

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STAVEBNÍ**



**BAKALÁRSKA
PRÁCA
AUTOSALÓN**

2024

**MARTIN
ŠERÍK**

OBSAH

Úvod

Statický výpočet

Prílohy k statickému výpočtu

Výkresová dokumentácia

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁRSKA PRÁCA
AUTOSALÓN

2024

ÚVOD

Autor práce: Martin Šerík

Vedúci práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šerik** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **501679**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Specializace: **Pozemní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Autosalon

Název bakalářské práce anglicky:

Car showroom

Pokyny pro vypracování:

Návrh nosné ocelové konstrukce autosalonu, jejích hlavních prvků (střešní konstrukce, sloupy a ztužení). Návrh vybraných detailů konstrukce. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, řez, navržené detaily). Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí ČSN EN 1991 a ČSN EN 1993.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

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

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

Datum zadání bakalářské práce: **21.02.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2024

Platnost zadání bakalářské práce: _____

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

prof. Ing. Pavel Ryáček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

21.2.2024
Datum převzetí zadání

Podpis studenta

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Vyhlasujem, že som svoju bakalársku prácu vypracoval samostatne, bez cudzej pomoci, s využitím iba poskytnutých konzultácií a všetky použité zdroje som uviedol v zozname literatúry.

V Prahe, dňa 17.5.2024

.....

Martin Šerík

POĎAKOVANIE

Chcel by som sa touto cestou poďakovať prof. Ing. Michalovi Janderovi, Ph.D. za jeho rady, odporúčania, ochotu a trpezlivosť pri vedení mojej bakalárskej práce, taktiež za poskytnuté podklady a konzultácie.

ANOTÁCIA

Bakalárska práca sa zaoberá návrhom ocelevej konštrukcie autosalónu nepravidelného päťuholníkového pôdorysu so zázemím pre zamestnancov a kancelárskymi priestormi. Stavba je zastrešená pultovou strechou. V statickom výpočte boli najprv stanovené stálie a premenné zaťaženia. Zjednodušene sa navrhli a posúdili 3 varianty konštrukcie zastrešenia a to plnostenný, prelamovaný a priehradový nosník. Z porovnania vyplynul ako najvhodnejší variant prelamovaný nosník, ktorý sa neskôr podrobne posúdil. Navrhli a posúdili sa nosné prvky vloženého podlažia, kde sa použijú štíhle stropy (slim floor). Následne sa vytvoril výpočetný model pre výpočet vnútorných síl. Na základe výsledkov vnútorných síl sa navrhli a posúdili ostatné prvky konštrukcie spolu s vybranými detailmi. V závere sa vypracovala výkresová dokumentácia a technická správa.

Kľúčové slová: oceľová konštrukcia, autosalón, statický výpočet, prelamovaný nosník, štíhly strop.

ANNOTATION

The Bachelor's Thesis deals with a design of a steel load-bearing structures of an irregularly pentagonal ground plan car showroom with facilities for employees and offices. The building has a monopitch roof. Firstly, permanent and imposed load was determined. For a subsequent structural design of roof load bearing elements 3 possibilities of roof structure were preliminary designed, considering i.e. a beam with full web, a beam with large web openings and a truss. By comparison, the beam with large web openings was selected as the best alternative for a subsequent final design. The structure of a built-in construction was designed using a slim floor deck. Consequently, a FE model for internal loads was made. The design includes also the other construction elements and detailing. Finally, project documentation and technical report were made.

Key words: steel structure, car showroom, structural design, beam with large web openings, slim floor.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁRSKA PRÁCA
AUTOSALÓN

2024

TECHNICKÁ SPRÁVA

1 POPIS STAVBY

Predmetom projektu je novostavba oceľovej haly s autosalónom, zázemím pre zamestnancov a kancelárskymi priestormi. Stavba má tvar nepravidelného päťuholníka. Tvoria ju 2 nadzemné podlažia.

2 POPIS NOSNEJ KONŠTRUKCIE

Nosnú konštrukciu zastrešenia tvoria priečne pruté prelamované nosníky s kruhovými otvormi ACB IPE 400, ktoré sú uložené na štvorcové stĺpy prierezov TR 200 x 200 x 6,3 a TR 80 x 80 x 4. Po obvode zastrešenia sú nosníky obdĺžnikového prierezu TR 80 x 160 x 5. Priečne strešné prúty sú kruhového prierezu TR 57 x 4. Nosnú časť strešného plášťa tvorí trapézový plech TR 60 / 235, na ktorom sa nachádza strešné súvrstvie.

Stĺpy vloženého podlažia sú zo štvorcových trubiek TR 70 x 70 x 4. Stropy sú tzv. štíhle (slimfloor) tvorené SFB nosníkmi HEB 140 + 340 x 12, obdĺžnikovými trubkami s privarenými doskami a trapézovým plechom ComFlor 210 s nadbetónovkou 70 mm a výstužou v rebrách priemeru 16 mm.

Strešné stužidlá tvoria kruhové trubky TR 82,5 x 3,6. Stenové stužidlá v miestach stenového plášťa z izolačných panelov Kingspan KS 1000 NF sú z kruhových trubiek TR 82,5 x 3,6 a v miestach sklenenej fasády sú z tiahel plného kruhového prierezu priemeru 16 mm.

Základové konštrukcie tvoria základové pätky rozmerov 1,2 x 1,2 x 1,2 m a 0,8 x 0,8 x 0,8 m z prostého betónu.

3 ZAŤAŽENIE

Stále zaťaženie bolo uvážené z vlastnej tiaže nosných prvkov a kompletačných konštrukcií - obvodových plášťov, podláh, podhládov a strešného plášťa.

Pre zaťaženie snehom bola uvážená oblasť II s charakteristickou hodnotou $s_k = 1,0$ kPa. Pre zaťaženie vetrom bola uvážená oblasť II s hodnotou základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} = 25$ m/s a kategória terénu III. Charakteristická hodnota pre úžitkové zaťaženie kancelárskych priestorov (kat. B) je $q_k = 2,5$ kN/m².

4 POUŽITÉ MATERIÁLY

Oceľové nosné konštrukcie – S355J0.

Tiahla – S460N.

Trapézový plech ComFlor CF 210 – S280GD + Z275.

Trapézový plech TR 60 / 235 – S320GD + Z275.

Skrutky a kotvy: trieda 8.8.

Základové konštrukcie: betón C25/30 – XC1 – Cl 0,2 – D_{max} 32 – S4.

Stropná konštrukcia: betón C25/30 – XC1 – Cl 0,2 – D_{max} 16 – S4.

Betonárska výstuž: B500B.

5 VÝROBA OCEĽOVEJ KONŠTRUKCIE

Pre zhotovenie oceľovej konštrukcie je požadovaná trieda zhotovenia EXC2 podľa ČSN EN 1090.

6 MONTÁŽ KONŠTRUKCIE

Konštrukcia musí byť počas montáže dočasne podporená a zavetrená. Po zhotovení základových pätiiek a dosiahnutí ich požadovanej pevnosti sa zmontujú pozdĺžne rámy medzi stenovými a priečnymi strešnými stužidlami, obvodovými nosníkmi a pozdĺžnymi strešnými nosníkmi. Potom sa bude pokračovať v montáži vloženého podlažia spolu s nosnou strešnou konštrukciou s príľahlými stužidlami, obvodovými nosníkmi a pozdĺžnymi strešnými nosníkmi. Uloží sa stropná konštrukcia z trapézových plechov, do ktorých sa vloží výstuž a zaleje betónovou zmesou. Smerom od zmontovanej časti konštrukcie sa namontujú jednotlivé rámy spolu so stužidlami, obvodovými nosníkmi a pozdĺžnymi strešnými nosníkmi. Obvodový a strešný plášť sa budú osadzovať až po zmontovaní celej konštrukcie.

7 OCHRANA PROTI KORÓZII

Všetky ocelové konštrukcie sú zabudované v interiéri stavby, kde sa nenachádza agresívne ani vlhké prostredie. Protikorózna ochrana je navrhnutá v súlade s ČSN EN ISO 12944 (2018):

- stupeň koróznej agresivity: C2 – nízka (priestory s občasnou kondenzáciou),
- predpokladaná životnosť: veľmi vysoká (VH) - >25 rokov,
- požadovaná hrúbka suchého povlaku vrchného náteru: 200 μm .

Ocelové konštrukcie budú natrené výrobne 1 x základným náterom a 1 x vrchným náterom.

8 OCHRANA PROTI POŽIARU

Ochrana proti požiaru nebola predmetom riešenia bakalárskej práce. Bolo by nutné ju posúdiť a na základe výsledkov navrhnuť vhodné protipožiarne opatrenia.

9 POUŽITÉ PODKLADY, NORMY A ZDROJE LITERATÚRY

Pri návrhu dispozície prvkov sa vychádzalo z architektonickej štúdie objektu.

Použité normy:

ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (rok vydania 2004),

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (rok vydania 2004),

ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem (rok vydania 2005),

ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem (rok vydania 2007),

ČSN EN 1992-4 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 4: Navrhování kotvení do betonu (rok vydania 2018),

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (rok vydania 2006),

ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn (rok vydania 2008),

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků (rok vydania 2006),

prEN 1993-1-13, Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-13: Beams with large web openings (ed. 02/2020).

Použité podklady a zdroje literatury:

Technický list Kingspan KF 1000 NF. Online. Kingspan. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/content/dam/kingspan/kip-ceer/documents/czech-republic/tl-stenove-panely/kingspan-ks1000-nf-ipn-technicky-list-cz.pdf>. [cit. 2024-03-03].

Tabulky únosnosti. Online. Kingspan, 03/2023. Dostupné z: <https://www.kingspan.com/content/dam/kingspan/kip-ceer/documents/czech-republic/kingspan-tabulky-unosnosti-technicky-manual-cz.pdf>. [cit. 2024-03-03].

Technický list trapézového plechu 60/235. Online. ArcelorMittal. Dostupné z: https://construction.arcelormittal.com/myspace/medias/sys_master/amc-media/amc-media/h40/h42/8955631927326/Technick-list-TR-60.pdf. [cit. 2024-03-08].

SOKOL, Zdeněk a WALD, František. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06032-2.

JANDERA, Michal. *Projekty – pomůcky* [online]. [cit. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/projekt.html>.

Slim Floor. Online. ArcelorMittal. Dostupné z: https://sections.arcelormittal.com/repository2/Sections/5_5_1_SlimFloor.pdf.

Westok Cellbeam link. Online. Westok Cellbeam link. Dostupné z: https://help.scia.net/24.0/en/index.htm#data_transfer/westok_link/westok_linkl.htm?Highlight=cellular. [cit. 2024-04-17].

PFEIFER Tension Members. Online. Pohlcon. Dostupné z: https://pohlcon.cz/fileadmin/user_upload/jpcz.cz/downloads/Produkty/Zvedaci_a_lanova_technika/Lana_a_tahla/Katalog_Lana_Tyce_2015_DE_EN.pdf. [cit. 2024-04-27].

10 POUŽITÉ SOFTVÉRY

AutoCAD 2024,
Hilti PROFIS Engineering 3.0.94,
LTBeamN 1.0.3,
Microsoft 365 2023,
PTC Mathcad Prime 9.0.0.0,
SCIA Engineer 21.1.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁRSKA PRÁCA
AUTOSALÓN

2024

STATICKÝ VÝPOČET

Autor práce: Martin Šerík

Vedúci práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

OBSAH

1	Premenné zaťaženia	4
1.1	Zaťaženie snehom.....	4
1.2	Zaťaženie vetrom	4
1.3	Hodnoty ďalších premenných zaťažení.....	8
2	Obalové konštrukcie stavby	8
2.1	Obalové konštrukcie stien.....	8
2.1.1	Sklenená fasáda	8
2.1.2	Stenové sendvičové panely.....	9
2.2	Obalové konštrukcie strechy.....	11
2.2.1	Strešné sendvičové panely.....	11
2.2.2	Trapézový plech	13
3	Varianty nosných konštrukcií zastrešenia.....	17
3.1	Plnostenný nosník.....	18
3.1.1	Zaťaženie, návrh a charakteristiky	18
3.1.2	Medzný stav únosnosti	18
3.1.3	Medzný stav použiteľnosti	19
3.2	Prelamovaný nosník.....	19
3.2.1	Zaťaženie, návrh a charakteristiky	19
3.2.2	Šmyková únosnosť	22
3.2.3	Ohybová únosnosť	24
3.2.4	Odolnosť T-prierezu vo Vierendeelovom ohybe	24
3.2.5	Posúdenie stability stojiny medzi otvormi	29
3.2.6	Medzný stav použiteľnosti	30
3.3	Priehradový nosník	31
3.3.1	Zaťaženie a vnútorné sily	31
3.3.2	Návrh a medzný stav únosnosti	33
3.3.3	Medzný stav použiteľnosti	35
3.4	Zhodnotenie variant nosníku a výber nosnej konštrukcie zastrešenia	36
4	Vložené podlažie („vestavba“).....	36
4.1	Oceľobetónový strop	37
4.2	Stropný nosník	40
4.2.1	Odhad prierezu priečneho prútu	40
4.2.2	Zaťaženie a vnútorné sily	41
4.2.3	Návrh a charakteristiky prierezu	43
4.2.4	Medzný stav únosnosti	45
4.2.5	Medzný stav použiteľnosti	46
4.2.6	Bodové zaťaženie pôsobiace na stĺp nosnej konštrukcie zastrešenia	47
4.3	Stĺp.....	47
4.3.1	Zaťaženie a vnútorné sily	47
4.3.2	Návrh a charakteristiky	48
4.3.3	Medzný stav únosnosti	48
5	Výpočetný model nosnej konštrukcie	49
5.1	Imperfekcie konštrukcie, zaťažovacie stavy, kombinácie	49

5.2	Výpočet prelamaných nosníkov v programe SCIA Engineer	52
6	Návrh a posúdenie vybraných prvkov konštrukcie	53
6.1	Najzaťaženejší strešný nosník	53
6.1.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	53
6.1.1.1	Charakteristiky prelamaného nosníka	54
6.1.1.2	Charakteristiky 2 x T-prierezu	56
6.1.2	Normálová únosnosť	59
6.1.2.1	Vzperná únosnosť	59
6.1.2.2	Ťahová únosnosť	60
6.1.3	Šmyková únosnosť	60
6.1.4	Ohybová únosnosť	61
6.1.5	Kombinácia tlaku s ohybom	62
6.1.6	Klopenie	62
6.1.7	Odolnosť T-prierezu vo Vierendeelovom ohybe	64
6.1.8	Posúdenie stability stojiny medzi otvormi	67
6.1.9	Požiadavky na dĺžku stojiny pri podpore	68
6.1.10	Medzný stav použiteľnosti	69
6.2	Najdlhší strešný nosník	70
6.2.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	70
6.2.1.1	Charakteristiky prelamaného nosníka	71
6.2.1.2	Charakteristiky 2 x T-prierezu	72
6.2.2	Normálová únosnosť	72
6.2.3	Šmyková únosnosť	72
6.2.4	Ohybová únosnosť	73
6.2.5	Klopenie	74
6.2.6	Odolnosť T-prierezu vo Vierendeelovom ohybe	76
6.2.7	Posúdenie stability stojiny medzi otvormi	79
6.2.8	Požiadavky na dĺžku stojiny pri podpore	80
6.2.9	Medzný stav použiteľnosti	81
6.3	Najdlhší stĺp	82
6.3.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	83
6.3.2	Normálová únosnosť	84
6.3.3	Ohybová únosnosť	85
6.3.4	Kombinácia tlaku s dvojosým ohybom	85
6.3.5	Medzný stav použiteľnosti	87
6.4	Najdeformovanejší stĺp	88
6.4.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	88
6.4.2	Normálová únosnosť	89
6.4.3	Ohybová únosnosť	90
6.4.4	Kombinácia tlaku s dvojosým ohybom	90
6.4.5	Medzný stav použiteľnosti	92
6.5	Najzaťaženejší stĺp	93
6.5.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	93
6.5.2	Normálová únosnosť	94
6.5.3	Ohybová únosnosť	95

6.5.4	Kombinácia tlaku s dvojším ohybom	95
6.5.5	Medzný stav použiteľnosti	97
6.6	Najdlhší obvodový nosník	98
6.6.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	98
6.6.2	Normálová únosnosť	99
6.6.2.1	Vzperná únosnosť	99
6.6.2.2	Ťahová únosnosť	100
6.6.3	Šmyková únosnosť	101
6.6.4	Ohybová únosnosť	101
6.6.5	Kombinácia tlaku s dvojším ohybom	101
6.6.6	Medzný stav použiteľnosti	103
6.7	Pozdĺžny strešný prút	103
6.7.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	104
6.7.2	Medzný stav únosnosti	104
6.7.2.1	Vzperná únosnosť	104
6.7.2.2	Ťahová únosnosť	105
6.8	Strešné stužidlá	106
6.8.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	106
6.8.2	Medzný stav únosnosti	107
6.8.2.1	Vzperná únosnosť	107
6.8.2.2	Ťahová únosnosť	108
6.9	Stenové trubkové stužidlá	108
6.9.1	Vnútorne sily, návrh a charakteristiky	108
6.9.2	Medzný stav únosnosti	109
6.9.2.1	Vzperná únosnosť	109
6.9.2.2	Ťahová únosnosť	110
6.10	Stenové stužidlá z tiahel	110
7	Návrh a posúdenie vybraných detailov	116
7.1	Kĺbová päťka stĺpu so stužidlom	116
7.1.1	Vnútorne sily, reakcie, rozmery a charakteristiky	116
7.1.2	Pätná doska	117
7.1.3	Šmyková zarážka	119
7.1.4	Prípojná doska stužidla	122
7.2	Prípoj nosníkov na stĺp	123
7.2.1	Vnútorne sily a rozmery	123
7.2.2	Prípoj prelamaného nosníka doskou na stojine	124
7.2.3	Prípoj obvodového nosníka	128
7.2.4	Prípojná doska na stĺp pre obvodový nosník	131
7.3	Prípoj strešných stužidiel a prútov na nosník	132
7.3.1	Vnútorne sily a rozmery	133
7.3.2	Doska strešného stužidla	133
7.3.3	Prípojná doska strešného stužidla k výstuhe	135
7.3.4	Doska pozdĺžnych strešných prútov	135
7.3.5	Výstuha nosníka	137

1 PREMENNÉ ZAŤAŽENIA

1.1 ZAŤAŽENIE SNEHOM

Objekt sa zastreší pultovou strechou so sklonom 5% neobsahujúcou atiky ani previsy a teda na streche nebude dochádzať k lokálnemu naviatiu snehu.

charakteristická hodnota $s_k := 1.0 \text{ kPa}$ - snehová oblasť II

súčiniteľ expozície $C_e := 1.0$ - normálny

tepelný súčiniteľ $C_t := 1.0$ - bez vplyvu

tvarový súčiniteľ $\mu_i := 0.8$ - pultová strecha, sklon 5 °

charakteristická hodnota zaťaženia snehom na streche

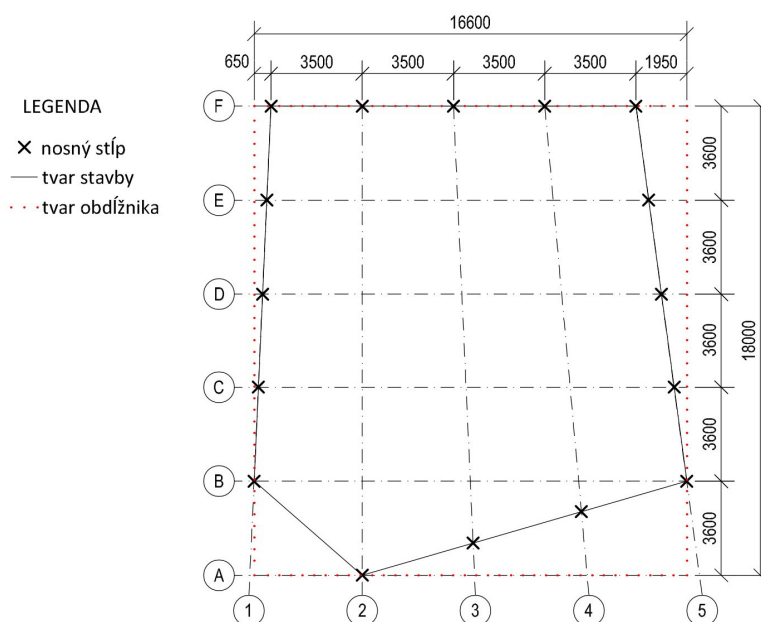
$$s := s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_i = 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.2 ZAŤAŽENIE VETROM

Keďže sa v norme nenachádza presný postup pre pôdorysné usporiadanie plôch pre túto stavbu, stavba bude aproximovaná na tvar obdĺžnika. Táto aproximácia bude ponechaná aj pri dĺžkovom rozdelení jednotlivých veterných oblastí.

Pôdorysné rozmery sa určia súčtom osovej vzdialenosti najvzdialenejších nosných stĺpov v pozdĺžnom alebo priečnom smere obdĺžnika a vzdialenosti, ktorá nahradí hrúbky a dištančné vzdialenosti obalových konštrukcií (1,0 m).

Výška stavby sa určí súčtom svetlej výšky v interiéri (6,0 m), predbežným odhadom výšky nosnej konštrukcie zastrešenia (1,0 m) a výškou, ktorá vznikne sklonom strechy 5° a hrúbkou strešného plášťa (2,0 m).



obr. 1: Schematický pôdorys objektu s legendou

hodnota základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} := 25 \frac{m}{s}$ - veterná oblasť II

súčiniteľ smeru vetra $c_{dir} := 1.0$ - doporučená hodnota

súčiniteľ ročného obdobia $c_{season} := 1.0$ - doporučená hodnota

základná rýchlosť vetra

$$v_b := v_{b,0} \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 25 \frac{m}{s}$$

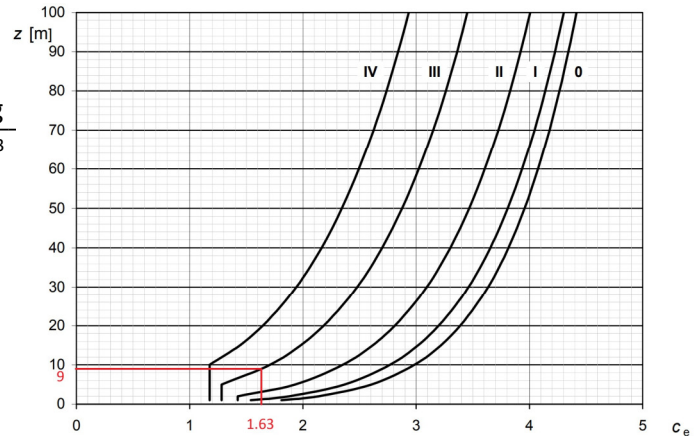
merná hmotnosť vzduchu $\rho_{air} := 1.25 \frac{kg}{m^3}$

základný dynamický tlak vetra

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho_{air} \cdot v_b^2 = 0.391 \text{ kPa}$$

výška stavby $h := 9 \text{ m}$

kategória terénu III - predmestský terén,
súčiniteľ expozície $c_e := 1.63$



obr. 2: Súčiniteľ expozície $c_e(z)$ pre $c_o = 1,0$ a $k_l = 1,0$

maximálny dynamický tlak vetra

$$q_p := c_e \cdot q_b = 0.637 \text{ kPa}$$

POZDĽŽNY VIETOR - STENY

šírka stavby $b_{po} := 17.6 \text{ m}$

$$c_{pe.10.A.po} := -1.2$$

$$w_{e.k.A.po} := c_{pe.10.A.po} \cdot q_p = -0.764 \frac{kN}{m^2}$$

dĺžka stavby $d_{po} := 19 \text{ m}$

$$c_{pe.10.B.po} := -0.936$$

$$w_{e.k.B.po} := c_{pe.10.B.po} \cdot q_p = -0.596 \frac{kN}{m^2}$$

$e_{po} := \min(d_{po}, 2 \cdot h) = 18 \text{ m}$

$$h \leq b_{po} \quad \frac{h}{d_{po}} = 0.47$$

$$c_{pe.10.C.po} := -0.5$$

$$w_{e.k.C.po} := c_{pe.10.C.po} \cdot q_p = -0.318 \frac{kN}{m^2}$$

$e_{po} \leq d_{po}$

$$c_{pe.10.D.po} := 0.723$$

$$w_{e.k.D.po} := c_{pe.10.D.po} \cdot q_p = 0.46 \frac{kN}{m^2}$$

$$c_{pe.10.E.po} := -0.345$$

$$w_{e.k.E.po} := c_{pe.10.E.po} \cdot q_p = -0.22 \frac{kN}{m^2}$$

POZDĽŽNY VIETOR - STRECHA

smer vetra $\theta := 0^\circ$

$$c_{pe.10.F.0} := -1.7 \quad w_{e.k.F.0} := c_{pe.10.F.0} \cdot q_p = -1.082 \frac{kN}{m^2}$$

$$c_{pe.10.G.0} := -1.2 \quad w_{e.k.G.0} := c_{pe.10.G.0} \cdot q_p = -0.764 \frac{kN}{m^2}$$

$$c_{pe.10.H.0} := -0.6 \quad w_{e.k.H.0} := c_{pe.10.H.0} \cdot q_p = -0.382 \frac{kN}{m^2}$$

smer vetra $\theta := 180^\circ$

$$c_{pe.10.F.180} := -2.3 \quad w_{e.k.F.180} := c_{pe.10.F.180} \cdot q_p = -1.464 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$c_{pe.10.G.180} := -1.3 \quad w_{e.k.G.180} := c_{pe.10.G.180} \cdot q_p = -0.828 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$c_{pe.10.H.180} := -0.8 \quad w_{e.k.H.180} := c_{pe.10.H.180} \cdot q_p = -0.509 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

PRIEČNY VIETOR - STENY

šírka stavby $b_{pr} := 19 \text{ m}$ $c_{pe.10.A.pr} := -1.2$ $w_{e.k.A.pr} := c_{pe.10.A.pr} \cdot q_p = -0.764 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

dĺžka stavby $d_{pr} := 17.6 \text{ m}$ $c_{pe.10.B.pr} := -0.96$ $w_{e.k.B.pr} := c_{pe.10.B.pr} \cdot q_p = -0.611 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$e_{pr} := \min(d_{pr}, 2 \cdot h) = 17.6 \text{ m}$

$h \leq b_{pr}$ $\frac{h}{d_{pr}} = 0.51$ $c_{pe.10.C.pr} := -0.5$ $w_{e.k.C.pr} := c_{pe.10.C.pr} \cdot q_p = -0.318 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$e_{pr} \leq d_{pr}$ $c_{pe.10.D.pr} := 0.727$ $w_{e.k.D.pr} := c_{pe.10.D.pr} \cdot q_p = 0.463 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$c_{pe.10.E.pr} := -0.353$ $w_{e.k.E.pr} := c_{pe.10.E.pr} \cdot q_p = -0.225 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

PRIEČNY VIETOR - STRECHA

smer vetra $\theta := 90^\circ$

$$c_{pe.10.F.90} := -2.1 \quad w_{e.k.F.up.90} := c_{pe.10.F.90} \cdot q_p = -1.337 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$c_{pe.10.G.90} := -1.8 \quad w_{e.k.G.90} := c_{pe.10.G.90} \cdot q_p = -1.146 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$c_{pe.10.H.90} := -0.6 \quad w_{e.k.H.90} := c_{pe.10.H.90} \cdot q_p = -0.382 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$
$$c_{pe.10.I.90} := -0.5 \quad w_{e.k.I.90} := c_{pe.10.I.90} \cdot q_p = -0.318 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

PÔDORYSNÉ USPORIADANIE VETERNÝCH OBLASTÍ

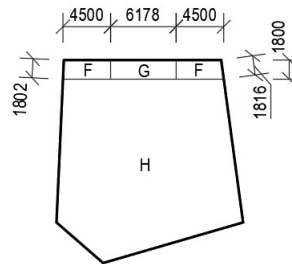
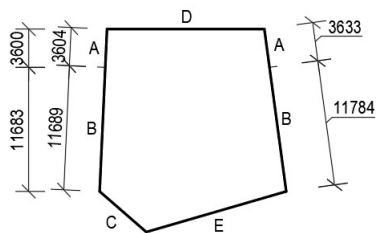
Pôdorysné usporiadanie bude vychádzať z usporiadania pri pravoúhľom usporiadaní oblastí. Pre ďalšie výpočty bude použitých 5 pôdorysných usporiadaní (stavov). Bude tak učené z dôvodu, aby každá stena a okraj strechy boli pri výpočte zaťažené najväčším možným tlakom, ako aj saním vetra.

Usporiadanie pri streche bude vždy rovnobežné, prípadne kolmé s náveternou stenou. Dĺžky jednotlivých oblastí budú zhodné s dĺžkami, ktoré by mala stavba pôdorysného tvaru aproximovaného obdĺžnika.

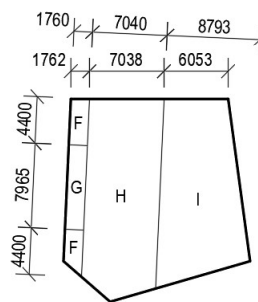
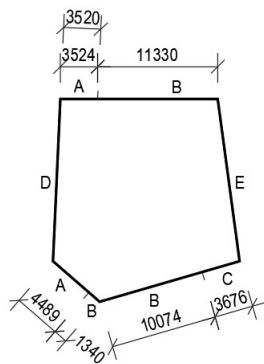
steny

strecha

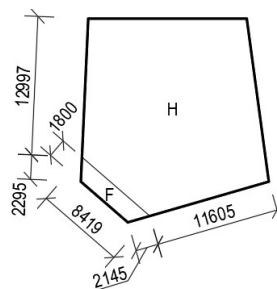
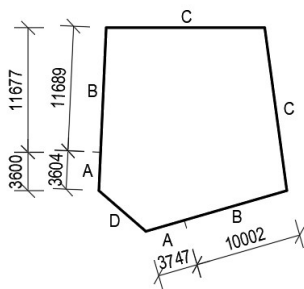
stav 1



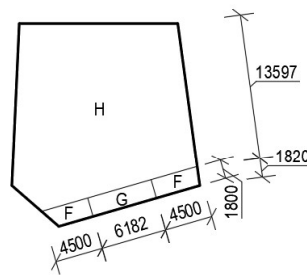
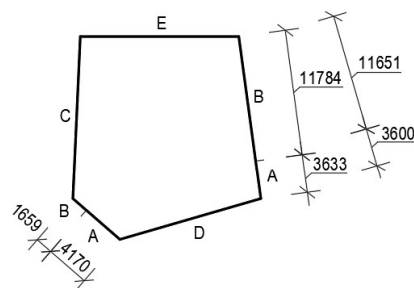
stav 2



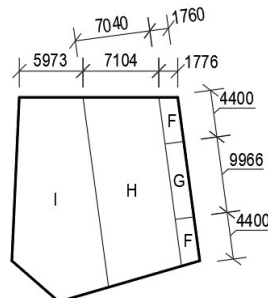
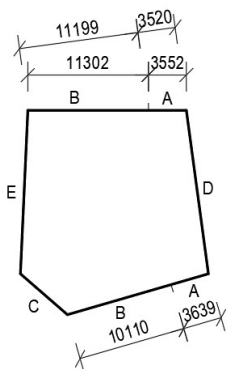
stav 3



stav 4



stav 5



obr. 3: Pôdorysné usporiadania (stavy) zaťaženia vetrom

1.3 HODNOTY ĎALŠÍCH PREMENNÝCH ZAŤAŽENÍ

Hodnoty sa použijú neskôr pri výpočte zaťaženia vloženým podlažím. Jednotlivé hodnoty budú v charakteristickej hodnote.

úžitkové zaťaženie - kancelárske priestory (kat. B) $q_{k.kanc} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

2 OBALOVÉ KONŠTRUKCIE STAVBY

2.1 OBALOVÉ KONŠTRUKCIE STIEN

2.1.1 SKLENENÁ FASÁDA

Sklenená fasáda bude upevnená na oceľových profiloch v súlade s požiadavkami konkrétneho výrobcu. Tie budú pnuté horizontálne medzi nosnými stĺpmi zastrešenia. Keďže výrobcovia neuvádzajú ani približné hmotnosti takýchto systémov, zaťaženie vlastnou tiažou fasády sa počíta z objemovej hmotnosti skla a približnej hmotnosti nosných profilov. Predpokladá sa zasklenie izolačným trojsklom.

odhadovaná hrúbka sklenených tabúl na povrchoch	$L_{\text{sklo.1}} := 12 \text{ mm}$
odhadovaná hrúbka sklenenej tabule uprostred	$L_{\text{sklo.2}} := 6 \text{ mm}$
odhadovaná osová vzdialenosť nosných profilov vertikálne	$L_{\text{profil.ver}} := 2.0 \text{ m}$
odhadovaná osová vzdialenosť nosných profilov horizontálne	$L_{\text{profil.hor}} := 1.0 \text{ m}$
odhadovaná hmotnosť nosných profilov	$m_{\text{profil.lin}} := 12.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
objemová tiaž skla	$\rho_{\text{sklo}} := 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

hmotnosť sklenených tabúl

$$m_{\text{sklo}} := \rho_{\text{sklo}} \cdot (2 \cdot L_{\text{sklo.1}} + L_{\text{sklo.2}}) = 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

hmotnosť nosných profilov na plochu

Predpokladá sa zjednodušene 2 m profilov na 1 m^2 : $m_{\text{profil}} := 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$.

plošná hmotnosť sklenenej fasády

$$m_{\text{fac}} := m_{\text{sklo}} + m_{\text{profil}} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Z plošnej hmotnosti vyplýva plošné zaťaženie o hodnote $f_{\text{fac}} := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

2.1.2 STENOVÉ SENDVIČOVÉ PANELY

Stenové sendvičové panely budú zo statického hľadiska pôsobiť v najnepriaznivejšom prípade ako dvojpoľový nosník, ktorého podpory budú tvoriť nosné stĺpy zastrešenia stavby. Navrhnnú sa stenové sendvičové panely s horizontálnym uložením. Keďže nie je známa budúca farba panelov, použijú sa pri posúdení hodnoty z farebnej skupiny III.

NÁVRH

Navrhujem stenový sendvičový panel Kingspan KS 1000 NF 120 s jadrom z IPN peny, hrúbka 120 mm ($U = 0,18 \text{ W/m}^2 \cdot K$), hrúbky plechu vonkajšia/vnútorňa: 0,6/0,4 mm, profilovanie vonkajšie/vnútorňa: M (Micro)/Q (Minibox).

hmotnosť stenového panelu	$m_{\text{stena.pan}} := 13.28 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	- výška panelu 1000 mm
požadované rozpätie panelu	$d_{\text{stena.pož}} := 3.635 \text{ m}$	- max. dĺžka medzi stĺpmi
požadovaná najväčšia dĺžka panelu	$L_{\text{stena.pož}} := 15 \text{ m}$	- max. vyrábaná dĺžka: 18.0 m
maximálny charakteristický tlak vetra	$w_{\text{e.k.stena.tlak}} := w_{\text{e.k.D.pr}} = 0.463 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	
maximálne charakteristické sanie vetra	$w_{\text{e.k.stena.sanie}} := \text{abs}(w_{\text{e.k.A.po}}) = 0.764 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	

POSÚDENIE

Posúdením bude porovnanie požadovaného rozpätia stenového panelu s maximálnym rozpätím v tabuľkách výrobcu. Keďže tabuľka neobsahuje presné hodnoty, ktoré vyšli výpočtom, porovná sa najbližšia väčšia hodnota z tabuľky.

KS1000/1150 NF/TL 120

Stěnové panely s jádrem IPN/QuadCore®

Stěnový panel KS1000/1150 NF/TL 120

plech vnější/vnitřní: **0,6/0,4 mm**
 profilace vnější/vnitřní: **M (Micro)/Q (Minibox)**
 S280GD podle ČSN EN 14509
 platí pro panely NF dodávané z výrobního závodu
 v Hradci Králové, Kingspan Česká republika



SÁNÍ										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								[kN/m ²]
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
prostý nosník ▲————▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	význam hodnot v tabulce: X,XX max. rozpon [m] maximální přípustná deformace: – L/100 (dle ČSN EN 14509) kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
	III.	10,18	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
spojitý nosník o 2 polích ▲—▲—▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,62	3,87	3,34	2,95	
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,49	3,75	3,23	2,85	
	III.	10,20	7,36	6,01	5,20	4,29	3,57	3,07	2,70	
spojitý nosník o 3 polích ▲—▲—▲—▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,79	3,32	
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,74	3,26	
	III.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,65	3,18	

TLAK										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								[kN/m ²]
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
prostý nosník ▲————▲	I., II., III.	40 11,34	40 9,12	53 7,72	65 6,69	76 5,98	85 5,46	94 5,06	102 4,73	význam hodnot v tabulce: AAA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BBB min. šířka střední podpory [mm] maximální přípustná deformace: – L/100 (dle ČSN EN 14509) kde L je vzdálenost mezi podporami
	spojitý nosník o 2 polích ▲—▲—▲	I.	40 8,28	40 6,38	53 5,53	65 5,02	76 4,67	85 4,40	94 4,17	
II.		40 60	40 60	53 62	65 85	76 107	85 128	94 147	102 164	
		40 60	40 60	53 62	65 85	76 107	85 128	94 147	102 164	
III.		40 60	40 60	53 62	65 85	76 107	85 128	94 147	102 164	
		40 60	40 60	53 62	65 85	76 107	85 128	94 147	102 164	
spojitý nosník o 3 polích ▲—▲—▲—▲		I.	40 10,83	40 7,78	53 6,43	65 5,63	76 5,09	85 4,70	94 4,39	
	II.	40 60	40 60	53 80	65 102	76 122	85 140	94 157	102 173	
		40 60	40 60	53 80	65 102	76 122	85 140	94 157	102 173	
	III.	40 60	40 60	53 80	65 102	76 122	85 140	94 157	102 173	
		40 60	40 60	53 80	65 102	76 122	85 140	94 157	102 173	

Minimální šířka krajní podpory je 40mm, minimální šířka střední podpory je 60mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4). Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů a pro jiné požadavky zatížení (dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem s chlazením apod.) kontaktujte technické oddělení pro konkrétní statické posouzení. Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

obr. 4: Tabulky pre posúdenie stenového panelu

posúdenie tlaku vetra

$$d_{\text{stena.pož}} = 3.635 \text{ m} \leq d_{\text{stena.tlak}} := 6.38 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

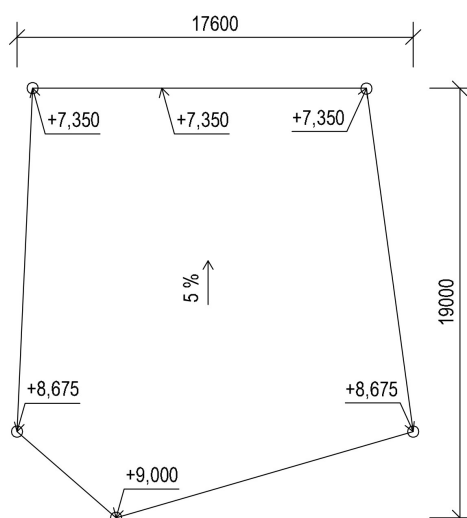
posúdenie sania vetra

$$d_{\text{stena.pož}} = 3.635 \text{ m} \leq d_{\text{stena.sanie}} := 5.20 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

2.2 OBALOVÉ KONŠTRUKCIE STRECHY

2.2.1 STREŠNÉ SENDVIČOVÉ PANELY

Strešné sendvičové panely budú zo statického hľadiska pôsobiť ako spojité nosníky o 5 poliach, kde pole pri pulte bude premennej vzdialenosti v závislosti na pôdorysnom umiestnení panelu.



obr. 5: Schématický pôdorys strechy stavby

NÁVRH

Navrhujem strešný sendvičový panel Kingspan KS 1000 RW 160 s jadrom z IPN peny, hrúbka 160 mm ($U = 0,14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$), hrúbky plechu vonkajšia/vnútorná: 0,6/0,4 mm, vnútorné profilovanie: Q (Minibox).

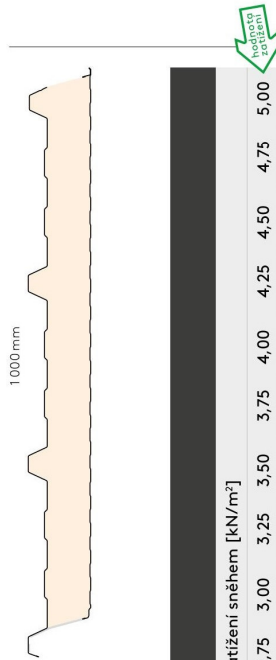
hmotnosť strešného panelu	$m_{\text{strecha.pan}} := 13.63 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	- výška panelu 1000 mm
požadované rozpätie panelu	$d_{\text{strecha.poz}} := 3.6 \text{ m}$	- dĺžka medzi väzníkmi
požadovaná najväčšia dĺžka panelu	$L_{\text{strecha.poz}} := 19 \text{ m}$	- max. vyrábaná dĺžka: 22.5 m
maximálny charakteristický tlak snehom	$s_{\text{e.k.strecha.tlak}} := s = 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	
maximálne charakteristické sanie vetra	$w_{\text{e.k.strecha.sanie}} := \text{abs}(w_{\text{e.k.F.180}}) = 1.464 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	

POSÚDENIE

Posúdením bude porovnanie požadovaného rozpätia strešného panelu s maximálnym rozpätím v tabuľkách výrobcu. Tabuľka neobsahuje vzdialenosti pre nosníky o 5 poliach, preto sa bude posudzovať hodnota pre nosník o 3 poliach. Výsledky budú na strane bezpečnosti. Keďže tabuľka neobsahuje presné hodnoty, ktoré vyšli výpočtom, porovná sa najbližšia väčšia hodnota z tabuľky.

Střešní panel KS1000 RW 160 – (nestandard)

Tabulky únosnosti



Střešní panel KS1000 RW 160 – nestandardní tloušťka plechů
 plech vnější/vnitřní: 0,6/0,4 mm
 profily vnější/vnitřní: trapéz 35 mm/Q (minibox)
 S320GD/S280GD podle ČSN EN 14509
 plati pro panely RW dodávané z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika

		TLAK																				
		charakteristické průměrné zatížení sněhem [kN/m ²]																				
systém	barevná skupina	0,25	0,50	0,75	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	
prostý nosník	I., II., III.	40	40	40	40	43	45	46	46	44	45	41	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
spojitý nosník o 2 polích	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
spojitý nosník o 3 polích	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		9,16	7,86	7,02	6,00	5,16	4,50	3,95	3,48	3,06	2,70	2,40	2,13	1,91	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14	1,14
		8,50	6,06	4,80	4,02	3,49	3,10	2,80	2,57	2,38	2,22	2,08	1,97	1,87	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14	61
		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		9,52	6,74	5,31	4,42	3,82	3,39	3,06	2,80	2,59	2,41	2,27	2,13	1,91	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14	61
		60	60	60	60	60	60	60	63	67	70	74	77	73	69	66	65	63	63	63	61	61

		SÁNÍ																				
		charakteristické průměrné zatížení sání větru [kN/m ²]																				
systém	barevná skupina	0,25	0,50	0,75	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	
prostý nosník	I.	9,51	9,51	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82	2,82
	II.	9,51	9,51	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82	2,82
	III.	9,51	8,78	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82	2,82
spojitý nosník o 2 polích	I.	9,81	8,97	6,00	4,62	3,83	3,30	2,92	2,64	2,41	2,22	2,07	1,94	1,83	1,73	1,65	1,57	1,50	1,44	1,39	1,34	1,34
	II.	9,81	8,40	5,59	4,32	3,59	3,10	2,76	2,50	2,29	2,12	1,98	1,86	1,76	1,67	1,59	1,52	1,46	1,40	1,35	1,30	1,30
	III.	9,81	7,48	4,96	3,86	3,24	2,83	2,53	2,31	2,13	1,98	1,86	1,75	1,66	1,58	1,51	1,45	1,39	1,34	1,29	1,25	1,25
spojitý nosník o 3 polích	I.	12,82	9,68	7,01	5,33	4,35	3,70	3,24	2,90	2,63	2,41	2,24	2,09	1,97	1,86	1,76	1,68	1,61	1,54	1,49	1,43	1,43
	II.	12,81	9,68	6,72	5,10	4,16	3,54	3,10	2,78	2,52	2,32	2,16	2,02	1,90	1,80	1,71	1,63	1,56	1,50	1,45	1,40	1,40
	III.	12,81	9,56	6,27	4,74	3,86	3,29	2,89	2,60	2,36	2,18	2,03	1,91	1,80	1,71	1,63	1,56	1,50	1,44	1,39	1,34	1,34

význam hodnot v tabulce:

A44	min. šířka krajní podpory [mm]
X,XX	max. rozpon [m]
BBB	min. šířka střední podpory [mm]

Připustná deformace:

- pro krátkodobé zatížení L/200
 - pro dlouhodobé zatížení L/100
- kde L je vzdálenost mezi podporami

Minimální šířka krajní podpory je 40mm, minimální šířka střední podpory je 60mm, nevyplývá-li z tabulek zatížení v tlaku šířka větší.

Tabulka platí pro běžné průměrné klimatické zatížení. Při jiných požadavcích (dlouhodobé zatížení, teplotní zatížení v chladících opod.) je třeba provést zvláštní výpočet.

Vypočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení.

Vypočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů.

Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

obr. 6: Tabulka pre posúdenie strešného panelu

posúdenie tlaku snehu

$$d_{\text{strecha.pož}} = 3.6 \text{ m} \leq d_{\text{strecha.tlak}} := 4.42 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

posúdenie sania vetra

$$d_{\text{strecha.pož}} = 3.6 \text{ m} \leq d_{\text{strecha.sanie}} := 3.29 \text{ m} \quad \text{nevyhovuje}$$

Posúdenie na sanie vetra nevyhovelo. Pre podrobnejší výpočet sa použije lineárna interpolácia pre medziľahlú hodnotu zaťaženia.

lineárna interpolácia

hodnoty zaťaženia

hodnoty maximálneho rozponu

$$f_{1.5} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{1.5} := 3.29 \text{ m}$$

$$f_{1.25} := 1.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{1.25} := 3.86 \text{ m}$$

$$f_{1.464} := 1.464 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{1.464} := d_{1.5} + (f_{1.464} - f_{1.5}) \cdot \frac{d_{1.25} - d_{1.5}}{f_{1.25} - f_{1.5}} = 3.372 \text{ m}$$

posúdenie

$$d_{\text{strecha.pož}} = 3.6 \text{ m} \leq d_{1.464} = 3.372 \text{ m} \quad \text{nevyhovuje}$$

Sendvičové panely sa nepoužijú a pristúpi sa k návrhu iného strešného pláštá.

OSTATNÉ SENDVIČOVÉ PANELY

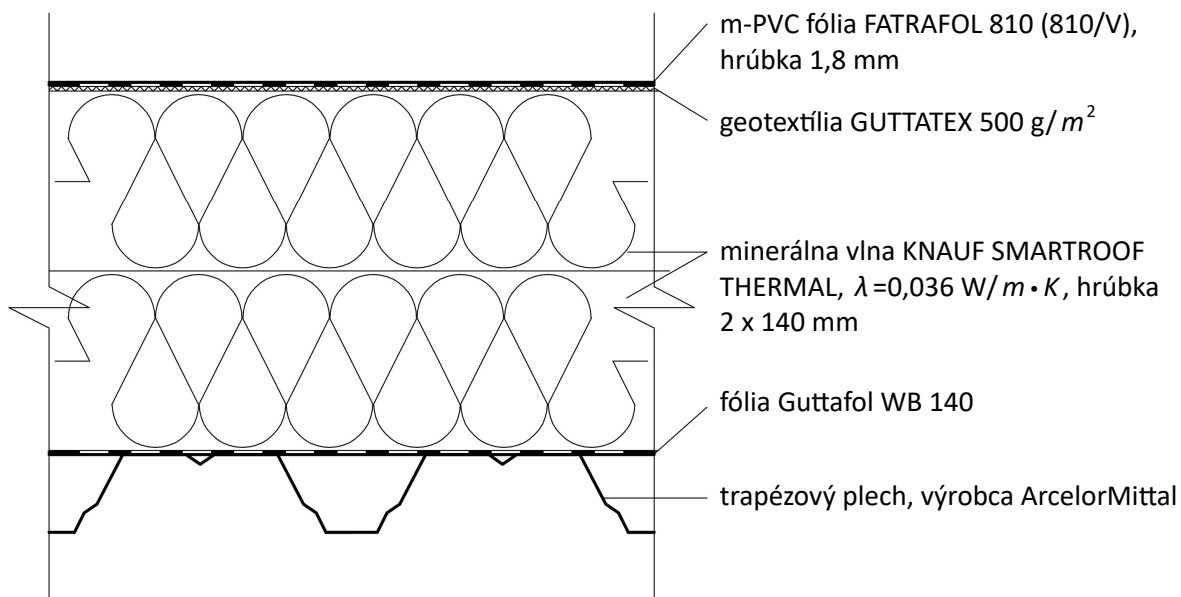
Pri ostatných dodávateľoch a výrobcach sendvičových panelov sa nenašiel podobný stavebný výrobok, ktorý by bolo možné posúdiť na zastrešenie tohto objektu s vyhovujúcim výsledkom. Často sa panely nevyrábajú dostatočnej dĺžky a nie je možné realizovať spoj v priečnom smere, sú určené pre strmšie strechy, prípadne sa neudáva dostatok informácií.

2.2.2 TRAPÉZOVÝ PLECH

Navrhne sa zastrešenie z trapézového plechu, na ktorom sa budú nachádzať ostatné súvrstvia strešného pláštá. Plechy budú ukladané cez 2 a 3 polia s prestriedaním miest spojov.

SKLADBA STREŠNÉHO PLÁŠŤA

Pri hrúbke tepelnej izolácie sa vychádzalo z doporučenej hodnoty $U_{\text{rec.20}}$ podľa ČSN 73 0540-2.



obr. 7: Skladba strešného pláštá

VÝPOČET ZAŤAŽENIA

Pri premennom zaťažení sa použije iba hodnota zaťaženia snehom, keďže je väčšia a zároveň je plošná pre celú strechu narozdiel od úžitkového zaťaženia vzniknutého údržbou.

druh	názov	hrúbka, výška vrstvy (mm)	objemová hmotnosť (kg/m ³)	plošná hmotnosť (kg/m ²)	charakteristická hodnota f_k (kN/m ²)	súčiniteľ zaťaženia γ	návrhová hodnota f_d (kN/m ²)
stále	m-PVC fólia FATRAFOL 810 (810/V)	1,8	-	2,15	0,022	1,35	0,029
	geotextília GUTTATEX 500g/m ²	-	-	0,5	0,005		0,007
	minerálna vlna KNAUF SMARTROOF THERMAL	2 · 140	115	-	0,322		0,435
	fólia Guttafol WB 140	0,11	-	0,14	0,001		0,002
	trapezový plech (odhad)	-	-	15	0,15		0,203
	Σ				0,5		0,675
premenné	úžitkové zaťaženie	-	-	-	0,75	1,5	1,125
	sneh	-	-	-	0,8		1,2
	celkom				1,3		1,875

obr. 8: Tabuľka zaťaženia pôsobiaceho na strešný trapezový plech

Z tabuľky vyplýva celková charakteristická hodnota zaťaženia $f_{k,plech} := 1,3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ a návrhová hodnota $f_{d,plech} := 1,875 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

NÁVRH TRAPÉZOVÉHO PLECHU

Navrhujem trapézový plech ArcelorMittal Hacierco 60/235 s negatívnou polohou pri ukladaní, hrúbka 0,75 mm, oceľ S320GD.

požadované rozpätie plechu $d_{\text{plech.pož}} := 3.6 \text{ m}$ - dĺžka medzi väzníkmi
 požadovaná najväčšia dĺžka plechu $L_{\text{plech.pož}} := 10.8 \text{ m}$ - max. vyrábaná dĺžka: 15 m

POSÚDENIE

Posúdi sa medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti podľa tabuliek. Porovnajú sa maximálne prípustné hodnoty zaťaženia na dvojpoľové, ako aj trojpoľové uloženie. Keďže tabuľka neobsahuje presnú vzdialenosť, ktorá bude medzi väzníkmi, porovná sa najbližšia väčšia hodnota z tabuľky.

spojitý nosník se dvěma shodnými poli - negatívni poloha plechu

TR60/235	t [mm]		rozpätí pole L [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		
0,63		q_{Ed} (c<1,5h)	11,36	8,59	6,57	5,20	4,22	3,50	2,96	2,53	2,19	1,92	1,69	1,50	1,34	1,21	1,10	1,00	0,91		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	11,81	8,59	6,57	5,20	4,22	3,50	2,96	2,53	2,19	1,92	1,69	1,50	1,34	1,21	1,10	1,00	0,91		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	68,78	35,22	20,38	12,83	8,60	6,04	4,40	3,31	2,55	2,00	1,60	1,30	1,07	0,90	0,75	0,64	0,55		
0,75		q_{Ed} (c<1,5h)	15,68	11,31	8,59	6,76	5,46	4,52	3,80	3,24	2,80	2,44	2,15	1,91	1,70	1,53	1,38	1,26	1,15		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	15,68	11,31	8,59	6,76	5,46	4,52	3,80	3,24	2,80	2,44	2,15	1,91	1,70	1,53	1,38	1,26	1,15		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	86,22	44,15	25,55	16,09	10,78	7,57	5,52	4,15	3,19	2,51	2,01	1,64	1,35	1,12	0,95	0,80	0,69		
0,88		q_{Ed} (c<1,5h)	20,26	14,51	10,94	8,56	6,90	5,68	4,76	4,05	3,48	3,03	2,66	2,36	2,10	1,89	1,70	1,53	1,38		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	20,26	14,51	10,94	8,56	6,90	5,68	4,76	4,05	3,48	3,03	2,66	2,36	2,10	1,89	1,70	1,53	1,38		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	105,43	53,98	31,24	19,67	13,18	9,26	6,75	5,07	3,90	3,07	2,46	2,00	1,65	1,37	1,16	0,98	0,84		
1,00		q_{Ed} (c<1,5h)	24,83	17,66	13,25	10,33	8,28	6,80	5,68	4,82	4,14	3,60	3,16	2,79	2,49	2,20	1,97	1,76	1,59		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	24,83	17,66	13,25	10,33	8,28	6,80	5,68	4,82	4,14	3,60	3,16	2,79	2,49	2,20	1,97	1,76	1,59		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	123,23	63,10	36,51	22,99	15,40	10,82	7,89	5,93	4,56	3,59	2,87	2,34	1,93	1,61	1,35	1,15	0,99		
1,25		q_{Ed} (c<1,5h)	35,38	24,85	18,46	14,27	11,38	9,28	7,72	6,53	5,59	4,83	4,16	3,63	3,19	2,82	2,52	2,26	2,04		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	35,38	24,85	18,46	14,27	11,38	9,28	7,72	6,53	5,59	4,83	4,16	3,63	3,19	2,82	2,52	2,26	2,04		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	159,22	81,52	47,18	29,71	19,90	13,98	10,19	7,66	5,90	4,64	3,71	3,02	2,49	2,07	1,75	1,49	1,27		

obr. 9: Tabuľka pre posúdenie dvojpoľového trapézového plechu

spojitý nosník se třemi shodnými poli - negatívni poloha plechu

TR60/235	t [mm]		rozpätí pole L [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		
0,63		q_{Ed} (c<1,5h)	10,65	8,52	7,10	6,09	5,06	4,21	3,56	3,05	2,65	2,32	2,05	1,83	1,64	1,47	1,34	1,22	1,11		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	13,93	10,19	7,82	6,21	5,06	4,21	3,56	3,05	2,65	2,32	2,05	1,83	1,64	1,47	1,34	1,22	1,11		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	53,47	27,37	15,84	9,98	6,68	4,69	3,42	2,57	1,98	1,56	1,25	1,01	0,84	0,70	0,59	0,50	0,43		
0,75		q_{Ed} (c<1,5h)	15,38	12,31	10,26	8,10	6,57	5,45	4,59	3,92	3,39	2,96	2,61	2,32	2,08	1,87	1,69	1,54	1,40		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	18,55	13,46	10,26	8,10	6,57	5,45	4,59	3,92	3,39	2,96	2,61	2,32	2,08	1,87	1,69	1,54	1,40		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	67,02	34,32	19,86	12,51	8,38	5,88	4,29	3,22	2,48	1,95	1,56	1,27	1,05	0,87	0,74	0,63	0,54		
0,88		q_{Ed} (c<1,5h)	21,66	17,31	13,11	10,30	8,32	6,87	5,77	4,91	4,24	3,70	3,25	2,88	2,57	2,31	2,09	1,90	1,73		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	24,05	17,31	13,11	10,30	8,32	6,87	5,77	4,91	4,24	3,70	3,25	2,88	2,57	2,31	2,09	1,90	1,73		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	81,95	41,96	24,28	15,29	10,24	7,19	5,25	3,94	3,04	2,39	1,91	1,55	1,28	1,07	0,90	0,76	0,66		
1,00		q_{Ed} (c<1,5h)	28,64	21,14	15,92	12,45	10,02	8,24	6,90	5,87	5,05	4,40	3,86	3,42	3,05	2,73	2,46	2,21	1,99		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	29,56	21,14	15,92	12,45	10,02	8,24	6,90	5,87	5,05	4,40	3,86	3,42	3,05	2,73	2,46	2,21	1,99		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	95,79	49,05	28,38	17,87	11,97	8,41	6,13	4,61	3,55	2,79	2,23	1,82	1,50	1,25	1,05	0,89	0,77		
1,25		q_{Ed} (c<1,5h)	42,33	29,90	22,30	17,30	13,82	11,31	9,42	7,98	6,84	5,93	5,20	4,53	3,99	3,53	3,15	2,83	2,55		
		q_{Ed} (c≥1,5h)	42,33	29,90	22,30	17,30	13,82	11,31	9,42	7,98	6,84	5,93	5,20	4,53	3,99	3,53	3,15	2,83	2,55		
		q_{Ex} (δ≤L/200)	123,77	63,37	36,67	23,09	15,47	10,87	7,92	5,95	4,58	3,61	2,89	2,35	1,93	1,61	1,36	1,15	0,99		

Vševětlivky:

- q_{Ed} (c<1,5h) návrhová hodnota únosnosti: krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 40 mm za podporu [kN/m²]
vnitřní podpora šířky min. 120 mm
- q_{Ed} (c≥1,5h) návrhová hodnota únosnosti: krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 1,5 x výška plechu za podporu [kN/m²]
vnitřní podpora šířky min. 120 mm
- q_{Ex} (δ≤L/200) charakteristická hodnota zatížení pro deformaci L/200 [kN/m²]

obr. 10: Tabuľka pre posúdenie trojpoľového trapézového plechu

posúdenie medzného stavu únosnosti dvojpoľového trapézového plechu

$$f_{d,\text{plech}} = 1.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq q_{\text{Ed},2} := 1.91 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ vyhovuje}$$

posúdenie medzného stavu použiteľnosti dvojpoľového trapézového plechu

$$f_{k,\text{plech}} = 1.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq q_{\text{Ek},2} := 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ vyhovuje}$$

posúdenie medzného stavu únosnosti trojpoľového trapézového plechu

$$f_{d,\text{plech}} = 1.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq q_{\text{Ed},3} := 2.32 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ vyhovuje}$$

posúdenie medzného stavu použiteľnosti trojpoľového trapézového plechu

$$f_{k,\text{plech}} = 1.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq q_{\text{Ek},3} := 1.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ nevyhovuje}$$

Pre podrobnejší výpočet sa použije lineárna interpolácia pre medziľahlú hodnotu vzdialenosti podpôr.

lineárna interpolácia

hodnoty rozponu

hodnoty maximálneho zaťaženia

$$d_{3,5} := 3.5 \text{ m}$$

$$f_{3,5} := 1.56 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{3,75} := 3.75 \text{ m}$$

$$f_{3,75} := 1.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$d_{3,6} := 3.6 \text{ m}$$

$$f_{3,6} := f_{3,5} + (d_{3,6} - d_{3,5}) \cdot \frac{f_{3,75} - f_{3,5}}{d_{3,75} - d_{3,5}} = 1.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

posúdenie

$$f_{k,\text{plech}} = 1.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \leq f_{3,6} = 1.44 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \text{ vyhovuje}$$

Pre úplnosť sa spočíta hmotnosť strešného plechu a porovná sa s odhadovanou hodnotou. Pokiaľ bude zaťaženie menšie odhadovanému, výpočet bude na strane bezpečnosti, ak rovné, bude výpočet presný. V opačnom prípade bude nesprávne odhadnuté zaťaženie a nutné výpočet zopakovať.

objemová tiaž ocele $\rho := 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

dĺžka rozvinutého plechu $l_{\text{rozvin}} := 1.25 \text{ m}$

hrúbka plechu $h_{\text{plech}} := 0.75 \text{ mm}$

hmotnosť strešného plechu na m^2

$$m_{\text{plech}} := \rho \cdot l_{\text{rozvin}} \cdot h_{\text{plech}} = 7.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

porovnanie

$$m_{\text{plech}} = 7.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \leq m_{\text{plech.odhad}} := 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad \text{zaťaženie bude menšie, než odhadované}$$

3 VARIANTY NOSNÝCH KONŠTRUKCIÍ ZASTREŠENIA

Vo variantoch nosných konštrukcií zastrešenia sa predbežnými výpočtami navrhnu a posúdia 3 rôzne prosté nosníky a to plnostenný, prelamovaný a priehradový. Výber nosníka, hlavne jeho šírku hornej pásnice ovplyvní aj požiadavka na minimálnu šírku podpory trapézového plechu zastrešenia.

Bude sa uvažovať pôsobenie maximálneho spojitého rovnomerného zaťaženia na základe predošlých vypočítaných hodnôt spolu s vlastnou tiažou nosníkov na najväčší rozpon nosníku. Vodorovné zaťaženie pôsobením vetra na fasádu v mieste nosníkov sa pre predbežný výpočet zanedbá.

Na záver sa zhodnotia výhody a nevýhody každého riešenia a zvolí sa druh nosníka, ktorý sa pre konštrukciu použije.

najväčší rozpon strešného nosníka $L_{\text{nosník}} := 16.6 \text{ m}$

SÚČINITELE ZAŤAŽENIA

súčiniteľ pre stále zaťaženie $\gamma_g := 1.35$

súčiniteľ pre premenné zaťaženie $\gamma_q := 1.5$

MATERIÁLOVÉ KONŠTANTY OCELI A SÚČINITELE

medza klzu oceli S355 $f_y := 355 \text{ MPa}$

medza pevnosti oceli S355 $f_u := 490 \text{ MPa}$

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

modul pružnosti v šmyku $G := 80.7 \text{ GPa}$

Poissonovo číslo $\nu := 0.3$

súčinitele spoľahlivosti $\gamma_{m0} := 1.0$

$$\gamma_{m1} := 1.0$$

$$\gamma_{m2} := 1.25$$

$$\gamma_{m5} := 1.0$$

súčiniteľ závislý na f_y pre oceľ S355 $\epsilon := 0.81$

korelačný súčiniteľ $\beta_w := 0.9$

3.1 PLNOSTENNÝ NOSNÍK

3.1.1 ZAŤAŽENIE, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

odhadované zaťaženie vlastnou tiažou nosníka $f_{1.nosník} := 0.97 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

výpočet zaťaženia

$$f_{1.k.lin} := f_{k.plech} \cdot d_{plech.pož} + f_{1.nosník} = 5.65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_{1.d.lin} := f_{d.plech} \cdot d_{plech.pož} + f_{1.nosník} \cdot \gamma_g = 8.06 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

vnútorné sily

$$V_{1.Ed} := \frac{1}{2} \cdot f_{1.d.lin} \cdot L_{nosník} = 66.9 \text{ kN}$$

$$M_{1.Ed} := \frac{1}{8} \cdot f_{1.d.lin} \cdot L_{nosník}^2 = 277.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NÁVRH

Navrhujem nosník IPE 500, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_1 := 90.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

účinná plocha v šmyku $A_{v.z} := 5987 \text{ mm}^2$

moment zotrvačnosti k ose y $I_y := 48200 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

plastický prierezový modul k ose y $W_{pl.y} := 2194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Trieda prierezu 1.

3.1.2 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$M_{1.Rd} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 778.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{1.Ed} = 277.6 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{1.Rd} = 778.9 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$V_{pl.z.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} = 1227.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{1.Ed} = 66.9 \text{ kN} \leq V_{pl.z.Rd} = 1227.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.1.3 MEDZNÝ STAV POUŽITEĽNOSTI

PRIEHYB

$$\delta_1 := \frac{5 \cdot f_{1.k.lin} \cdot L_{nosník}^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = 55.2 \text{ mm}$$

limitný priehyb

$$\delta_{lim} := \frac{L_{nosník}}{250} = 66.4 \text{ mm}$$

posúdenie

$$\delta_1 = 55.2 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 66.4 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

3.2 PRELAMOVANÝ NOSNÍK

Navrhne a posúdi sa prelamovaný nosník s kruhovými otvormi.

3.2.1 ZAŤAŽENIE, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

odhadované zaťaženie vlastnou tiažou nosníka $f_{2.nosník} := 0.65 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

výpočet zaťaženia

$$f_{2.k.lin} := f_{k.plech} \cdot d_{plech.pož} + f_{2.nosník} = 5.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$f_{2.d.lin} := f_{d.plech} \cdot d_{plech.pož} + f_{2.nosník} \cdot \gamma_g = 7.628 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

vnútorné sily prostého nosníku

$$V_{2.Ed} := \frac{1}{2} \cdot f_{2.d.lin} \cdot L_{nosník} = 63.3 \text{ kN}$$

$$M_{2.Ed} := \frac{1}{8} \cdot f_{2.d.lin} \cdot L_{nosník}^2 = 262.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NÁVRH

Navrhujem nosník ACB IPE 400, typ: strešný nosník, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_2 := 61.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

šírka prierezu $b := 180 \text{ mm}$

polomer zaoblenia $r := 21 \text{ mm}$

hrúbka pásnice $t_f := 13.5 \text{ mm}$

hrúbka stojiny $t_w := 8.6 \text{ mm}$

výška nosníku $h := 595.1 \text{ mm}$

priemer otvoru $h_o := 420 \text{ mm}$

dĺžka stojiny medzi otvormi $s_o := 105 \text{ mm}$

výška stojiny

$$h_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 526.1 \text{ mm}$$

dĺžka spodnej časti T-prierezu

$$d_t := \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r - h_o}{2} = 53.05 \text{ mm}$$

výška T-prierezu

$$h_t := d_t + r + t_f = 87.55 \text{ mm}$$

GEOMETRICKÉ LIMITY

Pre možnú aplikáciu postupov v norme bude nutné overiť maximálne a minimálne rozmery. Predpokladá sa, že nosník nebude mať výztuhy.

maximálna výška otvorov

$$h_o = 420 \text{ mm} \leq 0.8 \cdot h = 476.08 \text{ mm} \quad \text{spĺňa}$$

minimálna dĺžka stojiny medzi otvormi

$$s_o = 105 \text{ mm} \geq 0.1 \cdot h_o = 42 \text{ mm} \quad \text{spĺňa}$$

minimálna výška T-prierezu

v tlaku

$$h_t = 87.55 \text{ mm} \geq \max(t_f + r + 10 \text{ mm}, t_f + 30 \text{ mm}) = 44.5 \text{ mm} \quad \text{spĺňa}$$

v ťahu

$$h_t = 87.55 \text{ mm} \geq \max(t_f + r + 10 \text{ mm}, t_f + 30 \text{ mm}) = 44.5 \text{ mm} \quad \text{spĺňa}$$

Pre posúdenie tohto nosníka bude možné uplatniť túto normu.

EFEKTÍVNY MOMENT ZOTRVAČNOSTI K OSE y

$$\frac{L_{\text{nosník}}}{h} = 27.894 \geq 18 \quad - \text{ výpočet podľa vzorca 7.1 v prEN 1993-1-13}$$

momenty zotrvačnosti k ťažisku prierezu

pásnice

$$I_{\text{pásnice}} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot t_f^3 + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 \right) = (4.111 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

stojina

$$I_{\text{stojina}} := \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^3 = (1.314 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

zaoblenia od valcovania

Najprv sa sčítajú momenty zotrvačnosti štvorcov s dĺžkou strany r a následne sa odčítajú momenty zotrvačnosti štvrtkruhov s polomerom r.

$$I_{\text{štvorce}} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot r^4 + r^2 \cdot \left(\frac{h - 2 \cdot t_f - r}{2} \right)^2 \right) = (1.321 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$I_{\text{štvrtkruhy}} := 4 \cdot \left(0.0549 \cdot r^4 + \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot \left(\frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} + \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{2} \right)^2 \right) = (1.025 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

moment zotrvačnosti plného prierezu

$$I_a := I_{\text{pásnice}} + I_{\text{stojina}} + I_{\text{štvorce}} - I_{\text{štvrtkruhy}} = (5.72 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

počet kruhových otvorov

Keďže nie je zatiaľ zrejmé, akým spôsobom budú vyzeráť detaily, bude počítané s maximálnym počtom otvorov na nosníku. Výpočet tým bude na strane bezpečnosti.

počet otvorov

$$n_{\text{pom}} := \frac{L_{\text{nosník}}}{s_o + h_o} = 31.619 \quad - \text{ z toho vyplýva } n_o := 31$$

efektívna dĺžka otvoru

$$a_{\text{eff}} := 0.7 h_o = 294 \text{ mm} \quad - \text{ kruhové otvory}$$

efektívny moment zotrvačnosti

$$I_{\text{eff.a.o}} := I_a - n_o \cdot \left(\frac{a_{\text{eff}}}{L_{\text{nosník}}} \right) \cdot \frac{h_o^3 \cdot t_w}{12} = (5.429 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

TRIEDA PRIEREZU - PLNÝ PRIEREZ

šírka konzoly pásnice

$$c_f := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 64.7 \text{ mm}$$

trieda prierezu pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = 4.79 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.29 \quad - \text{pásnica triedy 1}$$

dĺžka stojiny

$$c_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 526.1 \text{ mm}$$

trieda prierezu stojiny

$$\frac{c_w}{t_w} = 61.17 \leq 83 \cdot \varepsilon = 67.23 \quad - \text{stojina triedy 2}$$

Prierez je triedy 2.

TRIEDA PRIEREZU - 2 x T-PRIEREZ

Horný a dolný T-prierez budú rovnaké. Trieda prierezu pásnice bude rovnaká, ako pre plný prierez.

trieda zvislej časti T-prierezu

Trieda prierezu stojiny sa klasifikuje aspoň ako trieda 2 a vyššie. Pre triedu 3 je možná klasifikácia vždy na triedu 2, pokiaľ splní prierez podmienku efektívnej dĺžky otvoru. Ak ju nespĺní, musí splniť podmienku dĺžky zvislej časti stojiny.

$$a_{\text{eff}} = 294 \text{ mm} \leq 32 \cdot t_w \cdot \varepsilon = 222.912 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

$$d_t = 53.05 \text{ mm} \leq \frac{10 \cdot t_w \cdot \varepsilon}{\sqrt{1 - \left(\frac{32 \cdot t_w \cdot \varepsilon}{a_{\text{eff}}}\right)^2}} = 106.838 \text{ mm} \quad - \text{splňa, stojina T-prierezu je triedy 2}$$

Prierez je triedy 2.

3.2.2 ŠMYKOVÁ ÚNOSNOŠŤ

Rez nosníkom v mieste otvoru bude tvorený rovnakými T-prierezmi, ktoré budú symetrické. Norma uvádza, že šmyková únosnosť v tomto prípade musí byť menšia, než šmyková únosnosť nosného stenového prvku, teda samotnej stojiny v „boulení“. Ak pôsobiaca šmyková sila bude väčšia, než 0,5-násobok návrhovej únosnosti v šmyku, musí byť zohľadnená šmyková únosnosť zvislých plných stojín a to redukciou medze klzu oceli.

ÚNOSNOST NOSNÉHO STENOVÉHO PRVKU („BOULENÍ“)

súčiniteľ pre šmyk

$k_{\tau} := 5.34$ - výstupy budú v miestach uloženia nosníku

kritické napätie

$$\tau_{cr} := k_{\tau} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t_w}{h_w} \right)^2 = 270.8 \text{ MPa}$$

štíhlosť stojiny

$$\lambda_w := \sqrt{\frac{f_y}{\frac{\sqrt{3}}{\tau_{cr}}}} = 0.87$$

redukčný súčiniteľ pre netuhé koncové výstupy

$$\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.954$$

šmyková únosnosť plnej stojiny vplyvom „boulení“

$$V_{w.b.Rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 884.8 \text{ kN}$$

PLASTICKÁ ŠMYKOVÁ ÚNOSNOST PLNEJ STOJINY

účinná plocha v šmyku

$$A_{v,z} := 2 \cdot (b - 2 \cdot c_f) \cdot t_f + h_w \cdot t_w + 4 \cdot r^2 - 4 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 6269 \text{ mm}^2$$

plastická šmyková únosnosť plnej stojiny

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 1284.9 \text{ kN}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOST NOSNÍKU A POSÚDENIE

$$V_{o.pl.Rd} := V_{pl.Rd} - \frac{h_o \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 544.6 \text{ kN}$$

$$V_{o.pl.Rd} = 544.6 \text{ kN} < V_{w.b.Rd} = 884.8 \text{ kN} \quad \text{- nerozhoduje „boulení“}$$

$$V_{2.Ed} = 63.3 \text{ kN} < 0.5 \cdot V_{o.pl.Rd} = 272.3 \text{ kN} \quad \text{- malý šmyk - nie je potrebné posúdiť interakciu šmyku a ohybu a ani zohľadniť šmykovú únosnosť zvislých plných stojín}$$

$$V_{2.Ed} = 63.3 \text{ kN} \leq V_{o.pl.Rd} = 544.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.2.3 OHYBOVÁ ÚNOSNOST

VZDIALENOSŤ ŤAŽISKA T-PRIEREZU K PÁSNICI

Nakoľko je prierez osovo symetrický podľa osy z, výpočet bude nutný len pre vzdialenosť ťažiska v smere z. Pomocný bod sa bude nachádzať na priesečníku osi z a horného okraja pásnice.

plochy častí prierezu

$$A_{\text{pásnica}} := b \cdot t_f = 2430 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{T.stojina}} := (d_t + r) \cdot t_w = 636.83 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{2.štvoce}} := 2 \cdot r^2 = 882 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{2.štvrtkruhy}} := 2 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 692.7 \text{ mm}^2$$

vzdialenosti častí prierezu

$$z_{\text{pásnica}} := \frac{t_f}{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$z_{\text{T.stojina}} := \left(\frac{d_t + r}{2} \right) + t_f = 50.5 \text{ mm}$$

$$z_{\text{2.štvoce}} := \frac{r}{2} + t_f = 24 \text{ mm}$$

$$z_{\text{2.štvrtkruhy}} := r + t_f - \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} = 25.6 \text{ mm}$$

celková plocha T-prierezu

$$A_{\text{tT}} := A_{\text{pásnica}} + A_{\text{T.stojina}} + A_{\text{2.štvoce}} - A_{\text{2.štvrtkruhy}} = 3256.1 \text{ mm}^2$$

vzdialenosť ťažiska od horného okraja pásnice

$$z_t := \frac{A_{\text{pásnica}} \cdot z_{\text{pásnica}} + A_{\text{T.stojina}} \cdot z_{\text{T.stojina}} + A_{\text{2.štvoce}} \cdot z_{\text{2.štvoce}} - A_{\text{2.štvrtkruhy}} \cdot z_{\text{2.štvrtkruhy}}}{A_{\text{tT}}} = 15.98 \text{ mm}$$

Keďže sú T-prierezy symetrické, tak sú rovnaké plochy prierezov a vzdialenosti ťažísk prierezov od jednotlivých pásnic.

$$A_{\text{bT}} := A_{\text{tT}}$$

$$z_b := z_t$$

PLASTICKÁ OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ NOSNÍKU A POSÚDENIE

$$M_{\text{o,plRd}} := (h - z_b - z_t) \cdot \frac{\min(A_{\text{bT}} \cdot f_y, A_{\text{tT}} \cdot f_y)}{\gamma_{\text{m0}}} = 651 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{2.Ed}} = 262.7 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{\text{o,plRd}} = 651 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

3.2.4 ODOLNOSŤ T-PRIEREZU VO VIERENDELOVOM OHYBE

Pre výpočet bude možné použiť alternatívnu metódu z normy, keďže nosník obsahuje otvory rovnakého kruhového priemeru. Tá spočíva v overení interakcie normálovej sily a ohybového momentu v rezoch vedených pod uhlom ϕ od zvislej roviny nosníku. Tieto rezy budú vedené s prírastkom nie väčším, než 5° a od uhlu $-\phi_{\text{max}}$ po uhol ϕ_{max} . Horný a spodný T-prierez budú rovnaké a preto sa odolnosť vypočíta len pre horný T-prierez.

Zároveň je nutné zohľadniť pôsobenie šmykovej sily, ak je pôsobiaca šmyková sila väčšia, než 50% návrhovej únosnosti prierezu v šmyku.

vzdialenosť sekcie nosníka (otvor + stojina)

$$s_p := h_o + s_o = 525 \text{ mm}$$

uhol ϕ_{max}

$$\phi_{max} := \text{atan} \left(\frac{s_p}{h} \right) = 41.419^\circ$$

dĺžka náhradného pásu vierendeelovho nosníka

$$L_{vier} := \frac{s_p}{2} = 262.5 \text{ mm}$$

polovica výšky Vierendeelovho nosníka

$$h_{vier} := \frac{h - 2 \cdot z_t}{2} = 281.6 \text{ mm}$$

vnútorné sily pre Vierendeelovu analógiu

$$N_{m.Ed} := \frac{M_{2.Ed}}{h} = 441.5 \text{ kN}$$

$$V_{m.Ed} := \frac{V_{2.Ed}}{2} = 31.7 \text{ kN}$$

Pre zjednodušenie sa v predbežnom návrhu posúdi iba jeden kritický prierez, a to prierez vzniknutý rezom pod uhlom $\varphi := 33^\circ$, ktorý iteračným postupom vyplynul ako rozhodujúci. Zároveň sa pri výpočtoch zanedbá zaoblenie prierezu.

rameno posúvajúcej sily vyvodzujúcej ohybový moment

$$r_{vier} := \tan(\varphi) \cdot h_{vier} = 0.183 \text{ m}$$

vnútorné sily v reze ϕ

$$N_{\varphi.Ed} := N_{m.Ed} \cdot \cos(\varphi) - V_{m.Ed} \cdot \sin(\varphi) = 353 \text{ kN}$$

$$V_{\varphi.Ed} := N_{m.Ed} \cdot \sin(\varphi) + V_{m.Ed} \cdot \cos(\varphi) = 267 \text{ kN}$$

$$M_{\varphi.Ed} := V_{m.Ed} \cdot r_{vier} = 5.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

CHARAKTERISTIKY PRIEREZU V REZE POD UHLOM ϕ

rozmery T-prierezu

$$b_\varphi := b = 180 \text{ mm}$$

$$t_{f\varphi} := \frac{t_f}{\cos(\varphi)} = 16.1 \text{ mm}$$

$$h_{w\varphi} := \frac{h}{2} - \frac{h_o}{2} - t_{f\varphi} = 128.7 \text{ mm}$$

$$t_{w\varphi} := t_w = 8.6 \text{ mm}$$

$$d_{t\varphi} := h_{w\varphi} - r = 107.691 \text{ mm}$$

plocha T-prierezu

$$A_{tT\varphi} := b_\varphi \cdot t_{f\varphi} + h_{w\varphi} \cdot t_{w\varphi} = 4004.2 \text{ mm}^2$$

$$A_{bT\varphi} := A_{tT\varphi}$$

TRIEDA PRIEREZU

šírka konzoly pásnice

$$c_f := \frac{b_\varphi}{2} - \frac{t_{w\varphi}}{2} - r = 64.7 \text{ mm}$$

trieda pásnice

$$\frac{c_f}{t_{f\varphi}} = 4.02 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.29 \quad - \text{pásnica triedy 1}$$

trieda stojiny

$$a_{\text{eff}} = 294 \text{ mm} \leq 36 \cdot t_w \cdot \varepsilon = 250.776 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

$$d_{t\varphi} = 107.7 \text{ mm} \leq \frac{14 \cdot t_w \cdot \varepsilon}{\sqrt{1 - \left(\frac{36 \cdot t_w \cdot \varepsilon}{a_{\text{eff}}}\right)^2}} = 186.848 \text{ mm} \quad - \text{splňa, stojina T-prierezu je triedy 3}$$

Prierez je triedy 3.

ŤAŽISKO PRIEREZU

Nakoľko je prierez osovo symetrický podľa osy z, výpočet bude nutný len pre vzdialenosť ťažiska v smere z. Pomocný bod sa bude pre výpočet nachádzať na osi z a hornom okraji pásnice.

plochy častí prierezu

$$A_{\text{pásnica.}\varphi} := b_\varphi \cdot t_{f\varphi} = 2897.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{T.stojina.}\varphi} := h_{w\varphi} \cdot t_{w\varphi} = 1106.7 \text{ mm}^2$$

vzdialenosti častí prierezu

$$z_{\text{pásnica.}\varphi} := \frac{t_{f\varphi}}{2} = 8 \text{ mm}$$

$$z_{\text{T.stojina.}\varphi} := \left(\frac{h_{w\varphi}}{2}\right) + t_{f\varphi} = 80.4 \text{ mm}$$

vzdialenosť ťažiska od horného okraja pásnice

$$z_{t\varphi} := \frac{A_{\text{pásnica.}\varphi} \cdot z_{\text{pásnica.}\varphi} + A_{\text{T.stojina.}\varphi} \cdot z_{\text{T.stojina.}\varphi}}{A_{tT\varphi}} = 28.058 \text{ mm}$$

$$z_{b\varphi} := z_{t\varphi}$$

moment zotrvačnosti k ose y a ťažisku prierezu

$$I_{y,\varphi.pásnica} := \frac{1}{12} \cdot b_{\varphi} \cdot t_{f\varphi}^3 + A_{pásnica,\varphi} \cdot \left(z_{t\varphi} - \frac{t_{f\varphi}}{2} \right)^2 = (1.223 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{y,\varphi.stojina} := \frac{1}{12} \cdot t_{w\varphi} \cdot h_{w\varphi}^3 + A_{T.stojina,\varphi} \cdot \left(\frac{h_{w\varphi}}{2} + t_{f\varphi} - z_{t\varphi} \right)^2 = (4.564 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$I_{y,\varphi} := I_{y,\varphi.pásnica} + I_{y,\varphi.stojina} = (5.787 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

polomer zotrvačnosti k ose y

$$i_{y,\varphi} := \sqrt{\frac{I_{y,\varphi}}{A_{tT\varphi}}} = 38.02 \text{ mm}$$

ÚČINOK ŠMYKU VO VIERENDEELOVOM OHYBE

plocha účinná v šmyku

$$A_{\varphi.v.z} := h_{w\varphi} \cdot t_{w\varphi} + (2 \cdot r + t_{w\varphi}) \cdot t_{f\varphi} = 1921.244 \text{ mm}^2$$

šmyková únosnosť

$$V_{\varphi.pl.Rd} := \frac{A_{\varphi.v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 393.8 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{\varphi.Ed} = 267 \text{ kN} \leq 0.5 \cdot V_{\varphi.pl.Rd} = 196.9 \text{ kN} \quad - \text{ veľký šmyk - je potrebné zohľadniť účinok na únosnosť prierezu}$$

redukčný súčiniteľ

$$\rho := \left(2 \cdot \frac{V_{\varphi.Ed}}{V_{\varphi.pl.Rd}} - 1 \right)^2 = 0.127$$

redukovaná medza klzu

$$f_{y.red} := (1 - \rho) \cdot f_y = 309.986 \text{ MPa}$$

TLAKOVÁ ÚNOSNOSŤ T-PRIEREZU VO VIERENDEELOVOM OHYBE

kritická dĺžka

$$L_{cr.vier} := 0.9 L_{vier} = 236.25 \text{ mm}$$

štíhlosť prútu

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.vier}}{i_{y,\varphi}} = 6.214$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_{y,p} := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.082$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.34$ - zváraný prierez, $t_f \leq 40$ mm, vybočenie kolmo k ose y, krivka b

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{y,p} - 0.2) + \lambda_{y,p}^2) = 0.483$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,p}^2}} = 1.042 \leq 1.0 \quad \text{- nedochádza k vzperu}$$

návrhová tlaková únosnosť

$$N_{\varphi,Rd} := \frac{A_{t\varphi} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{m1}} = 1241.2 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{\varphi,Ed} = 353 \text{ kN} \leq N_{\varphi,Rd} = 1241.2 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ VO VIERENDEELOVOM OHYBE

prierezový modul

$$W_{y\varphi} := \frac{I_{y,\varphi}}{h_{w\varphi} + t_{f\varphi} - z_{t\varphi}} = 49576.8 \text{ mm}^3$$

návrhová ohybová únosnosť

$$M_{\varphi,Rd} := \frac{W_{y\varphi} \cdot f_{y,red}}{\gamma_{m0}} = 15.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{\varphi,Ed} = 5.788 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{\varphi,Rd} = 15.4 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

ODOLNOSŤ T-PRIEREZU VO VIERENDEELOVOM OHYBE

$$\frac{N_{\varphi,Ed}}{N_{\varphi,Rd}} + \frac{M_{\varphi,Ed}}{M_{\varphi,Rd}} = 0.661 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

3.2.5 POSÚDENIE STABILITY STOJINY MEDZI OTVORMI

Posúdi sa alternatívnou metódou pre nosníky s kruhovými otvormi, pokiaľ nosník splní nasledujúce podmienky.

$$s_o = 105 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

$$0.1 \leq \frac{s_o}{h_o} = 0.25 \leq 0.5 \quad \text{splňa}$$

$$h_o = 420 \text{ mm} \leq 60 \cdot t_w \cdot \epsilon = 417.96 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

$$1.3 \leq \frac{t_f}{t_w} = 1.57 \leq 2.0 \quad \text{splňa}$$

Keďže nosník nespĺnil všetky podmienky pre použitie alternatívnej metódy, posúdi sa bežnou metódou. Bude nutné určiť, či sa jedná o vzdialené alebo blízke otvory.

PODMIENKA PRE VZDIALENÉ OTVORY

Pre nosníky s kruhovými otvormi sa považujú otvory za vzdialené, pokiaľ vzdialenosť najbližších okrajov otvorov je väčšia, než priemer otvoru.

$$h_o = 420 \text{ mm} < s_o = 105 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

Otvory je možné považovať za blízke, pokiaľ nespĺňajú geometrické limity pre vzdialené otvory, čo v tomto prípade platí.

VNÚTORNÉ SILY

Vnútorne sily pôsobiace na stojinu vznikajú z rozdielu normálových síl vo Vierendeelovej analógii, asymetrickosťou a excentricitou otvorov od osy stojiny. Keďže otvory sú symetrické a majú ťažisko v ose stojiny, nevzniká dodatočný ohybový moment, teda $M_{wp.Ed} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

počet stojín vo Vierendeelovej analógii

$$n_{\text{stojiny}} := n_o + 1 = 32$$

rozdiel normálových síl vo Vierendeelovej analógii v hornej aj spodnej pásnici

$$\Delta N_{Ed.t} := \frac{N_{m.Ed}}{\frac{n_{\text{stojiny}} - 1}{2}} = 28.5 \text{ kN}$$

$$\Delta N_{Ed.b} := \Delta N_{Ed.t}$$

posúvajúca sila v stojine

$$V_{wp.Ed} := \Delta N_{Ed.t} = 28.5 \text{ kN}$$

normálová sila v stojine

$$N_{wp.Ed} := \max \left(V_{wp.Ed} + 2 \cdot \frac{M_{wp.Ed}}{h_o}, V_{wp.Ed} - 2 \cdot \frac{M_{wp.Ed}}{h_o} \right) = 28.5 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST' NOSNÉHO STENOVÉHO PRVKU („BOULENÍ“)

relatívna štíhlosť stojiny

$$\lambda_{wp} := \frac{1.75 \cdot \sqrt{s_o^2 + h_o^2}}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.158 \leq \frac{2.4 \cdot h_o}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.541 \quad \text{spĺňa}$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - zváraný prierez, $t_f \leq 40$ mm, vybočenie kolmo k ose y, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{wp} - 0.2) + \lambda_{wp}^2) = 1.406$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi_{wp} := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,p}^2}} = 0.356$$

Keďže sú oba T-prierezy z rovnakého profilu, tak platí $t_{wt.T} := t_w$ a $t_{wb.T} := t_w$.

návrhová únosnosť

$$N_{wp.Rd} := \chi_{wp} \cdot s_o \cdot \frac{\min(t_{wt.T} \cdot f_y, t_{wb.T} \cdot f_y)}{\gamma_{m1}} = 114.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{wp.Ed} = 28.5 \text{ kN} \leq N_{wp.Rd} = 114.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOST'

návrhová únosnosť

$$V_{wp.Rd} := s_o \cdot \frac{\min(t_{wt.T} \cdot f_y, t_{wb.T} \cdot f_y)}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 185.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{wp.Ed} = 28.5 \text{ kN} \leq V_{wp.Rd} = 185.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

3.2.6 MEDZNÝ STAV POUŽITEĽNOSTI

Priehyb sa vypočíta zväčšením priehybu plnostenného nosníku o vypočítanú hodnotu.

PRIEHYB

$$s_o = 105 \text{ mm} \leq 0.35 \cdot h_o = 147 \text{ mm}$$

$$w_{\text{add}} := 3.5 \cdot n_o \cdot \left(\frac{h_o}{h}\right)^3 \cdot \left(\frac{h_o}{s_o}\right) \cdot \left(\frac{h}{L_{\text{nosník}}}\right)^2 = 0.196$$

$$w_{\text{full}} := \frac{5 \cdot f_{2.k.lin} \cdot L_{\text{nosník}}^4}{384 \cdot E \cdot I_a} = 43.9 \text{ mm}$$

$$w_{\Sigma} := w_{\text{full}} + w_{\text{full}} \cdot w_{\text{add}} = 52.5 \text{ mm}$$

limitný priehyb

$$\delta_{\text{lim}} := \frac{L_{\text{nosník}}}{250} = 66.4 \text{ mm}$$

posúdenie

$$w_{\Sigma} = 52.5 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = 66.4 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

3.3 PRIEHRADOVÝ NOSNÍK

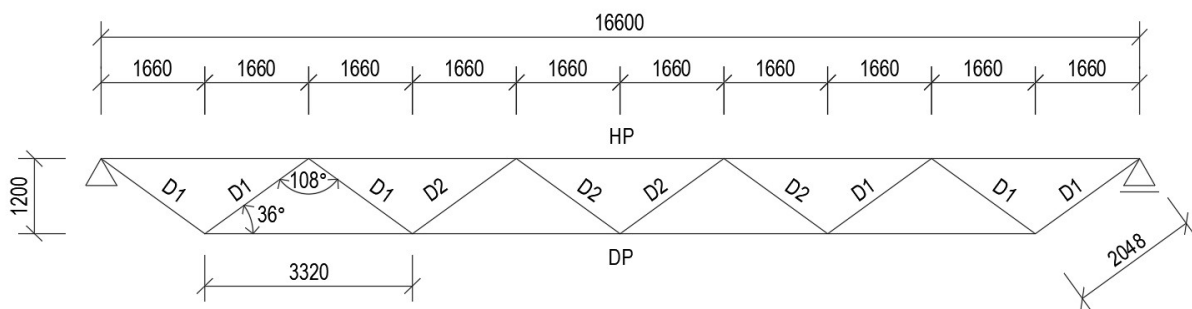
3.3.1 ZAŤAŽENIE A VNÚTORNÉ SILY

Výpočet vnútorných síl bude vykonaný v programe SCIA Engineer. Vytvorí sa 4 zaťažovacie stavy. Z nich sa vytvorí 2 najnepriaznivejšie kombinácie zaťažovacích stavov a 1 kombinácia rozhodujúca pre priehyb. Dovočíta sa hmotnosť nosníka na 1 m dĺžky pre možné porovnanie s ostatnými variantami.

$$\text{výška nosníku } h_{\text{nos.1}} := \frac{1}{15} \cdot L_{\text{nosník}} = 1.107 \text{ m}$$

$$h_{\text{nos.2}} := \frac{1}{10} \cdot L_{\text{nosník}} = 1.66 \text{ m}$$

$$h_{\text{nos}} := 1.2 \text{ m}$$



obr. 11: Usporiadanie prútov priehradového nosníka s rozmermi a rozdelenie prútov podľa navrhnutého prierezu

výpočet zaťaženia

$$f_{k,plech.s} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{- stále zaťaženie od strešného pláštá}$$

$$f_{k.lin} := f_{k,plech.s} \cdot d_{plech.pož} = 1.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S_{k.lin} := s \cdot d_{plech.pož} = 2.88 \frac{kN}{m}$$

$$W_{k.F.lin} := w_{e.k.F.180} \cdot d_{plech.pož} = -5.27 \frac{kN}{m}$$

$$W_{k.H.lin} := w_{e.k.H.180} \cdot d_{plech.pož} = -1.83 \frac{kN}{m}$$

ZATAŽOVACIE STAVY

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení
	Spec	Typ zatížení	
ZS1	Vlastní tíha	Stále Vlastní tíha	SZ1
ZS2	Stále plášť	Stále Standard	SZ1
ZS3	Tlak snehu Sníh	Proměnné Statické	SZ2
ZS4	Sanie vetra Statický vítr	Proměnné Statické	SZ2

obr. 12: Tabuľka zatažovacích stavov - priehradový nosník

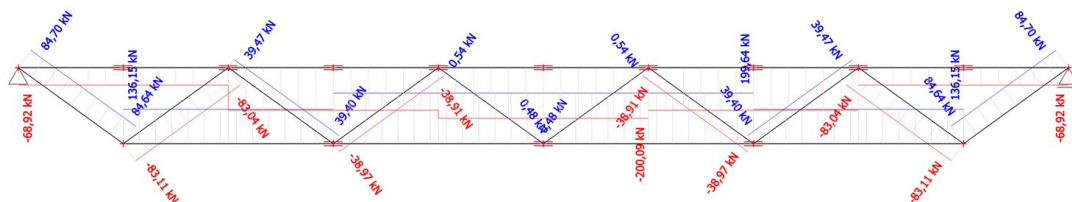
KOMBINÁCIE ZATAŽENÍ

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO1	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Stále plášť	1,350
		ZS3 - Tlak snehu	1,500
CO2	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Stále plášť	1,000
		ZS4 - Sanie vetra	1,500
CO3	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Stále plášť	1,000
		ZS3 - Tlak snehu	1,000

obr. 13: Tabuľka kombinácií zatažení - priehradový nosník

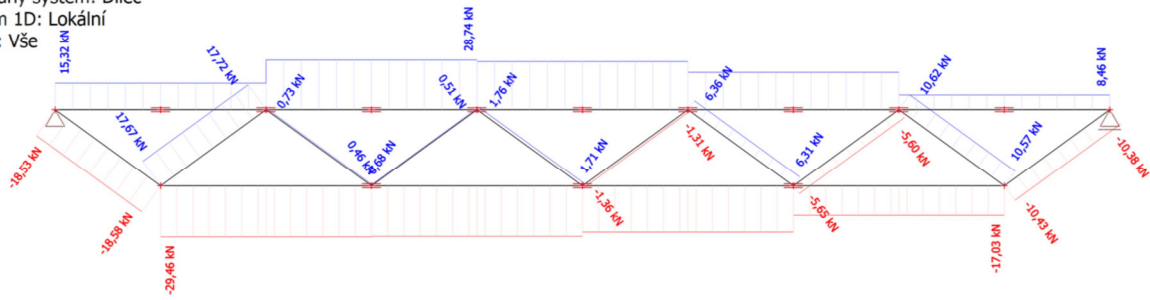
VNÚTORNÉ SILY

Hodnoty: **N**
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



obr. 14: Normálová sila, kombinácia CO1

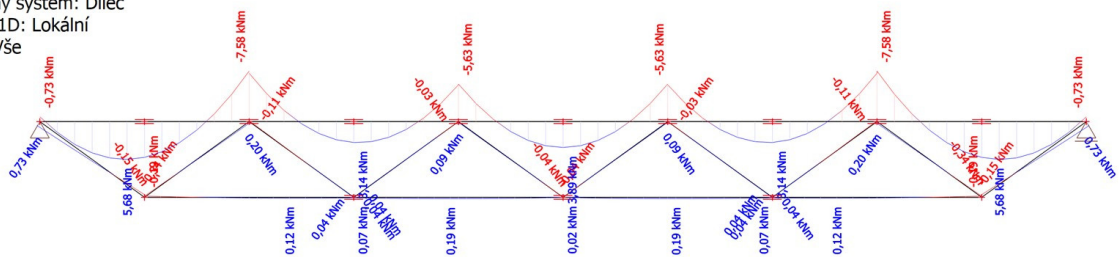
Hodnoty: **N**
 Lineárny výpočet
 Kombinace: CO2
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



obr. 15: Normálová síla, kombinácia CO2

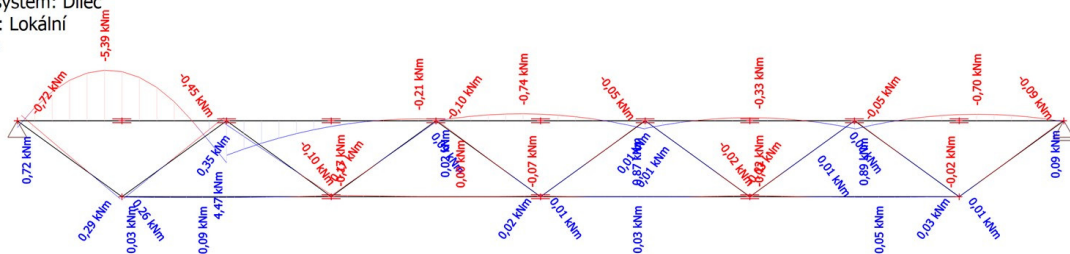
V

Hodnoty: **M_y**
 Lineárny výpočet
 Kombinace: CO1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



obr. 16: Ohybový moment, kombinácia CO1

Hodnoty: **M_y**
 Lineárny výpočet
 Kombinace: CO2
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



obr. 17: Ohybový moment, kombinácia CO2

3.3.2 NÁVRH A MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

Pre väčšiu prehľadnosť bude návrh s posúdením na namáhanie normálovou silou vykonaný v tabuľkách. Pri posúdení prierezov v tlaku sa zohľadnil vzper prútov a bude použitá vzperná krivka c. Podopretie proti vybočeniu sa bude uvažovať pre horný pás v štvrtinách dĺžky a pre spodný pás v polovici dĺžky pozdĺžnym zvislým stužidlom. Horný pás je namáhaný ohybovým pôsobením, a preto sa jeho prierez posúdil aj na ohybovú únosnosť.

ŤAHANÉ TRUBKY

prút	N_{Ed} (ťah) [kN]	profil	A [mm ²]	f_y [MPa]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
HP	28,74	120x80x4	1495	355	530,73	0,054	$\leq 1,0$
DP	199,64	90x50x4	1120	355	397,60	0,502	$\leq 1,0$
D1	84,7	40x40x4	559	355	198,45	0,427	$\leq 1,0$
D2	6,36	40x40x4	559	355	198,45	0,032	$\leq 1,0$

obr. 18: Tabuľka s vypočítanými hodnotami a posudkom pre ťahané trubky

TLAČENÉ TRUBKY

prút	N_{Ed} (tlak) [kN]	profil	spôsob vybočenia	L_y [mm]	L_z [mm]	L_{cr}/L	L_{cr} [mm]
HP	200,09	120x80x4	v rovine	3320	-	0,9	2988
			z roviny	-	4 150	1,0	4150
DP	29,46	90x50x4	v rovine	3320	-	0,9	2988
			z roviny	-	6 640	0,9	5976
D1	83,11	40x40x4	v rovine	2048	-	0,75	1536
			z roviny	-	2048	0,75	1536
D2	38,97	40x40x4	v rovine	2048	-	0,75	1536
			z roviny	-	2048	0,75	1536

obr. 19: Tabuľka s vypočítanými hodnotami a posudkom pre tlačené trubky

prút	i [mm]	A [mm ²]	λ	$\bar{\lambda}$	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
HP	32	1495	93,375	1,222	0,42	222,90	0,898	$\leq 1,0$
DP	32,1	1040	186,168	2,437	0,138	50,95	0,578	$\leq 1,0$
D1	19,5	559	78,769	1,031	0,517	102,60	0,810	$\leq 1,0$
D2	19,5	559	78,769	1,031	0,517	102,60	0,380	$\leq 1,0$

obr. 20: Tabuľka s vypočítanými hodnotami a posudkom pre tlačené trubky - pokračovanie

OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ HORNÉHO PÁSU

maximálny pôsobiaci ohybový moment $M_{y,Ed} := 7.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$

plastický prierezový modul $W_{pl,z} := 4.52 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

ohybová únosnosť

$$M_{Rd} := \frac{W_{pl.z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 16 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{y.Ed} = 7.75 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd} = 16 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

HMOTNOSŤ NOSNÍKA NA 1 m DĹŽKY

$$\text{hmotnosť horného pásu (HP)} \quad G_{HP} := 9.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{hmotnosť dolného pásu (DP)} \quad G_{DP} := 8.17 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{hmotnosť diagonály (D1)} \quad G_{D1} := 4.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

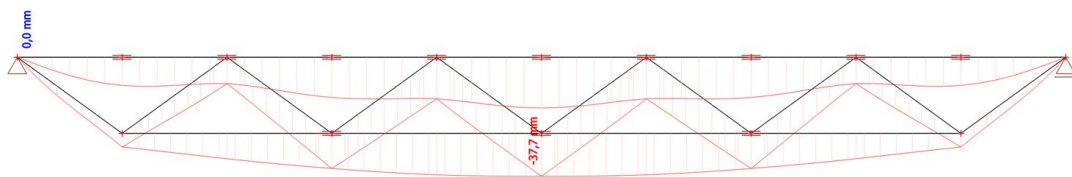
hmotnosť nosníka na 1 m dĺžky

$$G_3 := G_{HP} + G_{DP} + G_{D1} = 22.43 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

3.3.3 MEDZNÝ STAV POUŽITEĽNOSTI

PRIEHYB

Hodnoty: u_z
Lineárny výpočet
Kombinace: CO3
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



obr. 21: Deformácia v zvislom smere priehradového nosníka

$$\text{priehyb vo zvislom smere} \quad u_z := 37.7 \text{ mm}$$

limitný priehyb

$$\delta_{lim} := \frac{L_{nosník}}{250} = 66.4 \text{ mm}$$

posúdenie

$$u_z = 37.7 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 66.4 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

3.4. ZHODNOTENIE VARIÁNT NOSNÍKU A VÝBER NOSNEJ KONŠTRUKCIE ZASTREŠENIA

Plnostenný nosník pri posúdení vyhovelo s prierezom IPE 500. Jeho hmotnosť na 1 m dĺžky je najväčšia z variánt, a teda bude najviac priťažovať podopierajúce stĺpy. Výhodou je najmenej pracná výroba profilu s pomerne nízkou výškou nosníka. Spojy by boli menej pracné na výrobu.

Prelamovaný nosník pri posúdení vyhovelo s prierezom IPE 400 a výškou 595,1 mm. Hmotnosťou je približne o 1/3 ľahší od plnostenného nosníka, ale vyšší o 95,1 mm. Výroba nosníku je v dnešnej dobe plne automatizovaná a teda by bola nenáročná. Výroba spojov by nebola pracná.

Priehradový nosník pri posúdení vyhovelo s prierezmi v tvare štvorcov a obdĺžnikov s osovou vzdialenosťou horného a dolného pásu 1,2 m. Jedná sa o najvyšší nosník a teda by potreboval aj najvyššie stĺpy. Hmotnosť je najmenšia z variánt, oproti plnostennému nosníku je až 4-násobne ľahší a oproti prelamovanému nosníku 2,75-násobne ľahší. V porovnaní s najnižšou variantou je skoro 2,5-násobne vyšší. Čo sa týka výroby by bol tento druh nosníka veľmi pracný, čo by bolo zohľadnené v jeho cene. Spojy by sa vyrábali pomerne jednoducho, ale bolo by ich veľké množstvo.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že pokiaľ nerozhoduje výška nosníka a je snaha minimalizovať hmotnosť konštrukcie, ideálnou variantou je priehradový nosník. Naopak, pokiaľ výška nosníka je rozhodujúca a nezáleží na hmotnosti konštrukcie, najvhodnejší je variant plnostenného nosníka.

Nakoľko je v dnešnej dobe snaha minimalizovať množstvo materiálu spolu s veľkosťou konštrukcie a cenou, ako vhodný kompromis budú zvolené prelamované nosníky.

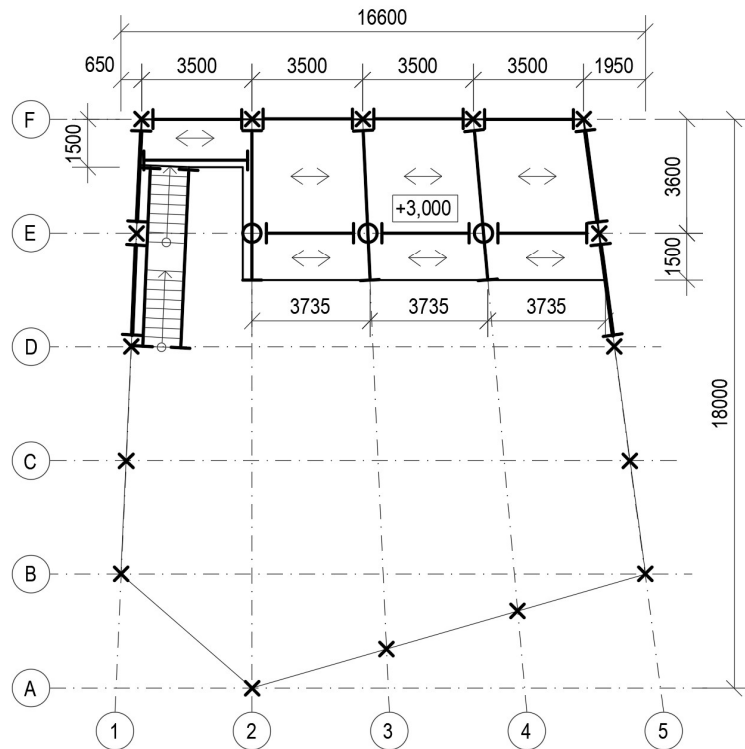
4 VLOŽENÉ PODLAŽIE („VESTAVBA“)

Kvôli podrobnejšiemu určeniu hodnoty zaťaženia a vnútorných síl stĺpov nosnej konštrukcie zastrešenia sa navrhnu a posúdia vybrané prvky vloženého podlažia, a to vnútorné pole stropu, nosník s obojstranne uloženým stropom a podopierajúci stĺp.

Keďže konštrukčná výška bude nízka (približne 3,0 m), zároveň bude veľká vzdialenosť medzi nosníkmi a teda bude nutné použiť vysoké rebrá plechu, navrhne sa oceľobetónový štíhly strop (slim floor).

LEGENDA

- ✕ nosný stĺp cez celú výšku stavby
- nosný stĺp cez jedno podlažie
- ┌ nosník
- ↔ smer pnutia stropu
- tvar 2. NP
- tvar stavby



obr. 22: Schéma pôdorysu vloženého podlažia s legendou

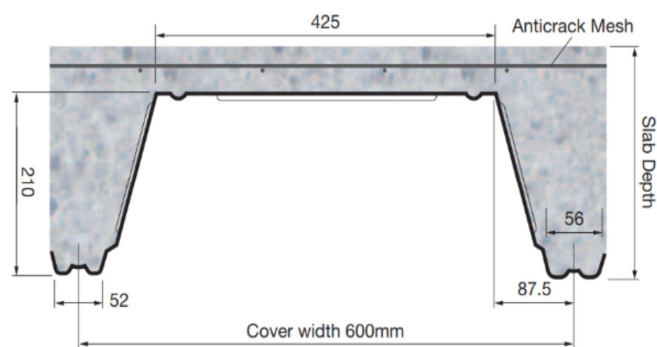
4.1 OCELOBETÓNOVÝ STROP

NÁVRH

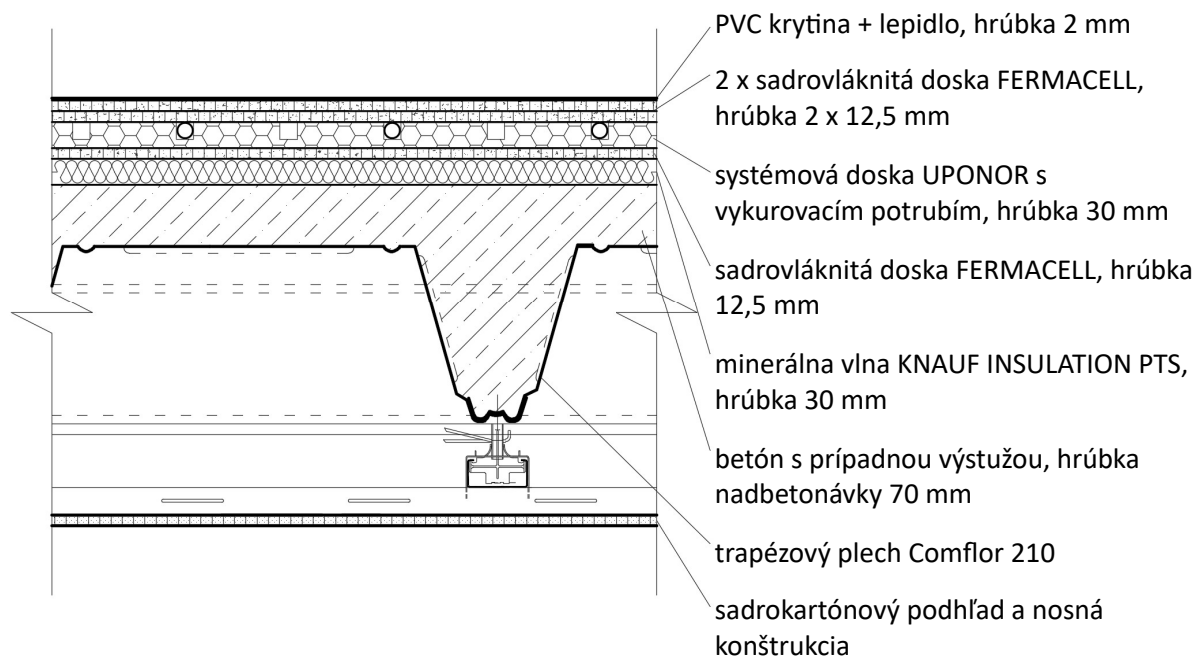
Navrhujem trapézový plech Comflor 210, S280G, Z275, bez montážneho podopretia.

CHARAKTERISTIKY

garantovaná min. medza klzu	$f_{y,Cf} := 280 \text{ MPa}$
nominálna hrúbka plechu	$t_{nom} := 1.25 \text{ mm}$
výška nadbetónávky	$t_{nadb} := 70 \text{ mm}$
výška stropu (Slab Depth)	$t_{strop} := 280 \text{ mm}$
minimálne uloženie	$d_{Cf.uloz} := 50 \text{ mm}$



obr. 23: Trapézový plech Comflor 210 - rez



obr. 24: Skladba podlahy vloženého podlažia

VÝPOČET ZAŤAŽENIA

Použijú sa montované priečky s opláštením zo sadrovláknitých dosiek vyplnené akustickou izoláciou.

odhadované zaťaženie vlastnou hmotnosťou priečky

charakteristické

$$f_{k,\text{priečka.lin}} := 1.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

návrhové

$$f_{d,\text{priečka.lin}} := f_{k,\text{priečka.lin}} \cdot \gamma_g = 1.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

teoretické plošné zaťaženie priečkami

$$f_{d,\text{priečka}} := 1.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

zarovnaná hrúbka betónovej vrstvy

$$t_{\text{betón}} := 70 + \frac{210}{600} \cdot \left(56 + \frac{87.5}{2} \right) = 104.9 \text{ mm}$$

druh	názov	hrúbka, výška vrstvy (mm)	objemová hmotnosť (kg/m ³)	plošná hmotnosť (kg/m ²)	charakteristická hodnota f _k (kN/m ²)	súčiniteľ zaťaženia γ	návrhová hodnota f _d (kN/m ²)
stále	PVC krytina + lepidlo	2	-	2	0,02	1,35	0,027
	sadrovláknitá doska FERMACELL	2 · 12,5	1200	30	0,3		0,405
	systémová doska UPONOR s vykurovacím potrubím	30	-	10	0,1		0,135
	sadrovláknitá doska FERMACELL	12,5	1200	15	0,15		0,203
	minerálna vlna KNAUF INSULATION PTS	30	4	0,12	0,001		0,002
	betónová vrstva + výstuž	104,9	2500	262,25	2,6		3,540
	trapézový plech Comflor 210	-	-	16	0,16		0,216
	inštalácie vzduchotechniky	-	-	5	0,05		0,068
	sadrokartónový podhľad a nosná konštrukcia	-	-	20	0,2		0,27
	Σ				3,60		4,865
premenné	úžitkové zaťaženie, kat. B – – kancelárske priestory	-	-	-	2,5	1,5	3,75
				celkom	6,1		8,615

obr. 25: Tabuľka zaťaženia pôsobiaceho na trapézový plech

Z tabuľky vyplýva celková charakteristická hodnota zaťaženia $f_{k, \text{strop}} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ a návrhová hodnota $f_{d, \text{strop}} := 8.615 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$.

celkové plošné zaťaženie pôsobiace na trapézový plech

$$f_{tr, \Sigma, d} := f_{d, \text{strop}} + f_{d, \text{priečka}} = 9.965 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Keďže súčet zaťažení priečkou, stropu a podlahy neprekračuje maximálnu tabuľkovú hodnotu zaťaženia pre posúdenie únosnosti trapézového plechu, nebude nutné uvažovať náhradné rovnomerné zaťaženie, ktoré by vyvodzovalo rovnaké vnútorné sily.

POSÚDENIE

Posúdi sa tabuľková hodnota rozponu. Keďže tabuľka neobsahuje presné plošné zaťaženie pôsobiace na trapézový plech, porovná sa najbližšia väčšia hodnota z tabuľky.

požadovaný rozpon

$$d_{tr, \text{pož}} := 3.735 \text{ m}$$

ComFlor 210 Span table - Normal Weight Concrete

Props	Span	Fire Rating	Overall Slab Depth (mm)	Mesh	MAXIMUM SPAN (m)											
					Total Applied Load (kN/m ²)											
					3.5kN/m ²				5kN/m ²				10kN/m ²			
					Bar Size (mm)											
					12	16	20	25	12	16	20	25	12	16	20	25
No Temporary props	Simple span slab	1 hr	280		4.8	5.4	5.4	5.4	4.3	5.4	5.4	5.4	3.4	4.5	5.4	5.4
			300		4.8	5.2	5.2	5.2	4.4	5.2	5.2	5.2	3.5	4.6	5.2	5.2
			350		4.7	4.7	4.7	4.7	4.5	4.7	4.7	4.7	3.7	4.7	4.7	4.7
	Simple span slab	1.5 hr	290	A193	3.7	4.9	5.3	5.3	3.4	4.4	5.3	5.3	2.7	3.5	4.3	5.3
			300	A193	3.7	4.9	5.2	5.2	3.4	4.5	5.2	5.2	2.7	3.6	4.4	5.2
			350	A393	3.8	4.7	4.7	4.7	3.5	4.6	4.7	4.7	2.8	3.8	4.6	4.7
			305	A193	2.0	2.7	3.3	4.1	1.8	2.4	3.0	3.7	1.5	1.9	2.4	3.0
			350	A393	2.1	2.7	3.4	4.2	1.9	2.5	3.1	3.8	1.5	2.0	2.5	3.1
			400	A393	2.1	2.7	3.4	4.2	1.9	2.6	3.2	3.9	1.6	2.1	2.6	3.3

obr. 26: Tabuľka pre posúdenie plechu ComFlor 210

posúdenie rozponu

$$d_{tr,pož} = 3.735 \text{ m} \leq d_{Cf,16} := 4.5 \text{ m} \quad \text{vyhovuje}$$

Posúdenie vyhovelo s podmienkou použitia výstuže do betónovej vrstvy v mieste rebra plechu priemeru $\varphi_{výstuž} := 16 \text{ mm}$.

4.2 STROPNÝ NOSNÍK

Prierezy priečných nosníkov podopierajúcich stĺpy proti vybočeniu z roviny stropných nosníkov sa odhadnú na základe limitného priehybu. Výpočet vnútorných síl a priehybu bude vykonaný v programe SCIA Engineer. Vytvoria sa 4 zaťažovacie stavy, z nich 3 najnepriaznivejšie kombinácie zaťaženia a 1 kombinácia vyvodzujúca najväčší priehyb.

celková dĺžka nosníka $L_{STR} := 5.115 \text{ m}$

dĺžka nosníka medzi podporami $L_{STR, podp} := 3.615 \text{ m}$

dĺžka konzoly $L_{STR, kon} := 1.5 \text{ m}$

4.2.1 ODHAD PRIEREZU PRIEČNEHO PRÚTU

Prút sa bude nachádzať pod konštrukciou stropu a nebude z neho prenášať zaťaženie. Odhad profilu bude na základe pomernej štíhlosti prútu.

dĺžka priečného prútu $L_{PR, pr} := 3.665 \text{ m}$

vzperná dĺžka $L_{PR, cr} := 1.0 \cdot L_{PR, pr} = 3.665 \text{ m}$

maximálna pomerná štíhlosť $\lambda_{PR, p} := 200$

minimálny polomer zotrvačnosti

$$i_{PR, min} := \frac{L_{PR, cr}}{\lambda_{PR, p}} = 18.325 \text{ mm}$$

Odhadujem prierez TR 57 x 3,2 ($i_{PR} := 19.1 \text{ mm}$).

hmotnosť $G_{TR,o} := 4.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

zaťaženie vlastnou tiažou $f_{TR,o} := 0.042 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

4.2.2 ZAŤAŽENIE A VNÚTORNÉ SILY

ZAŤAŽENIE

Zjednodušené sa v mieste kancelárií bude uvažovať navýšenie o líniové zaťaženie jednej priečky.

plošné stále zaťaženie stropu

$$f_{k,\text{strop},s} := 3.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

zväčšené líniové stále zaťaženie o zaťaženie priečkou

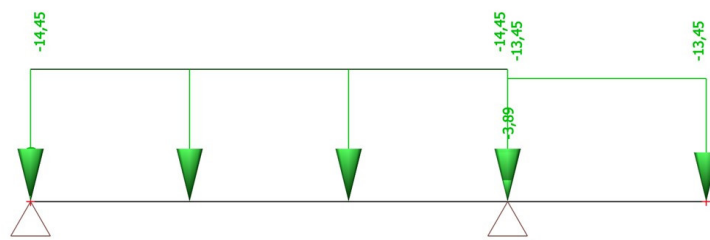
$$f_{k,\text{lin},\text{pr},\text{st}} := f_{k,\text{strop},s} \cdot L_{PR,\text{pr}} + f_{k,\text{priečka},\text{lin}} = 14.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

bodové zaťaženie priečkou a priečnym nosníkom

$$F_{k,\text{pr}} := (f_{TR,o} + f_{k,\text{priečka},\text{lin}}) \cdot L_{PR,\text{pr}} = 3.82 \text{ kN}$$

líniové stále zaťaženie stropnou konštrukciou

$$f_{k,\text{lin}} := f_{k,\text{strop},s} \cdot L_{PR,\text{pr}} = 13.19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



obr. 27: Rozmiestnenie stáleho zaťaženia na stropný nosník

ZAŤAŽOVACIE STAVY

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Působení
	Spec	Typ zatížení		
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	
ZS2	Ostatné stále	Stálé Standard	SZ1	
ZS3	Premenné pole Standard	Proměnné Statické	SZ2	Krátkodobé
ZS4	Premenné konzola Standard	Proměnné Statické	SZ2	Krátkodobé

obr. 28: Tabuľka zaťažovacích stavov - stropný nosník

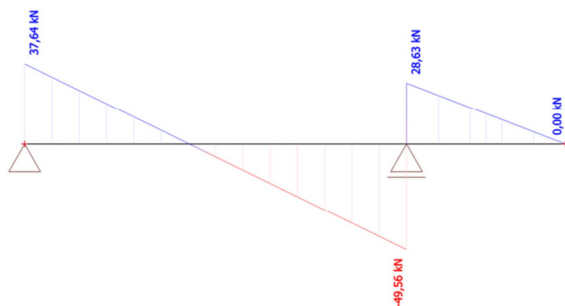
KOMBINÁCIE ZAŤAŽENÍ

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO1	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatné stále	1,350
		ZS3 - Premenné pole	1,500
CO2	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatné stále	1,350
		ZS4 - Premenné konzola	1,500
CO3	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350
		ZS2 - Ostatné stále	1,350
		ZS3 - Premenné pole	1,500
		ZS4 - Premenné konzola	1,500
CO4	Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000
		ZS2 - Ostatné stále	1,000
		ZS3 - Premenné pole	1,000

obr. 29: Tabuľka kombinácií zaťaženi - stropný nosník

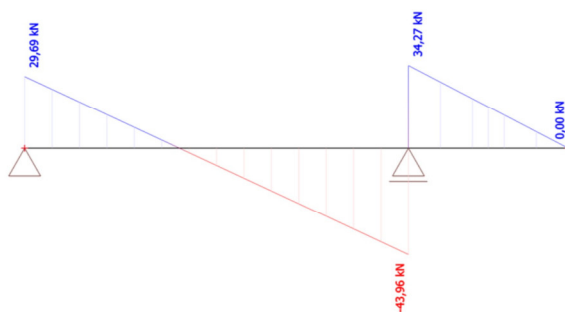
VNÚTORNÉ SILY

Hodnoty: V_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



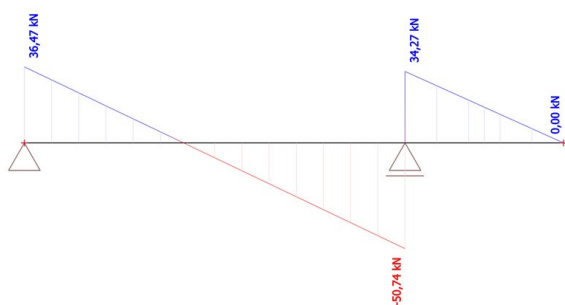
obr. 30: Posúvajúca sila, kombinácia CO1

Hodnoty: V_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



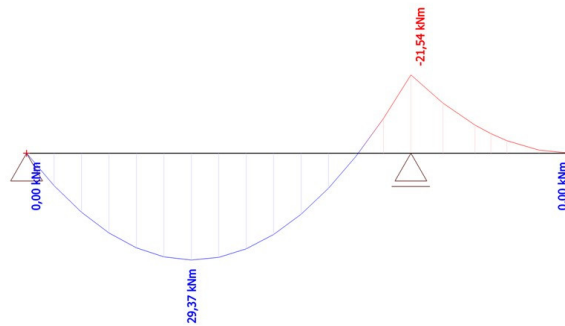
obr. 31: Posúvajúca sila, kombinácia CO2

Hodnoty: V_z
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO3
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



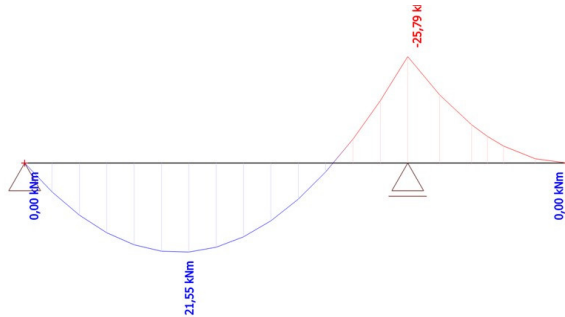
obr. 32: Posúvajúca sila, kombinácia CO3

Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO1
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



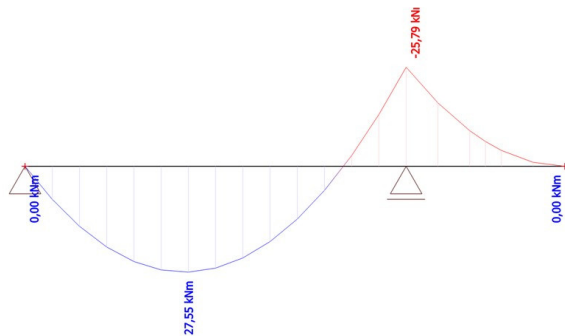
obr. 33: Ohybový moment, kombinácia CO1

Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO2
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



obr. 34: Ohybový moment, kombinácia CO2

Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: CO3
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



obr. 35: Ohybový moment, kombinácia CO3

maximální posouvající síla $V_{Ed} := 50.74 \text{ kN}$

maximální ohybový moment $M_{Ed} := 29.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$

4.2.3 NÁVRH A CHARAKTERISTIKY PRIEREZU

NÁVRH

Navrhujem nosník SFB, HEB 140 + 340 x 12, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_{SFB} := 65.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

šírka pásnice $b := 140 \text{ mm}$

hrúbka pásnice $t_f := 12 \text{ mm}$

polomer zaoblenia	$r := 12 \text{ mm}$
šírka plechu	$b_p := 340 \text{ mm}$
hrúbka plechu	$t_p := 12 \text{ mm}$
hrúbka stojiny	$t_w := 7 \text{ mm}$
vzdialenosť ťažiska od spodného okraja	$z_1 := 4.9 \text{ cm}$
vzdialenosť ťažiska od horného okraja	$z_2 := 10.3 \text{ cm}$
moment zotrvačnosti	$I_y := 2723 \text{ cm}^4$
elastický prierezový modul	$W_{el,y} := 254 \text{ cm}^3$

výška nosníku

$$h := z_1 + z_2 = 152 \text{ mm}$$

TRIEDA PRIEREZU

šírka konzoly pásnice

$$c_f := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 54.5 \text{ mm}$$

trieda hornej pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = 4.54 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.29 \quad - \text{pásnica triedy 1}$$

šírka konzoly plechu

$$c_p := \frac{b_p - b}{2} = 100 \text{ mm}$$

trieda plechu

$$\frac{c_p}{t_p} = 8.33 \leq 14 \cdot \varepsilon = 11.34 \quad - \text{plech triedy 3}$$

výška stojiny

$$h_w := h - t_f - 2 \cdot r - t_p = 104 \text{ mm}$$

trieda stojiny

$$\frac{h_w}{t_w} = 14.86 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58.32 \quad - \text{stojina triedy 1}$$

Prierez je triedy 3.

4.2.4 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

PRIEČNY OHYB PÁSNICE

výsledná sila pôsobiaca na nosník

$$F := 2 \cdot f_{k,lin,pr.st} = 28.388 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

ramená síl

$$e_1 := b_p - 60 \text{ mm} = 280 \text{ mm}$$

$$e_2 := b = 140 \text{ mm}$$

ohybový moment

$$M_{x.sd} := \frac{1}{2} \cdot F \cdot \left(\frac{e_1 - e_2}{2} \right) = 0.994 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

plastický prierezový modul

$$W_{pl,x} := \frac{1}{4} \cdot c_p \cdot t_p^2 = (3.6 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3$$

momentová únosnosť

$$M_{x.Rd} := W_{pl,x} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1.278 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie momentovej únosnosti konzoly plechu

$$M_{x.sd} = 0.994 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}} \leq M_{x.Rd} = 1.278 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

Z parametrických štúdií vyplýva, že vplyv efektívnej plochy na zmenu plastického prierezového modulu je obvykle menší, než 1% pri nosníkoch typu SFB.

$$W_{pl} := W_{el,y} \cdot 0.99 = (2.515 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

návrhová únosnosť

$$M_{pl.Rd} := W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 89.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{Ed} = 29.37 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.Rd} = 89.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOST

Pre zjednodušenie sa zanedbá zaoblenie prierezu.

$$A_{v,z} := (h - t_p - 2 \cdot t_f) \cdot t_w + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 1184 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 242.672 \text{ kN}$$

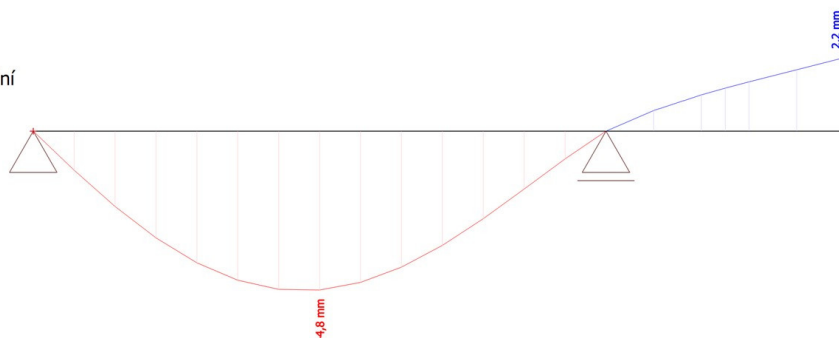
posúdenie

$$V_{Ed} = 50.74 \text{ kN} \leq V_{pl,Rd} = 242.672 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

4.2.5 MEDZNÝ STAV POUŽITELNOSTI

PRIEHYB

Hodnoty: u_z
Lineárny výpočet
Kombinace: CO4
Souřadný systém: Globální
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



obr. 36: Deformácia v zvislom smere stropného nosníka

prieťah vo zvislom smere $u_z := 4.8 \text{ mm}$

limitný prieťah

$$\delta_{lim} := \frac{L_{STR.podp}}{250} = 14.5 \text{ mm}$$

posúdenie

$$u_z = 4.8 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 14.5 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

DYNAMICKÉ ÚČINKY

zaťaženie vlastnou tiažou stropného nosníka $f_{STR.nos} := 0.657 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

charakteristické zaťaženie pôsobiace na stropný nosník

$$f_{k.nos} := f_{STR.nos} + f_{k.lin.pr.st} = 14.851 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

vlastná frekvencia stropnej konštrukcie

$$f_1 := \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_y \cdot g}{f_{k,nos} \cdot L_{STR,podp}^4}} = 7.386 \text{ Hz}$$

posúdenie

$$f_1 = 7.386 \text{ Hz} \geq 3 \text{ Hz} \quad \text{vyhovuje}$$

4.2.6 BODOVÉ ZAŤAŽENIE PÔSOBIACE NA STĹP NOSNEJ KONŠTRUKCIE ZASTREŠENIA

Zjednodušene sa uváži vypočítaná hodnota zaťaženia aj v mieste uloženia schodiska. V mieste, kde je nosník prikotvený na konštrukciu a má menšiu zaťažovaciu plochu z podlažia sa uváži 0,5-násobná hodnota vypočítaného zaťaženia.

dĺžka nosníka, z ktorého bude pôsobiť zaťaženie $L_{p,z} := 1.55 \text{ m}$

bodové zaťaženie pôsoiace na stĺp nosnej konštrukcie zastrešenia

$$F_{k,vlož,pod} := f_{k,nos} \cdot L_{p,z} = 23 \text{ kN}$$

0,5-násobná hodnota

$$F_{k,vlož,pod,0.5} := F_{k,vlož,pod} \cdot 0.5 = 11.5 \text{ kN}$$

4.3 STĹP

Uloženie stĺpov bude kĺbové. Uváži sa maximálne možné zaťaženie, ktoré môže z vloženého podlažia pôsobiť. Navrhne sa štvorcový prierez, keďže aj nosné stĺpy zastrešenia budú štvorcového prierezu z dôvodu zabezpečenia minimálnej šírky podpory pre sendvičové fasádne panely (viď. kapitola 6.3).

4.3.1 ZAŤAŽENIE A VNÚTORNÉ SILY

odhad zaťaženia vlastnou tiažou stĺpu $f_{stĺp} := 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

výška stĺpu $L_{stĺp} := 3.0 \text{ m}$

zaťaženie

$$F_{d,stĺp,g} := (f_{k,lin,pr,st} \cdot (L_{STR,podp} - L_{p,z}) + f_{k,lin} \cdot L_{STR,kon} + F_{k,pr} + f_{stĺp} \cdot L_{stĺp}) \cdot \gamma_g = 72.1 \text{ kN}$$

$$F_{d,stĺp,q} := q_{k,kanc} \cdot (L_{STR,kon} + (L_{STR,podp} - L_{p,z})) \cdot L_{PR,pr} = 32.664 \text{ kN}$$

$$F_{d,stĺp} := F_{d,stĺp,g} + F_{d,stĺp,q} = 104.715 \text{ kN}$$

vnútorné sily $N_{Ed,s} := F_{d,stĺp} = 104.7 \text{ kN}$

4.3.2 NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

NÁVRH

Navrhujem stĺp štvorcového prierezu TR 70 x 70 x 4, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky	$G_2 := 8.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
výška prierezu	$h := 70 \text{ mm}$
šírka prierezu	$b := 70 \text{ mm}$
hrúbka steny	$t_w := 4.0 \text{ mm}$
plocha prierezu	$A := 1040 \text{ mm}^2$
plastický prierezový modul	$W_{pl} := 25.5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
polomer zotrvačnosti	$i := 26.8 \text{ mm}$

Prierez je triedy 1.

4.3.3 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

NORMÁLOVÁ ÚNOSNOSŤ (VZPER)

súčinitele podporetia	$\beta_y := 1.0$	- kĺbové podpory v rovine rámu
	$\beta_z := 1.0$	- kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{stĺp} = 3 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{stĺp} = 3 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda := \frac{L_{cr,y}}{i} = 111.94$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.472$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 1.895$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.324$$

plastická normálová únosnosť

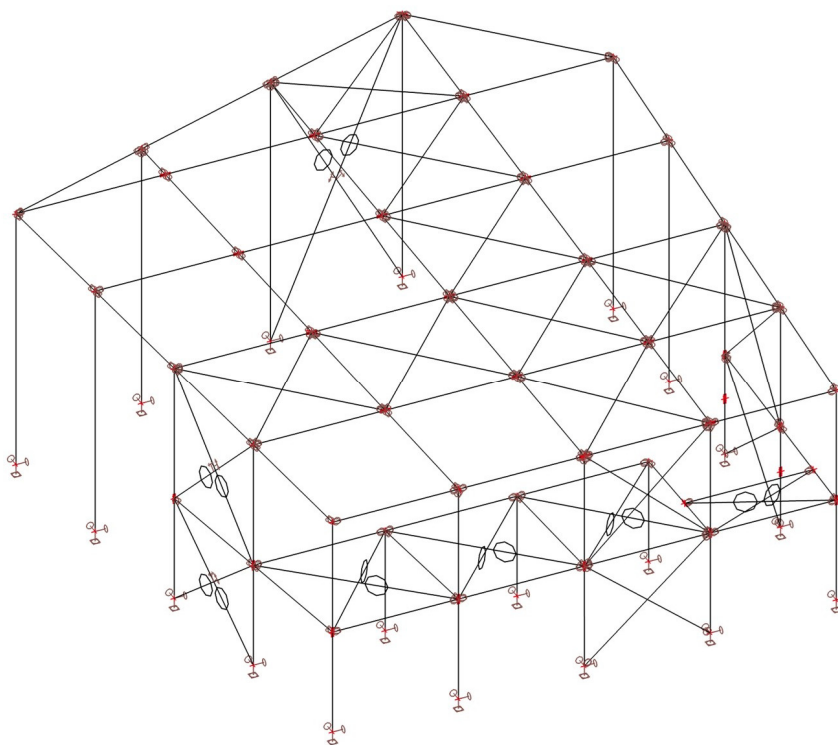
$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 119.6 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{Ed,s} = 104.7 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 119.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

5 VÝPOČETNÝ MODEL NOSNEJ KONŠTRUKCIE

Výpočetný model bude vymodelovaný v programe SCIA Engineer ako priestorový model konštrukcie. Stuzenie zabezpečené oceľobetónovým stropom bude v modeli nahradené dvojicou stužidiel na stropné pole.



obr. 37: Priestorový výpočetný model konštrukcie

5.1 IMPERFEKcie KONŠTRUKCIE, ZAŤAŽOVACIE STAVY, KOMBINÁCIE

Vytvorí sa 9 zaťažovacích stavov, 11 nelineárnych kombinácií pre výpočet vnútorných síl zohľadňujúcich imperfekcie konštrukčného systému náklonom a 6 nelineárnych kombinácií pre posúdenie limitného priehybu zohľadňujúce nelinearity stenových stužidiel.

IMPERFEKIE NÁKLONOM KONŠTRUKČNÉHO SYSTÉMU

základná hodnota náklonu $\varphi_0 := \frac{1}{200}$

maximálna výška stĺpu $h_s := 7.875 \text{ m}$

počet stĺpov $m_s := 2$ - celkový počet stĺpov 2 a viac, uvažujem 2

redukcia z výšky stĺpov

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h_s}} = 0.713$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h = 0.713 \leq 1 \quad \text{spĺňa}$$

redukcia z počtu stĺpov v rade

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m_s}\right)} = 0.866$$

počiatočný náklon konštrukcie

$$\varphi := \varphi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 3.086 \cdot 10^{-3}$$

$$d_{x,y} := \tan(\varphi) = 3.1 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

ZATAŽOVACIE STAVY

Jméno	Popis Spec	Typ působení Typ zatížení	Působení
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	
ZS2	Ostatné stále	Stálé Standard	
ZS3	Sneh Sníh	Proměnné Statické	
ZS4	Úžitkové zo stropov Standard	Proměnné Statické	Krátkodobé
ZS5	Vietor - stav 1 Statický vítr	Proměnné Statické	
ZS6	Vietor - stav 2 Statický vítr	Proměnné Statické	
ZS7	Vietor - stav 3 Statický vítr	Proměnné Statické	
ZS8	Vietor - stav 4 Statický vítr	Proměnné Statické	
ZS9	Vietor - stav 5 Statický vítr	Proměnné Statické	

obr. 38: Tabuľka zatažovacích stavov - priestorový model

NELINEÁRNE KOMBINÁCIE

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]	Celková imperfekce	dx [mm/m]	dy [mm/m]
NK1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350	Jednoduchý náklon	3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,350			
		ZS3 - Sneh	1,500			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,500			
NK2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350	Jednoduchý náklon	3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,350			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,500			
		ZS5 - Vietor - stav 1	1,500			
NK3	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350	Jednoduchý náklon	3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,350			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,500			
		ZS6 - Vietor - stav 2	1,500			
NK4	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350	Jednoduchý náklon	3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,350			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,500			
		ZS7 - Vietor - stav 3	1,500			
NK5	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350	Jednoduchý náklon	-3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,350			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,500			
		ZS8 - Vietor - stav 4	1,500			
NK6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,350	Jednoduchý náklon	-3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,350			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,500			
		ZS9 - Vietor - stav 5	1,500			
NK7	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS5 - Vietor - stav 1	1,500			
NK8	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS6 - Vietor - stav 2	1,500			
NK9	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS7 - Vietor - stav 3	1,500			
NK10	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	-3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS8 - Vietor - stav 4	1,500			
NK11	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	-3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS9 - Vietor - stav 5	1,500			

obr. 39: Tabuľka nelineárnych kombinácií zaťaženi pre výpočet vnútorných síl - priestorový model

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]	Celková imperfekce	dx [mm/m]	dy [mm/m]
NK12	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS3 - Sneh	1,000			
		ZS4 - Úžitkové zo stropov	1,000			
NK13	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS5 - Vietor - stav 1	1,000			
NK14	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS6 - Vietor - stav 2	1,000			
NK15	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS7 - Vietor - stav 3	1,000			
NK16	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	-3,1	3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS8 - Vietor - stav 4	1,000			
NK17	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1,000	Jednoduchý náklon	-3,1	-3,1
		ZS2 - Ostatné stálie	1,000			
		ZS9 - Vietor - stav 5	1,000			

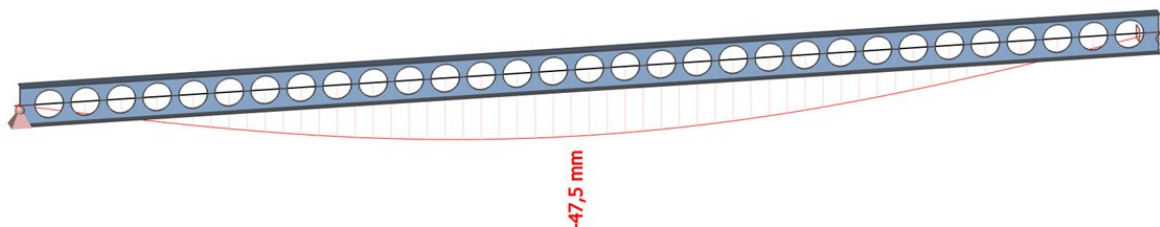
obr. 40: Tabuľka nelineárnych kombinácií zaťaženi pre výpočet limitného priehybu - priestorový model

5.2 VÝPOČET PRELAMOVANÝCH NOSÍKOV V PROGRAME SCIA ENGINEER

Program SCIA Engineer ponúka možnosť výpočtového modelu pre prelamané nosníky (tzv. „odlehčený nosník“). Nakoľko nie je známe, či program zohľadňuje pri výpočtoch a posúdeniach nosník ako prelamaný spolu s jeho geometriou, overí sa to porovnaním výpočítanej hodnoty priehybu prostého nosníku z kapitoly 3.2.6 s vypočítanou hodnotou priehybu rovnakého nosníku z programu.

Nosník ACB IPE 400, typ: strešný nosník, oceľ S355.

prieťah rovnakého plnostenného nosníku	$w_{full} = 43.9 \text{ mm}$
prieťah prelamaného nosníku vypočítaný podľa normy	$w_z = 52.5 \text{ mm}$
prieťah vypočítaný programom SCIA Engineer	$u_z := 47.5 \text{ mm}$



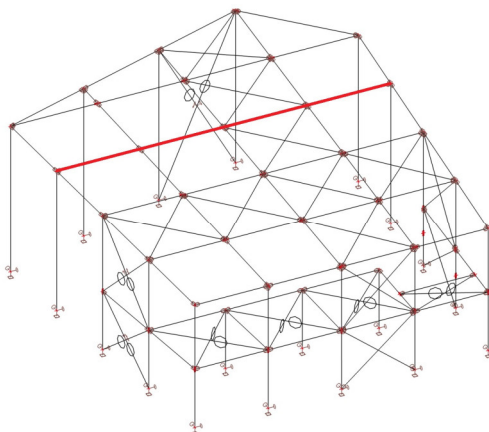
obr. 41: Deformácia v zvislom smere prelamaného nosníka

Prieťahy sa nezhodujú. Pri porovnaní prieťahu rovnakého plnostenného nosníka s vypočítaným prieťahom z programu je vidieť, že došlo k navýšeniu prieťahu vplyvom otvorov v stojine, ale nie o hodnotu podľa používanej normy. V nápovede pre program sa uvádza možnosť podrobnejšieho výpočtu a posúdenia pre prelamané nosníky v programe Westok, z ktorého sa pravdepodobne pri výpočtoch vychádza. Obmedzením programu Westok je možnosť použitia národných príloh noriem len Veľkej Británie a Írska.

Z tohto dôvodu sa prelamané nosníky namodelujú ako plnostenné a pri posúdení medzného stavu použiteľnosti sa dopočíta násobok, o ktorý sa prieťah z programu navýši a takto vypočítaný prieťah sa porovná s limitným.

6 NÁVRH A POSÚDENIE VYBRANÝCH PRVKOV KONŠTRUKCIE

6.1 NAJZAŤAŽENEJŠÍ STREŠNÝ NOSNÍK

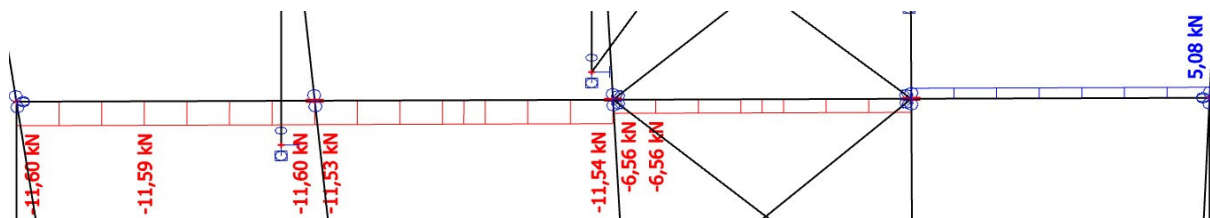


obr. 42: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

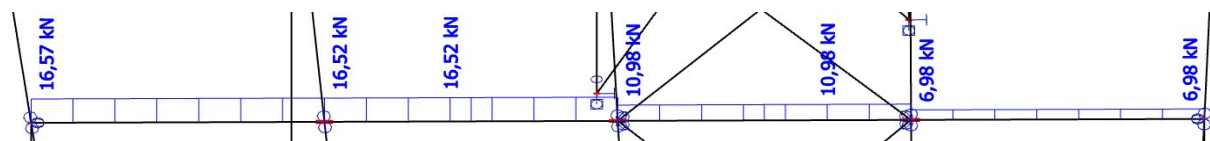
dĺžka nosníka $L_{\text{nosník}} := 15.95 \text{ m}$

6.1.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

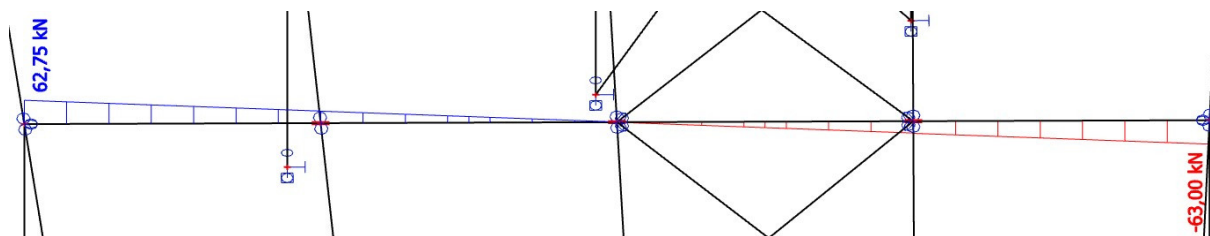
VNÚTORNÉ SILY



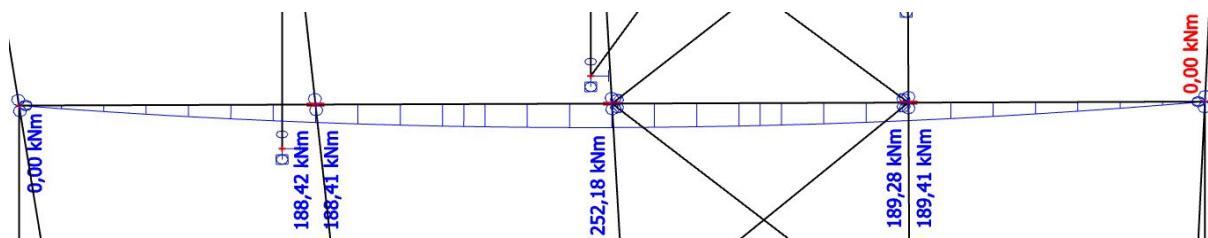
obr. 43: Tlaková sila, NK6



obr. 44: Ťahová sila, NK10



obr. 45: Posúvajúca sila v smere z, NK1



obr. 46: Ohybový moment v smere y, NK1

maximálne vnútorné sily $N_{Ed.tlak} := 11.60 \text{ kN}$

$N_{Ed.tah} := 16.57 \text{ kN}$

$V_{z.Ed} := 63.00 \text{ kN}$

$M_{y.Ed} := 252.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRH

Navrhujem nosník ACB IPE 400, typ: strešný nosník, oceľ S355.

6.1.1.1 CHARAKTERISTIKY PRELAMOVANÉHO NOSNÍKA

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_2 := 61.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

šírka prierezu $b := 180 \text{ mm}$

polomer zaoblenia $r := 21 \text{ mm}$

hrúbka pásnice $t_f := 13.5 \text{ mm}$

hrúbka stojiny $t_w := 8.6 \text{ mm}$

výška nosníku $h := 595.1 \text{ mm}$

priemer otvoru $h_o := 420 \text{ mm}$

dĺžka stojiny medzi otvormi $s_o := 105 \text{ mm}$

výška stojiny

$h_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 526.1 \text{ mm}$

dĺžka spodnej časti T-prierezu

$d_t := \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r - h_o}{2} = 53.05 \text{ mm}$

výška T-prierezu

$h_t := d_t + r + t_f = 87.55 \text{ mm}$

počet otvorov

$$n_{\text{pom}} := \frac{L_{\text{nosník}}}{s_o + h_o} = 30.381 \quad - \text{ z toho vyplýva } n_o := 30$$

GEOMETRICKÉ LIMITY

maximálna výška otvorov

$$h_o = 420 \text{ mm} \leq 0.8 \cdot h = 476.08 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

minimálna dĺžka stojiny medzi otvormi

$$s_o = 105 \text{ mm} \geq 0.1 \cdot h_o = 42 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

minimálna výška T-prierezu

v tlaku

$$h_t = 87.55 \text{ mm} \geq \max(t_f + r + 10 \text{ mm}, t_f + 30 \text{ mm}) = 44.5 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

v ťahu

$$h_t = 87.55 \text{ mm} \geq \max(t_f + r + 10 \text{ mm}, t_f + 30 \text{ mm}) = 44.5 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

Pre posúdenie tohto nosníka bude možné uplatniť túto normu.

EFEKTÍVNY MOMENT ZOTRVAČNOSTI K OSE y

$$\frac{L_{\text{nosník}}}{h} = 26.802 \geq 18$$

momenty zotrvačnosti k ťažisku prierezu

pásnice

$$I_{\text{pásnice},y} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot t_f^3 + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 \right) = (4.111 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

stojina

$$I_{\text{stojina},y} := \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^3 = (1.314 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

zaoblenia od valcovania

Najprv sa pričítajú momenty zotrvačnosti štvorcov s dĺžkou strany r a následne sa odčítajú momenty zotrvačnosti štvrtkruhov s polomerom r.

$$I_{\text{štvorce},y} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot r^4 + r^2 \cdot \left(\frac{h - 2 \cdot t_f - r}{2} \right)^2 \right) = (1.321 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$I_{\text{štvrtkruh},y} := 4 \cdot \left(0.0549 \cdot r^4 + \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot \left(\frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} + \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{2} \right)^2 \right) = (1.025 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

moment zotrvačnosti plného prierezu

$$I_{a,y} := I_{\text{pásnice},y} + I_{\text{stojina},y} + I_{\text{štvrce},y} - I_{\text{štvrtkruhy},y} = (5.72 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

efektívna dĺžka otvoru

$$a_{\text{eff}} := 0.7 h_o = 294 \text{ mm} \quad - \text{ kruhové otvory}$$

efektívny moment zotrvačnosti k ose y

$$I_{\text{eff.a.o.y}} := I_{a,y} - n_o \cdot \left(\frac{a_{\text{eff}}}{L_{\text{nosník}}} \right) \cdot \frac{h_o^3 \cdot t_w}{12} = (5.426 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

TRIEDA PRIEREZU - PLNÝ PRIEREZ

šírka konzoly pásnice

$$c_f := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 64.7 \text{ mm}$$

trieda prierezu pásnice

$$\frac{c_f}{t_f} = 4.79 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7.29 \quad - \text{ pásnica triedy 1}$$

dĺžka stojiny

$$c_w := h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 526.1 \text{ mm}$$

trieda prierezu stojiny

$$\frac{c_w}{t_w} = 61.17 \leq 83 \cdot \varepsilon = 67.23 \quad - \text{ stojina triedy 2}$$

Prierez je tedy 2.

6.1.1.2 CHARAKTERISTIKY 2 x T-PRIEREZU

Pri niektorých posúdeniach sa bude uvažovať najnepriaznivejší prierez nosníku a to 2 x T-prierez.

plastický prierezový modul k ose y

$$W_{\text{pl.y,2T}} := 2 \cdot \left(b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right) + (d_t + r) \cdot t_w \cdot \left(\frac{h - t_f - \frac{d_t + r}{2}}{2} \right) \right) = (1.76 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3$$

MOMENT ZOTRVAČNOSTI K OSE y

momenty zotrvačnosti k ťažisku prierezu

pásnice

$$I_{\text{pásnice},y} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot t_f^3 + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 \right) = (4.111 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

stojiny

$$I_{\text{stojiny},y} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot t_w \cdot (d_t + r)^3 + t_w \cdot (d_t + r) \cdot \left(\frac{h}{2} - \left(\frac{d_t + r}{2} + t_f \right) \right)^2 \right) = (7.83 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

zaoblenia od valcovania

Najprv sa pričítajú momenty zotrvačnosti štvorcov s dĺžkou strany r a následne sa odčítajú momenty zotrvačnosti štvrtkruhov s polomerom r.

$$I_{\text{štvorce},y} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot r^4 + r^2 \cdot \left(\frac{h - 2 \cdot t_f - r}{2} \right)^2 \right) = (1.321 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$I_{\text{štvrtkruh},y} := 4 \cdot \left(0.0549 \cdot r^4 + \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot \left(\frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} + \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{2} \right)^2 \right) = (1.025 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

moment zotrvačnosti k ose z

$$I_{y,2T} := I_{\text{pásnice},y} + I_{\text{stojiny},y} + I_{\text{štvorce},y} - I_{\text{štvrtkruh},y} = (5.189 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

POROVNANIE MOMENTOV ZOTRVAČNOSTI K OSE y

Porovná sa moment zotrvačnosti k ose y pre 2 x T-prierez s efektívnym momentom zotrvačnosti k ose y a pre výpočet polomeru zotrvačnosti k ose y sa použije menšia hodnota.

porovnanie

$$I_{\text{eff.a.o.},y} = (5.426 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4 > I_{y,2T} = (5.189 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

Použije sa moment zotrvačnosti k ose y pre 2 x T-prierez.

MOMENT ZOTRVAČNOSTI K OSE z

momenty zotrvačnosti k ťažisku prierezu

pásnice

$$I_{\text{pásnice},z} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot t_f \cdot b^3 \right) = (1.312 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

stojina

$$I_{\text{stojiny.z}} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot (d_t + r) \cdot t_w^3 \right) = (7.85 \cdot 10^{-9}) \text{ m}^4$$

zaoblenia od valcovania

Najprv sa pričítajú momenty zotrvačnosti štvorcov s dĺžkou strany r a následne sa odčítajú momenty zotrvačnosti štvrtkruhov s polomerom r.

$$I_{\text{štvorce.z}} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot r^4 + r^2 \cdot \left(\frac{r + t_w}{2} \right)^2 \right) = (4.512 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

$$I_{\text{štvrtkruhy.z}} := 4 \cdot \left(0.0549 \cdot r^4 + \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot \left(\left(r + \frac{t_w}{2} \right) - \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} \right)^2 \right) = (4.148 \cdot 10^{-7}) \text{ m}^4$$

moment zotrvačnosti k ose z

$$I_{z.2T} := I_{\text{pásnice.z}} + I_{\text{stojiny.z}} + I_{\text{štvorce.z}} - I_{\text{štvrtkruhy.z}} = (1.317 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

POLOMERY ZOTRVAČNOSTI

plocha 2 x T-prierezu

$$A_{2T} := 2 \cdot b \cdot t_f + 2 \cdot (d_t + r) \cdot t_w + 4 \cdot r^2 - 4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot r^2}{4} \right) = 6512.2 \text{ mm}^2$$

polomer zotrvačnosti k ose y

$$i_y := \sqrt{\frac{I_{y.2T}}{A_{2T}}} = 282.3 \text{ mm}$$

polomer zotrvačnosti k ose z

$$i_z := \sqrt{\frac{I_{z.2T}}{A_{2T}}} = 45 \text{ mm}$$

MOMENT ZOTRVAČNOSTI VO VOĽNOM KRÚTENÍ

Pri výpočte sa zanedbá zaoblenie prierezu od valcovania a bude uvážené so spolupôsobením horného a dolného T-prierezu

$$I_t := 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot b \cdot t_f^3 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot t_w \cdot (d_t + r)^3 = (2.623 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

VÝSEČOVÝ MOMENT ZOTRVAČNOSTI

Pri výpočte sa zanedbá zaoblenie prierezu od valcovania a bude uvážené so spolupôsobením horného a dolného T-prierezu. Stred šmyku bude totožný s ťažiskom prierezu prelamovaného nosníka, keďže prierez je symetrický podľa oboch osí.

výšečové súradnice

$$\omega_2 := 0 \text{ mm}^2$$

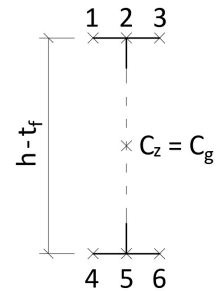
$$\omega_5 := 0 \text{ mm}^2$$

$$\omega_1 := \omega_2 + \frac{(h - t_f)}{2} \cdot \frac{b}{2} = 0.026 \text{ m}^2$$

$$\omega_4 := \omega_2 - \frac{(h - t_f)}{2} \cdot \frac{b}{2} = -0.026 \text{ m}^2$$

$$\omega_3 := \omega_2 - \frac{(h - t_f)}{2} \cdot \frac{b}{2} = -0.026 \text{ m}^2$$

$$\omega_6 := \omega_2 + \frac{(h - t_f)}{2} \cdot \frac{b}{2} = 0.026 \text{ m}^2$$



obr. 47: Body výšečovej súradnice a vzdialenosti stredníc prierezu

výšečový moment zotrvačnosti

$$I_w := 4 \cdot t_f \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot \left(\omega_1^2 \cdot \frac{b}{2} \right) \right) = (1.11 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^6$$

TRIEDA PRIEREZU - 2 x T-PRIEREZ

Horný a dolný T-prierez budú rovnaké. Trieda prierezu pásnice bude rovnaká, ako pre plný prierez.

trieda zvislej časti T-prierezu

$$a_{\text{eff}} = 294 \text{ mm} \leq 32 \cdot t_w \cdot \varepsilon = 222.912 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

$$d_t = 53.05 \text{ mm} \leq \frac{10 \cdot t_w \cdot \varepsilon}{\sqrt{1 - \left(\frac{32 \cdot t_w \cdot \varepsilon}{a_{\text{eff}}} \right)^2}} = 106.838 \text{ mm} \quad \text{- splňa, stojina T-prierezu je triedy 2}$$

Prierez je triedy 2.

6.1.2 NORMÁLOVÁ ÚNOSNOSŤ

6.1.2.1 VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

$$\text{súčinitele podporetia } \beta_y := 1.0$$

$$\beta_z := 1.0$$

vzperná dĺžka

$$L_{\text{cr},y} := \beta_y \cdot L_{\text{nosník}} = 15.95 \text{ m}$$

$$L_{\text{cr},z} := \beta_z \cdot \frac{L_{\text{nosník}}}{4} = 3.988 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda_y := \frac{L_{\text{cr},y}}{i_y} = 56.504$$

$$\lambda_z := \frac{L_{\text{cr},z}}{i_z} = 88.682$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.166$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - zváraný prierez, $t_f \leq 40$ mm, vybočenie kolmo k ose z, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 1.416$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.45$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A_{2T} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1041.104 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.tlak} = 11.6 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 1041.104 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.2.2 ŤAHOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$N_{Rd.ťah} := \frac{(A_{bT} + A_{tT}) \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 2311.837 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.ťah} = 16.57 \text{ kN} \leq N_{Rd.ťah} = 2311.837 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.3 ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ

ÚNOSNOSŤ NOSNÉHO STENOVÉHO PRVKU („BOULENÍ“)

súčiniteľ pre šmyk

$$k_\tau := 5.34 \quad \text{- výstuhy budú v miestach uloženia nosníku}$$

kritické napätie

$$\tau_{cr} := k_\tau \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t_w}{h_w} \right)^2 = 270.8 \text{ MPa}$$

štíhlost stojiny

$$\lambda_w := \sqrt{\frac{f_y}{\frac{\sqrt{3}}{\tau_{cr}}}} = 0.87$$

redukčný súčiniteľ pre netuhé koncové výstupy

$$\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.954$$

šmyková únosnosť plnej stojiny vplyvom „boulení“

$$V_{w.b.Rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 884.8 \text{ kN}$$

PLASTICKÁ ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ PLNEJ STOJINY

účinná plocha v šmyku

$$A_{v,z} := 2 \cdot (b - 2 \cdot c_f) \cdot t_f + h_w \cdot t_w + 4 \cdot r^2 - 4 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 6269 \text{ mm}^2$$

plastická šmyková únosnosť plnej stojiny

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 1284.9 \text{ kN}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ NOSNÍKU A POSÚDENIE

$$V_{o.pl.Rd} := V_{pl.Rd} - \frac{h_o \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 544.6 \text{ kN}$$

$$V_{o.pl.Rd} = 544.6 \text{ kN} < V_{w.b.Rd} = 884.8 \text{ kN} \quad - \text{ nerozhoduje „boulení“}$$

$$V_{z.Ed} = 63 \text{ kN} < 0.5 \cdot V_{o.pl.Rd} = 272.3 \text{ kN} \quad - \text{ malý šmyk - nie je potrebné posúdiť interakciu šmyku a ohybu a ani zohľadniť šmykovú únosnosť zvislých plných stojín}$$

$$V_{z.Ed} = 63 \text{ kN} \leq V_{o.pl.Rd} = 544.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.4 OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

VZDIALENOSŤ ŤAŽISKA T-PRIEREZU K PÁSNIICI

Pomocný bod sa bude pre výpočet nachádzať na osi z a hornom okraji pásnici.

plochy častí prierezu

$$A_{pásnica} := b \cdot t_f = 2430 \text{ mm}^2$$

vzdialenosti častí prierezu

$$z_{pásnica} := \frac{t_f}{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$A_{T,\text{stojina}} := (d_t + r) \cdot t_w = 636.83 \text{ mm}^2 \quad z_{T,\text{stojina}} := \left(\frac{d_t + r}{2} \right) + t_f = 50.5 \text{ mm}$$

$$A_{2,\text{štvoce}} := 2 \cdot r^2 = 882 \text{ mm}^2 \quad z_{2,\text{štvoce}} := \frac{r}{2} + t_f = 24 \text{ mm}$$

$$A_{2,\text{štvrtkruhy}} := 2 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 692.7 \text{ mm}^2 \quad z_{2,\text{štvrtkruhy}} := r + t_f - \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} = 25.6 \text{ mm}$$

celková plocha T-prierezu

$$A_{tT} := A_{\text{pásnica}} + A_{T,\text{stojina}} + A_{2,\text{štvoce}} - A_{2,\text{štvrtkruhy}} = 3256.1 \text{ mm}^2$$

vzdialenosť ťažiska od horného okraja pásnice

$$z_t := \frac{A_{\text{pásnica}} \cdot z_{\text{pásnica}} + A_{T,\text{stojina}} \cdot z_{T,\text{stojina}} + A_{2,\text{štvoce}} \cdot z_{2,\text{štvoce}} - A_{2,\text{štvrtkruhy}} \cdot z_{2,\text{štvrtkruhy}}}{A_{tT}} = 15.98 \text{ mm}$$

Keďže sú T-prierezy symetrické, tak sú rovnaké plochy prierezov a vzdialenosti ťažísk prierezov od jednotlivých pásnic.

$$A_{bT} := A_{tT}$$

$$z_b := z_t$$

PLASTICKÁ OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ NOSNÍKU A POSÚDENIE

$$M_{o,\text{plRd}} := (h - z_b - z_t) \cdot \frac{\left(\min(A_{bT} \cdot f_y, A_{tT} \cdot f_y) \right)}{\gamma_{m0}} = 651 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y,\text{Ed}} = 252.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{o,\text{plRd}} = 651 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

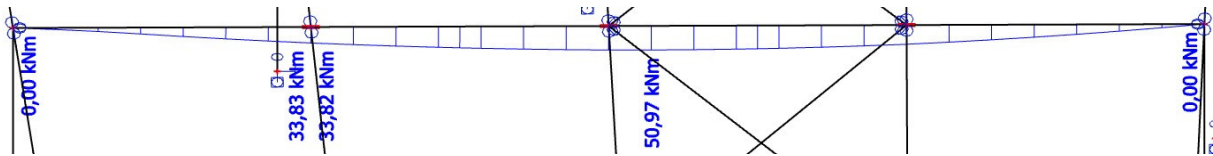
6.1.5 KOMBINÁCIA TLAKU S OHYBOM

Na základe výsledkov nie je potrebné overovať kombináciu tlaku s ohybom, keďže je zrejmé, že nebude rozhodujúca a prierez vyhovie.

6.1.6 KLOPENIE

Proti klopeniu bude nosník pri bezvetří stabilizovaný trapézovým plechom strešného plášťa. Pri saní vetra ku klopeniu bude dochádzať s maximálnym účinkom nastávajúcim v stave 5.

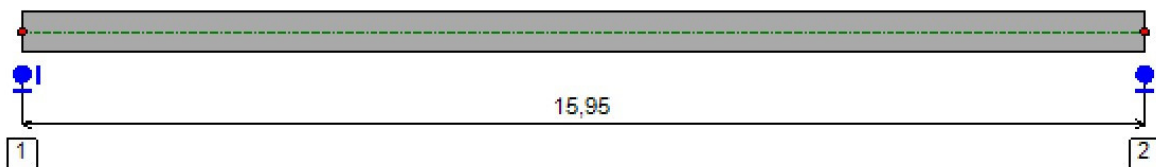
Kritický moment sa vypočíta pomocou programu LT BeamN pre prierez v strede kruhového otvoru nosníku (2 x T-prierez) a pomerná štíhlosť bude vypočítaná s použitím prierezových charakteristík pre tento prierez. Pri stanovení hodnoty vzpernostného súčiniteľa sa použije krivka vzpernosti c, keďže sa jedná o prelamaný nosník so symetrickým prierezom k oboj osiam vyrobený z valcovaných profilov.



obr. 48: Ohybový moment v smere y, NK6

ohybový moment vznikajúci pri saní vetra $M_{Ed.sanie} := 50.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$

VÝPOČET KRITICKÉHO MOMENTU V PROGRAME LT BEAMN



obr. 49: Model nosníku v programe LTBeamN s podopretím

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	11,17	161,16	9,251	0	9,251

obr. 50: Tabuľka s výsledkom kritického momentu

kritický moment $M_{cr} := 161.16 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOSŤ A POSÚDENIE

pomeraná štíhlosť

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y,2T} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.969$$

súčiniteľ imperfekcie pri klopení $\alpha_{LT} := 0.49$ - krivka klopenia c

hodnota pre výpočet súčiniteľa klopenia

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 2.872$$

súčiniteľ klopenia

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0.202 \leq 1.0$$

$$\leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 0.258$$

návrhový moment únosnosti na klopenie

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{pl,y,2T} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m1}} = 125.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{\text{Ed.sanie}} = 50.97 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq M_{\text{b.Rd}} = 125.9 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.7 ODOLNOSŤ T-PRIEREZU VO VIERENDEELOVOM OHYBE

vzdialenosť sekcie nosníka (otvor + stojina)

$$s_p := h_o + s_o = 525 \text{ mm}$$

uhol ϕ_{max}

$$\phi_{\text{max}} := \text{atan}\left(\frac{s_p}{h}\right) = 41.419^\circ$$

dĺžka náhradného pásu vierendeelovho nosníka

$$L_{\text{vier}} := \frac{s_p}{2} = 262.5 \text{ mm}$$

polovica výšky Vierendeelovho nosníka

$$h_{\text{vier}} := \frac{h - 2 \cdot z_t}{2} = 281.6 \text{ mm}$$

vnútorné sily pre Vierendeelovu analógiu

$$N_{\text{m.Ed}} := \frac{M_{y,\text{Ed}}}{h} = 423.8 \text{ kN}$$

$$V_{\text{m.Ed}} := \frac{V_{z,\text{Ed}}}{2} = 31.5 \text{ kN}$$

Pre väčšiu prehľadnosť bude posúdenie pre jednotlivé rezy po 5° vykonané v tabuľkách. Postup výpočtu bude rovnaký, ako v kapitole 3.2.4. Pri výpočtoch sa zanedbá zaoblenie prierezu.

rez č.	uhol od zvislice ϕ (°)	$N_{\phi,Ed}$ (kN)	$V_{\phi,Ed}$ (kN)	rameno $V_{\phi,Ed} r_{vier}$ (mm)	$M_{\phi,Ed}$ (kNm)	t_{ϕ} (mm)	$h_{w\phi}$ (mm)	$d_{t\phi}$ (mm)	plocha prierezu $A_{t\phi}$ (mm ²)	pomer c/t_{ϕ}	stojina tr. 2 $d_t \leq \frac{10w_{t\phi}}{\sqrt{1 - \left(\frac{22w_{t\phi}}{c_{eff}}\right)^2}}$	stojina tr. 3 $d_t \leq \frac{14w_{t\phi}}{\sqrt{1 - \left(\frac{26w_{t\phi}}{c_{eff}}\right)^2}}$	trieda prierezu	vzdialenosť ťažiska z t ϕ (mm)	moment zotrvač. I ϕ (mm ⁴)	polomer zotrvač. i ϕ (mm)
1	-41,419	338,64	256,75	-248,43	-7,83	18,00	168,79	129,79	4692,04	3,59	nesplňa	splňa	3	37,89	12278245,36	51,15
2	-40	344,90	248,28	-236,29	-7,44	17,62	160,80	122,18	4555,03	3,67	nesplňa	splňa	3	35,90	10726558,60	48,53
3	-35	365,22	217,28	-197,18	-6,21	16,48	136,76	99,28	4142,63	3,93	nesplňa	splňa	3	29,99	6844784,85	40,65
4	-30	382,77	184,62	-162,58	-5,12	15,59	117,99	81,40	3820,66	4,15	splňa	-	2	25,53	4558567,94	34,54
5	-25	397,41	150,56	-131,31	-4,14	14,90	103,41	67,52	3570,57	4,34	splňa	-	2	22,18	3179175,18	29,84
6	-20	409,02	115,35	-102,49	-3,23	14,37	92,28	56,91	3379,56	4,50	splňa	-	2	19,70	2334255,66	26,28
7	-15	417,51	79,26	-75,45	-2,38	13,98	84,07	49,09	3238,72	4,63	splňa	-	2	17,93	1816473,06	23,68
8	-10	422,83	42,57	-49,65	-1,56	13,71	78,43	43,72	3142,00	4,72	splňa	-	2	16,74	1508706,05	21,91
9	-5	424,93	5,56	-24,64	-0,78	13,55	75,14	40,58	3085,44	4,77	splňa	-	2	16,06	1345789,81	20,88
10	0	423,80	31,50	0,00	0,00	13,50	74,05	39,55	3066,83	4,79	splňa	-	2	15,84	1294829,35	20,55
11	5	419,44	68,32	24,64	0,78	13,55	75,14	40,58	3085,44	4,77	splňa	-	2	16,06	1345789,81	20,88
12	10	411,89	104,61	49,65	1,56	13,71	78,43	43,72	3142,00	4,72	splňa	-	2	16,74	1508706,05	21,91
13	15	401,21	140,11	75,45	2,38	13,98	84,07	49,09	3238,72	4,63	splňa	-	2	17,93	1816473,06	23,68
14	20	387,47	174,55	102,49	3,23	14,37	92,28	56,91	3379,56	4,50	splňa	-	2	19,70	2334255,66	26,28
15	25	370,78	207,65	131,31	4,14	14,90	103,41	67,52	3570,57	4,34	splňa	-	2	22,18	3179175,18	29,84
16	30	351,27	239,18	162,58	5,12	15,59	117,99	81,40	3820,66	4,15	splňa	-	2	25,53	4558567,94	34,54
17	35	329,09	268,88	197,18	6,21	16,48	136,76	99,28	4142,63	3,93	nesplňa	splňa	3	29,99	6844784,85	40,65
18	40	304,40	296,54	236,29	7,44	17,62	160,80	122,18	4555,03	3,67	nesplňa	splňa	3	35,90	10726558,60	48,53
19	41,419	296,96	303,99	248,43	7,83	18,00	168,79	129,79	4692,04	3,59	nesplňa	splňa	3	37,89	12278245,36	51,15

obr. 51: Tabuľka rezov pre posúdenie T-prierezov vo Vierendeelovom ohybe

rez č.	$V_{\phi,pl,Rd}$ (kN)	50% $V_{\phi,pl,Rd}$ (kN)	použitie redukovanej medze kľuzu	redukčný súčiniteľ ρ	medza kľuzu f_y (MPa)	šťíhlosť λ_{ϕ}	pomeraná šťíhlosť $\bar{\lambda}_{\phi}$	pomocná hodnota Φ	súčiniteľ vzpernosti χ	$N_{\phi,Rd}$ (kN)	$N_{\phi,Ed}/N_{\phi,Rd}$	prierezový modul W_{ϕ} (mm ³)	$M_{\phi,Rd}$ (kNm)	$M_{\phi,Ed}/M_{\phi,Rd}$	kombinácia $N_{\phi,Ed}/N_{\phi,Rd} +$ $M_{\phi,Ed}/M_{\phi,Rd}$
1	484,2	242,1	áno	0,004	353,702	4,618	0,061	0,478	1,0	1659,6	0,204	82462,1	29,2	0,268	0,472
2	466,2	233,1	áno	0,004	353,494	4,868	0,064	0,479	1,0	1610,2	0,214	75259,3	26,6	0,280	0,494
3	412,0	206,0	áno	0,003	353,934	5,812	0,076	0,482	1,0	1466,2	0,249	55536,8	19,7	0,316	0,565
4	369,6	184,8	áno	0,000	355,000	6,840	0,090	0,485	1,0	1356,3	0,282	99548,8	35,3	0,145	0,427
5	336,8	168,4	nie	-	355	7,917	0,104	0,489	1,0	1267,6	0,314	79012,2	28,0	0,147	0,461
6	311,6	155,8	nie	-	355	8,989	0,118	0,493	1,0	1199,7	0,341	64760,5	23,0	0,140	0,481
7	293,1	146,6	nie	-	355	9,976	0,131	0,497	1,0	1149,7	0,363	55063,1	19,5	0,122	0,485
8	280,4	140,2	nie	-	355	10,781	0,142	0,500	1,0	1115,4	0,379	48807,8	17,3	0,090	0,469
9	273,0	136,5	nie	-	355	11,312	0,149	0,502	1,0	1095,3	0,388	45304,7	16,1	0,048	0,436
10	270,5	135,3	nie	-	355	11,498	0,151	0,503	1,0	1088,7	0,389	44177,0	15,7	0,000	0,389
11	273,0	136,5	nie	-	355	11,312	0,149	0,502	1,0	1095,3	0,383	45304,7	16,1	0,048	0,431
12	280,4	140,2	nie	-	355	10,781	0,142	0,500	1,0	1115,4	0,369	48807,8	17,3	0,090	0,460
13	293,1	146,6	nie	-	355	9,976	0,131	0,497	1,0	1149,7	0,349	55063,1	19,5	0,122	0,471
14	311,6	155,8	áno	0,014	349,875	8,989	0,118	0,493	1,0	1182,4	0,328	64760,5	22,7	0,142	0,470
15	336,8	168,4	áno	0,054	335,689	7,917	0,104	0,489	1,0	1198,6	0,309	79012,2	26,5	0,156	0,465
16	369,6	184,8	áno	0,086	324,295	6,840	0,090	0,485	1,0	1239,0	0,284	99548,8	32,3	0,159	0,442
17	412,0	206,0	áno	0,093	321,904	5,812	0,076	0,482	1,0	1333,5	0,247	55536,8	17,9	0,347	0,594
18	466,2	233,1	áno	0,074	328,704	4,868	0,064	0,479	1,0	1497,3	0,203	75259,3	24,7	0,301	0,504
19	484,2	242,1	áno	0,065	331,808	4,618	0,061	0,478	1,0	1556,9	0,191	82462,1	27,4	0,286	0,477

obr. 52: Tabuľka rezov pre posúdenie T-prierezov vo Vierendeelovom ohybe - pokračovanie

6.1.8 POSÚDENIE STABILITY STOJINY MEDZI OTVORMI

Posúdi sa alternatívnou metódou pre nosníky s kruhovými otvormi, pokiaľ nosník splní nasledujúce podmienky.

$$s_o = 105 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

$$0.1 \leq \frac{s_o}{h_o} = 0.25 \leq 0.5 \quad \text{splňa}$$

$$h_o = 420 \text{ mm} \leq 60 \cdot t_w \cdot \varepsilon = 417.96 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

$$1.3 \leq \frac{t_f}{t_w} = 1.57 \leq 2.0 \quad \text{splňa}$$

Keďže nosník nespĺnil všetky podmienky pre použitie alternatívnej metódy, posúdi sa bežnou metódou.

PODMIENKA PRE VZDIALENÉ OTVORY

$$h_o = 420 \text{ mm} < s_o = 105 \text{ mm} \quad \text{nesplňa}$$

Otvory je možné považovať za blízke.

VNÚTORNÉ SILY

$M_{wp.Ed} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$ - symetrické otvory bez excentricity od osi nosníku

počet stojín vo Vierendeelovej analógii

$$n_{stojiny} := n_o + 1 = 31$$

rozdiel normálových síl vo Vierendeelovej analógii v hornej aj spodnej pásnici

$$\Delta N_{Ed,t} := \frac{N_{m.Ed}}{\frac{n_{stojiny} - 1}{2}} = 28.3 \text{ kN}$$

$$\Delta N_{Ed,b} := \Delta N_{Ed,t}$$

posúvajúca sila v stojine

$$V_{wp.Ed} := \Delta N_{Ed,t} = 28.3 \text{ kN}$$

normálová sila v stojine

$$N_{wp.Ed} := \max \left(V_{wp.Ed} + 2 \cdot \frac{M_{wp.Ed}}{h_o}, V_{wp.Ed} - 2 \cdot \frac{M_{wp.Ed}}{h_o} \right) = 28.3 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST NOSNÉHO STENOVÉHO PRVKU („BOULENÍ“)

relativná štíhlost stojiny

$$\lambda_{wp} := \frac{1.75 \cdot \sqrt{s_o^2 + h_o^2}}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.158 \leq \frac{2.4 \cdot h_o}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.541 \quad \text{splňa}$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - zváraný prierez, $t_f \leq 40$ mm, vybočenie kolmo k ose z, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{wp} - 0.2) + \lambda_{wp}^2) = 1.406$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi_{wp} := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,p}^2}} = 0.356$$

Keďže sú oba T-prierezy z rovnakého profilu, tak platí $t_{wt,T} := t_w$ a $t_{wb,T} := t_w$.

návrhová únosnosť

$$N_{wp,Rd} := \chi_{wp} \cdot s_o \cdot \frac{\min(t_{wt,T} \cdot f_y, t_{wb,T} \cdot f_y)}{\gamma_{m1}} = 114.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{wp,Ed} = 28.3 \text{ kN} \leq N_{wp,Rd} = 114.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ

návrhová únosnosť

$$V_{wp,Rd} := s_o \cdot \frac{\min(t_{wt,T} \cdot f_y, t_{wb,T} \cdot f_y)}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 185.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{wp,Ed} = 28.3 \text{ kN} \leq V_{wp,Rd} = 185.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.9 POŽIADAVKY NA DÍŽKU STOJINY PRI PODPORE

Norma udáva požiadavky na dĺžku koncovej stojiny. Koncová stojina musí byť zabezpečená tuhým spojom proti klopeniu cez výšku aspoň $0.8 \cdot h$. Pre prelamované prosté nosníky by mala byť splnená nasledujúca požiadavka minimálnej dĺžky stojiny. V prípade, že by nebola splnená a dĺžka by bola menšia, posúdi sa šmyková únosnosť stojiny v „boulení“ v zvislom smere s použitím krivky a. Výpočet šmykovej únosnosti stojiny nezáleží na konkrétnej dĺžke stojiny, ale od druhu prípoja, a preto sa výpočet uvedie. Pokiaľ by bola dĺžka stojiny väčšia, než h_o , je nutné posúdiť šmykovú únosnosť stojiny v „boulení“ (vo vodorovnom smere).

požiadavka na minimálnu dĺžku stojiny

$$s_e := 0.25 \cdot h_o = 105 \text{ mm}$$

maximálna dĺžka bez nutnosti posúdenia šmykovej únosnosti v „boulení“

$$h_o = 420 \text{ mm}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ VO ZVISLOM „BOULENÍ“

efektívna šírka koncovej stojiny

Prípoj nosníku na stĺp bude realizovaný doskou so skrutkovanými spojmi.

$$s_{e,\text{eff}} := 1.5 \cdot s_e = 157.5 \text{ mm}$$

$$s_{e,\text{eff}} = 157.5 \text{ mm} \leq 1.5 \cdot h_o = 630 \text{ mm} \quad \text{splňa}$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

relatívna štíhlosť stojiny

$$\lambda_{\text{ep,rel}} := \frac{1.75 \cdot \sqrt{s_{e,\text{eff}}^2 + h_o^2}}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.2$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.21$ - krivka a

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{\text{wp}} - 0.2) + \lambda_{\text{wp}}^2) = 1.271$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi_{\text{ep}} := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{\text{ep,rel}}^2}} = 0.591$$

návrhová únosnosť

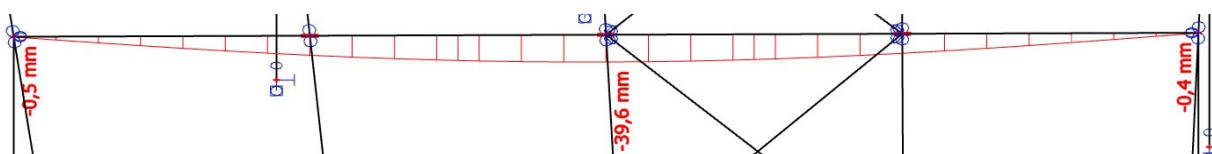
$$N_{\text{ep,Rd}} := \chi_{\text{ep}} \cdot s_e \cdot \frac{t_w \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 189.5 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{z,\text{Ed}} = 63 \text{ kN} \leq N_{\text{ep,Rd}} = 189.5 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.1.10 MEDZNÝ STAV POUŽITEĽNOSTI

PRIEHYB



obr. 53: Deofrmácia vo zvislom smere, NK 12

priehyb vo zvislom smere $u_z := 39.6 \text{ mm} - \frac{0.5 \text{ mm} + 0.4 \text{ mm}}{2} = 39.2 \text{ mm}$

$s_o = 105 \text{ mm} \leq 0.35 \cdot h_o = 147 \text{ mm}$

$w_{\text{add}} := 3.5 \cdot n_o \cdot \left(\frac{h_o}{h}\right)^3 \cdot \left(\frac{h_o}{s_o}\right) \cdot \left(\frac{h}{L_{\text{nosník}}}\right)^2 = 0.206$

$w_z := u_z + u_z \cdot w_{\text{add}} = 47.2 \text{ mm}$

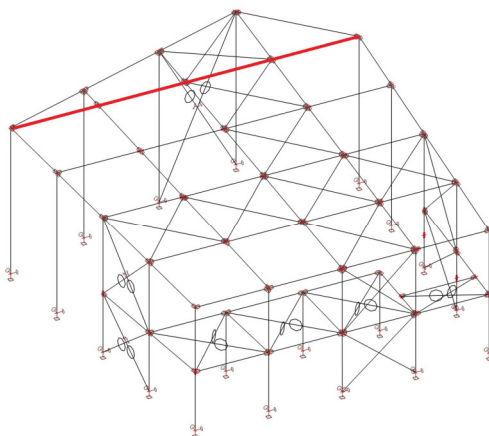
limitný priehyb

$\delta_{\text{lim}} := \frac{L_{\text{nosník}}}{250} = 63.8 \text{ mm}$

posúdenie

$w_z = 47.2 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = 63.8 \text{ mm}$ vyhovuje

6.2 NAJDLHŠÍ STREŠNÝ NOSNÍK

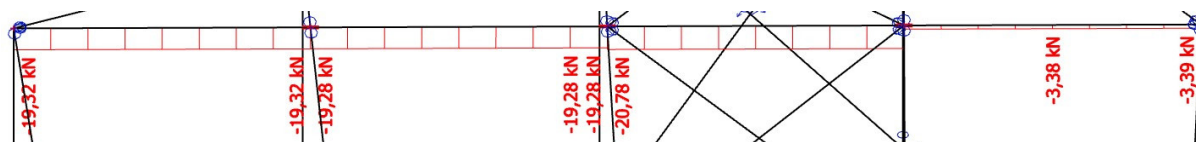


obr. 54: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

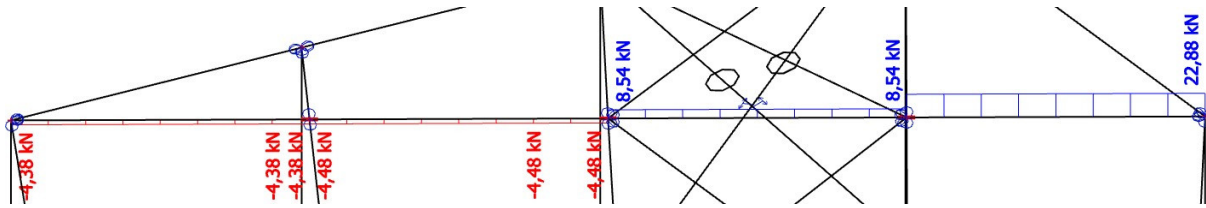
dĺžka nosníka $L_{\text{nosník}} := 16.6 \text{ m}$

6.2.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

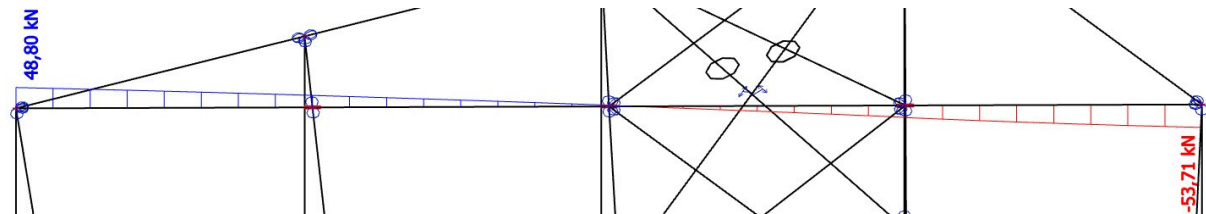
VNÚTORNÉ SILY



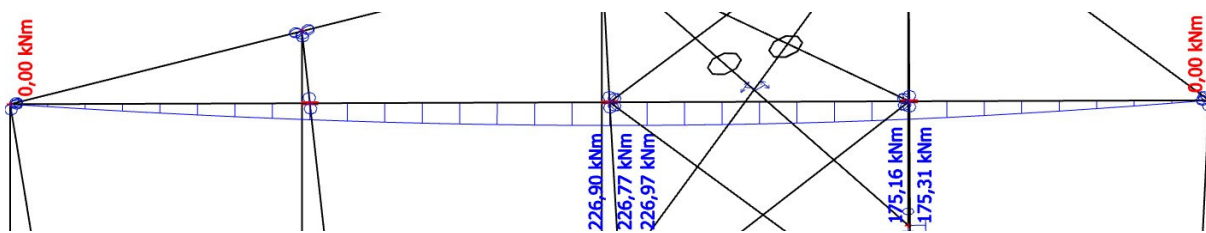
obr. 55: Tlaková sila, NK8



obr. 56: Tahová sila, NK5



obr. 57: Posúvajúca sila v smere z, NK1



obr. 58: Ohybový moment v smere y, NK1

maximálne vnútorné sily $N_{Ed.tlak} := 20.78 \text{ kN}$

$N_{Ed.tah} := 22.88 \text{ kN}$

$V_{z.Ed} := 53.71 \text{ kN}$

$M_{y.Ed} := 226.90 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRH

Navrhujeme nosník ACB IPE 400, typ: strešný nosník, oceľ S355.

6.2.1.1 CHARAKTERISTIKY PRELAMOVANÉHO NOSNÍKU

CHARAKTERISTIKY

Keďže sa jedná o rovnaký nosník, väčšina charakteristík bude rovnaká, ako v kapitole 6.1.1. Nižšie sa vypočítajú iba charakteristiky, ktorých hodnoty budú od nich odlišné.

počet otvorov

$$n_{pom} := \frac{L_{nosník}}{s_o + h_o} = 31.619 \quad - \text{z toho vyplýva } n_o := 31$$

EFEKTÍVNY MOMENT ZOTRVAČNOSTI K OSE y

$$\frac{L_{nosník}}{h} = 27.894 \geq 18$$

momenty zotrvačnosti k ťažisku prierezu

pásnice

$$I_{\text{pásnice},y} := 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot t_f^3 + b \cdot t_f \cdot \left(\frac{h - t_f}{2} \right)^2 \right) = (4.111 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

stojina

$$I_{\text{stojina},y} := \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot (h - 2 \cdot t_f)^3 = (1.314 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

zaoblenia od valcovania

Najprv sa pričítajú momenty zotrvačnosti štvorcov s dĺžkou strany r a následne sa odčítajú momenty zotrvačnosti štvrtkruhov s polomerom r .

$$I_{\text{štvorce},y} := 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot r^4 + r^2 \cdot \left(\frac{h - 2 \cdot t_f - r}{2} \right)^2 \right) = (1.321 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

$$I_{\text{štvrtkruhy},y} := 4 \cdot \left(0.0549 \cdot r^4 + \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot \left(\frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} + \frac{h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r}{2} \right)^2 \right) = (1.025 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

moment zotrvačnosti plného prierezu

$$I_{a,y} := I_{\text{pásnice},y} + I_{\text{stojina},y} + I_{\text{štvorce},y} - I_{\text{štvrtkruhy},y} = (5.72 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

efektívna dĺžka otvoru

$$a_{\text{eff}} := 0.7 h_o = 294 \text{ mm} \quad - \text{ kruhové otvory}$$

efektívny moment zotrvačnosti k ose y

$$I_{\text{eff.a.o},y} := I_{a,y} - n_o \cdot \left(\frac{a_{\text{eff}}}{L_{\text{nosník}}} \right) \cdot \frac{h_o^3 \cdot t_w}{12} = (5.429 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^4$$

6.2.1.2 CHARAKTERISTIKY 2 x T-PRIEREZU

Charakteristiky budú rovnaké, ako v kapitole 6.1.2.

6.2.2 NORMÁLOVÁ ÚNOSNOŠŤ

Na základe výpočtov v kapitole 6.2 je zrejmé, že prierez vyhovie. Preto nebude posudzovaná ani kombinácia namáhania tlaku s ohybom.

6.2.3 ŠMYKOVÁ ÚNOSNOŠŤ

ÚNOSNOŠŤ NOSNÉHO STENOVÉHO PRVKU („BOULENÍ“)

súčiniteľ pre šmyk

$$k_{\tau} := 5.34 \quad - \text{ výstupy budú v miestach uloženia nosníku}$$

kritické napätie

$$\tau_{cr} := k_t \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t_w}{h_w} \right)^2 = 270.8 \text{ MPa}$$

štíhlosť stojiny

$$\lambda_w := \sqrt{\frac{f_y}{\frac{\sqrt{3}}{\tau_{cr}}}} = 0.87$$

redukčný súčiniteľ pre netuhé koncové výstupy

$$\chi_w := \frac{0.83}{\lambda_w} = 0.954$$

šmyková únosnosť plnej stojiny vplyvom „boulení“

$$V_{w.b.Rd} := \frac{\chi_w \cdot f_y \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m1}} = 884.8 \text{ kN}$$

PLASTICKÁ ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ PLNEJ STOJINY

účinná plocha v šmyku

$$A_{v,z} := 2 \cdot (b - 2 \cdot c_f) \cdot t_f + h_w \cdot t_w + 4 \cdot r^2 - 4 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 6269 \text{ mm}^2$$

plastická šmyková únosnosť plnej stojiny

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 1284.9 \text{ kN}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ NOSNÍKU A POSÚDENIE

$$V_{o.pl.Rd} := V_{pl.Rd} - \frac{h_o \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 544.6 \text{ kN}$$

$$V_{o.pl.Rd} = 544.6 \text{ kN} < V_{w.b.Rd} = 884.8 \text{ kN} \quad \text{- nerozhoduje „boulení“}$$

$$V_{z.Ed} = 53.71 \text{ kN} < 0.5 \cdot V_{o.pl.Rd} = 272.3 \text{ kN} \quad \text{- malý šmyk - nie je potrebné posúdiť interakciu šmyku a ohybu a ani zohľadniť šmykovú únosnosť zvislých plných stojín}$$

$$V_{z.Ed} = 53.71 \text{ kN} \leq V_{o.pl.Rd} = 544.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.4 OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

VZDIALENOSŤ ŤAŽISKA T-PRIEREZU K PÁSNICI

Pomocný bod sa bude pre výpočet nachádzať na osi z a hornom okraji pásnici.

plochy častí prierezu

$$A_{\text{pásnica}} := b \cdot t_f = 2430 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{T.stojina}} := (d_t + r) \cdot t_w = 636.83 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{2.štvorce}} := 2 \cdot r^2 = 882 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{2.štvrtkruhy}} := 2 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{4} = 692.7 \text{ mm}^2$$

vzdialenosti častí prierezu

$$z_{\text{pásnica}} := \frac{t_f}{2} = 6.8 \text{ mm}$$

$$z_{\text{T.stojina}} := \left(\frac{d_t + r}{2} \right) + t_f = 50.5 \text{ mm}$$

$$z_{\text{2.štvorce}} := \frac{r}{2} + t_f = 24 \text{ mm}$$

$$z_{\text{2.štvrtkruhy}} := r + t_f - \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi} = 25.6 \text{ mm}$$

celková plocha T-prierezu

$$A_{\text{tT}} := A_{\text{pásnica}} + A_{\text{T.stojina}} + A_{\text{2.štvorce}} - A_{\text{2.štvrtkruhy}} = 3256.1 \text{ mm}^2$$

vzdialenosť ťažiska od horného okraja pásnice

$$z_t := \frac{A_{\text{pásnica}} \cdot z_{\text{pásnica}} + A_{\text{T.stojina}} \cdot z_{\text{T.stojina}} + A_{\text{2.štvorce}} \cdot z_{\text{2.štvorce}} - A_{\text{2.štvrtkruhy}} \cdot z_{\text{2.štvrtkruhy}}}{A_{\text{tT}}} = 15.98 \text{ mm}$$

Keďže sú T-prierezy symetrické, tak sú rovnaké plochy prierezov a vzdialenosti ťažísk prierezov od jednotlivých pásnic.

$$A_{\text{bT}} := A_{\text{tT}}$$

$$z_b := z_t$$

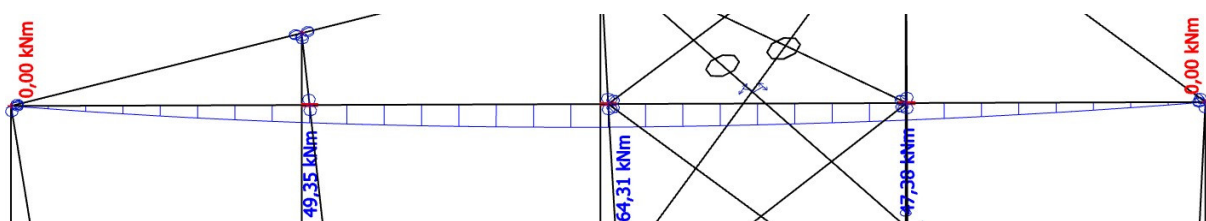
PLASTICKÁ OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ NOSNÍKU A POSÚDENIE

$$M_{\text{o.plRd}} := (h - z_b - z_t) \cdot \frac{\min(A_{\text{bT}} \cdot f_y, A_{\text{tT}} \cdot f_y)}{\gamma_{\text{m0}}} = 651 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{y.Ed}} = 226.9 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{\text{o.plRd}} = 651 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.5 KLOPENIE

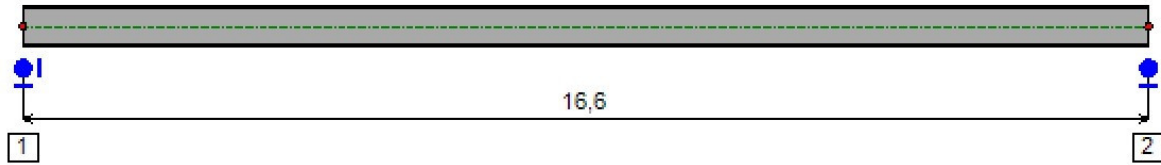
Proti klopeniu bude nosník pri bezvetrí stabilizovaný trapézovým plechom strešného plášťa. Pri saní vetra ku klopeniu bude dochádzať s maximálnym účinkom nastávajúcim v stave 1. Kritický moment sa vypočíta pomocou programu LT BeamN.



obr. 59: Ohybový moment v smere y, NK2

ohybový moment vznikajúci pri saní vetra $M_{Ed, sanie} := 64.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$

VÝPOČET KRITICKÉHO MOMENTU V PROGRAME LT BEAMN



obr. 60: Model nosníku v programe LTBeamN s podopretím

Mode	μ_{cr}	$M_{max, cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max, cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	9,936	155,21	9,628	0	9,628

obr. 61: Tabuľka s výsledkom kritického momentu

kritický moment

$$M_{cr} := 155.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOSŤ A POSÚDENIE

pomerná štíhlosť

$$\lambda_{LT} := \sqrt{\frac{W_{pl,y,2T} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 2.006$$

súčiniteľ imperfekcie pri klopení $\alpha_{LT} := 0.49$ - krivka klopenia c

hodnota pre výpočet súčiniteľa klopenia

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2) = 2.955$$

súčiniteľ klopenia

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = 0.195 \leq 1.0$$

$$\leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = 0.248$$

návrhový moment únosnosti na klopenie

$$M_{b,Rd} := \chi_{LT} \cdot W_{pl,y,2T} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m1}} = 121.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{Ed, sanie} = 64.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{b,Rd} = 121.9 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.6 ODOLNOSŤ T-PRIEREZU VO VIERENDEELOVOM OHYBE

vzdialenosť sekcie nosníka (otvor + stojina)

$$s_p := h_o + s_o = 525 \text{ mm}$$

uhol ϕ_{max}

$$\phi_{max} := \text{atan} \left(\frac{s_p}{h} \right) = 41.419^\circ$$

dĺžka náhradného pásu vierendeelovho nosníka

$$L_{vier} := \frac{s_p}{2} = 262.5 \text{ mm}$$

polovica výšky Vierendeelovho nosníka

$$h_{vier} := \frac{h - 2 \cdot z_t}{2} = 281.6 \text{ mm}$$

vnútorné sily pre Vierendeelovu analógiu

$$N_{m.Ed} := \frac{M_{y.Ed}}{h} = 381.3 \text{ kN}$$

$$V_{m.Ed} := \frac{V_{z.Ed}}{2} = 26.9 \text{ kN}$$

Pre väčšiu prehľadnosť bude posúdenie pre jednotlivé rezy po 5° vykonané v tabuľkách. Postup výpočtu bude rovnaký, ako v kapitole 3.2.4. Pri výpočtoch sa zanedbá zaoblenie prierezu.

rez č.	uhol od zvislice ϕ (°)	$N_{\phi,Ed}$ (kN)	$V_{\phi,Ed}$ (kN)	rameno $V_{\phi,Ed}$ r_{vier} (mm)	$M_{\phi,Ed}$ (kNm)	t_{ϕ} (mm)	$h_{w\phi}$ (mm)	d_{ϕ} (mm)	plocha prierezu A_{ϕ} (mm ²)	pomer c/t_{ϕ}	stojina tr. 2 $d_s \leq \frac{100 \cdot e}{\sqrt{1 - \left(\frac{22 \cdot e \cdot e}{t_{\phi}^2}\right)^2}}$	stojina tr. 3 $d_s \leq \frac{140 \cdot e}{\sqrt{1 - \left(\frac{26 \cdot e \cdot e}{t_{\phi}^2}\right)^2}}$	trieda prierezu	vzdialenosť ťažiska z t _φ (mm)	moment zotrvač. I _φ (mm ⁴)	polomer zotrvač. i _φ (mm)
1	-41,419	303,73	232,08	-248,43	-7,83	18,00	168,79	129,79	4692,04	3,59	nesplňa	splňa	3	37,89	12278245,36	51,15
2	-40	309,38	224,49	-236,29	-7,44	17,62	160,80	122,18	4555,03	3,67	nesplňa	splňa	3	35,90	10726558,60	48,53
3	-35	327,77	196,67	-197,18	-6,21	16,48	136,76	99,28	4142,63	3,93	nesplňa	splňa	3	29,99	6844784,85	40,65
4	-30	343,67	167,35	-162,58	-5,12	15,59	117,99	81,40	3820,66	4,15	splňa	-	2	25,53	4558567,94	34,54
5	-25	356,94	136,76	-131,31	-4,14	14,90	103,41	67,52	3570,57	4,34	splňa	-	2	22,18	3179175,18	29,84
6	-20	367,51	105,13	-102,49	-3,23	14,37	92,28	56,91	3379,56	4,50	splňa	-	2	19,70	2334255,66	26,28
7	-15	375,27	72,70	-75,45	-2,38	13,98	84,07	49,09	3238,72	4,63	splňa	-	2	17,93	1816473,06	23,68
8	-10	380,18	39,72	-49,65	-1,56	13,71	78,43	43,72	3142,00	4,72	splňa	-	2	16,74	1508706,05	21,91
9	-5	382,19	6,43	-24,64	-0,78	13,55	75,14	40,58	3085,44	4,77	splňa	-	2	16,06	1345789,81	20,88
10	0	381,30	26,90	0,00	0,00	13,50	74,05	39,55	3066,83	4,79	splňa	-	2	15,84	1294829,35	20,55
11	5	377,50	60,03	24,64	0,78	13,55	75,14	40,58	3085,44	4,77	splňa	-	2	16,06	1345789,81	20,88
12	10	370,84	92,70	49,65	1,56	13,71	78,43	43,72	3142,00	4,72	splňa	-	2	16,74	1508706,05	21,91
13	15	361,35	124,67	75,45	2,38	13,98	84,07	49,09	3238,72	4,63	splňa	-	2	17,93	1816473,06	23,68
14	20	349,10	155,69	102,49	3,23	14,37	92,28	56,91	3379,56	4,50	splňa	-	2	19,70	2334255,66	26,28
15	25	334,21	185,52	131,31	4,14	14,90	103,41	67,52	3570,57	4,34	splňa	-	2	22,18	3179175,18	29,84
16	30	316,77	213,95	162,58	5,12	15,59	117,99	81,40	3820,66	4,15	splňa	-	2	25,53	4558567,94	34,54
17	35	296,91	240,74	197,18	6,21	16,48	136,76	99,28	4142,63	3,93	nesplňa	splňa	3	29,99	6844784,85	40,65
18	40	274,80	265,70	236,29	7,44	17,62	160,80	122,18	4555,03	3,67	nesplňa	splňa	3	35,90	10726558,60	48,53
19	41,419	268,14	272,43	248,43	7,83	18,00	168,79	129,79	4692,04	3,59	nesplňa	splňa	3	37,89	12278245,36	51,15

obr. 62: Tabuľka rezov pre posúdenie T-prierezov vo Vierence/lovom ohybe

rez č.	$V_{\phi,pl,Rd}$ (kN)	50% $V_{\phi,pl,Rd}$ (kN)	použitie redukovanej medze kizu	redukčný súčiniteľ ρ	medza kizu f_y (MPa)	šťíhlosť λ_{ϕ}	pomerná šťíhlosť $\bar{\lambda}_{\phi}$	pomocná hodnota Φ	súčiniteľ vzpernosti χ	$N_{\phi,Rd}$ (kN)	$N_{\phi,Ed}/N_{\phi,Rd}$	prierezový modul W_{ϕ} (mm ³)	$M_{\phi,Rd}$ (kNm)	$M_{\phi,Ed}/M_{\phi,Rd}$	kombinácia $N_{\phi,Ed}/N_{\phi,Rd} +$ $M_{\phi,Ed}/M_{\phi,Rd}$
1	484,2	242,1	nie	-	355	4,618	0,061	0,478	1,0	1665,7	0,182	82462,1	29,3	0,267	0,450
2	466,2	233,1	nie	-	355	4,868	0,064	0,479	1,0	1617,0	0,191	75259,3	26,7	0,279	0,470
3	412,0	206,0	nie	-	355	5,812	0,076	0,482	1,0	1470,6	0,223	55536,8	19,7	0,315	0,538
4	369,6	184,8	nie	-	355	6,840	0,090	0,485	1,0	1356,3	0,253	99548,8	35,3	0,145	0,398
5	336,8	168,4	nie	-	355	7,917	0,104	0,489	1,0	1267,6	0,282	79012,2	28,0	0,147	0,429
6	311,6	155,8	nie	-	355	8,989	0,118	0,493	1,0	1199,7	0,306	64760,5	23,0	0,140	0,447
7	293,1	146,6	nie	-	355	9,976	0,131	0,497	1,0	1149,7	0,326	55063,1	19,5	0,122	0,448
8	280,4	140,2	nie	-	355	10,781	0,142	0,500	1,0	1115,4	0,341	48807,8	17,3	0,090	0,431
9	273,0	136,5	nie	-	355	11,312	0,149	0,502	1,0	1095,3	0,349	45304,7	16,1	0,048	0,397
10	270,5	135,3	nie	-	355	11,498	0,151	0,503	1,0	1088,7	0,350	44177,0	15,7	0,000	0,350
11	273,0	136,5	nie	-	355	11,312	0,149	0,502	1,0	1095,3	0,345	45304,7	16,1	0,048	0,393
12	280,4	140,2	nie	-	355	10,781	0,142	0,500	1,0	1115,4	0,332	48807,8	17,3	0,090	0,423
13	293,1	146,6	nie	-	355	9,976	0,131	0,497	1,0	1149,7	0,314	55063,1	19,5	0,122	0,436
14	311,6	155,8	nie	-	355	8,989	0,118	0,493	1,0	1199,7	0,291	64760,5	23,0	0,140	0,431
15	336,8	168,4	áno	0,010	351,321	7,917	0,104	0,489	1,0	1254,4	0,266	79012,2	27,8	0,149	0,415
16	369,6	184,8	áno	0,025	346,186	6,840	0,090	0,485	1,0	1322,7	0,239	99548,8	34,5	0,149	0,388
17	412,0	206,0	áno	0,028	344,897	5,812	0,076	0,482	1,0	1428,8	0,208	55536,8	19,2	0,324	0,532
18	466,2	233,1	áno	0,020	348,057	4,868	0,064	0,479	1,0	1585,4	0,173	75259,3	26,2	0,284	0,457
19	484,2	242,1	áno	0,016	349,434	4,618	0,061	0,478	1,0	1639,6	0,164	82462,1	28,8	0,272	0,435

obr. 63: Tabuľka rezov pre posúdenie T-prierezov vo Vierendeelovom ohybe - pokračovanie

6.2.7 POSÚDENIE STABILITY STOJINY MEDZI OTVORMI

Posúdi sa alternatívnou metódou pre nosníky s kruhovými otvormi, pokiaľ nosník splní nasledujúce podmienky.

$$s_o = 105 \text{ mm} \geq 50 \text{ mm} \quad \text{spĺňa}$$

$$0.1 \leq \frac{s_o}{h_o} = 0.25 \leq 0.5 \quad \text{spĺňa}$$

$$h_o = 420 \text{ mm} \leq 60 \cdot t_w \cdot \varepsilon = 417.96 \text{ mm} \quad \text{nespĺňa}$$

$$1.3 \leq \frac{t_f}{t_w} = 1.57 \leq 2.0 \quad \text{spĺňa}$$

Keďže nosník nespĺnil všetky podmienky pre použitie alternatívnej metódy, posúdi sa bežnou metódou.

PODMIENKA PRE VZDIALENÉ OTVORY

$$h_o = 420 \text{ mm} < s_o = 105 \text{ mm} \quad \text{nespĺňa}$$

Otvory je možné považovať za blízke.

VNÚTORNÉ SILY

$M_{wp.Ed} := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$ - symetrické otvory bez excentricity od osi nosníku

počet stojín vo Vierendeelovej analógii

$$n_{stojiny} := n_o + 1 = 32$$

rozdiel normálových síl vo Vierendeelovej analógii v hornej aj spodnej pásnici

$$\Delta N_{Ed.t} := \frac{N_{m.Ed}}{\frac{n_{stojiny} - 1}{2}} = 24.6 \text{ kN}$$

$$\Delta N_{Ed.b} := \Delta N_{Ed.t}$$

posúvajúca sila v stojine

$$V_{wp.Ed} := \Delta N_{Ed.t} = 24.6 \text{ kN}$$

normálová sila v stojine

$$N_{wp.Ed} := \max \left(V_{wp.Ed} + 2 \cdot \frac{M_{wp.Ed}}{h_o}, V_{wp.Ed} - 2 \cdot \frac{M_{wp.Ed}}{h_o} \right) = 24.6 \text{ kN}$$

ÚNOSNOST NOSNÉHO STENOVÉHO PRVKU („BOULENÍ“)

relativna štíhlost stojiny

$$\lambda_{wp} := \frac{1.75 \cdot \sqrt{s_o^2 + h_o^2}}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.158 \leq \frac{2.4 \cdot h_o}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.541 \quad \text{spĺňa}$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - zváraný prierez, $t_f \leq 40$ mm, vybočenie kolmo k ose z, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{wp} - 0.2) + \lambda_{wp}^2) = 1.406$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi_{wp} := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{y,p}^2}} = 0.356$$

Keďže sú oba T-prierezy z rovnakého profilu, tak platí $t_{wt,T} := t_w$ a $t_{wb,T} := t_w$.

návrhová únosnosť

$$N_{wp,Rd} := \chi_{wp} \cdot S_o \cdot \frac{\min(t_{wt,T} \cdot f_y, t_{wb,T} \cdot f_y)}{\gamma_{m1}} = 114.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{wp,Ed} = 24.6 \text{ kN} \leq N_{wp,Rd} = 114.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ

návrhová únosnosť

$$V_{wp,Rd} := S_o \cdot \frac{\min(t_{wt,T} \cdot f_y, t_{wb,T} \cdot f_y)}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 185.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{wp,Ed} = 24.6 \text{ kN} \leq V_{wp,Rd} = 185.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.8 POŽIADAVKY NA DĹŽKU STOJINY PRI PODPORE

požiadavka na minimálnu dĺžku stojiny

$$s_e := 0.25 \cdot h_o = 105 \text{ mm}$$

maximálna dĺžka bez nutnosti posúdenia šmykovej únosnosti v „boulení“

$$h_o = 420 \text{ mm}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOST VO ZVISLOM „BOULENÍ“

efektívna šírka koncovej stojiny

Prípoj nosníku na stĺp bude realizovaný doskou so skrutkovanými spojmi.

$$s_{e,eff} := 1.5 \cdot s_e = 157.5 \text{ mm}$$

$$s_{e,eff} = 157.5 \text{ mm} \leq 1.5 \cdot h_o = 630 \text{ mm} \quad \text{spĺňa}$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

relatívna štíhlosť stojiny

$$\lambda_{ep,rel} := \frac{1.75 \cdot \sqrt{s_{e,eff}^2 + h_o^2}}{t_w} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1.2$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.21$ - krivka a

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{wp} - 0.2) + \lambda_{wp}^2) = 1.271$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi_{ep} := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{ep,rel}^2}} = 0.591$$

návrhová únosnosť

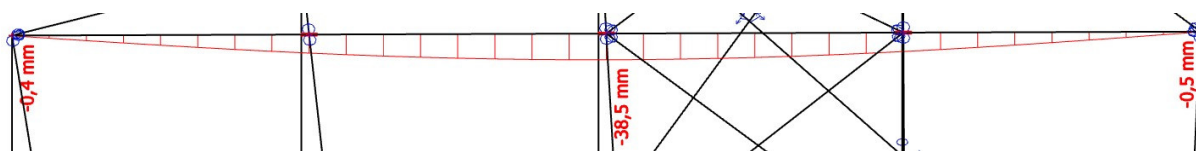
$$N_{ep,Rd} := \chi_{ep} \cdot s_e \cdot \frac{t_w \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 189.5 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{z,Ed} = 53.71 \text{ kN} \leq N_{ep,Rd} = 189.5 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.9 MEDZNÝ STAV POUŽITELNOSTI

PRIEHYB



obr. 64: Deformácia vo zvislom smere, NK12

$$\text{priehyb vo zvislom smere} \quad u_z := 38.5 \text{ mm} - \frac{0.4 \text{ mm} + 0.5 \text{ mm}}{2} = 38.1 \text{ mm}$$

Nosník nie je zaťažovaný rovnomerným spojitým zaťažením a preto je nutné vypočítať navýšenie priehybu od každého otvoru zvlášť. Výpočet bude vykonaný pre prehľadnosť v tabuľke, kde x_o je vzdialenosť stredu otvoru od podpory. Vzdialenosť x_o musí spĺňať podmienku $x_o \leq 0.5 \cdot L_{nosník}$.

koeficient $k_o := 1.0$ - nevystužené otvory

vzorec pre navýšenie priehybu od lokálneho otvoru

$$\frac{w_{add}}{w_b} = 1,6 \left(\frac{h_o^3 t_w}{I_a} \right) \left(1 - \frac{x_o}{L} \right) \left(\frac{x_o}{L} \right)^2 \left(\frac{a_{eff}}{L} \right) + 29k_o \left(\frac{I_a}{h^3 t_w} \right) \left(1 - \frac{2x_o}{L} \right) \left(\frac{a_{eff}}{h - h_o} \right)^3 \left(\frac{h}{L} \right)^3$$

obr. 65: Vzorec pre výpočet navýšenia priehybu od lokálneho otvoru

otvor č.	$x_{o,n}$ (m)	$w_{add,n}$
1	0,425	0,002016
2	0,95	0,002093
3	1,475	0,002223
4	2	0,002399
5	2,525	0,002615
6	3,05	0,002865
7	3,575	0,003144
8	4,1	0,003445
9	4,625	0,003762
10	5,15	0,00409

otvor č.	$x_{o,n}$ (m)	$w_{add,n}$
11	5,675	0,004423
12	6,2	0,004753
13	6,725	0,005076
14	7,25	0,005386
15	7,775	0,005675
16	8,3	0,00594
17	7,775	0,005675
18	7,25	0,005386
19	6,725	0,005076
20	6,2	0,004753

otvor č.	$x_{o,n}$ (m)	$w_{add,n}$
21	5,675	0,004423
22	5,15	0,00409
23	4,625	0,003762
24	4,1	0,003445
25	3,575	0,003144
26	3,05	0,002865
27	2,525	0,002615
28	2	0,002399
29	1,475	0,002223
30	0,95	0,002093
31	0,425	0,002016

obr. 66: Tabuľky vypočítaných navýšení priehybu od jednotlivých otvorov

Celkové navýšenie priehybu sa vypočíta ako súčet navýšení od každého otvoru.

$$w_{add} := 0.113869$$

$$w_z := u_z + u_z \cdot w_{add} = 42.4 \text{ mm}$$

limitný priehyb

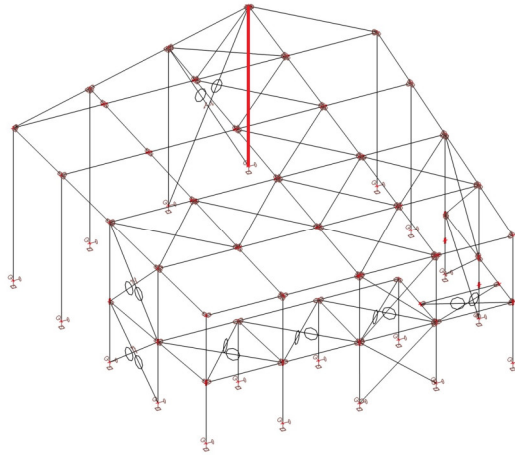
$$\delta_{lim} := \frac{L_{nosník}}{250} = 66.4 \text{ mm}$$

posúdenie

$$w_z = 42.4 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 66.4 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

6.3 NAJDLHŠÍ STĹP

Tvar prierezu stĺpu bude štvorcový ako kompromis medzi kruhovým prierezom stĺpov zo zadania, dostatočnou podporou na ukotvenie nosných profilov sklenenej fasády a nutnou minimálnou šírkou podpory pre ukotvenie sendvičových fasádnych panelov.

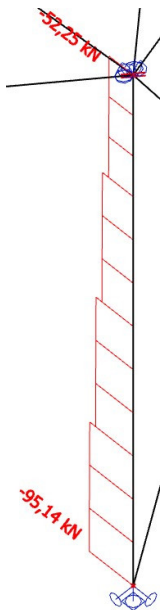


obr. 67: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

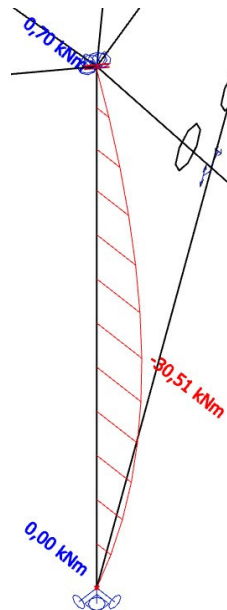
dĺžka stĺpu $L_{\text{stĺp}} := 7.875 \text{ m}$

6.3.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

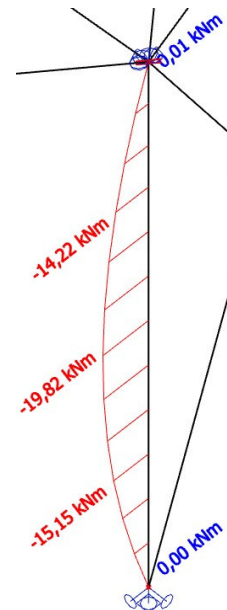
VNÚTORNÉ SILY



obr. 68: Normálová sila, NK6



obr. 69: Ohybový moment v smere y, NK3



obr. 70: Ohybový moment v smere z, NK5

maximálne vnútorné sily $N_{\text{Ed}} := 95.14 \text{ kN}$

$M_{y,\text{Ed}} := 30.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z,\text{Ed}} := 19.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 200 x 200 x 6.3 mm, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky	$G_2 := 38.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
plocha prierezu	$A := 4840 \text{ mm}^2$
plastický prierezový modul	$W_{pl} := 350 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
polomer zotrvačnosti	$i := 78.9 \text{ mm}$

Prierez je triedy 2.

6.3.2 NORMÁLOVÁ ÚNOSNOSŤ

VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia	$\beta_y := 1.0$	- kĺbové podpory v rovine rámu
	$\beta_z := 1.0$	- kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{stf} = 7.875 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{stf} = 7.875 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda := \frac{L_{cr,y}}{i} = 99.81$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.312$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 1.634$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.384$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 659.2 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed} = 95.14 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 659.2 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.3.3 OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

návrhová únosnosť

$$M_{pl.y.Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.z.Rd} := M_{pl.y.Rd}$$

posúdenie

$$M_{y.Ed} = 30.51 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.y.Rd} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$M_{z.Ed} = 19.82 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.z.Rd} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.3.4 KOMBINÁCIA TLAKU S DVOJOSÝM OHYBOM

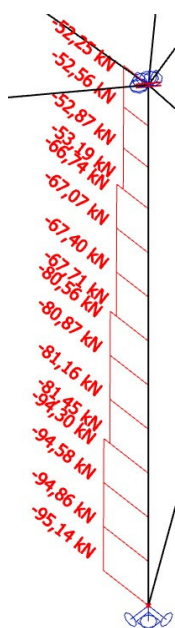
charakteristické únosnosti rozhodujúceho prierezu

$$N_{Rk} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1718.2 \text{ kN}$$

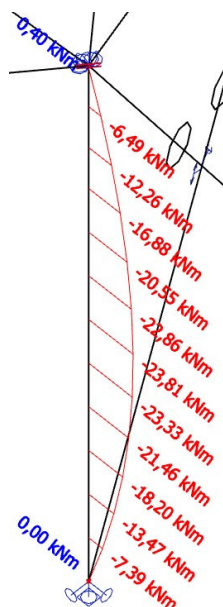
$$M_{y.Rk} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rk} := M_{y.Rk}$$

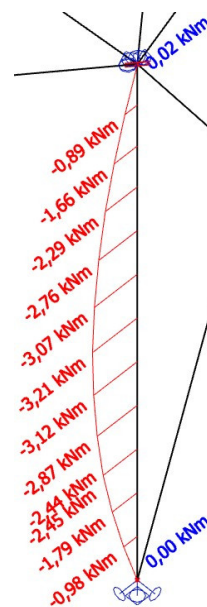
VNÚTORNÉ SILY



obr. 71: Normálová sila, NK6



obr. 72: Ohybový moment v smere y, NK6



obr. 73: Ohybový moment v smere z, NK6

pôsobiaci normálová sila $N_{Ed} := 80.56 \text{ kN}$
 pôsobiaci ohybové momenty $M_{y,Ed} := 23.81 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{z,Ed} := 3.21 \text{ kN} \cdot \text{m}$

INTERAKČNÉ SÚČINITELE

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere y

pomer momentov $\alpha_h := \frac{0.40}{-23.81} = -0.017$

$\psi := 0$

$C_{my} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.949$

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere z

pomer momentov $\alpha_h := \frac{0.02}{-3.21} = -0.006$

$\psi := 0$

$C_{mz} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95$

interakčné súčinitele

$$k_{yy} := C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 1.078$$

$$k_{yy} = 1.078 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} \right) = 1.042 \quad - \text{nespl\u00e1\u00f1a, d\u00e1lej sa pou\u00e1\u00f1ije hodnota } k_{yy} := 1.042$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} \right) = 1.079$$

$$k_{zz} = 1.079 \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} \right) = 1.043 \quad - \text{nespl\u00e1\u00f1a, d\u00e1lej sa pou\u00e1\u00f1ije hodnota } k_{zz} := 1.043$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.626$$

$$k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy} = 0.625$$

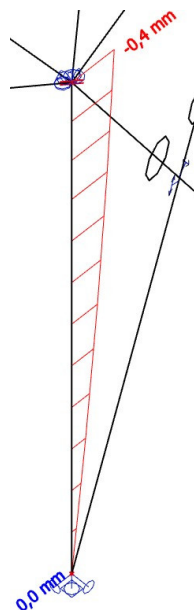
POS\u00daDENIE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.338 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

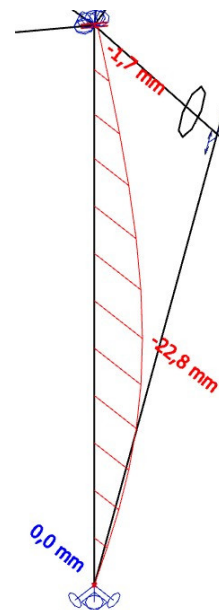
$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.269 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

6.3.5 MEDZN\u00c1 STAV POU\u00d1ITELNOSTI

PRIEHYB



obr. 74: Deform\u00e1cia vo vodorovnom smere x, NK 17



obr. 75: Deform\u00e1cia vo vodorovnom smere y, NK14

maximálny priehyb vo vodorovnom smere $u_{x,y} := 22.8 \text{ mm} - \frac{1.7 \text{ mm}}{2} = 22 \text{ mm}$

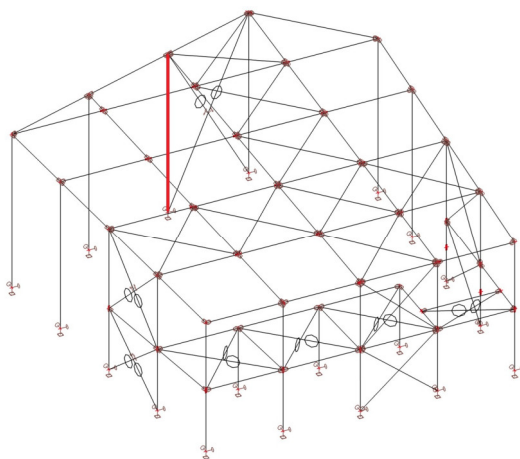
limitný priehyb

$$\delta_{\text{lim}} := \frac{L_{\text{stĺp}}}{300} = 26.3 \text{ mm}$$

posúdenie

$$u_{x,y} = 22 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = 26.3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

6.4 NAJDEFORMOVANEJŠÍ STĽP

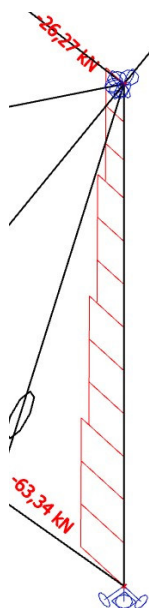


obr. 76: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

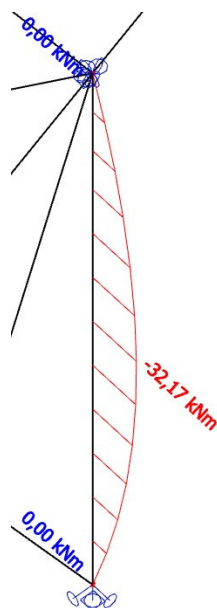
dĺžka stĺpu $L_{\text{stĺp}} := 7.767 \text{ m}$

6.4.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

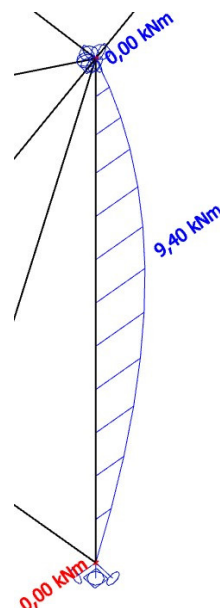
VNÚTORNÉ SILY



obr. 77: Normálová sila, NK3



obr. 78: Ohybový moment v smere y, NK4



obr. 79: Ohybový moment v smere z, NK4

maximálne vnútorné sily $N_{Ed} := 63.34 \text{ kN}$

$M_{y,Ed} := 32.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z,Ed} := 9.40 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 200 x 200 x 6.3 mm, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

Charakteristiky prierezu budú rovnaké, ako v kapitole 8.1.

6.4.2 NORMÁLOVÁ ÚNOSNOSŤ

VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia $\beta_y := 1.0$ - kĺbové podpory v rovine rámu

$\beta_z := 1.0$ - kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{stf} = 7.767 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{stf} = 7.767 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda := \frac{L_{cr,y}}{i} = 98.441$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.294$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 1.606$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.391$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 672.2 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed} = 63.34 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 672.2 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.4.3 OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

návrhová únosnosť

$$M_{pl.y.Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.z.Rd} := M_{pl.y.Rd}$$

posúdenie

$$M_{y.Ed} = 32.17 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.y.Rd} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$M_{z.Ed} = 9.4 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.z.Rd} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.4.4 KOMBINÁCIA TLAKU S DVOJOSÝM OHYBOM

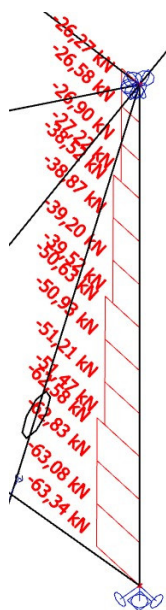
charakteristické únosnosti rozhodujúceho prierezu

$$N_{Rk} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 1718.2 \text{ kN}$$

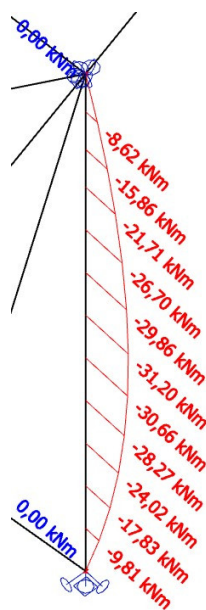
$$M_{y.Rk} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 124.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rk} := M_{y.Rk}$$

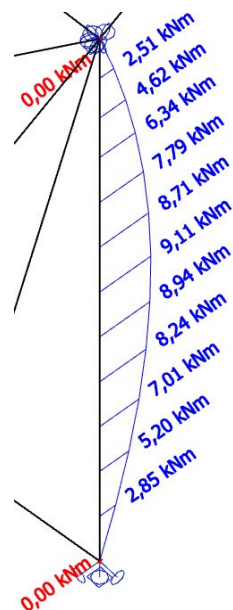
VNÚTORNÉ SILY



obr. 80: Normálová sila, NK3



obr. 81: Ohybový moment v smere y, NK3



obr. 82: Ohybový moment v smere z, NK3

pôsobiaci normálová sila $N_{Ed} := 50.63 \text{ kN}$
 pôsobiaci ohybové momenty $M_{y.Ed} := 31.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{z.Ed} := 9.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$

INTERAKČNÉ SÚČINITELE

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere y

pomer momentov $\alpha_h := 0$

$\psi := 0$

$C_{my} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95$

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere z

pomer momentov $\alpha_h := 0$

$\psi := 0$

$C_{mz} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95$

interakčné súčinitele

$$k_{yy} := C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{V_{m1}}} \right) = 1.028$$

$$k_{yy} = 1.028 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 1.007 \quad - \text{nespl\u00e1\u00f1a, d\u00e1lej sa pou\u00e1\u00f1ije hodnota } k_{yy} := 1.007$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 1.028$$

$$k_{zz} = 1.028 \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 1.007 \quad - \text{nespl\u00e1\u00f1a, d\u00e1lej sa pou\u00e1\u00f1ije hodnota } k_{zz} := 1.007$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.604$$

$$k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy} = 0.604$$

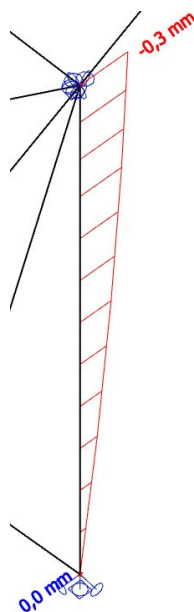
POS\u00daDENIE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{m1}}} = 0.372 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

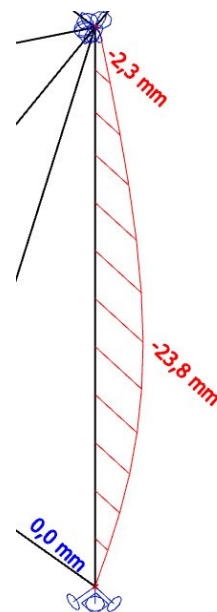
$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{m1}}} = 0.301 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

6.4.5 MEDZN\u00c1 STAV POU\u00d1ITELNOSTI

PRIEHYB



obr. 83: Deform\u00e1cia vo vodorovnom smere x, NK 14



obr. 84: Deform\u00e1cia vo vodorovnom smere y, NK17

maximálny priehyb vo vodorovnom smere $u_{x,y} := 23.8 \text{ mm} - \frac{2.3 \text{ mm}}{2} = 22.7 \text{ mm}$

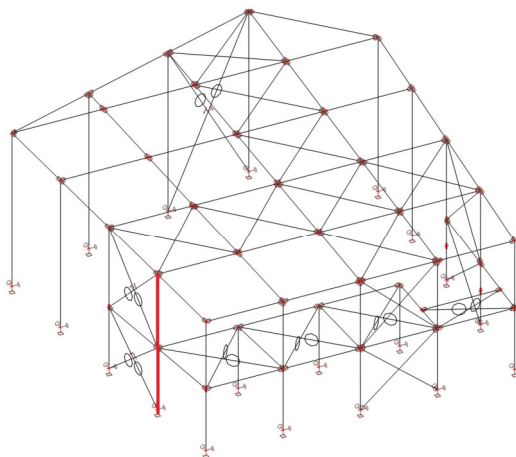
limitný priehyb

$$\delta_{\text{lim}} := \frac{L_{\text{stĺp}}}{300} = 25.9 \text{ mm}$$

posúdenie

$$u_{x,y} = 22.7 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = 25.9 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

6.5 NAJZAŽAJENEJŠÍ STĽP



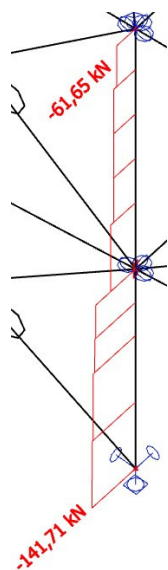
obr. 85: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

dĺžka stĺpu $L_{\text{stĺp}} := 6.615 \text{ m}$

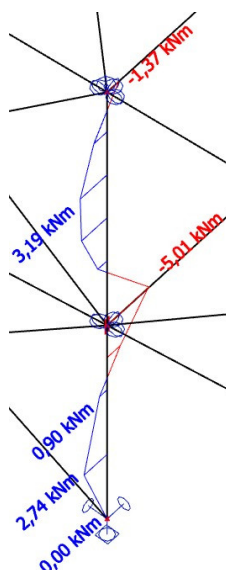
výška podlažia od pätky stĺpu $L_{\text{podlažie}} := 3.0 \text{ m}$

6.5.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

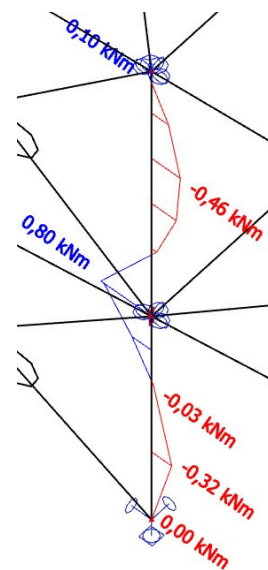
VNÚTORNÉ SILY



obr. 86: Normálová sila, NK1



obr. 87: Ohybový moment v smere y, NK2



obr. 88: Ohybový moment v smere z, NK2

maximálne vnútorné sily $N_{Ed} := 141.71 \text{ kN}$
 $M_{y,Ed} := 5.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{z,Ed} := 0.80 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 80 x 80 x 3,6 mm, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_2 := 9.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
plocha prierezu $A := 1090 \text{ mm}^2$
plastický prierezový modul $W_{pl} := 31.0 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
polomer zotrvačnosti $i := 31.1 \text{ mm}$

Prierez je triedy 1.

6.5.2 NORMÁLOVÁ ÚNOSNOSŤ

VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia $\beta_y := 1.0$ - kĺbové podpory v rovine rámu
 $\beta_z := 1.0$ - kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{\text{podlažie}} = 3 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{\text{podlažie}} = 3 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda := \frac{L_{cr,y}}{i} = 96.463$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.268$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 1.566$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.402$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 155.7 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed} = 141.71 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 155.7 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.5.3 OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

návrhová únosnosť

$$M_{pl.y.Rd} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.z.Rd} := M_{pl.y.Rd}$$

posúdenie

$$M_{y.Ed} = 5.01 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.y.Rd} = 11 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$M_{z.Ed} = 0.8 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{pl.z.Rd} = 11 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.5.4 KOMBINÁCIA TLAKU S DVOJOSÝM OHYBOM

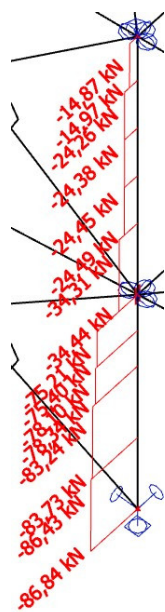
charakteristické únosnosti rozhodujúceho prierezu

$$N_{Rk} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 387 \text{ kN}$$

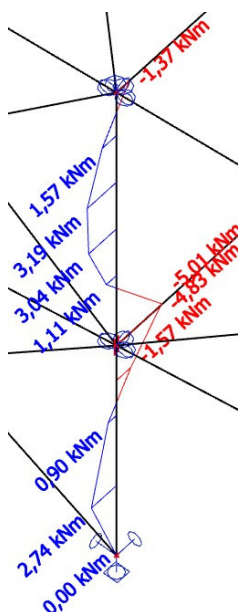
$$M_{y.Rk} := \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rk} := M_{y.Rk}$$

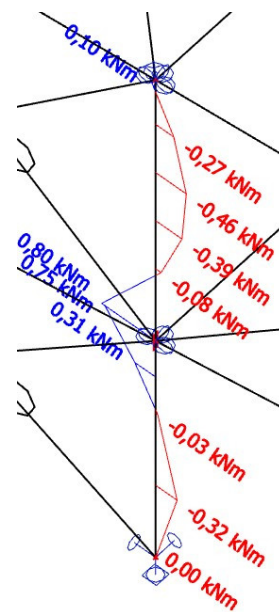
VNÚTORNÉ SILY



obr. 89: Normálová sila, NK2



obr. 90: Ohybový moment v smere y, NK2



obr. 91: Ohybový moment v smere z, NK2

pôsobiaci normálová sila $N_{Ed} := 75.21 \text{ kN}$
 pôsobiaci ohybové momenty $M_{y,Ed} := 4.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{z,Ed} := 0.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$

INTERAKČNÉ SÚČINITELE

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere y

pomer momentov $\alpha_s := \frac{2.74}{-4.83} = -0.567$

$\psi := 0$

$C_{my} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.554 \geq 0.4$ spĺňa

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere z

pomer momentov $\alpha_s := \frac{-0.32}{0.7} = -0.457$

$\psi := 0$

$C_{mz} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.466 \geq 0.4$ spĺňa

interakčné súčinitele

$$k_{yy} := C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 0.84$$

$$k_{yy} = 0.84 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} \right) = 0.768 \quad - \text{nespl\u00e1na, d\u00e1lej sa pou\u00e1ije hodnota } k_{yy} := 0.768$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} \right) = 0.706$$

$$k_{zz} = 0.706 \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} \right) = 0.646 \quad - \text{nespl\u00e1na, d\u00e1lej sa pou\u00e1ije hodnota } k_{zz} := 0.646$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.388$$

$$k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy} = 0.461$$

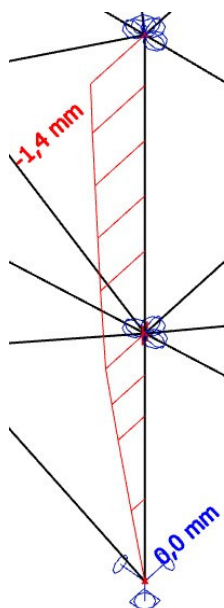
POS\u00daDENIE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.846 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

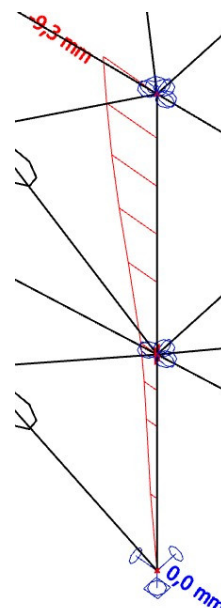
$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{Y_{m1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.729 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

6.5.5 MEDZN\u00c1 STAV POU\u00d1ITE\u013aNOSTI

PRIEHYB



obr. 92: Deform\u00e1cia vo vodorovnom smere x, NK12



obr.93: Deform\u00e1cia vo vodorovnom smere y, NK17

priehyb vo vodorovnom smere $u_{x,y} := 9.3 \text{ mm}$

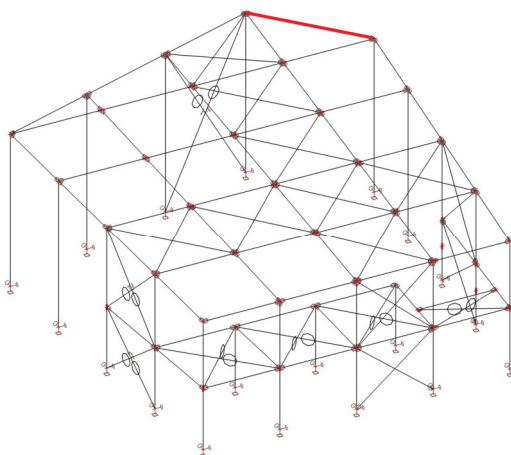
limitný priehyb

$$\delta_{\text{lim}} := \frac{L_{\text{stílp}}}{500} = 13.2 \text{ mm}$$

posúdenie

$u_{x,y} = 9.3 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = 13.2 \text{ mm}$ vyhovuje

6.6 NAJDLHŠÍ OBVODOVÝ NOSNÍK

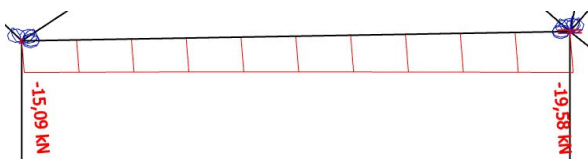


obr. 94: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

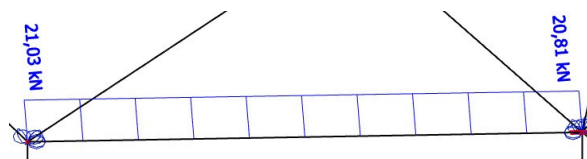
dĺžka nosníku $L_{\text{nosník}} := 5.503 \text{ m}$

6.6.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

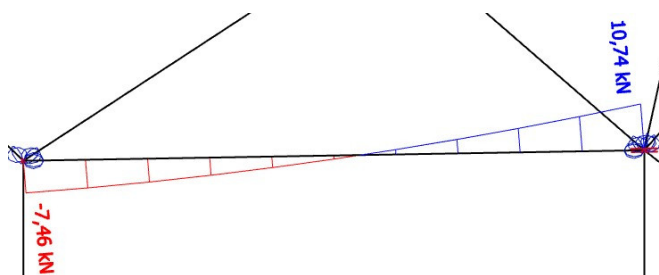
VNÚTORNÉ SILY



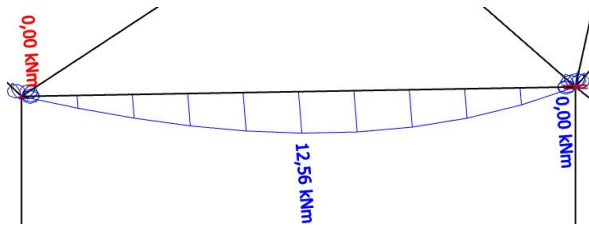
obr. 95: Tlaková sila, NK5



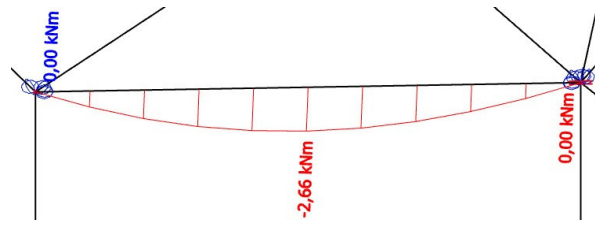
obr. 96: Ťahová sila, NK11



obr. 97: Posúvajúca sila v smere z, NK1



obr. 98: Ohybový moment v smere y, NK1



obr. 99: Ohybový moment v smere z, NK8

maximálne vnútorné sily $N_{Ed.tlak} := 19.58 \text{ kN}$
 $N_{Ed.tah} := 21.03 \text{ kN}$
 $V_{z.Ed} := 10.74 \text{ kN}$
 $M_{y.Ed} := 12.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{z.Ed} := 2.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 160 x 80 x 5, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky	$G_2 := 17.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
šírka prierezu	$b := 80 \text{ mm}$
výška prierezu	$h := 160 \text{ mm}$
hrúbka steny	$t := 5.0 \text{ mm}$
plocha prierezu	$A := 2270 \text{ mm}^2$
moment zotrvačnosti k ose y	$I_y := 744 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
moment zotrvačnosti k ose z	$I_z := 249 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$
plastické prierezové moduly	$W_{pl,y} := 116 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$ $W_{pl,z} := 71.1 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
polomery zotrvačnosti	$i_y := 57.2 \text{ mm}$ $i_z := 33.1 \text{ mm}$
moment zotrvačnosti vo voľnom krútení	$I_t := 600 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Prierez je triedy 2.

6.6.2 NORMÁLOVÁ ÚNOSNOSŤ

6.6.2.1 VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia $\beta_y := 1.0$ - kĺbové podpory v rovine rámu

$\beta_z := 1.0$ - kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{nosník} = 5.503 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{nosník} = 5.503 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda_y := \frac{L_{cr,y}}{i_y} = 96.206$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr,z}}{i_z} = 166.254$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_{p,z} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 2.186$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{p,z} - 0.2) + \lambda_{p,z}^2) = 3.376$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi_z := \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda_{p,z}^2}} = 0.168$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl,Rd} := \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 135.5 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed,tlak} = 19.58 \text{ kN} \leq N_{pl,Rd} = 135.5 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.6.2.2 ŤAHOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$N_{Rd,ťah} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 805.9 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed,ťah} = 21.03 \text{ kN} \leq N_{Rd,ťah} = 805.9 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.6.3 ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ

plocha účinná v šmyku

$$A_{v,z} := 2 \cdot h \cdot t = 1600 \text{ mm}^2$$

únosnosť v šmyku

$$V_{pl,z,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} = 327.9 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{z,Ed} = 10.74 \text{ kN} \leq V_{pl,z,Rd} = 327.9 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.6.4 OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$M_{Rd,y} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 41.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd,z} := \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 25.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{y,Ed} = 12.56 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd,y} = 41.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

$$M_{z,Ed} = 2.66 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd,z} = 25.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

6.6.5 KOMBINÁCIA TLAKU S DVOJOSÝM OHYBOM

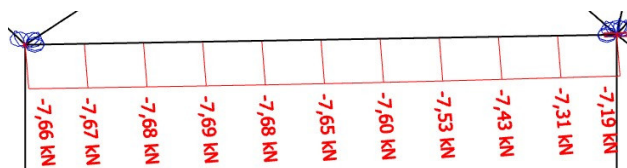
charakteristické únosnosti rozhodujúceho prierezu

$$N_{Rk} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 805.9 \text{ kN}$$

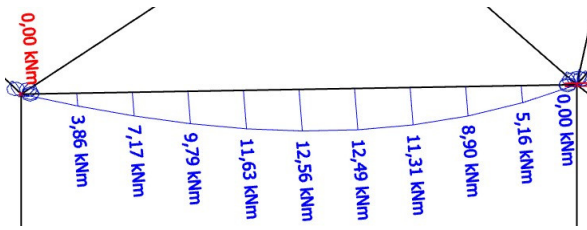
$$M_{y,Rk} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 41.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Rk} := \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 25.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

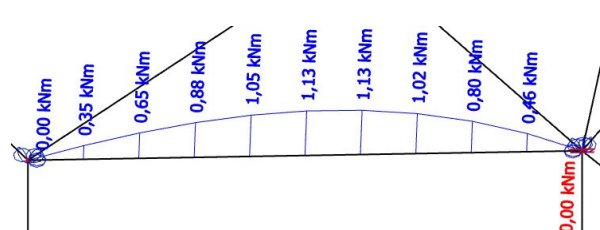
VNÚTORNÉ SILY



obr. 100: Normálová sila, NK1



obr. 101: Ohybový moment v smere y, NK1



obr. 102: Ohybový moment v smere z, NK1

pôsobiaci normálová sila $N_{Ed} := 7.65 \text{ kN}$

pôsobiaci ohybové momenty $M_{y.Ed} := 12.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z.Ed} := 1.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$

INTERAKČNÉ SÚČINITELE

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere y

pomer momentov $\alpha_h := 0$

$\psi := 0$

$C_{my} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95$

súčiniteľ ekvivalentného momentu v smere z

pomer momentov $\alpha_h := 0$

$\psi := 0$

$C_{mz} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95$

interakčné súčinitele

$$k_{yy} := C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 0.974$$

$$k_{yy} = 0.974 \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 0.968 \quad \text{- nespĺňa, ďalej sa použije hodnota } k_{yy} := 0.968$$

$$k_{zz} := C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_p - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 0.974$$

$$k_{zz} = 0.974 \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) = 0.968 \quad \text{- nespĺňa, ďalej sa použije hodnota } k_{zz} := 0.968$$

$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} = 0.581$

$k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy} = 0.581$

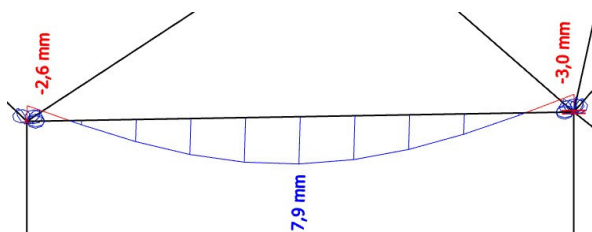
POSÚDENIE

$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{m1}}} = 0.345 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

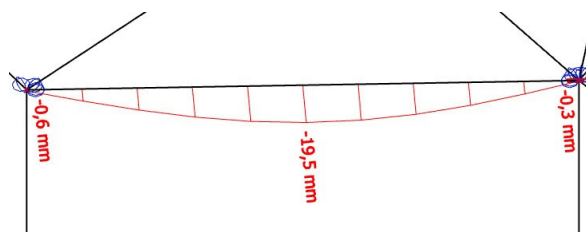
$$\frac{N_{Ed}}{\chi \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{m1}}} = 0.244 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

6.6.6 MEDZNÝ STAV POUŽITELNOSTI

PRIEHYB



obr. 103: Deformácia vo vodorovnom smere y, NK14



obr. 104: Deformácia v zvislom smere, NK12

$$\text{maximálny priehyb} \quad u_{y,z} := 19.5 \text{ mm} - \frac{0.3 \text{ mm} + 0.6 \text{ mm}}{2} = 19.1 \text{ mm}$$

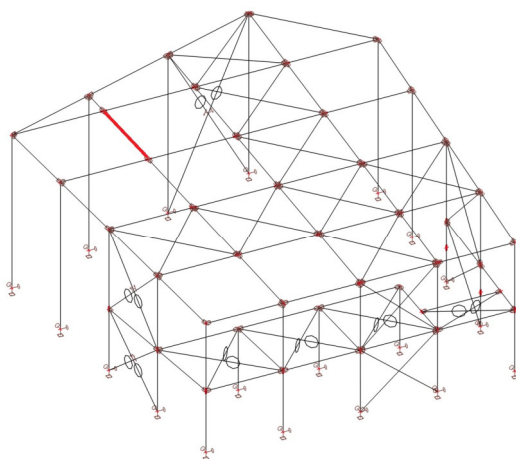
limitný priehyb

$$\delta_{\text{lim}} := \frac{L_{\text{nosník}}}{250} = 22 \text{ mm}$$

posúdenie

$$u_{y,z} = 19.1 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = 22 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

6.7 POZDĽŽNY STREŠNÝ PRÚT

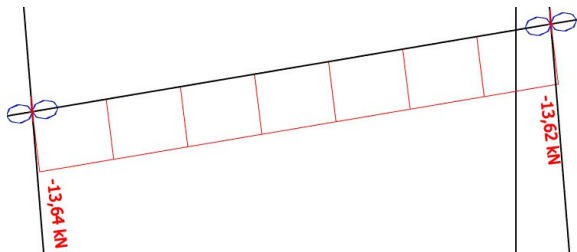


obr. 105: Poloha posudzovaného prvku v konštrukcii

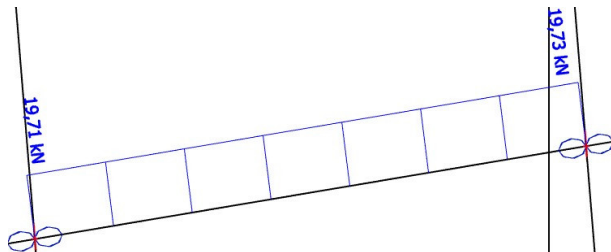
dĺžka nosníka $L_{\text{nosník}} := 3.628 \text{ m}$

6.7.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

VNÚTORNÉ SILY



obr. 106: Tlaková sila, NK5



obr. 107: Ťahová sila, NK11

maximálne vnútorné sily $N_{\text{Ed.tlak}} := 13.64 \text{ kN}$

$N_{\text{Ed.ťah}} := 19.73 \text{ kN}$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 57 x 4, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_2 := 5.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

plocha prierezu $A := 666 \text{ mm}^2$

polomer zotrvačnosti $i := 18.8 \text{ mm}$

Prierez je triedy 1.

6.7.2 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

6.7.2.1 VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia $\beta_y := 1.0$ - kĺbové podpory v rovine rámu

$\beta_z := 1.0$ - kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$L_{\text{cr.y}} := \beta_y \cdot L_{\text{nosník}} = 3.628 \text{ m}$

$L_{\text{cr.z}} := \beta_z \cdot L_{\text{nosník}} = 3.628 \text{ m}$

štíhlosť

$\lambda := \frac{L_{\text{cr.y}}}{i} = 192.979$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 2.537$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 4.291$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.129$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 30.5 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.tlak} = 13.64 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 30.5 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

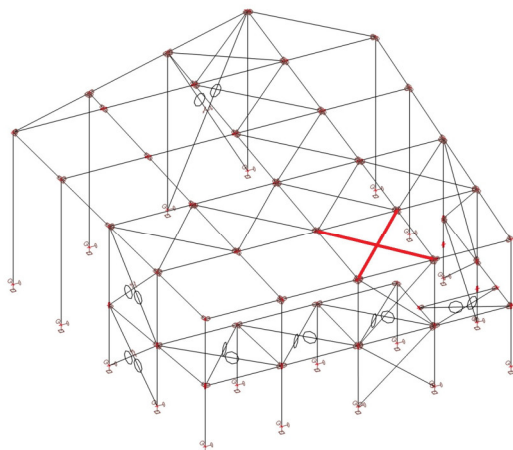
6.7.2.2 ŤAHOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$N_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 236.4 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.ťah} = 19.73 \text{ kN} \leq N_{t.Rd} = 236.4 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.8 STREŠNÉ STUŽIDLÁ

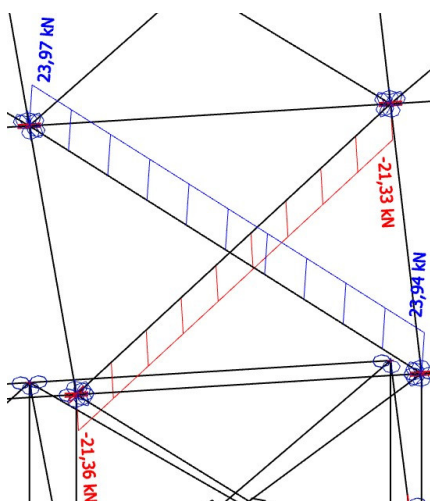


obr. 109: Poloha posudzovaných prvkov v konštrukcii

dĺžka stužidla $L_{\text{stuž.ST}} := 5.503 \text{ m}$

6.8.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

VNÚTORNÉ SILY



obr. 110: Maximálne normálové sily, NK3

maximálne vnútorné sily $N_{\text{Ed.tlak}} := 21.36 \text{ kN}$

$N_{\text{Ed.ťah}} := 23.97 \text{ kN}$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 82,5 x 3,6, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky $G_2 := 7.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

plocha prierezu $A := 892 \text{ mm}^2$

polomer zotrvačnosti $i := 27.9 \text{ mm}$

Prierez je triedy 1.

6.8.2 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

6.8.2.1 VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia $\beta_y := 1.0$ - kĺbové podpory v rovine rámu

$\beta_z := 1.0$ - kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{\text{stuž.ST}} = 5.503 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{\text{stuž.ST}} = 5.503 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda := \frac{L_{cr,y}}{i} = 197.24$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \epsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 2.593$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 4.449$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.124$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 39.3 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.tlak} = 21.36 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 39.3 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

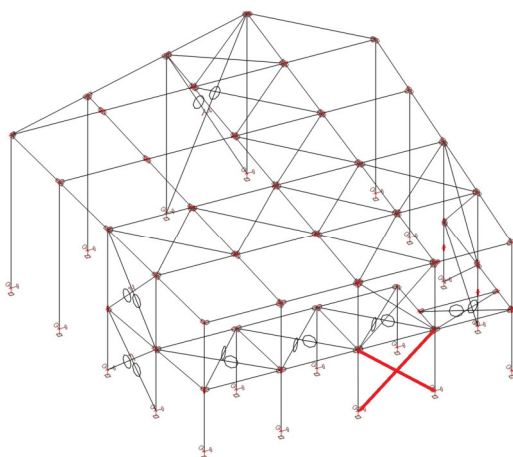
6.8.2.2 ŤAHOVÁ ÚNOSNOST

$$N_{t,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 316.7 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed,\text{ťah}} = 23.97 \text{ kN} \leq N_{t,Rd} = 316.7 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.9 STENOVÉ TRUBKOVÉ STUŽIDLÁ

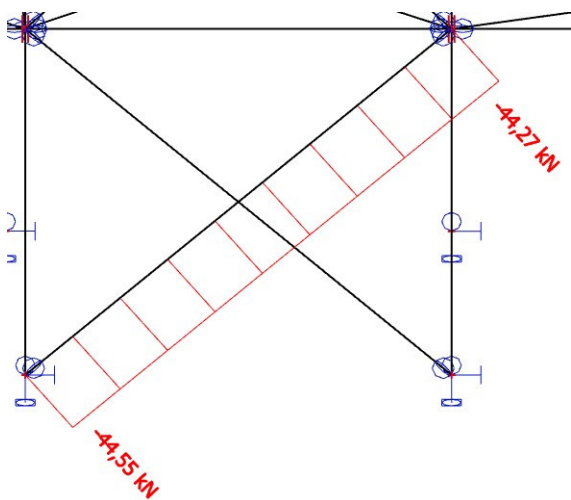


obr. 111: Poloha posudzovaných prvkov v konštrukcii

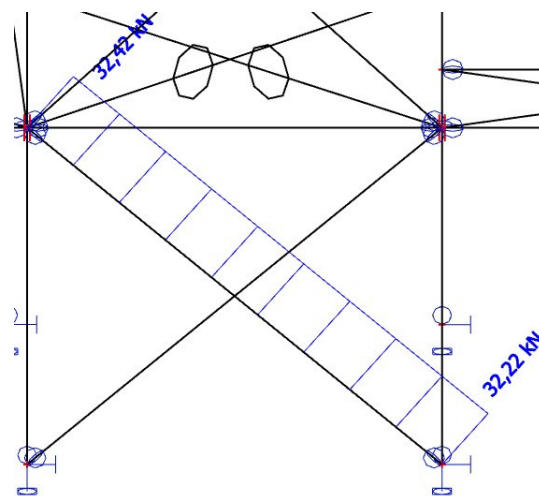
dĺžka stužidiel $L_{\text{stuž.TR}} := 4.69 \text{ m}$

6.9.1 VNÚTORNÉ SILY, NÁVRH A CHARAKTERISTIKY

VNÚTORNÉ SILY



obr. 112: Tlaková sila, NK3



obr. 113: Ťahová sila, NK8

maximálne vnútorné sily $N_{Ed,\text{tlak}} := 44.55 \text{ kN}$

$$N_{Ed.tah} := 32.42 \text{ kN}$$

NÁVRH

Navrhujem profil TR 82.5 x 3,6 mm, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky	$G_2 := 7.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
plocha prierezu	$A := 892 \text{ mm}^2$
polomer zotrvačnosti	$i := 27.9 \text{ mm}$

Prierez je triedy 1.

6.9.2 MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI

6.9.2.1 VZPERNÁ ÚNOSNOSŤ

súčinitele podporetia	$\beta_y := 1.0$	- kĺbové podpory v rovine rámu
	$\beta_z := 1.0$	- kĺbové podpory z roviny rámu

vzperná dĺžka

$$L_{cr,y} := \beta_y \cdot L_{stuž.TR} = 4.69 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} := \beta_z \cdot L_{stuž.TR} = 4.69 \text{ m}$$

štíhlosť

$$\lambda := \frac{L_{cr,y}}{i} = 168.1$$

relatívna štíhlosť

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.059$$

pomerná štíhlosť

$$\lambda_p := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 2.21$$

hodnota pre výpočet súčiniteľa vzpernosti

súčiniteľ imperfekcie $\alpha := 0.49$ - dutý prierez, tvarovaný za studena, krivka c

$$\Phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_p - 0.2) + \lambda_p^2) = 3.435$$

vzpernostný súčiniteľ

$$\chi := \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_p^2}} = 0.165$$

plastická normálová únosnosť

$$N_{pl.Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 52.218 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.tlak} = 44.55 \text{ kN} \leq N_{pl.Rd} = 52.218 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

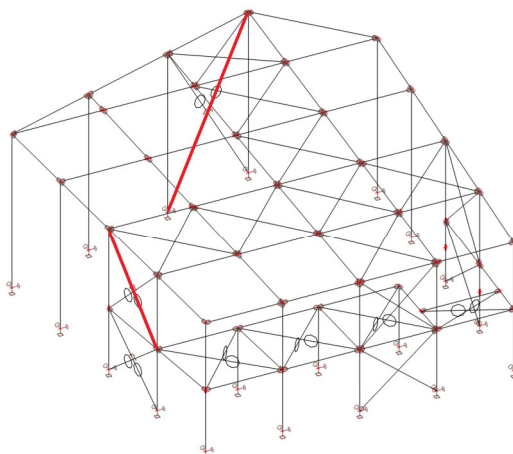
6.9.2.2 ŤAHOVÁ ÚNOSNOSŤ

$$N_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m1}} = 316.66 \text{ kN}$$

POSÚDENIE

$$N_{Ed.ťah} = 32.42 \text{ kN} \leq N_{t.Rd} = 316.66 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

6.10 STENOVÉ STUŽIDLÁ Z TIAHEL

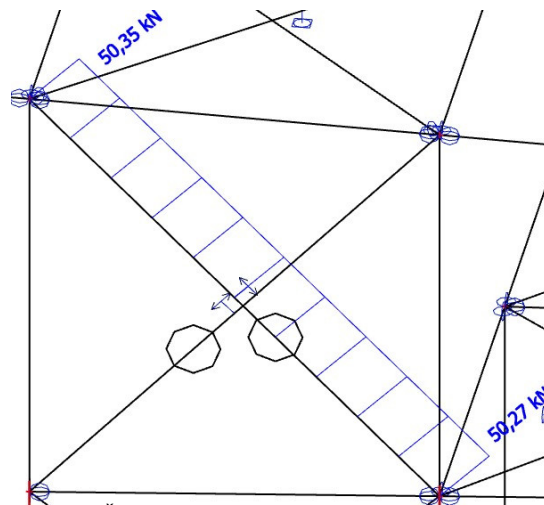


obr. 114: Poloha posudzovaných prvkov v konštrukcii

dĺžka stužidla s najväčšou ťahovou silou $L_{stuž.TI} := 5.503 \text{ m}$

maximálna potrebná dĺžka stužidla $L_{TI.max} := 9.032 \text{ m}$

VNÚTORNÉ SILY



obr. 115: Ťahová sila, NK6

maximálna ťahová sila $N_{Ed, \text{ťah}} := 50.35 \text{ kN}$

NÁVRH

Navrhujem tiahlo Pfeifer ZSS 16, typ 860/860, vidlicový prípoj. Priemer tiahla $\varnothing = 16 \text{ mm}$, oceľ S460N.

POSÚDENIE

Posúdi sa tabuľková hodnota únosnosti. Z podkladov výrobcu vyplýva, že pri dodržaní požiadaviek na zabudovanie prvku budú aj jeho ostatné komponenty vyhovujúce pri vyhovení samotného tiahla, nakoľko tiahlo je najslabším komponentom z celého systému.

Zugstab Typ 860 – Ermüdungsfest Tension Rod Type 860 – Fatigue resistant

Technische Daten

Material:
S460N, DIN EN 10025

Elastizitätsmodul:
210 ± 10 kN/mm²

Korrosionsschutz:
feuerverzinkt oder walzblank

Anwendungsgebiet

Dynamisch beanspruchte Bauwerke

Standardzubehör Typ 860 passend

Muffen, Adapter, Verbinder

Technical Data

Material:
S460N, DIN EN 10025

Modulus of Elasticity:
210 ± 10 kN/mm²

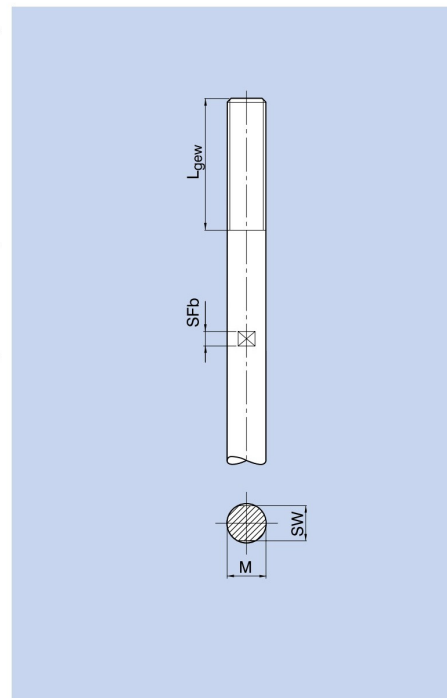
Corrosion Protection:
Hot dip galvanised or bright

Field of Application

Dynamically loaded structures

Standard equipment type 860 is suitable

couplers, adapter, connector



Größe size M mm	EC3				S _W mm	L _{max} mm	Gewicht weight kg/m
	N _{R,d} * kN	L _{gew} mm	S _{Fb} mm				
10	26,1	33	19	9	6000	0,61	
12	37,9	38	19	10	8000	0,88	
16	70,5	54	19	14	12000	1,58	
20	110,1	67	19	18	12000	2,47	
24	158,5	80	19	22	12000	3,55	
27	206,6	90	19	25	12000	4,50	
30	252,1	100	19	28	12000	5,55	
36	367,3	120	19	33	12000	8,00	
42	504,2	140	19	39	12000	10,9	
48	658,2	159	19	45	15000	14,2	
52	790,6	172	**	**	15000	16,7	
56	913,0	187	**	**	15000	19,3	
60	1062,4	199	**	**	15000	22,2	
64	1203,6	211	**	**	15000	25,3	
70	1463,7	233	**	**	15000	30,2	
80	1953,8	266	**	**	18000	39,5	
90	2514,6	297	**	**	18000	49,9	
100	3146,0	328	**	**	18000	61,7	

Konstruktionsänderungen vorbehalten

* Grenzzugkraft nach EC3, Anschlussblech S355

** Wir empfehlen die Verwendung einer Kettenrohrzange

Subject to technical modification

* Limited tension load according to EC 3, Connecting plate S355

** We propose the use of a chain wrench

obr. 116: Tabuľka s návrhovou únosnosťou a rozmermi systémovej tyče

návrhová únosnosť $N_{Rd} := 70.5 \text{ kN}$

maximálna dĺžka tiahla $L_{max} := 12000 \text{ mm}$

posúdenie

$N_{Ed,ťah} = 50.35 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 70.5 \text{ kN}$ vyhovuje

porovnanie maximálnej dĺžky

$L_{Tl,max} = 9.032 \text{ m} < L_{max} = 12 \text{ m}$ - nie je potrebné napojenie systémových tiahel

VIDLICOVÝ PRÍPOJ

Gabelkopf mit Adapter Fork Connector with Adapter



Technische Daten

Material:
gemäß Zulassung ETA-04/0039

Korrosionsschutz:
feuerverzinkt/spritzverzinkt, Gewinde blank

Hinweise

Für zusätzlichen Verstellweg (Seite 39)

Außerhalb unserer ETA sind Adapter mit identischen Abmessungen für den Typ 860-X und 860-Ermüdungsfest erhältlich.

Technical Data

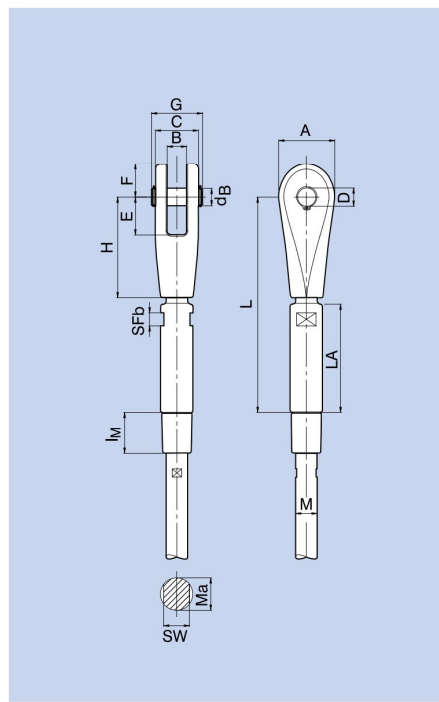
Material:
According to technical approval ETA-04/0039

Corrosion Protection:
Hot dip galvanized/hot spray galvanized, thread bright

Notes

For additional Take Up (page 39)

Adapters type 860-X and 860-Fatigue Resistant are available with the same dimensions but without ETA.



Größe size M mm	Gabelkopf fork connector								Bolzen pin		Kontermutter lock nut	Anschlussblech connecting plate				Ges.-Gewicht tot.-weight kg
	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	H mm	d _B mm	G mm	l _M mm	t _{GL} mm	f _{min} mm	c _{min} mm	BOHR mm		
10	25	10	20	10	19	16	52	9	27,0	21	8	16	25	10	0,12	
12	29	12	24	11	21	18	58	10	31,0	24	10	17	29	11	0,20	
16	42	15	32	15	30	26	77	14	41,0	31	12	23	42	15	0,53	
20	52	18	40	17	35	31	93	16	50,2	40	15	27	52	17	0,95	
24	58	23	48	23	46	39	115	22	59,8	48	20	36	58	23	1,57	
27	68	23	54	25	47	44	125	24	66,6	53	20	39	68	25	2,34	
30	77	28	60	29	52	51	138	28	74,8	60	25	47	77	30	3,14	
36	90	28	72	33	64	58	167	32	89,3	71	25	53	90	34	5,57	
42	104	33	84	37	70	66	190	36	103,5	83	30	59	104	38	8,74	
48	120	38	96	41	78	74	213	40	118,7	95	35	66	120	42	12,7	
52	136	43	104	46	85	84	231	45	126,7	103	40	73	136	47	16,5	
56	148	43	112	51	95	91	254	50	138,3	110	40	81	148	52	21,9	
60	162	48	120	56	106	100	275	55	146,3	119	45	90	162	58	27,1	
64	170	53	128	56	107	103	286	55	154,8	127	50	90	170	58	31,6	
70	185	58	140	61	117	113	315	60	166,8	139	55	98	185	63	39,3	
80	210	68	160	71	133	132	359	70	187,8	160	65	114	210	73	58,6	
90	240	78	180	80	150	150	402	79	211,5	178	75	128	240	82	85,5	
100	265	83	200	90	170	165	448	89	232,5	197	80	144	265	92	120,5	

Konstruktionsänderungen vorbehalten

Subject to technical modification

*Diese Gabelköpfe sind für dynamisch beanspruchbare Zugstäbe mit folgenden Kennwerten ausgelegt:

- Kerbfalleinstufung der Stäbe: $\Delta\sigma_c = 80 \text{ N/mm}^2$
bei $\gamma_{Mf} = 1,0$; $\sigma_0 = 0,45 \times \sigma_{yk}$; $n = 2 \times 10^6$ Schwingspiele
- Die Gabelköpfe Typ 860 erfüllen die Anforderungsklassen 1 bis 4 gemäß EN 1993-1-11

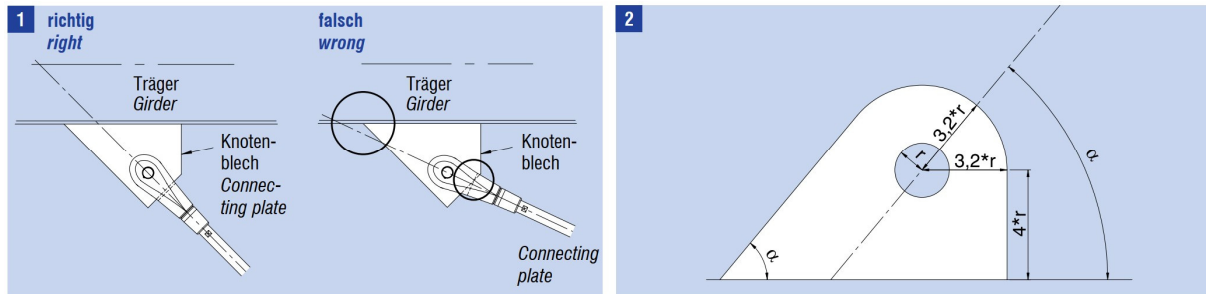
obr. 117: Tabuľka s rozmermi vidlicového prípoja

*This fork connectors are designed for dynamic loaded rod tension members with the following characteristics:

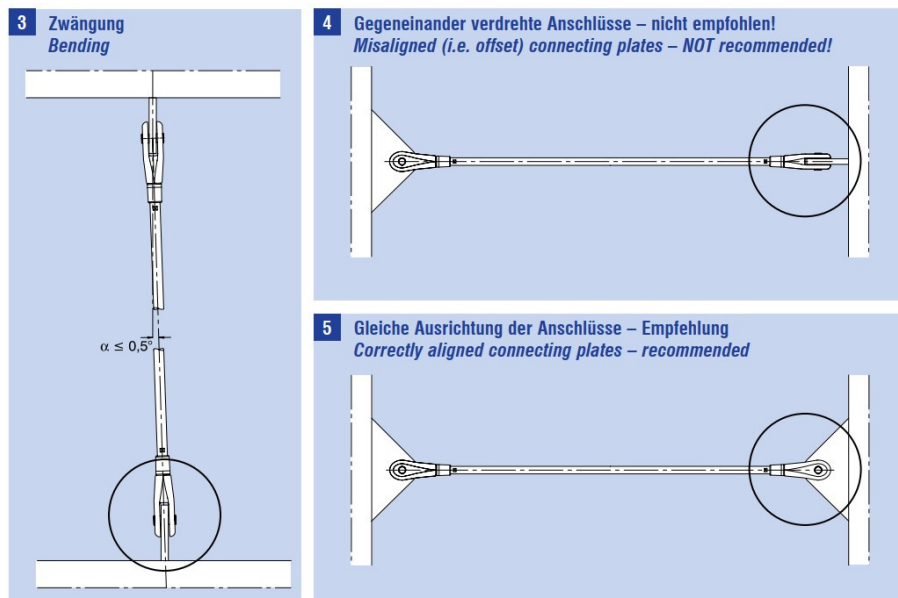
- Detail category of rods: $\Delta\sigma_c = 80 \text{ N/mm}^2$
at $\gamma_{Mf} = 1,0$; $\sigma_0 = 0,45 \times \sigma_{yk}$; $n = 2 \times 10^6$ number of cycles
- The fork connectors type 860 fulfill the exposure classes 1 to 4 according EN 1993-1-11

POŽIADAVKY NA PRÍPOJNÚ DOSKU A ROZMERY

System tiahel má požiadavky na prípojnú dosku, a to druh ocele S355, tvar, minimálne rozmery a orientáciu.



obr. 118: Správny, nesprávny tvar a rozmery prípojnej dosky



obr. 119: Tolerancia, správne a nesprávne osadenie prípojných dosiek

minimálne rozmery prípojnej dosky $BOHR := 2 \cdot r$, $r := \frac{15 \text{ mm}}{2} = 7.5 \text{ mm}$

$t_{GL} := 12 \text{ mm}$ - hrúbka prípojnej dosky

$f_{\min} := 3.2 \cdot r = 24 \text{ mm}$

$4 \cdot r = 30 \text{ mm}$

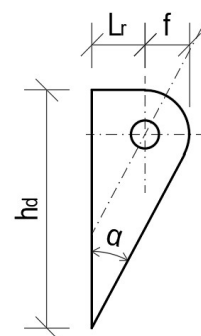
navrhnuté rozmery prípojnej dosky $f := 25 \text{ mm}$

$L_r := 30 \text{ mm}$

$\alpha := 28^\circ$

$t_{GL} := 12 \text{ mm}$

$h_d := 134 \text{ mm}$



obr. 120: Rozmery prípojnej dosky

KRÍŽOVÁ SPOJKA

Kreuzmuffe Intersection Coupler



Technische Daten

Material:
gemäß Zulassung ETA-04/0039

Korrosionsschutz:
feuerverzinkt, Gewinde blank

Hinweise

Außerhalb unserer ETA sind Kreuzmuffen mit identischen Abmessungen für den Typ 860-X und 860-Ermüdungsfest erhältlich.

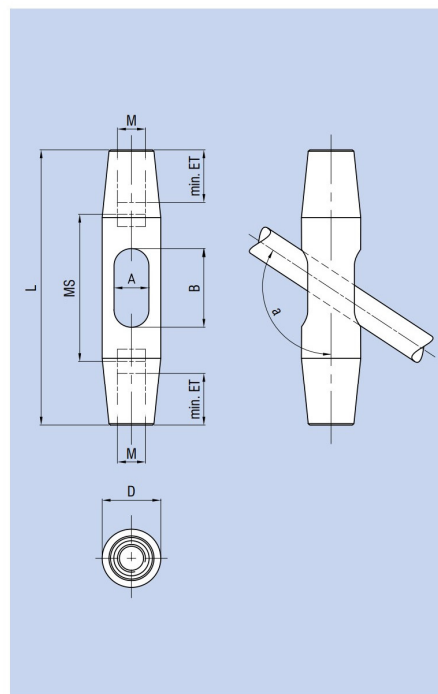
Technical Data

Material:
According to technical approval ETA-04/0039

Corrosion Protection:
Hot dip galvanized, thread bright

Notes

Intersection Couplers type 860-X and 860-Fatigue Resistant are available with the same dimensions but without ETA.



Größe size							Winkel max. angle max.	Verstellweg take up	Gewicht weight
M mm	L mm	D mm	MS mm	min. ET mm	A mm	B mm	a °	± mm	kg
10*	110	24	70	13	14,5	34,5	125	14	0,2
12	121	27	77	16	16,5	39,0	125	12	0,3
16	165	36	97	22	20,5	48,5	125	24	0,7
20	200	42	114	28	25	57	125	30	1,3
24	238	48	137	32	28,5	70,5	125	36	1,9
27	262	52	148	37	32	77	125	40	2,5
30	285	60	162	39	35	84	125	44	3,7
36	329	70	180	48	41	97	125	52	5,7
42*	390	80	217	51	47	116	125	61	8,5
48*	470	95	276	58	53	148	125	68	14,6
52*	480	100	267	62	57	143	125	75	16,5
56*	510	100	316	51	61	162	125	82	15,9
60*	530	105	326	54	65	174	125	85	17,6
64*	550	110	334	58	69	183	125	89	19,9
70*	610	120	372	63	75	200	125	101	26,5
80*	700	140	430	72	87	230	125	116	41,7
90*	780	165	480	81	97	265	125	128	68,1
100*	850	180	518	90	107	289	125	141	87,6

Andere Größen und Ausführungen auf Anfrage
Konstruktionsänderungen vorbehalten
* Größe ist nicht Bestandteil der Zulassung.

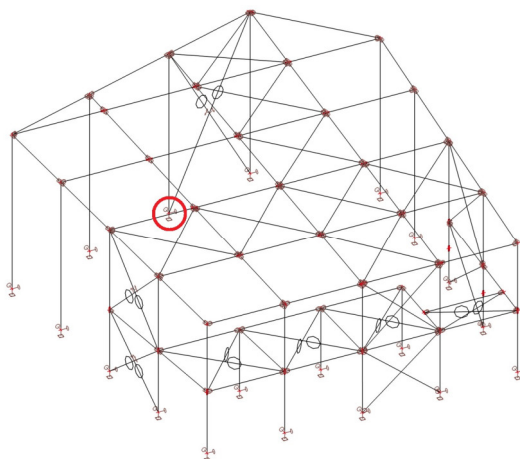
Other sizes and designs on request
Subject to technical modification
* Size is not included in our ETA.

obr. 121: Tabuľka s rozmermi krížovej spojky

7 NÁVRH A POSÚDENIE VYBRANÝCH DETAILOV

Hrúbky zvarov sa po vyhovujúcich posúdeniach dodatočne upravujú vo výkresovej dokumentácii na požadované hrúbky, aby došlo k prehriatiu hrubších plechov.

7.1 DETAIL KLÍBOVEJ PÄTKY STĹPU SO STUŽIDLOM



obr. 122: Poloha detailu v konštrukcii

7.1.1 VNÚTORNÉ SILY, REAKCIE, ROZMERY A CHARAKTERISTIKY

maximálna ťahová sila v pripojenom stužidle $N_{Ed.ťah.st} := 47.83 \text{ kN}$

pôsobiace maximálne reakcie na pätku

$N_{Ed.p.tlak} := 69.29 \text{ kN}$	- NK3
$N_{Ed.p.ťah} := 2.55 \text{ kN}$	- NK11
$V_{Ed.p.y} := 18.52 \text{ kN}$	- NK6
$V_{Ed.p.z} := 20.60 \text{ kN}$	- NK11

rozmery pätného plechu $a_0 := 300 \text{ mm}$

$b_0 := 400 \text{ mm}$

$t_0 := 20 \text{ mm}$

rozmery betónovej pätky $a_c := 1.2 \text{ m}$

$b_c := 1.2 \text{ m}$

$h_c := 1.2 \text{ m}$

trieda betónu základovej pätky C20/25, z toho vyplýva $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

súčiniteľ spoľahlivosti pre betón $\gamma_c := 1.5$

rozmery pripájaného stĺpu $h_s := 200 \text{ mm}$

$t_s := 6.3 \text{ mm}$

7.1.2 PÄTNÁ DOSKA

TLAKOVÁ ÚNOSNOST

započítateľné rozmery betónovej pätky

$$a_1 := \min(3 \cdot a_0, a_0 + h_c, a_c) = 0.9 \text{ m}$$

$$b_1 := \min(3 \cdot b_0, b_0 + h_c, b_c) = 1.2 \text{ m}$$

súčiniteľ koncentrácie napätia

$$k_j := \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 3$$

súčiniteľ vplyvu podliatia $\beta_j := \frac{2}{3}$

návrhová pevnosť betónu v koncentrovanom tlaku

$$f_{jd} := \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 26.667 \text{ MPa}$$

maximálna hrúbka podliatia

$$t_{\text{pod.max}} := 0.2 \cdot \min(a_0, b_0) = 60 \text{ mm}$$

uvažovaná hrúbka podliatia

$$t_{\text{pod}} := 0.1 \cdot \min(a_0, b_0) = 30 \text{ mm}$$

minimálna charakteristická pevnosť malty v tlaku

$$f_{\text{ck.malta}} := 0.2 \cdot f_{ck} = 4 \text{ MPa}$$

účinná šírka pätného plechu

$$c := t_0 \cdot \sqrt{\frac{f_y}{\frac{\gamma_{m0}}{3 \cdot f_{jd}}}} = 42.131 \text{ mm}$$

efektívna plocha pätnej dosky

$$A_{\text{eff}} := (h_s + 2 \cdot c)^2 - 4 \cdot t_s^2 = 80645.8 \text{ mm}^2$$

návrhová únosnosť v tlaku

$$N_{Rd} := A_{\text{eff}} \cdot f_{jd} = 2150.6 \text{ kN}$$

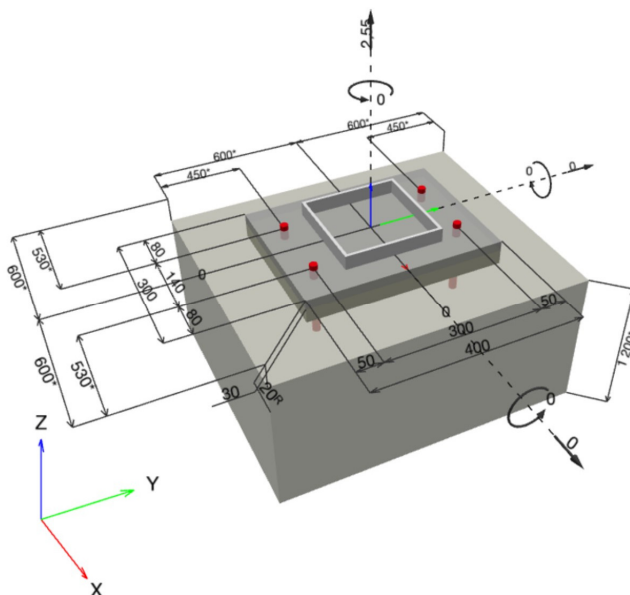
posúdenie

$$N_{\text{Ed.p.tlak}} = 69.29 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 2150.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

ŤAHOVÁ ÚNOSNOSŤ

Navrhnu a posúdia sa lepené kotvy od spoločnosti Hilti v programe Hilti PROFIS Engineering.

Navrhujem kotvy Hilti HIT-Z M16 s lepidlom Hilti HIT-HY 200-R V3 100 let.



obr. 123: Výpočtný model v programe HILTI PROFIS Engineering

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití β_N [%]	Stav
Porušení oceli*	0,638	64,000	1	OK
Porušení vytažením*	0,638	70,000	1	OK
Porušení vytržením betonového kuželu**	1,275	32,090	4	OK
Porušení rozštěpením**	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici

* nejnepříznivější kotva ** skupina kotev (kotvy v tahu)

obr. 124: Výsledky výpočtov kotiev pri namáhaní ťahom

Navrhnutá kotva vyhovuje.

ZVARY STĚLU K PĚTNEJ DOSKE

Navrhujem kútový zvar okolo celého prierezu stěpu, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

dĺžka zvaru $L_w := h_s = 200 \text{ mm}$

napätia vo zvare

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed.p.y}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 15.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\tau_{II} = 15.4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 251.5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ

Trenie medzi pätným plechom a betónom nie je možné z dôvodu pôsobiacej ťahovej sily.

7.1.3 ŠMYKOVÁ ZARÁŽKA

Navrhujem šmykovú zarážku profilu HEA 100, oceľ S355.

CHARAKTERISTIKY

hmotnosť prierezu na 1 m dĺžky	$G_2 := 16.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
šírka profilu	$b := 100 \text{ mm}$
výška profilu	$h := 96 \text{ mm}$
hrúbka pásnice	$t_f := 8.0 \text{ mm}$
dĺžka stojiny	$d := 56 \text{ mm}$
účinná plocha v šmyku	$A_{v,z} := 756 \text{ mm}^2$
plastický prierezový modul	$W_{pl,y} := 83.01 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Prierez je triedy 1.

dĺžka šmykovej zarážky v betóne pätky

$$h_{\min} := \frac{V_{Ed,p,z}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 15.45 \text{ mm} \quad - \text{ z toho vyplýva dĺžka zarážky } h_z := 50 \text{ mm}$$

ŠMYKOVÁ ÚNOSNOSŤ ZARÁŽKY

návrhová šmyková únosnosť v smere y

$$V_{Rd,y} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 154.9 \text{ kN}$$

posúdenie v smere y

$$V_{Ed,p,y} = 18.52 \text{ kN} \leq V_{Rd,y} = 154.9 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

účinná plocha v šmyku pre smer z

$$A_{v,y} := 2 \cdot b \cdot t_f = 1600 \text{ mm}^2$$

návrhová šmyková únosnosť v smere z

$$V_{Rd,z} := \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 327.9 \text{ kN}$$

posúdenie v smere y

$$V_{Ed,p,z} = 20.6 \text{ kN} \leq V_{Rd,z} = 327.9 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

OHYBOVÁ ÚNOSNOSŤ ZARÁŽKY

excentricita zaťaženia

$$e := t_{pod} + \frac{h_z}{2} = 55 \text{ mm}$$

pôsobiaci ohybový moment v smere y

$$M_{Ed,y} := V_{Ed,p,y} \cdot e = 1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ohybová únosnosť zarážky v smere y

$$M_{Rd,y} := \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 29.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie v smere y

$$M_{Ed,y} = 1 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd,y} = 29.5 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

pôsobiaci ohybový moment v smere z

$$M_{Ed,z} := V_{Ed,p,z} \cdot e = 1.133 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

plastický prierezový modul v smere z

$$W_{pl,z} := 2 \cdot \left(b \cdot t_f \cdot \frac{h - t_f}{2} \right) = (7.04 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^3$$

ohybová únosnosť zarážky v smere z

$$M_{Rd,z} := \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 25 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie v globálnom smere y

$$M_{Ed,z} = 1.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{Rd,z} = 25 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

KOMBINÁCIA DVOJOSÉHO OHYBU

parametre pre uvaženie účinkov šikmého ohybu (konzervatívne) $\alpha := 1$

$$\beta := 1$$

posúdenie

$$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^\beta = 0.08 \leq 1.0 \quad \text{vyhovuje}$$

ZVARY ZARÁŽKY K PÄTNÉMU PLECHU

Navrhujem kútový zvar okolo celého prierezu zarážky, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

moment zotrvačnosti zvarového obrazca $I_w := 2.759 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$ - vypočítané v programe AutoCAD

vzdialenosť posudzovaných bodov od osi prierezu $z_1 := \frac{d}{2} = 28 \text{ mm}$

$$z_2 := \frac{b}{2} + a_w = 53 \text{ mm}$$

POSÚDENIE V MIESTE STOJINY, KDE SA ZAOBLUJE K PÁSNICI (BOD 1)

dĺžka zvaru $L_w := d = 56 \text{ mm}$

napätia vo zware

$$\tau_{II} := \frac{V_{Ed,p,y}}{a_w \cdot 2 \cdot L_w} = 55.1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{Ed,p,y} \cdot e}{\frac{I_w}{z_1}} = 7.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\sigma_{kol} = 7.3 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{II}^2 + \tau_{kol}^2)} = 96.6 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE V MIESTE PÁSNIC NA KRAJI ZARÁŽKY (BOD 2)

napätia vo zware

$$\tau_{II} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{Ed,p,y} \cdot e}{\frac{I_w}{z_2}} = 13.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\sigma_{kol} = 13.8 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{ll}^2 + \tau_{kol}^2)} = 27.7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.556 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

7.1.4 PRÍPOJNÁ DOSKA STUŽIDLA

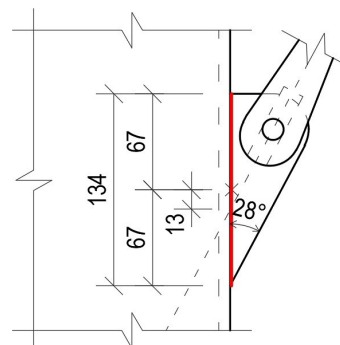
uhol zvierajúci pôsobiacia sila od vertikálnej roviny $\alpha := 28^\circ$

ROZKLAD SILY NA ZLOŽKY

horizontálna zložka $F_{hor} := N_{Ed.fah.st} \cdot \sin(\alpha) = 22.45 \text{ kN}$

vertikálna zložka $F_{ver} := N_{Ed.fah.st} \cdot \cos(\alpha) = 42.23 \text{ kN}$

excentricita sily od ťažiska zvaru $e := 13 \text{ mm}$



obr. 125: Vzďalenessi na prípojnej doske od ťažiska zvaru

NÁVRH

Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

POSÚDENIE ZVARU

dĺžka zvaru $L_w := h_d = 134 \text{ mm}$

napätia vo zvaru

$$\tau_{ll} := \frac{F_{ver}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 52.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{F_{hor}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} + \frac{F_{hor} \cdot e}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w^2} \right) = 31.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\sigma_{kol} = 31.2 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{ll}^2 + \tau_{kol}^2)} = 110.4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE PORUŠENIA POVRCHU STÍPU

súčiniteľ $k_m := 1.0$ - ťah v prípojnom prvku

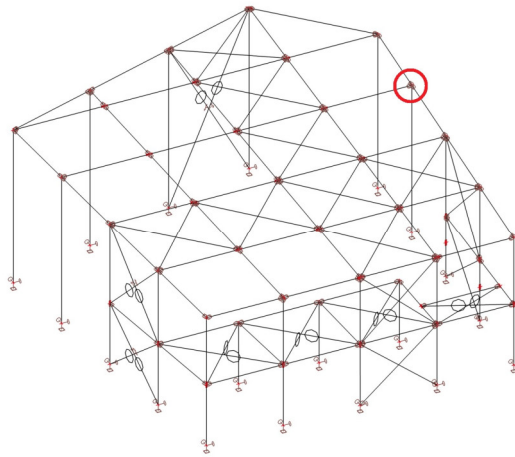
únosnosť povrchu stĺpu

$$N_{1,Rd} := \frac{k_m \cdot f_y \cdot t_s^2}{1 - \frac{t_{GL}}{h_s}} \cdot \frac{\left(2 \cdot \frac{h_d}{h_s} + 4 \cdot \sqrt{1 - \frac{t_{GL}}{h_s}} \right)}{V_{m5}} = 78.2 \text{ kN}$$

posúdenie

$$F_{hor} = 22.5 \text{ kN} \leq N_{1,Rd} = 78.2 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

7.2 PRÍPOJ NOSNÍKOV NA STĽP



obr. 126: Poloha detailu v konštrukcii

7.2.1 VNÚTORNÉ SILY A ROZMERY

maximálne vnútorné sily v pripájaných obvodových nosníkoch

	$N_{Ed,n.tlak} := 1.45 \text{ kN}$	- NK10
	$N_{Ed,n.tah} := 19.79 \text{ kN}$	- NK6
	$V_{Ed,n.z} := 2.42 \text{ kN}$	- NK4

vnútorné sily v pripájanom prelamanom nosníku

	$N_{Ed,b.tlak} := 10.40 \text{ kN}$	- NK3
	$N_{Ed,b.tah} := 15.24 \text{ kN}$	- NK8
	$V_{Ed,b.z} := 63.00 \text{ kN}$	- NK1

rozmery prelamaného nosníka

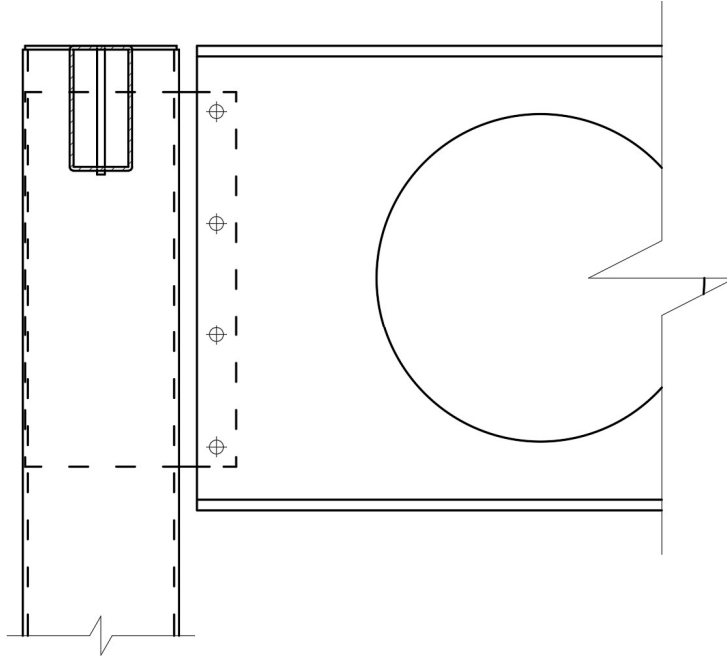
$h_{p,n} := 595.1 \text{ mm}$	
$t_{w,p,n} := 8.6 \text{ mm}$	
$t_{f,p,n} := 13.5 \text{ mm}$	

rozmery stĺpu

$h_s := 200 \text{ mm}$	
$t_s := 6.3 \text{ mm}$	

7.2.2 PRÍPOJ PRELAMOVANÉHO NOSNÍKA DOSKOU NA STOJINE

Navrhujem prípoj doskou na stojine s $n := 4$ skrutkami, doska z oceli S355, skrutky M16 triedy 8.8.



obr. 127: Schéma prípoja prelamaného nosníka doskou na stojine

minimálna výška dosky $b_{d,\min} := 0.8 \cdot h_{p,n} = 476.08 \text{ mm}$

rozmery dosky $a_d := 270 \text{ mm}$

$b_d := 485 \text{ mm}$

$t_d := 10 \text{ mm}$

medza klzu materiálu skrutky $f_{yb} := 640 \text{ MPa}$

medza pevnosti materiálu skrutky $f_{ub} := 800 \text{ MPa}$

plocha skrutky M16 v mieste závitu $A_s := 157 \text{ mm}^2$

priemer skrutky M16 $d := 16 \text{ mm}$

NÁVRH A POSÚDENIE SKRUTIEK

počet strižných rovín $p := 1$

odolnosť jednej skrutky v strihu - šmyková rovina prechádza závitom

$$F_{v,Rd} := p \cdot \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{m2}} = 60.3 \text{ kN}$$

priemer otvoru $d_0 := 18 \text{ mm}$

vzdialenosti skrutiek v spoji $e_1 := 25 \text{ mm}$
 $e_2 := 25 \text{ mm}$
 $p_1 := 145 \text{ mm}$

hodnoty súčiniteľov pre krajné skrutky

$$\alpha_{b,k} := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.463$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.189$$

hodnoty súčiniteľov pre vnútorné skrutky

$$\alpha_{b,v} := \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 1$$

menšie hodnoty súčiniteľov

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b,k}, \alpha_{b,v}) = 0.463$$

odolnosť jednej skrutky v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_d \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 63.6 \text{ kN}$$

únosnosť jednej skrutky

$$F_{Rd} := \min(F_{b,Rd}, F_{v,Rd}) = 60.3 \text{ kN}$$

únosnosť skrutiek v šmyku

$$V_{Rd} := n \cdot F_{Rd} = 241.2 \text{ kN}$$

posúdenie skrutiek

$$V_{Ed,b,z} = 63 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 241.2 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE NA VYTRHNUTIE SKUPINY SKRUTIEK - DOSKA

oslabená plocha pri pôsobení šmyku

$$A_{nv} := t_d \cdot (e_1 + 3 \cdot p_1 - (n - 0.5) \cdot d_0) = 3970 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha pri pôsobení ťahu

$$A_{nt} := t_d \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2}\right) = 160 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{eff,2,Rd} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 845 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{Ed.b.z} = 63 \text{ kN} \leq V_{eff.2.Rd} = 845 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE NA VYTRHNUTIE SKUPINY SKRUTIEK - STOJINA

oslabená plocha pri pôsobení šmyku

$$A_{nv} := t_{w,p.n} \cdot (h_{p.n} - (54.55 \text{ mm} - e_1) - (n - 0.5) \cdot d_0) = 4321.93 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha pri pôsobení ťahu

$$A_{nt} := t_{w,p.n} \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) = 137.6 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{eff.2.Rd} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 912.8 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{Ed.b.z} = 63 \text{ kN} \leq V_{eff.2.Rd} = 912.8 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE DOSKY OSLABENEJ OTVORMI V ŠMYKU

šmyková plocha oslabená otvormi pre skrutky

$$A_{V.d.net} := t_d \cdot (h_d - n \cdot d_0) = 620 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{V.d.net} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 127.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{Ed.b.z} = 63 \text{ kN} \leq V_{pl.Rd} = 127.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE NOSNÍKA OSLABENÉHO OTVORMI V ŠMYKU

šmyková plocha oslabená otvormi pre skrutky

$$A_{V.net} := h_{p.n} \cdot t_{w,p.n} - n \cdot (t_{w,p.n} \cdot d_0) = 4498.7 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{V.net} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 922 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{Ed.b.z} = 63 \text{ kN} \leq V_{pl.Rd} = 922 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE DOSKY V OHYBE

vzdialenosť pôsobiska zaťaženia a čela stĺpu $e := 48 \text{ mm}$

vzniknutý moment

$$M_{\text{Ed.d}} := V_{\text{Ed.b.z}} \cdot e = 3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

prierezový modul

$$W_{\text{el.y}} := \frac{1}{6} \cdot t_d \cdot b_d^2 = (3.92 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

únosnosť v ohybe

$$M_{\text{Rd.d}} := \frac{W_{\text{el.y}} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 139.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

posúdenie

$$M_{\text{Ed.d}} = 3 \text{ kN} \cdot \text{m} \leq M_{\text{Rd.d}} = 139.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE DOSKY V ŠMYKU

šmyková plocha

$$A_{\text{V.d}} := t_d \cdot h_d = 1340 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{\text{pl.Rd}} := \frac{A_{\text{V.d}} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 274.646 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{\text{Ed.b.z}} = 63 \text{ kN} \leq V_{\text{pl.Rd}} = 274.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

$$V_{\text{Ed.b.z}} = 63 \text{ kN} \leq 0.5 \cdot V_{\text{pl.Rd}} = 137.323 \text{ kN} \quad \text{- malý šmyk, nie je potrebné posudzovať kombináciu šmyku s ohybom}$$

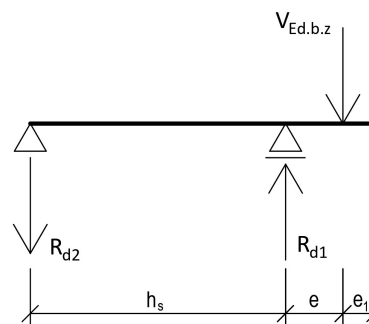
NÁVRH A POSÚDENIE ZVARU PRÍPOJNEJ DOSKY K STĽPU

Doska bude prechádzať cez prierez stĺpu, aby sa zabránilo možnému porušeniu steny stĺpu.

sily pôsobiace na zvary

$$R_{d1} := \frac{(h_s + e) \cdot V_{\text{Ed.b.z}}}{h_s} = 78.12 \text{ kN}$$

$$R_{d2} := \frac{e \cdot V_{\text{Ed.b.z}}}{h_s} = 15.12 \text{ kN}$$



obr. 128: Statické schéma prípojnej dosky

Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky na oboch stranách stĺpu, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

dĺžka zvaru $L_w := b_d = 485 \text{ mm}$

napätia vo zvare

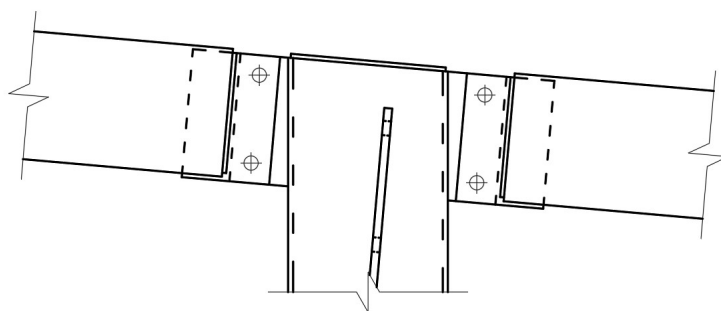
$$\tau_{II} := \frac{R_{d1}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 26.8 \text{ MPa}$$

posúdenie

$$\tau_{II} = 26.8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 251.5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Nakoľko vyhovel zaťaženejší zvar, je jasné, že zvary dosky k stĺpu zaťažené pôsobením sily R_{d2} vyhovujú.

7.2.3 PRÍPOJ OBVODOVÉHO NOSNÍKA



obr. 129: Schéma prípoja obvodových nosníkov

ROZMERY PRÍPOJNEJ DOSKY K NOSNÍKU

dĺžka dosky $a_d := 90 \text{ mm}$

výška dosky $b_d := 160 \text{ mm}$

hrúbka dosky $t_d := 10 \text{ mm}$

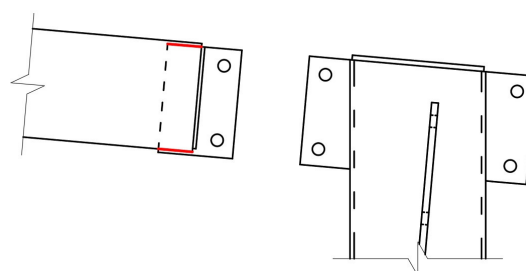
ZVAR PRÍPOJNEJ DOSKY K NOSNÍKU

Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky na oboch stranách nosníka, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

dĺžka zvaru $L_w := 50 \text{ mm}$

napätia vo zvare

$$\tau_{II} := \frac{N_{Ed.n.fah}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} = 33 \text{ MPa}$$



obr. 130: Vyznačené posudzované miesto

$$\tau_{kol} := \frac{V_{Ed.n.z}}{\sqrt{2} \cdot 4 \cdot a_w \cdot L_w} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\sigma_{kol} = 2.9 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{ll}^2 + \tau_{kol}^2)} = 57.4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

NÁVRH A POSÚDENIE SKRUTIEK

Navrhujem prípoj doskou s $n := 2$ skrutkami, doska z oceli S355, skrutky M16 triedy 8.8.

počet strižných rovín $p := 1$

pôsobiacia sila

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed.n.tah}^2 + V_{Ed.n.z}^2} = 19.94 \text{ kN}$$

odolnosť jednej skrutky v strihu - šmyková rovina prechádza závitom

$$F_{v.Rd} := p \cdot \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{m2}} = 60.3 \text{ kN}$$

vzdialenosti skrutiek v spoji $e_1 := 25 \text{ mm}$

$$e_2 := 25 \text{ mm}$$

$$p_1 := 110 \text{ mm}$$

hodnoty súčiniteľov pre krajné skrutky

$$\alpha_{b,k} := \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 0.463$$

$$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.189$$

hodnoty súčiniteľov pre vnútorné skrutky

$$\alpha_{b,v} := \min \left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 1$$

menšie hodnoty súčiniteľov

$$\alpha_b := \min (\alpha_{b,k}, \alpha_{b,v}) = 0.463$$

odolnosť jednej skrutky v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_d \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 63.6 \text{ kN}$$

únosnosť jednej skrutky

$$F_{Rd} := \min(F_{b,Rd}, F_{v,Rd}) = 60.3 \text{ kN}$$

únosnosť spoja v šmyku

$$V_{Rd} := n \cdot F_{Rd} = 120.6 \text{ kN}$$

posúdenie skrutiek

$$F_{Ed} = 19.94 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 120.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE NA VYTRHNUTIE SKUPINY SKRUTIEK

oslabená plocha pri pôsobení šmyku

$$A_{nv} := t_d \cdot (p_1 - (n - 1) \cdot d_0) = 920 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha pri pôsobení ťahu

$$A_{nt} := 2 \cdot t_d \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) = 320 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{\text{eff.2},Rd} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 251.3 \text{ kN}$$

posúdenie

$$F_{Ed} = 19.94 \text{ kN} \leq V_{\text{eff.2},Rd} = 251.3 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE DOSKY OSLABENEJ OTVORMI V ŤAHU

plocha oslabená otvormi pre skrutky

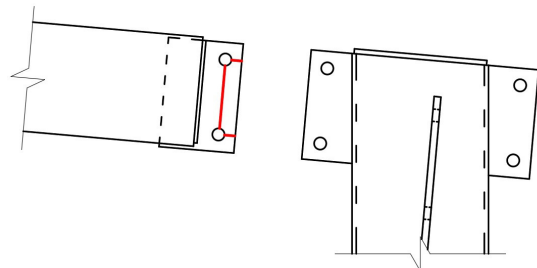
$$A_{V,d,\text{net}} := t_d \cdot (b_d - n \cdot d_0) = 1240 \text{ mm}^2$$

únosnosť v ťahu

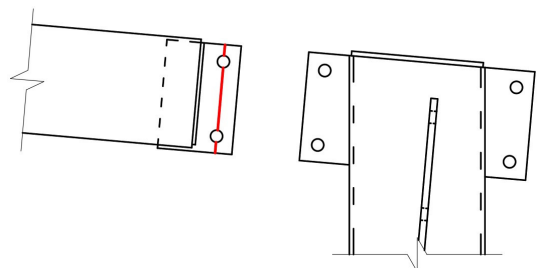
$$N_{Rd,\text{net}} := \frac{0.9 \cdot A_{V,d,\text{net}} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 396.2 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{Ed,n,\text{ťah}} = 19.79 \text{ kN} \leq N_{Rd,\text{net}} = 396.2 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 131: Vyznačené posudzované miesto



obr. 132: Vyznačené posudzované miesto

7.2.4 PRÍPOJNÁ DOSKA NA STĹP PRE OBVODOVÝ NOSNÍK

ROZMERY PRÍPOJNEJ DOSKY K STĹPU

dĺžka strednice dosky $a_{d2} := 67 \text{ mm}$

výška strednice dosky $b_{d2} := 160 \text{ mm}$

hrúbka dosky $t_{d2} := 10 \text{ mm}$

POSÚDENIE NA VYTRHNUTIE SKUPINY SKRUTIEK

oslabená plocha pri pôsobení šmyku

$$A_{nv} := t_{d2} \cdot (p_1 - (n - 1) \cdot d_0) = 920 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha pri pôsobení ťahu

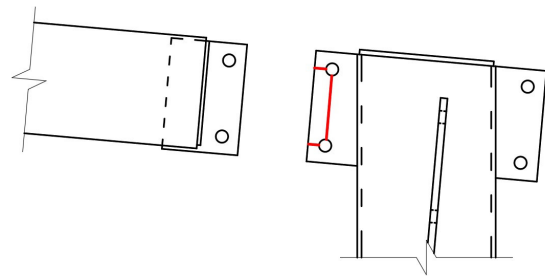
$$A_{nt} := 2 \cdot t_{d2} \cdot \left(e_2 - \frac{d_0}{2} \right) = 320 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$V_{\text{eff.2.Rd}} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 251.3 \text{ kN}$$

posúdenie

$$V_{\text{Ed.n.z}} = 2.42 \text{ kN} \leq V_{\text{eff.2.Rd}} = 251.3 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 133: Vyznačené posudzované miesto

POSÚDENIE DOSKY OSLABENEJ OTVORMI V ŤAHU

plocha oslabená otvormi pre skrutky

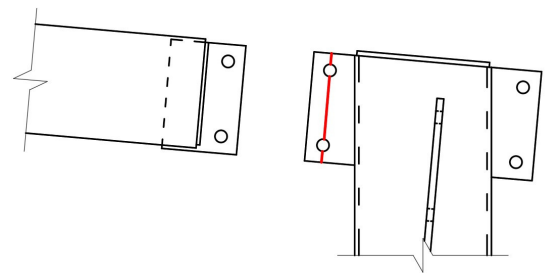
$$A_{V.d.net} := t_{d2} \cdot (b_{d2} - n \cdot d_0) = 1240 \text{ mm}^2$$

únosnosť v ťahu

$$N_{\text{Rd.net}} := \frac{0.9 \cdot A_{V.d.net} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 396.18 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{\text{Ed.n.ťah}} = 19.79 \text{ kN} \leq N_{\text{Rd.net}} = 396.18 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 134: Vyznačené posudzované miesto

NÁVRH A POSÚDENIE ZVARU PRÍPOJNEJ DOSKY K STĹPU

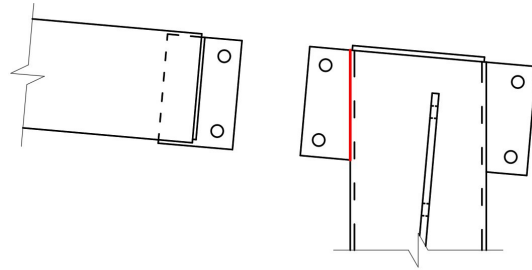
Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky , hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

dĺžka zvaru $L_w := b_{d2} = 160 \text{ mm}$

napätia vo zvare

$$\tau_{||} := \frac{V_{Ed.n.z}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 2.5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \frac{N_{Ed.n.\dot{t}ah}}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w} = 14.6 \text{ MPa}$$



obr. 135: Vyznačené posudzované miesto

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\sigma_{kol} = 14.6 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{||}^2 + \tau_{kol}^2)} = 29.5 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE PORUŠENIA POVRCHU STÍPU - ŤAH

súčiniteľ $k_m := 1.0$

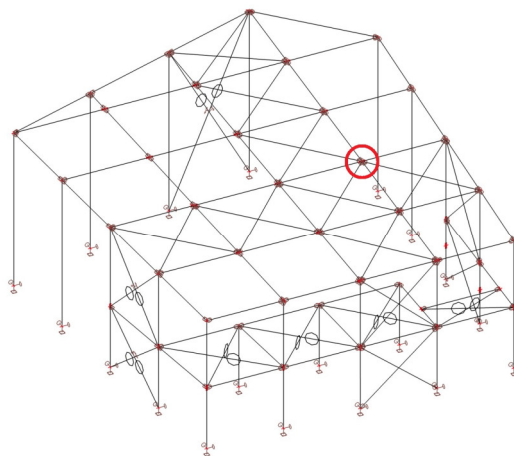
únosnosť povrchu stípu

$$N_{1.Rd} := \frac{k_m \cdot f_y \cdot t_s^2}{1 - \frac{t_{d2}}{h_s}} \cdot \frac{\left(2 \cdot \frac{b_{d2}}{h_s} + 4 \cdot \sqrt{1 - \frac{t_{d2}}{h_s}} \right)}{\gamma_{m5}} = 81.554 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{Ed.n.\dot{t}ah} = 19.79 \text{ kN} \leq N_{1.Rd} = 81.554 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

7.3 PRÍPOJ STREŠNÝCH STUŽIDIEL A PRÚTOV NA NOSNÍK



obr. 136: Poloha detailu v konštrukcii

7.3.1 VNÚTORNÉ SILY

vnútorné sily v pripájaných pozdĺžnych prútoch $N_{Ed.t.ťah} := 15.93 \text{ kN}$ - NK6

$N_{Ed.t.tlak} := 11.67 \text{ kN}$ - NK5

vnútorné sily v pripájaných stužidlách $N_{Ed.s.ťah} := 16.65 \text{ kN}$ - NK8

$N_{Ed.s.tlak} := 12.76 \text{ kN}$ - NK5

7.3.2 DOSKA STREŠNÉHO STUŽIDLA

ROZMERY DOSKY

dĺžka dosky $a_d := 170 \text{ mm}$

šírka dosky $b_d := 100 \text{ mm}$

hrúbka dosky $t_d := 10 \text{ mm}$

ZVAR DOSKY K STUŽIDLU

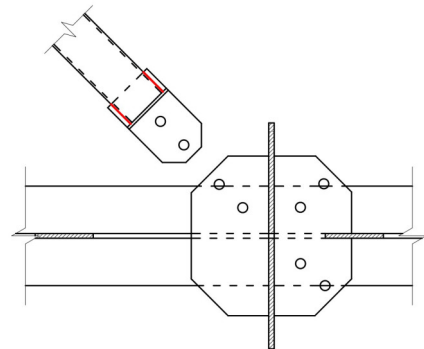
Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky na oboch stranách stužidla, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$. Dĺžka zvaru $L_w := 50 \text{ mm}$.

napätia vo zvare

$$\tau_{II} := \frac{N_{Ed.s.ťah}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} = 27.8 \text{ MPa}$$

posúdenie

$$\tau_{II} = 27.8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 251.5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 137: Vyznačené posudzované miesto

NÁVRH A POSÚDENIE SKRUTIEK

Navrhujem prípoj s $n := 2$ skrutkami, doska z oceli S355, skrutky M16 triedy 8.8.

počet strižných rovín $p := 1$

odolnosť jednej skrutky v strihu - šmyková rovina prechádza závitom

$$F_{v.Rd} := p \cdot \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{m2}} = 60.3 \text{ kN}$$

vzdialenosti skrutiek v spoji $e_1 := 25 \text{ mm}$

$e_2 := 50 \text{ mm}$

$p_1 := 60 \text{ mm}$

hodnoty súčiniteľov pre krajné skrutky

$$\alpha_{b,k} := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.463$$

$$k_1 := \min\left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.5$$

hodnoty súčiniteľov pre vnútorné skrutky

$$\alpha_{b,v} := \min\left(\frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.861$$

menšie hodnoty súčiniteľov

$$\alpha_b := \min(\alpha_{b,k}, \alpha_{b,v}) = 0.463$$

odolnosť jednej skrutky v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_d \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 72.6 \text{ kN}$$

únosnosť jednej skrutky

$$F_{Rd} := \min(F_{b,Rd}, F_{v,Rd}) = 60.3 \text{ kN}$$

únosnosť spoja v šmyku

$$V_{Rd} := n \cdot F_{Rd} = 120.6 \text{ kN}$$

posúdenie skrutiek

$$N_{Ed.s.tah} = 16.65 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 120.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE DOSKY OSLABENEJ OTVORMI V ŤAHU

plocha oslabená otvormi pre skrutky

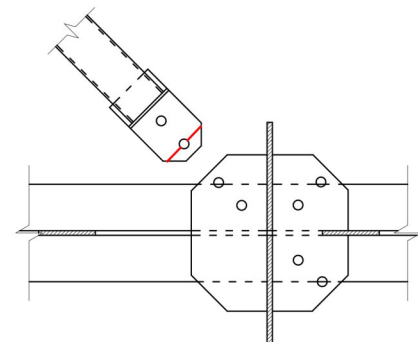
$$A_{V.d.net} := t_d \cdot (b_d - d_0 - 2 \cdot 5 \text{ mm}) = 720 \text{ mm}^2$$

únosnosť v ťahu

$$N_{Rd.net} := \frac{0.9 \cdot A_{V.d.net} \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = 230 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{Ed.s.tah} = 16.65 \text{ kN} \leq N_{Rd.net} = 230 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 138: Vyznačené posudzované miesto

7.3.3 PRÍPOJNÁ DOSKA STREŠNÉHO STUŽIDLA K VÝSTUHE

ROZMERY

šírka v najširšom mieste $a_d := 140 \text{ mm}$

dĺžka v najdlhšom mieste $b_d := 2 \cdot a_d + t_{w,p.n} = 288.6 \text{ mm}$

hrúbka dosky $t_d := 10 \text{ mm}$

ROZKLAD SÍL NA ZLOŽKY

uhol zvierajúci pôsobiaca sila od pozdĺžnej roviny $\alpha := 48^\circ$

pozdĺžna zložka $F_{\text{pozd}} := N_{\text{Ed.s.tah}} \cdot \cos(\alpha) = 11.14 \text{ kN}$

priečna zložka $F_{\text{prieč}} := N_{\text{Ed.s.tah}} \cdot \sin(\alpha) = 12.37 \text{ kN}$

Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

dĺžka zvaru $L_w := a_d = 140 \text{ mm}$

napätia vo zvare

$$\tau_{\parallel} := \frac{F_{\text{prieč}}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = 14.7 \text{ MPa}$$

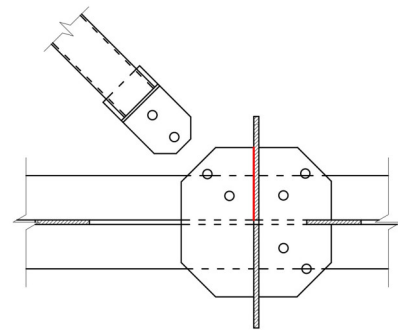
$$\tau_{\text{kol}} := \frac{F_{\text{pozd}}}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot a_w \cdot L_w} = 9.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{kol}} := \tau_{\text{kol}}$$

posúdenie

$$\sigma_{\text{kol}} = 9.4 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{\text{kol}}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\text{kol}}^2)} = 31.7 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 139: Vyznačené posudzované miesto

7.3.4 DOSKA POZDĹŽNYCH STREŠNÝCH PRÚTOV

ROZMERY

výška v najdlhšom mieste $a_d := 115 \text{ mm}$

dĺžka v najdlhšom mieste $b_d := 110 \text{ mm}$

hrúbka dosky $t_d := 10 \text{ mm}$

ZVAR DOSKY K NOSNÍKU

Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky na oboch stranách stužidla, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

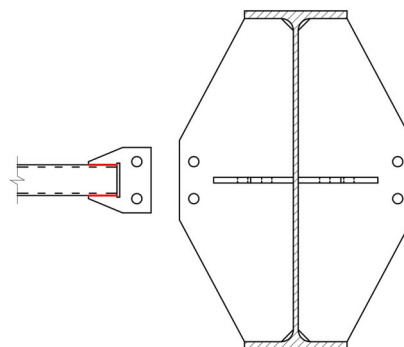
dĺžka zvaru $L_w := 50 \text{ mm}$

napätia vo zvare

$$\tau_{II} := \frac{N_{Ed.t.řah}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} = 26.6 \text{ MPa}$$

posúdenie

$$\tau_{II} = 26.6 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 251.5 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 140: Vyznačené posudzované miesto

NÁVRH A POSÚDENIE SKRUTIEK

Navrhujem prípoj s $n := 2$ skrutkami, doska z oceli S355, skrutky M16 triedy 8.8.

počet strižných rovín $p := 1$

odolnosť jednej skrutky v strihu - šmyková rovina prechádza závitom

$$F_{v.Rd} := p \cdot \frac{0.6 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{m2}} = 60.3 \text{ kN}$$

vzdialenosti skrutiek v spoji $e_1 := 25 \text{ mm}$

$e_2 := 25 \text{ mm}$

$p_2 := 65 \text{ mm}$

hodnoty súčiniteľov pre krajné skrutky

$$\alpha_b := \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 0.463$$

$$k_{1,k} := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.189$$

hodnoty súčiniteľov pre vnútorné skrutky

$$k_{1,v} := \min \left(1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

menšie hodnoty súčiniteľov

$$k_1 := \min (k_{1,k}, k_{1,v}) = 2.189$$

odolnosť jednej skrutky v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_d \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 63.6 \text{ kN}$$

únosnosť jednej skrutky

$$F_{Rd} := \min(F_{b,Rd}, F_{v,Rd}) = 60.3 \text{ kN}$$

únosnosť spoja v šmyku

$$V_{Rd} := n \cdot F_{Rd} = 120.6 \text{ kN}$$

posúdenie skrutiek

$$N_{Ed,t.fah} = 15.93 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 120.6 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

POSÚDENIE DOSKY OSLABENEJ OTVORMI V ŤAHU

oslabená plocha v zvislom smere

$$A_{nv} := t_d \cdot (p_2 - (n - 1) \cdot d_0) = 470 \text{ mm}^2$$

oslabená plocha vo vodorovnom smere

$$A_{nt} := 2 \cdot t_d \cdot \left(e_1 - \frac{d_0}{2} \right) = 320 \text{ mm}^2$$

stanovenie únosnosti

$$N_{Rd,net} := \frac{0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u}{\gamma_{m2}} + \frac{A_{nv} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{m0}} = 159.1 \text{ kN}$$

posúdenie

$$N_{Ed,t.fah} = 15.93 \text{ kN} \leq N_{Rd,net} = 159.1 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

7.3.5 VÝSTUHA NOSNÍKA

ROZMERY

výška dosky $a_{dv} := h_{p,n} - 2 \cdot t_{f,p,n} = 568.1 \text{ mm}$

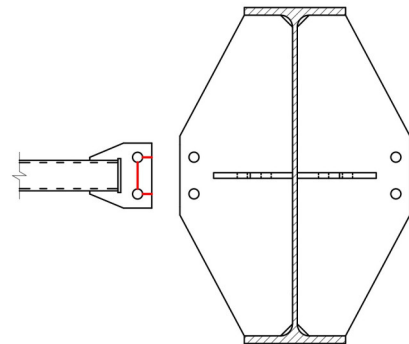
šírka v najširšom mieste $b_{dv} := 140 \text{ mm}$

hrúbka dosky $t_{dv} := 10 \text{ mm}$

ZVAR K PÁSNICIAM

Navrhujem kútový zvar z oboch strán prípojnej dosky na obe pásnice, hrúbka zvaru $a_w := 3 \text{ mm}$.

dĺžka zvaru $L_w := 65 \text{ mm}$



obr. 141: Vyznačené posudzované miesto

napätia vo zvare

$$\tau_{||} := \frac{N_{Ed.t.tah} + 2 \cdot F_{prieč}}{4 \cdot a_w \cdot L_w} = 52.1 \text{ MPa}$$

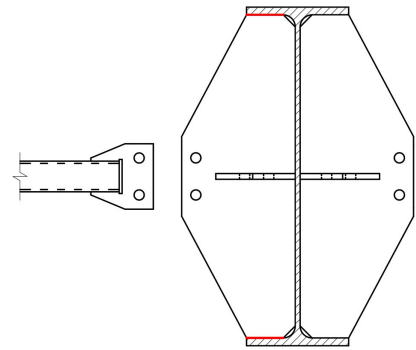
$$\tau_{kol} := \frac{F_{pozd}}{\sqrt{2} \cdot 4 \cdot a_w \cdot L_w} = 10.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \tau_{kol}$$

posúdenie

$$\sigma_{kol} = 10.1 \text{ MPa} \leq \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = 352.8 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{||}^2 + \tau_{kol}^2)} = 92.6 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = 435.6 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$



obr. 142: Vyznačené posudzované miesto

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁRSKA PRÁCA
AUTOSALÓN

2024

PRÍLOHY K STATICKÉMU VÝPOČTU

Autor práce: Martin Šerík

Vedúci práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

ZOZNAM PRÍLOH

Výňatok z technického listu Kingspan KS1000 NF

Výňatok z technického listu Kingspan KS1000 RW

Výňatok z tabuliek únosnosti a technického manuálu spoločnosti Kingspan

Technický list trapézového plechu TR 60/235

Výňatok z ponuky profilov prelamovaných nosníkov ACB

Výňatok z príručky oceľobetónových štíhlych stropov (slim floor) z plechov ComFlor

Výpočetný hárok kritického momentu z programu LTBeamN pre nosník dĺžky 15,95 m

Výpočetný hárok kritického momentu z programu LTBeamN pre nosník dĺžky 16,6 m

Protokol z posúdenia kotiev v pätky z programu Hilti PROFIS Engineering

KS1000/1150 NF

Izolační jádro: IPN

Základní informace o panelu:

KS1000/1150 NF – stěnový sendvičový panel s izolačním jádrem z pěny IPN, dodávaný z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika.

Způsob upevnění ke konstrukci: přiznané kotevní prvky (šrouby s těsnící podložkou)

Panel NF je vhodný pro obvodové nebo vnitřní stěny všech objektů s návrhovou vnitřní teplotou větší než 5 °C. Přípustné je také použití těchto panelů v podhledech nebo stropech.

Vhodnost a možnost použití panelu je nutné posuzovat individuálně s ohledem na konkrétní podmínky projektu.

Délky panelů: doporučená délka

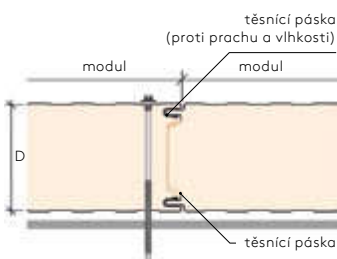
tl. 40-120 mm od **1,85 do 14,5 m (max. 18 m, nadrozměrná doprava)**

tl. 150-200 mm od **1,80 do 12,5 m (max. 18 m, nadrozměrná doprava)**

Tolerance výrobu: odchylky rozměrů odpovídají tolerancím podle ČSN EN 14509 příloha D.



Příčný řez panelem



Detail podélného spoje

Certifikace:

Izolační sendvičové panely Kingspan odpovídají požadavkům a specifikacím, které definuje norma ČSN EN 14509.

Panely Kingspan jsou vyráběny z materiálů nejvyšší kvality, za použití nejnovější výrobní technologie, splňují přísné nároky kontroly kvality a vyhovují standardům ISO 9001, ISO 14001 a ISO 45001.

Panely KS1000/1150 NF jsou certifikovány pojišťovnou FM Global, klasifikace 4880, 4881.



Další informace naleznete v těchto částech Průvodce projektem a stavbou:

kapitola 4 – Tabulky únosnosti

kapitola 5 – Upevňovací prvky

kapitola 6 – Konstrukční detaily

kapitola 7 – Příslušenství

kapitola 8 – Manipulace a montáž

KS1000/1150 NF

Izolační jádro: IPN

Technické parametry KS1000/1150 NF:
Platí pro panely dodávané z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika.

izolační jádro panelu	IPN		vážená vzduchová neprůzvučnost Rw [dB] a faktory přizpůsobení spektru (C; Ctr) podle EN ISO 717-1	hmotnost [kg/m ²] pro modul: 1000 mm, 1150 mm platí pro plechy ext. 0,6 mm / /int. 0,4mm
součinitel tepelné vodivosti podle EN 14509, EN 13165	λd = 0,022 W/m.K měřeno při 10°C			
tloušťka panelu [mm]	součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]	třída reakce na oheň EN 13501-1		
40	0,60/0,59	B-s2, d0	24 (-2; -3)	10,23 10,13
60	0,37/0,36	B-s1, d0	25 (-3; -4)	10,94 10,83
80	0,27	B-s1, d0	25 (-3; -4)	11,72 11,61
100	0,22	B-s1, d0	25 (-2; -4)	12,50 12,39
120	0,18	B-s1, d0	26 (-3; -5)	13,28 13,17
150	0,15	B-s1, d0	26 (-3; -4)	14,45 14,34
170	0,13	B-s1, d0	27 (-3; -5)	15,23 15,12
200	0,11	B-s1, d0	27 (-3; -5)	16,40 16,29

Pozn.: NPD - hodnoty nebyly stanoveny



KS1000 RW

Izolační jádro IPN

Základní informace o panelu:

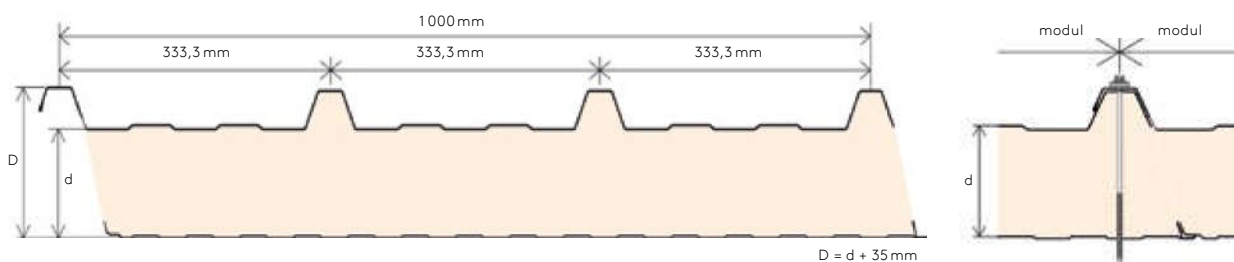
KS1000 RW – střešní sendvičový panel s izolačním jádrem z pěny IPN dodávaný z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika.

Způsob upevnění ke konstrukci: přiznané kotevní prvky (šrouby s těsnící podložkou a kalotou).

Panel RW je vhodný pro střechy všech objektů s návrhovou vnitřní teplotou větší než 5 °C a se spádem střechy větším jak 4° (7%), v případě napojení dvou a více panelů po spádu min. 6° (10%).

Délky panelů: doporučená délka od 2 do 14,5 m (max. 22,5 m, nadměrná doprava)

Tolerance výrobku: odchylky rozměrů odpovídají tolerancím podle ČSN EN 14509 příloha D.



Příčný řez panelem

Detail podélného spoje

Certifikace:

Izolační sendvičové panely Kingspan odpovídají požadavkům a specifikacím, které definuje norma ČSN EN 14509.

Panely Kingspan jsou vyráběny z materiálů nejvyšší kvality, za použití nejnovější výrobní technologie, splňují přísné nároky kontroly kvality a vyhovují standardům ISO 9001, ISO 14001 a ISO 45001.

Technické parametry KS1000 RW: Platí pro panely dodávané z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika.				
izolační jádro panelu	IPN		vzduchová neprůzvučnost Rw [dB] a faktory přizpůsobení spektru (C; Ctr) podle EN ISO717-1	hmotnost [kg/m ²] pro modul: 1000 mm platí pro plechy ext. 0,5 mm / /int. 0,4 mm
součinitel tepelné vodivosti podle EN 14509, EN 13165	λd 0,024 W/m.K (pro tl. ≤40 mm) λd 0,023 W/m.K (pro tl. >40 mm) měřeno při 10 °C			
tloušťka panelu [mm]	součinitel prostupu tepla U [W/m ² .K]	třída reakce na oheň EN 13501-1		
25	0,80	B-s2, d0	24 (-2;-3)	9,03
40	0,53	B-s2, d0	24 (-2;-3)	9,63
60	0,35	B-s2, d0	24 (-2;-3)	10,13
80	0,27	B-s2, d0	24 (-2;-3)	10,83
100	0,22	B-s2, d0	25 (-3;-4)	11,53
120	0,19	B-s2, d0	25 (-3;-4)	12,23
140	0,16	B-s2, d0	26 (-3;-5)	12,93
160	0,14	B-s2, d0	26 (-3;-5)	13,63

Poznámka: NPD - hodnoty nebyly stanoveny.

4

Tabulky únosnosti – Stěnové panely



Technický manuál



Obecné informace pro návrh a posouzení

Hodnoty zatížení

Tabulky platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4 nebo v případě střešních panelů zatížení dle ČSN EN 1991-1-3), přičemž uvedené hodnoty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů.

Hodnoty uvedené v tabulkách pro příslušné typy sendvičových izolačních panelů, na které se vztahuje harmonizovaná norma ČSN EN 14509, jsou vypočteny v souladu s touto normou.

Tabulky uvádí rozpory a zatížení pro vybrané typy profilace a tloušťky povrchových plechů. Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů nebo jiné požadavky zatížení (např. pro nerovnoměrná, bodová nebo dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem v chladírenství apod.) kontaktujte technické oddělení Kingspan (viz. strana 2) pro konkrétní statické posouzení. Na základě strojního výpočtu lze provádět posouzení i u spojitě uložených panelů s různými rozpory jednotlivých polí nebo konzolová vyložení.

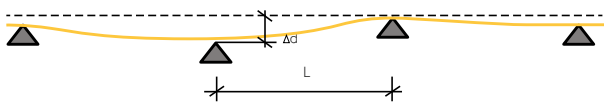
Není-li uvedeno v příslušných tabulkách jinak, uvažujte při návrhu s charakteristickými hodnotami zatížení.

Při návrhu panelů je nutné zohlednit vždy oba způsoby zatížení (zatížení v tlaku nebo na sání) a veškeré podmínky v posuzovaném místě, které by mohly mít vliv na únosnost panelu (lokální návěje sněhu, vnitřní podtlak nebo přetlak).

Rovinnost podkladu

Požadovaná minimální rovinnost podkladní konstrukce	
typ panelu	min. rovinnost
s izolačním jádrem IPN/QuadCore®	L/600
s izolačním jádrem z minerální vlny	L/1000

L – vzdálenost mezi sousedními podporami (rozpon panelu)



NEDODRŽENÍ POŽADOVANÉ ROVINNOSTI MŮŽE ZPŮSOBIT ZVÝŠENÉ NAMÁHÁNÍ PANELU, PORUCHY PANELU A NEDOSTATEČNÉ UPEVNĚNÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ.

Další přípustné tolerance mohou vyplývat z požadavků na samotné podpůrné konstrukce, případně z projektové nebo dílenské dokumentace.

Přípustná deformace (průhyb panelu)

Norma ČSN EN 14509 pro sendvičové izolační panely připouští z hlediska mezního stavu použitelnosti následující meze průhybu, se kterými uvažují tyto tabulky (příloha E. 5.4 ČSN EN 14509):

Přípustná deformace (průhyb panelu)	
typ aplikace	mez průhybu
stěnové	L/100
střešní – krátkodobé zatížení	L/200
střešní – dlouhodobé zatížení (včetně tečení)	L/100

L – vzdálenost mezi sousedními podporami (rozpon panelu)

Rozpon panelu

Rozponem se rozumí přímá vzdálenost mezi sousedními body upevnění nebo uložení na nosnou konstrukci.

Na základě těchto tabulek navrhujte vždy rozpon, který je nejvýše roven příslušné tabulkové hodnotě. Maximální přípustné hodnoty rozponu posuzujte pro uvažované velikosti zatížení, příslušný typ a tloušťku panelu, systém uložení, šířku uložení na konstrukci, barevné skupiny, způsoby upevnění či jiná omezení pro konkrétní aplikace.

Zatížení od teploty

Na straně 3 jsou uvedeny příklady odstínů ve stupnici RAL a jejich zařazení do jednotlivých barevných skupin (příloha E. 3.3 ČSN EN 14509). V tabulkách je uvažováno s teplotami vnějšího povrchu panelu dle tohoto zařazení tedy I. sk. +55°C, II. sk. +65°C, III. sk. +80°C pro letní období a -20°C pro zimní období.

Barevné skupiny (zatřídění)		
barevná skupina	H (%)	T _{ext} (°C)
I. – velmi světlé barvy	75-90	+55
II. – světlé barvy	40-75	+65
III. – tmavé barvy	8-39	+80

H – stupeň odrazivosti vztažený k oxidu horečnatému
T_{ext} – teplota vnějšího plechu

Na vnitřním povrchovém plechu je uvažována teplota +25°C v pro letní období a teplota +20°C pro zimní období.

V případě, že panely mají být použity na opláštění mrazíren, pekáren nebo jiných specifických prostor, u kterých má být uvažováno s odlišným rozdílem teplot mezi vnitřním a vnějším povrchem panelu, než je uvažováno výše, musí být provedeno individuální posouzení. Pro více informací kontaktujte technické oddělení Kingspan (techinfo@kingspan.cz).

Obecné informace pro návrh a posouzení

Upevnění panelu a návrh kotevních prvků

Tyto tabulky únosnosti nezohledňují návrh nebo únosnost upevňovacích prvků, pomocí kterých jsou panely kotveny do nosné konstrukce. Kotvení panelu je vždy třeba navrhovat s ohledem na velikost podporových reakcí (jak pro mezní stav únosnosti, tak i pro mezní stav použitelnosti, tzn. včetně vlivu zatížení teplotní gradientem). Výpočet podporových reakcí se provádí podle ČSN EN 14509, v případě potřeby kontaktujte technické oddělení Kingspan. Dle typu nosné konstrukce musí být zvolen vhodný typ kotevního šroubu. Pevnostní charakteristiky kotevních šroubů deklaruje výrobce spojovacího materiálu.

Pokud jsou panely navrženy jako prosté nosníky (typicky horizontální kladení stěnových panelů kotvených k nosným sloupům), je možné podporové reakce pro návrh kotvení při zatížení větrem na sání stanovit jednoduchým výpočtem.

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma_f \cdot w_k \cdot L \quad [\text{kN/m}^2]$$

kde:

E_d – síla přenesená kotevními šrouby z jednoho panelu na metr běžný podpory

γ_f = 1,5 – součinitel zatížení (proměnné zatížení větrem)

w_k [kN/m²] – charakteristická hodnota zatížení větrem (zpravidla sání větru, případně součet sání a vnitřního tlaku).

L [m] – osová vzdálenost mezi body upevnění (rozpon panelu)

V případě spojitě uložených panelů je nutné provést strojní výpočet zohledňující vliv teploty (MSP).

V případě typu stěnového panelu, který umožňuje kotvení v tzv. skrytém spoji (KS1000 AT nebo KS1000 FH) je únosnost panelu při tomto způsobu upevnění limitována použitím maximálně dvou šroubů s roznášecí podložkou a také únosností panelu v oblasti skrytého spoje.

Požární odolnost a jiné požadavky

Tyto tabulky únosnosti nezohledňují žádné požadavky a omezení z hlediska únosnosti nebo rozponu, které mohou vyplývat z příslušných požárně-klasifikačních protokolů nebo jiných certifikátů či právních předpisů. V případě, že je u posuzovaných panelů vyžadována požární odolnost nebo jiné specifické požadavky, kontaktujte pro více informací technické oddělení Kingspan.

Označení panelů – význam parametrů

KS1000/1150 NF 100 0,6/0,5 M/Q 7016/9002

KS	– označení výrobce Kingspan a.s.
1000/1150	– modulová šířka panelu [mm] (u některých panelů jsou nabízeny alternativní modulové šířky, např. 1000, 1150, 1200 mm)
NF	– označení typu panelu
100	– tloušťka izolačního jádra panelu [mm]
0,6/0,5	– tloušťka povrchových plechů exteriér/interiér [mm]
M/Q	– profilace povrchových plechů exteriér/interiér
7016/9002	– požadovaná barevnost povrchových plechů exteriér/interiér

Upozornění k obsahu

Tyto tabulky jsou poplatné době jejich vydání a mohou se časem měnit. Tabulky jsou určeny k orientačnímu statickému návrhu panelů a nenahrazují statické posouzení k tomuto způsobu autorizovaným inženýrem nebo statikem. Možné chyby nebo opomenutí v obsahu těchto tabulek únosnosti jsou vyhrazeny.

Kontakt na technické oddělení Kingspan

- tel.: +420 495 866 150
- e-mail: techinfo@kingspan.cz

Barevné odstíny RAL

– zatřídění do barevné skupiny

Barevné odstíny RAL – zatřídění do barevné skupiny											
RAL	odstín		barevná skupina	H*	°C	RAL	odstín		barevná skupina	H*	°C
1013	oyster white		I	85	54	2002	vermilion		III	37	67
1015	light ivory			82	54	3000	flame red			31	70
1016	sulfur yellow			78	55	3002	carmine red			28	71
1018	zinc yellow			80	54	3004	purple red			20	76
7035	light grey			75	55	3009	oxide red			28	71
9001	cream			84	53	5002	ultramarine blue			20	76
9002	grey white			83	54	5003	sapphire blue			19	78
9010	pure white			90	52	5007	brillant blue			33	69
1001	beige			68	57	5009	azure blue			28	71
1002	sand yellow			67	57	5010	gentian blue			22	75
1007	daffodil yellow		II	57	59	5013	cobalt blue		15	80	
1017	saffron yellow			70	57	6001	emerald green		32	70	
1020	olive yellow			53	61	6002	leaf green		29	71	
1023	traffic yellow			72	56	6003	olive green		28	71	
1024	ochre yellow			57	59	6005	moss green		21	76	
2000	yellow orange			51	61	6008	brown green		16	79	
2001	red orange			40	65	6010	grass green		37	67	
2003	pastel orange			55	60	6020	chrome green		23	75	
2004	pure orange			43	64	7005	mouse grey		38	66	
5012	light blue			43	64	7013	brown grey		27	72	
5014	pigeon blue		40	65	7015	slate grey		28	71		
5018	turquoise blue		44	64	7016	anthracite grey		21	76		
6011	reseda green		43	64	7039	quartz grey		35	67		
6018	yellow green		50	62	8004	copper brown		33	69		
6021	pale green		55	60	8007	fawn brown		27	72		
7001	silver grey		52	61	8011	nut brown		22	75		
7002	olive grey		44	64	8012	red brown		21	76		
7032	pebble grey		67	57	8014	sepia brown		19	77		
7038	agate grey		67	57	8016	mahogany brown		18	78		
8023	orange brown		40	65	8025	pale brown		34	68		
9006	white aluminium		66	57	9005	jet black		13	95		
9007	grey aluminium		48	63	H* – stupeň odrazivosti vztažený k oxidu hořečnatému v %						

Tento přehled barevných odstínů neslouží k výběru barev vzhledem k jejich možnému výraznému zkreslení tiskem nebo způsobem zobrazení.

V přehledu jsou uvedeny pouze vybrané barevné odstíny, jejich aktuální dostupnost, případně zatřídění do barevných skupin pro jiné barevné odstíny doporučujeme konzultovat s příslušným pracovníkem obchodního oddělení nebo technickým oddělením Kingspan (techinfo@kingspan.cz).

Označení RAL je celosvětově uznávaný standard pro stupnici barevných odstínů, která v tomto případě slouží pouze pro účely přibližného zatřídění do barevné skupiny a slouží pro potřeby statického posouzení.

Tyto barvy není možné použít za účelem estetického či architektonického návrhu, s cílem dodržení přesného odstínu u skutečně dodávaných panelů.

KS1000/1150 NF/TL 120

Stěnové panely s jádrem IPN/QuadCore®

Stěnový panel KS1000/1150 NF/TL 120

plech vnější/vnitřní: **0,6/0,4 mm**
profilace vnější/vnitřní: **M (Micro)/Q (Minibox)**
S280GD podle ČSN EN 14509

platí pro panely NF dodávané z výrobního závodu
v Hradci Králové, Kingspan Česká republika



SÁNÍ										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								[kN/m ²]
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
prostý nosník ▲————▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	význam hodnot v tabulce: X,XX max. rozpon [m] maximální přípustná deformace: – L/100 (dle ČSN EN 14 509) kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
	III.	10,18	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
spojitý nosník o 2 polích ▲▲————▲▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,62	3,87	3,34	2,95	
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,49	3,75	3,23	2,85	
	III.	10,20	7,36	6,01	5,20	4,29	3,57	3,07	2,70	
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲————▲▲▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,79	3,32	
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,74	3,26	
	III.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,65	3,18	

TLAK										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								[kN/m ²]
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	
prostý nosník ▲————▲	I., II., III.	40 11,34	40 9,12	53 7,72	65 6,69	76 5,98	85 5,46	94 5,06	102 4,73	význam hodnot v tabulce: AAA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BBB min. šířka střední podpory [mm] maximální přípustná deformace: – L/100 (dle ČSN EN 14 509) kde L je vzdálenost mezi podporami
spojitý nosník o 2 polích ▲▲————▲▲	I.	40 8,28	40 6,38	40 5,53	43 5,02	53 4,67	64 4,40	73 4,17	82 3,97	
	II.	40 8,28	40 6,38	40 5,53	43 5,02	53 4,67	64 4,40	73 4,17	82 3,97	
	III.	40 8,28	40 6,38	40 5,53	43 5,02	53 4,67	64 4,40	73 4,17	82 3,97	
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲————▲▲▲	I.	40 10,83	40 7,78	40 6,43	51 5,63	61 5,09	70 4,70	78 4,39	87 4,14	
	II.	40 10,83	40 7,78	40 6,43	51 5,63	61 5,09	70 4,70	78 4,39	87 4,14	
	III.	40 10,83	40 7,78	40 6,43	51 5,63	61 5,09	70 4,70	78 4,39	87 4,14	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplyvá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4). Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů a pro jiné požadavky zatížení (dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem s chladičností apod.) kontaktujte technické oddělení pro konkrétní statické posouzení.

Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení.

Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

4

Tabulky únosnosti – Střešní panely



Technický manuál



Obecné informace pro návrh a posouzení

Hodnoty zatížení

Tabulky platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4 nebo v případě střešních panelů zatížení dle ČSN EN 1991-1-3), přičemž uvedené hodnoty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů.

Hodnoty uvedené v tabulkách pro příslušné typy sendvičových izolačních panelů, na které se vztahuje harmonizovaná norma ČSN EN 14509, jsou vypočteny v souladu s touto normou.

Tabulky uvádí rozpory a zatížení pro vybrané typy profilace a tloušťky povrchových plechů. Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů nebo jiné požadavky zatížení (např. pro nerovnoměrná, bodová nebo dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem v chladírenství apod.) kontaktujte technické oddělení Kingspan (viz. strana 2) pro konkrétní statické posouzení. Na základě strojního výpočtu lze provádět posouzení i u spojitě uložených panelů s různými rozpory jednotlivých polí nebo konzolová vyložení.

Není-li uvedeno v příslušných tabulkách jinak, uvažujte při návrhu s charakteristickými hodnotami zatížení.

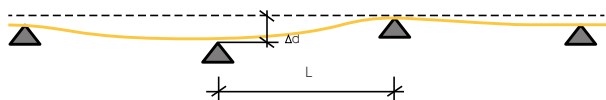
Při návrhu panelů je nutné zohlednit vždy oba způsoby zatížení (zatížení v tlaku nebo na sání) a veškeré podmínky v posuzovaném místě, které by mohly mít vliv na únosnost panelu (lokální návěje sněhu, vnitřní podtlak nebo přetlak).

Rovinnost podkladu

Požadovaná minimální rovinnost podkladní konstrukce

typ panelu	min. rovinnost
s izolačním jádrem IPN/QuadCore®	L/600
s izolačním jádrem z minerální vlny	L/1000

L – vzdálenost mezi sousedními podporami (rozpon panelu)



NEDODRŽENÍ POŽADOVANÉ ROVINNOSTI MŮŽE ZPŮSOBIT ZVÝŠENÉ NAMÁHÁNÍ PANELU, PORUCHY PANELU A NEDOSTATEČNÉ UPEVNĚNÍ KOTEVNÍCH PRVKŮ.

Další přípustné tolerance mohou vyplývat z požadavků na samotné podpůrné konstrukce, případně z projektové nebo dílenské dokumentace.

Přípustná deformace (průhyb panelu)

Norma ČSN EN 14509 pro sendvičové izolační panely připouští z hlediska mezního stavu použitelnosti následující meze průhybu, se kterými uvažují tyto tabulky (příloha E. 5.4 ČSN EN 14509):

Přípustná deformace (průhyb panelu)	
typ aplikace	mez průhybu
stěnové	L/100
střešní – krátkodobé zatížení	L/200
střešní – dlouhodobé zatížení (včetně tečení)	L/100

L – vzdálenost mezi sousedními podporami (rozpon panelu)

Rozpon panelu

Rozponem se rozumí přímá vzdálenost mezi sousedními body upevnění nebo uložení na nosnou konstrukci.

Na základě těchto tabulek navrhujte vždy rozpon, který je nejvýše roven příslušné tabulkové hodnotě. Maximální přípustné hodnoty rozponu posuzujte pro uvažované velikosti zatížení, příslušný typ a tloušťku panelu, systém uložení, šířku uložení na konstrukci, barevné skupiny, způsoby upevnění či jiná omezení pro konkrétní aplikace.

Zatížení od teploty

Na straně 3 jsou uvedeny příklady odstínů ve stupnici RAL a jejich zařazení do jednotlivých barevných skupin (příloha E. 3.3 ČSN EN 14509). V tabulkách je uvažováno s teplotami vnějšího povrchu panelu dle tohoto zařazení tedy I. sk. +55°C, II. sk. +65°C, III. sk. +80°C pro letní období a -20°C pro zimní období.

Barevné skupiny (zatřídění)

barevná skupina	H (%)	T _{ext} (°C)
I. – velmi světlé barvy	75-90	+55
II. – světlé barvy	40-75	+65
III. – tmavé barvy	8-39	+80

H – stupeň odrazivosti vztažený k oxidu horečnatému
T_{ext} – teplota vnějšího plechu

Na vnitřním povrchovém plechu je uvažována teplota +25°C v pro letní období a teplota +20°C pro zimní období.

V případě, že panely mají být použity na opláštění mrazíren, pekáren nebo jiných specifických prostor, u kterých má být uvažováno s odlišným rozdílem teplot mezi vnitřním a vnějším povrchem panelu, než je uvažováno výše, musí být provedeno individuální posouzení. Pro více informací kontaktujte technické oddělení Kingspan (techinfo@kingspan.cz).

Obecné informace pro návrh a posouzení

Upevnění panelu a návrh kotevních prvků

Tyto tabulky únosnosti nezohledňují návrh nebo únosnost upevňovacích prvků, pomocí kterých jsou panely kotveny do nosné konstrukce. Kotvení panelu je vždy třeba navrhovat s ohledem na velikost podporových reakcí (jak pro mezní stav únosnosti, tak i pro mezní stav použitelnosti, tzn. včetně vlivu zatížení teplotní gradientem). Výpočet podporových reakcí se provádí podle ČSN EN 14509, v případě potřeby kontaktujte technické oddělení Kingspan. Dle typu nosné konstrukce musí být zvolen vhodný typ kotevního šroubu. Pevnostní charakteristiky kotevních šroubů deklaruje výrobce spojovacího materiálu.

Pokud jsou panely navrženy jako prosté nosníky (typicky horizontální kladení stěnových panelů kotvených k nosným sloupům), je možné podporové reakce pro návrh kotvení při zatížení větrem na sání stanovit jednoduchým výpočtem.

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma_f \cdot w_k \cdot L \quad [\text{kN/m}^2]$$

kde:

E_d – síla přenesená kotevními šrouby z jednoho panelu na metr běžný podpory

$\gamma_f = 1,5$ – součinitel zatížení (proměnné zatížení větrem)

w_k [kN/m²] – charakteristická hodnota zatížení větrem (zpravidla sání větru, případně součet sání a vnitřního tlaku).

L [m] – osová vzdálenost mezi body upevnění (rozpon panelu)

V případě spojitě uložených panelů je nutné provést strojní výpočet zohledňující vliv teploty (MSP).

Požární odolnost a jiné požadavky

Tyto tabulky únosnosti nezohledňují žádné požadavky a omezení z hlediska únosnosti nebo rozponu, které mohou vyplývat z příslušných požárně-klasifikačních protokolů nebo jiných certifikátů či právních předpisů. V případě, že je u posuzovaných panelů vyžadována požární odolnost nebo jiné specifické požadavky, kontaktujte pro více informací technické oddělení Kingspan.

Označení panelů – význam parametrů

KS1000/1150 NF 100 0,6/0,5 M/Q 7016/9002

KS	– označení výrobce Kingspan a.s.
1000/1150	– modulová šířka panelu [mm] (u některých panelů jsou nabízeny alternativní modulové šířky, např. 1000, 1150, 1200 mm)
NF	– označení typu panelu
100	– tloušťka izolačního jádra panelu [mm]
0,6/0,5	– tloušťka povrchových plechů exteriér/interiér [mm]
M/Q	– profilace povrchových plechů exteriér/interiér
7016/9002	– požadovaná barevnost povrchových plechů exteriér/interiér

Upozornění k obsahu

Tyto tabulky jsou poplatné době jejich vydání a mohou se časem měnit. Tabulky jsou určeny k orientačnímu statickému návrhu panelů a nenahrazují statické posouzení k tomuto způsobilým autorizovaným inženýrem nebo statikem. Možné chyby nebo opomenutí v obsahu těchto tabulek únosnosti jsou vyhrazeny.

Kontakt na technické oddělení Kingspan

■ e-mail: techinfo@kingspan.cz

Barevné odstíny RAL

- zatřídění do barevné skupiny

Barevné odstíny RAL – zatřídění do barevné skupiny											
RAL	odstín		barevná skupina	H*	°C	RAL	odstín		barevná skupina	H*	°C
1013	oyster white		I	85	54	2002	vermilion		III	37	67
1015	light ivory			82	54	3000	flame red			31	70
1016	sulfur yellow			78	55	3002	carmine red			28	71
1018	zinc yellow			80	54	3004	purple red			20	76
7035	light grey			75	55	3009	oxide red			28	71
9001	cream			84	53	5002	ultramarine blue			20	76
9002	grey white			83	54	5003	sapphire blue			19	78
9010	pure white			90	52	5007	brilliant blue			33	69
1001	beige			68	57	5009	azure blue			28	71
1002	sand yellow			67	57	5010	gentian blue			22	75
1007	daffodil yellow		II	57	59	5013	cobalt blue		15	80	
1017	saffron yellow			70	57	6001	emerald green		32	70	
1020	olive yellow			53	61	6002	leaf green		29	71	
1023	traffic yellow			72	56	6003	olive green		28	71	
1024	ochre yellow			57	59	6005	moss green		21	76	
2000	yellow orange			51	61	6008	brown green		16	79	
2001	red orange			40	65	6010	grass green		37	67	
2003	pastel orange			55	60	6020	chrome green		23	75	
2004	pure orange			43	64	7005	mouse grey		38	66	
5012	light blue			43	64	7013	brown grey		27	72	
5014	pigeon blue		40	65	7015	slate grey		28	71		
5018	turquoise blue		44	64	7016	anthracite grey		21	76		
6011	reseda green		43	64	7039	quartz grey		35	67		
6018	yellow green		50	62	8004	copper brown		33	69		
6021	pale green		55	60	8007	fawn brown		27	72		
7001	silver grey		52	61	8011	nut brown		22	75		
7002	olive grey		44	64	8012	red brown		21	76		
7032	pebble grey		67	57	8014	sepia brown		19	77		
7038	agate grey		67	57	8016	mahogany brown		18	78		
8023	orange brown		40	65	8025	pale brown		34	68		
9006	white aluminium		66	57	9005	jet black		13	95		
9007	grey aluminium		48	63	H* – stupeň odrazivosti vztažený k oxidu hořečnatému v %						

Tento přehled barevných odstínů neslouží k výběru barev vzhledem k jejich možnému výraznému zkreslení tiskem nebo způsobem zobrazení.

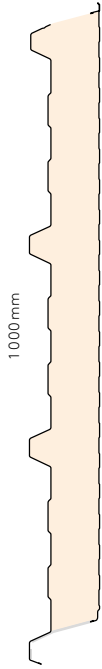
V přehledu jsou uvedeny pouze vybrané barevné odstíny, jejich aktuální dostupnost, případně zatřídění do barevných skupin pro jiné barevné odstíny doporučujeme konzultovat s příslušným pracovníkem obchodního oddělení nebo technickým oddělením Kingspan (techinfo@kingspan.cz).

Označení RAL je celosvětově uznávaný standard pro stupnici barevných odstínů, která v tomto případě slouží pouze pro účely přibližného zatřídění do barevné skupiny a slouží pro potřeby statického posouzení.

Tyto barvy není možné použít za účelem estetického či architektonického návrhu, s cílem dodržení přesného odstínu u skutečně dodávaných panelů.

Střešní panel KS1000 RW 160 – (nestandard)

Tabulky únosnosti



Střešní panel KS1000 RW 160 – nestandardní tloušťka plechu

plech vnější/vnitřní: **0,6/0,4** mm
 profílce vnější/vnitřní: **trapéz 35 mm/Q** (minibox)
 S320/GD/S280GD podle ČSN EN 14509
 platí pro panely RW dodávané z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika

hodnota zatížení

systém		charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	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
prostý nosník ▲▲	barevná skupina	40	40	40	40	43	45	46	46	44	43	41	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I., II., III.	9,16	7,86	7,02	6,00	5,16	4,50	3,95	3,48	3,06	2,70	2,40	2,13	1,91	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲	barevná skupina	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I., II., III.	8,50	6,06	4,80	4,02	3,49	3,10	2,80	2,57	2,38	2,22	2,08	1,97	1,87	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲▲▲	barevná skupina	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	I., II., III.	9,52	6,74	5,31	4,42	3,82	3,39	3,06	2,80	2,59	2,41	2,27	2,13	1,91	1,73	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20	1,14

SÁNÍ

systém		charakteristické proměnné zatížení sání větru [kN/m ²]																			
		0,25	0,50	0,75	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
prostý nosník ▲	I.	9,51	9,51	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82
	II.	9,51	9,51	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82
	III.	9,51	8,78	7,61	6,48	5,74	5,21	4,80	4,48	4,22	4,00	3,81	3,64	3,50	3,37	3,26	3,16	3,06	2,98	2,90	2,82
spojitý nosník o 2 polích ▲▲	I.	9,81	8,97	6,00	4,62	3,83	3,30	2,92	2,64	2,41	2,22	2,07	1,94	1,83	1,73	1,65	1,57	1,50	1,44	1,39	1,34
	II.	9,81	8,40	5,59	4,32	3,59	3,10	2,76	2,50	2,29	2,12	1,98	1,86	1,76	1,67	1,59	1,52	1,46	1,40	1,35	1,30
	III.	9,81	7,48	4,96	3,86	3,24	2,83	2,53	2,31	2,13	1,98	1,86	1,75	1,66	1,58	1,51	1,45	1,39	1,34	1,29	1,25
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲▲	I.	12,82	9,68	7,01	5,33	4,35	3,70	3,24	2,90	2,63	2,41	2,24	2,09	1,97	1,86	1,76	1,68	1,61	1,54	1,49	1,43
	II.	12,81	9,68	6,72	5,10	4,16	3,54	3,10	2,78	2,52	2,32	2,16	2,02	1,90	1,80	1,71	1,63	1,56	1,50	1,45	1,40
	III.	12,81	9,56	6,27	4,74	3,86	3,29	2,89	2,60	2,36	2,18	2,03	1,91	1,80	1,71	1,63	1,56	1,50	1,44	1,39	1,34

Minimální šířka krajní podpory je 40mm, minimální šířka střední podpory je 60mm, nevyplývá-li z tabulek zatížení v tlaku šířka větší.

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení. Při jiných požadavcích (dlouhodobá zatížení, teplotní zatížení v chladících opod.) je třeba provést zvláštní výpočet.

Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení.

Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelu.

Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

význam hodnot v tabulce:

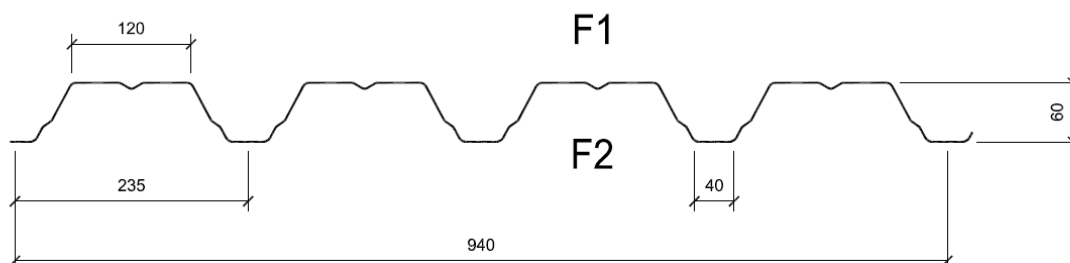
AAA	min. šířka krajní podpory [mm]
X,XX	max. rozspan [m]
BBB	min. šířka střední podpory [mm]

Připustná deformace:

- pro krátkodobé zatížení L/200
 - pro dlouhodobá zatížení L/100
- kde L je vzdálenost mezi podporami

TECHNICKÝ LIST
TRAPÉZOVÉHO PLECHU
TR 60/235

TR 60/235



Technické parametry:

Rozvin:	1250mm
Skladebná šířka:	940mm
Třída oceli:	S280GD, S320GD dle EN 10346
Tloušťka:	0.63; 0.75; 0.88; 1.00; 1.25mm; dle EN 10143
Ochrana proti korozi:	Z100, Z140, Z200, Z225, Z275, Z350, AZ150, AZ185, 1.4526, 1.4301, 1.4404, dle EN 10346
Organické povrch. úpravy:	Interieur (DU912, DU901), Hairplus, Hairultra, Hairflon, Keyron, Hairexcel, Sinea, dle EN 10169
Další:	Možnost provedení antikondenzační úpravy
Max. délka:	15m
Min. délka:	2m



Produkt je v souladu se Směrnicí 89/106/EHS (Stavební výrobky) a splňuje požadavky níže uvedených harmonizovaných norem: EN 1090-1:2009 + A1:2011, EN1090-2:2008 + A1:2011

Tabulky únosností tenkostěnných plošných profilů ArcelorMittal

Plechys jsou z oceli S320, která má následující charakteristiky:

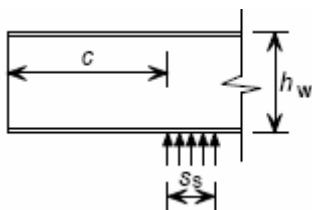
- mez kluzu $f_y = 320$ MPa
- mez pevnosti $f_u = 390$ MPa
- modul pružnosti $E = 210\,000$ MPa
- objemová hmotnost 7850 kg/m³

Tloušťka plechu uvedená u každého plechu v tabulce je tloušťkou jádra ocelového plechu, nezapočítává se kupř. pozinkování, které také není zahrnuto ve vypočtené hmotnosti příslušného profilu. Záporné tolerance pro tloušťku plechu jsou do 5 %.

Tabulky jsou propočítány pro spojitě rovnoměrné zatížení po celé délce nosníku a pro prostý nosník či spojitě nosníky se shodnými poli.

Mezní stav únosnosti (MSÚ)

Únosnost odpovídající dosažení mezního stavu únosnosti je označena „ q_{Ed} “ a je stanovena s ohledem na vliv ohybového momentu, smykové síly, lokálního zatížení nad podporou a vzájemné interakce těchto vlivů podle ČSN EN 1993-1-3 a souvisejících norem. Únosnost je stanovena s uvažováním šířky krajní podpory min. 40 mm a šířky vnitřní podpory min. 120 mm. V tabulkách jsou ještě rozlišeny dvě hodnoty únosnosti a v závislosti na přesahu plechu přes krajní podporu. Únosnost značená „ $q_{Ed} (c < 1,5h)$ “ uvažuje přesah plechu „ c “ (viz obrázek) 40 mm a únosnost označená „ $q_{Ed} (c \geq 1,5h)$ “ odpovídá přesahu plechu „ c “ alespoň 1,5 x výška plechu h_w .



Při posouzení konkrétního plechu je nutné porovnat únosnost s návrhovou hodnotou působícího zatížení, která musí být menší nebo nejvýše rovna únosnosti. Hodnoty rovnoměrného zatížení uvedené v tabulkách jsou vztaženy na šířku plechu 1 m, tzn. že zatížení je uvedeno v kN/m². Vlastní tíhu plechu je nutné vždy zahrnout do zatížení.

Mezní stav použitelnosti (MSP)

Únosnost odpovídající dosažení mezního stavu použitelnosti „ q_{Ek} “ je stanovena s ohledem na pružný průhyb v poli nosníku rovný dvoustetině rozpětí pole ($L/200$). Vzhledem k tomu, že závislost průhybu na zatížení je lineární, je snadné dopočítat únosnost odpovídající jinému limitnímu průhybu. Při posouzení konkrétního plechu je nutné porovnat tuto únosnost s charakteristickou hodnotou působícího zatížení, která musí být menší nebo nejvýše rovna únosnosti.

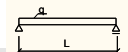


Normy použité pro výpočty:

ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI, 2006.

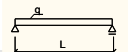
ČSN EN 1993-1-3: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-3: Obecná pravidla – Doplňující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily, ČNI, 2008.

ČSN EN 1993-1-5: Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-5: Boulení stěn, ČNI, 2008.



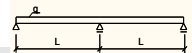
nosník s jedním polem - pozitivní poloha plechu

TR60/235	t [mm]	rozpětí pole L [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
0.63	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	9.29	7.43	6.19	5.31	4.64	4.13	3.72	3.13	2.63	2.24	1.94	1.69	1.48	1.31	1.17	1.05	0.95
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	18.58	14.86	10.54	7.74	5.93	4.68	3.79	3.13	2.63	2.24	1.94	1.69	1.48	1.31	1.17	1.05	0.95
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	23.16	11.86	6.86	4.32	2.90	2.03	1.48	1.11	0.86	0.67	0.54	0.44	0.36	0.30	0.25	0.22	0.19
0.75	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	13.74	10.99	9.16	7.85	6.87	5.70	4.62	3.82	3.21	2.73	2.36	2.05	1.80	1.60	1.43	1.28	1.15
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	27.49	18.48	12.83	9.43	7.22	5.70	4.62	3.82	3.21	2.73	2.36	2.05	1.80	1.60	1.43	1.28	1.15
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	29.17	14.93	8.64	5.44	3.65	2.56	1.87	1.40	1.08	0.85	0.68	0.55	0.46	0.38	0.32	0.27	0.23
0.88	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	19.47	15.58	12.98	11.13	8.64	6.82	5.53	4.57	3.84	3.27	2.82	2.46	2.16	1.91	1.71	1.53	1.38
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	34.54	22.11	15.35	11.28	8.64	6.82	5.53	4.57	3.84	3.27	2.82	2.46	2.16	1.91	1.71	1.53	1.38
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	35.86	18.36	10.63	6.69	4.48	3.15	2.30	1.72	1.33	1.04	0.84	0.68	0.56	0.47	0.39	0.33	0.29
1.00	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	25.59	20.47	17.06	13.00	9.95	7.86	6.37	5.26	4.42	3.77	3.25	2.83	2.49	2.20	1.97	1.76	1.59
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	39.81	25.48	17.70	13.00	9.95	7.86	6.37	5.26	4.42	3.77	3.25	2.83	2.49	2.20	1.97	1.76	1.59
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	42.24	21.63	12.52	7.88	5.28	3.71	2.70	2.03	1.56	1.23	0.99	0.80	0.66	0.55	0.46	0.39	0.34
1.25	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	40.82	32.65	22.67	16.66	12.75	10.08	8.16	6.75	5.67	4.83	4.16	3.63	3.19	2.82	2.52	2.26	2.04
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	51.01	32.65	22.67	16.66	12.75	10.08	8.16	6.75	5.67	4.83	4.16	3.63	3.19	2.82	2.52	2.26	2.04
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	56.38	28.87	16.71	10.52	7.05	4.95	3.61	2.71	2.09	1.64	1.32	1.07	0.88	0.73	0.62	0.53	0.45



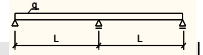
nosník s jedním polem - negativní poloha plechu

TR60/235	t [mm]	rozpětí pole L [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
0.63	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	8.52	6.82	5.68	4.87	4.26	3.79	3.41	2.96	2.49	2.12	1.83	1.59	1.40	1.24	1.11	0.99	0.90
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	17.04	13.63	9.96	7.32	5.60	4.43	3.59	2.96	2.49	2.12	1.83	1.59	1.40	1.24	1.11	0.99	0.90
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	27.80	14.23	8.24	5.19	3.48	2.44	1.78	1.34	1.03	0.81	0.65	0.53	0.43	0.36	0.31	0.26	0.22
0.75	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	12.31	9.85	8.21	7.03	6.15	5.47	4.54	3.75	3.15	2.69	2.32	2.02	1.77	1.57	1.40	1.26	1.14
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	24.62	18.17	12.62	9.27	7.10	5.61	4.54	3.75	3.15	2.69	2.32	2.02	1.77	1.57	1.40	1.26	1.14
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	34.85	17.84	10.33	6.50	4.36	3.06	2.23	1.68	1.29	1.02	0.81	0.66	0.54	0.45	0.38	0.33	0.28
0.88	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	17.33	13.87	11.55	9.90	8.67	6.92	5.61	4.64	3.89	3.32	2.86	2.49	2.19	1.94	1.73	1.55	1.40
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	34.66	22.43	15.58	11.45	8.76	6.92	5.61	4.64	3.89	3.32	2.86	2.49	2.19	1.94	1.73	1.55	1.40
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	42.62	21.82	12.63	7.95	5.33	3.74	2.73	2.05	1.58	1.24	0.99	0.81	0.67	0.56	0.47	0.40	0.34
1.00	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	22.91	18.33	15.28	13.09	10.32	8.16	6.61	5.46	4.59	3.91	3.37	2.94	2.58	2.29	2.04	1.83	1.65
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	41.29	26.43	18.35	13.48	10.32	8.16	6.61	5.46	4.59	3.91	3.37	2.94	2.58	2.29	2.04	1.83	1.65
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	49.81	25.50	14.76	9.29	6.23	4.37	3.19	2.40	1.84	1.45	1.16	0.94	0.78	0.65	0.55	0.46	0.40
1.25	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	37.93	30.34	23.90	17.56	13.45	10.62	8.61	7.11	5.98	5.09	4.39	3.82	3.36	2.98	2.66	2.38	2.15
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	53.78	34.42	23.90	17.56	13.45	10.62	8.61	7.11	5.98	5.09	4.39	3.82	3.36	2.98	2.66	2.38	2.15
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	64.36	32.95	19.07	12.01	8.04	5.65	4.12	3.09	2.38	1.87	1.50	1.22	1.01	0.84	0.71	0.60	0.51



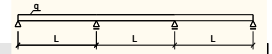
spojitý nosník se dvěma shodnými poli - pozitivní poloha plechu

TR60/235	t [mm]	rozpětí pole L [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
0.63	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	12.14	8.76	6.65	5.24	4.23	3.50	2.94	2.51	2.17	1.89	1.66	1.48	1.32	1.19	1.07	0.97	0.89
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	12.14	8.76	6.65	5.24	4.23	3.50	2.94	2.51	2.17	1.89	1.66	1.48	1.32	1.19	1.07	0.97	0.89
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	57.31	29.34	16.98	10.69	7.16	5.03	3.67	2.76	2.12	1.67	1.34	1.09	0.90	0.75	0.63	0.53	0.46
0.75	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	16.53	11.85	8.94	7.00	5.64	4.64	3.89	3.31	2.85	2.48	2.18	1.93	1.72	1.55	1.40	1.26	1.14
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	16.53	11.85	8.94	7.00	5.64	4.64	3.89	3.31	2.85	2.48	2.18	1.93	1.72	1.55	1.40	1.26	1.14
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	72.16	36.94	21.38	13.46	9.02	6.33	4.62	3.47	2.67	2.10	1.68	1.37	1.13	0.94	0.79	0.67	0.58
0.88	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	21.68	15.43	11.59	9.03	7.25	5.95	4.98	4.22	3.63	3.16	2.77	2.45	2.18	1.94	1.73	1.55	1.40
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	21.68	15.43	11.59	9.03	7.25	5.95	4.98	4.22	3.63	3.16	2.77	2.45	2.18	1.94	1.73	1.55	1.40
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	88.73	45.43	26.29	16.56	11.09	7.79	5.68	4.27	3.29	2.58	2.07	1.68	1.39	1.16	0.97	0.83	0.71
1.00	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	26.71	18.92	14.15	11.00	8.80	7.21	6.02	5.10	4.38	3.80	3.33	2.94	2.58	2.29	2.04	1.83	1.65
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	26.71	18.92	14.15	11.00	8.80	7.21	6.02	5.10	4.38	3.80	3.33	2.94	2.58	2.29	2.04	1.83	1.65
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	104.50	53.50	30.96	19.50	13.06	9.17	6.69	5.02	3.87	3.04	2.44	1.98	1.63	1.36	1.15	0.98	0.84
1.25	$q_{Ed} (c < 1.5h)$	37.64	26.41	19.60	15.15	12.06	9.84	8.18	6.91	5.92	5.09	4.39	3.82	3.36	2.98	2.66	2.38	2.15
	$q_{Ed} (c \geq 1.5h)$	37.64	26.41	19.60	15.15	12.06	9.84	8.18	6.91	5.92	5.09	4.39	3.82	3.36	2.98	2.66	2.38	2.15
	$q_{Ed} (b \leq L/200)$	139.49	71.42	41.33	26.03	17.44	12.25	8.93	6.71	5.17	4.06	3.25	2.65	2.18	1.82	1.53	1.30	1.12



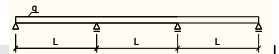
spojitý nosník se dvěma shodnými poli - negativní poloha plechu

TR60/235	t [mm]		rozpětí pole L [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
0.63	0.63	q _{Ed} (c<1.5h)	11,36	8,59	6,57	5,20	4,22	3,50	2,96	2,53	2,19	1,92	1,69	1,50	1,34	1,21	1,10	1,00	0,91
		q _{Ed} (c≥1.5h)	11,81	8,59	6,57	5,20	4,22	3,50	2,96	2,53	2,19	1,92	1,69	1,50	1,34	1,21	1,10	1,00	0,91
		q _{Ed} (δ≤L/200)	68,78	35,22	20,38	12,83	8,60	6,04	4,40	3,31	2,55	2,00	1,60	1,30	1,07	0,90	0,75	0,64	0,55
0.75	0.75	q _{Ed} (c<1.5h)	15,68	11,31	8,59	6,76	5,46	4,52	3,80	3,24	2,80	2,44	2,15	1,91	1,70	1,53	1,38	1,26	1,15
		q _{Ed} (c≥1.5h)	15,68	11,31	8,59	6,76	5,46	4,52	3,80	3,24	2,80	2,44	2,15	1,91	1,70	1,53	1,38	1,26	1,15
		q _{Ed} (δ≤L/200)	86,22	44,15	25,55	16,09	10,78	7,57	5,52	4,15	3,19	2,51	2,01	1,64	1,35	1,12	0,95	0,80	0,69
0.88	0.88	q _{Ed} (c<1.5h)	20,26	14,51	10,94	8,56	6,90	5,68	4,76	4,05	3,48	3,03	2,66	2,36	2,10	1,89	1,70	1,53	1,38
		q _{Ed} (c≥1.5h)	20,26	14,51	10,94	8,56	6,90	5,68	4,76	4,05	3,48	3,03	2,66	2,36	2,10	1,89	1,70	1,53	1,38
		q _{Ed} (δ≤L/200)	105,43	53,98	31,24	19,67	13,18	9,26	6,75	5,07	3,90	3,07	2,46	2,00	1,65	1,37	1,16	0,98	0,84
1.00	1.00	q _{Ed} (c<1.5h)	24,83	17,66	13,25	10,33	8,28	6,80	5,68	4,82	4,14	3,60	3,16	2,79	2,49	2,20	1,97	1,76	1,59
		q _{Ed} (c≥1.5h)	24,83	17,66	13,25	10,33	8,28	6,80	5,68	4,82	4,14	3,60	3,16	2,79	2,49	2,20	1,97	1,76	1,59
		q _{Ed} (δ≤L/200)	123,23	63,10	36,51	22,99	15,40	10,82	7,89	5,93	4,56	3,59	2,87	2,34	1,93	1,61	1,35	1,15	0,99
1.25	1.25	q _{Ed} (c<1.5h)	35,38	24,85	18,46	14,27	11,38	9,28	7,72	6,53	5,59	4,83	4,16	3,63	3,19	2,82	2,52	2,26	2,04
		q _{Ed} (c≥1.5h)	35,38	24,85	18,46	14,27	11,38	9,28	7,72	6,53	5,59	4,83	4,16	3,63	3,19	2,82	2,52	2,26	2,04
		q _{Ed} (δ≤L/200)	159,22	81,52	47,18	29,71	19,90	13,98	10,19	7,66	5,90	4,64	3,71	3,02	2,49	2,07	1,75	1,49	1,27



spojitý nosník se třemi shodnými poli - pozitivní poloha plechu

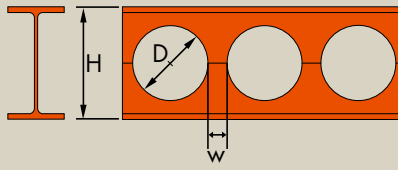
TR60/235	t [mm]		rozpětí pole L [m]																
			1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
0.63	0.63	q _{Ed} (c<1.5h)	11,61	9,29	7,74	6,28	5,09	4,22	3,56	3,04	2,63	2,30	2,03	1,80	1,61	1,45	1,31	1,19	1,09
		q _{Ed} (c≥1.5h)	14,36	10,42	7,94	6,28	5,09	4,22	3,56	3,04	2,63	2,30	2,03	1,80	1,61	1,45	1,31	1,19	1,09
		q _{Ed} (δ≤L/200)	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
0.75	0.75	q _{Ed} (c<1.5h)	17,18	13,74	10,71	8,42	6,80	5,61	4,72	4,02	3,47	3,03	2,66	2,36	2,11	1,89	1,71	1,55	1,42
		q _{Ed} (c≥1.5h)	19,62	14,13	10,71	8,42	6,80	5,61	4,72	4,02	3,47	3,03	2,66	2,36	2,11	1,89	1,71	1,55	1,42
		q _{Ed} (δ≤L/200)	56,09	28,72	16,62	10,47	7,01	4,92	3,59	2,70	2,08	1,63	1,31	1,06	0,88	0,73	0,62	0,52	0,45
0.88	0.88	q _{Ed} (c<1.5h)	24,34	18,46	13,92	10,89	8,77	7,22	6,05	5,14	4,43	3,85	3,38	3,00	2,67	2,40	2,16	1,94	1,75
		q _{Ed} (c≥1.5h)	25,79	18,46	13,92	10,89	8,77	7,22	6,05	5,14	4,43	3,85	3,38	3,00	2,67	2,40	2,16	1,94	1,75
		q _{Ed} (δ≤L/200)	68,97	35,31	20,44	12,87	8,62	6,05	4,41	3,32	2,55	2,01	1,61	1,31	1,08	0,90	0,76	0,64	0,55
1.00	1.00	q _{Ed} (c<1.5h)	31,85	22,68	17,03	13,28	10,66	8,75	7,32	6,21	5,34	4,64	4,07	3,60	3,21	2,86	2,55	2,29	2,06
		q _{Ed} (c≥1.5h)	31,85	22,68	17,03	13,28	10,66	8,75	7,32	6,21	5,34	4,64	4,07	3,60	3,21	2,86	2,55	2,29	2,06
		q _{Ed} (δ≤L/200)	81,23	41,59	24,07	15,16	10,15	7,13	5,20	3,91	3,01	2,37	1,89	1,54	1,27	1,06	0,89	0,76	0,65
1.25	1.25	q _{Ed} (c<1.5h)	45,06	31,79	23,69	18,36	14,67	11,99	9,99	8,45	7,25	6,28	5,49	4,78	4,20	3,72	3,32	2,98	2,69
		q _{Ed} (c≥1.5h)	45,06	31,79	23,69	18,36	14,67	11,99	9,99	8,45	7,25	6,28	5,49	4,78	4,20	3,72	3,32	2,98	2,69
		q _{Ed} (δ≤L/200)	108,43	55,52	32,13	20,23	13,55	9,52	6,94	5,21	4,02	3,16	2,53	2,06	1,69	1,41	1,19	1,01	0,87



spojitý nosník se třemi shodnými poli - negativní poloha plechu

TR60/235	t [mm]		rozpětí pole L [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
0.63	0.63	q _{Ed} (c<1.5h)	10,65	8,52	7,10	6,09	5,06	4,21	3,56	3,05	2,65	2,32	2,05	1,83	1,64	1,47	1,34	1,22	1,11
		q _{Ed} (c≥1.5h)	13,93	10,19	7,82	6,21	5,06	4,21	3,56	3,05	2,65	2,32	2,05	1,83	1,64	1,47	1,34	1,22	1,11
		q _{Ed} (δ≤L/200)	53,47	27,37	15,84	9,98	6,68	4,69	3,42	2,57	1,98	1,56	1,25	1,01	0,84	0,70	0,59	0,50	0,43
0.75	0.75	q _{Ed} (c<1.5h)	15,38	12,31	10,26	8,10	6,57	5,45	4,59	3,92	3,39	2,96	2,61	2,32	2,08	1,87	1,69	1,54	1,40
		q _{Ed} (c≥1.5h)	18,55	13,46	10,26	8,10	6,57	5,45	4,59	3,92	3,39	2,96	2,61	2,32	2,08	1,87	1,69	1,54	1,40
		q _{Ed} (δ≤L/200)	67,02	34,32	19,86	12,51	8,38	5,88	4,29	3,22	2,48	1,95	1,56	1,27	1,05	0,87	0,74	0,63	0,54
0.88	0.88	q _{Ed} (c<1.5h)	21,66	17,31	13,11	10,30	8,32	6,87	5,77	4,91	4,24	3,70	3,25	2,88	2,57	2,31	2,09	1,90	1,73
		q _{Ed} (c≥1.5h)	24,05	17,31	13,11	10,30	8,32	6,87	5,77	4,91	4,24	3,70	3,25	2,88	2,57	2,31	2,09	1,90	1,73
		q _{Ed} (δ≤L/200)	81,95	41,96	24,28	15,29	10,24	7,19	5,25	3,94	3,04	2,39	1,91	1,55	1,28	1,07	0,90	0,76	0,66
1.00	1.00	q _{Ed} (c<1.5h)	28,64	21,14	15,92	12,45	10,02	8,24	6,90	5,87	5,05	4,40	3,86	3,42	3,05	2,73	2,46	2,21	1,99
		q _{Ed} (c≥1.5h)	29,56	21,14	15,92	12,45	10,02	8,24	6,90	5,87	5,05	4,40	3,86	3,42	3,05	2,73	2,46	2,21	1,99
		q _{Ed} (δ≤L/200)	95,79	49,05	28,38	17,87	11,97	8,41	6,13	4,61	3,55	2,79	2,23	1,82	1,50	1,25	1,05	0,89	0,77
1.25	1.25	q _{Ed} (c<1.5h)	42,33	29,90	22,30	17,30	13,82	11,31	9,42	7,98	6,84	5,93	5,20	4,53	3,99	3,53	3,15	2,83	2,55
		q _{Ed} (c≥1.5h)	42,33	29,90	22,30	17,30	13,82	11,31	9,42	7,98	6,84	5,93	5,20	4,53	3,99	3,53	3,15	2,83	2,55
		q _{Ed} (δ≤L/200)	123,77	63,37	36,67	23,09	15,47	10,87	7,92	5,95	4,58	3,61	2,89	2,35	1,93	1,61	1,36	1,15	0,99

- Vysvětlivky:
- q_{Ed} (c<1.5h) náhrňová hodnota únosnosti: [kN/m²]
 - krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 40 mm za podporu
 - vnitřní podpora šířky min. 120 mm
 - q_{Ed} (c≥1.5h) náhrňová hodnota únosnosti: [kN/m²]
 - krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 1,5 x výška plechu za podporu
 - vnitřní podpora šířky min. 120 mm
 - q_{Ed} (δ≤L/200) charakteristická hodnota zatížení pro deformaci L/200 [kN/m²]



ACB

Notations pages 205-209 / Bezeichnungen Seiten 205-209

Profil de base Base profile Basisprofil	IPE				
	Poutre de toiture / Roof beam / Dachträger				
	(D ≈ 1,05 x h, w = 0,25 x D)*				
	G kg/m	H mm	D mm	w mm	A _L m ² /m

IPE A 400	53,6	592,1	420	105	1,345
IPE 400	61,7	595,1	420	105	1,352
IPE O 400	70,4	599,1	420	105	1,368
IPE A 450	62,6	668,7	475	118,75	1,469
IPE 450	71,9	671,7	475	118,75	1,476
IPE O 450	85,7	677,7	475	118,75	1,497
IPE A 500	73,8	742,9	525	131,25	1,596
IPE 500	84	745,9	525	131,25	1,603
IPE O 500	99,4	751,9	525	131,25	1,623
IPE A 550	85,6	819,5	580	145	1,715
IPE 550	97,5	822,5	580	145	1,722
IPE O 550	113,4	828,5	580	145	1,743
IPE A 600	99,9	893,7	630	157,5	1,841
IPE 600	113,1	896,7	630	157,5	1,848
IPE O 600	142,8	906,7	630	157,5	1,886
IPE 750 x 147	134,5	1127,2	790	197,5	2,301
IPE 750 x 173	159,9	1136,2	790	197,5	2,328
IPE 750 x 196	181,9	1144,2	790	197,5	2,348

Profil de base Base profile Basisprofil	IPE				
	Poutre de plancher / Floor beam / Deckenträger				
	(D ≈ 1,05 x h, w = 0,5 x D)*				
	G kg/m	H mm	D mm	w mm	A _L m ² /m

IPE A 400	54,8	568,2	415	205	1,386
IPE 400	63,1	572,6	420	210	1,391
IPE O 400	72,1	576,6	420	210	1,407
IPE A 450	64,1	639,7	470	240	1,517
IPE 450	73,7	647,1	475	235	1,521
IPE O 450	87,8	652,4	475	237,5	1,542
IPE A 500	75,6	712,9	520	260	1,647
IPE 500	86,1	717,3	525	265	1,653
IPE O 500	102,0	724	525	262,5	1,673
IPE A 550	87,7	787,4	575	285	1,772
IPE 550	100,1	791,9	580	290	1,778
IPE O 550	116,4	797,9	580	290	1,798
IPE A 600	102,5	857,6	625	315	1,904
IPE 600	116,2	862	630	320	1,909
IPE O 600	146,6	873,5	630	315	1,945
IPE 750 x 147	138,8	1084,3	790	400	2,379
IPE 750 x 173	164,6	1093,3	790	400	2,405
IPE 750 x 196	187,0	1102,8	790	395	2,425

* Exemple: d'autres géométries sont possibles.
h = hauteur du profil de base.

* Example: other geometries are possible.
h = height of base profile.

* Beispiel: Andere Geometrien sind möglich.
h = Höhe des Basisprofils

ComFlor 210 & Slimdek® 225

Tegral Deep Composite Floor decking used in Slimdek® construction offers all the benefits of shallow deck composite construction, with some significant additional benefits.

✔ **Long span decks**

The deck can be designed to span 6m unpropped and up to 9m propped with corresponding reduction in steelwork.

✔ **Shallow floor depth**

The deck is contained within the beam depth, which produces a "slim floor". This leads to savings in cladding costs and either helps to reduce the overall building height or enables an extra floor to be added for buildings of 10 storeys plus.

✔ **Service integration**

The shape of the deep decking permits services to be installed between the deck ribs, effectively within the slab depth. This leads to further reductions in the floor zone.

✔ **Inherent fire resistance**

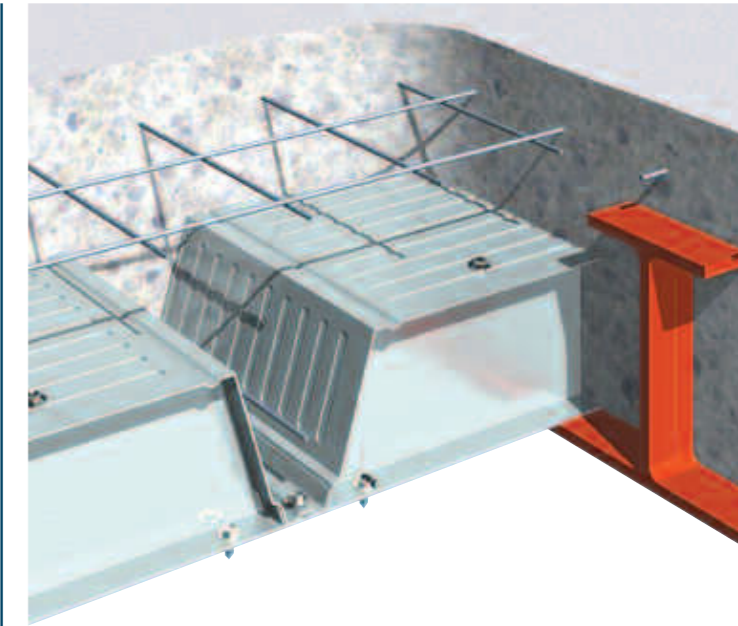
A fire resistance of 60 minutes can be achieved without fire protection to the steelwork or deck profile.



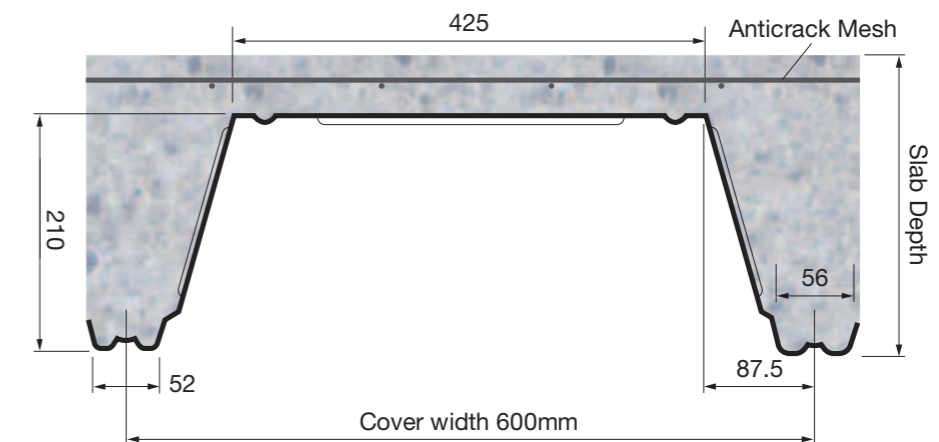
ComFlor 210 (CF210)

The original SlimFlor long span steel deck, ComFlor 210 (CF210) has the capability to span up to 6 metres in unpropped construction. Suitable for use in Corus Slimdek® construction, which offers minimal structural depth, fast construction and many other benefits.

- ✔ With cross and longitudinal stiffeners, CF210 is structurally efficient and offers excellent composite action with the concrete.
- ✔ Simple single bar reinforcement in each trough, combined with anti-crack mesh near the top of the concrete slab gives the composite slab superb structural strength and fire properties.
- ✔ The Stackable profile shape reduces transport and handling costs.
- ✔ Up to 2 hours fire rating with unprotected soffit.



Section through ComFlor 210 profile deck



ComFlor 210

ComFlor 210 Composite Slab - Volume & Weight

Overall Slab Depth (mm)	Concrete volume (m ³ /m ²)	Weight of Concrete (kN/m ²)	
		Wet	Dry
270	0.100	2.36	2.31
280	0.110	2.60	2.54
290	0.120	2.83	2.77
300	0.130	3.07	3.00
305	0.135	3.18	3.12
310	0.140	3.30	3.23
330	0.160	3.77	3.69
350	0.180	4.24	4.16
375	0.205	4.83	4.73
400	0.230	5.42	5.31

Volume & weight table notes

- 1. Deck and beam deflection (i.e. ponding is not allowed for in the table).
 - 2. Deck and mesh weight not included in the weight of concrete figures.
 - 3. Density of concrete is taken as:
Normal weight (wet) 2400 kg/m³
Normal weight (dry) 2350 kg/m³
- Note: For lightweight concrete contact Tegral Technical Services Department.

Section Properties (per metre width)

Nominal thickness (mm)	Design thickness (mm)	Profile weight (kN/m ²)	Area of steel (mm ² /m)	Height to neutral axis (mm)	Moment of inertia (cm ⁴ /m)	Ultimate Moment capacity (kNm/m)	
						Sagging	Hogging
1.25	1.21	0.16	2009	95.00	816.00	23.20	23.20

Design Notes

Deck material

Zinc coated steel to BS EN 10147:2000, Fe E 350G, Z275, with a guaranteed minimum yield stress of 350 N/mm². Minimum zinc coating mass is 275 g/m² total including both sides.

Quick reference tables

The quick reference load/span and fire design tables, are intended as a guide for initial design, based on the parameters stated below the tables.

The Comdek calculation design suite CD provides a full design programme. Please contact Tegral.

Anti-crack mesh

BS 5950: Part 4 currently recommends that anti-crack mesh should comprise 0.1% of slab area. The Eurocode 4 recommendation is that anti-crack mesh should comprise 0.2% of slab area for unpropped spans and 0.4% of slab area for propped spans. Corus Panels and Profiles in conjunction with The Steel Construction Institute has agreed to modify the requirement with regard to anti-crack mesh, to comply with the Eurocode 4 recommendations. Accordingly, the mesh shown in the quick reference tables complies with EC4 and the design programme defaults to these values.

Where EC4 mesh rules are used, the mesh may be reduced midspan - see Design Information on page 48. The reduced British Standards mesh values may still be used by overriding this default in the design programme.

Mesh top cover must be a minimum of 15mm, and a maximum of 30mm. Mesh laps are to be 300mm for A142 mesh and 400mm for A193, A252 & A393 mesh.

Technical services

Tegral's Technical Services Department offer a comprehensive advisory service on the design of composite flooring, Should queries arise, please contact us on 00+353 59 86 40750 or email metaltch@tegral.com.

ComFlor 210

Quick reference table

ComFlor 210 Span table - Normal Weight Concrete

Props	Span	Fire Rating	Overall Slab Depth (mm)	Mesh	MAXIMUM SPAN (m) Total Applied Load (kN/m ²)												
					3.5kN/m ²			5kN/m ²			10kN/m ²						
					Bar Size (mm)												
					12	16	20	25	12	16	20	25	12	16	20	25	
No Temporary props	Simple span slab	1 hr	280		4.8	5.4	5.4	5.4	4.3	5.4	5.4	5.4	3.4	4.5	5.4	5.4	
			300		4.8	5.2	5.2	5.2	4.4	5.2	5.2	5.2	3.5	4.6	5.2	5.2	
			350		4.7	4.7	4.7	4.7	4.5	4.7	4.7	4.7	3.7	4.7	4.7	4.7	
		1.5 hr	290	A193	3.7	4.9	5.3	5.3	3.4	4.4	5.3	5.3	2.7	3.5	4.3	5.3	
			300	A193	3.7	4.9	5.2	5.2	3.4	4.5	5.2	5.2	2.7	3.6	4.4	5.2	
			350	A393	3.8	4.7	4.7	4.7	3.5	4.6	4.7	4.7	2.8	3.8	4.6	4.7	
	2 hr	305	A193	2.0	2.7	3.3	4.1	1.8	2.4	3.0	3.7	1.5	1.9	2.4	3.0		
		350	A393	2.1	2.7	3.4	4.2	1.9	2.5	3.1	3.8	1.5	2.0	2.5	3.1		
		400	A393	2.1	2.7	3.4	4.2	1.9	2.6	3.2	3.9	1.6	2.1	2.6	3.3		
	1 Line of Temporary props	Simple span slab	1 hr	280	A393	4.9	6.4	7.3	7.3	4.4	5.8	7.2	7.3	3.4	4.5	5.6	6.2
				300	A393	4.9	6.5	6.7	6.7	4.5	5.9	6.7	6.7	3.5	4.7	5.8	6.6
				350	2xA393	5.1	5.6	5.6	5.6	4.6	5.6	5.6	5.6	3.7	4.9	5.6	5.6
1.5 hr			290	A393	3.7	5.0	6.2	7.0	3.4	4.5	5.5	6.9	2.7	3.5	4.4	5.4	
			300	A393	3.8	5.0	6.2	6.7	3.4	4.5	5.6	6.7	2.7	3.6	4.4	5.5	
			350	2xA393	3.8	5.1	5.6	5.6	3.5	4.7	5.6	5.6	2.9	3.8	4.7	5.6	
2 hr		305	A393	2.0	2.7	3.3	4.1	1.8	2.4	3.0	3.7	1.5	1.9	2.4	3.0		
		350	2xA393	2.1	2.7	3.4	4.2	1.9	2.5	3.1	3.9	1.5	2.0	2.5	3.1		
		400	2xA393	2.1	2.8	3.4	4.3	1.9	2.6	3.2	3.9	1.6	2.1	2.6	3.3		
Continuous span slab		1 hr	280	A393	5.7	7.1	7.3	7.3	5.1	6.3	7.3	7.3	4.0	4.9	5.9	6.7	
			300	A393	5.8	6.7	6.7	6.7	5.3	6.5	6.7	6.7	4.2	5.1	6.2	6.7	
			350	2xA393	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	4.6	5.6	5.6	5.6	
	1.5 hr	290	A393	4.3	5.4	6.5	7.0	3.9	4.8	5.8	7.0	3.0	3.8	4.6	5.6		
		300	A393	4.4	5.4	6.6	6.7	3.9	4.9	5.9	6.7	3.1	3.9	4.7	5.7		
		350	2xA393	4.7	5.6	5.6	5.6	4.3	5.3	5.6	5.6	3.5	4.2	5.1	5.6		
2 hr	305	A393	2.6	3.1	3.7	4.4	2.3	2.8	3.3	4.0	1.9	2.2	2.6	3.2			
	350	2xA393	2.8	3.4	3.9	4.6	2.6	3.1	3.6	4.3	2.1	2.5	2.9	3.4			
	400	2xA393	3.1	3.6	4.2	4.8	2.9	3.4	3.9	4.5	2.4	2.8	3.2	3.7			
2 Lines of Temporary props	Simple span slab	1 hr	280	A393	4.9	6.4	7.6	7.8	4.4	5.8	7.2	7.4	3.4	4.5	5.6	6.2	
			300	A393	4.9	6.5	7.7	8.0	4.5	5.9	7.3	7.7	3.5	4.7	5.8	6.6	
			350	2xA393	5.0	6.6	8.0	8.3	4.6	6.1	7.6	8.2	3.7	4.9	6.1	7.4	
		1.5 hr	290	A393	3.7	5.0	6.2	7.6	3.4	4.5	5.6	6.9	2.7	3.5	4.4	5.4	
			300	A393	3.8	5.0	6.2	7.7	3.4	4.5	5.6	6.9	2.7	3.6	4.4	5.5	
			350	2xA393	3.8	5.1	6.3	7.8	3.5	4.7	5.8	7.2	2.9	3.8	4.7	5.8	
	2 hr	305	A393	2.0	2.7	3.3	4.1	1.8	2.4	3.0	3.7	1.5	1.9	2.4	3.0		
		350	2xA393	2.1	2.7	3.4	4.2	1.9	2.5	3.1	3.9	1.5	2.0	2.5	3.1		
		400	2xA393	2.1	2.8	3.4	4.3	1.9	2.6	3.2	3.9	1.6	2.1	2.6	3.3		
	Continuous span slab	1 hr	280	A393	5.7	7.1	8.0	8.3	5.1	5.3	7.8	7.9	4.0	4.9	5.9	6.7	
			300	A393	5.8	7.2	8.3	8.5	5.3	6.5	7.8	8.1	4.2	5.2	6.2	7.1	
			350	2xA393	6.2	7.6	8.7	8.7	5.7	7.0	8.6	8.7	4.6	5.6	6.7	7.5	
1.5 hr		290	A393	4.3	5.4	6.5	7.9	3.9	4.8	5.9	7.1	3.0	3.8	4.6	5.6		
		300	A393	4.4	5.4	6.6	8.0	3.9	4.9	5.9	7.4	3.1	3.9	4.7	5.2		
		350	2xA393	4.7	5.7	6.9	8.3	4.3	5.3	6.3	7.6	3.5	4.3	5.1	5.8		
2 hr	305	A393	2.6	3.1	3.7	4.4	2.3	2.8	3.3	4.0	1.9	2.2	2.6	3.2			
	350	2xA393	2.8	3.4	3.9	4.6	2.6	3.1	3.6	4.3	2.1	2.5	2.9	3.4			
	400	2xA393	3.1	3.6	4.2	4.9	2.9	3.4	3.9	4.5	2.4	2.8	3.2	3.7			



ComFlor 210

Parameters assumed for quick reference span tables

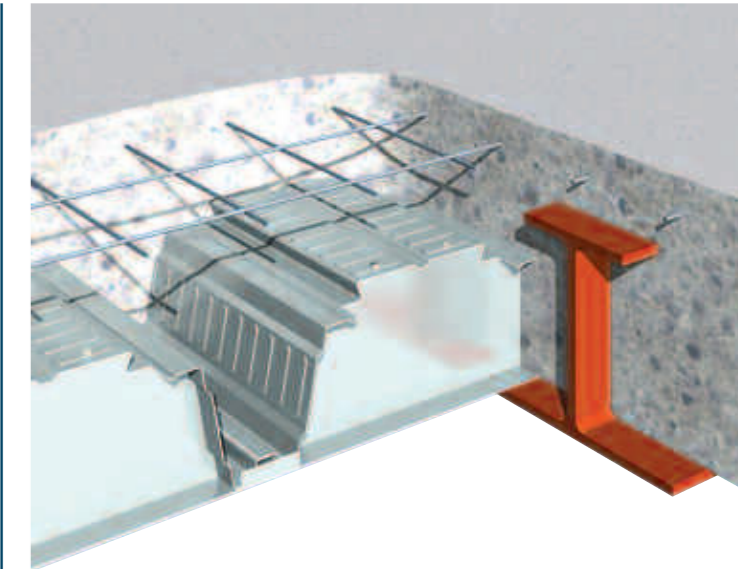
<p>Mesh: See notes on page 38.</p> <p>Spans: Measured centre to centre of supports.</p> <p>Deck: Standard deck material specification (see page 38).</p> <p>Bearing width: The width of the support is assumed to be 200mm.</p> <p>Prop width: Assumed to be 100mm.</p> <p>Deflection: Construction stage L/130 or 30mm (ponding has been taken into account).</p> <p>Deflection: Composite stage L/350.</p> <p>Concrete grade: The concrete is to be Grade 35 with a maximum aggregate size of 20mm. The wet weight of concrete is taken to be normal weight 2400kg/m³. The modular ratio is 10. Lightweight concrete may be used, please consult Tegral.</p> <p>Construction load: 1.5 kN/m² construction load is taken into account, in accordance with BS 5950:Part 4. No allowance is made for heaping of concrete during the pouring operation. See design notes.</p>	<p>Slab Depth: The depth of slab is measured from the top of the concrete to the base of the profile.</p> <p>Bar reinforcement: End Anchorage for bar reinforcement. All cases require properly anchored L-bars at the supports, except for those boxed in red. Cases boxed in red may have straight bars, with an anchorage length of 70mm from the edge of the support. See Design Notes on page 47 for further information. One bar is placed in each profile trough, the cover to deck soffit is assumed at 70mm.</p> <p>Fire: The Fire Engineering method (FE) has been used to calculate the reinforcement needed to achieve the fire rating. The minimum slab thickness indicated in each table for each fire rating satisfies the fire insulation requirements of BS 5950: Part 8.</p> <p>Span/depth ratio: This is limited to 35 for normal weight concrete.</p>
--	---



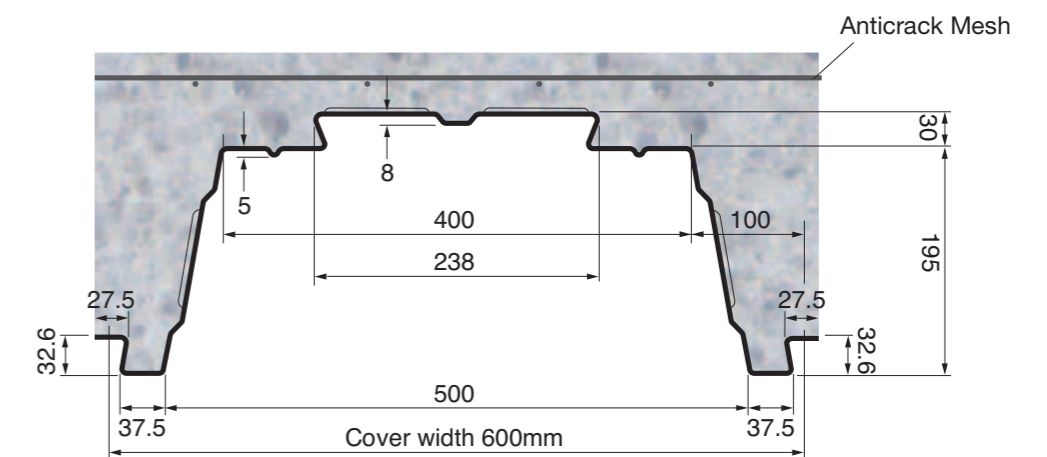
Slimdek® 225 (SD225)

Slimdek® 225 (SD225) is an important addition to Tegral's flooring range. Developed specifically for the Corus Slimdek® system, SD225 offers up to 6.5 metres unpropped span.

Corus Slimdek® engineered flooring solution is a unique structural floor system which uses Asymmetric SlimFlor Beams, where the bottom flange is wider than the top flange. The SD225 steel deck bears on the lower flange of the beam which results in a minimal overall floor depth, the concrete that surrounds the beam provides composite action without the need for shear studs, and fire protection to the beam.



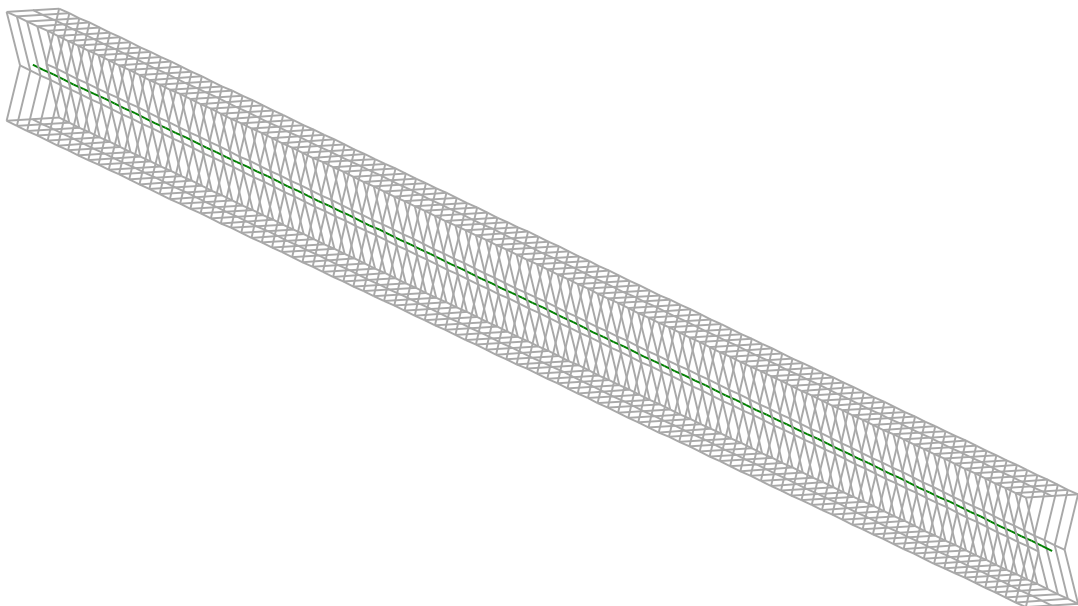
- ✔ SD225 deck is a state of the art cold-formed profile design offering fully optimised composite and load carrying characteristics.
- ✔ The re-entrant section to the top flange of the profile enhances composite action and offers easy services attachment.
- ✔ The deck is designed to offer flexible service integration (as described in Steel Construction Institute publication "Service Integration in Slimdek®").
- ✔ Up to 2 hours fire rating with unprotected soffit.
- ✔ The Slimdek® system is fast, normally eliminates temporary props, is structurally optimised and saves on cladding costs.
- ✔ The system also reduces building height or enables extra floors to be built.



LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 15,95 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

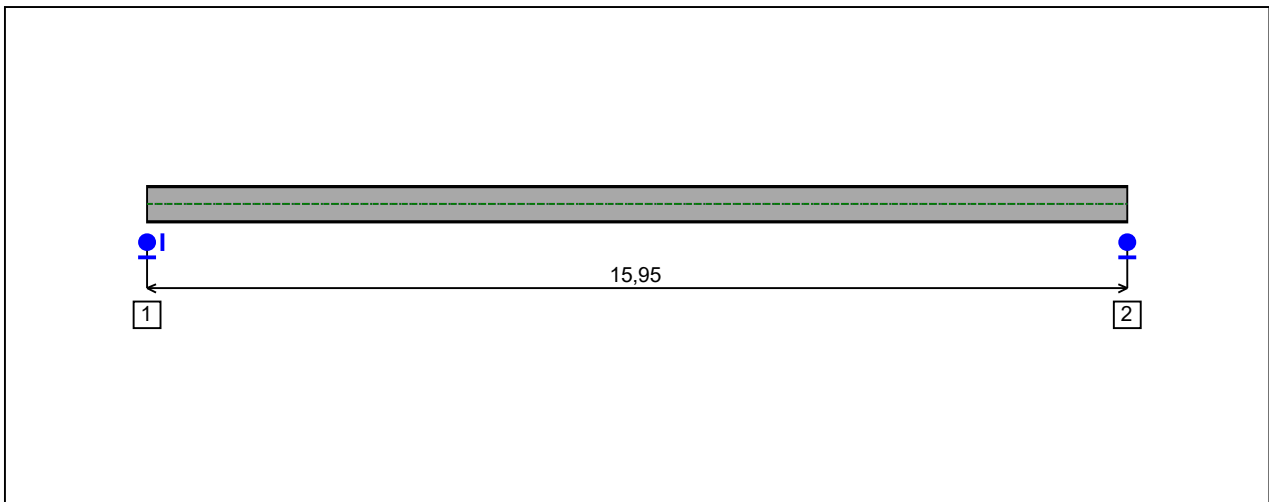


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : PROS 595,1

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$ m

Type :

By properties

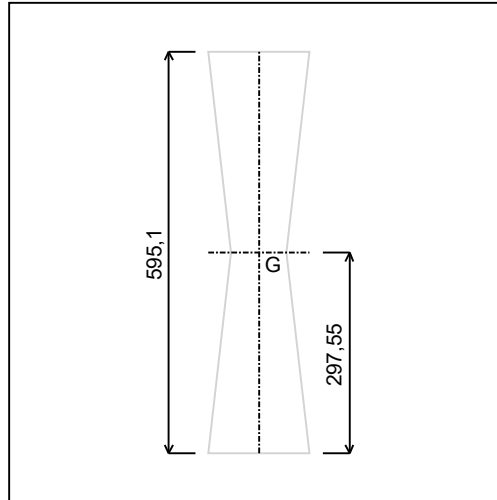


Figure 2 : Section No. 1 (PROS 595,1).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$ cm
- $z_G = 29,76$ cm
- $I_y = 51890$ cm⁴
- $I_z = 1317$ cm⁴
- $I_t = 262,3$ cm⁴
- $I_w = 1,11E+6$ cm⁶

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : PROS 595,1

Abscissa from the left end of the beam : $x = 15,95 \text{ m}$

Type : By properties

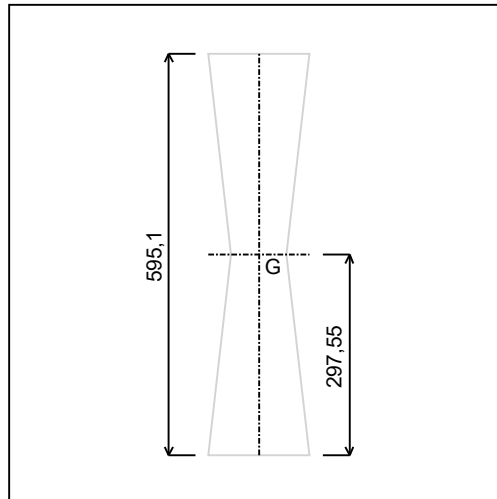


Figure 3 : Section No. 2 (PROS 595,1).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0 \text{ cm}$
- $z_G = 29,76 \text{ cm}$
- $I_y = 51890 \text{ cm}^4$
- $I_z = 1317 \text{ cm}^4$
- $I_t = 262,3 \text{ cm}^4$
- $I_w = 1,11\text{E}+6 \text{ cm}^6$

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

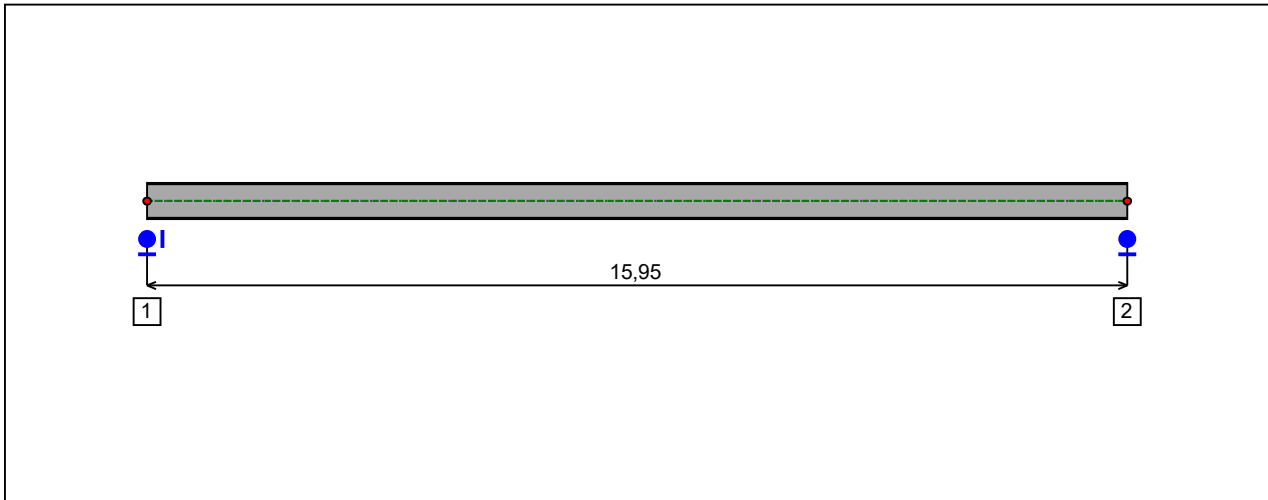


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 15,95$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

1.5 - Supports

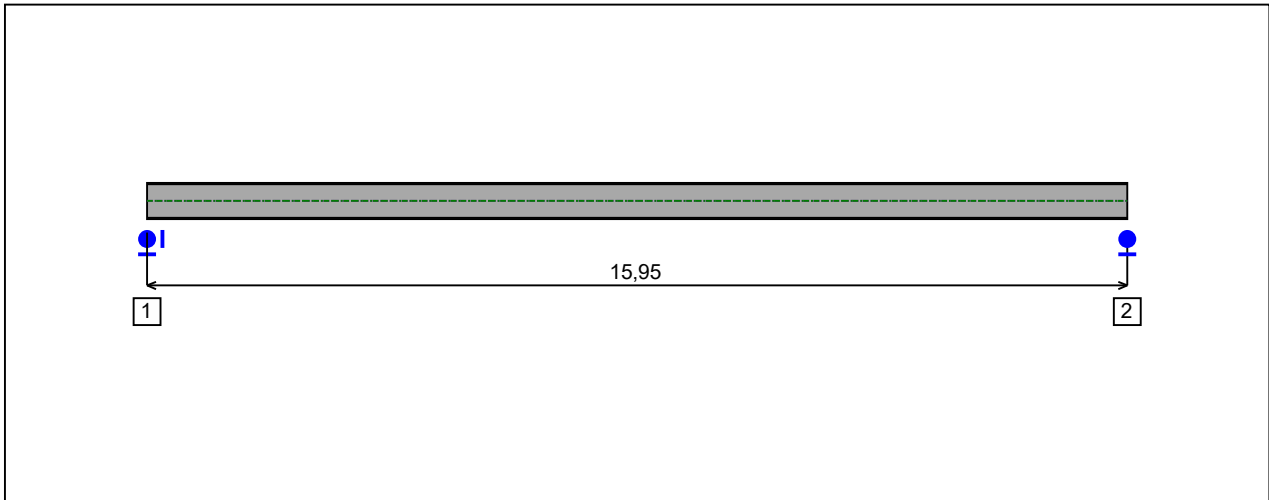


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

- u : Fixed
- w : Fixed
- w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 15,95$ m

Support conditions :

- u : Free
- w : Fixed
- w' : Free

1.6 - Loads

Type of loading :

External

The weight of the beam is not taken into account.

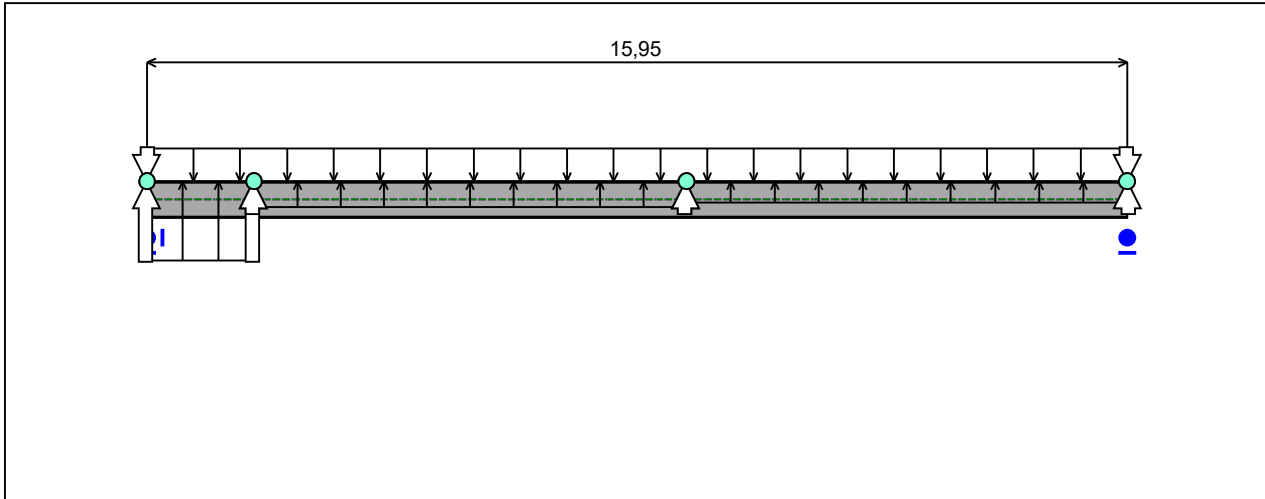


Figure 6 : Profile in long with loads.

- Concentrated loads :

No load has been defined.

- Distributed loads :

Table 1 : Distributed loads.

x_1 (m)	$z_1^{(*)}$ (cm)	$q_{x,1}$ (kN/m)	$q_{z,1}$ (kN/m)	x_2 (m)	$z_2^{(*)}$ (cm)	$q_{x,2}$ (kN/m)	$q_{z,2}$ (kN/m)	Active
0	29,76	0	-1,8	15,95	29,76	0	-1,8	Yes
0	29,76	0	4,28	1,742	29,76	0	4,28	Yes
1,742	29,76	0	1,38	8,78	29,76	0	1,38	Yes
8,78	29,76	0	1,16	15,95	29,76	0	1,16	Yes

(*) Vertical position from the shear centre

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

II.1 - LTB modes

Table 2 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	11,17	161,16	9,251	0	9,251

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 3 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	11,17	161,16	9,251	0	9,251

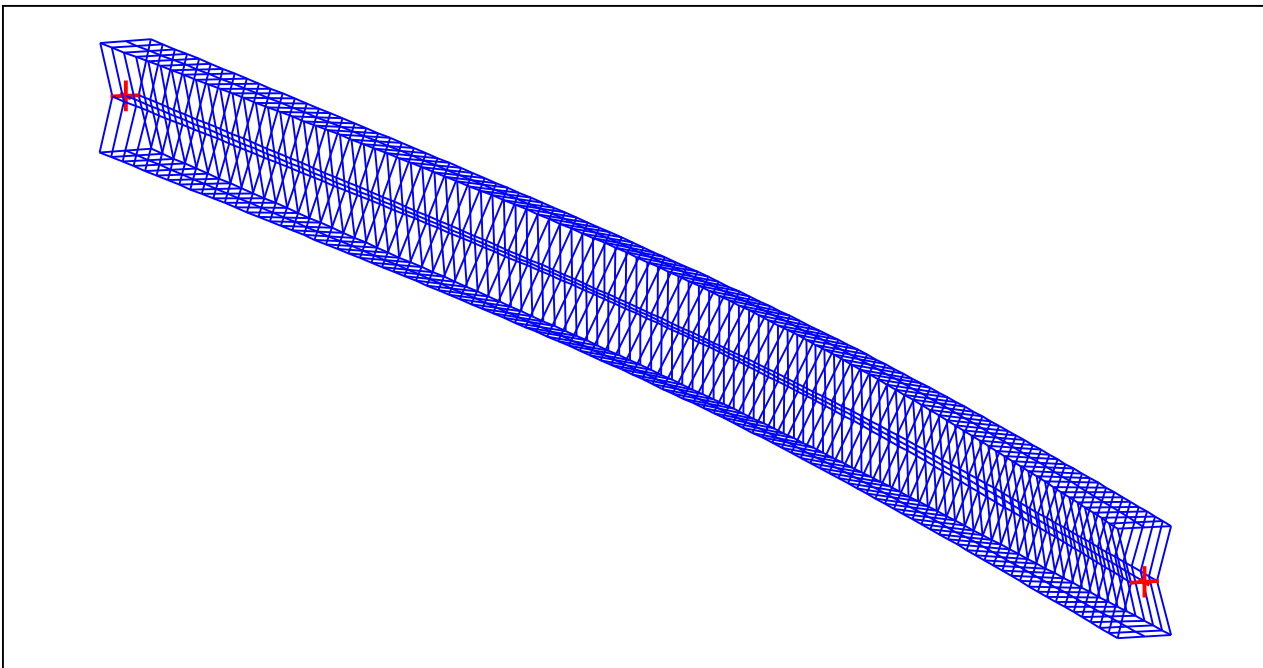


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

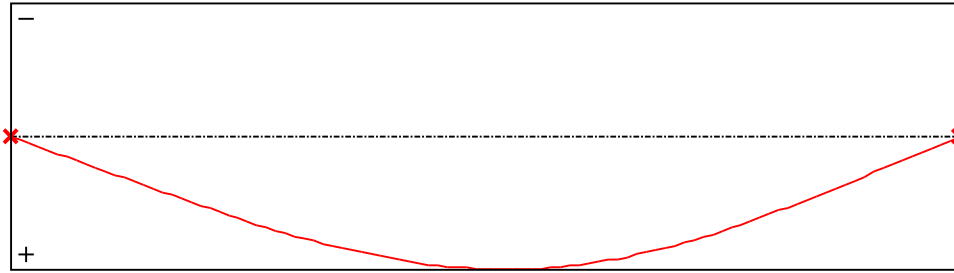


Figure 8 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

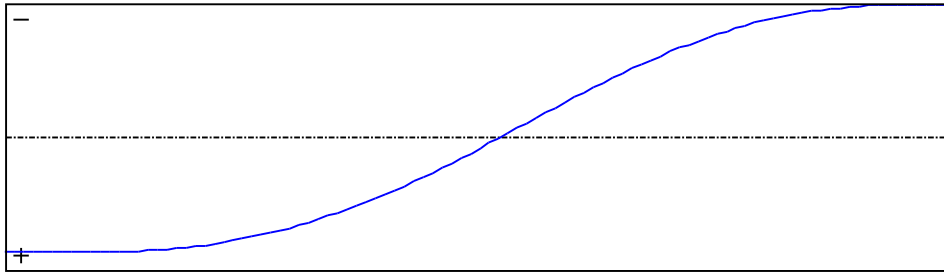


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

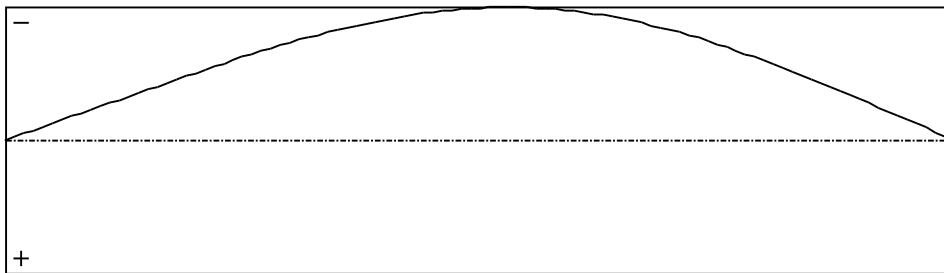


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

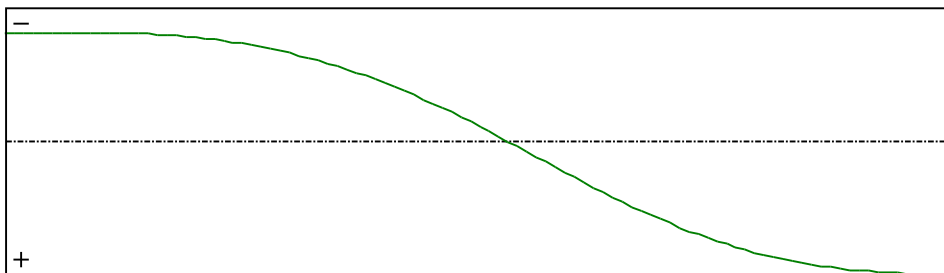


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

Table 4 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	θ [rd]	θ' [rd/m]
0	-7,283E-29	0,0016	-2,128E-27	-0,0013
0,1595	0,0261	0,0016	-2,016E-4	-0,0013
0,319	0,0522	0,0016	-4,033E-4	-0,0013
0,4785	0,0784	0,0016	-6,051E-4	-0,0013
0,638	0,1045	0,0016	-8,071E-4	-0,0013
0,7975	0,1306	0,0016	-0,001	-0,0013
0,957	0,1567	0,0016	-0,0012	-0,0013
1,117	0,1828	0,0016	-0,0014	-0,0013
1,276	0,209	0,0016	-0,0016	-0,0013
1,436	0,2351	0,0016	-0,0018	-0,0013
1,595	0,2612	0,0016	-0,002	-0,0013
1,755	0,2872	0,0016	-0,0022	-0,0013
1,914	0,3132	0,0016	-0,0024	-0,0013
2,074	0,3392	0,0016	-0,0026	-0,0013
2,233	0,365	0,0016	-0,0028	-0,0013
2,393	0,3908	0,0016	-0,003	-0,0013
2,552	0,4165	0,0016	-0,0032	-0,0013
2,712	0,442	0,0016	-0,0034	-0,0012
2,871	0,4673	0,0016	-0,0036	-0,0012
3,031	0,4924	0,0016	-0,0038	-0,0012
3,19	0,5173	0,0016	-0,004	-0,0012
3,35	0,542	0,0015	-0,0042	-0,0012
3,509	0,5663	0,0015	-0,0044	-0,0012
3,669	0,5904	0,0015	-0,0046	-0,0012
3,828	0,6141	0,0015	-0,0048	-0,0012
3,988	0,6374	0,0014	-0,005	-0,0011
4,147	0,6603	0,0014	-0,0051	-0,0011
4,307	0,6828	0,0014	-0,0053	-0,0011
4,466	0,7047	0,0014	-0,0055	-0,0011
4,626	0,7262	0,0013	-0,0057	-0,0011
4,785	0,7471	0,0013	-0,0058	-0,001
4,945	0,7674	0,0013	-0,006	-0,001
5,104	0,7871	0,0012	-0,0062	-9,749E-4
5,264	0,8061	0,0012	-0,0063	-9,441E-4
5,423	0,8244	0,0011	-0,0065	-9,116E-4

Table 4 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	θ [rd]	θ' [rd/m]
5,583	0,842	0,0011	-0,0066	-8,773E-4
5,742	0,8588	0,001	-0,0067	-8,412E-4
5,902	0,8749	9,794E-4	-0,0069	-8,034E-4
6,061	0,8901	9,262E-4	-0,007	-7,639E-4
6,221	0,9044	8,712E-4	-0,0071	-7,227E-4
6,38	0,9179	8,141E-4	-0,0072	-6,798E-4
6,54	0,9304	7,553E-4	-0,0073	-6,353E-4
6,699	0,9419	6,947E-4	-0,0074	-5,892E-4
6,859	0,9525	6,325E-4	-0,0075	-5,415E-4
7,018	0,9621	5,686E-4	-0,0076	-4,924E-4
7,178	0,9707	5,033E-4	-0,0077	-4,419E-4
7,337	0,9782	4,366E-4	-0,0077	-3,901E-4
7,497	0,9846	3,687E-4	-0,0078	-3,37E-4
7,656	0,9899	2,996E-4	-0,0078	-2,828E-4
7,816	0,9941	2,296E-4	-0,0079	-2,275E-4
7,975	0,9972	1,586E-4	-0,0079	-1,712E-4
8,135	0,9992	8,685E-5	-0,0079	-1,141E-4
8,294	1	1,449E-5	-0,008	-5,619E-5
8,454	0,9997	-5,835E-5	-0,008	2,393E-6
8,613	0,9981	-1,315E-4	-0,008	6,156E-5
8,773	0,9955	-2,049E-4	-0,0079	1,212E-4
8,932	0,9916	-2,784E-4	-0,0079	1,812E-4
9,092	0,9866	-3,517E-4	-0,0079	2,414E-4
9,251	0,9804	-4,248E-4	-0,0078	3,015E-4
9,411	0,973	-4,974E-4	-0,0078	3,615E-4
9,57	0,9645	-5,694E-4	-0,0077	4,211E-4
9,73	0,9549	-6,406E-4	-0,0077	4,801E-4
9,889	0,9441	-7,108E-4	-0,0076	5,384E-4
10,05	0,9322	-7,8E-4	-0,0075	5,959E-4
10,21	0,9192	-8,478E-4	-0,0074	6,523E-4
10,37	0,9052	-9,142E-4	-0,0073	7,076E-4
10,53	0,8901	-9,791E-4	-0,0072	7,615E-4
10,69	0,8739	-0,001	-0,007	8,14E-4
10,85	0,8568	-0,0011	-0,0069	8,65E-4
11,01	0,8387	-0,0012	-0,0068	9,144E-4

Table 4 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	θ [rd]	θ' [rd/m]
11,17	0,8197	-0,0012	-0,0066	9,62E-4
11,32	0,7998	-0,0013	-0,0064	0,001
11,48	0,779	-0,0013	-0,0063	0,0011
11,64	0,7574	-0,0014	-0,0061	0,0011
11,8	0,735	-0,0014	-0,0059	0,0011
11,96	0,7119	-0,0015	-0,0058	0,0012
12,12	0,6881	-0,0015	-0,0056	0,0012
12,28	0,6635	-0,0016	-0,0054	0,0012
12,44	0,6384	-0,0016	-0,0052	0,0013
12,6	0,6126	-0,0016	-0,005	0,0013
12,76	0,5863	-0,0017	-0,0048	0,0013
12,92	0,5595	-0,0017	-0,0045	0,0014
13,08	0,5322	-0,0017	-0,0043	0,0014
13,24	0,5045	-0,0017	-0,0041	0,0014
13,4	0,4764	-0,0018	-0,0039	0,0014
13,56	0,448	-0,0018	-0,0036	0,0014
13,72	0,4192	-0,0018	-0,0034	0,0015
13,88	0,3902	-0,0018	-0,0032	0,0015
14,04	0,3609	-0,0018	-0,0029	0,0015
14,2	0,3314	-0,0019	-0,0027	0,0015
14,36	0,3017	-0,0019	-0,0025	0,0015
14,51	0,2718	-0,0019	-0,0022	0,0015
14,67	0,2418	-0,0019	-0,002	0,0015
14,83	0,2118	-0,0019	-0,0017	0,0015
14,99	0,1816	-0,0019	-0,0015	0,0015
15,15	0,1514	-0,0019	-0,0012	0,0015
15,31	0,1212	-0,0019	-9,927E-4	0,0016
15,47	0,0909	-0,0019	-7,45E-4	0,0016
15,63	0,0606	-0,0019	-4,969E-4	0,0016
15,79	0,0303	-0,0019	-2,485E-4	0,0016
15,95	1,137E-28	-0,0019	-3,507E-27	0,0016

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
I.1 - General parameters	p.1
I.2 - Material	p.1
I.3 - Sections	p.1
- Section No. 1 : PROS 595,1	p.2
- Section No. 2 : PROS 595,1	p.3
I.4 - Lateral restraints	p.4
- Restraint No. 1 :	p.4
- Restraint No. 2 :	p.4
I.5 - Supports	p.5
- Support No. 1 :	p.5
- Support No. 2 :	p.5
I.6 - Loads	p.6
- Concentrated loads :	p.6
- Distributed loads :	p.6
II - LTB CALCULATION	p.7
II.1 - LTB modes	p.7
II.2 - Mode shapes	p.7
- Mode 1	p.7

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

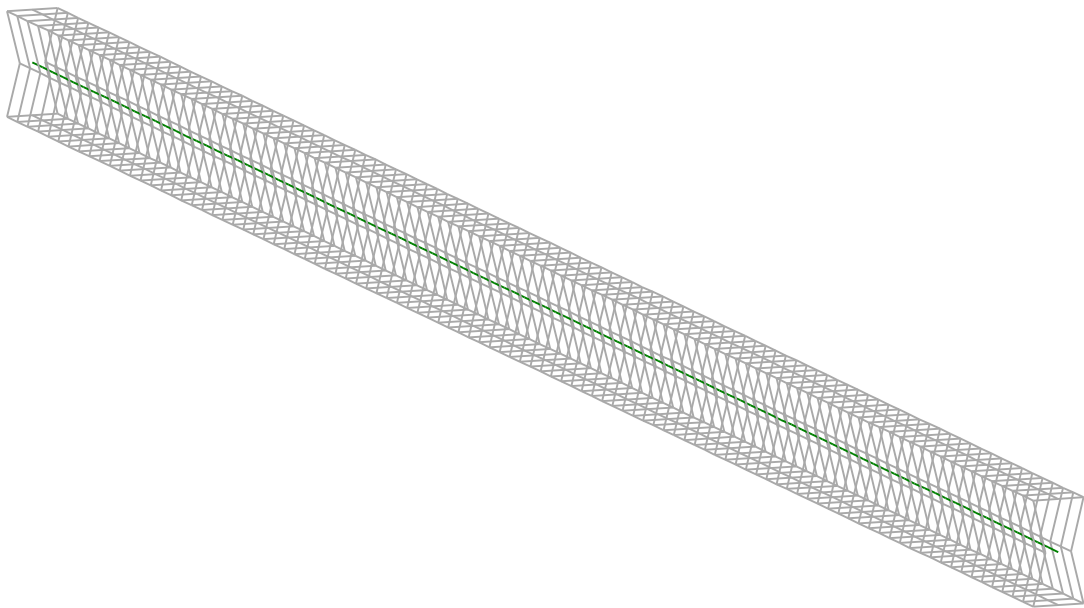
Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

LTBeamN

v 1.0.3

CALCULATION SHEET



I - PARAMETERS

I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 16,6 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

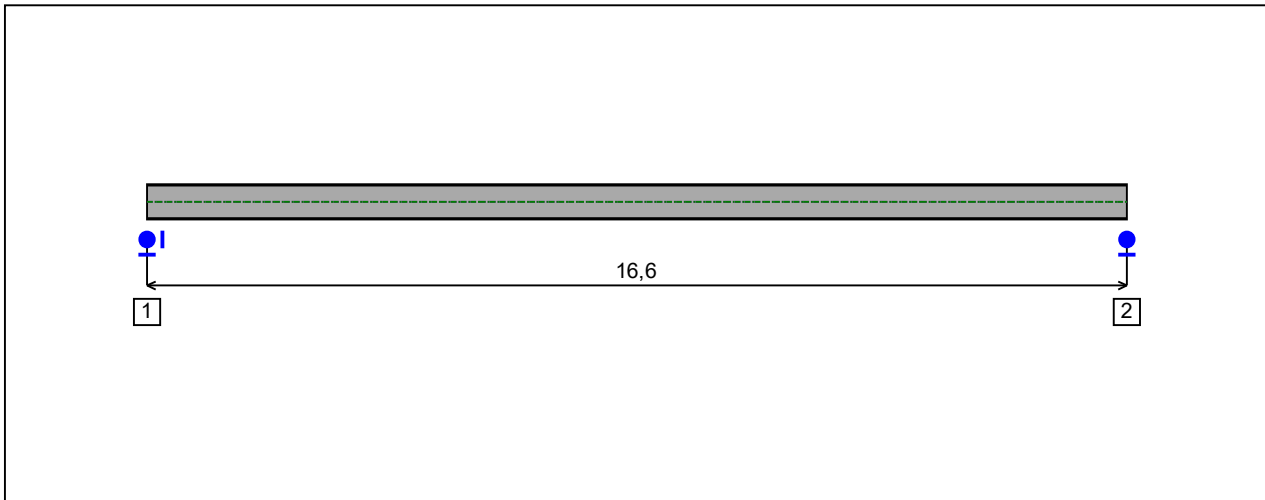


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : PROS 595,1

Abscissa from the left end of the beam :

x = 0 m

Type :

By properties

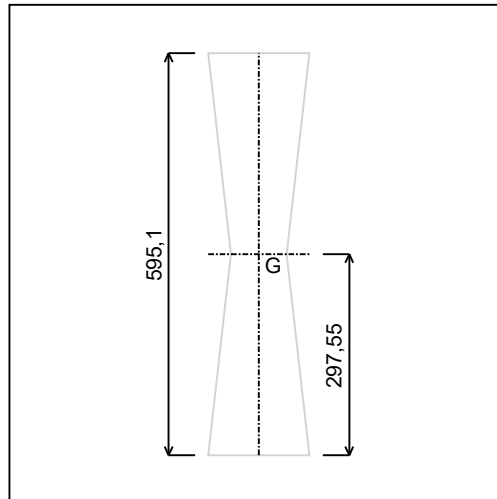


Figure 2 : Section No. 1 (PROS 595,1).

Main geometrical properties :

- z_S = 0 cm
- z_G = 29,76 cm
- I_y = 51890 cm⁴
- I_z = 1317 cm⁴
- I_t = 262,3 cm⁴
- I_w = 1,11E+6 cm⁶

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

- Section No. 2 : PROS 595,1

Abscissa from the left end of the beam :

x = 16,6 m

Type :

By properties

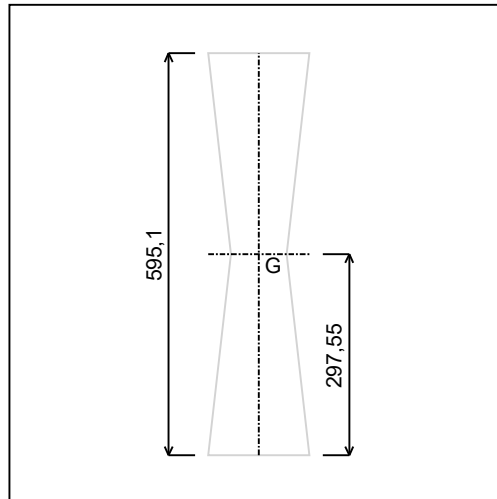


Figure 3 : Section No. 2 (PROS 595,1).

Main geometrical properties :

- z_S = 0 cm
- z_G = 29,76 cm
- I_y = 51890 cm⁴
- I_z = 1317 cm⁴
- I_t = 262,3 cm⁴
- I_w = 1,11E+6 cm⁶

Stiffness relaxations :

- θ : Continuous
- v' : Continuous
- θ' : Continuous
- w' : Continuous

I.4 - Lateral restraints

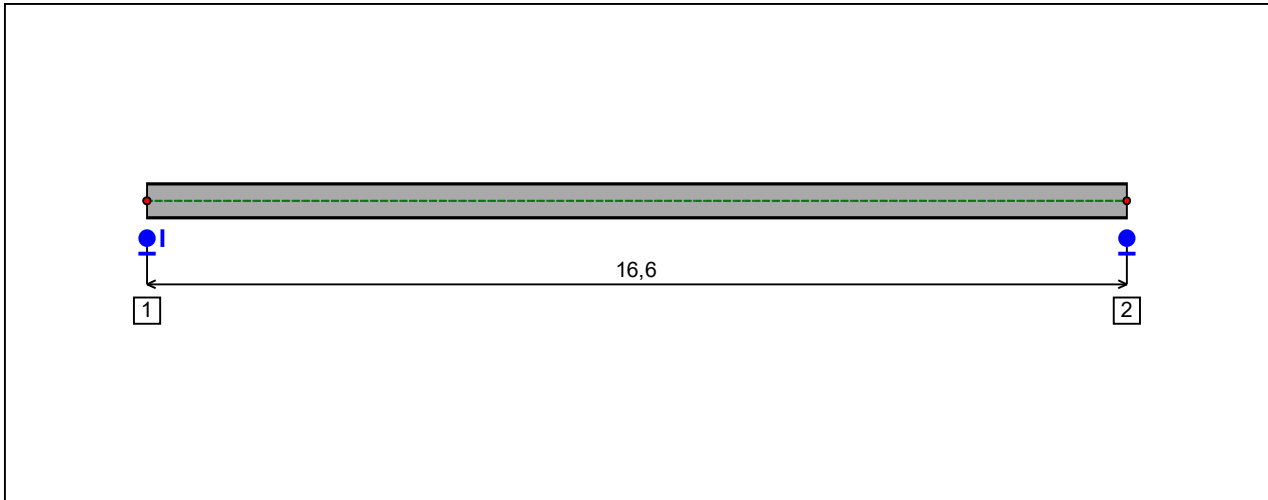


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

- Restraint No. 2 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : $x = 16,6$ m

Vertical position from the shear centre : $z = 0$ cm

Restraint conditions :

- v : Fixed
- θ : Fixed
- v' : Free
- θ' : Free

1.5 - Supports

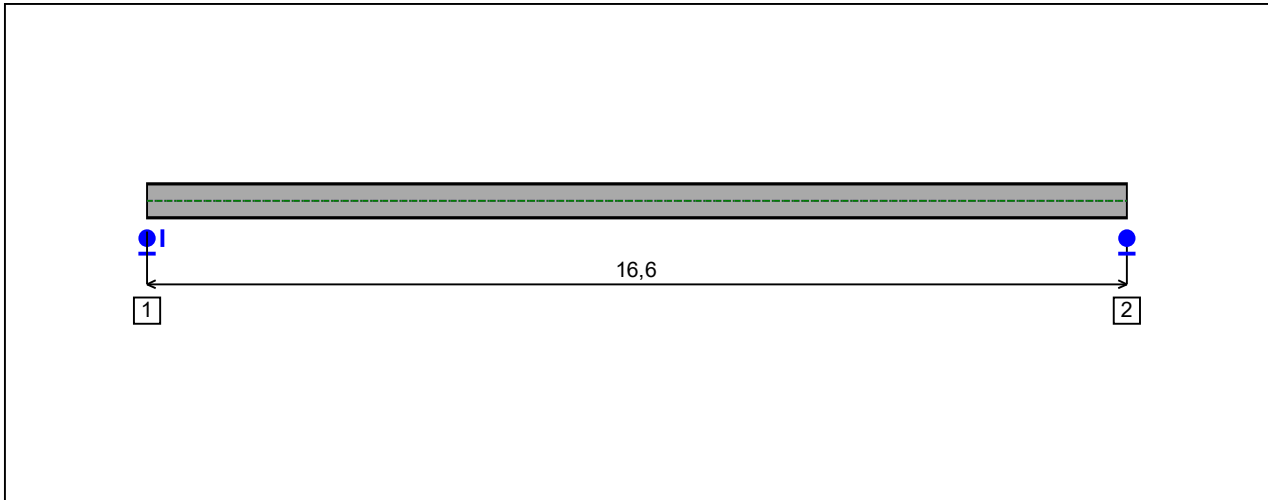


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

- Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 0$ m

Support conditions :

u : Fixed
w : Fixed
w' : Free

- Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam : $x = 16,6$ m

Support conditions :

u : Free
w : Fixed
w' : Free

1.6 - Loads

Type of loading :

External

The weight of the beam is not taken into account.

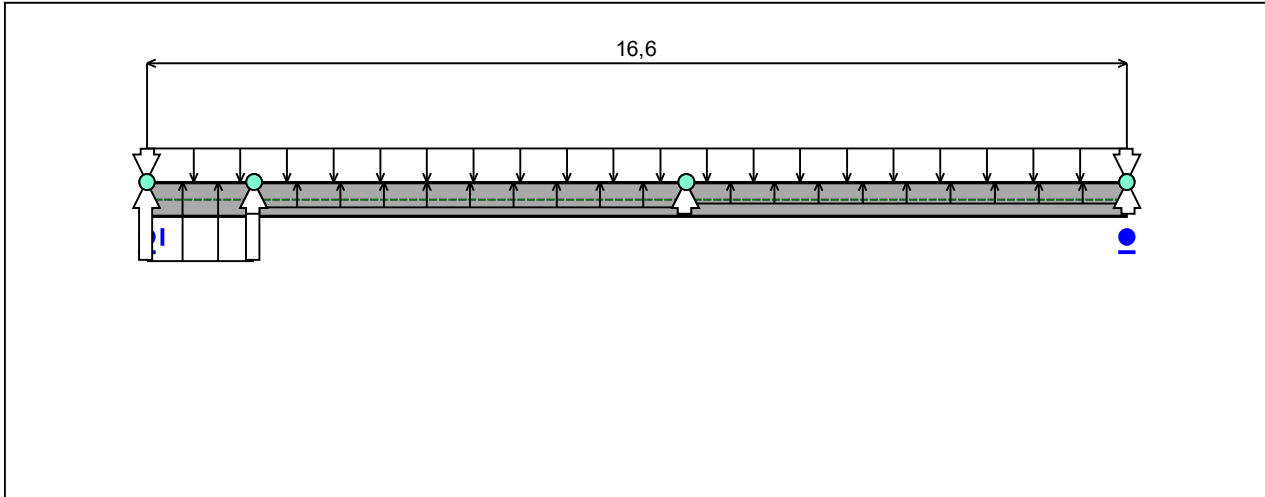


Figure 6 : Profile in long with loads.

- Concentrated loads :

No load has been defined.

- Distributed loads :

Table 1 : Distributed loads.

x_1 (m)	$z_1^{(*)}$ (cm)	$q_{x,1}$ (kN/m)	$q_{z,1}$ (kN/m)	x_2 (m)	$z_2^{(*)}$ (cm)	$q_{x,2}$ (kN/m)	$q_{z,2}$ (kN/m)	Active
0	29,76	0	-1,8	16,6	29,76	0	-1,8	Yes
0	29,76	0	4,28	1,813	29,76	0	4,28	Yes
1,813	29,76	0	1,38	9,138	29,76	0	1,38	Yes
9,138	29,76	0	1,16	16,6	29,76	0	1,16	Yes

(*) Vertical position from the shear centre

II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1
 Blocked moment diagram : No
 Blocked axial force diagram : No

II.1 - LTB modes

Table 2 : LTB modes.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	9,936	155,21	9,628	0	9,628

II.2 - Mode shapes

- Mode 1

Table 3 : Mode 1.

Mode	μ_{cr}	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	9,936	155,21	9,628	0	9,628

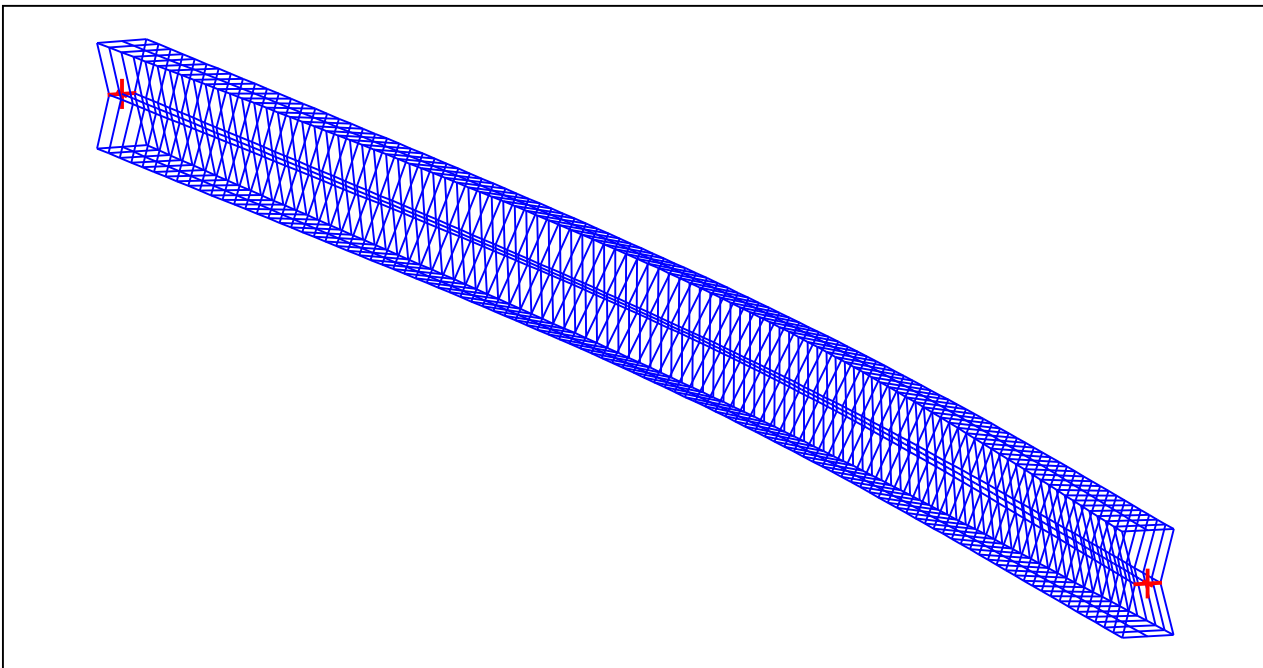


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

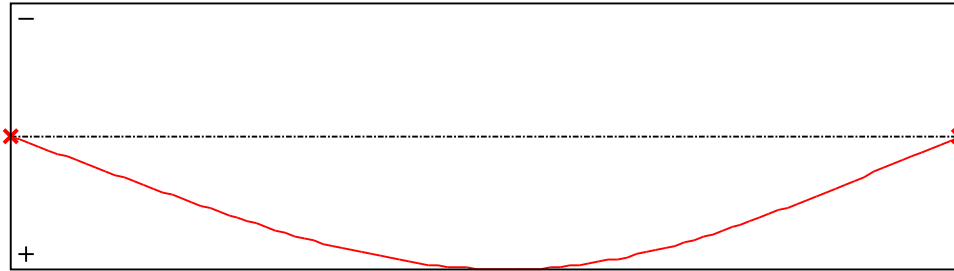


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

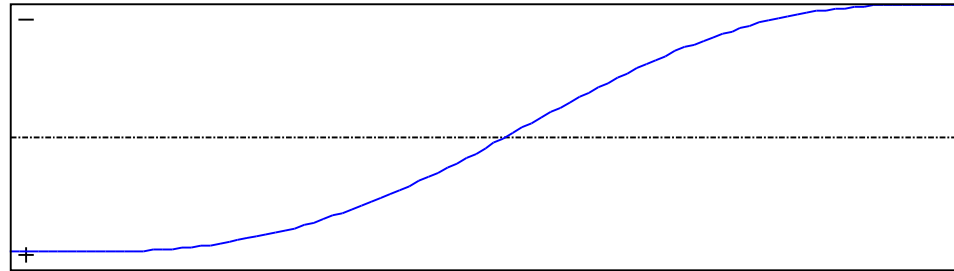


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

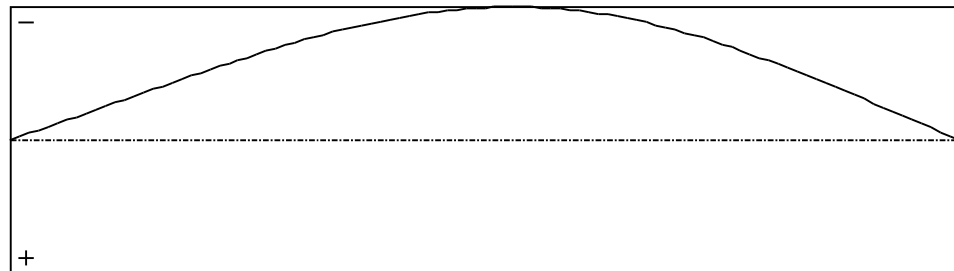


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

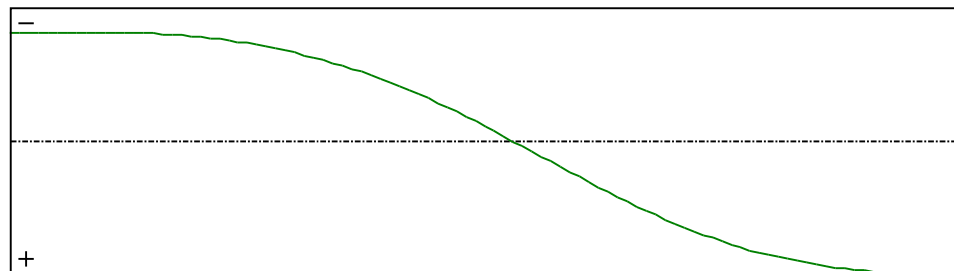


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

Table 4 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	θ [rd]	θ' [rd/m]
0	-2,106E-28	0,0016	-9,3E-28	-0,0012
0,166	0,0261	0,0016	-1,928E-4	-0,0012
0,332	0,0522	0,0016	-3,857E-4	-0,0012
0,498	0,0783	0,0016	-5,786E-4	-0,0012
0,664	0,1045	0,0016	-7,718E-4	-0,0012
0,83	0,1306	0,0016	-9,651E-4	-0,0012
0,996	0,1567	0,0016	-0,0012	-0,0012
1,162	0,1828	0,0016	-0,0014	-0,0012
1,328	0,2089	0,0016	-0,0015	-0,0012
1,494	0,235	0,0016	-0,0017	-0,0012
1,66	0,2611	0,0016	-0,0019	-0,0012
1,826	0,2871	0,0016	-0,0021	-0,0012
1,992	0,3132	0,0016	-0,0023	-0,0012
2,158	0,3391	0,0016	-0,0025	-0,0012
2,324	0,365	0,0016	-0,0027	-0,0012
2,49	0,3907	0,0015	-0,0029	-0,0012
2,656	0,4164	0,0015	-0,0031	-0,0012
2,822	0,4419	0,0015	-0,0033	-0,0011
2,988	0,4672	0,0015	-0,0035	-0,0011
3,154	0,4923	0,0015	-0,0037	-0,0011
3,32	0,5172	0,0015	-0,0039	-0,0011
3,486	0,5419	0,0015	-0,004	-0,0011
3,652	0,5662	0,0015	-0,0042	-0,0011
3,818	0,5903	0,0014	-0,0044	-0,0011
3,984	0,614	0,0014	-0,0046	-0,0011
4,15	0,6373	0,0014	-0,0048	-0,0011
4,316	0,6602	0,0014	-0,0049	-0,001
4,482	0,6827	0,0013	-0,0051	-0,001
4,648	0,7046	0,0013	-0,0053	-9,971E-4
4,814	0,7261	0,0013	-0,0054	-9,752E-4
4,98	0,747	0,0012	-0,0056	-9,518E-4
5,146	0,7673	0,0012	-0,0057	-9,268E-4
5,312	0,787	0,0012	-0,0059	-9,002E-4
5,478	0,806	0,0011	-0,006	-8,72E-4
5,644	0,8243	0,0011	-0,0062	-8,421E-4

Table 4 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	θ [rd]	θ' [rd/m]
5,81	0,8419	0,001	-0,0063	-8,106E-4
5,976	0,8588	9,904E-4	-0,0065	-7,775E-4
6,142	0,8748	9,413E-4	-0,0066	-7,427E-4
6,308	0,89	8,903E-4	-0,0067	-7,063E-4
6,474	0,9043	8,374E-4	-0,0068	-6,683E-4
6,64	0,9178	7,826E-4	-0,0069	-6,288E-4
6,806	0,9303	7,261E-4	-0,007	-5,878E-4
6,972	0,9419	6,679E-4	-0,0071	-5,452E-4
7,138	0,9525	6,08E-4	-0,0072	-5,013E-4
7,304	0,9621	5,467E-4	-0,0073	-4,559E-4
7,47	0,9706	4,839E-4	-0,0074	-4,093E-4
7,636	0,9781	4,199E-4	-0,0074	-3,614E-4
7,802	0,9846	3,546E-4	-0,0075	-3,124E-4
7,968	0,9899	2,882E-4	-0,0075	-2,623E-4
8,134	0,9941	2,208E-4	-0,0076	-2,112E-4
8,3	0,9972	1,526E-4	-0,0076	-1,591E-4
8,466	0,9992	8,368E-5	-0,0076	-1,063E-4
8,632	1	1,413E-5	-0,0076	-5,274E-5
8,798	0,9997	-5,59E-5	-0,0076	1,455E-6
8,964	0,9981	-1,263E-4	-0,0076	5,619E-5
9,13	0,9955	-1,968E-4	-0,0076	1,114E-4
9,296	0,9916	-2,674E-4	-0,0076	1,669E-4
9,462	0,9866	-3,379E-4	-0,0076	2,226E-4
9,628	0,9804	-4,082E-4	-0,0075	2,782E-4
9,794	0,973	-4,78E-4	-0,0075	3,337E-4
9,96	0,9645	-5,472E-4	-0,0074	3,889E-4
10,13	0,9549	-6,156E-4	-0,0073	4,435E-4
10,29	0,9441	-6,831E-4	-0,0073	4,974E-4
10,46	0,9322	-7,495E-4	-0,0072	5,505E-4
10,62	0,9192	-8,148E-4	-0,0071	6,027E-4
10,79	0,9052	-8,786E-4	-0,007	6,537E-4
10,96	0,8901	-9,41E-4	-0,0069	7,036E-4
11,12	0,8739	-0,001	-0,0067	7,521E-4
11,29	0,8568	-0,0011	-0,0066	7,991E-4
11,45	0,8387	-0,0011	-0,0065	8,446E-4

Table 4 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	θ [rd]	θ' [rd/m]
11,62	0,8197	-0,0012	-0,0063	8,885E-4
11,79	0,7998	-0,0012	-0,0062	9,307E-4
11,95	0,779	-0,0013	-0,006	9,711E-4
12,12	0,7574	-0,0013	-0,0059	0,001
12,28	0,735	-0,0014	-0,0057	0,001
12,45	0,7119	-0,0014	-0,0055	0,0011
12,62	0,688	-0,0015	-0,0053	0,0011
12,78	0,6635	-0,0015	-0,0051	0,0011
12,95	0,6383	-0,0015	-0,0049	0,0012
13,11	0,6126	-0,0016	-0,0048	0,0012
13,28	0,5863	-0,0016	-0,0046	0,0012
13,45	0,5595	-0,0016	-0,0043	0,0013
13,61	0,5322	-0,0017	-0,0041	0,0013
13,78	0,5045	-0,0017	-0,0039	0,0013
13,94	0,4764	-0,0017	-0,0037	0,0013
14,11	0,4479	-0,0017	-0,0035	0,0013
14,28	0,4192	-0,0017	-0,0033	0,0013
14,44	0,3901	-0,0018	-0,003	0,0014
14,61	0,3608	-0,0018	-0,0028	0,0014
14,77	0,3313	-0,0018	-0,0026	0,0014
14,94	0,3016	-0,0018	-0,0024	0,0014
15,11	0,2718	-0,0018	-0,0021	0,0014
15,27	0,2418	-0,0018	-0,0019	0,0014
15,44	0,2118	-0,0018	-0,0017	0,0014
15,6	0,1816	-0,0018	-0,0014	0,0014
15,77	0,1514	-0,0018	-0,0012	0,0014
15,94	0,1212	-0,0018	-9,499E-4	0,0014
16,1	0,0909	-0,0018	-7,129E-4	0,0014
16,27	0,0606	-0,0018	-4,755E-4	0,0014
16,43	0,0303	-0,0018	-2,378E-4	0,0014
16,6	-3,316E-28	-0,0018	-4,008E-27	0,0014

TABLE OF CONTENTS

I - PARAMETERS	p.1
<i>I.1 - General parameters</i>	<i>p.1</i>
<i>I.2 - Material</i>	<i>p.1</i>
<i>I.3 - Sections</i>	<i>p.1</i>
- Section No. 1 : PROS 595,1	<i>p.2</i>
- Section No. 2 : PROS 595,1	<i>p.3</i>
<i>I.4 - Lateral restraints</i>	<i>p.4</i>
- Restraint No. 1 :	<i>p.4</i>
- Restraint No. 2 :	<i>p.4</i>
<i>I.5 - Supports</i>	<i>p.5</i>
- Support No. 1 :	<i>p.5</i>
- Support No. 2 :	<i>p.5</i>
<i>I.6 - Loads</i>	<i>p.6</i>
- Concentrated loads :	<i>p.6</i>
- Distributed loads :	<i>p.6</i>
II - LTB CALCULATION	p.7
<i>II.1 - LTB modes</i>	<i>p.7</i>
<i>II.2 - Mode shapes</i>	<i>p.7</i>
- Mode 1	<i>p.7</i>

WARNING !

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

Das Zugstabsystem

Technik

Das PFEIFER-Zugstabsystem Typ 860 setzt sich aus dem Zugstab, Gabelkopf und dessen Komponenten zusammen. Des Weiteren sind Sonderbauteile erhältlich.

Basierend auf der DIN 18800 Teil 1/11.90 wurde das PFEIFER-Zugstabsystem Typ 860 statisch bemessen. Diese Bemessung wurde mit einem Gutachten bestätigt.

■ Der Zugstab

Für den Zugstab wird das Material S460N verwendet, dessen Streckgrenze min. 460 N/mm² beträgt und damit um ca. 30% höher als bei dem herkömmlichen Werkstoff S355 liegt. Gleiche Lasten können infolge dessen mit geringerem Stabquerschnitt aufgenommen werden. Der Zugstab bleibt schlank und die Wirtschaftlichkeit erhöht sich.

Die aus der Bemessung resultierenden Grenzzugkräfte sind den Produkttabellen zu entnehmen. Für die Berechnung müssen diese mindestens so groß sein, wie die Bemessungswerte der Einwirkungen (F_d). Als Anschlusspunkte dienen Knoten- und Anschlussbleche aus dem Material S355. Ihre geometrischen Abmessungen gewährleisten die volle Tragfähigkeit bezüglich der Grenzzugkräfte ($N_{R,d}$) aus den Produkttabellen. Werden die Knoten- und Anschlussbleche aus S235 gefertigt, sind für die Berechnung abgeminderten Grenzzugkräfte ($N_{R,d,red}$) zu erfragen.

■ Die Komponenten

Für das Zugstabsystem gilt, der Zugstab ist das schwächste Glied. Somit sind Gabelkopf, Bolzen und Muffe für höhere Lasten ausgelegt, um ein Versagen in diesen Komponenten auszuschließen. Im Lieferumfang sind Kontermuttern imbegriffen, die Gabelkopf und Zugstab sowie Muffe und Zugstab gegeneinander fixieren. Des Weiteren schützt die Kontermutter das Zugstabgewinde und bildet zwischen Gabelkopf und Zugstab sowie zwischen Muffe und Zugstab eine fließende Form.

■ Die Verstellmöglichkeiten

Eine genaue Längeneinstellung wird durch die Rechts- und Linksgewinde der Gabelköpfe ermöglicht und über Drehen des Stabes erreicht. Ein Spannschloss ist dazu nicht erforderlich. Als Verstellweg ist eine komfortable Verstellmöglichkeit von ca. 1,4 x Gewindedurchmesser für alle Größen je Systemlänge gegeben. Die Systemlänge wird über das Maß zwischen den Bolzenmittelpunkten vorgegeben.

■ Der Korrosionsschutz

Alle Elemente des PFEIFER-Zugstabsystems Typ 860 werden mit einer Feuerverzinkung gemäß DIN EN ISO 1461 oder mit einer Spritzverzinkung gemäß DIN EN ISO 2063 gegen Korrosion geschützt. Die vorhandenen Gewinde werden nach dem Verzinken gebürstet.

The Tension Rod System

Engineering

The PFEIFER-Tension Rod System Type 860 consists of a tension rod, the fork connector and the components of the latter. Special components are also available.

The PFEIFER-Tension Rod System Type 860 was statically designed pursuant to German standard DIN 18800 Part 1/11.90. The design was confirmed by experts.

■ Tension Rod

The tension rod is made of the S460N material with a yield strength of at least 460 N/mm², thus approximately 30% higher than that of the conventional material S355. Consequently, smaller rod diameters can be used for the same loads. The Tension Rod has a slender design and economic efficiency is increased.

The design limit tension loads can be found in the product tables below. For calculation they have to be at least as high as the design values of impacts (F_d). Intersection plates and connecting plates made of the S355 material are used as connecting points. Their geometrical design guarantees full load-bearing capacity as regards the limit tension loads ($N_{R,d}$) listed in the product tables below. If intersection plates and connecting plates are made of S235, the reduced limit tension loads ($N_{R,d,red}$) can be given.

■ Components

The tension rod is the weakest link in the Tension Rod System. Thus, fork connectors, pins and couplers are designed to withstand higher loads so as to preclude failure of these components. Locking nuts that safely lock fork connector and tension rod as well as tension rod and coupler, respectively, are supplied. Furthermore, the locking nut protects the thread of the tension rod and provides for flush contours between fork connector and tension rod and between tension rod and coupler, respectively.

■ Adjustment Options

The left-hand and right-hand threads of the fork connectors enable exact adjustment of length, which is done by turning the rod. No turnbuckle is required. The take-up range can be comfortably adjusted by approximately 1.4 times the thread diameter for all sizes per system length. System length is the distance between the centres of the pins.

■ Corrosion Protection

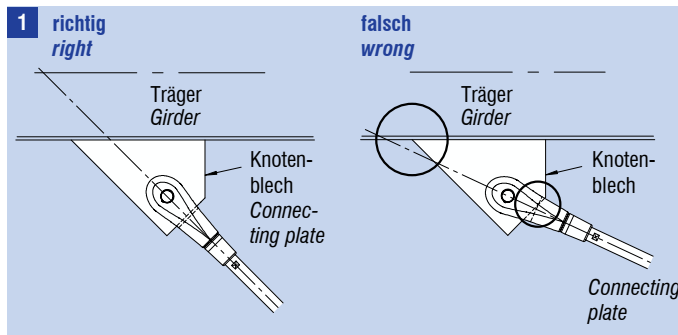
All elements of PFEIFER-Tension Rod System Type 860 are protected from corrosion either by hot-dip galvanisation pursuant to German standard DIN EN ISO 1461 or by metal spraying of zinc pursuant to German standard DIN EN ISO 2063. All threads are brushed after galvanisation.

Konstruktionshilfen

Folgende Konstruktionshilfen für das PFEIFER-Zugstabsystem Typ 860 veranschaulichen die Ausbildung von Anschlusspunkten und die konstruktive Ausrichtung des Zugstabsystems.

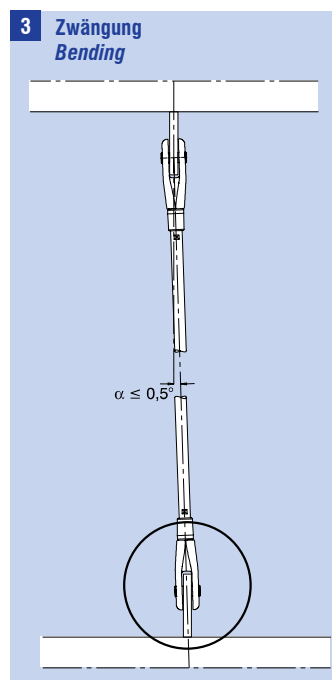
■ Anschlusspunkte

Bei den Anschlusspunkten ist auf die Ausrichtung der Systemachsen aller sich stoßenden Bauteile zu achten. Die Achsen der Lastabtragung und -weiterleitung müssen sich in einem Punkt schneiden. Die Konstruktion und Herstellung der Anschlussbleche erfolgt unter Einhaltung des Bohrungsdurchmessers, des Mindestabstandes f_{min} vom Bohrungsmittelpunkt zum Anschlussblechscheitel, der Mindestbreite c_{min} gemäß der Tabelle Gabelkopf, einer Anschlusskante parallel zum Gabelgrund und der erforderlichen Materialqualität (Abb. 1). Eine Abschätzung der Anschlussblechmaße kann über den Anschlusswinkel und über geometrische Verhältnisse des Bohrungsdurchmessers erfolgen (Abb. 2).



■ Konstruktive Ausrichtung

Beim Einbau des Zugstabsystems ist eine Schiefstellung möglichst zu vermeiden. Die Verdrehung des Systems aus seiner Ebene darf $0,5^\circ$ nicht überschreiten. Ansonsten entstehen unzulässige Zwängungsspannungen in den Gabelköpfen und Anschlussblechen (Abb. 3). Besonders beim Einbau eines Zugstabes mit gegeneinander verdrehten Anschlüssen ist auf eine präzise konstruktive Ausrichtung (Axialität) zu achten (Abb. 4 und Abb. 5).



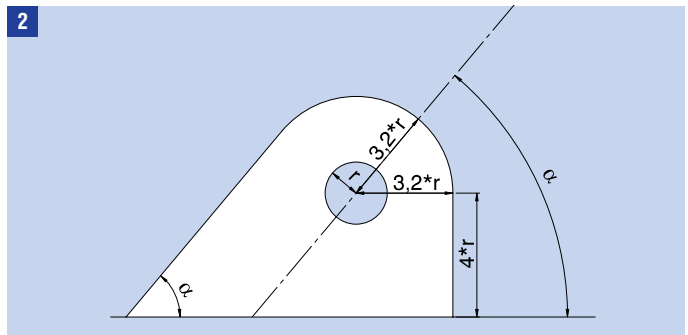
Construction Aids

The following construction aids for the PFEIFER-Tension Rod System Type 860 illustrate the formation of connecting points and the structural alignment of the Tension Rod System.

■ Connecting Points

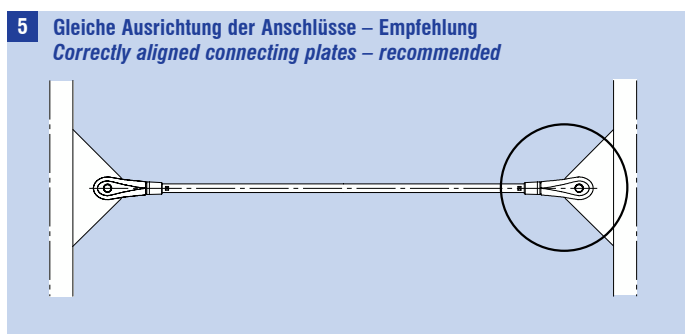
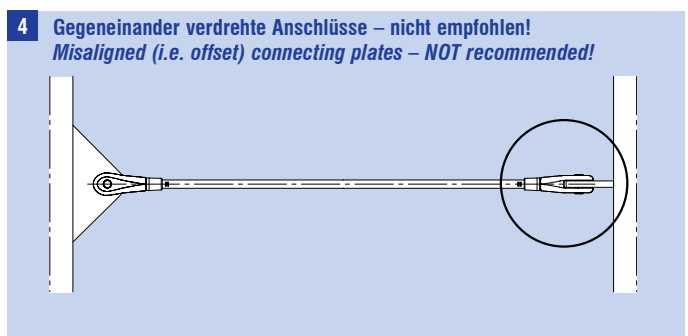
In the case of connecting points attention must be paid to the orientation of the system axes of all abutting components. The axes of load diversion and load transmission have to intersect at exactly one point. The connecting plates have to be designed and manufactured in keeping with the diameter of the pin hole, the minimum distance f_{min} between the centre of bore and the apex of the connecting plate, the minimum width c_{min} as listed in the table "Fork Connector", a connection edge that is parallel to the fork base and the necessary material quality (see Fig. 1).

An estimate of the connecting-plate dimensions can be made on the basis of the connection angle and via the geometric proportions of the diameter of bore (see Fig. 2).



■ Structural Alignment

During installation of the Tension Rod System, care must be taken to ensure that any misalignment is avoided. Alignment of the entire system must not deviate from its plane by more than 0.5° . Otherwise, non permissible bending tensions are introduced into both the fork connectors and the connecting plates (see Fig. 3). During installation of a tension rod with connections that are offset towards each other, precise structural orientation (alignment) must be ensured (see Fig. 4 and Fig. 5).





www.hilti.cz

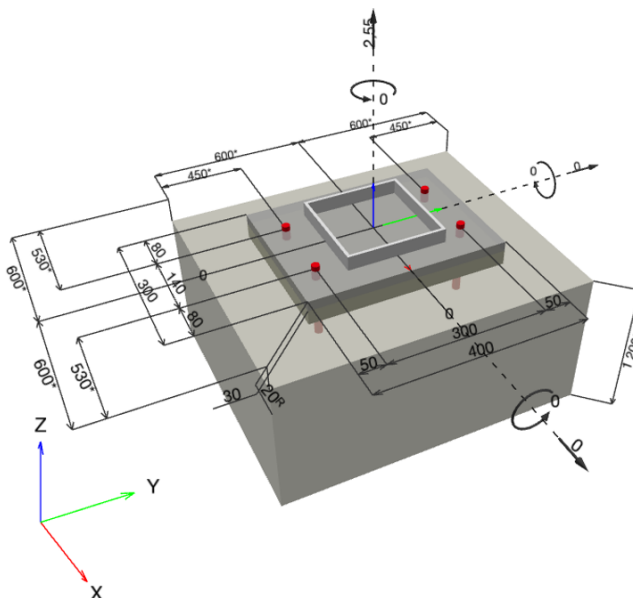
Společnost: ČVUT FSv
Adresa: Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6
Telefon I fax: |
Návrh: Autosalón - pátka
Dílčí projekt / pozice č.:

Strana: 1
Projektant:
E-mail: serikmar@student.cvut.cz
Datum: 09.05.2024

Komentář projektanta:**1 Vstupní data**

Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-R V3 100 let + HIT-Z M16	
Předpokládaná životnost (životnost v letech):	100	
Číslo artiklu:	2018417 HIT-Z M16x175 (vložit) / 2262134 HIT-HY 200-R V3 (chemická hmota)	
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,opti} = 96,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = 192,0 \text{ mm}$)	
Materiál:	DIN EN ISO 4042	
Certifikát č.:	ETA 19/0632	
Vydání I Platný:	08.06.2023 -	
Posouzení:	SOFA na základě EN 1992-4, mech. kotvy	
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 1,00; $e_b = 30,0 \text{ mm}$; $t = 20,0 \text{ mm}$	
Kotevní deska ^R :	Hilti podlití: , víceúčelová, $f_{c,Grout} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ $I_x \times I_y \times t = 300,0 \text{ mm} \times 400,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$; (Doporučená tloušťka kotevní desky: nepočítána)	
Profil:	Čtvercový dutý profil, $200 \times 200 \times 6,3$; ($V \times \check{S} \times T$) = $200,0 \text{ mm} \times 200,0 \text{ mm} \times 6,3 \text{ mm}$	
Základní materiál:	s trhlinami beton, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1\,200,0 \text{ mm}$, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C, Uživatelem definovaný parciální bezpečnostní součinitel materiálu $\gamma_c = 1,500$	
Montáž:	kotevní otvor vrtaný přiklepem, montážní podmínky: suché	
Výztuž:	Žádná výztuž nebo osová vzdálenost výztuže $\geq 150 \text{ mm}$ (jakýkoliv \emptyset) nebo $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) žádná podélná výztuž okraje	

^R - Výpočet kotvy je proveden na základě předpokladu tuhé kotevní desky.

Geometrie [mm] & Zatížení [kN, kNm]

www.hilti.cz

Společnost: ČVUT FSV
Adresa: Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6
Telefon I fax: |
Návrh: Autosalón - pátka
Dílní projekt / pozice č.:

Strana: 2
Projektant:
E-mail: serikmar@student.cvut.cz
Datum: 09.05.2024

1.1 Kombinace zatížení

Stav	Popis	Síly [kN] / Momenty [kNm]	Seizmický	Požár	Max. využití kotvy [%]
1	NK11	$N = 2,550; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$	Ne	ne	4

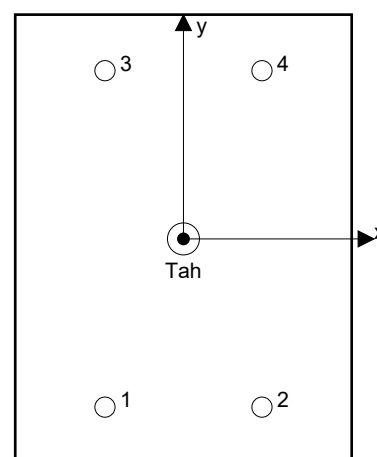
2 Zatěžovací stav/Výsledné síly na kotvu

Reakce kotvy [kN]

Tahová síla: (+ Tah, - Tlak)

Kotva	Tahová síla	Smyková síla	Smyková síla x	Smyková síla y
1	0,638	0,000	0,000	0,000
2	0,638	0,000	0,000	0,000
3	0,638	0,000	0,000	0,000
4	0,638	0,000	0,000	0,000

max. tlakové přetvoření betonu: - [%]
max. tlakové napětí v betonu: - [N/mm²]
výsledná tahová síla v (x/y)=(0,0/0,0): 2,550 [kN]
výsledná tlaková síla v (x/y)=(-/-): 0,000 [kN]



Kotevní síly jsou vypočítány na základě předpokladu tuhé kotevní desky.

www.hilti.cz

Společnost: ČVUT FSv
Adresa: Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6
Telefon I fax: |
Návrh: Autosalón - pátka
Dílčí projekt / pozice č.:

Strana: 3
Projektant:
E-mail: serikmar@student.cvut.cz
Datum: 09.05.2024

3 Tahové zatížení (EN 1992-4, kap.7.2.1)

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití β_N [%]	Stav
Porušení oceli*	0,638	64,000	1	OK
Porušení vytažením*	0,638	70,000	1	OK
Porušení vytržením betonového kuželu**	1,275	32,090	4	OK
Porušení rozštěpením**	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici

* nejnepříznivější kotva ** skupina kotev (kotvy v tahu)

3.1 Porušení oceli

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
96,000	1,500	64,000	0,638

3.2 Porušení vytažením

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{\psi_c \cdot N_{Rk,p}}{\gamma_{M,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.1}$$

$N_{Rk,p}$ [kN]	ψ_c	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
105,000	1,000	1,500	70,000	0,638

www.hilti.cz

Společnost: ČVUT FSV
 Adresa: Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6
 Telefon I fax: |
 Návrh: Autosalón - pátka
 Dílčí projekt / pozice č.:

Strana: 4
 Projektant:
 E-mail: serikmar@student.cvut.cz
 Datum: 09.05.2024

3.3 Porušení vytržením betonového kuželu

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{RK,c}}{\gamma_{M,c}} \quad \text{EN 1992-4, Tabulka 7.1}$$

$$N_{RK,c} = N_{RK,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$

$$N_{RK,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]		
123 264	82 944	144,0	288,0	20,00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
z [mm]	$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{RK,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
0,0	1,000	7,700	32,390	1,500	32,090	1,275

ID skupiny kotev

3, 4

www.hilti.cz

Společnost: ČVUT FSV
Adresa: Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6
Telefon I fax: |
Návrh: Autosalón - pátka
Dílčí projekt / pozice č.:

Strana: 5
Projektant:
E-mail: serikmar@student.cvut.cz
Datum: 09.05.2024

4 Smykové zatížení (EN 1992-4, kap. 7.2.2)

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití β_v [%]	Stav
Porušení oceli (bez distanční montáže)*	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici
Porušení oceli (s distanční montáží)*	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici
Porušení vylomením betonu*	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici
Porušení okraje betonu ve směru **	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici

* nejnepříznivější kotva ** skupina kotev (rovnocenné kotvy)

5 Posuny (nejvíce zatížená kotva)

Krátkodobé zatížení:

$$\begin{aligned} N_{Sk} &= 0,472 \text{ [kN]} & \delta_N &= - \text{ [mm]} \\ V_{Sk} &= 0,000 \text{ [kN]} & \delta_V &= 0,0000 \text{ [mm]} \\ & & \delta_{NV} &= - \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Dlouhodobé zatížení:

$$\begin{aligned} N_{Sk} &= 0,472 \text{ [kN]} & \delta_N &= - \text{ [mm]} \\ V_{Sk} &= 0,000 \text{ [kN]} & \delta_V &= 0,0000 \text{ [mm]} \\ & & \delta_{NV} &= - \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Poznámka: Posuny vlivem tahové síly jsou platné při poloviční hodnotě předepsaného utahovacího momentu pro bez trhlin beton! Smykové posuny jsou platné za předpokladu žádného tření mezi betonem a kotevní deskou! Mezery mezi kotvou a vrtaným kotevním otvorem a mezery mezi kotvou a otvorem v kotevní desce nejsou v tomto výpočtu zahrnuty!

Přípustné posuny kotev závisí na připevňované konstrukci a musejí být definovány projektantem!

6 Upozornění

- S přerozdělením zatížení na jednotlivé kotvy vlivem elastických deformací kotevní desky se neuvažuje. Předpokládá se natolik tuhá kotevní deska, u které při zatěžování nedochází k deformacím! Musí být zkontolováno, zda jsou vstupní data a výsledky v souladu s aktuálními podmínkami a zda jsou věrohodné!
- Posouzení přenosu zatížení do základního materiálu musí být provedeno podle EN 1992-4, Příloha A!
- Návrh je platný pouze když velikost otvorů pro kotvy v kotevní desce není větší než velikosti uvedené v EN 1992-4 tabulka 6.1! Pro větší kotevní otvory postupujte podle EN 1992-4 část 6.2.2!
- Seznam příslušenství v tomto protokolu slouží pouze jako informace uživateli. V každém případě je třeba dodržovat návod k použití dodávaný s výrobkem, aby byla zajištěna správná instalace.
- Pro stanovení $\psi_{re,v}$ (selhání okraje betonu) je min. krytí betonu určeno v Nastavení návrhu - Min. krycí vrstva betonu.
- Charakteristická odolnost spoje závisí na údržbě a životnosti (životnosti v letech): 100

Upevnění je bezpečné!

www.hilti.cz

Společnost: ČVUT FSV
 Adresa: Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6
 Telefon I fax: |
 Návrh: Autosalón - pátka
 Dílčí projekt / pozice č.:

Strana: 6
 Projektant:
 E-mail: serikmar@student.cvut.cz
 Datum: 09.05.2024

7 Montážní pokyny

Kotevní deska, ocel: S 355; $E = 210\,000,00\text{ N/mm}^2$; $f_{yk} = 355,00\text{ N/mm}^2$

Profil: Čtvercový dutý profil, 200 x 200 x 6,3; (V x Š x T) = 200,0 mm x 200,0 mm x 6,3 mm

Průměr otvoru v kotevní desce (přednastavení) : $d_f = 18,0\text{ mm}$

Průměr otvoru v kotevní desce (průvleková montáž) : $d_f = 20,0\text{ mm}$

Tloušťka kotevní desky (vstup): 20,0 mm

Doporučená tloušťka kotevní desky: nepočítána

Metoda vrtání: Vyvrtno příklepem

Čištění: čištění vyvrtného kotevního otvoru není požadováno.

Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-R V3 100 let + HIT-Z M16

Číslo artiklu: 2018417 HIT-Z M16x175 (vložit) / 2262134 HIT-HY 200-R V3 (chemická hmota)

Maximální utahovací moment: 80 Nm

Průměr otvoru v základním materiálu: 18,0 mm

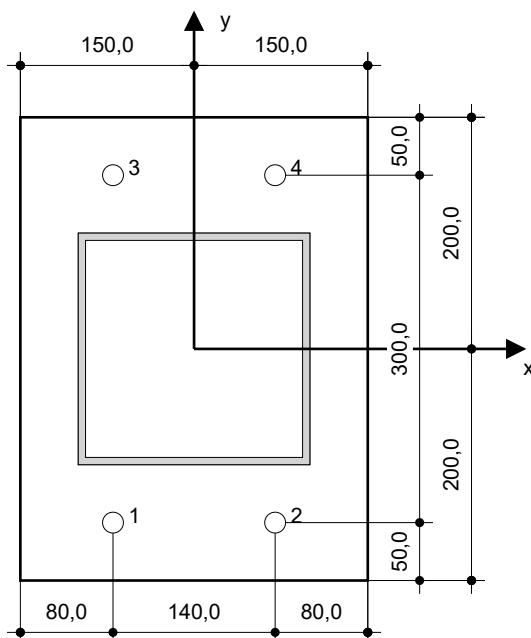
Hloubka kotevního otvoru v základním materiálu: 160,0 mm

Minimální tloušťka základního materiálu: 196,0 mm

Hilti SAFEset HIT-Z chemická expanzní kotva bez nutnosti čištění s HIT-HY 200-R V3 lepicí hmota s 96 mm kotevní hloubka h_{ef} , M16, Galvanicky pozinkováno, Vrtání příklepem montáž dle ETA 19/0632

7.1 Doporučené příslušenství

Vrtání	Čištění	Osazení
<ul style="list-style-type: none"> Vhodná pro vrtací kladivo Vrták správného průměru 	<ul style="list-style-type: none"> Příslušenství není požadováno 	<ul style="list-style-type: none"> Výtlačovací přístroj včetně vodící kazety a směšovače Momentový klíč



Souřadnice kotev [mm]

Kotva	x	y	c_{-x}	c_{+x}	c_{-y}	c_{+y}
1	-70,0	-150,0	530,0	670,0	450,0	750,0
2	70,0	-150,0	670,0	530,0	450,0	750,0
3	-70,0	150,0	530,0	670,0	750,0	450,0
4	70,0	150,0	670,0	530,0	750,0	450,0

www.hilti.cz

Společnost:	ČVUT FSv	Strana:	7
Adresa:	Thákurova 2077/7, 166 29 Praha 6	Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	serikmar@student.cvut.cz
Návrh:	Autosalón - pětka	Datum:	09.05.2024
Dílní projekt / pozice č.:			

8 Poznámky, požadavky na vaší kooperaci

- Veškeré informace a data obsažená v Softwaru se týkají výhradně použití výrobků Hilti a vycházejí ze zásad, předpisů a bezpečnostních nařízení v souladu s technickými směnicemi a provozními, montážními a instalačními pokyny společnosti Hilti, jimiž se uživatel musí striktně řídit. Veškerá čísla obsažená v Softwaru představují průměrné hodnoty, a proto je před použitím příslušného výrobku Hilti nutno provést testy pro jeho konkrétní použití. Výsledky výpočtů provedených pomocí Softwaru vycházejí především z vámi zadaných dat. Nesete proto výhradní odpovědnost za bezchybnost, úplnost a relevantnost zadávaných dat. Mimoto nesete výhradní odpovědnost za kontrolu výsledků vzešlých z výpočtů a za to, že si tyto výsledky před jejich použitím pro konkrétní zařízení necháte ověřit a schválit od odborníka, zejména co se týče souladu s příslušnými normami a povoleními. Software slouží pouze jako pomůcka pro interpretaci norem a povolení bez jakékoli záruky ohledně bezchybnosti, přesnosti a relevantnosti výsledků nebo vhodnosti pro konkrétní použití.
- Abyste předešli škodám, které by Software mohl způsobit, nebo omezili jejich rozsah, musíte přijmout veškerá nutná a přiměřená opatření. Obzvláště je třeba pravidelně zálohovat programy a data a v případě potřeby provádět aktualizace Softwaru, které společnost Hilti pravidelně nabízí. Nepoužíváte-li funkci AutoUpdate, která je součástí Softwaru, je nutné zajistit aktuálnost vámi používané verze Softwaru ručními aktualizacemi prostřednictvím internetových stránek společnosti Hilti. Společnost Hilti nenesе žádnou zodpovědnost za důsledky vzešlé z vámi zaviněného porušení povinností, jako je například nutnost obnovy ztracených či poškozených dat nebo programů.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁRSKA PRÁCA
AUTOSALÓN

2024

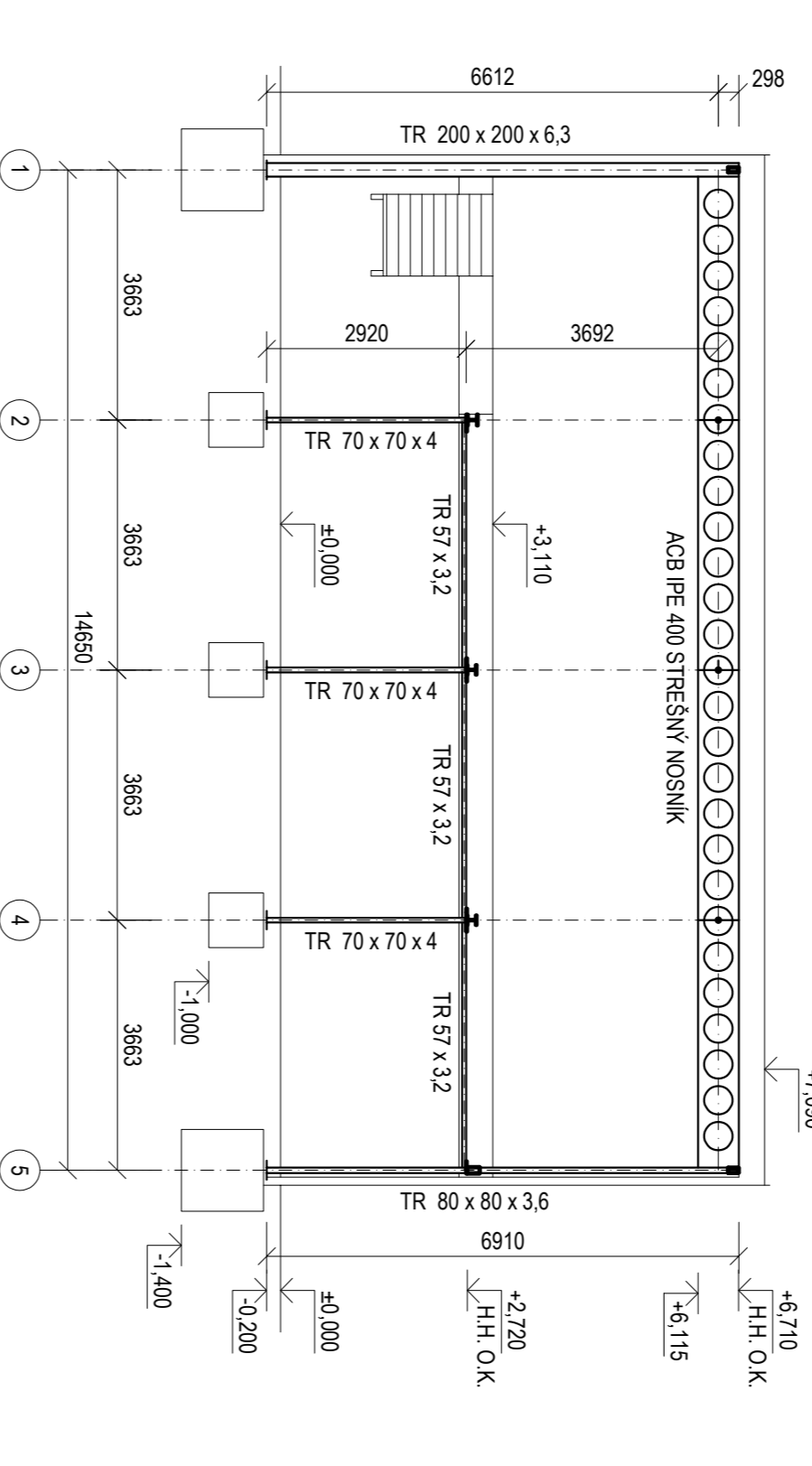
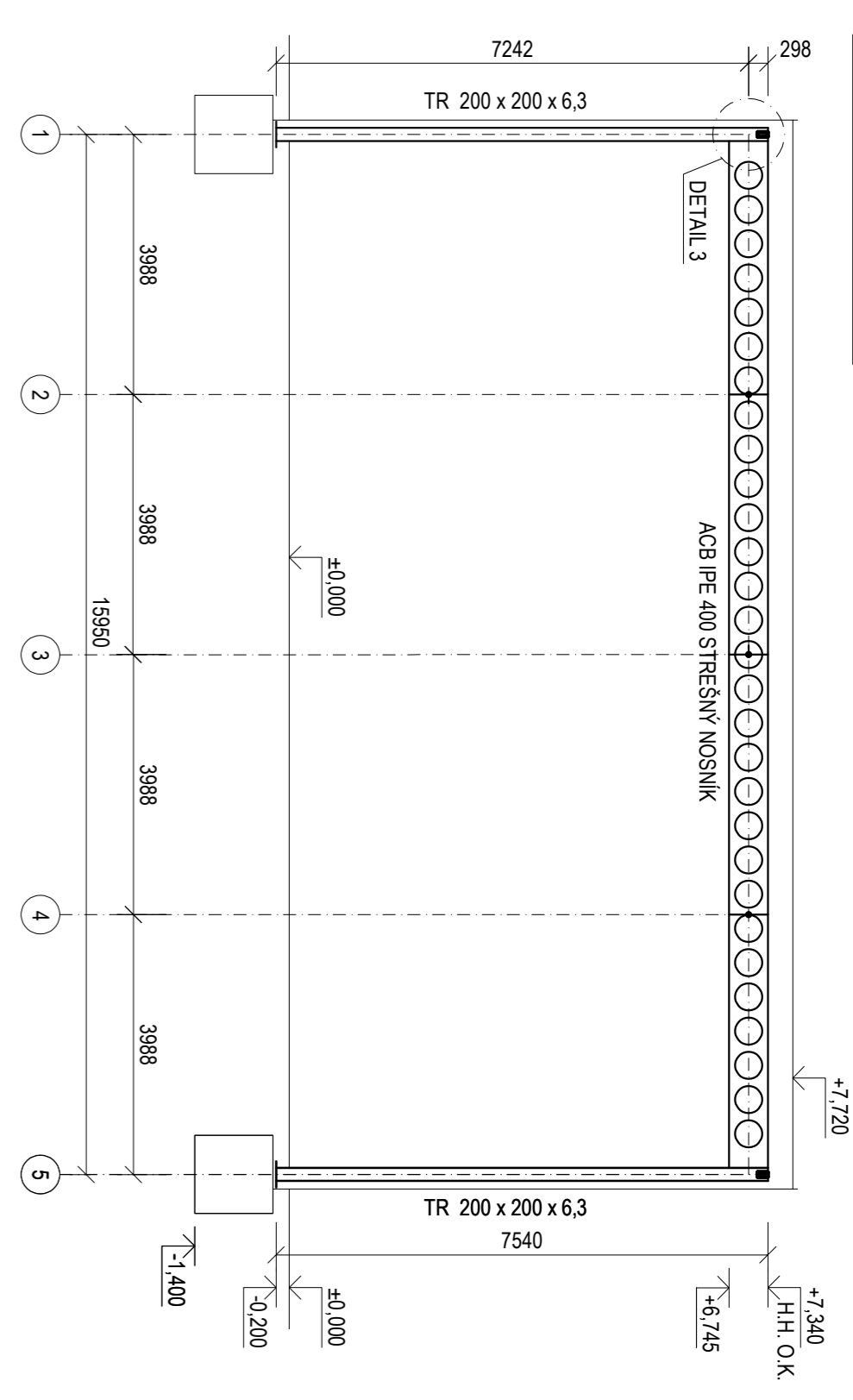
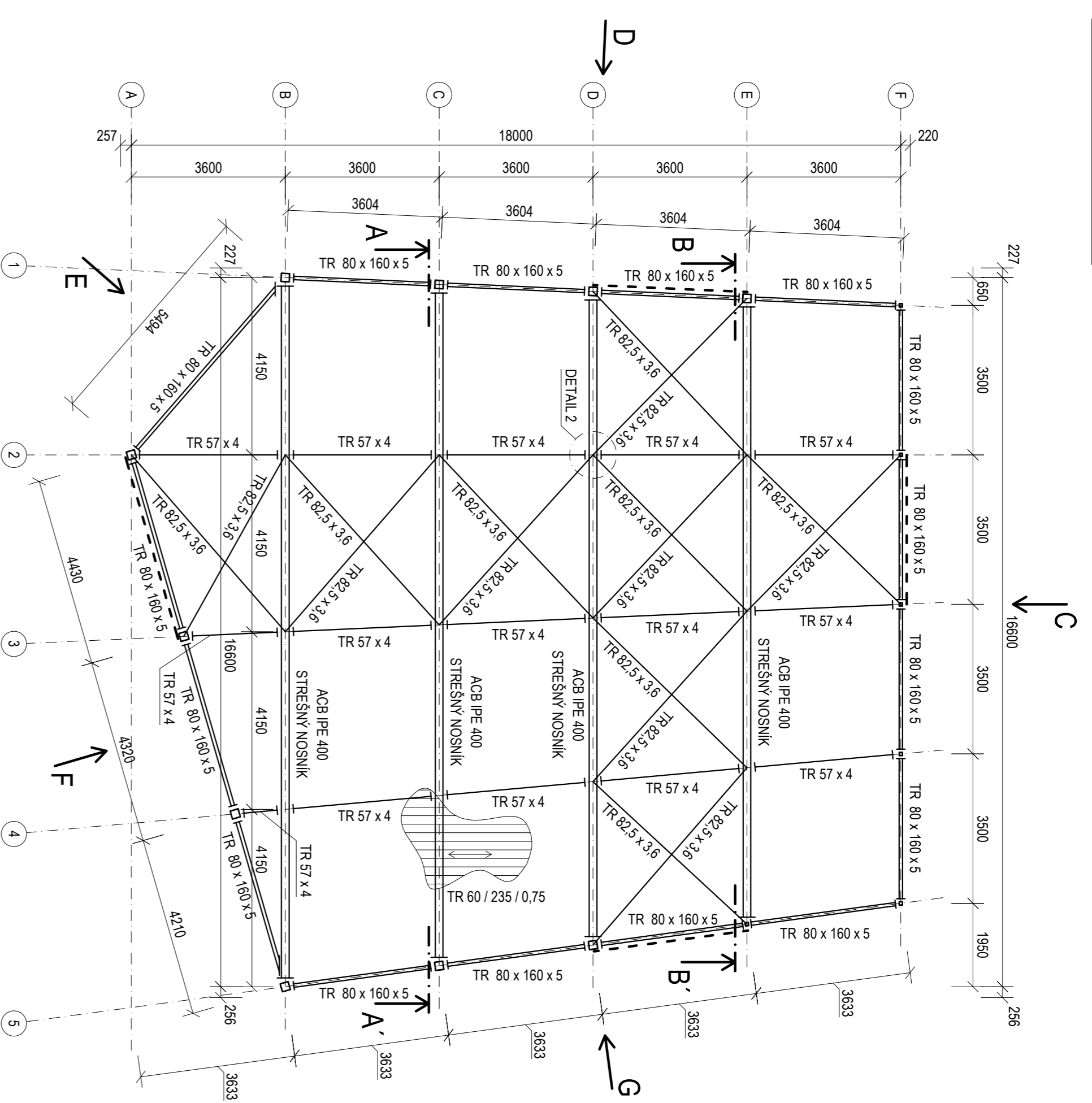
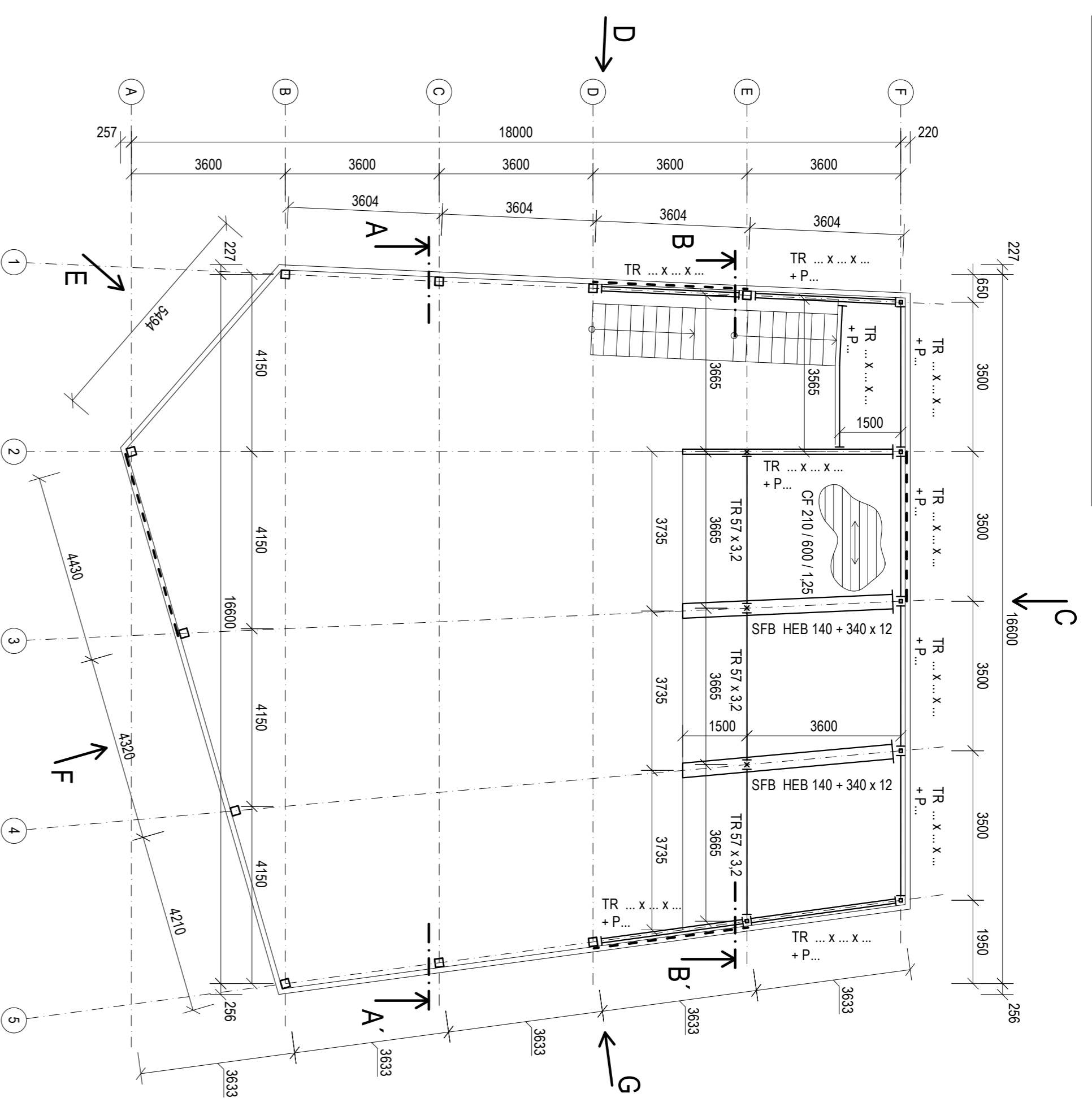
VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA

Autor práce: Martin Šerík

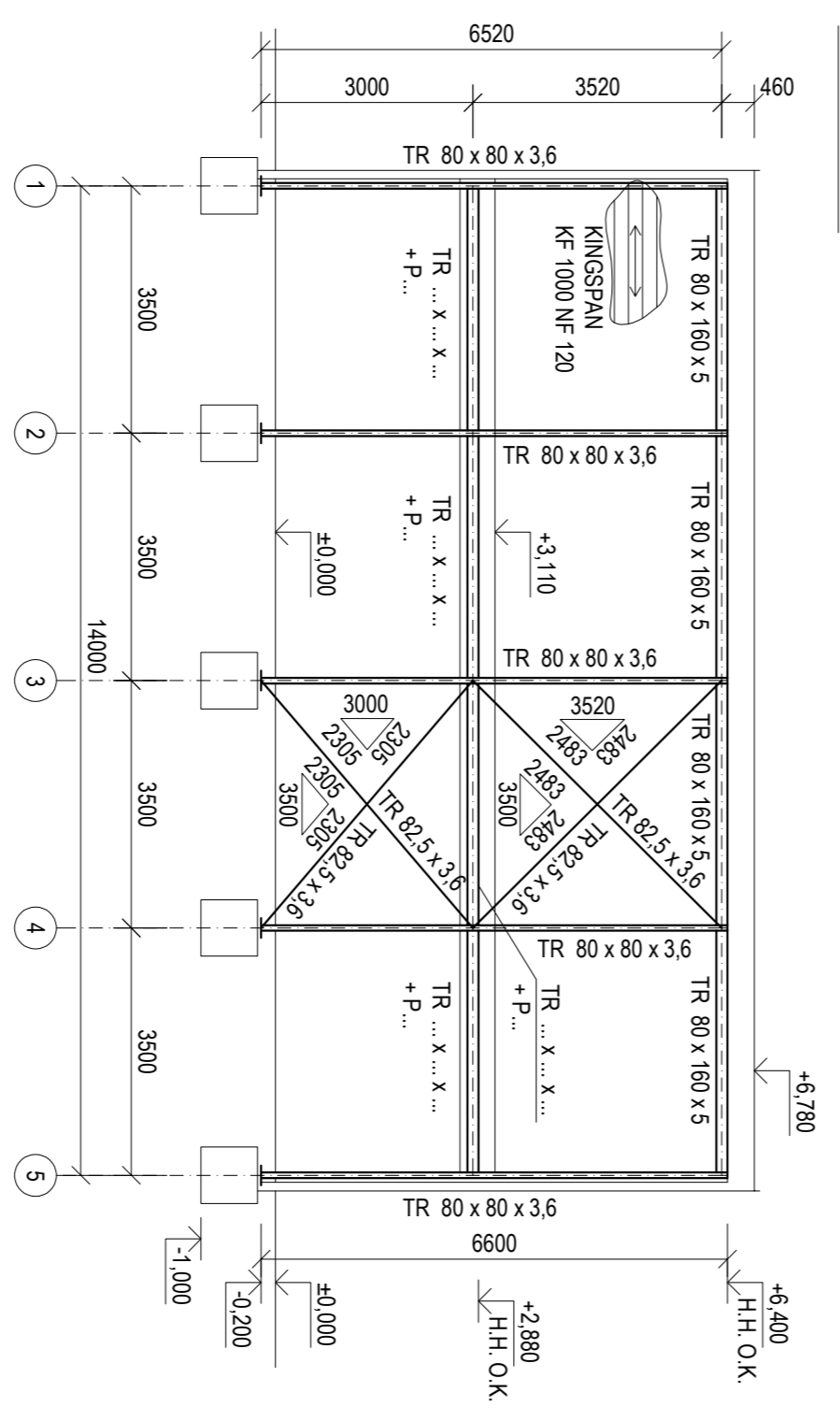
Vedúci práce: prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

ZOZNAM PRÍLOH

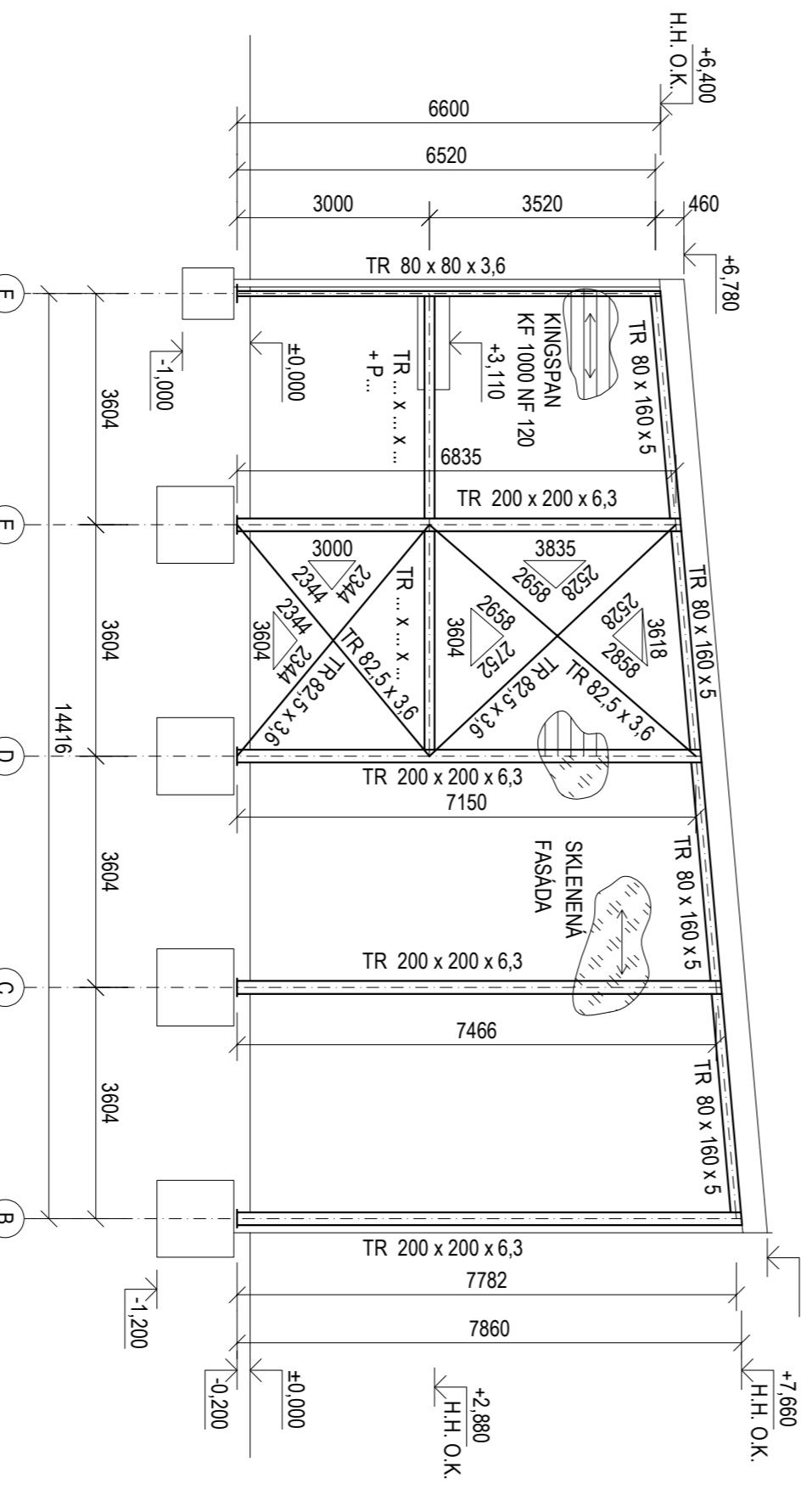
- výkres č. 1 Pôdorysy, zvislé rezy a pohľady
- výkres č. 2 Vybrané detaily



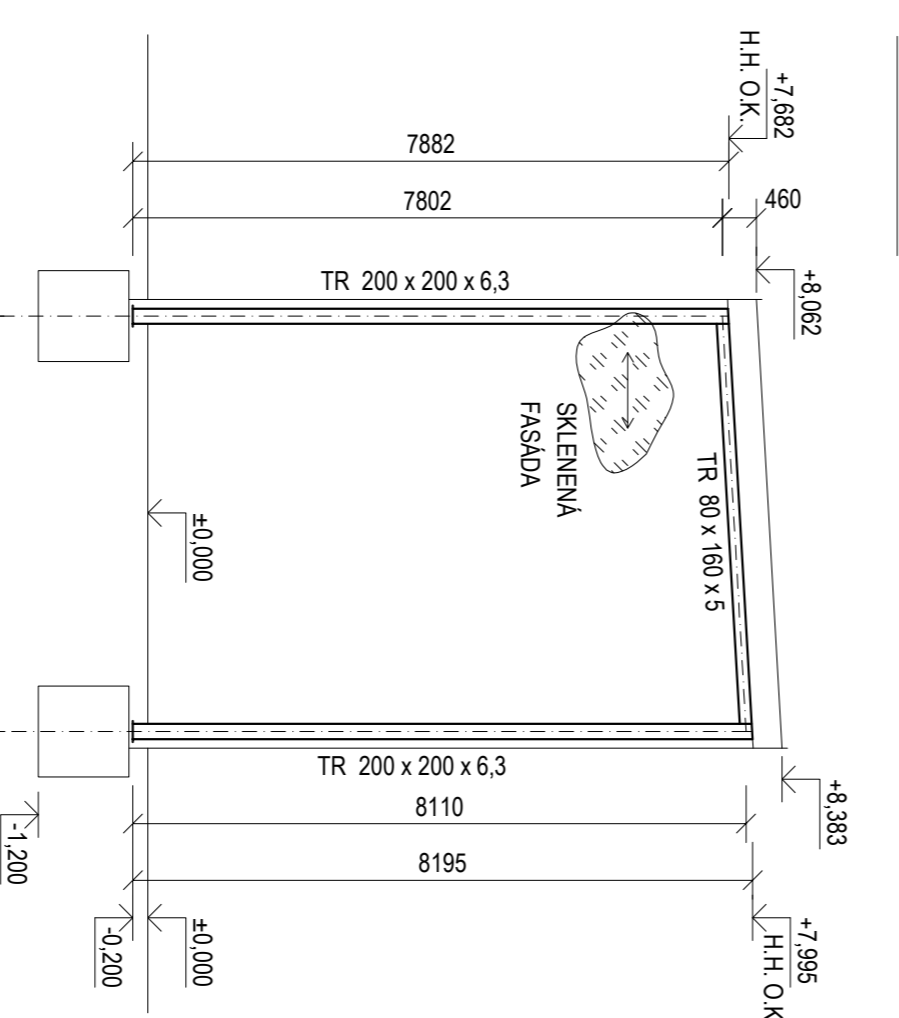
POHLAD C



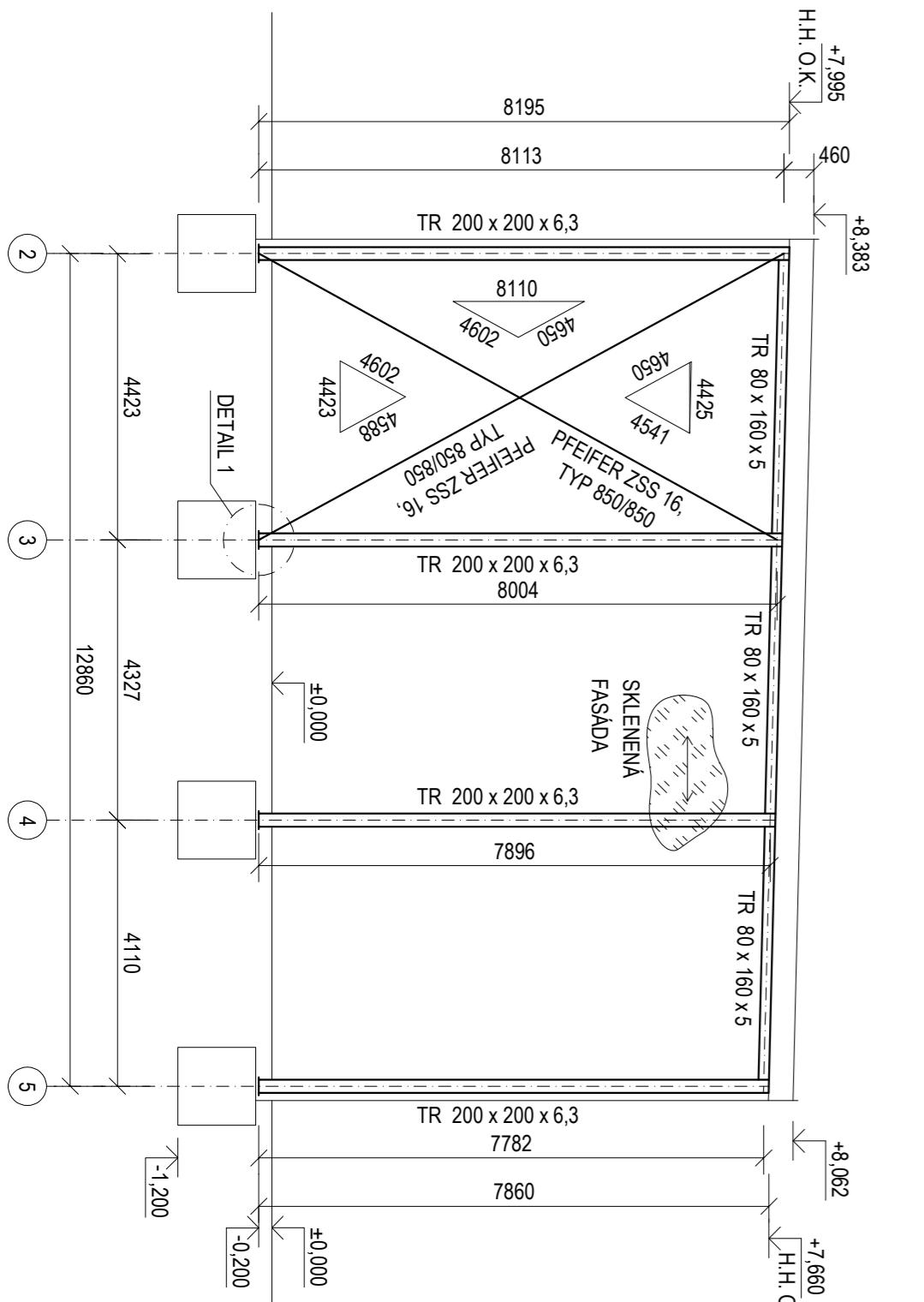
POHLAD D



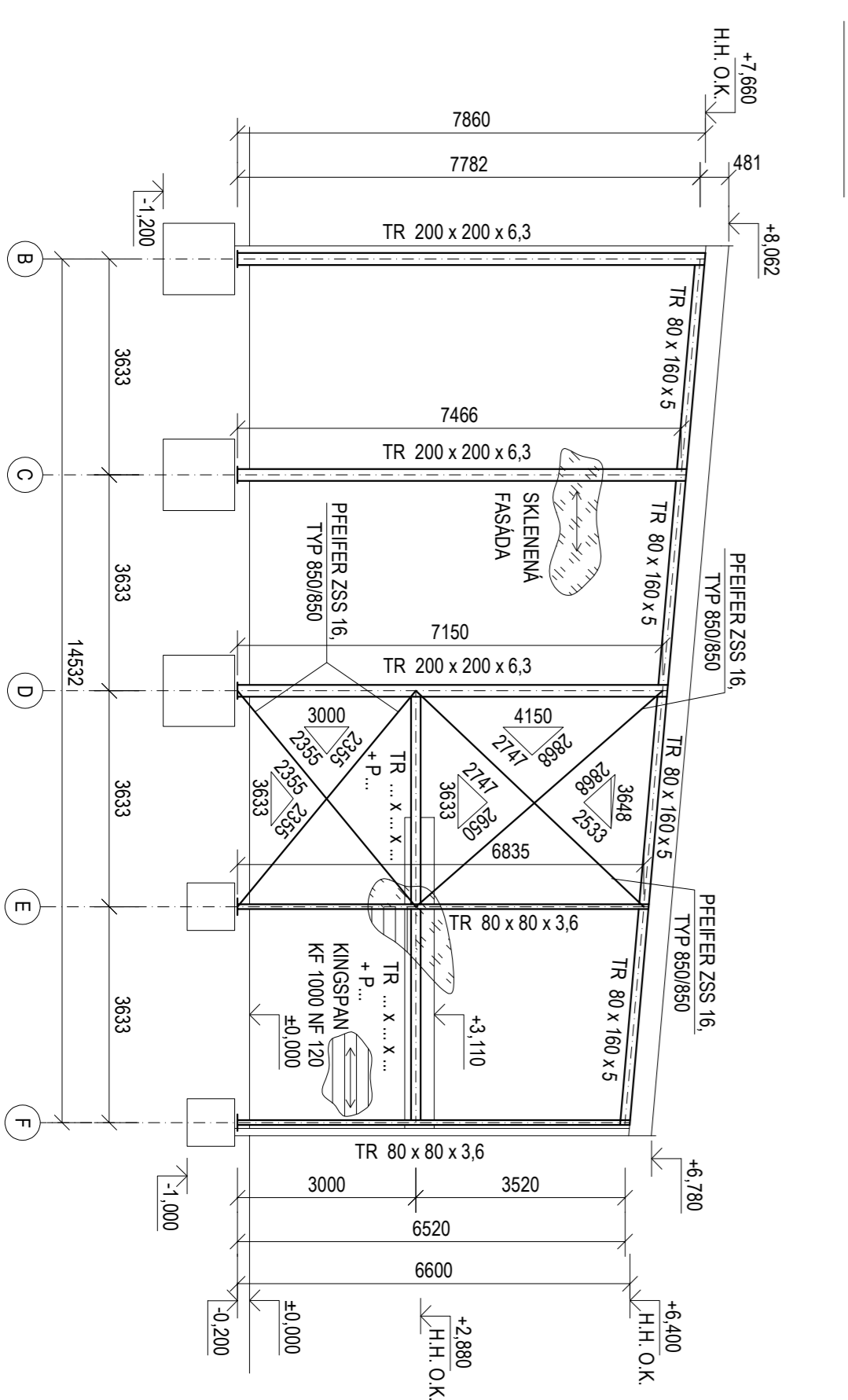
POHLAD E



POHLAD F



POHLAD G

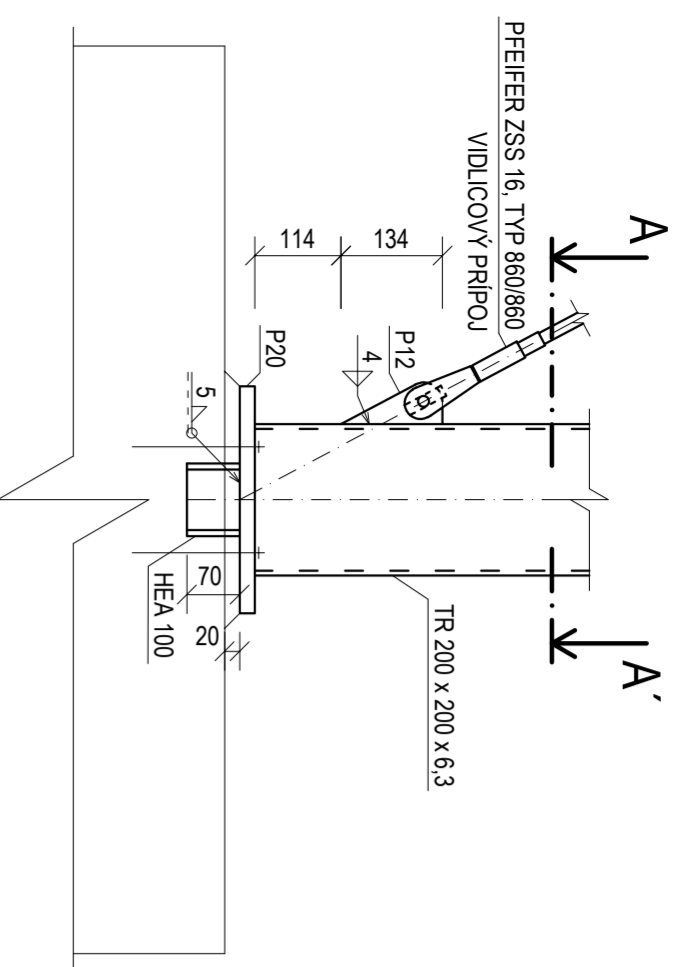


POZNÁMKY

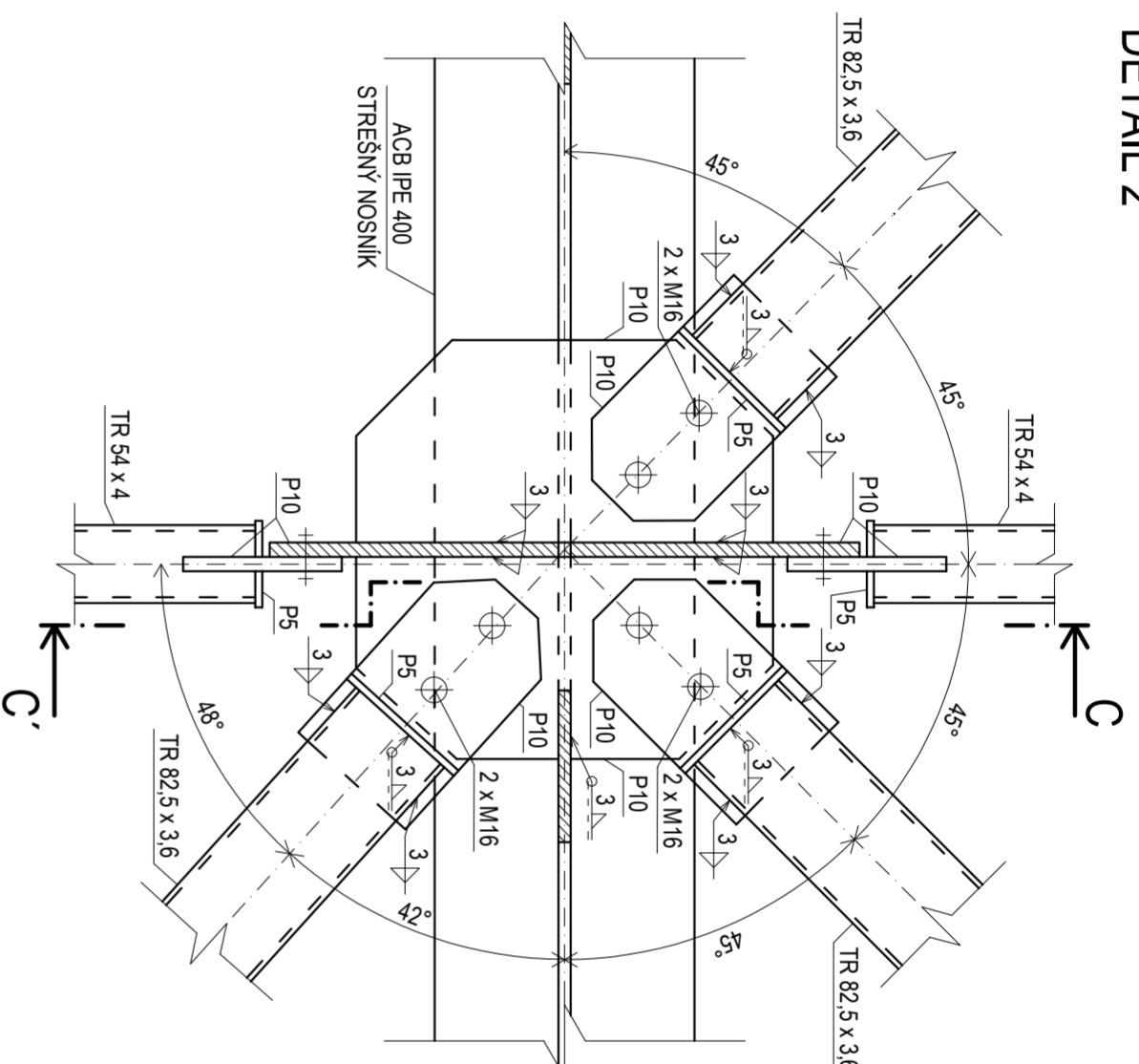
- OCEĽ: NOSNÉ KONŠTRUKČIE - S355J0
- PLECH: COMFLOR CF 210 - S280GD + Z275
- TRAPEZOVÝ PLECH: TR 60 / 235 - S320GD + Z275
- TIHLA: PEFEIER - S480N
- BETÓN: C25/30 - XC1 - C102 - D_{max} 16 - S4
- TREBDA ŽIHOVENEK: EN24
- PRÍVY BEZ ROZMEROV NEBOLI INKOROVANÉ

OBOR:	KATEDRA:	MENO ŠTUDENTA:
SI - POZEMNI STAVBY	K134 - OCEĽ, A DREV, KONSTR.	MARTIN ŠEĀIK
ROČNÍK:	VYUČUJÚCI:	prof. Ing. MICHAL JANDERA, Ph.D.
4.	AKOĀK:	
BAKALÁRSKA PRÁCA		
AUTOSALON		
FORMÁT:	8 A4	
MIERKA:	1:100	
DATA:	15.5.2024	
C. VŤKR:	1	

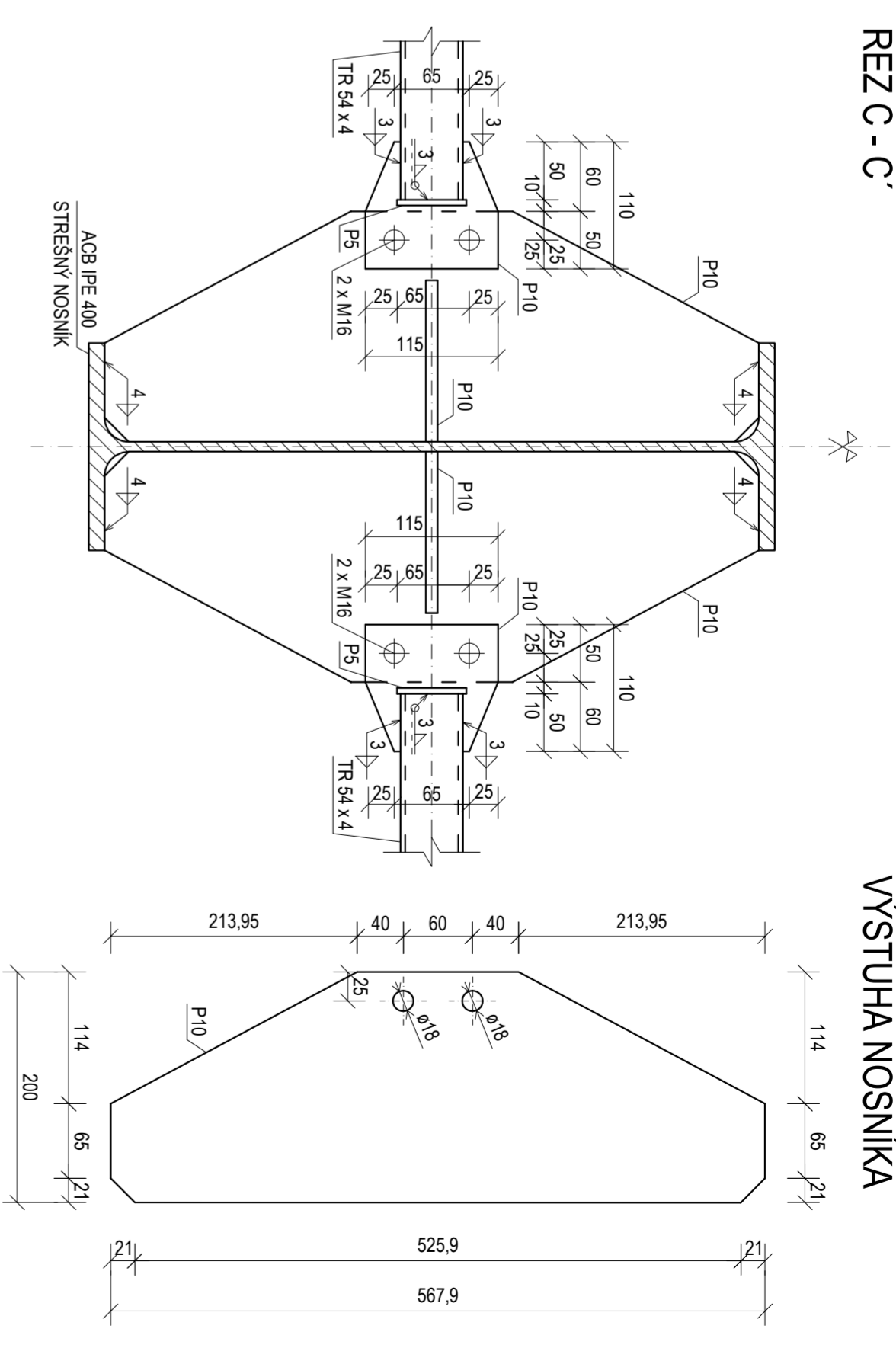
DETAIL 1 M 1:10



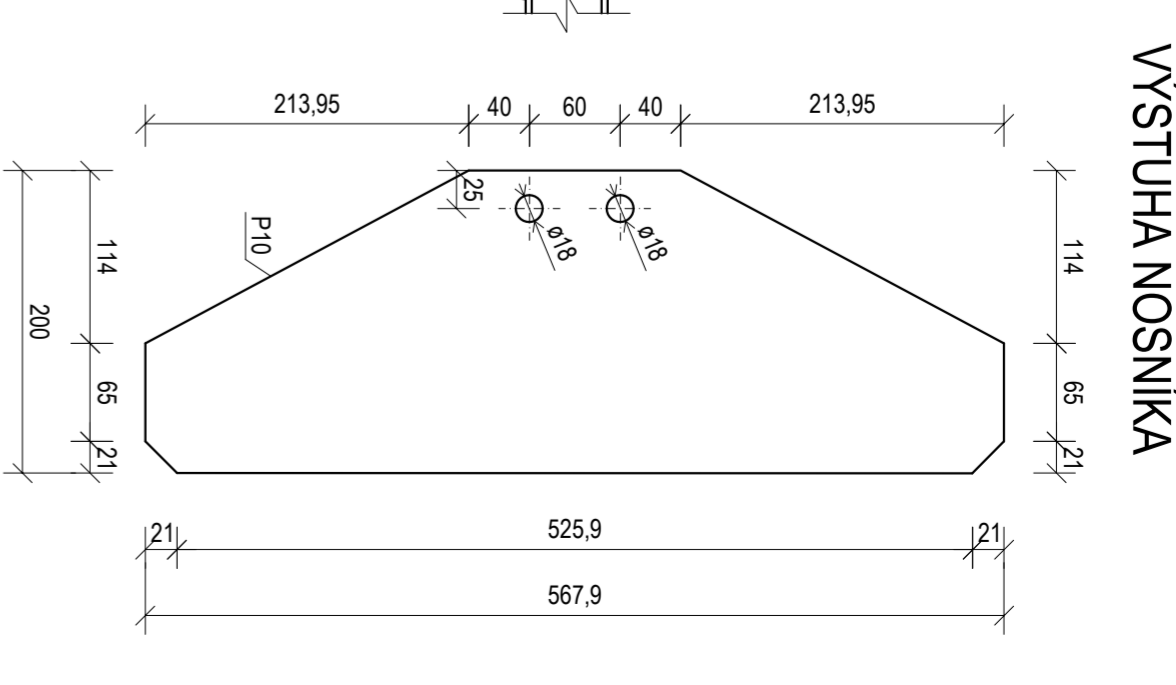
DETAIL 2



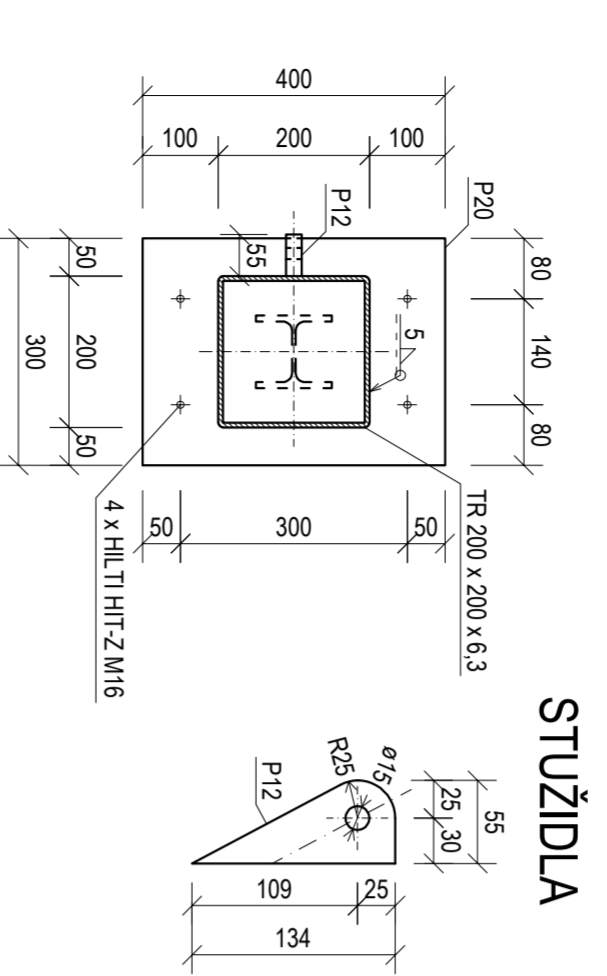
REZ C - C'



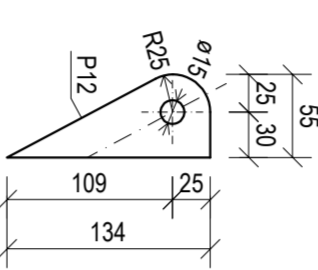
VÝSTUHA NOSNÍKA



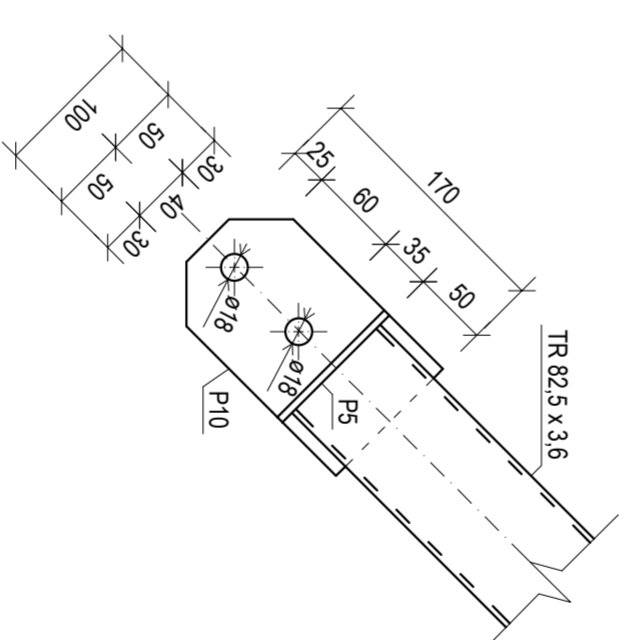
REZ A - A' M 1:10



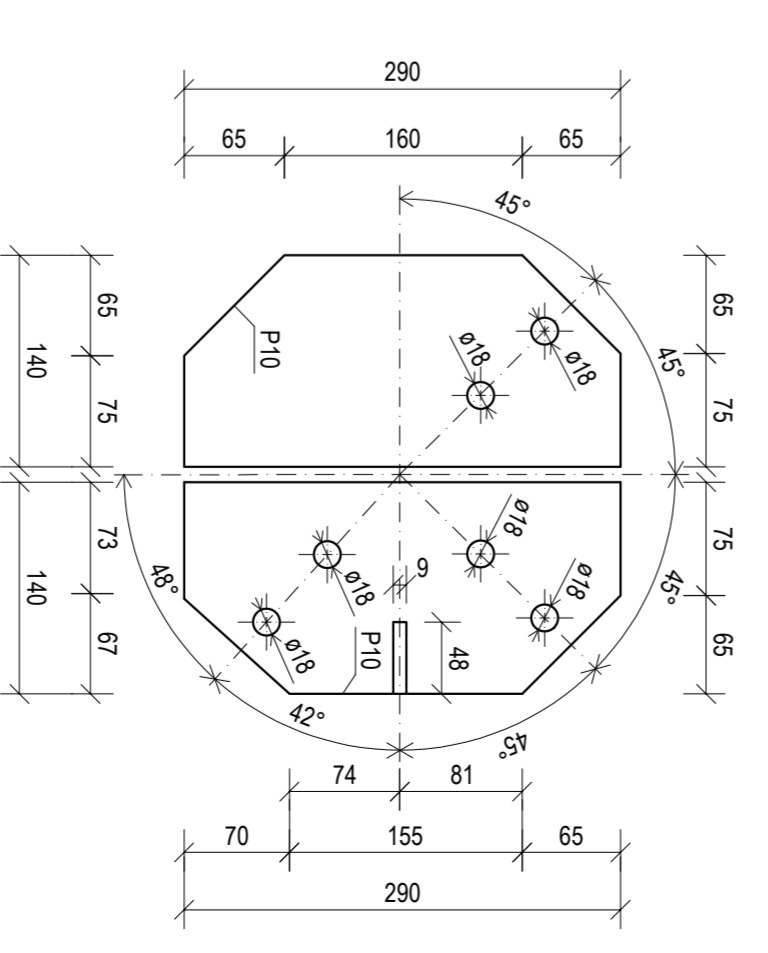
PRÍPOJNÁ DOSKA
STUŽIDLA



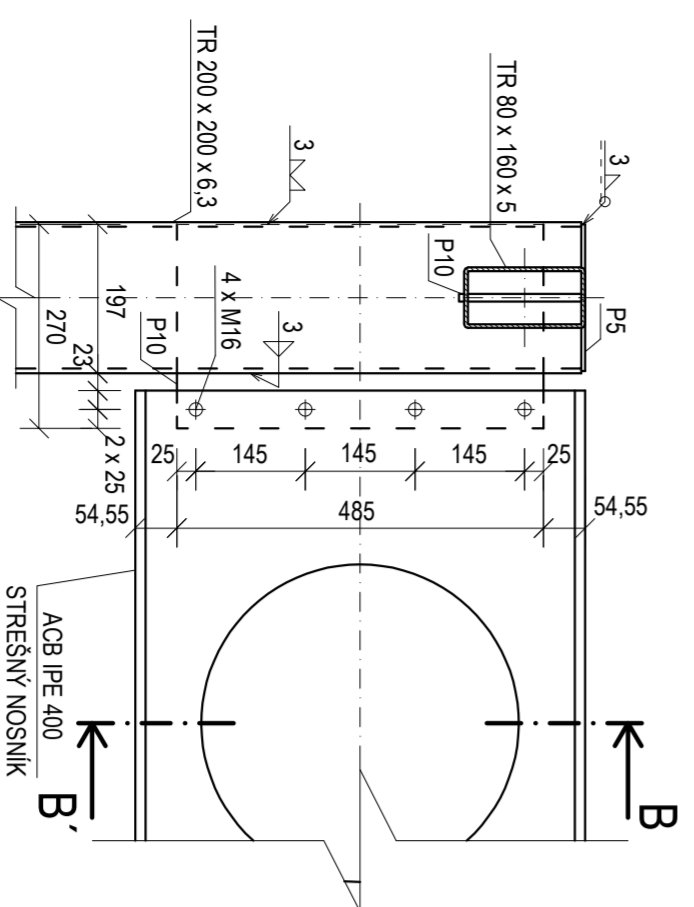
STREŠNÉ STUŽIDLO



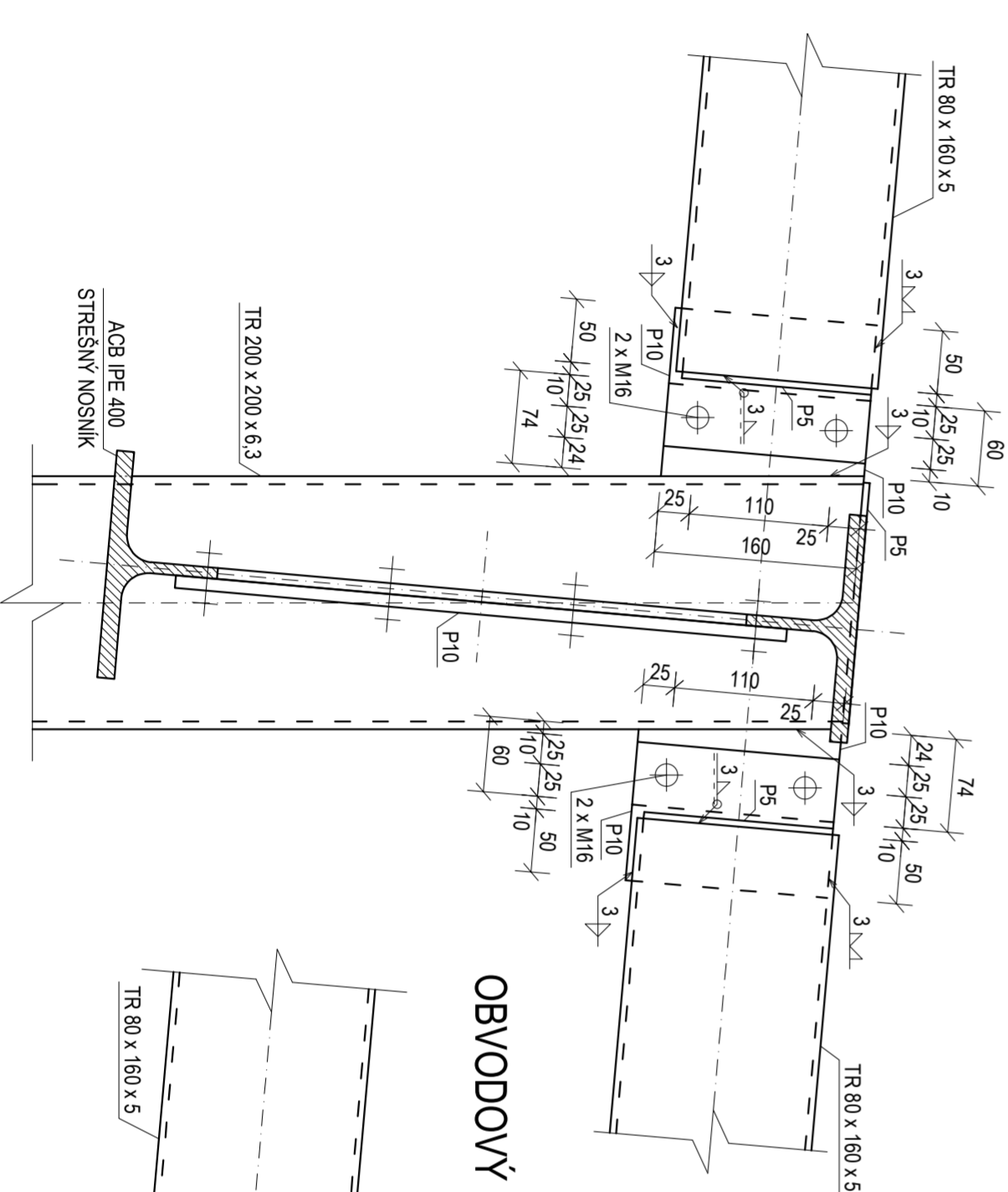
PRÍPOJNÉ DOSKY NA VÝSTUHU



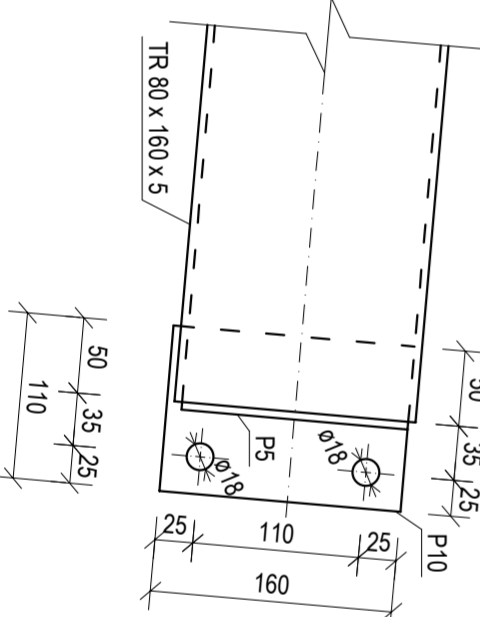
PRÍPOJ NOSNÍKOV NA STÍP
DETAIL 3 M 1:10



REZ B - B'



OBVODOVÝ NOSNÍK



POZNÁMKY

- OCEĽ: NOSNÉ KONŠTRUKCIE - S355J0
- TIAHLA - S450N
- SKRUTKY AKOTVY: TRIEDA 8.8
- BETÓN: C28/30 - XC1 - Cl.0.2 - D_{max} 32 - S4
- TRIEDA ZHOTOVENIA: EXC2

ODBOR	KATEDRA	MENO ŠTUDENTA	
SI - POZEMNÉ STAVBY	K134 - OCEĽ, A DREV. KONSTR.	MARTIN ŠERIK	
ROČNÍK	VYUČUJÚCI		
4	prof. Ing. MICHAL LANDERA, Ph.D.		
AKCIA:	BAKALÁRSKA PRÁÇA AUTOSALÓN		FORMÁT: 6 A4 MIERKA: 1:5 DATUM: 15.5.2024 Č. VÝKR.: 2
OBSAH:	VYBRANÉ DETAILS		2