



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

AUTOSALON V OLOMOUCI

CAR SHOW ROOM IN OLOMOUC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Štěpán Mudrák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIK Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Štěpán Mudrák
Název	Autosalon v Olomouci
Vedoucí práce	doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce autosalonu v lokalitě Olomouc. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu. Nosné konstrukční prvky navrhnete s využitím lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva nebo oceli. Volba materiálu, základních dispozičních a konstrukčních parametrů a rozměrů objektu s možností vystavení nejméně 8 vozidel je součástí diplomové práce. Konstrukci navrhnete v alternativním uspořádání.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

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).

doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je návrh a statický posudek dřevěné nosné konstrukce autosalonu v lokalitě Olomouc. Půdorysné rozměry objektu jsou 16 x 37 m, střecha je navržena ve sklonu 5° jako pultová s převislým koncem, který vystupuje o 6 m přes čelní stěnu. Půdorysné rozměry střechy jsou tedy 22 x 37 m. Objekt je navržen jako dvojpodlažní s dvěmi úrovněmi 2NP. Maximální výška konstrukce je cca 9,0 m. Řešení je založeno na studii dvou posuzovaných variant materiálového řešení, jedna ze dřeva, druhá z oceli. Z variant byla vybrána vhodnější a pro tu byly zpracovány výkresy, statický výpočet a technická zpráva. Hlavní nosný systém tvoří příčná vazba s jedním rámovým rohem v osové vzdálenosti 6 m. Hlavním nosným materiálem je lepené lamelové dřevo doplněné prvky z rostlého dřeva a oceli. Střešní plášť je podporován příčnými vaznicemi bočně uloženými na vazníku. Nosným prvkem stropů jsou prvky systému Novatop Element Prostorovou tuhost zajišťují ocelová ztužidla. Statická analýza byla řešena metodou konečných prvků za pomoci software Scia Engineer 21, kde bylo provedeno i posouzení prvků na mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Posudky přípojí byly vypracovány ručně a s podporou software Idea Statica a Hilti Engineering Suite.

KLÍČOVÁ SLOVA

diplomová práce, víceúčelový objekt, autosalon, dřevo, lepené lamelové dřevo, rámový přípoj, pultová střecha, metoda konečných prvků, návrh a posouzení, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, Scia Engineer, Idea Statica, Hilti Engineering Suite

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis is structural design of a car showroom building in Olomouc. The layout dimensions are 16 x 37 m, the roof is designed as a 5° slope half span roof with cantilever hanging of 6 m. Roof layout dimensions are therefore 22 x 37 m. The object is designed as a two – storey building with two levels of second floor. Maximum height of the structure is about 9,0 m. The design is based on a study of two material variants – timber and steel structure. More suitable variant was chosen and following drawings, structural design report and technical report were processed. Main structural system is designed as a one rigid corner column – girder connection, 6 m axis dimensions. Main structural material is a glued laminated timber, completed with coniferous timber and steel elements. The roofing is supported by rafters which are connected to the main roof truss. Bearing element of floors is a Novatop Element structural system. The spatial rigidity of structure is ensured by steel stiffeners. Structural analysis was carried out by finite element method in software Scia Engineer 21, where the design of the basic elements for ultimate limit state and serviceability limit state was made. Connection design was processed manually and with software Idea Statica and Hilti Engineering Suite.

KEYWORDS

diploma thesis, multipurpose building, car showroom, timber, glued laminated timber, half span roof, finite element method, structural design, ultimate limit state, serviceability limit state, Scia Engineer, Idea Statica, Hilti Engineering Suite

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Štěpán Mudrák *Autosalon v Olomouci*. Brno, 2021. 153 s., 126 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Autosalon v Olomouci* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Štěpán Mudrák
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Autosalon v Olomouci* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Štěpán Mudrák
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, doc. Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D., především za trpělivost, odborné rady a zkušenosti, které mi během práce a studia poskytl. Dále svým blízkým, pro které tato práce a celé studium byla podobně náročné, jako pro mě. Díky.

V Brně dne 14. 1. 2022

Bc. Štěpán Mudrák
autor práce



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

A – PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Štěpán Mudrák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2021

OBSAH

Textová část

A – Průvodní zpráva

B – Technická zpráva

C – Statický výpočet

D – Výkresová dokumentace

D1 – Výkres kotvení

D2 – 2.1 Půdorysy

2.2 Řezy

2.3 Pohledy

D3 – Detaily přípojů

E – Příloha ke statickému výpočtu

Obsah

1	Úvod	10
2	Dispozice objektu	11
3	Studie variant	11
3.1	Varianta 1	11
3.2	Varianta 2	13

1 Úvod

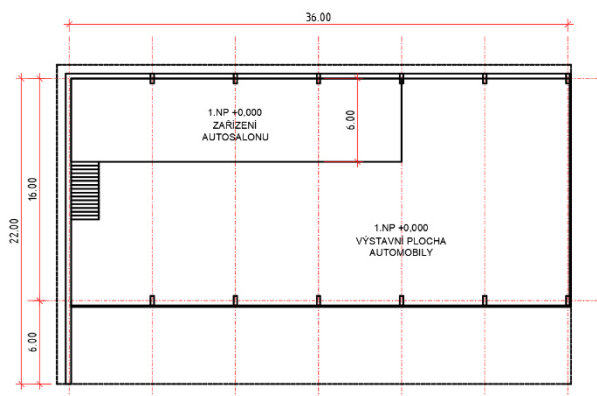
Cílem této diplomové práce bylo navrhnout nosnou konstrukci pro objekt autosalonu a výstavní prostor pro minimálně 8 automobilů.

Navrhl jsem halový objekt o půdorysných rozměrech 16 x 22 m s převislou pultovou střechou a vloženým druhým nadzemním podlažím rozděleným na dvě části. První část se bude nacházet nad technickým a kancelářským zázemím budovy a místo bude vyhrazeno pro kavárnu s výhledem na vystavené automobily. Druhá část podlaží se bude nacházet nad volnou výstavní plochou a bude sloužit k výstavě motocyklů. Vystavované motocykly se do druhého podlaží dostanou vysokozdvížným vozíkem zevnitř či zvenku budovy.

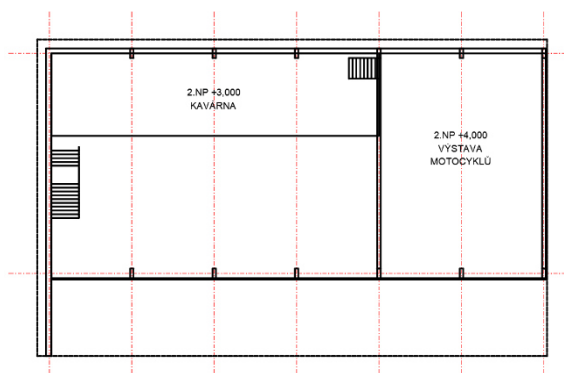


Obrázek 1 Vizualizace objektu

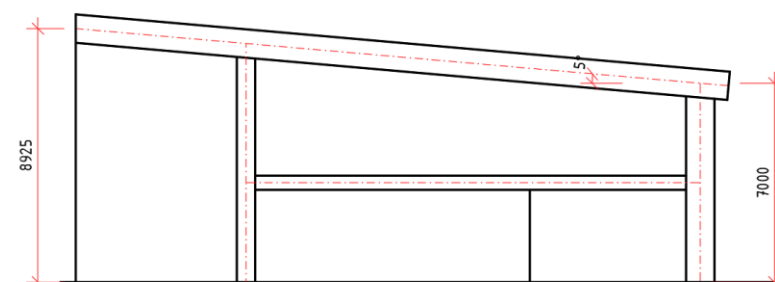
2 Dispozice objektu



Obrázek 3 Půdorys 1NP



Obrázek 2 Půdorys 2NP



Obrázek 4 Příčný řez objektem

3 Studie variant

Pro tuto práci byly navrženy dvě varianty materiálového řešení při zachování podobné geometrie objektu.

- 1) Dřevěná nosná konstrukce
- 2) Ocelová nosná konstrukce

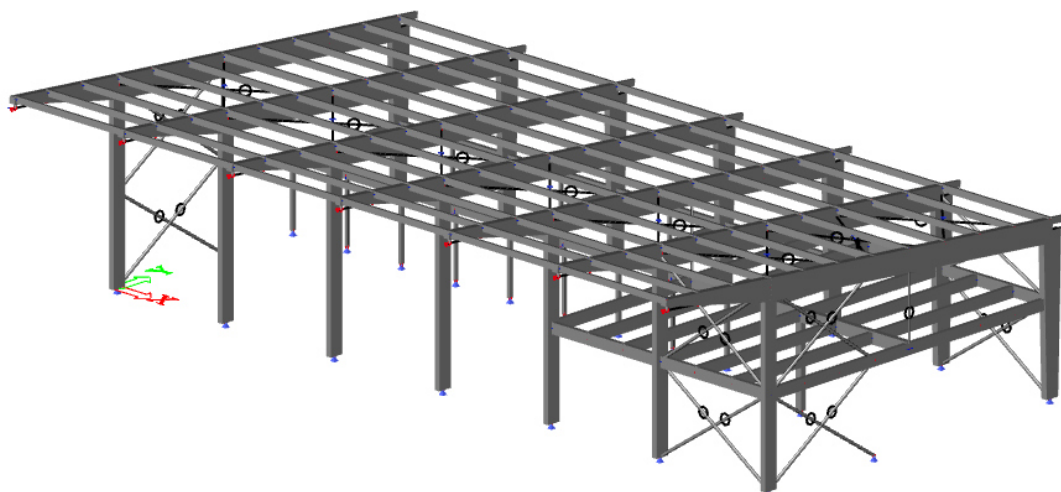
Varianty byly porovnány z hlediska statiky, hmotnosti, estetiky, ekologie, celkového dojmu a odhadované ceny za materiál a provedení.

3.1 Varianta 1

V této variantě návrhu jsou hlavní nosné prvky konstrukce navrženy ze dřeva. Nejvíce namáhané prvky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL24h a GL32h, méně namáhané prvky z rostlého dřeva C24. Zatížení působící na střechu je přes střešní plášť přenášeno do příčných vaznic, které podporují hlavní střešní plnostěnné vazníky s proměnnou výškou. Nosnou část skladby stropu tvoří stropní panely Novatec Element, které jsou bočně kotveny na nosníkový rošt podporovaný středním průvlakem a obvodovými částmi stropu.

K zajištění prostorové tuhosti konstrukce přispívají střešní a stěnová ztužidla tvořené ocelovými prvky a táhly. Konstrukce je také ztužena rámovým přípojem střešního vazníku na zadní sloup. Přípoje prvků jsou především řešeny spojovacími ocelovými prvky.

Z estetických důvodů, asi 70% celkové hmotnosti materiálu a mé zálibě ve dřevě jsem se rozhodl pro vybrání této varianty k podrobnějšímu zpracování statického výpočtu, detailů přípojí a výkresové dokumentace.



Obrázek 5 Varianta 1 – dřevo – prostorový model

Tabulka 1 Výkaz materiálu

Výkaz materiálu

Výběr: Vše

Materiál	Hmotá [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Ocel	3444.04	77.673	4.3873e-01
Dřevo	46531.49	1266.388	1.0124e+02
Celkem	49975.53	1344.061	1.0168e+02

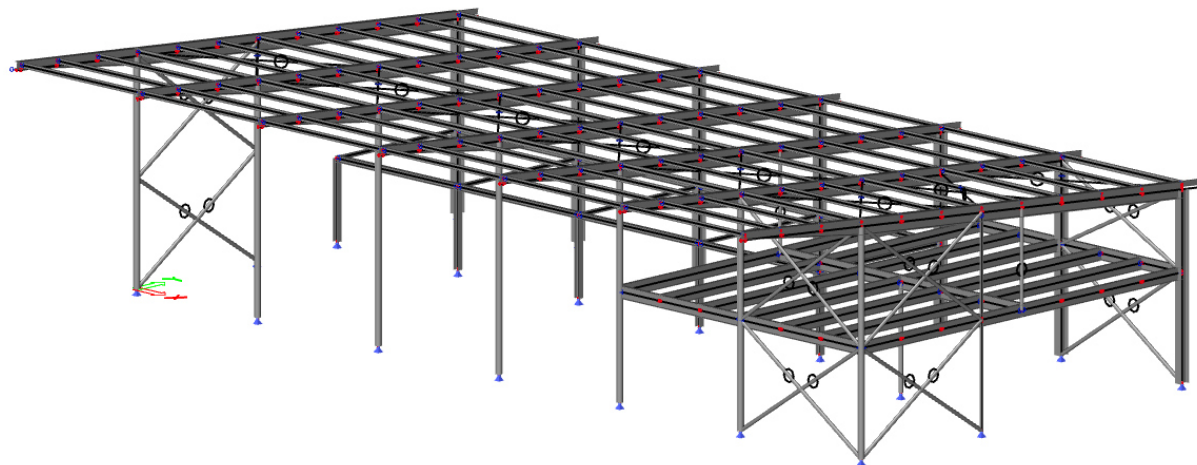
Tabulka 2 Varianta dřevo – rozhodující posudky na MSÚ a MSP

Číslo	Prvek	Tvar průřezu	Rozměry		Materiál	MSÚ		MSP	Využití
			b [mm]	h [mm]		Posudek v řezu	Posudek stability		
1	Vaznice	obdélník	140	280	C24	0,59	0,6	0,82	82%
2	Vaznice se ztužidlem	obdélník	140	300	C24	0,52	0,71	0,68	71%
3	Střešní vazník	obdélník, prom. výška	300	300 - 1000	GL32h	0,51	0,51	0,87	87%
4	Zadní sloup	obdélník, prom. výška	300	650 - 1000	GL24h	0,31	0,56	0,08	56%
5	Čelní sloup	obdélník	250	650	GL24h	0,15	0,26	0,16	26%
6	Stropní průvlak	obdélník	260	550	GL32h	0,92	0,93	0,22	93%
7	Stropní nosník	obdélník	200	500	GL32h	0,52	0,52	0,64	64%
8	Podpora stropu 2NP	obdélník	260	300	GL24h	0,29	0,34	0	34%
9	Sloup 1NP	obdélník	160	200	C24	0,51	0,63	0,29	63%
10	Stropní nosník 1NP	obdélník	200	300	C24	0,67	0,4	0,18	67%
11	Ztužení 1NP	obdélník	120	200	C24	0,07	0,07	0,1	10%
12	Stěnová výměna 1NP	obdélník	120	160	C24	0,26	0,65	0	65%
13	Střešní táhlo	kruh	R20		S355	0,77	0	0,13	77%
14	Stěnové ztužidlo	CHS	139,7x5		S235	0,3	0,91	0,04	91%
15	Závěs stropu 2NP	CHS	88,9x5		S235	0,39	0	0,04	39%

3.2 Varianta 2

V této variantě byla konstrukce navržena především z oceli. Bylo zachováno konstrukční uspořádání a prvky byly navrženy a posouzeny na mezní stavy únosnosti a použitelnosti v programu Scia Engineer.

Tato varianta byla řešena pouze v úrovni návrhu prvků, statický posudek prvků bude přiložen ve formě výstupu z programu Scia Engineer.



Obrázek 6 Varianta 2 – ocel – prostorový model

Tabulka 3 Výkaz materiálu

Výkaz materiálu

Výběr: Vše

Materiál	Hmotá [kg]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]
Ocel	70425.94	1238.734	8.9715e+00
Celkem	70425.94	1238.734	8.9715e+00

Tabulka 4 Varianta 2 - rozhodující posudky MSÚ a MSP

Číslo	Prvek	Tvar průřezu	Rozměry	Materiál	MSÚ		MSP	Využití
					Posudek v řezu	Posudek stability		
1	Vaznice	IPE	200	S235	0,32	0,79	0,82	82%
2	Vaznice se ztužidlem	IPE	240	S235	0,4	0,9	0,75	90%
3	Střešní vazník	proměnný HEB	260-600	S235	0,4	0,9	0,35	90%
4	Zadní sloup	HEB	400	S235	0,07	0,39	0,08	39%
5	Čelní sloup	CHS	244,5x8	S235	0,21	0,95	0,43	95%
6	Stropní průvlak	IPE	500	S235	0	0,71	0,04	71%
7	Stropní nosník	IPE	450	S235	0,97	0,15	0,18	97%
8	Podpora stropu 2NP	CHS	168,3x5	S235	0,71	0,86	0	86%
9	Sloup 1NP	HEB	220	S235	0,06	0,12	0,04	12%
10	Stropní nosník 1NP	HEB	220	S235	0,7	0,4	0,48	70%
11	Ztužení 1NP	IPE	160	S235	0,03	0,03	0,05	5%
12	Střešní táhlo	kruh	R20	S355	0,88	0	0	88%
13	Stěnové ztužidlo	CHS	139,7x5	S235	0,3	0,89	0	89%
14	Závěs stropu 2NP	CHS	88,9x5	S235	0,39	0	0,07	39%



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

B – TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Štěpán Mudrák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2021

Obsah

1	Úvod	3
2	Materiál	4
2.1	Nosná konstrukce	4
2.2	Skladby konstrukcí	4
2.2.1	Skladba střešního pláště	4
2.2.2	Skladba stropní konstrukce.....	4
2.2.3	Stěnové konstrukce.....	5
2.3	Spoje.....	5
2.4	Ochrana materiálu	5
3	Zatížení.....	5
3.1	Stálé zatížení.....	5
3.2	Proměnné zatížení	5
4	Statická analýza konstrukce	6
5	Popis konstrukčního řešení.....	6
6	Výroba, doprava a montáž.....	7
7	Výkaz materiálu nosné konstrukce.....	8
7.1	Dřevěné prvky	8
7.2	Ocelové prvky	8

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením dřevěné nosné konstrukce autosalonu v lokalitě Olomouc. Jedná se o halový objekt s půdorysným obdélníkovým tvarem a převislou pultovou střechou. Půdorysné rozměry objektu činí 16 x 36 m, střecha má půdorysné rozměry 22 x 36 m. Výška v nejvyšším bodu konstrukce je téměř 9 m. Sklon pultové střechy je 5°. Jednu boční stranu budovy tvoří vetknutá betonová stěna, která kopíruje celou půdorysnou šířku střechy a působí jako samostatně stojící stěna.

Výpočtový model je zpracován jako prostorový prutový systém s kloubovými neposuvnými uzlovými podporami. V hlavní příčné vazbě je střešní vazník připojen na zadní sloup rámovým spojem, proto přenáší ohybový moment do sloupu. Uložení ostatních prvků je navrženo kloubově. Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna hlavní příčnou vazbou, střešními a stěnovými ztužidly, stropními panely Novatop Element, opláštěním stěn a boční betonovou stěnou, která také zachycuje horizontální účinky zatížení. Osová vzdálenost hlavní příčné vazby je 6 m. Čelní strany objektu budou tvořeny proskleným lehkým obvodovým pláštěm, který je navržen jako samonosný.

Statická analýza nosné konstrukce je provedena metodou konečných prvků, výpočet byl proveden jako nelineární s vyloučením tlaku v ocelových táhlech. Pro výpočet a posouzení byla použita studentská verze software Scia Engineer verze 21.1.



Obrázek 1 Vizualizace interiéru

2 Materiál

2.1 Nosná konstrukce

Materiálem hlavní nosné konstrukce je lepené lamelové dřevo třídy GL24h a GL32h dle ČSN EN 14080, které doplňují méně zatížené prvky ze dřeva C24 dle ČSN EN 338.

Ocelové prvky z oceli S235 a S355 dle ČSN EN 1090-2. Materiálové vlastnosti jsou detailněji popsány v části D – Statický výpočet. Konstrukce schodiště není předmětem této práce.

2.2 Skladby konstrukcí

2.2.1 Skladba střešního pláště

Střešní plášť je řešen jako klasická dřevěná skladba s falcovanou plechovou krytinou Lindab Seamline. Následuje prkenný záklop z fošen dřeva třídy C16, kontralatě v osové vzdálenosti 600 mm, zapuštěných vrstev tepelné izolace do výšky vaznice. Ze spodní strany bude podhled řešen sádkokartonovými deskami Rigips tloušťky 12,5 mm. K zatížení byla doplněna hodnota 0,15 kN/m² pro technologické zařízení střechy (osvětlení, VZT).

Tabulka 1 Skladba střešního pláště

Položka	Rozměry [?]	Obj. tíha [?]	Zatížení [kN/m ²]
Lindab Seamline falcovaný plech	0,6 mm	5 kg/m ²	0,050
prkenný záklop, C16	24 mm	370 kg/m ³	0,089
kontralatě 40x60 mm á 600 mm	4 mm	370 kg/m ³	0,015
Isover Tyvek Soft		0,06 kg/m ²	0,001
Isover Unirol Profi	220 mm	21 kg/m ³	0,046
Isover UNI	60 mm	40 kg/m ³	0,024
Isover Vario KM Duplex UV		0,08 kg/m ²	0,001
kontralatě 30x50 mm á 600 mm	2,5 mm	370 kg/m ³	0,009
SDK podhled Rigips	12,5 mm	9 kg/m ²	0,090
osvětlení, vzduchotechnika haly		0,15 kN/m ²	0,150

2.2.2 Skladba stropní konstrukce

Hlavní nosná část stropní konstrukce je tvořena žebrové panely Novatop Element z vícevrstvých masivních smrkových desek. Na stropních panelech je uložena izolace Steicotherm, která je zaklopena OSB deskami tloušťky 22 mm, na které je lepidlem položena zátěžová keramická dlažba. K zatížení byla doplněna hodnota 0,1 kN/m² pro technologické zařízení střechy (osvětlení, VZT).

Tabulka 2 Skladba konstrukce stropu

Položka	Rozměry [?]	Obj. tíha [?]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	15 mm	2800 kg/m ³	0,420
Samonivelační stěrka/lepidlo			
OSB deska	22 mm	600 kg/m ³	0,132
Separční vrstva - PE folie			
STEICOtherm	40 mm	160 kg/m ³	0,064
Novatop Element 260 mm	260 mm	0,35 kN/m ²	0,350
osvětlení, vzduchotechnika		0,1 kN/m ²	0,100

2.2.3 Stěnové konstrukce

Stěnové konstrukce jsou tvořeny třemi základními druhy stěn. Dvě strany budovy budou oplášťeny proskleným obvodovým pláštěm, který je uvažován jako samonosný a přenáší jen horizontální účinky zatížení větrem. Boční stěna bude provedena z pohledových prefabrikovaných betonových dílců. Zadní stěnu bude tvořit klasická rámová dřevěná konstrukce stěny se zateplením a oboustranným záklopem ze sádrovláknitých desek Rigips.

2.3 Spoje

Většina přípojí navržených v konstrukci je provedena pomocí spojů s ocelovými spojovacími prostředky, jsou použity převážně svorníky a kolíky třídy 8.8. Styčnickové plechy jsou navrženy z oceli S235. Pro přípoje vruty byly použity vruty z katalogu Rothoblaas, pro systémové uložení vaznice byly použity třmeny s konvexními hřebíky BOVA. Střešní a stropní konstrukce bude připevněna k dřevěné nosné konstrukci dle požadavků výrobce.

2.4 Ochrana materiálu

Všechny dřevěné prvky budou opatřeny ochranným nátěrem proti biotickému poškození – škůdcům, dřevokaznému hmyzu a houbám. Impregnace se provede namáčením. Dále bude povrch opatřen nátěrem bezbarvým lakem. Prvky budou opatřeny chemickým postřikem pro snížení hořlavosti a zvýšení požární bezpečnosti. Před montáží budou všechny prvky vysušeny na vlhkost 15 %. U lepeného lamelového dřeva jsou tyto podmínky splněny ve výrobě.

Ocelové prvky budou ošetřeny žárovým zinkováním, tato úprava slouží jako ochrana proti korozi.

3 Zatížení

Nosná dřevěná konstrukce objektu byla dimenzována na kombinace zatížení stálých a proměnných. Detailní výpočet zatížení je uveden ve statickém výpočtu. Kombinace zatížení byly vygenerovány automaticky v programu Scia Engineer.

3.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha nosné konstrukce byla generována automaticky v softwaru Scia Engineer na základě geometrie, zadaných průřezů a materiálu. Střešní plášť, stropní konstrukce a stěny uvažují jako ostatní stálé zatížení, jehož hodnota je dána výše uvedenými skladbami.

a) Střešní plášť	$g_k = 0,474 \text{ kN/m}^2$
b) Stropní konstrukce	$g_k = 1,166 \text{ kN/m}^2$
c) Obvodová stěna	$g_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$
d) Vnitřní stěna	$g_k = 0,25 \text{ kN/m}^2$

3.2 Proměnné zatížení

Charakteristické hodnoty zatížení byly stanoveny dle norem ČSN EN 1991-1-1: Obecná zatížení, ČSN EN 1991-1-3: Zatížení sněhem a ČSN EN 1991-1-4: Zatížení větrem.

Užitné zatížení bylo dle využití rozděleno do následujících kategorií:

a) Kavárna	(kategorie C1)	$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
b) Výstavní plochy	(kategorie C3)	$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$
c) Střecha	(kategorie H)	$q_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$

Lokalita objektu – Olomouc spadá do sněhové oblasti I. a větrné oblasti I. Typ krajiny byl určen jako normální, kategorie terénu třídy III. Základní hodnota zatížení sněhem určena přesněji dle <http://www.snehovamapa.cz>.

Charakteristické hodnoty zatížení:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| a) Sníh | $s_k = 0,67 \text{ kN/m}^2$ |
| b) Vítr (základní rychlost větru) | $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$ |

4 Statická analýza konstrukce

Statická analýza nosné konstrukce byla provedena metodou konečných prvků (MKP) ve studentské verzi softwaru Scia Engineer v21.1. konstrukce byla vymodelována jako prvková konstrukce tvořící prostorový model s kloubovým uložením podpůrných prvků. Jednotlivá zatížení byla zadána do zatěžovacích stavů, ze kterých byly automaticky vygenerovány kombinace zatížení. Z obálek kombinací byly vytvořeny všechny nebezpečné nelineární kombinace zatížení (115 kombinací), za účelem vyloučení tlaku ve střešních táhlech. Výpočet byl tedy proveden jako nelineární s vyloučením tlaku v některých prvcích.

Na základě geometrie konstrukce, okrajových podmínek a zatížení byly získány návrhové hodnoty vnitřních sil a jednotlivé prvky byly posouzeny na mezní stav únosnosti (MSÚ) a mezní stav použitelnosti (MSP) na účinky skupin výsledků nelineárních kombinací RC – NK – MSÚ – sada B (auto) a RC – NK – MSP – Char (auto) modulem „Dřevo“ a „Ocel“.

Posouzení je v souladu s normami ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby a ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí: Obecná pravidla.

Tabulka 3 Rozhodující posudky jednotlivých průřezů na MSÚ a MSP

Číslo	Prvek	Tvar průřezu	Rozměry		Materiál	MSÚ		MSP	Využití
			b [mm]	h [mm]		Posudek v řezu	Posudek stability		
1	Vaznice	obdélník	140	280	C24	0,59	0,6	0,82	82%
2	Vaznice se ztužidlem	obdélník	140	300	C24	0,52	0,71	0,68	71%
3	Střešní vazník	obdélník, prom. výška	300	300 - 1000	GL32h	0,51	0,51	0,87	87%
4	Zadní sloup	obdélník, prom. výška	300	650 - 1000	GL24h	0,31	0,56	0,08	56%
5	Čelní sloup	obdélník	250	650	GL24h	0,15	0,26	0,16	26%
6	Stropní průvlak	obdélník	260	550	GL32h	0,92	0,93	0,22	93%
7	Stropní nosník	obdélník	200	500	GL32h	0,52	0,52	0,64	64%
8	Podpora stropu 2NP	obdélník	260	300	GL24h	0,29	0,34	0	34%
9	Sloup 1NP	obdélník	160	200	C24	0,51	0,63	0,29	63%
10	Stropní nosník 1NP	obdélník	200	300	C24	0,67	0,4	0,18	67%
11	Ztužení 1NP	obdélník	120	200	C24	0,07	0,07	0,1	10%
12	Stěnová výměna 1NP	obdélník	120	160	C24	0,26	0,65	0	65%
13	Střešní táhlo	kruh	R20		S355	0,77	0	0,13	77%
14	Stěnové ztužidlo	CHS	139,7x5		S235	0,3	0,91	0,04	91%
15	Závěs stropu 2NP	CHS	88,9x5		S235	0,39	0	0,04	39%

Pro návrh a posouzení vybraných detailů přípojí a kotvení byly použity rozhodující hodnoty návrhových vnitřních sil N , V_y , V_z , M_y , M_z .

5 Popis konstrukčního řešení

Nosná dřevěná konstrukce tvoří prostorový prutový systém. Hlavní příčná vazba má osovou vzdálenost $a = 6 \text{ m}$, výška zadní stěny a odpovídajících sloupů je 7 m , výška čelní stěny je $8,4 \text{ m}$.

Zadní vazba vazníku na sloup je provedena momentovým spojem a přispívá k celkové příčné stabilitě. Zadní sloupky jsou kvůli tomuto přípoji rozšířeny na výšku 1000 mm . Vazník má taktéž proměnnou

tloušťku v převísle části střechy a od líce čelní stěny se jeho výška lineárně mění z 1000 mm na 300 mm. **Uložení vazníku na čelní sloup** je provedeno kloubovým čepovým přípojem. Střešní vazník bude rozdělen montážním přípojem na dvě části

Vaznice o osově délce 6 m jsou na hlavní vazbu připojeny dvojím způsobem. Běžná vaznice o rozměrech 140 x 280 mm je na vazník z boku připojena třmeny BOVA BV/T a konvexními hřebíky průměru 4 mm. Vaznice se ztužidlem o rozměrech 140 x 300 mm je na vazník připojena svorníkovým spojem přes čelní plech, na který je koutovým svarem připojen styčnickový plech pro přípoj systémových střešních táhel průměru P20 Protah společnosti Firesta.

Strop 2. NP je tvořen nosným roštem, na kterém jsou shora usazeny stropní panely Novatop. Stropnice o rozměru 200 x 500 mm, osově vzdálenosti 2 m a délce 8 m jsou uloženy z jedné strany na boční vazníky 200 x 500 mm uložené na sloupky, z druhé strany jsou usazeny na vazbu stropu o délce dvou polí – 12 m, tvořenou stropním průvlakem rozměrů 260 x 550 mm, ve středu uloženém na sloupu 260 x 300 mm a v kraji zavěšené na střešní vazník ocelovými závěsy průřezu CHS 88,9/5. Stropnice a boční vazníky jsou připojeny přes čelní styčnickový plech, stropní průvlak je uložen na podporu a zajištěn šikmými vruty Rothoblaas.

Nosná konstrukce **stropu 1. NP** je tvořena podélnými nosníky o rozměrech 200 x 300 mm a délce 6 m, na které jsou uloženy stropní panely Novatop o rozpětí 6 m. Nosníky jsou kloubově uloženy na sloupky rozměru 160 x 200 mm a výměny 120 x 160 mm ve středu rozpětí nosníku. Počet výměn se může změnit kvůli dispozičnímu řešení a řešení otvorů ve stěně, ale z konstrukčního hlediska by měla alespoň jedna zůstat.

6 Výroba, doprava a montáž

Všechny prvky budou předem vyrobeny ve výrobní hale s připravenými otvory pro spoje.

Prvky z lepeného lamelového dřeva budou provedeny z řeziva minimální tloušťky 40 mm a slepeny odpovídajícím lepidlem. Řezivo bude vysušeno na maximální vlhkost 15 %, délka jednotlivých průřezů bude 1,5 – 5,0 m. Po sušení se řezivo předběžně vyfrézuje a roztřídí tak, aby byly suky vyraženy nebo rozděleny rovnoměrně a do vnitřních částí průřezu. Proveďte se kapování čel řeziva. V řezivu se vyfrézují zuby pro zubovitý spoj, nanese se lepidlo požadované pevnosti a následně se přířezy slisují po dobu nejméně 2 sekund. Tím vznikne tzv. „nekonečná lamela“, z které se dále odřezávají lamely požadované délky. jednotlivé lamely se opět vyfrézují, po nanesení lepidla se uloží vedle sebe do lisovacího zařízení, které musí být uzpůsobeno pro požadovaný tvar vazníku.

Výroba prvků se provede z konstrukčního rostlého dřeva KVH vysušeného na maximální vlhkost 15 %. Hrany prvků budou zkoseny, čela zkapovány.

Nejdelším prvkem konstrukce je střešní vazník o délce cca 22,5 m, který nicméně bude rozdělen na dvě části a přepraven z výrobní haly rozděleně na dvě části o délce cca 14 a 8 m. Vyhláška Ministerstva dopravy ČR č. 341/2002 Sb. § 16 považuje za nadměrný náklad soupravu rozměrů větších než 16,5 m délky, 2,55 m šířky, 4 m výšky a hmotnosti 48 tun. Pokud tato podmínka nebude splněna, je nutné dopravu zajistit doprovodným vozidlem.

Během přepravy, skladování a montáži je nutné dbát na to, aby nedošlo k poškození prvků.

Při montáži konstrukce bude použita strojní mechanizace. První fáze výstavby bude betonáž základových konstrukcí a osazení prefabrikované boční stěny. Na kotevní pozice se poté osadí patní plechy kotevními šrouby. Hlavní vazba (zadní sloup a střešní vazník) bude sestavena na zemi, následně se jeřábem vztyčí a osadí na odpovídající kotevní pozice, osadí se na čelní sloup. Celá tato akce musí být náležitě podepřena montážním lešením, aby nedošlo k poškození prvků a přípojmů. Bude se postupovat směrem od betonové stěny. Po vztyčení dvojice příčné vazby se osadí vaznice a ztužidla. Po

montáži všech příčných vazeb následuje osazení stropu. Osadí se podpora 2. NP, následně stropní průvlak a boční nosníky na sloupy, který bude na okrajích podporován montážními podporami, následně se namontují stropnice.

7 Výkaz materiálu nosné konstrukce

Výkazy materiálu jsou pouze orientační, výkaz je generován programem SCIA Engineer na základě osových délek prutů. Výkaz nezahrnuje množství ocelových spojovacích prostředků pro spoje, skladby plošných konstrukcí a konstrukcí opláštění.

7.1 Dřevěné prvky

Tabulka 4 Výkaz materiálu dřevěných prvků

Název	Průřez	Materiál	Délka	Jednotková hmotnost	Hmotnost
			[m]	[kg/m]	[kg]
Vaznice	140 x 280	C24	355	16,46	5843,3
Vaznice se ztužidlem	140 x 300	C24	84	17,64	1481,8
Sloupek 1NP	160 x 200	C24	15	13,44	201,6
Stropní nosník 1NP	200 x 300	C24	48	25,2	1209,6
Výměna 1NP	120 x 160	C24	24	8,06	193,4
Ztužení 1NP	120 x 200	C24	30	10,08	302,4
Sloup zadní	300 x 650 - 1000	GL 24h	49	103,95	5093,6
Střešní vazník	300 x 1000	GL 32h	112,428	147	16526,9
Střešní vazník (převíslá část)	300 x 300 - 1000	GL 32h	42,16	95,55	4028,4
Stropní průvlak	260 x 550	GL 32h	12	70,07	840,8
Podpora 2NP	260 x 300	GL 24h	4	32,76	131,0
Stropnice	200 x 500	GL 32h	112	49	5488,0
Boční stropní průvlak	200 x 500	GL 32h	24	49	1176,0
Celkem			911,59		42516,83

7.2 Ocelové prvky

Tabulka 5 Výkaz materiálu ocelových prvků

Název	Průřez	Materiál	Délka	Jednotková hmotnost	Hmotnost
			[m]	[kg/m]	[kg]
Stěnové ztužidlo	CHS 139,7/5	S235	115,152	16,64	1916,1
Střešní táhlo	RD20	S355	132,136	2,46	325,1
Závěs 2NP	CHS 88,9/5	S235	7,4	10,36	76,7
Celkem			254,69		2317,85



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

C – STATICKÝ VÝPOČET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Štěpán Mudrák

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2021

Obsah

1	Úvod	6
1.1	Statický model konstrukce	6
2	Zatížení	7
2.1	Stálé zatížení	7
2.1.1	Vlastní tíha konstrukce	7
2.1.2	Ostatní stálé zatížení	7
2.2	Proměnné zatížení	7
2.2.1	Užitné zatížení	7
2.2.2	Zatížení sněhem	8
2.2.3	Zatížení větrem	9
3	Materiálové charakteristiky	13
3.1	Lepené lamelové dřevo GL24h	13
3.1.1	Materiálové charakteristiky – charakteristické	13
3.1.2	Materiálové charakteristiky – návrhové	13
3.2	Lepené lamelové dřevo GL32h	14
3.2.1	Materiálové charakteristiky – charakteristické	14
3.2.2	Materiálové charakteristiky – návrhové	14
3.3	Rostlé dřevo C24	14
3.3.1	Materiálové charakteristiky – charakteristické	14
3.3.2	Materiálové charakteristiky – návrhové	15
3.4	Ocel S235	15
3.4.1	Materiálové charakteristiky – charakteristické	15
3.4.2	Materiálové charakteristiky – návrhové	15
3.5	Ocel S355	15
3.5.1	Materiálové charakteristiky – charakteristické	15
3.5.2	Materiálové charakteristiky – návrhové	16
3.6	Svorníky 8.8	16
3.6.1	Materiálové charakteristiky – charakteristické	16
3.6.2	Materiálové charakteristiky – návrhové	16
4	Zatěžovací stavy a kombinace	16
4.1	Zatěžovací stavy	16
4.2	Kombinace zatížení	16
4.2.1	Mezní stav únosnosti	16
4.2.2	Mezní stav použitelnosti	16
4.3	Vnitřní síly	17
4.3.1	Vaznice	17

4.3.2	Vaznice se ztužidlem	18
4.3.3	Střešní vazník	19
4.3.4	Hlavní sloupy	21
4.3.5	Stropní průvlak a podpora sloupu 2NP.....	22
4.3.6	Stropní nosníky 2NP.....	23
4.3.7	Závěs 2NP	24
4.3.8	Strop 1NP	25
4.3.9	Sloupky 1NP.....	26
4.3.10	Střešní táhlo	27
4.3.11	Stěnové ztužidlo	28
4.3.12	Boční betonová stěna.....	29
4.4	Podporové reakce	30
4.4.1	Hlavní nosná konstrukce	30
4.4.2	Boční betonová stěna.....	31
5	Dimenzování prvků	32
5.1	Návrh a posouzení stropních panelů Novatop Element.....	32
5.1.1	Materiál	32
5.1.2	Průřezové charakteristiky	32
5.1.3	Zatížení	32
5.1.4	Návrhové vnitřní síly	32
5.1.5	Posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ).....	33
5.1.6	Posouzení mezního stavu použitelnosti (MSP)	34
5.2	Posudky konstrukčních prvků	35
6	Návrh a posouzení detailů přípojí.....	36
6.1	Momentový přípoj vazníku na sloup.....	36
6.1.1	Návrhové vnitřní síly	36
6.1.2	Geometrie	36
6.1.3	Materiál	37
6.1.4	Posouzení kolíkového spoje	37
6.2	Kloubový přípoj vazníku na sloup	39
6.2.1	Geometrie	40
6.2.2	Materiál	40
6.2.3	Návrhové vnitřní síly	40
6.2.4	Posouzení čepu	41
6.2.5	Posouzení svislých plechů v čepovém spoji.....	42
6.2.6	Posouzení kontaktních plechů	44
6.2.7	Posouzení kolíkových přípojí	46

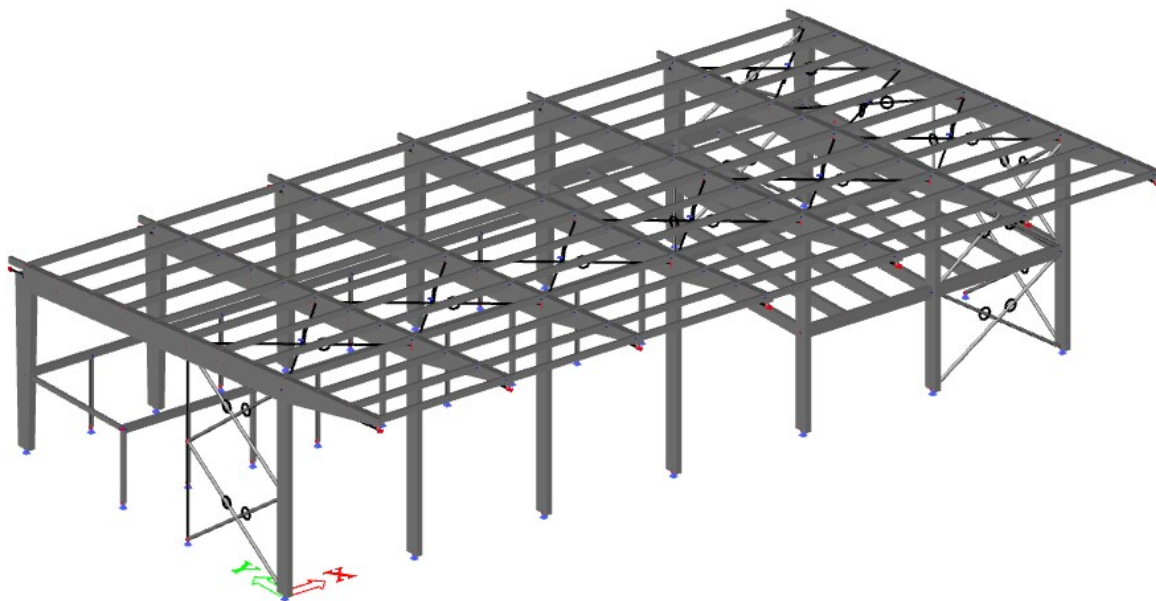
6.2.8	Lokální boulení plechů	52
6.3	Montážní přípoj vazníku.....	53
6.3.1	Návrhové vnitřní síly	54
6.3.2	Geometrie	54
6.3.3	Materiál	54
6.3.4	Posouzení kolíkového spoje	55
6.4	Přípoj běžné vaznice.....	57
6.4.1	Návrhové vnitřní síly	58
6.4.2	Geometrie	58
6.4.3	Materiál	58
6.4.4	Posouzení únosnosti ve střihu – vaznice	59
6.4.5	Posouzení únosnosti ve střihu – vazník	59
6.4.6	Posouzení únosnosti na vytažení – vazník	60
6.5	Přípoj vaznice se ztužidlem	61
6.5.1	Návrhové vnitřní síly	61
6.5.2	Geometrie	61
6.5.3	Materiál	61
6.5.4	Posouzení kolíkového přípoje vaznice	61
6.5.5	Posouzení svorníkového přípoje na vazník	63
6.5.6	Posouzení přípoje střešního táhla	68
6.6	Přípoj stropnice.....	70
6.6.1	Návrhové vnitřní síly	70
6.6.2	Geometrie	70
6.6.3	Materiál	70
6.6.4	Posouzení kolíkového přípoje stropnice.....	71
6.6.5	Posouzení svorníkového přípoje na stropní vazník	73
6.6.6	Posouzení přípoje závěsu	78
6.6.7	Posouzení přípoje na sloup	86
6.6.8	Posouzení kolíkového přípoje krajního nosníku	89
6.6.9	Přípoj stěnového ztužidla	93
6.7	Uložení nosníků 1.NP na sloupek	101
6.7.1	Návrhové vnitřní síly	101
6.7.2	Geometrie	101
6.7.3	Materiál	102
6.7.4	Posouzení únosnosti ve střihu – nosník.....	102
6.7.5	Posouzení únosnosti čelního plechu.....	103
6.8	Uložení stropu 1NP na zadní sloup	105

6.8.1	Návrhové vnitřní síly	105
6.8.2	Geometrie	105
6.8.3	Materiál	105
6.8.4	Posouzení únosnosti ve střihu – nosník.....	106
6.8.5	Posouzení únosnosti ve střihu – sloup.....	106
6.8.6	Posouzení únosnosti na vytažení – sloup	107
7	Kotvení	108
7.1	Kotvení hlavních sloupů.....	108
7.1.1	Geometrie	108
7.1.2	Materiál	108
7.1.3	Vnitřní síly.....	108
7.1.4	Posouzení čepu	108
7.1.5	Posouzení svislých plechů v čepovém spoji.....	109
7.1.6	Posouzení kontaktního plechu	111
7.1.7	Kolíkový přípoj sloupu.....	112
7.1.8	Posouzení přípoje v programu IDEA Statica	115
7.1.9	Lokální boulení plechů	117
7.1.10	Posouzení základu	118
7.2	Kotvení podpory stropu 2.NP	121
7.2.1	Geometrie	121
7.2.2	Materiál	121
7.2.3	Návrhové vnitřní síly	122
7.2.4	Posouzení únosnosti trubky.....	122
7.2.5	Posouzení únosnosti patních plechů.....	123
7.2.6	Posouzení základu	124
7.3	Kotvení podpory stropu 1.NP.....	126
7.3.1	Geometrie	126
7.3.2	Materiál	126
7.3.3	Návrhové vnitřní síly	127
7.3.4	Posouzení únosnosti trubky.....	127
7.3.5	Posouzení únosnosti patních plochů.....	128
7.3.6	Posouzení základu	129

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné konstrukce autosalonu a výstavním prostorem pro motocykly v Olomouci.

Objekt je navržen jako dvojpodlažní s dvěma úrovněmi druhého nadzemního podlaží. Střecha je navržena jako pultová s převislým koncem ve sklonu 5° . Půdorysné rozměry budovy jsou 16×36 m, půdorysné rozměry střechy činí 22×36 m. Výška v nejvyšším bodu objektu je téměř 9 metrů.



axonometrický model konstrukce

1.1 Statický model konstrukce

Konstrukce byla vymodelována a statická analýza byla provedena metodou konečných prvků (MKP) v programu SCIA Engineer v21.1 z prutových prvků a posouzena na mezní stavy únosnosti (MSÚ) a mezní stavy použitelnosti (MSP).

Zatížení bylo modelováno prostřednictvím 2D zatěžovacích panelů s roznosem na vybrané prutové prvky. Kombinace zatížení byly automaticky vygenerovány programem podle kombinačních rovnic 6.10a, 6.10b.

Výpočet vnitřních sil a deformací byl proveden jako nelineární s vyloučením tlaku v ocelových táhlech. U posudků dřeva byl vypnut posudek na tlak kolmo k vláknům, tyto posudky jsou doplněny v části Detaily přípojí.

Model se skládá z prvků dvou druhů materiálů, ocelové a dřevěné prvky.

Ocelové prvky byly posouzeny dle normy ČSN EN 1993-1-1: Ocelové konstrukce - Obecná pravidla.

Dřevěné prvky byly posouzeny dle normy ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí.

2 ZATÍŽENÍ

2.1 Stálé zatížení

2.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha nosné konstrukce byla vygenerována programem Scia Engineer 21.1.

2.1.2 Ostatní stálé zatížení

Skladba střešního pláště

Položka	Rozměry [?]	Obj. tíha [?]	Zatížení [kN/m ²]
Lindab Seamline falcovaný plech	0,6 mm	5 kg/m ²	0,050
prkenný záklop, C16	24 mm	370 kg/m ³	0,089
kontralatě 40x60 mm á 600 mm	4 mm	370 kg/m ³	0,015
Isover Tyvek Soft		0,06 kg/m ²	0,001
Isover Unirol Profi	220 mm	21 kg/m ³	0,046
Isover UNI	60 mm	40 kg/m ³	0,024
Isover Vario KM Duplex UV		0,08 kg/m ²	0,001
kontralatě 30x50 mm á 600 mm	2,5 mm	370 kg/m ³	0,009
SDK podhled Rigips	12,5 mm	9 kg/m ²	0,090
osvětlení, vzduchotechnika haly		0,15 kN/m ²	0,150

Celkem: $g_k := 0.474 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

Skladba stropu

Položka	Rozměry [?]	Obj. tíha [?]	Zatížení [kN/m ²]
Keramická dlažba	15 mm	2800 kg/m ³	0,420
Samonivelační stěrka/lepidlo			
OSB deska	22 mm	600 kg/m ³	0,132
Separční vrstva - PE folie			
STEICOtherm	40 mm	160 kg/m ³	0,064
Novatop Element 260 mm	260 mm	0,35 kN/m ²	0,350
osvětlení, vzduchotechnika		0,1 kN/m ²	0,100

Celkem: $g_k := 1.166 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

2.2 Proměnné zatížení

2.2.1 Užité zatížení

Užité zatížení navrženo dle ČSN EN 1991-1-1: Objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb.

Stropy

Kategorie C: plochy kde může docházet ke shromažďování lidí

Kavárna

Kategorie C1: plochy se stoly, např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích atd.

$$q_k := 2.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

charakteristická hodnota zatížení na strop

$$q_{k,z} := 0.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

charakteristická hodnota zatížení na zábradlí ve výšce 1m

Výstavní plochy

Kategorie C3: plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, výstavních síních atd.

$$q_k := 3.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

charakteristická hodnota zatížení na strop

$$q_{k,z} := 1.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

charakteristická hodnota zatížení na zábradlí ve výšce 1m

Střechy

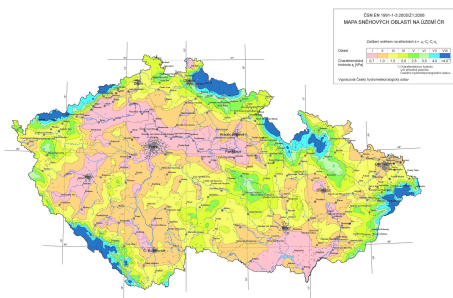
Kategorie H: střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

$$q_k := 0.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{charakteristická hodnota zatížení na střeche}$$

Poznámka: Užité zatížení střech H se dle ČSN EN 1991 nemá kombinovat se klimatickým zatížením.

2.2.2 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem bylo určeno dle ČSN EN 1991-1-3: Zatížení sněhem



Lokalita:

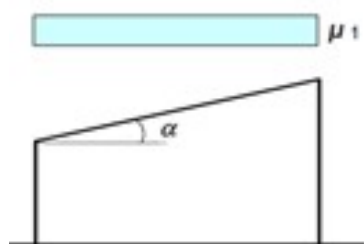
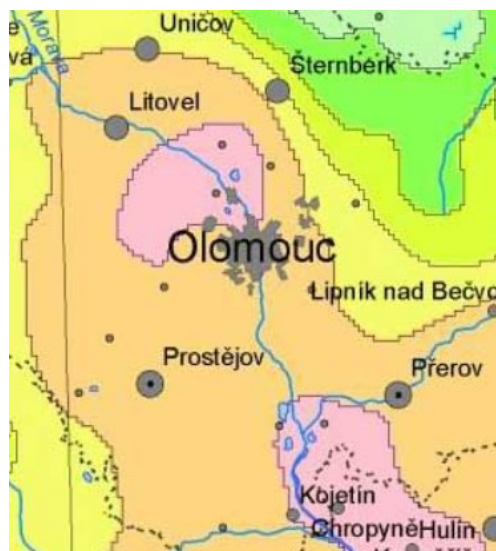
Olomouc

Sněhová oblast:

I.

Typ krajiny:

normální



$$s_k := 0.67 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$C_e := 1.0$$

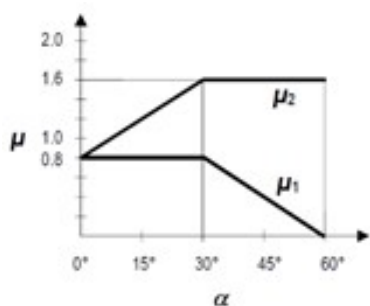
$$C_t := 1.0$$

Pultové střechy

$$\alpha := 5^\circ$$

$$\mu_1 := 0.8$$

$$s_1 := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.536 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



základní hodnota dle
<http://www.snehovamapa.cz>

součinitel expozice

součinitel tepelné propustnosti

úhel střechy

tvárový součinitel

charakteristické zatížení sněhem

2.2.3 Zatížení větrem

Zatížení větrem určeno dle ČSN EN 1991-1-4: Zatížení větrem.

Lokalita: **Olomouc**
 Větrná oblast: **I.**
 Kategorie terénu: **III.**

$$\begin{aligned} z_{0,II} &:= 0.05 \text{ m} \\ v_{b,0} &:= 22.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ z_0 &:= 0.3 \text{ m} \\ z_{min} &:= 5 \text{ m} \\ z_{max} &:= 200 \text{ m} \end{aligned}$$

Rozměry stavby

$$\begin{aligned} z_1 &:= 8.4 \text{ m} \\ z_2 &:= 8.94 \text{ m} \\ b_w &:= 16 \text{ m} \\ b_r &:= 22 \text{ m} \\ d_w &:= 36 \text{ m} \\ d_r &:= 36 \text{ m} \end{aligned}$$

Základní rychlost větru

$$\begin{aligned} c_{dir} &:= 1.0 \\ c_{season} &:= 1.0 \\ v_b &:= c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Střední rychlost větru

$$k_r := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.215$$

$$c_r := k_r \cdot \ln \left(\frac{z_1}{z_0} \right) = 0.718$$

$$c_o := 1.0$$

$$v_m := c_r \cdot c_o \cdot v_b = 16.149 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Turbulence větru

$$k_l := 1.0$$

$$I_v := \frac{k_l}{c_o \cdot \ln \left(\frac{z_1}{z_0} \right)} = 0.3$$

Maximální dynamický tlak

$$\rho := 1.25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$q_p := (1 + 7 \cdot I_v) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = 0.505 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



výchozí základní rychlost větru
 parametr drsnosti terénu
 minimální výška
 maximální výška

výška budovy (stěny)
 výška budovy (střecha)
 šířka půdorysu stěn
 šířka půdorysu střechy
 délka půdorysu stěn
 délka půdorysu střechy

součinitel směru větru
 součinitel ročního období
 základní rychlost větru

součinitel terénu

součinitel drsnosti terénu

součinitel orografie

střední rychlost větru

součinitel turbulence

turbulence větru

doporučená hodnota hustoty vzduchu

2.2.3.1 Zatížení větrem na svislé stěny

Poznámka:

Strana budovy se stěnou po celé šířce střechy (úhel 270°) nebude uvažována jako zatěžovací, protože stěna bude provedena s prefabrikovaných betonových dílců, které budou působit jako samonosné a nebudou přenášet zatížení do hlavní nosné konstrukce objektu.

a) Směr 0°/180°

$$h := z_I = 8.4 \text{ m}$$

$$d := d_w = 36 \text{ m}$$

$$e := \min(b_w, 2 \cdot z_I) = 16 \text{ m}$$

rozměr pro určení větrných ploch

$$\frac{h}{d} = 0.233$$

poměr výšky a šířky zatěžované stěny

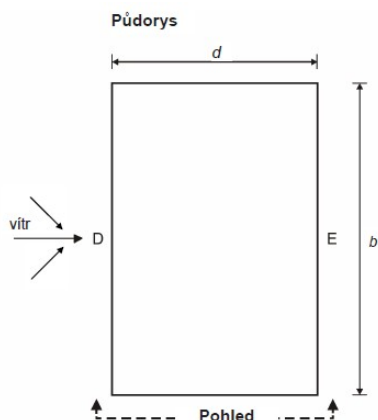
$c_{pe,10} =$	0,700	-1,200	-0,800	-0,500	-0,300
$w \text{ [kN/m}^2\text{]} =$	0,354	-0,606	-0,404	-0,253	-0,152
plocha:	D	A	B	C	E

součinitel tlaku větru
tlak větru

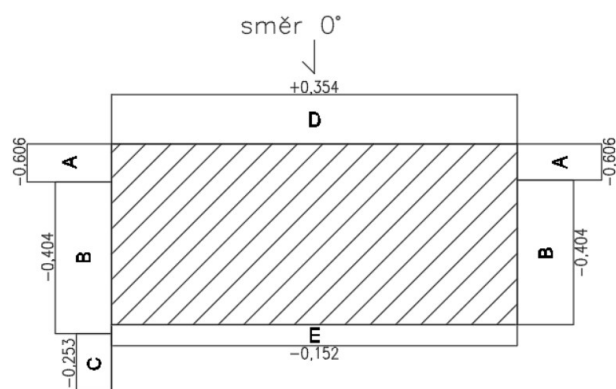
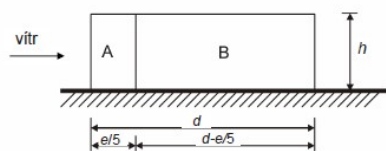
$$\frac{e}{5} = 3.2 \text{ m}$$

$$\frac{4}{5} \cdot e = 12.8 \text{ m}$$

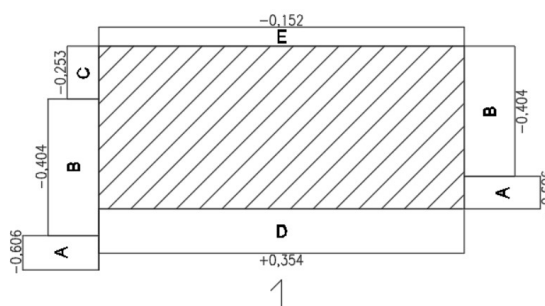
$$b_w - e = 0 \text{ m}$$



Pohled pro $e \geq d$



směr 180°



b) Směr 90°/270°

$$h := z_I = 8.4 \text{ m}$$

$$d := b_w = 16 \text{ m}$$

$$e := \min(d_w, 2 \cdot z_I) = 16.8 \text{ m}$$

rozměr pro určení větrných ploch

$$\frac{h}{d} = 0.525$$

poměr výšky a šířky zatěžované stěny

$c_{pe,10} =$	0,737	-1,200	-0,800	-0,500	-0,373
$w \text{ [kN/m}^2\text{]} =$	0,372	-0,606	-0,404	-0,253	-0,189
plocha:	D	A	B	C	E

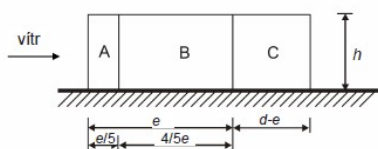
součinitel tlaku větru
tlak větru

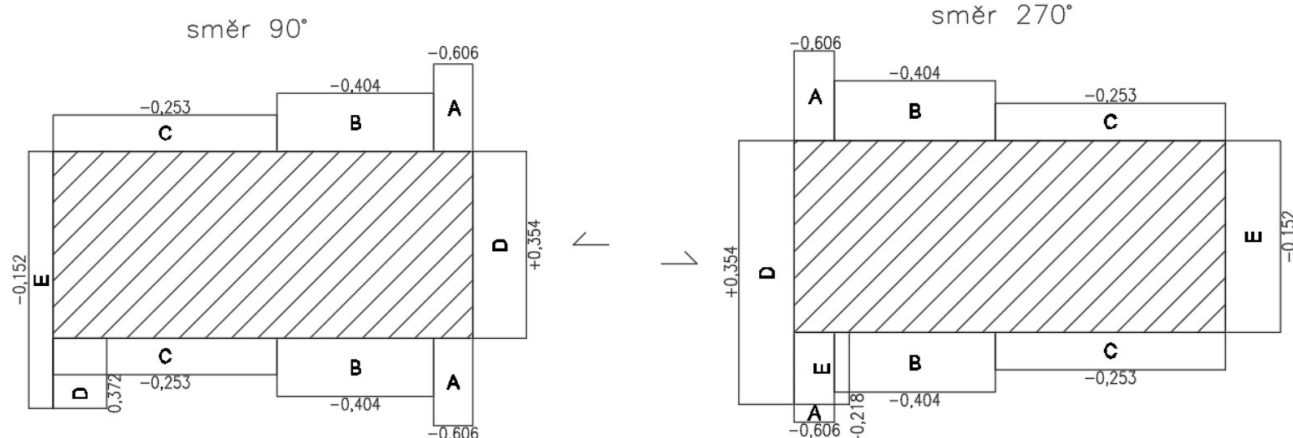
$$\frac{e}{5} = 3.36 \text{ m}$$

$$\frac{4}{5} \cdot e = 13.44 \text{ m}$$

$$d_w - e = 19.2 \text{ m}$$

Pohled pro $e < d$





2.2.3.2 Zatížení větrem na pultové střechy

$$\alpha := 5 \text{ deg}$$

úhel sklonu střechy

$$h := z_2 = 8.94 \text{ m}$$

$$d := d_r = 36 \text{ m}$$

$$e := \min(b_r, 2 \cdot z_2) = 17.88 \text{ m}$$

rozměr pro určení větrných ploch

$$\frac{h}{d} = 0.248$$

poměr výšky a šířky zatěžované stěny

a) Směr 0°

Úhel sklonu střechy je menší nebo rovno než 5°, proto působí pouze sání.

$c_{pe,10}$	-1,700	-1,200	-0,600
$w \text{ [kN/m}^2\text{]}$	-0,880	-0,622	-0,311
plocha:	F	G	H

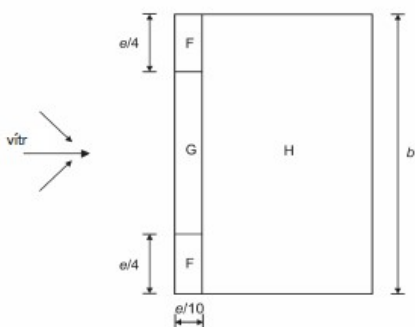
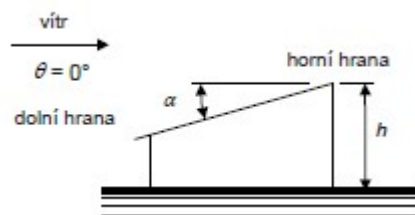
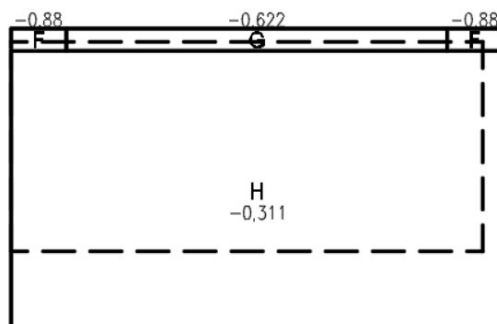
součinitel tlaku větru

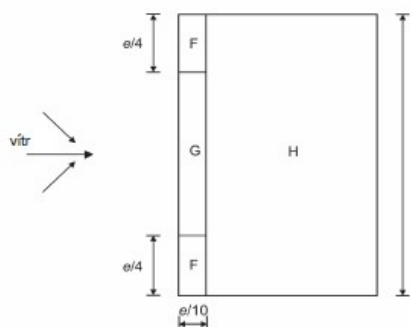
tlak větru

$$\frac{e}{4} = 4.47 \text{ m}$$

$$\frac{e}{10} = 1.788 \text{ m}$$

$$b_r - \frac{e}{10} = 20.212 \text{ m}$$



a) Směr 180°


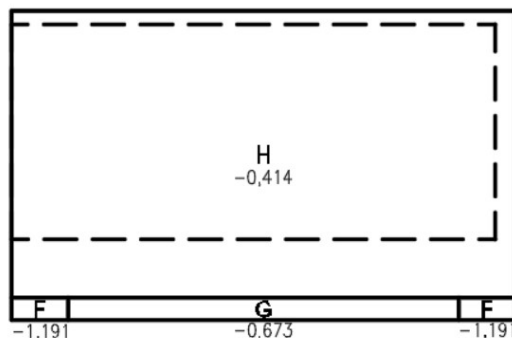
$c_{pe,10}$	-2,300	-1,300	-0,800
$w \text{ [kN/m}^2\text{]}$	-1,191	-0,673	-0,414
plocha:	F	G	H

 součinitel tlaku větru
 tlak větru

$$\frac{e}{4} = 4.47 \text{ m}$$

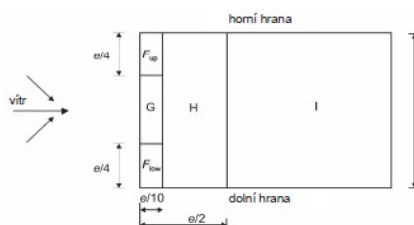
$$\frac{e}{10} = 1.788 \text{ m}$$

$$b_r - \frac{e}{10} = 20.212 \text{ m}$$


a) Směr 90/270°

$$d := b_r = 22 \text{ m}$$

$$e := \min(d_r, 2 \cdot z_2) = 17.88 \text{ m}$$



$c_{pe,10}$	-2,100	-2,100	-1,800	-0,600	-0,500
$w \text{ [kN/m}^2\text{]}$	-1,088	-1,088	-0,932	-0,311	-0,259
plocha:	F_{low}	F_{up}	G	H	I

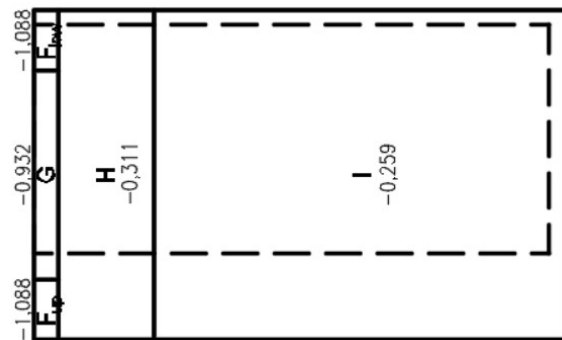
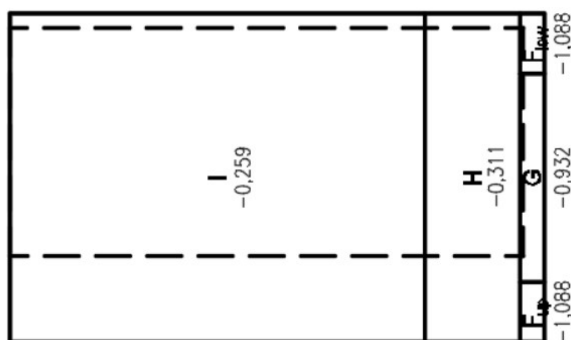
 součinitel tlaku větru
 tlak větru

$$\frac{e}{4} = 4.47 \text{ m}$$

$$\frac{e}{10} = 1.788 \text{ m}$$

$$\frac{e}{2} - \frac{e}{10} = 7.152 \text{ m}$$

$$d_r - \frac{e}{2} = 27.06 \text{ m}$$



Poznámka: Na převísle části střechy je navíc přidán účinek zatížení větrem na odpovídající stěny (oblast D, E)

3 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Konstrukce je navržena na **třídu provozu 2:**

= Prostředí, ve kterém relativní vlhkost vzduchu odpovídající teplotě 20 °C přesáhne 85% pouze několik týdnů v roce

$$k_{mod} := 0.9$$

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

3.1 Lepené lamelové dřevo GL24h

3.1.1 Materiálové charakteristiky - charakteristické

Charakteristické hodnoty dle normy ČSN EN 14080:

$$f_{m,k} := 24 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v ohybu

$$f_{t,0,k} := 26.5 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,90,k} := 0.4 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna

$$f_{c,0,k} := 24 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,90,k} := 2.7 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{v,k} := 2.7 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva ve smyku

$$E_{0,mean} := 11600 \text{ MPa}$$

Průměrný modul pružnosti

$$E_{0,05} := 9400 \text{ MPa}$$

5% kvantil E rovnoběžně s vlákny

$$E_{90,mean} := 390 \text{ MPa}$$

Průměrný modul pružnosti kolmo na vlákna

$$G_{mean} := 720 \text{ MPa}$$

Průměrný modul pružnosti ve smyku

$$\rho_k := 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Průměrná objemová tíha

3.1.2 Materiálové charakteristiky - návrhové

$$\gamma_m := 1.25$$

Dílčí součinitel materiálu - LLD

$$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 17.3 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v ohybu

$$f_{t,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 19.1 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny

$$f_{t,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0.3 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna

$$f_{c,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 17.3 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 1.9 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 1.944 \text{ MPa}$$

Pevnost dřeva ve smyku

3.2 Lepené lamelové dřevo GL32h

3.2.1 Materiálové charakteristiky - charakteristické

Charakteristické hodnoty dle normy ČSN EN 14080:

$f_{m,k} := 32 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v ohybu
$f_{t,0,k} := 22.5 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,k} := 0.5 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna
$f_{c,0,k} := 29 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,k} := 3.3 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna
$f_{v,k} := 3.5 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva ve smyku
$E_{0,mean} := 13700 \text{ MPa}$	Průměrný modul pružnosti
$E_{0,05} := 11100 \text{ MPa}$	5% kvantil E rovnoběžně s vlákny
$E_{90,mean} := 460 \text{ MPa}$	Průměrný modul pružnosti kolmo na vlákna
$G_{mean} := 850 \text{ MPa}$	Průměrný modul pružnosti ve smyku
$\rho_k := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Průměrná objemová tíha

3.2.2 Materiálové charakteristiky - návrhové

$\gamma_m := 1.25$	Dílčí součinitel materiálu - LLD
$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 23 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v ohybu
$f_{t,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 16.2 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0.4 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna
$f_{c,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 20.9 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 2.4 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna
$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 2.52 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva ve smyku

3.3 Rostlé dřevo C24

3.3.1 Materiálové charakteristiky - charakteristické

Charakteristické hodnoty dle normy ČSN EN 338:

$f_{m,k} := 24 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v ohybu
$f_{t,0,k} := 14 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,k} := 0.4 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna
$f_{c,0,k} := 21 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,k} := 2.5 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna
$f_{v,k} := 4.0 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva ve smyku
$E_{0,mean} := 11000 \text{ MPa}$	Průměrný modul pružnosti
$E_{0,05} := 7400 \text{ MPa}$	5% kvantil E rovnoběžně s vlákny
$E_{90,mean} := 370 \text{ MPa}$	Průměrný modul pružnosti kolmo na vlákna
$G_{mean} := 690 \text{ MPa}$	Průměrný modul pružnosti ve smyku
$\rho_k := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Průměrná objemová tíha

3.3.2 Materiálové charakteristiky - návrhové

$\gamma_m := 1.3$	Dílčí součinitel materiálu - rostlé dřevo
$f_{m,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 16.6 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v ohybu
$f_{t,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 9.7 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_m} = 0.3 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tahu kolmo na vlákna
$f_{c,0,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 14.5 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m} = 1.7 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna
$f_{v,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} = 2.769 \text{ MPa}$	Pevnost dřeva ve smyku

3.4 Ocel S235

3.4.1 Materiálové charakteristiky - charakteristické

Charakteristické hodnoty dle normy ČSN EN 10025-2:

$f_{yk} := 235 \text{ MPa}$	Charakteristická mez kluzu
$f_{uk} := 360 \text{ MPa}$	Charakteristická mez pevnosti
$E := 210000 \text{ MPa}$	Modul pružnosti v tahu a tlaku
$G := 81000 \text{ MPa}$	Modul pružnosti ve smyku
$\nu := 0.3$	Poissonův součinitel
$\alpha_T := 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	Součinitel délkové tepelní roztažnosti
$\gamma_M := 1.0$	Součinitel materiálu
$\rho := 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Objemová tíha

3.4.2 Materiálové charakteristiky - návrhové

$f_y := \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = 235 \text{ MPa}$	Návrhová mez kluzu
$f_u := \frac{f_{uk}}{\gamma_M} = 360 \text{ MPa}$	Návrhová mez pevnosti

3.5 Ocel S355

3.5.1 Materiálové charakteristiky - charakteristické

Charakteristické hodnoty dle normy ČSN EN 10025-2:

$f_{yk} := 355 \text{ MPa}$	Charakteristická mez kluzu
$f_{uk} := 510 \text{ MPa}$	Charakteristická mez pevnosti
$E := 210000 \text{ MPa}$	Modul pružnosti v tahu a tlaku
$G := 81000 \text{ MPa}$	Modul pružnosti ve smyku
$\nu := 0.3$	Poissonův součinitel
$\alpha_T := 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	Součinitel délkové tepelní roztažnosti
$\gamma_M := 1.0$	Součinitel materiálu
$\rho := 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Objemová tíha

3.5.2 Materiálové charakteristiky - návrhové

$$f_y := \frac{f_{yk}}{\gamma_M} = 355 \text{ MPa} \quad \text{Návrhová mez kluzu}$$

$$f_u := \frac{f_{uk}}{\gamma_M} = 510 \text{ MPa} \quad \text{Návrhová mez pevnosti}$$

3.6 Svorníky 8.8

3.6.1 Materiálové charakteristiky - charakteristické

$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$	Charakteristická mez kluzu
$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$	Charakteristická mez pevnosti
$E := 210000 \text{ MPa}$	Modul pružnosti v tahu a tlaku
$G := 81000 \text{ MPa}$	Modul pružnosti ve smyku
$\nu := 0.3$	Poissonův součinitel
$\alpha_T := 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	Součinitel délkové tepelné roztažnosti
$\gamma_{M2} := 1.25$	Součinitel materiálu pro spoje

3.6.2 Materiálové charakteristiky - návrhové

$$f_y := \frac{f_{yb}}{\gamma_{M2}} = 512 \text{ MPa} \quad \text{Návrhová mez kluzu}$$

$$f_u := \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 640 \text{ MPa} \quad \text{Návrhová mez pevnosti}$$

4 ZATĚŽOVACÍ STAVY A KOMBINACE

4.1 Zatěžovací stavy

Výpis zatěžovacích stavů:

- ZS1** - Vlastní tíha
- ZS2** - Ostatní stálé
- ZS3a** - Užitné - stropy
- ZS3b** - Užitné - střecha
- ZS4** - Sníh
- ZS5** - Vítr 0°
- ZS6** - Vítr 90°
- ZS7** - Vítr 180°
- ZS8** - Vítr 270°

4.2 Kombinace zatížení

4.2.1 Mezní stav únosnosti

Kombinace zatížení byly automaticky generovány programem SCIA Engineer 21.1 - typ kombinace EN - MSÚ (STR/GEO) Sada B.

$$\sum_j \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_i \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{rovnice 6.10a}$$

$$\sum_j \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_i \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{rovnice 6.10b}$$

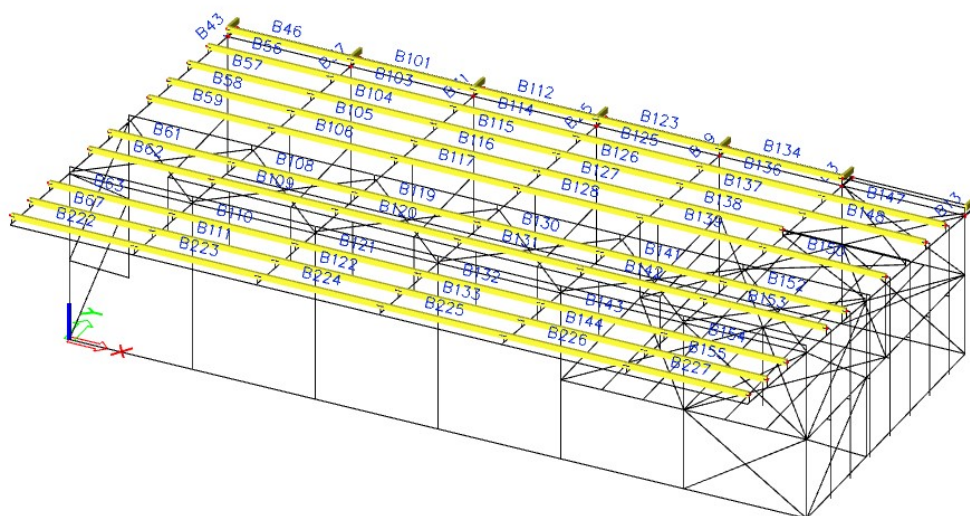
4.2.2 Mezní stav použitelnosti

Kombinace zatížení byly automaticky generovány programem SCIA Engineer 21.1 - typ kombinace EN - MSP charakteristická.

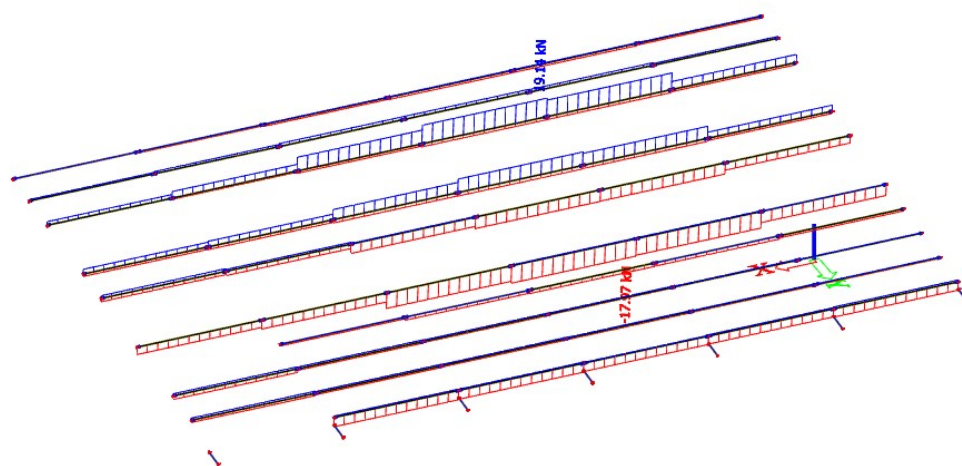
$$\sum_j G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_i \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

4.3 Vnitřní síly

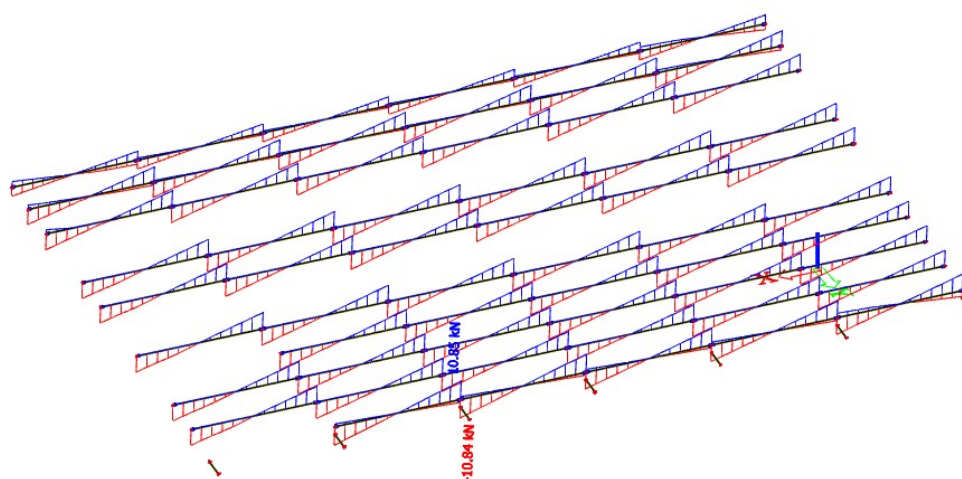
4.3.1 Vaznice



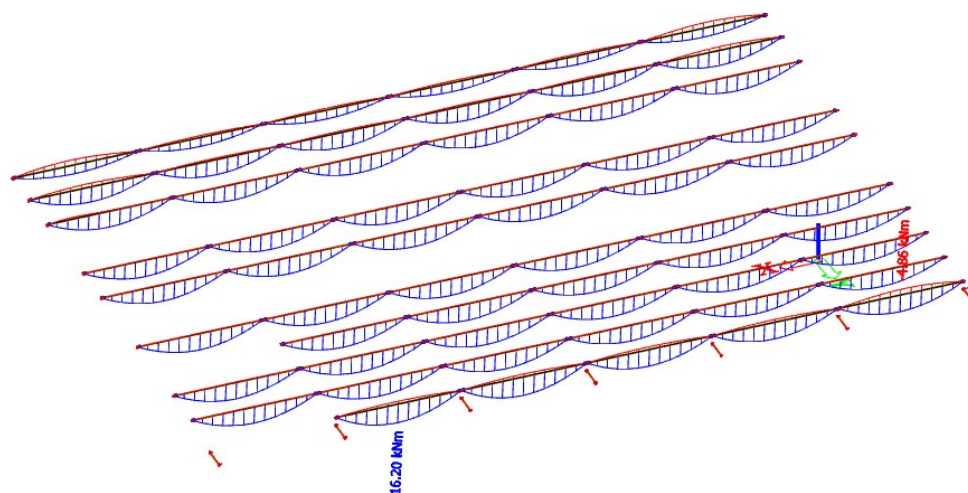
Vaznice - prvky



Vaznice - N

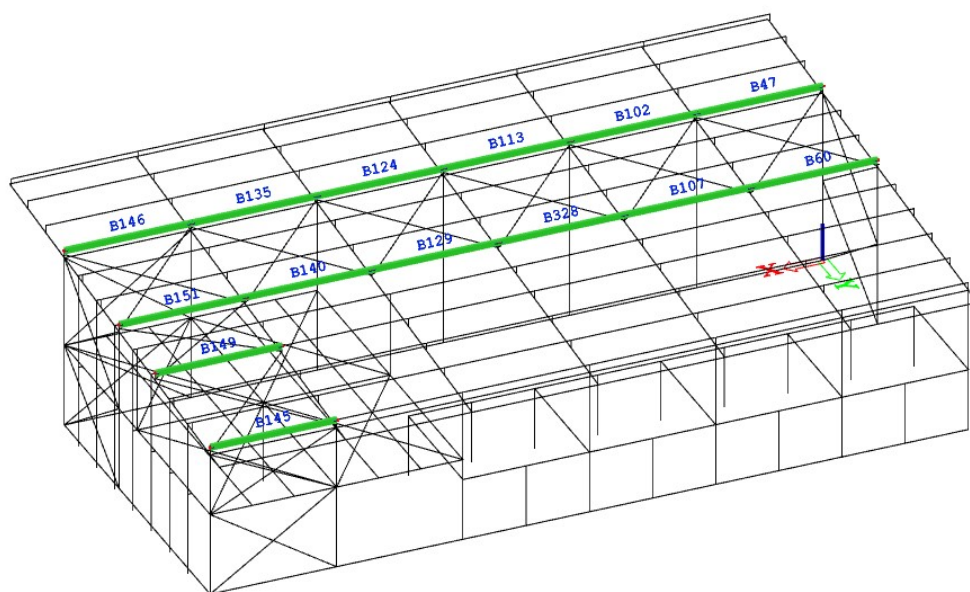


Vaznice - Vz

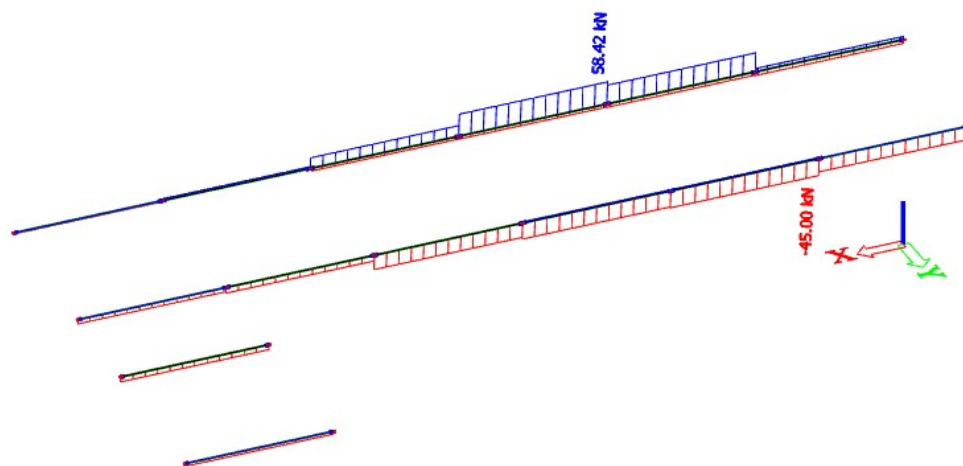


Vaznice - M_y

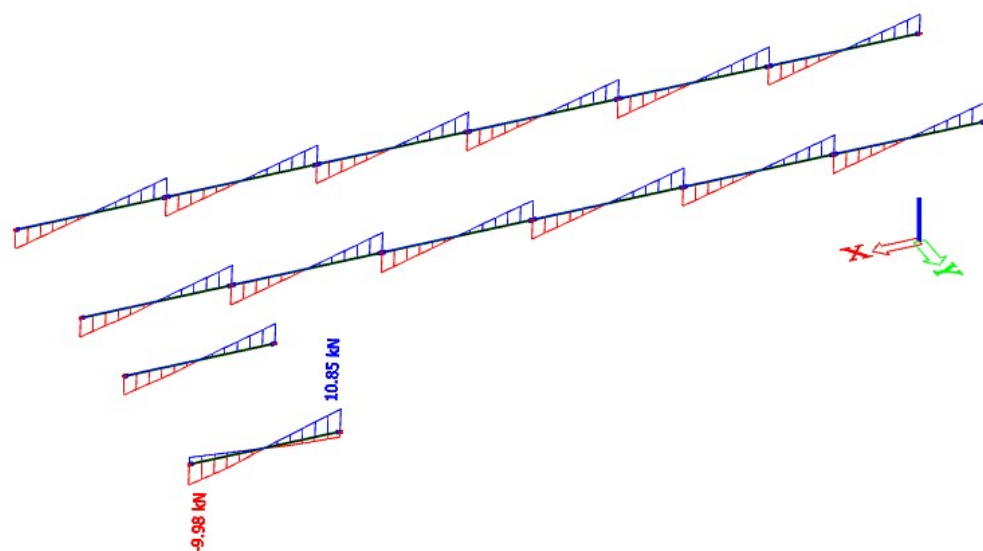
4.3.2 Vaznice se ztužidlem



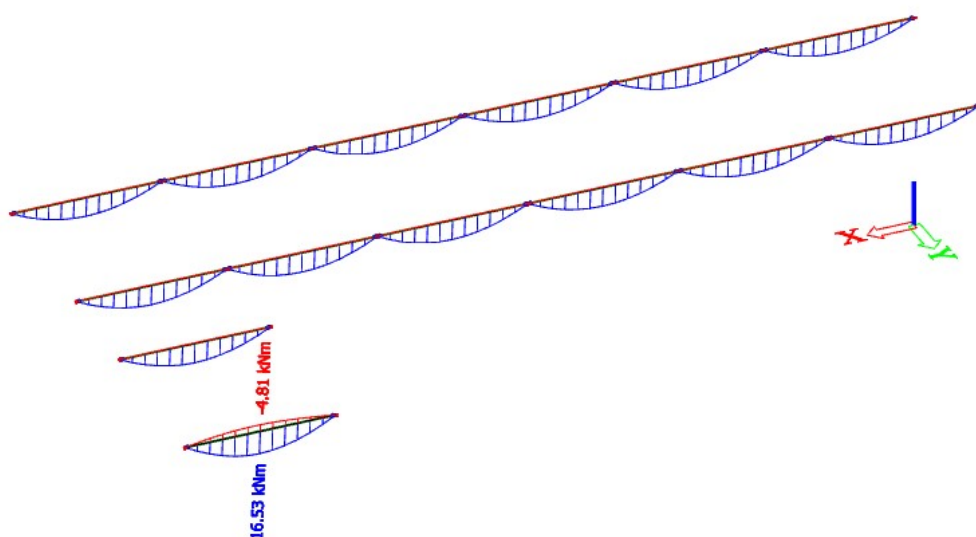
Vaznice se ztužidlem - prvky



Vaznice se ztužidlem - N

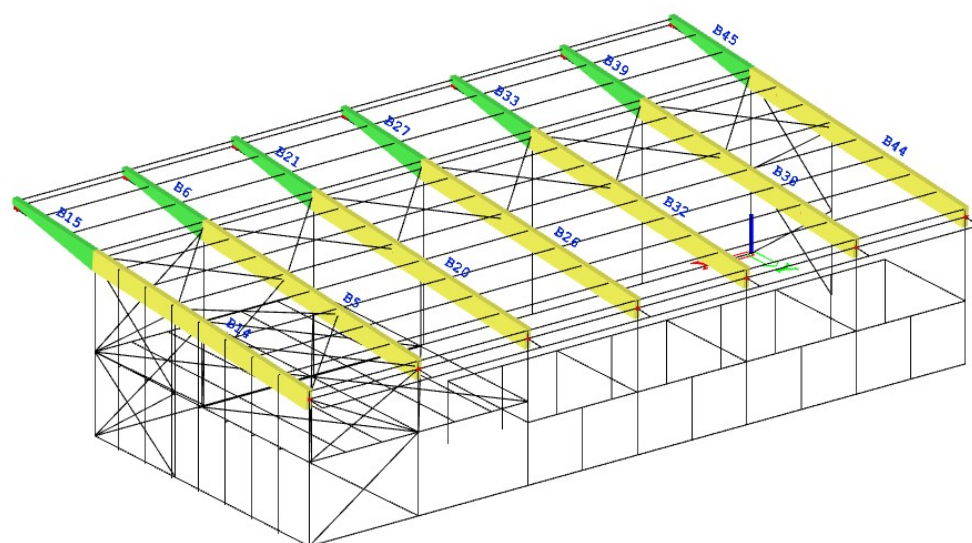


Vaznice se ztužidlem - Vz

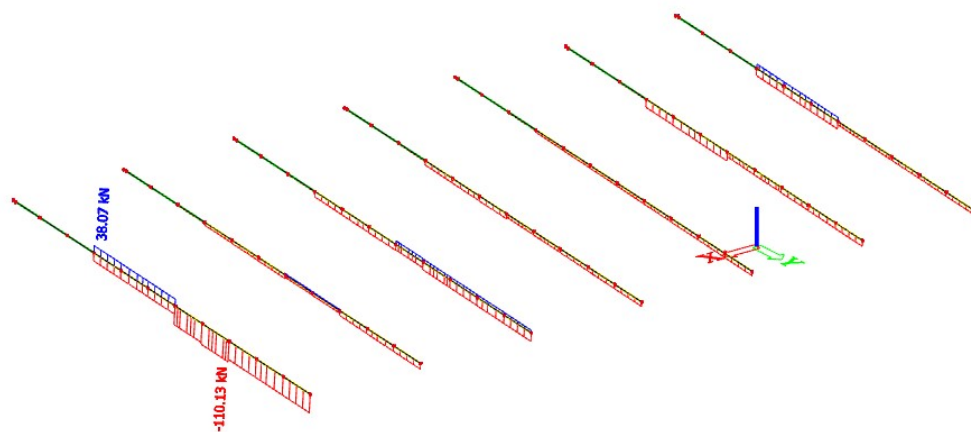


Vaznice se ztužidlem - My

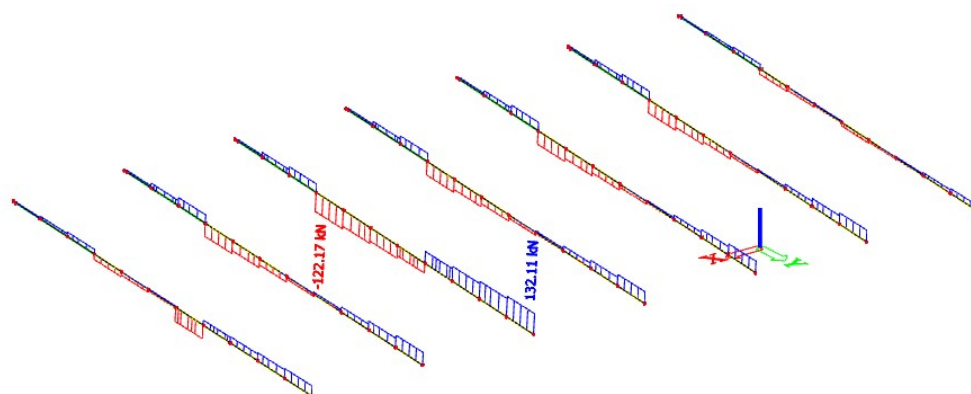
4.3.3 Střešní vazník



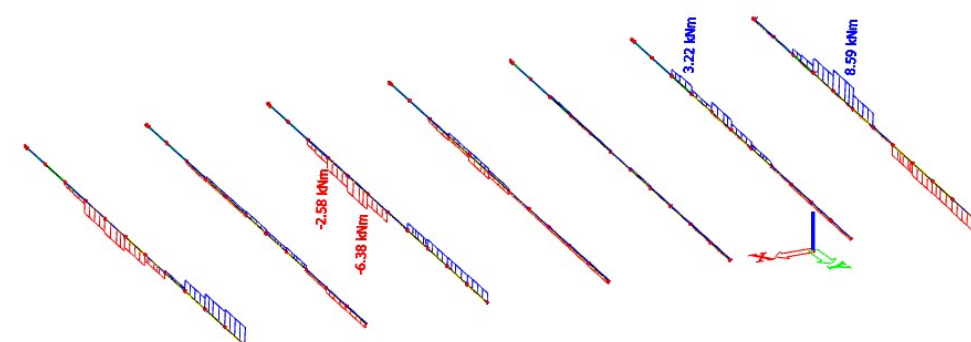
Střešní vazník - prvky



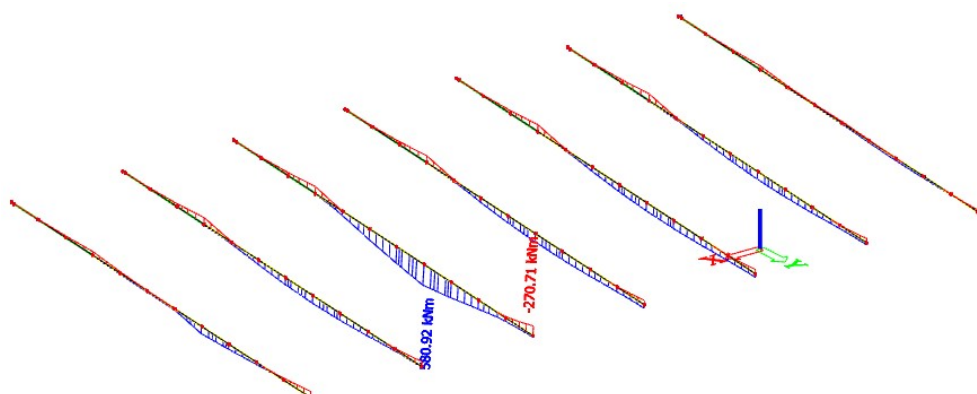
Střešní vazník - N



Střešní vazník - Vz

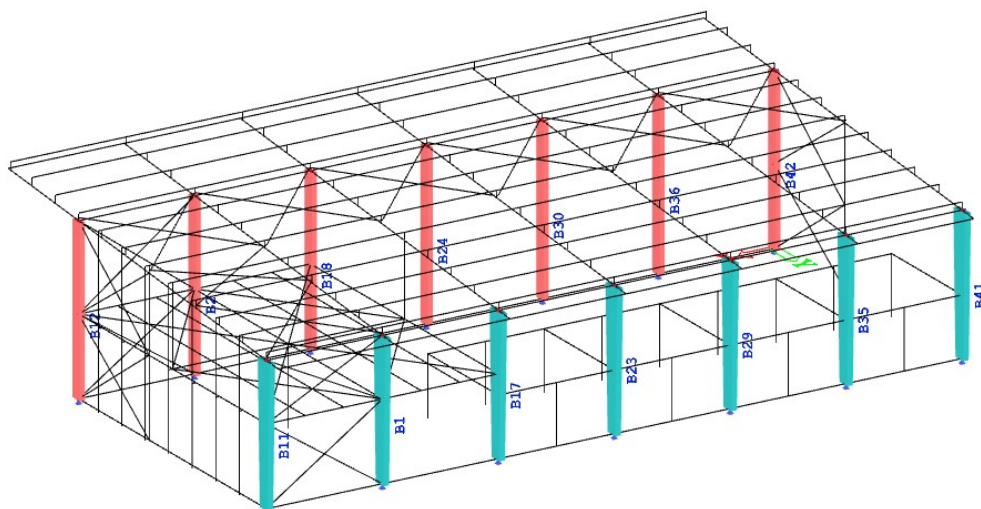


Střešní vazník - Mx

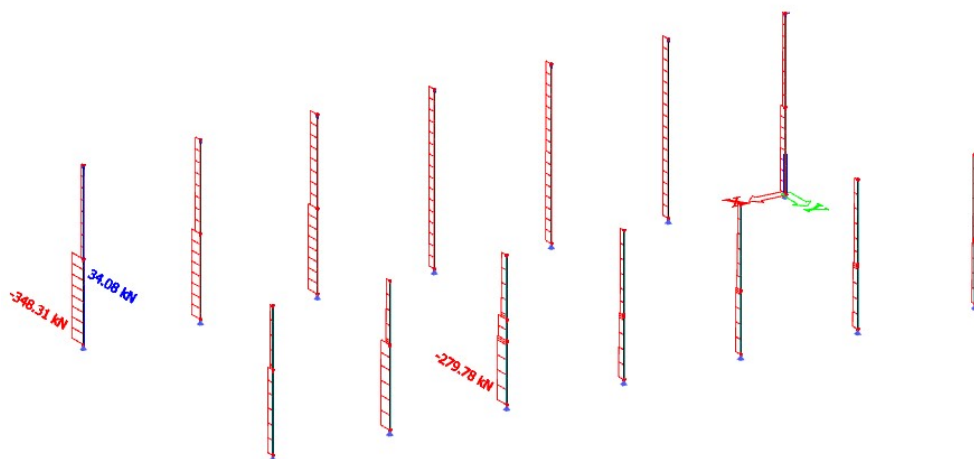


Střešní vazník - My

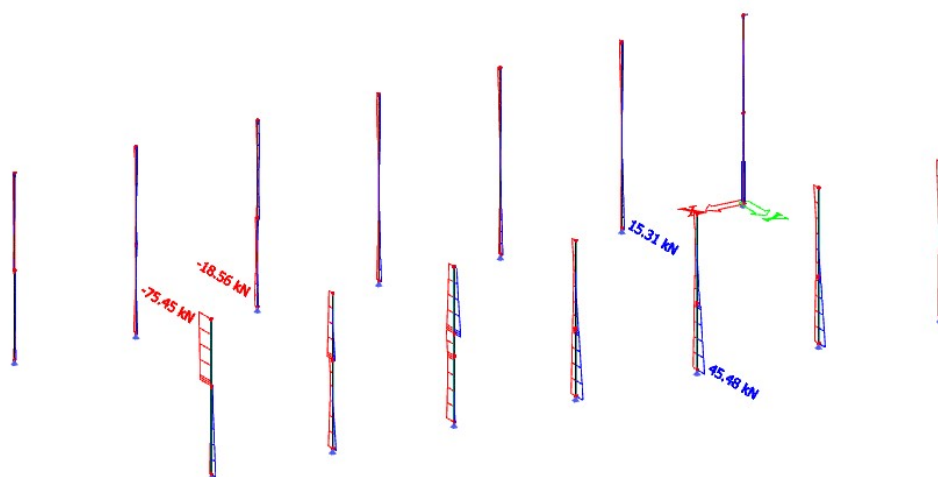
4.3.4 Hlavní sloupy



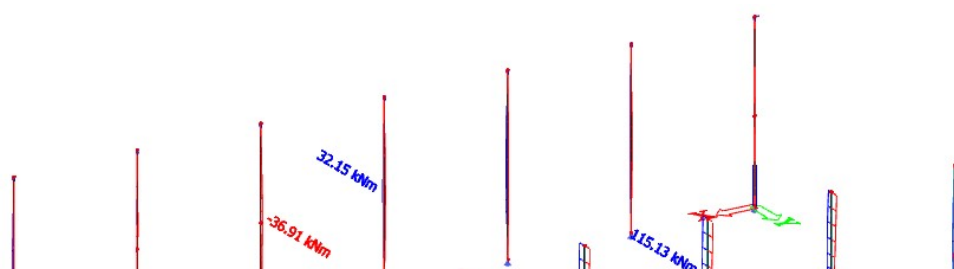
Hlavní sloupy - prvky

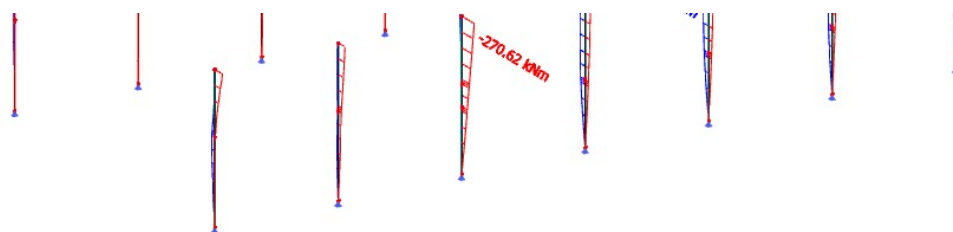


Hlavní sloupy - N



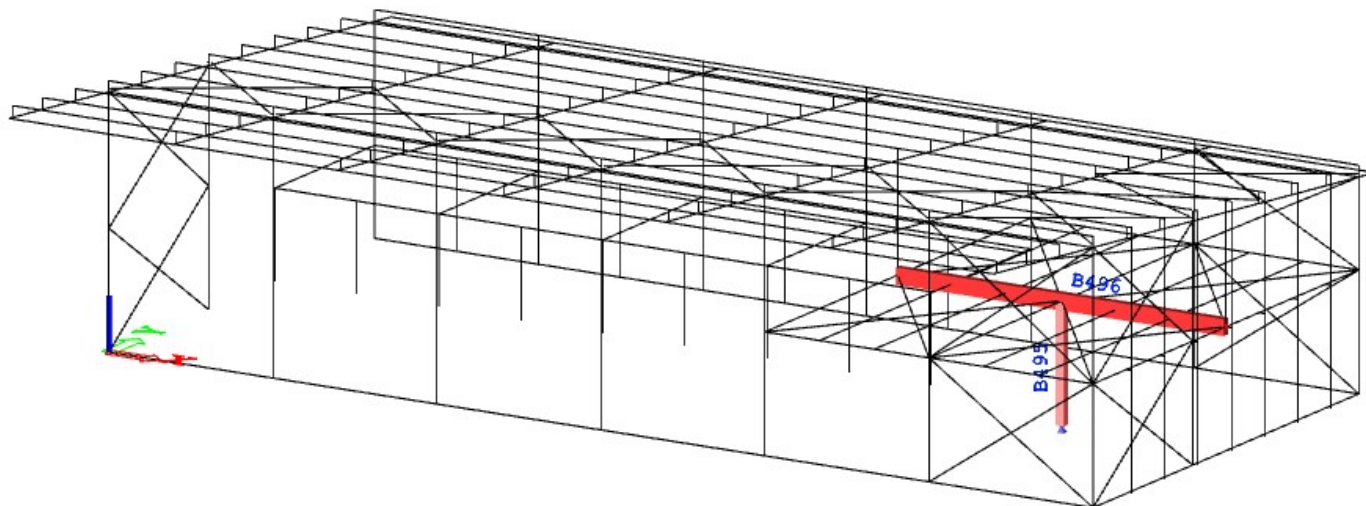
Hlavní sloupy - Vz



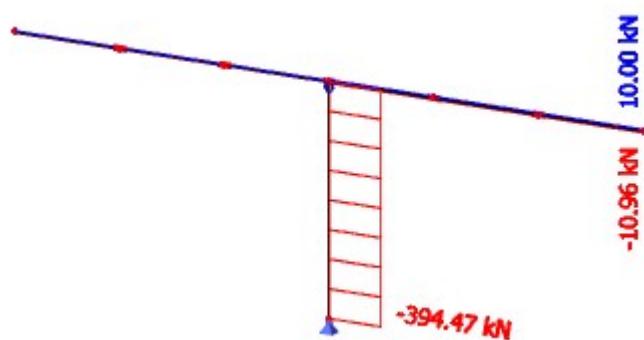


Hlavní sloupy - My

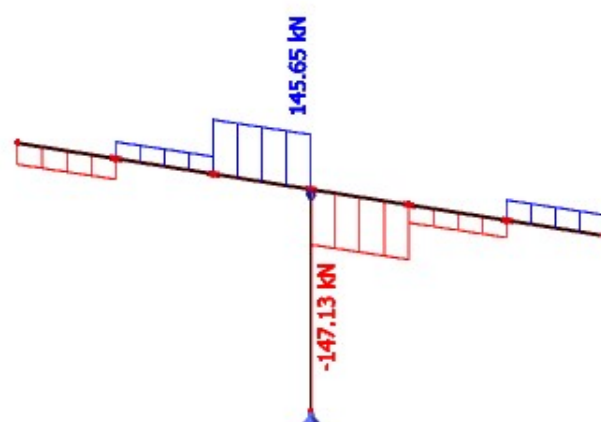
4.3.5 Stropní průvlak a podpora stropu 2NP



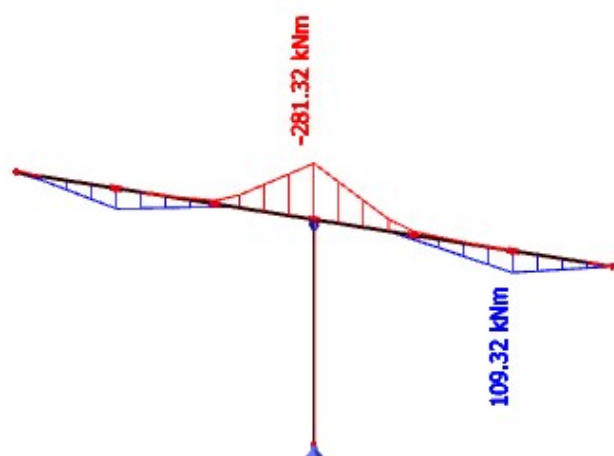
Stropní vazník a podpora stropu 2NP - prvky



Stropní vazník a podpora stropu 2NP - N

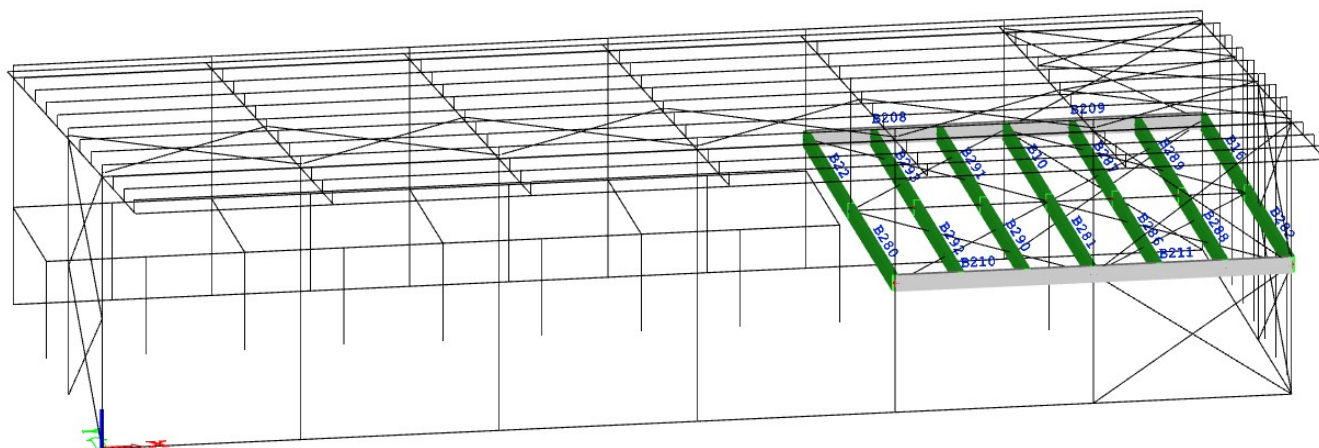


Stropní vazník a podpora stropu 2NP - Vz

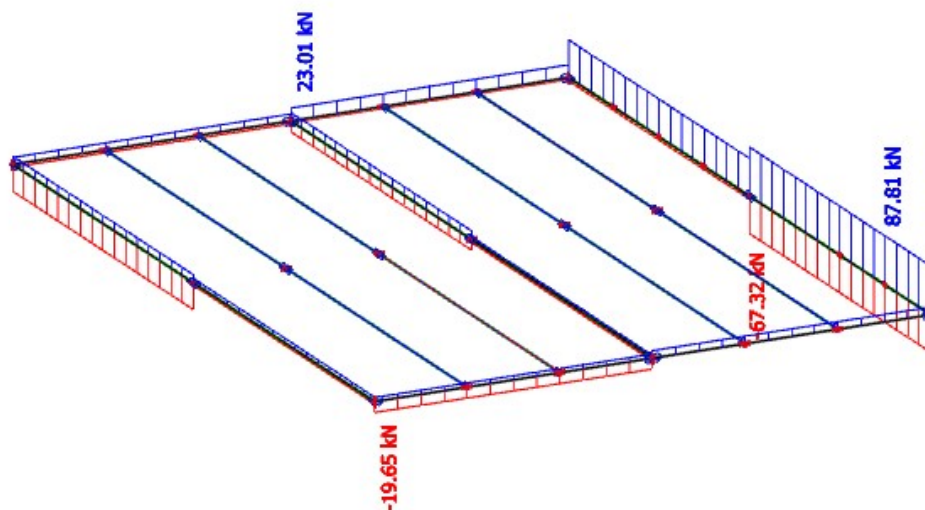


Stropní vazník a podpora stropu 2NP - My

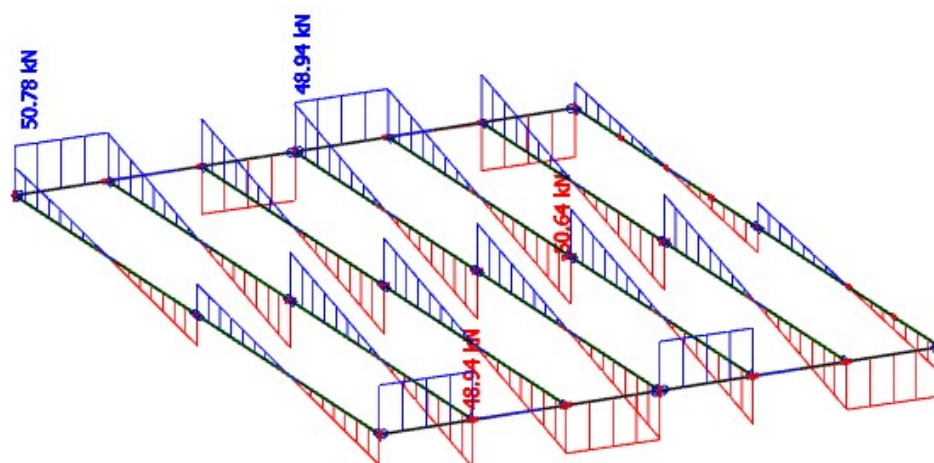
4.3.6 Stropní nosníky 2NP



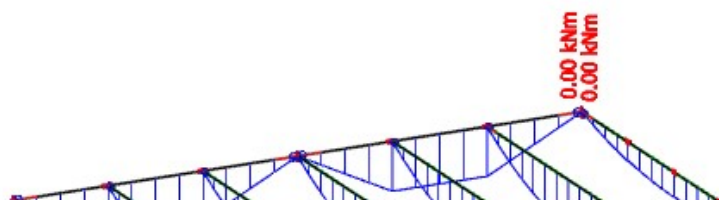
Stropní nosníky 2NP - prvky

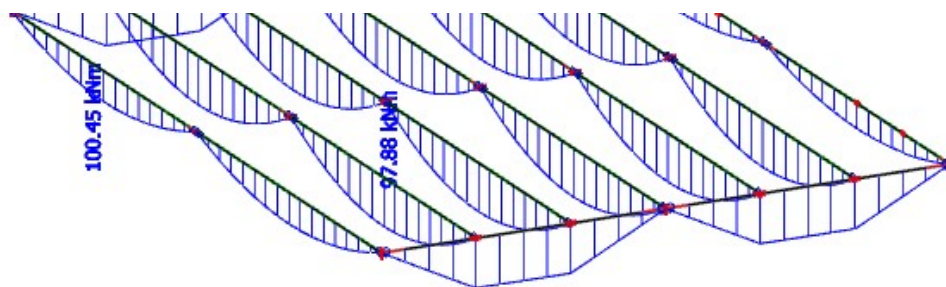


Stropní nosníky 2NP - N



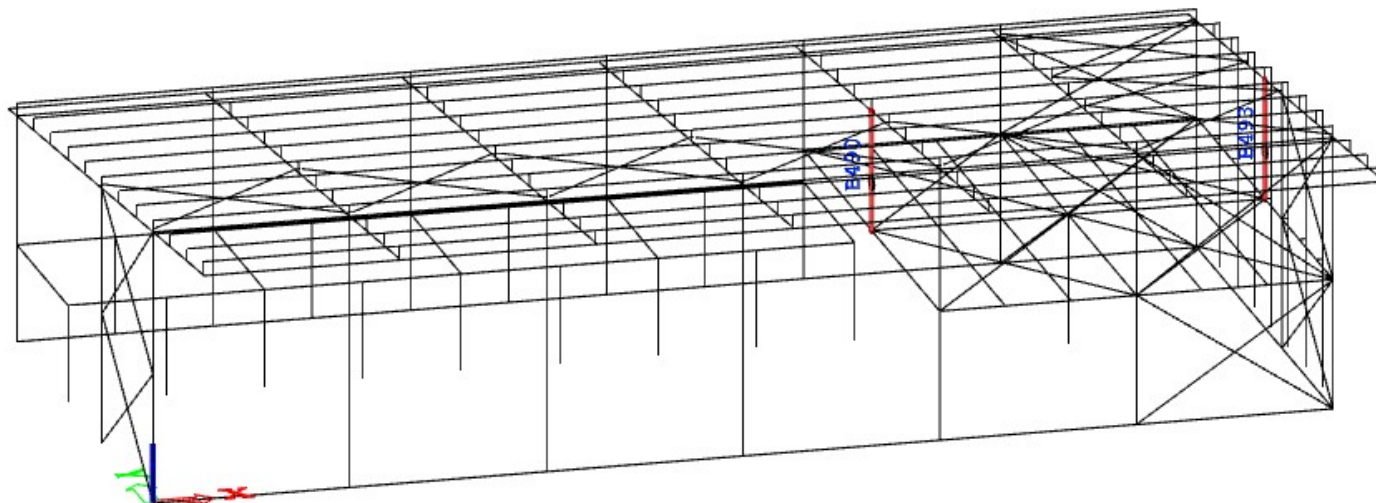
Stropní nosníky 2NP - Vz



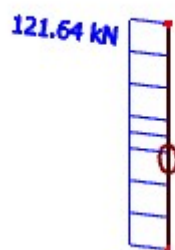


Stropní nosníky 2NP - M_y

4.3.7 Závěs 2NP

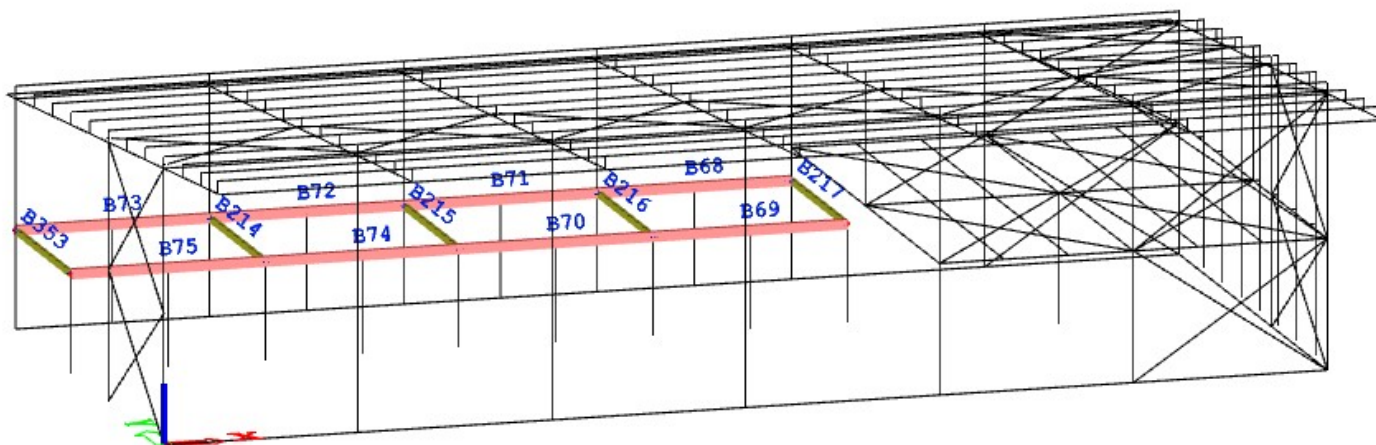


Závěs 2NP - prvky

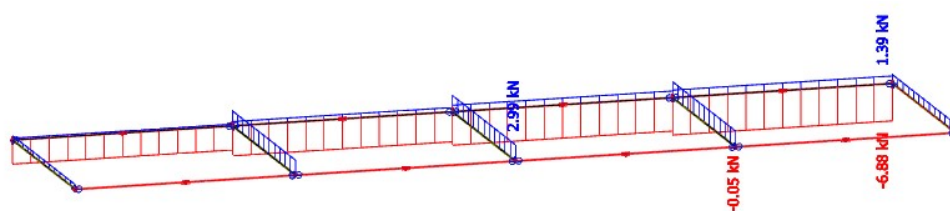


Závěs 2NP - N

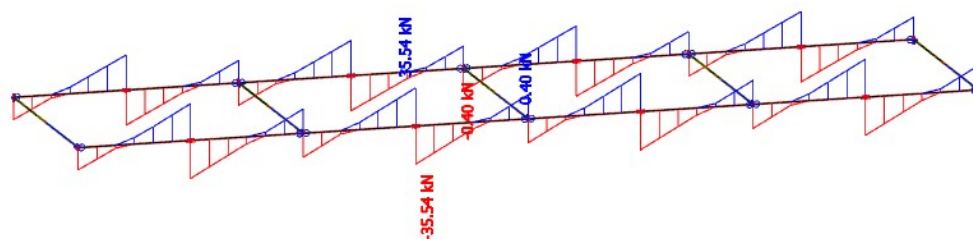
4.3.8 Strop 1NP



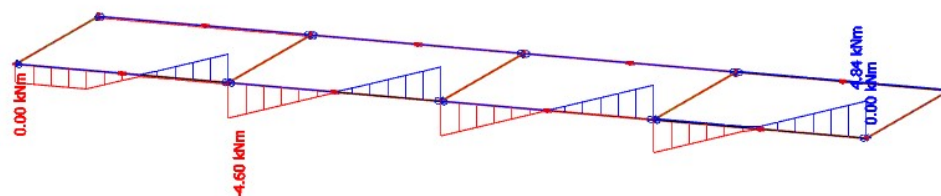
Strop 1NP - prvky



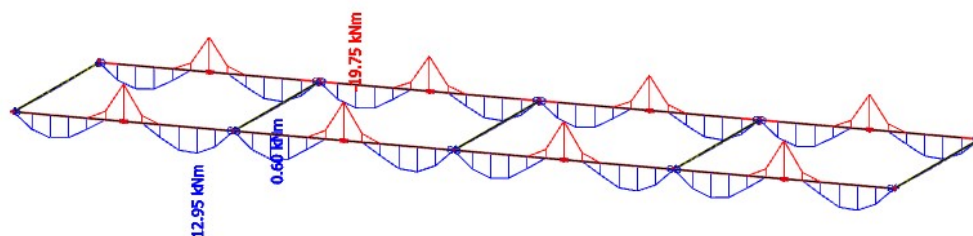
Strop 1NP - N



Strop 1NP - Vz

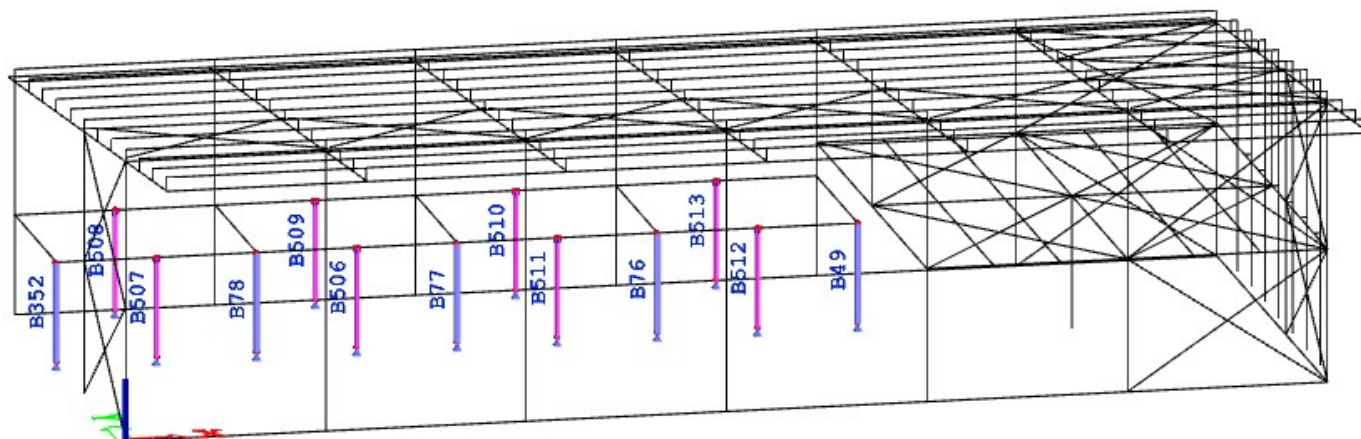


Strop 1NP - Mx

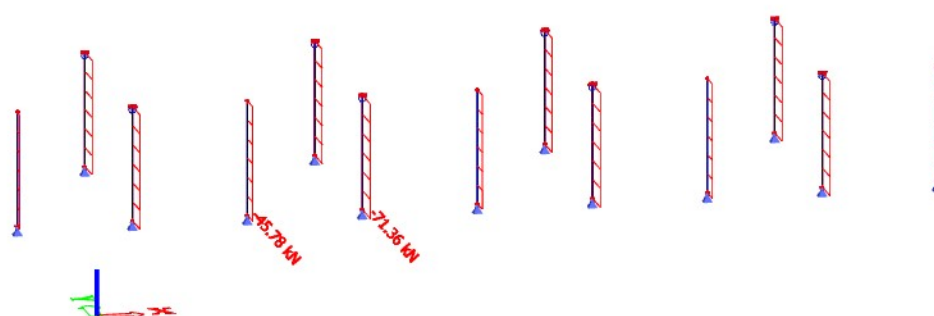


Strop 1NP - My

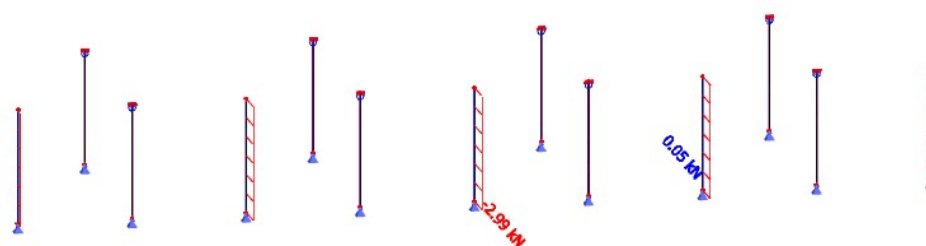
4.3.9 Sloupky 1NP



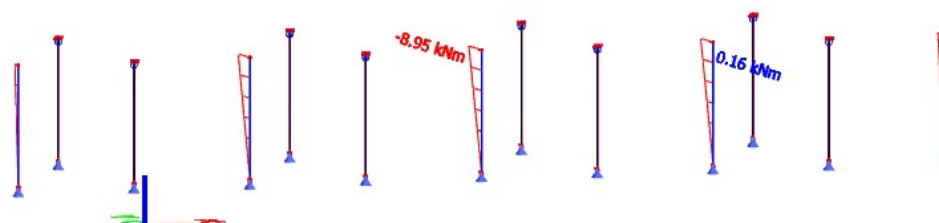
Sloupky 1NP - prvky



Sloupky 1NP - N

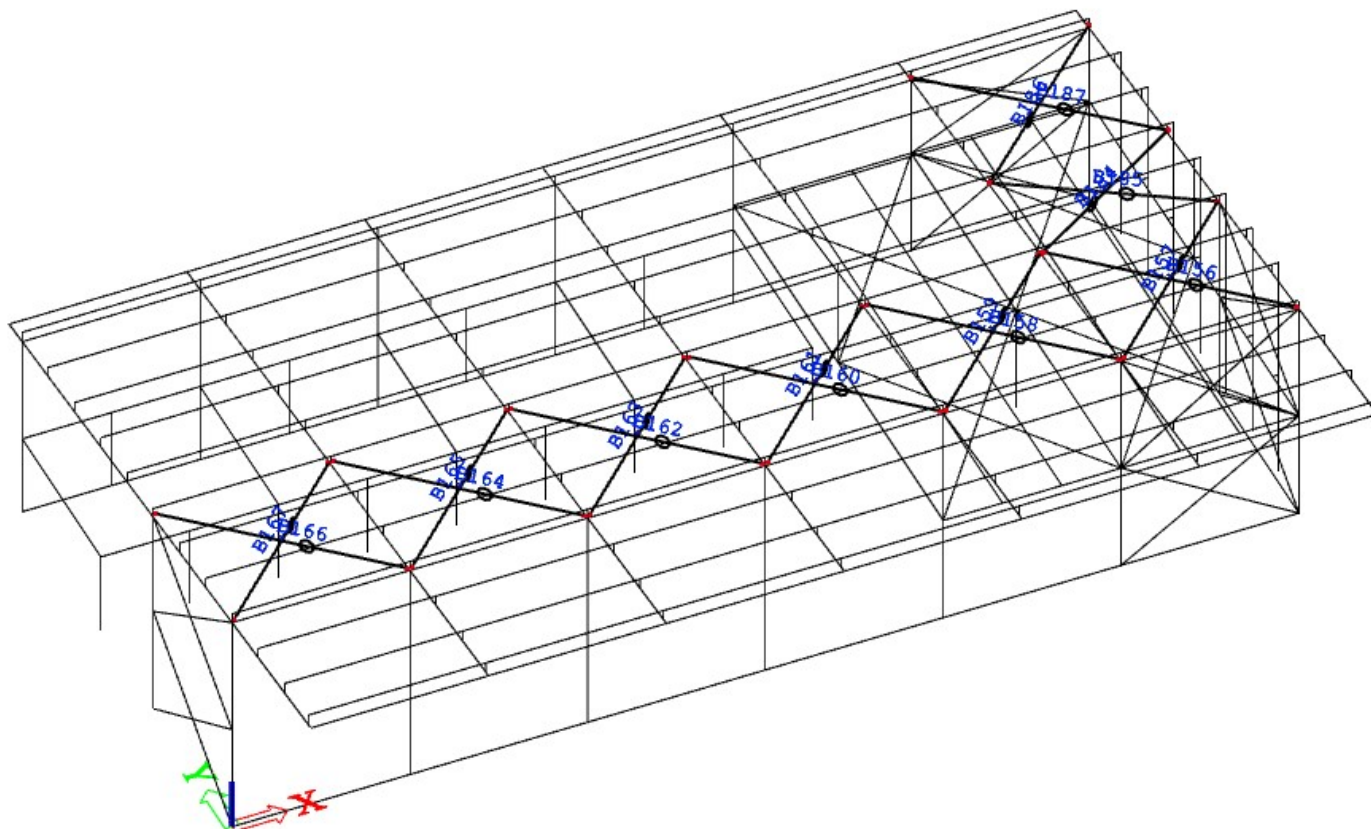


Sloupky 1NP - Vz

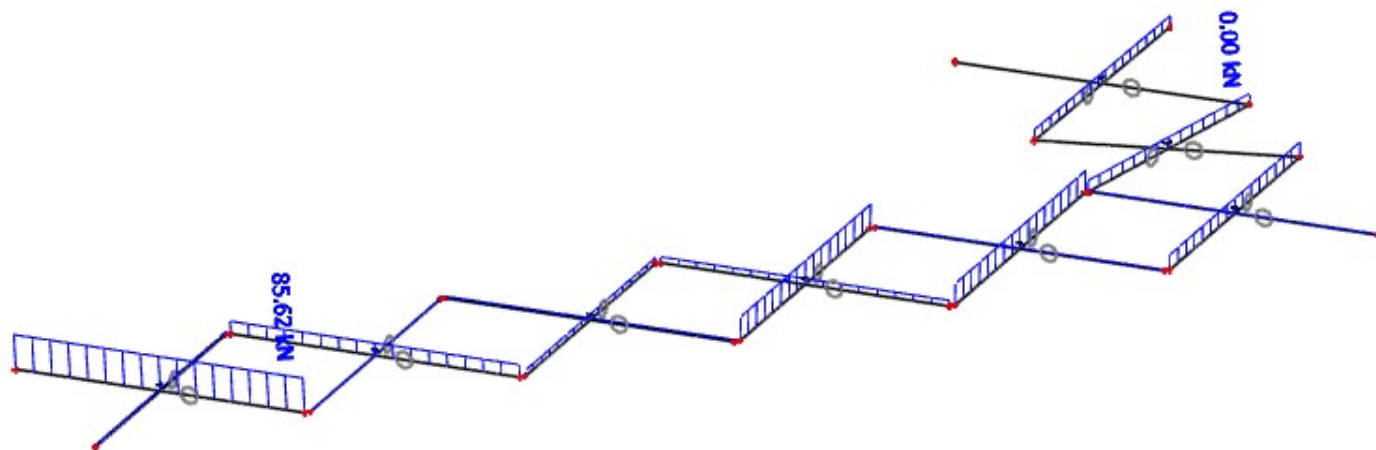


Sloupky 1NP - My

4.3.10 Střešní táhlo

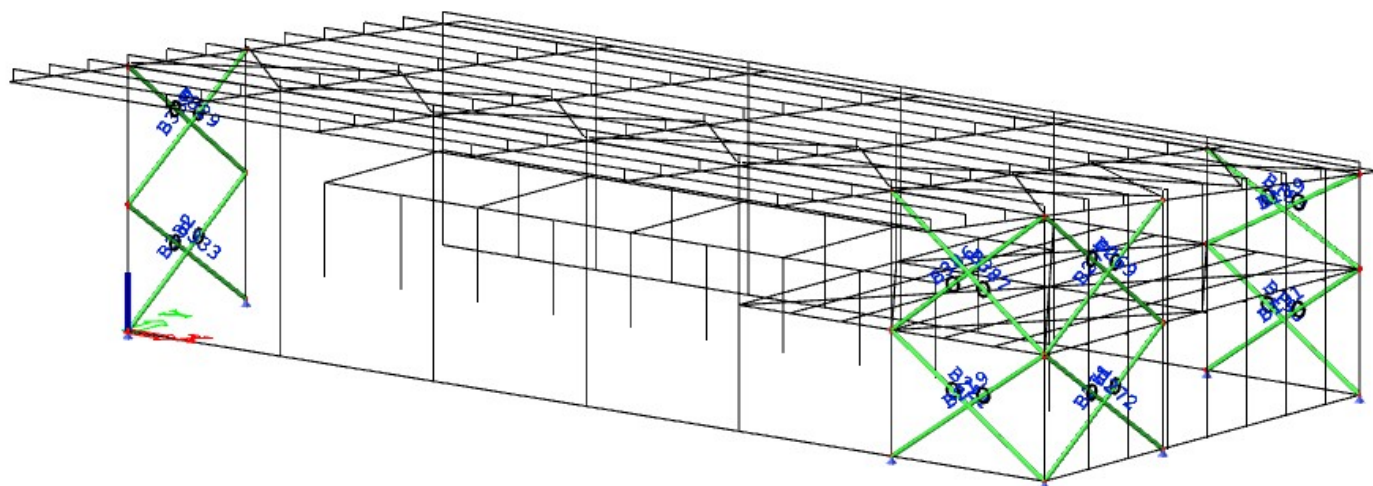


Střešní táhlo - prvky

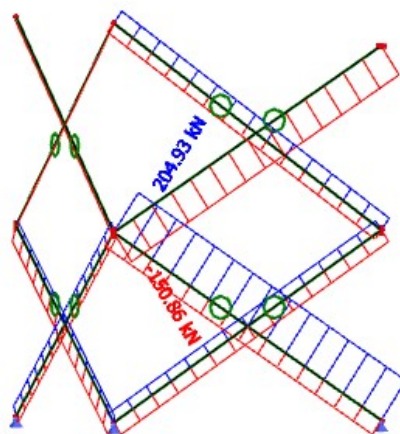
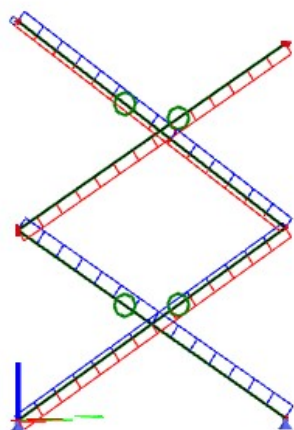


Střešní táhlo - N

4.3.11 Stěnové ztužidlo

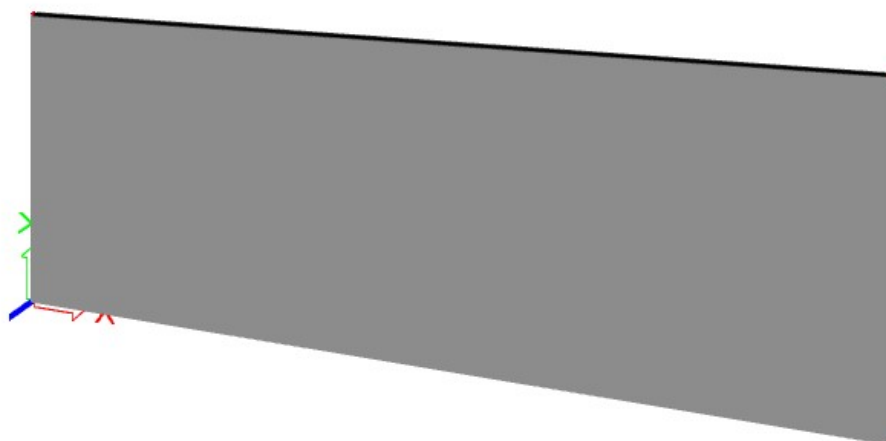


Stěnové ztužidlo - prvky

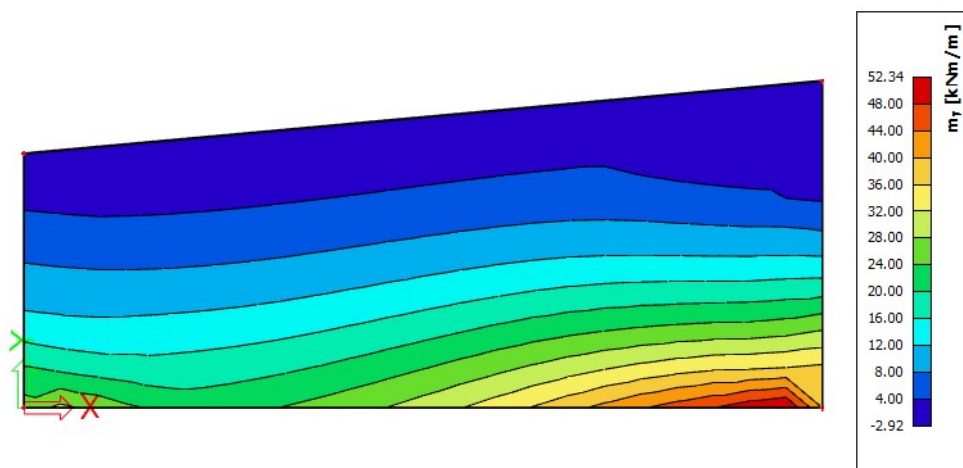


Stěnové ztužidlo - N

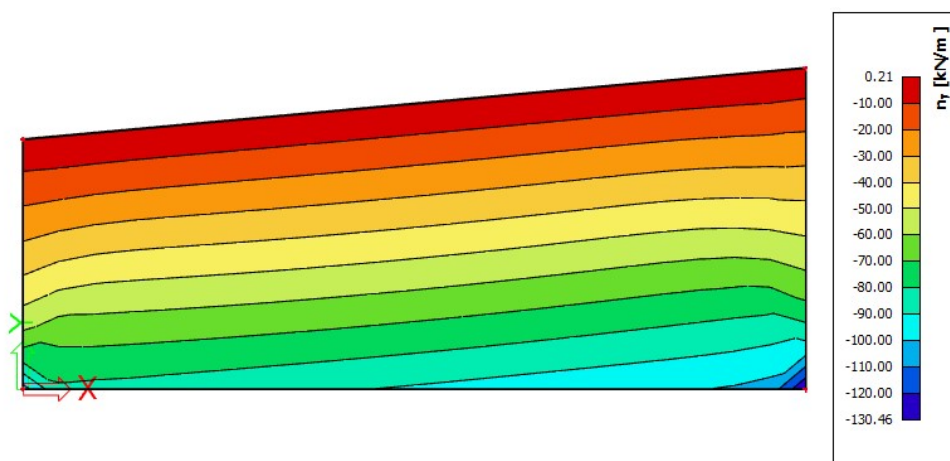
4.3.12 Boční betonová stěna



Boční betonová stěna - model



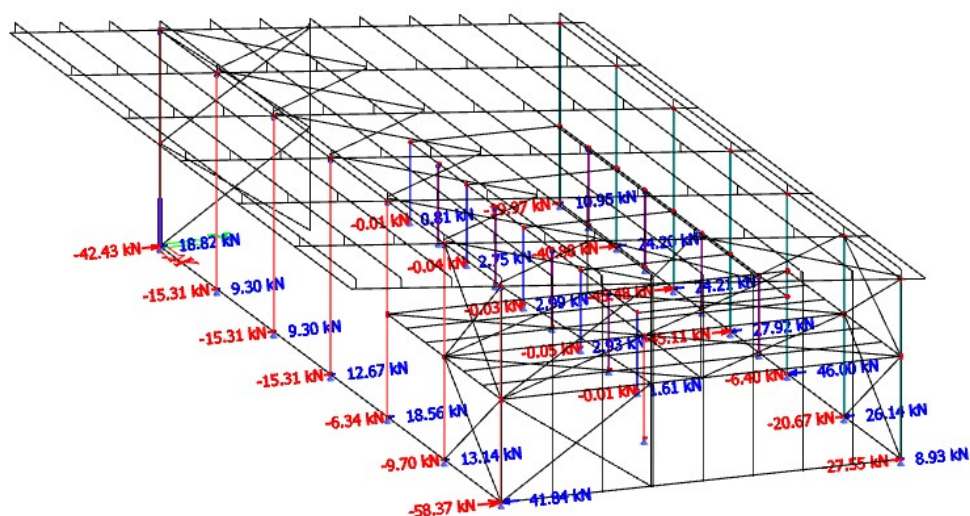
Boční betonová stěna - 2D M_y



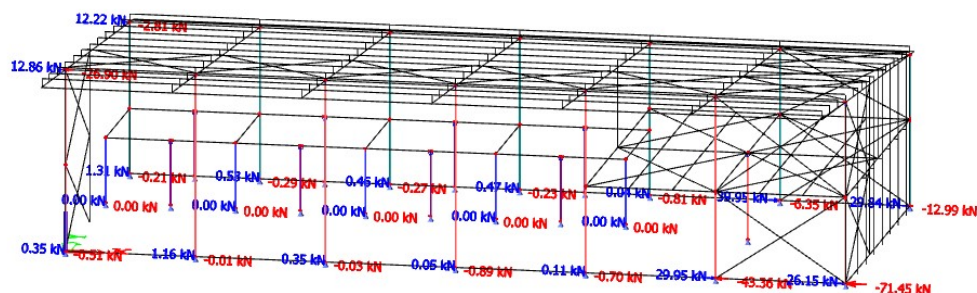
Boční betonová stěna - 2D N

4.4 Podporové reakce

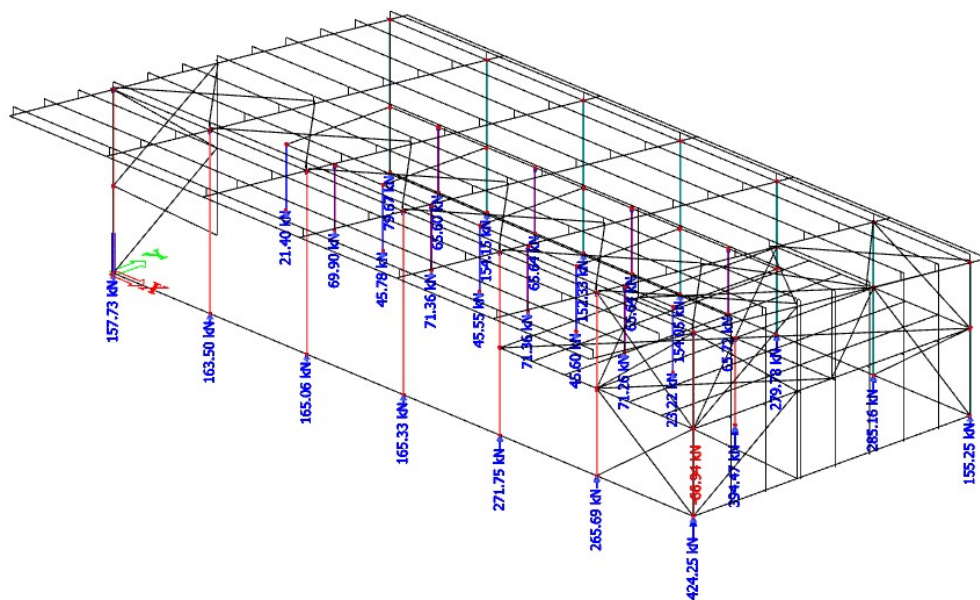
4.4.1 Hlavní nosná konstrukce



Podporové reakce - R_x

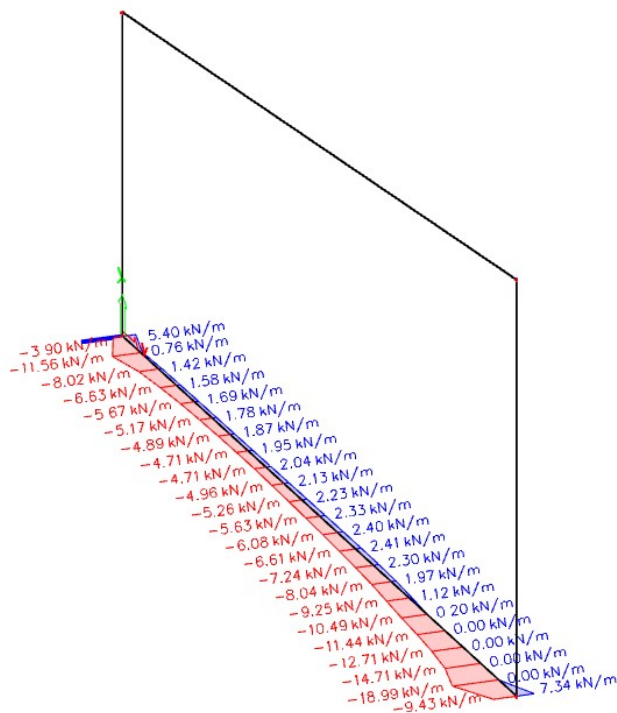


Podporové reakce - R_y

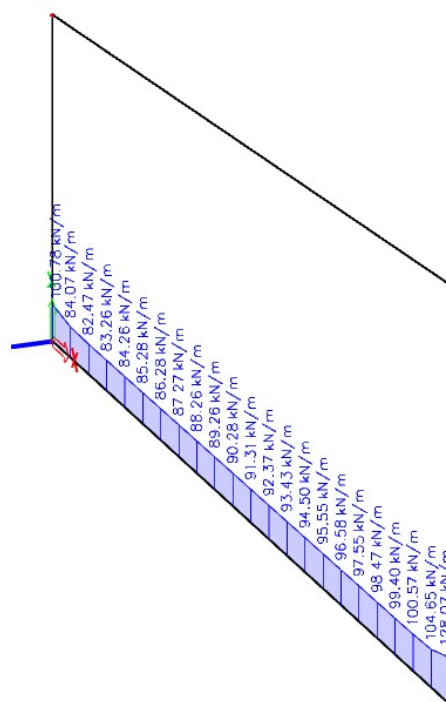


Podporové reakce - R_z

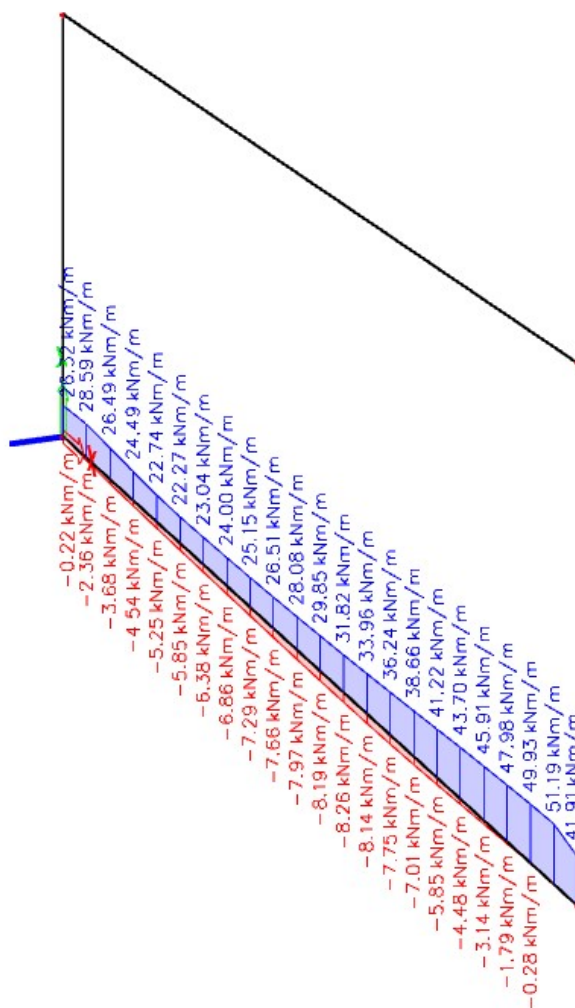
4.4.2 Boční betonová stěna



Podporové reakce - R_y



Podporové reakce - R_z



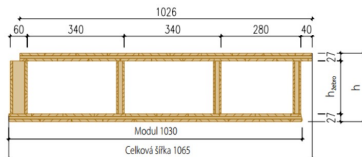
Podporové reakce - M_x

5 DIMENZOVÁNÍ PRVKŮ

Jednotlivé prvky byly navrženy v programu SCIA Engineer 21.1 metodou konečných prvků a posouzeny na mezní stavy únosnosti (MSÚ) a mezní stavy použitelnosti (MSP). Detailní výpočet a výstup z programu SCIA Engineer je uveden v příloze. Ve výpočtu byl zanedbán posudek dřevěných prvků kolmo k vláknům, který je u rozhodujících přípojí posouzen ručně.

5.1 Návrh a posouzení stropních panelů Novatop Element

5.1.1 Materiál



Skladba elementu:

$$\begin{aligned} h_1 &:= 9 \text{ mm} \\ h_2 &:= 9 \text{ mm} \\ h_3 &:= 9 \text{ mm} \\ t_1 &:= 6 \text{ mm} \\ t_2 &:= 15 \text{ mm} \\ t_3 &:= 6 \text{ mm} \\ h_i &:= h_1 + h_2 + h_3 = 27 \text{ mm} \\ t_i &:= t_1 + t_2 + t_3 = 27 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h := 260 \text{ mm}$$

$$l := 6000 \text{ mm}$$

$$b := 340 \text{ mm}$$

$$e := 340 \text{ mm}$$

$$E_{m.0} := 7800 \text{ MPa}$$

$$E_v := 11000 \text{ MPa}$$

$$f_{m.0.k} := 20.3 \text{ MPa}$$

$$f_{t.0.k} := 11.5 \text{ MPa}$$

$$f_{c.0.k} := 20.3 \text{ MPa}$$

$$f_{v.k} := 3.0 \text{ MPa}$$

$$f_{v.2.k} := 4.0 \text{ MPa}$$

$$G := 600 \text{ MPa}$$

NOVATOP - nosný element typ A1

(Skladba: 9/9/9 - 6/15/6 - 9/9/9, t = 27 mm)

rozpětí

referenční šířka pro výpočet

rozteč žeber

Modul pružnosti podélně

Relační modul E

Pevnost v ohybu

Pevnost v tahu

Pevnost v tlaku

Pevnost ve smyku

Pevnost ve smyku lepené spáry

Modul pružnosti ve smyku

5.1.2 Průřezové charakteristiky

$$I_{eff} := 4.99 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$EI_{eff} := 5.39 \cdot 10^{12} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$$

$$z_s := 130 \text{ mm}$$

$$S_1 := 2.21 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$S_2 := 2.02 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$k_{def} := 0.60$$

Efektivní modul setrvačnosti

Efektivní ohybová tuhost

vzdálenost těžiště od spodní hrany

Statický moment k těžišti

Statický moment k lepené spáře

Součinitel dotvarování

5.1.3 Zatížení

$$g_l := 0.35 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_k := 0.8 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$q_k := 3.00 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Vlastní tíha elementu

Stálé zatížení

Užitné zatížení, Kategorie C

Charakteristické zatížení (MSP)

$$q_{k.g} := (g_l + g_k) \cdot b = 0.391 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$q_{k.q} := q_k \cdot b = 1.02 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Návrhové zatížení (MSÚ)

$$q_d := \gamma_G \cdot (g_l + g_k) \cdot b + \gamma_Q \cdot q_k \cdot b = 2.058 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

5.1.4 Návrhové vnitřní síly

$$V_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot q_d \cdot l = 6.174 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{8} \cdot q_d \cdot l^2 = 9.26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Třída provozu 1

$$\gamma_G := 1.35$$

$$\gamma_Q := 1.5$$

$$k_{mod} := 0.9$$

$$\psi_2 := 0.6$$

$$\gamma_M := 1.30$$

5.1.5 Posouzení mezního stavu únosnosti (MSÚ)

Ohyb v krajních vláknech

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{I_{eff}} \cdot \frac{E_{m.0}}{E_v} \cdot z_s = 1.711 \text{ MPa}$$

$$f_{m.d} := \frac{f_{m.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 14.054 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} \leq 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{m.d}} = 0.122$$

VYHOVUJE

$$\eta = 12.2\%$$

Napětí v těžišti spodní desky

Vzdálenost těžiště průřezu od těžiště spodní desky:

$$z_i := z_s - \frac{h_1 + h_2 + h_3}{2} = 116.5 \text{ mm}$$

$$\sigma_{t.d} := \frac{M_{Ed}}{I_{eff}} \cdot \frac{E_{m.0}}{E_v} \cdot z_i = 1.533 \text{ MPa}$$

$$f_{t.d} := \frac{f_{t.0.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 7.962 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{t.d}}{f_{t.d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{t.d}}{f_{t.d}} = 0.193$$

VYHOVUJE

$$\eta = 19.3\%$$

Posouzení smykového napětí

Smykové napětí v těžišti průřezu

$$\tau_{v.d} := \frac{V_{Ed} \cdot S_I}{I_{eff} \cdot h_i} = 1.013 \text{ MPa}$$

$$f_{v.d} := \frac{f_{v.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.077 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\tau_{v.d}}{f_{v.d}} \leq 1.0$$

$$\frac{\tau_{v.d}}{f_{v.d}} = 0.488$$

VYHOVUJE

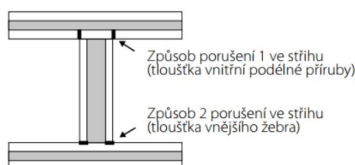
$$\eta = 48.8\%$$

Smykové napětí v lepené spáře

Způsob porušení 2 ve střihu podle ETA-11/0310

Použitá je jen lepená plocha vrstev s podélnými vlákny.

$$t_{netto} := t_1 + t_3 = 12 \text{ mm}$$



$$\tau_{v.2.d} := \frac{V_{Ed} \cdot S_2}{I_{eff} \cdot t_{netto}} = 2.083 \text{ MPa}$$

$$f_{v.2.d} := \frac{f_{v.2.k} \cdot k_{mod}}{\gamma_M} = 2.769 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\tau_{v.2.d}}{f_{v.d}} \leq 1.0$$

$$\frac{\tau_{v.2.d}}{f_{v.d}} = 0.752$$

VYHOVUJE

$$\eta = 75.2\%$$

5.1.6 Posouzení mezního stavu použitelnosti (MSP)

Pružný okamžitý průhyb

Podíl z ohybu:

$$w_{b.g.inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k.g} \cdot l^4}{EI_{eff}} = 1.224 \text{ mm}$$

$$w_{b.q.inst} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{k.q} \cdot l^4}{EI_{eff}} = 3.193 \text{ mm}$$

Podíl ze smyku:

$$h_w := h - 2 \cdot h_i = 206 \text{ mm}$$

$$A_w := h_w \cdot t_i = (5.562 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$w_{v.g.inst} := \frac{1}{8} \cdot \frac{q_{k.g} \cdot l^2}{G \cdot A_w} = 0.527 \text{ mm}$$

$$w_{v.q.inst} := \frac{1}{8} \cdot \frac{q_{k.q} \cdot l^2}{G \cdot A_w} = 1.375 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od stálého zatížení

$$w_{g.inst} := w_{b.g.inst} + w_{v.g.inst} = 1.751 \text{ mm}$$

Okamžitý průhyb od proměnného zatížení

$$w_{q.inst} := w_{b.q.inst} + w_{v.q.inst} = 4.569 \text{ mm}$$

Celkový pružný okamžitý průhyb

$$w_{inst} := w_{g.inst} + w_{q.inst} = 6.32 \text{ mm}$$

$$w_{lim} := \frac{l}{300} = 20 \text{ mm}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{w_{inst}}{w_{lim}} \leq 1.0$$

$$\frac{w_{inst}}{w_{lim}} = 0.316$$

VYHOVUJE

$$\eta = 31.6\%$$

5.2 Posudky konstrukčních prvků

Pro lepší orientaci a zkrácení statického výpočtu jsou v následujících tabulkách uvedeny rozhodující vnitřní síly a posudky pro jednotlivé průřezy použité v modelu a posouzeny na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti v programu SCIA Engineer 21.1.

Pozice a návrhové vnitřní síly jednotlivých průřezů jsou zobrazeny v kap. 4.3 - Vnitřní síly.

Shrnutí rozhodujících vnitřních sil:

Průřez	Prvek	Číslo prvku	N	Vy	Vz	Mx	My	Mz
			kN	kN	kN	kNm	kNm	kNm
1	Vaznice	B123	-3,47	-	0,05	-0,04	16,19	-1,18
2	Vaznice se ztužidlem	B107	-36,87	-	-	0,01	11,27	-1,17
3	Střešní vazník	B20	-34,99	0,32	72,79	0,23	580,92	-0,83
4	Zadní sloup	B17	-279,78	-0,62	-38,5	-	-	-
5	Čelní sloup	B36	-136,93	0,93	-3,44	-	16,58	5,36
6	Stropní průvlak	B496	-3,15	0,01	-147,13	-	-280,94	0,04
7	Stropní nosník	B211	12,86	0,27	-49,54	0,07	100,18	-0,55
8	Podpora stropu 2NP	B495	-394,47	-	-	-	-	-
9	Sloup 1NP	B77	-45,1	-	-2,98	-	-8,94	-
10	Stropní nosník 1NP	B69	-	-	21,63	4,84	-	-
11	Ztužení 1NP	B216	-0,01	-	-	-	0,6	-
12	Stěnová výměna 1NP	B506	-71,36	-	-	-	-	-
13	Střešní táhlo	B166	85,62	-	-	-	-	-
14	Stěnové ztužidlo	B270	-150,86	-	-	-	-	-
15	Závěs stropu 2NP	B490	120,34	-	-	-	-	-

Posudky jednotlivých průřezů:

Číslo	Prvek	Tvar průřezu	Rozměry		Materiál	MSÚ		MSP	Využití
			b [mm]	h [mm]		Posudek v řezu	Posudek stability		
1	Vaznice	obdélník	140	280	C24	0,59	0,6	0,82	82%
2	Vaznice se ztužidlem	obdélník	140	300	C24	0,52	0,71	0,68	71%
3	Střešní vazník	obdélník, prom. výška	300	300 - 1000	GL32h	0,51	0,51	0,87	87%
4	Zadní sloup	obdélník, prom. výška	300	650 - 1000	GL24h	0,31	0,56	0,08	56%
5	Čelní sloup	obdélník	250	650	GL24h	0,15	0,26	0,16	26%
6	Stropní průvlak	obdélník	260	550	GL32h	0,92	0,93	0,22	93%
7	Stropní nosník	obdélník	200	500	GL32h	0,52	0,52	0,64	64%
8	Podpora stropu 2NP	obdélník	260	300	GL24h	0,29	0,34	0	34%
9	Sloup 1NP	obdélník	160	200	C24	0,51	0,63	0,29	63%
10	Stropní nosník 1NP	obdélník	200	300	C24	0,67	0,4	0,18	67%
11	Ztužení 1NP	obdélník	120	200	C24	0,07	0,07	0,1	10%
12	Stěnová výměna 1NP	obdélník	120	160	C24	0,26	0,65	0	65%
13	Střešní táhlo	kruh	R20		S355	0,77	0	0,13	77%
14	Stěnové ztužidlo	CHS	139,7x5		S235	0,3	0,91	0,04	91%
15	Závěs stropu 2NP	CHS	88,9x5		S235	0,39	0	0,04	39%

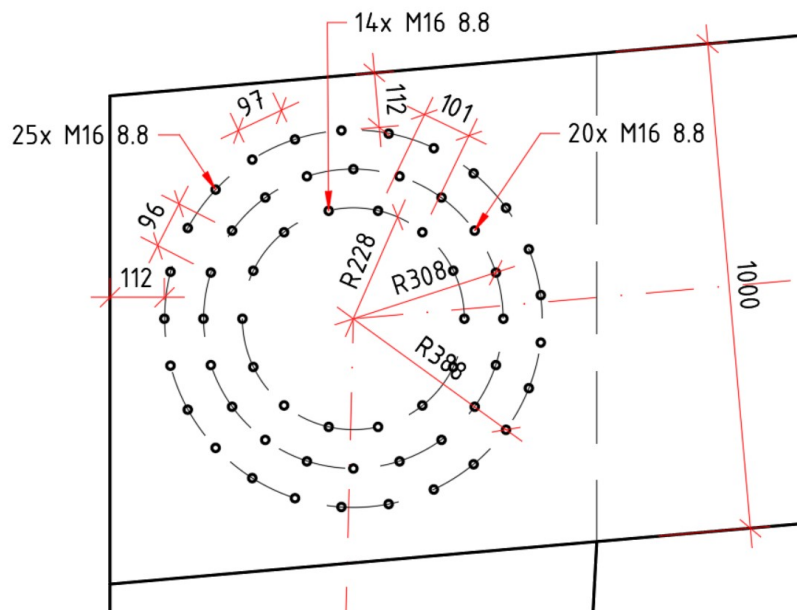
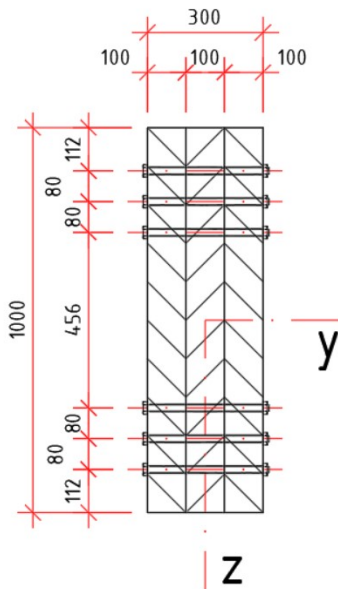
6 NÁVRH A POSOUZENÍ DETAILŮ PŘÍPOJŮ

Návrh a posudek přípojí byl proveden ručně a s pomocí programu IDEA Statica pro detailnější posouzení ocelových prvků přípojí.

6.1 Momentový přípoj vazníku na sloup

Rámový přípoj střešního vazníku na sloup bude řešen jako dvojstržný spoj dřevo - dřevo kolíkovým spojem. Střední prvek volím sloup, vnější prvek vazník.

Vazník i sloup musí být kvůli tomuto přípoji rozšířen, aby sloup vyhověl. Návrhem spoje jsem se snažil minimalizovat rozměry prvků za cenu vyššího počtu kolíků ve spoji.



6.1.1 Návrhové vnitřní síly

Vazník

$$N_{Ed,v} := -44.64 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,v} := 124.49 \text{ kN}$$

Sloup

$$N_{Ed,s} := -149.97 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,s} := 33.33 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 239.14 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

6.1.2 Geometrie

Spojované prvky

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

$$h_s := 1000 \text{ mm}$$

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

$$h_v := 1000 \text{ mm}$$

$$t_2 := 100 \text{ mm}$$

$$t_1 := \frac{b_v - t_2}{2} = 100 \text{ mm}$$

$$\alpha := 5 \text{ deg}$$

Spojovací prostředky

Svorníky a kolíky M16

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

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 5 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 7 \cdot d = 112 \text{ mm}$$

$$o_{min} := 6 \cdot d = 96 \text{ mm}$$

šířka průřezu sloupu

výška průřezu sloupu

šířka průřezu vazníku

výška průřezu vazníku

zvolená šířka vnitřního prvku spoje

šířka vnějších prvků spoje

úhel prvků přípoje

průměr kolíku

průměr otvoru

vzdálenost mezi kruhy

vzdálenost od okrajů, konce

vzdálenost uvnitř kruhu

6.1.3 Materiál

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Dílčí součinitel materiálu pro spoje

$$k_{mod} := 0.9$$

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Vazník - Lepené lamelové dřevo GL32h

$$\rho_{k1} := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

hustota dřeva

Sloup - Lepené lamelové dřevo GL24h

$$\rho_{k2} := 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

hustota dřeva

Svorníky a kolíky 8.8

$$f_u := 800 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

$$M_{y.Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_u}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 324.282 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.59$$

pro dřevo jehličnatých dřevin

$$F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

Sepnutí spoje

6.1.4 Posouzení kolíkového spoje

$$r_{1,max} := \frac{\min(h_v - 2 \cdot a_{3,t}, h_s - 2 \cdot a_{3,t})}{2} = 388 \text{ mm}$$

$$r_1 := 388 \text{ mm}$$

$$r_1 \leq r_{max}$$

$$r_2 := r_1 - a_1 = 308 \text{ mm}$$

$$r_3 := r_2 - a_1 = 228 \text{ mm}$$

Počet šroubů v jednotlivých kruzích: $n_1 := \text{floor} \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{o_{min}} \right) = 25$ $n_2 := \text{floor} \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{o_{min}} \right) = 20$ $n_3 := \text{floor} \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_3}{o_{min}} \right) = 14$

Celkový počet šroubů ve spoji: $n := n_1 + n_2 + n_3 = 59$

Síla v kolíku od momentu: $F_{M.Ed} := \frac{M_{y.Ed} \cdot r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2 + n_3 \cdot r_3^2} = 14.524 \text{ kN}$

$$F_{N.v} := \frac{|N_{Ed.v}|}{n} = 0.757 \text{ kN}$$

Síla v kolíku ve vazníku od normálové síly

$$F_{V.v} := \frac{|V_{z.Ed.v}|}{n} = 2.11 \text{ kN}$$

Síla v kolíku ve vazníku od posouvající síly

$$F_{N.s} := \frac{|N_{Ed.s}|}{n} = 2.542 \text{ kN}$$

Síla v kolíku ve sloupu od normálové síly

$$F_{V.s} := \frac{|V_{z.Ed.s}|}{n} = 0.565 \text{ kN}$$

Síla v kolíku ve sloupu od posouvající síly

Celkové zatížení kolíku vzhledem k vazníku: $F_{Ed.v} := \sqrt{(F_{M.Ed} + F_{V.v})^2 + F_{N.v}^2} = 16.651 \text{ kN}$

Celkové zatížení kolíku vzhledem ke sloupu: $F_{Ed.s} := \sqrt{(F_{M.Ed} + F_{V.s})^2 + F_{N.s}^2} = 15.301 \text{ kN}$

Úhel zatížení vzhledem k vláknům:

Úhel zatížení k vláknům vazníku: $\alpha_1 := \text{atan} \left(\frac{F_{M.Ed} + F_{V.v}}{F_{N.v}} \right) = 87.396 \text{ deg}$

Úhel zatížení k vláknům sloupu: $\alpha_2 := \text{atan} \left(\frac{F_{M.Ed} + F_{V.s}}{F_{N.s}} \right) = 80.438 \text{ deg}$

$$\text{Vazník GL32h: } f_{h.0.k.1} := \left(0.082 \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \text{MPa} = 29.618 \text{ MPa}$$

$$f_{h.1.k} := \frac{f_{h.0.k.1}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_1)^2 + \cos(\alpha_1)^2} = 18.642 \text{ MPa}$$

$$\text{Sloup GL24h: } f_{h.0.k.2} := \left(0.082 \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \left(\frac{\rho_{k2}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \text{MPa} = 26.174 \text{ MPa}$$

$$f_{h.2.k} := \frac{f_{h.0.k.2}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha_2)^2 + \cos(\alpha_2)^2} = 16.632 \text{ MPa}$$

$$\beta := \frac{f_{h.2.k}}{f_{h.1.k}} = 0.892$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha := \max(\alpha_1, \alpha_2) = 87.396 \text{ deg}$$

$$a_{1.min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 64.727 \text{ mm}$$

$$a_1 \geq a_{1.min} = 1$$

$$a_{2.min} := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3.t.min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3.t.min} = 1$$

$$a_{3.c.min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 111.901 \text{ mm}$$

$$a_{4.t.min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 63.967 \text{ mm}$$

$$a_{4.c.min} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Charakteristická únosnost pro jeden stříh jednoho kolíku:

$$F_{v.Rk.1} := f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d = 29.828 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.2} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 13.306 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.3} := 1.05 \cdot \frac{f_{h.1.k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left(\sqrt{2 \cdot \beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4 \cdot \beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.1.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 13.306 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.4} := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.1.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 15.533 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.1}, F_{v.Rk.2}, F_{v.Rk.3}, F_{v.Rk.4}) = 13.306 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot F_{v.Rk} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_{M2}} = 19.16 \text{ kN} \quad \text{návrhová únosnost kolíku (2 stříhy)}$$

$$F_{Ed} := \max(F_{Ed.v}, F_{Ed.s}) = 16.651 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

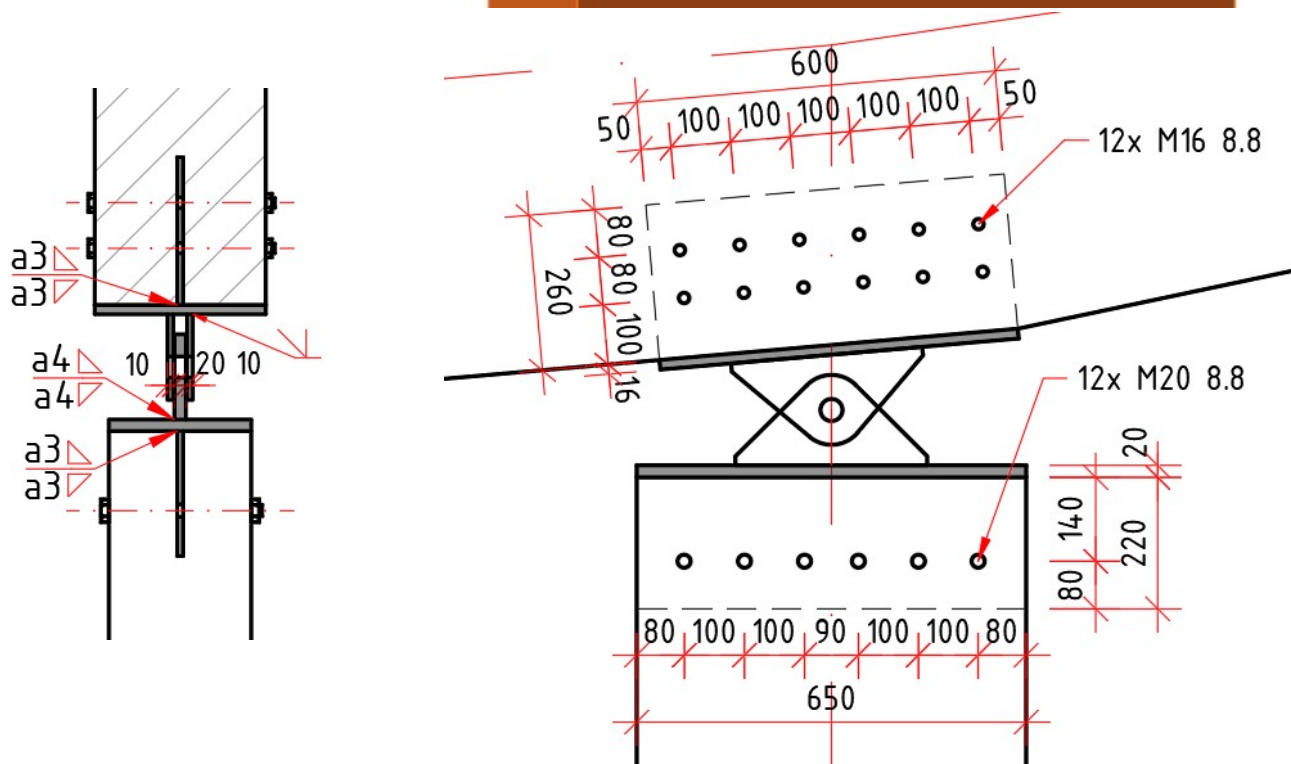
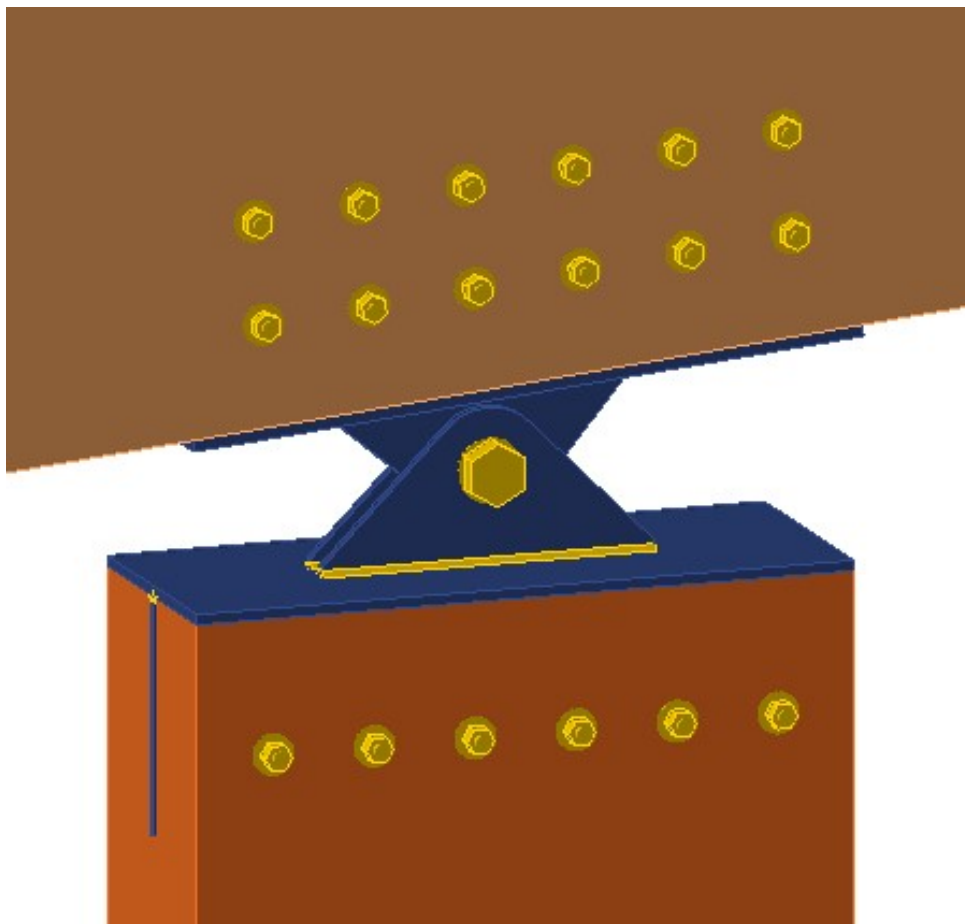
$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.869$$

VYHOVUJE

$$\eta = 86.9\%$$

6.2 Kloubový přípoj vazníku na sloup

Kloubový přípoj vazníku na sloup čelní stěny bude řešen jako čepový spoj, na obou prvcích budou plechy čepového spoje připojeny na čelní plech, který k prvku bude připojen vnitřním plechem svorníkovým spojem. Posudek styčnickových plechů byl proveden v programu IDEA StatiCa Connection.



6.2.1 Geometrie

Spojované prvky

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

$$h_v := 1000 \text{ mm}$$

$$b_s := 250 \text{ mm}$$

$$h_s := 650 \text{ mm}$$

$$\alpha := 95 \text{ deg}$$

$$\gamma := 5 \text{ deg}$$

šířka průřezu vazníku

výška průřezu vazníku

šířka průřezu sloupu

výška průřezu sloupu

úhel prvků přípoje

úhel sklonu vazníku

6.2.2 Materiál

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$\gamma_M := 1.25$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$k_{mod} := 0.9$$

Dílčí součinitel materiálu - ocel

Dílčí součinitel materiálu - LLD

Dílčí součinitel materiálu pro spoje

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Vazník - Lepené lamelové dřevo GL32h

$$f_{c,90,k} := 3.3 \text{ MPa}$$

$$\rho_{k1} := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna

hustota dřeva

Sloup - Lepené lamelové dřevo GL24h

$$f_{c,0,k} := 24 \text{ MPa}$$

$$\rho_{k2} := 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

hustota dřeva

Svorníky a čep 8.8

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 0.8 \cdot f_{ub} = 640 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

charakteristická pevnost v tahu svorníku

Plech ocel S235

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

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

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

mez kluzu oceli

mez pevnosti oceli

modul pružnosti oceli

6.2.3 Návrhové vnitřní síly

Vazník

$$\text{Tlaková síla: } N_{Ed,v,c} := -41.95 \text{ kN}$$

$$\text{Tahová síla: } N_{Ed,v,t} := 38.7 \text{ kN}$$

$$\text{Posouvající síla osy y: } V_{y,Ed,v} := 7.36 \text{ kN}$$

$$\text{Posouvající síla osy z: } V_{z,Ed,v} := 119.04 \text{ kN}$$

Sloup

$$N_{Ed,s,c} := -191.44 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,s,t} := 19.99 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed,s} := 3.95 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,s} := 15.33 \text{ kN}$$

6.2.4 Posouzení čepu

Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed} := |N_{Ed.s.c}| = 191.44 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := |V_{z.Ed.s}| = 15.33 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 192.053 \text{ kN}$$

Návrh čepového přípoje

Navrhují čepový přípoj složený z třech plechů a čepu. Dva plechy budou připojeny k čelnímu plechu sloupu, jeden plech k kontaktnímu plechu vazníku.

$$d := 36 \text{ mm}$$

jmenovitý průměr čepu

$$d_0 := d + 1 \text{ mm} = 37 \text{ mm}$$

průměr otvoru pro čep

$$t_1 := 20 \text{ mm}$$

tloušťka vnitřního plechu

$$t_2 := 10 \text{ mm}$$

tloušťka vnějších plechů

$$t_3 := 2 \text{ mm}$$

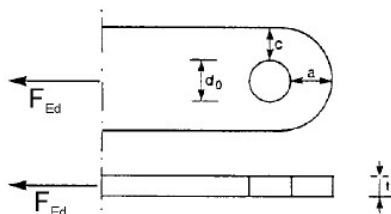
tloušťka mezery mezi plechy

$$A := \pi \cdot \frac{d^2}{4} = (1.018 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha průřezu čepu

$$W_{el} := \pi \cdot \frac{d^3}{32} = (4.58 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

průřezový modul čepu



Geometrické požadavky:

$$a_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_1 \cdot f_y} + \frac{2}{3} \cdot d_0 = 45.098 \text{ mm}$$

$$a := 40 \text{ mm}$$

$$c_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_1 \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 32.764 \text{ mm}$$

$$c := 64 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti čepu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 390.864 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.491$$

VYHOVUJE

$$\eta = 49.1\%$$

Posouzení únosnosti čepu v otláčení

$$F_{b.Rd} := \frac{1.5 \cdot t_1 \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 253.8 \text{ kN}$$

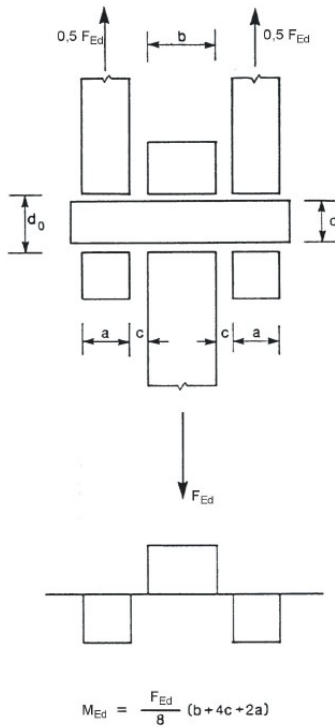
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b.Rd}} = 0.757$$

VYHOVUJE

$$\eta = 75.7\%$$


Posouzení únosnosti čepu v ohybu

$$M_{Ed} := \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (t_1 + 4 \cdot t_3 + 2 \cdot t_2) = 1.152 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = 4.397 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.262$$

VYHOVUJE

$$\eta = 26.2\%$$

Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu
Podmínka spolehlivosti:

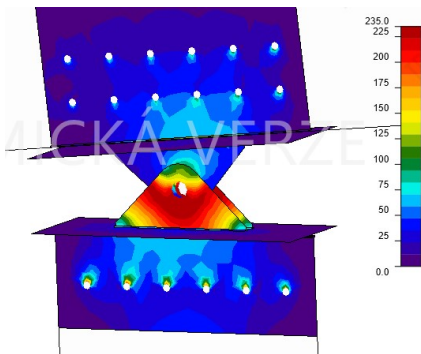
$$\left(\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 < 1.0$$

$$\left(\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 = 0.31$$

VYHOVUJE

$$\eta = 31\%$$

Ekvivalentní napětí na plechu:


6.2.5 Posouzení svislých plechů v čepovém spoji
Posouzení únosnosti plechů v místě oslabení na prostý tlak

$$N_{Ed} = 191.44 \text{ kN}$$

$$c = 64 \text{ mm}$$

$$A_{net,1} := t_1 \cdot 2 \cdot c = (2.56 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{net,2} := 4 \cdot t_2 \cdot c = (2.56 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{net} := \min(A_{net,1}, A_{net,2})$$

$$N_{net,Rd} := \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 601.6 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{net,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{net,Rd}} = 0.318$$

VYHOVUJE

$$\eta = 31.8\%$$

Posouzení únosnosti plechů v místě oslabení na smyk

$$V_{Ed} = 15.33 \text{ kN}$$

$$A_v := A_{net} = (2.56 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 347.334 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0.044$$

VYHOVUJE

$$\eta = 4.4\%$$

Posouzení vzpěrné únosnosti plechů

$$N_{Ed} := F_{Ed} = 192.053 \text{ kN}$$

$$b := 250 \text{ mm}$$

$$L_{cr} := 95 \text{ mm}$$

$$A := b \cdot t_1 = (5 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot b \cdot t_1^3 = (1.667 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 5.774 \text{ mm}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 16.454$$

$$\lambda_{rel,z} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.175$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.2) + \lambda_{rel,z}^2) = 0.509$$

$$\chi_z := \min \left(1, \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \right) = 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 601.6 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0.319$$

VYHOVUJE

$$\eta = 31.9\%$$

Kombinace vzpěru a ohybu v patě svislých plechů

$$b_f := 320 \text{ mm}$$

$$e := L_{cr} = 95 \text{ mm}$$

$$A := 2 \cdot b \cdot t_2 = (5 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_{el} := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot b_f \cdot t_2^2 = (1.067 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$M_{z,Ed} := V_{y,Ed,v} \cdot e = 0.699 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Rd} := \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 2.507 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = 0.598$$

VYHOVUJE

$$\eta = 59.8\%$$

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.913$$

Křivka vzpěrné pevnosti "c"

$$\alpha := 0.49$$

Návrhová tlaková síla na jeden plech

šířka plechu v místě posudku

vzpěrná délka plechu měřená od osy čepu

plocha průřezu v místě posudku

moment setrvačnosti netuhé osy plechu

poloměr setrvačnosti plechu

štíhlost kolem netuhé osy plechu

poměrná štíhlost kolem netuhé osy plechu

šířka plechu v patě

excentricita čep - pata plechu

plocha průřezu plechů

průřezový modul

návrhový moment v místě posudku

6.2.6 Posouzení kontaktních plechů

Vazník

$b_{p.v} := 300 \text{ mm}$	šířka plechu vazníku
$h_{p.v} := 550 \text{ mm}$	délka plechu vazníku
$t_{p.v} := 16 \text{ mm}$	tloušťka patního plechu vazníku
$A_{p.v} := b_{p.v} \cdot h_{p.v} = 0.165 \text{ m}^2$	kontaktní plocha plechu vazníku

Sloup

$b_{p.s} := 250 \text{ mm}$	šířka plechu sloupu
$h_{p.s} := 650 \text{ mm}$	délka plechu sloupu
$t_{p.s} := 16 \text{ mm}$	tloušťka patního plechu sloupu
$A_{p.s} := b_{p.s} \cdot h_{p.s} = 0.163 \text{ m}^2$	kontaktní plocha plechu sloupu

6.2.6.1 Kontaktní plech - vazník

Posouzení tlaku kolmo na vlákna kontaktního plechu vazníku

$F_{90.Ed} := V_{z.Ed.v} = 119.04 \text{ kN}$	návrhová síla působící na kontakt plech - vazník
$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{90.Ed}}{A_{p.v}} = 0.721 \text{ MPa}$	návrhové napětí kolmo k vláknům
$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 2.376 \text{ MPa}$	návrhová únosnost dřeva kolmo k vláknům
$k_{c.90} := 1.0$	součinitel zohledňující pozici zatížení

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.d}} = 0.304$$

VYHOVUJE

$$\eta = 30.4\%$$

Posouzení kontaktního plechu vazníku na ohyb

$e := 145 \text{ mm}$	okraj plechu od plastického kloubu
$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{c.90.d} \cdot e^2 = 7.584 \frac{1}{m} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$	návrhový ohybový moment na plech
$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_{p.v}^2 = 42667 \frac{1}{m} \cdot \text{mm}^3$	průřezový modul plechu
$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 177.757 \text{ MPa}$	návrhové napětí od ohybu
$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$	návrhová únosnost plechu

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} = 0.756$$

VYHOVUJE

$$\eta = 75.6\%$$

6.2.6.2 Únosnost koutového svaru svislého plechu na kontaktní plech

$L := b_f = 320 \text{ mm}$	délka svaru
$a := 4 \text{ mm}$	výška svaru
$l := L - 2 \cdot a = 312 \text{ mm}$	efektivní délka svaru
$A_w := l \cdot a = (1.248 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$	plocha svaru
$\beta_w := 0.8$	korelační součinitel koutového svaru - ocel S235

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z.Ed.v}}{2 \cdot A_w} = 47.692 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{V_{y.Ed.v} + |N_{Ed.v.c}|}{2 \cdot A_w} = 19.756 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 13.969 \text{ MPa} \quad \tau_{kol} := \sigma_{kol}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 87.202 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 24.2\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 5.4\%$$

6.2.6.3 Kontaktní plech - sloup

Posouzení tlaku rovnoběžně s vlákny kontaktního plechu sloupu

$$F_{0.Ed} := |N_{Ed.s.c}| = 191.44 \text{ kN}$$

návrhová síla působící na kontakt plech - sloup

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{0.Ed}}{A_{p.s}} = 1.178 \text{ MPa}$$

návrhové napětí // s vlákny

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 17.28 \text{ MPa}$$

návrhová únosnost dřeva // s vlákny

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 0.068$$

VYHOVUJE

$$\eta = 6.8\%$$

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$$e := 120 \text{ mm}$$

okraj plechu od plastického kloubu

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{c.0.d} \cdot e^2 = 8.482 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{\text{m}}$$

návrhový ohybový moment na plech

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_{p.s}^2 = 42667 \text{ mm}^3 \cdot \frac{1}{\text{m}}$$

průřezový modul plechu

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 198.803 \text{ MPa}$$

návrhové napětí od ohybu

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

návrhová únosnost plechu

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} = 0.846$$

VYHOVUJE

$$\eta = 84.6\%$$

6.2.7 Posouzení kolíkových přípojí

6.2.7.1 Kolíkový přípoj vazníku

Přípoj bude navržen jako dvojstřížný spoj se střední ocelovou deskou.

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj:

$$N_{Ed} := |N_{Ed.v.t}| = 38.7 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := |V_{z.Ed.v}| = 119.04 \text{ kN}$$

Návrh:

Svorníky a kolíky M16 8.8

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

průměr kolíku

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$n_s := 6$$

navržený počet sloupců šroubů

$$n_f := 2$$

navržený počet řad šroubů

$$n := n_s \cdot n_f = 12$$

navržený počet šroubů

Styčnickový plech

$$t := 10 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

$$t_l := \frac{b_v - t}{2} = 145 \text{ mm}$$

tloušťka dřeva na straně hlavičky

Výsledná síla na 1 kolík:

Vliv normálové síly:

$$F_{l.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 3.225 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od normálové síly

Vliv posouvající síly:

$$F_{l.V} := \frac{V_{Ed}}{n} = 9.92 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od posouvající síly

Vliv excentricity zatížení:

$$e := L_{cr} + t_{p.v} + a_{4,t} + \frac{a_2}{2} = 251 \text{ mm}$$

excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků

$$M_d := V_{Ed} \cdot e = 29.879 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru od těžiště kolíků:

$$r_1 := \sqrt{\left(\frac{5 \cdot a_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{2}\right)^2} = 253.18 \text{ mm} \quad n_1 := 4$$

$$r_2 := \sqrt{\left(\frac{3 \cdot a_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{2}\right)^2} = 155.242 \text{ mm} \quad n_2 := 4$$

$$r_3 := \sqrt{\left(\frac{a_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{2}\right)^2} = 64.031 \text{ mm} \quad n_3 := 4$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2 + n_3 \cdot r_3^2}$$

$$F_{l.M} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 20.49 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od momentu

Celková působící síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l.Ed} := \sqrt{F_{l.V}^2 + (F_{l.N} + F_{l.M})^2} = 25.706 \text{ kN}$$

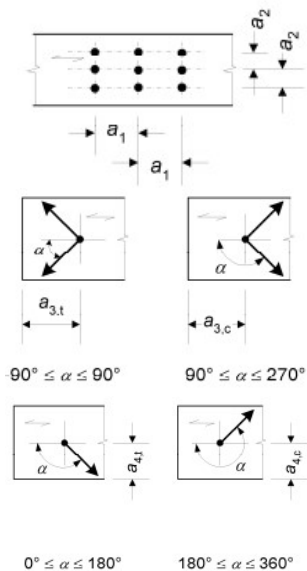
$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{F_{l.V}}{F_{l.N} + F_{l.M}}\right) = 22.7 \text{ deg}$$

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 100 \text{ mm}$$

$$a_2 := 80 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 100 \text{ mm}$$



Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$a_{1,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 78.761 \text{ mm}$$

$$a_1 > a_{1,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 53.047 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otlacení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 29.618 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.59 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = 27.226 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 324.282 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v,Rk1} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 29.272 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 27.336 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d = 63.165 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}, F_{v,Rk3}) = 27.336 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 39.365 \text{ kN}$$

Účinný počet kolíků v řadě || s vlákny, celková síla na přípoj:

$$n_{ef} := \min \left(n_f, n_f^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right) = 1.554$$

$$F_{Ed} := n \cdot F_{l,Ed} = 308.47 \text{ kN}$$

Celková únosnost přípoje:

$$F_{Rd} := n_s \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 367.001 \text{ kN}$$

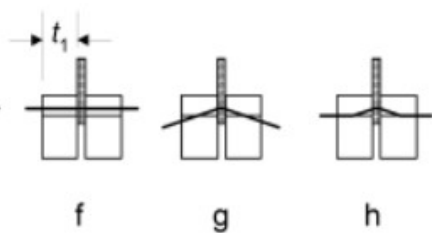
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = 0.841$$

VYHOVUJE

$$\eta = 84.1\%$$



6.2.7.2 Únosnost vloženého plechu vazníku na ohyb

 Působící síly: $V_{y.Ed.v} = 7.36 \text{ kN}$

Rozměr plechu:

$$b := \text{ceil} \left((n_s - 1) \cdot \frac{a_l}{\text{mm}} + 2 \cdot \frac{1.2 \cdot d_0}{\text{mm}} \right) \text{ mm} = 544 \text{ mm}$$

$$h := \text{ceil} \left(\left(\frac{a_{4,t}}{\text{mm}} \right) + (n_f - 1) \cdot \frac{a_2}{\text{mm}} + \frac{1.2 \cdot d_0}{\text{mm}} \right) \text{ mm} = 202 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot b \cdot t^2 = (9.067 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$M_d := V_{y.Ed.v} \cdot \frac{e}{2} = 0.924 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_d}{W_{el}} = 101.876 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} = 0.434$$

VYHOVUJE

$$\eta = 43.4\%$$

6.2.7.3 Únosnost koutového svaru vloženého plechu vazníku

$$L := \min(b, h_{p.v}) = 544 \text{ mm}$$

délka svaru

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

výška svaru

$$l := L - 2 \cdot a = 538 \text{ mm}$$

efektivní délka svaru

$$A_w := l \cdot a = (1.614 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha svaru

$$\beta_w := 0.8$$

 korelační součinitel koutového svaru -
 ocel S235

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z.Ed.v}}{2 \cdot A_w} = 36.877 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{V_{y.Ed.v} + |N_{Ed.v.c}|}{2 \cdot A_w} = 15.276 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 10.802 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 67.428 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 18.7\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 4.2\%$$

6.2.7.4 Kolíkový přípoj sloupu

Přípoj bude navržen jako dvojstřížný spoj se střední ocelovou deskou. Tlaková síla bude přenášena kontaktem čelního plechu, kolíkový přípoj přenesou ostatní zatížení působící na přípoj.

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj:

$$N_{Ed} := |N_{Ed.s.t}| = 19.99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := |V_{z.Ed.s}| = 15.33 \text{ kN}$$

Návrh:

Svorníky a kolíky M20

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 100 \text{ mm}$$

$$a_2 := 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 140 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 80 \text{ mm}$$

$$d := 20 \text{ mm}$$

průměr kolíku

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$n_s := 6$$

navržený počet sloupců šroubů

$$n_{\tilde{r}} := 1$$

navržený počet řad šroubů

$$n := n_s \cdot n_{\tilde{r}} = 6$$

navržený počet šroubů

Stýčnickový plech

$$t := 10 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

$$t_l := \frac{b_s - t}{2} = 120 \text{ mm}$$

tloušťka dřeva na straně hlavičky

Výsledná síla na 1 kolík:

Vliv normálové síly:

$$F_{l.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 3.332 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od normálové síly

Vliv posouvající síly:

$$F_{l.V} := \frac{V_{Ed}}{n} = 2.555 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od posouvající síly

Vliv excentricity zatížení:

$$e := L_{cr} + t_{p.s} + a_{3,t} + \frac{a_2}{2} = 291 \text{ mm}$$

excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků

$$M_d := V_{Ed} \cdot e = 4.461 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru:

$$r_1 := \frac{5 \cdot a_2}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$n_1 := 2$$

$$r_2 := \frac{3 \cdot a_2}{2} = 120 \text{ mm}$$

$$n_2 := 2$$

$$r_3 := \frac{a_2}{2} = 40 \text{ mm}$$

$$n_3 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2 + n_3 \cdot r_3^2}$$

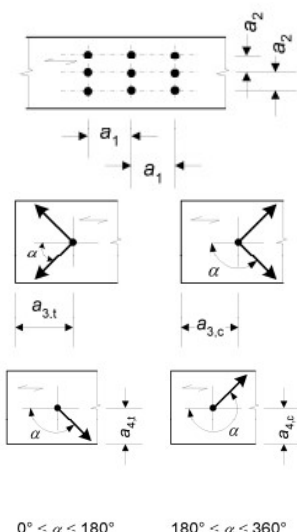
$$F_{l.M} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 7.966 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od momentu

Celková působící síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l.Ed} := \sqrt{(F_{l.V} + F_{l.M})^2 + F_{l.N}^2} = 11.036 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan} \left(\frac{F_{l.V} + F_{l.M}}{F_{l.N}} \right) = 72.429 \text{ deg}$$



Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$a_{1,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 86.038 \text{ mm}$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm}$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 134.401 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 78.134 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

$$a_1 \geq a_{1,min} = 1$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k,l}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 28.208 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.65 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} = 17.732 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 579.281 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojitřžného spoje:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v,Rk1} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24.106 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 32.966 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d = 42.558 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}, F_{v,Rk3}) = 24.106 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 34.713 \text{ kN}$$

Účinný počet kolíků v řadě || s vlákny, celková síla na přípoj:

$$n_{ef} := \max \left(\min \left(n_{\tilde{r}}, n_{\tilde{r}}^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right), 1 \right) = 1$$

$$F_{Ed} := n \cdot F_{l,Ed} = 66.216 \text{ kN}$$

Celková únosnost přípoje:

$$F_{Rd} := n_s \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 208.278 \text{ kN}$$

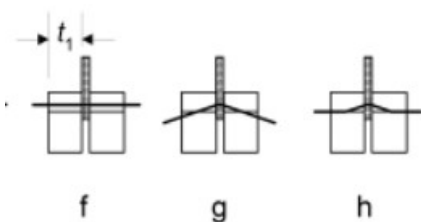
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = 0.318$$

VYHOVUJE

$$\eta = 31.8\%$$



6.2.7.5 Únosnost vloženého plechu sloupu

Působící síly: $V_{y.Ed.s} = 3.95 \text{ kN}$

Rozměr plechu:

$$b := \text{ceil} \left((n_s - 1) \cdot \frac{a_2}{\text{mm}} + 2 \cdot \frac{a_{4,t}}{\text{mm}} \right) \text{ mm} = 560 \text{ mm}$$

$$h := \text{ceil} \left(\left(\frac{a_{3,t}}{\text{mm}} \right) + (n_f - 1) \cdot \frac{a_l}{\text{mm}} + \frac{1.2 \cdot d_0}{\text{mm}} \right) \text{ mm} = 167 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot b \cdot t^2 = (9.333 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

$$M_d := V_{y.Ed.v} \cdot \frac{e}{2} = 1.071 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_d}{W_{el}} = 114.737 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} = 0.488$$

VYHOVUJE

$$\eta = 48.8\%$$

6.2.7.6 Únosnost koutového svaru vloženého plechu sloupu

$$L := \max(b, h_{p.s.}) = 650 \text{ mm}$$

délka svaru

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

výška svaru

$$l := L - 2 \cdot a = 644 \text{ mm}$$

efektivní délka svaru

$$A_w := l \cdot a = (1.932 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha svaru

$$\beta_w := 0.8$$

korelační součinitel koutového svaru -
ocel S235

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z.Ed.v}}{2 \cdot A_w} = 30.807 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{V_{y.Ed.v} + |N_{Ed.v.c}|}{2 \cdot A_w} = 12.761 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 9.024 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 56.329 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 15.6\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 1$$

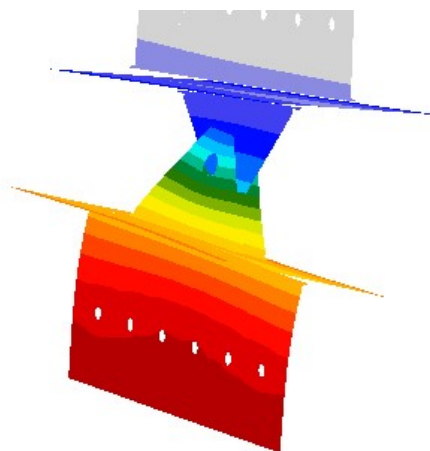
VYHOVUJE

$$\eta = 3.5\%$$

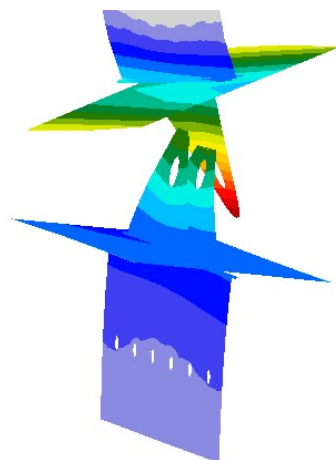
6.2.8 Lokální boulení plechů

Boulení bylo posouzeno v programu IDEA StatiCa. Součinitel lokálního boulení $\alpha_{cr} \geq 3$, podmínka je splněna i pro vlastní tvary plechů v kontaktu se dřevem, které ve skutečnosti brání proti boulení plechů.

vlastní tvar 1: $\alpha_{cr} = 3,04$



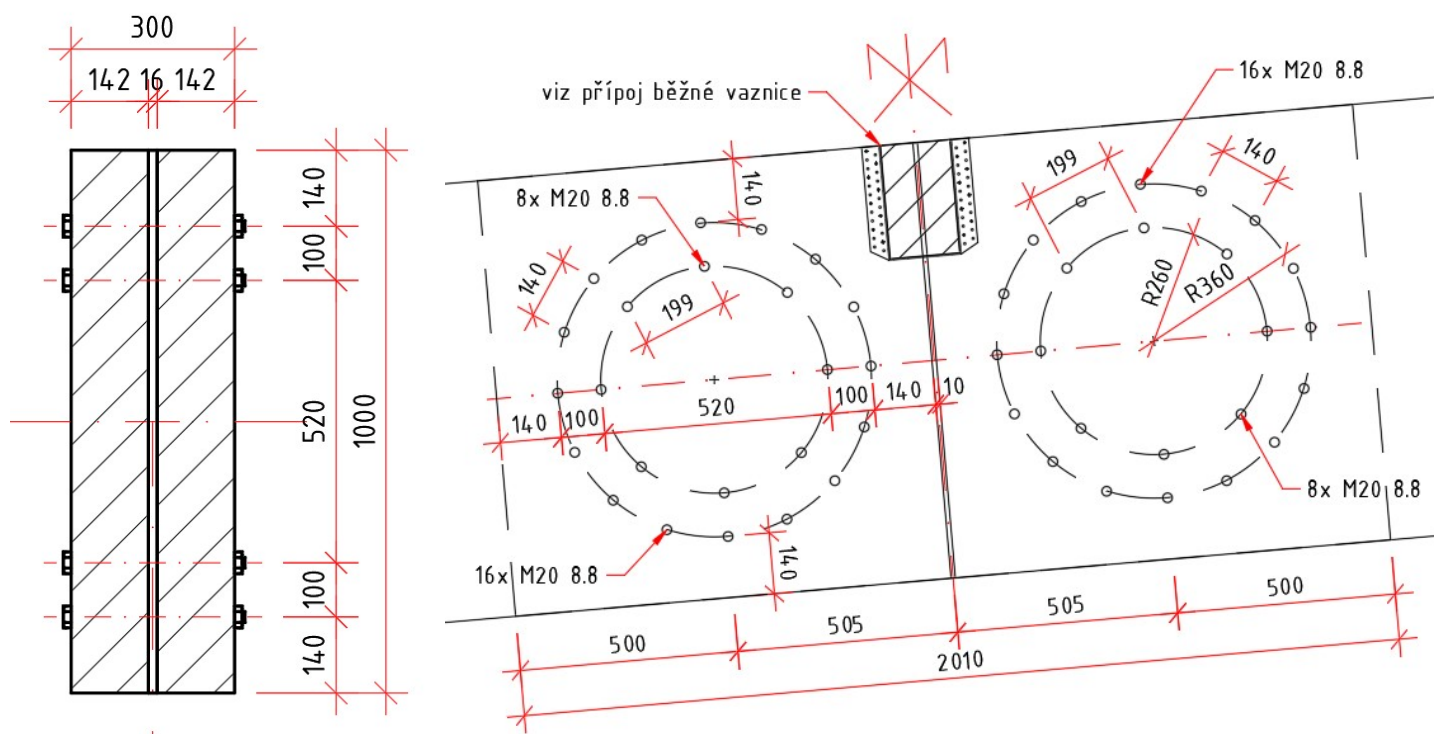
vlastní tvar 2: $\alpha_{cr} = 4,73$



6.3 Montážní přípoj vazníku

Za účelem lepší manipulace s dlouhými dřevěnými prvky je třeba rozdělit prvky delší než 16 m na více částí, které budou spojeny na stavbě. Montážní přípoj musí přenést všechny vnitřní síly působící v místě spoje, tím pádem jen výhodné zhotovit přípoj v místě minimálního momentu v absolutní hodnotě.

V případě této práce bude navržen montážní přípoj přes vložený styčnickový plech a kolíkový spoj. Průměrná minimální hodnota momentů je v místě na vazníku 2 m od čelních sloupů, v místě přípoje vaznice.



6.3.1 Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed} := -42.21 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 115.72 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := 112.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

6.3.2 Geometrie

Spojované prvky

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

$$h := 1000 \text{ mm}$$

$$t := 16 \text{ mm}$$

$$t_1 := \frac{b-t}{2} = 142 \text{ mm}$$

Spojovací prostředky

Svorníky a kolíky M20

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 5 \cdot d = 100 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 7 \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 7 \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$o_{min} := 6 \cdot d = 120 \text{ mm}$$

6.3.3 Materiál

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$k_{mod} := 0.9$$

Lepené lamelové dřevo GL32h

$$\rho_{kl} := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Svorníky a kolíky 8.8

$$f_u := 800 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_u}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 579.281 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.65$$

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

šířka průřezu vazníku

výška průřezu vazníku

zvolená šířka vnitřního prvku spoje

šířka vnějších prvků spoje

průměr kolíku

průměr otvoru

vzdálenost mezi kruhy

vzdálenost od konce

vzdálenost od okrajů

vzdálenost uvnitř kruhu

Dílčí součinitel materiálu pro spoje

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

hustota dřeva

charakteristická pevnost v tahu svorníku

pro dřevo jehličnatých dřevin

Sepnutí spoje

6.3.4 Posouzení kolíkového spoje

$$r_{l,max} := \frac{h - 2 \cdot a_{4,t}}{2} = 360 \text{ mm}$$

$$r_l := 360 \text{ mm}$$

$$r_l \leq r_{max}$$

$$r_2 := r_l - a_l = 260 \text{ mm}$$

Počet šroubů: $n_{l,max} := \text{floor} \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_l}{o_{min}} \right) = 18$

$$n_l := 16 \quad \text{navržený počet šroubů}$$

$$n_{2,max} := \text{floor} \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{o_{min}} \right) = 13$$

$$n_2 := 8 \quad \text{navržený počet šroubů}$$

$$n := n_l + n_2 = 24$$

$$\text{celkový počet kolíků v polovině přípoje}$$

$$e := 5 \text{ mm} + a_{3,t} + r_l = 505 \text{ mm}$$

$$\text{excentricita těžiště šroubů od osy přípoje}$$

$$M_{Ed} := M_{y,Ed} + V_{z,Ed} \cdot e = 171.419 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Síla v kolíku od momentu: $F_{M,Ed} := \frac{M_{Ed} \cdot r_l}{n_l \cdot r_l^2 + n_2 \cdot r_2^2} = 23.604 \text{ kN}$

$$F_N := \frac{|N_{Ed}|}{n} = 1.759 \text{ kN}$$

$$\text{Síla v kolíku ve vazníku od normálové síly}$$

$$F_V := \frac{|V_{z,Ed}|}{n} = 4.822 \text{ kN}$$

$$\text{Síla v kolíku ve vazníku od posouvající síly}$$

Celkové zatížení kolíku: $F_{l,Ed} := \sqrt{(F_{M,Ed} + F_V)^2 + F_N^2} = 28.48 \text{ kN}$

$$\text{Úhel zatížení vzhledem k vláknům:}$$

Úhel zatížení k vláknům vazníku: $\alpha := \text{atan} \left(\frac{F_{M,Ed} + F_V}{F_N} \right) = 86.46 \text{ deg}$

$$\text{Únosnost v otláčení dřevěného prvku:}$$

Vazník GL32h: $f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \cdot \left(\frac{\rho_{kl}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \right) \cdot \text{MPa} = 28.208 \text{ MPa}$

$$f_{h,a,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.121 \text{ MPa}$$

$$\text{Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:}$$

$$\alpha = 86.46 \text{ deg}$$

$$a_{l,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 81.235 \text{ mm}$$

$$a_l \geq a_{l,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

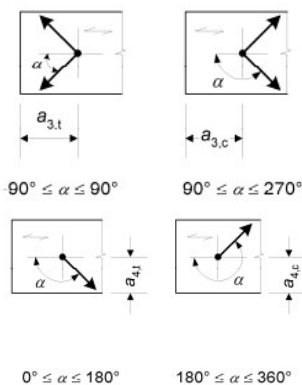
$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 139.771 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 79.924 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

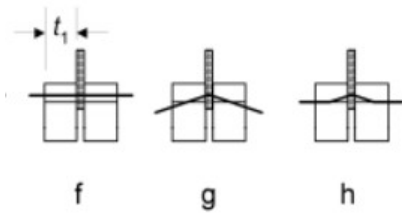


Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje

$$F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost hřebíku na vytažení



$$F_{v.Rk1} := f_{h.o.k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.o.k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 25.687 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.o.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 32.394 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.o.k} \cdot t_l \cdot d = 48.625 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 25.687 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost kolíku (2 stříhy): $F_{v.Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 36.989 \text{ kN}$

$$F_{l.Ed} = 28.48 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

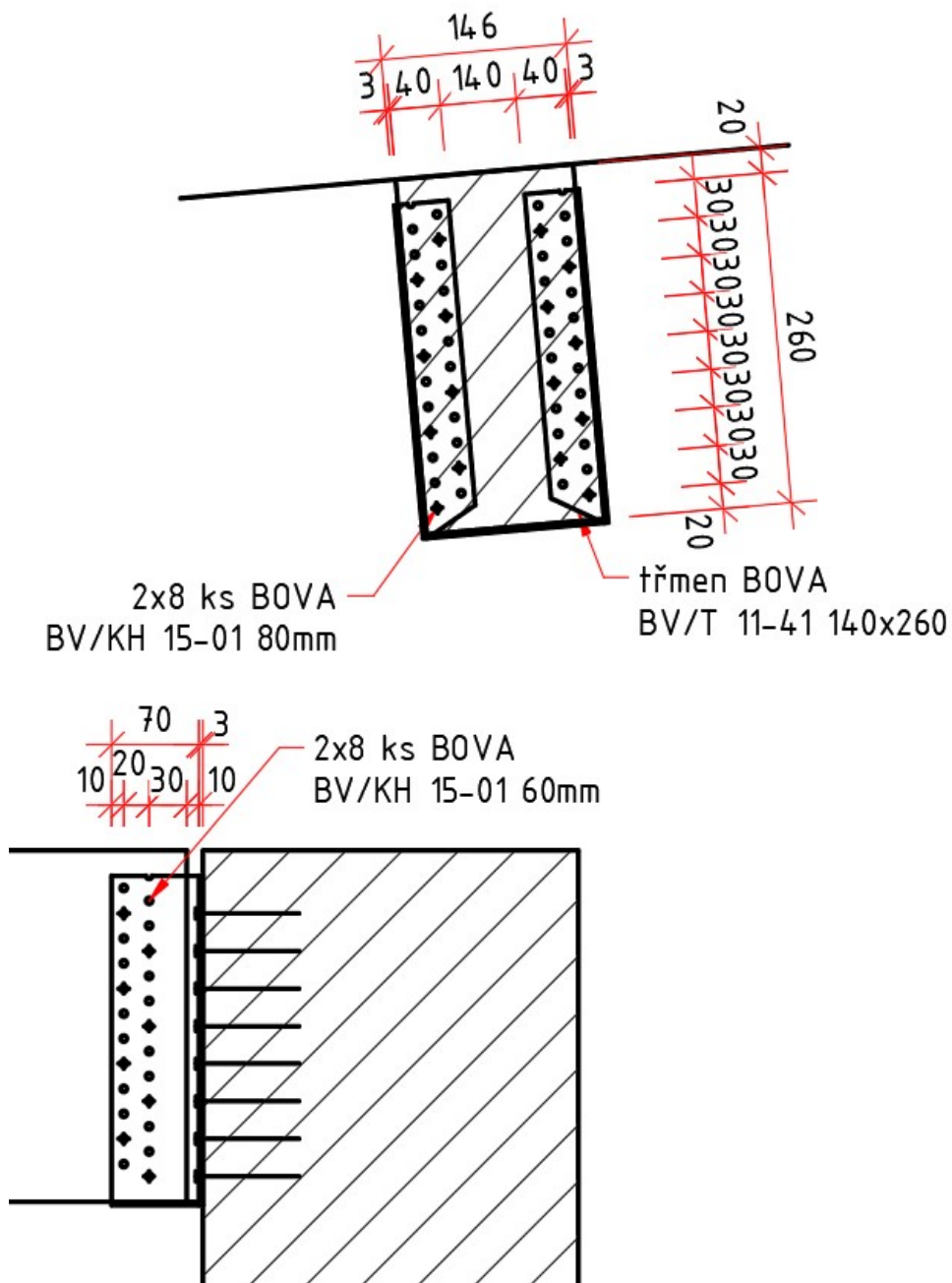
$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.77$$

VYHOVUJE

$$\eta = 77\%$$

6.4 Přípoj běžné vaznice

Přípoj bude navržen přes vnitřní kotevní třmen Bova BV/T 11-41, který bude připojen k prvkům konvexními hřebíky.



6.4.1 Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed} := 13.47 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed} := 0.82 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed} := 10.88 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla

návrhová posouvající síla ve směru osy y

návrhová posouvající síla ve směru osy z

6.4.2 Geometrie

Prvek:

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

$$h := 280 \text{ mm}$$

$$L := 6000 \text{ mm}$$

$$\gamma := 5^\circ$$

šířka průřezu

výška průřezu

délka prvku

úhel odklonu od svislé roviny

Třmen BOVA BV/T 11-41 140x260:

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

$$d_0 := 5 \text{ mm}$$

$$A := 140 \text{ mm}$$

$$B := 260 \text{ mm}$$

$$n_{max} := 24$$

tloušťka plechu

průměr otvoru

počet otvorů na polovinu přípoje

Konvexní hřebíky BOVA BV/KH 15-01

$$d := 4 \text{ mm}$$

$$n := 8$$

$$n < n_{max} = 1$$

průměr hřebíku

navržený počet hřebíků v polovině přípoje

6.4.3 Materiál

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$k_{mod} := 0.9$$

dílčí součinitel materiálu - spoje

součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Vaznice - Rostlé dřevo C24

$$\rho_{k1} := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Charakteristická pevnost v otlačení dřeva:

$$f_{h.k.1} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \right) \cdot \text{MPa} = 18.935 \text{ MPa}$$

Vazník - Lepené lamelové dřevo GL32h

$$\rho_{k2} := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Charakteristická pevnost v otlačení dřeva:

$$f_{h.k.2} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k2}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \right) \cdot \text{MPa} = 23.263 \text{ MPa}$$

Ocel S235

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

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

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

mez kluzu oceli

mez pevnosti oceli

součinitel materiálu - ocel

Konvexní hřebíky BOVA BV/KH 15-01

$$f_{yb} := 235 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} := 360 \text{ MPa}$$

$$F_{ax.Rk} := 1.84 \text{ kN}$$

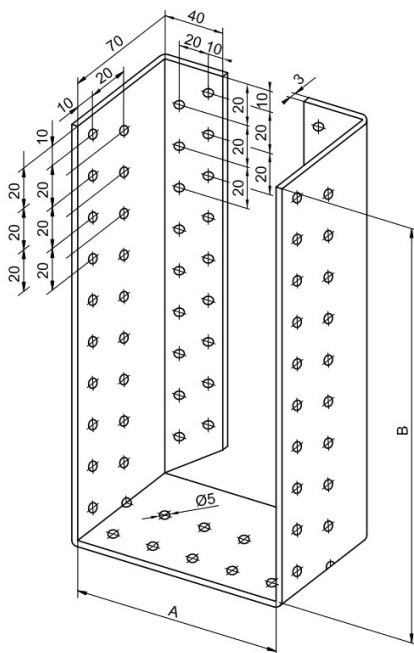
mez kluzu spojovacího prostředku

mez pevnosti spojovacího prostředku

únosnost na vytažení garantovaná výrobcem

Charakteristický plastický moment únosnosti:

$$M_{y.Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \text{ N} \cdot \text{mm} = (3.97 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{mm}$$



6.4.4 Posouzení únosnosti ve střihu - vaznice

$$l := 60 \text{ mm}$$

délka hřebíku

$$t_l := l - t = 57 \text{ mm}$$

vnik hrotu hřebíku v jednostřížném spoji

$$t < 0.5 \cdot d = 0 \quad \dots \text{posuzuji jako tlustou desku jednostřížně namáhanou}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou:

$$F_{v.Rk1} := f_{h.k.1} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.k.1} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 2.346 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.k.1} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 1.721 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.k.1} \cdot t_l \cdot d = 4.317 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 1.721 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot n \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 19.828 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{z.Ed}^2} = 17.315 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.873$$

VYHOVUJE

$$\eta = 87.3\%$$

6.4.5 Posouzení únosnosti ve střihu - vazník

$$l := 80 \text{ mm}$$

délka hřebíku

$$t_l := l - t = 77 \text{ mm}$$

vnik hrotu hřebíku v jednostřížném spoji

$$t < 0.5 \cdot d = 0 \quad \dots \text{posuzuji jako tlustou desku jednostřížně namáhanou}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou:

$$F_{v.Rk1} := f_{h.k.2} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.k.2} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 3.5 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.k.2} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 1.858 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.k.2} \cdot t_l \cdot d = 7.165 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 1.858 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot n \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 21.403 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{V_{y.Ed}^2 + V_{z.Ed}^2} = 10.911 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.51$$

VYHOVUJE

$$\eta = 51\%$$

6.4.6 Posouzení únosnosti na vytažení - vazník

$$N_{Ed,1} := \frac{N_{Ed}}{2 \cdot n} = 0.842 \text{ kN}$$

normálová síla na jeden hřebík

$$e := 53 \text{ mm}$$

excentricita posouvající síly

$$M_{ax,Ed} := V_{z,Ed} \cdot e = 0.577 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

náhradní moment na vytažení

 Vzdálenosti hřebíků od
 středu otáčení:

$$r_1 := 233 \text{ mm}$$

$$r_2 := 203 \text{ mm}$$

$$r_3 := 173 \text{ mm}$$

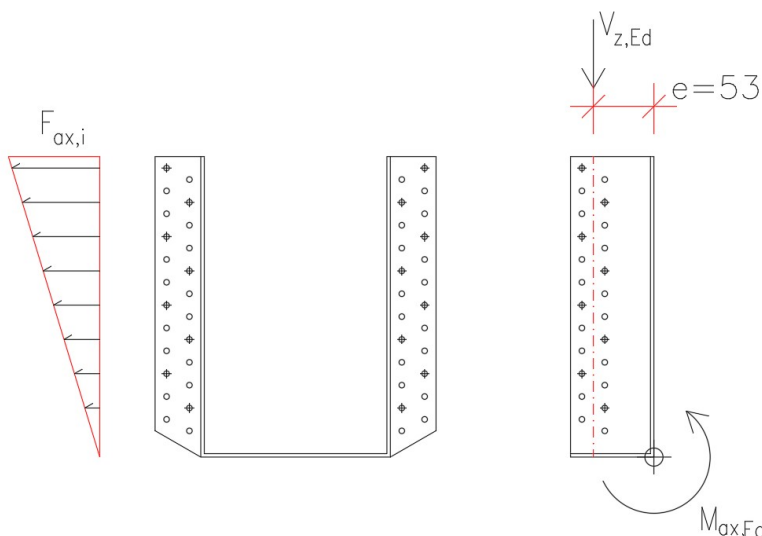
$$r_4 := 143 \text{ mm}$$

$$r_5 := 113 \text{ mm}$$

$$r_6 := 83 \text{ mm}$$

$$r_7 := 53 \text{ mm}$$

$$r_8 := 23 \text{ mm}$$



$$r_i := \sqrt{2 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_2^2 + 2 \cdot r_3^2 + 2 \cdot r_4^2 + 2 \cdot r_5^2 + 2 \cdot r_6^2 + 2 \cdot r_7^2 + 2 \cdot r_8^2}$$

$$F_{Ed,1} := M_{ax,Ed} \cdot \frac{r_1}{r_i^2} = 0.398 \text{ kN}$$

normálová síla na jeden hřebík od momentu

$$F_{ax,Ed} := F_{Ed,1} + N_{Ed,1} = 1.24 \text{ kN}$$

návrhová síla na vytažení hřebíku

$$F_{ax,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,Rk}}{\gamma_{M2}} = 1.325 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} < 1.0$$

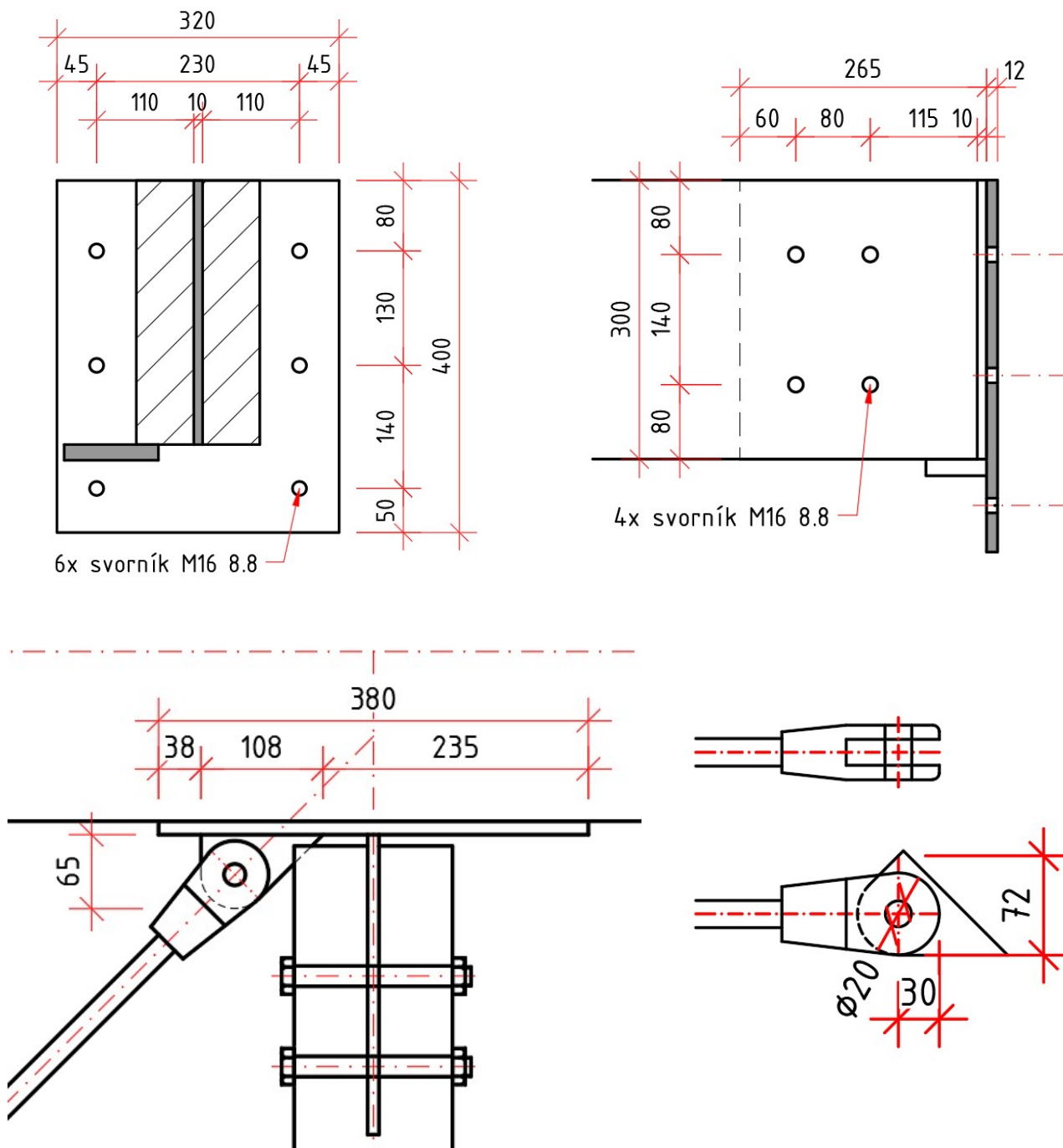
$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} = 0.936$$

VYHOVUJE

$$\eta = 93.6\%$$

6.5 Přípoj vaznice se ztužidlem

Vaznice se ztužidlem bude napojena na vazník přes ocelový svařenec s vnitřním plechem se svorníky a kolíky, ve vaznici působí relativně velká tahová síla, proto je nutné navrhnout svorníky skrz celý vazník. Ocelová táhla budou řešená systémem táhel PROTAH přes čepové spoje na styčnickový plech.



6.5.1 Návrhové vnitřní síly

NK-MSÚ-Sada B (auto).4, B113:
NK-MSÚ-Sada B (auto).4, B102:
NK-MSÚ-Sada B (auto).4, B107:

$$N_{Ed.t.1} := 45.19 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.t.2} := 35.7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.c} := -46.86 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed} := 0.82 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed} := 10.84 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla (tah)
návrhová normálová síla (tah)
návrhová normálová síla (tlak)
návrhová posouvající síla ve směru osy y
návrhová posouvající síla ve směru osy z

6.5.2 Geometrie

Prvek:

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

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

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

$$\gamma := 5^\circ$$

šířka průřezu vaznice
výška průřezu vaznice
šířka průřezu vazníku
úhel odklonu od svislé roviny

Plech

Návrh:

$$t_p := 12 \text{ mm}$$

$$t := 10 \text{ mm}$$

tloušťka čelního plechu
tloušťka vloženého plechu

6.5.3 Materiál

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$k_{mod} := 0.9$$

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

dílčí součinitel materiálu - spoje
součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1
součinitel materiálu - ocel

Vaznice - Rostlé dřevo C24

$$\rho_{k1} := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Vazník - Lepené lamelové dřevo GL32h

$$\rho_{k2} := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Ocel S235

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

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

mez kluzu oceli
mez pevnosti oceli

Svorníky, kolíky a šrouby 8.8

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 0.8 \cdot f_{ub} = 640 \text{ MPa}$$

mez pevnosti šroubů
mez kluzu šroubů

6.5.4 Posouzení kolíkového přípoje vaznice

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed} := |N_{Ed.c}| = 46.86 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := V_{z.Ed} = 10.84 \text{ kN}$$

Návrh:

Svorníky a kolíky M16

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

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

$$n_s := 2$$

$$n_{\bar{r}} := 2$$

$$n := n_s \cdot n_{\bar{r}} = 4$$

průměr kolíku
průměr otvoru
navržený počet sloupců šroubů (kolmo na vlákna)
navržený počet řad šroubů (// s vlákny)
navržený počet šroubů

Styčnickový plech

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$t_l := \frac{b - t}{2} = 65 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu
tloušťka dřeva na straně hlavičky

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 115 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 60 \text{ mm}$$

$$a_2 := h - 2 \cdot a_{4,t} = 180 \text{ mm}$$

Výsledná síla na 1 kolík:
Vliv normálové síly:

$$F_{l,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 11.715 \text{ kN} \quad \text{síla na 1 kolík od normálové síly}$$

Vliv posouvající síly:

$$F_{l,V} := \frac{V_{Ed}}{n} = 2.71 \text{ kN} \quad \text{síla na 1 kolík od posouvající síly}$$

Vliv excentricity zatížení:

$$e := t_p + 10 \text{ mm} + a_{3,t} + \frac{a_l}{2} = 177 \text{ mm} \quad \text{excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků}$$

$$M_d := V_{Ed} \cdot e = 1.919 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru od těžiště kolíků:

$$r_l := \sqrt{\left(\frac{a_l}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{2}\right)^2} = 98.489 \text{ mm} \quad n_l := 4$$

$$r_i := \sqrt{n_l \cdot r_l^2}$$

$$F_{l,M} := \frac{M_d \cdot r_l}{r_i^2} = 4.87 \text{ kN} \quad \text{síla na 1 kolík od momentu}$$

Celková působící síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l,Ed} := \sqrt{F_{l,V}^2 + (F_{l,N} + F_{l,M})^2} = 16.805 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{F_{l,V}}{F_{l,N} + F_{l,M}}\right) = 9.28 \text{ deg}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 9.28 \text{ deg}$$

$$a_{l,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 79.791 \text{ mm}$$

$$a_l \geq a_{l,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 31.481 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

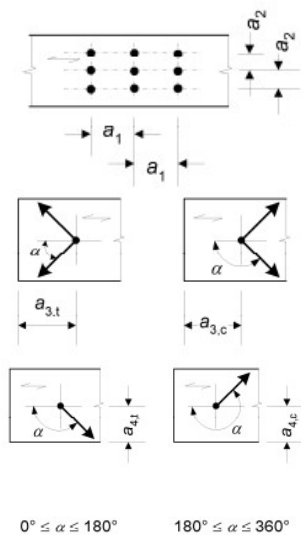
Pevnost v otlacení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}\right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right)\right)\right) \cdot \text{MPa} = 24.108 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right) = 1.59 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)} = 23.744 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}}\right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right)^{2.6}\right) \cdot \text{N} \cdot \text{mm} = 324.282 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v.Rk1} := f_{h.o.k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.o.k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 16.687 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.o.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 25.528 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.o.k} \cdot t_l \cdot d = 24.693 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 16.687 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 24.029 \text{ kN}$$

$$F_{l.Ed} = 16.805 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.699$$

VYHOVUJE

$$\eta = 69.9\%$$

6.5.5 Posouzení svorníkového přípoje na vazník

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed.t.1} = 45.19 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.t.2} = 35.7 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed} = 0.82 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed} = 10.84 \text{ kN}$$

Návrh:
Svorníky M16

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

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

$$n_s := 2$$

$$n_{\tilde{r}} := 2$$

$$n := n_s \cdot n_{\tilde{r}} = 4$$

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

Styčnickový plech

$$t_p = 12 \text{ mm}$$

$$t_2 := b_v = 300 \text{ mm}$$

průměr kolíku

průměr otvoru

navržený počet sloupů šroubů (kolmo na vlákna)

navržený počet řad šroubů (// s vlákny)

navržený počet šroubů

průřezová plocha svorníku

tloušťka čelního plechu

tloušťka středního prvku v dvojstřížném spoji

6.5.5.1 Posouzení přípoje na stříh

Výsledná síla na 1 kolík:

$$F_{Ed} := \sqrt{V_{y.Ed}^2 + V_{z.Ed}^2} = 10.871 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{V_{z.Ed}}{V_{y.Ed}}\right) = 85.674 \text{ deg}$$

$$F_{l.Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 2.718 \text{ kN}$$

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 115 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 70 \text{ mm}$$

$$a_2 := h - 2 \cdot a_{4,t} = 160 \text{ mm}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 85.674 \text{ deg}$$

$$a_{1,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 65.207 \text{ mm}$$

$$a_1 \geq a_{1,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 111.727 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 63.909 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otlacení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k2}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 29.618 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.59 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 18.667 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot \text{N} \cdot \text{mm} = 324.282 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$t_p < 0.5 \cdot d = 0$...posuzují jako vnější tlustou desku dvojstřížně namáhanou

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlusté ocelové desky jako vnější prvky dvojstřížných spojů:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

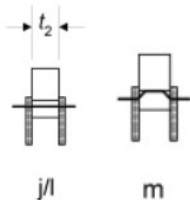
Únosnost hřebíku na vytažení

$$F_{v,Rk1} := 0.5 \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot t_2 \cdot d = 44.802 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 22.636 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}) = 22.636 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M2}} = 16.298 \text{ kN} \quad \text{návrhová únosnost 1 svorníku (1 stříh)}$$



Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

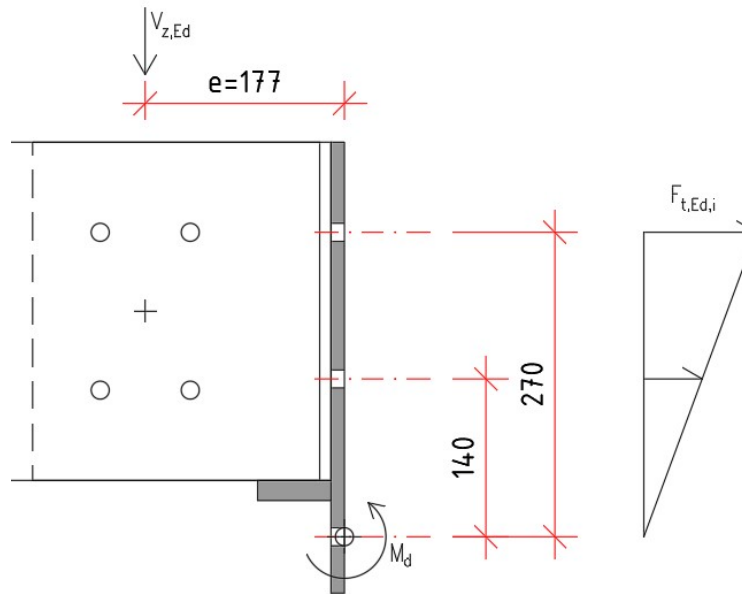
$$\frac{F_{1,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.167$$

VYHOVUJE

$$\eta = 16.7\%$$

6.5.5.2 Posouzení svorníků namáhaného na smyk a tah

Střed otáčení navrhuji v úrovni osy spodních šroubů:



Posouzení únosnosti svorníku v tahu

$$r_1 := 270 \text{ mm} \quad n_1 := 2$$

$$r_2 := 140 \text{ mm} \quad n_2 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}$$

$$M_d = 1.919 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t.M.1} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 2.8 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla na 1 šroub
(2 strany přípoje):

$$F_{t.Ed.1} := 2 \cdot F_{t.M.1} + \frac{N_{Ed.t.1} + N_{Ed.t.2}}{n} = 25.823 \text{ kN}$$

$$k_2 := 0.9$$

$$F_{t.Rd.1} := \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 90.432 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{t.Ed.1}}{F_{t.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{t.Ed.1}}{F_{t.Rd.1}} = 0.286$$

VYHOVUJE

$$\eta = 28.6\%$$

Posouzení únosnosti svorníku ve střihu

$$F_{Ed} = 10.871 \text{ kN}$$

$$F_{v.Ed.1} := \frac{F_{Ed}}{n} = 2.718 \text{ kN}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$F_{v.Rd.1} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} = 0.045$$

VYHOVUJE

$$\eta = 4.5\%$$

$$e_1 := a_{3,t} = 115 \text{ mm}$$

$$e_2 := a_{4,t} = 70 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti svorníku v otláčení

$$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = ?$$

$$\alpha_d := \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 2.13$$

$$\alpha_b := \min \left(\alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 1$$

$$F_{b,Rd.1} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = ? \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{b,Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{b,Rd.1}} = 0.02$$

VYHOVUJE
 $\eta = 2\%$

Posouzení únosnosti při kombinaci tahu a smyku
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v,Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t,Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v,Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t,Rd.1}} = 0.249$$

VYHOVUJE
 $\eta = 24.9\%$

6.5.5.3 Posouzení koutového svaru vloženého plechu k čelnímu plechu

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

účinná výška svaru

$$L := 280 \text{ mm}$$

délka plechu

$$l := L - a = 277 \text{ mm}$$

 účinná délka svaru (na jedné straně
 navazuje svar přípoje ztužidla)

$$A_w := 2 \cdot a \cdot l = (1.662 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

účinná plocha svarů (2 koutové svary)

$$W_w := \frac{2 \cdot a \cdot l^2}{6} = (7.673 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

průřezový modul svaru (2 koutové svary)

$$\beta_w := 0.8$$

korelační součinitel, ocel S235

$$M_d = 1.919 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

 moment od zatížení posouvající silou v
 těžišti svorníků vaznice

$$\sigma_w := \frac{M_d}{W_w} = 25.006 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol.M} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 17.682 \text{ MPa}$$

kolmé napětí na svaru od momentu

$$\sigma_{kol.N} := \frac{N_{Ed.t.1}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 19.226 \text{ MPa}$$

kolmé napětí na svaru od normálové síly

$$\sigma_{kol.V} := \frac{V_{y.Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.349 \text{ MPa}$$

kolmé napětí na svaru od posouvající síly

$$\text{celkové kolmé napětí na svaru: } \sigma_{kol} := \sigma_{kol.M} + \sigma_{kol.N} + \sigma_{kol.V} = 37.257 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 37.257 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z.Ed}}{A_w} = 6.522 \text{ MPa}$$

rovnoběžné napětí na svaru od posouvající síly

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 75.366 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE

$$\eta = 20.9\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE

$$\eta = 14.4\%$$

6.5.6 Posouzení přípoje střešního táhla

6.5.6.1 Návrh přípoje táhla

Navrhuji systém střešních táhel Protah společnosti Firesta.

TABULKA 6: NÁVRHOVÉ PARAMETRY TÁHEL PROTACH

Typ táhla		P 12	P 16	P 20	P 24
$\emptyset_T$	[mm]	12,0	16,0	20,0	24,0
$N_{Rd, S355}$	[kN]	31,0	57,7	86,4	124,5
$N_{Rd, S460}$	[kN]	36,4	70,7	110,3	158,9

Tab: Návrhové parametry táhel Protah, Firesta - Katalog Protah

Navrhuji systém táhel P20, ocel S355.

$$N_{Rd} := 86.4 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost systému P20

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed} := 85.82 \text{ kN}$$

maximální tahová síla

$$\gamma := 45 \text{ deg}$$

úhel přípoje ztužidla

$$N_{Ed, t} := N_{Ed} \cdot \cos(\gamma) = 60.684 \text{ kN}$$

tahová síla kolmo k prvku

$$N_{Ed, v} := N_{Ed} \cdot \sin(\gamma) = 60.684 \text{ kN}$$

posouvající síla k prvku

Únosnost táhla:

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.993$$

VYHOVUJE

$$\eta = 99.3\%$$

Rozměry vidlice:

$$L_v := 115 \text{ mm}$$

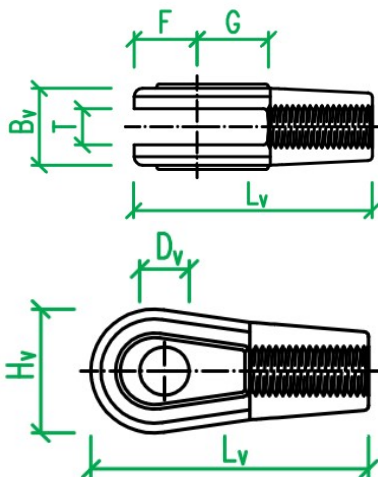
$$B_v := 40 \text{ mm}$$

$$H_v := 62 \text{ mm}$$

$$F := 30 \text{ mm}$$

$$G := 38 \text{ mm}$$

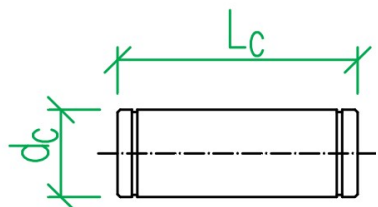
$$T := 19 \text{ mm}$$

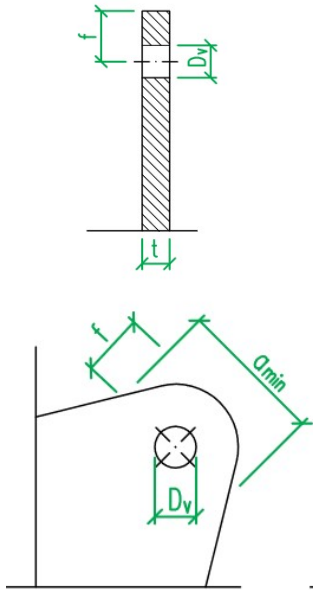


Rozměry čepu:

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

$$d_c := 18 \text{ mm}$$





6.5.6.2 Posouzení styčnickového plechu

$T := 18 \text{ mm}$ tloušťka plechu
 $f := 32 \text{ mm}$
 $a := 72 \text{ mm}$
 $D_v := 20 \text{ mm}$

Posouzení oslabeného plechu na tah

$A_{net} := (a - D_v) \cdot T = 936 \text{ mm}^2$ plocha oslabeného průřezu
 $N_{Rd.net} := \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 242.611 \text{ kN}$ návrhová únosnost oslabeného průřezu

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd.net}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd.net}} = 0.354$$

VYHOVUJE
 $\eta = 35.4\%$

6.5.6.3 Posouzení únosnosti koutového svaru styčnickového plechu

$N_{Ed.t} = 60.684 \text{ kN}$
 $N_{Ed.v} = 60.684 \text{ kN}$
 $a := 3 \text{ mm}$ účinná výška svaru
 $L := 105 \text{ mm}$ délka svaru
 $l := L - 2 \cdot a = 99 \text{ mm}$ účinná délka svaru
 $A_w := 2 \cdot a \cdot l = 594 \text{ mm}^2$ účinná plocha svarů (oboustranný koutový svar)
 $\beta_w := 0.8$ korelační součinitel, ocel S235
 $\sigma_{kol} := \frac{N_{Ed.t}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 72.239 \text{ MPa}$ kolmé napětí na svaru od tahové složky (ztužidlo)
 $\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.v}}{A_w} = 102.161 \text{ MPa}$ smykové rovnoběžné napětí na svaru od posouvající složky
 $\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 72.239 \text{ MPa}$ smykové kolmé napětí na svaru od posouvající složky

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 228.44 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

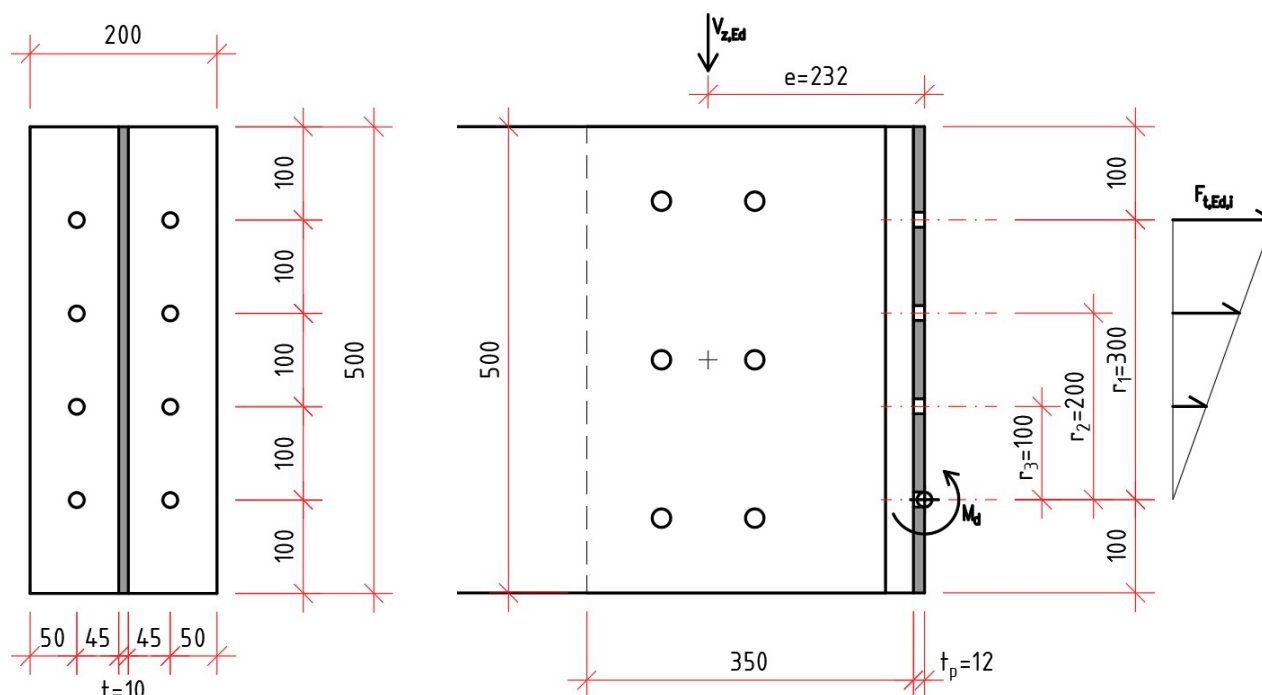
VYHOVUJE
 $\eta = 63.5\%$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE
 $\eta = 27.9\%$

6.6 Přípoj stropnice

Stropnice bude na stropní vazník připojena svorníkovým spojem přes vnitřní plech a připojena k vazníku přes čelní plech. Stropnici bude nutné od čelního plechu odsadit, aby byl v přípoji prostor na hlavy šroubů. Nejdříve se osadí svařené plechy na vazník, až poté se osadí stropnice. V krajních přípojích čelní plech nahradí pouze podložky pod hlavou matice.



6.6.1 Návrhové vnitřní síly

NK-MSÚ-Sada B (auto).17, B282: $N_{Ed,t,l} := 91.08 \text{ kN}$

NK-MSÚ-Sada B (auto).17, B16: $N_{Ed,t,2} := 56.51 \text{ kN}$

NK-MSÚ-Sada B (auto).15: $V_{zEd} := 48.94 \text{ kN}$
$$V_{v.Ed} := 0 \text{ kN}$$

maximální návrhová normálová síla (tah)

odpovídající normálová síla (tah na druhé straně)

návrhová posouvající síla ve směru osy z

návrhová posouvající síla ve směru osy y

6.6.2 Geometrie

Prvek:

$$b := 200 \text{ mm}$$

šířka průřezu stropnice

$$h := 500 \text{ mm}$$

výška průřezu stropnice

$$b_{\perp} := 200 \text{ mm}$$

šířka průřezu stropního vazníku (krajní)

 $x := 30 \text{ mm}$

mezera pro prípoj čelního plechu

Plechý

Návrh:

$$t_p := 12 \text{ mm}$$

tloušťka čelního plechu

$$t := 10 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

6.6.3 Material

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

dílčí součinitel materiálu - spoje

$$k_{mod} := 0.9$$

součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

součinitel materiálu - ocel

Lepené lamelové dřevo GL32h

$$\rho_k := 430 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Ocel S235

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

mez kluzu oceli

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

mez pevnosti oceli

Svorníky, kolíky a šrouby 6.8

$$f_{ub} := 600 \text{ MPa}$$

mez pevnosti šroubů

$$f_{yb} := 0.8 \cdot f_{ub} = 480 \text{ MPa}$$

mez kluzu šroubů

6.6.4 Posouzení kolíkového přípoje stropnice
Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed} := N_{Ed.t.l} = 91.08 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := V_{z.Ed} = 48.94 \text{ kN}$$

Návrh:
Svorníky a kolíky M20

$$d := 20 \text{ mm}$$

průměr kolíku

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$n_s := 3$$

navržený počet sloupců šroubů (kolmo na vlákna)

$$n_{\bar{r}} := 2$$

navržený počet řad šroubů (// s vlákny)

$$n := n_s \cdot n_{\bar{r}} = 6$$

navržený počet šroubů

Styčnickový plech

$$t = 10 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

$$t_l := \frac{b-t}{2} = 95 \text{ mm}$$

tloušťka dřeva na straně hlavičky

Výsledná síla na 1 kolík:
Vliv normálové síly:

$$F_{l.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 15.18 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od normálové síly

Vliv posouvající síly:

$$F_{l.V} := \frac{V_{Ed}}{n} = 8.157 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od posouvající síly

Vliv excentricity zatížení:

$$x = 30 \text{ mm}$$

$$e_s := t_p + x + a_{3,t} + \frac{a_l}{2} = 232 \text{ mm}$$

excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků

$$M_d := V_{Ed} \cdot e_s = 11.354 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru od těžiště kolíků:

$$r_l := \sqrt{\left(\frac{a_l}{2}\right)^2 + a_2^2} = 177.2 \text{ mm}$$

$$n_l := 4$$

$$r_2 := \frac{a_l}{2} = 50 \text{ mm}$$

$$n_2 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_l \cdot r_l^2 + n_2 \cdot r_2^2}$$

$$F_{l.M} := \frac{M_d \cdot r_l}{r_i^2} = 15.405 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od momentu

Celková působící síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l.Ed} := \sqrt{(F_{l.M} + F_{l.V})^2 + F_{l.N}^2} = 28.029 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{F_{l.V} + F_{l.M}}{F_{l.N}}\right) = 57.208 \text{ deg}$$

Navržené rozteče kolíků:

$$a_l := 100 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 140 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 80 \text{ mm}$$

$$a_2 := \frac{h - 2 \cdot a_{4,t}}{n_s - 1} = 170 \text{ mm}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 57.208 \text{ deg}$$

$$a_{1,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 90.832 \text{ mm}$$

$$a_1 \geq a_{1,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 120.877 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 73.626 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otlacení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 28.208 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.65 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 19.329 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot \text{N} \cdot \text{mm} = 434.461 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojitřížného spoje:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v,Rk1} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 21.321 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 29.808 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d = 36.726 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}, F_{v,Rk3}) = 21.321 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M2}} = 30.702 \text{ kN}$$

$$F_{l,Ed} = 28.029 \text{ kN}$$

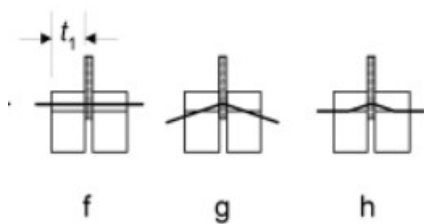
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l,Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{l,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.913$$

VYHOVUJE

$$\eta = 91.3\%$$



6.6.5 Posouzení svorníkového přípoje na stropní vazník

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed,t.1} = 91.08 \text{ kN} \quad \text{tahová normálová síla od 1. stropnice}$$

$$N_{Ed,t.2} = 56.51 \text{ kN} \quad \text{tahová normálová síla od 2. stropnice}$$

$$N_{Ed,v} = 110.15 \text{ kN} \quad \text{svislá normálová síla od závěsu (tah)}$$

$$V_{y,Ed} = 0 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 48.94 \text{ kN}$$

Návrh:

Svorníky M20

$$d := 20 \text{ mm}$$

průměr kolíku

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$n_s := 4$$

navržený počet sloupců šroubů (kolmo na vlákna)

$$n_f := 2$$

navržený počet řad šroubů (// s vlákny)

$$n := n_s \cdot n_f = 8$$

navržený počet šroubů

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

průřezová plocha svorníku

Stýčnickový plech

$$t_p = 12 \text{ mm}$$

tloušťka čelního plechu

$$t_2 := b_v = 200 \text{ mm}$$

tloušťka středního prvku v dvojstřížném spoji

6.6.5.1 Posouzení přípoje na stříh

Výsledná síla na 1 kolík:

$$F_{Ed} := \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2 + \left(\frac{N_{Ed,v}}{2}\right)^2} = 73.678 \text{ kN}$$

$$\alpha := 90 \text{ deg}$$

$$F_{l,Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 9.21 \text{ kN}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 90 \text{ deg}$$

$$a_{l,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm}$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 80 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}\right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right)\right)\right) \cdot \text{MPa} = 28.208 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right) = 1.65 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,a,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.096 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}}\right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right)^{2.6}\right) \cdot N \cdot \text{mm} = 434.461 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$t_p < 0.5 \cdot d = 0$...posuzuji jako vnější tlustou desku dvojstřížně namáhanou

Navržené rozteče kolíků:

$$a_{4,t} := 100 \text{ mm}$$

$$a_2 := \frac{h - 2 \cdot a_{4,t}}{n_s - 1} = 100 \text{ mm}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlusté ocelové desky jako vnější prvky dvojstřížných spojů:

$$F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN} \quad \text{Únosnost hřebíku na vytažení}$$

$$F_{v.Rk1} := 0.5 \cdot f_{h.a.k} \cdot t_2 \cdot d = 34.192 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.a.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.033 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}) = 28.033 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 20.183 \text{ kN} \quad \text{návrhová únosnost 1 svorníku (1 stříh)}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

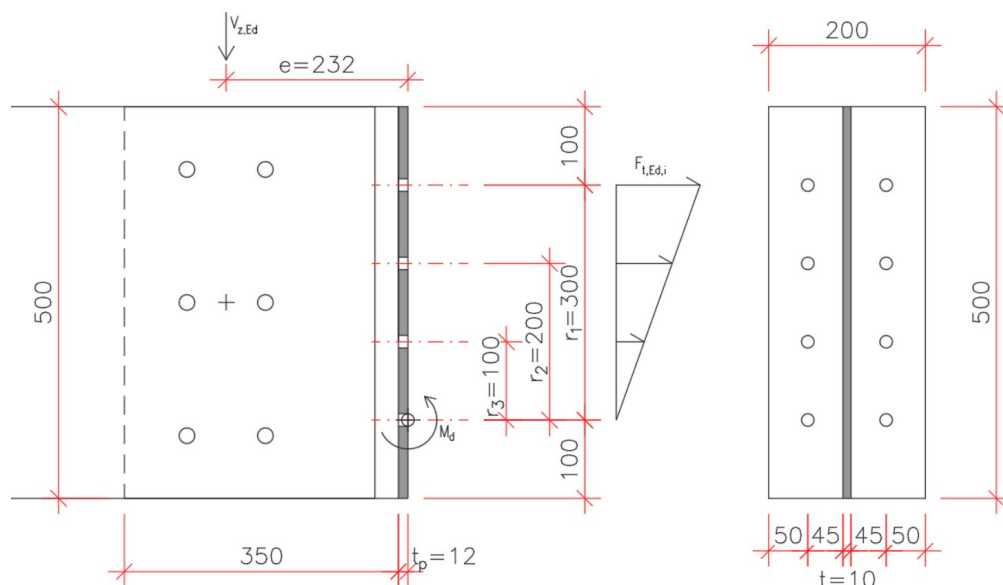
$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.456$$

VYHOVUJE

$$\eta = 45.6\%$$

6.6.5.2 Posouzení svorníku namáhaného na smyk a tah

Střed otáčení navrhuji v úrovni osy spodních šroubů:



Posouzení únosnosti svorníku v tahu

$$r_1 := 300 \text{ mm} \quad n_1 := 2$$

$$r_2 := 200 \text{ mm} \quad n_2 := 2$$

$$r_3 := 100 \text{ mm} \quad n_3 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2 + n_3 \cdot r_3^2}$$

$$M_d = 11.354 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{t.M.1} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 12.165 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla na 1 šroub
(2 strany přípoje):

$$F_{t.Ed.1} := 2 \cdot F_{t.M.1} + \frac{N_{Ed.t.1} + N_{Ed.t.2}}{n} = 42.779 \text{ kN}$$

$$k_2 := 0.9 \quad F_{t.Rd.1} := \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 67.824 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{t.Ed.1}}{F_{t.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{t.Ed.1}}{F_{t.Rd.1}} = 0.631$$

VYHOVUJE

$$\eta = 63.1\%$$

Posouzení únosnosti svorníku ve střihu

$$F_{Ed} = 73.678 \text{ kN}$$

$$F_{v.Ed.1} := \frac{F_{Ed}}{n} = 9.21 \text{ kN}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$F_{v.Rd.1} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 45.216 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} = 0.204$$

VYHOVUJE

$$\eta = 20.4\%$$

$$e_1 := 100 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$p_1 := a_2 = 100 \text{ mm}$$

$$p_2 := a_1 = 100 \text{ mm}$$

$$e_{1.min} := 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$$

$$e_{2.min} := 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$$

$$p_{1.min} := 2.5 \cdot d_0 = 55 \text{ mm}$$

$$p_{2.min} := 2.5 \cdot d_0 = 55 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti svorníku v otláčení

$$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$\alpha_d := \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 1.515$$

$$\alpha_b := \min \left(\alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 1$$

$$F_{b.Rd.1} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = 172.8 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{b.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{b.Rd.1}} = 0.053$$

VYHOVUJE

$$\eta = 5.3\%$$

Posouzení únosnosti při kombinaci tahu a smyku
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t.Rd.1}} = 0.654$$

VYHOVUJE

$$\eta = 65.4\%$$

6.6.5.3 Posouzení koutového svaru vloženého plechu k čelnímu plechu

$$\begin{aligned}
 a &:= 3 \text{ mm} && \text{účinná výška svaru} \\
 L &:= 500 \text{ mm} && \text{délka plechu} \\
 l &:= L - a = 497 \text{ mm} && \text{účinná délka svaru (na jedné straně navazuje svar přípoje ztužidla)} \\
 A_w &:= 2 \cdot a \cdot l = (2.982 \cdot 10^3) \text{ mm}^2 && \text{účinná plocha svarů (2 koutové svary)} \\
 W_w &:= \frac{2 \cdot a \cdot l^2}{6} = (2.47 \cdot 10^5) \text{ mm}^3 && \text{průřezový modul svaru (2 koutové svary)} \\
 \beta_w &:= 0.8 && \text{korelační součinitel, ocel S235} \\
 M_d &:= 11.354 \text{ kN} \cdot \text{m} && \text{moment od zatížení posouvající silou v těžišti svorníků vaznice} \\
 \sigma_w &:= \frac{M_d}{W_w} = 45.966 \text{ MPa} \\
 \sigma_{kol.M} &:= \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 32.503 \text{ MPa} && \text{kolmé napětí na svaru od momentu} \\
 \sigma_{kol.N} &:= \frac{N_{Ed.t.l}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 21.597 \text{ MPa} && \text{kolmé napětí na svaru od normálové síly} \\
 \sigma_{kol.V} &:= \frac{V_{y.Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0 \text{ MPa} && \text{kolmé napětí na svaru od posouvající síly}
 \end{aligned}$$

celkové kolmé napětí na svaru: $\sigma_{kol} := \sigma_{kol.M} + \sigma_{kol.N} + \sigma_{kol.V} = 54.1 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned}
 \tau_{kol} &:= \sigma_{kol} = 54.1 \text{ MPa} \\
 \tau_{\parallel} &:= \frac{V_{z.Ed}}{A_w} = 16.412 \text{ MPa} && \text{rovnoběžné napětí na svaru od posouvající síly}
 \end{aligned}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 111.872 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE

$$\eta = 31.1\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE

$$\eta = 20.9\%$$

6.6.5.4 Doplnující posouzení pro krajní přípoj s přípojem závěsu

Čelní plechy budou nahrazeny svařencem tvaru U, na který bude zhora připojen kloubovým spojem namáhaným v tahu prvek závěsu.

$$\begin{aligned}
 N_{Ed.z} &:= 121.12 \text{ kN} && \text{příspěvek zatížení smykem od závěsu} \\
 n &:= 8 && \text{počet svorníků ve spoji (dvojitřizný spoj)} \\
 F_{Ed.z.l} &:= \frac{N_{Ed.z}}{2 \cdot n} = 7.57 \text{ kN} && \text{příspěvek k zatížení smykem na 1 šroub (1 stříh)}
 \end{aligned}$$

Pevnost v otlačení dřeva:

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l.Ed} + F_{Ed.z.l}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{l.Ed} + F_{Ed.z.l}}{F_{v.Rd}} = 0.831$$

VYHOVUJE

$$\eta = 83.1\%$$

Únosnost šroubu ve střihu
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1} + F_{Ed.z.1}}{F_{v.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1} + F_{Ed.z.1}}{F_{v.Rd.1}} = 0.371$$

VYHOVUJE

$$\eta = 37.1\%$$

Únosnost šroubu v otláčení
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1} + F_{Ed.z.1}}{F_{b.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1} + F_{Ed.z.1}}{F_{b.Rd.1}} = 0.097$$

VYHOVUJE

$$\eta = 9.7\%$$

Posouzení únosnosti při kombinaci tahu a smyku
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1} + F_{Ed.z.1}}{F_{v.Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1} + F_{Ed.z.1}}{F_{v.Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t.Rd.1}} = 0.822$$

VYHOVUJE

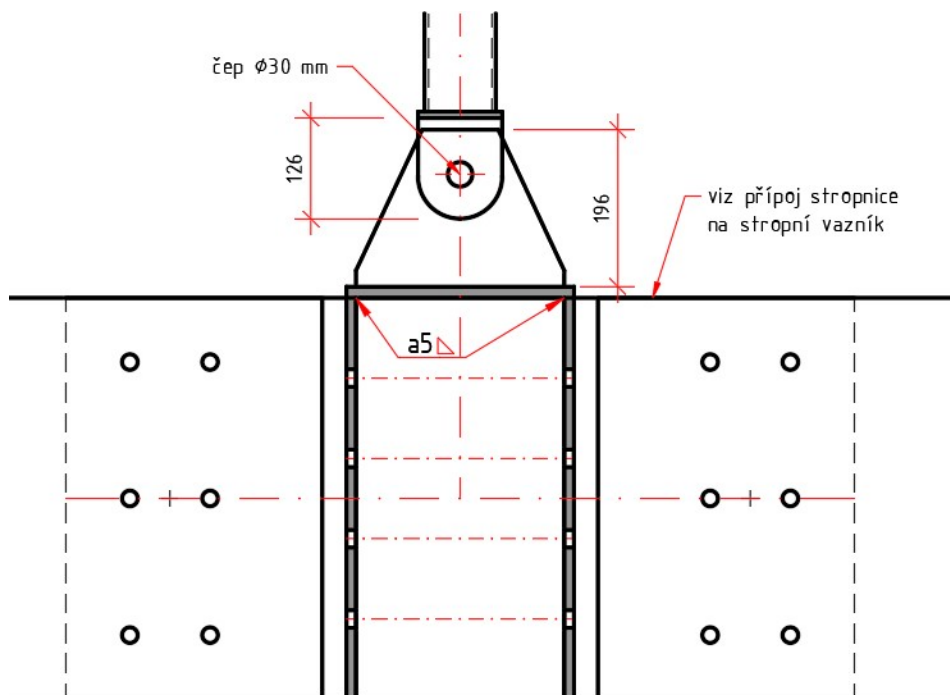
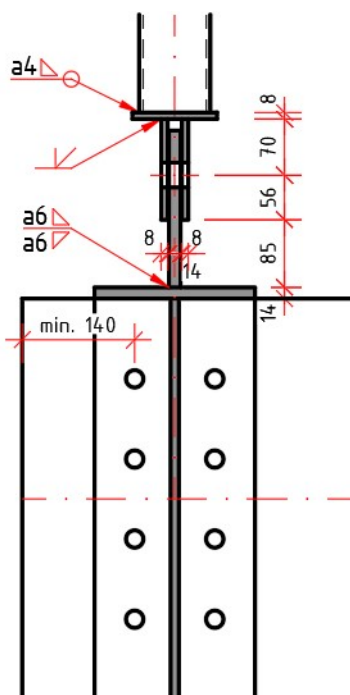
$$\eta = 82.2\%$$

6.6.6 Posouzení přípoje závěsu

Přípoj závěsu bude proveden čepovým spojem, ocelová trubka bude spojena s čepovými plechy přes víčko tl. 8 mm.

Návrh:

Plechý:	čelní plech na vazníku	$t := 14 \text{ mm}$
	vnitřní svislý čepový plech	$t := 14 \text{ mm}$
	2x vnější svislý čepový plech	$t := 8 \text{ mm}$
	víčko	$t := 8 \text{ mm}$
Svary:	čelní plech na vazníku	$a := 5 \text{ mm}$ - koutový
	vnitřní svislý čepový plech	$a := 6 \text{ mm}$ - oboustranný koutový
	2x vnější svislý čepový plech	$a := 4 \text{ mm}$ - tupý
	víčko	$a := 4 \text{ mm}$ - koutový



6.6.6.1 Posouzení čepu

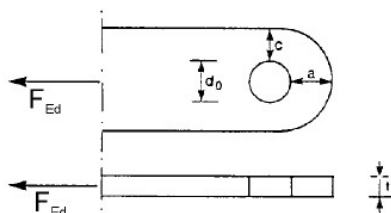
Návrhové vnitřní síly

$$F_{Ed} := N_{Ed,z} = 121.12 \text{ kN}$$

Návrh čepového přípoje

Navrhují čepový přípoj složený z třech plechů a čepu. Dva plechy budou připojeny k čelnímu plechu sloupu, jeden plech k kontaktnímu plechu vazníku.

$d := 30 \text{ mm}$	jmenovitý průměr čepu
$d_0 := d + 1 \text{ mm} = 31 \text{ mm}$	průměr otvoru pro čep
$t_1 := 14 \text{ mm}$	tloušťka vnitřního plechu
$t_2 := 8 \text{ mm}$	tloušťka vnějších plechů
$t_3 := 2 \text{ mm}$	tloušťka mezery mezi plechy
$A := \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 706.858 \text{ mm}^2$	plocha průřezu čepu
$W_{el} := \pi \cdot \frac{d^3}{32} = (2.651 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$	průřezový modul čepu


Geometrické požadavky:

$$a_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_l \cdot f_y} + \frac{2}{3} \cdot d_0 = 39.074 \text{ mm}$$

$$a := 40 \text{ mm}$$

$$c_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_l \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 28.741 \text{ mm}$$

$$c := 35 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} := \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 203.575 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.595$$

VYHOVUJE

$$\eta = 59.5\%$$

Posouzení únosnosti čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{1.5 \cdot t_l \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 148.05 \text{ kN}$$

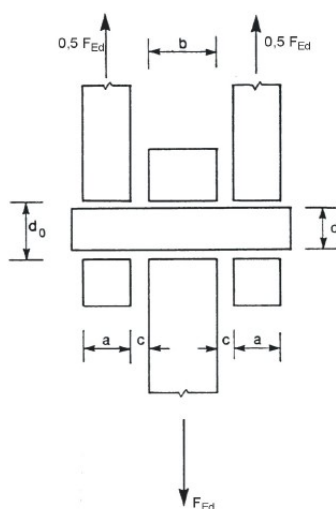
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = 0.818$$

VYHOVUJE

$$\eta = 81.8\%$$


Posouzení únosnosti čepu v ohybu

$$M_{Ed} := \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (t_l + 4 \cdot t_3 + 2 \cdot t_2) = 0.575 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = 1.909 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.301$$

VYHOVUJE

$$\eta = 30.1\%$$

Posouzení únosnosti čepu v kombinaci střihu a ohybu
Podmínka spolehlivosti:

$$\left(\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 < 1.0$$

$$\left(\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 = 0.445$$

VYHOVUJE

$$\eta = 44.5\%$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} (b + 4c + 2a)$$

6.6.6.2 Ostatní posudky přípoje (IDEA)

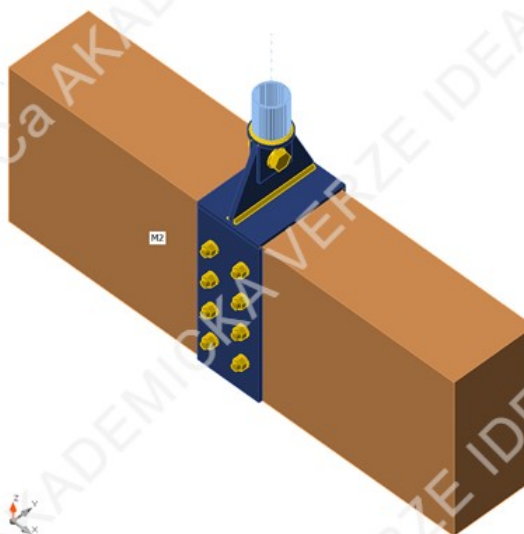
Ostatní posudky přípoje byly posouzeny metodou CBFEM v programu IDEA StatiCa.

Návrh

Název	CON1
Popis	
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Síly v
M1	1 - CHS88.9/5.0	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Uzel
M2	3 - Dřevěný obdélník 260/500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Uzel



Průřezy

Název	Material
1 - CHS88.9/5.0	S 235
3 - Dřevěný obdélník 260/500	Basic

Šrouby

Název	Sestava šroubů	Průměr [mm]	f_u [MPa]	Plocha [mm ²]
M20 6.8	M20 6.8	20	600,0	314
M30 8.8	M30 8.8	30	800,0	707

Účinky zatížení (rovnováha není požadována)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	121,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

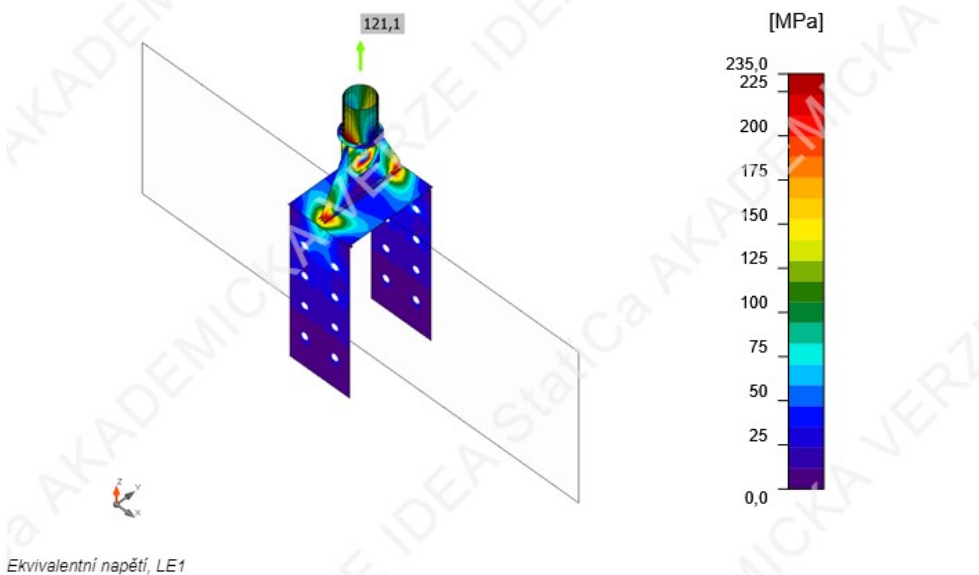
Posudek

Souhrn

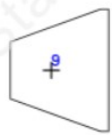
Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plech	0,0 < 5,0%	OK
Šrouby	69,4 < 100%	OK
Svary	98,2 < 100%	OK
Boulení	Nespočteno	

Plech

Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
M1	6,3	LE1	172,9	0,0	0,0	OK
SP1	14,0	LE1	229,7	0,0	0,0	OK
STYČ1a	10,0	LE1	72,0	0,0	0,0	OK
STYČ1b	10,0	LE1	72,0	0,0	0,0	OK
SP2	14,0	LE1	212,1	0,0	17,2	OK
PRPL1a	10,0	LE1	96,9	0,0	0,0	OK
PRPL1b	8,0	LE1	213,9	0,0	17,2	OK
PRPL1c	8,0	LE1	213,9	0,0	17,2	OK



Šrouby

	Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,s}$ [%]	Status
	B9	LE1	16,5	60,6	7,9	87,3	69,4	31,8	OK

Podrobné výsledky pro B9
Posouzení únosnosti v tahu (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 323,1 \text{ kN} \geq F_t = 16,5 \text{ kN}$$

kde:

- $k_2 = 0,90$ – Součinitel
- $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost šroubu v tahu
- $A_s = 561 \text{ mm}^2$ – Oblast tahového napětí šroubu
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Posudek únosnosti v protlačení (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 210,3 \text{ kN} \geq F_t = 16,5 \text{ kN}$$

kde:

- $d_m = 48 \text{ mm}$ – Menší z hodnot průměrů příčných vzdáleností rohů a hran, které se stanoví na hlavě a matici šroubu
- $t_p = 8 \text{ mm}$ – Tloušťka
- $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Posouzení únosnosti ve smyku (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_v \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 215,4 \text{ kN} \geq V = 60,6 \text{ kN}$$

kde:

- $\beta_v = 1,00$ – Redukční součinitel
- $\alpha_v = 0,60$ – Redukční součinitel
- $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost šroubu v tahu
- $A = 561 \text{ mm}^2$ – Oblast tahového napětí šroubu
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Posudek únosnosti v otláčení roznášecí plochy (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{ub} d t}{\gamma_{M2}} = 87,3 \text{ kN} \geq V = 60,6 \text{ kN}$$

kde:

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$ – Součinitel pro vzdálenost od okraje a rozteč šroubů kolmo ke směru přenosu zatížení
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,51$ – Součinitel pro koncovou vzdálenost a rozteč šroubů ve směru přenosu zatížení
- $e_2 = 50 \text{ mm}$ – Vzdálenost k okraji desky ve směru kolmo na smykovou sílu
- $p_2 = \infty \text{ mm}$ – Vzdálenost mezi šrouby ve směru kolmo na smykovou sílu
- $d_0 = 33 \text{ mm}$ – Průměr otvoru šroubu
- $e_1 = 50 \text{ mm}$ – Vzdálenost k okraji desky ve směru smykové síly
- $p_1 = \infty \text{ mm}$ – Vzdálenost mezi šrouby ve směru smykové síly
- $f_{ub} = 800,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost šroubu v tahu
- $f_u = 360,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost
- $d = 30 \text{ mm}$ – Jmenovitý průměr spojovacího prostředku
- $t = 8 \text{ mm}$ – Tloušťka desky
- $\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

Interakce tahu a smyku (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 31,8 \%$$

Využití v tahu

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 7,9 \%$$

Využití ve smyku

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 69,4 \%$$

Svary (Plastická redistribuce)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	U_t [%]	$U_{t,c}$ [%]	Status
PŘPL1a	M1	4,0	263	LE1	352,9	0,1	161,6	50,1	-174,1	98,0	48,0	OK
PŘPL1a	PŘPL1b	8,0	105	LE1								OK
PŘPL1a	PŘPL1c	8,0	105	LE1								OK
SP1	STYČ1a	5,0	200	LE1	257,9	0,0	132,7	0,0	-127,7	71,6	25,7	OK
SP1	STYČ1b	5,0	200	LE1	257,8	0,0	132,7	0,0	-127,6	71,6	25,7	OK
SP1	SP2	6,0	260	LE1	353,5	0,5	142,7	120,3	-142,7	98,2	26,8	OK
		6,0	260	LE1	353,5	0,5	142,8	-120,4	-142,7	98,2	26,8	OK

Návrhová data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 235	0,80	360,0	259,2

Podrobné výsledky pro SP1 SP2

Posouzení únosnosti svaru (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 360,0 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)]^{0,5} = 353,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 259,2 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 142,8 \text{ MPa}$$

kde:

$f_u = 360,0 \text{ MPa}$ – Mezní pevnost

$\beta_w = 0,80$ – vhodný korelační součinitel převzatý z tabulky 4.1

$\gamma_{M2} = 1,25$ – Součinitel spolehlivosti

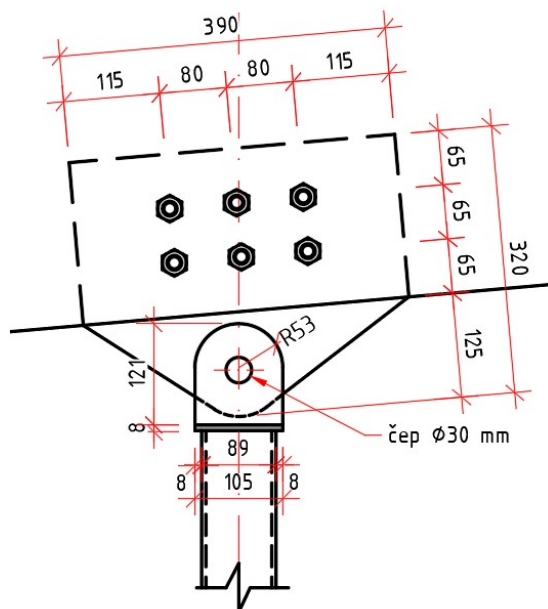
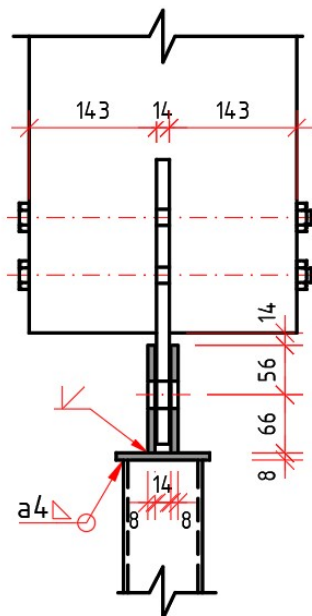
Využití napětí

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 98,2 \%$$

6.6.6.3 Posouzení kolíkového přípoje na vazník

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed} := N_{Ed,z} = 121,12 \text{ kN}$$



Návrh:

Svorníky a kolíky M16

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

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$$

$$n_s := 2$$

$$n_f := 3$$

$$n := n_s \cdot n_f = 6$$

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 80 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 115 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 65 \text{ mm}$$

$$a_2 := 65 \text{ mm}$$

průměr kolíku

průměr otvoru

navržený počet sloupců šroubů (kolmo na vlákna)

navržený počet řad šroubů (// s vlákny)

navržený počet šroubů

Stýčnickový plech

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

šířka vazníku

$$t := 14 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

$$t_l := \frac{b-t}{2} = 143 \text{ mm}$$

tloušťka dřeva na straně hlavičky

Výsledná síla na 1 kolík:

$$F_{l.Ed} := \frac{N_{Ed}}{n} = 20.187 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od normálové síly

$$\alpha := 85 \text{ deg}$$

úhel přípoje

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 85 \text{ deg}$$

$$a_{l,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 65.394 \text{ mm}$$

$$a_l \geq a_{l,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 111.635 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 63.878 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otlacení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 24.108 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.59 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)} = 15.205 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 243.212 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojitřžného spoje:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v,Rk1} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 16.759 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 17.692 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d = 34.789 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}, F_{v,Rk3}) = 16.759 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 24.134 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

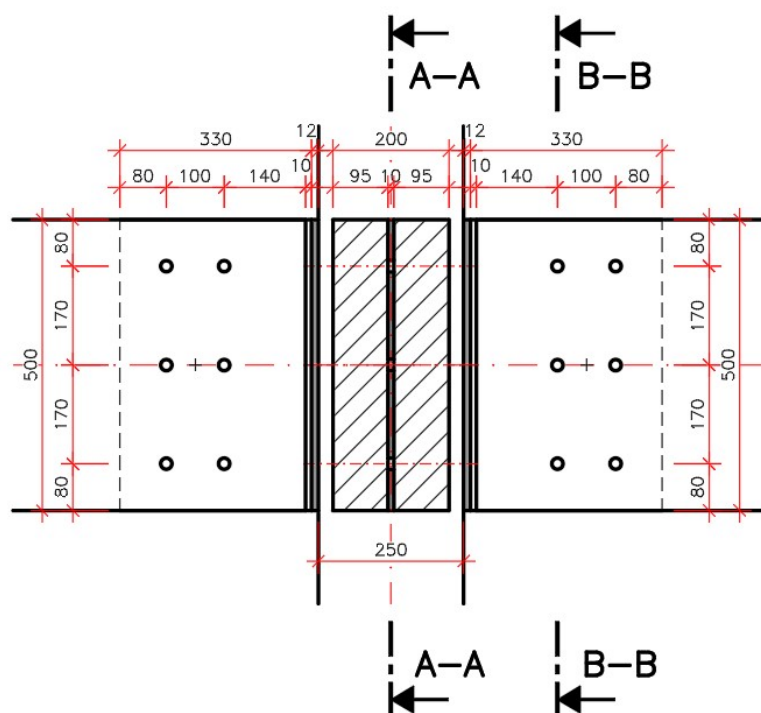
$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.836$$

VYHOVUJE

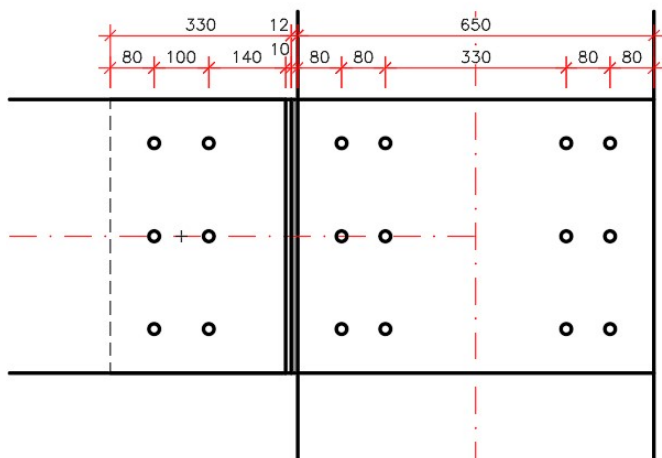
$$\eta = 83.6\%$$

6.6.7 Posouzení přípoje na sloup

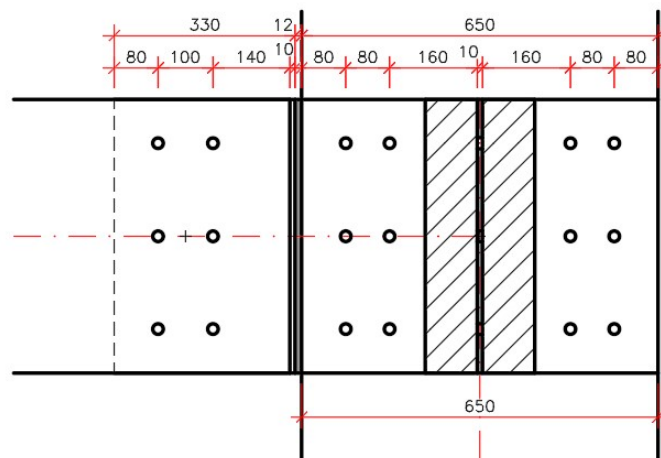
Přípoj přes svorníkový spoj s vloženým ocelovým plechem.



Řez A-A
M 1:10



Řez B-B
M 1:10



Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed} := N_{Ed.t.1} = 91.08 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed} = 48.94 \text{ kN}$$

$$V_{2.Ed} := 50.78 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := V_{z.Ed} + V_{2.Ed} = 99.72 \text{ kN}$$

příspěvek od kolmého přípoje

Geometrie

$$b_s := 250 \text{ mm}$$

šířka průřezu sloupu

$$h_s := 650 \text{ mm}$$

výška průřezu sloupu

Návrh:
Svorníky a kolíky M20

$$d := 20 \text{ mm}$$

průměr kolíku

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$n_s := 3$$

navržený počet sloupců šroubů (kolmo na vlákna)

$$n_{\tilde{r}} := 4$$

navržený počet řad šroubů (// s vlákny)

$$n := n_s \cdot n_{\tilde{r}} = 12$$

navržený počet šroubů

Stýčnickový plech

$$t = 14 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

$$t_l := \frac{b_s - t}{2} = 118 \text{ mm}$$

tloušťka dřeva na straně hlavičky

$$t_p := 12 \text{ mm}$$

tloušťka čelního výztužného plechu

Výsledná síla na 1 kolík:
Vliv normálové síly:

$$F_{l.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 7.59 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od normálové síly

Vliv posouvající síly:

$$F_{l.V} := \frac{V_{Ed}}{n} = 8.31 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od posouvající síly

Vliv excentricity zatížení:

$$x := 10 \text{ mm}$$

odsazení od čelního plechu

$$e := e_s + a_{4,t} + a_2 + \frac{a_{2,2}}{2} = 542 \text{ mm}$$

excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků

$$M_d := V_{Ed} \cdot e = 54.048 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru od těžiště kolíků:

$$r_1 := \sqrt{\left(\frac{3 \cdot a_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2}{2}\right)^2} = 257.063 \text{ mm} \quad n_1 := 4$$

$$r_2 := \frac{a_{2,2}}{2} + a_{2,1} = 245 \text{ mm} \quad n_2 := 2$$

$$r_3 := \sqrt{\left(\frac{a_{2,2}}{2}\right)^2 + a_1^2} = 236.907 \text{ mm} \quad n_3 := 4$$

$$r_4 := \frac{a_{2,2}}{2} = 165 \text{ mm} \quad n_4 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2 + n_3 \cdot r_3^2 + n_4 \cdot r_4^2}$$

$$F_{l.M} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 20.946 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od momentu

Navržené rozteče svorníků:

$$a_{3,t} := 80 \text{ mm}$$

$$a_1 := \frac{h - 2 \cdot a_{3,t}}{n_s - 1} = 170 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 80 \text{ mm}$$

$$a_{2,1} := 80 \text{ mm}$$

$$a_{2,2} := h_s - 2 \cdot a_{4,t} - 2 \cdot a_{2,1} = 330 \text{ mm}$$

Celková smyková síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l.Ed} := \sqrt{F_{l.V}^2 + (F_{l.M} + F_{l.N})^2} = 29.721 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{F_{l.N} + F_{l.M}}{F_{l.V}}\right) = 73.764 \text{ deg}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 73.764 \text{ deg}$$

$$a_{l.min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 85.592 \text{ mm}$$

$$a_1 \geq a_{l.min} = 1$$

$$a_{2.min} := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2.min} = 0$$

$$a_{3.t.min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm}$$

$$a_{3.c.min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 135.214 \text{ mm}$$

$$a_{4.t.min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 78.405 \text{ mm} \quad a_{4.t} \geq a_{4.t.min} = 1$$

$$a_{4.c.min} := 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h.0.k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}}\right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right)\right)\right) \cdot \text{MPa} = 28.208 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}}\right) = 1.65 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h.a.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.639 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}}\right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}}\right)^{2.6}\right) \cdot \text{N} \cdot \text{mm} = 434.461 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v.Rk1} := f_{h.a.k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.a.k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1\right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 22.238 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.a.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.474 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.a.k} \cdot t_l \cdot d = 41.628 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 22.238 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 32.023 \text{ kN}$$

$$F_{l.Ed} = 29.721 \text{ kN}$$

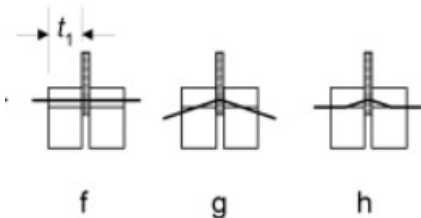
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{l.Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.928$$

VYHOVUJE

$$\eta = 92.8\%$$



6.6.8 Posouzení kolíkového přípoje krajního nosníku

Geometrie

$$b := 200 \text{ mm} \quad \text{šířka prvku}$$

$$h := 500 \text{ mm} \quad \text{výška prvku}$$

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj

$$N_{Ed} := 23.88 \text{ kN} \quad \text{návrhová normálová síla (tah)}$$

$$V_{z,Ed} := 50.78 \text{ kN} \quad \text{návrhová posouvající síla (z)}$$

Návrh:

Svorníky a kolíky M20

Navržené rozteče kolíků:

$$a_1 := 100 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} := 140 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} := 80 \text{ mm}$$

$$a_2 := \frac{h - 2 \cdot a_{4,t}}{n_s - 1} = 170 \text{ mm}$$

$$d := 20 \text{ mm} \quad \text{průměr kolíku}$$

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm} \quad \text{průměr otvoru}$$

$$n_s := 3 \quad \text{navržený počet sloupců šroubů (kolmo na vlákna)}$$

$$n_f := 2 \quad \text{navržený počet řad šroubů (// s vlákny)}$$

$$n := n_s \cdot n_f = 6 \quad \text{navržený počet šroubů}$$

Styčnickový plech

$$t = 14 \text{ mm} \quad \text{tloušťka vloženého plechu}$$

$$t_l := \frac{b - t}{2} = 93 \text{ mm} \quad \text{tloušťka dřeva na straně hlavičky}$$

$$t_p = 12 \text{ mm} \quad \text{tloušťka čelního plechu}$$

6.6.8.1 Posouzení na otlačení dřeva

Výsledná síla na 1 kolík:

Vliv normálové síly:

$$F_{l,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 3.98 \text{ kN} \quad \text{síla na 1 kolík od normálové síly}$$

Vliv posouvající síly:

$$F_{l,V} := \frac{V_{z,Ed}}{n} = 8.463 \text{ kN} \quad \text{síla na 1 kolík od posouvající síly}$$

Vliv excentricity zatížení:

$$x := 10 \text{ mm} \quad \text{odsazení čela prvku od čelního plechu}$$

$$e := t_p + x + a_{3,t} + \frac{a_1}{2} = 212 \text{ mm} \quad \text{excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků}$$

$$M_d := V_{z,Ed} \cdot e = 10.765 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru od těžiště kolíků:

$$r_1 := \sqrt{\left(\frac{a_1}{2}\right)^2 + a_2^2} = 177.2 \text{ mm} \quad n_1 := 4$$

$$r_2 := \frac{a_1}{2} = 50 \text{ mm} \quad n_2 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}$$

$$F_{l,M} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 14.607 \text{ kN} \quad \text{síla na 1 kolík od momentu}$$

Celková působící síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l,Ed} := \sqrt{(F_{l,M} + F_{l,V})^2 + F_{l,N}^2} = 23.411 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{F_{l,V} + F_{l,M}}{F_{l,N}}\right) = 80.212 \text{ deg} \quad \text{úhel zatížení vzhledem k vláknům}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\alpha = 80.212 \text{ deg}$$

$$a_{1,min} := (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 83.4 \text{ mm}$$

$$a_1 \geq a_{1,min} = 1$$

$$a_{2,min} := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq a_{2,min} = 1$$

$$a_{3,t,min} := \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} \geq a_{3,t,min} = 1$$

$$a_{3,c,min} := (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 138.253 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,min} := \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 79.418 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} \geq a_{4,t,min} = 1$$

$$a_{4,c,min} := 3 \cdot d = 60 \text{ mm}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 28.208 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.65 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 17.293 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 434.461 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojstřížného spoje:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

Únosnost prvku na vytažení

$$F_{v,Rk1} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 19.509 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 28.193 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d = 32.164 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}, F_{v,Rk3}) = 19.509 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoho spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_{M2}} = 28.093 \text{ kN}$$

$$F_{l,Ed} = 23.411 \text{ kN}$$

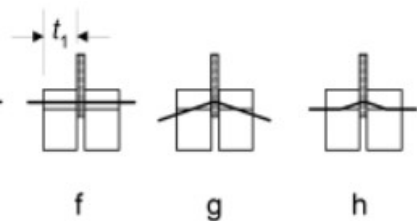
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{l,Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{l,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.833$$

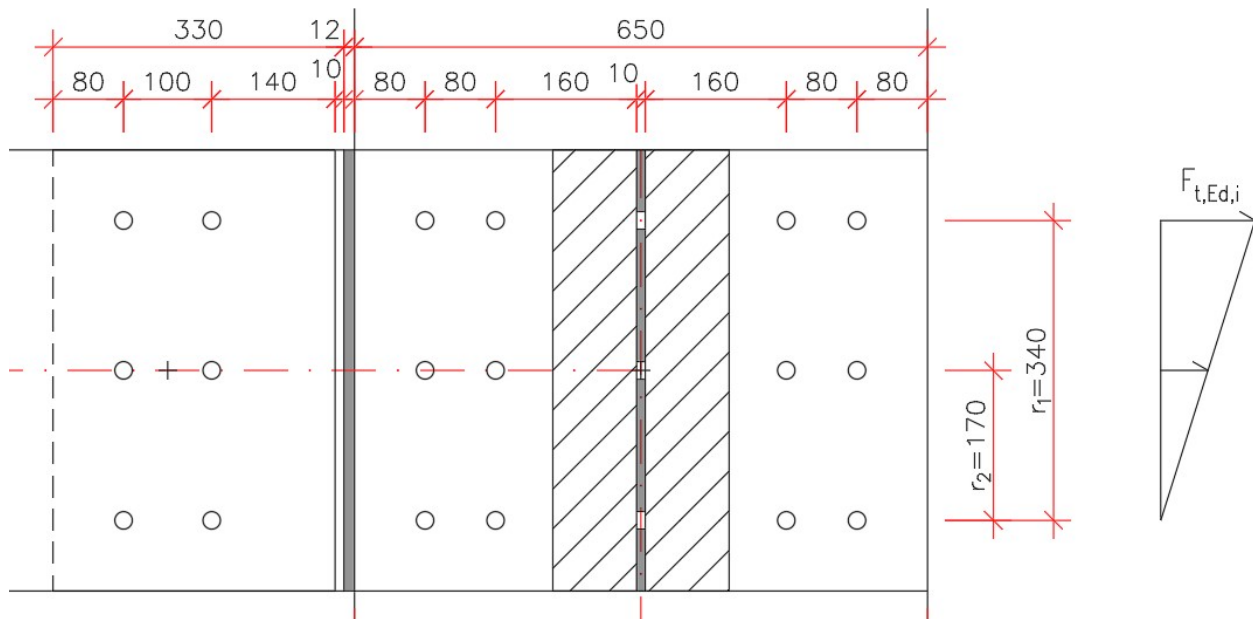
VYHOVUJE

$$\eta = 83.3\%$$



6.6.8.2 Posouzení svorníků namáhaného na smyk a tah

Střed otáčení navrhnuji v úrovni osy spodních šroubů:



Posouzení únosnosti svorníku v tahu

$$r_I := 340 \text{ mm}$$

$$n_I := 4$$

$$r_2 := 170 \text{ mm}$$

$$n_2 := 4$$

$$n := n_1 + n_2 = 8$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2}$$

$$M_d = 10.765 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$F_{t.M.I} := \frac{M_d \cdot r_l}{r_i^2} = 6.333 \text{ kN}$$

návrhová tahová síla na 1 šroub
(2 strany přípoje):

$$F_{t.Ed.I} := 2 \cdot F_{t.M.I} + \frac{N_{Ed}}{n} = 15.65 \text{ kN}$$

$k_2 := 0.9$

$$F_{t.Rd.I} := \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 67.824 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{t.Ed.1}}{F_{t.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{t.Ed.1}}{F_{t.Rd.1}} = 0.231$$

VYHOVUJE

$\eta = 23.1\%$

Posouzení únosnosti svorníku ve střihu

$$F_{Ed} := V_{Ed} = 99.72 \text{ kN}$$

$$F_{v.Ed.I} := \frac{F_{Ed}}{n} = 12.465 \text{ kN}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$F_{v.Rd.l} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_M} = 45.216 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} = 0.276$$

VYHOVUJE

$\eta = 27.6\%$

$$e_1 := 80 \text{ mm}$$

$$e_2 := 80 \text{ mm}$$

$$p_1 := a_2 = 170 \text{ mm}$$

$$p_2 := 80 \text{ mm}$$

$$e_{1.min} := 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$$

$$e_{2.min} := 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$$

$$p_{1.min} := 2.5 \cdot d_0 = 55 \text{ mm}$$

$$p_{2.min} := 2.5 \cdot d_0 = 55 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti svorníku v otláčení

$$k_1 := \min \left(2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right) = 2.5$$

$$\alpha_d := \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = 1.212$$

$$\alpha_b := \min \left(\alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0 \right) = 1$$

$$F_{b.Rd.1} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = 172.8 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{b.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{b.Rd.1}} = 0.072$$

VYHOVUJE

$$\eta = 7.2\%$$

Posouzení únosnosti při kombinaci tahu a smyku
Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t.Rd.1}} < 1.0$$

$$\frac{F_{v.Ed.1}}{F_{v.Rd.1}} + \frac{F_{t.Ed.1}}{1.4 \cdot F_{t.Rd.1}} = 0.44$$

VYHOVUJE

$$\eta = 44\%$$

6.6.8.3 Posouzení koutového svaru vloženého plechu k čelnímu plechu

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

$$L := 500 \text{ mm}$$

$$l := L - a = 497 \text{ mm}$$

$$A_w := 2 \cdot a \cdot l = (2.982 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_w := \frac{2 \cdot a \cdot l^2}{6} = (2.47 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\beta_w := 0.8$$

$$M_d = 10.765 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_w := \frac{M_d}{W_w} = 43.583 \text{ MPa}$$

účinná výška svaru

délka plechu

 účinná délka svaru (na jedné straně
navazuje svar přípoje ztužidla)

účinná plocha svarů (2 koutové svary)

průřezový modul svaru (2 koutové svary)

korelační součinitel, ocel S235

 moment od zatížení posouvající silou v
těžišti svorníků vaznice

$$\sigma_{kol.M} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 30.818 \text{ MPa}$$

kolmé napětí na svaru od momentu

$$\sigma_{kol.N} := \frac{N_{Ed.t.1}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 21.597 \text{ MPa}$$

kolmé napětí na svaru od normálové síly

$$\sigma_{kol.V} := \frac{V_{y.Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0 \text{ MPa}$$

kolmé napětí na svaru od posouvající síly

$$\text{celkové kolmé napětí na svaru: } \sigma_{kol} := \sigma_{kol.M} + \sigma_{kol.N} + \sigma_{kol.V} = 52.415 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 52.415 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z.Ed}}{A_w} = 17.029 \text{ MPa}$$

rovnoběžné napětí na svaru od posouvající síly

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 108.9 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE

$$\eta = 30.3\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

VYHOVUJE

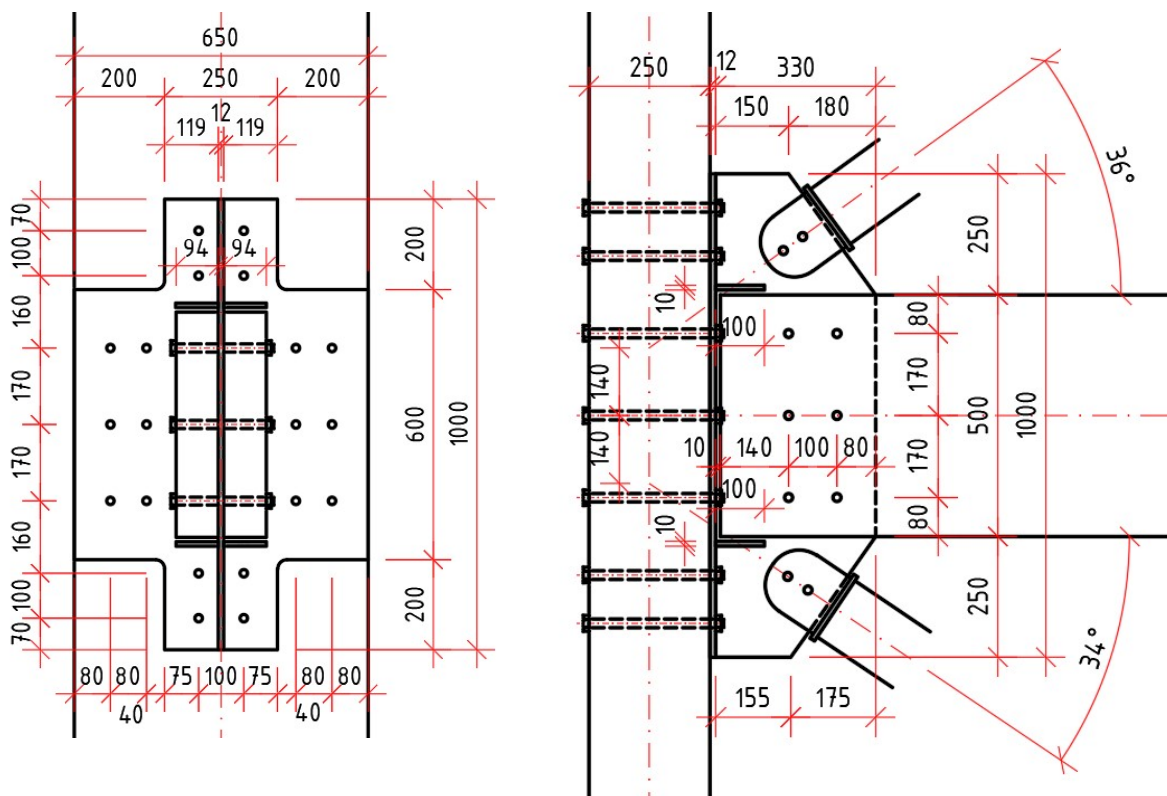
$$\eta = 20.2\%$$

6.6.9 Přípoj stěnového ztužidla

Přípoj stěnového ztužidla byla kvůli složitosti přípoje posouzen v programu Idea Statica. U přípoje jsem vycházel z výše vypočtených detailů (kap. 6.6)

6.6.9.1 Boční přípoj ke sloupu

Vnitřní styčnickový plech kolíkového přípoje bude rozšířen a na rozšíření se napojí přes dvojici plechů a víčko šroubovým spojem ztužidlo tvořeno trubkou CHS139,7x5,0. Zvětší se i velikost čelního plechu a spoj se opatří výztužnými plechy proti boulení styčnickového plechu.

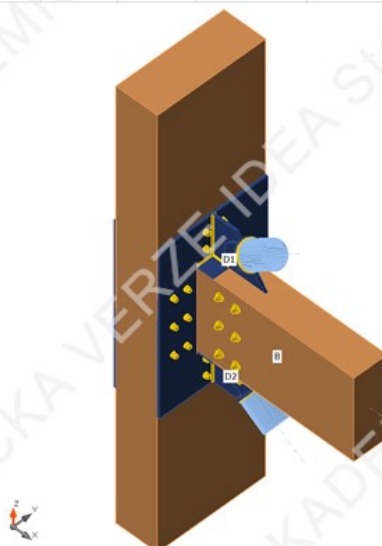


Návrh

Název	CON2
Popis	
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupky

Název	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Síly v	X [mm]
B	2 - Dřevěný obdélník 200/500	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Pozice	337
D1	5 - CHS139.7/5.0	0,0	-36,0	0,0	0	0	200	Šrouby	0
D2	5 - CHS139.7/5.0	0,0	34,0	0,0	0	0	-200	Šrouby	0
M5	4 - Dřevěný obdélník 250/650	0,0	-90,0	90,0	0	135	0	Šrouby	0



Průřezy

Název	Materiál
2 - Dřevěný obdélník 200/500	Basic
5 - CHS139.7/5.0	S 235
4 - Dřevěný obdélník 250/650	Basic

Šrouby

Název	Sestava šroubů	Průměr [mm]	f_u [MPa]	Plocha [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800,0	201

Účinky zatížení (rovnováha není požadována)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B	13,9	0,0	50,6	0,0	0,0	0,0
	D1	-20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	D2	-84,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

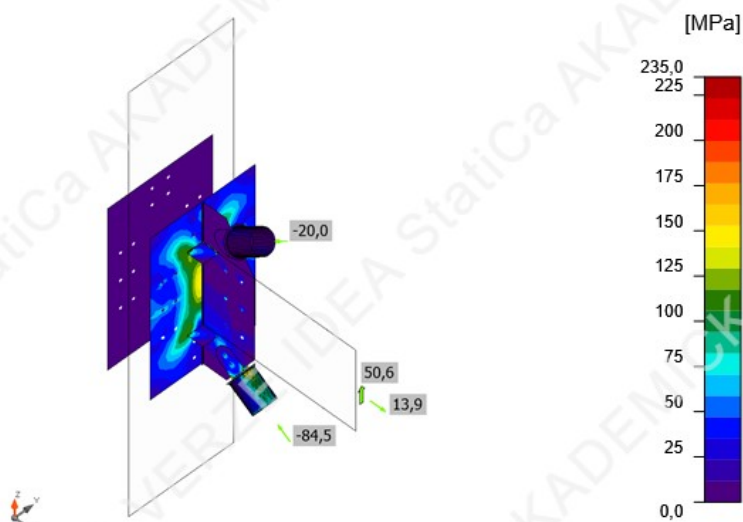
Posudek

Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plechý	0,0 < 5,0%	OK
Šrouby	45,1 < 100%	OK
Svary	98,8 < 100%	OK
Boulení	29,60	

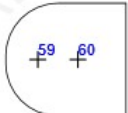
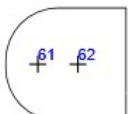
Plechý

Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
D1	5,0	LE1	35,5	0,0	0,0	OK
D2	5,0	LE1	168,5	0,0	0,0	OK
STYČ1a	12,0	LE1	159,7	0,0	0,0	OK
STYČ1b	12,0	LE1	0,6	0,0	0,0	OK
STYČ2	12,0	LE1	191,8	0,0	7,5	OK
PŘPL1a	10,0	LE1	16,5	0,0	0,0	OK
PŘPL1b	10,0	LE1	38,9	0,0	4,3	OK
PŘPL1c	10,0	LE1	39,3	0,0	4,5	OK
SP1	10,0	LE1	115,9	0,0	0,0	OK
SP2	10,0	LE1	113,2	0,0	0,0	OK
SP3	10,0	LE1	108,2	0,0	0,0	OK
SP4	10,0	LE1	113,4	0,0	0,0	OK
PŘPL2a	10,0	LE1	68,5	0,0	0,0	OK
PŘPL2b	10,0	LE1	165,3	0,0	30,5	OK
PŘPL2c	10,0	LE1	162,5	0,0	31,0	OK



Ekvivalentní napětí, LE1

Šrouby

	Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,ts}$ [%]	Status
	B59	LE1	0,3	5,0	0,3	138,2	8,3	8,6	OK
	B60	LE1	0,4	5,0	0,5	93,4	10,7	8,6	OK
	B61	LE1	1,3	21,2	1,4	138,2	35,2	36,2	OK
	B62	LE1	1,8	21,1	2,0	93,4	45,1	36,4	OK

Šrouby - dřevo

	Název	Zatížení	V [kN]
	B33	LE1	4,3
	B34	LE1	4,3
	B35	LE1	4,3
	B36	LE1	4,3
	B37	LE1	4,3
	B38	LE1	4,3
	B39	LE1	4,3
	B40	LE1	4,3
	B41	LE1	4,3
	B42	LE1	4,3
	B43	LE1	4,3
	B44	LE1	4,3
	B45	LE1	4,2
	B46	LE1	4,2
	B47	LE1	4,5
	B48	LE1	4,5
	B49	LE1	4,2
	B50	LE1	4,2
	B51	LE1	4,4
	B52	LE1	4,4
	B53	LE1	6,6
	B54	LE1	8,2
	B55	LE1	3,0
	B56	LE1	5,8
	B57	LE1	4,6
	B58	LE1	6,7

Svary (Plastická redistribuce)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
PŘPL1a	D1	4,0	423	LE1	59,6	0,0	-26,2	-9,6	29,3	16,5	5,5	OK
PŘPL2a	D2	4,0	423	LE1	269,3	0,0	-110,1	-72,5	121,9	74,8	23,2	OK
PŘPL1a	PŘPL1b	10,0	140	LE1								OK
PŘPL1a	PŘPL1c	10,0	140	LE1								OK
PŘPL2a	PŘPL2b	10,0	140	LE1								OK
PŘPL2a	PŘPL2c	10,0	140	LE1								OK
STYČ1a	STYČ2	4,0	1000	LE1	59,2	0,0	2,4	-34,1	1,7	16,4	6,5	OK
		4,0	1000	LE1	55,0	0,0	0,2	31,7	-0,9	15,3	6,5	OK
STYČ1a	SP1	4,0	94	LE1	355,4	1,8	-164,8	-72,1	-166,9	98,7	49,2	OK
STYČ2	SP1	4,0	98	LE1	223,3	0,0	-96,6	65,0	-96,4	62,0	27,4	OK
STYČ1a	SP2	4,0	94	LE1	355,8	2,1	-162,2	78,8	-165,0	98,8	45,4	OK
STYČ2	SP2	4,0	98	LE1	217,4	0,0	-94,6	-61,9	-94,5	60,4	27,9	OK
STYČ1a	SP3	4,0	94	LE1	354,7	1,3	-158,3	89,1	160,1	98,5	41,5	OK
STYČ2	SP3	4,0	98	LE1	185,0	0,0	-80,0	-54,5	79,5	51,4	23,5	OK
STYČ1a	SP4	4,0	94	LE1	354,5	1,2	-163,1	-76,5	164,8	98,5	47,4	OK
STYČ2	SP4	4,0	98	LE1	188,0	0,0	-80,9	55,7	80,5	52,2	23,2	OK

Návrhová data

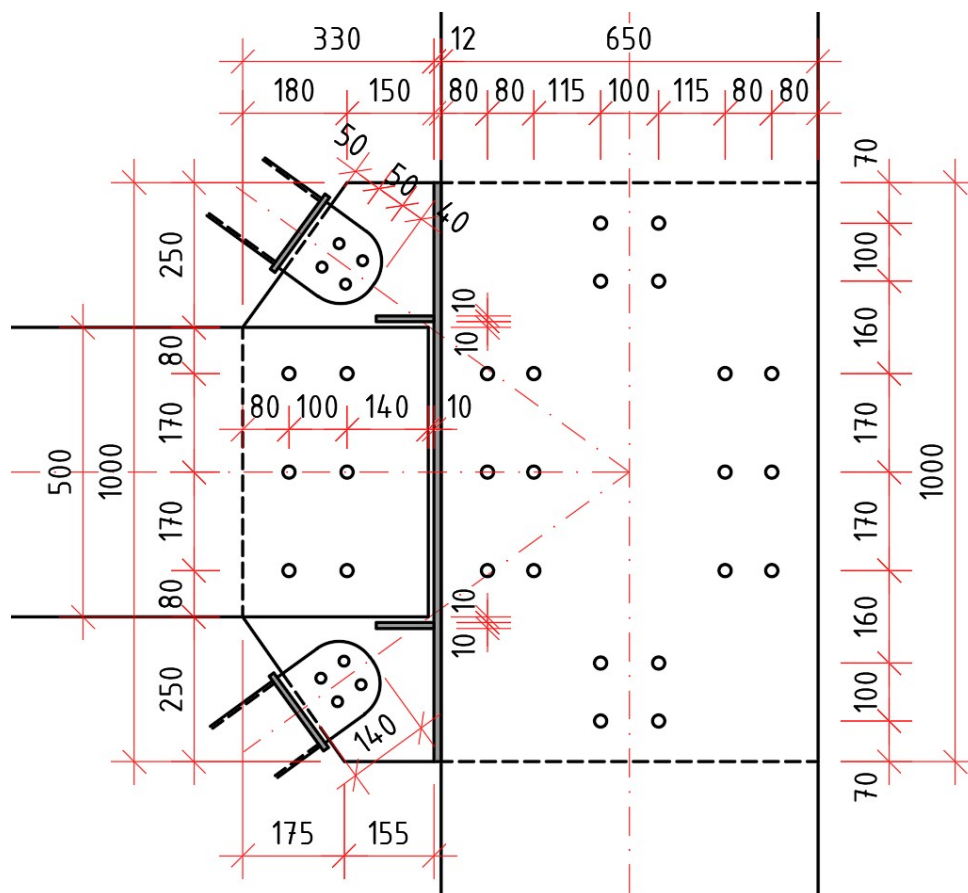
	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 235	0,80	360,0	259,2

Boulení

Zatížení	Tvar	Součinitel [-]
LE1	1	29,60
	2	34,91
	3	35,04
	4	42,78
	5	43,66
	6	79,05

6.6.9.2 Čelní přípoj ke sloupu

Vnitřní styčníkový plech kolíkového přípoje stropnice bude rozšířen a na rozšíření se napojí přes dvojici plechů a víčko šroubovým spojem ztužidlo tvořeno trubkou CHS139,7x5,0. Zvětší se i velikost vloženého plechu ve sloupu a spoj se opatří výztužnými plechy proti boulení styčníkového plechu.

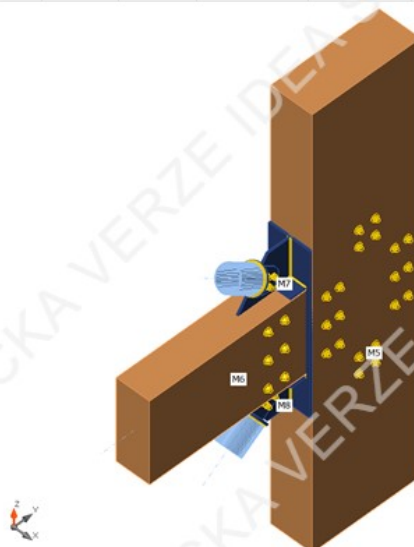


Návrh

Název	CON2
Popis	
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Síly v	X [mm]
M5	4 - Dřevěný obdélník 250/650	0,0	-90,0	90,0	0	135	0	Šrouby	0
M6	2 - Dřevěný obdélník 200/500	-90,0	0,0	0,0	330	-135	0	Šrouby	190
M7	5 - CHS139.7/5.0	-90,0	-36,0	0,0	325	-135	0	Šrouby	0
M8	5 - CHS139.7/5.0	-90,0	36,0	0,0	325	-135	0	Šrouby	0



Účinky zatížení (rovnováha není požadována)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M6	87,8	0,0	-25,9	0,0	0,0	0,0
	M7	-150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M8	264,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Posudek

Souhrn

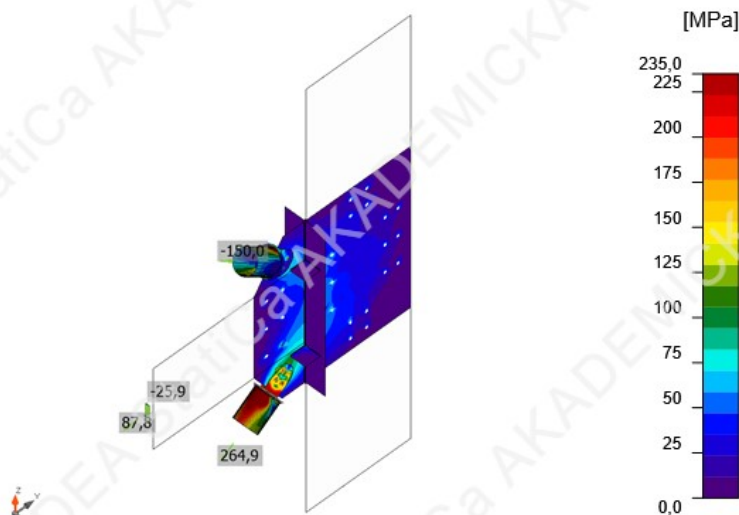
Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plech	2,8 < 5,0%	OK
Šrouby	80,6 < 100%	OK
Svary	98,1 < 100%	OK
Boulení	14,24	

Plechý

Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
M7	5,0	LE1	235,1	0,0	0,0	OK
M8	5,0	LE1	241,0	2,8	0,0	OK
SP5	12,0	LE1	10,5	0,0	0,0	OK
STYČ3	12,0	LE1	235,4	0,2	18,2	OK
PŘPL3a	10,0	LE1	111,5	0,0	0,0	OK
PŘPL3b	10,0	LE1	235,1	0,0	10,5	OK
PŘPL3c	10,0	LE1	235,1	0,0	10,7	OK
PŘPL4a	10,0	LE1	236,5	0,7	0,0	OK
PŘPL4b	10,0	LE1	237,4	1,1	18,6	OK
PŘPL4c	10,0	LE1	237,4	1,1	18,6	OK
STYČ4	12,0	LE1	127,1	0,0	0,0	OK
SP6	10,0	LE1	27,9	0,0	0,0	OK
SP7	10,0	LE1	28,0	0,0	0,0	OK
SP8	10,0	LE1	50,8	0,0	0,0	OK
SP9	10,0	LE1	50,9	0,0	0,0	OK

Návrhová data

Materiál	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 235	235,0	5,0

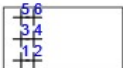


Ekvivalentní napětí, LE1

Šrouby

	Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,ts}$ [%]	Status
	B7	LE1	1,2	18,8	1,4	121,0	31,2	32,2	OK
	B8	LE1	1,7	18,7	1,9	81,8	45,8	32,5	OK
	B9	LE1	1,2	18,8	1,3	121,0	31,1	32,1	OK
	B10	LE1	1,7	18,7	1,9	81,8	45,7	32,4	OK
	B11	LE1	8,3	33,0	9,1	81,8	80,6	61,2	OK
	B12	LE1	5,9	33,4	6,5	115,2	57,9	60,0	OK
	B13	LE1	8,4	32,9	9,2	81,8	80,5	61,2	OK
	B14	LE1	6,1	33,2	6,7	113,2	58,6	59,9	OK

Šrouby - dřevo

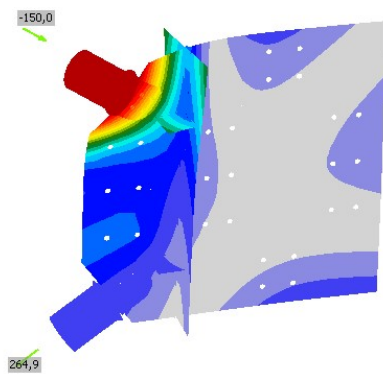
	Název	Zatížení	V [kN]
	B1	LE1	7,6
	B2	LE1	7,6
	B3	LE1	7,6
	B4	LE1	7,6
	B5	LE1	7,6
	B6	LE1	7,6
	B27	LE1	7,1
	B28	LE1	7,4
	B29	LE1	7,8
	B30	LE1	7,3
	B31	LE1	7,7
	B32	LE1	8,0
	B33	LE1	8,3
	B34	LE1	8,6
	B35	LE1	8,9
	B36	LE1	8,6
	B37	LE1	8,8
	B38	LE1	9,2
	B39	LE1	8,7
	B40	LE1	8,9
	B41	LE1	7,4
	B42	LE1	7,7
	B43	LE1	8,9
	B44	LE1	9,2
	B45	LE1	7,2
	B46	LE1	7,6

Svary (Plastická redistribuce)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
PŘPL3a	M7	▲6,0	423	LE1	305,8	0,0	-133,0	57,0	148,4	84,9	26,5	OK
PŘPL4a	M8	▲6,0	423	LE1	353,1	0,2	169,2	103,1	-146,6	98,1	58,3	OK
PŘPL3a	PŘPL3b	10,0	140	LE1								OK
PŘPL3a	PŘPL3c	10,0	140	LE1								OK
PŘPL4a	PŘPL4b	10,0	140	LE1								OK
PŘPL4a	PŘPL4c	10,0	140	LE1								OK
SP5	STYČ3	▲4,0▲	1000	LE1	135,2	0,0	54,6	46,1	54,6	37,6	23,5	OK
		▲4,0▲	1000	LE1	135,1	0,0	54,6	-45,9	-54,6	37,5	23,4	OK
SP5	STYČ4	▲4,0▲	1000	LE1	129,2	0,0	53,7	-41,5	53,7	35,9	23,2	OK
		▲4,0▲	1000	LE1	129,3	0,0	53,7	41,6	-53,7	35,9	23,2	OK
STYČ3	SP6	▲3,0▲	93	LE1	27,6	0,0	-6,7	-13,7	7,0	7,7	3,2	OK
		▲3,0▲	93	LE1	23,1	0,0	-4,0	12,6	-3,7	6,4	3,4	OK
SP5	SP6	▲3,0▲	94	LE1	17,0	0,0	14,8	0,9	-4,8	5,7	1,9	OK
		▲3,0▲	94	LE1	34,2	0,0	-27,9	7,9	8,3	10,8	4,4	OK
STYČ3	SP7	▲3,0▲	93	LE1	27,9	0,0	-6,9	13,9	7,1	7,7	3,2	OK
		▲3,0▲	93	LE1	23,2	0,0	-3,9	-12,7	-3,7	6,4	3,4	OK
SP5	SP7	▲3,0▲	94	LE1	17,0	0,0	14,8	-0,9	-4,7	5,7	1,9	OK
		▲3,0▲	94	LE1	34,3	0,0	-27,9	-7,9	8,3	10,8	4,5	OK
STYČ3	SP8	▲3,0▲	93	LE1	89,0	0,0	19,0	46,5	-18,8	24,7	9,7	OK
		▲3,0▲	93	LE1	95,5	0,0	23,0	-48,2	23,2	26,5	9,5	OK
SP5	SP8	▲3,0▲	94	LE1	81,2	0,0	46,0	11,9	36,7	22,5	10,2	OK
		▲3,0▲	94	LE1	46,2	0,0	15,5	-4,1	-24,8	12,8	5,9	OK
STYČ3	SP9	▲3,0▲	93	LE1	89,5	0,0	18,9	-46,9	-18,9	24,9	9,7	OK
		▲3,0▲	93	LE1	96,6	0,0	23,3	48,9	23,3	26,8	9,6	OK
SP5	SP9	▲3,0▲	94	LE1	81,3	0,0	46,1	-12,0	36,8	22,6	10,3	OK
		▲3,0▲	94	LE1	46,1	0,0	15,5	3,9	-24,8	12,8	5,9	OK

Návrhová data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	$0,9 \sigma$ [MPa]
S 235	0,80	360,0	259,2



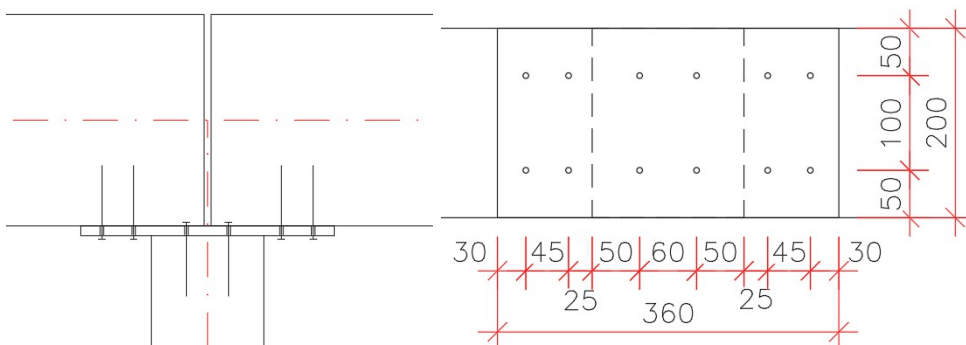
Boulení

Zatížení	Tvar	Součinitel [-]
LE1	1	14,24
	2	32,75
	3	40,95
	4	42,74
	5	43,15
	6	46,92

Vlastní tvar 1

6.7 Uložení nosníků 1.NP na sloupek

Nosníky stropu 1.NP budou osazeny na sloupek přes vrcholový plech, zajištěny proti tahovým silám v nosnících vruty. Vrutí budou namáhány pouze stříhem, protože zatížení nevyvolá žádné tahové síly ve sloupku.



6.7.1 Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed} := -3.64 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := 22.37 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,s} := -45.3 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla v nosníku

návrhová posouvající síla v nosníku

návrhová normálová síla ve sloupku

6.7.2 Geometrie

Prvky:

$$b_s := 160 \text{ mm}$$

$$h_s := 200 \text{ mm}$$

$$b := 200 \text{ mm}$$

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

šířka průřezu sloupku

výška průřezu sloupku

šířka průřezu nosníku

výška průřezu nosníku

Plech

Návrh:

$$t_p := 14 \text{ mm}$$

$$d_0 := 6 \text{ mm}$$

tloušťka kontaktního plechu

průměr otvoru

Vrutí Rothoblaas HBS 6/80mm

$$d := 4.3 \text{ mm}$$

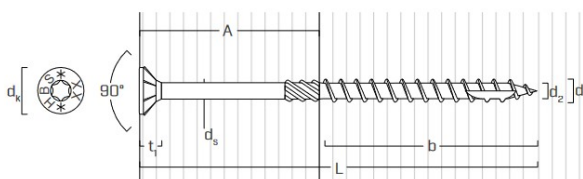
$$n := 4$$

$$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 14.522 \text{ mm}^2$$

průměr vrutu

navržený počet vrutů pro jeden nosník

průřezová plocha vrutu



Jmenovitý průměr	d_1	[mm]	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12
Průměr hlavy	d_k	[mm]	7,00	8,00	9,00	10,00	12,00	14,50	18,25	20,75
Průměr jádra	d_2	[mm]	2,25	2,55	2,80	3,40	3,95	5,40	6,40	6,80
Průměr stopky	d_s	[mm]	2,45	2,75	3,15	3,65	4,30	5,80	7,00	8,00
Tloušťka hlavy	t_1	[mm]	2,20	2,80	2,80	3,10	4,50	4,50	5,80	7,20
Průměr předvrtání	d_v	[mm]	2,0	2,5	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Charakteristický moment kluzu	$M_{y,k}$	[Nm]	2143	3033	4119	5417	9494	20057	35830	47966
Charakteristický parametr odolnosti vůči vytažení	$f_{ax,k}$	[N/mm ²]	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
Charakteristický parametr pronikání hlavy	$f_{head,k}$	[N/mm ²]	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Charakteristická mez pevnosti v tahu	$f_{ten,k}$	[kN]	3,8	5,0	6,4	7,9	11,3	20,1	31,4	33,9

6.7.3 Materiál

$$\gamma_M := 1.3$$

dílčí součinitel materiálu - rostlé dřevo

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

dílčí součinitel materiálu - spoje

$$k_{mod} := 0.9$$

součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

součinitel materiálu - ocel

Ocel S235

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

mez kluzu oceli

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

mez pevnosti oceli

Vaznice - Rostlé dřevo C24

$$\rho_k := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Charakteristická pevnost v otlačení dřeva:

$$f_{h.k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \right) \cdot \text{MPa} = 18.529 \text{ MPa}$$

$$f_{c.90.k} := 2.5 \text{ MPa}$$

char. pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.7 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost dřeva v tlaku kolmo na vlákna

Vrutky Rothoblaas HBS 6/80mm

Je předpokládáno předvrtání otvorů.

$$f_{yb} := 640 \text{ MPa}$$

mez kluzu spojovacího prostředku

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

mez pevnosti spojovacího prostředku

Charakteristický plastický moment únosnosti:

$$M_{y.Rk} := 9494 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

garantováno výrobcem

6.7.4 Posouzení únosnosti ve stříhu - nosník

$$l := 80 \text{ mm}$$

délka hřebíku

$$t_l := l - t_p = 66 \text{ mm}$$

vnik hrotu hřebíku v jednostřížném spoji

Rozteče hřebíků:

$$a_l := 45 \text{ mm} \quad k := \frac{a_l}{d} = 10.465 \quad \dots \quad k_{ef} := 0.7 \quad \text{dle Tab. 8.1 ČSN EN 1995-1}$$

$$n_{ef} := \left(\frac{n}{2} \right)^{k_{ef}} = 1.625$$

účinný počet vrutů v řadě // s vlákny

$$t_p < 0.5 \cdot d = 0 \quad \dots \text{posuzuji jako } \underline{\text{tlustou desku}} \text{ jednostřížně namáhanou}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou:

$$F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk1} := f_{h.k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 2.379 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 2 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.k} \cdot t_l \cdot d = 5.258 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 2 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot n_{ef} \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 4.679 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := |N_{Ed}| = 3.64 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.778$$

VYHOVUJE

$$\eta = 77.8\%$$

Posouzení únosnosti vrutu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 5.576 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.653$$

VYHOVUJE

$$\eta = 65.3\%$$

Posouzení únosnosti vrutu v otláčení

$$F_{b.Rd} := \frac{1.5 \cdot t_l \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 100.04 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b.Rd}} = 0.036$$

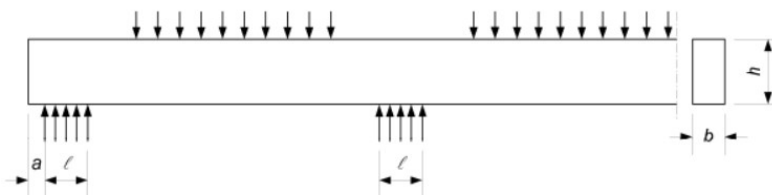
VYHOVUJE

$$\eta = 3.6\%$$

6.7.5 Posouzení únosnosti čelního plechu

6.7.5.1 Tlak kolmo k vláknům

Krajní podpěra:



$$a := 0 \text{ mm}$$

vzdálenost okraje podpěry ke konci nosníku

$$l := \frac{b_s}{2} - 5 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

dotyková délka

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

výška prvku

$$h \leq 2.5 \cdot b = 1$$

... platí vztah s účinnou délkou roznesení

$$l_{ef} := l + \frac{h}{3} = 175 \text{ mm}$$

účinná délka roznesení

$$A_{ef} := l_{ef} \cdot b = (3.5 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

účinná dotyková plocha

Součinitel zohledňující uspořádání zatížení:

$$k_{c,90} := \left(2.38 - \frac{l}{250 \text{ mm}} \right) \cdot \sqrt{\frac{l_{ef}}{l}} = 3.177$$

$$F_{c,90,d} := V_{z,Ed} = 22.37 \text{ kN}$$

návrhové zatížení v tlaku kolmo k vláknům

$$\sigma_{c,90,d} := \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} = 0.639 \text{ MPa}$$

$$k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} = 5.499 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = 0.116$$

VYHOVUJE

$$\eta = 11.6\%$$

6.7.4.2 Ohyb plechu

$$e := 25 \text{ mm} + \frac{a_l}{2} = 47.5 \text{ mm}$$

excentricita těžiště hřebíků od líce sloupku

$$M_{Ed} := V_{z,Ed} \cdot e = 1.063 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ohybový moment na plechu

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot b \cdot t_p^2 = (6.533 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

průřezový modul plechu

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 162.639 \text{ MPa}$$

návrhové ohybové napětí na plechu

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

návrhová mez kluzu plechu

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} = 0.692$$

VYHOVUJE

$$\eta = 69.2\%$$

6.8 Uložení stropu 1NP na zadní sloup

Strop 1NP bude na zadní sloup uložen přes třmeny BOVA BV/T - 11-41.

6.8.1 Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed,c} := 6.88 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla v nosníku (tlak)

$$N_{Ed,t} := 1.39 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla v nosníku (tah)

$$V_{z,Ed} := 20.78 \text{ kN}$$

návrhová posouvající síla v nosníku

6.8.2 Geometrie

Prvek:

$$b := 200 \text{ mm}$$

šířka průřezu

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

výška průřezu

Třmen BOVA BV/T 11-41

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

tloušťka plechu

$$d_0 := 5 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$A := 200 \text{ mm}$$

$$B := 260 \text{ mm}$$

$$n_{max} := 24$$

počet otvorů na polovinu přípoje

Konvexní hřebíky BOVA BV/KH 15-01

$$d := 4 \text{ mm}$$

průměr hřebíku

$$n := 12$$

navržený počet hřebíků v polovině přípoje

$$n < n_{max} = 1$$

6.8.3 Materiál

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

dílčí součinitel materiálu - spoje

$$k_{mod} := 0.9$$

součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Vaznice - Rostlé dřevo C24

$$\rho_{k1} := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Charakteristická pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,k,1} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k1}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \right) \cdot \text{MPa} = 18.935 \text{ MPa}$$

Sloup - Lepené lamelové dřevo GL24h

$$\rho_{k2} := 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

průměrná objemová tíha

Charakteristická pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,k,2} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_{k2}}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{-0.3} \right) \cdot \text{MPa} = 20.558 \text{ MPa}$$

Ocel S235

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

mez kluzu oceli

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

mez pevnosti oceli

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

součinitel materiálu - ocel

Konvexní hřebíky BOVA BV/KH 15-01

$$f_{yb} := 235 \text{ MPa}$$

mez kluzu spojovacího prostředku

$$f_{ub} := 360 \text{ MPa}$$

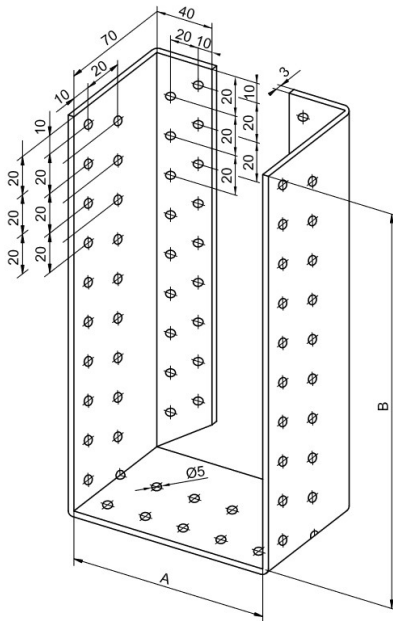
mez pevnosti spojovacího prostředku

$$F_{ax,Rk} := 1.24 \text{ kN}$$

únosnost na vytažení (60mm)

Charakteristický plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \text{ N} \cdot \text{mm} = (3.97 \cdot 10^3) \text{ N} \cdot \text{mm}$$



6.8.4 Posouzení únosnosti ve střihu - nosník

$$l := 60 \text{ mm}$$

délka hřebíku

$$t_l := l - t = 57 \text{ mm}$$

vnik hrotu hřebíku v jednostřížném spoji

$$t < 0.5 \cdot d = 0 \quad \dots \text{posuzuji jako tlustou desku jednostřížně namáhanou}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou:

$$F_{v.Rk1} := f_{h.k.l} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.k.l} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 2.196 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.k.l} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 1.571 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.k.l} \cdot t_l \cdot d = 4.317 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 1.571 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot n \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 27.15 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed.c}^2 + V_{z.Ed}^2} = 21.889 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.806$$

VYHOVUJE

$$\eta = 80.6\%$$

6.8.5 Posouzení únosnosti ve střihu - sloup

$$l := 60 \text{ mm}$$

délka hřebíku

$$t_l := l - t = 57 \text{ mm}$$

vnik hrotu hřebíku v jednostřížném spoji

$$t < 0.5 \cdot d = 0 \quad \dots \text{posuzuji jako tlustou desku jednostřížně namáhanou}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro tlustou ocelovou desku jednostřížně namáhanou:

$$F_{v.Rk1} := f_{h.k.2} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.k.2} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 2.349 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.k.2} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 1.624 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk3} := f_{h.k.2} \cdot t_l \cdot d = 4.687 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk1}, F_{v.Rk2}, F_{v.Rk3}) = 1.624 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := 2 \cdot n \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_{M2}} = 28.065 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := V_{z.Ed} = 20.78 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v.Rd}} = 0.74$$

VYHOVUJE

$$\eta = 74\%$$

6.4.6 Posouzení únosnosti na vytažení - sloup

$$N_{Ed,1} := \frac{N_{Ed,t}}{2 \cdot n} = 0.058 \text{ kN}$$

normálová síla na jeden hřebík

$$e := 53 \text{ mm}$$

excentricita posouvající síly

$$M_{ax,Ed} := V_{z,Ed} \cdot e = 1.101 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

náhradní moment na vytažení

Vzdálenosti hřebíků od
středu otáčení:

$$r_1 := 253 \text{ mm}$$

$$r_2 := 243 \text{ mm}$$

$$r_3 := 223 \text{ mm}$$

$$r_4 := 213 \text{ mm}$$

$$r_5 := 193 \text{ mm}$$

$$r_6 := 183 \text{ mm}$$

$$r_7 := 163 \text{ mm}$$

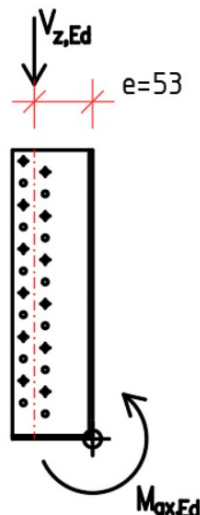
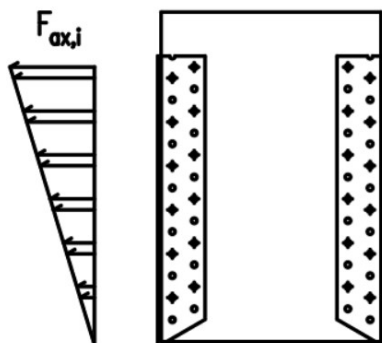
$$r_8 := 153 \text{ mm}$$

$$r_9 := 133 \text{ mm}$$

$$r_{10} := 123 \text{ mm}$$

$$r_{11} := 103 \text{ mm}$$

$$r_{12} := 93 \text{ mm}$$



$$F_{Ed,1} := M_{ax,Ed} \cdot \frac{r_1}{r_i^2} = 0.356 \text{ kN}$$

normálová síla na jeden hřebík od momentu

$$F_{ax,Ed} := F_{Ed,1} + N_{Ed,1} = 0.414 \text{ kN}$$

návrhová síla na vytažení hřebíku

$$F_{ax,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{ax,Rk}}{\gamma_{M2}} = 0.893 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} = 0.464$$

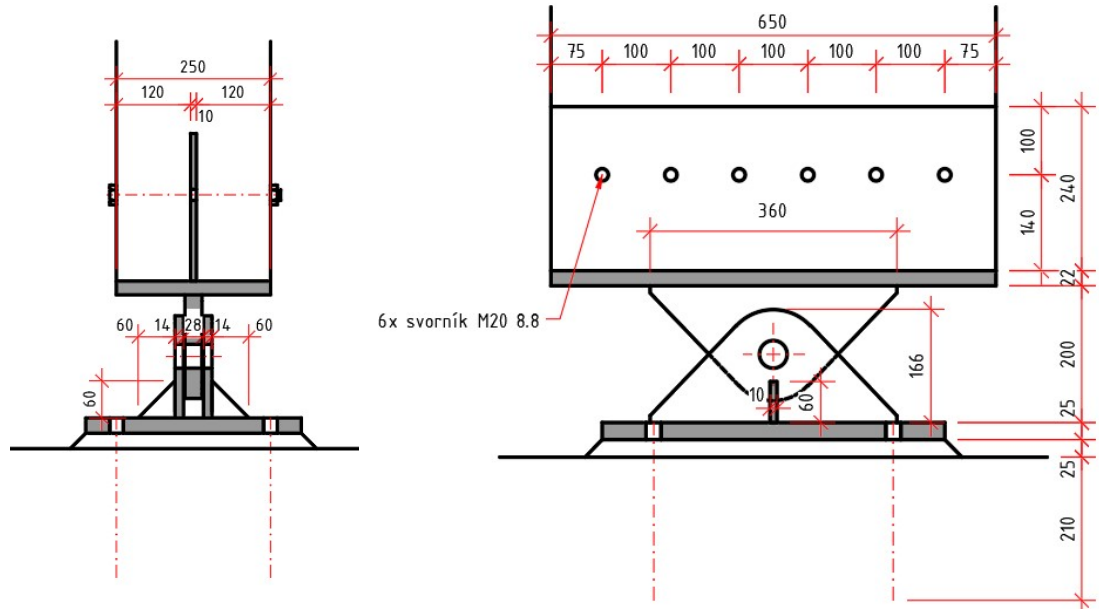
VYHOVUJE

$$\eta = 46.4\%$$

7 KOTVENÍ

7.1 Kotvení hlavních sloupů

Kloubová podpora hlavních sloupů bude provedena přes čepový spoj, patní plechy na dodatečně osazované kotvy. Posouzení bude provedeno ručně a s pomocí programů Hilti Profis Anchor a Idea StatiCa.



7.1.1 Geometrie

Sloup 250x650 mm GL24h

$$b_s := 250 \text{ mm}$$

$$h_s := 650 \text{ mm}$$

šířka průřezu sloupu

výška průřezu sloupu

7.1.2 Material

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$\gamma_M := 1.25$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$\gamma_C := 1.5$

$k_{mod} := 0.9$

součinitel spolehlivosti materiálu - ocel

součinitel spolehlivosti materiálu - LLD

součinitel spolehlivosti materiálu pro spoje

součinitel spolehlivosti materiálu - beton

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Sloup - Lepené lamelové dřevo GL24h

$$f_{c,0,k} := 24 \text{ MPa}$$

$$\rho_k := 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

hustota dřeva

Svorníky a čep 8.8

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} := 0.8 \cdot f_{ub} = 640 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

charakteristická pevnost v tahu svorníku

Plechý ocel S235

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

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

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

mez kluzu oceli

mez pevnosti oceli

modul pružnosti oceli

Základový beton C20/25

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 13.333 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost betonu v tlaku

návrhová pevnost betonu v tlaku

7.1.3 Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} := 51.6 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,c} := 383.1 \text{ kN}$$

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

$$V_{z,Ed} := 38.8 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla - tah

návrhová normálová síla - tlak

návrhová posouvající síla - netuhá osa

návrhová posouvající síla - tuhá osa

7.1.4 Posouzení čepu

Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed} := N_{Ed,c} = 383.1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := V_{z,Ed} = 38.8 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 385.06 \text{ kN}$$

Návrh čepového přípoje

Navrhuji čepový přípoj složený z třech plechů a čepu. Dva plechy budou připojeny k čelnímu plechu sloupu, jeden plech k kontaktnímu plechu vazníku.

$$d := 40 \text{ mm}$$

jmenovitý průměr čepu

$$d_0 := d + 1 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$$

průměr otvoru pro čep

$$t_{lč} := 32 \text{ mm}$$

tloušťka vnitřního plechu

$$t_{2č} := 16 \text{ mm}$$

tloušťka vnějších plechů

$$t_{3č} := 2 \text{ mm}$$

tloušťka mezery mezi plechy

$$A := \pi \cdot \frac{d^2}{4} = (1.257 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha průřezu čepu

$$W_{el} := \pi \cdot \frac{d^3}{32} = (6.283 \cdot 10^3) \text{ mm}^3$$

průřezový modul čepu

Geometrické požadavky:

$$a_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_{lč} \cdot f_y} + \frac{2}{3} \cdot d_0 = 52.936 \text{ mm}$$

$$a := 55 \text{ mm}$$

$$c_{min} := \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t_{lč} \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = 39.269 \text{ mm}$$

$$c := 64 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} := \frac{0.6 \cdot A \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 482.549 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.798$$

VYHOVUJE

$$\eta = 79.8\%$$

Posouzení únosnosti čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} := \frac{1.5 \cdot t_{lč} \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 451.2 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = 0.853$$

VYHOVUJE

$$\eta = 85.3\%$$

Posouzení únosnosti čepu v ohybu

$$M_{Ed} := \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (t_{1c} + 4 \cdot t_{3c} + 2 \cdot t_{2c}) = 3.466 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} := \frac{1.5 \cdot W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} = 6.032 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0.575$$

VYHOVUJE

$$\eta = 57.5\%$$

Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu
Podmínka spolehlivosti:

$$\left(\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 < 1.0$$

$$\left(\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right)^2 = 0.967$$

VYHOVUJE

$$\eta = 96.7\%$$

7.1.5 Posouzení svislých plechů v čepovém spoji
Posouzení únosnosti plechů v místě oslabení na prostý tlak

$$N_{Ed} = 383.1 \text{ kN}$$

$$c = 64 \text{ mm}$$

$$A_{net,1} := 2 \cdot t_{1c} \cdot c = (4.096 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{net,2} := 4 \cdot t_{2c} \cdot c = (4.096 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$A_{net} := \min(A_{net,1}, A_{net,2})$$

$$N_{net,Rd} := \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 962.56 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{net,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{net,Rd}} = 0.398$$

VYHOVUJE

$$\eta = 39.8\%$$

Posouzení únosnosti plechů v místě oslabení na smyk

$$V_{Ed} = 38.8 \text{ kN}$$

$$A_v := A_{net} = (4.096 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 555.734 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = 0.07$$

VYHOVUJE

$$\eta = 7\%$$

Posouzení vzpěrné únosnosti plechů

$$N_{Ed} := F_{Ed} = 385.06 \text{ kN}$$

$$b := 250 \text{ mm}$$

$$L_{cr} := 100 \text{ mm}$$

$$A := b \cdot t_{lc} = (8 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot b \cdot t_{lc}^3 = (6.827 \cdot 10^5) \text{ mm}^4$$

$$i_z := \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 9.238 \text{ mm}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr}}{i_z} = 10.825$$

$$\lambda_{rel,z} := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.115$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{rel,z} - 0.2) + \lambda_{rel,z}^2) = 0.486$$

$$\chi_z := \min \left(1, \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \right) = 1$$

$$N_{b,Rd} := \chi_z \cdot \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 962.56 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0.4$$

VYHOVUJE

$$\eta = 40\%$$

Kombinace vzpěru a ohybu v patě svislých plechů

$$b_f := 320 \text{ mm}$$

$$e := L_{cr} = 100 \text{ mm}$$

$$A := 2 \cdot b \cdot t_{2c} = (8 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$W_{el} := 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot b_f \cdot t_{2c}^2 = (2.731 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$M_{z,Ed} := V_{y,Ed} \cdot e = 1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z,Rd} := \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 6.417 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = 0.556$$

VYHOVUJE

$$\eta = 55.6\%$$

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.913$$

Křivka vzpěrné pevnosti "c"
 $\alpha := 0.49$

Návrhová tlaková síla na jeden plech

šířka plechu v místě posudku

vzpěrná délka plechu měřená od osy čepu

plocha průřezu v místě posudku

moment setrvačnosti netuhé osy plechu

poloměr setrvačnosti plechu

štíhlost kolem netuhé osy plechu

poměrná štíhlost kolem netuhé osy plechu

šířka plechu v patě

excentricita čep - pata plechu

plocha průřezu plechů

průřezový modul

návrhový moment v místě posudku

7.1.6 Posouzení kontaktního plechu

$b_p := 250 \text{ mm}$	šířka plechu sloupu
$h_p := 650 \text{ mm}$	délka plechu sloupu
$t_p := 22 \text{ mm}$	tloušťka patního plechu sloupu
$A_p := b_p \cdot h_p = 0.163 \text{ m}^2$	kontaktní plocha plechu sloupu

Posouzení tlaku rovnoběžně s vlákny kontaktního plechu sloupu

$F_{0.Ed} := N_{Ed.c} = 383.1 \text{ kN}$	návrhová síla působící na kontakt plech - sloup
$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{0.Ed}}{A_p} = 2.358 \text{ MPa}$	návrhové napětí // s vlákny
$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 17.28 \text{ MPa}$	návrhová únosnost dřeva // s vlákny

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 0.136$$

VYHOVUJE

$$\eta = 13.6\%$$

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$e := 120 \text{ mm}$	okraj plechu od plastického kloubu
$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{c.0.d} \cdot e^2 = 16.974 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{\text{m}}$	
$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_p^2 = (8.067 \cdot 10^4) \text{ mm}^3 \cdot \frac{1}{\text{m}}$	
$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 210.425 \text{ MPa}$	návrhové napětí od ohybu
$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$	návrhová únosnost plechu

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} = 0.895$$

VYHOVUJE

$$\eta = 89.5\%$$

7.1.7 Kolíkový přípoj sloupu

Přípoj bude navržen jako dvojstřížný spoj se střední ocelovou deskou. Tlaková síla bude přenášena kontaktem čelního plechu, kolíkový přípoj přeneše ostatní zatížení působící na přípoj.

Návrhové vnitřní síly působící na přípoj:

$$N_{Ed} := |N_{Ed,t}| = 51.6 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := |V_{z,Ed}| = 38.8 \text{ kN}$$

7.1.7.1 Pevnost v otláčení dřeva

Návrh:

Svorníky a kolíky M20

$$d := 20 \text{ mm}$$

průměr kolíku

$$d_0 := d + 2 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

průměr otvoru

$$n_s := 6$$

navržený počet sloupců šroubů

$$n_f := 1$$

navržený počet řad šroubů

$$n := n_s \cdot n_f = 6$$

navržený počet šroubů

Styčnickový plech

$$t := 10 \text{ mm}$$

tloušťka vloženého plechu

$$t_l := \frac{b_s - t}{2} = 120 \text{ mm}$$

tloušťka dřeva na straně hlavičky

Výsledná síla na 1 kolík:

Vliv normálové síly:

$$F_{l,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 8.6 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od normálové síly

Vliv posouvající síly:

$$F_{l,V} := \frac{V_{Ed}}{n} = 6.467 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od posouvající síly

Vliv excentricity zatížení:

$$e := L_{cr} + t_p + a_{3,t} + \frac{a_2}{2} = 311 \text{ mm}$$

excentricita zatížení vůči těžišti skupiny kolíků

$$M_d := V_{Ed} \cdot e = 12.067 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Geometrické vyjádření poloměru:

$$r_1 := \frac{5 \cdot a_2}{2} = 245 \text{ mm}$$

$$n_1 := 2$$

$$r_2 := \frac{3 \cdot a_2}{2} = 147 \text{ mm}$$

$$n_2 := 2$$

$$r_3 := \frac{a_2}{2} = 49 \text{ mm}$$

$$n_3 := 2$$

$$r_i := \sqrt{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2 + n_3 \cdot r_3^2}$$

$$F_{l,M} := \frac{M_d \cdot r_1}{r_i^2} = 17.59 \text{ kN}$$

síla na 1 kolík od momentu

Celková působící síla na nejzatíženější svorník:

$$F_{l,Ed} := \sqrt{(F_{l,V} + F_{l,M})^2 + F_{l,N}^2} = 25.548 \text{ kN}$$

$$\alpha := \text{atan} \left(\frac{F_{l,V} + F_{l,M}}{F_{l,N}} \right) = 70.329 \text{ deg}$$

Minimální rozteče a vzdálenosti od okrajů:

$$\begin{aligned} a_{1,min} &:= (4 + |\cos(\alpha)|) \cdot d = 86.732 \text{ mm} & a_1 &\geq a_{1,min} = 1 \\ a_{2,min} &:= 4 \cdot d = 80 \text{ mm} & a_2 &\geq a_{2,min} = 1 \\ a_{3,t,min} &:= \max(7 \cdot d, 80 \text{ mm}) = 140 \text{ mm} & a_{3,t} &\geq a_{3,t,min} = 1 \\ a_{3,c,min} &:= (1 + 6 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 132.997 \text{ mm} \\ a_{4,t,min} &:= \max((2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d, 3 \cdot d) = 77.666 \text{ mm} & a_{4,t} &\geq a_{4,t,min} = 1 \\ a_{4,c,min} &:= 3 \cdot d = 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Únosnost kolíku:

Pevnost v otláčení dřeva:

$$f_{h,0,k} := \left(0.082 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}} \right) \cdot \left(1 - 0.01 \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) \right) \right) \cdot \text{MPa} = 24.928 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 1.35 + 0.015 \left(\frac{d}{\text{mm}} \right) = 1.65 \quad \text{pro dřevo jehličnatých dřevin}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 15.814 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \left(0.3 \cdot \left(\frac{f_{ub}}{\text{MPa}} \right) \cdot \left(\frac{d}{\text{mm}} \right)^{2.6} \right) \cdot N \cdot \text{mm} = 579.281 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Charakteristická únosnost jednoho spojovacího prostředku:

- Pro ocelovou desku lib. tloušťky jako střední prvek dvojitřizného spoje:

$$F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN} \quad \text{Únosnost prvku na vytažení}$$

$$F_{v,Rk1} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_l^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 22.161 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 31.132 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_l \cdot d = 37.953 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk1}, F_{v,Rk2}, F_{v,Rk3}) = 22.161 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost jednoty spojovacího prostředku (2 stříhy):

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 31.912 \text{ kN}$$

Účinný počet kolíků v řadě || s vlákny, celková síla na přípoj:

$$n_{ef} := \max \left(\min \left(n_{\tilde{r}}, n_{\tilde{r}}^{0.9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right), 1 \right) = 1$$

$$F_{Ed} := n \cdot F_{l,Ed} = 153.286 \text{ kN}$$

Celková únosnost přípoje:

$$F_{Rd} := n_s \cdot n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 191.473 \text{ kN}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = 0.801$$

VYHOVUJE

$$\eta = 80.1\%$$

7.1.7.2 Únosnost vloženého plechu sloupu

Působící síly: $V_{y.Ed} = 10 \text{ kN}$

Rozměr plechu:

$$b := \text{ceil} \left((n_s - 1) \cdot \frac{a_2}{\text{mm}} + 2 \cdot \frac{a_{4,t}}{\text{mm}} \right) \text{ mm} = 650 \text{ mm}$$

$$h := \text{ceil} \left(\left(\frac{a_{3,t}}{\text{mm}} \right) + (n_f - 1) \cdot \frac{a_l}{\text{mm}} + \frac{1.2 \cdot d_0}{\text{mm}} \right) \text{ mm} = 167 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot b \cdot t^2 = (1.083 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$M_d := V_{y.Ed} \cdot \frac{e}{2} = 1.555 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_d}{W_{el}} = 143.538 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} = 0.611$$

VYHOVUJE

$$\eta = 61.1\%$$

7.1.7.3 Únosnost koutového svaru vloženého plechu sloupu

$$L := \max(b, h_p) = 650 \text{ mm}$$

délka svaru

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

výška svaru

$$l := L - 2 \cdot a = 644 \text{ mm}$$

efektivní délka svaru

$$A_w := l \cdot a = (1.932 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha svaru

$$\beta_w := 0.8$$

korelační součinitel koutového svaru -
ocel S235

$$\tau_{\parallel} := \frac{V_{z.Ed}}{2 \cdot A_w} = 10.041 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{V_{y.Ed} + |N_{Ed,c}|}{2 \cdot A_w} = 101.734 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 71.937 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 144.921 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 40.3\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 27.8\%$$

7.1.8 Posouzení přípoje v programu IDEA StatiCa

Popis plechů a odpovídající velikosti svarů:

- SP1: Patní plech
SP5: Čelní plech sloupu
SP2, SP4: Spodní svislé čepové plechy - $a = 4 \text{ mm}$
SP3: Horní svislý čepový plech - $a = 4 \text{ mm}$
STYČ2: Vložený plech kolíkového přípoje - $a = 3 \text{ mm}$

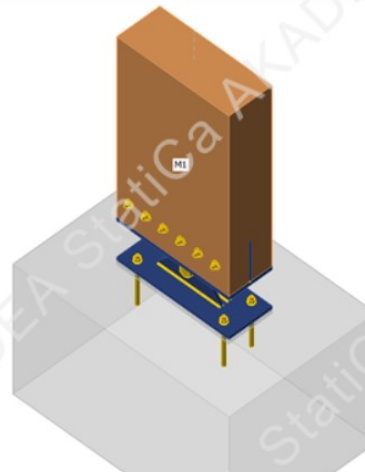
Položka projektu CON1

Návrh

Název	CON1
Popis	
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Síly v	X [mm]
M1	2 - Dřevěný obdélník 250/650	0,0	-90,0	0,0	20	0	0	Šrouby	130



Průřezy

Název	Materiál
2 - Dřevěný obdélník 250/650	Basic

Kotvy/Šrouby

Název	Sestava šroubů	Průměr [mm]	f_u [MPa]	Plocha [mm ²]
M36 8.8	M36 8.8	36	800,0	1018
M16 8.8	M16 8.8	16	800,0	201
M20 8.8	M20 8.8	20	800,0	314

Účinky zatížení (rovnováha není požadována)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	-383,1	0,0	38,8	0,0	0,0	0,0
LE2	M1	51,6	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0

Betonová patka

Položka	Hodnota	Jednotka
CB 1		
Kóty	1250 x 850	mm
Výška	750	mm
Kotva	M20 8.8	
Kotevní délka	210	mm
Přenos smykové síly	Kotevní šrouby	
Podliti	25	mm

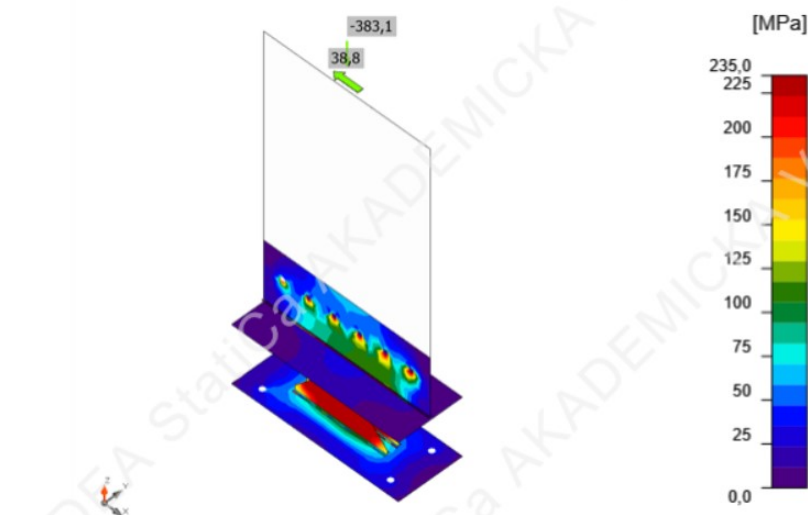
Posudek

Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100,0%	OK
Plech	1,5 < 5,0%	OK
Šrouby	64,0 < 100%	OK
Kotvy	93,6 < 100%	OK
Svary	98,0 < 100%	OK
Betonový blok	31,3 < 100%	OK
Boulení	2,00	

Plech

Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{C,Ed}$ [MPa]	Status
SP1	16,0	LE1	139,8	0,0	0,0	OK
SP2	14,0	LE1	237,0	1,0	0,0	OK
SP3	28,0	LE1	235,6	0,3	1,2	OK
SP4	14,0	LE1	236,9	0,9	5,9	OK
SP5	22,0	LE1	33,0	0,0	0,0	OK
STYČ2	10,0	LE1	238,1	1,5	0,0	OK



Ekvivalentní napětí, LE1

Šrouby

	Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,ts}$ [%]	Status
	B1	LE1	0,0	192,6	0,0	300,8	64,0	61,4	OK

Šrouby - dřevo

	Název	Zatížení	V [kN]
	B2	LE1	39,6
	B3	LE1	36,7
	B4	LE1	33,7
	B5	LE1	30,8
	B6	LE1	27,9
	B7	LE1	25,0

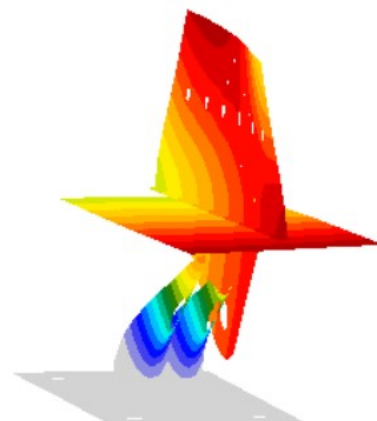
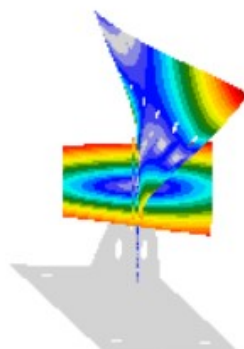
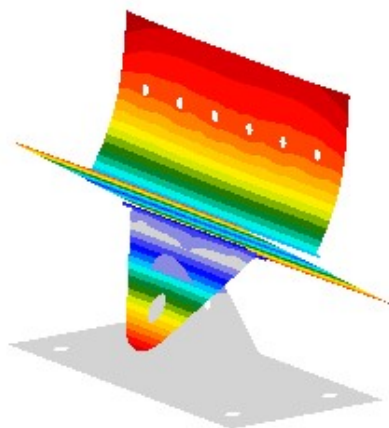
Svary (Plastická redistribuce)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	$\sigma_{\perp}$ [MPa]	$\tau_{\parallel}$ [MPa]	$\tau_{\perp}$ [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
SP5	SP3	▲4,0▲	360	LE1	352,9	0,1	-121,0	-148,1	-121,2	98,0	68,0	OK
		▲4,0▲	360	LE1	352,9	0,0	-120,7	148,7	120,6	98,0	66,8	OK
SP1	SP4	▲4,0▲	360	LE2	352,8	0,0	108,3	-168,8	95,4	98,0	19,9	OK
		▲4,0▲	360	LE2	326,6	0,0	82,8	154,3	-97,3	90,7	20,5	OK
SP1	SP2	▲4,0▲	360	LE2	332,7	0,0	91,7	-151,5	105,6	92,4	20,9	OK
		▲4,0▲	360	LE2	352,8	0,0	115,0	162,9	-102,8	98,0	20,6	OK
SP5	STYČ2	▲3,0▲	650	LE1	263,1	0,0	-126,1	-43,5	-126,0	73,1	43,3	OK
		▲3,0▲	650	LE1	254,2	0,0	-121,3	43,4	121,5	70,6	41,5	OK

7.1.9 Lokální boulení plechů

Boulení bylo posouzeno v programu IDEA StatiCa. Součinitel lokálního boulení $\alpha_{cr} \geq 3$, první vlastní tvar, který u připoje rozhoduje je vlastní tvar 3, u nižších stupňů dochází ke ztrátě stability vnitřního plechu, který je zajištěn proti boulení dřevěným prvkem.

vlastní tvar 1: $\alpha_{cr} = 2,19$

vlastní tvar 2: $\alpha_{cr} = 13,93$
vlastní tvar 3: $\alpha_{cr} := 16.58$

Podmínka spolehlivosti:

$$\alpha_{cr} \geq 3$$

$$\alpha_{cr} = 16.58$$

VYHOVUJE

7.1.10 Posouzení základu

Vnitřní síly

$$N_{Ed} := N_{Ed,c} = 383.1 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 38.8 \text{ kN}$$

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

excentricita posouvající síly

$$M_{Ed} := V_{z,Ed} \cdot e = 5.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

7.1.10.1 Posouzení únosnosti betonu v koncentrovaném tlaku

Návrh:

Beton:

$$a_b := 1000 \text{ mm}$$

délka průřezu betonové patky

$$b_b := 1080 \text{ mm}$$

šířka průřezu betonové patky

$$h := 750 \text{ mm}$$

výška betonové patky

Patní plech

$$a := 550 \text{ mm}$$

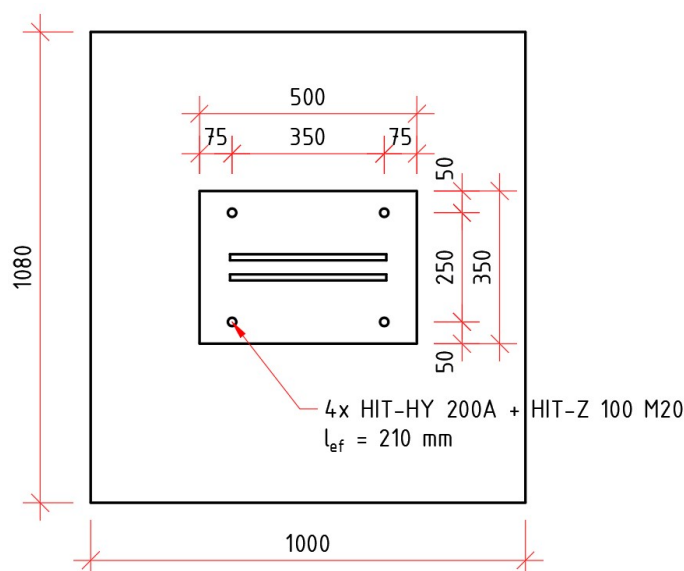
délka patního plechu

$$b := 350 \text{ mm}$$

šířka patního plechu

$$t_p := 25 \text{ mm}$$

tloušťka patního plechu



Přesah betonu:

$$a_r := \frac{a_b - a}{2} = 225 \text{ mm}$$

$$b_r := \frac{b_b - b}{2} = 365 \text{ mm}$$

Rozměry účinné části základu:

$$a_l := \max \left(\min \left(a + 2 \cdot a_r, 5 \cdot a, a + h \right), a \right) = \left(1 \cdot 10^3 \right) \text{ mm}$$

$$b_l := \max \left(\min \left(b + 2 \cdot b_r, 5 \cdot b, b + h, 5 \cdot a_l \right), b \right) = \left(1.08 \cdot 10^3 \right) \text{ mm}$$

$$k_j := \sqrt{\frac{a_l \cdot b_l}{a \cdot b}} = 2.369$$

součinitel koncentrace napětí

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

koeficient připoje

$$f_{jd} := \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = 21.054 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v koncentrovaném tlaku

Efektivní rozměry:

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 48.222 \text{ mm}$$

Na patní desku jsou napojeny dva plechy čepového spoje s těmito rozměry:

$$L := 360 \text{ mm}$$

$$t_{2c} = 16 \text{ mm}$$

$$t_x := t_{1c} + 2 \cdot t_{3c} = 36 \text{ mm}$$

$$b_{eff} := 2 \cdot t_{2c} + t_x + 2 \cdot c = 164.443 \text{ mm}$$

$$h_{eff} := L + 2 \cdot c = 456.443 \text{ mm}$$

Plocha po obvodu plechů:

$$A_0 := L \cdot (2 \cdot t_{2c} + t_x) = (2.448 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Efektivní kontaktní plocha (s vlivem excentricity):

$$A_{eff} := A_0 + \pi \cdot c^2 + 2 \cdot c \cdot (L + 2 \cdot t_{2c} + t_x) = 73063 \text{ mm}^2$$

Návrhové napětí na stykové ploše:

$$\sigma_{b,d} := \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = 5.243 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{b,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{b,d}}{f_{jd}} = 0.249$$

VYHOVUJE

$$\eta = 24.9\%$$

7.1.10.2 Posouzení patního plechu

$$b_{výzt} := 60 \text{ mm}$$

návrh 2x výztuha tl. 10 mm 60x60

Ohyb

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$$e := \frac{b - (2 \cdot t_{2c} + t_x)}{2} - b_{výzt} = 81 \text{ mm}$$

okraj plechu od plastického kloubu

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{b,d} \cdot e^2 = 17.201 \frac{1}{m} \cdot kN \cdot m$$

návrhový ohybový moment na plech/1bm

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_p^2 = 104167 \frac{1}{m} \cdot mm^3$$

průřezový modul plechu/1bm

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 165.13 \text{ MPa}$$

návrhové napětí od ohybu

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa}$$

návrhová únosnost plechu

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} = 0.703$$

VYHOVUJE

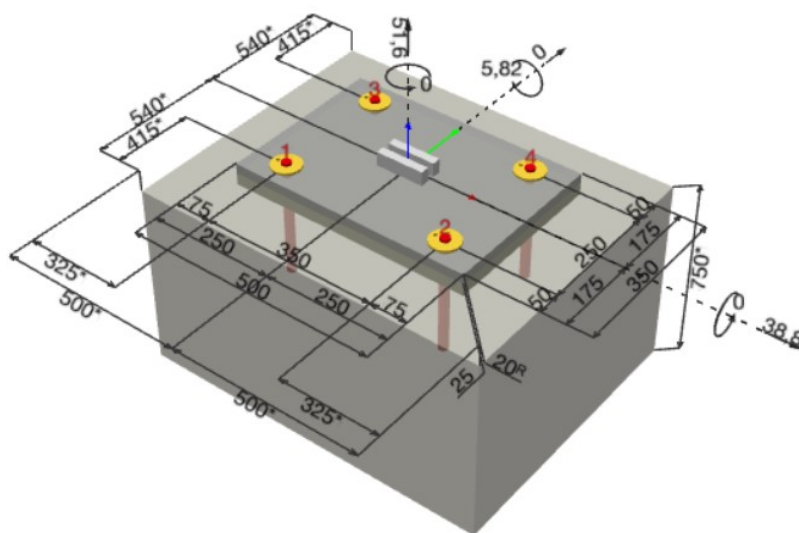
$$\eta = 70.3\%$$

7.1.9.3 Posouzení kotevních šroubů

Kotvení bylo posouzeno v HILTI Profis Engineering Suite.

1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-A + HIT-Z 100 Years M20
Předpokládaná životnost (životnost v letech):	100
Číslo artiklu:	2106097 HIT-Z M20x300 (vložit) / 2022696 HIT-HY 200-A (chemická hmota)
Seismický/Plnicí set nebo jiné vhodné řešení pro vyplnění prstencových mezer	
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,opt} = 210,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = 220,0 \text{ mm}$)
Materiál:	DIN EN ISO 4042
Certifikát č.:	ETA 12/0006
Vydaný / Platný:	28.10.2020 -
Posouzení:	Návrhová metoda EN 1992-4, Mechanické
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00; $e_b = 25,0 \text{ mm}$; $t = 20,0 \text{ mm}$ Hilti podlití: CB-G EG, epoxidová, $f_{c,GROUT} = 120,00 \text{ N/mm}^2$
Kotevní deska ^R :	$l_x \times l_y \times t = 500,0 \text{ mm} \times 300,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$; (Doporučená tloušťka kotevní desky: nepočítána)
Profil:	Zdvojená plochá tyč, 100 x 18; ($V \times \bar{S} \times T$) = 100,0 mm x 51,0 mm x 18,0 mm
Základní materiál:	s trhlinami beton, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 750,0 \text{ mm}$, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C, Uživatelem definovaný parciální bezpečnostní součinitel materiálu $\gamma_c = 1,500$
Montáž:	kotevní otvor vrtaný přiklepem, montážní podmínky: suché
Výztuž:	Žádná výztuž nebo osová vzdálenost výztuže $\geq 150 \text{ mm}$ (jakýkoliv $\emptyset$) nebo $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) žádná podélná výztuž okraje

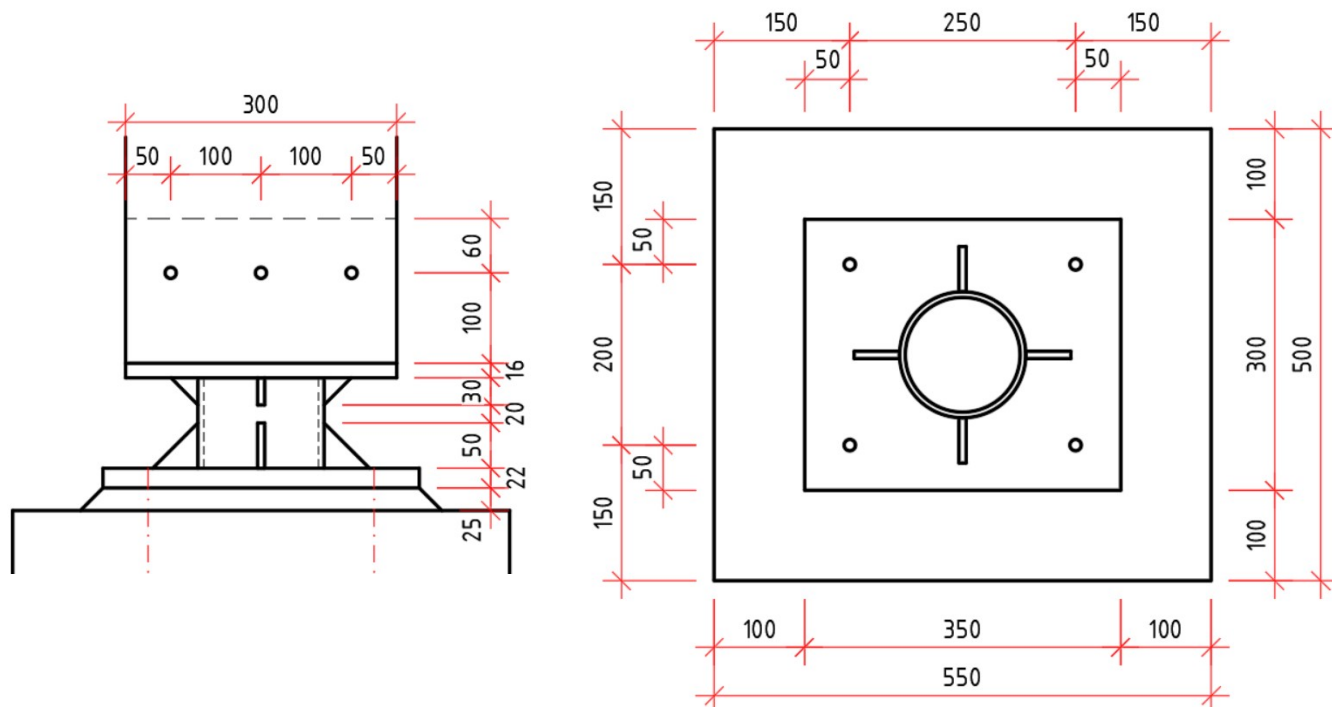
^R - Výpočet kotvy je proveden na základě předpokladu tuhé kotevní desky.


1.1 Kombinace zatížení

Stav	Popis	Síly [kN] / Momenty [kNm]	Seismický	Požár	Max. využití kotvy [%]
1	Kombinace 1	$N = 51,600; V_x = 38,800; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 5,820; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	Ne	ne	99
2	Kombinace 2	$N = -383,100; V_x = 38,800; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 4,850; M_z = 0,000;$ $N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;$	Ne	ne	73

7.2 Kotvení podpory stropu 2.NP

Kloubová podpora dřevěného sloupu 260x300 mm bude provedena přes patní plech ke kterému bude koutovým svarem připojena trubka CHS, na ní pak připojen čelní plech podpory, na který bude připojen vnitřní plech kolíkového přípoje. Kolíkový přípoj je navržen pouze z konstrukčních důvodů, nebude přenášet žádné síly, protože veškeré zatížení přenesou kontaktní plechy.



7.2.1 Geometrie

Dřevěný sloupek 260x300

$$b := 260 \text{ mm}$$

šířka průřezu prvku

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

výška průřezu prvku

CHS 139.7x6.3

$$d_{out} := 139.7 \text{ mm}$$

vnější průměr trubky

$$t_{CHS} := 6.3 \text{ mm}$$

tloušťka stěny trubky

$$d_{in} := d_{out} - 2 \cdot t_{CHS} = 127.1 \text{ mm}$$

vnitřní průměr trubky

7.2.2 Materiál

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

součinitel spolehlivosti materiálu - ocel

$$\gamma_M := 1.25$$

součinitel spolehlivosti materiálu - LLD

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

součinitel spolehlivosti materiálu pro spoje

$$\gamma_C := 1.5$$

součinitel spolehlivosti materiálu - beton

$$k_{mod} := 0.9$$

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Sloup - Lepené lamelové dřevo GL24h

$$f_{c.0.k} := 24 \text{ MPa}$$

pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\rho_k := 380 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

hustota dřeva

Svorníky 8.8

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

$$f_{yb} := 0.8 \cdot f_{ub} = 640 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

Plechý ocel S235

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

mez kluzu oceli

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

mez pevnosti oceli

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

modul pružnosti oceli

Základový beton C20/25

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost betonu v tlaku

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.333 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost betonu v tlaku

7.2.3 Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed,c} := -394.47 \text{ kN}$$

normálová síla

7.2.4 Posouzení únosnosti trubky

$$N_{Ed} := |N_{Ed,c}| = 394.47 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla

7.2.4.1 Posudek únosnosti na prostý tlak

$$A := \pi \cdot \left(\left(\frac{d_{out}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_{in}}{2} \right)^2 \right) = (2.64 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha průřezu trubky

$$N_{Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 620.46 \text{ kN}$$

návrhová únosnost v tlaku

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.636$$

VYHOVUJE

$$\eta = 63.6\%$$

7.2.4.2 Únosnost koutového svaru trubky

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

výška svaru

$$l := 2 \cdot \pi \cdot d_{out} = 877.761 \text{ mm}$$

efektivní délka svaru

$$A_w := l \cdot a = (2.633 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha svaru

$$\beta_w := 0.8$$

korelační součinitel koutového svaru - ocel S235

$$\tau_{\parallel} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{N_{Ed}}{A_w} = 149.802 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 105.926 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 211.851 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 58.8\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 40.9\%$$

7.2.5 Posouzení únosnosti patních plechů

$$b_p := b = 260 \text{ mm}$$

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

$$t_p := 16 \text{ mm}$$

$$A_p := b_p \cdot h_p = (7.8 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

7.2.5.1 Kontaktní plech - sloup

Posouzení tlaku rovnoběžně s vlákny kontaktního plechu sloupu

$$F_{0.Ed} := |N_{Ed.c}| = 394.47 \text{ kN} \quad \text{návrhová síla působící na kontakt plech - sloup}$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{0.Ed}}{A_p} = 5.057 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí // s vlákny}$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 17.28 \text{ MPa} \quad \text{návrhová únosnost dřeva // s vlákny}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 0.293$$

VYHOVUJE

$$\eta = 29.3\%$$

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$$b_{výzt} := 30 \text{ mm} \quad \text{návrh 4x výztuha tl. 8 mm 30x30}$$

$$e := \frac{h - d_{out}}{2} - b_{výzt} = 50.15 \text{ mm} \quad \text{okraj plechu od hrany trubky}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{c.0.d} \cdot e^2 = 6.36 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{\text{m}} \quad \text{ohybový moment na plechu (1bm)}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_p^2 = (4.267 \cdot 10^4) \text{ mm}^3 \cdot \frac{1}{\text{m}} \quad \text{modul průřezu plechu (1bm)}$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 149.054 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí od ohybu}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa} \quad \text{návrhová únosnost plechu}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} = 0.634$$

VYHOVUJE

$$\eta = 63.4\%$$

7.2.6 Posouzení základu

Vnitřní síly

$$N_{Ed} := |N_{Ed,c}| = 394.47 \text{ kN}$$

7.2.6.1 Posouzení únosnosti betonu v koncentrovaném tlaku

Návrh:

Beton:

$$a_b := 550 \text{ mm}$$

délka průřezu betonové patky

$$b_b := 500 \text{ mm}$$

šířka průřezu betonové patky

$$h := 500 \text{ mm}$$

výška betonové patky

Patní plech

$$a := 350 \text{ mm}$$

délka patního plechu

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

šířka patního plechu

$$t_p := 22 \text{ mm}$$

tloušťka patního plechu

Přesah betonu:

$$a_r := \frac{a_b - a}{2} = 100 \text{ mm}$$

$$b_r := \frac{b_b - b}{2} = 100 \text{ mm}$$

Rozměry účinné části základu:

$$a_l := \max(\min(a + 2 \cdot a_r, 5 \cdot a, a + h), a) = 550 \text{ mm}$$

$$b_l := \max(\min(b + 2 \cdot b_r, 5 \cdot b, b + h, 5 \cdot a_l), b) = 500 \text{ mm}$$

$$k_j := \sqrt{\frac{a_l \cdot b_l}{a \cdot b}} = 1.618$$

součinitel koncentrace napětí

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

koefficient připoje

$$f_{jd} := \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = 14.385 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v koncentrovaném tlaku

Efektivní rozměry:

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 51.338 \text{ mm}$$

Na patní desku je napojena trubka profilu CHS

$$D_{eff} := d_{out} + 2 \cdot c = 242.375 \text{ mm}$$

$$d_{eff} := d_{in} - 2 \cdot c = 24.425 \text{ mm}$$

$$A_{eff} := \pi \cdot \left(\left(\frac{D_{eff}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_{eff}}{2} \right)^2 \right) = (4.567 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Návrhové napětí na stykové ploše:

$$\sigma_{b,d} := \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = 8.637 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{b,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{b,d}}{f_{jd}} = 0.6$$

VYHOVUJE

$\eta = 60\%$

7.2.6.2 Posouzení patního plechu

$$b_{výzt} := 50 \text{ mm}$$

návrh 4x výztuha tl. 8 mm 50x50

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$$e := \frac{a - d_{out}}{2} - b_{výzt} = 55.15 \text{ mm} \quad \text{okraj plechu od plastického kloubu}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{b,d} \cdot e^2 = 13.135 \frac{1}{m} \cdot kN \cdot m \quad \text{návrhový ohybový moment na plech/1bm}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_p^2 = 80667 \frac{1}{m} \cdot mm^3 \quad \text{průřezový modul plechu/1bm}$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 162.835 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí od ohybu}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa} \quad \text{návrhová únosnost plechu}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

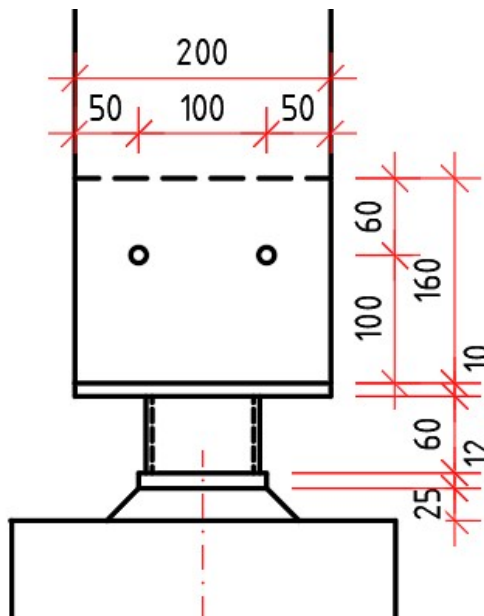
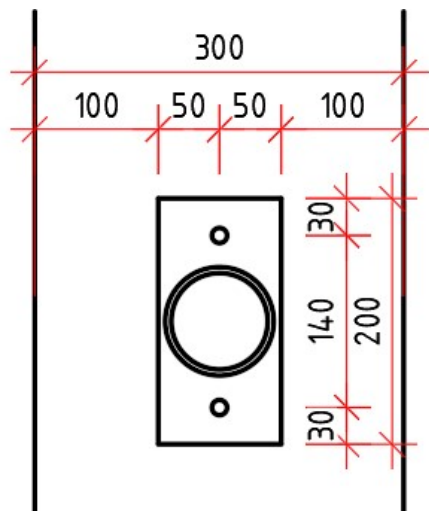
$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} = 0.693$$

VYHOVUJE

$$\eta = 69.3\%$$

7.3 Kotvení podpory stropu 1.NP

Kloubová podpora dřevěného sloupu 160x200 mm bude provedena přes patní plech ke kterému bude koutovým svařem připojena trubka CHS, na ní pak připojen čelní plech podpory, na který bude připojen vnitřní plech kolíkového přípoje. Kolíkový přípoj je navržen pouze z konstrukčních důvodů, nebude přenášet žádné síly, protože veškeré zatížení přenesou kontaktní plechy. Kotevní šrouby přenášejí posouvající sílu.



7.3.1 Geometrie

Dřevěný sloupek 160x200

$$b := 160 \text{ mm}$$

šířka průřezu prvku

$$h := 200 \text{ mm}$$

výška průřezu prvku

CHS 88,9x5

$$d_{out} := 88.9 \text{ mm}$$

vnější průměr trubky

$$t_{CHS} := 5.0 \text{ mm}$$

tloušťka stěny trubky

$$d_{in} := d_{out} - 2 \cdot t_{CHS} = 78.9 \text{ mm}$$

vnitřní průměr trubky

7.3.2 Materiál

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

součinitel spolehlivosti materiálu - ocel

$$\gamma_M := 1.25$$

součinitel spolehlivosti materiálu - LLD

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

součinitel spolehlivosti materiálu pro spoje

$$\gamma_C := 1.5$$

součinitel spolehlivosti materiálu - beton

$$k_{mod} := 0.9$$

Součinitel trvání zatížení dle tab. 3.1

Sloup - Rostlé dřevo C24

$$f_{c.0.k} := 21 \text{ MPa}$$

pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$\rho_k := 350 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

hustota dřeva

Svorníky 8.8

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

$$f_{yb} := 0.8 \cdot f_{ub} = 640 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost v tahu svorníku

Plech ocel S235

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

mez kluzu oceli

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

mez pevnosti oceli

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

modul pružnosti oceli

Základový beton C20/25

$$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$$

charakteristická pevnost betonu v tlaku

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 13.333 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost betonu v tlaku

Kotevní šrouby M12

$$d := 12 \text{ mm}$$

průměr šroubu

$$A_s := \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 113.097 \text{ mm}^2$$

průřezová plocha šroubu

7.3.3 Návrhové vnitřní síly

$$N_{Ed,c} := -45.78 \text{ kN}$$

normálová síla

$$V_{z,Ed} := 2.99 \text{ kN}$$

posouvající síla

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed,c}^2 + V_{z,Ed}^2} = 45.878 \text{ kN}$$

7.3.4 Posouzení únosnosti trubky

$$N_{Ed} := |N_{Ed,c}| = 45.78 \text{ kN}$$

návrhová normálová síla

7.3.4.1 Posudek únosnosti na prostý tlak

$$A := \pi \cdot \left(\left(\frac{d_{out}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_{in}}{2} \right)^2 \right) = (1.318 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha průřezu trubky

$$N_{Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 309.706 \text{ kN}$$

návrhová únosnost v tlaku

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = 0.148$$

VYHOVUJE

$$\eta = 14.8\%$$

7.3.4.2 Únosnost koutového svaru trubky

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

výška svaru

$$l := 2 \cdot \pi \cdot d_{out} = 558.575 \text{ mm}$$

efektivní délka svaru

$$A_w := l \cdot a = (1.676 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

plocha svaru

$$\beta_w := 0.8$$

korelační součinitel koutového svaru - ocel S235

$$\tau_{\parallel} := 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w := \frac{F_{Ed}}{A_w} = 27.378 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 19.359 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 38.718 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 10.8\%$$

$$\sigma_{kol} \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 1$$

VYHOVUJE

$$\eta = 7.5\%$$

7.3.5 Posouzení únosnosti patních plechů

$$b_p := b = 160 \text{ mm}$$

$$h_p := h = 200 \text{ mm}$$

$$t_p := 10 \text{ mm}$$

$$A_p := b_p \cdot h_p = (3.2 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

7.3.5.1 Kontaktní plech - sloup

Posouzení tlaku rovnoběžně s vlákny kontaktního plechu sloupu

$$F_{0.Ed} := |N_{Ed.c}| = 45.78 \text{ kN} \quad \text{návrhová síla působící na kontakt plech - sloup}$$

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{F_{0.Ed}}{A_p} = 1.431 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí // s vlákny}$$

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 15.12 \text{ MPa} \quad \text{návrhová únosnost dřeva // s vlákny}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} = 0.095$$

VYHOVUJE

$$\eta = 9.5\%$$

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$$b_{výzt} := 30 \text{ mm} \quad \text{návrh 4x výztuha tl. 8 mm 30x30}$$

$$e := \frac{h - d_{out}}{2} - b_{výzt} = 25.55 \text{ mm} \quad \text{okraj plechu od hrany trubky}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{c.0.d} \cdot e^2 = 0.467 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{1}{\text{m}} \quad \text{ohybový moment na plechu (1bm)}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_p^2 = (1.667 \cdot 10^4) \text{ mm}^3 \cdot \frac{1}{\text{m}} \quad \text{modul průřezu plechu (1bm)}$$

$$\sigma_{m.d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 28.017 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí od ohybu}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa} \quad \text{návrhová únosnost plechu}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m.d}}{f_{yd}} = 0.119$$

VYHOVUJE

$$\eta = 11.9\%$$

7.3.6 Posouzení základu

Vnitřní síly

$$N_{Ed} := |N_{Ed,c}| = 45.78 \text{ kN}$$

7.3.6.1 Posouzení únosnosti betonu v koncentrovaném tlaku

Návrh:

Beton:

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

délka průřezu betonové patky

$$b_b := 500 \text{ mm}$$

šířka průřezu betonové patky

$$h := 500 \text{ mm}$$

výška betonové patky

Patní plech

$$a := 100 \text{ mm}$$

délka patního plechu

$$b := 200 \text{ mm}$$

šířka patního plechu

$$t_p := 12 \text{ mm}$$

tloušťka patního plechu

Přesah betonu:

$$a_r := \frac{a_b - a}{2} = 100 \text{ mm}$$

$$b_r := \frac{b_b - b}{2} = 150 \text{ mm}$$

Rozměry účinné části základu:

$$a_l := \max(\min(a + 2 \cdot a_r, 5 \cdot a, a + h), a) = 300 \text{ mm}$$

$$b_l := \max(\min(b + 2 \cdot b_r, 5 \cdot b, b + h, 5 \cdot a_l), b) = 500 \text{ mm}$$

$$k_j := \sqrt{\frac{a_l \cdot b_l}{a \cdot b}} = 2.739$$

součinitel koncentrace napětí

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

koefficient připoje

$$f_{jd} := \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd} = 24.343 \text{ MPa}$$

návrhová pevnost v koncentrovaném tlaku

Efektivní rozměry:

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 21.526 \text{ mm}$$

Na patní desku je napojena trubka profilu CHS

$$D_{eff} := d_{out} + 2 \cdot c = 131.952 \text{ mm}$$

$$d_{eff} := d_{in} - 2 \cdot c = 35.848 \text{ mm}$$

$$A_{eff} := \pi \cdot \left(\left(\frac{D_{eff}}{2} \right)^2 - \left(\frac{d_{eff}}{2} \right)^2 \right) = (1.267 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

Návrhové napětí na stykové ploše:

$$\sigma_{b,d} := \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = 3.615 \text{ MPa}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{b,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{b,d}}{f_{jd}} = 0.148$$

VYHOVUJE

$$\eta = 14.8\%$$

7.3.6.2 Posouzení patního plechu

Posouzení kontaktního plechu sloupu na ohyb

$$e := \frac{b - d_{out}}{2} = 55.55 \text{ mm} \quad \text{okraj plechu od plastického kloubu}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot \sigma_{b,d} \cdot e^2 = 5.577 \frac{1}{m} \cdot kN \cdot m \quad \text{návrhový ohybový moment na plech/1bm}$$

$$W_{el} := \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t_p^2 = 24000 \frac{1}{m} \cdot mm^3 \quad \text{průřezový modul plechu/1bm}$$

$$\sigma_{m,d} := \frac{M_{Ed}}{W_{el}} = 232.369 \text{ MPa} \quad \text{návrhové napětí od ohybu}$$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 235 \text{ MPa} \quad \text{návrhová únosnost plechu}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{yd}} = 0.989$$

VYHOVUJE

$$\eta = 98.9\%$$

7.3.6.3 Posouzení kotevních šroubů

Střih

$$F_{v,Rd} := 2 \cdot \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 86.859 \text{ kN} \quad \text{únosnost šroubu ve střihu}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{V_{z,Ed}}{F_{v,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0.034$$

VYHOVUJE

$$\eta = 3.4\%$$

Otlačení

$$F_{b,Rd} := \frac{2.5 \cdot 1 \cdot f_u \cdot d \cdot t_p}{\gamma_{M2}} = 103.68 \text{ kN} \quad \text{únosnost šroubu v otlačení}$$

Podmínka spolehlivosti:

$$\frac{V_{z,Ed}}{2 \cdot F_{b,Rd}} < 1.0$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{2 \cdot F_{b,Rd}} = 0.014$$

VYHOVUJE

$$\eta = 1.4\%$$