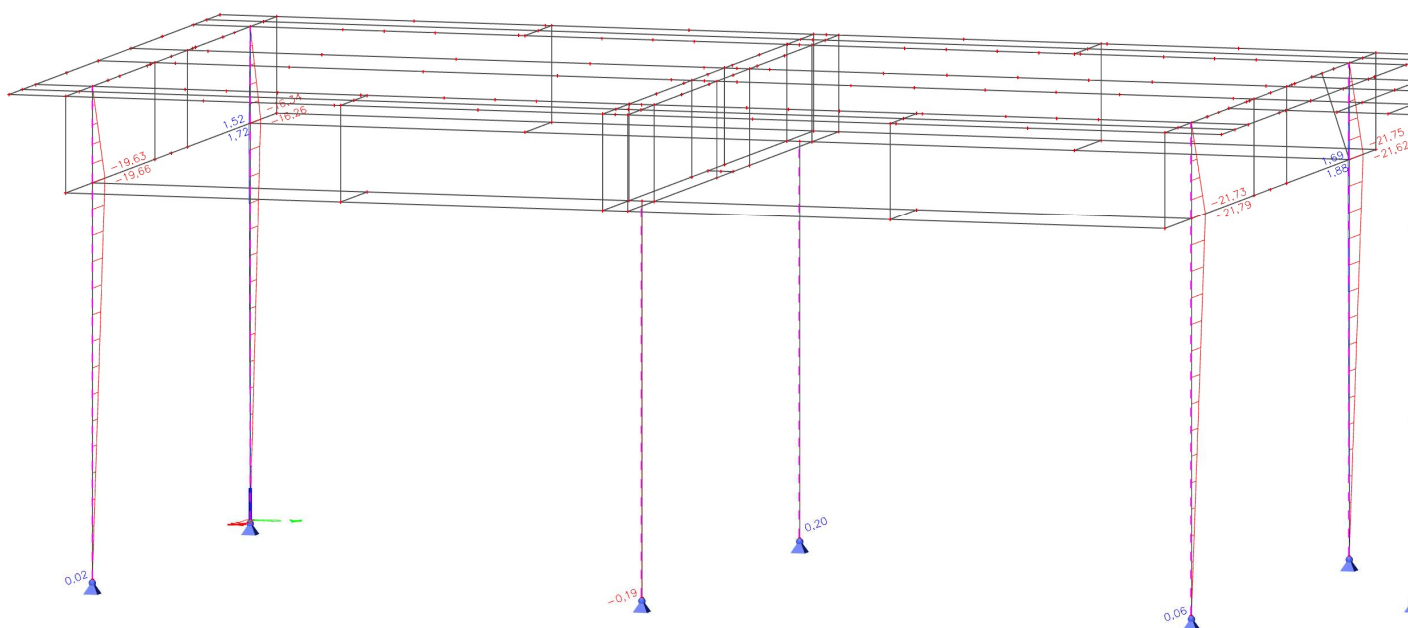
$$M_{z,Ed} := 2,11 \text{ kN m}$$

Obálka normálových sil na sloupech:

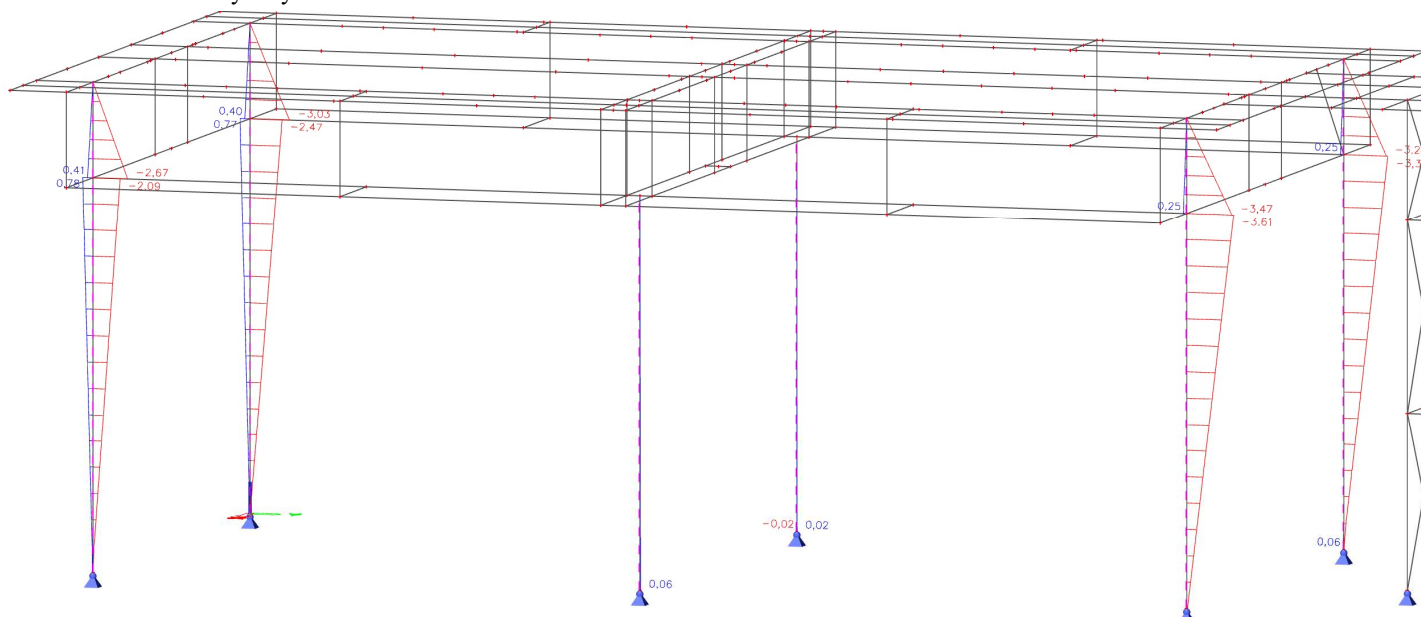
tah: 207,35 kN



Obálka ohybových momentů M_y



Obálka ohybových momentů Mz

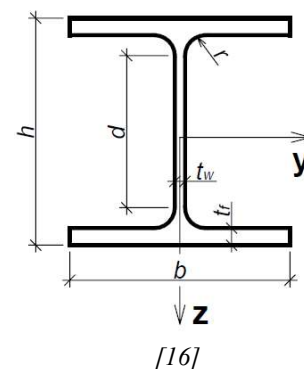


Profil: HEB 280

$$\begin{aligned}
 h &:= 280 \text{ mm} & A &:= 13140 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 1534 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b &:= 280 \text{ mm} & A_{vz} &:= 4109 \text{ mm}^2 & W_{z,pl} &:= 717,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t_w &:= 10,5 \text{ mm} & I_y &:= 19270 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 121 \text{ mm} \\
 t_f &:= 18,0 \text{ mm} & I_z &:= 6595 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_z &:= 70,9 \text{ mm} \\
 r &:= 24 \text{ mm} & I_w &:= 1130000 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 & & \\
 d &:= 196 \text{ mm} & I_t &:= 143,7 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

posunutí N.O. k tažené pásnici:

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 323,79 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 2,15 \quad \Rightarrow \text{celá stojina je tlačaná}$$

$$\frac{d}{t_w} = 18,67$$

$$\Rightarrow 18,67 \leq 33$$

1.TŘÍDA

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 110,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 6,15$$

$$6,15 \leq 9$$

1.TŘÍDA

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 8,2 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 8,2 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 67,77 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,72$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 18 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,85$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,771$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 2381,72 \text{ kN} > N_{Ed} = 798,95 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 8,2 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 115,66 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1,23$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 18 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,51$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z, pom}^2}} = 0,419$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b, Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1293,6 \text{ kN} > N_{Ed} = 798,95 \text{ kN}$$

OK

Klopení profilu tvaru I

$$L_{LT} := L = 8,2 \text{ m}$$

$$k_w := 1,0 \quad k_z := 1,0 \quad k_y := 1,0$$

součinitel C1 při zatížení prutu koncovými momenty (tab NB.3.2)

$$C_1 := C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{wt}$$

$$k_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L_{LT}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 0,55$$

bezrozměrný parametr kroucení

$$C_1 := 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot k_{wt} = 1,13$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = 1,29$$

bezrozměrný kritický moment pro symetrický průřez zatížený ve středu smyku

KRITICKÝ MOMENT

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L_{LT}} = 626,54 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

Křivka klopení	a	b	c	d
Součinitel imperfekce při klopení α_{LT}	0,21	0,34	0,49	0,76

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y, pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,76$$

poměrná štíhlost při klopení

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,78$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,84$$

$$\chi_{LT} \leq 1,0$$

součinitel klopení

POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,Pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 302,64 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,15 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Součinitele interakce tlak + ohyb

součinitele C dle tab. B.3

$$\text{poměr koncových momentů:} \quad \Psi_y := \frac{0}{-21,79} = 0$$

$$\Psi_z := \frac{0}{-3,61} = 0$$

součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$C_{my} := 0,6 + 0,4 \cdot \Psi_y = 0,6 \quad C_{my} \geq 0,4$$

$$C_{mz} := 0,6 + 0,4 \cdot \Psi_z = 0,6 \quad C_{mz} \geq 0,4$$

$$C_{mLT} := 0,6 + 0,4 \cdot \Psi_y = 0,6 \quad C_{m,LT} \geq 0,4$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 3087,9 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,pl} \cdot f_y = 360,49 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,pl} \cdot f_y = 168,64 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right], \left[C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,71$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], \left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \right) = 0,82$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,9$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,54$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,45$$

$$0,34 + 0,11 + 0,01 = 0,45 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

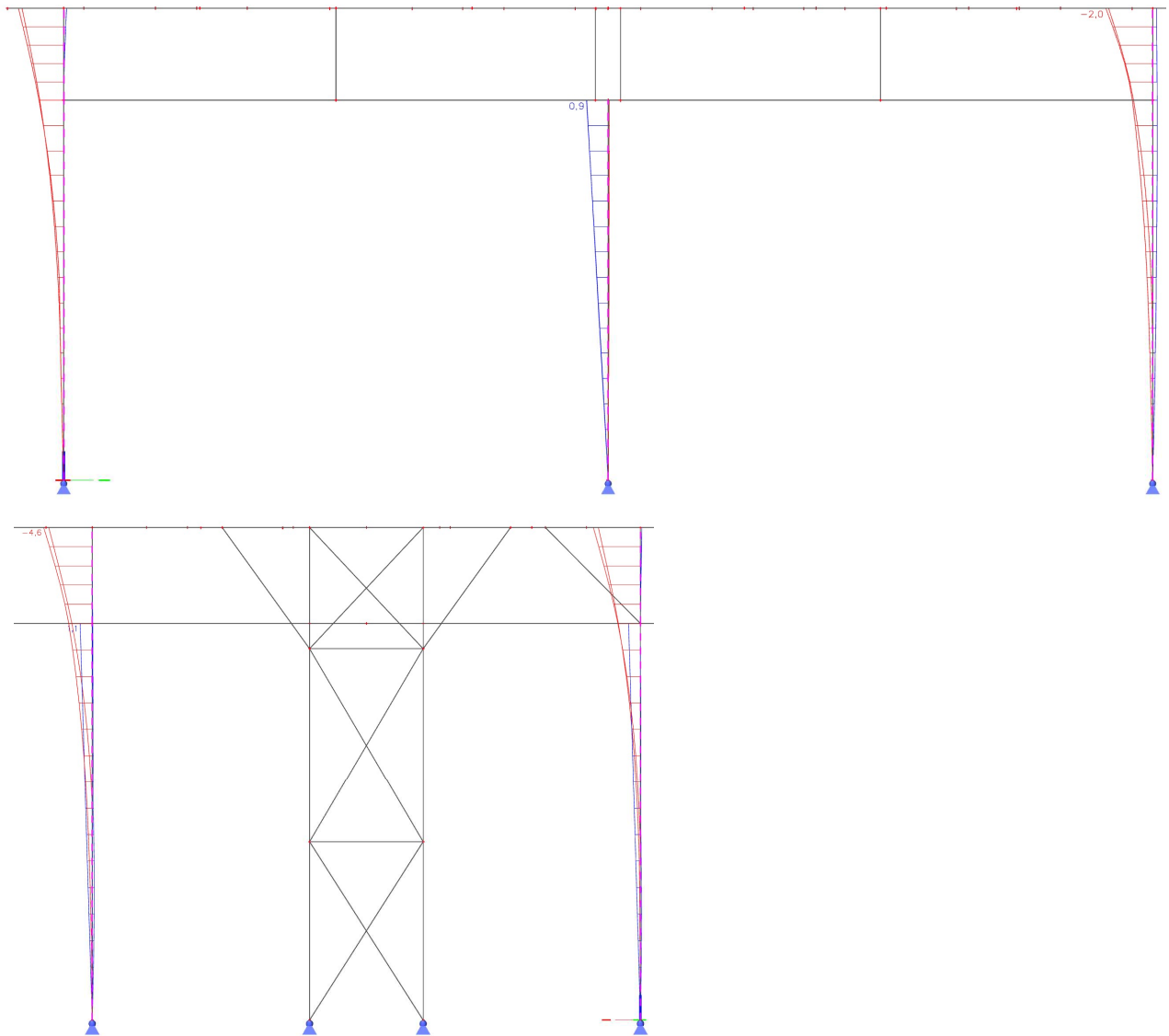
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,75$$

$$0,62 + 0,13 + 0,01 = 0,75 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Smyk

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_{M0}} = 557,5 \text{ kN} \gg \left\{ \begin{array}{l} V_{y,Ed} = 1,32 \text{ kN} \\ V_{z,Ed} = 2,33 \text{ kN} \end{array} \right. \Rightarrow \text{malý smyk}$$

POSOUZENÍ MSP

výška podlaží:

$$h := L$$

4,6 mm

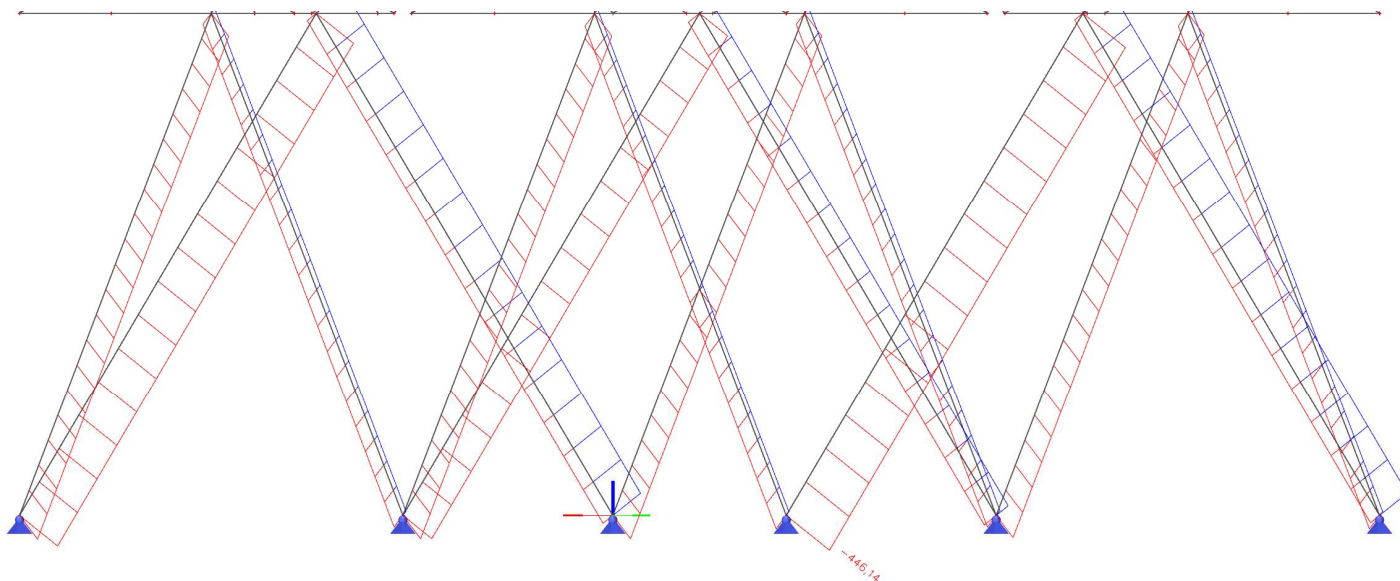
<

$$\frac{h}{300} = 27,33 \text{ mm}$$

OK

19. POSOUZENÍ DIAGONÁL

Obálka normálových sil v diagonálách:



Profil: TR 245x7

$$t_w := 7,0 \text{ mm}$$

$$d := 245 \text{ mm}$$

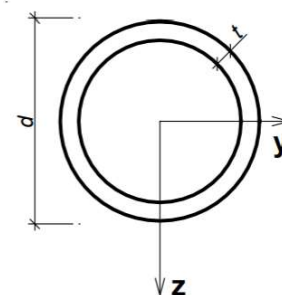
$$A := 5234 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 3332 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 3720 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,p1} := 397 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 84,2 \text{ mm}$$



[16]

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t_w} = 35 \quad \Rightarrow \quad 6,36 \leq 50$$

\Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 291,67 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 446,14 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 10,053 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1229,99 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 291,67 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,24$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 10,05 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 119,39$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,27$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

 $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,57$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,401$$

$$X_z := \chi_y = 0,401$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 493,31 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 446,14 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,9$$

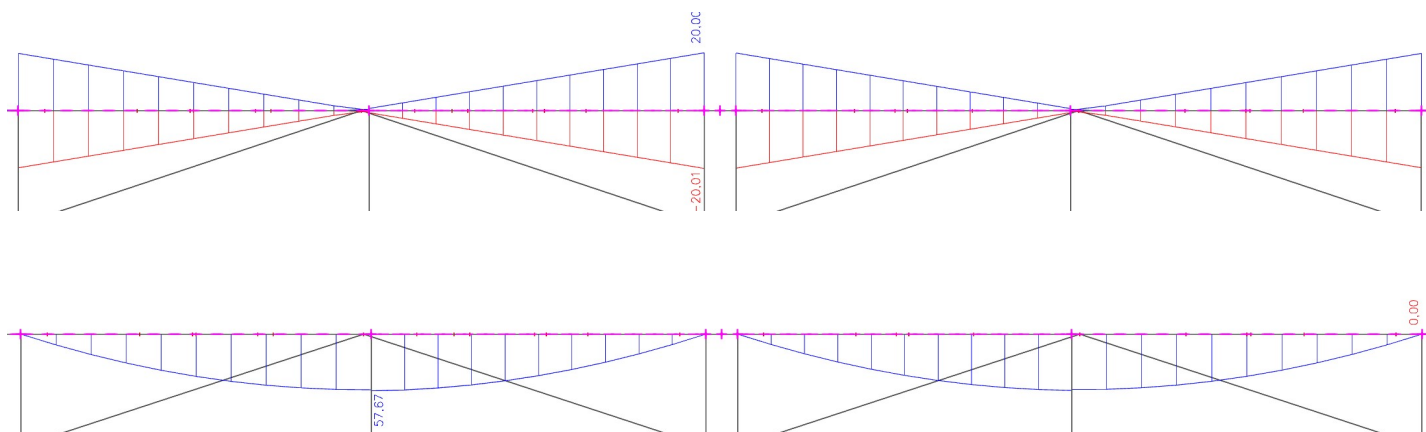
20. POSOUZENÍ NOSNÍKU POCHOZÍ LÁVKY

K3

$$N_{Ed} := 5,74 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 20,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 57,67 \text{ kN m}$$

**Profil: IPE 220**

$$h := 240 \text{ mm}$$

$$b := 120 \text{ mm}$$

$$t_w := 6,2 \text{ mm}$$

$$t_f := 9,8 \text{ mm}$$

$$r := 15 \text{ mm}$$

$$d := 190,4 \text{ mm}$$

$$A := 3912 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 1914 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

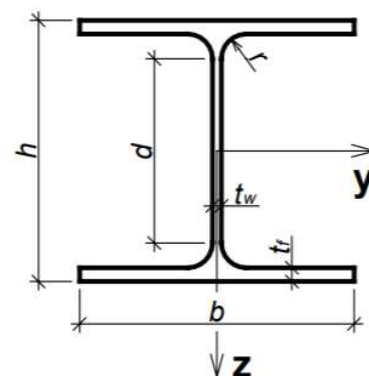
$$I_z := 283,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,p1} := 366,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,p1} := 73,92 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 99,7 \text{ mm}$$

$$i_z := 26,9 \text{ mm}$$



[16]

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 30,71$$

$$30,1 \leq 33$$

1.TŘÍDA

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 41,9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4,28$$

$$4,35 \leq 9$$

1.TŘÍDA

=> průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 11,36 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 11,36 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 113,94 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,21$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 9,8 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "a"} \quad \alpha := 0,21$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,34$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,522$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 479,49 \text{ kN} > N_{Ed} = 5,74 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := \frac{L}{2} = 5,68 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 211,15 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 2,25$$

$$\frac{h}{b} = 2 > 1,2 \quad t_f = 9,8 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

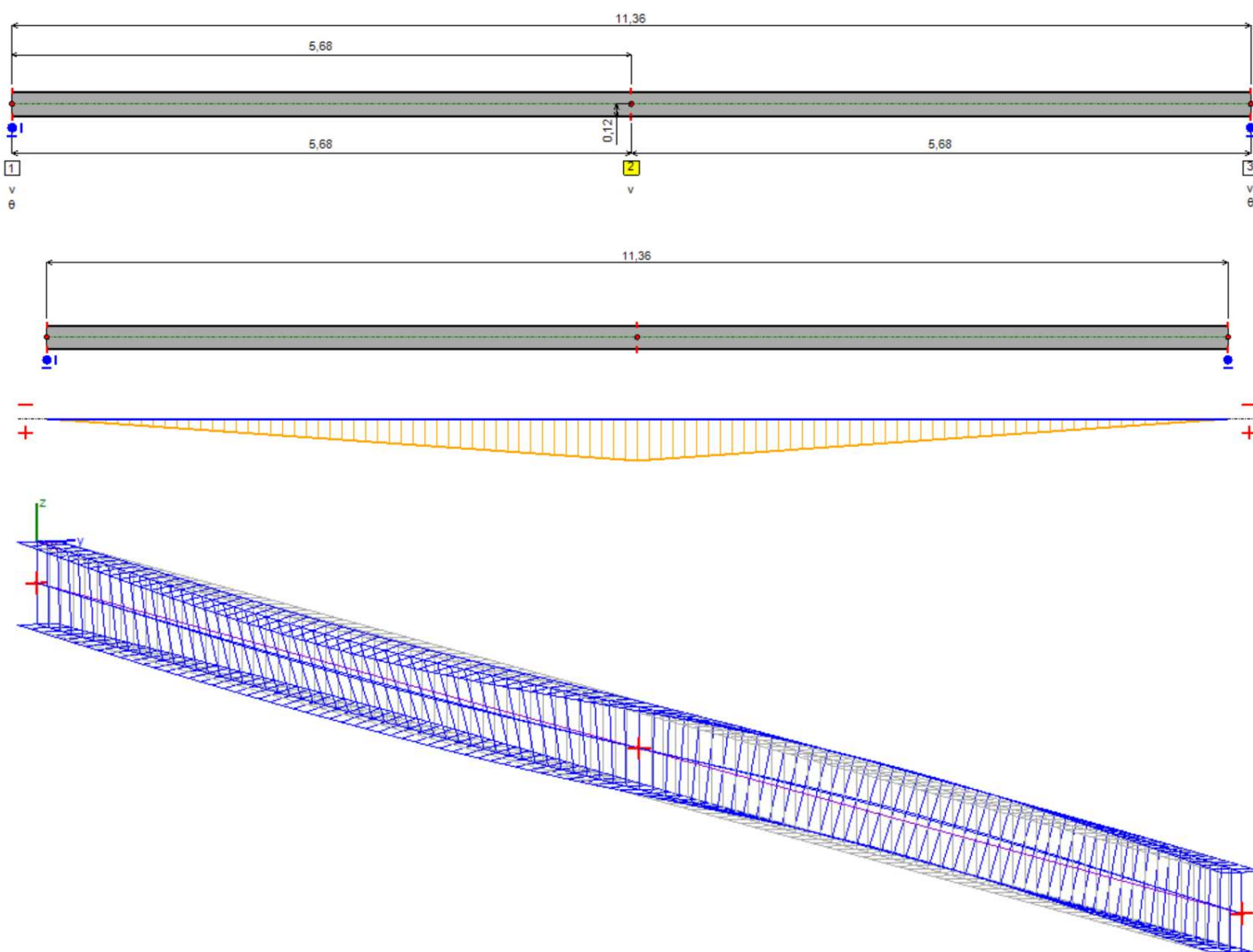
$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 3,38$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z, pom}^2}} = 0,17$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b, Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 155,94 \text{ kN} \quad > \quad N_{Ed} = 5,74 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN

Mode	μ_{cr}	Mmax,cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax,cr [kN] (*)	x (Nmax) [m]
1	1.109	87.19	5.68	0	5.68

$$M_{cr} := 87,19 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,99 \quad \text{poměrná štíhlost při klopení}$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,97$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,703 \quad \text{součinitel klopení}$$

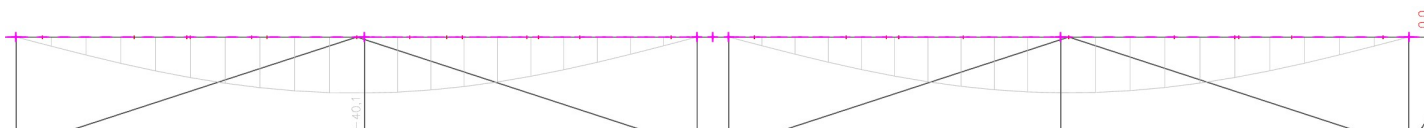
POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,p1} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 60,59 \text{ kN m} \quad > \quad M_{y,Ed} = 57,67 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,95 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

MSP



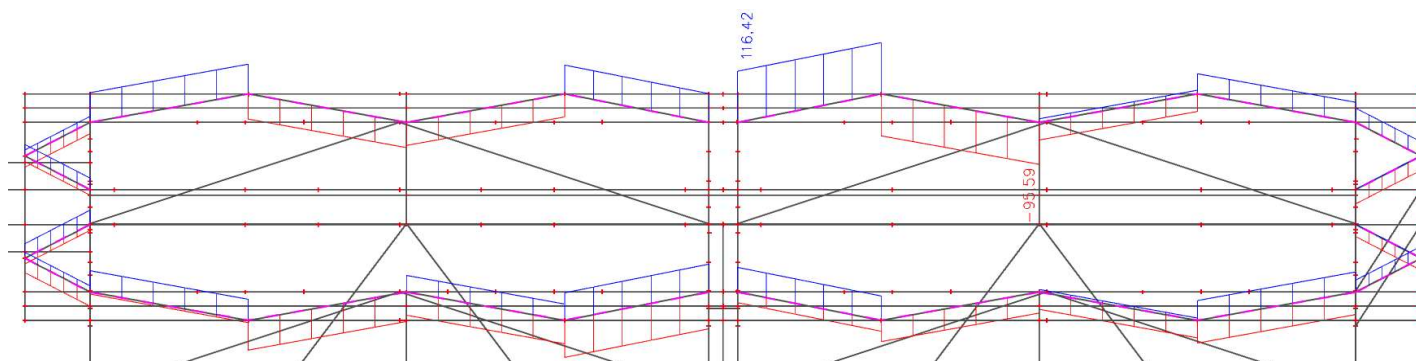
délka nosníku $l := 11,36 \text{ m}$

$$40,1 \text{ mm} < \frac{l}{250} = 45,44 \text{ mm}$$

OK

21. POSOUZENÍ VODOROVNÉHO ZTUŽENÍ V ROVINĚ POCHOZÍ LÁVKY

Obálka normálových sil:



Profil: TR 89x4

$$t_w := 4,0 \text{ mm}$$

$$d := 89 \text{ mm}$$

$$A := 1068 \text{ mm}^2$$

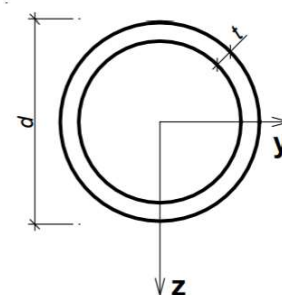
$$A_{vz} := 680 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 96,7 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,Pl} := 28,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 30,1 \text{ mm}$$

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$



[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

$$\frac{d}{t_w} = 22,25 \quad \Rightarrow \quad 22,25 \leq 50$$

=> průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 116,42 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 95,59 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 3,473 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 250,98 \text{ kN} \quad > \quad N_{t,Ed} = 116,42 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,46$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 3,473 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 115,38$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,23$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

 $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,51$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,420$$

$$X_z := \chi_y = 0,420$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 105,48 \text{ kN}$$

>

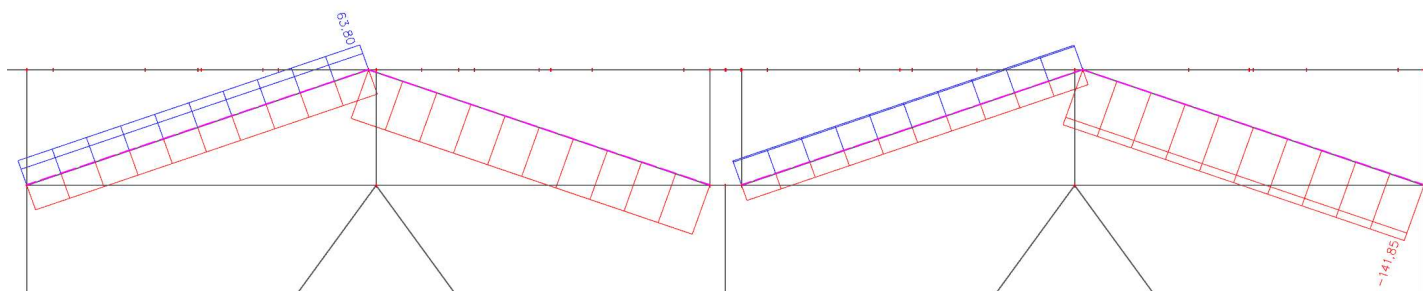
$$N_{c,Ed} = 95,59 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,91$$

22. POSOUZENÍ VZPĚR POD NOSNÍKEM KROKVÍ

Obálka normálových sil:



Profil: TR 140x4

$$t_w := 4,0 \text{ mm}$$

$$d := 140 \text{ mm}$$

$$A := 1916 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 1220 \text{ mm}^2$$

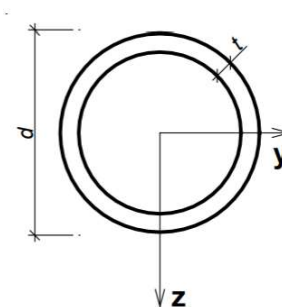
$$I_y := 440 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 82,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 47,9 \text{ mm}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

$$\frac{d}{t_w} = 35 \quad \Rightarrow \quad 35 \leq 50$$

\Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 63,80 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 141,85 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 6,025 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 450,26 \text{ kN} \quad > \quad N_{t,Ed} = 63,8 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,14$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 6,025 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 125,78$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,34$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,68$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,373$$

$$X_z := \chi_y = 0,373$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 167,74 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 141,85 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,85$$

23. POSOUZENÍ NOSNÍKU DOLNÍ KONSTRUKCE - 1

K8

$$N_{Ed} := 227,63 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} := 5,65 \text{ kN}$$

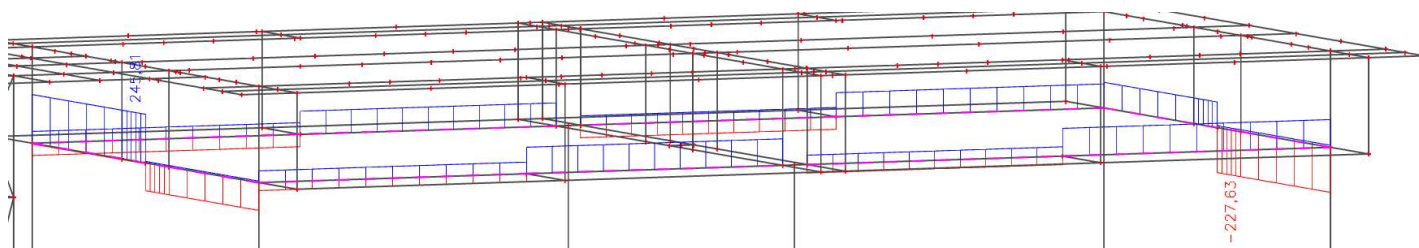
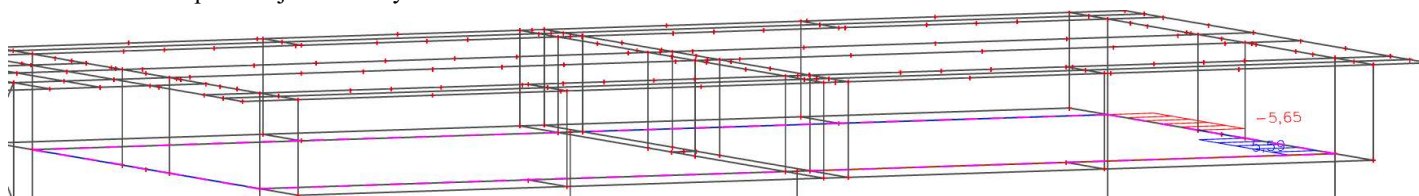
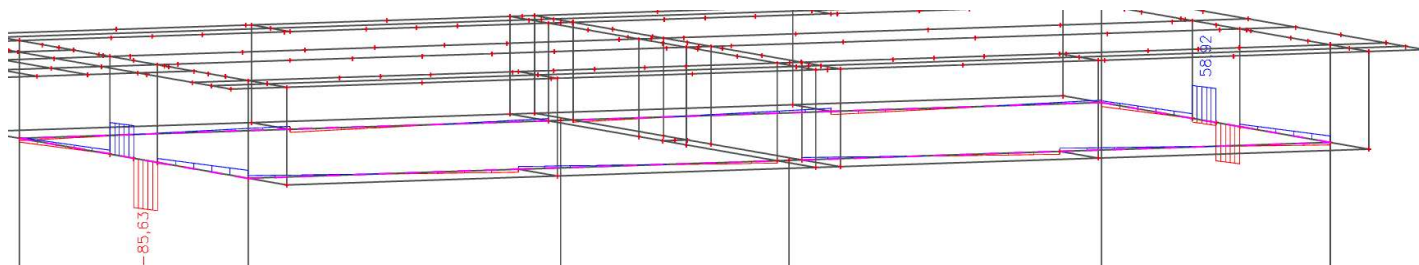
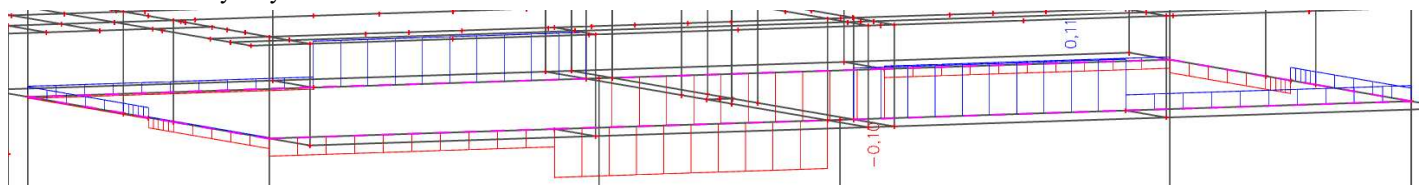
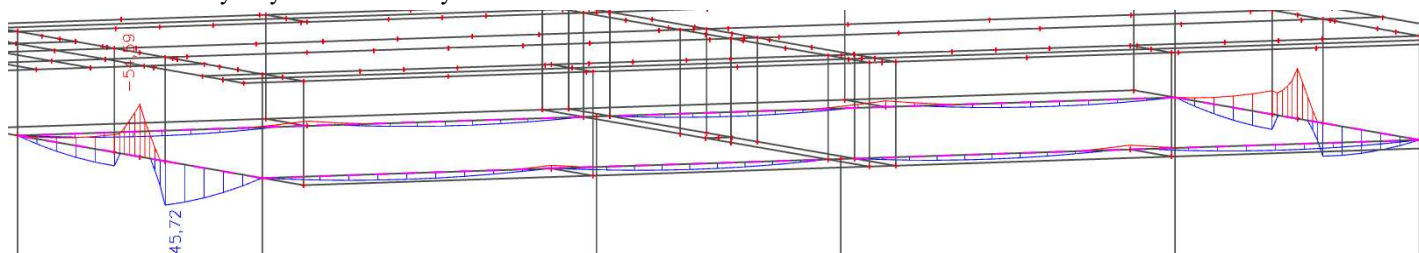
$$V_{z,Ed} := 85,63 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} := 0,11 \text{ kN m}$$

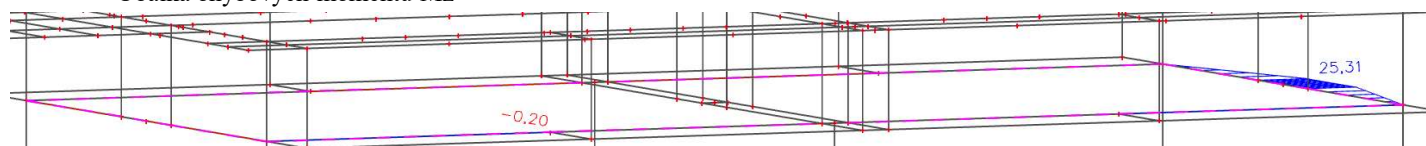
$$M_{y,Ed} := 54,59 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 25,31 \text{ kN m}$$

Obálka normálových sil

Obálka posouvajících sil V_y Obálka posouvajících sil V_z Obálka ohybových momentů M_x Obálka ohybových momentů M_y 

Obálka ohybových momentů Mz

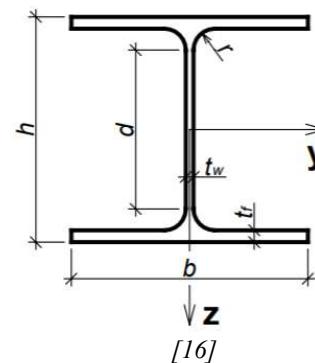


Profil: HEB 200

$$\begin{aligned}
 h &:= 200 \text{ mm} & A &:= 7808 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 642,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b &:= 200 \text{ mm} & A_{vz} &:= 2483 \text{ mm}^2 & W_{z,pl} &:= 305,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t_w &:= 9,0 \text{ mm} & I_y &:= 5696 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 85,4 \text{ mm} \\
 t_f &:= 15,0 \text{ mm} & I_z &:= 2003 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_z &:= 50,7 \text{ mm} \\
 r &:= 18 \text{ mm} & I_w &:= 171100 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 & & \\
 d &:= 134 \text{ mm} & I_t &:= 59,28 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & &
 \end{aligned}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 14,89 \quad 14,89 \leq 33 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 77,5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,17 \quad 5,17 \leq 9 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

==> průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 5,815 \text{ m}$ ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 5,815 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 68,09$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,73$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 15 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,85$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,769$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1411,61 \text{ kN} > N_{Ed} = 227,63 \text{ kN}$$

OKohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 5,815 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 114,69 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 1,22$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 15 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,5$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,424$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 777,37 \text{ kN} > N_{Ed} = 227,63 \text{ kN}$$

OK

Vázané kroucení v pásnici

Vázané kroucení ve stojně je rovno nule, protože je zde nulová výšečová souřadnice a tedy i její statický moment rovný nule.

$$K_t := L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 6,72$$

parametr tuhosti při kroucení

oboustranné podepření nosníku \implies prosté podepření \implies obecné zatížení

$$\alpha := 3,7$$

$$\beta := 1,08$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0,72$$

rozdělovací parametr

Bimoment vázaného kroucení

$$B_{Ed} := M_{z,Ed} \cdot \frac{h}{2} \cdot (1 - \kappa) = 0,7 \text{ kN m}^2$$

$$\omega_{max} := \frac{b \cdot h}{4} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 4,02 \text{ kN m}^2$$

$$\frac{B_{Ed}}{B_{Rk}} = 17,43 \%$$

Smyk

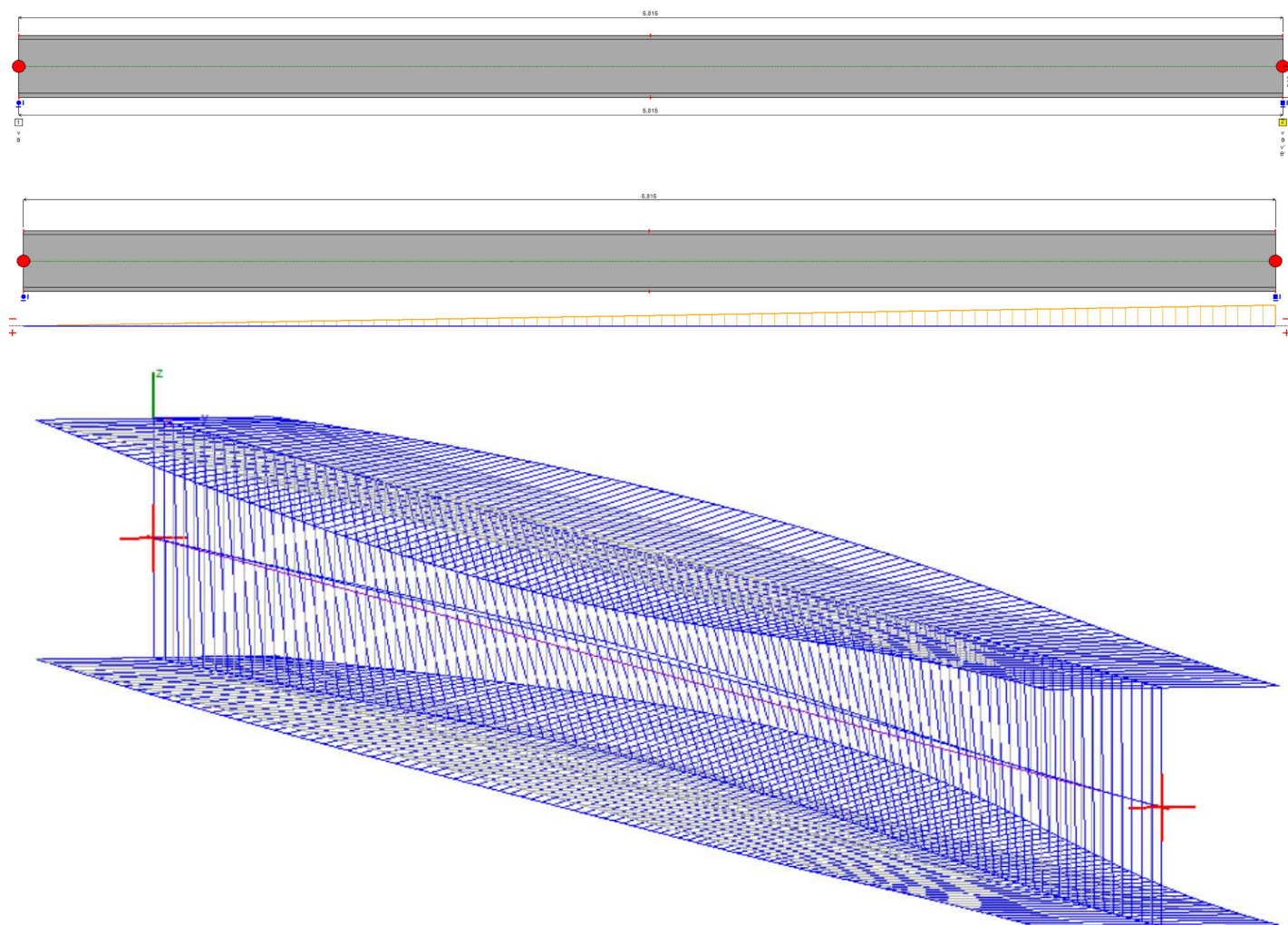
$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_{M0}} = 336,89 \text{ kN} \quad \gg \gg$$

$$V_{z,Ed} = 85,63 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{p1,Rd}} = 0,25$$

\implies malý smyk

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN



Mode	μ_{cr}	Mmax,cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax,cr [kN] (°)	x (Nmax) [m]
1	18,77	-1024,5	5,815	0	5,815

$$M_{cr} := 1024,5 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,38$$

poměrná štíhlost při klopení

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,55$$

$$X_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 1,006$$

součinitel klopení

$$\implies X_{LT} := 1,0$$

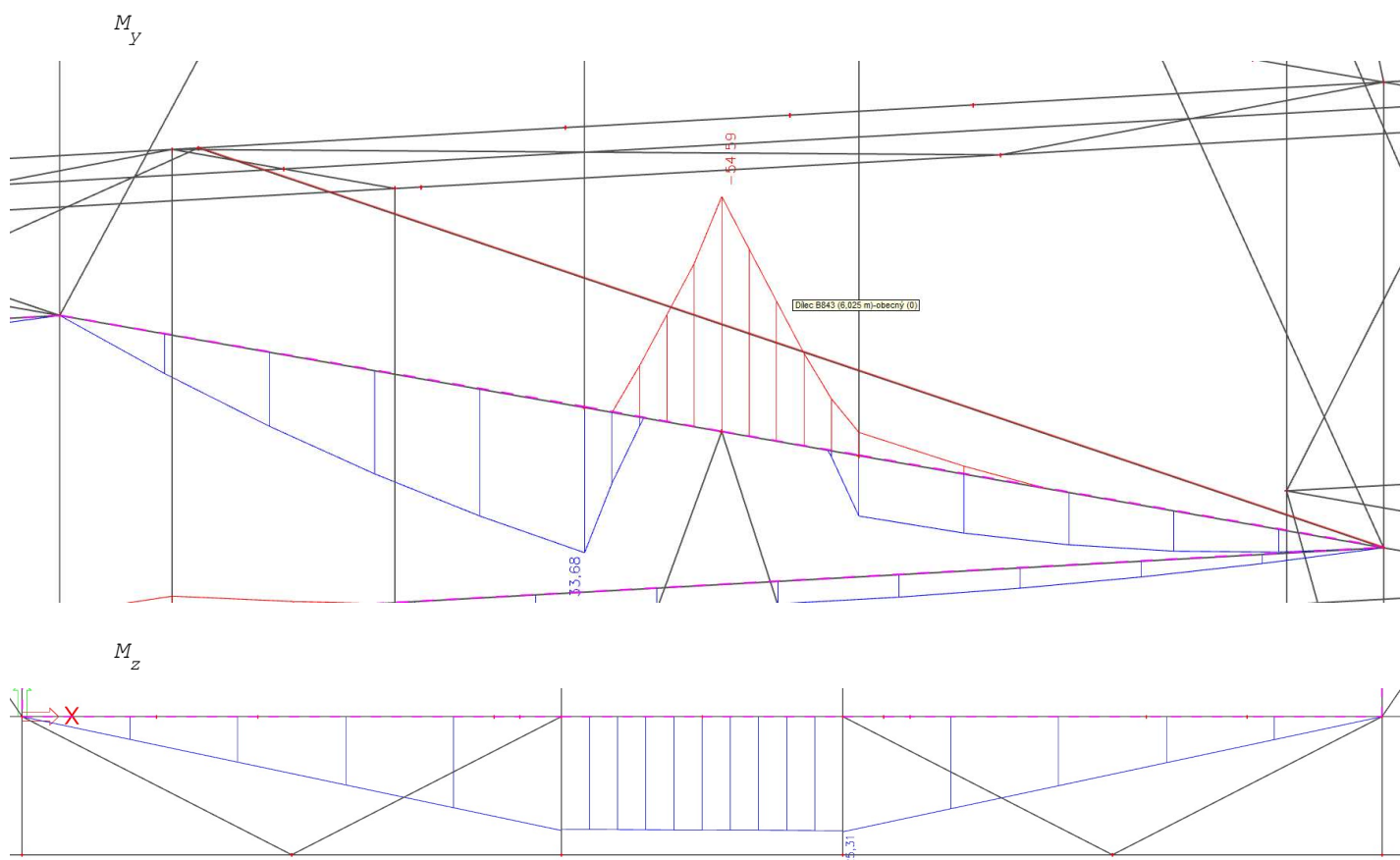
POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 151,92 \text{ kN m} > M_{y,Ed} = 54,59 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,36 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Součinitele interakce tlak + ohyb



součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$\alpha_{s,y} := \frac{33,68}{-54,59} = -0,62$$

$$\psi_y := \frac{0}{-54,59} = 0,00$$

$$\psi_z := \frac{0}{25,31} = 0,00$$

$$C_{my} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,49$$

$$C_{mz} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_z = 0,6$$

$$C_{mLT} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,49$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1834,88 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,p1} \cdot f_y = 150,99 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 71,86 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,54$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right], \left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right] \right) = 0,88$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,74$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,44$$

$$k_w := 0,7 - \frac{0,2 \cdot B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,67$$

$$k_{zw} := 1 - \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,p1} \cdot \frac{f_y}{Y_{M1}}} = 0,65$$

$$k_a := \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed}}{M_{cr}}} = 1,06$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,59$$

$$0,16 + 0,19 + 0,16 + 0,08 = 0,59$$

$$\leq 1,0$$

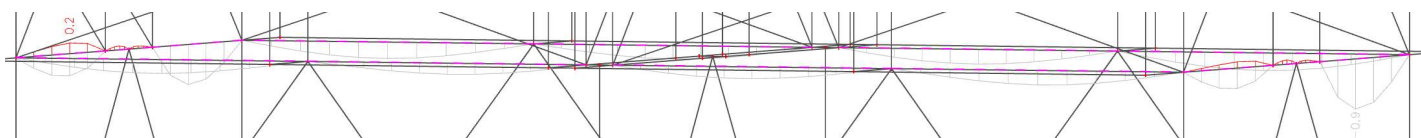
VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} + \frac{k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,95$$

$$0,29 + 0,32 + 0,26 + 0,08 = 0,95$$

$$\leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP

délka nosníku:

$$L = 5,82 \text{ m}$$

relativní svislá deformace:

$$0,9 \text{ mm}$$

<

$$\frac{L}{250} = 23,26 \text{ mm}$$

OK

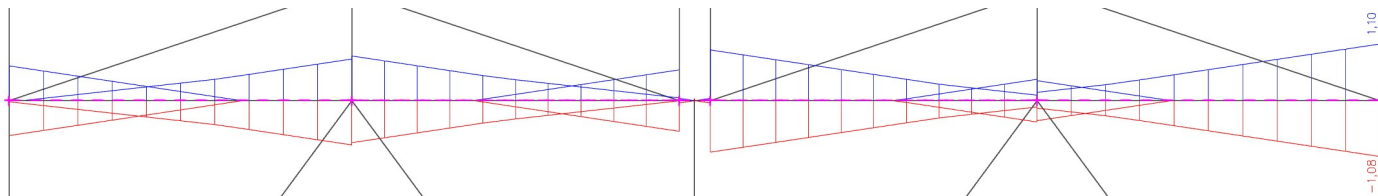
POSOUZENÍ NOSNÍKU DOLNÍ KONSTRUKCE

K8

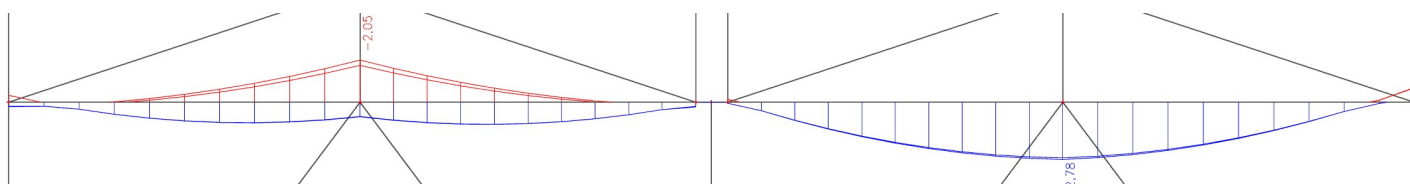
$$M_{y,Ed} := 2,78 \text{ kN m}$$

$$V_{z,Ed} := 1,10 \text{ kN}$$

Obálka posouvajících sil



Obálka ohybových momentů

**Profil: IPE 140**

$$h := 140 \text{ mm}$$

$$b := 55 \text{ mm}$$

$$t_w := 4,1 \text{ mm}$$

$$t_f := 5,7 \text{ mm}$$

$$r := 7 \text{ mm}$$

$$d := 74,6 \text{ mm}$$

$$A := 1063 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 509 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 171,0 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

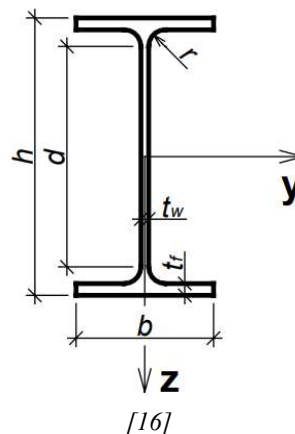
$$I_z := 15,92 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 34,20 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,pl} := 9,146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 40,7 \text{ mm}$$

$$i_z := 12,4 \text{ mm}$$



ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 18,2$$

$$18,2 \leq 33$$

1.TŘÍDA

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 18,45 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 3,24$$

$$3,24 \leq 9$$

1.TŘÍDA

==> průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu:

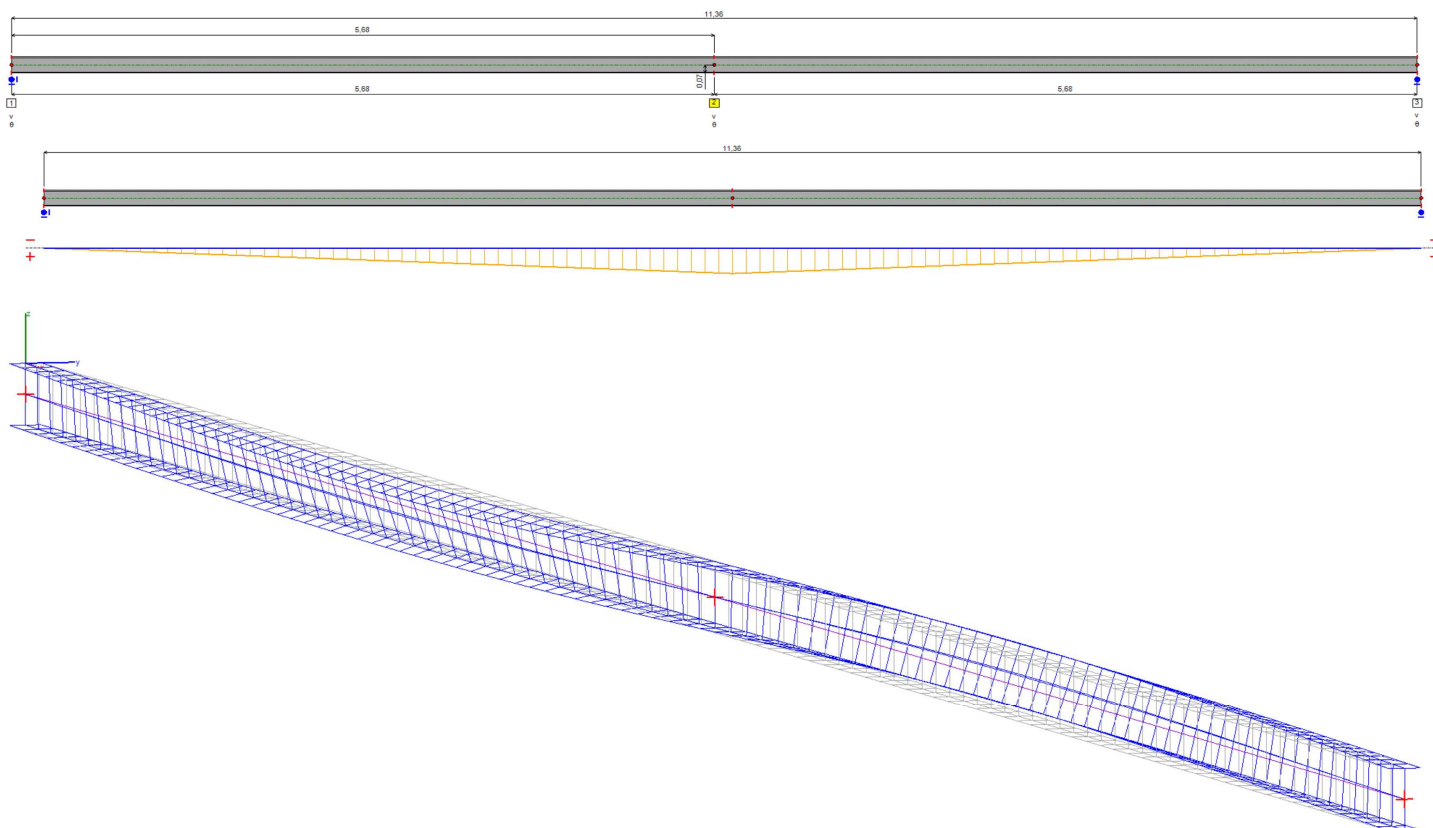
$$L := 11,36 \text{ m}$$

Smyk

$$V_{pL,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{Y_{M0}} = 69,06 \text{ kN} \quad \gg \gg \quad V_{z,Ed} = 1,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pL,Rd}} = 0,02$$

==> malý smyk

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN

Mode	μ_{cr}	Mmax.cr [kN.m]	x (Mmax) [m]	Nmax.cr [kN] (*)	x (Nmax) [m]
1	2,021	5,618	5,68	0	5,68

$$M_{cr} := 5,618 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2$ ==> "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINTEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,Pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1,2 \quad \text{poměrná štíhlost při klopení}$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 1,17$$

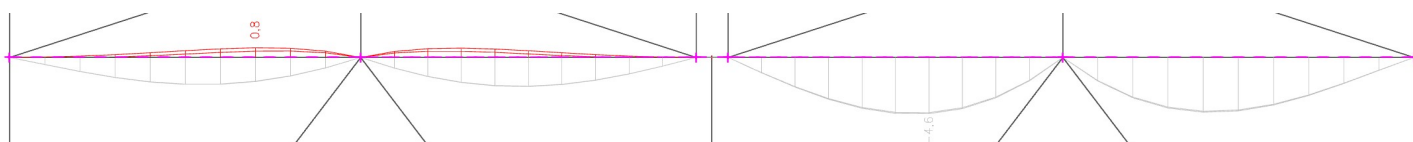
$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,582 \quad \text{součinitel klopení}$$

POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,Pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 4,67 \text{ kN m} > M_{y,Ed} = 2,78 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,59 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP

délka nosníku:

$$L := 5,68 \text{ m}$$

relativní svislá deformace:

$$4,6 \text{ mm}$$

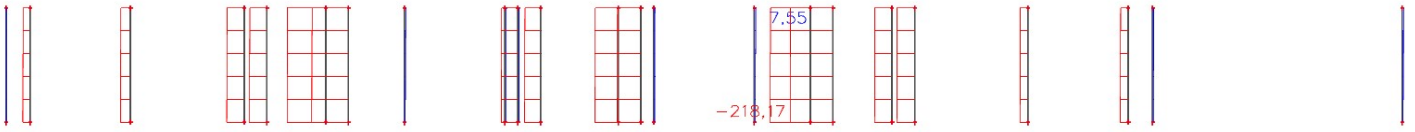
<

$$\frac{L}{250} = 22,72 \text{ mm}$$

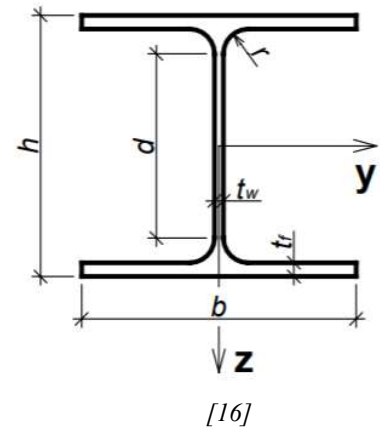
OK

25. POSOUZENÍ SVISLÝCH STOJEK DOLNÍ KONSTRUKCE - 2

Obálka normálových sil:

**Profil: HEB 100**

$$\begin{aligned}
 h &:= 100 \text{ mm} & A &:= 2604 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} &:= 104,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b &:= 100 \text{ mm} & A_{vz} &:= 904 \text{ mm}^2 & W_{z,pl} &:= 51,42 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t_w &:= 6,0 \text{ mm} & I_y &:= 449,5 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y &:= 41,6 \text{ mm} \\
 t_f &:= 10,0 \text{ mm} & I_z &:= 167,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_z &:= 25,3 \text{ mm} \\
 r &:= 12 \text{ mm} & & & & \\
 d &:= 56 \text{ mm} & & & &
 \end{aligned}$$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 9,33 \qquad 9,33 \leq 33 \qquad \text{1.TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 35 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 3,5 \qquad 3,5 \leq 9 \qquad \text{1.TŘÍDA}$$

==> průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 7,55 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 218,17 \text{ kN}$$

$$\text{délka prutu: } L := 1,980 \text{ m}$$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 611,94 \text{ kN} \qquad > \qquad N_{t,Ed} = 7,55 \text{ kN} \qquad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,01$$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 1,98 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 47,6 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,51$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 10 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,68$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,881$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 539,21 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 218,17 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,40$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 1,98 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 78,26 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,83$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 10 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda_{z,pom} - 0,2 \right) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,641$$

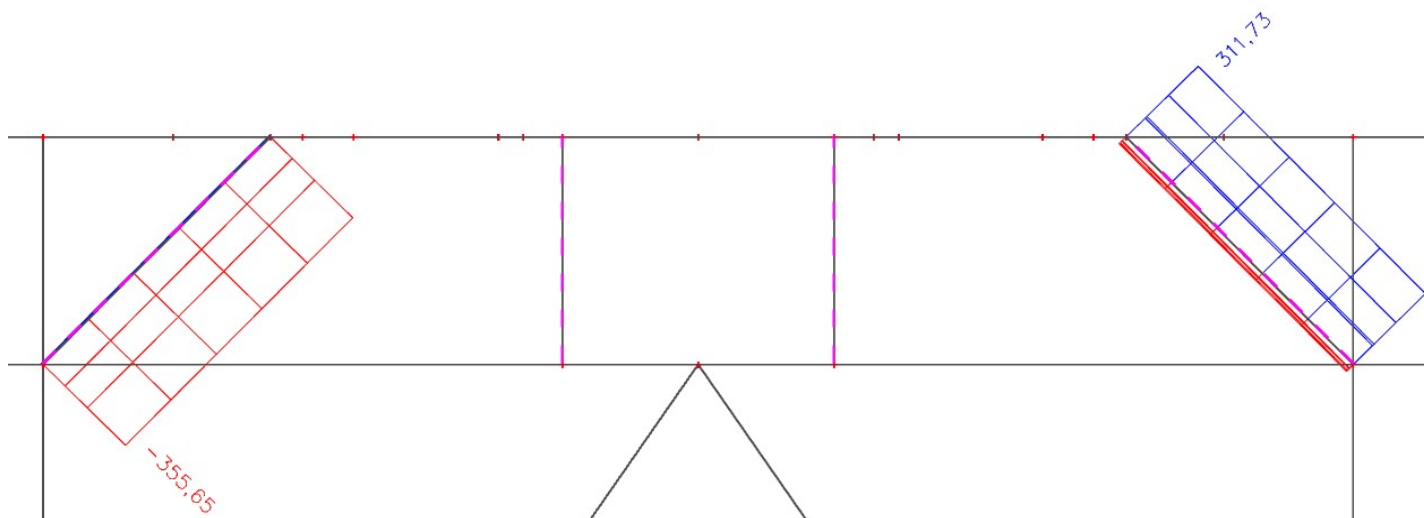
návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 392,36 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 218,17 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,56$$

26. POSOUZENÍ VZPĚR DOLNÍ KONSTRUKCE

Obálka normálových sil:

**Profil: TR 194x5,6**

$$t_w := 5,6 \text{ mm}$$

$$d := 194 \text{ mm}$$

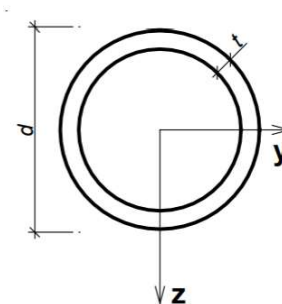
$$A := 3315 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 2110 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 1470 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,Pl} := 199 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 66,6 \text{ mm}$$



[16]

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$ **ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO TLAKEM**

$$\frac{d}{t_w} = 34,64 \quad \Rightarrow \quad 34,64 \leq 50$$

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 311,73 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 355,65 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 6,025 \text{ m}$ **únosnost v tahu**

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 779,02 \text{ kN} \quad > \quad N_{t,Ed} = 311,73 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,4$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 6,025 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 90,47$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,96$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

 $\alpha := 0,49$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,15$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,561$$

$$X_z := \chi_y = 0,561$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 437,37 \text{ kN}$$

>

$$N_{c,Ed} = 355,65 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,81$$

27. POSOUZENÍ PŘÍČNÉHO NOSNÍKU DOLNÍ KONSTRUKCE

K8

$$N_{Ed} := 104,48 \text{ kN}$$

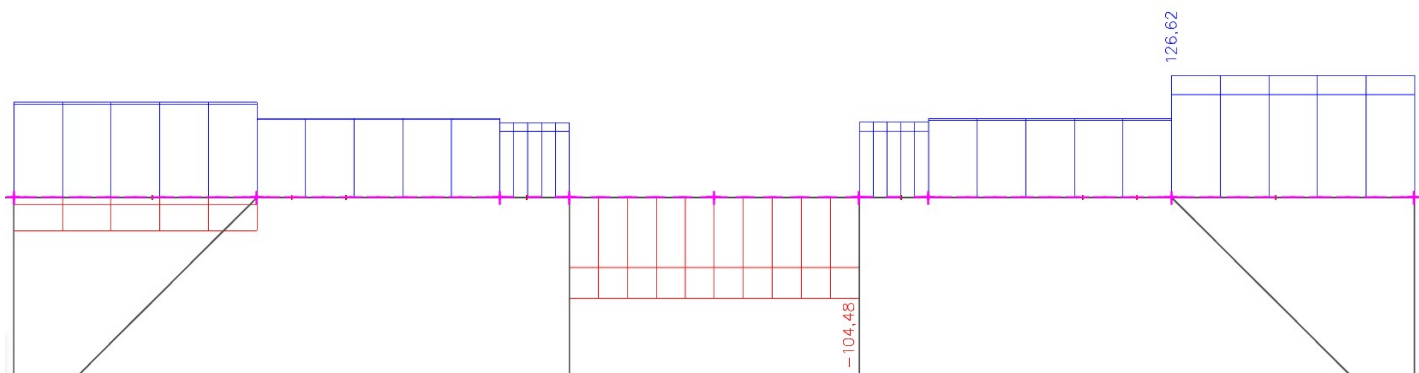
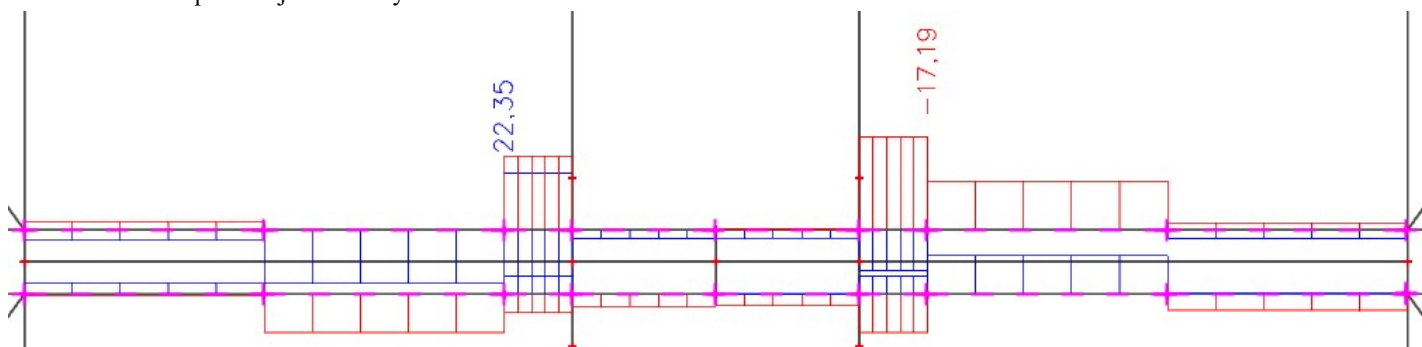
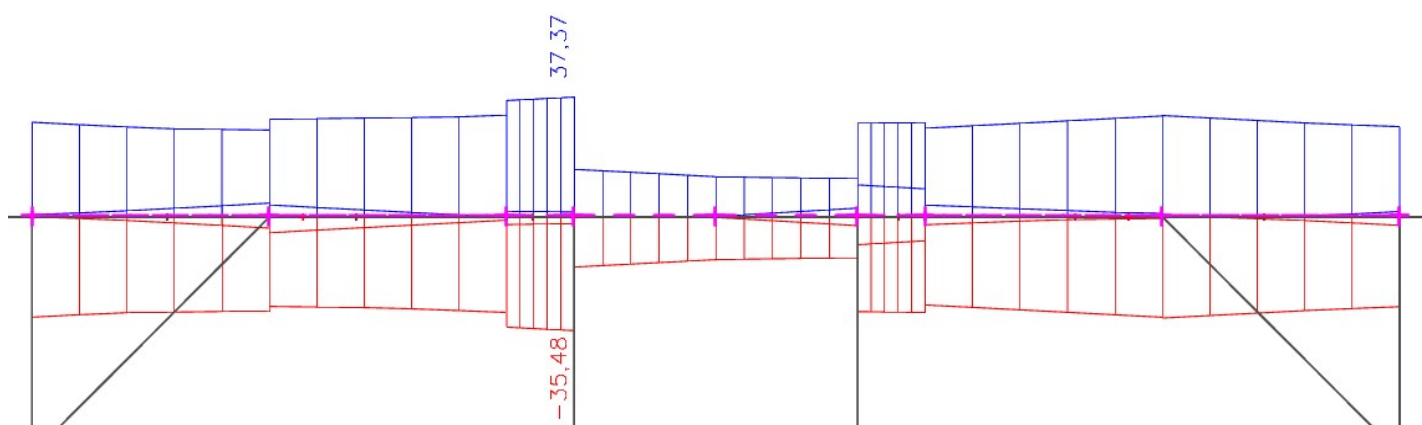
$$V_{y,Ed} := 22,35 \text{ kN}$$

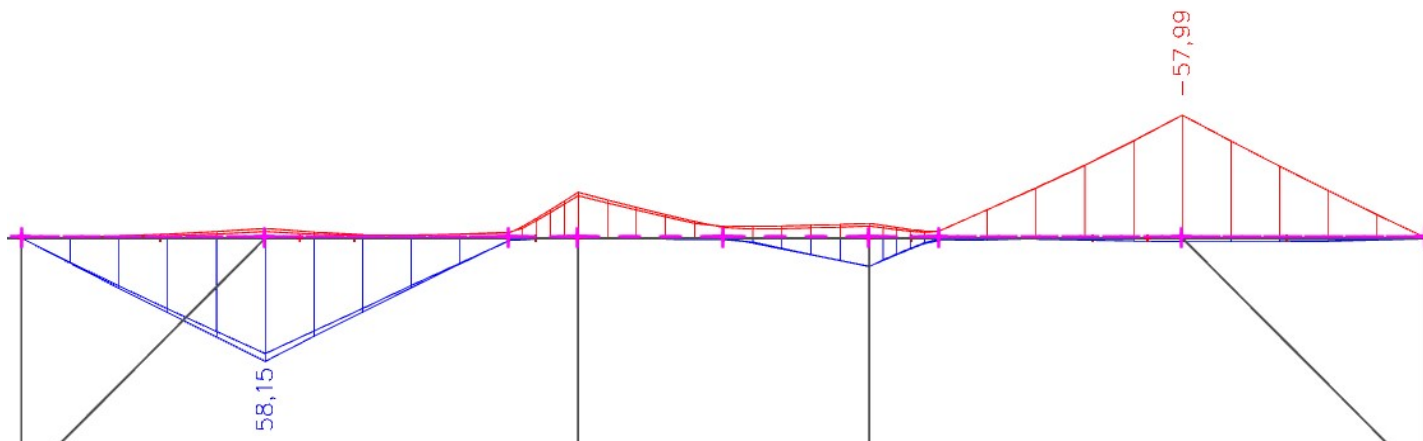
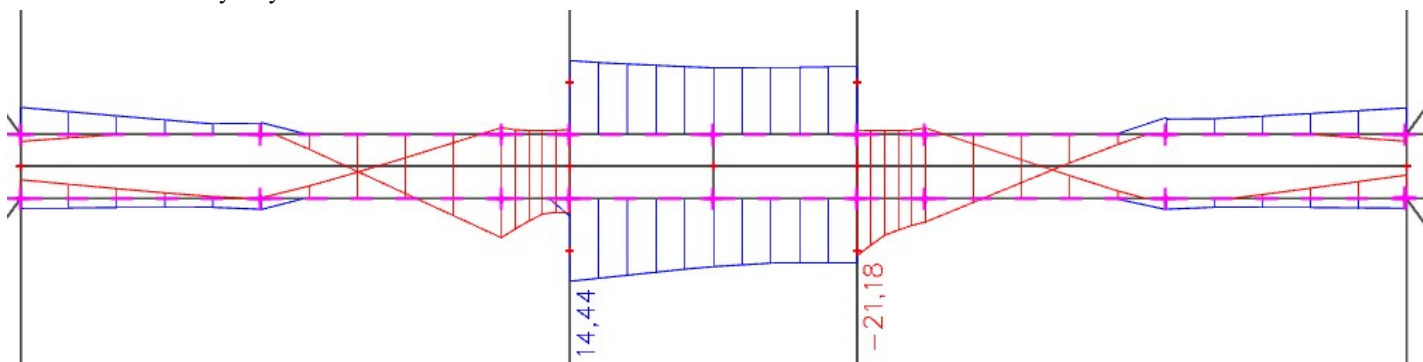
$$V_{z,Ed} := 37,37 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 58,15 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 21,18 \text{ kN m}$$

Obálka normálových sil

Obálka posouvajících sil V_y Obálka posouvajících sil V_z 

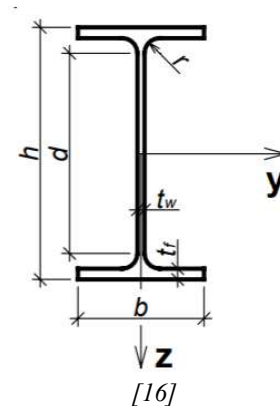
Obálka ohybových momentů M_y Obálka ohybových momentů M_z 

Profil: HEB 200

$$\begin{array}{lll}
 h := 200 \text{ mm} & A := 7808 \text{ mm}^2 & W_{y,pl} := 642,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 b := 200 \text{ mm} & A_{vz} := 2483 \text{ mm}^2 & \\
 t_w := 9,0 \text{ mm} & I_y := 5696 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & W_{z,pl} := 305,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \\
 t_f := 15,0 \text{ mm} & I_z := 2003 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 & i_y := 85,4 \text{ mm} \\
 r := 18 \text{ mm} & I_w := 171100 \cdot 10^6 \text{ mm}^6 & i_z := 50,7 \text{ mm} \\
 d := 134 \text{ mm} & I_t := 59,28 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 &
 \end{array}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 14,89 \quad 14,89 \leq 33 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 77,5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,17 \quad 5,17 \leq 9 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

=> průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 4,478 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 4,478 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 52,44 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,56$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 15 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \Rightarrow \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,72$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,857$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1573,2 \text{ kN} > N_{Ed} = 104,48 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 4,478 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 88,32 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,94$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 15 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \Rightarrow \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,12$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z, pom}^2}} = 0,575$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b, Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 1055,24 \text{ kN} > N_{Ed} = 104,48 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Vázané kroucení v pásnici

Vázané kroucení ve stojně je rovno nule, protože je zde nulová výšečová souřadnice a tedy i její statický moment rovný nule.

$$K_t := L \cdot \sqrt{\frac{G \cdot I_t}{E \cdot I_w}} = 5,18$$

parametr tuhosti při kroucení

oboustranné podepření nosníku ==> prosté podepření ==> obecné zatížení

$$\alpha := 3,7$$

$$\beta := 1,08$$

$$\kappa := \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{K_t}\right)^2} = 0,63$$

rozdělovací parametr

Bimoment vázaného kroucení

$$B_{Ed} := M_{z, Ed} \cdot \frac{h}{2} \cdot (1 - \kappa) = 0,79 \text{ kN m}^2$$

$$\omega_{max} := \frac{b \cdot h}{4} = 10000 \text{ mm}^2$$

$$B_{Rk} := \frac{I_w}{\omega_{max}} \cdot f_y = 4,02 \text{ kN m}^2$$

$$\frac{B_{Ed}}{B_{Rk}} = 19,56 \%$$

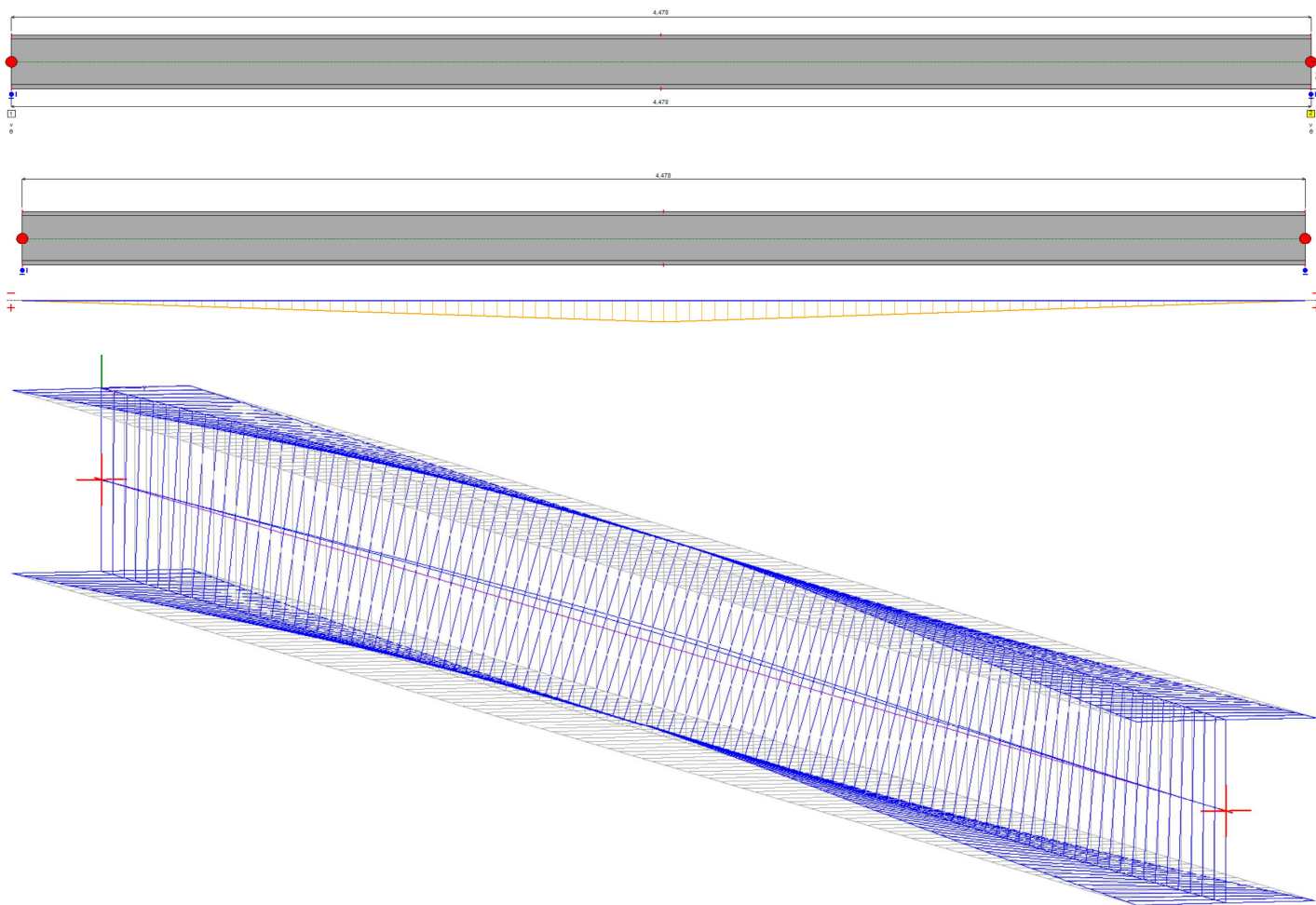
Smyk

$$V_{p1, Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 336,89 \text{ kN} \gg \gg V_{z, Ed} = 37,37 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z, Ed}}{V_{p1, Rd}} = 0,11$$

==> malý smyk

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN



Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	x (Mmax) [m]	$N_{max,cr}$ [kN] (°)	x (Nmax) [m]
1	8,644	502,65	2,239	0	2,239

$$M_{cr} := 502,65 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,p1} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,55 \quad \text{poměrná štíhlost při klopení}$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,64$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,94 \quad \text{součinitel klopení}$$

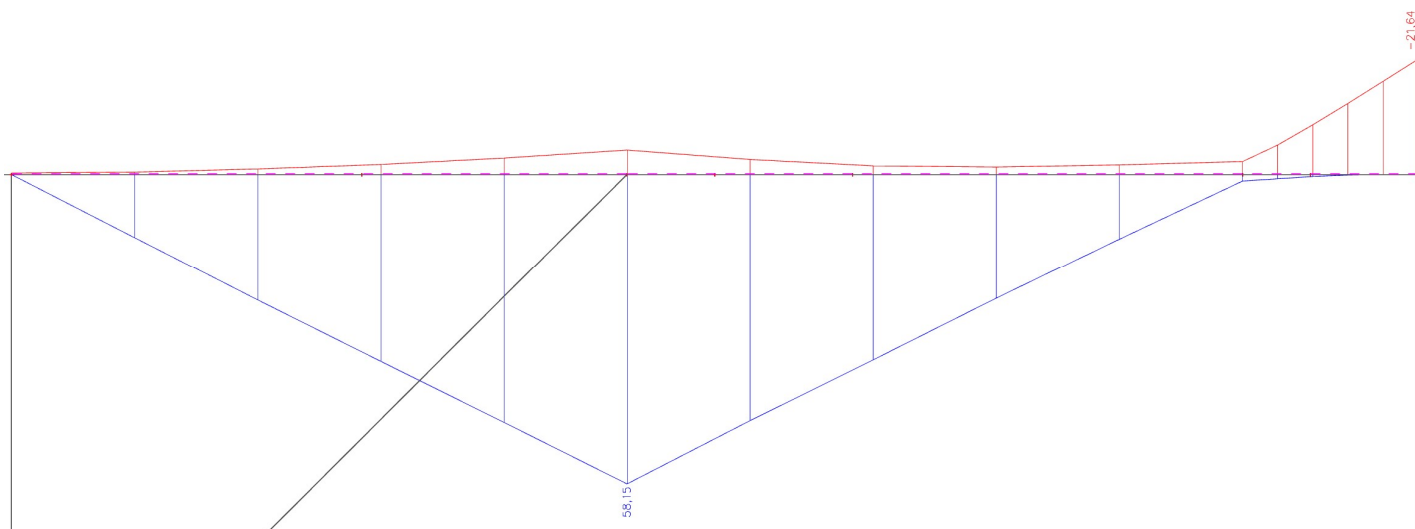
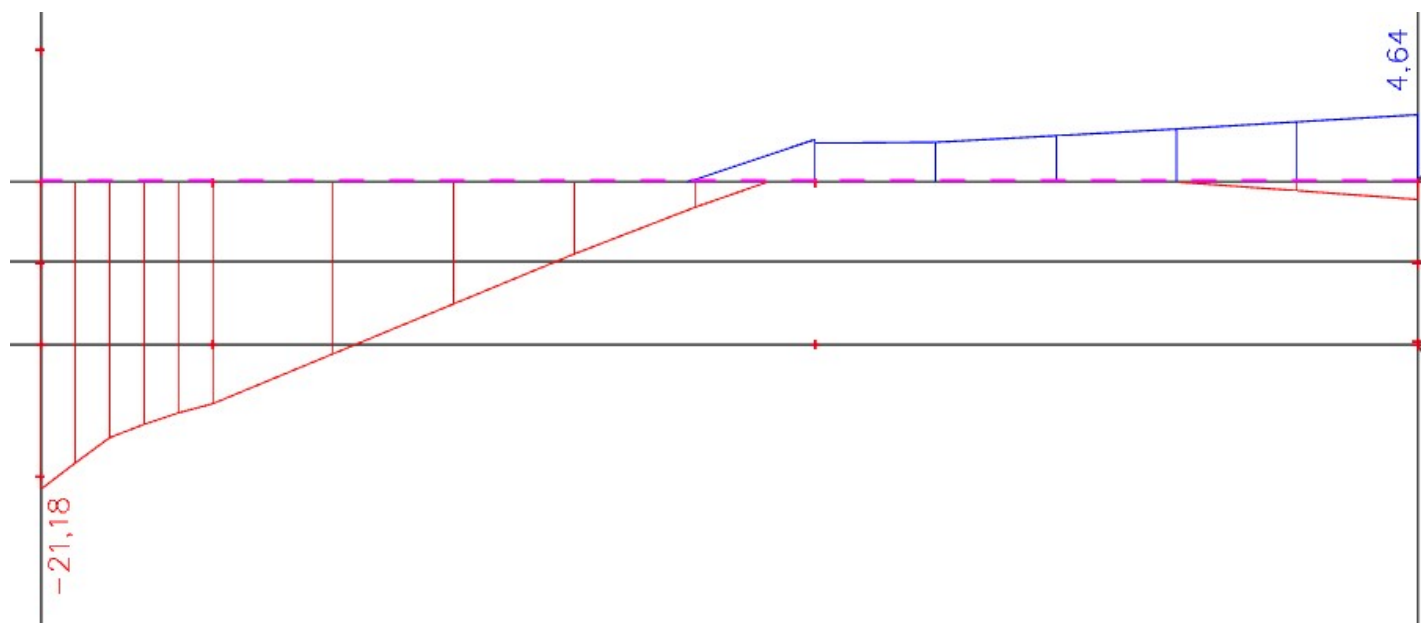
POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,Pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 141,92 \text{ kN m} > M_{y,Ed} = 58,15 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,41 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Součinitele interakce tlak + ohyb

 M_y  M_z 

součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$\alpha_{s,y} := \frac{-21,64}{58,15} = -0,37$$

$$\psi_y := \frac{0}{58,15} = 0$$

$$\psi_z := \frac{4,64}{-21,18} = -0,22$$

$$\begin{aligned}
 C_{my} &:= -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,3 & \implies & C_{my} := 0,4 \\
 C_{mz} &:= 0,6 + 0,4 \cdot \Psi_z = 0,51 \\
 C_{mLT} &:= -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,3 & \implies & C_{mLT} := 0,4
 \end{aligned}$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$\begin{aligned}
 N_{Rk} &:= A \cdot f_y = 1834,88 \text{ kN} \\
 M_{y,Rk} &:= W_{y,p1} \cdot f_y = 150,99 \text{ kN m} \\
 M_{z,Rk} &:= W_{z,p1} \cdot f_y = 71,86 \text{ kN m}
 \end{aligned}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[\begin{array}{l} C_{my} \cdot \left(1 + \left(\lambda_{y,pom} - 0,2 \right) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 0,41$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[\begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \end{array} \right] \right) = 0,94$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[\begin{array}{l} C_{mz} \cdot \left(1 + \left(2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6 \right) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \\ C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 0,55$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,33$$

$$k_w := 0,7 - \frac{0,2 \cdot B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,66$$

$$k_{zw} := 1 - \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,p1} \cdot \frac{f_y}{Y_{M1}}} = 0,71$$

$$k_a := \frac{1}{1 - \frac{M_{y,Ed}}{M_{cr}}} = 1,13$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{Y_{M1}} + \frac{k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,44$$

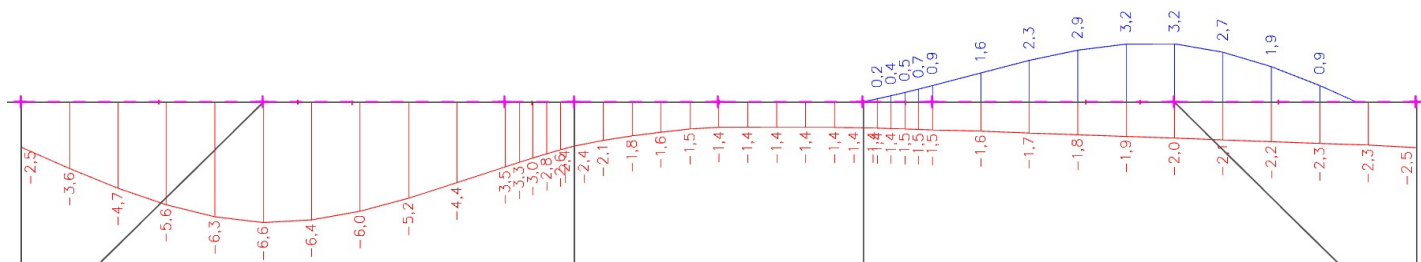
$$0,07 + 0,17 + 0,1 + 0,1 = 0,44 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{Y_{M1}} + \frac{k_w \cdot k_{zw} \cdot k_a \cdot B_{Ed}}{\frac{B_{Rk}}{Y_{M1}}} = 0,75$$

$$0,1 + 0,38 + 0,16 + 0,1 = 0,75 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP

délka nosníku:

$$L = 4,478 \text{ m}$$

$$\text{relativní svislá deformace: } 6,6 \text{ mm} - 2,5 \text{ mm} = 4,1 \text{ mm} < \frac{L}{250} = 17,91 \text{ mm}$$

OK

28. POSOUZENÍ NOSNÍKŮ POCHOZÍ LÁVKY U ČTYŘDŘÍKU

K4

$$N_{Ed} := 37,64 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} := 9,29 \text{ kN}$$

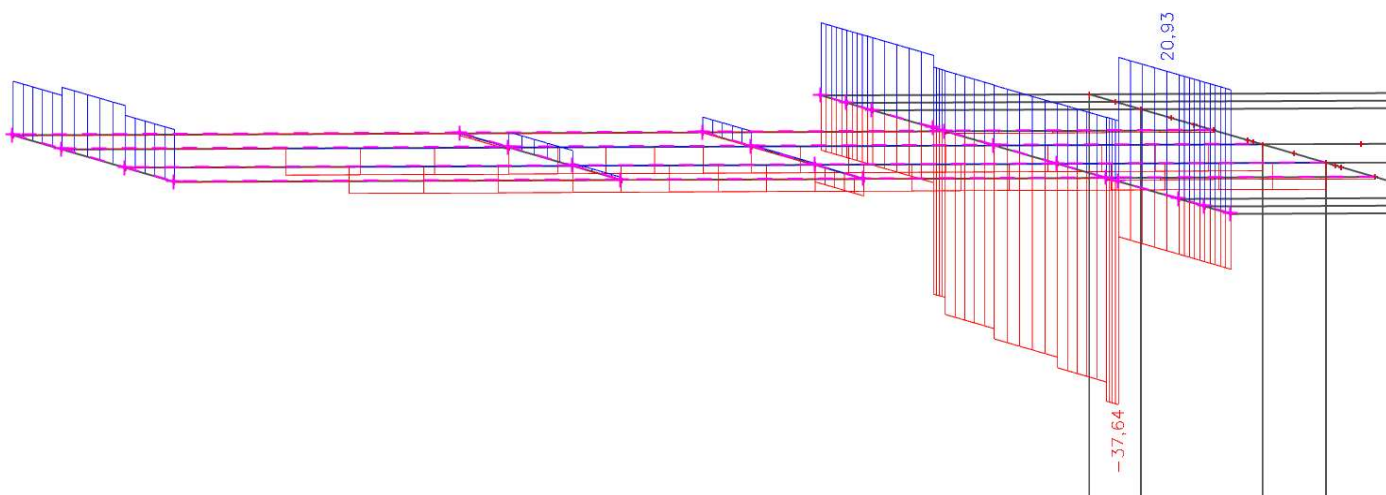
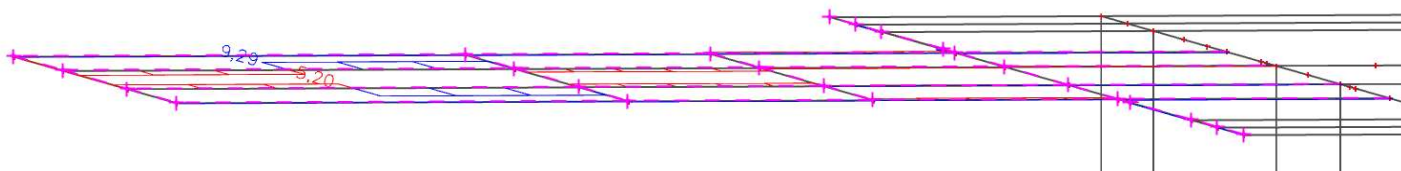
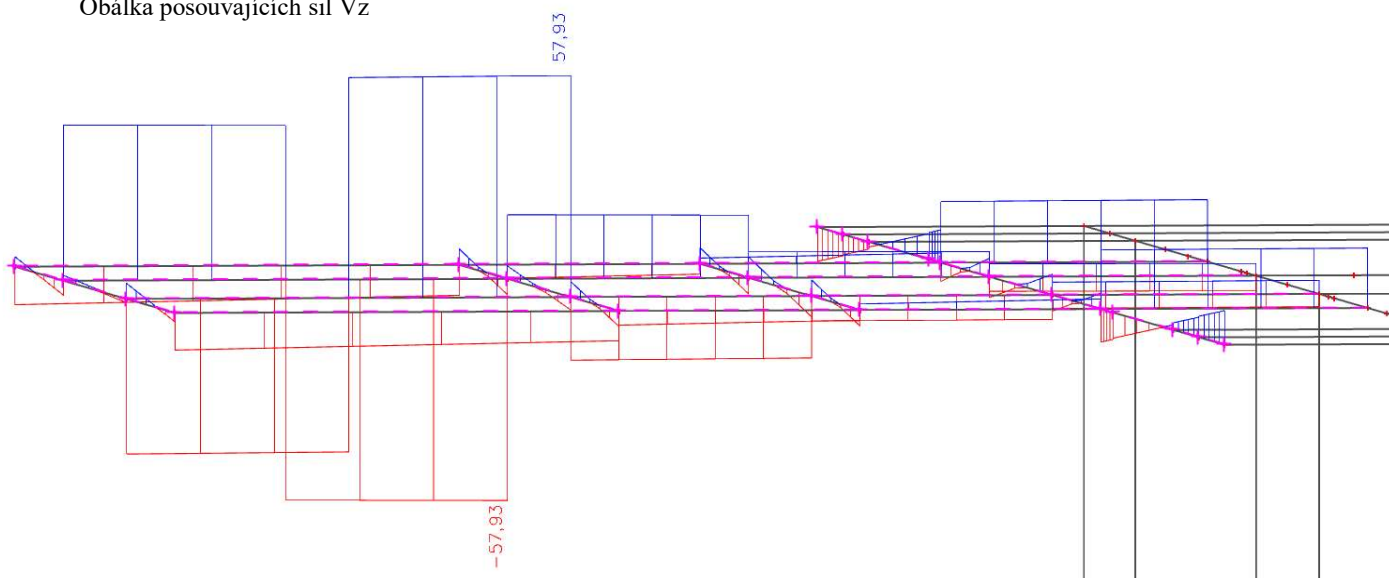
$$V_{z,Ed} := 57,93 \text{ kN}$$

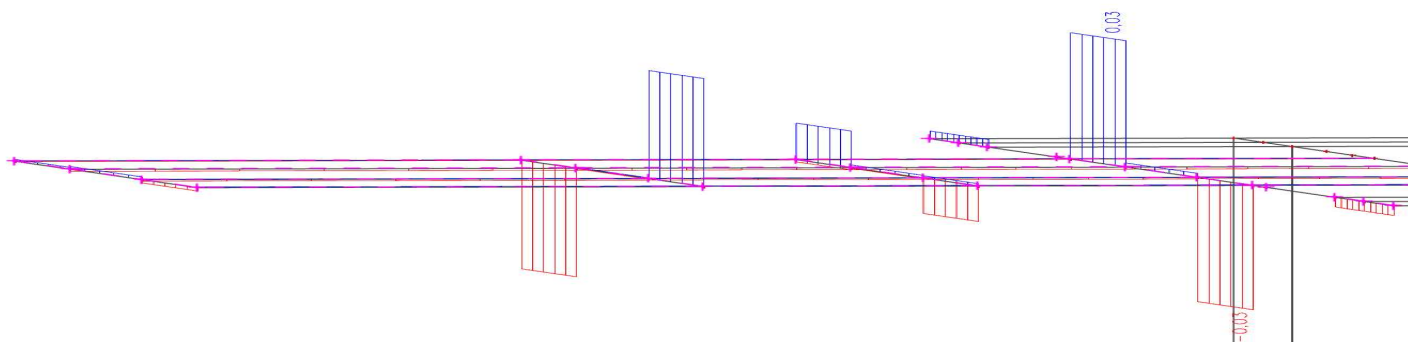
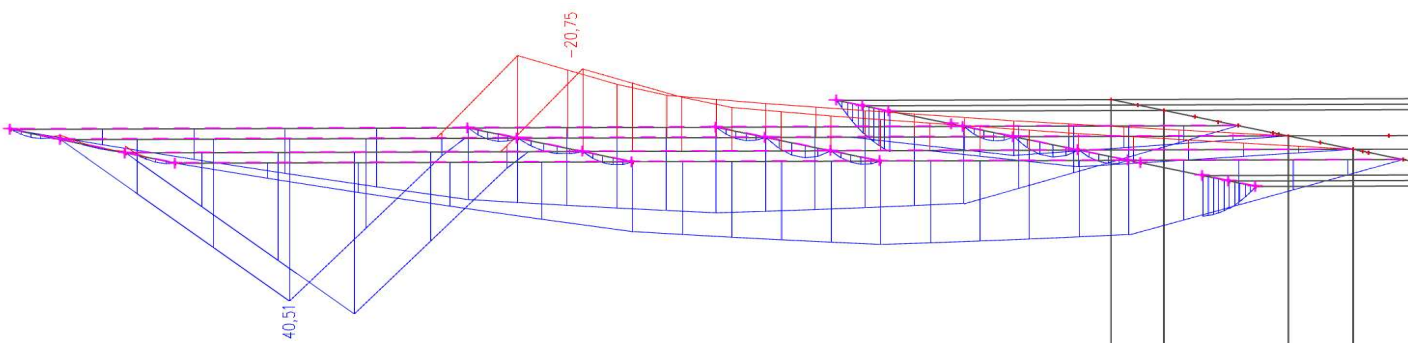
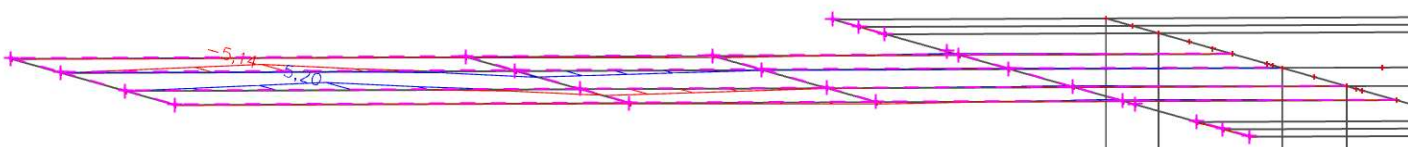
$$M_{x,Ed} := 0,03 \text{ kN m}$$

$$M_{y,Ed} := 40,51 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Ed} := 5,20 \text{ kN m}$$

Obálka normálových sil

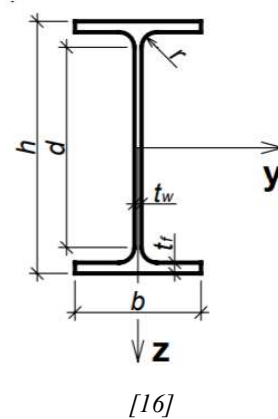
Obálka posouvajících sil V_y Obálka posouvajících sil V_z 

Obálka momentu M_x Obálka momentu M_y Obálka momentu M_z 

Profil: IPE 240

$h := 240 \text{ mm}$	$A := 3912 \text{ mm}^2$	$W_{y,pl} := 366,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$b := 120 \text{ mm}$	$A_{vz} := 1914 \text{ mm}^2$	$W_{z,pl} := 73,92 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
$t_w := 6,2 \text{ mm}$	$I_y := 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i_y := 99,7 \text{ mm}$
$t_f := 9,8 \text{ mm}$	$I_z := 283,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i_z := 26,9 \text{ mm}$
$r := 15 \text{ mm}$	$I_w := 37390 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$	
$d := 190,4 \text{ mm}$	$I_t := 12,88 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	

ocel S235 $f_y := 235 \text{ MPa}$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

$$\frac{d}{t_w} = 30,71 \quad 30,71 \leq 33 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 41,9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4,28 \quad 4,28 \leq 9 \quad \text{1. TŘÍDA}$$

==> průřez je 1. TŘÍDY

délka prutu: $L := 2,340 \text{ m}$

ohyb kolem osy y

$$L_{cr,y} := L = 2,34 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 23,47 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0,25$$

$$\frac{h}{b} = 2 < 1,2 \quad t_f = 9,8 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad y - y \implies \text{křivka "b"} \quad \alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 0,54$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,982$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 902,98 \text{ kN} > N_{Ed} = 37,64 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 2,34 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 86,99 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 0,93$$

$$\frac{h}{b} = 2 < 1,2 \quad t_f = 9,8 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\lambda_{z,pom} - 0,2 \right) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 1,11$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,584$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 536,61 \text{ kN} > N_{Ed} = 37,64 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

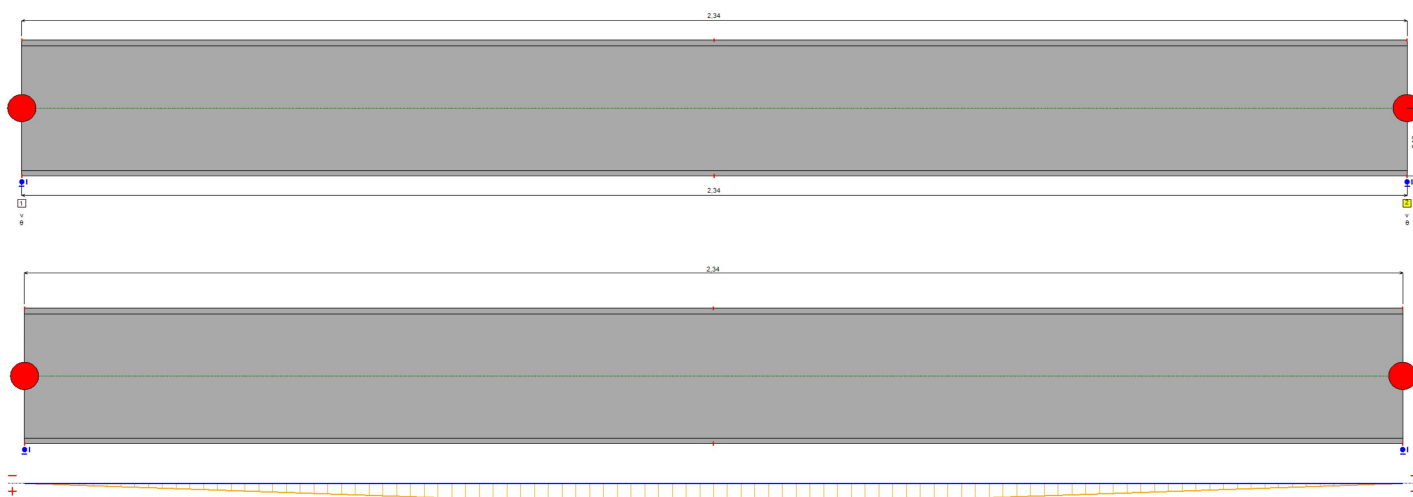
Smyk

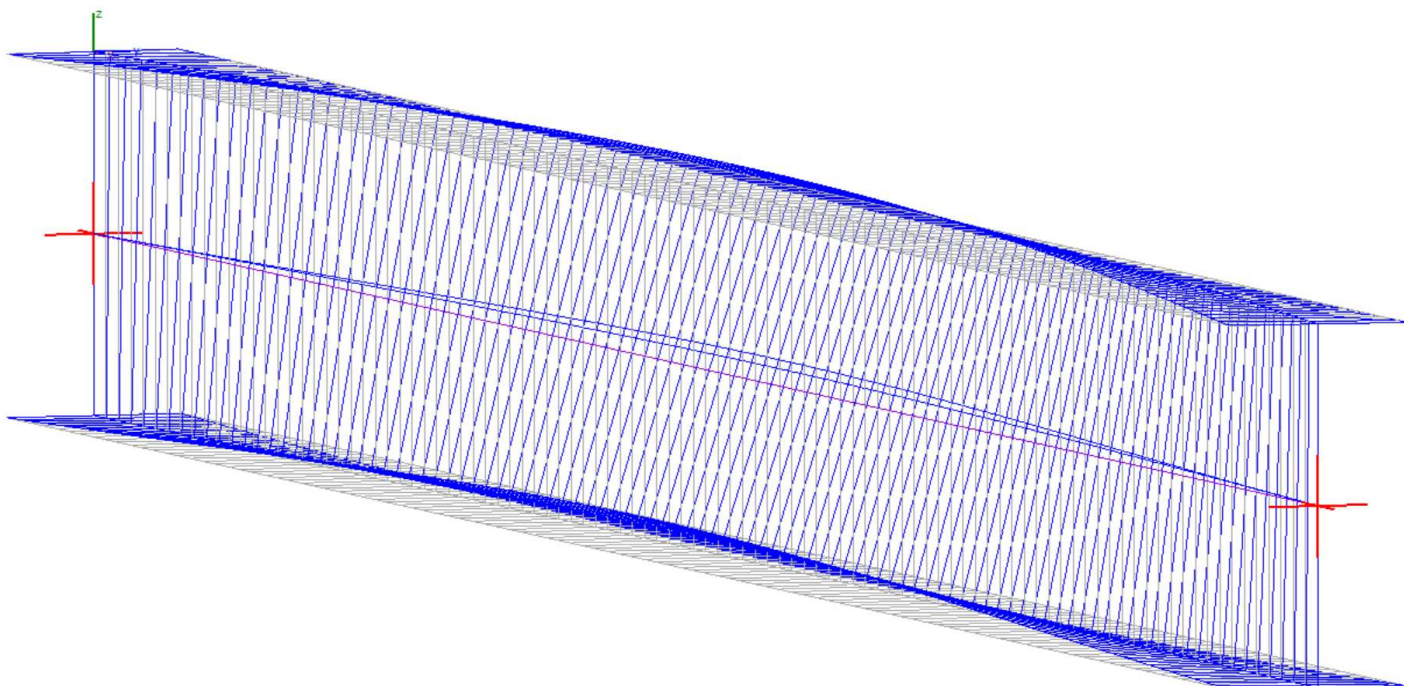
$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 259,69 \text{ kN} \gg V_{z,Ed} = 57,93 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{p1,Rd}} = 0,22$$

\implies malý smyk

Klopení profilu tvaru I - výstup z programu LTBeamN





Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	x (Mmax) [m]	$N_{max,cr}$ [kN] (*)	x (Nmax) [m]
1	5,454	220,94	1,17	0	1,17

$$M_{cr} := 220,94 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINITEL KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,62 \quad \text{poměrná štíhlost při klopení}$$

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,68$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,906 \quad \text{součinitel klopení}$$

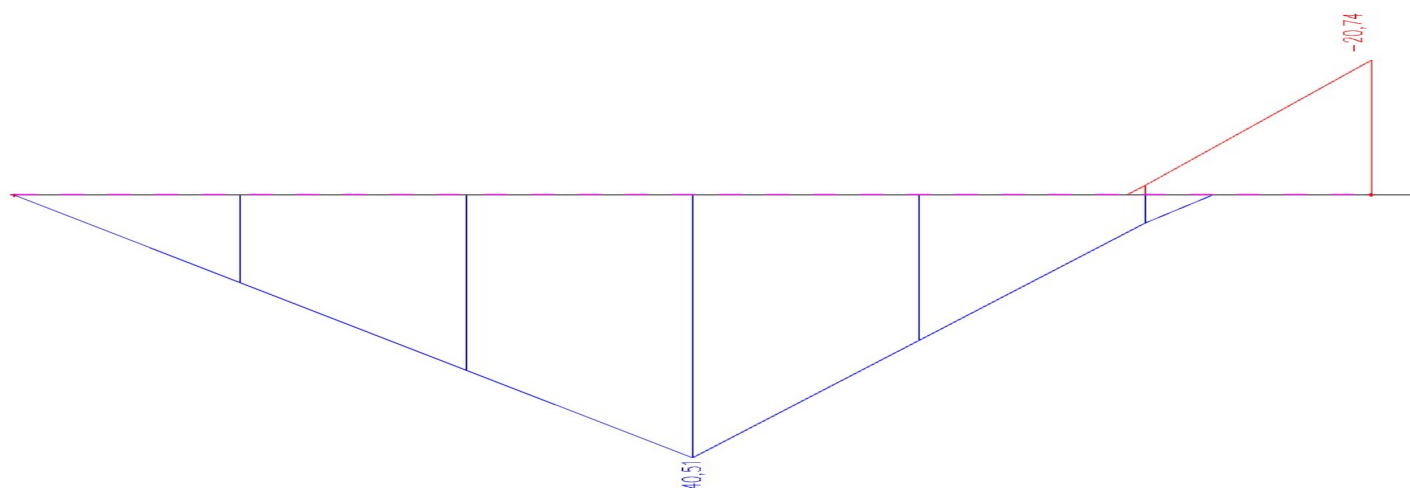
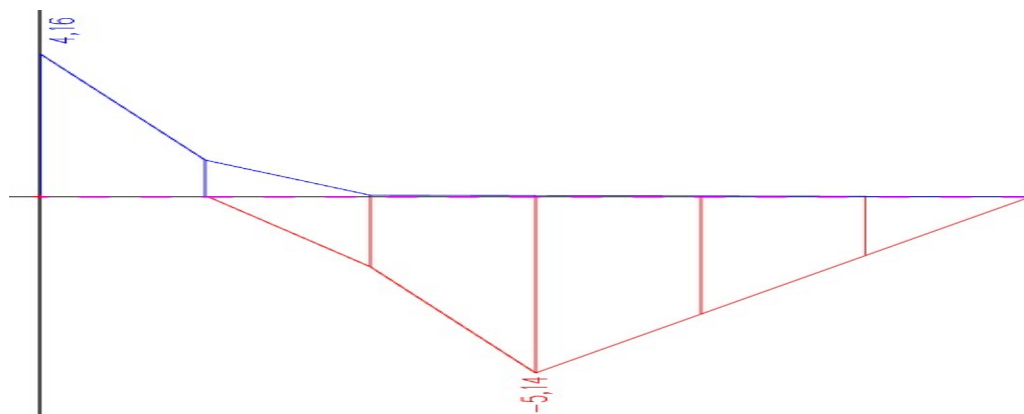
POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 78,05 \text{ kN m} > M_{y,Ed} = 40,51 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,52 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Součinitele interakce tlak + ohyb

 M_y  M_z 

součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$\alpha_{s,y} := \frac{-20,74}{40,51} = -0,51$$

$$\alpha_{s,z} := \frac{4,16}{-5,14} = -0,81$$

$$\psi_y := \frac{0}{-20,74} = 0,00$$

$$\psi_z := \frac{0}{4,16} = 0,00$$

$$C_{my} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,41$$

$$C_{mz} := -0,8 \cdot \alpha_{s,z} = 0,65$$

$$C_{mLT} := -0,8 \cdot \alpha_{s,y} = 0,41$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 919,32 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,pl} \cdot f_y = 86,15 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,pl} \cdot f_y = 17,37 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,41$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right], \left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right] \right) = 0,96$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,68$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,41$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,38$$

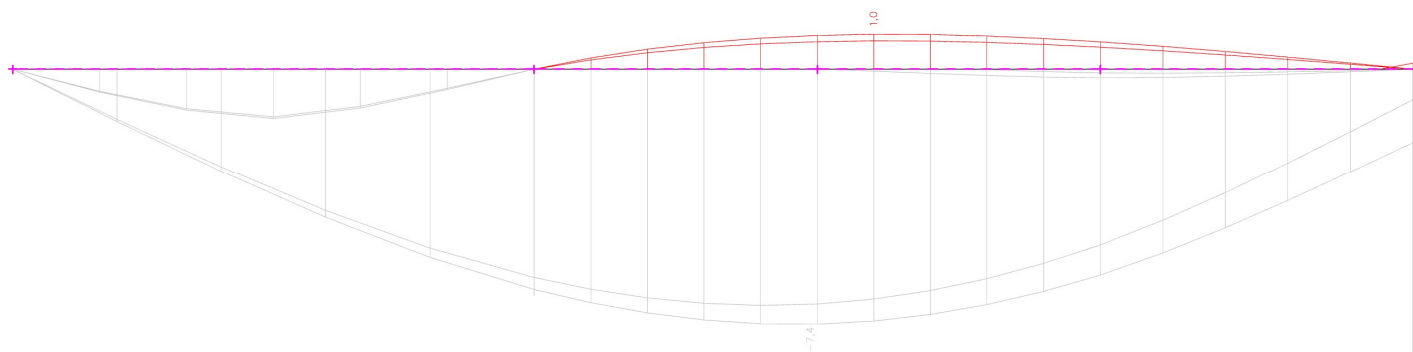
$$0,04 + 0,21 + 0,12 = 0,38 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,77$$

$$0,07 + 0,5 + 0,2 = 0,77 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP

délka nosníku:
 $L = 2,34 \text{ m}$

relativní svislá deformace:

$7,4 \text{ mm}$

<

$$\frac{L}{250} = 9,36 \text{ mm}$$

OK

29. POSOUZENÍ SLOUPU ČTYŘDŘÍKU

Návrhové síly:

$$N_{Ed} := 208,95 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$V_{z,Ed} := 3,53 \text{ kN}$$

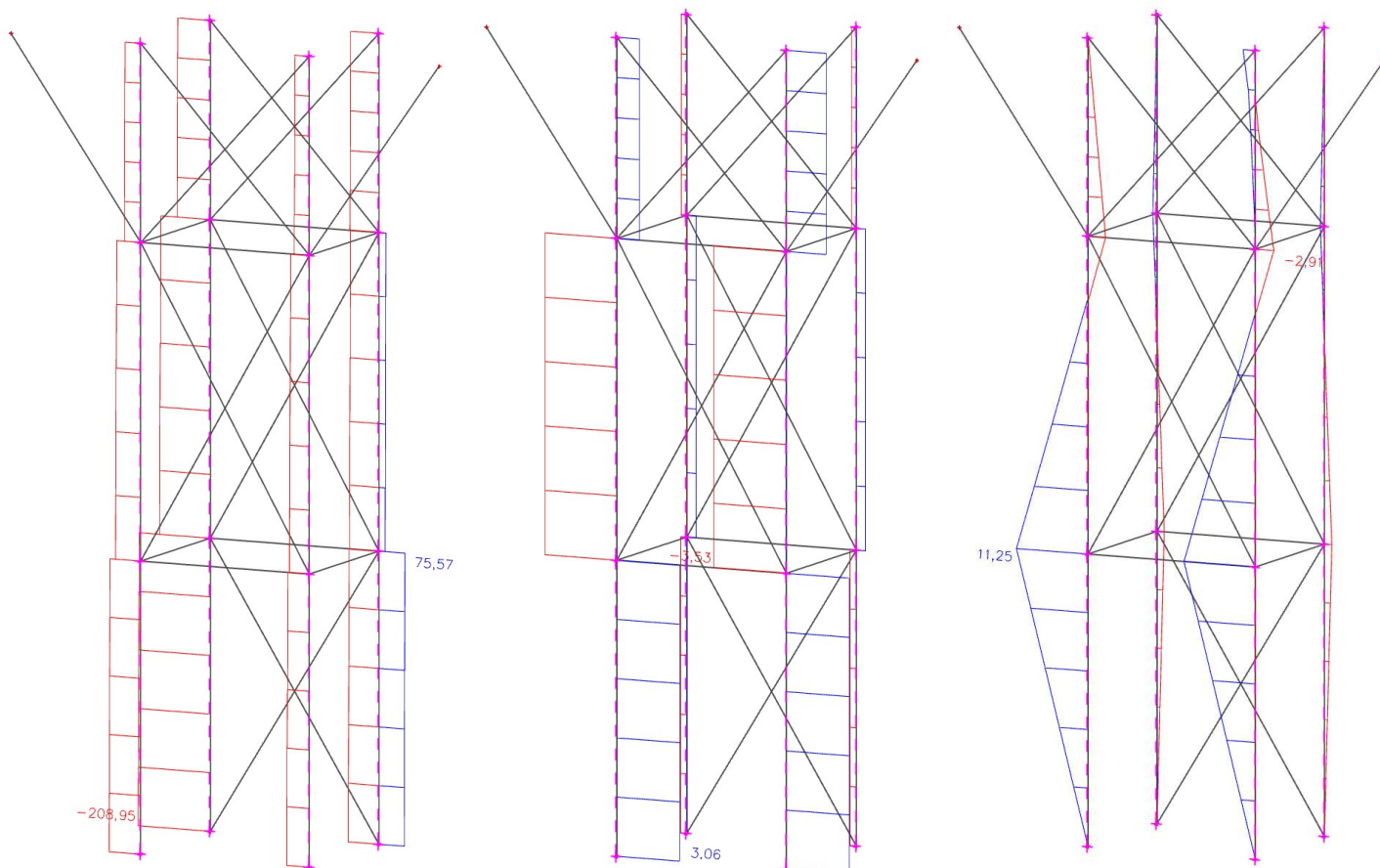
$$M_{y,Ed} := 11,25 \text{ kN m}$$

Obálka normálových sil na sloupech:

$$N_{t,Ed} := 75,57 \text{ kN}$$

Obálka posouvajících sil V_z :

Obálka momentů M_y :



Profil: HEB 200

$$h := 200 \text{ mm}$$

$$b := 200 \text{ mm}$$

$$t_w := 9,0 \text{ mm}$$

$$t_f := 15,0 \text{ mm}$$

$$r := 18 \text{ mm}$$

$$d := 134 \text{ mm}$$

$$A := 7808 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 2483 \text{ mm}^2$$

$$I_y := 5696 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_z := 2003 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w := 171100 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

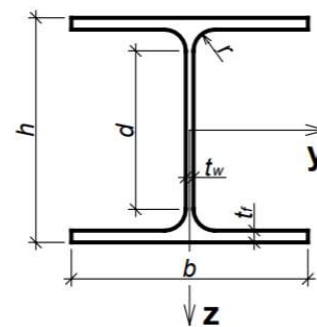
$$I_t := 59,28 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 642,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,pl} := 305,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 85,4 \text{ mm}$$

$$i_z := 50,7 \text{ mm}$$



ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

stojina

posunutí N.O. k tažené pásnici:

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 98,79 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = 1,24 \quad \Rightarrow \text{celá stojina je tlačena}$$

$$\frac{d}{t_w} = 14,89$$

$$\Rightarrow 14,89 \leq 33$$

1.TŘÍDA

pásnice

$$c := b \cdot 0,5 - t_w \cdot 0,5 - r = 77,5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 5,17$$

$$5,17 \leq 9$$

1.TŘÍDA

 \Rightarrow průřez je 1. TŘÍDYdélka prutu: $L := 10,180 \text{ m}$ **ohyb kolem osy y**

$$L_{cr,y} := L = 10,18 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 119,2$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,27$$

$$\frac{h}{b} = 1$$

$$< 1,2$$

$$t_f = 15 \text{ mm}$$

$$< 100 \text{ mm}$$

y - y \Rightarrow křivka "b"

$$\alpha := 0,34$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 1,49$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,442$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 810,79 \text{ kN} > N_{Ed} = 208,95 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

ohyb kolem osy z

$$L_{cr,z} := L = 10,18 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 200,79 \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\lambda_{z,pom} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{z,pom} = 2,14$$

$$\frac{h}{b} = 1 < 1,2 \quad t_f = 15 \text{ mm} < 100 \text{ mm} \quad z - z \implies \text{křivka "c"} \quad \alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{z,pom} - 0,2) + \lambda_{z,pom}^2 \right) = 3,26$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{z,pom}^2}} = 0,175$$

návrhová vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 320,6 \text{ kN} > N_{Ed} = 208,95 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Smyk

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = 336,89 \text{ kN} \gg \gg V_{z,Ed} = 3,53 \text{ kN} \implies \text{malý smyk}$$

Klopení profilu tvaru I

$$L_{LT} := L = 10,18 \text{ m}$$

$$k_w := 1,0 \quad k_z := 1,0 \quad k_y := 1,0$$

součinitel C1 při zatížení prutu koncovými momenty (tab NB.3.2)

$$C_1 := C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{wt}$$

$$\kappa_{wt} := \frac{\pi}{k_w \cdot L_{LT}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = 0,27$$

bezrozměrný parametr kroucení

$$C_1 := 1,13 + (1,13 - 1,13) \cdot \kappa_{wt} = 1,13$$

$$\mu_{cr} := \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = 1,17$$

bezrozměrný kritický moment pro symetrický průřez zatížený ve středu smyku

KRITICKÝ MOMENT

$$M_{cr} := \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L_{LT}} = 162,21 \text{ kN m}$$

křivka klopení pro válcované průřezy s $h/b \leq 2 \implies$ "b"

součinitel imperfekce $\alpha_{LT} := 0,34$

SOUČINITELE KLOPENÍ

$$\beta := 0,75$$

$$\lambda_{LT,0} := 0,4$$

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{y,Pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,96$$

poměrná štíhlost při klopení

$$\Phi_{LT} := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2 \right) = 0,95$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = 0,721$$

$$\chi_{LT} \leq 1,0$$

součinitel klopení

POSOUZENÍ

$$M_{b,Rd} := \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,Pl} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 108,88 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,1 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

Součinitele interakce tlak + ohyb

součinitele C dle tab. B.3

$$\text{poměr koncových momentů: } \psi_y := \frac{0}{11,25} = 0$$

součinitel ekvivalentních konstantních momentů: (tab B.3)

$$C_{my} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_y = 0,6 \quad C_{my} \geq 0,4$$

$$C_{mLT} := 0,6 + 0,4 \cdot \psi_y = 0,6 \quad C_{m,LT} \geq 0,4$$

CHARAKTERISTICKÉ ÚNOSNOSTI

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1834,88 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{y,p1} \cdot f_y = 150,99 \text{ kN m}$$

$$M_{z,Rk} := W_{z,p1} \cdot f_y = 71,86 \text{ kN m}$$

součinitel k_{yy} z tab B.1

$$k_{yy} := \min \left(\left[C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y,pom} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,72$$

součinitel k_{zy} z tab B.2

$$k_{zy} := \max \left(\left[1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{z,pom}}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right], \left[1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right] \right) = 0,81$$

součinitel k_{zz} z tab B.1

$$k_{zz} := \min \left(\left[C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{z,pom} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right], \left[C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} \right) \right] \right) = 0,99$$

součinitel k_{yz} z tab B.1

$$k_{yz} := 0,6 \cdot k_{zz} = 0,59$$

POSOUZENÍ

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_Y \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,33$$

$$0,26 + 0,07 = 0,33$$

$$\leq 1,0$$

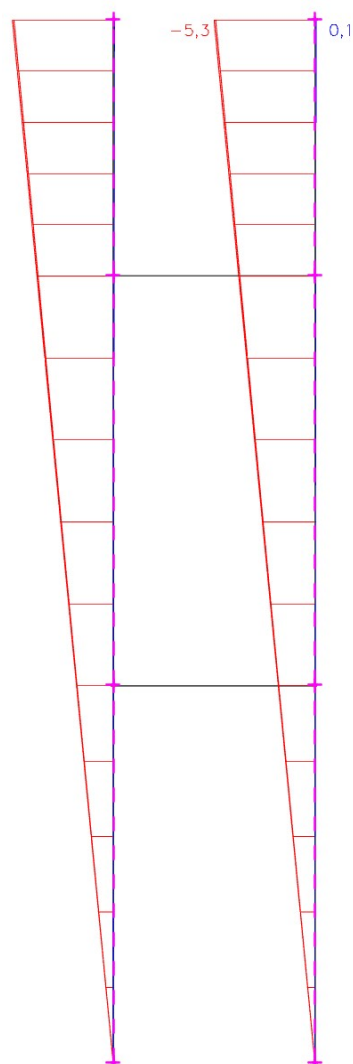
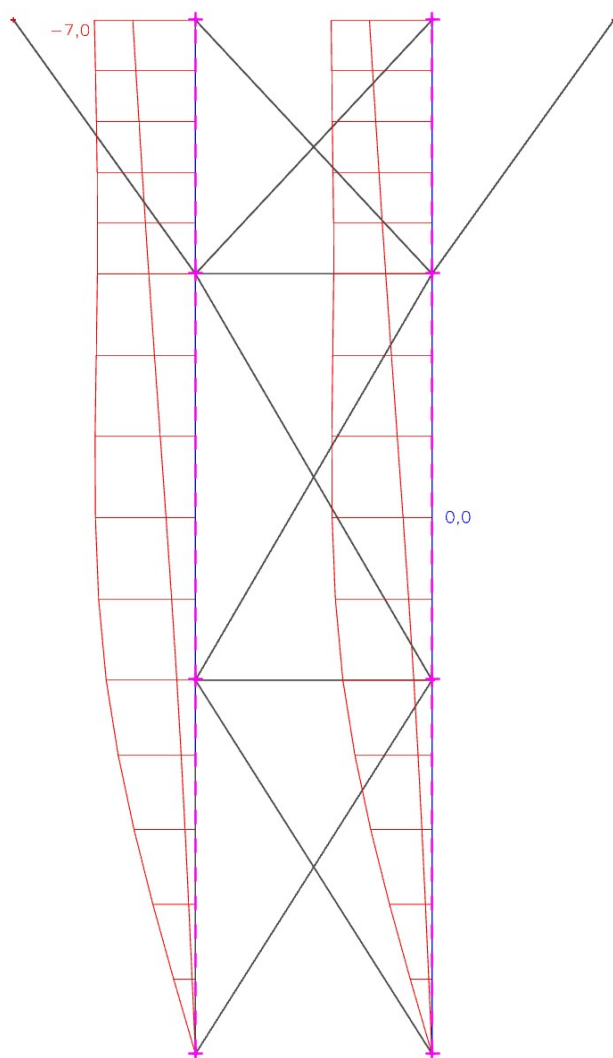
VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} = 0,74$$

$$0,65 + 0,08 = 0,74$$

$$\leq 1,0$$

VYHOVUJE

POSOUZENÍ MSP

výška podlaží:

$$h := L = 10,18 \text{ m}$$

$$7,0 \text{ mm}$$

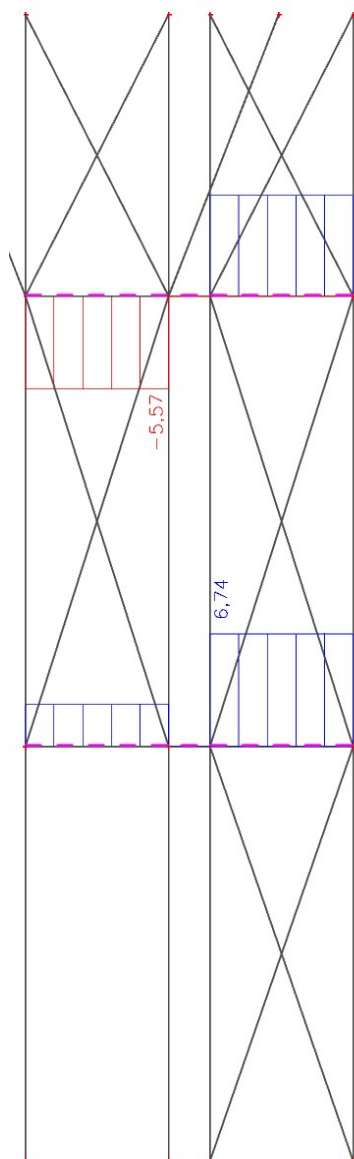
<

$$\frac{h}{300} = 33,93 \text{ mm}$$

OK

30. POSOUZENÍ SVISLIC ČTYŘDŘÍKU

Obálka normálových sil:



Profil: TR 28x3,2

$$t_w := 3,2 \text{ mm}$$

$$d := 28 \text{ mm}$$

$$A := 249 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 159 \text{ mm}^2$$

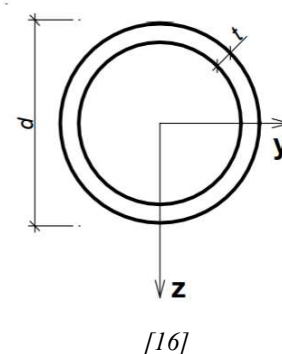
$$I_y := 1,95 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,pl} := 1,98 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 8,84 \text{ mm}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

$$\frac{d}{t_w} = 8,75 \quad \Rightarrow \quad 8,75 \leq 50$$

=> průřez je 1. TŘÍDY

$$N_{t,Ed} := 6,74 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 5,57 \text{ kN}$$

délka prutu: $L := 2,340 \text{ m}$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 58,52 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 6,74 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,12$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 2,34 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 264,71$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 2,82$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 5,12$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,107$$

$$X_z := \chi_y = 0,107$$

návrhová vzpěrná únosnost

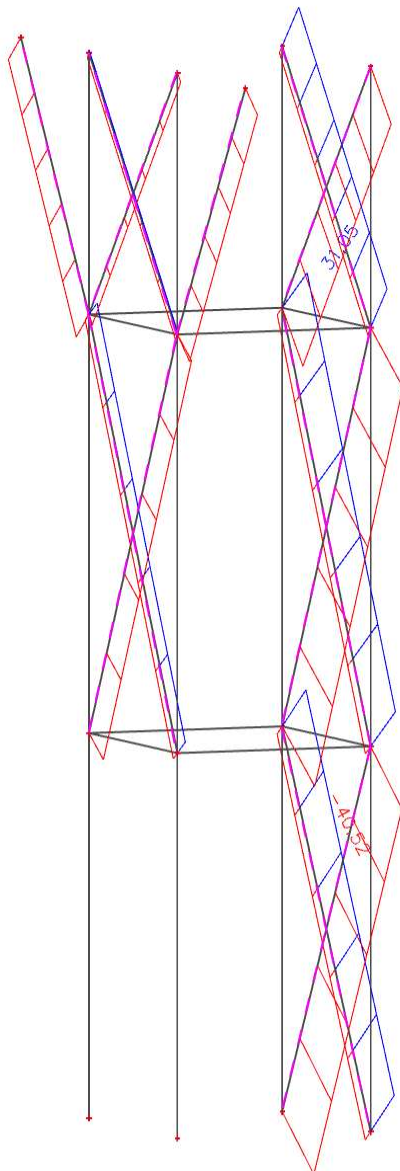
$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 6,24 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 5,57 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,89$$

31. POSOUZENÍ DIAGONÁL ČTYŘDŘÍKU

Obálka normálových sil:



Profil: TR 82,5x3,6

$$t_w := 3,6 \text{ mm}$$

$$d := 82,5 \text{ mm}$$

$$A := 892 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} := 568 \text{ mm}^2$$

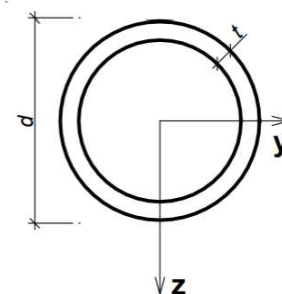
$$I_y := 69,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,Pl} := 22,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y := 27,9 \text{ mm}$$

ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$



[16]

ZATŘÍDĚNÍ PRŮŘEZU NAMÁHANÉHO KOMBINACÍ M+N

$$\frac{d}{t_w} = 22,92 \quad \Rightarrow \quad 22,92 \leq 50$$

=> průřez je 1. TRÍDY

$$N_{t,Ed} := 31,05 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 40,52 \text{ kN}$$

$$\text{délka prutu: } L := 4,634 \text{ m}$$

únosnost v tahu

$$N_{t,Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 209,62 \text{ kN} > N_{t,Ed} = 31,05 \text{ kN}$$

OK

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = 0,15$$

únosnost v tlaku

$$L_{cr,y} := L = 4,634 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 166,09$$

štíhlost prutu

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{y,pom} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1,77$$

tvarované za studena

y - y ==> křivka "c"

$$\alpha := 0,49$$

$$\Phi := 0,5 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,pom} - 0,2) + \lambda_{y,pom}^2 \right) = 2,45$$

součinitel vzpěrnosti

$$\chi_y := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,pom}^2}} = 0,241$$

$$X_z := \chi_y = 0,241$$

návrhová vzpěrná únosnost

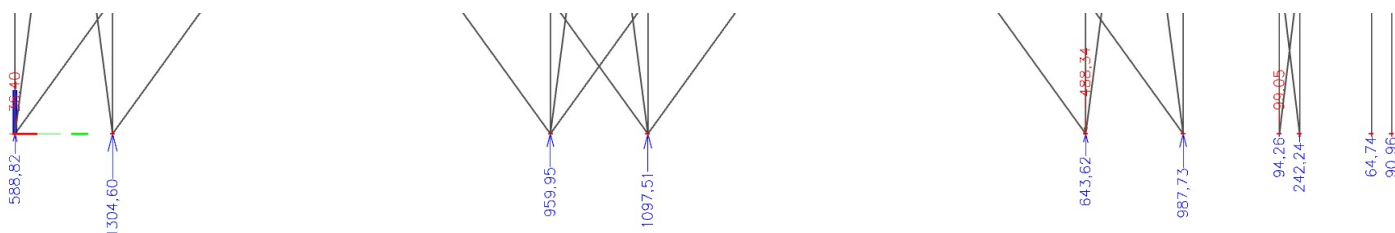
$$N_{b,Rd} := \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 50,61 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 40,52 \text{ kN}$$

OK

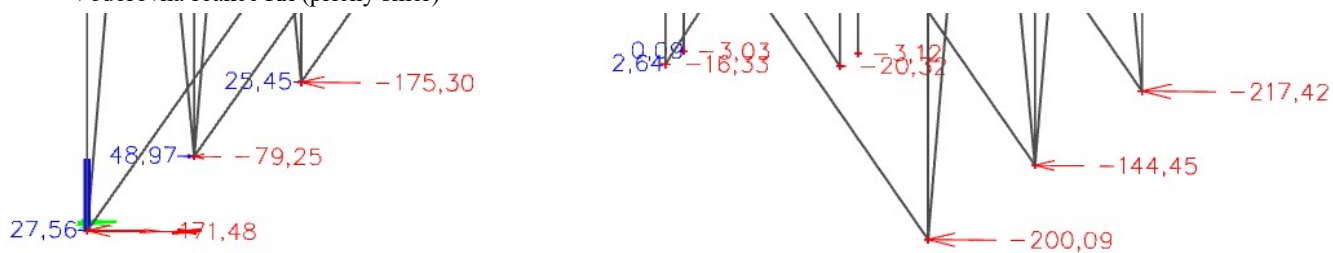
$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,8$$

32. NÁVRH KLOUBOVÉ PATKY

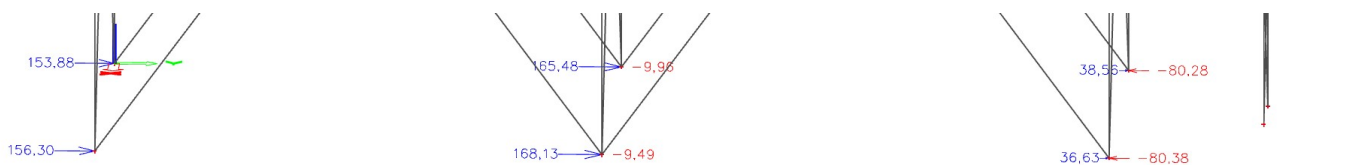
Svislá reakce R_z



Vodorovná reakce R_x (příčný směr)



Vodorovná reakce R_y (podélný směr)



Návrhové síly pro patku:

$$R_x := 217,42 \text{ kN}$$

$$R_y := 168,13 \text{ kN}$$

$$R_{z,c} := 1304,60 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$R_{z,t} := 488,34 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

Materiály:

Ocel $f_{yd} := 235 \text{ MPa}$
S235

Beton $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$
C20/25

$$\gamma_c := 1,5$$

Návrh rozměrů patky:

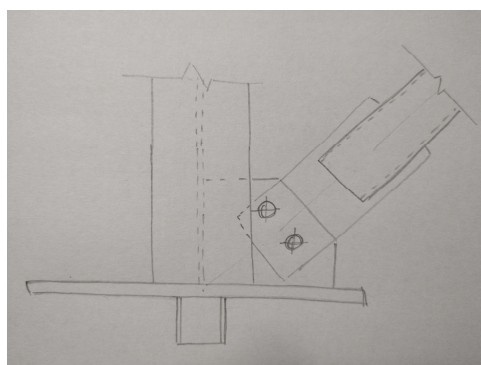
Tabulková únosnost zeminy třídy S2 s předpokládanou šířkou základu cca 1 m je dle ČSN 73 1001 $R_d = 350 \text{ kPa}$

$$R_d := 350 \text{ kPa}$$

$$a_c := \sqrt{\frac{N_{max,Ed}}{R_d}}$$

$$N_{max,Ed} := R_{z,c} = 1304,60 \text{ kN}$$

$$a_c := \sqrt{\frac{N_{max,Ed}}{R_d}} = 1,93 \text{ m}$$



==> návrh základové patky 2 x 2 x 1 m ==>

$$a_c := 2,00 \text{ m}$$

$$b_c := a_c = 2,00 \text{ m}$$

$$h_c := 1,00 \text{ m}$$

Návrh patního plechu s tloušťkou $t = 30 \text{ mm}$, o rozměrech $a = b = 0,5 \text{ m}$

$$==> a_0 := 0,50 \text{ m}$$

$$b_0 := a_0 = 0,50 \text{ m}$$

$$t_p := 30 \text{ mm}$$

Výška podlití: $z := 50 \text{ mm}$

Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 := \min \left(\begin{array}{l} 3 \cdot a_0 \\ a_0 + h_c \\ a_c \end{array} \right) = 1,50 \text{ m}$$

$$b_1 := a_1 = 1,50 \text{ m}$$

Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 3,00$$

Návrhová pevnost betonu:

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

součinitel materiálu styčnicku

$$f_{jd} := \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd}}} = 51,4 \text{ mm}$$

Účinná plocha patní desky stanovená rozšířením profilu:

$$A_{eff} := 2 \cdot (280 \text{ mm} + 2 \cdot c) \cdot (18 \text{ mm} + 2 \cdot c) + (10,5 \text{ mm} + 2 \cdot c) \cdot (280 \text{ mm} - 2 \cdot 18 \text{ mm} - 2 \cdot c) = 1,09 \cdot 10^5 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 2893,83 \text{ kN} > N_{max,Ed} = 1304,60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{max,Ed}}{N_{Rd}} = 0,45$$

OK

Návrh svaru sloupu a patního plechu

účinná tloušťka svaru $a_w := 5 \text{ mm}$

Pro návrh svaru je konzervativně uvažován přenos posouvající síly pouze svarem na stojině sloupu.

$$L_w := 280 \text{ mm} - 2 \cdot 18 \text{ mm} - 24 \text{ mm} = 220,00 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} := R_x = 217,42 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 98,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

korelační součinitel $\beta_w := 0,80$ pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 171,17 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360,00 \text{ MPa}$$

OK navržený svar vyhovuje

Přenos posouvající síly svary na pásnici

$$L_w := 2 \cdot 280 \text{ mm} = 560 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} := R_y = 168,13 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 30,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

korelační součinitel $\beta_w := 0,80$ pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 52 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK navržený svar vyhovuje

Do patky je v některé z kombinací přenášen tah, nelze proto zaručit přenos vodorovných sil pomocí tření.

Návrh smykové zarážky HEB 140

$$W_{y,pl} := 245,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 \quad W_{z,pl} := 119,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{vz} := 1308 \text{ mm}^2 \quad t_f := 12,0 \text{ mm}$$

$$h := 140 \text{ mm} \quad t_w := 7,0 \text{ mm}$$

$$b := 140 \text{ mm}$$

třída průřezu 1 - ohyb kolem osy y-y i osy z-z

délka smykové zarážky:

$$h_z := \frac{R_x}{\frac{f_{ck}}{b \cdot \gamma_c}} = 116,48 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad h_z := 120 \text{ mm}$$

pozn.: smyková zarážka je oproti sloupu pootočena o 90 stupňů

Smyk

$$V_{pl,Rd,z} := A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 177,47 \text{ kN}$$

$$\frac{R_y}{V_{pl,Rd,z}} = 0,95$$

$$V_{pl,Rd,y} := 2 \cdot b \cdot t_f \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 455,88 \text{ kN}$$

$$\frac{R_x}{V_{pl,Rd,y}} = 0,48$$

Ohyb

Redukce ohybové únosnosti vlivem smyku:

$$\rho := \left(\frac{2 \cdot R_y}{V_{pl,Rd,z}} - 1 \right)^2 = 0,8$$

$$e := z + 0,5 \cdot h_z = 110,00 \text{ mm}$$

$$A_w := (h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 812 \text{ mm}^2$$

$$M_{y,V,Rd} := \frac{\left(W_{y,pl} - \frac{\rho \cdot A_w^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 53,24 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed,y} := R_y \cdot e = 18,49 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{y,V,Rd}} = 0,35$$

OK

$$M_{p\perp,Rd,z} := W_{z,p\perp} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 28,15 \text{ kN m}$$

$$M_{Ed,z} := R_x \cdot e = 23,92 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{p\perp,Rd,z}} = 0,85$$

OK

Šikmý ohyb

$$\alpha := 2,0 \quad \text{pro průřezy I a H}$$

$$\beta := 1,0$$

$$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{y,V,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{p\perp,Rd,z}} \right)^\beta = 0,97 < 1,0$$

VYHOVUJE

$$0,12 + 0,85 = 0,97$$

Posouzení svaru smykové zarážky a patního plechu

$$a_w := 6 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti svarového obrazce:

$$I_w := 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot \left((t_f + 2 \cdot a_w) \cdot (b + 2 \cdot a_w)^3 + \left(\frac{h}{2} - t_f - a_w \right) \cdot (t_w + 2 \cdot a_w)^3 \right) = 1,41 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

Průřez 1

$$\tau_{II} := \frac{R_x}{a_w \cdot (4 \cdot b - 2 \cdot t_w)} = 66,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,x} := \frac{R_x \cdot e}{I_w} \cdot \frac{h}{2} = 118,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,y} := \frac{R_y \cdot e}{I_w} \cdot \frac{h}{2} = 91,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \sigma_{w,x} + \sigma_{w,y} = 210,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 148,81 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,20 \text{ MPa}$$

OK

$$\tau_l := \sigma_l = 148,81 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 319,05 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360,00 \text{ MPa}$$

OK

Průřez 2

$$\tau_{II} := \frac{R_y}{a_w \cdot 2 \cdot (h - 2 \cdot t_f)} = 120,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,x} := \frac{R_x \cdot e}{I_w} \cdot \frac{h - 2 \cdot t_f}{2} = 98,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,y} := \frac{R_y \cdot e}{I_w} \cdot \frac{h - 2 \cdot t_f}{2} = 76,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \sigma_{w,x} + \sigma_{w,y} = 174,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 123,3 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK

$$\tau_l := \sigma_l = 123,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 323,38 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

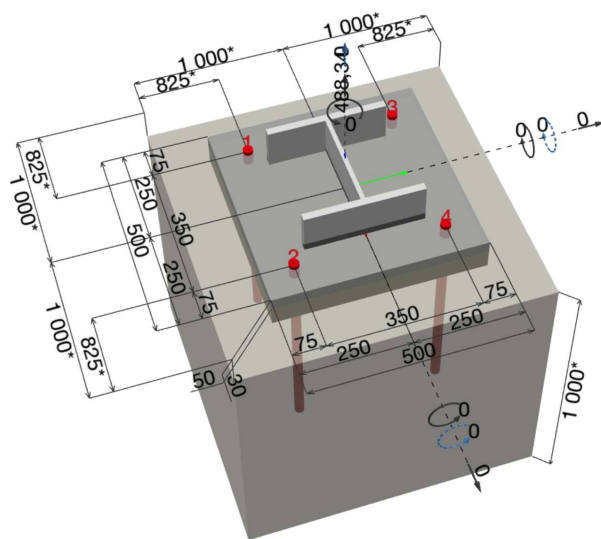
Návrh kotev na přenesení tahu pomocí SW HILTI. V návrhu je uvažována pouze osová tahová síla, k přenesení smykové síly je navržena smyková zarážka. Celkový výstup ze software HILTI viz přílohy.

1.1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-A + HAS-U 8.8 M24
Předpokládaná životnost (životnost v letech):	50
Číslo artiklu:	není dostupné
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,act} = 480,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)
Materiál:	8.8
Certifikát č.:	ETA 11/0493
Vydaný / Platný:	14.12.2020 -
Posouzení:	Návrhová metoda EN 1992-4, Chemické
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00; $e_b = 50,0 \text{ mm}$; $t = 30,0 \text{ mm}$
Kotevní deska ^{CBFEM} :	Hilti malta: , víceúčelová, $f_{c,GROUT} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ $l_x \times l_y \times t = 500,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 30,0 \text{ mm}$;
Profil:	IPB/HEB profil, IPB 280 / HE 280 B; ($V \times \check{S} \times T \times T$) = $280,0 \text{ mm} \times 280,0 \text{ mm} \times 10,5 \text{ mm} \times 18,0 \text{ mm}$
Základní materiál:	bez trhlin beton, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1\,000,0 \text{ mm}$, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C. Uživatelem definovaný parciální bezpečnostní součinitel materiálu $\gamma_c = 1,500$
Montáž:	automaticky čistěný kotevní otvor, montážní podmínky: suché
Výztuž:	Rozteč výztuže < 150 mm (jakýkoliv \emptyset) nebo < 100 mm ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) s podélnou výztuží okraje $d \geq 12,0 \text{ [mm]}$ + uzavřená síť (tříminky, háky) $s \leq 100,0 \text{ [mm]}$ Je přítomna výztuž bránící rozštěpení betonu podle EN 1992-4, 7.2.1.7 (2) b) 2)



^{CBFEM} - Výpočet kotev je založen na metodě konečných prvků (CBFEM)



VYUŽITÍ	
Tah	
	Ocel 68%
	Porušení vytržením betonového kuželu 96%
	Spojení 55%
	Porušení rozštěpením betonu 0%
Smyk	
	Ocel 22%
	Porušení okraje betonu 2%
	Porušení vylomením betonu 1%
Kombinace	
	Ocel 46%
	beton 81%

PATKA VYHOVUJE

33. POSOUZENÍ PŘÍPOJE DIAGONÁLY NA KLOUBOVOU PATKU

Návrh a posouzení šroubů:

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

$$N_{t,Ed} := 291,67 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 446,14 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů: **M20 8.8**

$$d := 24 \text{ mm}$$

$$A_s := 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 12 \text{ mm}$$

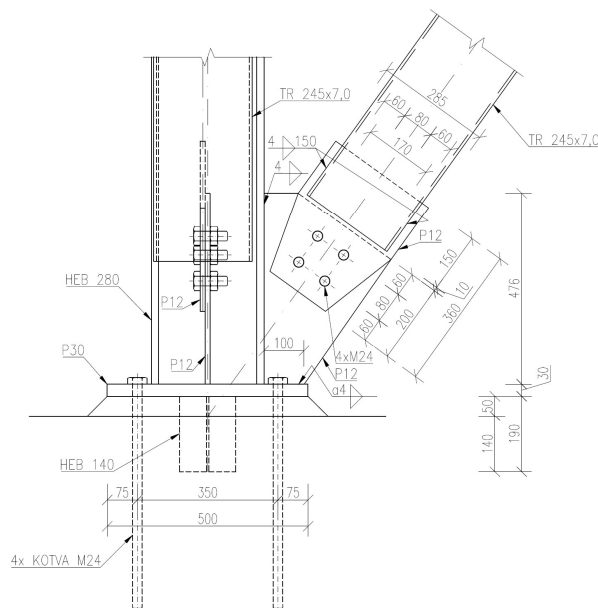
$$d_0 := 26 \text{ mm}$$

$$e_1 := 60 \text{ mm}$$

$$e_2 := 60 \text{ mm}$$

$$p_1 := 80 \text{ mm}$$

$$p_2 := 80 \text{ mm}$$



tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 135,55 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right) = 0,77$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 159,51 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 3,29$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 542,21 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{N_{Rd}} = 0,82$$

< 1,0

OK

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

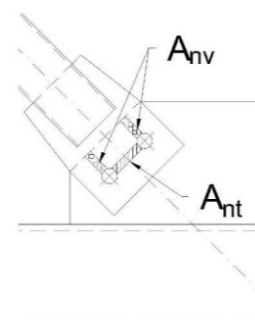
ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0 + 2 \cdot p_1 - 2 \cdot d_0) = 2424 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - d_0) = 648 \text{ mm}^2$$



pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 515,51 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{c,Ed} \\ N_{t,Ed} \end{bmatrix} \right)}{V_{eff,1,Rd}} = 0,87 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := t \cdot (2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) = 1776 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 460,34 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{Rd}} = 0,63 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Svar diagonály a styčnickového plechu

koutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$

délka svaru: $L_w := 4 \cdot 150 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

$$\tau_{II} := \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right)}{a_w \cdot L_w} = 185,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 321,97 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Svar styčnickového plechu a sloupu

koutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$

$$\theta := 54,22^\circ$$

délka svaru: $L_w := 476 \text{ mm}$

$$N_s := N_{t,Ed} \cdot \sin(\theta) = 236,62 \text{ kN}$$

svislá síla

$$N_l := N_{t,Ed} \cdot \cos(\theta) = 170,53 \text{ kN}$$

kolmá síla

$$\tau_{II} := \frac{N_s}{a_w \cdot L_w} = 124,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_l}{a_w \cdot L_w} = 89,57 \text{ MPa}$$

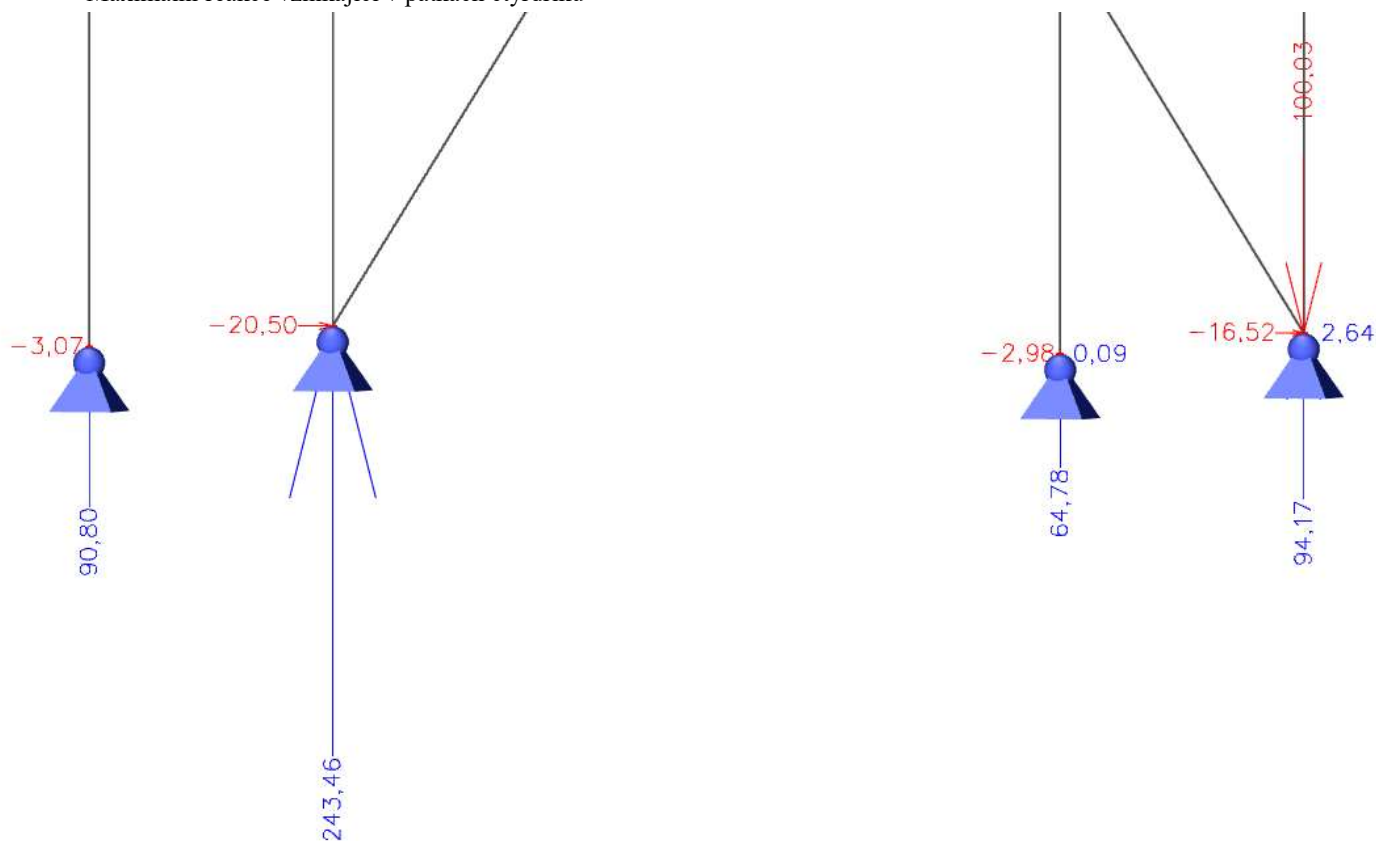
$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 63,33 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 63,33 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 249,76 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

34. NÁVRH KLOUBOVÉ PATKY ČTYŘDŘÍKU

Maximální reakce vznikající v patkách čtyřdříku



Návrhové síly pro patku:

$$R_x := 20,50 \text{ kN}$$

$$R_{z,c} := 243,46 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

$$R_{z,t} := 100,03 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

Materiály:

Ocel $f_{yd} := 235 \text{ MPa}$
S235

Beton $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$
C20/25

$$\gamma_c := 1,5$$

Návrh rozměrů patky:

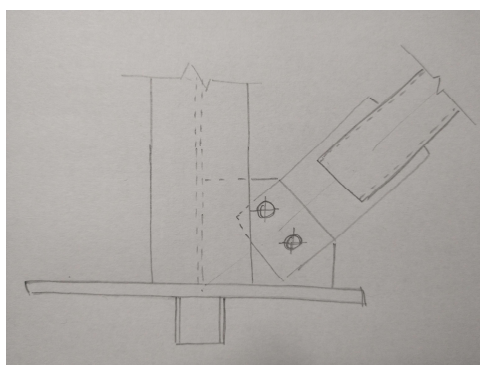
Tabulková únosnost zeminy třídy S2 s předpokládanou šířkou základu cca 1 m je dle ČSN 73 1001 $R_d = 350 \text{ kPa}$

$$R_d := 350 \text{ kPa}$$

$$a_c := \sqrt{\frac{N_{max,Ed}}{R_d}}$$

$$N_{max,Ed} := R_{z,c} = 243,46 \text{ kN}$$

$$a_c := \sqrt{\frac{N_{max,Ed}}{R_d}} = 0,834 \text{ m}$$



\implies návrh základové patky 1 x 1 x 1 m \implies

$$a_c := 1,00 \text{ m}$$

$$b_c := a_c = 1 \text{ m}$$

$$h_c := 1,00 \text{ m}$$

Návrh patního plechu s tloušťkou $t = 30 \text{ mm}$, o rozměrech $a = b = 0,3 \text{ m}$ \implies

$$a_0 := 0,30 \text{ m}$$

$$b_0 := a_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$t_p := 30 \text{ mm}$$

Výška podlití: $z := 50 \text{ mm}$

Započitatelné rozměry betonové patky:

$$a_1 := \min \left(\begin{array}{l} 3 \cdot a_0 \\ a_0 + h_c \\ a_c \end{array} \right) = 0,9 \text{ m}$$

$$b_1 := a_1 = 0,9 \text{ m}$$

Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 3$$

Návrhová pevnost betonu:

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

součinitel materiálu styčnicku

$$f_{jd} := \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 26,67 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky:

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd}}} = 51,4 \text{ mm}$$

\implies účinná šířka patní desky přesahuje rozměry patní desky, proto:

$$c := 50 \text{ mm}$$

Účinná plocha patní desky stanovená rozšířením profilu:

$$A_{eff} := 2 \cdot (200 \text{ mm} + 2 \cdot c) \cdot (15 \text{ mm} + 2 \cdot c) + (9 \text{ mm} + 2 \cdot c) \cdot (200 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} - 2 \cdot c) = 76630 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky:

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 2043,47 \text{ kN} > N_{max,Ed} = 243,46 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{max,Ed}}{N_{Rd}} = 0,12$$

OK

Návrh svaru sloupu a patního plechu

$$\text{účinná tloušťka svaru} \quad a_w := 5 \text{ mm}$$

Pro návrh svaru je konzervativně uvažován přenos posouvající síly pouze svarem na stojně sloupu.

$$L_w := 200 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} - 18 \text{ mm} = 152 \text{ mm}$$

$$V_{Ed} := R_x = 20,5 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 13,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\text{korelační součinitel} \quad \beta_w := 0,80$$

pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 23,36 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

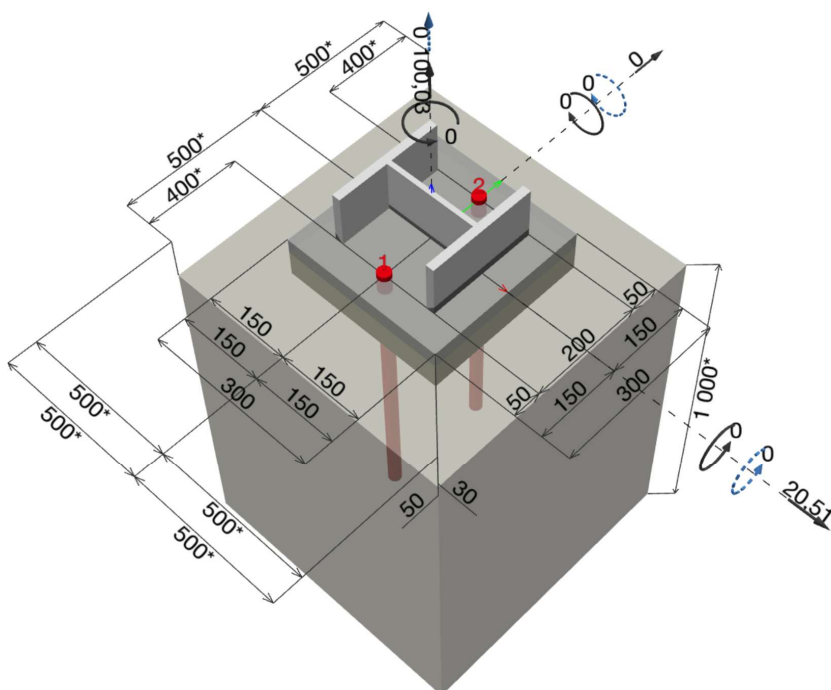
OK

navržený svar vyhovuje

Návrh kotev na přenesení tahu pomocí SW HILTI. V návrhu je uvažována tahová i smyková síla, kotvy jsou schopny přenést toto zatížení, proto není navržena žádná smyková zarážka. Celkový výstup ze software HILTI viz přílohy.

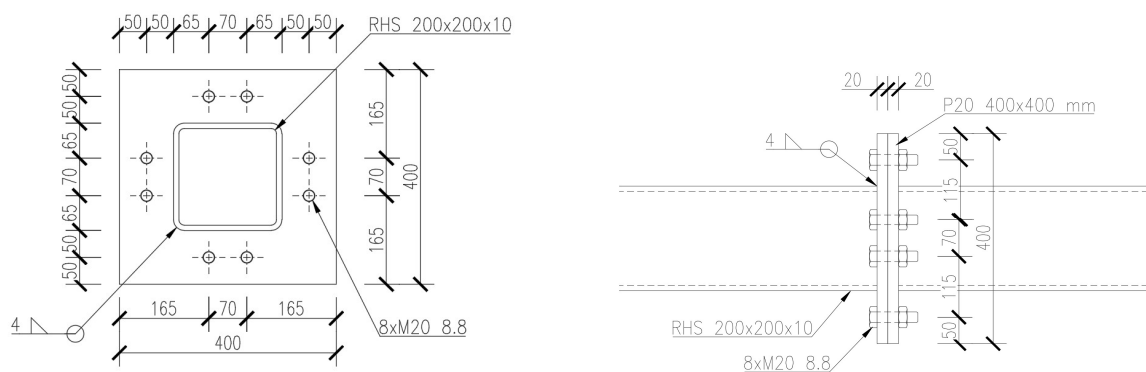
1.1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-A + HAS-U 8.8 M24
Předpokládaná životnost (životnost v letech):	50
Číslo artiklu:	není dostupné (vložit) / 2022696 HIT-HY 200-A (chemická hmota)
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,act} = 480,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)
Materiál:	8.8
Certifikát č.:	ETA 11/0493
Vydaný / Platný:	14.12.2020 -
Posouzení:	Návrhová metoda EN 1992-4, Chemické
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00; $e_b = 50,0 \text{ mm}$; $t = 30,0 \text{ mm}$ Hilti malta: , víceúčelová, $f_{c,GROUT} = 30,00 \text{ N/mm}^2$
Kotevní deska ^{CBFEM} :	$l_x \times l_y \times t = 300,0 \text{ mm} \times 300,0 \text{ mm} \times 30,0 \text{ mm}$;
Profil:	IPB/HEB profil, IPB 200 / HE 200 B; ($V \times \check{S} \times T \times T$) = $200,0 \text{ mm} \times 200,0 \text{ mm} \times 9,0 \text{ mm} \times 15,0 \text{ mm}$
Základní materiál:	bez trhlin beton, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1\,000,0 \text{ mm}$, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C, Uživatelem definovaný parciální bezpečnostní součinitel materiálu $\gamma_c = 1,500$
Montáž:	automaticky čistěný kotevní otvor, montážní podmínky: suché
Výztuž:	Rozteč výztuže < 150 mm (jakýkoliv Ø) nebo < 100 mm ($\text{Ø} \leq 10 \text{ mm}$) s podélnou výztuží okraje $d \geq 12,0 \text{ [mm]}$ + uzavřená síť (třmínky, háky) $s \leq 100,0 \text{ [mm]}$ Je přítomna výztuž bránící rozštěpení betonu podle EN 1992-4, 7.2.1.7 (2) b) 2)



VYUŽITÍ	
Tah	
	Porušení vytržením betonového kuželu 54%
Smyk	
	Ocel 75%
	Porušení okraje betonu 26%
	Porušení vylomením betonu 6%
Kombinace	
	beton 53%

PATKA VYHOVUJE

35. NÁVRH MONTÁŽNÍHO STYKU VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA STĚNY

$$N_{t,Ed} := 715,81 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 408,29 \text{ kN}$$

tlak přenesen kontaktem mezi čelními deskami

Návrh rozměrů: **M20 8.8**

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t_f := 20 \text{ mm}$$

tloušťka čelního plechu

Rozeče:

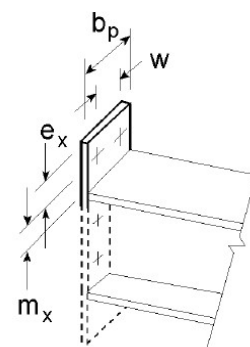
$$e_x := 50 \text{ mm}$$

$$m_x := 50 \text{ mm}$$

$$p_1 := 70 \text{ mm}$$

$$w := e_x + m_x + \frac{200 \text{ mm} - p_1}{2} = 165,00 \text{ mm}$$

$$b_p := 200 \text{ mm} + 2 \cdot (e_x + m_x) = 400,00 \text{ mm}$$



[10]

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} := \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Účinné délky pro čelní desku - řada šroubů vně tažené pásnice nosníku

$$l_{eff,cp} := \min \left(\begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot m_x \\ \pi \cdot m_x + w \\ \pi \cdot m_x + 2 \cdot e_x \end{array} \right) = 257,08 \text{ mm}$$

kruhové porušení

$$l_{eff,nc} := \min \left(\begin{bmatrix} 4 \cdot m_x + 1,25 \cdot e_x \\ e + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x \\ 0,5 \cdot b_p \\ 0,5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0,625 \cdot e_x \end{bmatrix} \right) = 200,00 \text{ mm} \quad \text{nekuhové porušení}$$

Únosnost pro první způsob porušení:

$$l_{eff,1} := \min \left(\begin{bmatrix} l_{eff,cp} \\ l_{eff,nc} \end{bmatrix} \right) = 200,00 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4,70 \text{ kN m}$$

$$F_{t,1,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m_x} = 376,00 \text{ kN}$$

Únosnost pro druhý způsob porušení:

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 200,00 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4,70 \text{ kN m}$$

$$n := \min \left(\begin{bmatrix} e_x \\ 1,25 \cdot m_x \end{bmatrix} \right) = 50,00 \text{ mm}$$

$$F_{t,2,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m_x + n} = 235,12 \text{ kN}$$

Únosnost pro třetí způsob porušení:

$$F_{t,3,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 282,24 \text{ kN}$$

Únosnost při páčení:

$$F_{Rd} := 4 \cdot \begin{bmatrix} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1504,00 \\ 940,48 \\ 1128,96 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{\min(F_{Rd})} = 0,76 < 1,00$$

OK

Svar trubky k čelní descekoutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$ délka svaru: $L_w := 4 \cdot 200 \text{ mm} = 800,00 \text{ mm}$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot L_w} = 223,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 158,17 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,20 \text{ MPa}$$

OK

$$\tau_l := \sigma_l$$

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,80$$

korelační součinitel pro S235

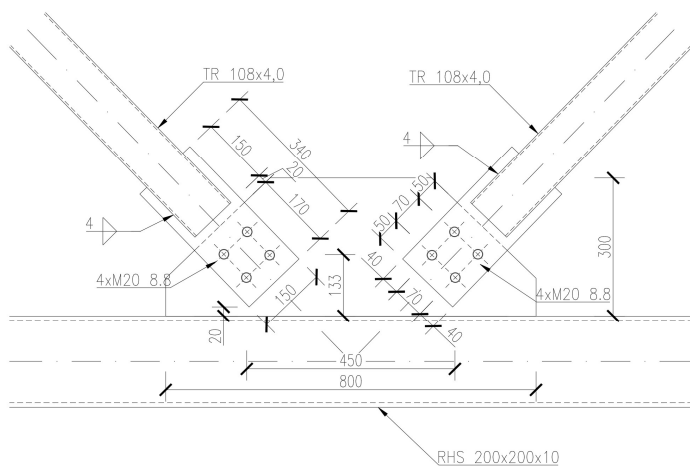
$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 316,35 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360,00 \text{ MPa}$$

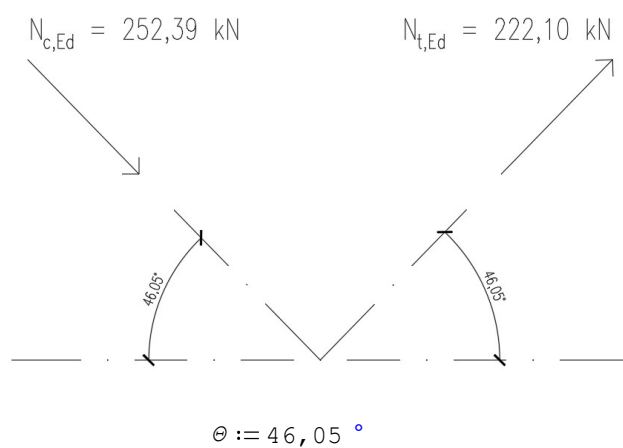
OK**PŘÍPOJ VYHOVUJE**

36. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁL NA DOLNÍ PÁS VODOROVNÉHO ZTUŽIDLA STĚNY



diagonála: TR 108x4,0

dolní pás: RHS 200x200x10



Návrh a posouzení šroubů:

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

$$N_{t,Ed} := 222,10 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 252,39 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů: M20 8.8

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$p_1 := 70 \text{ mm}$$

$$p_2 := 70 \text{ mm}$$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 94,08 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,76$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,50$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}} = 109,09 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 2,68$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\begin{array}{l} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right) = 376,32 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\begin{array}{l} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right)}{N_{Rd}} = 0,67 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

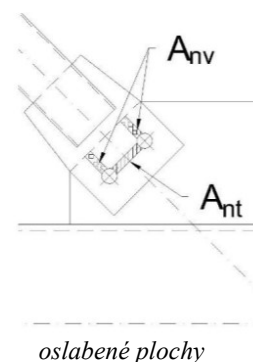
ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0 + 2 \cdot p_1 - 2 \cdot d_0) = 1740,00 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - d_0) = 480,00 \text{ mm}^2$$



pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{Y_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 374,32 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\begin{array}{l} N_{c,Ed} \\ N_{t,Ed} \end{array} \right)}{V_{eff,1,Rd}} = 0,67 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := t \cdot (2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) = 1060,00 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 274,75 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{Rd}} = 0,81 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Stýčnickový plech v ohybu:

$$h := 675 \text{ mm} \quad t = 10,00 \text{ mm}$$

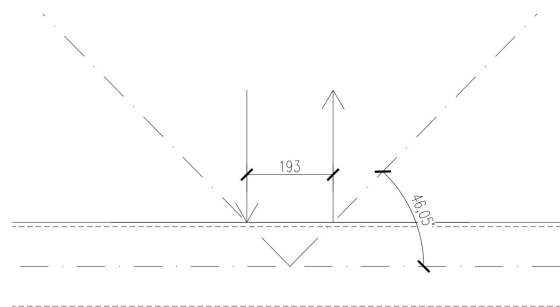
$$W_{y,el} := \frac{1}{6} \cdot t \cdot h^2 = 7,59 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$M_{el,Rd} := W_{y,el} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 178,45 \text{ kN m}$$

$$x := 193 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} := (N_{t,Ed} + N_{c,Ed}) \cdot \sin(\theta) \cdot x = 65,93 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{el,Rd}} = 0,37 < 1,0 \quad \text{OK}$$

**Porušení povrchu pásu**

podélný plech

RHS 200x200x10

P10

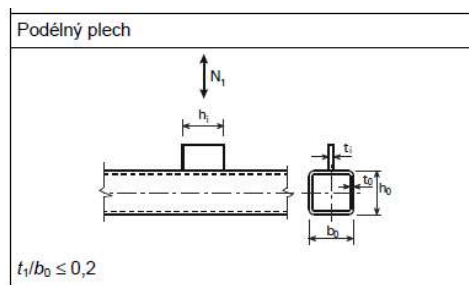
$$t_0 := 10 \text{ mm}$$

$$t_1 := t = 10,00 \text{ mm}$$

$$b_0 := 200 \text{ mm}$$

$$h_0 := 200 \text{ mm}$$

$$h_1 := 675 \text{ mm}$$



[10]

Rozsah platnosti dle tab 7.8 ČSN EN 1993-1-8

stýčník T

$$\frac{h_1}{b_0} = 3,38 \geq 0,25 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = 20,00 \leq 35 \quad \text{OK}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = 20,00 \leq 35 \quad \text{OK}$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = 1,00 \leq 2,0 \quad \text{OK}$$

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-8 tab. 7.13

$$\frac{t_1}{b_0} = 0,05 \leq 0,2$$

OK

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y}$$

parametr napětí v pásu

$$A_0 := 11500 \text{ mm}^2$$

$$N_{0,Ed} := 408,29 \text{ kN}$$

tlaková síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = 0,15$$

$$\text{pro } n > 0 \quad (\text{tlak}) \quad \implies \quad k_m := 1,3 \cdot (1 - n) = 1,1 \quad \implies \quad k_m < 1,0 \quad \implies \quad k_m := 1,0$$

$$N_{0,Ed} := -715,81 \text{ kN}$$

tahová síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = -0,26$$

$$\text{pro } n < 0 \quad (\text{tah}) \quad \implies \quad k_m := 1,0$$

$$N_{1,Rd} := k_m \cdot f_y \cdot t_0 \cdot \frac{\frac{2 \cdot h_1}{b_0} + 4 \cdot \sqrt{1 - \frac{t_1}{b_0}}}{\gamma_{M5}} = 250,24 \text{ kN}$$

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

$$\frac{|N_{t,Ed} - N_{c,Ed}| \cdot \sin(\theta)}{N_{1,Rd}} = 0,09$$

$$< 1,0$$

OK

Kombinace momentu a osových sil

$$N_{Ed} := |N_{t,Ed} - N_{c,Ed}| \cdot \sin(\theta) = 21,81 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 65,93 \text{ kN m}$$

$$M_{iD,1,Rd} := h_1 \cdot N_{1,Rd} = 168,92 \text{ kN m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{iD,1,Rd}} = 0,48 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Svar diagonály a styčnickového plechu

koutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$

délka svaru: $L_w := 4 \cdot 100 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$

$$\tau_{II} := \frac{\max\left(\begin{matrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{matrix}\right)}{a_w \cdot L_w} = 157,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 273,22 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Svar styčnickového plechu a dolního pasu

koutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$

$$\theta = 46,05^\circ$$

délka svaru: $L_w := 675 \text{ mm}$

$$x = 193,00 \text{ mm}$$

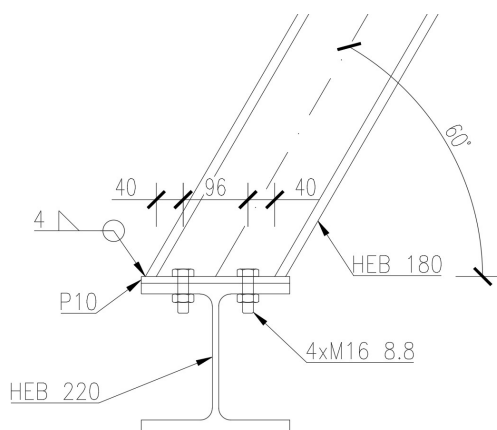
$$\tau_{II} := \frac{|N_{c,Ed} + N_{t,Ed}| \cdot \cos(\theta)}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 60,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{|N_{c,Ed} - N_{t,Ed}| \cdot \sin(\theta)}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{(N_{t,Ed} + N_{c,Ed}) \cdot \sin(\theta) \cdot x}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w} = 112,57 \text{ MPa}$$

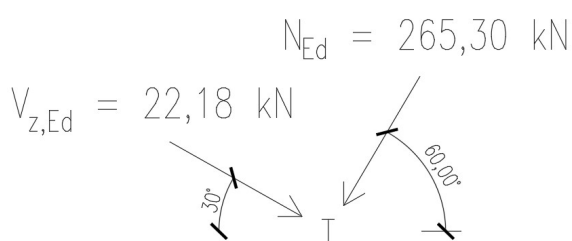
$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 79,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 79,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 191,05 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

37. PŘÍPOJ KROKVE NA NOSNÍK

Krokev: HEB 180
 Nosník: HEB 220
 Ztužidlo: TR 82,5x3,6

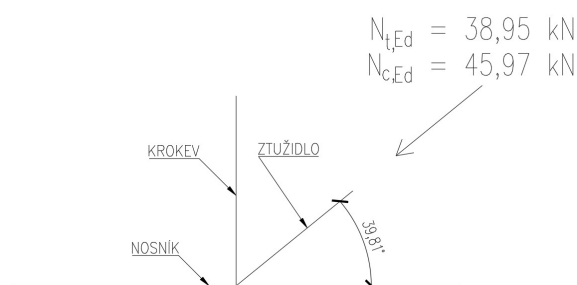


$$V_{z,Ed} := 22,18 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} := 65,89 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 265,30 \text{ kN}$$

$$\theta := 60^\circ$$

**Návrh a posouzení šroubů:**

$$N_{Ed} := N_{t,Ed} \cdot \sin(\theta) - V_{z,Ed} \cdot \cos(\theta) = 45,97 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla

$$V_{Ed,1} := N_{t,Ed} \cdot \cos(\theta) + V_{z,Ed} \cdot \sin(\theta) = 52,15 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,2} := N_{c,Ed} \cdot \cos(\theta) - V_{z,Ed} \cdot \sin(\theta) = 113,44 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \max \left(\begin{bmatrix} V_{Ed,1} \\ V_{Ed,2} \end{bmatrix} \right) = 113,44 \text{ kN}$$

návrhová smyková síla

Návrh rozměrů: M16 8.8

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

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

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

$$d_0 := 16 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 43 \text{ mm}$$

$$p_1 := 96 \text{ mm}$$

$$p_2 := 94 \text{ mm}$$

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60,29 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,83$$

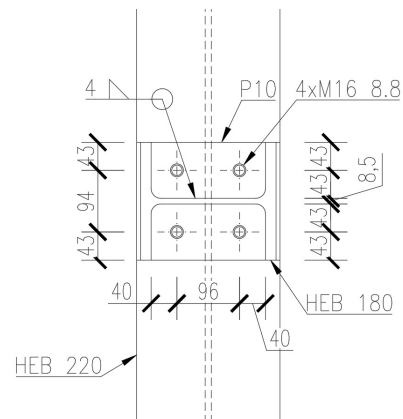
pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 96 \text{ kN}$$

tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub



počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Počet šroubů

$$n := \frac{V_{Ed}}{\min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{bmatrix} \right)} = 1,88$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$V_{Rd} := n \cdot \min \left(\begin{bmatrix} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{bmatrix} \right) = 241,15 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = 0,47$$

$$< 1,0$$

OK

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} := \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 90,43 \text{ kN}$$

Účinné délky pro nevyztužené pásnice

geometrie: $m := 43 \text{ mm}$
 $e := 43 \text{ mm}$
 $p := 94 \text{ mm}$

$$l_{eff,cp} := \min \left(\begin{bmatrix} 2 \cdot \pi \cdot m \\ 2 \cdot p \end{bmatrix} \right) = 188 \text{ mm}$$

kruhové porušení

řada šroubů samostatně

řada jako součást skupiny šroubů

$$l_{eff,nc} := \min \left(\begin{bmatrix} 4 \cdot m + 1,25 \cdot e \\ p \end{bmatrix} \right) = 94 \text{ mm}$$

nekruhové porušení

řada šroubů samostatně

řada jako součást skupiny šroubů

Únosnost pro první způsob porušení:

$$l_{eff,1} := \min \left(\begin{bmatrix} l_{eff,cp} \\ l_{eff,nc} \end{bmatrix} \right) = 94 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2,21 \text{ kN m}$$

$$F_{t,1,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 205,49 \text{ kN}$$

Únosnost pro druhý způsob porušení:

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 94 \text{ mm}$$

$$n := \min \left(\begin{bmatrix} e \\ 1,25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 43 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2,21 \text{ kN m}$$

$$F_{t,2,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 141,8 \text{ kN}$$

Únosnost pro třetí způsob porušení:

$$F_{t,3,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 180,86 \text{ kN}$$

Rozhodující únosnost pro porušení:

$$F_{Rd} := 2 \cdot \begin{bmatrix} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 410,98 \\ 283,61 \\ 361,73 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\min(F_{Rd})} = 0,16 < 1,00 \quad \text{OK}$$

Kombinace stříhu a tahu

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} + \frac{N_{Ed}}{1,4 \cdot \min(F_{Rd})} = 0,59 < 1,00 \quad \text{OK}$$

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

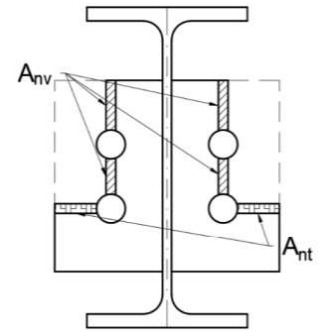
ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := 2 \cdot t \cdot (e_1 + p_1 - 1,5 \cdot d_0) = 2240 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := 2 \cdot t \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) = 700 \text{ mm}^2$$



oslabené plochy

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{Y_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 505,52 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,22$$

< 1,0

OK

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := 4 \cdot t \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) = 1400 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 362,88 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{Rd}} = 0,18$$

< 1,0

OK

Návrh a posouzení svaru čelní desky a krokve

Smyková síla přenášená svarem na stojině krokve

HEB 180
P10

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 180 \text{ mm} - 2 \cdot 14 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} = 122,00 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 116,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

korelační součinitel

$\beta_w := 0,80$

pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 201,32 \text{ MPa}$$

 \leq

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Tahová síla přenášená svary na pásnici

$a_w := 4 \text{ mm}$

$L_w := 2 \cdot 180 \text{ mm} + 2 \cdot (180 \text{ mm} - 8,5 \text{ mm} - 15 \text{ mm}) = 673,00 \text{ mm}$

$$\sigma_w := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot L_w} = 17,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 12,08 \text{ MPa}$$

$\tau_l := \sigma_l = 12,08 \text{ MPa}$

$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 24,15 \text{ MPa}$$

 \leq

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Únosnost stěny nosníku

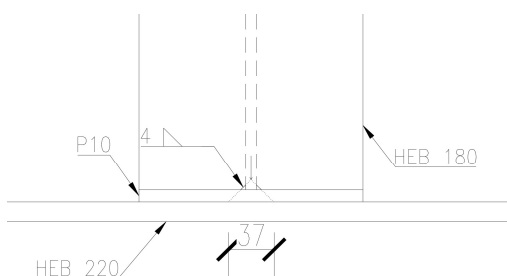
boulení stěn dle ČSN EN 1993-1-5

HEB 220

$$F_{Rd} := \frac{f_{yw} \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}}$$

návrhová únosnost v lokálním boulení

roznášecí délka



$s_s := 37 \text{ mm}$

součinitel lokálního boulení

$$t_f := 16,0 \text{ mm}$$

$$t_w := 9,5 \text{ mm}$$

$$h_w := 220 \text{ mm} - 2 \cdot t_f = 188,00 \text{ mm}$$

$$b_f := 220 \text{ mm}$$

$$a := 11,36 \text{ m}$$

$$X_F := \frac{0,5}{\lambda_F}$$

$$\lambda_F := \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_{yw}}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} := 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w}$$

$$k_F := 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6,00$$

$$F_{cr} := 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} = 5172,09 \text{ kN}$$

$$l_y := s_s + 2 \cdot t_f \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right)$$

$$m_1 := \frac{f_{yf} \cdot b_f}{f_{yw} \cdot t_w} = 23,16$$

$$m_2 := 0,02 \cdot \left(\frac{h_w}{t_f} \right)^2 = 2,76$$

$$m_2 := 0$$

$$l_y := s_s + 2 \cdot t_f \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 222,99 \text{ mm}$$

$$\lambda_F := \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_{yw}}{F_{cr}}} = 0,31$$

$$X_F := \frac{0,5}{\lambda_F} = 1,61$$

$$L_{eff} := X_F \cdot l_y = 359,38 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} := \frac{f_{yw} \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}} = 802,31 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{F_{Rd}} = 0,33 \leq 1,0$$

$$f_{yf} := f_y = 235,00 \text{ MPa}$$

$$f_{yw} := f_y = 235,00 \text{ MPa}$$

vzdálenost výztuh

součinitel lokálního boulení

z obrázku 6.1 typ (a) pro stojinu bez podélných výztuh

účinná zatížená délka

pro $\lambda_F > 0,5$ pro $\lambda_F \leq 0,5$

tento případ

účinná délka pro únosnost na příčné síly

OK

Stěna vyhovuje i bez výztuh

38. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁLY NA NOSNÍK POD KROKVÍ

Návrh a posouzení šroubů:

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

$$N_{t,Ed} := 38,95 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 45,97 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů: **M16 8.8**

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

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

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

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

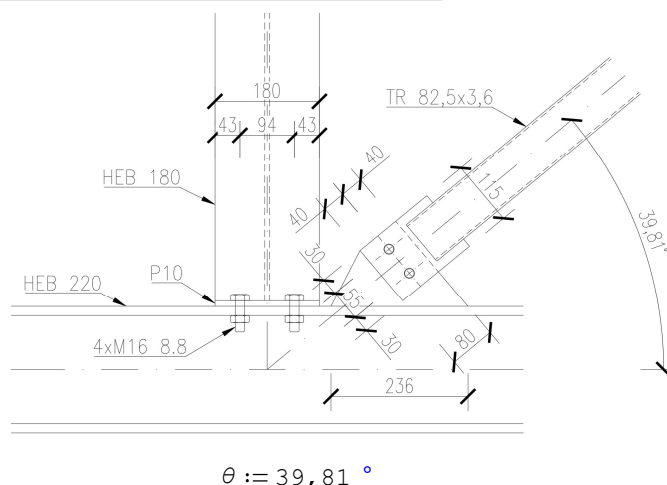
$$d_0 := 18 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 30 \text{ mm}$$

$$p_1 := 0 \text{ mm}$$

$$p_2 := 55 \text{ mm}$$



$$\theta := 39,81^\circ$$

tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60,29 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,74$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 68,27 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 0,76$$

==> návrh 2 šrouby

$$n := 2$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 120,58 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{N_{Rd}} = 0,38$$

< 1,0

OK**Posouzení na vytržení skupiny šroubů**

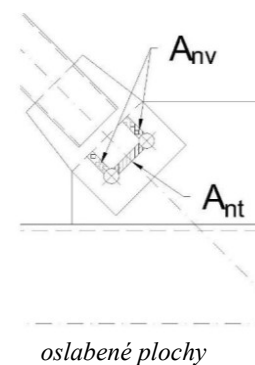
ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0) = 496 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - d_0) = 296 \text{ mm}^2$$



pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 152,54 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,26$$

< 1,0

OK

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := t \cdot (2 \cdot e_2 - d_0) = 336 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 87,09 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{Rd}} = 0,45$$

< 1,0

OK**Svar diagonály a styčnickového plechu**koutový svar: $a_w := 3,0 \text{ mm}$ délka svaru: $L_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$

$$\tau_{II} := \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right)}{a_w \cdot L_w} = 76,62 \text{ MPa}$$

 $\sigma_l := 0 \text{ MPa}$

≤

$$\frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK $\tau_l := \sigma_l$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 132,7 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK**Svar styčnickového plechu a dolního pasu**koutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$ $\theta_1 := 60^\circ$ $\theta_2 := 39,81^\circ$ délka svaru: $L_w := 236 \text{ mm}$

$$\text{svislá síla} \quad N_s := \max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right) \cdot \sin(\theta_2) = 29,43 \text{ kN}$$

$$\text{rovnoběžná síla} \quad N_{II} := \max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right) \cdot \cos(\theta_2) = 35,31 \text{ kN}$$

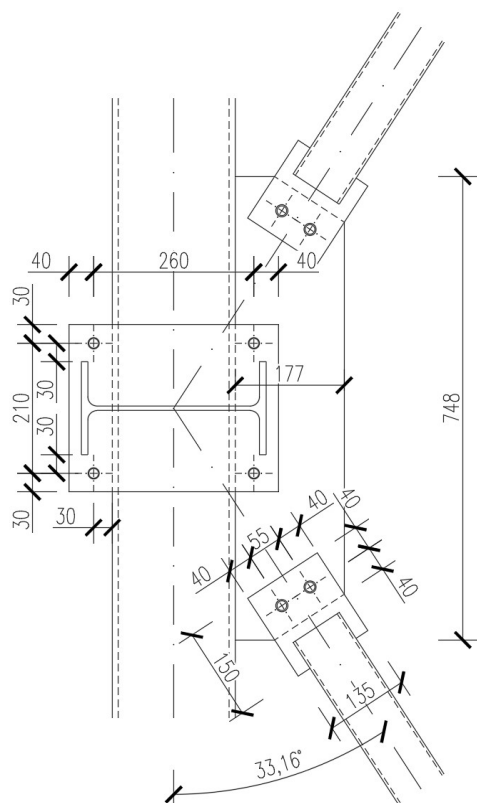
$$\tau_{II} := \frac{N_{II}}{a_w \cdot L_w} = 37,41 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_s}{a_w \cdot L_w} = 31,18 \text{ MPa}$$

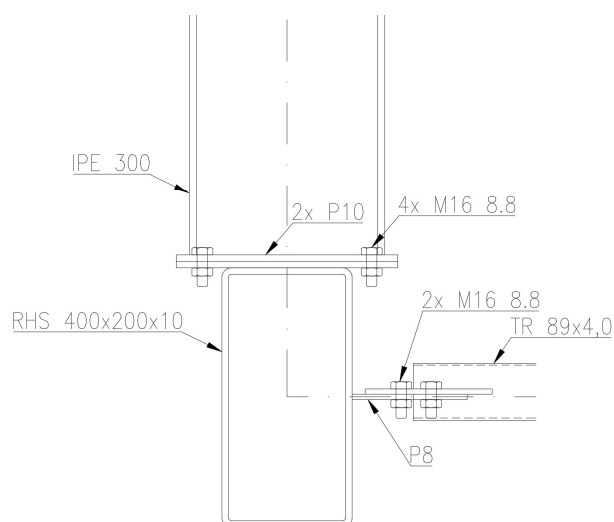
$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 22,05 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 22,05 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 78,37 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

39. NÁVRH PŘÍPOJE SLOUPKU OBVODOVÉ STĚNY NA NOSNÍK

Sloupek: IPE 300
 Nosník: RHS 400x200x10
 Ztužidlo: TR 89x4,0



$$V_{z,Ed} := 40,75 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} := 302,20 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 323,20 \text{ kN}$$

Návrh a posouzení šroubů:

Návrh rozměrů: M20 8.8

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$p_1 := 260 \text{ mm}$$

$$p_2 := 210 \text{ mm}$$

tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 2$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 188,16 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,76$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 109,09 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{V_{z,Ed}}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 0,37$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 436,36 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{N_{Rd}} = 0,09$$

$$< 1,0$$

OK

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} := \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

Účinné délky pro nevyztužené pásnice - koncová řada šroubů

geometrie: $m := 30 \text{ mm}$
 $e := e_2 = 50 \text{ mm}$
 $p := p_2 = 210 \text{ mm}$

$$l_{eff,cp} := \min \left(\begin{bmatrix} 2 \cdot \pi \cdot m \\ \pi \cdot m + 2 \cdot e_1 \\ \pi \cdot m + p \\ 2 \cdot e_1 + p \end{bmatrix} \right) = 188,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min \left(\begin{bmatrix} 4 \cdot m + 1,25 \cdot e \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1 \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p \\ e_1 + 0,5 \cdot p \end{bmatrix} \right) = 141,25 \text{ mm}$$

*kruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů**nekuhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů***Únosnost pro první způsob porušení:**

$$l_{eff,1} := \min \left(\begin{bmatrix} l_{eff,cp} \\ l_{eff,nc} \end{bmatrix} \right) = 141,25 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{Y_{M0}} = 2,12 \text{ kN m}$$

$$F_{t,1,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 283,25 \text{ kN}$$

Únosnost pro druhý způsob porušení:

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 141,25 \text{ mm}$$

$$n := \min \left(\begin{bmatrix} e \\ 1,25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 37,5 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{Y_{M0}} = 2,12 \text{ kN m}$$

$$F_{t,2,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 219,75 \text{ kN}$$

Únosnost pro třetí způsob porušení:

$$F_{t,3,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 282,24 \text{ kN}$$

Únosnost spoje při páčení:

$$F_{Rd} := 2 \cdot \begin{pmatrix} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 566,51 \\ 439,49 \\ 564,48 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{\min(F_{Rd})} = 0,69 < 1,00 \quad \text{OK}$$

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := 4 \cdot t \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) = 1560 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := 2 \cdot t \cdot (p_1 - d_0) = 4760 \text{ mm}^2$$

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1582,54 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,03 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Návrh a posouzení svaru čelní desky a sloupku

IPE 300

P10

Smyková síla přenášená svarem na stojině sloupku

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 300 \text{ mm} - 2 \cdot 10,7 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} = 248,6 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 20,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

korelační součinitel

$$\beta_w := 0,80$$

pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 35,49 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Tahová síla přenášená svary na pásnici

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 150 \text{ mm} + 2 \cdot (150 \text{ mm} - 7,1 \text{ mm} - 15 \text{ mm}) = 555,8 \text{ mm}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot L_w} = 135,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 96,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 96,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 192,23 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Svar čelní desky a nosníku

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 200 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 29,96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 222,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 157,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 157,12 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 318,5 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

40. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁLNÍHO ZTUŽENÍ OBVODOVÉ STĚNY**Návrh a posouzení šroubů:**

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

$$N_{t,Ed} := 128,58 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 141,76 \text{ kN}$$

Návrh rozměrů:**M20 8.8**

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

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

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

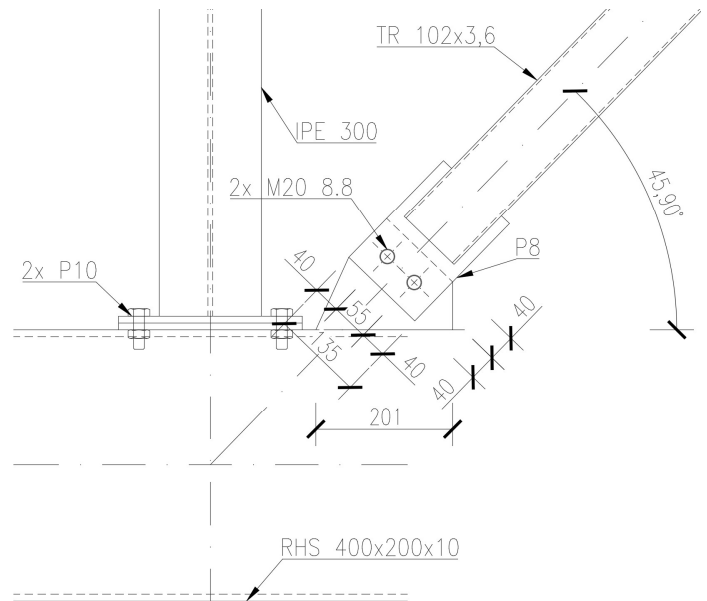
$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$p_1 := 0 \text{ mm}$$

$$p_2 := 55 \text{ mm}$$

$$\theta := 45,9^\circ$$



tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 94,08 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,76$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 87,27 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 1,62$$

=> návrh 2 šrouby

$$n := 2$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 174,55 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{N_{Rd}} = 0,81$$

< 1,0

OK

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

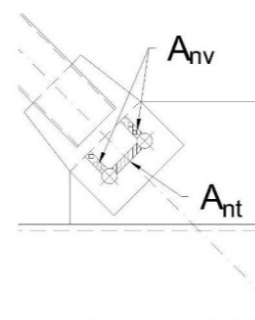
ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0) = 624 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - d_0) = 264 \text{ mm}^2$$



oslabené plochy

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 160,69 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\begin{array}{l} N_{c,Ed} \\ N_{t,Ed} \end{array} \right)}{V_{eff,1,Rd}} = 0,88 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := t \cdot (2 \cdot e_2 - d_0) = 624 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 161,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{Rd}} = 0,79 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Porušení povrchu pásu

podélný plech

RHS 200x200x10

P10

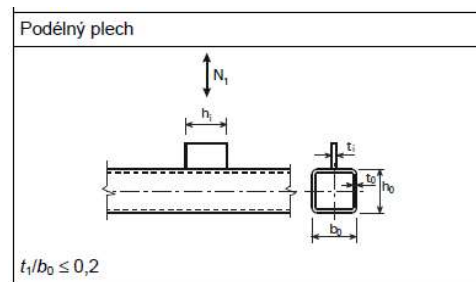
$$t_0 := 10 \text{ mm}$$

$$t_1 := t = 8 \text{ mm}$$

$$b_0 := 200 \text{ mm}$$

$$h_0 := 400 \text{ mm}$$

$$h_1 := 201 \text{ mm}$$



[10]

Rozsah platnosti dle tab 7.8 ČSN EN 1993-1-8

styčnick T

$$\frac{h_1}{b_0} = 1 \geq 0,25 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = 20 \leq 35 \quad \text{OK}$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = 2 \leq 2,0 \quad \text{OK}$$

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-8 tab. 7.13

$$\frac{t_1}{b_0} = 0,04 \leq 0,2$$

OK

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y}$$

parametr napětí v pásu

$$A_0 := 11500 \text{ mm}^2$$

$$N_{0,Ed} := 71,09 \text{ kN}$$

tlaková síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = 0,03$$

$$\text{pro } n > 0 \quad (\text{tlak}) \quad \Rightarrow \quad k_m := 1,3 \cdot (1 - n) = 1,27 \quad \Rightarrow \quad k_m < 1,0 \quad \Rightarrow \quad k_m := 1,0$$

$$N_{0,Ed} := -139,11 \text{ kN}$$

tahová síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = -0,05$$

$$\text{pro } n < 0 \quad (\text{tah}) \quad \Rightarrow \quad k_m := 1,0$$

$$N_{1,Rd} := k_m \cdot f_y \cdot t_0 \cdot \frac{2 \cdot h_1}{b_0} + 4 \cdot \sqrt{1 - \frac{t_1}{b_0}}}{\gamma_{M5}} = 139,34 \text{ kN}$$

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

$$\frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right) \cdot \sin(\theta)}{N_{1,Rd}} = 0,88$$

$$< 1,0$$

OK

Svar diagonály a styčnickového plechukoutový svar: $a_w := 3,0 \text{ mm}$ délka svaru: $L_w := 4 \cdot 100 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$

$$\tau_{II} := \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right)}{a_w \cdot L_w} = 118,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 204,61 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Svar styčnickového plechu a nosníkukoutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$ $\theta_2 = 39,81^\circ$ délka svaru: $L_w := 272 \text{ mm}$ $e := 100 \text{ mm}$

$$\tau_{II} := \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right) \cdot \cos(\theta_2)}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 50,04 \text{ MPa}$$

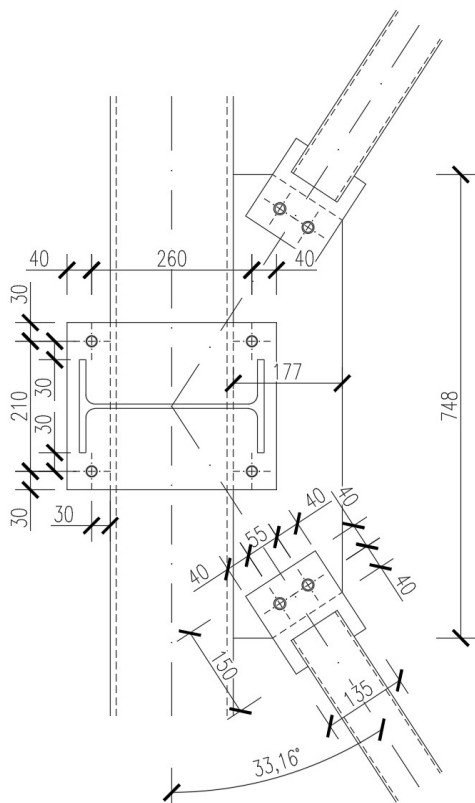
$$\sigma_w := \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right) \cdot \sin(\theta_2)}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right) \cdot \cos(\theta_2) \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w} = 152,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 107,55 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 107,55 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 231,91 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

41. NÁVRH PŘÍPOJE DIAGONÁL VODOROVNÉHO ZTUŽENÍ V ROVINĚ POCHOZÍ LÁVKY



diagonála: TR 89x4,0

nosník: RHS 400x200x10

$\theta := 33,16^\circ$

Návrh a posouzení šroubů:

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

$N_{t,Ed} := 99,44 \text{ kN}$

$N_{c,Ed} := 83,52 \text{ kN}$

Návrh rozměrů: **M16 8.8**

$d := 16 \text{ mm}$

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

$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$

$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$

$t := 8 \text{ mm}$

$d_0 := 18 \text{ mm}$

$e_1 := 40 \text{ mm}$

$e_2 := 40 \text{ mm}$

$p_1 := 0 \text{ mm}$

$p_2 := 55 \text{ mm}$

tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

Únosnost jednoho šroubu ve střihu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 60,29 \text{ kN}$$

počet střihových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,74$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}} = 68,27 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 1,65$$

==> návrh 2 šrouby

$$n := 2$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 120,58 \text{ kN}$$

$$\frac{\max \left(\left[\begin{array}{c} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right] \right)}{N_{Rd}} = 0,82$$

$$< 1,0$$

OK

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

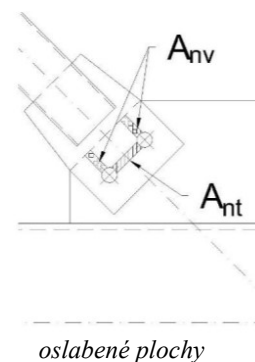
ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0) = 496 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - d_0) = 296 \text{ mm}^2$$



pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 152,54 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,65 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := t \cdot (2 \cdot e_2 - d_0) = 496 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 128,56 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{Rd}} = 0,77 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Porušení povrchu nosníku

podélný plech

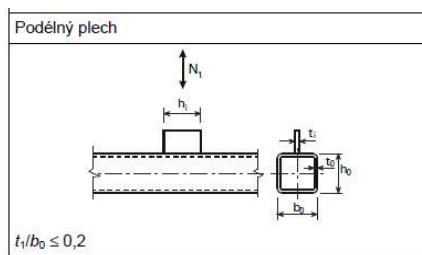
$$t_0 := 12 \text{ mm}$$

$$t_1 := t = 8 \text{ mm}$$

$$b_0 := 200 \text{ mm}$$

$$h_0 := 400 \text{ mm}$$

$$h_1 := 748 \text{ mm}$$



[10]

Rozsah platnosti dle tab 7.8 ČSN EN 1993-1-8

styčník T

$$\frac{h_1}{b_0} = 3,74 \geq 0,25 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = 16,67 \leq 35 \quad \text{OK}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = 33,33$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = 2 \leq 2,0 \quad \text{OK}$$

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-8 tab. 7.13

$$\frac{t_1}{b_0} = 0,04 \leq 0,2 \quad \text{OK}$$

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y}$$

parametr napětí v pásu

$$N_{0,Ed} := -71,09 \text{ kN}$$

tlaková síla v pásu

$$A_0 := 11500 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = -0,03$$

$$\text{pro } n < 0 \quad \Rightarrow \quad k_m := 1,0$$

$$N_{0,Ed} := 139,11 \text{ kN}$$

tahová síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = 0,05$$

$$\text{pro } n > 0 \implies k_m := 1,3 \cdot (1 - n) = 1,23 \quad k_m < 1,0 \implies k_m := 1,0$$

$$N_{1,Rd} := k_m \cdot f_y \cdot t_0 \cdot \frac{2 \cdot h_1}{b_0} + 4 \cdot \sqrt{1 - \frac{t_1}{b_0}} \cdot Y_{M5} = 385,75 \text{ kN} \quad Y_{M5} := 1,0$$

$$N_{Ed} := \max \left(\begin{array}{l} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{array} \right) = 99,44 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{t,Ed} - N_{c,Ed}| \cdot \sin(\theta)}{N_{1,Rd}} = 0,02$$

Stýčnickový plech v ohybu:

$$h_1 = 748 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm}$$

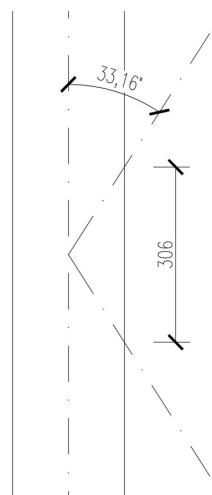
$$W_{y,e1} := \frac{1}{6} \cdot t \cdot h^2 = 6,08 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$M_{e1,Rd} := W_{y,e1} \cdot \frac{f_y}{Y_{M0}} = 142,76 \text{ kN m}$$

$$x := 306 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} := (N_{t,Ed} + N_{c,Ed}) \cdot \sin(\theta) \cdot x = 30,62 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{e1,Rd}} = 0,21 < 1,0$$

**OK****Kombinace momentu a osových sil**

$$N_{Ed} := |N_{t,Ed} - N_{c,Ed}| \cdot \sin(\theta) = 8,71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 30,62 \text{ kN m}$$

$$M_{ip,1,Rd} := h_1 \cdot N_{1,Rd} = 288,54 \text{ kN m}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{1,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{ip,1,Rd}} = 0,13 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Svar diagonály a styčnickového plechukoutový svar: $a_w := 3,0 \text{ mm}$ délka svaru: $L_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$

$$\tau_{II} := \frac{\max \left(\begin{bmatrix} N_{t,Ed} \\ N_{c,Ed} \end{bmatrix} \right)}{a_w \cdot L_w} = 165,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 287,06 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

Svar styčnickového plechu a nosníkukoutový svar: $a_w := 4,0 \text{ mm}$

$$\theta = 33,16^\circ$$

délka svaru: $L_w := 717 \text{ mm}$

$$x := 306 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{(N_{t,Ed} + N_{c,Ed}) \cdot \cos(\theta)}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 26,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{|N_{c,Ed} - N_{t,Ed}| \cdot \sin(\theta)}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{(N_{t,Ed} + N_{c,Ed}) \cdot \sin(\theta) \cdot x}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot L_w^2 \cdot a_w} = 46,19 \text{ MPa}$$

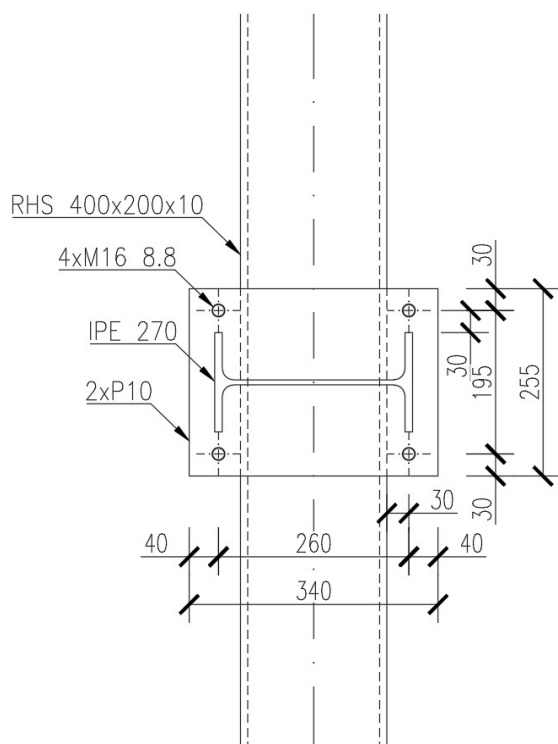
$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 32,66 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 32,66 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 80,04 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

42. NÁVRH PŘÍPOJE SLOUP - NOSNÍK POD SLOUPKY STĚNY - NOSNÍK POD KROKVÍ - KROKEV

42.1 NÁVRH PŘÍPOJE SLOUPKU OBVODOVÉ STĚNY NA NOSNÍK



Sloupek: IPE 270

Nosník: RHS 400x200x10

$$V_{z,Ed} := 37,75 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} := 177,48 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 298,33 \text{ kN}$$

Návrh a posouzení šroubů:

Návrh rozměrů: **M16 8.8**

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

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

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

$$d_0 := 18 \text{ mm}$$

tloušťka styčnickového plechu

velikost otvoru pro šroub

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 30 \text{ mm}$$

$$p_1 := 260 \text{ mm}$$

$$p_2 := 195 \text{ mm}$$

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 2$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 120,58 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,74$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 85,33 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{V_{z,Ed}}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 0,44$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 341,33 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{N_{Rd}} = 0,11$$

$$< 1,0$$

OK

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} := \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 90,43 \text{ kN}$$

Účinné délky pro nevyztužené pásnice

geometrie: $m := 30 \text{ mm}$
 $e := e_2 = 30 \text{ mm}$
 $p := p_2 = 195 \text{ mm}$

$$l_{eff,cp} := \min \left(\begin{bmatrix} 2 \cdot \pi \cdot m \\ \pi \cdot m + 2 \cdot e_1 \\ \pi \cdot m + p \\ 2 \cdot e_1 + p \end{bmatrix} \right) = 174,25 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min \left(\begin{bmatrix} 4 \cdot m + 1,25 \cdot e \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1 \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p \\ e_1 + 0,5 \cdot p \end{bmatrix} \right) = 118,75 \text{ mm}$$

*kruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů**nekruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů***Únosnost pro první způsob porušení:**

$$l_{eff,1} := \min \left(\begin{bmatrix} l_{eff,cp} \\ l_{eff,nc} \end{bmatrix} \right) = 118,75 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1,79 \text{ kN m}$$

$$F_{t,1,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 238,13 \text{ kN}$$

Únosnost pro druhý způsob porušení:

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 118,75 \text{ mm}$$

$$n := \min \left(\begin{bmatrix} e \\ 1,25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 30 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 1,79 \text{ kN m}$$

$$F_{t,2,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 149,97 \text{ kN}$$

Únosnost pro třetí způsob porušení:

$$F_{t,3,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 180,86 \text{ kN}$$

Únosnot při páčení:

$$F_{Rd} := 2 \cdot \begin{pmatrix} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 476,27 \\ 299,93 \\ 361,73 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{\min(F_{Rd})} = 0,59 < 1,00 \quad \text{OK}$$

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := 4 \cdot t \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) = 840 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := 2 \cdot t \cdot (p_1 - d_0) = 4840 \text{ mm}^2$$

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{Y_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 1507,89 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,03 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Návrh a posouzení svaru čelní desky a sloupku

IPE 270

P10

Smyková síla přenášená svarem na stojině sloupku

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 270 \text{ mm} - 2 \cdot 10,2 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} = 219,6 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 21,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK

korelační součinitel

$$\beta_w := 0,80$$

pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 37,22 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Tahová síla přenášená svary na pásnici

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 135 \text{ mm} + 2 \cdot (135 \text{ mm} - 6,6 \text{ mm} - 15 \text{ mm}) = 496,8 \text{ mm}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot L_w} = 89,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 63,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 63,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 126,31 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Svar čelní desky a nosníku

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 200 \text{ mm} - 2 \cdot 15 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 27,76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 130,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 92,28 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 92,28 \text{ MPa}$$

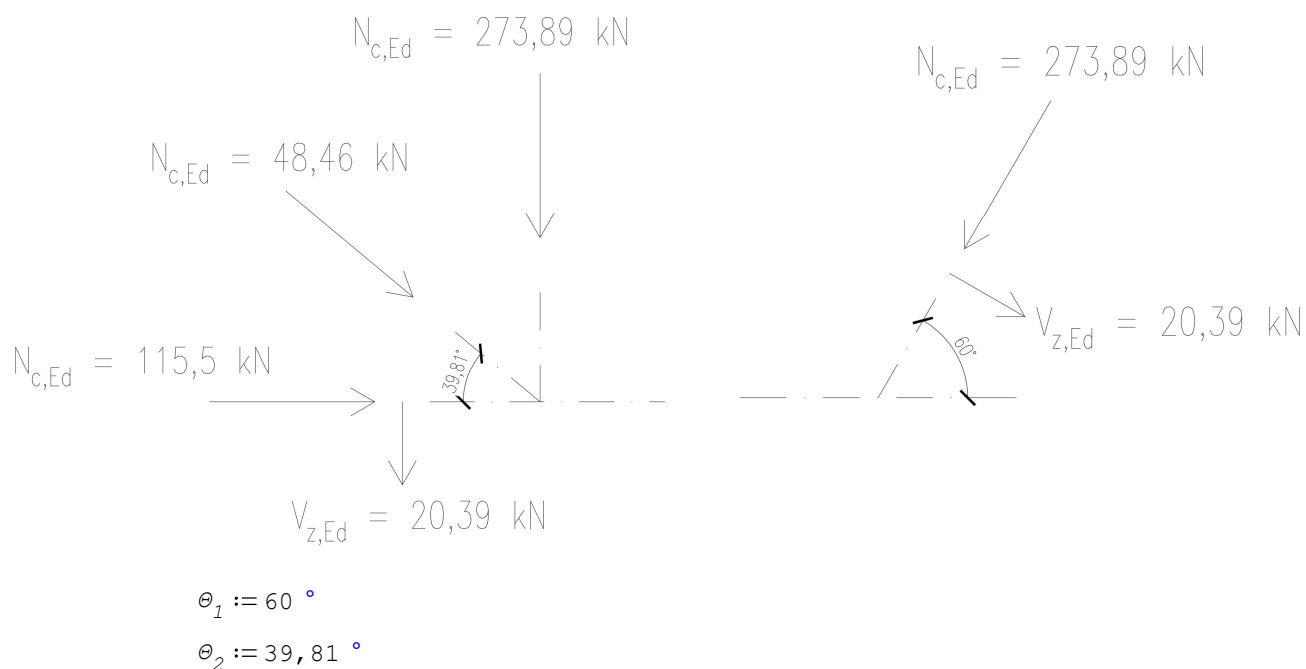
$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 190,71 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK navržený svar vyhovuje

42.2 PŘÍPOJ KROKVE NA NOSNÍK

viz. kapitola 37.

42.3 NÁVRH PŘÍPOJE NOSNÍKU POD KROKVI NA NOSNÍK POD SLOUPKEM STĚNY



svislá síla $V_{Ed} := 20,39 \text{ kN} + 48,46 \text{ kN} \cdot \sin(\theta_2) \cdot \sin(\theta_1) + 273,89 \text{ kN} \cdot \sin(\theta_1) + 20,39 \text{ kN} \cdot \cos(\theta_1)$

$$V_{Ed} = 294,65 \text{ kN}$$

vodorovná síla

$$N_{Ed} := 115,5 \text{ kN} + 48,46 \text{ kN} \cdot \cos(\theta_2) = 152,73 \text{ kN} \quad (\text{tlak})$$

VARIANTA 1 - STYČNÍKOVÝ PLECH NA STOJINĚ NOSNÍKU

Návrh a posouzení šroubů:

Návrh rozměrů:

M16 8.8

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

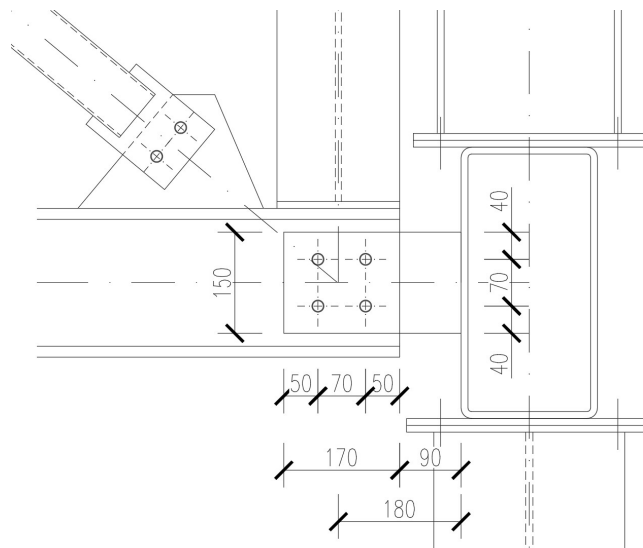
$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$p_1 := 70 \text{ mm}$$

$$p_2 := 70 \text{ mm}$$



Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94,08 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 0,61$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 87,27 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{V_{Ed}}{\min \left(\begin{array}{l} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right)} = 3,38$$

⇒ návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\begin{array}{l} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right) = 349,09 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,84$$

$$< 1,0$$

OK

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

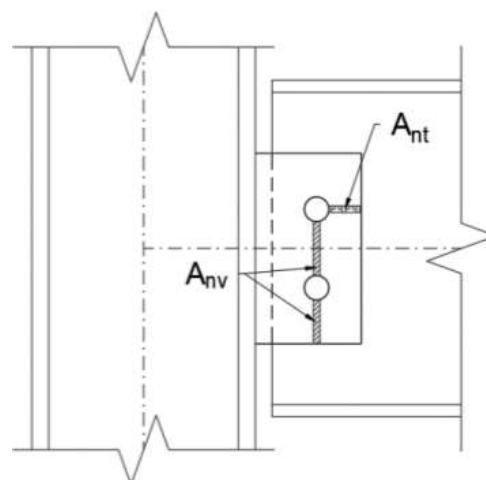
Stýčnickový plech:

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0 + p_1 - d_0) = 1060 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - d_0) = 480 \text{ mm}^2$$



oslabené plochy

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 282,06 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,63$$

$$< 1,0$$

OK

Stěna nosníku:

oslabená plocha při působení smyku: $t_w := 9,5 \text{ mm}$

$$A_{nv} := t_w \cdot (145 \text{ mm} - 1,5 \cdot d_o) = 1064 \text{ mm}^2$$

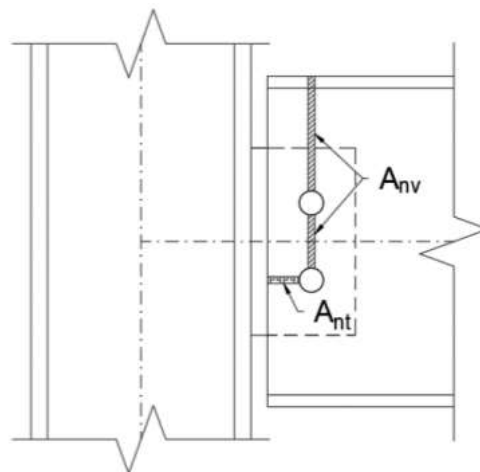
oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t_w \cdot (p_2 + e_2 - 1,5 \cdot d_o) = 826,5 \text{ mm}^2$$

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{Y_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 382,39 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,46 < 1,0 \quad \text{OK}$$



oslabené plochy

Oslabený průřez styčnickového plechu v tahu:

oslabená plocha

$$A_{net} := t \cdot (2 \cdot e_1 + p_1 - 2 \cdot d_o) = 1060 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} := \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}} = 274,75 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,56 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Oslabený průřez styčnickového plechu ve smyku:

$$h := 2 \cdot e_1 + p_1 = 150,00 \text{ mm}$$

$$A_{v,d} := t \cdot (h - 2 \cdot d_o) = 1060,00 \text{ mm}^2$$

$$V_{p1,Rd} := \frac{A_{v,d} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 143,82 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{p1,Rd}} = 2,05 < 1,0 \quad \text{NE}$$

==> zvětšení tloušťky plechu na $t = 20 \text{ mm}$

$$t := 20 \text{ mm}$$

$$A_{v,d} := t \cdot (h - 2 \cdot d_0) = 2120 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,d} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 287,64 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 1,02$$

< 1,0

NE**==> LEPŠÍ ZVOLIT 2. VARIANTU PŘÍPOJE S ČELNÍ DESKOU****Oslabený průřez styčnickového plechu v ohybu:**

oslabená plocha

$$W_{el,y} := \frac{t \cdot h^2}{6} = 75000,00 \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} := W_{el,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 17,63 \text{ kN m}$$

$$e := 180 \text{ mm}$$

rameno síly

$$M_{Ed} := V_{Ed} \cdot e = 53,04 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 3,01$$

< 1,0

NE**==> náběh směrem k nosníku RHS**

posouzení ve 2 průřezech - na konci nosníku pod krokví a průřez na hraně nosníku RHS

$$h_1 := h = 150,00 \text{ mm}$$

$$W_{el,y,1} := 2 \cdot \frac{t \cdot h_1^2}{6} = 150,00 \text{ mm}^3$$

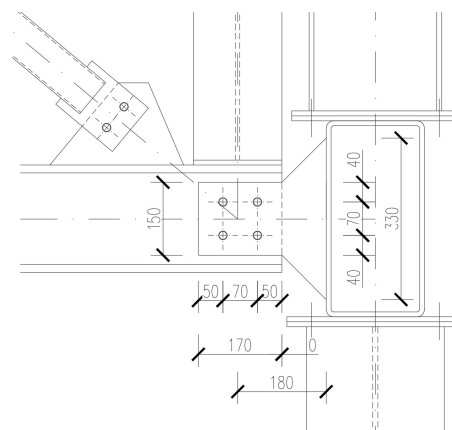
$$M_{Rd} := W_{el,y,1} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 35,25 \text{ kN m}$$

$$e := 85 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} := V_{Ed} \cdot e = 25,05 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,71$$

< 1,0

OK

$$h_2 := 330 \text{ mm}$$

$$W_{e1,y,2} := 2 \cdot \frac{t \cdot h_2^2}{6} = 726 \text{ m mm}^2$$

$$M_{Rd} := W_{e1,y,2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 170,61 \text{ kN m}$$

$$e := 180 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} := V_{Ed} \cdot e = 53,04 \text{ kN m}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,31$$

$$< 1,0$$

OK

Oslabený průřez nosníku ve smyku:

$$A_{vz} := 2792 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,d} := A_{vz} - 2 \cdot t_w \cdot d_0 = 2374 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,d} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 322,1 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0,91$$

$$< 1,0$$

OK

Návrh a posouzení koutového svaru styčnickového plechu a nosníku RHS

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 330 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} = 53,04 \text{ kN m}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 4 \cdot L_w} = 55,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{Ed}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{M_{Ed}}{4 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} = 211,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 149,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK

$$\tau_l := \sigma_l = 149,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 314,42 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Porušení povrchu styčnicku

příčný plech

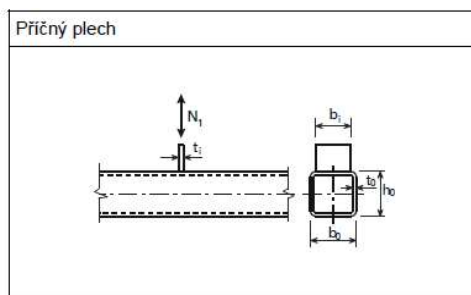
$$t_0 := 10 \text{ mm}$$

$$t_1 := t = 20 \text{ mm}$$

$$b_0 := 200 \text{ mm}$$

$$h_0 := 400 \text{ mm}$$

$$b_1 := 330 \text{ mm}$$



[10]

Rozsah platnosti dle tab 7.8 ČSN EN 1993-1-8

styčnick T

$$\frac{b_1}{b_0} = 1,65 \geq 0,25 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = 20 \quad \text{OK}$$

$$\frac{h_0}{t_0} = 40 \leq 35$$

$$\frac{b_1}{t_1} = 16,50$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = 2 \leq 2,0 \quad \text{OK}$$

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-8 tab. 7.13

$$\beta := \frac{b_1}{b_0} = 1,65 > 0,85 \quad \text{pro } T \text{ styčnicky}$$

=> nenastane porušení líce pásu

$$b_1 = 330,00 \text{ mm} > b_0 - 2 \cdot t_0 = 180,00 \text{ mm}$$

=> porušení boční stěny pásu

$$N_{1,Rd} := \frac{k_n \cdot f_y \cdot t_0 \cdot (2 \cdot t_1 + 10 \cdot t_0)}{\gamma_{M5}}$$

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} \quad \text{parametr napětí v pásu}$$

$$N_{0,Ed} := -102,21 \text{ kN} \quad \text{tlaková síla v pásu}$$

$$A_0 := 11500 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = -0,04$$

$$\text{pro } n < 0 \quad \Rightarrow \quad k_n := 1,0$$

$$N_{0,Ed} := 274,05 \text{ kN}$$

tahová síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = 0,1$$

$$\text{pro } n > 0 \quad \Rightarrow \quad k_n := 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,28 \quad k_n < 1,0 \quad \Rightarrow \quad k_n := 1,0$$

$$N_{1,Rd} := \frac{k_n \cdot f_y \cdot t_0 \cdot (2 \cdot t_1 + 10 \cdot t_0)}{Y_{M5}} = 329 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{1,Rd}} = 0,46$$

$$< 1,0$$

OK

VARIANTA 2 - ČELNÍ DESKA

Vodorovná tahová síla: $N_{t,Ed} := 101,81 \text{ kN} - 38,66 \text{ kN} \cdot \cos(\theta_2) = 72,11 \text{ kN}$

Vodorovná tlaková síla: $N_{Ed} = 152,73 \text{ kN}$

Svislá síla: $V_{Ed} = 294,65 \text{ kN}$

$$N_{c,Ed} = 38,66 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 101,81 \text{ kN}$$

Návrh a posouzení šroubů:

Návrh rozměrů: **M20 8.8**

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$A_s := 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

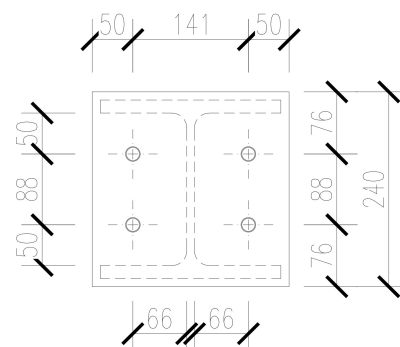
$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$e_1 := 76 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$p_1 := 88 \text{ mm}$$

$$p_2 := 141 \text{ mm}$$



Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 1$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94,08 \text{ kN}$$

počet stříhových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\left[\begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right] \right) = 1$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\left[\begin{array}{c} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right] \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 144 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{V_{Ed}}{\min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right)} = 3,13$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\left[\begin{array}{c} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right] \right) = 376,32 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,78$$

$$< 1,0$$

OK

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

Čelní deska:

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0 + 2 \cdot p_1 - 2 \cdot d_0) = 2620 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := t \cdot (p_2 - 2 \cdot d_0) = 970 \text{ mm}^2$$

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{Y_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 634,83 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,46$$

< 1,0

OK**Únosnost jednoho šroubu v tahu:**

$$F_{t,Rd} := \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 141,12 \text{ kN}$$

Účinné délky pro nevyztužené pásnice

geometrie: $m := 56 \text{ mm}$
 $e := e_2 = 50 \text{ mm}$
 $p := p_2 = 141 \text{ mm}$

$$l_{eff,cp} := \min \left(\begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot m \\ \pi \cdot m + 2 \cdot e_1 \\ \pi \cdot m + p \\ 2 \cdot e_1 + p \end{array} \right) = 293 \text{ mm}$$

*kruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů**nekruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů*

$$l_{eff,nc} := \min \left(\begin{array}{l} 4 \cdot m + 1,25 \cdot e \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1 \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p \\ e_1 + 0,5 \cdot p \end{array} \right) = 146,5 \text{ mm}$$

Únosnost pro první způsob porušení:

$$l_{eff,1} := \min \left(\begin{bmatrix} l_{eff,cp} \\ l_{eff,nc} \end{bmatrix} \right) = 146,5 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2,2 \text{ kN m}$$

$$F_{t,1,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 157,38 \text{ kN}$$

Únosnost pro druhý způsob porušení:

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 146,5 \text{ mm}$$

$$n := \min \left(\begin{bmatrix} e \\ 1,25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 50 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2,2 \text{ kN m}$$

$$F_{t,2,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 174,7 \text{ kN}$$

Únosnost pro třetí způsob porušení:

$$F_{t,3,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 282,24 \text{ kN}$$

Únosnost při páčení:

$$F_{Rd} := 2 \cdot \begin{bmatrix} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 314,77 \\ 349,41 \\ 564,48 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{\min(F_{Rd})} = 0,23 < 1,00$$

OK**Posouzení styčnickového plechu v tlaku:**

$$t_1 := 10 \text{ mm}$$

$$h := 240 \text{ mm}$$

$$N_{Rd} := t_1 \cdot h_1 \cdot f_y = 352,50 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0,43 < 1,00$$

OK

Návrh a posouzení koutového svaru čelní desky a nosníku HEB

Smyková síla přenášená svarem na stojině HEB

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$L_w := 220 \text{ mm} - 2 \cdot 16 \text{ mm} - 2 \cdot 18 \text{ mm} = 152 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 193,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK

korelační součinitel

$$\beta_w := 0,80$$

pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 335,76 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Tahová síla přenášená svary na pásnici

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$L_w := 220 \text{ mm} + (220 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm} - 18 \text{ mm}) = 412,5 \text{ mm}$$

$$e := 90 \text{ mm}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} + \frac{V_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} = 110,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 78,48 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 78,48 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

OK

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 156,96 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Posouzení koutového svaru čelní desky a styčnickového plechu

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$L_w := 240 \text{ mm}$$

$$e := 110 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 122,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} + \frac{V_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} = 367,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 259,98 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{NE}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 259,98 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 561,76 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

NE**==> zvětšení čelní desky**

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 400 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 92,08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} + \frac{V_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot L_w^2} = 174,46 \text{ MPa}$$

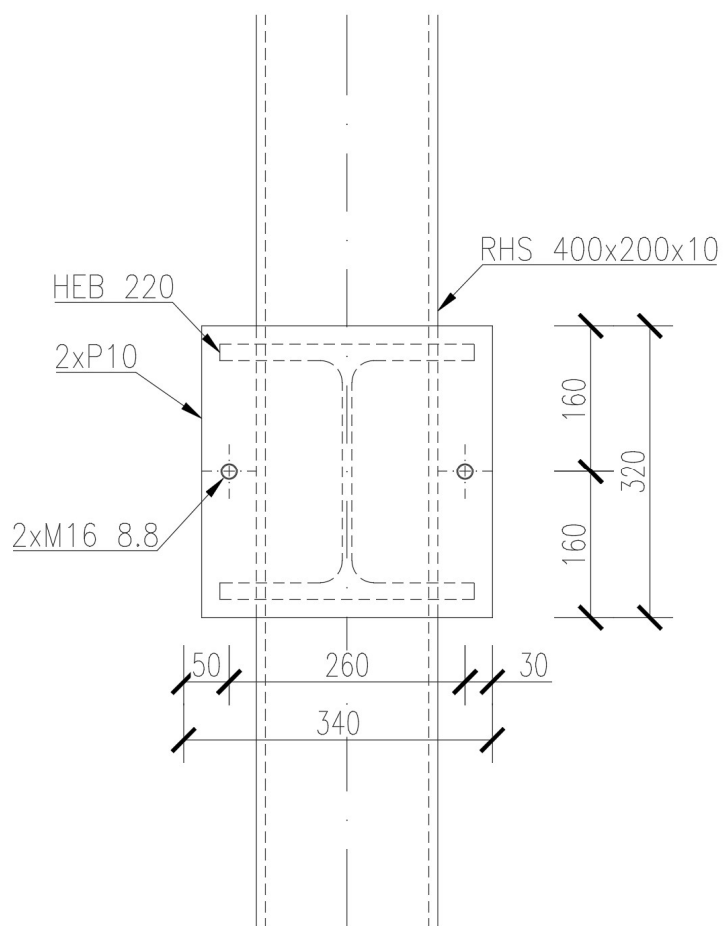
$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 123,36 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 123,36 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 293,79 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

42.4 NÁVRH PŘÍPOJE NOSNÍKU NA SLOUP



Sloup: HEB 220

Nosník: RHS 400x200x10

$$V_{z,Ed} := 4,16 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} := 83,55 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} := 623,23 \text{ kN}$$

Návrh a posouzení šroubů:

Návrh rozměrů:

M16 8.8

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

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

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

$$d_0 := 18 \text{ mm}$$

$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 88 \text{ mm}$$

$$p_1 := 184 \text{ mm}$$

$$p_2 := 260 \text{ mm}$$

*tloušťka styčnickového plechu**velikost otvoru pro šroub*

Dle ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.6 tab 3.4

Únosnost jednoho šroubu ve střihu (smyková rovina prochází závitem)

$$p := 2$$

$$\alpha_v := 0,6$$

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{Y_{M2}} = 120,58 \text{ kN}$$

počet střihových rovin

pro třídy 4.6, 5.6 a 8.8

Únosnost jednoho šroubu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}}$$

pro šrouby nakonci:

$$\alpha_b := \min \left(\begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1,00 \end{array} \right) = 0,93$$

pro šrouby u okraje:

$$k_1 := \min \left(\begin{array}{l} 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,50 \end{array} \right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{Y_{M2}} = 106,67 \text{ kN}$$

Počet šroubů

$$n := \frac{V_{z,Ed}}{\min \left(\begin{array}{l} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right)} = 0,04$$

==> návrh 4 šrouby

$$n := 4$$

Únosnost spoje ve smyku

$$N_{Rd} := n \cdot \min \left(\begin{array}{l} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{array} \right) = 426,67 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{N_{Rd}} = 0,01$$

$$< 1,0$$

OK

Únosnost jednoho šroubu v tahu:

$$F_{t,Rd} := \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 90,43 \text{ kN}$$

Účinné délky pro nevyztužené pásnice

geometrie: $m := 30 \text{ mm}$
 $e := e_1 = 50 \text{ mm}$
 $p := p_1 = 184 \text{ mm}$

$$l_{eff,cp} := \min \left(\left[\begin{array}{l} 2 \cdot \pi \cdot m \\ \pi \cdot m + 2 \cdot e_1 \\ \pi \cdot m + p \\ 2 \cdot e_1 + p \end{array} \right] \right) = 188,5 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc} := \min \left(\left[\begin{array}{l} 4 \cdot m + 1,25 \cdot e \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + e_1 \\ 2 \cdot m + 0,625 \cdot e + 0,5 \cdot p \\ e_1 + 0,5 \cdot p \end{array} \right] \right) = 141,25 \text{ mm}$$

*kruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů**nekruhové porušení**řada šroubů samostatně**řada jako součást skupiny šroubů***Únosnost pro první způsob porušení:**

$$l_{eff,1} := \min \left(\left[\begin{array}{l} l_{eff,cp} \\ l_{eff,nc} \end{array} \right] \right) = 141,25 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2,12 \text{ kN m}$$

$$F_{t,1,Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m} = 283,25 \text{ kN}$$

Únosnost pro druhý způsob porušení:

$$l_{eff,2} := l_{eff,nc} = 141,25 \text{ mm}$$

$$n := \min \left(\left[\begin{array}{l} e \\ 1,25 \cdot m \end{array} \right] \right) = 37,5 \text{ mm}$$

$$M_{pl,2,Rd} := \frac{1}{4} \cdot \frac{l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2,12 \text{ kN m}$$

$$F_{t,2,Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{m + n} = 163,43 \text{ kN}$$

Únosnost pro třetí způsob porušení:

$$F_{t,3,Rd} := 2 \cdot F_{t,Rd} = 180,86 \text{ kN}$$

Únosnost při páčení:

$$F_{Rd} := 2 \cdot \begin{pmatrix} F_{t,1,Rd} \\ F_{t,2,Rd} \\ F_{t,3,Rd} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 566,51 \\ 326,85 \\ 361,73 \end{bmatrix} \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{\min(F_{Rd})} = 0,26 < 1,00 \quad \text{OK}$$

Posouzení na vytržení skupiny šroubů

ČSN EN 1993-1-8 kap. 3.10

oslabená plocha při působení smyku:

$$A_{nv} := 4 \cdot t \cdot (e_1 - 0,5 \cdot d_0) = 1640 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha při působení tahu:

$$A_{nt} := 2 \cdot t \cdot (e_2 - 0,5 \cdot d_0) = 1580 \text{ mm}^2$$

pro symetrickou skupinu šroubů namáhanou osovým zatížením:

$$V_{eff,1,Rd} := \frac{f_u \cdot A_{nt}}{Y_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot Y_{M0}} = 677,55 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{eff,1,Rd}} = 0,01 < 1,0 \quad \text{OK}$$

Porušení povrchu styčnicku

příčný plech

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

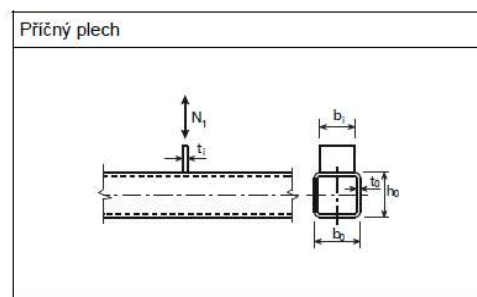
$$t_1 := 18 \text{ mm}$$

tloušťka pásnice

$$b_0 := 200 \text{ mm}$$

$$h_0 := 400 \text{ mm}$$

$$b_1 := 280 \text{ mm}$$

délka pásnice

[10]

Rozsah platnosti dle tab 7.8 ČSN EN 1993-1-8

styčnick T

$$\frac{b_1}{b_0} = 1,4 \geq 0,25 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b_0}{t_0} = 20 \leq 35 \quad \text{OK}$$

$$\frac{b_1}{t_1} = 15,56$$

$$0,5 \leq \frac{h_0}{b_0} = 2 \leq 2,0 \quad \text{OK}$$

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-8 tab. 7.13

$$\beta := \frac{b_1}{b_0} = 1,4 > 0,85 \quad \text{pro T styčnicky}$$

==> nenastane porušení líce pásu

$$b_1 = 280 \text{ mm} > b_0 - 2 \cdot t_0 = 180 \text{ mm}$$

==> porušení boční stěny pásu

$$N_{1,Rd} := \frac{k_n \cdot f_y \cdot t_0 \cdot (2 \cdot t_1 + 10 \cdot t_0)}{V_{M5}}$$

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y}$$

parametr napětí v pásu

$$N_{0,Ed} := -102,21 \text{ kN}$$

tlaková síla v pásu

$$A_0 := 11500 \text{ mm}^2$$

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = -0,04$$

$$\text{pro } n < 0 \quad \implies \quad k_n := 1,0$$

$$N_{0,Ed} := 274,05 \text{ kN}$$

tahová síla v pásu

$$n := \frac{N_{0,Ed}}{A_0 \cdot f_y} = 0,1$$

$$\text{pro } n > 0 \implies k_n := 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = 1,27 \quad k_n < 1,0 \implies k_n := 1,0$$

$$N_{1,Rd} := \frac{k_n \cdot f_y \cdot t_0 \cdot (2 \cdot t_1 + 10 \cdot t_0)}{\gamma_{M5}} = 319,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{2 \cdot N_{1,Rd}} = 0,24$$

$$< 1,0$$

OK

tlaková síla se přenese pomocí pásnic a nedojde k porušení nosníku RHS

Návrh a posouzení svaru čelní desky a sloupku

HEB 220

P10

Smyková síla přenášená svarem na stojině sloupku

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 220 \text{ mm} - 2 \cdot 16 \text{ mm} - 2 \cdot 18 \text{ mm} = 152 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 3,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_l := 0 \text{ MPa}$$

korelační součinitel

$$\beta_w := 0,80$$

pro ocel S235

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 5,93 \text{ MPa}$$

≤

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

navržený svar vyhovuje

Tahová síla přenášená svary na pásnici

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 2 \cdot 220 \text{ mm} + 2 \cdot (220 \text{ mm} - 9,5 \text{ mm} - 18 \text{ mm}) = 825 \text{ mm}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{a_w \cdot L_w} = 25,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 17,9 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 17,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 35,81 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK navržený svar vyhovuje

Svar čelní desky a nosníku

$$a_w := 4 \text{ mm}$$

$$L_w := 320 \text{ mm}$$

$$\tau_{II} := \frac{V_{z,Ed}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 1,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{t,Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 32,64 \text{ MPa}$$

$$\sigma_l := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 23,08 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{Y_{M2}} = 259,2 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$\tau_l := \sigma_l = 23,08 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_l^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_l^2)} = 46,24 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot Y_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK navržený svar vyhovuje

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



D. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Vzduchový chladič páry

Steel structure of an air cooler

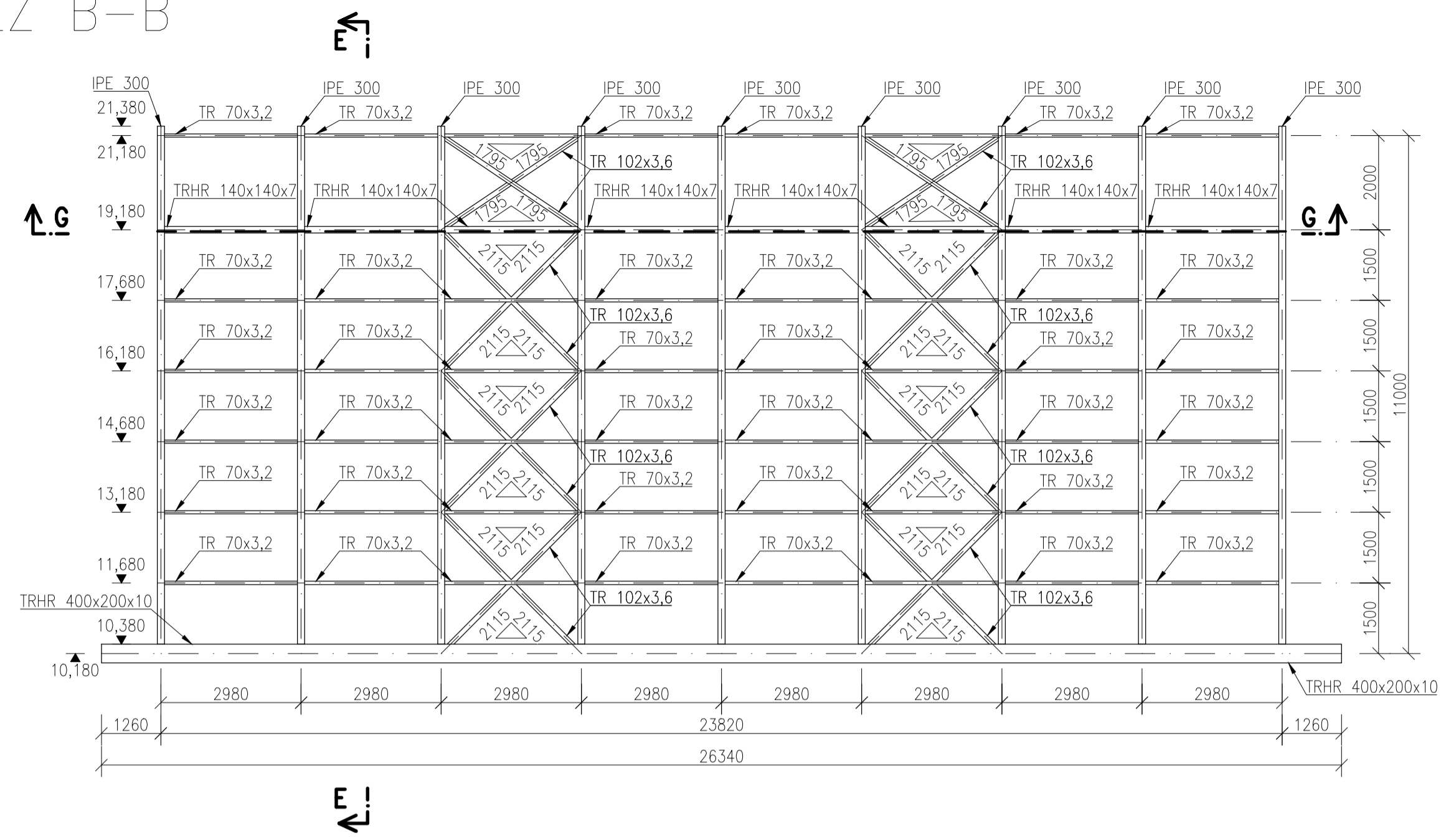
Josef Bis

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.
Katedra: Ocelových a dřevěných konstrukcí

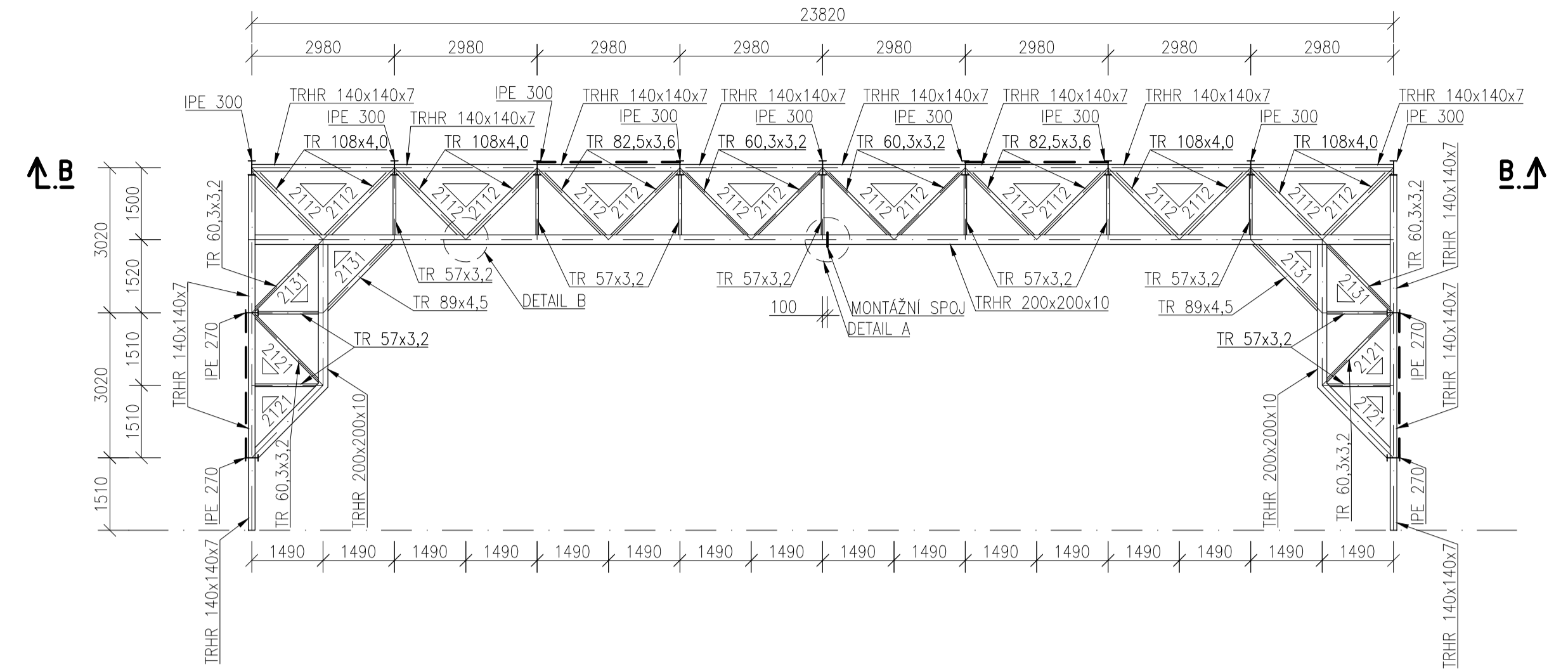
2022

DISPOZIČNÍ VÝKRESY

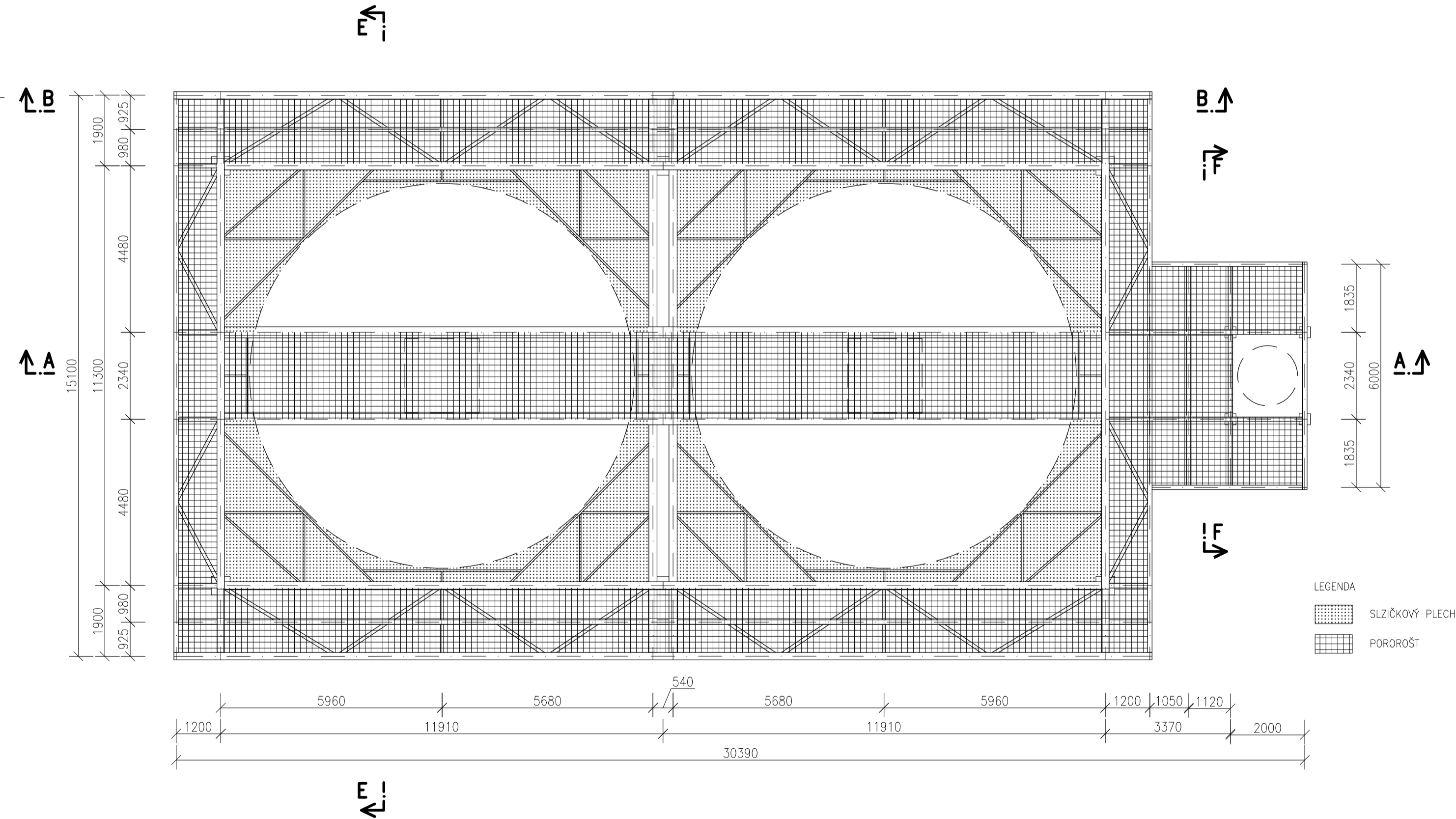
ŘEZ B-B



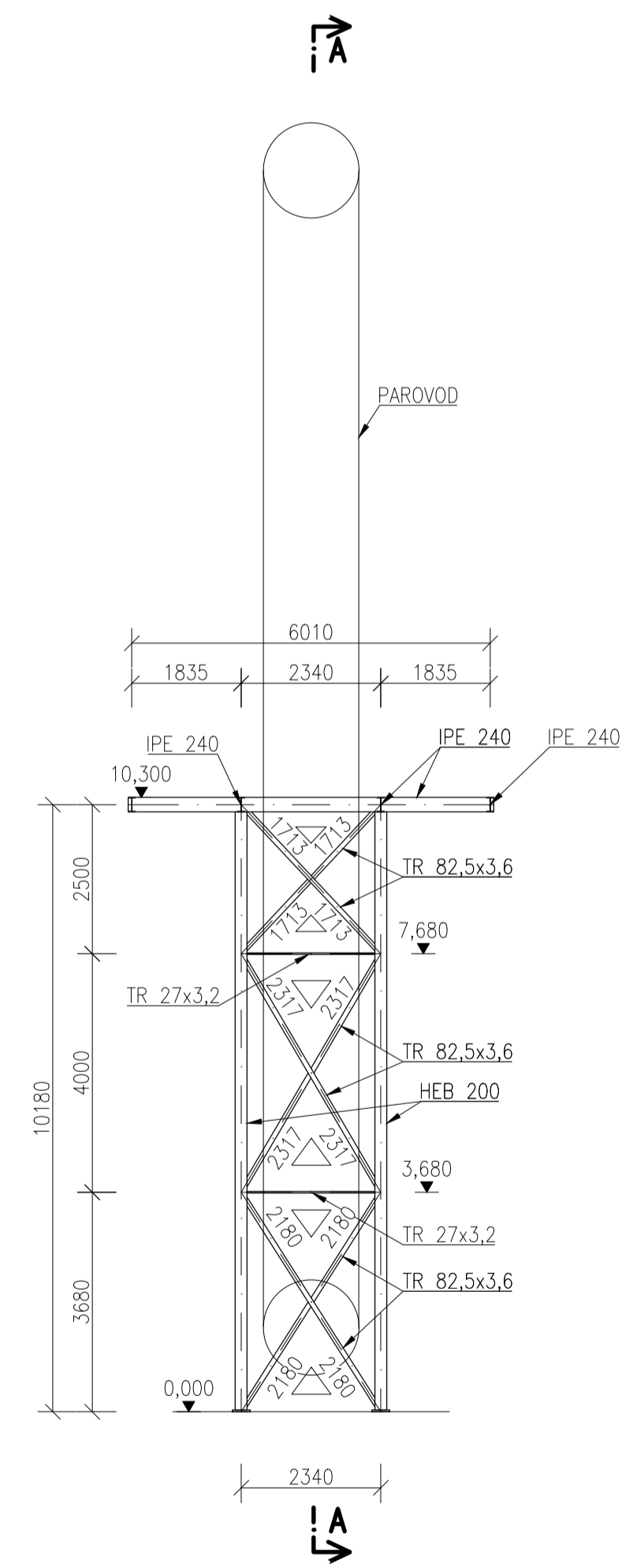
ŘEZ G-G



ŘEZ C-C – POVRCHY



ŘEZ F-F



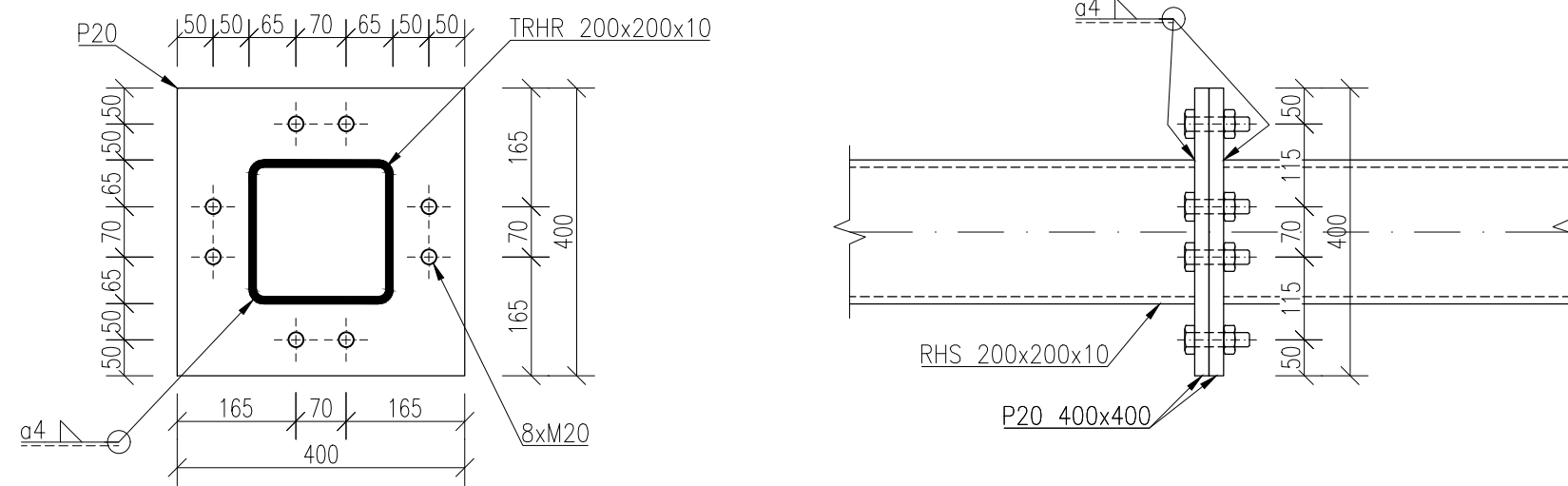
Materiály: ocel S235JR
EXC2

pozn.: Všechny prvky kótovány na osu

Zpracoval Bc. Josef Bis	Konzultant doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok 2021-2022	Fakulta stavební ČVUT
Předmět DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum 12/2021
Úloha: VZDUCHOVÝ CHLADIČ PAR			Meřítko 1:100
Výkres: DISPOZIČNÍ VÝKRESY			Číslo výkresu 02

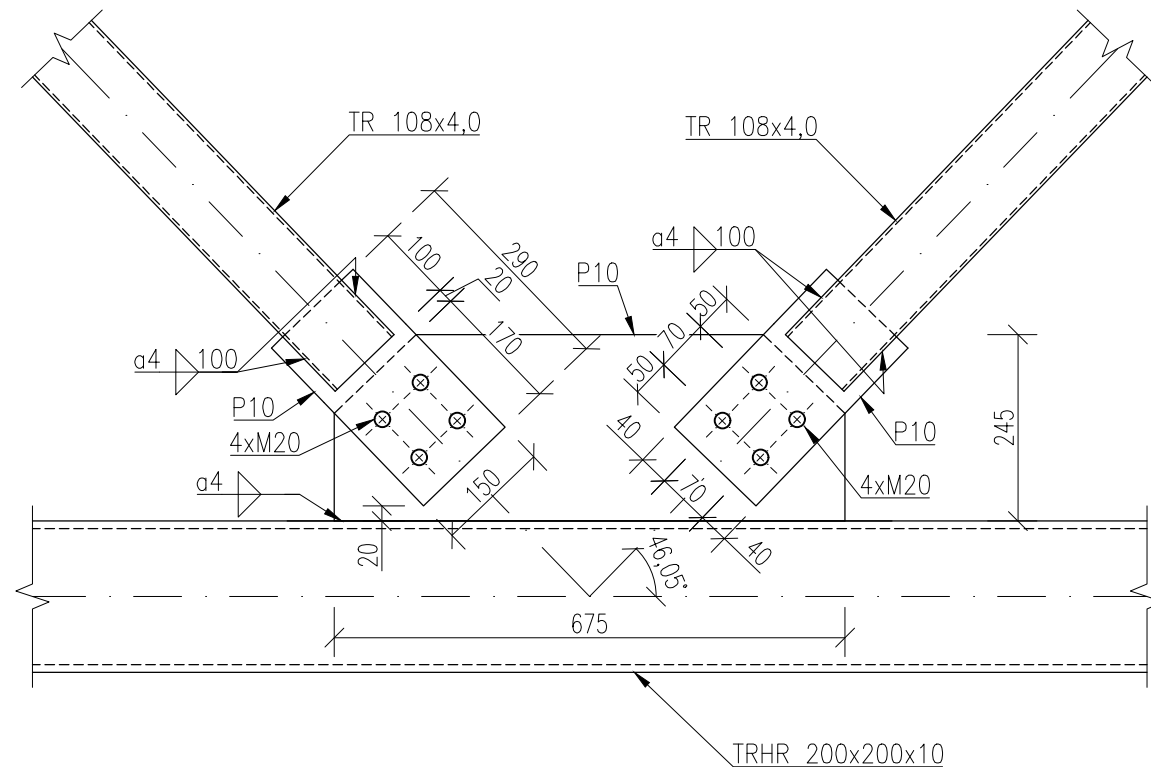
DETAIL A

VODOROVNÉ ZTUŽIDLO STĚNY
MONTÁŽNÍ STYK DOLNÍHO PASU
M 1:10




DETAIL B

VODOROVNÉ ZTUŽIDLO STĚNY
PŘÍPOJ DIAGONÁL NA DOLNÍ PÁS
M 1:10

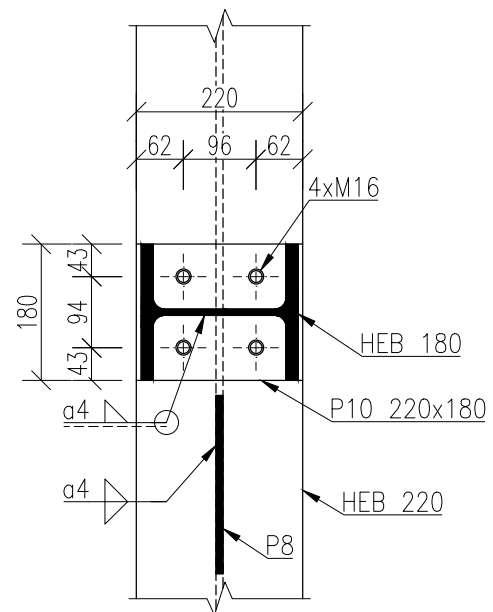
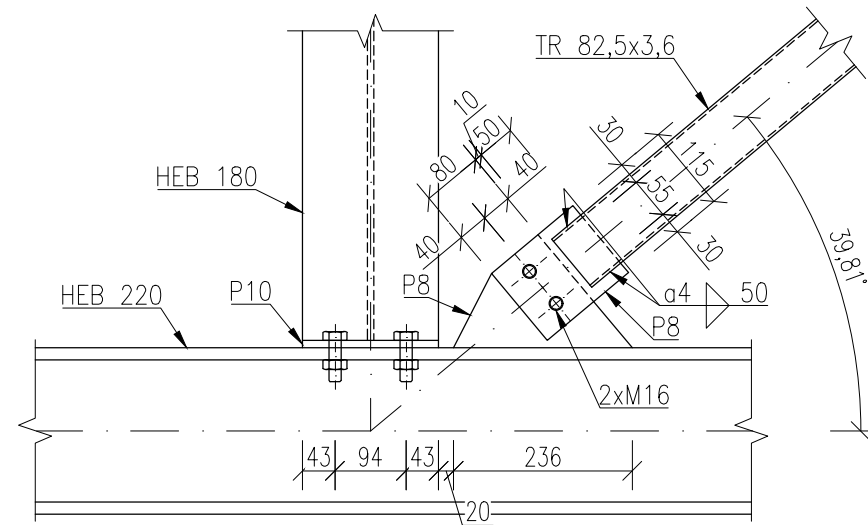
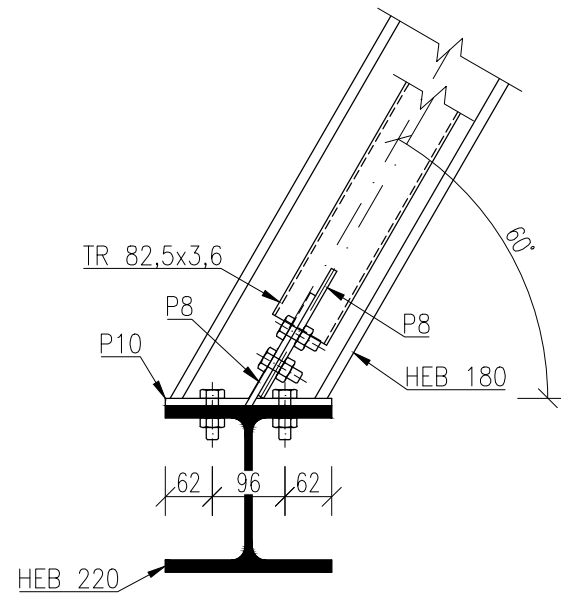


Materiály: ocel S235JR
EXC2
šrouby 8.8


Zpracoval Bc. Josef Bis	Konzultant doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D	Školní rok 2021-2022	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	12/2021
Úloha: VZDUCHOVÝ CHLADIČ PAR			Meřítko	1:10
Výkres: DETAIL A, DETAIL B			Číslo výkresu	03

DETAIL C

PŘIPOJENÍ KROKVE A DIAGONÁLY NA NOSNÍK M 1:10



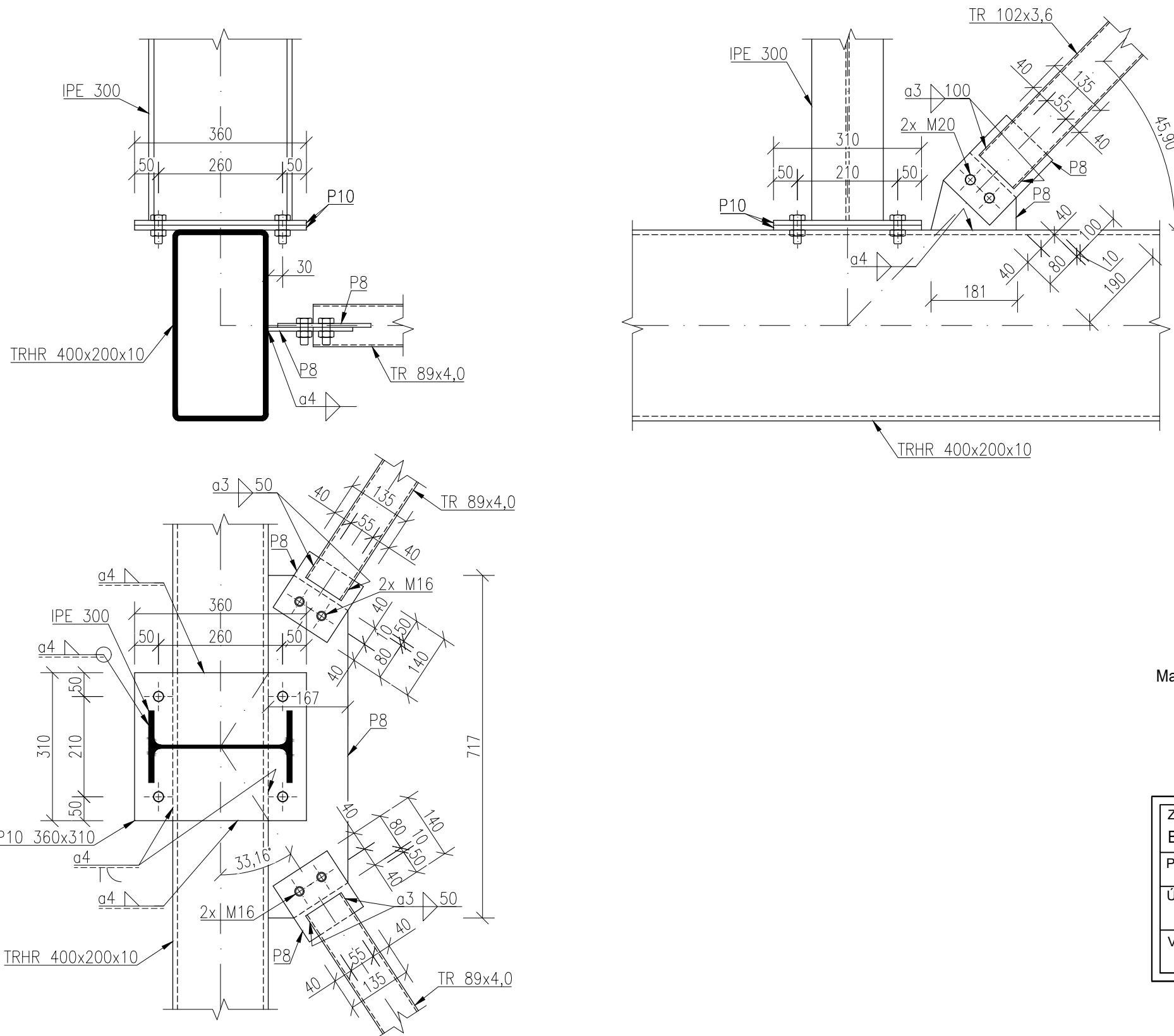
Materiály: ocel S235JR
EXC2
šrouby 8.8

Zpracoval Bc. Josef Bis	Konzultant doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Školní rok 2021-2022	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	12/2021
Úloha: VZDUCHOVÝ CHLADIČ PAR			Meřítko	1:10
Výkres: DETAIL C			Číslo výkresu	04


DETAIL D

PŘIPOJENÍ SLOUPU STĚNY NA NOSNÍK

M 1:10



Materiály: ocel S235JR
EXC2
šrouby 8.8

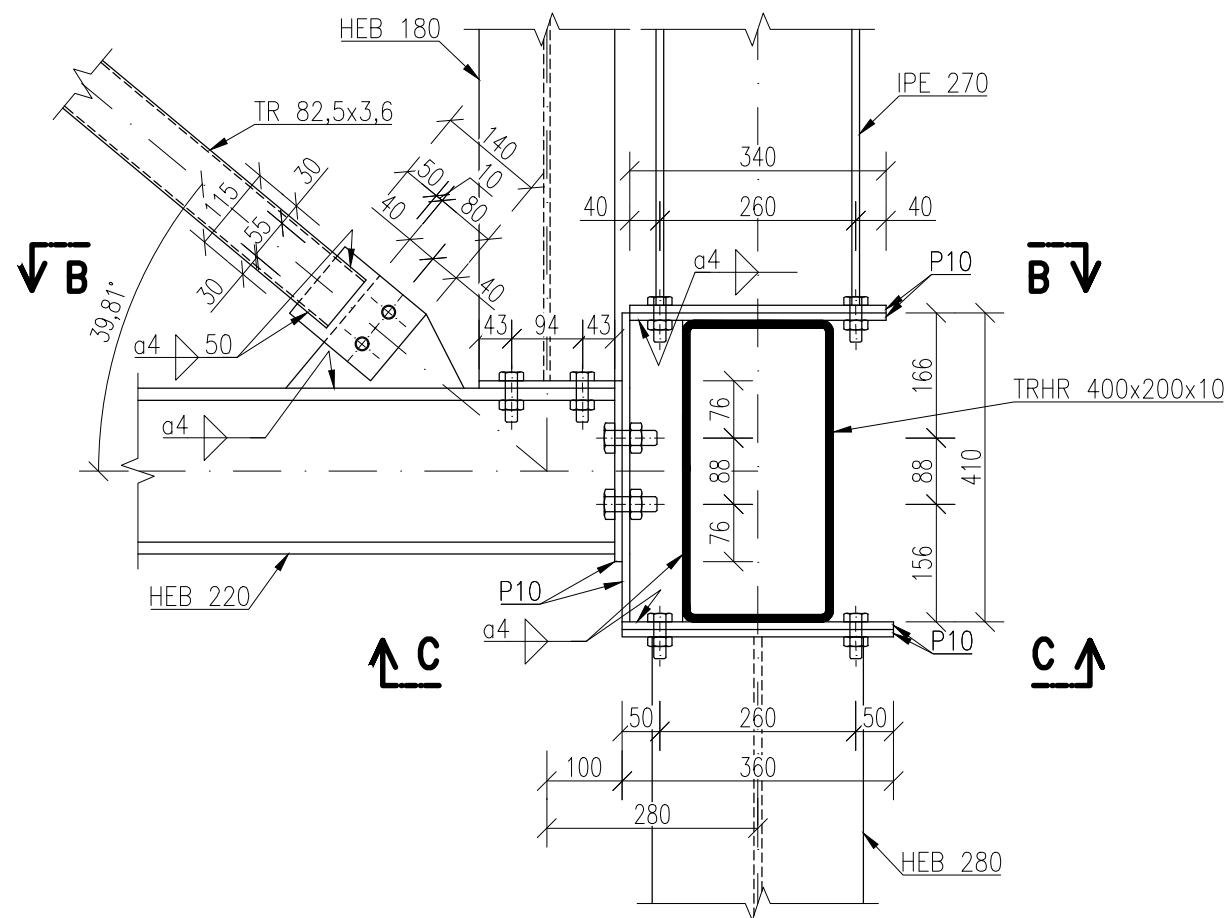
Zpracoval Bc. Josef Bis	Konzultant doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D	Školní rok 2021-2022	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	12/2021
Úloha: VZDUCHOVÝ CHLADIČ PAR			Meřítko	1:10
Výkres: DETAIL D			Číslo výkresu	05

DETAIL E

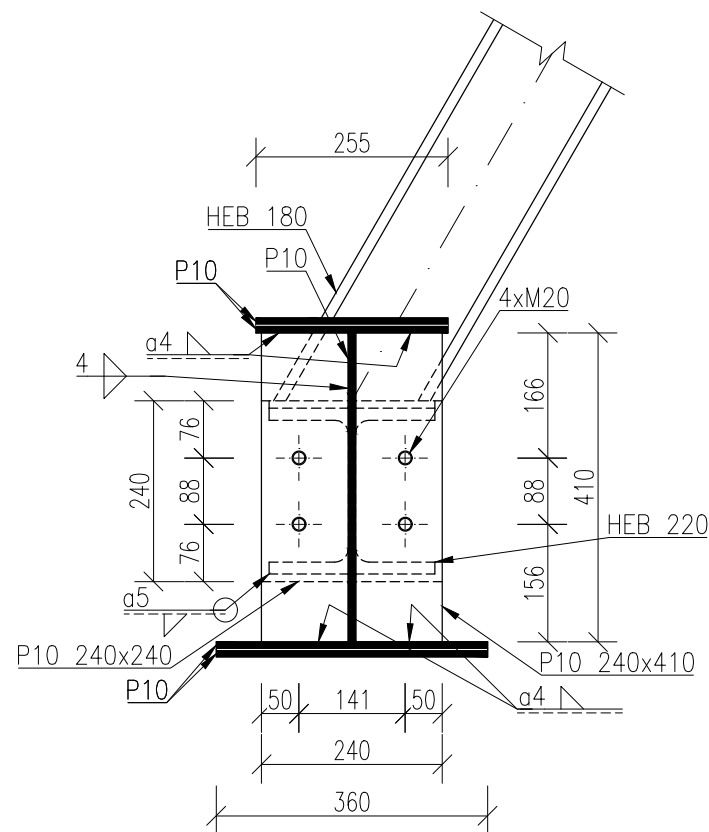
PŘIPOJENÍ KROKVE A SLOUPŮ NA NOSNÍK

M 1:10

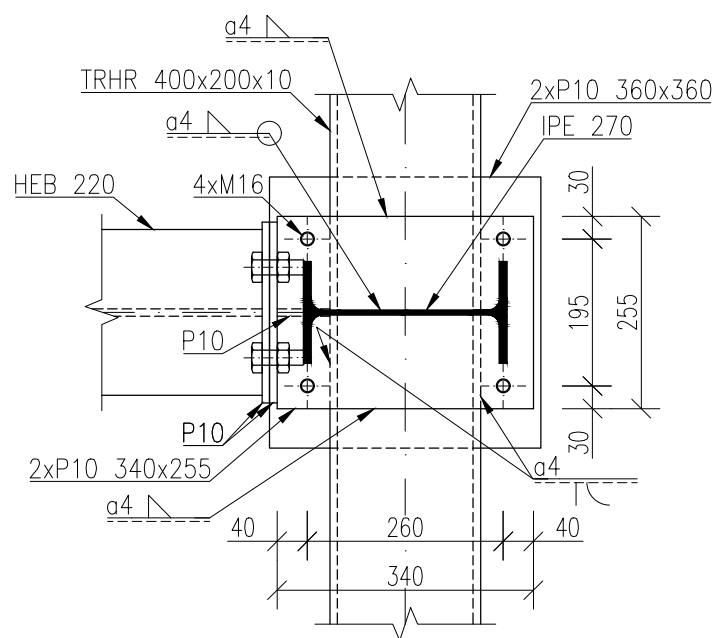
A ↗



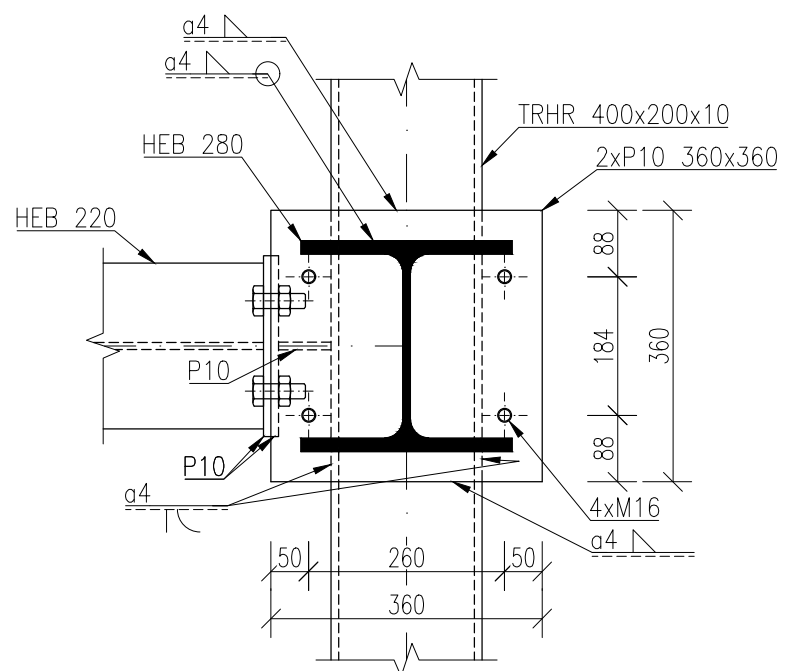
ŘEZ A-A




ŘEZ B-B



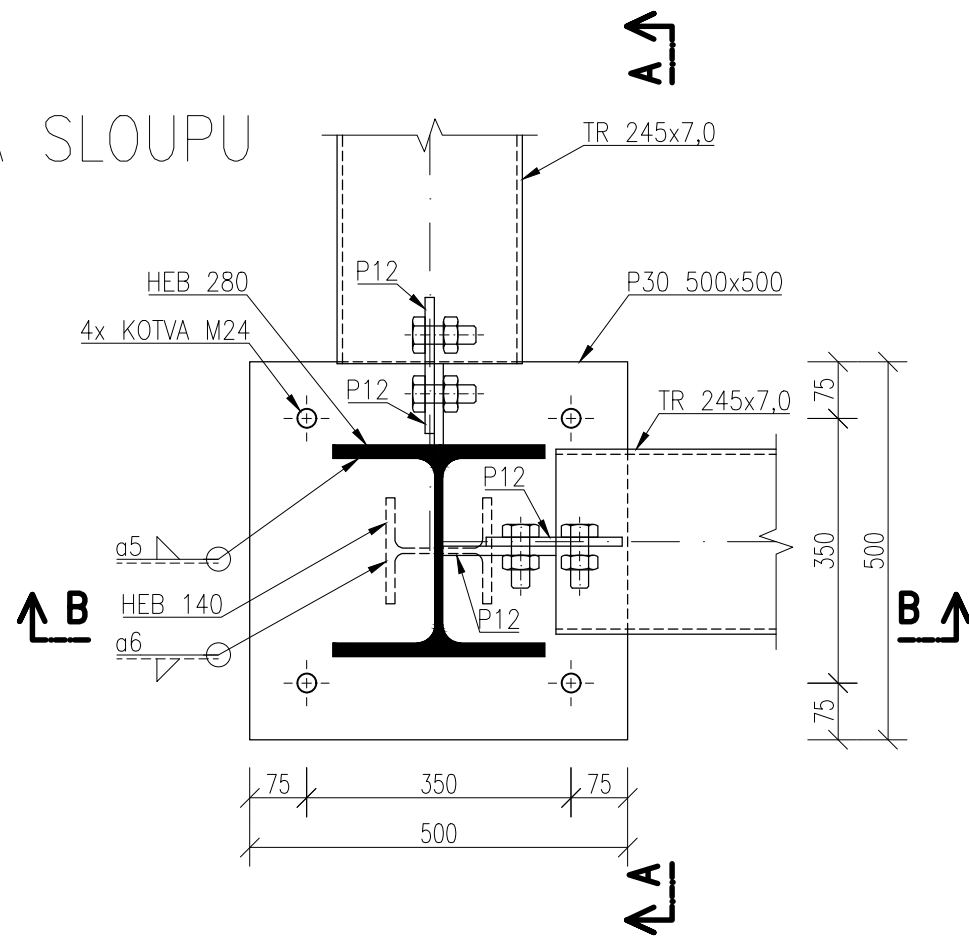
ŘEZ C-C



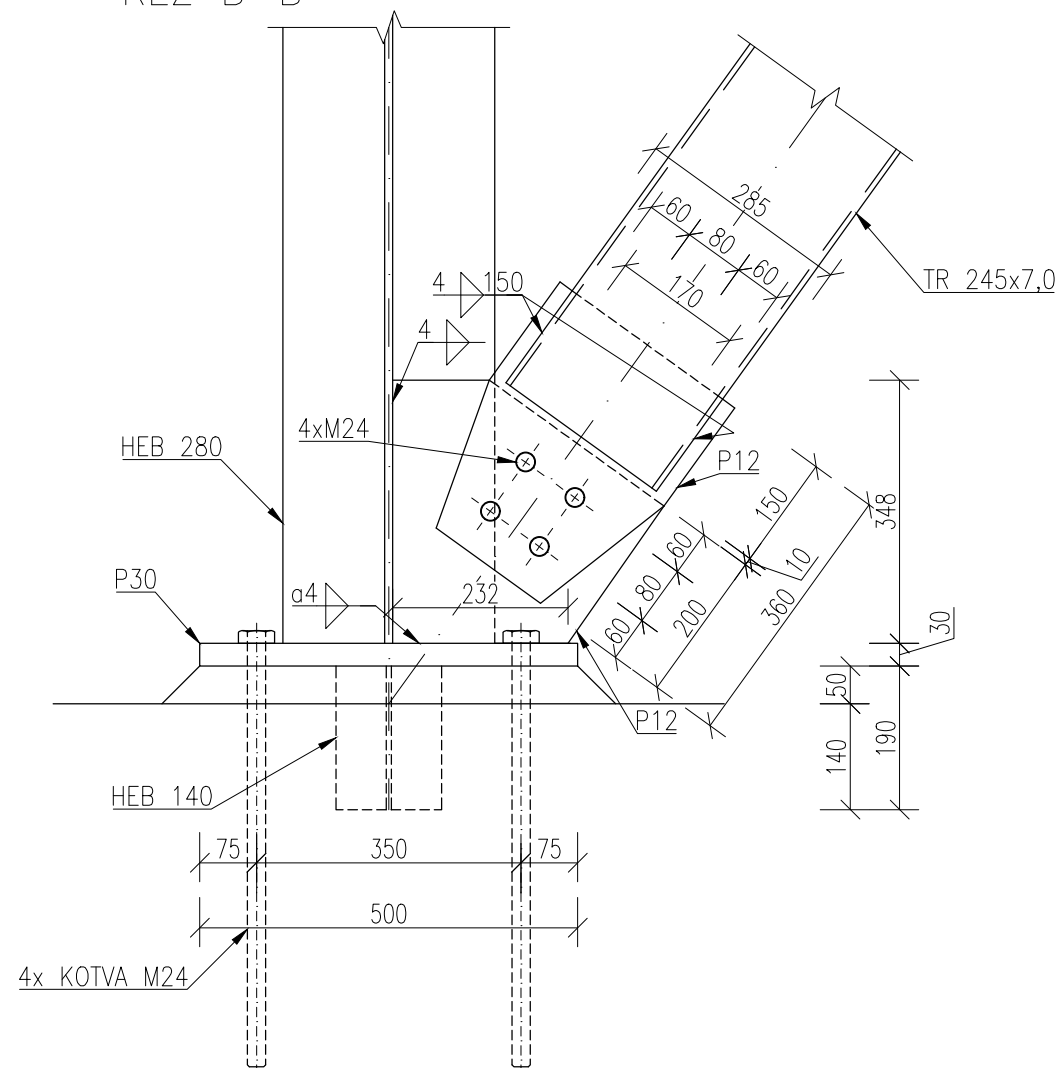
Materiály: ocel S235JR
EXC2
šrouby 8.8

Zpracoval Bc. Josef Bis	Konzultant doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D	Školní rok 2021-2022	Fakulta stavební ČVUT 
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum 12/2021
Úloha: VZDUCHOVÝ CHLADIČ PAR			Meřítko 1:10
Výkres: DETAIL E			Číslo výkresu 06

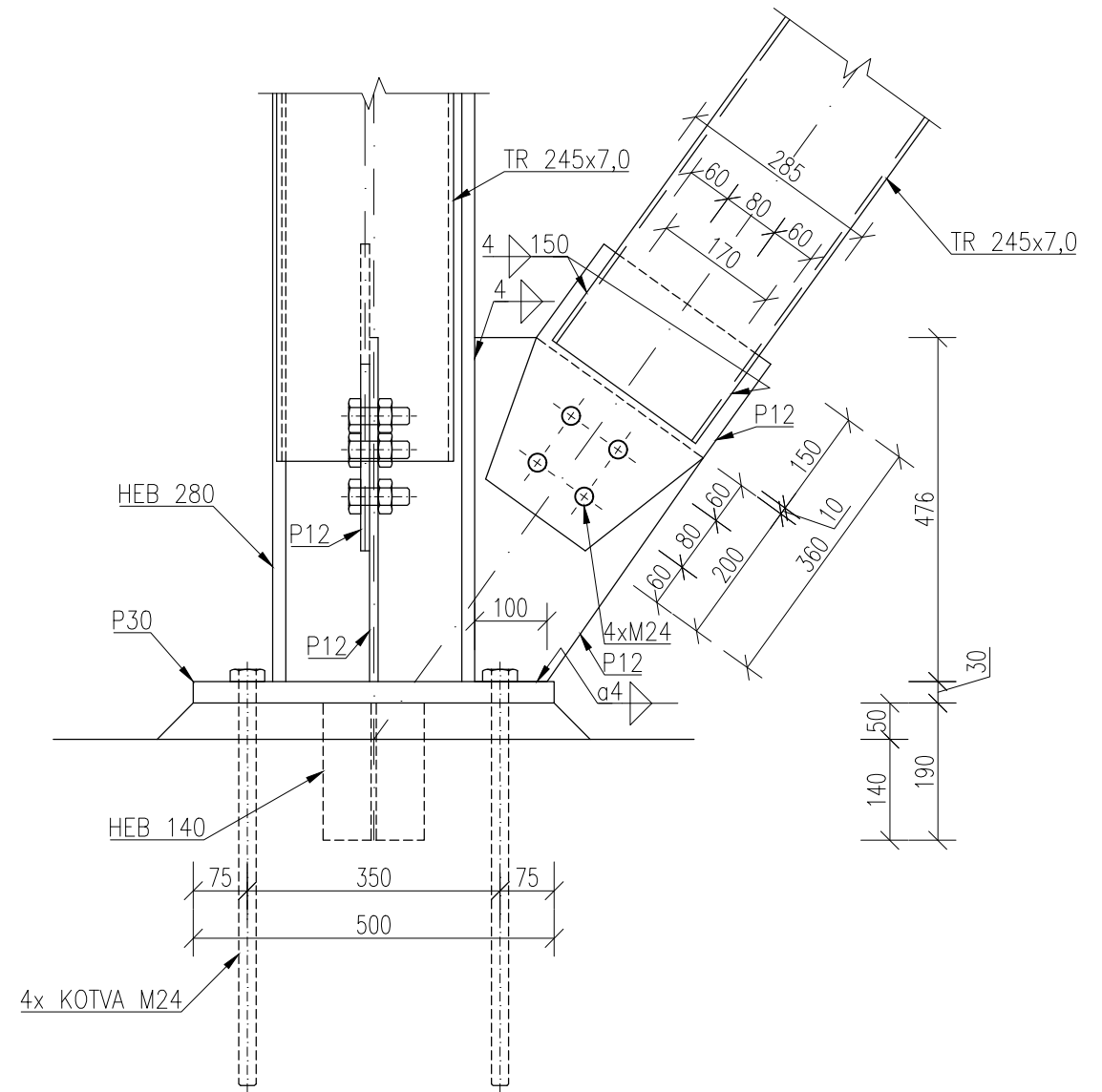
DETAIL F
KLOUBOVÁ PATKA SLOUPU
M 1:10




ŘEZ B-B



ŘEZ A-A



Materiály: ocel S235JR
EXC2
šrouby 8.8

Zpracoval Bc. Josef Bis	Konzultant doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D	Školní rok 2021-2022	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE			Datum	12/2021
Úloha: VZDUCHOVÝ CHLADIČ PAR			Meřítko	1:10
Výkres: DETAIL F			Číslo výkresu	07