



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**ZASTŘEŠENÍ VÍCEÚČELOVÉHO SPORTOVNÍHO
OBJEKTU**

THE ROOF STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE SPORT BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Patrik Andrej

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Patrik Andrej
Název	Zastřešení víceúčelového sportovního objektu
Vedoucí práce	Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN EN 1991 Zatížení staveb

ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí

Ocelové konstrukce pozemních staveb, Faltus

Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Melcher, Straka

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh a posouzení nosné ocelové obloukové konstrukce zastřešení sportovního objektu o rozpětí 50,0m, délky 60m v lokalitě Znojmo.

Vypracujte:

Technickou zprávu.

Statický výpočet základních nosných prvků.

Výkresovou dokumentaci v rozsahu dispozičních výkresů včetně výpisu materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

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

ABSTRAKT

Predmetom diplomovej práce je návrh a posúdenie nosnej ocelevej konštrukcie zastrešenia objektu, ktorý bude využívaný na rôzne športové účely v Znojme. Objekt má obdĺžnikový pôdorys o rozmeroch 50 x 60 m. Výška vo vrchole predstavuje 15 m. Hlavná nosná časť je tvorená priečnou väzbou z oblúkových priehradových väzníkov. Väzníky sú kĺbovo uložené na betónových stĺpoch. Priestorová tuhosť konštrukcie je zaistená sústavou stužidiel. Práca obsahuje statický posudok hlavných nosných prvkov vrátane príslušných spojov. Strešný a obvodový plášť tvoria sendvičové panely.

KLÍČOVÁ SLOVA

ocelová konštrukcia, oblúkový priehradový väzník, dvojkĺbový väzník, športová hala

ABSTRACT

The subject of the master thesis is the design and assessment of the supporting roof steel structure on the building, which will be used for various sports events in Znojmo. The building has a rectangular floor plan with dimensions of 50 x 60 m. The height at the top is 15 m. The trusses are articulated on concrete columns. Structure stability ensures system of bracings. The work contains a static calculation of the main load-bearing elements, including the relevant joints. The roof and cladding consist of sandwich panels.

KEYWORDS

steel structure, arched truss, two-hidged girder, sports hall

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Patrik Andrej *Zastřešení víceúčelového sportovního objektu*. Brno, 2020. 104 s., 6 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Stanislav Buchta, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Zastřešení víceúčelového sportovního objektu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Patrik Andrej
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Zastřešení víceúčelového sportovního objektu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Patrik Andrej
autor práce

Pod'akovanie

Chcel by som pod'akovať vedúcemu mojej bakalárskej práce, pánovi Ing. Janovi Barnatovi, Ph.D., za cenné rady, pripomienky a čas venovaný pri konzultáciách. V neposlednom rade ďakujem mojej rodine, priateľke a známym, ktorí ma podporovali pri písaní bakalárskej práce.

Bc. Patrik Andrej

Zoznam použitej literatúry:

Normatívne dokumenty

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení snehem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníku
- [7] ČSN EN 10027-1 Systémy označování ocelí – Část 1: Stavba značek ocelí

Literatura

- [8] Prof. Ing. Jiří Studnička, DrSc. – Ocelové konstrukce – Normy
- [9] prof. Ing. HOLICKÝ, M. DrSc., doc. Ing. MARKOVÁ, J. Ph.D., Ing. SÝKORA, M. Ph.D. Zatížení stavebních konstrukcí. Příruka k SN EN 1991, Praha: KAIT, s.r.o., 2009, p.184

Internetové stránky

- [10] <https://online.ferona.cz/>
- [11] Kingspan, Česká republika. Dostupné z: <http://www.kingspan.cz/>
- [11] Hilti, Česká republika. Dostupné z: <https://www.hilti.cz/>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZASTŘEŠENÍ VÍCEÚČELOVÉHO SPORTOVNÍHO OBJEKTU

THE ROOF STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE SPORT BUILDING

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Patrik Andrej

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2020

OBSAH

1	Obecné údaje	11
2	Normatívne dokumenty	11
3	Materiál.....	11
4	Predpoklady návrhu nosnej konštrukcie.....	11
5	Zaťaženie	12
5.1	Stále zaťaženie	12
5.2	Premenné zaťaženie	12
6	Varianty riešenia.....	12
6.1	Varianta 1.....	12
6.2	Varianta 2.....	13
7	Porovnanie variant.....	14
7.1	Normálové sily.....	14
7.1.1	Normálové sily v hornom páse.....	14
7.1.2	Normálové sily v dolnom páse	15
7.2	Deformácia.....	16
7.2.1	Deformácia dolného pásu	16
7.2.2	Deformácia väzníku.....	17
7.3	Hmotnosť	18
8	Zhodnotenie variant.....	18
9	Popis konštrukčného riešenia	19
9.1	Stĺpy	19
9.2	Priehradový väzník	19
9.3	Väznice	20
9.4	Paždíky.....	20
9.5	Priečne stužidlá	20

9.6	Pozdĺžne stužidlo	20
9.7	Opláštenie	20
9.8	Základy a kotvenie.....	20
10	Povrchová úprava konštrukcie	21
11	Montáž.....	21

1 Obecné údaje

Cieľom tejto diplomovej práce je návrh a posúdenie nosnej ocelevej konštrukcie zastrešenia objektu, ktorý bude slúžiť na rôzne športové akcie v meste Znojmo. Statická analýza priestorového modelu je vytvorená v programe Scia Enginner 19.0. Pôdorys haly obdĺžnikového tvaru má rozmery 50 x 60 m. Výška vo vrchole je 15 m. Hlavnú nosnú časť predstavuje priečna väzba pozostávajúca z oblúkových priehradových väzníkov, ktoré sú kĺbovo uložené na betónových stĺpoch.

2 Normatívne dokumenty

ČSN EN 1990, Eurokód – Zásady navrhování konstrukcí,

ČSN EN 1991, Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí,

ČSN EN 1993, Eurokód 3 – Navrhování ocelových konstrukcí,

ČSN 01 3483, Výkresy kovových konstrukcí.

3 Materiál

Celkový materiál použitý na nosnú konštrukciu vrátane všetkých spojov, plechov je ocel S235JR. Spojovací materiál jednotlivých častí je pevnostnej triedy 5.8, ak to nie je uvedené inak. Nosná konštrukcia je vyrobená z ocele tvarovanej za tepla.

4 Predpoklady návrhu nosnej konštrukcie

Statické posúdenie konštrukcie bolo spočítané podľa ČSN EN 1993. Objekt bol navrhnutý na medzný stav únosnosti na najnepriaznivejšiu kombináciu návrhových hodnôt zaťaženia s uvažovaním vplyvu straty stability. Medzný stav použiteľnosti vychádzal z najnepriaznivejšej hodnoty deformácie z charakteristických hodnôt zaťaženia.

5 Zat'azenie

Nosná oceľová konštrukcia je dimenzovaná na nasledujúce zat'azenie:

5.1 Stále zat'azenie

Vlastná tiaž konštrukcie je automaticky vygenerovaná programom Scia Engineer 19.0.

Strešný plášť: $g_k = 0,1235 \text{ kg/m}^2$

5.2 Premenné zat'azenie

Klimatické zat'azenie snehom so snehovou oblasťou I a charakteristickou hodnotou zat'azenia $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$.

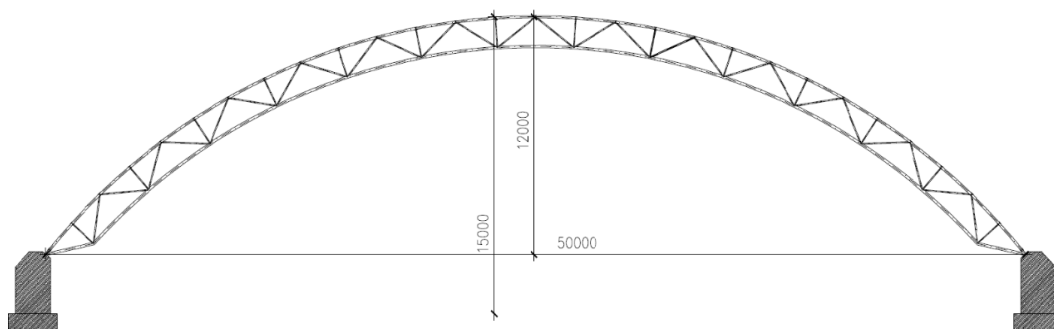
Klimatické zat'azenie vetrom s veternou oblasťou III a základnou rýchlosťou vetra $v_{b,0} = 27,5 \text{ m/s}$.

6 Varianty riešenia

Pre dané rozmery oceľovej konštrukcie sú vypracované dve varianty riešenia.

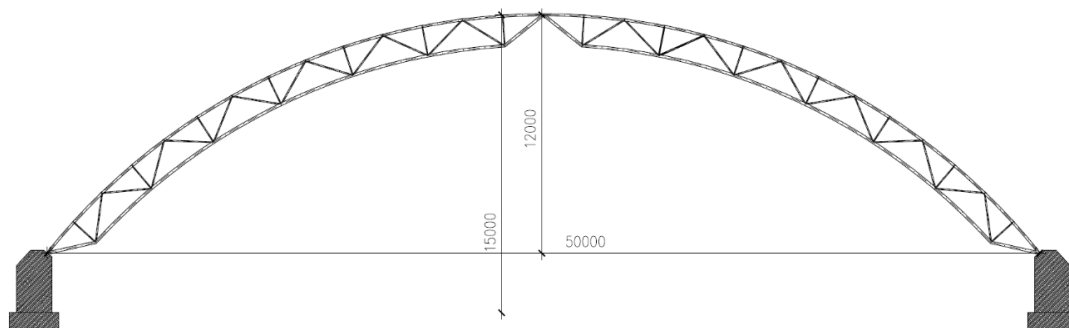
6.1 Varianta 1

Prvá varianta predstavuje dvojklbový oblúkový väzník uložený na betónových stĺpoch výšky 3,0 m s rozpätím 50,0 m a výškou vo vrchole 15,0 m. Osová vzdialenosť priečných väzieb je 6,0 m. Strešná konštrukcia je tvorená strešnými panelmi KINGSPAN KS1000 TOP-DEK uložené na prostých väzniciach. Hrúbka strešného panelu je 100 mm.



6.2 Varianta 2

Pri variante 2 sa uvažuje s rovnakými rozmermi, ale namiesto dvojklbového väzníka je navrhnutý väzník trojklbový.

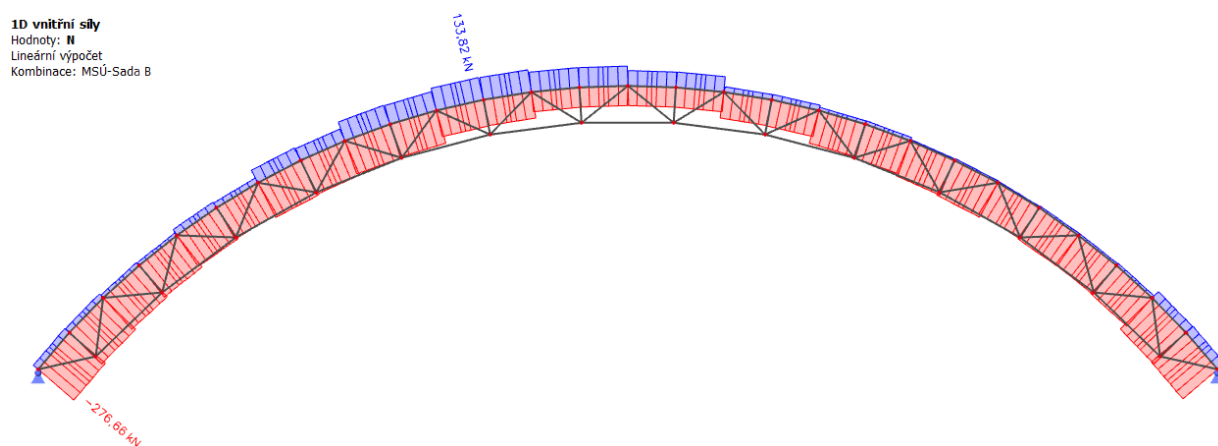


7 Porovnanie variant

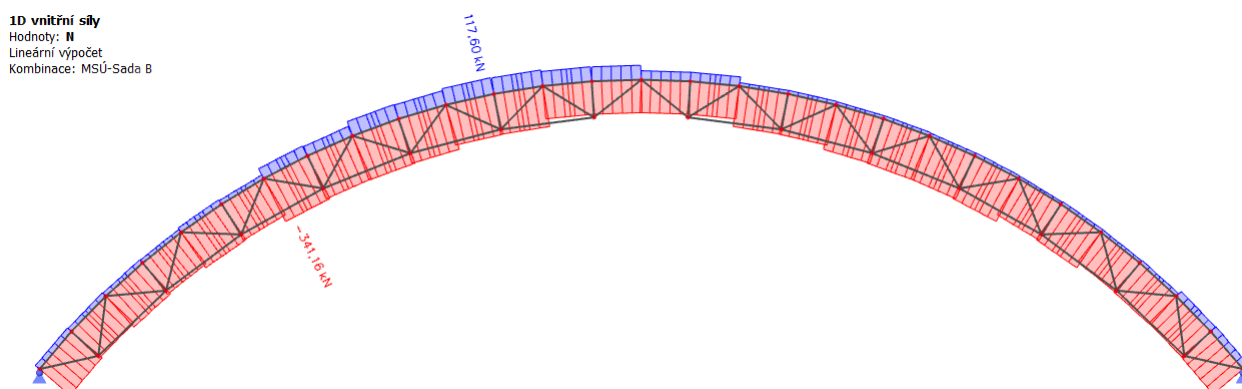
7.1 Normálové sily

7.1.1 Normálové sily v hornom páse

a) Dvojkľbový väzník



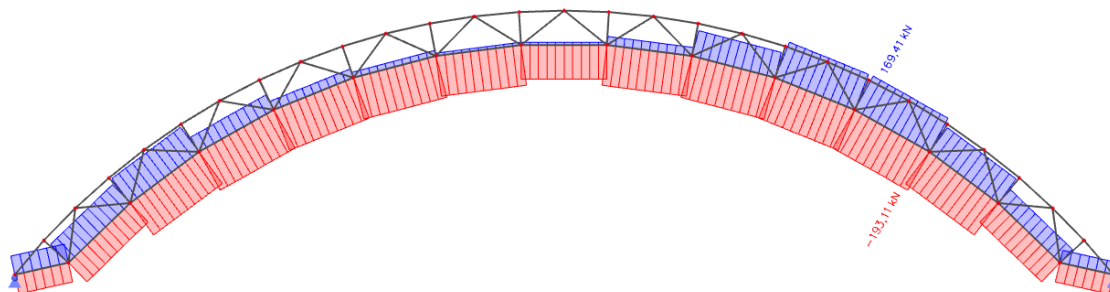
b) Trojkľbový väzník



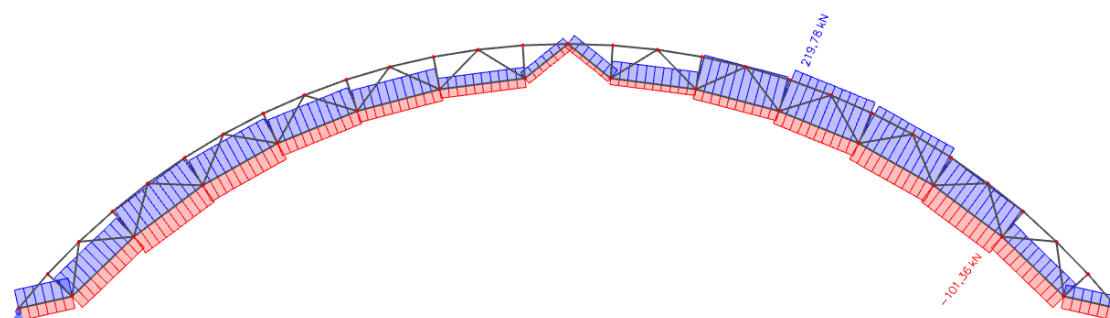
Varianta trojkľbového väzníka vykazuje vyššie hodnoty normálových síl v hornom páse.

7.1.2 Normálové sily v dolnom páse

a) Dvojkľbový väzník



b) Trojkľbový väzník

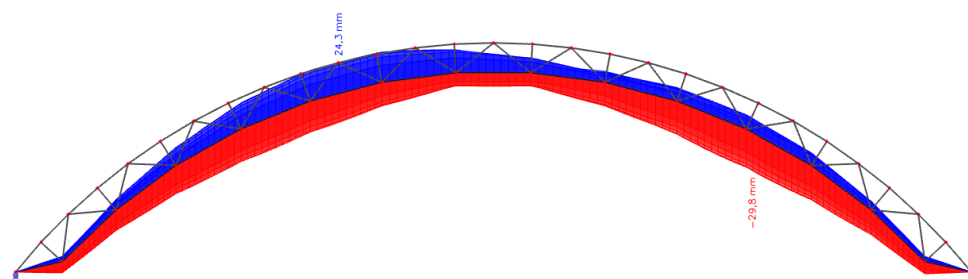


Varianta dvojkľbového väzníka vykazuje vyššie hodnoty normálových síl v dolnom páse.

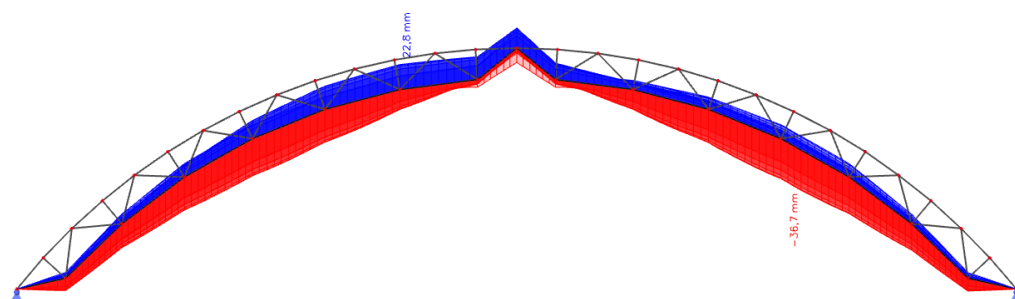
7.2 Deformácia

7.2.1 Deformácia dolného pásu

a) Dvojkľbový väzník



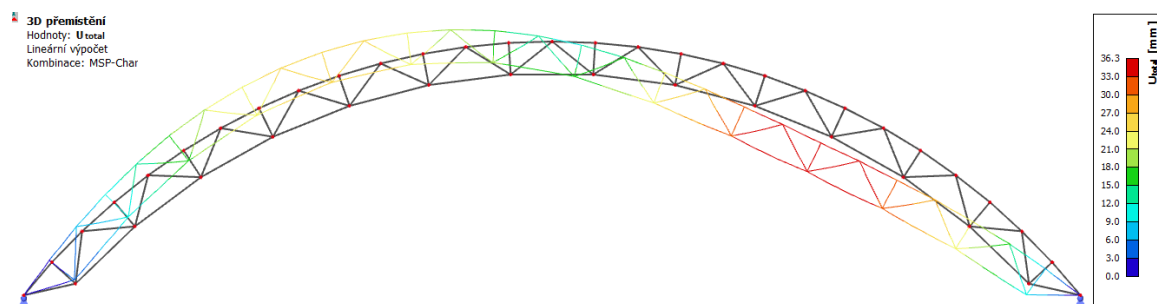
b) Trojkľbový väzník



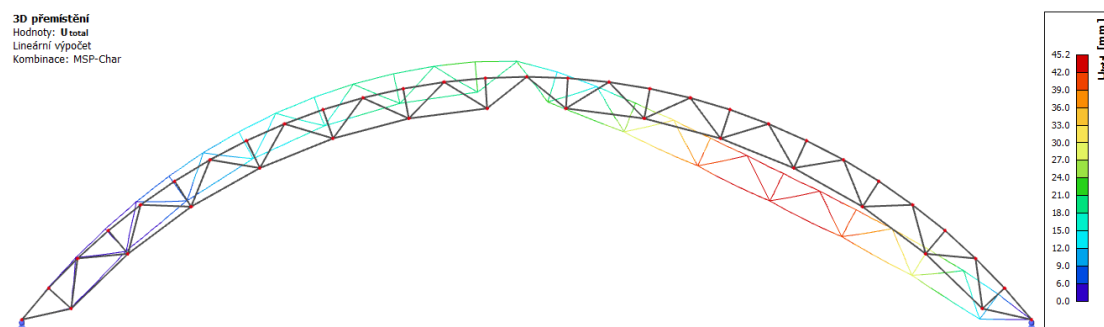
Varianta trojkľbového väzníka vykazuje väčšie deformácie dolného pásu.

7.2.2 Deformácia väzníku

a) Dvojkľbový väzník



b) Trojkľbový väzník



Varianta trojkľbového väzníka vykazuje väčšie 3D premiestnenia.

7.3 Hmotnosť

a) Dvojkľbový väzník

Materiál	Hmota [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Ocel	126836,1	2877,867	1,6157e+01
Celkem	126836,1	2877,867	1,6157e+01

b) Trojkľbový väzník

Materiál	Hmota [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Ocel	126504,6	2880,714	1,6115e+01
Celkem	126504,6	2880,714	1,6115e+01

Varianta dvojkľbového väzníka je ťažšia o 331,5 kg.

8 Zhodnotenie variant

Pri porovnávaní dvojkľbového a trojkľbového väzníka vznikli nasledujúce rozdiely, ktoré sú rozhodujúce pri výbere väzníka:

- normálové sily v hornom páse boli vyššie pri variante trojkľbového väzníka,
- varianta trojkľbového väzníka vykazuje väčšiu deformáciu.
- varianta trojkľbového väzníka je iba o niečo ľahšia, no na druhej strane je jej zhotovenie zložitejšie.

Na základe porovnávania vyššie uvedených typov väzníka som sa rozhodol pre variantu č.1 – dvojkľbový väzník.

9 Popis konštrukčného riešenia

Priečne väzby halového systému sa nachádzajú medzi modulovými osami A – J po vzdialenostiach 6 m. V pozdĺžnom smere sú spojené väznicami a sústavou stužidiel. Tuhosť konštrukcie v priečnom smere zabezpečujú betónové stĺpy na ktorých je kĺbovo uložený väzník a v pozdĺžnom smere priečne stužidlá umiestnené v krajných poliach spoločne s pozdĺžnymi stužidlami. Priečna väzba je tvorená priehradovým väzníkom s oblúkovým horným pásom a dolným pásom, vyrobené z trubkových profilov. Rozpätia väzníkov sú 50 m medzi modulovými osami 1 - 11, ktoré sú kĺbovo uložené na betónových stĺpoch. Čelné stĺpy haly sú kĺbovo uložené a sú z profilov HEB 300 a HEB 260.

9.1 Stĺpy

V konštrukcii sa nachádzajú dva druhy nosných stĺpov. Čelné stĺpy sú z profilov HEB 300 v prostrednej časti steny a HEB 260 v ustupujúcej časti. Päta stĺpu je privarená k pätnému plechu hrúbky 30 mm a ukotvená do základovej pätky lepenými kotvami HILTI Ø 24 pomocou vysoko únosnej lepiacej hmoty HIT – HY 150 MAX. Na prenos posúvajúcej sily je použitý úpalok z profilu HEA 100 o dl. 100 mm. Druhý typ stĺpov je zhotovený z betónu a jeho statický posudok nie je súčasťou tejto práce.

9.2 Priehradový väzník

Strešná nosná konštrukcia pozostáva z oblúkového priehradového väzníka s rozpätím 50 m. Väzník je tvorený kruhovými trubkami, ktoré sú v styčníkoch zvarené kútovými zvarmi. Horný pás je z profilu TO Ø 108 x 5, dolný pás Ø 168,3x 16, diagonály Ø 57 x 4,5 a zvislice Ø 48,3 x 4. Horný a dolný pás je namáhaný prevažne tlakom, prípadne ťahom, pri saní vetra. Proti vybočeniu z roviny väzníka je dolný pás zabezpečený pozdĺžnymi stužidlami. Väzník je vyrobený z piatich montážnych častí, ktoré budú spojené skrutkami u horného pasu 4 x M16 pevnostnej triedy 5.8 a u dolného pasu 4 x M16 pevnostnej triedy 5.8 a diagonály 4 x M16 pevnostnej triedy 5.8.

9.3 Vážnice

Vážnice sú navrhnuté z profilu HEA 140, ktoré sú uložené medzi hornými pásmi väzníka ako prosté nosníky s dĺžkou 6 m. Pripojenie väzníc je riešené pomocou plechu, ktorý je privarený k hornému pásu a pomocou skrutiek M16 8.8 je väznica uchytená.

9.4 Paždíky

Paždíky HEA 140 sú kĺbovo uložené v oboch smeroch pomocou plechu, ktorý je navarený na čelnom stĺpe. Paždíky sú uchytené skrutkami M16 5.8.

9.5 Priečne stužidlá

Stužidlá sú konštruované na prenos ťahovej aj tlakovej sily. Sú navrhnuté z trubkového profilu Ø 76,1 x 6,3. Stužidlá sú pripojené na väznicu cez privarený plech tl. 5 mm prostredníctvom skrutiek 2 x M16 5.8.

9.6 Pozdĺžne stužidlo

Pozdĺžne stužidlo je navrhnuté z trubkových profilov Ø 51 x 5, Ø 88,9 x 5, Ø 88,9 x 8. Dolný pás stužidla je uchytený k dolnému pásu väzníka pomocou plechu a dvoch skrutiek M16 5.8 a diagonály stužidla sú z jednej strany uchytené k väznici a z druhej k dolnému pásu väzníka.

9.7 Opláštenie

Na strešný plášť sú použité strešné izolačné panely Kingspan KS1000 TOP-DEK 100. Panely sú kladené v smere priečnej väzby a konštrukčne spojené s väznicami. Obvodový plášť je tvorený zo stenových samonosných izolačných panelov Kingspan KS1000, konštrukčne pripojených na paždíky.

9.8 Základy a kotvenie

Čelné stĺpy haly sú kĺbovo uložené do základovej pätky. Pätky sú z betonu C16/20. Kĺbové ukotvenie je prevedené pomocou dvoch kotvených skrutiek HILTI Ø 24 5.8, ktoré sú vlepené do predvŕtaných otvorov v základovej pätky pomocou vysoko únosnej lepiacej hmoty HIT – HY 150 MAX. Všetky vŕtane otvory sú zväčšené o 20 mm na každú stranu. U všetkých stĺpov je navrhnuté podliatie vysokopevnostnou cementovou

maltou Groutex tl. 40 mm. Na prenos posúvajúcej sily je navrhnutý úpalok z profilu HEA 100 dl. 100 mm.

10 Povrchová úprava konštrukcie

Všetky oceľové prvky musia byť ošetrené protikoróznym náterom Sika Poxicolor v súlade s platnou normou. Protipožiarná ochrana je riešená podľa požiadaviek požiarnej správy. Po dokončení montáže je nutné skontrolovať poškodenie náteru a následne ho opraviť.

11 Montáž

Trieda prevedenia je stanovená na EXC2. Montáž je možná z oboch koncov zároveň. Po dokončení výkopových prác a vybetónovania stĺpov, základových pätiiek sa začína montáž prvej priečnej väzby. Jednotlivé montážne časti väzníka sa spoja na pracovnej ploche pomocou čelných dosiek a väzník sa uloží na betónový stĺp v krajných poliach pomocou čapu na pätný plech. Väzník po osadení bude provizórne zavetrený. Nasleduje montáž vedľajšej priečnej väzby potom pripojenie väzníc a časti pozdĺžneho stužidla. Rovnako sa postupuje pri montáži ostatných priečných väzieb. Na záver sa ukotvia čelné stĺpy, na ktoré sa upevnia pažďíky a v hornej časti sa pripevní čelný oblúk. Na čelný oblúk bude uchytená väznica, na ktorú sa uchyť priečne stužidlo. Osadenie čelných stĺpov sa vykoná pomocou zdvíhacej techniky. Zhotovenie vrtných otvorov v základovej pätky s Ø 64 mm, vyplnenie otvoru vysoko únosnou lepiacou hmotou HIT – HY 150 MAX a vloženie kotiev HILTI Ø 24 8.8. Prebehne korekcia stĺpu s následným podliatím vysokopevnostnou cementovou maltou hrúbky 40 mm. Nakoniec bude postupne montovaný strešný a obvodový plášť.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ZASTŘEŠENÍ VÍCEÚČELOVÉHO SPORTOVNÍHO OBJEKTU

THE ROOF STRUCTURE OF A MULTIPURPOSE SPORT BUILDING

STATICKÝ VÝPOČET

STRUCTURAL ANALYSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Patrik Andrej

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. STANISLAV BUCHTA, Ph.D.

BRNO 2020

OBSAH

1	Popis konštrukcie.....	26
2	Geometria	27
3	Výpočtový model	29
4	Zaťaženie konštrukcie	30
4.1	Zaťaženie stále	30
4.1.1	ZS1 Vlastná tiaž	30
4.1.2	ZS2 Strešný plášť	30
4.1.3	ZS3 TZB	31
4.2	Zaťaženie premenné.....	31
4.2.1	ZS4 Sneh plný	31
4.2.2	ZS6 Sneh naviaty vľavo	33
4.2.3	ZS5 Sneh naviaty vpravo.....	34
4.2.4	ZS7 Sneh naviaty podľa NP	34
4.2.5	ZS6 Pozdĺžny vietor	36
4.2.6	ZS7 Priečny vietor	40
4.3	Kombinácie zaťaženia	44
5	Medzný stav únosnosti	45
5.1	Horný pás	45
5.1.1	Posudok na tlak.....	46
5.1.2	Posudok ohybového momentu	46
5.1.3	Posudok šmyku.....	46
5.1.4	Posudok rovinného vzperu	47
5.1.5	Posudok ohybu a osového tlaku	48
5.2	Dolný pás	50
5.2.1	Posudok na tlak.....	51
5.2.2	Posudok rovinného vzperu	51
5.2.3	Posudok ohybu a osového tlaku	52

5.3	Väznica	54
5.3.1	Posudok na ohyb.....	54
5.3.2	Posudok klopenia.....	55
5.3.3	Posudok ohybu a osového ťahu	56
5.4	Diagonála	57
5.4.1	Posudok rovinného vzperu	58
5.4.2	Posudok ohybu a osového tlaku	59
5.5	Čelný stĺp	61
5.5.1	Posudok na ohyb.....	62
5.5.2	Posudok na smyk.....	62
5.5.3	Posudok ohybu, osové a smykové síly	62
5.5.4	Posudok rovinného vzperu	63
5.5.5	Posudok klopenia.....	64
5.5.6	Posudok ohybu a osového tlaku	65
5.6	Strešné stužidlo	67
5.6.1	Posudok rovinného vzperu	68
5.6.2	Posudok ohybu a osového tlaku	69
5.7	Pozdĺžne stužidlo	71
5.7.1	Posudok ohybu a osového tlaku	72
5.8	Čelný oblúk.....	73
5.8.1	Posudok ohybu a osového tlaku	74
5.9	Paždík.....	75
5.9.1	Posudok na ohyb.....	76
5.9.2	Posudok ohybu a osového tlaku	76
6	Medzný stav použiteľnosti	78
6.1	Väznica	78
6.2	Väzník.....	79
6.3	Čelné stĺpy	80

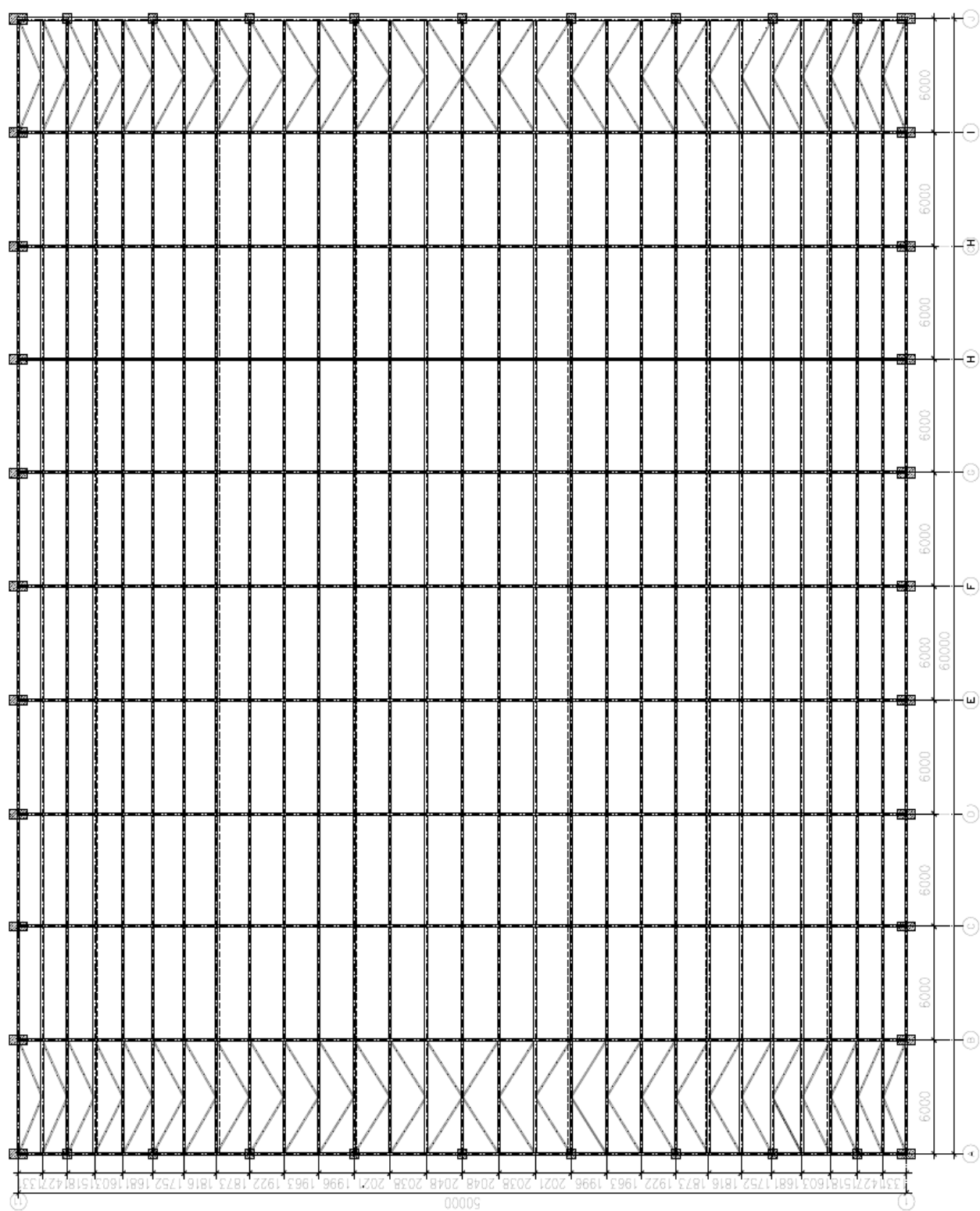
7	Detaily	82
7.1	Detail A.....	83
7.1.1	Prípoj väzníc k hornému pásu	83
7.1.2	Prípoj diagonály pozdĺžneho stužidla k väznici	85
7.2	Detail B	87
7.3	Detail E	90
7.3.1	Pripojenie diagonál a zvislice k dolnému pásu.....	90
7.3.2	Montážny spoj horného pásu	93
7.3.3	Montážny spoj dolného pásu	94
7.4	Detail D.....	96
7.4.1	Čapový spoj horného a dolného pásu k stĺpu	96
8	Kotvenie stĺpu.....	99
8.1	Kotvenie K1	99
8.2	Návrhová únosnosť pätky stĺpu	100
8.3	Posúdenie kotevných skrutiek	101
	ZOZNAM OBRÁZKOV	102
	ZOZNAM TABULIEK	104

1 Popis konštrukcie

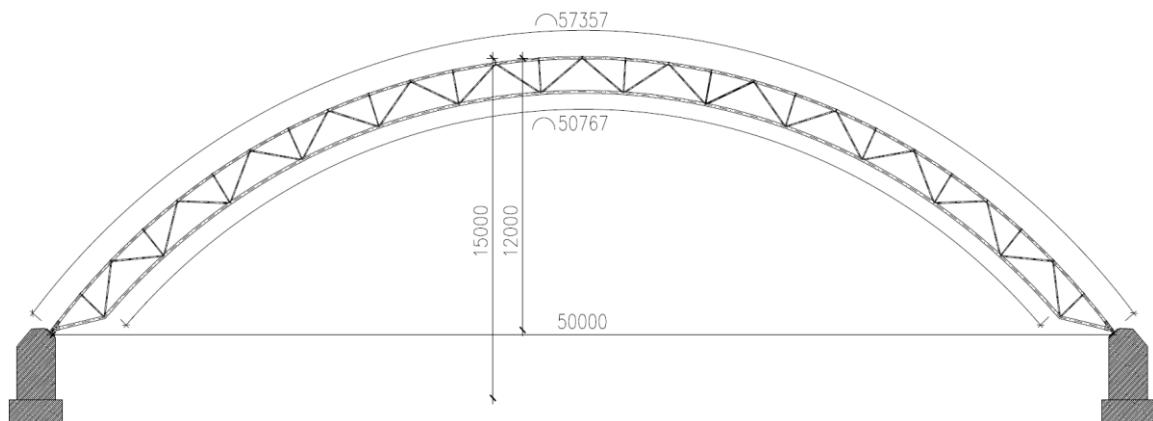
Práca sa zaoberá návrhom a posúdením nosnej ocelevej konštrukcie aquaparku v lokalite mesta Znojmo. Základné pôdorysné rozmery objektu sú 50x60 m. Priečne väzby sú po vzdialenostiach 6 m, ktoré sú spojené v pozdĺžnom smere väznicami a stužidlami. Priestorová tuhosť konštrukcie je zaistená priečnymi a pozdĺžnymi stužidlami.

Priečna väzba je tvorená priehradovým väzníkom s oblúkovým horným a dolným pásom. Rozpätia väzníkov je 50 m, ktoré sú kĺbovo uložené na betonových stĺpoch. Plnostenné čelné stĺpy sú taktiež kĺbovo uložené v priečnom aj pozdĺžnom smere. Opláštenie strechy a stien je zhotovená pomocou sendvičových panelov od spoločnosti Kingspan. Pri návrhu sa vychádza z platných noriem ČSN.

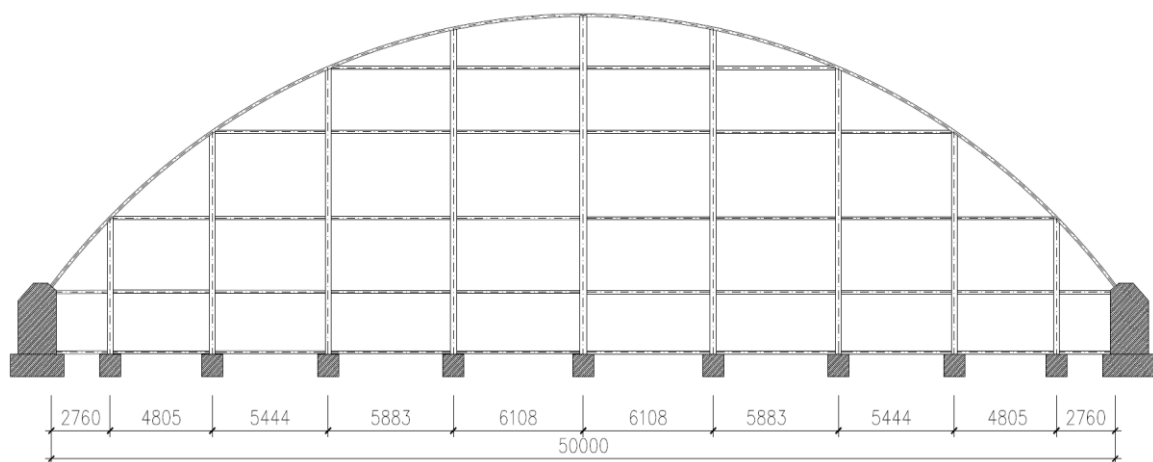
2 Geometria



Obr. 1: Schematický pôdorys



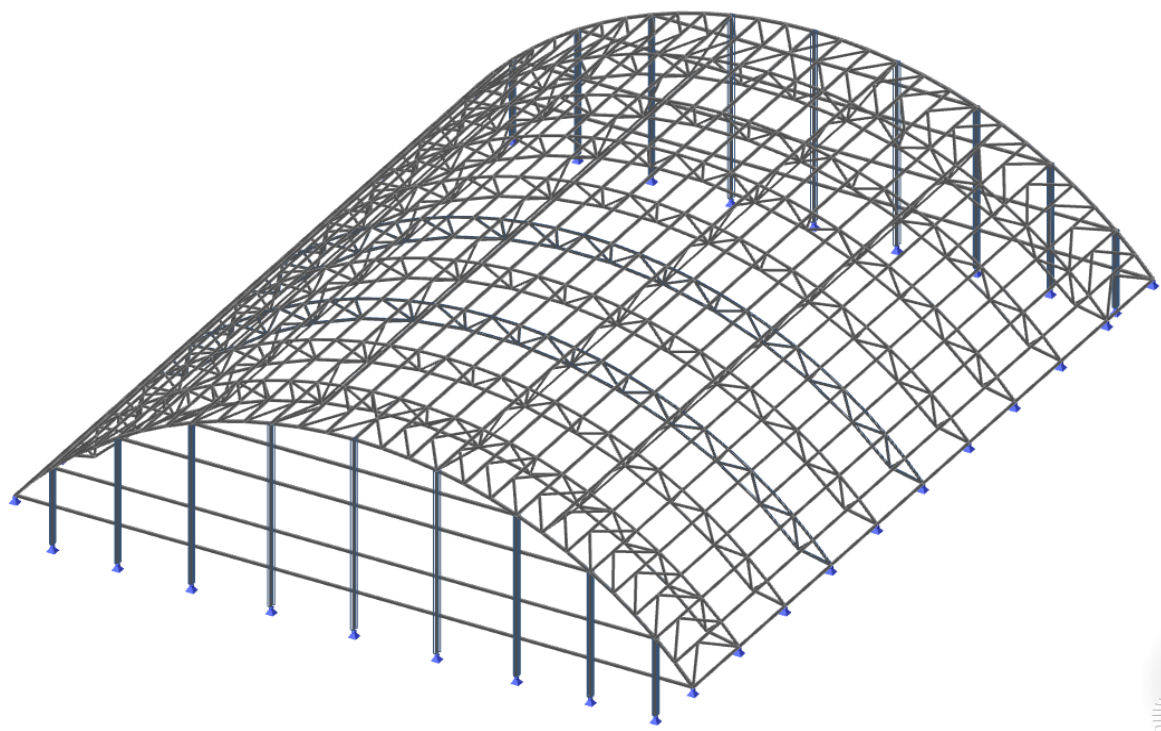
Obr. 2: Schematický priečny rez



Obr. 3: Schematická čelná stena

3 Výpočtový model

Prutový model priestorovej konštrukcie bol vytvorený v programe Scia. Model je riešený na základe konečných prvkov. Čelné stĺpy haly sú uložené na klbových podporách. Vážnik je taktiež uložený klbovo na betonových stĺpoch. Všetky ostatné prvky väznice, paždíky, ztužidlá sú pripojené klbovo.



Obr. 4: Axonometria

4 Zat'azenie konštrukcie

Zat'azenie bolo spočítane podľa normy ČSN EN 1991 – Eurokód 1 a celkovo pozostáva z 9 zat'azovacích stavov.

ZS1 – vlastná tiaž

ZS2 – strešný plášť

ZS3 – TZB

ZS4 – sneh plný

ZS5 – sneh naviaty vpravo

ZS6 – sneh naviaty vľavo

ZS7 – sneh naviaty NP

ZS8 – priečny vietor

ZS9 – pozdĺžny vietor

4.1 Zat'azenie stále

4.1.1 ZS1 Vlastná tiaž

Vlastná váha konštrukcie bola automaticky vygenerovaná v programe Scia.

4.1.2 ZS2 Strešný plášť

Strešný plášť tvoria izolačné panely Kingspan KS1000 TOP-DEK. Hrúbka panelu je 100 mm a hmotnosť $12,35 \text{ kgm}^{-2}$.

Zat'azenie na 1 m^2 :

$$g_{k,s} = 0,1235 \text{ kN/m}^2$$

4.1.3 ZS3 TZB

Hodnota zaťaženia od vplyvu TZB bola stanovená odhadom na 1 m^2 . Bodová sila pôsobí na spodnom páse v styčníkoch.

Zaťaženie na 1 m^2 :

$$g_{k,TZB} = 1 \text{ kN/m}^2$$

4.2 Zaťaženie premenné

4.2.1 ZS4 Sneh plný

Snehová oblasť I

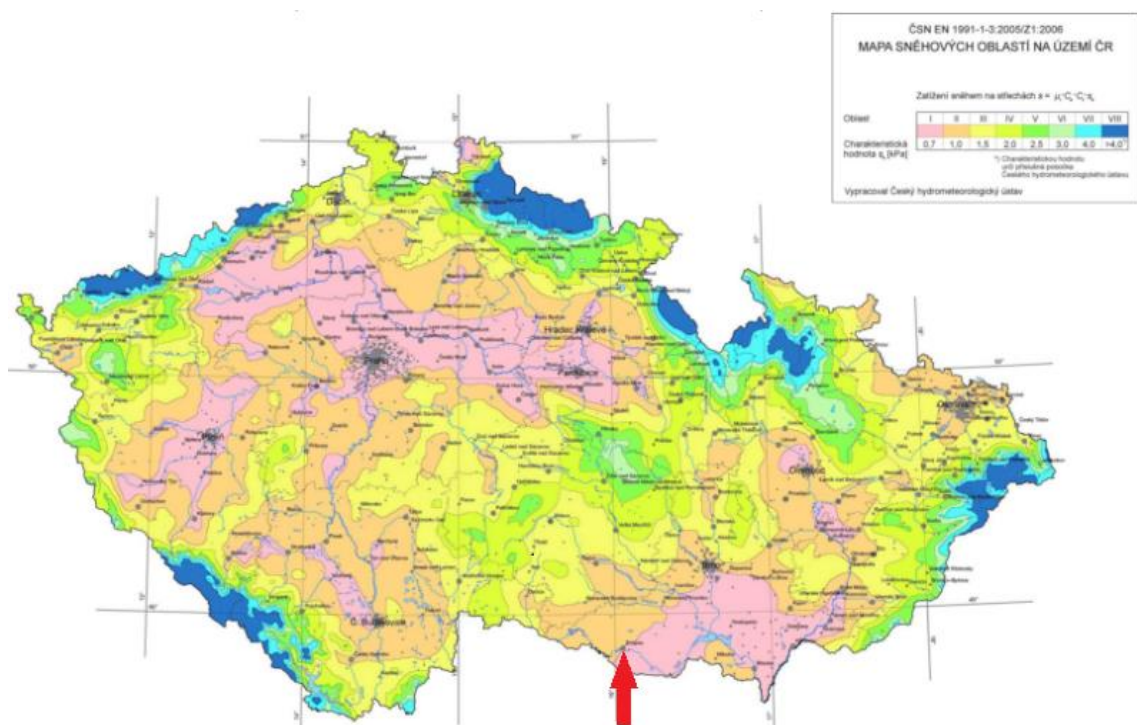
Charakteristická hodnota $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Súčiniteľ expozície $C_e = 0,8$

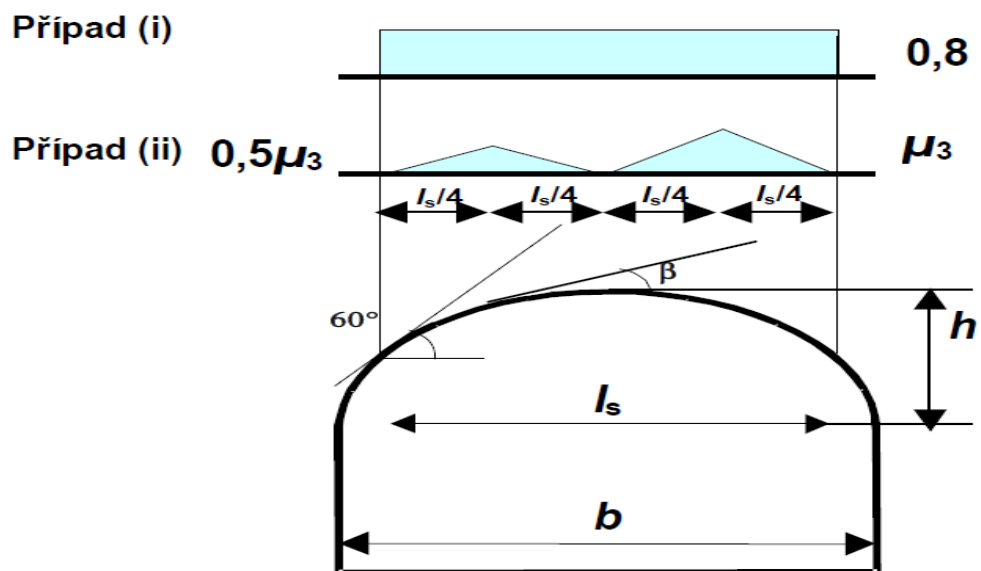
Teplotný súčiniteľ $C_t = 1,0$

Tvarový súčiniteľ $\mu_1 = 0,8$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \frac{3}{24} = 1,45$$



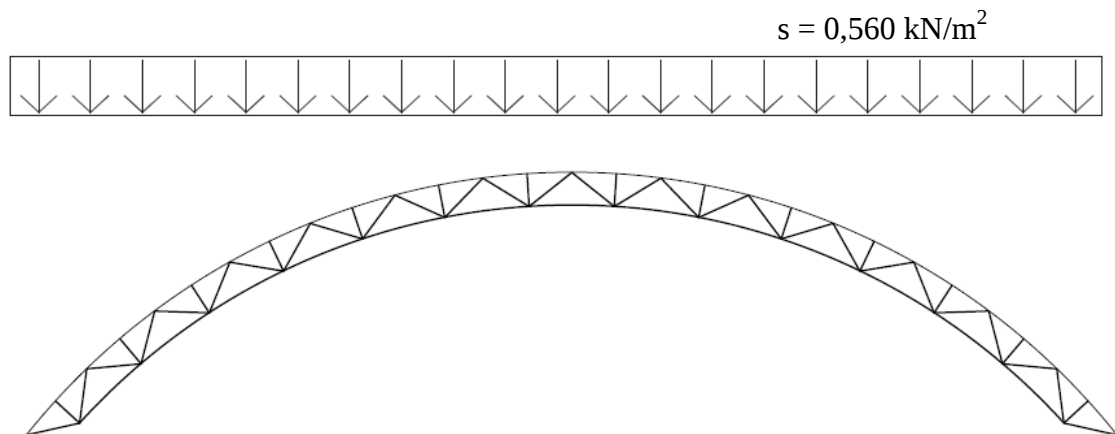
Obr. 5: Mapa sněhových oblastí ČR s vyznačením výstavby



Obr. 6: Tvarové součinitele zatížení sněhem

Výpočet plného snehu:

$$S_1 = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 = 0,560 \text{ kN/m}^2$$



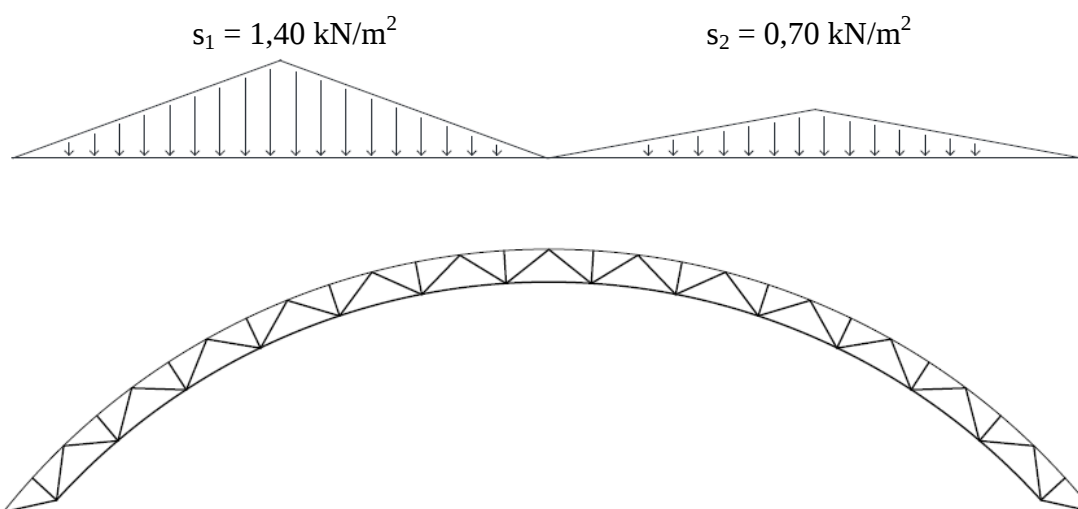
Obr. 7: Roznos plného snehu na väznice

4.2.2 ZS6 Sneh naviaty vľavo

Výpočet naviateho snehu:

$$h/b = 12/50 = 0,24 > 0,18 \Rightarrow \mu_3 = 2,0$$

$$S_2 = \mu_3 \times C_e \times C_t \times s_k = 2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$



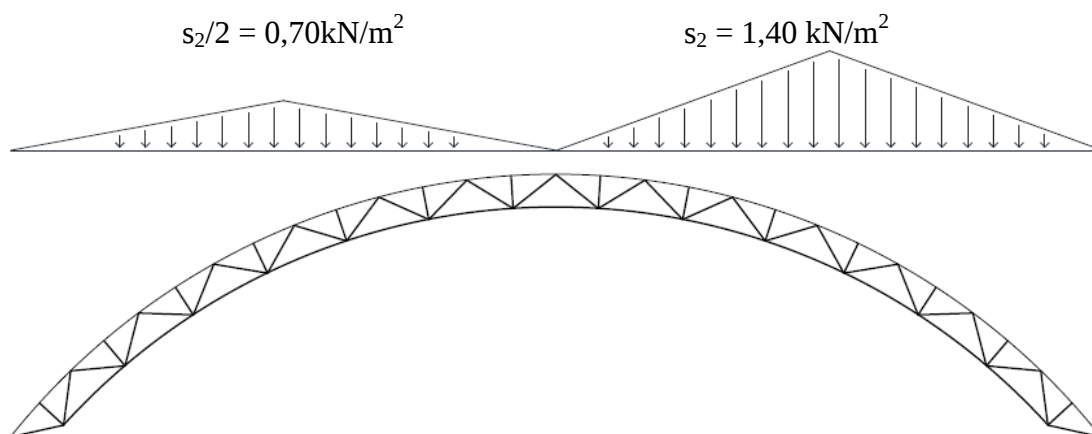
Obr. 8: Roznos snehu naviateho vľavo

4.2.3 ZS5 Sneh naviaty vpravo

Výpočet naviateho snehu:

$$h/b = 12/50 = 0,24 > 0,18 \Rightarrow \mu_3 = 2,0$$

$$S_2 = \mu_3 \times C_e \times C_t \times s_k = 2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$



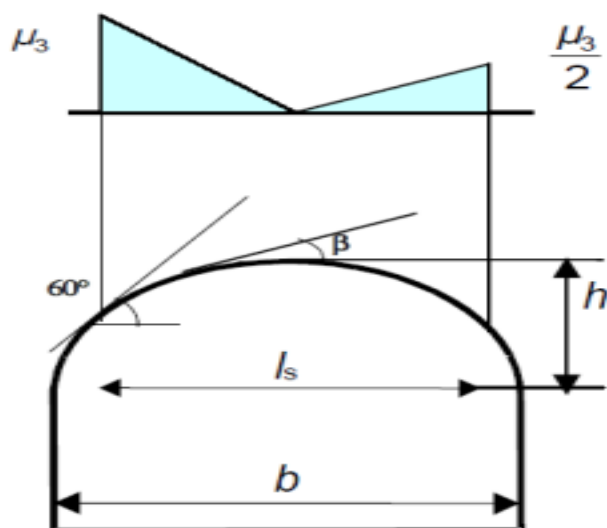
Obr. 9: Roznos snehu naviateho vpravo

4.2.4 ZS7 Sneh naviaty podľa NP

Výpočet naviateho snehu:

$$h/b = 12/50 = 0,24 > 0,20 \Rightarrow \mu_3 = 2,0$$

$$S_3 = \mu_3 \times C_e \times C_t \times s_k = 2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$



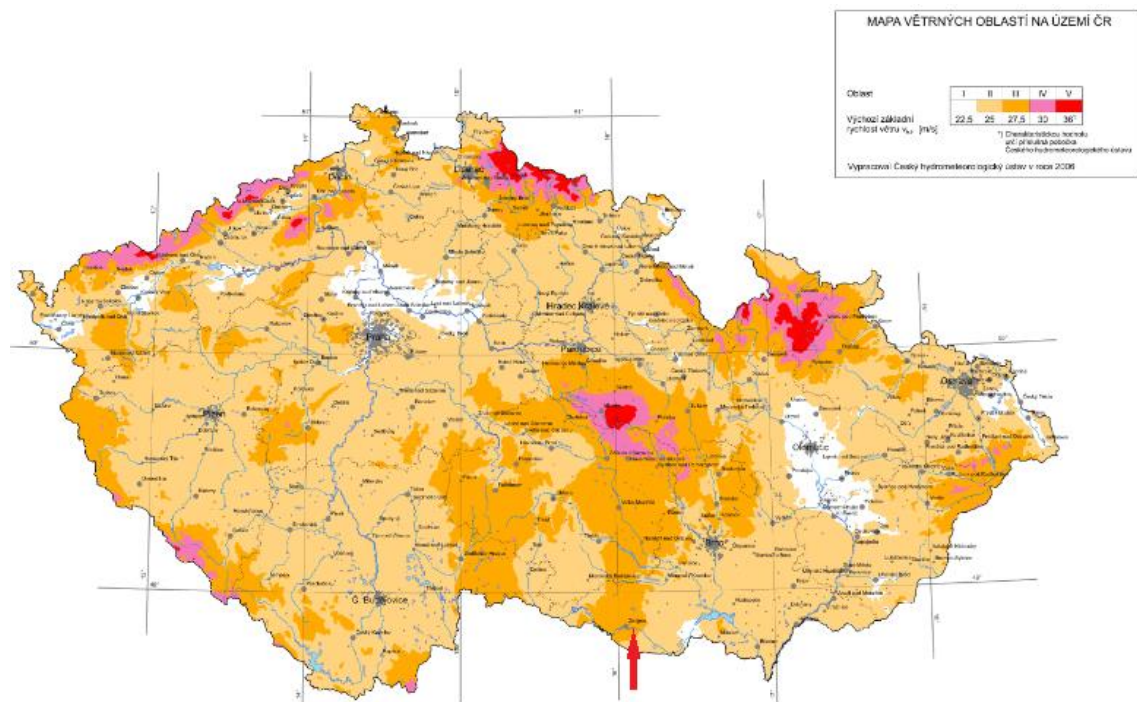
Obr. 10: Tvarové súčinitele zaťaženia snehom

Vážnice	ZŠ[m]	n3	S ₁ [kN/m]	S ₂ [kN/m]	n3	S ₃ [kN/m]
1	0,666	0,050	0,373	0,023	2,000	0,932
2	1,380	0,107	0,773	0,103	1,893	1,828
3	1,474	0,221	0,825	0,228	1,779	1,835
4	1,561	0,342	0,874	0,374	1,657	1,811
5	1,643	0,471	0,920	0,542	1,529	1,758
6	1,717	0,605	0,962	0,727	1,394	1,676
7	1,785	0,745	1,000	0,931	1,254	1,567
8	1,846	0,891	1,033	1,151	1,109	1,433
9	1,898	0,959	1,063	1,274	0,959	1,274
10	1,943	0,806	1,088	1,096	0,806	1,096
11	1,981	0,648	1,109	0,898	0,648	0,898
12	2,010	0,489	1,125	0,688	0,489	0,688
13	2,030	0,327	1,137	0,465	0,327	0,465
14	2,043	0,164	1,144	0,235	0,164	0,235
15	2,047	0,050	1,146	0,072	0,050	0,072
16	2,043	0,328	1,144	0,469	0,082	0,117
17	2,030	0,654	1,137	0,929	0,164	0,232
18	2,010	0,977	1,126	1,375	0,245	0,344
19	1,981	1,297	1,109	1,799	0,324	0,449
20	1,943	1,611	1,088	2,191	0,403	0,548
21	1,898	1,919	1,063	2,550	0,480	0,637
22	1,846	1,782	1,034	2,303	0,555	0,717
23	1,785	1,491	1,000	1,863	0,627	0,783
24	1,717	1,210	0,962	1,454	0,697	0,838
25	1,643	0,941	0,920	1,082	0,765	0,879
26	1,561	0,685	0,874	0,748	0,829	0,905
27	1,474	0,442	0,825	0,456	0,890	0,918
28	1,380	0,213	0,773	0,206	0,947	0,914
29	0,666	0,050	0,373	0,023	1,000	0,466

Tab. 1: Hodnoty súčiniteľov a výsledných zaťažení na jednotlivé vážnice

4.2.5 ZS6 Pozdĺžny vietor

Veterná oblasť III



Obr. 11: Mapa veterných oblastí ČR s vyznačením výstavby

Základná rýchlosť vetra podľa oblasti: $v_{b,0} = 27,5$ m/s

Súčiniteľ smeru vetra: $c_{dir} = 1,0$

Súčiniteľ ročného obdobia: $c_{season} = 1,0$

Základná rýchlosť vetra:

$$V_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$$

Parameter drsnosti terénu: $z_0 = 0,3$

Minimálna výška: $z_{min} = 5$ m

Maximálna výška: $z_{max} = 200$ m

Súčiniteľ orografie $c_{o(z)} = 1,0$

$$\text{Drsnosť terénu : } c_{r(z)} = k_r \times \ln\left(\frac{\max(z_e; z_{min})}{z_0}\right) = 0,215 \times \ln\left(\frac{15}{0,3}\right) = 0,841$$

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

Stredná rýchlosť vetra:

$$V_{m(z)} = c_{r(z)} \times c_{o(z)} \times v_{b,0} = 0,841 \times 1,0 \times 27,5 = 23,13 \text{ m/s}$$

Turbulencia vetra:

$$I_{v(z)} = \frac{k_1}{c_{o(z)} \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1 \times \ln\frac{15}{0,3}} = 0,256$$

Súčiniteľ expozície:

$$c_{e(z_0)} = [1 + 7 \times I_{v(z)}] \times c_{r(z)}^2 \times c_{o(z)}^2 = [1 + 7 \times 0,256] \times 0,841^2 \times 1,0^2 = 1,973$$

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \times I_{v(z)}] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_{m(z)}^2 = [1 + 7 \times 0,256] \times 0,5 \times 1,25 \times 23,13^2 = 0,934 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie na čelné steny

$$b = 50 \text{ m}$$

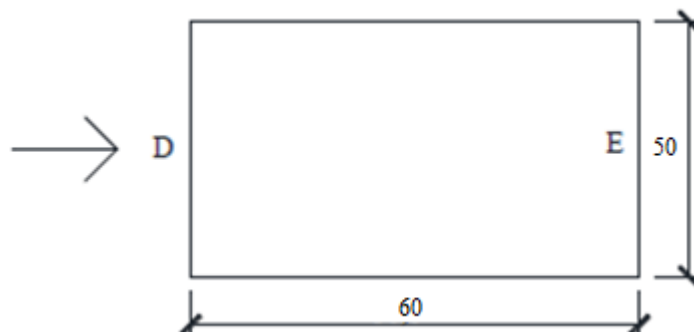
$$d = 60 \text{ m}$$

$$h = 15 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(50; 2 \times 15) = 30 \text{ m}$$

$$e < d = 30 \text{ m} < 60 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{15}{60} = 0,25$$



Obr. 12: Zaťaženie od pozdĺžneho vetra na čelné steny

Tlak vetra:

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

$$w_{e,D} = 0,934 \times 0,8 = -0,747 \text{ kPa}$$

$$w_{e,E} = 0,934 \times (-0,5) = -0,467 \text{ kPa}$$

Prut	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D
ZŠ	3,000	3,420	3,320	2,580	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
We [kN/m ²]	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747
Wep [kN/m]	2,241	2,555	2,480	1,927	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747	0,747

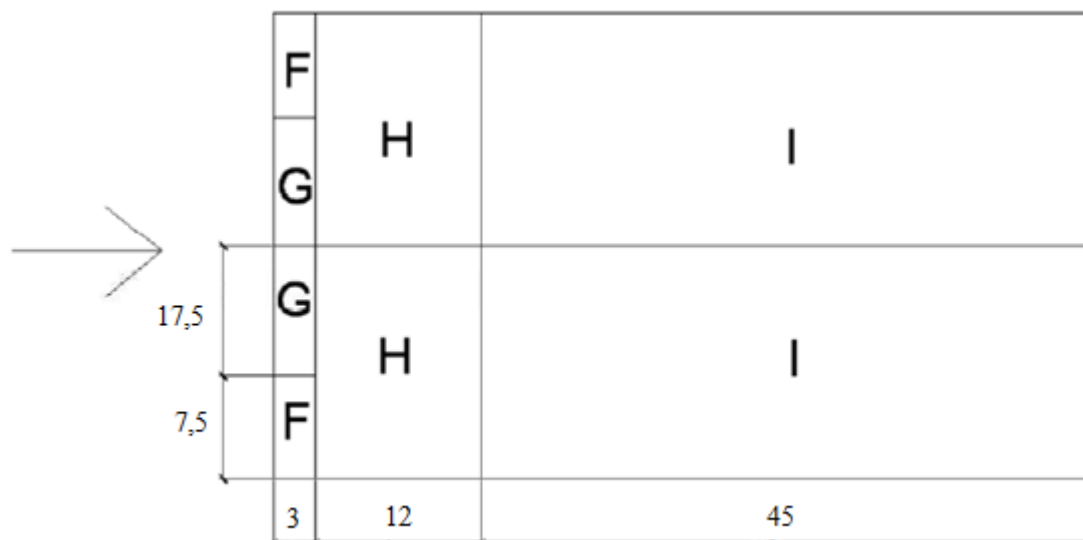
Prut	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	8E	9E	10E
ZŠ	3,000	3,420	3,320	2,580	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
We [kN/m ²]	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467
Wep [kN/m]	-1,401	-1,597	-1,550	-1,205	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467	-0,467

Tab. 2: Zaťaženie od pozdĺžneho vetra na pažďiky čelnej a pozdĺžnej steny

Zaťaženie na strechu

$$b = 50 \text{ m} \quad d = 60 \text{ m} \quad h = 15 \text{ m}$$

$$e = \min (b; 2h) = \min (50; 2 \times 15) = 30 \text{ m}$$



Obr. 13: Zaťaženie od pozdĺžneho vetra na strechu

Tlak vetra:

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

$$w_{e, F} = 0,934 \times (-1,1) = - 1,03 \text{ kPa}$$

$$w_{e, G} = 0,934 \times (-1,4) = - 1,31 \text{ kPa}$$

$$w_{e, H} = 0,934 \times (-0,8) = - 0,75 \text{ kPa}$$

$$w_{e, I} = 0,934 \times (-0,5) = - 0,47 \text{ kPa}$$

		F	G	H	I
Väznice	ZŠ	-1,027	-1,308	-0,747	-0,467
1	1,024	-1,05		-0,76	-0,48
2	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
3	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
4	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
5	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
6	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
7	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
8	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
9	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
10	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
11	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
12	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
13	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
14	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
15	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
16	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
17	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
18	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
19	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
20	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
21	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
22	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
23	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
24	2,048		-2,68	-1,53	-0,96
25	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
26	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
27	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
28	2,048	-2,10		-1,53	-0,96
29	1,024	-1,05		-0,76	-0,48

Tab. 3: Zaťaženie väzníc od pozdĺžneho vetra

4.2.6 ZS7 Priechny vietor

Zat'azenie na stenu

$$b = 60 \text{ m} \quad d = 50 \text{ m} \quad h = 15 \text{ m}$$

$$e = \min (b; 2h) = \min (60; 2 \times 15) = 30 \text{ m} \quad e < d = 30 \text{ m} < 50 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{15}{50} = 0,3$$

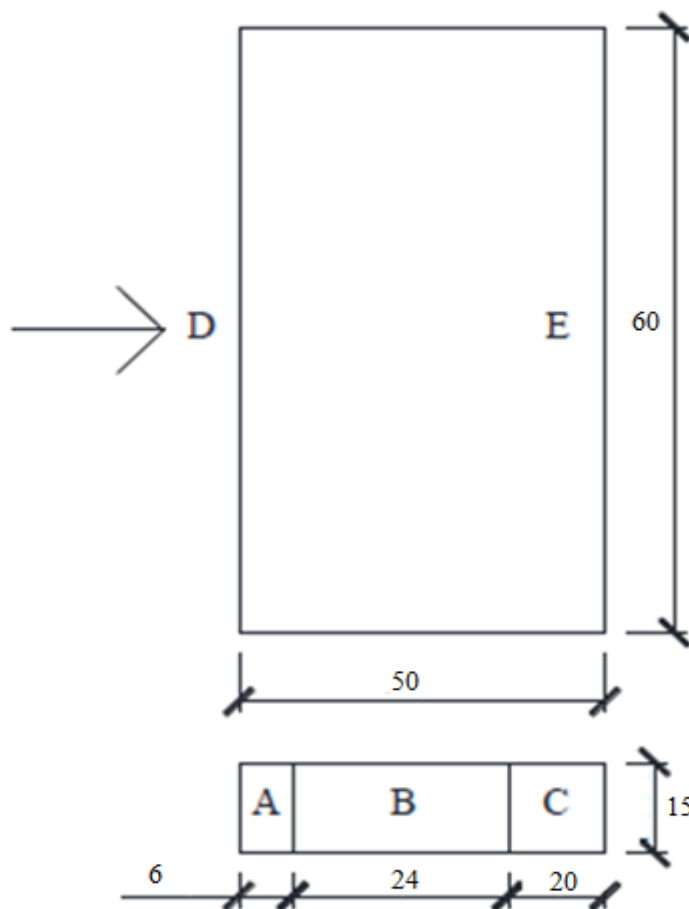
Tlak vetra:

$$w_e = q_{p(z)} \times C_{pe}$$

$$w_{e, A} = 0,934 \times (-1,2) = - 1,121 \text{ kPa}$$

$$w_{e, B} = 0,934 \times (-0,8) = - 0,747 \text{ kPa}$$

$$w_{e, C} = 0,934 \times (-0,5) = - 0,467 \text{ kPa}$$



Obr. 14: Tat'azenie od priecneho vetra na celné a bočné steny

Prut	1A	1B	1C	2A	2B	2C
ZŠ	3,000	3,000	3,000	3,420	3,420	3,420
We [kN/m ²]	-1,121	-0,747	-0,467	-1,121	-0,747	-0,467
Wep [kN/m]	-3,36	-2,24	-1,40	-3,83	-2,55	-1,60

Prut	3A	3B	3C	4A	4B	4C
ZŠ	2,500	2,500	2,500	2,580	2,580	2,580
We [kN/m ²]	-1,121	-0,747	-0,467	-1,121	-0,747	-0,467
Wep [kN/m]	-2,80	-1,87	-1,17	-2,89	-1,93	-1,20

Tab. 4: Zat'azenie od priečného vetra na pažďíky

Zat'azenie na strechu

$$h = 3 \text{ m}$$

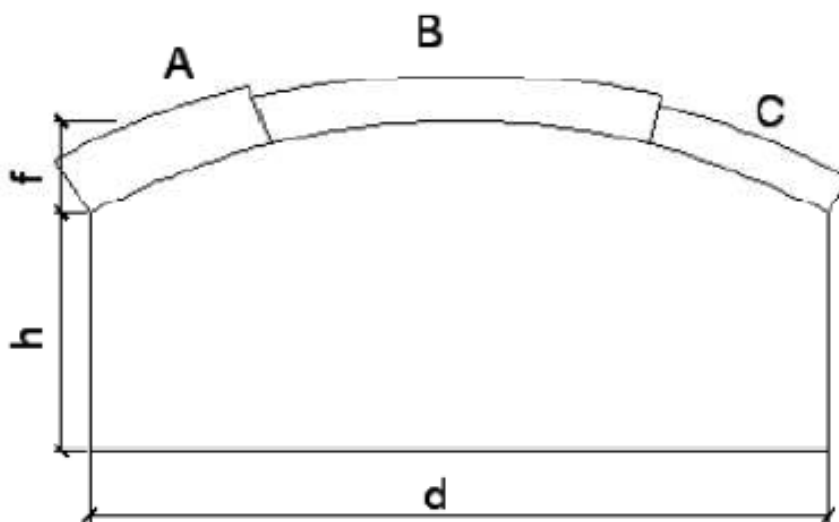
$$f = 12 \text{ m}$$

$$d = 50 \text{ m}$$

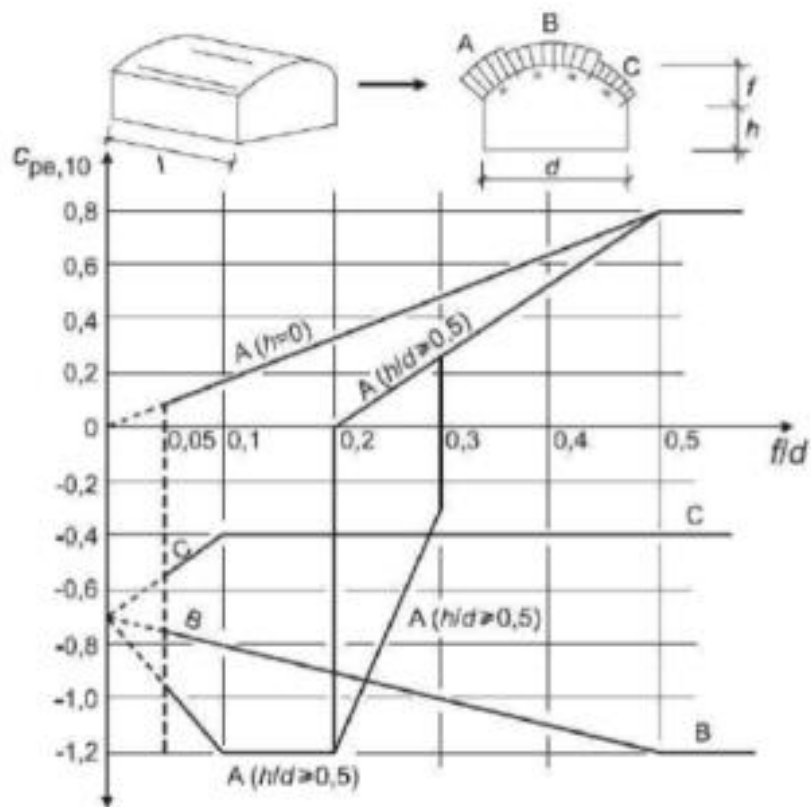
$$l = 50 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{3}{50} = 0,06$$

$$\frac{f}{d} = \frac{12}{50} = 0,24$$



Obr. 15: Schéma pôsobenia vetra na strechu



Obr. 16: Súčinitele vonkajšieho tlaku pre valcovú strechu

Tlak vetra:

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

$$w_{e,A} = 0,934 \times 0,4 = 0,374 \text{ kPa}$$

$$w_{e,B} = 0,934 \times (-0,94) = -0,878 \text{ kPa}$$

$$w_{e,C} = 0,934 \times (-0,4) = -0,374 \text{ kPa}$$

		A	B	C
Väznice	ZŠ	0,374	-0,878	-0,374
1	1,024	0,38		
2	2,048	0,77		
3	2,048	0,77		
4	2,048	0,77		
5	2,048	0,77		
6	2,048		-1,80	
7	2,048		-1,80	
8	2,048		-1,80	
9	2,048		-1,80	
10	2,048		-1,80	
11	2,048		-1,80	
12	2,048		-1,80	
13	2,048		-1,80	
14	2,048		-1,80	
15	2,048		-1,80	
16	2,048		-1,80	
17	2,048		-1,80	
18	2,048			-0,77
19	2,048			-0,77
20	2,048			-0,77
21	2,048			-0,77
22	2,048			-0,77
23	2,048			-0,77
24	2,048			-0,77
25	2,048			-0,77
26	2,048			-0,77
27	2,048			-0,77
28	2,048			-0,77
29	1,024			-0,38

Tab. 5: Zaťaženie od priečneho vetra na väznice

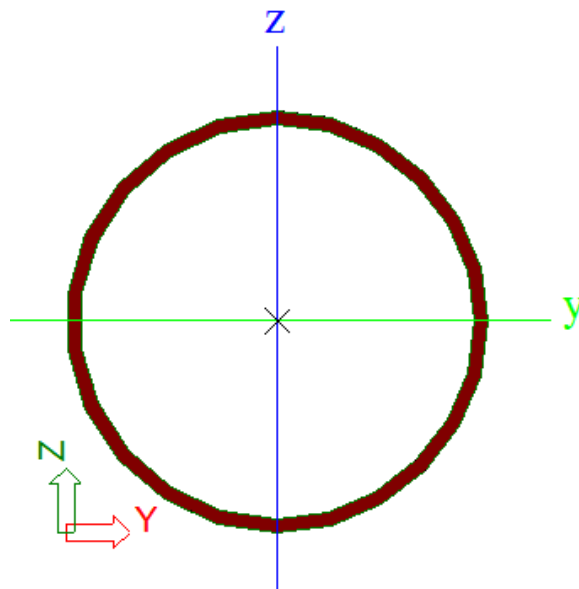
4.3 Kombinácie zaťaženia

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	ZS1 + 1.50*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/2	ZS1 + 1.50*ZS8 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/3	1.15*ZS1 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/4	1.15*ZS1 + 1.50*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/5	ZS1 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/6	1.15*ZS1 + 1.50*ZS6 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/7	ZS1 + 1.50*ZS5 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/8	1.15*ZS1 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/9	1.15*ZS1 + 1.50*ZS5 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/10	ZS1 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/11	ZS1 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS8 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/12	1.15*ZS1 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/13	1.15*ZS1 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS8 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/14	ZS1 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS5 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/15	1.15*ZS1 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/16	1.15*ZS1 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/17	ZS1 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/18	ZS1 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS8 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/19	ZS1 + 1.50*ZS9 + 0.75*ZS7 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/20	1.15*ZS1 + 0.75*ZS5 + 1.50*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/21	1.15*ZS1 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS8 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/22	1.15*ZS1 + 1.50*ZS9 + 0.75*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/23	ZS1 + 1.50*ZS8 + 0.75*ZS7 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/24	1.15*ZS1 + 1.50*ZS4 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/25	1.15*ZS1 + 1.50*ZS8 + 0.75*ZS5 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/26	1.15*ZS1 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS8 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/27	ZS1 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/28	ZS1 + 1.50*ZS8 + 0.75*ZS5 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/29	ZS1 + 0.90*ZS9 + 1.50*ZS7 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/30	1.15*ZS1 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS5 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/31	ZS1 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS7 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/32	ZS1 + 1.50*ZS7 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/33	1.15*ZS1 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/34	1.15*ZS1 + 0.75*ZS4 + 1.50*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/35	ZS1 + 0.75*ZS4 + 1.50*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/36	1.35*ZS1 + 0.75*ZS4 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/37	1.15*ZS1 + 1.50*ZS8 + 0.75*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/38	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/39	1.15*ZS1 + 1.50*ZS8 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/40	1.15*ZS1 + 0.75*ZS4 + 1.50*ZS8 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/41	1.35*ZS1 + 0.75*ZS4 + 0.90*ZS9 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/42	ZS1 + 1.50*ZS6 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/43	ZS1 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/44	ZS1 + 0.75*ZS4 + 1.50*ZS8 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/45	1.15*ZS1 + 1.50*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/46	1.35*ZS1 + 0.75*ZS6 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/47	1.35*ZS1 + 0.90*ZS9 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/48	1.35*ZS1 + 0.75*ZS5 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/49	1.35*ZS1 + 0.75*ZS7 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/50	1.35*ZS1 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS9 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/51	1.35*ZS1 + 0.90*ZS8 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/52	1.35*ZS1 + 0.90*ZS8 + 0.75*ZS5 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/53	1.35*ZS1 + 0.75*ZS6 + 0.90*ZS8 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/54	1.35*ZS1 + 0.75*ZS5 + 0.90*ZS9 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/55	1.35*ZS1 + 0.90*ZS8 + 0.75*ZS7 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/56	ZS1 + 1.50*ZS4 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/57	1.35*ZS1 + 0.90*ZS9 + 0.75*ZS7 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/58	1.35*ZS1 + 0.75*ZS4 + 0.90*ZS8 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/59	ZS1 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS9 + ZS2 + ZS3
MSÚ-Sada B (auto)/60	ZS1 + 1.50*ZS4 + 0.90*ZS8 + ZS2 + ZS3

Obr. 17: Klíč kombinací z programu

5 Medzný stav únosnosti

5.1 Horný pás



Obr. 18: TR Ø 108 X 5

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B1455	0,000 / 2,048 m	RO108X5	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,89 -
-------------	-----------------	---------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace

MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 1.50*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3

Dílčí souč. spolehlivosti

γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál

Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI::....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-276,66	kN
$V_{y,Ed}$	-0,02	kN
$V_{z,Ed}$	0,47	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	-0,04	kNm
$M_{z,Ed}$	0,01	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
108	5	21,60	50,00	70,00	90,00	1

Průřez je klasifikován třídou 1

5.1.1 Posudok na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,6200e-03	m ²
N _{c,Rd}	380,70	kN
Jedn. posudek	0,73	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,6200 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 380,70 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-276,66 [\text{kN}]|}{380,70 [\text{kN}]} = 0,73 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.1.2 Posudok ohybového momentu

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

W _{pl,y}	5,3045e-05	m ³
M _{pl,y,Rd}	12,47	kNm
Jedn. posudek	0,00	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,3045 \cdot 10^{-5} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 12,47 [\text{kNm}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|-0,04 [\text{kNm}]|}{12,47 [\text{kNm}]} = 0,00 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.1.3 Posudok šmyku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A _v	1,0313e-03	m ²
V _{pl,z,Rd}	139,93	kN
Jedn. posudek	0,00	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,0313 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times \frac{235,0 [\text{MPa}]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 139,93 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{|0,47 [\text{kN}]|}{139,93 [\text{kN}]} = 0,00 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.1.4 Posudok rovinného vzperu

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzperu	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,048	2,048	m
Součinitel vzperu k	1,00	1,00	
Vzperná délka l_{cr}	2,048	2,048	m
Kritické Eulerovo zatížení N_{cr}	1062,30	1062,30	kN
Štíhlost λ	56,22	56,22	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	0,60	0,60	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzper. křivka	a	a	
Imperfekce α	0,21	0,21	
Redukční součinitel χ	0,89	0,89	
Únosnost na vzper $N_{b,Rd}$	339,02	339,02	kN

Posudek rovinného vzperu		
Průřezová plocha A	1,6200e-03	m ²
Únosnost na vzper $N_{b,Rd}$	339,02	kN
Jedn. posudek	0,82	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 2,1500 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]}{2,048 [\text{m}]^2} = 1062,30 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 2,1500 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]}{2,048 [\text{m}]^2} = 1062,30 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,048 [\text{m}]}{36 [\text{mm}]} = 56,22$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,048 [\text{m}]}{36 [\text{mm}]} = 56,22$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{56,22}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{235,0 [\text{MPa}]}}} = 0,60$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{56,22}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{235,0 [\text{MPa}]}}} = 0,60$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,60 - 0,20) + 0,60^2] = 0,72$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,60 - 0,20) + 0,60^2] = 0,72$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,60^2}}, \frac{1}{0,60^2}, 1 \right) = \min (0,89, 2,79, 1) = 0,89$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,72 + \sqrt{0,72^2 - 0,60^2}}, \frac{1}{0,60^2}, 1 \right) = \min (0,89, 2,79, 1) = 0,89$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,89 \times 1,6200 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 339,02 [\text{kN}]$$

5.1.5 Posudok ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,6200e-03	m ²
Plastický modul průřezu W _{pl,y}	5,3045e-05	m ³
Plastický modul průřezu W _{pl,z}	5,3045e-05	m ³
Návrhová tlaková síla N _{Ed}	276,66	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{y,Ed}	0,73	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{z,Ed}	-0,03	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N _{Rk}	380,70	kN
Charakteristická momentová únosnost M _{y,Rk}	12,47	kNm
Charakteristická momentová únosnost M _{z,Rk}	12,47	kNm
Redukční součinitel χ _y	0,89	
Redukční součinitel χ _z	0,89	
Redukční součinitel χ _{LT}	1,00	
Interakční součinitel k _{yy}	1,19	
Interakční součinitel k _{yz}	0,43	
Interakční součinitel k _{zy}	0,72	
Interakční součinitel k _{zz}	0,72	

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B1455 pozice 2,048 m.

Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B1455 pozice 2,048 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ _z	-0,29	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mz}	0,48	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment M _{h,LT}	0,73	kNm
Moment v poli M _{s,LT}	0,39	kNm
Součinitel α _{s,LT}	0,54	
Poměr koncových momentů ψ _{LT}	-0,06	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mLT}	0,63	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,82 + 0,07 + 0,00 = 0,89 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,82 + 0,04 + 0,00 = 0,86 -$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mz} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_z, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times -0,29, 0,4) = \max(0,48, 0,4) = 0,48$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{0,39[\text{kNm}]}{0,73[\text{kNm}]} = 0,54$$

$$C_{mLT} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,54, 0,4) = \max(0,63, 0,4) = 0,63$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,6200 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 235,0[\text{MPa}] = 380,70[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 5,3045 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 12,47[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 5,3045 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 12,47[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (0,60 - 0,2) \times \frac{276,66[kN]}{0,89 \times \frac{380,70[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{276,66[kN]}{0,89 \times \frac{380,70[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,19; 1,49\} = 1,19$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,72 = 0,43$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,19 = 0,72$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,48 \times \left[1 + (2 \times 0,60 - 0,6) \times \frac{276,66[kN]}{0,89 \times \frac{380,70[kN]}{1,00}} \right], 0,48 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{276,66[kN]}{0,89 \times \frac{380,70[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,72; 1,04\} = 0,72$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{276,66[kN]}{0,89 \times \frac{380,70[kN]}{1,00}} + 1,19 \times \frac{0,73[kNm] + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{12,47[kNm]}{1,00}} + 0,43 \times \frac{|-0,03[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{12,47[kNm]}{1,00}} = 0,89 \leq 1,00$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

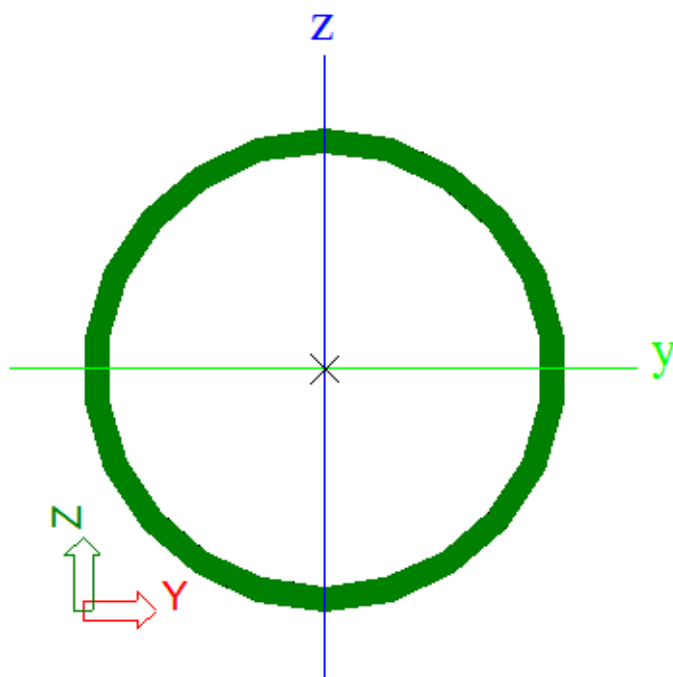
$$= \frac{276,66[kN]}{0,89 \times \frac{380,70[kN]}{1,00}} + 0,72 \times \frac{0,73[kNm] + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{12,47[kNm]}{1,00}} + 0,72 \times \frac{|-0,03[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{12,47[kNm]}{1,00}} = 0,86 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,89; 0,86) = 0,89 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

=> **VYHOVUJE**

5.2 Dolný pás



Obr. 19: TR Ø 168,3 X 16

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B3779	0,000 / 3,902 m	RO168.3X16	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,92 -
-------------	-----------------	------------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 1.50*ZS5 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3	

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-280,45	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	1,23	kN
T_{Ed}	0,02	kNm
$M_{y,Ed}$	-1,70	kNm
$M_{z,Ed}$	-0,01	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
168	16	10,52	50,00	70,00	90,00	1

Průřez je klasifikován třídou 1

5.2.1 Posudok na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	7,6600e-03	m ²
N _{c,Rd}	1800,10	kN
Jedn. posudek	0,16	-

$$N_{c,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,6600 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 1800,10 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-280,45 [\text{kN}]|}{1800,10 [\text{kN}]} = 0,16 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.2.2 Posudok rovinného vzperu

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,902	3,902	m
Součinitel vzpěru k	1,00	3,00	
Vzpěrná délka l _{cr}	3,902	11,707	m
Kritické Eulerovo zatížení N _{cr}	3053,93	339,33	kN
Štíhlost λ	72,10	216,30	
Poměrná štíhlost λ _{rel}	0,77	2,30	
Mezní štíhlost λ _{rel,0}	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce α	0,21	0,21	
Redukční součinitel χ	0,81	0,17	
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	1464,58	308,35	kN

Posudek rovinného vzperu		
Průřezová plocha A	7,6600e-03	m ²
Únosnost na vzpěr N _{b,Rd}	308,35	kN
Jedn. posudek	0,91	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 2,2440 \cdot 10^{-5} [\text{m}^4]}{3,902 [\text{m}]^2} = 3053,93 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 2,2440 \cdot 10^{-5} [\text{m}^4]}{11,707 [\text{m}]^2} = 339,33 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,902 [\text{m}]}{54 [\text{mm}]} = 72,10$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{11,707 [\text{m}]}{54 [\text{mm}]} = 216,30$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{72,10}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{235,0 [\text{MPa}]}}} = 0,77$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{216,30}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{235,0 [\text{MPa}]}}} = 2,30$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,77 - 0,20) + 0,77^2] = 0,85$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (2,30 - 0,20) + 2,30^2] = 3,37$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,85 + \sqrt{0,85^2 - 0,77^2}}, \frac{1}{0,77^2}, 1 \right) = \min(0,81, 1,70, 1) = 0,81$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{3,37 + \sqrt{3,37^2 - 2,30^2}}, \frac{1}{2,30^2}, 1 \right) = \min(0,17, 0,19, 1) = 0,17$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,81 \times 7,6600 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 1464,58 [kN]$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,17 \times 7,6600 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 308,35 [kN]$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(1464,58 [kN], 308,35 [kN]) = 308,35 [kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-280,45 [kN]|}{308,35 [kN]} = 0,91 < 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.2.3 Posudek ohybu a osového tlaku

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	7,6600e-03	m ²
Plastický modul průřezu W _{pl,y}	3,7112e-04	m ³
Plastický modul průřezu W _{pl,z}	3,7112e-04	m ³
Návrhová tlaková síla N _{Ed}	280,45	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{y,Ed}	-1,87	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{z,Ed}	-0,01	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N _{Rk}	1800,10	kN
Charakteristická momentová únosnost M _{y,Rk}	87,21	kNm
Charakteristická momentová únosnost M _{z,Rk}	87,21	kNm
Redukční součinitel χ _y	0,81	
Redukční součinitel χ _z	0,17	
Redukční součinitel χ _{LT}	1,00	
Interakční součinitel k _{yy}	1,00	
Interakční součinitel k _{yz}	1,16	
Interakční součinitel k _{zy}	0,60	
Interakční součinitel k _{zz}	1,94	

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B3779 pozice 3,902 m.

Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B3779 pozice 3,902 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ _z	0,64	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mz}	0,85	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment M _{h,LT}	-1,87	kNm
Moment v poli M _{s,LT}	-0,54	kNm
Součinitel α _{s,LT}	0,29	
Poměr koncových momentů ψ _{LT}	0,91	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mLT}	0,43	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,19 + 0,02 + 0,00 = 0,21 -$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,91 + 0,01 + 0,00 = 0,92 -$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$C_{mz} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_z, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,64, 0,4) = \max(0,85, 0,4) = 0,85$$

$$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{s,LT}}{M_{h,LT}} = \frac{-0,54[kNm]}{-1,87[kNm]} = 0,29$$

$$C_{mLT} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,29, 0,4) = \max(0,43, 0,4) = 0,43$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 7,6600 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 235,0[MPa] = 1800,10[kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 3,7112 \cdot 10^{-4}[m^3] \times 235,0[MPa] = 87,21[kNm]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 3,7112 \cdot 10^{-4}[m^3] \times 235,0[MPa] = 87,21[kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (0,77 - 0,2) \times \frac{280,45[kN]}{0,81 \times \frac{1800,10[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{280,45[kN]}{0,81 \times \frac{1800,10[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,00, 1,04\} = 1,00$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 1,94 = 1,16$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,00 = 0,60$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,85 \times \left[1 + (2 \times 2,30 - 0,6) \times \frac{280,45[kN]}{0,17 \times \frac{1800,10[kN]}{1,00}} \right], 0,85 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{280,45[kN]}{0,17 \times \frac{1800,10[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{3,97, 1,94\} = 1,94$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

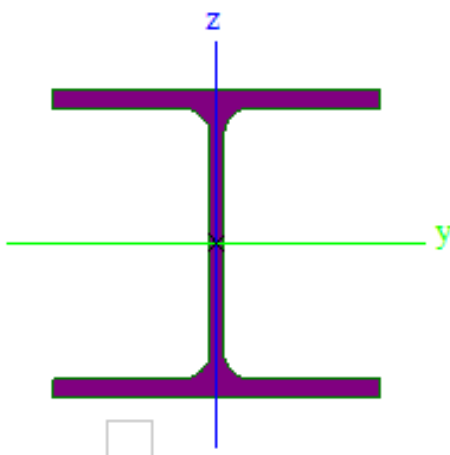
$$= \frac{|280,45[kN]|}{0,17 \times \frac{1800,10[kN]}{1,00}} + 0,60 \times \frac{|-1,87[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{87,21[kNm]}{1,00}} + 1,94 \times \frac{|-0,01[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{87,21[kNm]}{1,00}} = 0,92 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,21, 0,92) = 0,92 \leq 1,00$$

Prvek spĺňuje podmínky stabilního posudku.

=> **VYHOVUJE**

5.3 Vážnica



Obr. 20: HEA 140

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B243	3,000 / 6,000 m	HEA140	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,92 -
------------	-----------------	--------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 0.90*ZS8 + 1.50*ZS7 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3	

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 3,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	2,54	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	10,52	kNm
$M_{z,Ed}$	11,68	kNm

5.3.1 Posudok na ohyb

Posudek ohybového momentu pro M_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,z}$	8,5000e-05	m^3
$M_{pl,z,Rd}$	19,98	kNm
Jedn. posudek	0,58	-

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,5000 \cdot 10^{-5} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 19,98 [kNm]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} = \frac{11,68 [kNm]}{19,98 [kNm]} = 0,58 \leq 1,00$$

=> **VYHOVUJE**

5.3.2 Posudok klopenia

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	1,7333e-04	m ³
Pružný kritický moment M_{cr}	45,98	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	0,94	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	
Křivka klopení	b	
Imperfekce α_{LT}	0,34	
Součinitel klopení β	0,75	
Redukční součinitel χ_{LT}	0,74	
Opravný součinitel k_c	0,94	
Opravný součinitel f	0,97	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	0,76	
Návrhová únosnost na vzpěr $M_{b,Rd}$	30,81	kNm
Jedn. posudek	0,34	-

Parametry M_{cr}		
Délka klopení l_{LT}	6,000	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení C_1	1,13	
Součinitel momentu na klopení C_2	0,45	
Součinitel momentu na klopení C_3	0,53	
Vzdálenost středu smyku d_z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z_g	0	mm
Konstanta monosymetrie β_y	0	mm
Konstanta monosymetrie z_j	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{I_{LT}^2 \times G \times I_z}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2} - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,13$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 3,8900 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{6,000[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[\sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{1,5064 \cdot 10^{-8}[\text{m}^6]}{3,8900 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]} + \frac{6,000[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 8,1300 \cdot 10^{-8}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 3,8900 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]} + (0,45 \times 0[\text{mm}] - 0,53 \times 0[\text{mm}])^2} - (0,45 \times 0[\text{mm}] - 0,53 \times 0[\text{mm}]) \right]$$

$$= 45,98[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,7333 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}]}{45,98[\text{kNm}]} = 0,94}$$

$$\beta = 0,75$$

$$\times \left[\sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{1,5064 \cdot 10^{-6} [\text{m}^6]}{3,8900 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]} + \frac{6,000 [\text{m}]^2 \times 80769,2 [\text{MPa}] \times 8,1300 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 3,8900 \cdot 10^{-6} [\text{m}^4]} + (0,45 \times 0 [\text{mm}] - 0,53 \times 0 [\text{mm}])^2 - (0,45 \times 0 [\text{mm}] - 0,53 \times 0 [\text{mm}])} \right]$$

$$= 45,98 [\text{kNm}]$$

$$\lambda_{\text{rel,LT}} = \sqrt{\frac{W_{\text{pl,y}} \times f_y}{M_{\text{cr}}}} = \sqrt{\frac{1,7333 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{45,98 [\text{kNm}]} } = 0,94$$

$$\beta = 0,75$$

$$\chi_{\text{LT}} = \min \left(\frac{1}{\varphi_{\text{LT}} + \sqrt{\varphi_{\text{LT}}^2 - \beta \times \lambda_{\text{rel,EXTRA}}^2}}, \frac{1}{\lambda_{\text{rel,EXTRA}}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,75 \times 0,94^2}}, \frac{1}{0,94^2}, 1 \right) = \min (0,74, 1, 13, 1) = 0,74$$

$$f = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - k_c) \times \left[1 - 2 \times (\lambda_{\text{rel,LT}} - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - 0,94) \times \left[1 - 2 \times (0,94 - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \{0,97, 1\}$$

$$= 0,97$$

$$\chi_{\text{LT,mod}} = \min \left(\frac{\chi_{\text{LT}}}{f}, 1 \right) = \min \left(\frac{0,74}{0,97}, 1 \right) = \min (0,76, 1) = 0,76$$

$$M_{\text{b,Rd}} = \chi_{\text{LT,mod}} \times W_{\text{pl,y}} \times \frac{f_y}{\gamma_{\text{M1}}} = 0,76 \times 1,7333 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times \frac{235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 30,81 [\text{kNm}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{\text{y,total,Ed}}|}{M_{\text{b,Rd}}} = \frac{|10,52 [\text{kNm}]|}{30,81 [\text{kNm}]} = \mathbf{0,34 \leq 1,00}$$

=> **VYHOVUJE**

5.3.3 Posudok ohybu a osového tahu

Podle EN 1993-1-3 článku 6.3

Návrhová tahová síla N_{Ed}	2,54	kN
Návrhový ohybový moment $M_{\text{y,Ed}}$	10,52	kNm
Návrhový ohybový moment $M_{\text{z,Ed}}$	11,68	kNm
Tahová únosnost $N_{\text{t,Rd}}$	737,90	kN
Pevnost za ohybu $M_{\text{b,y,Rd}}$	30,81	kNm
Pevnost za ohybu $M_{\text{c,z,Rd,com}}$	19,98	kNm

$$\text{Jedn. posudek} = 0,34 + 0,58 - 0,00 = 0,92 -$$

$$N_{\text{t,Rd}} = \min (N_{\text{pl,Rd}}, N_{\text{u,Rd}}) = \min (737,90 [\text{kN}], 813,89 [\text{kN}]) = 737,90 [\text{kN}]$$

$$M_{\text{b,y,Rd}} = \chi_{\text{LT,mod}} \times W_{\text{pl,y}} \times \frac{f_y}{\gamma_{\text{M1}}} = 0,76 \times 1,7333 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3] \times \frac{235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 30,81 [\text{kNm}]$$

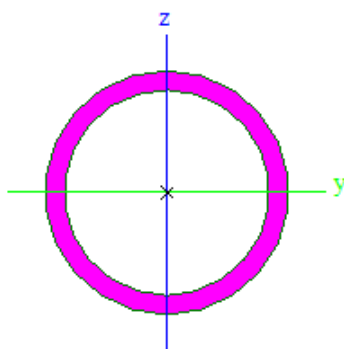
$$M_{\text{c,z,Rd,com}} = \frac{W_{\text{el,z,com}} \times f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{8,5000 \cdot 10^{-5} [\text{m}^3] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 19,98 [\text{kNm}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{\text{y,Ed}}|}{M_{\text{b,y,Rd}}} + \frac{|M_{\text{z,Ed}}|}{M_{\text{c,z,Rd,com}}} - \frac{|N_{\text{Ed}}|}{N_{\text{t,Rd}}} = \frac{|10,52 [\text{kNm}]|}{30,81 [\text{kNm}]} + \frac{|11,68 [\text{kNm}]|}{19,98 [\text{kNm}]} - \frac{|2,54 [\text{kN}]|}{737,90 [\text{kN}]} = \mathbf{0,92 \leq 1,00}$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

=> **VYHOVUJE**

5.4 Diagonála



Obr. 21: TR Ø 57 X 4,5

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B3695	0,000 / 2,500 m	RO57X4.5	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,90 -
-------------	-----------------	----------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS8 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3	

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-62,00	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,07	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
57	5	12,67	50,00	70,00	90,00	1

5.4.1 Posudok rovinného vzperu

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčnic	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,500	2,500	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka l_{cr}	2,500	2,500	m
Kritické Eulerovo zatížení N_{cr}	85,58	85,58	kN
Štíhlost λ	134,05	134,05	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	1,43	1,43	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce α	0,21	0,21	
Redukční součinitel χ	0,40	0,40	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	70,58	70,58	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	7,4200e-04	m ²
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	70,58	kN
Jedn. posudek	0,88	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 2,5800 \cdot 10^{-7} [\text{m}^4]}{2,500 [\text{m}]^2} = 85,58 [\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0 [\text{MPa}] \times 2,5800 \cdot 10^{-7} [\text{m}^4]}{2,500 [\text{m}]^2} = 85,58 [\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,500 [\text{m}]}{19 [\text{mm}]} = 134,05$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,500 [\text{m}]}{19 [\text{mm}]} = 134,05$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{134,05}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{235,0 [\text{MPa}]}}} = 1,43$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{134,05}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0 [\text{MPa}]}{235,0 [\text{MPa}]}}} = 1,43$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,43 - 0,20) + 1,43^2] = 1,65$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,43 - 0,20) + 1,43^2] = 1,65$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,65 + \sqrt{1,65^2 - 1,43^2}}, \frac{1}{1,43^2}, 1 \right) = \min (0,40, 0,49, 1) = 0,40$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,65 + \sqrt{1,65^2 - 1,43^2}}, \frac{1}{1,43^2}, 1 \right) = \min (0,40, 0,49, 1) = 0,40$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,40 \times 7,4200 \cdot 10^{-4} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 70,58 [\text{kN}]$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,40 \times 7,4200 \cdot 10^{-4} [\text{m}^2] \times 235,0 [\text{MPa}]}{1,00} = 70,58 [\text{kN}]$$

$$N_{b,Rd} = \min (N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min (70,58 [\text{kN}], 70,58 [\text{kN}]) = 70,58 [\text{kN}]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-62,00 [\text{kN}]|}{70,58 [\text{kN}]} = 0,88 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Poznámka: Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

5.4.2 Posudok ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	7,4200e-04	m ²
Plastický modul průřezu W _{pl,y}	1,2403e-05	m ³
Plastický modul průřezu W _{pl,z}	1,2403e-05	m ³
Návrhová tlaková síla N _{Ed}	62,00	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{y,Ed}	0,04	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{z,Ed}	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N _{Rk}	174,37	kN
Charakteristická momentová únosnost M _{y,Rk}	2,91	kNm
Charakteristická momentová únosnost M _{z,Rk}	2,91	kNm
Redukční součinitel χ _y	0,40	
Redukční součinitel χ _z	0,40	
Redukční součinitel χ _{LT}	1,00	
Interakční součinitel k _{yy}	1,53	
Interakční součinitel k _{yz}	0,75	
Interakční součinitel k _{zy}	0,92	
Interakční součinitel k _{zz}	1,25	

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B3695 pozice 1,250 m.

Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B3695 pozice 2,500 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčníků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ _z	-0,09	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mz}	0,56	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment M _{h,LT}	0,00	kNm
Moment v poli M _{s,LT}	0,04	kNm
Součinitel α _{h,LT}	0,00	
Poměr koncových momentů ψ _{LT}	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mLT}	0,95	

Posudek (6.61) = 0,88 + 0,02 + 0,00 = 0,90 -

Posudek (6.62) = 0,88 + 0,01 + 0,00 = 0,89 -

C_{my} = 0,90

C_{mz} = max(0,6 + 0,4 × ψ_z, 0,4) = max(0,6 + 0,4 × -0,09, 0,4) = max(0,56, 0,4) = 0,56

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{0,00[kNm]}{0,04[kNm]} = 0,00$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,LT} = 0,95 + 0,05 \times 0,00 = 0,95$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 7,4200 \cdot 10^{-4}[m^2] \times 235,0[MPa] = 174,37[kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,2403 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 235,0[MPa] = 2,91[kNm]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,2403 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 235,0[MPa] = 2,91[kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (1,43 - 0,2) \times \frac{62,00[kN]}{0,40 \times \frac{174,37[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{62,00[kN]}{0,40 \times \frac{174,37[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,87, 1,53\} = 1,53$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 1,25 = 0,75$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,53 = 0,92$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,56 \times \left[1 + (2 \times 1,43 - 0,6) \times \frac{62,00[kN]}{0,40 \times \frac{174,37[kN]}{1,00}} \right], 0,56 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{62,00[kN]}{0,40 \times \frac{174,37[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,68, 1,25\} = 1,25$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{|62,00[kN]|}{0,40 \times \frac{174,37[kN]}{1,00}} + 1,53 \times \frac{|0,04[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{2,91[kNm]}{1,00}} + 0,75 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{2,91[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,90 \leq 1,00}$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

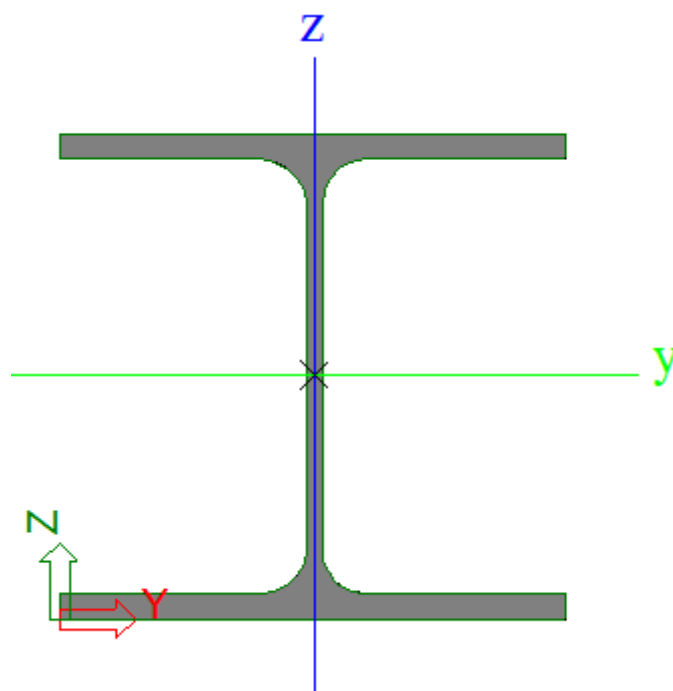
$$= \frac{|62,00[kN]|}{0,40 \times \frac{174,37[kN]}{1,00}} + 0,92 \times \frac{|0,04[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{2,91[kNm]}{1,00}} + 1,25 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{2,91[kNm]}{1,00}} = \mathbf{0,89 \leq 1,00}$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61), Posudek (6.62)}) = \max(0,90, 0,89) = \mathbf{0,90 \leq 1,00}$$

Prvek splňuje podmínky stabilizačního posudku.

=> VYHOVUJE

5.5 Čelný stĺp



Obr. 22: HEB 300

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B354	1,875 / 15,000 m	HEB300	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,61 -
------------	------------------	--------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace

MSÚ-Sada B (auto) / $1.15 \cdot ZS1 + 0.75 \cdot ZS4 + 1.50 \cdot ZS9 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.15 \cdot ZS3$

Díličí souč. spolehlivosti

γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál

Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 1,875 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-7,75	kN
$V_{y,Ed}$	0,14	kN
$V_{z,Ed}$	40,98	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	76,84	kNm
$M_{z,Ed}$	0,26	kNm

5.5.1 Posudok na ohyb

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,y}$	1,8690e-03	m ³
$M_{pl,y,Rd}$	439,22	kNm
Jedn. posudek	0,17	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,8690 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 439,22 [kNm]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{76,84 [kNm]}{439,22 [kNm]} = \mathbf{0,17 \leq 1,00}$$

=> VYHOVUJE

5.5.2 Posudok na smyk

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

η	1,20	
A_v	4,7450e-03	m ²
$V_{pl,z,Rd}$	643,79	kN
Jedn. posudek	0,06	-

$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{4,7450 \cdot 10^{-3} [m^2] \times \frac{235,0 [MPa]}{\sqrt{3}}}{1,00} = 643,79 [kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|V_{z,Ed}|}{V_{c,z,Rd}} = \frac{40,98 [kN]}{643,79 [kN]} = \mathbf{0,06 \leq 1,00}$$

=> VYHOVUJE

5.5.3 Posudok ohybu, osové a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

$M_{pl,y,Rd}$	439,22	kNm
α	2,00	
$M_{pl,z,Rd}$	204,47	kNm
β	1,00	

$$\text{Posudek (6.41)} = 0,03 + 0,00 = 0,03$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,8690 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 439,22 [kNm]$$

$$\alpha = 2,00$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8,7010 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 204,47 [kNm]$$

$$\beta = 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \left(\frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{|M_{z,Ed}|}{M_{pl,z,Rd}} \right)^\beta = \left(\frac{76,84 [kNm]}{439,22 [kNm]} \right)^{2,00} + \left(\frac{0,26 [kNm]}{204,47 [kNm]} \right)^{1,00} = \mathbf{0,03 \leq 1,00}$$

=> VYHOVUJE

5.5.4 Posudok rovinného vzperu

Posudek rovinného vzperu

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzperu	yy	zz	
Typ posuvných styčníc	posuvné	neposuvné	
Systémová dĺžka L	15,000	3,000	m
Součinitel vzperu k	1,00	1,00	
Vzperná dĺžka l_{cr}	15,000	3,000	m
Kritické Eulerovo zaťaženie N_{cr}	2318,57	19719,80	kN
Štíhlost λ	115,45	39,59	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	1,23	0,42	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	

Poznámka: Štíhlost alebo veľkosť tlakovej sily umožňujú ignorovať účinky rovinného vzperu podľa EN 1993-1-1 článok 6.3.1.2(4)

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 2,5170 \cdot 10^{-4}[\text{m}^4]}{15,000[\text{m}]^2} = 2318,57[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 8,5630 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{3,000[\text{m}]^2} = 19719,80[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{15,000[\text{m}]}{130[\text{mm}]} = 115,45$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,000[\text{m}]}{76[\text{mm}]} = 39,59$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{115,45}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{235,0[\text{MPa}]}}} = 1,23$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{39,59}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{235,0[\text{MPa}]}}} = 0,42$$

Posudek prostorového vzperu

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Poznámka: Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

5.5.5 Posudok klopenia

Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	1,8690e-03	m ³
Pružný kritický moment M_{cr}	406,54	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	1,04	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,LT,0}$	0,40	
Křivka klopení	b	
Imperfekce α_{LT}	0,34	
Součinitel klopení β	0,75	
Redukční součinitel χ_{LT}	0,68	
Opravný součinitel k_c	0,94	
Opravný součinitel f	0,97	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	0,69	
Návrhová únosnost na vzpěr $M_{b,Rd}$	304,53	kNm
Jedn. posudek	0,25	-

Parametry M_{cr}		
Délka klopení l_{LT}	15,000	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel k_w	1,00	
Součinitel momentu na klopení C_1	1,13	
Součinitel momentu na klopení C_2	0,45	
Součinitel momentu na klopení C_3	0,53	
Vzdálenost středu smyku d_s	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z_g	0	mm
Konstanta monosymetrie β_y	0	mm
Konstanta monosymetrie z_j	0	mm

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{LT}^2} \times \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{l_{LT}^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z}} + (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j)^2 - (C_2 \times z_g - C_3 \times z_j) \right] = 1,13$$

$$\times \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 8,5630 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]}{15,000[\text{m}]^2}$$

$$\times \left[\sqrt{\left(\frac{1,00}{1,00}\right)^2 \times \frac{1,6678 \cdot 10^{-6}[\text{m}^6]}{8,5630 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4]} + \frac{15,000[\text{m}]^2 \times 80769,2[\text{MPa}] \times 1,8590 \cdot 10^{-6}[\text{m}^4]}{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 8,5630 \cdot 10^{-5}[\text{m}^4}} + (0,45 \times 0[\text{mm}] - 0,53 \times 0[\text{mm}])^2 - (0,45 \times 0[\text{mm}] - 0,53 \times 0[\text{mm}]) \right]$$

$$= 406,54[\text{kNm}]$$

$$\lambda_{rel,LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,8690 \cdot 10^{-3} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{406,54 [kNm]}} = 1,04$$

$$\beta = 0,75$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \times \lambda_{rel,EXTRA}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,EXTRA}^2} \right) = \min \left(\frac{1}{1,01 + \sqrt{1,01^2 - 0,75 \times 1,04^2}}, \frac{1}{1,04^2} \right) = \min \{0,68, 0,93, 1\} = 0,68$$

$$f = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - k_c) \times \left[1 - 2 \times (\lambda_{rel,LT} - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \left\{ 1 - 0,5 \times (1 - 0,94) \times \left[1 - 2 \times (1,04 - 0,8)^2 \right], 1 \right\} = \min \{0,97, 1\} = 0,97$$

$$\chi_{LT,mod} = \min \left(\frac{\chi_{LT}}{f}, 1 \right) = \min \left(\frac{0,68}{0,97}, 1 \right) = \min (0,69, 1) = 0,69$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,69 \times 1,8690 \cdot 10^{-3} [m^3] \times \frac{235,0 [MPa]}{1,00} = 304,53 [kNm]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,total,Ed}|}{M_{b,Rd}} = \frac{76,84 [kNm]}{304,53 [kNm]} = 0,25 \leq 1,00$$

Poznámka: Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

Poznámka: Opravný součinitel k_c se určí podle C1.

=> VYHOVUJE

5.5.6 Posudok ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,4910e-02	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	1,8690e-03	m ³
Plastický modul průřezu $W_{pl,z}$	8,7010e-04	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	7,75	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	184,81	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	0,42	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	3503,85	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	439,22	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	204,47	kNm
Redukční součinitel χ_y	1,00	
Redukční součinitel χ_z	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	0,69	
Interakční součinitel k_{yy}	0,90	
Interakční součinitel k_{yz}	0,36	
Interakční součinitel k_{zy}	1,00	
Interakční součinitel k_{zz}	0,60	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B354 pozice 6,024 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B354 pozice 3,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.2	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ_z	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mz}	0,60	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	184,81	kNm
Součinitel $\alpha_{h,LT}$	0,00	
Poměr koncových momentů ψ_{LT}	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,95	

Posudek (6.61) = 0,00 + 0,55 + 0,00 = 0,55 -

Posudek (6.62) = 0,00 + 0,61 + 0,00 = 0,61 -

$$C_{mz} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_z, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times 0,00, 0,4) = \max(0,60, 0,4) = 0,60$$

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{0,00[\text{kNm}]}{184,81[\text{kNm}]} = 0,00$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,LT} = 0,95 + 0,05 \times 0,00 = 0,95$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,4910 \cdot 10^{-2}[\text{m}^2] \times 235,0[\text{MPa}] = 3503,85[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,8690 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 439,22[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 8,7010 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 204,47[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (1,23 - 0,2) \times \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,90, 0,90\} = 0,90$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,60 = 0,36$$

$$k_{zy} = \max \left(1 - \frac{0,1 \times \lambda_{rel,z}}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left(1 - \frac{0,1 \times 0,42}{0,95 - 0,25} \times \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}}, 1 - \frac{0,1}{0,95 - 0,25} \times \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} \right) = \max(1,00, 1,00) = 1,00$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,60 \times \left[1 + (2 \times 0,42 - 0,6) \times \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,60 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,60, 0,60\} = 0,60$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} + 0,90 \times \frac{184,81[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{0,69 \times \frac{439,22[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,36 \times \frac{|0,42[\text{kNm}]}{1,00} + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00} = 0,55 \leq 1,00$$

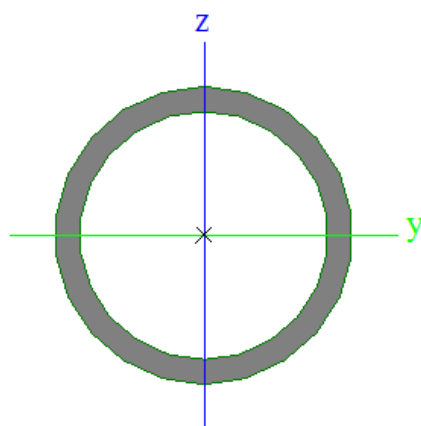
$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{7,75[\text{kN}]}{1,00 \times \frac{3503,85[\text{kN}]}{1,00}} + 1,00 \times \frac{184,81[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{0,69 \times \frac{439,22[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,60 \times \frac{|0,42[\text{kNm}]}{1,00} + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00} = 0,61 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61), Posudek (6.62)}) = \max(0,55, 0,61) = 0,61 \leq 1,00$$

=>VYHOVUJE

5.6 Strešné stužidlo



Obr. 23: TR Ø 76,1 X 6,3

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B792	3,632 / 3,632 m	RO76.1X6.3	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,93 -
------------	-----------------	------------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace

MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 0.75*ZS4 + 1.50*ZS9 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3

Dílčí souč. spolehlivosti

γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál

Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 3,632 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-86,41	kN
$V_{y,Ed}$	0,55	kN
$V_{z,Ed}$	0,26	kN
T_{Ed}	-0,04	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
76	6	12,08	50,00	70,00	90,00	1

Průřez je klasifikován třídou 1

5.6.1 Posudok rovinného vzperu

Podle FN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzperu	yy	zz	
Typ posuvných styčnicků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,632	3,632	m
Součinitel vzperu k	1,00	1,00	
Vzperná délka l_{cr}	3,632	3,632	m
Kritické Eulerovo zatížení N_{cr}	133,20	133,20	kN
Štíhlost λ	146,54	146,54	
Poměrná štíhlost λ_{rel}	1,56	1,56	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzper. křivka	a	a	
Imperfekce α	0,21	0,21	
Redukční součinitel χ	0,35	0,35	
Únosnost na vzper $N_{b,Rd}$	112,88	112,88	kN

Posudek rovinného vzperu		
Průřezová plocha A	1,3800e-03	m ²
Únosnost na vzper $N_{b,Rd}$	112,88	kN
Jedn. posudek	0,77	-

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 8,4800 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{3,632[\text{m}]^2} = 133,20[\text{kN}]$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000,0[\text{MPa}] \times 8,4800 \cdot 10^{-7}[\text{m}^4]}{3,632[\text{m}]^2} = 133,20[\text{kN}]$$

$$\lambda_y = \frac{l_{cr,y}}{i_y} = \frac{3,632[\text{m}]}{25[\text{mm}]} = 146,54$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr,z}}{i_z} = \frac{3,632[\text{m}]}{25[\text{mm}]} = 146,54$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{146,54}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{235,0[\text{MPa}]}}} = 1,56$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = \frac{146,54}{\pi \times \sqrt{\frac{210000,0[\text{MPa}]}{235,0[\text{MPa}]}}} = 1,56$$

$$\varphi_y = 0,5 \times [1 + \alpha_y \times (\lambda_{rel,y} - \lambda_{rel,y,0}) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,56 - 0,20) + 1,56^2] = 1,86$$

$$\varphi_z = 0,5 \times [1 + \alpha_z \times (\lambda_{rel,z} - \lambda_{rel,z,0}) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (1,56 - 0,20) + 1,56^2] = 1,86$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\varphi_y + \sqrt{\varphi_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,y}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,86 + \sqrt{1,86^2 - 1,56^2}}, \frac{1}{1,56^2}, 1 \right) = \min(0,35, 0,41, 1) = 0,35$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\varphi_z + \sqrt{\varphi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}, \frac{1}{\lambda_{rel,z}^2}, 1 \right) = \min \left(\frac{1}{1,86 + \sqrt{1,86^2 - 1,56^2}}, \frac{1}{1,56^2}, 1 \right) = \min(0,35, 0,41, 1) = 0,35$$

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,35 \times 1,3800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 112,88 [kN]$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,35 \times 1,3800 \cdot 10^{-3} [m^2] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 112,88 [kN]$$

$$N_{b,Rd} = \min(N_{b,y,Rd}, N_{b,z,Rd}) = \min(112,88 [kN], 112,88 [kN]) = 112,88 [kN]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{b,Rd}} = \frac{|-86,41 [kN]|}{112,88 [kN]} = 0,77 \leq 1,00$$

=>VYHOVUJE

5.6.2 Posudok ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,3800e-03	m ²
Plastický modul průřezu W _{pl,y}	3,0694e-05	m ³
Plastický modul průřezu W _{pl,z}	3,0694e-05	m ³
Návrhová tlaková síla N _{Ed}	86,41	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{y,Ed}	-0,23	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M _{z,Ed}	-0,49	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N _{Rk}	324,30	kN
Charakteristická momentová únosnost M _{y,Rk}	7,21	kNm
Charakteristická momentová únosnost M _{z,Rk}	7,21	kNm
Redukční součinitel χ _y	0,35	
Redukční součinitel χ _z	0,35	
Redukční součinitel χ _{LT}	1,00	
Interakční součinitel k _{yy}	1,45	
Interakční součinitel k _{yz}	1,18	
Interakční součinitel k _{zy}	0,87	
Interakční součinitel k _{zz}	1,97	

Maximální moment M_{y,Ed} je odvozen z nosníku B792 pozice 1,614 m.

Maximální moment M_{z,Ed} je odvozen z nosníku B792 pozice 1,614 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment M _{h,z}	0,00	kNm
Moment v poli M _{s,z}	-0,49	kNm
Součinitel α _{h,z}	0,00	
Poměr koncových momentů ψ _z	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mz}	0,95	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment M _{h,LT}	0,00	kNm
Moment v poli M _{s,LT}	-0,23	kNm
Součinitel α _{h,LT}	0,00	
Poměr koncových momentů ψ _{LT}	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C _{mLT}	0,95	

Posudek (6.61) = 0,77 + 0,05 + 0,08 = 0,89 -

Posudek (6.62) = 0,77 + 0,03 + 0,13 = 0,93 -

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{h,z} = \frac{M_{h,z}}{M_{s,z}} = \frac{0,00[\text{kNm}]}{-0,49[\text{kNm}]} = 0,00$$

$$C_{mz} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,z} = 0,95 + 0,05 \times 0,00 = 0,95$$

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{0,00[\text{kNm}]}{-0,23[\text{kNm}]} = 0,00$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,LT} = 0,95 + 0,05 \times 0,00 = 0,95$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,3800 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 235,0[\text{MPa}] = 324,30[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 3,0694 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 7,21[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 3,0694 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 7,21[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (1,56 - 0,2) \times \frac{86,41[\text{kN}]}{0,35 \times \frac{324,30[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{86,41[\text{kN}]}{0,35 \times \frac{324,30[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,84; 1,45\} = 1,45$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 1,97 = 1,18$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,45 = 0,87$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,95 \times \left[1 + (2 \times 1,56 - 0,6) \times \frac{86,41[\text{kN}]}{0,35 \times \frac{324,30[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,95 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{86,41[\text{kN}]}{0,35 \times \frac{324,30[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{2,78; 1,97\} = 1,97$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{86,41[\text{kN}]}{0,35 \times \frac{324,30[\text{kN}]}{1,00}} + 1,45 \times \frac{|-0,23[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{7,21[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,18 \times \frac{|-0,49[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{7,21[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,89 \leq 1,00$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

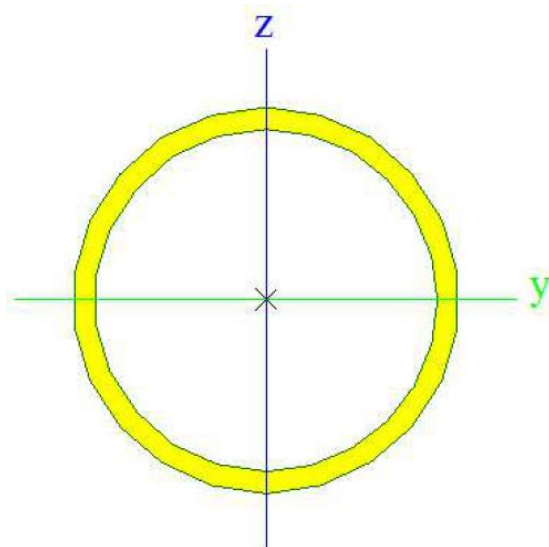
$$= \frac{86,41[\text{kN}]}{0,35 \times \frac{324,30[\text{kN}]}{1,00}} + 0,87 \times \frac{|-0,23[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00 \times \frac{7,21[\text{kNm}]}{1,00}} + 1,97 \times \frac{|-0,49[\text{kNm}]| + |0,00[\text{kNm}]|}{\frac{7,21[\text{kNm}]}{1,00}} = 0,93 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,89; 0,93) = 0,93 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

=> VYHOVUJE

5.7 Pozdĺžne stužidlo



Obr. 24: 88,9 X 5

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B4102	0,000 / 6,000 m	RO88.9X5	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,65 -
-------------	-----------------	----------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace

MSÚ-Sada B (auto) / ZS1 + 0.75*ZS6 + 1.50*ZS8 + ZS2 + ZS3

Dílčí souč. spolehlivosti

γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál

Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-34,48	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,30	kN
T_{Ed}	0,01	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace trubek podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

d [mm]	t [mm]	d/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
89	5	17,78	50,00	70,00	90,00	1

Průřez je klasifikován třídou 1

5.7.1 Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,3200e-03	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	3,5196e-05	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	34,48	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	0,46	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	310,20	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	8,27	kNm
Redukční součinitel χ_y	0,19	
Redukční součinitel χ_z	0,19	
Redukční součinitel χ_{LT}	1,00	
Interakční součinitel k_{yy}	1,31	
Interakční součinitel k_{zy}	0,79	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B4102 pozice 3,000 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B4102 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnic y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{k,LT}$	0,46	kNm
Součinitel $\alpha_{h,LT}$	0,00	
Poměr koncových momentů ψ_{LT}	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,95	

$$\text{Posudek (6.61)} = 0,57 + 0,07 + 0,00 = 0,65$$

$$\text{Posudek (6.62)} = 0,57 + 0,04 + 0,00 = 0,62$$

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{k,LT}} = \frac{0,00[kNm]}{0,46[kNm]} = 0,00$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,LT} = 0,95 + 0,05 \times 0,00 = 0,95$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 1,3200 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 235,0[MPa] = 310,20[kN]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 3,5196 \cdot 10^{-5}[m^3] \times 235,0[MPa] = 8,27[kNm]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (2,16 - 0,2) \times \frac{34,48[kN]}{0,19 \times \frac{310,20[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{34,48[kN]}{0,19 \times \frac{310,20[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{1,91, 1,31\} = 1,31$$

$$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 1,31 = 0,79$$

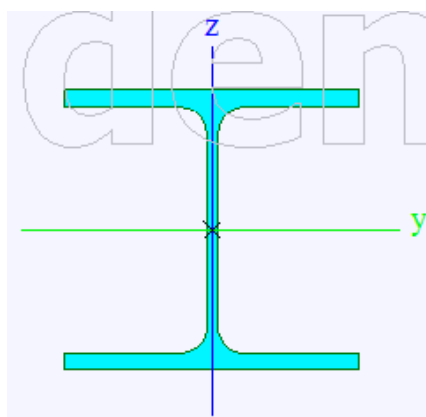
$$\begin{aligned} \text{Posudek (6.61)} &= \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{|34,48[kN]|}{0,19 \times \frac{310,20[kN]}{1,00}} + 1,31 \times \frac{|0,46[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{8,27[kNm]}{1,00}} + 1,08 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{8,27[kNm]}{1,00}} = 0,65 \leq 1,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Posudek (6.62)} &= \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ &= \frac{|34,48[kN]|}{0,19 \times \frac{310,20[kN]}{1,00}} + 0,79 \times \frac{|0,46[kNm]| + |0,00[kNm]|}{1,00 \times \frac{8,27[kNm]}{1,00}} + 1,80 \times \frac{|0,00[kNm]| + |0,00[kNm]|}{\frac{8,27[kNm]}{1,00}} = 0,62 \leq 1,00 \end{aligned}$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,65, 0,62) = 0,65 \leq 1,00$$

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

5.8 Čelný oblúk



Obr. 25: HEA 160

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B879	0,000 / 2,048 m	HEA160	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,38 -
-------------------	------------------------	---------------	--------------	--------------------------	---------------

Klíč kombinace	
MSÚ-Sada B (auto)	/ 1.15*ZS1 + 1.50*ZS5 + 1.15*ZS2 + 1.15*ZS3

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-61,42	kN
$V_{y,Ed}$	0,13	kN
$V_{z,Ed}$	2,57	kN
T_{Ed}	0,01	kNm
$M_{y,Ed}$	11,88	kNm
$M_{z,Ed}$	-0,26	kNm

5.8.1 Posudok ohybu a osového tlaku

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	3,8800e-03	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	2,4500e-04	m ³
Plastický modul průřezu $W_{pl,z}$	1,1750e-04	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	61,42	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	16,50	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	-0,26	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	911,80	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	57,58	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	27,61	kNm
Redukční součinitel χ_y	0,69	
Redukční součinitel χ_z	0,82	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	1,00	
Interakční součinitel k_{yy}	0,96	
Interakční součinitel k_{yz}	0,36	
Interakční součinitel k_{zy}	0,58	
Interakční součinitel k_{zz}	0,60	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B879 pozice 2,048 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B879 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnic γ	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniový moment M	
Poměr koncových momentů ψ_z	-0,05	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mz}	0,58	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	16,50	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	14,35	kNm
Součinitel $\alpha_{s,LT}$	0,87	
Poměr koncových momentů ψ_{LT}	0,72	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,90	

Posudek (6.61) = $0,10 + 0,27 + 0,00 = 0,38$ -

Posudek (6.62) = $0,08 + 0,16 + 0,01 = 0,25$ -

$C_{my} = 0,90$

$C_{mz} = \max(0,6 + 0,4 \times \psi_z, 0,4) = \max(0,6 + 0,4 \times -0,05, 0,4) = \max(0,58, 0,4) = 0,58$

$\alpha_{s,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{16,50[kNm]}{18,50[kNm]} = 0,87$

$C_{mLT} = \max(0,2 + 0,8 \times \alpha_{s,LT}, 0,4) = \max(0,2 + 0,8 \times 0,87, 0,4) = \max(0,90, 0,4) = 0,90$

$N_{Rk} = A \times f_y = 3,8800 \cdot 10^{-3}[m^2] \times 235,0[MPa] = 911,80[kN]$

$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 2,4500 \cdot 10^{-4}[m^3] \times 235,0[MPa] = 57,58[kNm]$

$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 1,1750 \cdot 10^{-4}[m^3] \times 235,0[MPa] = 27,61[kNm]$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (0,86 - 0,2) \times \frac{61,42[kN]}{0,69 \times \frac{911,80[kN]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{61,42[kN]}{0,69 \times \frac{911,80[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,96, 0,97\} = 0,96$$

$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,60 = 0,36$

$k_{zy} = 0,6 \times k_{yy} = 0,6 \times 0,96 = 0,58$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

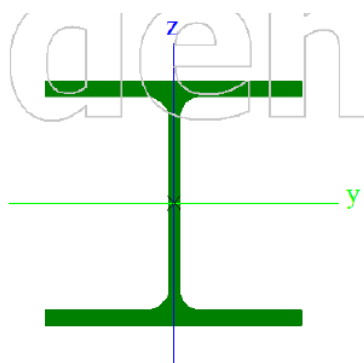
$$= \min \left\{ 0,58 \times \left[1 + (2 \times 0,53 - 0,6) \times \frac{61,42[kN]}{0,82 \times \frac{911,80[kN]}{1,00}} \right], 0,58 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{61,42[kN]}{0,82 \times \frac{911,80[kN]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,60, 0,65\} = 0,60$$

Posudek (6.61) = $\frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$

$$= \frac{61,42[kN]}{0,69 \times \frac{911,80[kN]}{1,00}} + 0,96 \times \frac{16,50[kNm] + 0,00[kNm]}{1,00 \times \frac{57,58[kNm]}{1,00}} + 0,36 \times \frac{-0,26[kNm] + 0,00[kNm]}{\frac{27,61[kNm]}{1,00}} = 0,38 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.9 Paždík



Obr. 26 : HEA 140

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B4073	3,054 / 6,108 m	HEA140	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0,95 -
-------------	-----------------	--------	-------	-------------------	--------

Klíč kombinace

MSÚ-Sada B (auto) / ZS1 + 1.50*ZS9 + ZS2 + ZS3

Dílčí souč. spolehlivosti

γ_{M0} pro únosnost průřezu	1,00
γ_{M1} pro stabilitu	1,00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál

Mez kluzu f_y	235,0	MPa
Mezní pevnost f_u	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI::....

Kritický posudek je na pozici 3,054 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N_{Ed}	-1,93	kN
$V_{y,Ed}$	-0,01	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
T_{Ed}	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	15,66	kNm
$M_{z,Ed}$	0,39	kNm

5.9.1 Posudok na ohyb

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,y}$	1,7333e-04	m ³
$M_{pl,y,Rd}$	40,73	kNm
Jedn. posudek	0,38	-

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,7333 \cdot 10^{-4} [m^3] \times 235,0 [MPa]}{1,00} = 40,73 [kNm]$$

$$\text{Jedn. posudek} = \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{|15,66 [kNm]|}{40,73 [kNm]} = 0,38 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

5.9.2 Posudok ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	3,1400e-03	m ²
Plastický modul průřezu $W_{pl,y}$	1,7333e-04	m ³
Plastický modul průřezu $W_{pl,z}$	8,5000e-05	m ³
Návrhová tlaková síla N_{Ed}	1,93	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	15,66	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	-0,76	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N_{Rk}	737,90	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	40,73	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	19,98	kNm
Redukční součinitel χ_y	0,01	
Redukční součinitel χ_z	0,46	
Modifikovaný redukční součinitel $\chi_{LT,mod}$	0,75	
Interakční součinitel k_{yy}	1,15	
Interakční součinitel k_{yz}	0,31	
Interakční součinitel k_{zy}	1,00	
Interakční součinitel k_{zz}	0,51	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B4073 pozice 3,054 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B4073 pozice 6,108 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.2	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{my}	0,90	
Výsledný typ zatížení z	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,z}$	-0,76	kNm
Moment v poli $M_{s,z}$	0,39	kNm
Součinitel $\alpha_{s,z}$	-0,51	
Poměr koncových momentů ψ_z	0,93	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mz}	0,51	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment $M_{h,LT}$	-0,01	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	15,66	kNm
Součinitel $\alpha_{h,LT}$	0,00	
Poměr koncových momentů ψ_{LT}	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C_{mLT}	0,95	

Posudek (6.61) = 0,35 + 0,59 + 0,01 = 0,95 -

Posudek (6.62) = 0,01 + 0,51 + 0,02 = 0,54 -

$$C_{my} = 0,90$$

$$\alpha_{s,z} = \frac{M_{s,z}}{M_{h,z}} = \frac{0,39[\text{kNm}]}{-0,76[\text{kNm}]} = -0,51$$

$$C_{m2} = \max(0,1 - 0,8 \times \alpha_{s,z}, 0,4) = \max(0,1 - 0,8 \times -0,51, 0,4) = \max(0,51, 0,4) = 0,51$$

$$\alpha_{h,LT} = \frac{M_{h,LT}}{M_{s,LT}} = \frac{-0,01[\text{kNm}]}{15,66[\text{kNm}]} = 0,00$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_{h,LT} = 0,95 + 0,05 \times 0,00 = 0,95$$

$$N_{Rk} = A \times f_y = 3,1400 \cdot 10^{-3}[\text{m}^2] \times 235,0[\text{MPa}] = 737,90[\text{kN}]$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \times f_y = 1,7333 \cdot 10^{-4}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 40,73[\text{kNm}]$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times f_y = 8,5000 \cdot 10^{-5}[\text{m}^3] \times 235,0[\text{MPa}] = 19,98[\text{kNm}]$$

$$k_{yy} = \min \left\{ C_{my} \times \left[1 + (\lambda_{rel,y} - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{my} \times \left(1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,90 \times \left[1 + (11,36 - 0,2) \times \frac{1,93[\text{kN}]}{0,01 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,90 \times \left(1 + 0,8 \times \frac{1,93[\text{kN}]}{0,01 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{4,38, 1,15\} = 1,15$$

$$k_{yz} = 0,6 \times k_{zz} = 0,6 \times 0,51 = 0,31$$

$$k_{zy} = \max \left(1 - \frac{0,1 \times \lambda_{rel,z}}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}}, 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right)$$

$$= \max \left(1 - \frac{0,1 \times 1,15}{0,95 - 0,25} \times \frac{1,93[\text{kN}]}{0,46 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}}, 1 - \frac{0,1}{0,95 - 0,25} \times \frac{1,93[\text{kN}]}{0,46 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} \right) = \max \{1,00, 1,00\} = 1,00$$

$$k_{zz} = \min \left\{ C_{mz} \times \left[1 + (2 \times \lambda_{rel,z} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], C_{mz} \times \left(1 + 1,4 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$= \min \left\{ 0,51 \times \left[1 + (2 \times 1,15 - 0,6) \times \frac{1,93[\text{kN}]}{0,46 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} \right], 0,51 \times \left(1 + 1,4 \times \frac{1,93[\text{kN}]}{0,46 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} \right) \right\} = \min \{0,51, 0,51\} = 0,51$$

$$\text{Posudek (6.61)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_y \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

$$= \frac{1,93[\text{kN}]}{0,01 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} + 1,15 \times \frac{15,66[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{0,75 \times \frac{40,73[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,31 \times \frac{|-0,76[\text{kNm}]}{19,98[\text{kNm}]} + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00} = 0,95 \leq 1,00$$

$$\text{Posudek (6.62)} = \frac{|N_{Ed}|}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \times \frac{|M_{y,Ed}| + |\Delta M_{y,Ed}|}{\chi_{LT,mod} \times \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{|M_{z,Ed}| + |\Delta M_{z,Ed}|}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}}$$

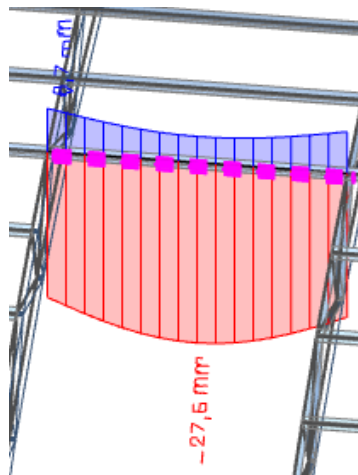
$$= \frac{1,93[\text{kN}]}{0,46 \times \frac{737,90[\text{kN}]}{1,00}} + 1,00 \times \frac{15,66[\text{kNm}] + |0,00[\text{kNm}]|}{0,75 \times \frac{40,73[\text{kNm}]}{1,00}} + 0,51 \times \frac{|-0,76[\text{kNm}]}{19,98[\text{kNm}]} + |0,00[\text{kNm}]|}{1,00} = 0,54 \leq 1,00$$

$$\text{Jedn. posudek} = \max(\text{Posudek (6.61)}, \text{Posudek (6.62)}) = \max(0,95, 0,54) = 0,95 \leq 1,00$$

=> VYHOVUJE

6 Medzný stav použiteľnosti

6.1 Vážnica



Obr. 27: Maximálny priebeh vážnice $\delta_{\max,z}$

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	u _x [mm]	u _y [mm]	u _z [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U _{total} [mm]
B195	6,000	MSP-Char (auto)/1	vážnice - HEA140	-14,4	0,0	-22,0	2,3	-0,6	1,3	26,3
B212	6,000	MSP-Char (auto)/2	vážnice - HEA140	10,7	0,0	-17,3	2,8	0,8	-1,6	20,3
B98	0,000	MSP-Char (auto)/3	vážnice - HEA140	-2,2	-0,4	0,0	2,5	-1,7	0,6	2,3
B1712	0,000	MSP-Char (auto)/4	vážnice - HEA140	-1,2	15,4	0,0	2,0	0,3	0,0	15,5
B224	3,000	MSP-Char (auto)/1	vážnice - HEA140	-10,0	0,0	-27,6	0,0	0,9	0,0	29,3
B234	3,000	MSP-Char (auto)/3	vážnice - HEA140	-7,3	0,0	16,7	0,0	0,1	0,0	18,2
B89	0,000	MSP-Char (auto)/5	vážnice - HEA140	-1,4	0,1	-0,2	-4,7	0,3	1,8	1,4
B344	0,000	MSP-Char (auto)/2	vážnice - HEA140	1,4	-0,1	-0,1	4,7	-0,3	1,8	1,4
B7	6,000	MSP-Char (auto)/5	vážnice - HEA140	0,0	0,0	0,0	1,2	-3,9	0,5	0,0
B17	6,000	MSP-Char (auto)/2	vážnice - HEA140	0,0	0,0	0,0	1,2	3,9	-0,5	0,0
B1666	0,000	MSP-Char (auto)/6	vážnice - HEA140	2,5	0,1	-3,4	1,5	-0,1	-3,3	4,3
B318	0,000	MSP-Char (auto)/2	vážnice - HEA140	8,6	0,0	-17,1	-1,3	-0,1	3,0	19,1

Tab. 6: Deformácie vážnic

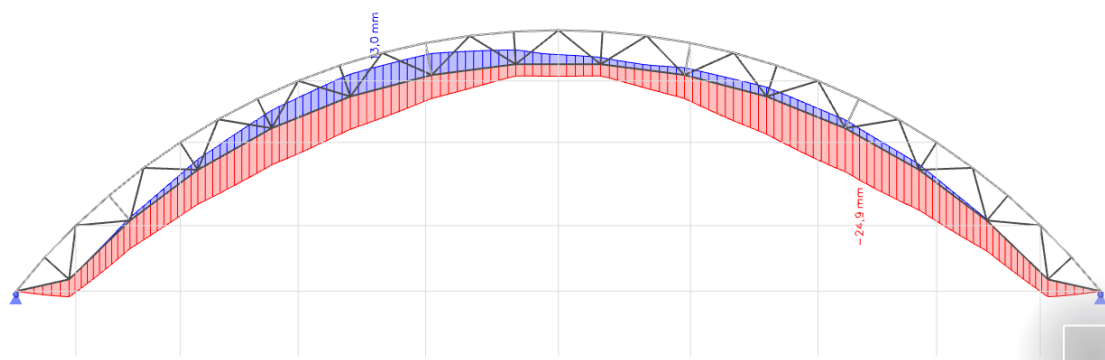
$$\delta_{\max} \leq \delta$$

$$\delta = \frac{l}{200} = \frac{6000}{200} = 30,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max,y} = 15,4 \text{ mm} \leq \delta = 30,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\delta_{\max,z} = 27,6 \text{ mm} \leq \delta = 30,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.2 Vážník



Obr. 28: Maximálny priehyb dolného pásu $\delta_{\max,z}$

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	u _x [mm]	u _y [mm]	u _z [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U _{total} [mm]
B3730	1,171	MSP/1	DP - RO159X20	10,8	0,0	-21,0	0,0	0,1	0,0	23,6
B3729	1,951	MSP/1	DP - RO159X20	10,4	0,0	-20,4	0,0	-0,6	0,0	22,9
B3726	1,951	MSP/2	DP - RO159X20	-0,1	16,1	-2,5	-0,3	0,0	0,0	16,2
B3722	3,122	MSP/3	DP - RO159X20	-14,8	0,0	-24,9	0,0	-0,1	0,0	29,0
B3728	2,732	MSP/4	DP - RO159X20	-8,5	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	15,5
B3731	0,390	MSP/5	DP - RO159X20	-2,3	6,9	1,8	-0,5	-0,4	0,7	7,5
B3731	0,390	MSP/1	DP - RO159X20	10,0	0,0	-19,4	0,0	0,9	0,0	21,8
B3719	0,000	MSP/6	DP - RO159X20	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,5	0,0	0,0
B3680	0,000	MSP/1	DP - RO159X20	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0
B3722	0,390	MSP/2	DP - RO159X20	-0,9	7,6	-3,2	-0,5	0,0	-0,7	8,3
B3730	3,512	MSP/5	DP - RO159X20	-2,5	7,6	2,0	-0,5	-0,3	0,7	8,2

Tab. 7: Deformácie dolného pásu

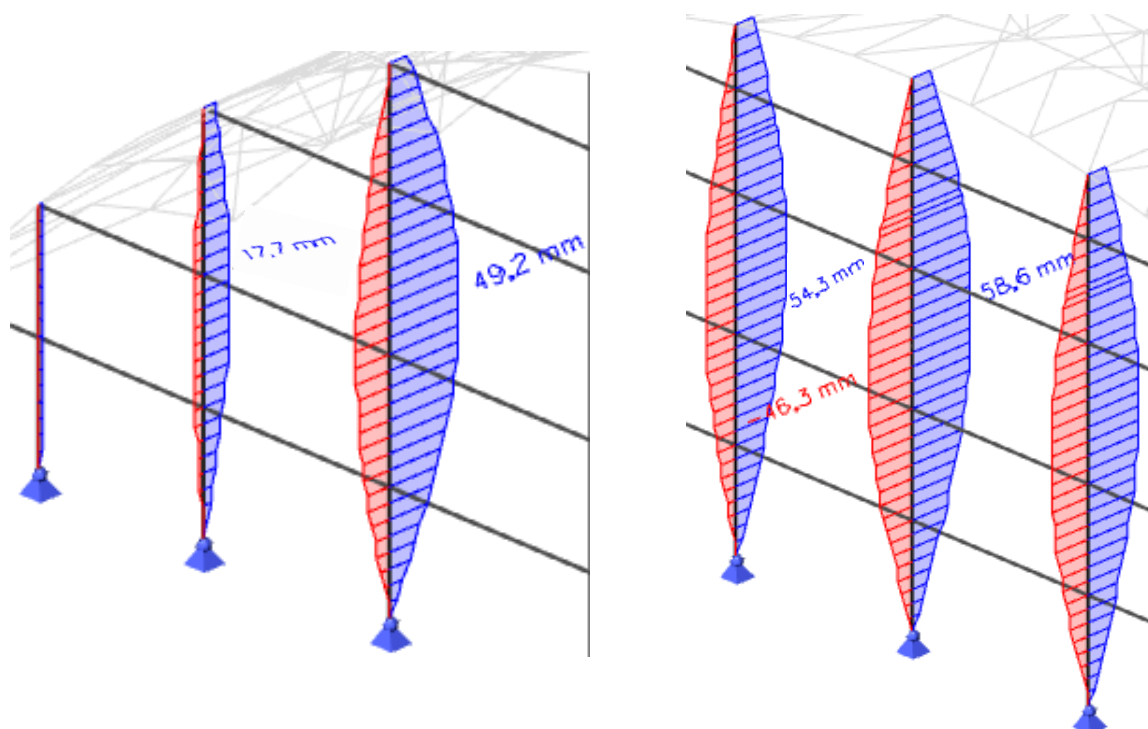
$$\delta_{\max} \leq \delta$$

$$\delta = \frac{l}{250} = \frac{50000}{250} = 200,0 \text{ mm}$$

$$\delta_{\max,y} = 16,1 \text{ mm} \leq \delta = 200,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\delta_{\max,z} = 24,9 \text{ mm} \leq \delta = 200,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

6.3 Čelné stĺpy



Obr. 29: Maximálne priehyby čelných stĺpov $\delta_{\max,y}$

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	U _x [mm]	U _y [mm]	U _z [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U _{total} [mm]
B2217	6,406	MSP/1	celne sloupy zbytek-HEB260	0,1	-40,3	0,0	-0,4	0,0	-9,6	40,3
B2218	12,671	MSP/2	celne sloupy zbytek-HEB260	1,4	0,2	-0,2	0,0	0,4	-3,4	1,4
B2217	12,671	MSP/3	celne sloupy zbytek-HEB260	-0,3	12,1	0,1	9,7	0,0	13,3	12,1
B2217	4,134	MSP/6	celne sloupy zbytek-HEB260	-0,2	40,9	0,0	-6,4	-0,2	14,4	40,9
B2218	6,788	MSP/3	celne sloupy zbytek-HEB260	0,6	49,2	0,0	0,3	0,2	-14,8	49,3

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	u _x [mm]	u _y [mm]	u _z [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U _{total} [mm]
B354	7,551	MSP/1	CS1 - HEB300	-0,2	-46,3	0,0	-0,2	0,0	8,5	46,3
B361	0,000	MSP/2	CS1 - HEB300	2,2	0,4	-0,1	0,0	0,4	0,1	2,2
B354	15,000	MSP/3	CS1 - HEB300	-1,2	16,6	0,0	9,5	-0,2	-9,2	16,6
B354	0,000	MSP/3	CS1 - HEB300	0,0	0,0	0,0	-11,6	0,0	-9,2	0,0
B354	0,000	MSP/1	CS1 - HEB300	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	8,5	0,0
B362	0,000	MSP/4	CS1 - HEB300	-3,4	0,1	-0,1	-5,1	-0,7	-3,8	3,4
B361	0,000	MSP/5	CS1 - HEB300	2,8	9,5	-0,1	4,9	0,6	5,8	9,9
B361	11,412-	MSP/6	CS1 - HEB300	0,0	-19,8	0,0	5,5	0,0	-11,1	19,8
B361	11,412-	MSP/3	CS1 - HEB300	0,0	29,1	0,0	-8,3	0,0	10,5	29,1
B354	7,933+	MSP/3	CS1 - HEB300	-0,2	58,6	0,0	-0,2	-0,1	-9,2	58,6

Tab. 8: Deformácie čelných stĺpov

$$\delta_{max} \leq \delta$$

$$\delta_1 = \frac{l}{250} = \frac{9841}{250} = 39,4 \text{ mm} \geq \delta_{max,1} = 17,7 \text{ mm} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

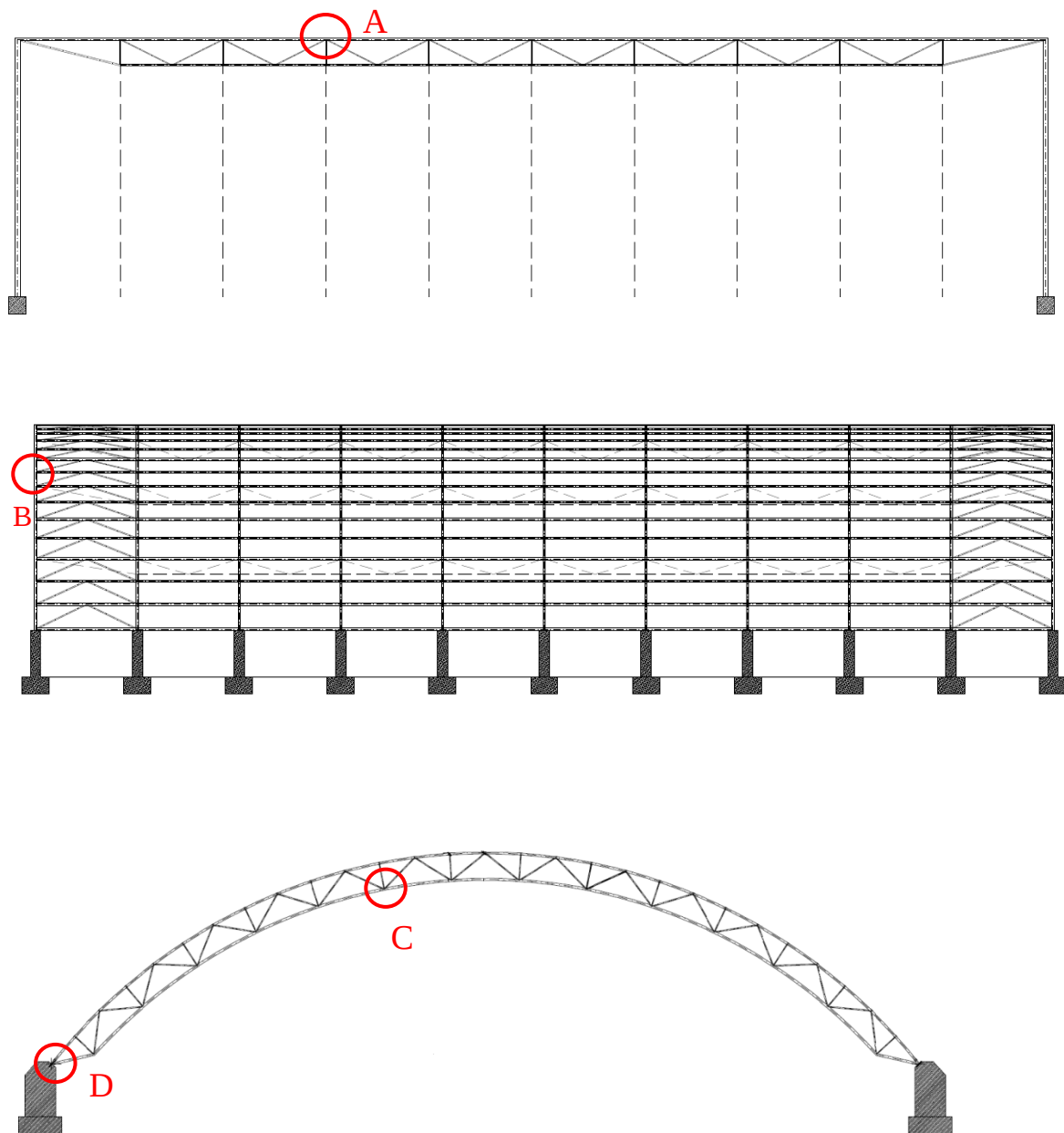
$$\delta_1 = \frac{l}{250} = \frac{12671}{250} = 50,7 \text{ mm} \geq \delta_{max,1} = 49,2 \text{ mm} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

$$\delta_1 = \frac{l}{250} = \frac{15000}{250} = 60,0 \text{ mm} \geq \delta_{max,1} = 58,6 \text{ mm} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

$$\delta_1 = \frac{l}{250} = \frac{14412}{250} = 57,6 \text{ mm} \geq \delta_{max,1} = 54,3 \text{ mm} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

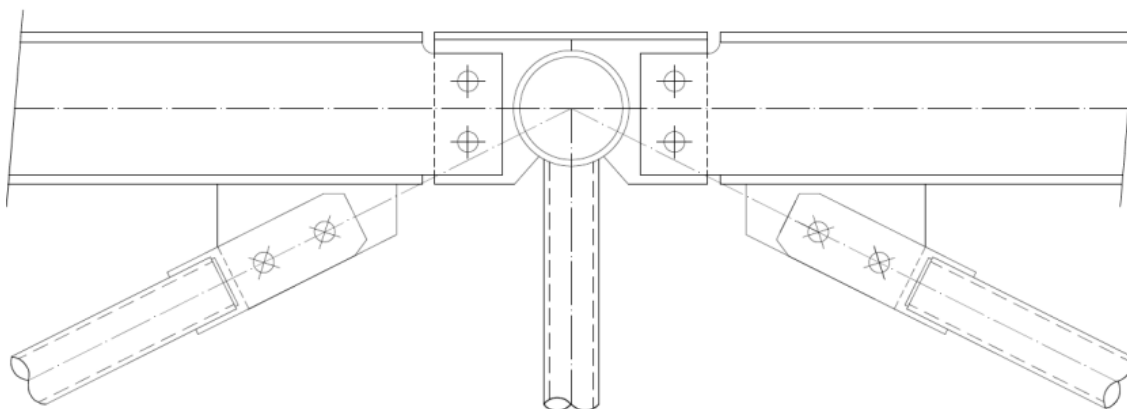
7 Detaily

V detaile A sa rieši pripojenie väzníc k hornému pásu a diagonál pozdĺžneho stužidla k väznici. Detail B je pripojenie stužidla k dolnému pásu, detail C je pripojenie diagonál stužidla. Detail D a E je pripojenie strešného stužidla k väznici.



Obr. 30: Vyznačenie riešených spojov

7.1 Detail A



Obr. 31: Prípoj vážnic a pozdĺžneho stužidla

7.1.1 Prípoj vážnic k hornému pásu

Vnútorne sily

$$N_{Ed,max} = 85,78 \text{ kN}, \quad V_{Ed,max} = 9,79 \text{ kN}$$

Návrh plechu a skrutiek

$$t_p = 10 \text{ mm}, \quad 2 \times M16 \text{ 8.8}$$

$$d = 16 \text{ mm}, \quad d_0 = 18 \text{ mm}, \quad A_s = 157 \text{ mm}^2, \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

Vzdialenosti k okrajom

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 22 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 22 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 37 \text{ mm}$$

$$p_2 = 2,4d_0 = 2,4 \times 18 = 43 \text{ mm} \rightarrow p_2 = 55 \text{ mm}$$

Únosnosť v strihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} x A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 x 500 x 157}{1,25} = 60,28 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{85,78}{2} = 42,89 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = 42,89 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 60,28 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 x \alpha x f_u x A_s x d x t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 x 0,74 x 360 x 16 x 5,5}{1,25} = 61,38 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{40}{3x18}; \frac{800}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(0,74; 2,22; 1,0) = 0,74$$

$$k_1 = \min\left(2,5; 1,4 x \frac{p_2}{d_0} - 1,7\right)$$

$$k_1 = \min(2,5; 2,58) = 2,5$$

$$F_{Ed,1} = 42,89 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 61,38 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posúdenie zvaru

$$a = 3 \text{ mm}, l = 2x130 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = 3,25 \text{ kN} \quad F_{\perp} = 85,78 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{2xa x l} = \frac{85,78 x 10^3}{2x3x130} = 109,97 \text{ MPa} \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2xa x l} = \frac{3,25 x 10^3}{2x3x130} = 4,17 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{109,97^2 + 3x109,97^2 + 3x4,17^2} = 220,07 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} x \beta_w} = \frac{360}{1,25 x 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 220,07 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.1.2 Prípoj diagonály pozdĺžneho stužidla k väznici

Vnútorne sily

$$N_{Ed,max} = 18,41 \text{ kN},$$

Návrh plechu a skrutiek

$$t_p = 5 \text{ mm}, 2 \times M16 \text{ 5.8}$$

$$d = 16 \text{ mm}, d_0 = 18 \text{ mm}, A_s = 157 \text{ mm}, f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Vzdialenosti k okrajom

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 22 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 30 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 22 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 2,2 \times 18 = 40 \text{ mm} \rightarrow p_2 = 60 \text{ mm}$$

Únosnosť v strihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 500 \times 157}{1,25} = 37,68 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{18,41}{2} = 9,21 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = 9,21 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 37,68 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 0,56 \times 360 \times 16 \times 5}{1,25} = 32,25 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{30}{3 \times 18}; \frac{500}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(0,56; 1,39; 1,0) = 0,56$$

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

$$k_1 = \min(2,5; 2,97) = 2,5$$

$$F_{Ed,1} = 9,21 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 32,25 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posúdenie zvaru plechu

$$a = 3 \text{ mm}, l = 2 \times 157 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = N_{Ed} \times \cos \alpha = 18,41 \times \cos 26,6 = 16,46 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = N_{Ed} \times \sin \alpha = 18,41 \times \sin 26,6 = 8,24 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{8,75 \times 10^3}{\sqrt{2}} = 6,19 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{\perp}}{a \times l} = \frac{8,24 \times 10^3}{3 \times 314} = 8,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \times a \times l} = \frac{16,46 \times 10^3}{2 \times 3 \times 157} = 17,47 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{6,19^2 + 3 \times 6,19^2 + 3 \times 17,47^2} = 32,7 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 32,7 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posúdenie zvaru diagonály

$$a = 3 \text{ mm}, l = 4 \times 50 \text{ mm}$$

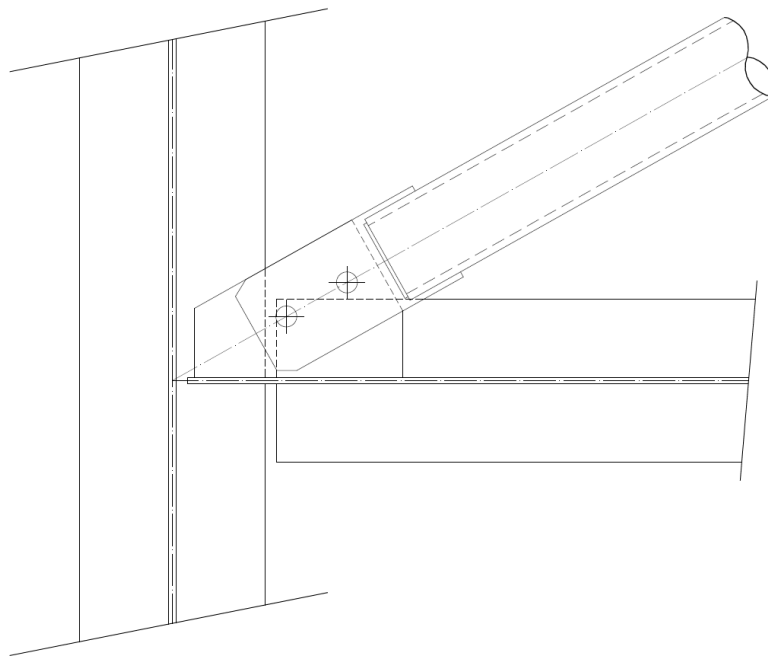
$$F_{\parallel} = 18,41 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \times a \times l} = \frac{18,41 \times 10^3}{2 \times 3 \times 100} = 30,68 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 3 \times 30,68^2} = 53,15 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 53,15 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.2 Detail B



Obr. 32:Prípoj strešného stúžidla

Vnútorne sily

$$N_{Ed,max} = 99,93 \text{ kN},$$

Návrh plechu a skrutiek

$$t_p = 5 \text{ mm}, 2 \times M16 \text{ 8.8}$$

$$d = 16 \text{ mm}, d_0 = 18 \text{ mm}, A_s = 157 \text{ mm}^2, f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

Vzdialenosti k okrajom

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 22 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 30 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 22 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 45 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 2,2 \times 18 = 40 \text{ mm} \rightarrow p_2 = 60 \text{ mm}$$

Únosnosť v strihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 800 \times 157}{1,25} = 60,28 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{99,93}{2} = 49,97 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = 49,97 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 360,28 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha x f_u x d x t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 0,56 \times 360 \times 16 \times 8}{1,25} = 51,61 \text{ kN}$$

$$\alpha = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{30}{3 \times 18}; \frac{800}{360}; 1,0\right)$$

$$\alpha = \min(0,56; 2,22; 1,0) = 0,56$$

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

$$k_1 = \min(2,5; 5,3) = 2,5$$

$$F_{Ed,1} = 49,97 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 51,61 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posúdenie zvaru plechu

$$a = 3 \text{ mm}, l = 2 \times 180 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = N_{Ed} \times \cos \alpha = 99,93 \times \cos 29,3 = 87,2 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = N_{Ed} \times \sin \alpha = 99,93 \times \sin 29,3 = 48,9 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{45,28 \times 10^3}{\sqrt{2}} = 32,02 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{\perp}}{a \times l} = \frac{48,9 \times 10^3}{3 \times 360} = 45,28 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \times a \times l} = \frac{87,2 \times 10^3}{2 \times 3 \times 180} = 80,75 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{32,02^2 + 3 \times 32,02^2 + 3 \times 80,75^2} = 153,82 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 153,82 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posúdenie zvaru diagonály

$$a = 3 \text{ mm}, l = 4 \times 50 \text{ mm}$$

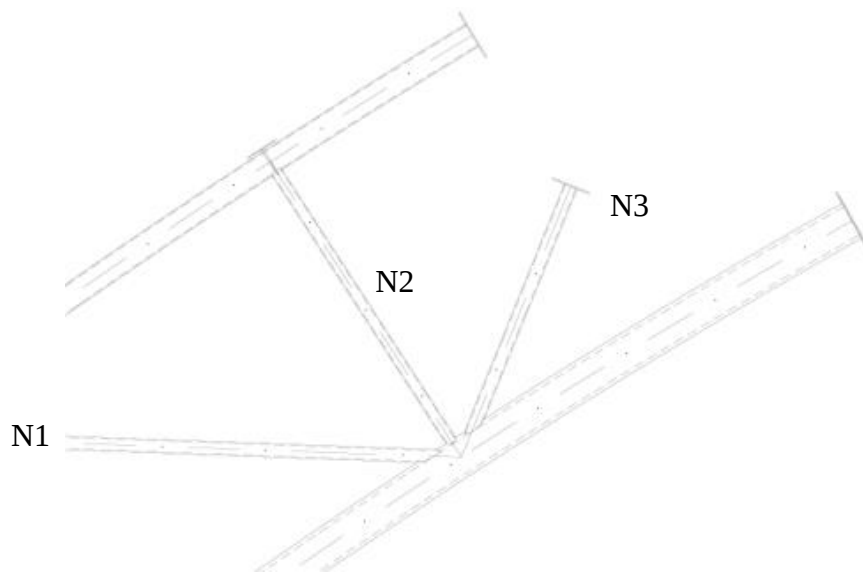
$$F_{\parallel} = 99,93 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{2 \times a \times l} = \frac{99,93 \times 10^3}{2 \times 3 \times 100} = 166,55 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 3 \times 166,55^2} = 288,47 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 288,47 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.3 Detail C



Obr. 33: Prípoj prútov a montážne spoje

7.3.1 Prípojenie diagonál a zvislice k dolnému pásu

Vnútorne sily

$$N_1 = 70,39 \text{ kN}, \quad N_2 = 17,63 \text{ kN} \quad N_3 = 54,92 \text{ kN}$$

Overenie prierezov

Zvislica:

$$0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} = \frac{48,3}{159} = 0,31 \leq 1,0 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$10 \leq \frac{d_1}{t_1} = \frac{48,3}{4} = 12,08 \leq 50 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Diagonály:

$$0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} = \frac{57}{159} = 0,36 \leq 1,0 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$10 \leq \frac{d_1}{t_1} = \frac{57}{4,5} = 12,67 \leq 50 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Diagonála 1

$$a = 3 \text{ mm}, \quad l = 2\pi r = 2\pi \times 28,5 = 179 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = N_{Ed} \times \cos \alpha = 70,39 \times \cos 38,6 = 55,01 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = N_{Ed} \times \sin \alpha = 70,39 \times \sin 38,6 = 43,91 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{81,7 \times 10^3}{\sqrt{2}} = 57,82 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{\perp}}{a \times l} = \frac{43,91 \times 10^3}{3 \times 179} = 81,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{a \times l} = \frac{55,01 \times 10^3}{3 \times 179} = 102,42 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{57,82^2 + 3 \times 57,82^2 + 3 \times 102,42^2} = 154,47 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 154,47 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Porušenie povrchu pásu

$$\begin{aligned} N_{1,Rd} &= \frac{k_g k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \alpha} \times \left(1,8 + 10,2 \times \frac{d_1 + d_2 + d_3}{d_0} \right) \\ &= \frac{1,95 \times 1 \times 235 \times 16^2}{\sin 38,6} \times (1,8 + 10,2 \times 0,34) = \end{aligned}$$

$$= 991,14 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 70,39 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{Ed}}{f_y} = \frac{14,12}{235} = 0,06$$

$$k_p = 1 - 0,3 n_p \times (1 + n_p) = 0,981$$

Prelomenie šmykom

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \times t_0 \times \pi \times d_i \times \frac{1 + \sin \alpha}{2 \sin^2 \alpha} = \frac{235}{\sqrt{3}} \times 0,020 \times \pi \times 0,057 \times \frac{1 + \sin 38,6}{2 \sin^2 38,6} = 810,9 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 810,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 70,39 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Zvislica

$$a = 3 \text{ mm}, l = 2\pi r = 2\pi \times 24,15 = 151 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{38,92 \times 10^3}{\sqrt{2}} = 27,52 \text{ MPa} \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{\perp}}{a \times l} = \frac{17,63 \times 10^3}{3 \times 151} = 38,92 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{27,52^2 + 3 \times 27,52^2 + 3 \times 0^2} = 55,04 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 55,04 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Diagonála 3

$$a = 3 \text{ mm}, l = 2\pi r = 2\pi \times 28,5 = 179 \text{ mm}$$

$$F_{\parallel} = N_{Ed} \times \cos \alpha = 54,92 \times \cos 38,6 = 42,92 \text{ kN}$$

$$F_{\perp} = N_{Ed} \times \sin \alpha = 54,92 \times \sin 38,6 = 34,26 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{63,8 \times 10^3}{\sqrt{2}} = 45,11 \text{ MPa} \leq \frac{0,9f_u}{\gamma_{M2}} = 259,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{F_{\perp}}{a \times l} = \frac{34,26 \times 10^3}{3 \times 179} = 63,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{\parallel}}{a \times l} = \frac{42,92 \times 10^3}{3 \times 179} = 79,93 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{45,11^2 + 3 \times 45,11^2 + 3 \times 79,93^2} = 165,25 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 165,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Porušenie povrchu pásu

$$\begin{aligned} N_{1,Rd} &= \frac{k_g k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \alpha} \times \left(1,8 + 10,2 \times \frac{d_1 + d_2 + d_3}{d_0} \right) \\ &= \frac{1,95 \times 1 \times 235 \times 16^2}{\sin 38,6} \times (1,8 + 10,2 \times 0,34) = \end{aligned}$$

$$=991,14 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 54,92 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{Ed}}{f_y} = \frac{14,12}{235} = 0,06$$

$$k_p = 1 - 0,3n_p(1 + n_p) = 0,981$$

Prelomenie šmykom

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \times t_0 \times \pi \times d_i \times \frac{1 + \sin \alpha}{2 \sin^2 \alpha} = \frac{235}{\sqrt{3}} \times 0,016 \times \pi \times 0,057 \times \frac{1 + \sin 38,6}{2 \sin^2 38,6} = 810,9 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = 810,9 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 54,92 \text{ kN} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

7.3.2 Montážny spoj horného pásu

$$N_{Ed,c} = -286,49 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,t} = 123,55 \text{ kN}$$

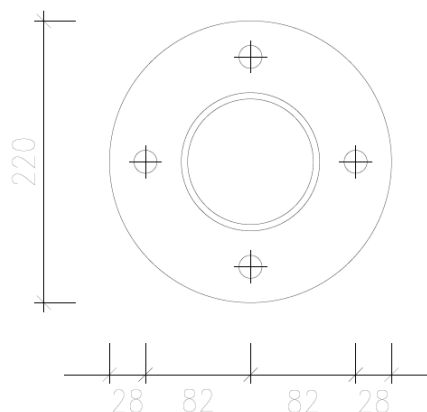
Návrh plechu a skrutiek

$$t_p = 12 \text{ mm}, 4 \times M16 \text{ 5.8}, d = 16 \text{ mm}, d_0 = 18 \text{ mm}, A_s = 157 \text{ mm}^2, f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Vzdialenosti k okrajom

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 21,6 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 28 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 2,2 \times 18 = 39,6 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 116 \text{ mm}$$



Obr. 34: Schéma spoja horného pásu väzníka

Únosnosť v ťahu

$$F_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{123,55}{4} = 30,89 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 500 \times 157}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 30,89 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 56,52 \text{ kN} \Rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

Únosnosť v pretlačení hlavy

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times f_u \times d_m \times t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 360 \times 25,9 \times 12}{1,25} = 168,72 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 168,72 \text{ kN} \leq F_{Ed,1} = 123,55 \text{ kN}$$

Páčenie skrutky

$$t \leq t_c$$

$$4,3 \times \sqrt[3]{\frac{b \times d^2}{a}} = 4,3 \times \sqrt[3]{\frac{28 \times 20^2}{28}} = 31,68 > 12 \text{ mm}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \times \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \times \frac{31,68^3 - 10^3}{16^2} = 1,02$$

$$F_{Ed} = \gamma_p \times N_{Ed,t} = 1,02 \times 42,88 = 31,41 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = 2 \times F_{t,Rd} = 4 \times 56,52 = 226,08 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 31,41 \text{ kN}$$

7.3.3 Montážny spoj dolného pásu

$$N_{Ed,c} = -277,24 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,t} = 210,90 \text{ kN}$$

Návrh plechu a skrutiek

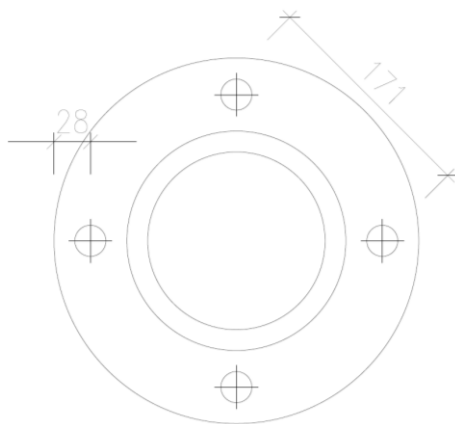
$$t_p = 12 \text{ mm}, 6 \times \text{M16 5.8}$$

$$d = 16 \text{ mm}, d_0 = 18 \text{ mm}, A_s = 157 \text{ mm}, f_{ub} = 500 \text{ MPa}$$

Vzdialenosti k okrajom

$$e_1 = 1,2d_0 = 1,2 \times 18 = 21,6 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 28 \text{ mm}$$

$$p_1 = 2,2d_0 = 2,2 \times 18 = 39,6 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 90 \text{ mm}$$



Obr. 35: Schéma spoja dolného pásu väzníka

Únosnosť v ťahu

$$F_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{210,9}{4} = 52,73 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 500 \times 157}{1,25} = 56,52 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 52,73 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 56,52 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť v pretlačení hlavy

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times f_u \times d_m \times t_p}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times \pi \times 360 \times 25,85 \times 10}{1,25} = 140,33 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 140,33 \text{ kN} \leq F_{Ed,1} = 52,73 \text{ kN}$$

Posúdenie zvaru

$$a = 3 \text{ mm}, l = 2\pi r = 2\pi \times 84,15 = 528,73 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{132,96}{\sqrt{2}} = 94,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N}{a \times l} = \frac{210,9 \times 10^3}{3 \times 528,73} = 132,96 \text{ MPa}$$

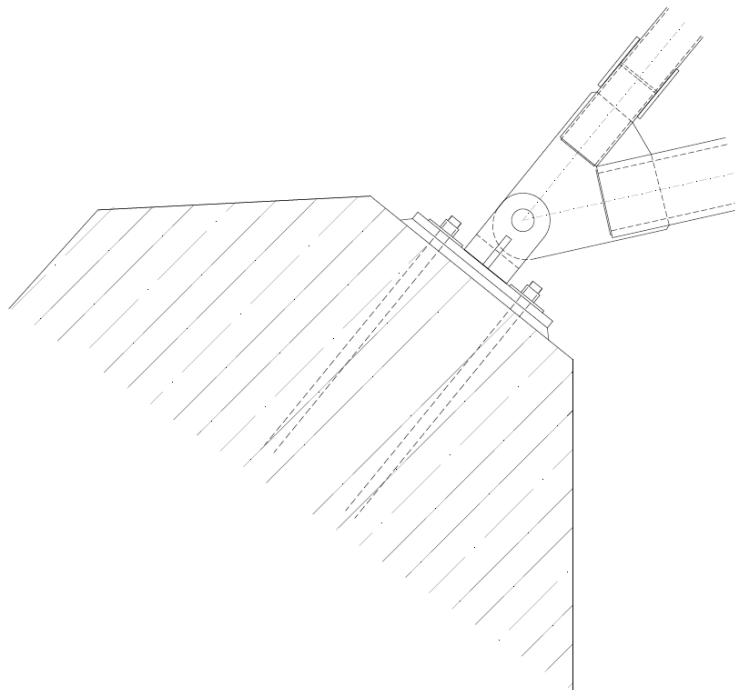
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} = \sqrt{94,02^2 + 3 \times 94,02^2 + 3 \times 0^2} = 188,03 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 188,03 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$33,59 \text{ MPa} \leq \frac{360}{1,25} = 177,42 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

7.4 Detail D



Obr. 36: Uloženie väzníka

7.4.1 Čapový spoj horného a dolného pásu k stĺpu

$$F_{Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{224,71^2 + 213,63^2} = 310,10 \text{ kN}$$

Návrh čapu: Ø50 mm

$$d_0 = 50 + 2 = 52 \text{ mm}$$

$$t > 0,7x \sqrt{\frac{F_{Ed}x\gamma_{M0}}{f_y}} = 0,7x \sqrt{\frac{310,10x10^3x1,0}{355}} = 25,43 \Rightarrow t = 30 \text{ mm}$$

$$a > \frac{F_{Ed}x\gamma_{M0}}{2xtxf_y} + \frac{2xd_0}{3} = \frac{310,10x10^3x1,0}{2x30x355} + \frac{2x52}{3} = 49,2 \Rightarrow a = 50 \text{ mm}$$

$$c > \frac{F_{Ed}x\gamma_{M0}}{2xtxf_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{310,10x10^3x1,0}{2x30x355} + \frac{52}{3} = 31,9 \Rightarrow c = 36 \text{ mm}$$

Návrhová únosnosť v strihu

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6xf_{up}xA}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6x500x\pi x25^2}{1,25} = 471,24 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 310,10 \text{ kN} \leq F_{V,Rd} = 471,24 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť v otláčení plechu a čapu

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5xtxdxf_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5x30x50x355}{1,0} = 798,75 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 310,10 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 798,75 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrhový moment únosnosti čapu

$$M_{Rd} = \frac{1,5xW_{el}xf_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5x\pi x60^2x355}{32} = 11,29 \text{ kN}$$

Pôsobiaci moment

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} x(b + 4c + 2a) = \frac{310x10^3}{8} x(30 + 4x1 + 2x15) = 2,48 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2,48 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 11,29 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kombinácia smyku a ohybu

$$\frac{M_{Ed}^2}{M_{Rd}^2} + \frac{F_{V,Ed}^2}{F_{V,Rd}^2} = \frac{2,48^2}{11,29^2} + \frac{310,10^2}{471,24^2} = 0,48 < 1,0$$

$\Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Posúdenie zvaru horného pásu k plechu

$$a = 5 \text{ mm}, l = 4 \times 100 \text{ mm}$$

$$F_{//} = 276,66 \text{ kN}$$

$$\tau_{//} = \frac{F_{//}}{a \times l} = \frac{276,66 \times 10^3}{4 \times 5 \times 100} = 138,33 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{//}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 3 \times 138,33^2} = 239,59 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 239,59 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posúdenie zvaru dolného pásu k plechu

$$a = 5 \text{ mm}, l = 4 \times 100 \text{ mm}$$

$$F_{//} = 108,70 \text{ kN}$$

$$\tau_{//} = \frac{F_{//}}{a \times l} = \frac{108,70 \times 10^3}{4 \times 5 \times 100} = 54,35 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{//}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 3 \times 54,35^2} = 94,14 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2} \times \beta_w} = \frac{360}{1,25 \times 0,8} = 360 \text{ MPa} \geq 94,14 \text{ MPa} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8 Kotvenie stĺpu

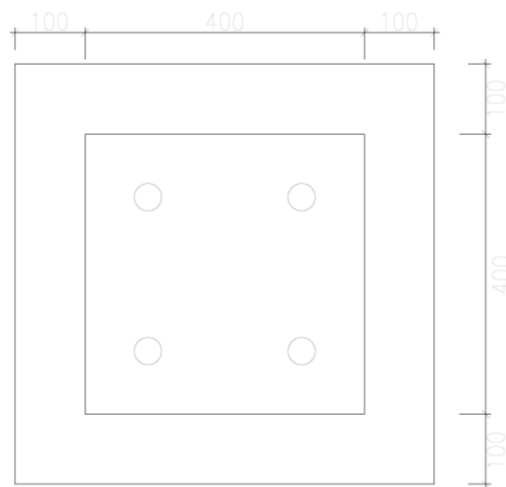
8.1 Kotvenie K1

Podporové reakcie

$$N_{\max,X} = 224,71 \text{ kN}$$

$$N_{\text{odp,max},Z} = -213,63 \text{ kN}$$

$$V_{\max,Y} = -88,01 \text{ kN}$$



Obr. 37: Kotvenie K1

Podliatie:

$$t = 20 \text{ mm}$$

C30/37

Návrh pätného plechu: $t_p = 20 \text{ mm}$ $b = 400 \text{ mm}$ $a = 400 \text{ mm}$

$$f_{yp} = 235 \text{ MPa} \quad f_u = 360 \text{ MPa}$$

Návrh základovej pätky: 600 x 600

Kotevné skrutky: Ø36

$$A = 4,52 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad f_{yb} = 640 \text{ MPa} \quad d = 24 \text{ mm}$$

$$A_s = 3,53 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad f_{ub} = 800 \text{ MPa} \quad d_0 = 64 \text{ mm}$$

Navrhujem => 4 x Ø36 8.8

Minimálne rozteče:

$$e_1 = 1,2d_0 = 47 \text{ mm} \quad p_1 = 2,2d_0 = 86 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,2d_0 = 47 \text{ mm} \quad p_2 = 2,4d_0 = 94 \text{ mm}$$

$$\text{Navrhujem} \Rightarrow e_1 = e_2 = 90 \text{ mm}$$

$$p_1 = p_2 = 220 \text{ mm}$$

8.2 Návrhová únosnosť pätky stĺpu

$$a_1 = b_1 = 600 \text{ mm}$$

$$a = b = 400 \text{ mm}$$

Súčiniteľ koncentrácie

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{ab}} = \sqrt{\frac{600^2}{400^2}} = 1,50$$

Návrhová pevnosť betónu

$$f_{jd} = \frac{0,67 k_j f_{cb}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \times 1,50 \times 30}{1,5} = 20,1 \text{ MPa}$$

Určenie efektívnej plochy pätky

$$c = t \times \sqrt{\frac{f_y}{3 f_{jd} \gamma_{M0}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 13,51 \times 1,0}} = 39,5$$

$$A_{\text{eff}} = 53276 \text{ mm}^2 \text{ (hodnota z AutoCadu)}$$

Návrhová únosnosť tlačenej pätky

$$N_{\text{Rd}} = A_{\text{eff}} \times f_{jd} = 53276 \times 20,1 = 1070,85 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Rd}} = 1070,85 \text{ kN} > N_{\text{Ed}} = 310,10 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnosť pätného plechu

$$N_{\text{pl,Rd}} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10500 \times 235}{1,0} = 2467,5 \text{ kN}$$

$$N_{\text{pl,Rd}} = 2467,5 \text{ kN} > N_{\text{Ed}} = 310,10 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

8.3 Posúdenie kotevných skrutiek

$$N_{Ed,1} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{310,10}{4} = 77,53 \text{ kN}$$

Návrhová únosnosť 1 skrutky v ťahu

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 817}{1,25} = 470,59 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 77,53 \text{ kN} \leq F_{t,Rd} = 470,59 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnosť 1 skrutky v strihu

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 800 \times 817}{1,25} = 313,72 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{175,63}{4} = 43,91 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 43,91 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 313,72 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnosť 1 skrutky za ohybu

$$M_{Ed} = V_{Ed} \times e = 175,63 \times 0,03 = 5,27 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{n} = \frac{5,27}{4} = 1,32 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = W_y \times f_y = 4581,62 \times 640 = 2,93 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 1,32 \text{ kNm} \leq M_{Rd} = 2,93 \text{ kNm} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Návrhová únosnosť 1 skrutky v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha \times f_u \times A_s \times d \times t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1,0 \times 360 \times 36 \times 20}{1,25} = 518,40 \text{ kN}$$

$$F_{Ed,1} = 77,53 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 518,40 \text{ kN} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Schematický pôdorys	27
Obr. 2: Schematický priečny rez	28
Obr. 3: Schematická čelná stena.....	28
Obr. 4: Axonometria.....	29
Obr. 5: Mapa snehových oblastí ČR s vyznačením výstavby	32
Obr. 6: Tvarové súčinitele zaťaženia snehom	32
Obr. 7: Roznos plného snehu na väznice.....	33
Obr. 8: Roznos snehu naviateho vľavo.....	33
Obr. 9: Roznos snehu naviateho vpravo	34
Obr. 10: Tvarové súčinitele zaťaženia snehom	34
Obr. 11: Mapa veterných oblastí ČR s vyznačením výstavby.....	36
Obr. 12: Zaťaženie od pozdĺžneho vetra na čelné steny.....	37
Obr. 13: Zaťaženie od pozdĺžneho vetra na strechu	38
Obr. 14: Taťaženie od priečneho vetra na čelné a bočné steny	40
Obr. 15: Schéma pôsobenia vetra na strechu.....	41
Obr. 16: Súčinitele vonkajšieho tlaku pre valcovú strechu	42
Obr. 17: Kľúč kombinácii z programu	44
Obr. 18: TR Ø 108 X 5	45
Obr. 19: TR Ø 168,3 X 16	50
Obr. 20: HEA 140.....	54
Obr. 21: TR Ø 57 X 4,5	57
Obr. 22: HEB 300	61
Obr. 23: TR Ø 76,1 X 6,3	67

Obr. 24: 88,9 X 5	71
Obr. 25: HEA 160.....	73
Obr. 26 : HEA 140.....	75
Obr. 27: Maximálny priehyb väznice $\delta_{\max,z}$	78
Obr. 28: Maximálny priehyb dolného pásu $\delta_{\max,z}$	79
Obr. 29: Maximálne priehyby čelných stĺpov $\delta_{\max,y}$	80
Obr. 30: Vyznačenie riešených spojov	82
Obr. 31: Prípoj väzníc a pozdĺžneho stužidla	83
Obr. 32:Prípoj strešného stužidla	87
Obr. 33: Prípoj prútov a montážne spoje.....	90
Obr. 34: Schéma spoja horného pásu väzníka	93
Obr. 35: Schéma spoja dolného pásu väzníka	95
Obr. 36: Uloženie väzníka	96
Obr. 37: Kotvenie K1	99

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1: Hodnoty súčiniteľov a výsledných zaťažení na jednotlivé väznice	35
Tab. 2: Zaťaženie od pozdĺžneho vetra na pažďíky čelnej a pozdĺžnej steny	38
Tab. 3: Zaťaženie väzníc od pozdĺžneho vetra	39
Tab. 4: Zaťaženie od priečneho vetra na pažďíky	41
Tab. 5: Zaťaženie od priečneho vetra na väznice	43
Tab. 6: Deformácie väzníc.....	78
Tab. 7: Deformácie dolného pásu.....	79
Tab. 8: Deformácie čelných stĺpov	80