



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

TECHNICKÉ MUZEUM V OLOMOUCI

THE TECHNICAL MUSEUM IN OLOMOUC

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Gelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

PRŮVODNÍ DOKUMENT

TECHNICKÁ ZPRÁVA

STATICKÝ VÝPOČET

PŘÍLOHY

- PŘÍLOHA KE STATICKÉMU VÝPOČTU – SCIA
ENGINEER REPORT
- VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE



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

PRŮVODNÍ DOKUMENT

ACCOMPANYING DOCUMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Gelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Michaela Gelová
Název	Technické muzeum v Olomouci
Vedoucí práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
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 technického muzea v Olomouci. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu. Konstrukci navrhnete z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva a ocelových konstrukčních prvků. Volba základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce. Největší půdorysné rozměry objektu uvažujte cca 40x80m, objektu bude dvou, tří a čtyřpodlažní. Nosnou 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 VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem nosné konstrukce vícepodlažní budovy technického muzea v Olomouci. Jedná se o dřevostavbu z lepeného lamelového dřeva o pevnostech Gl24h a Gl32h. Jde o komplex šesti na sebe navazujících budov, které jsou od sebe posunuty v příčném směru i výškově. Půdorysné rozměry parcely, na kterých se hala rozkládá, činí 40 x 80 m. Bylo vyřešeno kompletní statické řešení konstrukce, včetně jejího založení, kotvení a vybraných typových přípojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

dřevěná konstrukce, lepené lamelové dřevo, detaily kotvení, detaily přípojů, svorníky, kolíky, patní plech

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the design of the structure of the multi-storey building of the Technical Museum in Olomouc. This timber structure is made of glued laminated wood with the strengths Gl24h and Gl32h. It is a complex of six adjoining buildings, which are shifted from one another in both transverse direction and the height. The ground plan dimensions of the parcel on which the hall is decomposed is 40 x 80 m. A complete static design solution, including its foundation, anchoring and selected type connections, has been solved.

KEYWORDS

timber structure, glued laminated wood, details of anchoring, connection details, bolt, pins, steel plate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Michaela Gelová *Technické muzeum v Olomouci*. Brno, 2017. 207 s., 116 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových
a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2018

Bc. Michaela Gelová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych velmi poděkovat mému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Milanovi Šmakovi Ph.D., za jeho cenné rady, odborné vedení a vstřícnost při konzultacích práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům, za poskytnutou možnost a psychickou podporu během celého studia. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým spolužákům za to, že jsme to společnými silami dotáhli až do konce.



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Gelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH

1	ZADÁNÍ.....	13
2	OBECNÉ ÚDAJE	13
3	GEOMETRIE KONSTRUKCE.....	14
4	ROZVRŽENÍ JEDNOTLIVÝCH PODLAŽÍ.....	15
4.1	PODLAHY	17
4.2	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	17
4.3	POPIS KONSTRUKCE	18
4.4	VÝPIS PRŮŘEZŮ	19
4.5	VÝPIS SPOTŘEBY MATERIÁLU	19
5	VYHODNOCENÍ.....	20
5.1	VYUŽITÍ PRŮŘEZŮ NA MSP A MSÚ	20
5.2	GLOBÁLNÍ DEFORMACE	20
5.2.1	1.NP.....	20
5.2.1	2.NP.....	21
5.2.2	3.NP.....	21
5.2.3	4.NP.....	22
5.2.4	celkové.....	22
6	POPIS PRVKŮ	24
6.1.1	NOSNÍKY.....	24
6.1.2	TRÁMY	24
6.1.3	PRŮVLAKY	25
6.1.4	VAZNÍKY.....	25
6.1.5	SLOUPY.....	26
6.1.6	ZTUŽIDLA	26
6.1.7	SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY	26
7	PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE.....	27
8	POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	27
9	DETAILY.....	28
9.1	DETAILY PŘÍPOJE.....	28
9.1.1	P1 – NOSNÍK 80x220 na TRÁM 240x600.....	29
9.1.2	P2 – TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 240x1000	29
9.1.3	P3 – VAZNÍK 200x1100 na PRŮVLAK 240x800	30
9.1.4	P4 – VAZNÍK 200x1100 na SLOUP 240x240	30

9.1.5	P5 - PRŮVLAK 240x800 na SLOUP 240x240	31
9.1.6	P6 – PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x240	31
9.1.7	P7 – PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x320	32
9.1.8	P8 – PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x240	33
9.1.9	P9 – PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x320	33
9.1.10	P10 – TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 2x180x1050.....	34
9.1.11	P11 - PRŮVLAK 240x800 na PRŮVLAK 2x180x1050	34
9.1.12	P12 - TRÁM 240x600 a PRŮVLAKY 240x800 a 2x180x1050 na SLOUP 2x180x1050.....	35
9.1.13	P13 - PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x460	36
9.1.14	P14 - PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x320	37
9.1.15	P15 - PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x240	37
10	DETAILY KOTVENÍ	38
11	MONTÁŽ KONSTRUKCE	41
11.1	BEZPEČNOST PRÁCE	42
11.2	OCHRANA DŘEVA	42
11.3	ZÁVĚR	42
12	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44
12.1	NORMATIVNÍ DOKUMENTY.....	44
12.2	LITERATURA.....	45

1 ZADÁNÍ

Jako téma diplomové práce jsem si zvolila pohledové řešení dřevěné nosné konstrukce technického muzea v Olomouci. Jako materiál jsem volila lepené dřevo o pevnostech– GL24h a GL32h pro více namáhané prvky.

Cílem této diplomové práce je optimalizovaný návrh nosné konstrukce, řešení přípojů a kotvení.

2 OBECNÉ ÚDAJE

Předmětem statické části projektu byl návrh a ověření nosných dřevěných konstrukcí v objektu technického muzea v Olomouci, okres Olomouc.



Obrázek 1: Lokalita

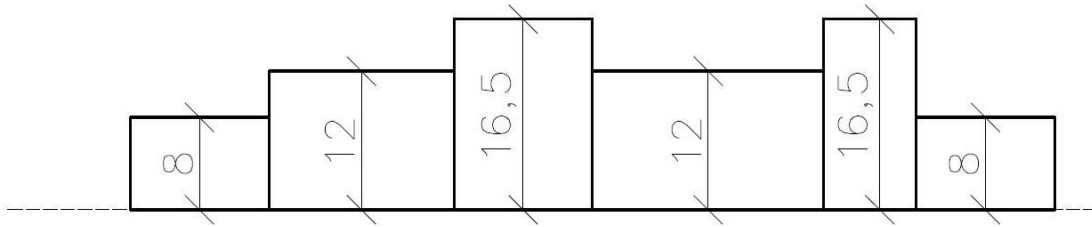
V této lokalitě je klimatické zatížení sněhem a větrem dáno → sněhovou oblastí II., větrnou oblastí I. s typem terénu III. a základní rychlostí větru 22,5 m/s.

Jedná se o novostavbu, kde byla řešena veškerá nosná konstrukce, kotvení, přípoje a zastřešení jednotlivých částí objektů. Půdorysné rozměry parcely, na kterých se hala rozkládá, činí 40 x 80 m. Jde o 6 budov ve tvaru kvádrů. Ty jsou vůči sobě výškově rozdílné a příčně posunuty. Podélně je ovšem zachován průběžný pás mezi budovami o šířce 20metrů. Viz podélný řez a půdorys v 3. kapitole Geometrie konstrukce.

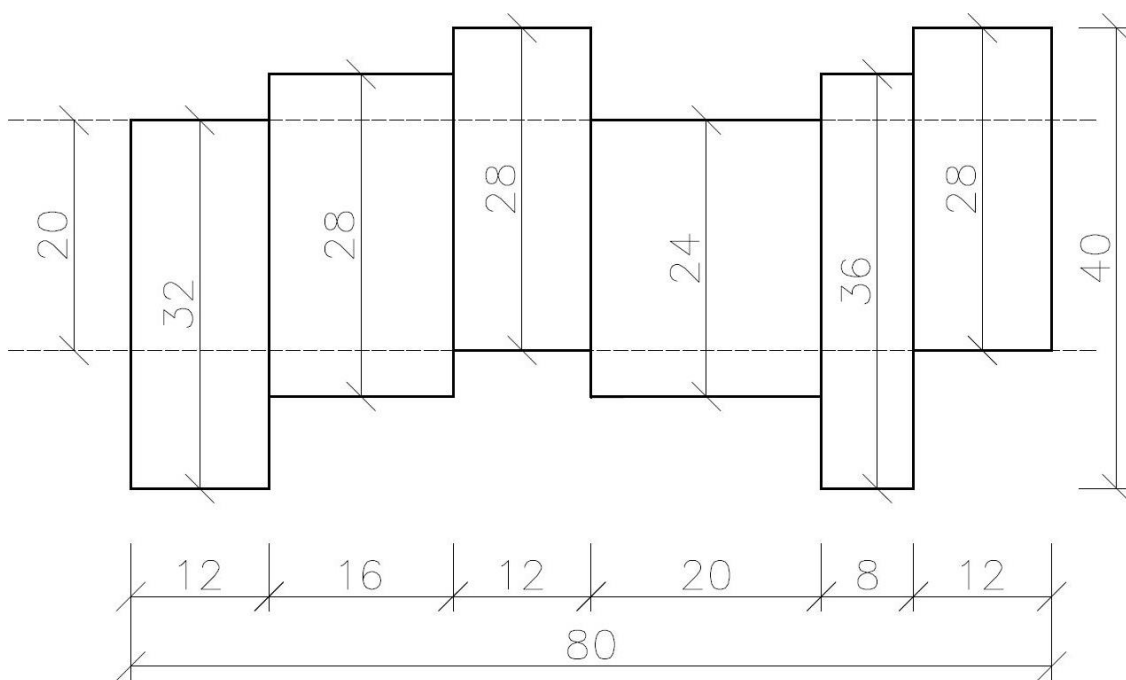
Jde o budovu Technického muzea v Olomouci, kde se nacházejí tyto prostory: vstupní hala, výstavní prostory, šatna, recepce, kavárna a restaurace s technickou a skladovací místností, terasa na střeše, obchodní zóna, konferenční prostory, kanceláře, sociální prostory a prostory vyhrazené pro výtahy a schodiště. Viz rozvržení místností v 3. kapitole Geometrie konstrukce. Všechny prostory byly navrženy s ohledem na jejich využití vzhledem k prostorům, jak půdorysným, tak výškovým, ale i statickému řešení.

3 GEOMETRIE KONSTRUKCE

PODÉLNÝ ŘEZ



PŮDORYS

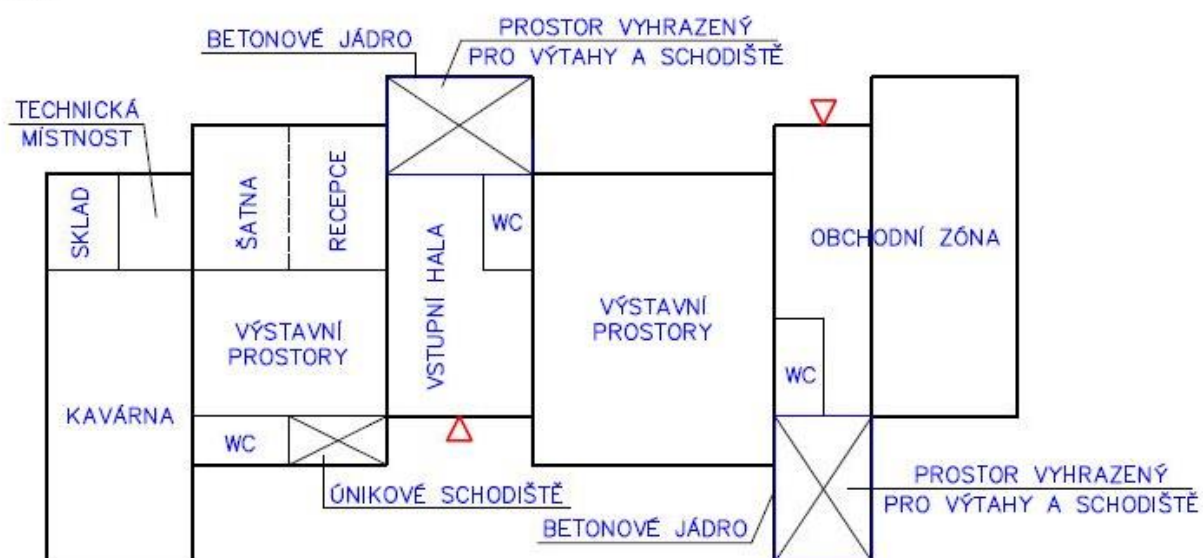


MODULOVÁ SÍŤ

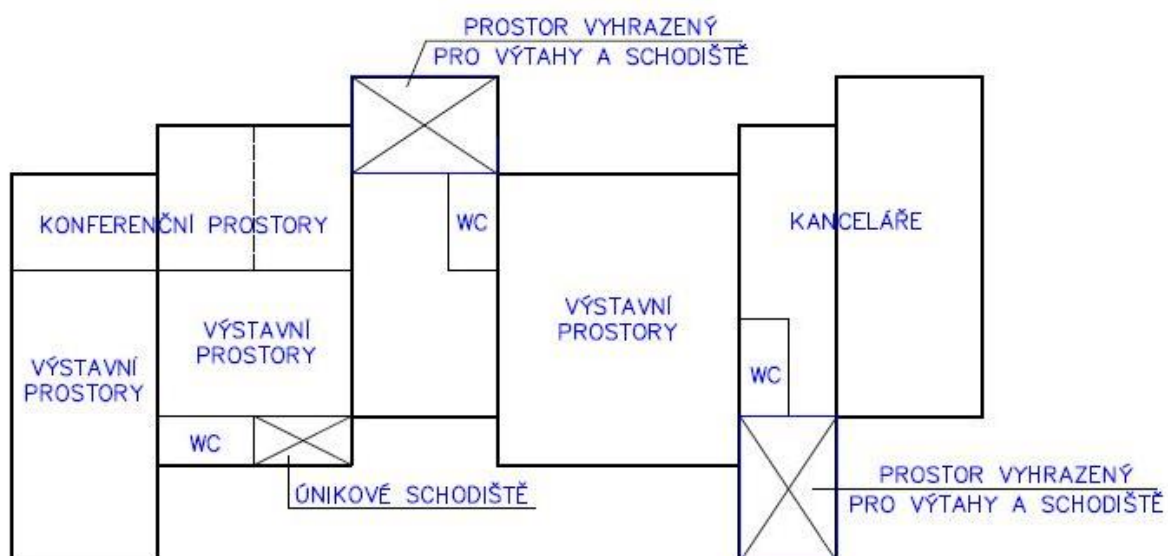
- PODÉLNÉ MODULY 20x4 m + 5x0,5 m dilatační spára
- PŘÍČNÉ MODULY 10x4 m
- VÝŠKOVÉ ÚROVNĚ
 - 0,000 m
 - + 4,000 m
 - + 8,000 m
 - + 12,000 m
 - + 16,500 m

4 ROZVRŽENÍ JEDNOTLIVÝCH PODLAŽÍ

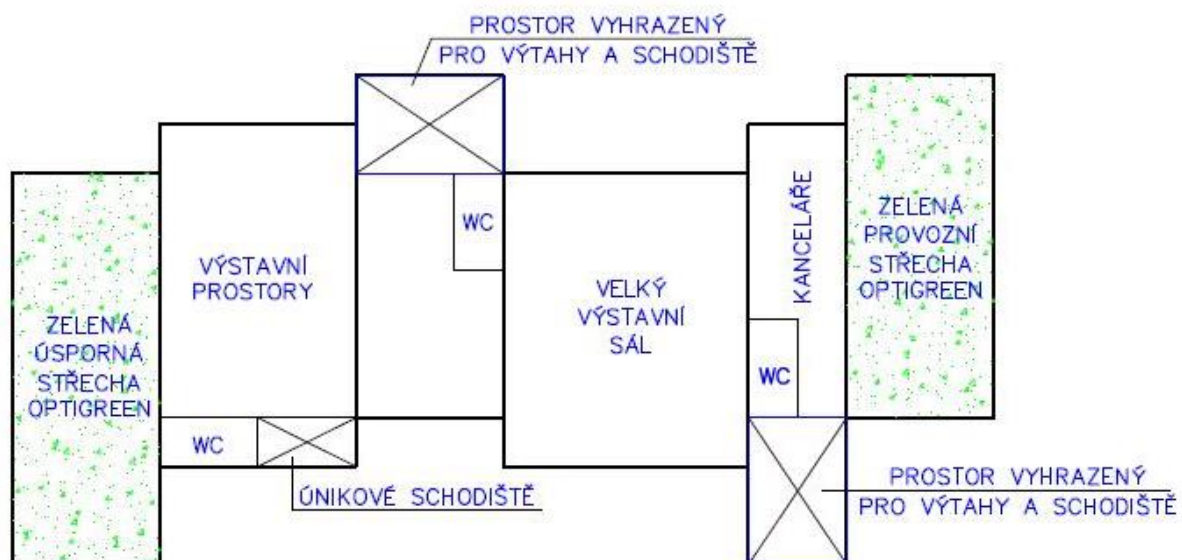
1.NP



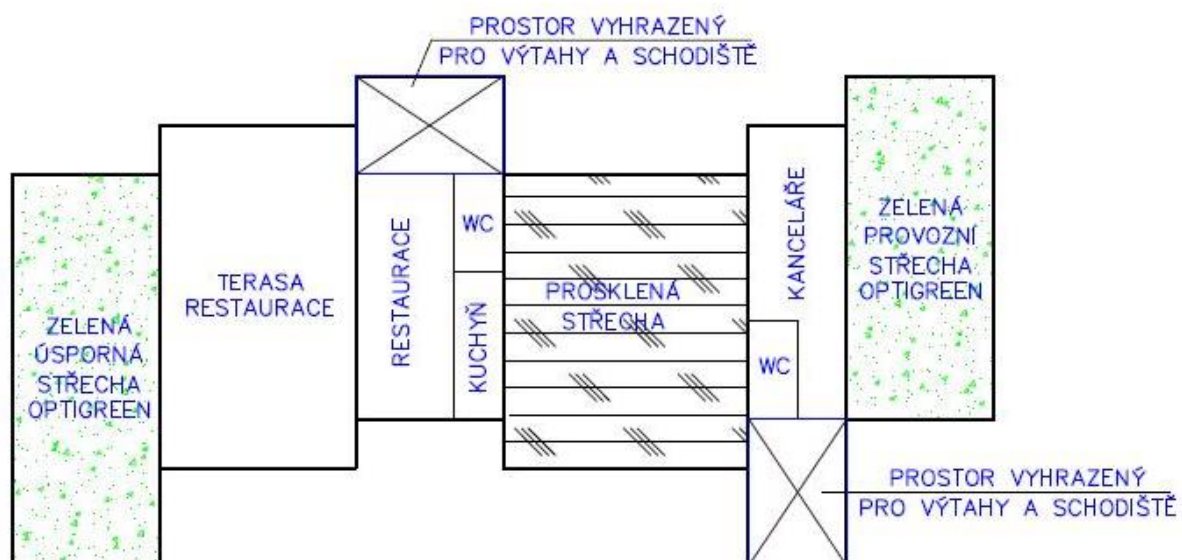
2.NP



3.NP



4.NP



4.1 PODLAHY

Plovoucí podlahy jsou akusticky odděleny po celém obvodě od ostatních konstrukcí pružným okrajovým páskem a podloženy izolačními deskami po celé ploše. Aby byla podlahová konstrukce schopná zvukově izolovat, a tím snížit kročejový hluk, je zde izolace z kamenné vlny.

Skladba podlah:

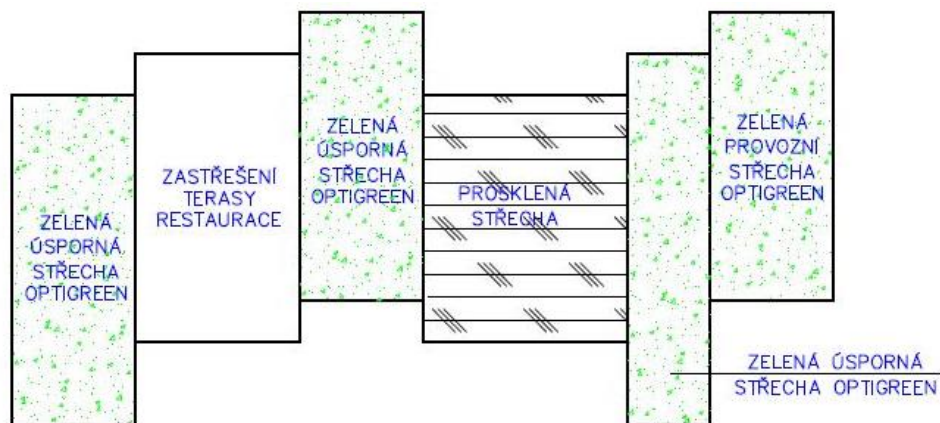
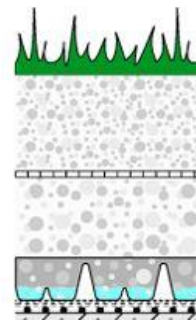
1. Nášlapná vrstva (parkety)
2. Roznášecí vrstva - anhydritová vrstva tl. 35 mm
3. Separáční PE fólie
4. STEPLOCK HD4F nebo STEPLOCK HD, tl. 30 mm
5. STEPLOCK okrajový pásek
6. Stropní konstrukce – OSB desky, 2 x 18 mm



Obrázek 2: Skladba podlah

4.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Většina zastřešení bylo navrženo jako zelené střechy od firmy Optigreen. Jde o tyto typy: Zelená úsporná střecha Optigreen a Zelená provozní střecha Optigreen, která je navržena jako pochozí střešní „zaharada“. Dalším typem je zcela prosklená střecha, která je vynášena vazníky o rozpětí 20 m. Tento prostor je největším a nejsvětlejším výstavním prostorem. Posledním zastřešením je otevřená pochozí střecha, na které se vyskytuje terasa restaurace.

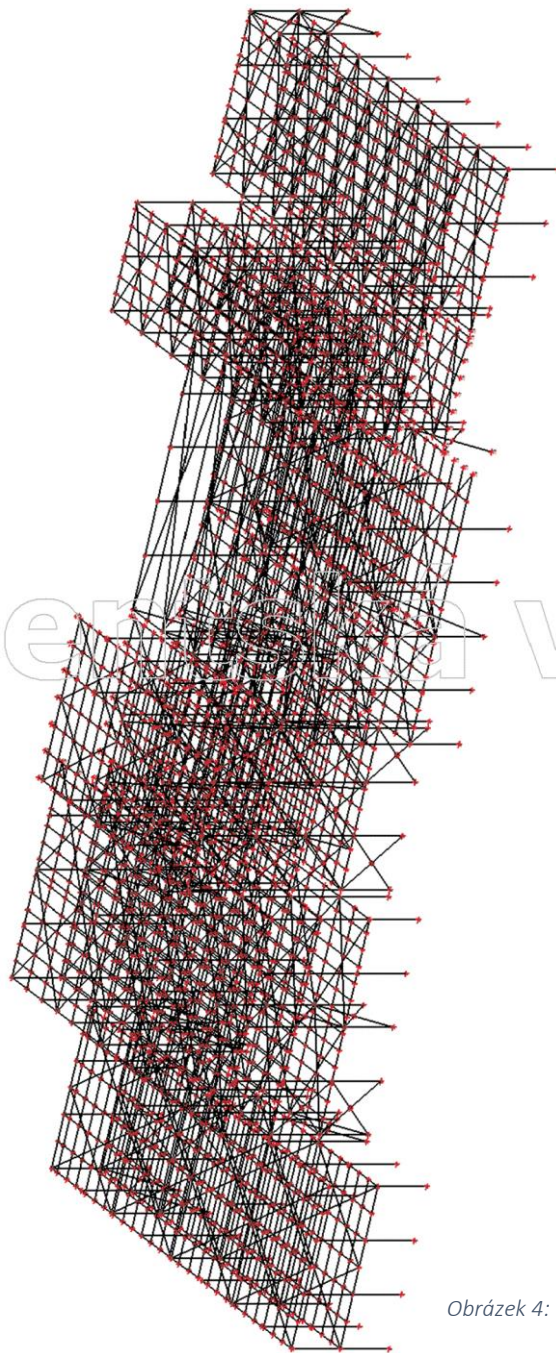


Obrázek 3: Zelené střechy Optigreen a) provozní, b) úsporná

4.3 POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o novostavbu. Půdorysné rozměry parcely jsou 40 x 80 m. Jde o 6 budov ve tvaru kvádrů. Ty jsou vůči sobě výškově rozdílné a příčně posunuté. Podélně je zachován průběžný pás mezi budovami o šířce 20 metrů. Výška prvního, druhého a třetího patra je 4 m a čtvrtého patra 4,5 m.

Konstrukce se skládá ze sloupů, průvlaků, trámů a nosníků, které jsou odstupňovány dle rozpětí a zatížení, které má daný prvek přenést. Dále vazníků o rozpětí 20 m přes výstavní sál. Konstrukce objektu byla vymodelována ve výpočetním programu Scia Engineer jako prostorový prutový model.



Obrázek 4: Prutový model v programu Scia Engineer

4.4 VÝPIS PRŮŘEZŮ

Jméno	Typ	Materiál	Výroba	A [m ²]	A _y [m ²]	I _y [m ⁴]	W _{el,y} [m ³]	W _{pl,y} [m ³]	Barva
					A _z [m ²]	I _z [m ⁴]	W _{el,z} [m ³]	W _{pl,z} [m ³]	
NOSNÍKY	OBDEL 80; 220	GL 24h (EN 14080)	dřevo	1,7600e-02	1,4667e-02 1,4667e-02	7,0987e-05 9,3867e-06	6,4533e-04 2,3467e-04	8,6044e-04 3,1289e-04	
TRÁMY	OBDEL 240; 600	GL 32h (EN 14080)	dřevo	1,4400e-01	1,2000e-01 1,2000e-01	4,3200e-03 6,9120e-04	1,4400e-02 5,7600e-03	1,9200e-02 7,6800e-03	
VAZNÍKY	OBDEL 200; 1100	GL 32h (EN 14080)	dřevo	2,2000e-01	1,8333e-01 1,8333e-01	2,2183e-02 7,3333e-04	4,0333e-02 7,3333e-03	5,3778e-02 9,7778e-03	■
P 800	OBDEL 240; 800	GL 32h (EN 14080)	dřevo	1,9200e-01	1,6000e-01 1,6000e-01	1,0240e-02 9,2160e-04	2,5600e-02 7,6800e-03	3,4133e-02 1,0240e-02	■
P 1000	OBDEL 240; 1000	GL 32h (EN 14080)	dřevo	2,4000e-01	2,0000e-01 2,0000e-01	2,0000e-02 1,1520e-03	4,0000e-02 9,6000e-03	5,3333e-02 1,2800e-02	■
P 1200	OBDEL 240; 1200	GL 32h (EN 14080)	dřevo	2,8800e-01	2,4000e-01 2,4000e-01	3,4560e-02 1,3824e-03	5,7600e-02 1,1520e-02	7,6800e-02 1,5360e-02	■
P zdvojeny	2 Obdel 180; 1050; 0	GL 32h (EN 14080)	dřevo	3,7800e-01	3,1522e-01 3,1500e-01	3,4729e-02 4,0824e-03	6,6150e-02 2,2680e-02	8,8200e-02 3,0240e-02	■
SLOUPY 240	OBDEL 240; 240	GL 32h (EN 14080)	dřevo	5,7600e-02	4,8000e-02 4,8000e-02	2,7648e-04 2,7648e-04	2,3040e-03 2,3040e-03	3,0720e-03 3,0720e-03	■
SLOUPY 320	OBDEL 240; 320	GL 32h (EN 14080)	dřevo	7,6800e-02	6,4000e-02 6,4000e-02	6,5536e-04 3,6864e-04	4,0960e-03 3,0720e-03	5,4613e-03 4,0960e-03	■
SLOUPY 460	OBDEL 240; 460	GL 32h (EN 14080)	dřevo	1,1040e-01	9,2000e-02 9,2000e-02	1,9467e-03 5,2992e-04	8,4640e-03 4,4160e-03	1,1285e-02 5,8880e-03	■
SL zdvojeny	2 Obdel 180; 240; 0	GL 32h (EN 14080)	dřevo	8,6400e-02	7,2000e-02 7,2000e-02	4,1472e-04 9,3312e-04	3,4560e-03 5,1840e-03	4,6080e-03 6,9120e-03	■

4.5 VÝPIS SPOTŘEBY MATERIÁLU

Timber ECS

Jméno	Typ dřeva	μ	E _{mod} [MPa]	f _{m,k} [MPa]	f _{t,0,k} [MPa]	f _{t,90,k} [MPa]	f _{c,0,k} [MPa]	f _{c,90,k} [MPa]	f _{v,k} [MPa]	Barva
			G _{mod} [MPa]	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]					
GL 24h (EN 14080)	Lepené, laminované 420,0	0 0,00	1,1500e+04 6,5000e+02	24,0	19,2	0,5	24,0	2,5	3,5	■
GL 32h (EN 14080)	Lepené, laminované 490,0	0 0,00	1,4200e+04 6,5000e+02	32,0	25,6	0,5	32,0	2,5	3,5	■

Nejméně namáhané prvky nosníky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h. Trámy, průvlaky, vazník a sloupy jsou z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h. Ostatní prvky jako jsou plechy spojů, diagonály příčného ztužidla, kolíky a přesné svorníky jsou z oceli třídy pevnosti S355.

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
NOSNÍKY - (80 x 220)	GL 24h	7,4	4152,0	30691,1	2491,2	420	73,1
TRÁMY - (240 x 600)	GL 32h	70,6	2980,0	210273,5	5006,5	490	429,1
PRŮVLAKY - (240 x 800)		94,1	700,5	65903,2	1457,0		134,5
PRŮVLAKY - (240 x 1000)		117,6	400,0	47040,0	992,0		96,0
PRŮVLAKY - (240 x 1200)		141,1	72,0	10160,6	207,4		20,7
PRŮVLAKY - (2 x 180 x 1050)		185,2	36,0	6667,9	101,5		13,6
VAZNÍKY - (200 x 1100)		107,8	220,0	23716,0	572,0		48,4
SLOUPY - (240 x 240)		28,2	1169,5	33008,1	1122,7		67,4
SLOUPY - (240 x 320)		37,6	32,0	1204,2	35,8		2,5
SLOUPY - (240 x 460)		54,1	16,0	865,5	22,4		1,8
SLOUPY - (2 x 180 x 240)		42,3	24,0	1016,1	28,8		2,1
Materiál	Celková hmotnost materiálu [t]	Celková hmotnost konstrukce [t]					
GL 24h	30,69	430,55					
GL 32h	399,86						

5 VYHODNOCENÍ

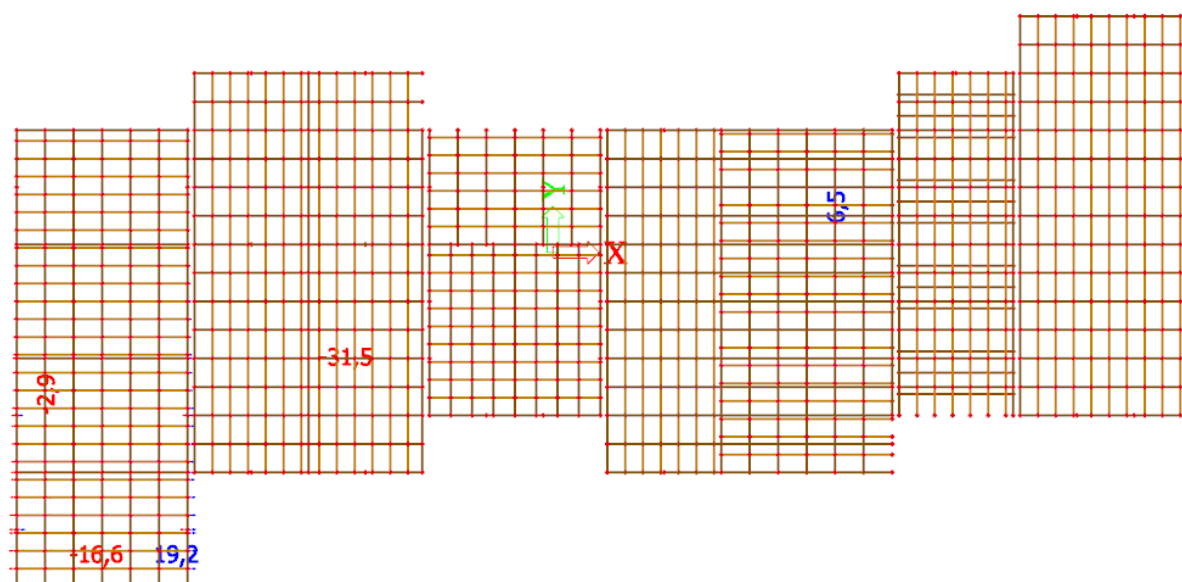
5.1 VYUŽITÍ PRŮŘEZŮ NA MSP A MSÚ

PRVEK	PRŮŘEZ	MSÚ	MSP
NOSNÍKY	80 x 220	85%	90%
TRÁMY	240 x 600	97%	98%
PRŮVLAKY	240 x 800	78%	91%
	240 x 1000	96%	98%
	240 x 1200	74%	88%
	2x180 x 1050	95%	65%
VAZNÍKY	200 x 1100	73%	94%
SLOUPY	240 x 240	99%	49%
	240 x 320	97%	9%
	240 x 460	98%	4%
	2x180 x 240	84%	3%

5.2 GLOBÁLNÍ DEFORMACE

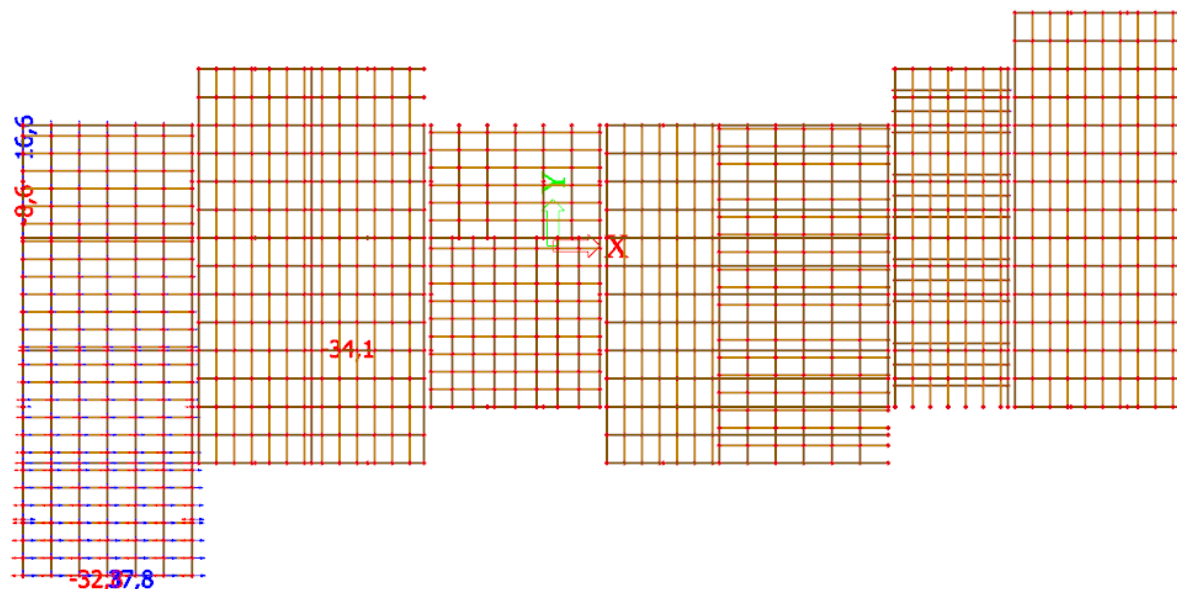
5.2.1 1.NP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
1 N454	použitelnost/56	-16,6	0,3	-9,8
2 N454	použitelnost/57	19,2	0,3	-3,6
3 N377	použitelnost/82	10,8	-2,9	-7,3
4 N1006	použitelnost/108	0,3	6,5	-3,1
5 N657	použitelnost/61	-0,1	1,4	-31,5
6 N1	použitelnost/69	0,0	0,0	0,0



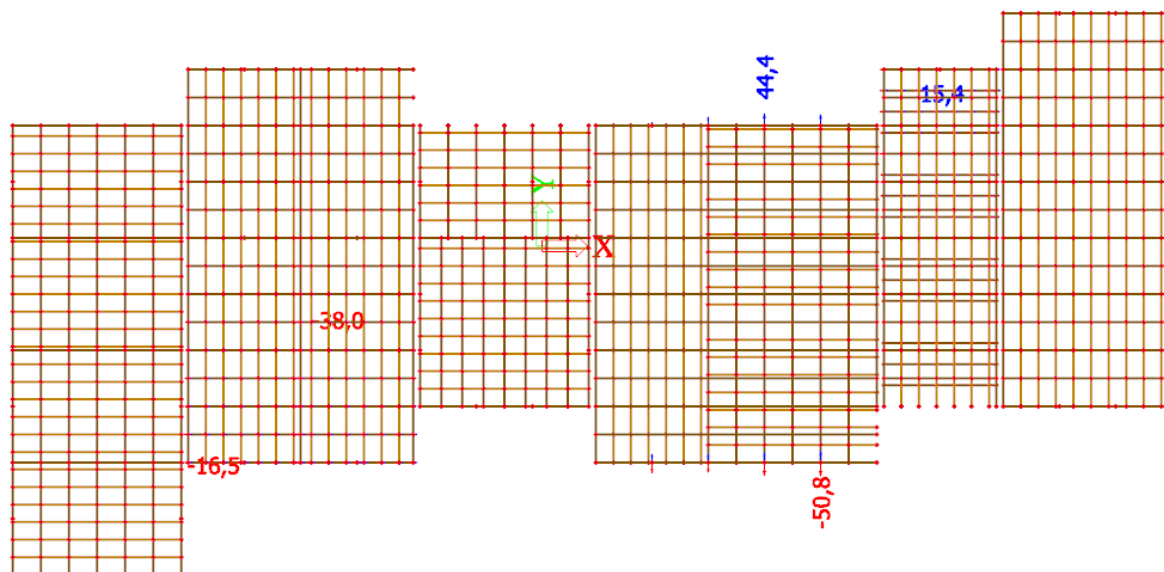
5.2.1 2.NP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
1 N1278	použitelnost/56	-32,8	-1,9	-0,8
2 N1277	použitelnost/57	37,8	-3,4	-0,5
3 N1270	použitelnost/82	2,7	-8,6	-0,2
4 N1270	použitelnost/58	-2,2	16,6	-0,1
5 N1646	použitelnost/59	0,1	0,4	-34,1
6 N1347	použitelnost/69	0,0	0,0	0,0



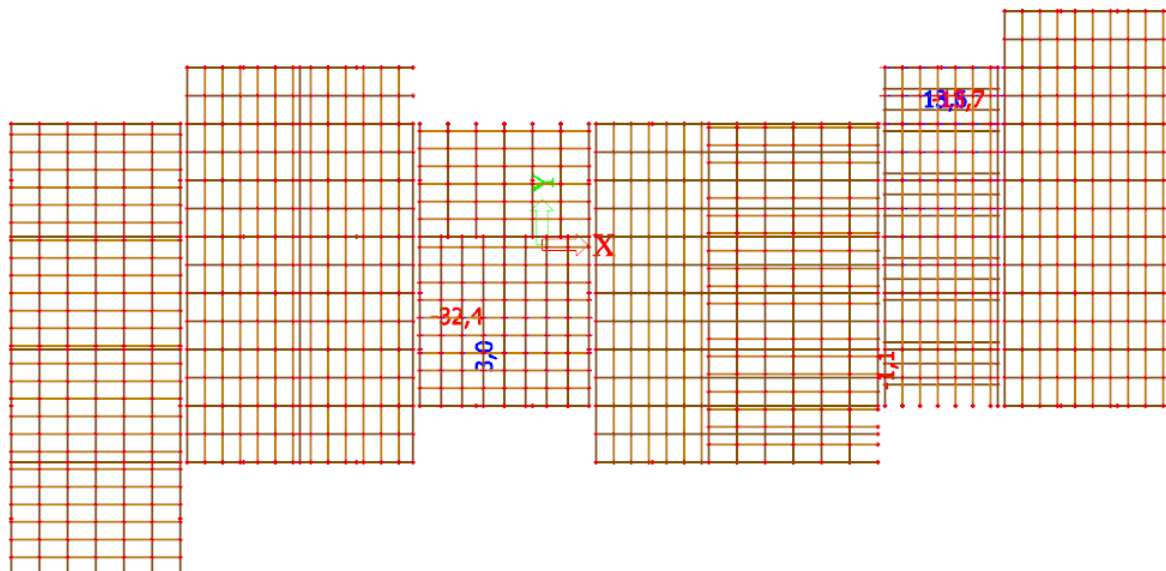
5.2.2 3.NP

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
1 N2129	použitelnost/112	-16,5	8,0	-0,1
2 N2577	použitelnost/99	15,4	0,1	-5,4
3 N2153	použitelnost/88	0,1	-50,8	-0,7
4 N2154	použitelnost/66	0,0	44,4	-0,6
5 N2391	použitelnost/61	-5,6	2,1	-38,0
6 N2171	použitelnost/69	0,0	0,0	0,0



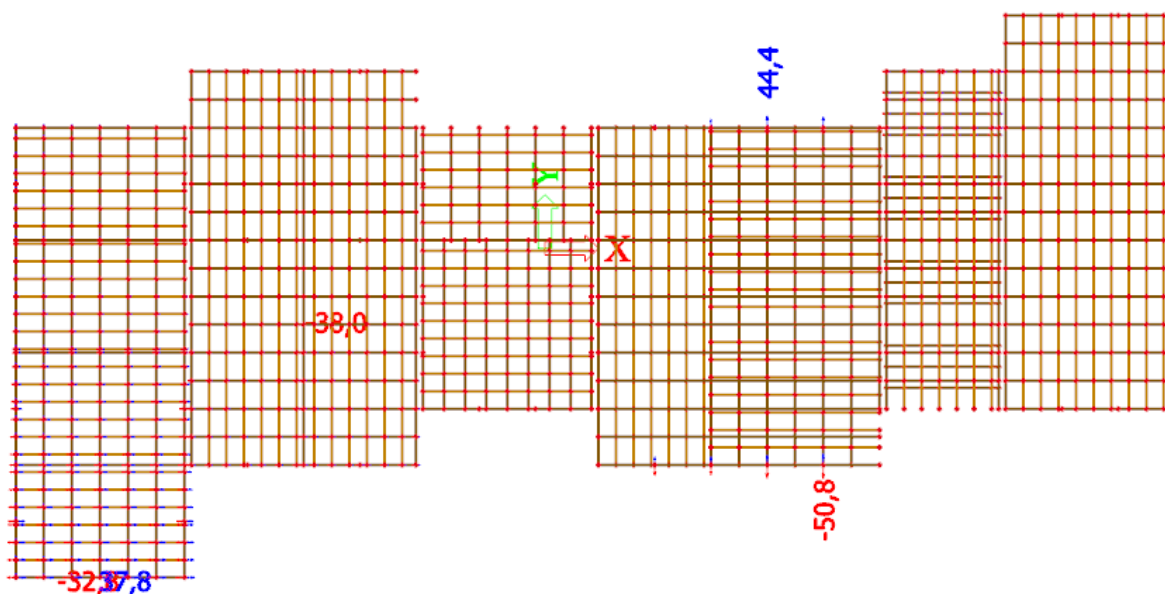
5.2.3 4.NP

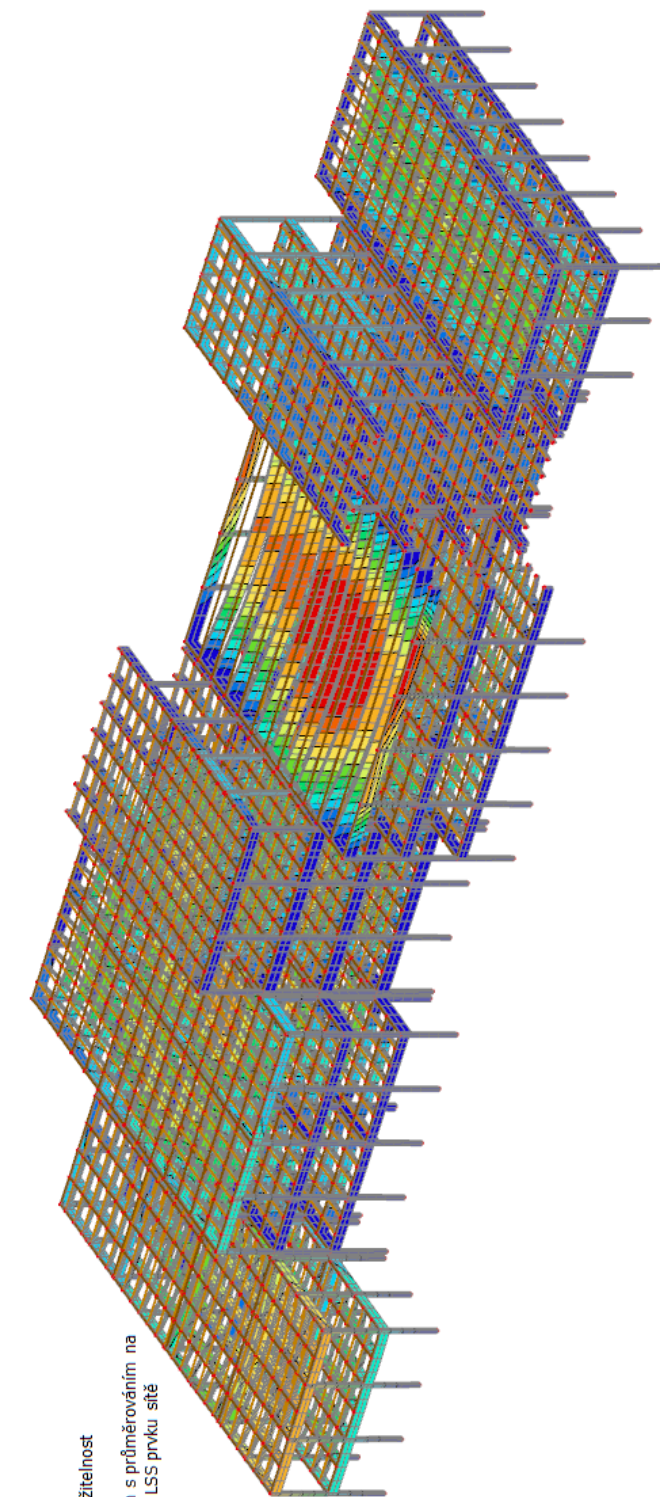
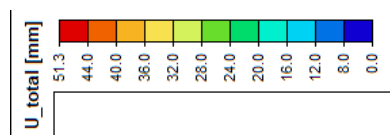
Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
1 N3104	použitelnost/56	-13,7	0,2	-2,8
2 N3107	použitelnost/79	13,6	0,1	-3,7
3 N2710	použitelnost/56	-3,2	-1,1	-2,8
4 N3906	použitelnost/67	3,1	3,0	-13,2
5 N3934	použitelnost/67	5,3	1,5	-32,4
6 N2727	použitelnost/69	0,0	0,0	0,0



5.2.4 CELKOVÉ

Uzel	Stav	Ux [mm]	Uy [mm]	Uz [mm]
1 N1278	použitelnost/56	-32,8	-1,9	-0,8
2 N1277	použitelnost/57	37,8	-3,4	-0,5
3 N2153	použitelnost/88	0,1	-50,8	-0,7
4 N2154	použitelnost/66	0,0	44,4	-0,6
5 N2391	použitelnost/61	-5,6	2,1	-38,0
6 N1	použitelnost/69	0,0	0,0	0,0





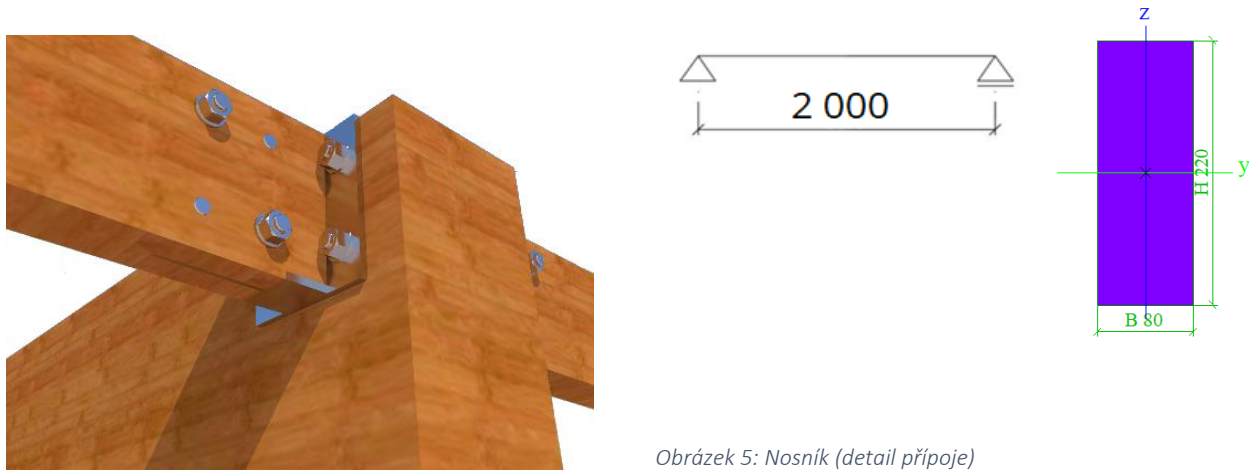
3D přemístění
Hodnoty: U_{total}
Lineární výpočet
Kombinace: použitelnost
Výběr: Vše
Polooha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



6 POPIS PRVKŮ

6.1.1 NOSNÍKY

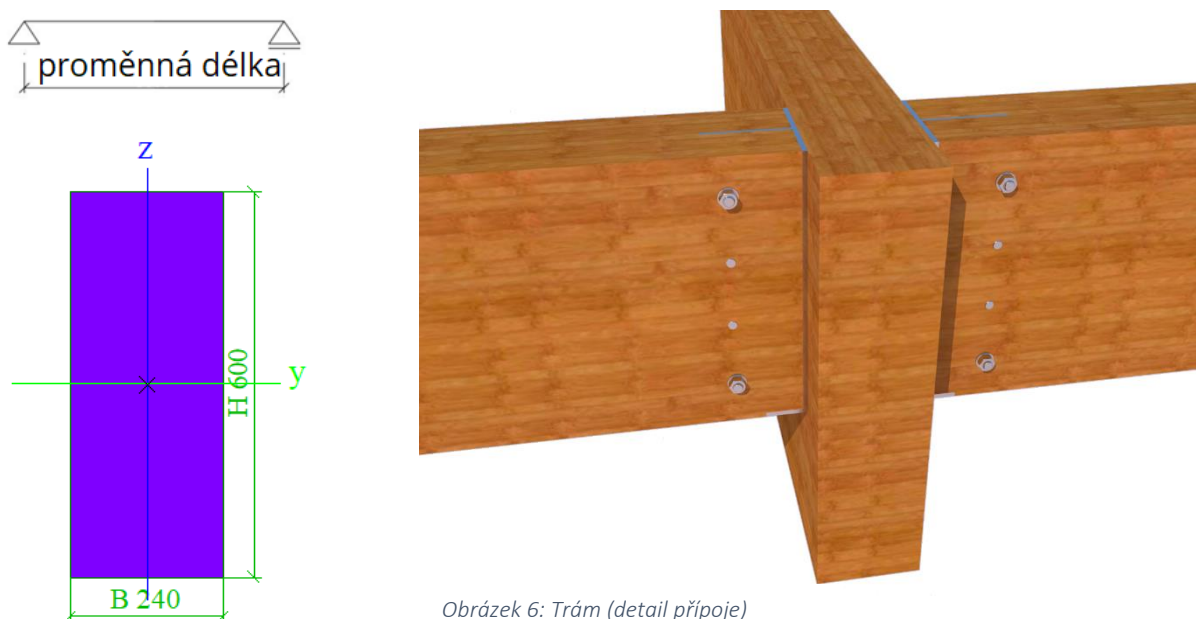
Nosníky byly navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h, profilu 80 x 220 mm. Jsou vsazeny mezi trámy a kloubově připojeny. Působí jako prosté nosníky o délce 2 m. Nosníky jsou rozmístěny rovnoměrně po vzdálenostech 1,25 m. Tyto prvky roznášejí plošné zatížení přenesené z nosné stropní konstrukce – OSB desek 3; 2x18 mm do trámů a průvlaků. Nosníky budou vzhledem ke své malé výšce zcela schované pod pohledem.



Obrázek 5: Nosník (detail přípoje)

6.1.2 TRÁMY

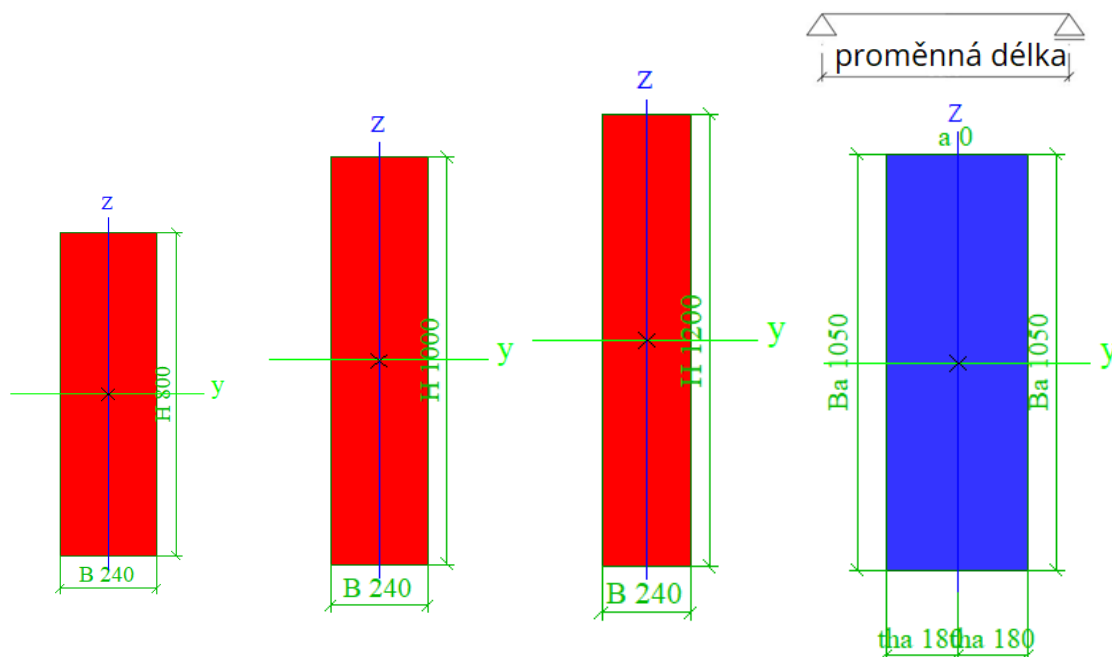
Trámy byly navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h, profilu 240 x 600 mm, jsou vsazeny mezi průvlaky a kloubově připojeny. Působí jako prosté nosníky o proměnné délce. Trámy vynášejí hustěji rozmístěné nosníky.



Obrázek 6: Trám (detail přípoje)

6.1.3 PRŮVLAKY

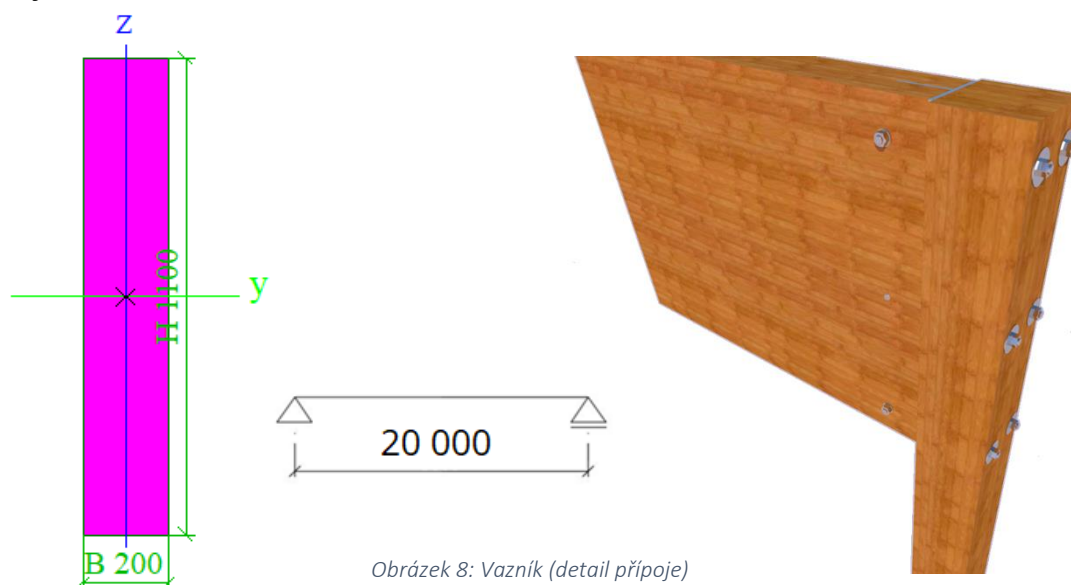
Průvlaky byly navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h. Vzhledem výrazně odlišnému zatížení prvků a k ekonomickému návrhu, byly průvlaky rozděleny do čtyř skupin s těmito profily: 240 x 800 mm, 240 x 1000 mm, 240 x 1200 mm a zdvojený průvlak 2 x 180 x 1050 mm. Průvlaky působí jako prosté nosníky o proměnné délce na větší rozpětí než trámy a jsou kloubově připojeny. Průvlaky vynášejí menší trámy.



Obrázek 7: Průvlaky (detaily průřezů)

6.1.4 VAZNÍKY

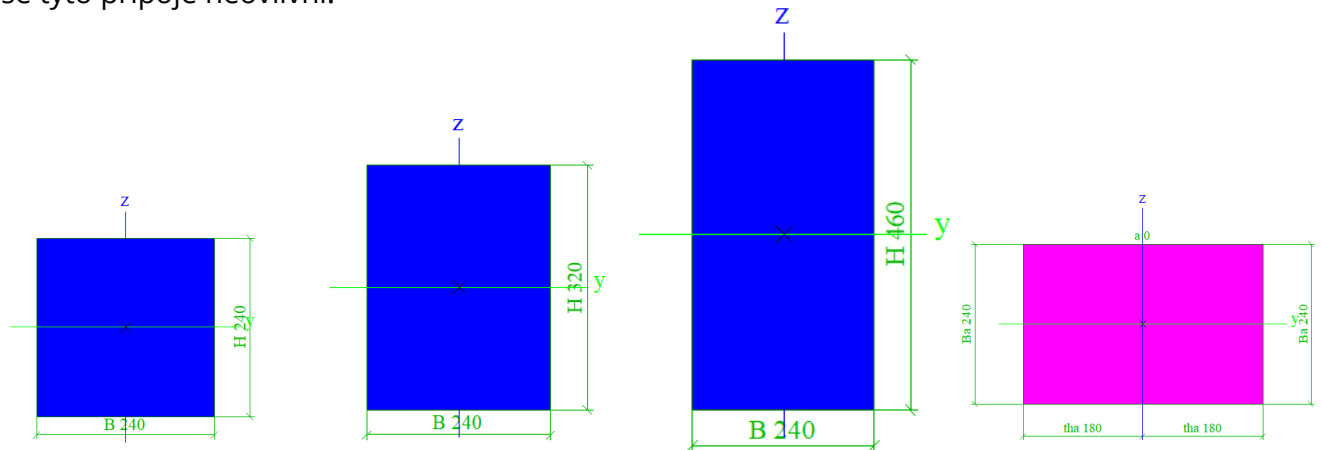
Vazníky byly navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h, profilu 200 x 1100 mm, jsou vsazeny mezi trámy a kloubově připojeny. Působí jako prosté nosníky o délce 20 m rozmístěné rovnoměrně po vzdálenostech 2 m. Jde o nejdelší prvek v konstrukci a zároveň i o nejtěžší. Hmotnost jednoho dílce je 2,2 tuny. Dle těchto hodnot byl zvolen autojeřáb, viz. montáž konstrukce.



Obrázek 8: Vazník (detail připoje)

6.1.5 SLOUPY

Sloupy byly navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h, proměnného profilu kvůli rozdílnému přenosu zatížení na: 240 x 240 mm, 240 x 320 mm, 240 x 460 mm a zdvojený sloup 2 x 180 x 240 mm. Jsou kloubově připojeny. První tři patra mají konstrukční výšku 4 m a poslední čtvrté patro má konstrukční výšku 4,5 m. Sloupy v 1. NP jsou vysoké 4,5 m a ve zbylých 4 m. Tento odskok je z důvodu přípoje sloupu na sloup nad sebou, který je v jiné výškové úrovni než přípoje vodorovných prvků, a tudíž se tyto přípoje neovlivní.



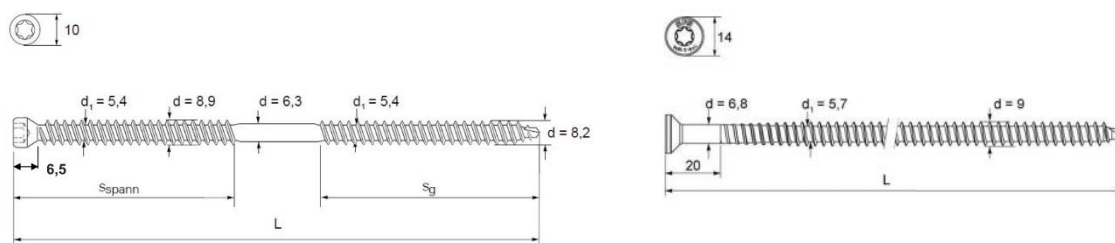
Obrázek 9: Průřezy sloupů

6.1.6 ZTUŽIDLA

V nejvyšších budovách tvoří hlavní ztužující prvek ŽB jádra, ve kterých se nachází schodiště a výtahové šachty. Vzhledem k tomu, že každá budova má svůj statický systém a tvoří samostatný dilatační úsek, musely být vůči působení vodorovných sil ztuženy i ostatní části konstrukce. Toho bylo docíleno pomocí křížového ztužení v nejvíce namáhaných částech konstrukce na vodorovné deformace. Ztužidla jsou tvořena trubkami o průměru 89 mm a tloušťce 4 mm z oceli S355.

6.1.7 SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY

Použité spojovací prostředky v konstrukci jsou: přesné svorníky, kolíky a vruty. Navržené velikosti kolíků a svorníků jsou $\varnothing 12$, $\varnothing 16$, $\varnothing 20$ a $\varnothing 24$. Vruty byly navrženy z důvodu namáhání spodních částí sloupů v 1.NP tahem kolmo k vláknům v kotvení. Velikosti vrutů byly zvoleny SFS WT – T $\varnothing 8$ a SFS WR – T $\varnothing 9$ s ohledem na prostor mezi kolíky a svorníky v jednotlivých kotevních detailech.



7 PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE

Statické posouzení nosné dřevěné konstrukce v objektu Technického muzea v Olomouci je provedeno na:

- Mezní stav únosnosti s uvážením vlivu ztráty stability prvků na nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24h, GL32h.
- Mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější z kombinací charakteristických hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty přetvoření byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24h, GL32h.

8 POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Statická analýza nosné dřevěné konstrukce v objektu Technického muzea v Olomouci byla provedena metodou konečných prvků programovým systémem Scia Engineer 17.01. Výpočtem byl analyzován prostorový prutový model nosné dřevěné konstrukce objektu, a to na účinky stálých a proměnných zatížení. Statický výpočet byl proveden jako lineární.

Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosných konstrukcí jako celku i jejich jednotlivých elementů bylo provedeno v souladu s normativními dokumenty ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí. V rámci výpočtu byla posouzena únosnost konstrukce proti globální ztrátě stability i únosnost prvků konstrukce proti lokální ztrátě stability.

9 DETAILS

9.1 DETAILS PŘÍPOJE

Konstrukce obsahuje obrovské množství detailů. S přihlédnutím k rozsahu diplomové práce byly vybrány zásadní detaily z každé skupiny přípojů, které jsou napočítány a narýsovány. Od těchto detailů se dají případně odvodit jejich alternativní uspořádání pro použití v ostatních částech konstrukce. Všechny přípoje jsou navrženy na extrémní zatížení, které je v jednotlivých prvcích vyvoláno. Celkem se tedy jedná o 15 přípojů, viz výpis dole. Rozměry jsou uváděny v mm. Princip připojení prvků je pomocí vsazeného plechu přivařeného na vnější plech, který je uchycen na další prvek pomocí svorníků.

P1 – NOSNÍK 80x220 na TRÁM 240x600

P2 – TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 240x1000

P3 – VAZNÍK 200x1100 na PRŮVLAK 240x800

P4 – VAZNÍK 200x1100 na SLOUP 240x240

P5 – PRŮVLAK 240x800 na SLOUP 240x240

P6 – PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x240

P7 – PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x320

P8 – PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x240

P9 – PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x320

P10 – TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 2x180x1050

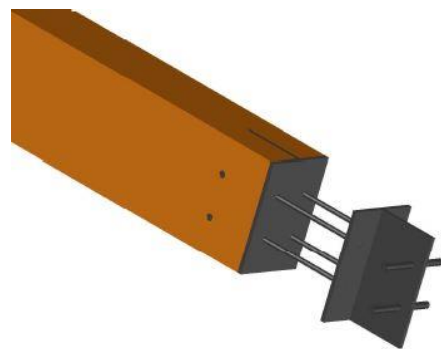
P11 – PRŮVLAK 240x800 na PRŮVLAK 2x180x1050

P12 – TRÁM 240x600 a PRŮVLAKY 240x800 a 2x180x1050 na SLOUP 2x180x1050

P13 – PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x460

P14 – PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x320

P15 – PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x240



Obrázek 10: Detail přípojů

U nosníků jsou navrženy opěrky o délce 60 mm a 80 mm u vyšších nosníků, které redukuje posouvající sílu v prvku. Též jsou výhodné z montážních důvodů, jelikož se o ně opře nosník při montáži, který se pak nemusí dodatečně výškově rovnat.

Tloušťky vnitřních plechů jsou od 6 mm do 8 mm a tloušťka vnějších plechů je 10 mm. Plechy jsou svařeny koutovým svarem tloušťky 4 mm. Vnitřní plechy jsou po celé výšce nosníků a jejich funkce není pouze přenos sil, ale slouží i pro zajištění proti klopení.

Pozn.: Ve zdvojeném nosníku 2x180x1050 byly navrženy konstrukčně průběžné svorníky $\varnothing 12$ po vzdálenostech 500 mm kvůli soudržnosti prvku.

9.1.1 P1 – NOSNÍK 80x220 NA TRÁM 240x600

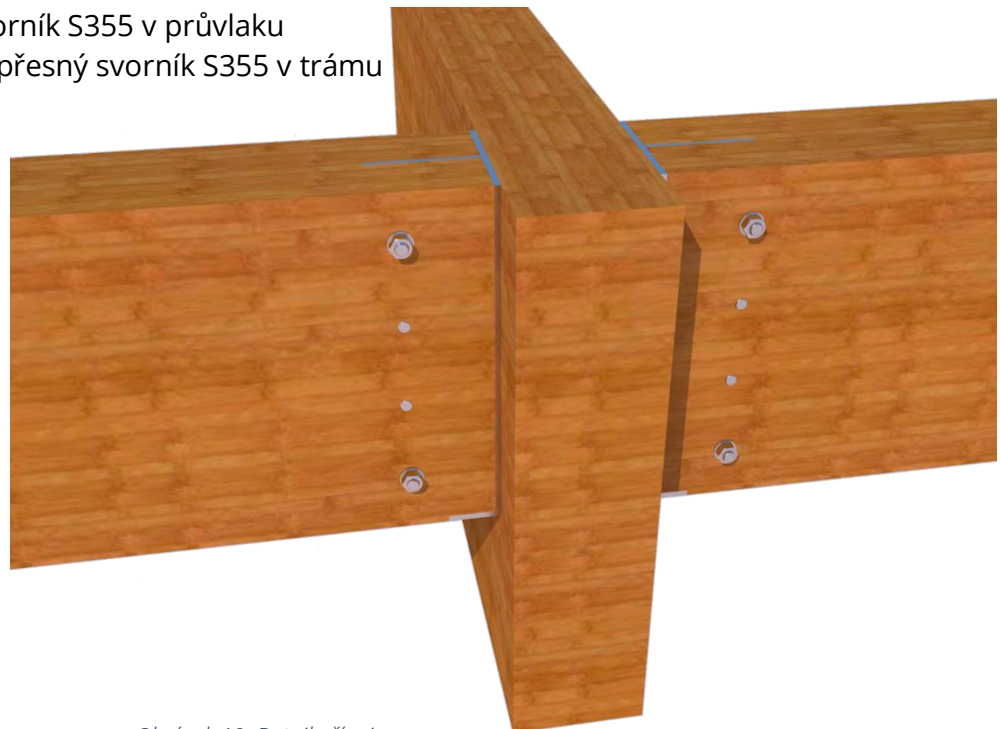
Čelní deska $t=10$ mm
Žiletka $t=6$ mm
Opěrka $l=60$ mm
 $4\varnothing 12$; 4x přesný svorník S355 v trámu
 $4\varnothing 12$; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v nosníku



Obrázek 11: Detail přípoje
NOSNÍK 80x220 na TRÁM 240x600

9.1.2 P2 – TRÁM 240x600 NA PRŮVLAK 240x1000

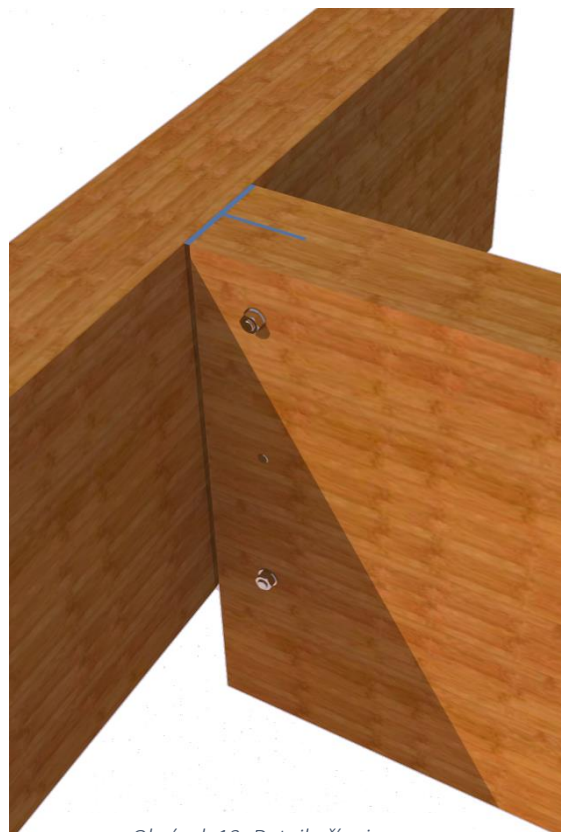
Čelní deska $t=10$ mm
Žiletka $t=8$ mm
Opěrka $l=80$ mm
 $6\varnothing 20$; 6x přesný svorník S355 v průvlaku
 $4\varnothing 20$; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v trámu



Obrázek 12: Detail přípoje
TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 240x1000

9.1.3 P3 – VAZNÍK 200x1100 NA PRŮVLAK 240x800

Čelní deska $t=10$ mm
 Žiletka $t=8$ mm
 Opěrka BEZ OPĚRKY
 $6\varnothing 16$; 6x přesný svorník S355 v průvlaku
 $3\varnothing 16$; 1x kolík + 2x přesný svorník S355
 ve vazníku



Obrázek 13: Detail přípoje
 VAZNÍK 200x1100 na PRŮVLAK 240x800

9.1.4 P4 – VAZNÍK 200x1100 NA SLOUP 240x240

Čelní deska $t=10$ mm
 Žiletka $t=8$ mm
 Opěrka BEZ OPĚRKY
 $6\varnothing 16$; 6x přesný svorník S355 ve sloupu
 $3\varnothing 16$; 1x kolík + 2x přesný svorník S355 ve vazníku



Obrázek 14: Detail přípoje
 VAZNÍK 200x1100 na SLOUP 240x240

9.1.5 P5 - PRŮVLAK 240x800 NA SLOUP 240x240



Čelní deska t=10 mm
 Žiletka t=8 mm
 Opěrka l=80 mm
 6 \varnothing 20; 6x přesný svorník S355 ve sloupu
 4 \varnothing 20; 2x kolík + 2x přesný svorník S355
 v průvlaku

Obrázek 15: Detail přípoje
 PRŮVLAK 240x800 na SLOUP 240x240

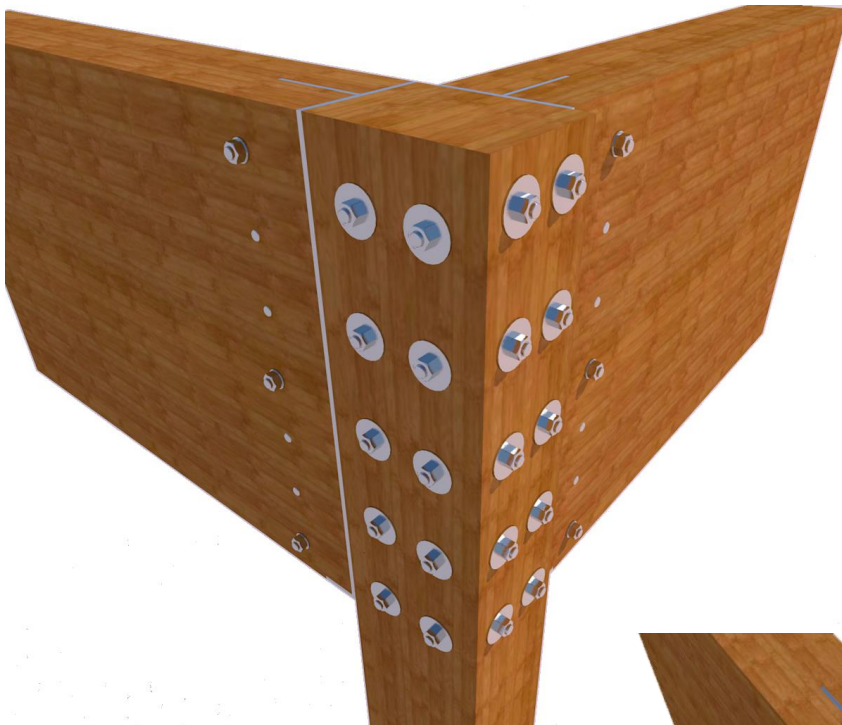
9.1.6 P6 – PRŮVLAK 240x1000 NA SLOUP 240x240



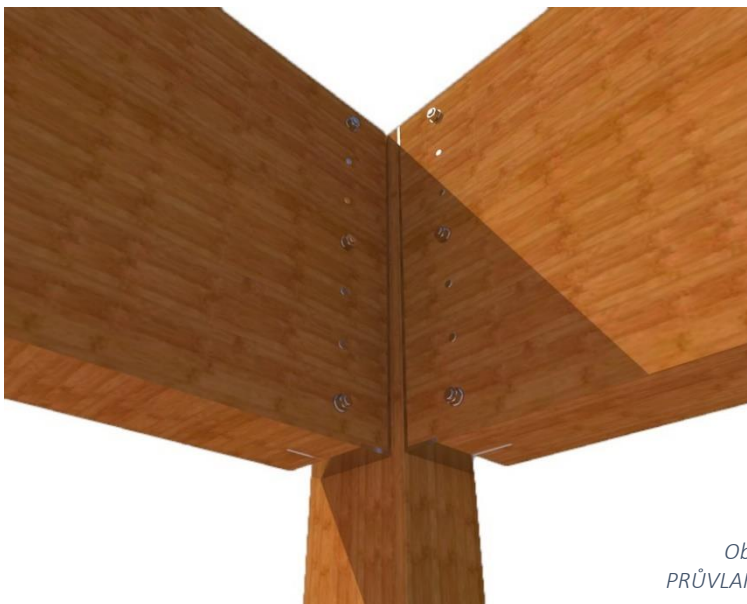
Čelní deska t=10 mm
 Žiletka t=8 mm
 Opěrka l=80 mm
 10 \varnothing 20; 10x přesný svorník S355
 ve sloupu
 7 \varnothing 20; 4x kolík + 3x přesný svorník
 S355 v průvlaku

Obrázek 16: Detail přípoje
 PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x240

9.1.7 P7 – PRŮVLAK 240x1000 NA SLOUP 240x320

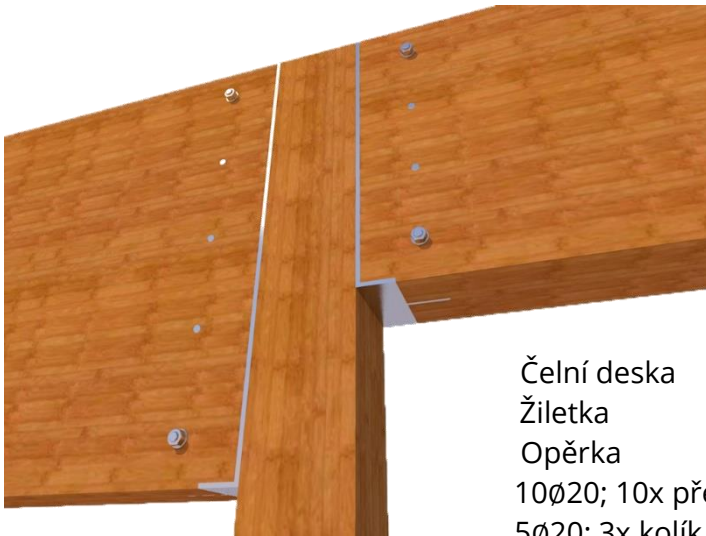


Čelní deska $t=10$ mm
Žiletka $t=8$ mm
Opěrka $l=80$ mm
10 $\varnothing 20$; 10x přesný svorník S355 ve sloupu
7 $\varnothing 20$; 4x kolík + 3x přesný svorník S355 v průvlaku



Obrázek 17: Detaily přípoje
PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x320

9.1.8 P8 – PRŮVLAK 240x1200 NA SLOUP 240x240

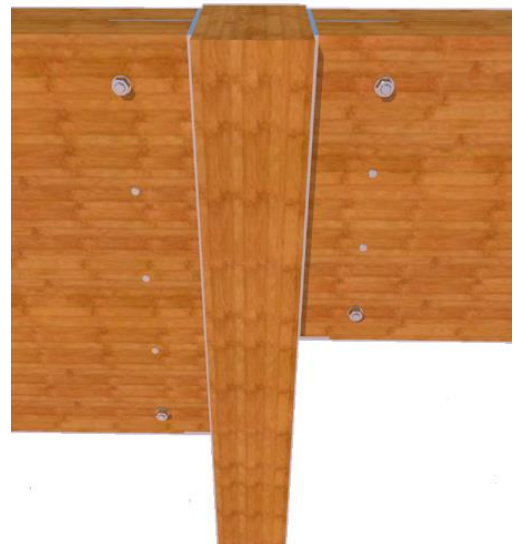
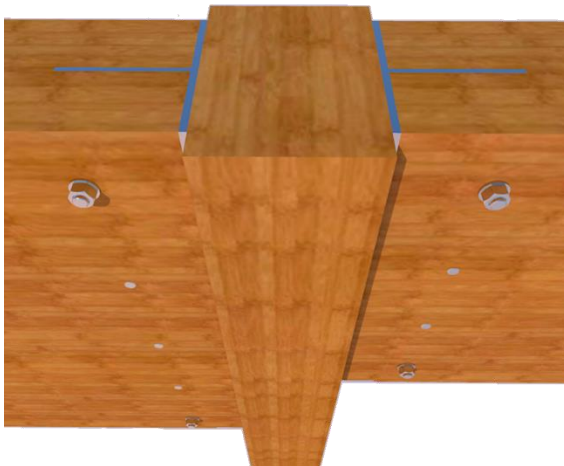


Čelní deska	t=10 mm
Žiletka	t=8 mm
Opěrka	l=80 mm
10 \emptyset 20; 10x přesný svorník S355 ve sloupu	
5 \emptyset 20; 3x kolík + 2x přesný svorník S355 v průvlaku	
4 \emptyset 20; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v průvlaku	

Obrázek 18: Detail přípoje
PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x240

9.1.9 P9 – PRŮVLAK 240x1200 NA SLOUP 240x320

Čelní deska	t=10 mm
Žiletka	t=8 mm
Opěrka	l=80 mm
10 \emptyset 20; 10x přesný svorník S355 ve sloupu	
5 \emptyset 20; 3x kolík + 2x přesný svorník S355 v průvlaku	
4 \emptyset 20; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v průvlaku	



Obrázek 19: Detaily přípoje
PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x320

9.1.10 P10 – TRÁM 240x600 NA PRŮVLAK 2x180x1050

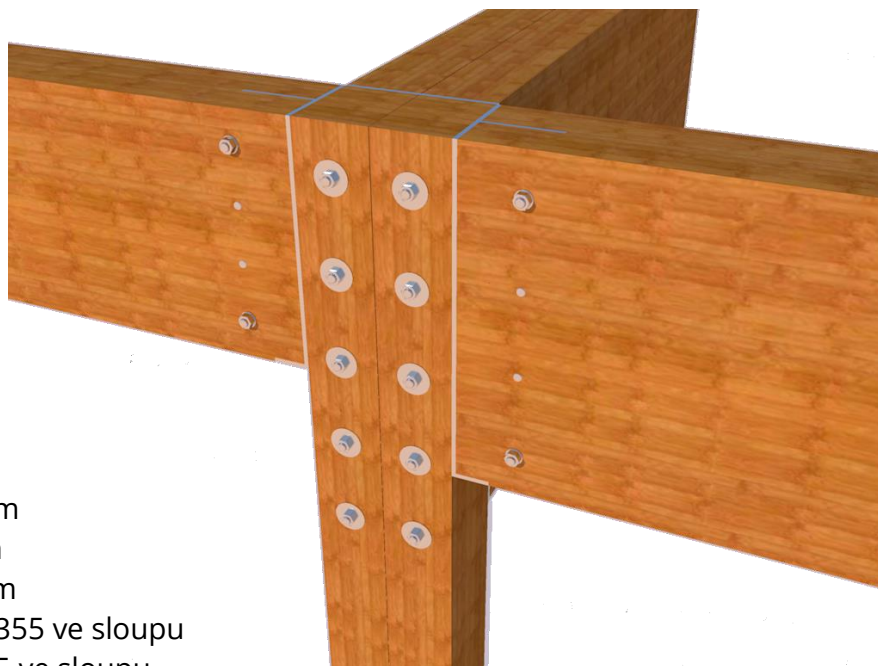
Obrázek 19: Detail přípoje
TRÁM 240x600
na PRŮVLAK 2x180x1050

Čelní deska	t=10 mm
Žiletka	t=8 mm
Opěrka	l=80 mm
6 \varnothing 20; 6x přesný svorník S355 v průvlaku	
4 \varnothing 20; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v trámu	

9.1.11 P11 - PRŮVLAK 240x800 NA PRŮVLAK 2x180x1050

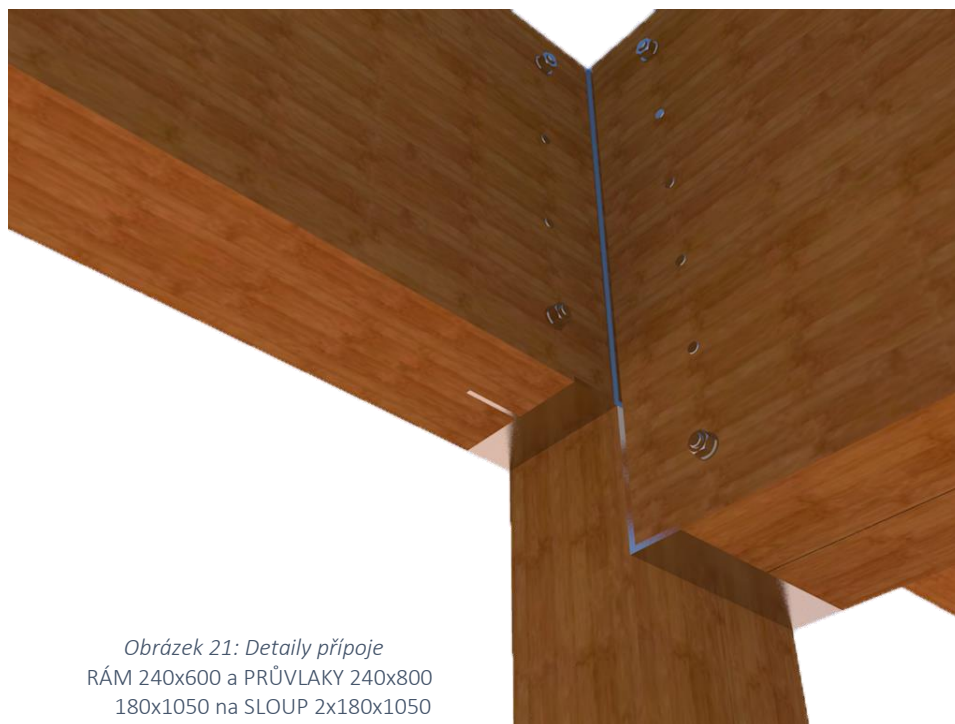
Obrázek 20: Detail přípoje
PRŮVLAK 240x800
na PRŮVLAK 2x180x1050

Čelní deska	t=10 mm
Žiletka	t=8 mm
Opěrka	l=80 mm
6 \varnothing 20; 6x přesný svorník S355 v průvlaku	
4 \varnothing 20; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v trámu	

9.1.12 P12 - TRÁM 240x600 A PRŮVLAKY 240x800 A 2x180x1050 NA SLOUP 2x180x1050

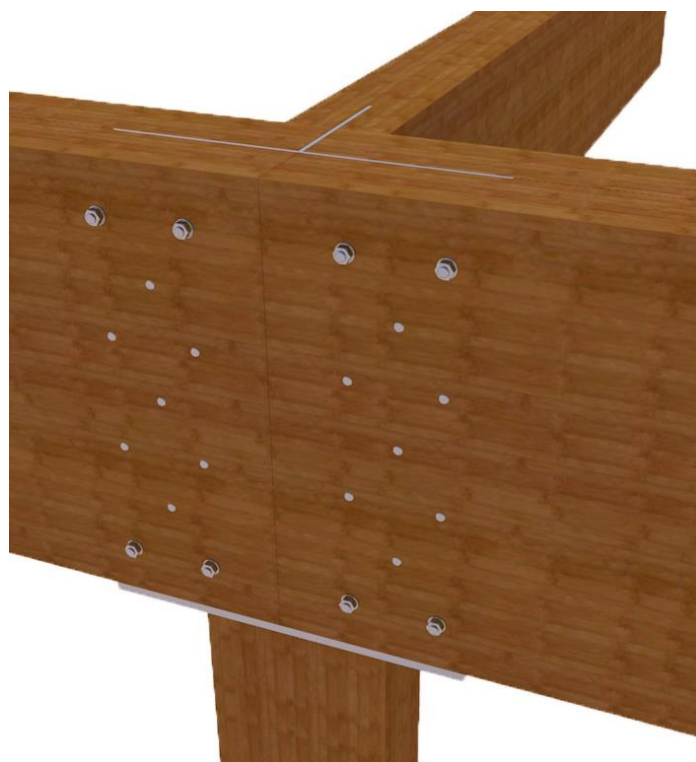
Čelní deska $t=10$ mm
Žiletka $t=8$ mm
Opěrka $l=80$ mm
10 \emptyset 24; 10x přesný svorník S355 ve sloupu
8 \emptyset 12; 8x přesný svorník S355 ve sloupu

6 \emptyset 20; 4x kolík + 2x přesný svorník S355 v průvlaku
4 \emptyset 12; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v průvlaku
4 \emptyset 12; 2x kolík + 2x přesný svorník S355 v trámu



Obrázek 21: Detaily přípoje
RÁM 240x600 a PRŮVLAKY 240x800
180x1050 na SLOUP 2x180x1050

9.1.13 P13 - PRŮVLAK 2x180x1050 A TRÁM 240x600 NA SLOUP 240x460



Deska $t=20$ mm
Žiletka $t=8$ mm
Přesah desky $l=200$ mm

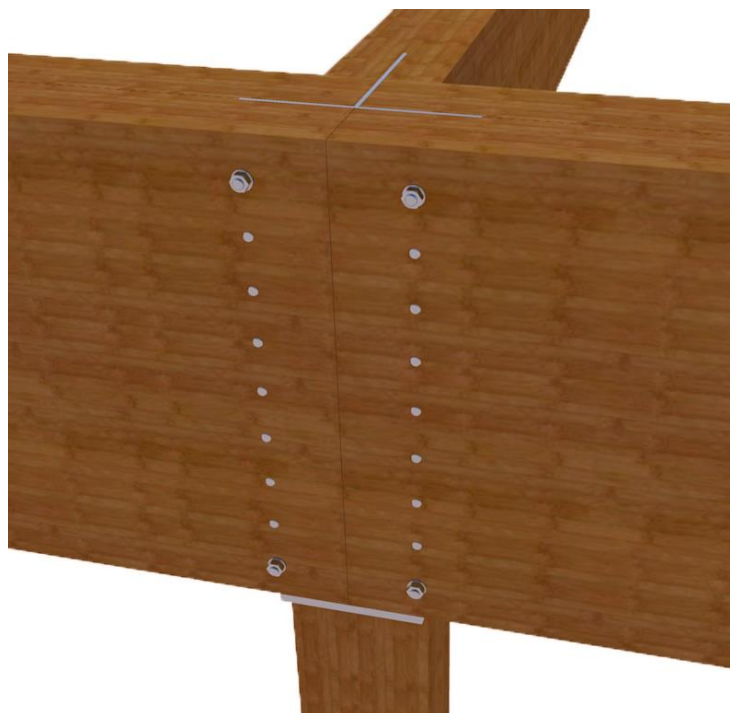
22 \emptyset 20; 14x kolík + 8x přesný svorník S355 v průvlaku
3 \emptyset 16; 2x kolík + 1x přesný svorník S355 v trámu



Obrázek 22: Detaily přípoje
PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x460

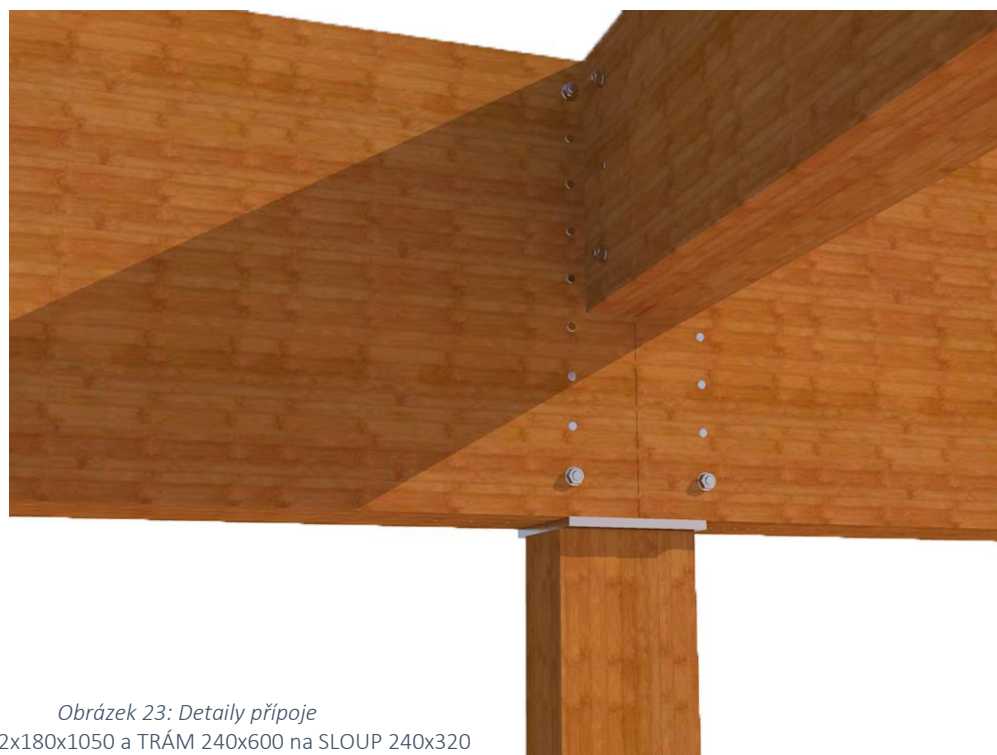
9.1.14 P14 - PRŮVLAK 2x180x1050 A TRÁM 240x600 NA SLOUP 240x320**9.1.15 P15 - PRŮVLAK 2x180x1050 A TRÁM 240x600 NA SLOUP 240x240**

Obdobné přípoje. Pouze sloup má jiné rozměry.



Deska $t=20\text{ mm}$
Žiletka $t=8\text{ mm}$

18 \varnothing 20; 14x kolík + 4x přesný
svorník S355 v průvlaku
3 \varnothing 16; 2x kolík + 1x přesný svorník
S355 v trámu



Obrázek 23: Detaily přípoje
PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x320

10 DETAILY KOTVENÍ

I přes rozsáhlost konstrukce, se na ní, s ohledem na rozměry jednotlivých sloupů a velikostí vnitřních sil, nachází pouze 5 typů kotvení. Dále bylo navrženo jedno alternativní kotvení, jehož alternativy se mohou aplikovat na celou konstrukci. Viz výpis kotvení. Rozměry jsou uváděny v mm.

K1 – KOTVENÍ SLOUPU 240x240 (maximální síla 510kN)

K2 – KOTVENÍ SLOUPU 240x240 (maximální síla 1000kN)

K3 – KOTVENÍ SLOUPU 240x320

K4 – KOTVENÍ SLOUPU 240x460

K5 – KOTVENÍ 2x180x240

K6 – ALTERNATIVNÍ KOTVENÍ

Ve výpočtu bylo uvažováno kloubové kotvení, což přípoj patního plechu a žiletky ve dřevě přesně nevystihuje, jedná se o tzv. falešný kloub. Uvažuje se tedy jako přípoj, který částečně přenáší i ohybový moment. Sloupu tedy není umožněno dostatečné natočení. Hrozí zde namáhání tahem kolmo k vláknům, které je zde řešeno doplněním příčnými vruty mezi jednotlivé řady kolíků a přesných svorníků.

Dále bylo navrženo alternativní řešení kotvení s přivařeným ložiskem, jenž by leželo na podlité desce přikotvené chemickými kotvami HIS M10 do základové patky. Tento typ přípoje by kloubové kotvení vystihl lépe.

Jako kotevní šrouby byly navrženy kotevní šrouby M16, pevnostní třídy 8.8. Jedná se o kotevní šrouby značky Hilti – Hilti HIT-RE 500 V3 1400 Jumbo. Otvory v patním plechu jsou uvažovány 16mm+4 mm bezpečnostní rezerva, aby se při montáži nepoškodilo pozinkování plechu. Mezera mezi kotevními šrouby a patním plechem bude vyplněna, aby byl umožněn přenos vodorovné reakce. Kotevní zarážku zde není nutno navrhovat, kvůli malým vodorovným reakcím. Proto dostačují kotevní šrouby, které bez problémů vodorovnou reakci přenesou.

Ve statickém výpočtu byl uvažován přenos 75 % osově síly kontaktem, zbytek síly přenesou kolíky a přesné svorníky. Dále byl, na stranu bezpečnou, zanedbán rozměr c u výpočtu efektivní plochy patního plechu, tudíž byla uvažována pouze skutečná kontaktní plocha sloupu na patní plech.

Tloušťka vnitřních plechů ve sloupech je 8 mm. Výřez v dřevěném prvku bude tloušťky 10 mm. Patní plech je tlustý 15 mm a je přivařen k vnitřnímu plechu koutovým svarem tloušťky 5 mm.

Pozn.: Ve zdvojeném sloupu 2x180x240 byly navrženy konstrukčně průběžné svorníky $\varnothing 12$ po vzdálenostech 500 mm kvůli soudržnosti prvku.

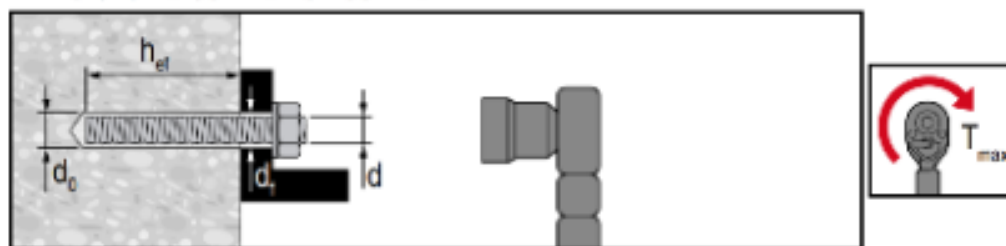
Příklad kotvení sloupů

Kotvení sloupů bylo provedeno pomocí vsazených plechů do jednotlivých prvků, zde sloupů. Ten byl přivařen na patní plech, který je přikotven do patky pomocí 2 kotevních šroubů M16, pevnostní třídy 8.8. Jedná se o kotevní šrouby značky Hilti – Hilti HIT-RE 500 V3 1400 Jumbo. Chemické kotvy budou osazeny dle technologického předpisu výrobce. Mezera mezi kotevními šrouby a patním plechem bude vyplněna, aby byl umožněn přenos vodorovné reakce. Vsazený plech tloušťky 8 mm je spojen koutovým svarem tloušťky 5 mm s patním plechem tloušťky 15 mm. Vsazený plech ve sloupu je zajištěn kolík a přesnými svorníky. Možné vzniklé namáhání tahem kolmo k vláknům zde zajišťují v opačném směru, než jsou kolíky a přesné svorníky, příčné vruty.




Hilti HIT-RE 500 V3 1400 Jumbo

HIT-V (-R, -F, -HCR) / HAS-E (-B7) / HAS-R



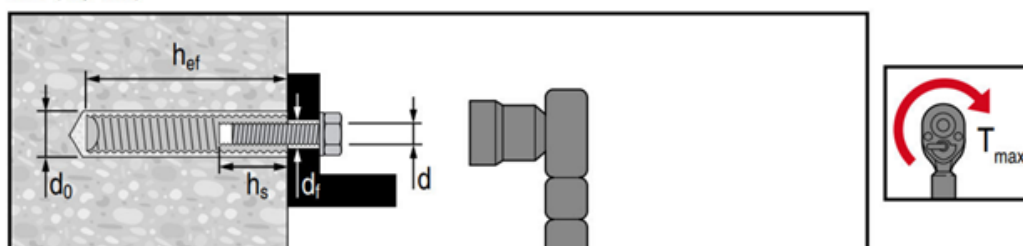
Obrázek 24: Detail kotevního šroubu


HIT-V

	$\varnothing d_0$ [mm]	h_{ef} [mm]	$\varnothing d_1$ [mm]	T_{max} [Nm]
M12	14	70...240	14	40
M16	18	80...320	18	80

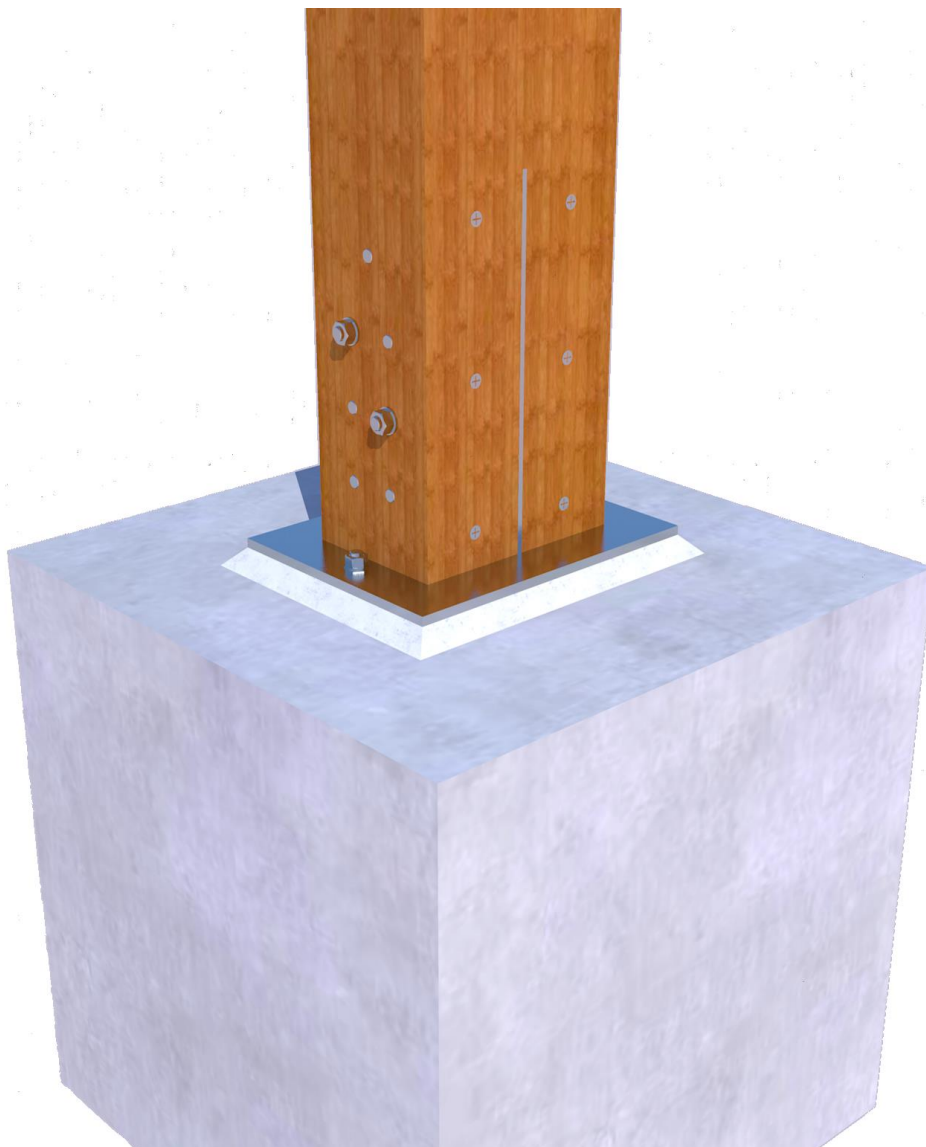
V alternativním kotvení vystačí pro přichycení patního plechu k patce kotevní šrouby M10, pevnostní třídy 8.8 od značky Hilti – HIS (-N, -RN).

HIS (-N, -RN)



	$\varnothing d_0$ [mm]	h_{ef} [mm]	$\varnothing d_1$ [mm]	h_s [mm]	T_{max} [Nm]
M10	18	110	12	10...25	20

Vizualizace detailu kotvení sloupu



Obrázek 25: Detail kotvení

11 MONTÁŽ KONSTRUKCE

Ještě před montáží dřevěné nosné konstrukce se provede zaměření základových patek. Poté na nich budou uchyceny, pomocí chemických kotev, patní plechy o tloušťce 15 mm dle výkresu kotvení. K těmto patním plechům budou kolmo přivařeny vnitřní plechy (dále jen žiletky) pomocí svarů tloušťky $a=5$ mm. Na žiletky se budou následně usazovat sloupy pomocí autojeřábu. Bude použit autojeřáb odpovídající nosnosti vzhledem k nejtěžšímu prvku konstrukce. Tímto prvkem je vazník s hmotností 2200 kg. Minimální délka ramene jeřábu musí být alespoň 35 m, vzhledem k rozsáhlým rozměrům konstrukce. Sloupy budou na lano jeřábu připevněny za svůj horní konec, bude k tomu sloužit speciální žiletka s okem, připevněná ke sloupu pomocí otvorů sloužících pro pozdější montážní přípoj. Po osazení každého sloupu se provede jeho montáž k žiletce pomocí spojovacích prostředků dle detailů kotvení. Následně se na svislé osy každého sloupu umístí měřící terče. Provede se zaměření horizontální vzdálenosti mezi příslušnými dvojicemi sloupů zaměřením s přesností ± 2 mm v místech osazených měřících terčů. Naměřené vzdálenosti budou zaznamenány do montážního deníku. Na sloupy se následně namontují příslušné montážní přípoje dle výkresu detaily přípojů pro následnou montáž dalších prvků. Součástí těchto přípojů jsou opěrky, o které se daný montovaný prvek opře a nemusí se již dodatečně výškově rovnat. Konstrukce se začne budovat z rohu budovy a na sousední sloupy se neprodleně umístí navazující konstrukční prvky v kolmých směrech pro co nejrychlejší zajištění stability konstrukce. Montáž vazníků, průvlaků a trámů na sloupy se provede opět pomocí autojeřábu. Prvky budou vyvázány pomocí proškolených pracovníků ve třetinách rozpětí prvku. Po usazení těchto prvků se provede jejich připojení pomocí montážních přípojů. Potom se na umístěné průvlak a trámy namontují montážní přípoje, na které se následně budou ukládat nosníky. Ty se ukládají opět na opěrky. Ukládány budou, vzhledem ke své hmotnosti 14 kg, ručně z lešení. Pro rychlejší, přesnější a snazší montáž, je zde možnost u kratších trámů zvolit tento postup. Již na zemi se spojí dva trámy pomocí menších nosníků a ty se následně jako celek vyzvednou pomocí autojeřábu a připojí. Po osazení svislých a vodorovných prvků se celé, již stabilní patro opět zaměří a zjistí se odchylky, které se zapíší do montážního deníku. Po splnění odchylek z norem je možno pokračovat s osazováním svislých a vodorovných prvků dalších pater obdobně, jako tomu bylo u prvního patra. Tato metodika se aplikuje u všech šesti budov tvořící konstrukci. Veškeré svářečské práce budou realizovány ve výrobní dílně.

Prováděcí firma je povinna postupovat dle projektu montáže a zajistit stabilitu konstrukce v nutných případech dočasným ztužením. Postup montáže se předpokládá od ztužidlových polí.

11.1 BEZPEČNOST PRÁCE

Všechny osoby vyskytující se během výstavby v prostoru staveniště musí být řádně proškoleny o BOZP, o čemž musí být pořízen záznam.

Školení musí být vedeno odbornou osobou, musí zajistit dostatečnou informovanost dle platných předpisů a všichni proškolení jsou povinni se danými pravidly řídit po celou dobu pobytu v prostoru staveniště.

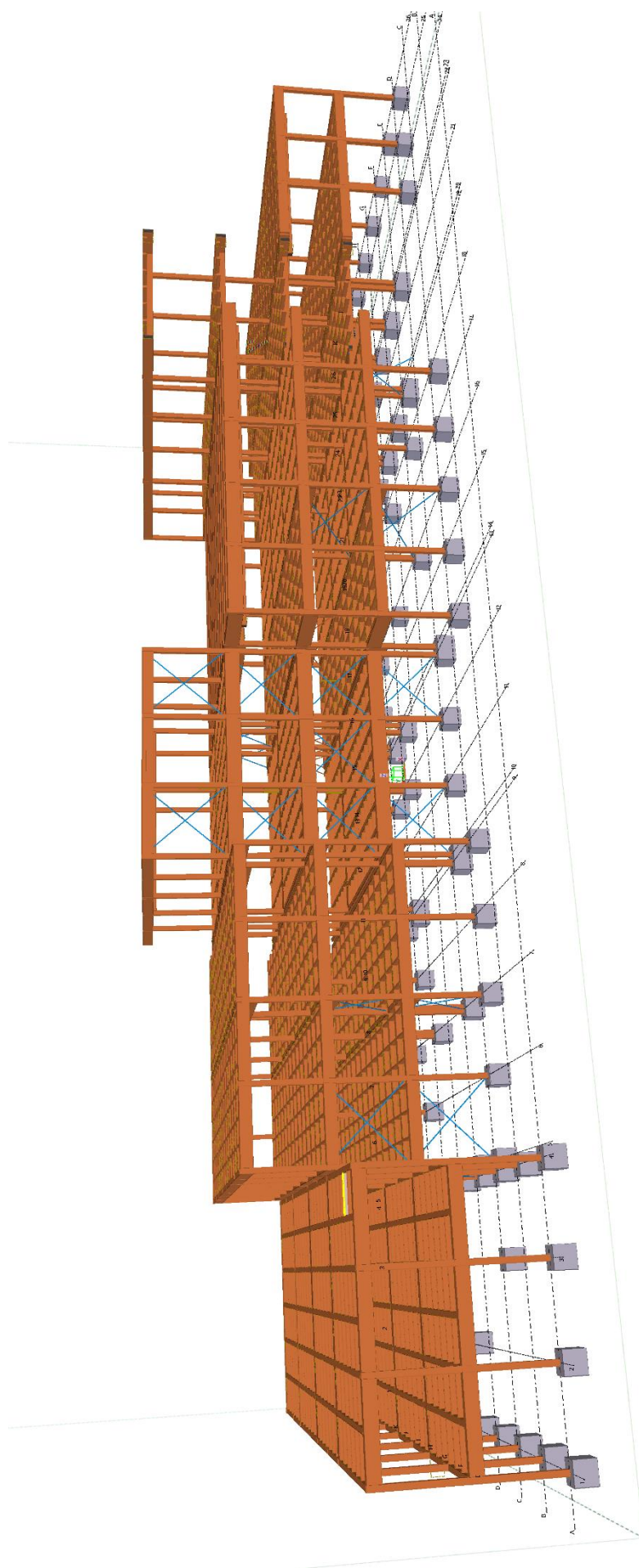
Bezpečnost pracovníků za provozu včetně seznámení pracovníků se souvisejícími předpisy zajistí provozovatel po převzetí stavby.

11.2 OCHRANA DŘEVA

Dřevo je naimpregnováno přípravky na ochranu dřeva proti škůdcům a plísním. Dřevo bude též napuštěno chemickými prostředky snižující hořlavost dřeva a rychlost šíření ohně.

11.3 ZÁVĚR

Výpočtové modely pro získání vnitřních sil, posouzení MSÚ a MSP byly řešeny v programu SCIA Engineer 17.01. Následně byly přípoje i kotvení posouzeny ručně, v souladu s aktuálními normami pro stavebnictví viz seznam použité literatury. Bylo dosaženo optimálního návrhu nosné konstrukce včetně všech navrhovaných detailů.



12 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

12.1 NORMATIVNÍ DOKUMENTY

Nosné dřevěné konstrukce a ocelové konstrukce v objektu technického muzea v Olomouci jsou navrženy/ověřeny v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitné zatížení pozemních staveb.
- ČSN EN 1991-1-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-2: Obecná zatížení – zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN EN 1995-1-2: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- ČSN EN 14080: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky.
- ČSN EN 386: Lepené lamelové dřevo – Požadavky na užitné vlastnosti a minimální výrobní požadavky.
- ČSN EN 1194: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot.
- ČSN EN 390: Lepené lamelové dřevo. Rozměry. Mezní úchytky.
- ČSN 73 2810: Dřevěné stavební konstrukce. Provádění.

Pro návrh a ověření prvků konstrukcí a konstrukcí jako celku byl využit software Scia Engineer, 17.01 (studentská verze).

12.2 LITERATURA

- KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ, A. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s
- STRAKA, B., SÝKORA, K. Dřevěné konstrukce, Studijní opory BO03, VUT-Fast Brno, 2005
- SÝKORA, K. Kovové a dřevěné konstrukce, Studijní opory BO07, VUT-Fast Brno, 2005
- Navrhování dřevěných konstrukcí. Dostupné z: <http://www.drevo.wz.cz/>
- Sněhová mapa. Dostupné z: <http://snehovamapa.cz/>
- Chemické kotvy. Dostupné z:
https://www.hilti.cz/medias/sys_master/documents/h13/9244196306974/HIT-RE-500-V3-VIC-EE-01-PUB-5307433-000.pdf
- Zelené střechy. Dostupné z: <http://www.optigreen.cz>
- Spojovací prvky – vruty. Dostupné z:
[https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/\\$FILE/Cenik_drevostavby.pdf](https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/$FILE/Cenik_drevostavby.pdf)
- Podlahy. Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/produkty/steprock-hd-cz/>



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÝ VÝPOČET

REPORT OF STATIC CALCULATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Gelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2018



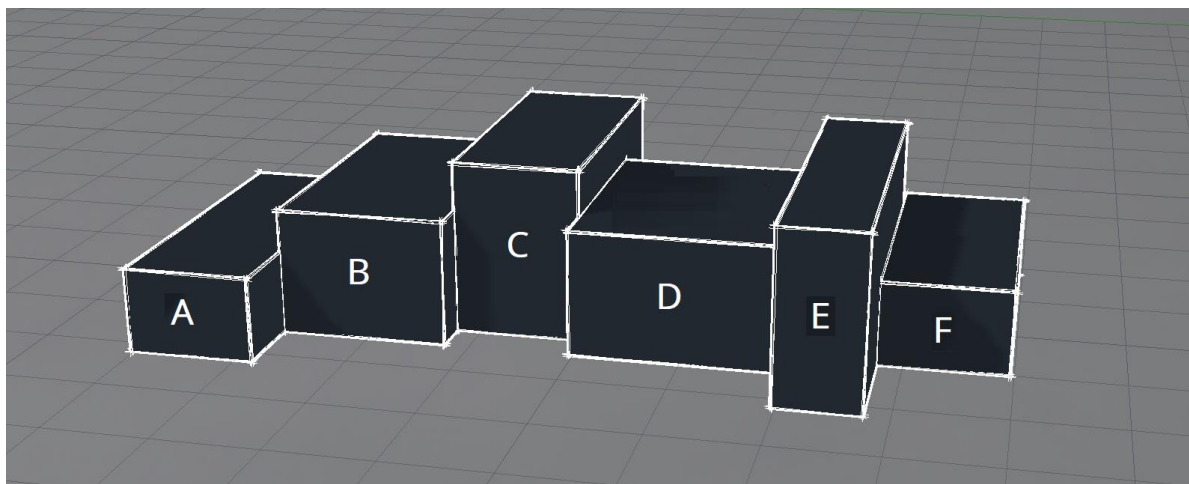
OBSAH

1	GEOMETRIE KONSTRUKCE.....	- 1 -
2	ZATĚŽOVACÍ STAVY A JEJICH KOMBINACE	- 3 -
2.1	STÁLÉ ZATÍŽENÍ.....	- 3 -
2.1.1	ZS1 – VLASTNÍ TÍHA.....	- 3 -
2.1.2	ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ	- 3 -
2.2	PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ.....	- 4 -
2.2.1	SNÍH	- 4 -
2.2.2	VÍTR	- 5 -
	- 8 -
2.3	ZATĚŽOVACÍ STAVY.....	- 10 -
2.4	KOMBINACE ZATÍŽENÍ.....	- 12 -
2.4.1	MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (ULS).....	- 12 -
2.5	MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI (SLS).....	- 12 -
2.5.1	CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE	- 12 -
2.6	HODNOTY VYUŽITÍ PRŮŘEZŮ NA MSP A MSÚ	- 13 -
3	MATERIÁL.....	- 14 -
3.1	VÝPIS PRŮŘEZŮ	- 16 -
3.2	VÝPIS SPOTŘEBY MATERIÁLU.....	- 16 -
4	PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE	- 17 -
5	POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	- 17 -
6	DETAILY	- 19 -
6.1	DETAILY PŘÍPOJE	- 19 -
6.2	DETAILY KOTVENÍ	- 129 -
6.2.1	KOTVENÍ SLOUPU 240 X 240 MM (MAX SÍLA 510KN).....	- 130 -
6.2.2	KOTVENÍ SLOUPU 240 X 240 MM (MAX SÍLA 1000KN)	- 135 -
6.2.3	KOTVENÍ SLOUPU 240 X 320 MM	- 140 -
6.2.4	KOTVENÍ SLOUPU 240 X 460 MM	- 145 -
6.2.5	KOTVENÍ SLOUPU 2 X 180 X 240 MM.....	- 150 -
6.2.6	ALTERNATIVNÍ KOTVENÍ.....	- 157 -
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	- 159 -
7.1	NORMATIVNÍ DOKUMENTY.....	- 159 -
7.2	LITERATURA.....	- 160 -
7.3	POUŽITÉ ZNAKY	- 160 -

1 GEOMETRIE KONSTRUKCE

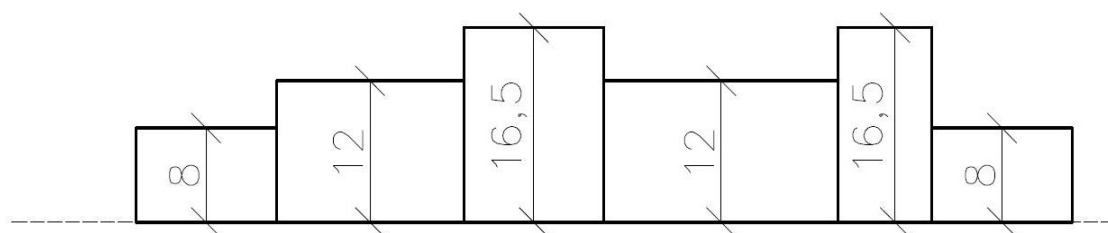
DISPOZICE

Rozdělení objektu na jednotlivé části budov

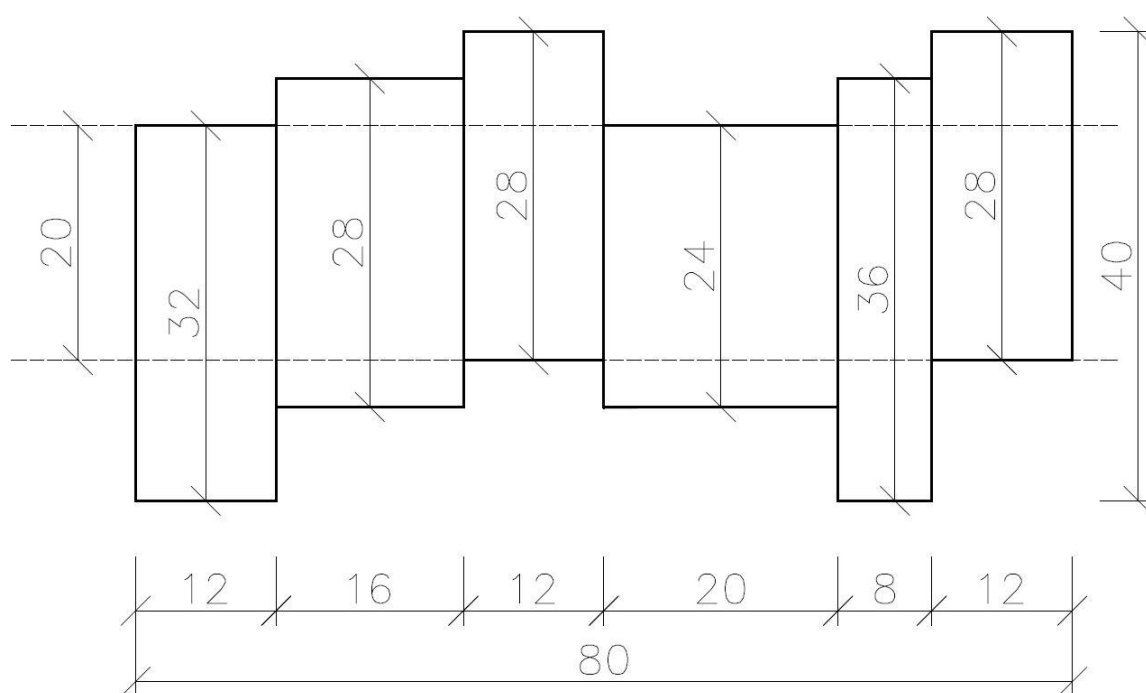


Obrázek 1: Model objektu

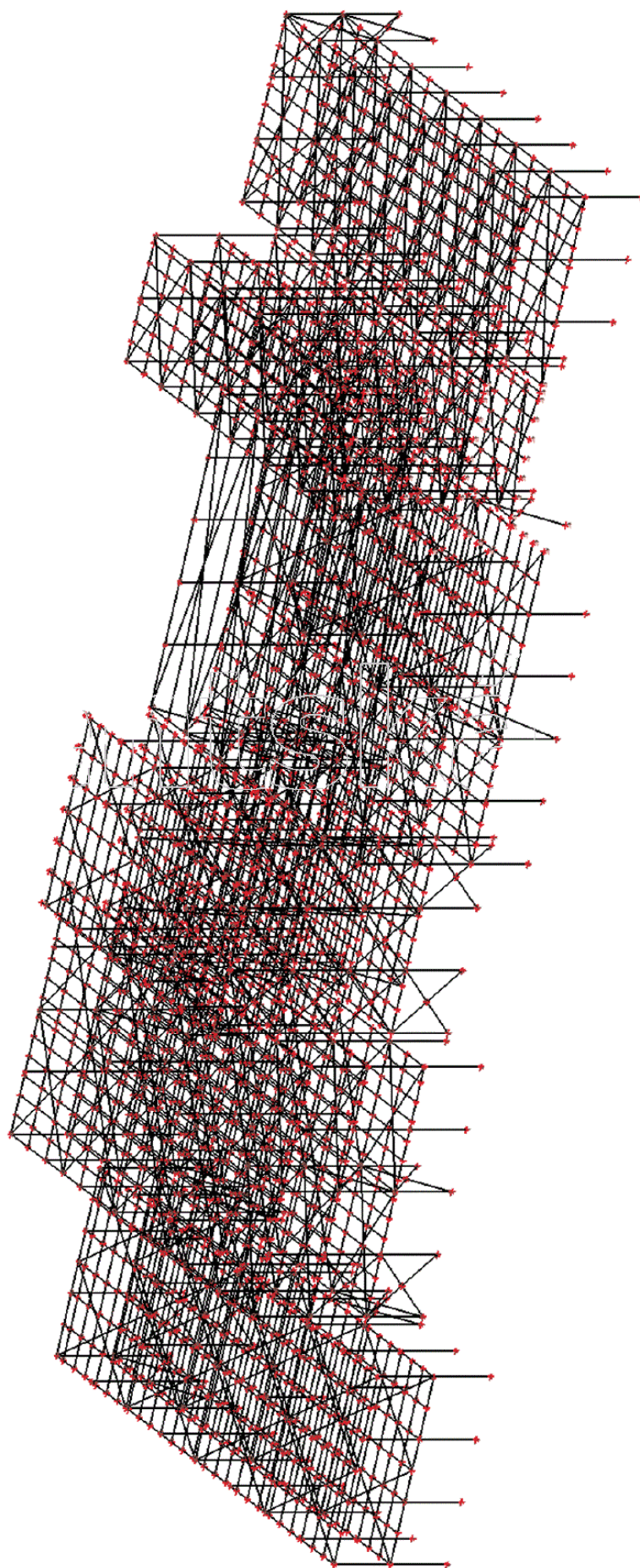
Podélný řez



Půdorys



Obrázek 2: Podélný řez + půdorys



Obrázek 3: Prutový model konstrukce

2 ZATĚŽOVACÍ STAVY A JEJICH KOMBINACE

2.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

2.1.1 ZS1 – VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha je automaticky vygenerovaná z programu SCIA.Engineer 17.01.

2.1.2 ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ

PODLAHA



Obrázek 4: Skladba podlah

1. Nášlapná vrstva (parkety)
2. Roznášecí vrstva - anhydritová vrstva tl. 35 mm
3. Separační PE fólie
4. STEPROCK HD4F nebo STEPROCK HD, tl. 30 mm
5. STEPROCK okrajový pásek
6. Stropní konstrukce – OSB desky 2 x 18mm

$$g_{1k} = 1,30 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{1k} = 1,30 \cdot 1,25 = 1,625 \text{ kN/m}$$

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

BUDOVOY - A; C; E – Zelená úsporná střecha Optigreen

$$g_{2k} = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{2k} = 1,30 \cdot 1,25 = 1,625 \text{ kN/m}$$

BUDOVOY – B; F – Zelená provozní střecha Optigreen

$$g_{3k} = 3 + 0,3 = 3,3 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{3k} = 3,3 \cdot 1,25 = 4,125 \text{ kN/m}$$

BUDOVA – D – Prosklená střecha

$$g_{4k} = 1 \text{ kN/m}^2$$

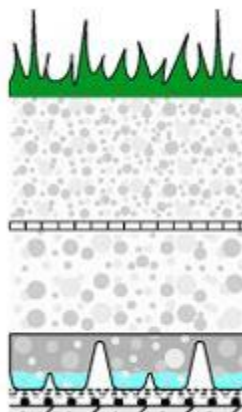
$$g_{4k} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ kN/m}$$

OSTATNÍ STÁLÉ

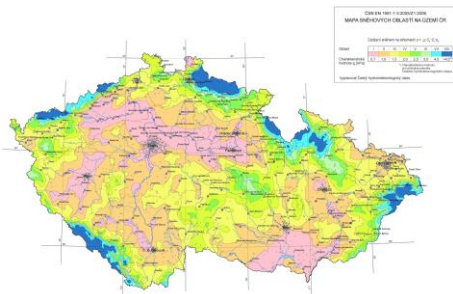
Mezi ostatní stálé zatížení spadá vybavení budov (osvětlení, spojovací prostředky ...)

$$g_{5k} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{5k} = 0,3 \cdot 1,25 = 0,375 \text{ kN/m}$$



Obrázek 5: Skladba zelené střechy



Obrázek 6: Mapa sněhových oblastí

2.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

2.2.1 SNÍH

Lokalita – Olomouc

Sněhová oblast II.

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

$$s_k = 0,67 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{viz. } \text{www.snehovamapa.cz} - \text{ČHMU})$$

$$C_e = 1,0$$

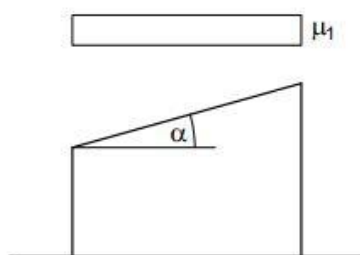
součinitel expozice

$$C_t = 1,0$$

součinitel tepelné propustnosti

$$\mu_i$$

tvarový součinitel μ_i závislý na tvaru a sklonu střechy



Obrázek 7: Plný sníh

2.2.1.1 ZS3 – SNÍH ROVNOMĚRNÝ PLNÝ

$$\mu_1 = 0,8$$

$$s_1 = 0,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,67 = 0,536 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Budovy - 1; 2; 3; 5; 6} \quad s_1 = 0,536 \cdot 1,25 = 0,67 \text{ kN/m}$$

$$\text{Budova - 4} \quad s_1 = 0,536 \cdot 2 = 1,072 \text{ kN/m}$$

2.2.1.2 ZS4/5 – SNÍH ROVNOMĚRNÝ NAVÁTÝ

$$\mu_1 = 0,8$$

$$h_1 = 4\text{m} \quad l_{s1} = 2 \cdot h = 2 \cdot 4 = 8\text{m}$$

$$h_2 = 4,5\text{m} \quad l_{s2} = 2 \cdot h = 2 \cdot 4,5 = 9\text{m}$$

$$h_3 = 8,5\text{m} \quad l_{s3} = 2 \cdot h = 2 \cdot 8,5 = 17\text{m} \rightarrow l_{s3} = 15\text{m}$$

γ je objemová tíha sněhu ($\gamma = 2 \text{ kN.m}^{-3}$)

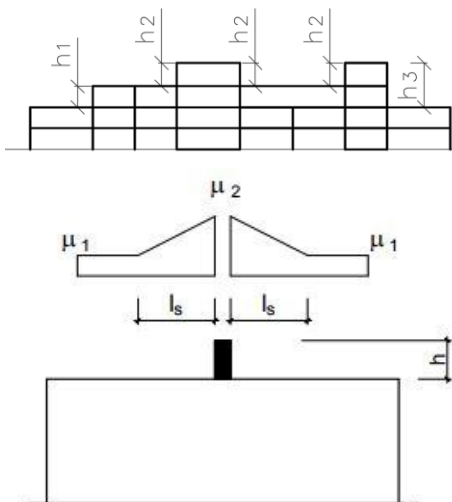
$$\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k$$

$$\mu_{2,1} = \gamma \cdot h_1 / s_k = 2 \cdot 4 / 0,67 = 11,940 \quad \rightarrow \mu_{2,1} = 2$$

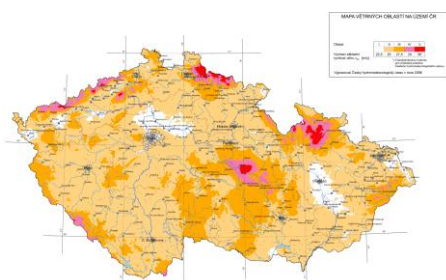
$$\mu_{2,2} = \gamma \cdot h_2 / s_k = 2 \cdot 4,5 / 0,67 = 13,432 \quad \rightarrow \mu_{2,2} = 2$$

$$\mu_{2,3} = \gamma \cdot h_3 / s_k = 2 \cdot 8,5 / 0,67 = 25,373 \quad \rightarrow \mu_{2,2} = 2$$

$$s_{2,1} = s_{2,2} = s_{2,3} = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,67 = 1,34 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 8: Výška překážky, návěje



Obrázek 9: Mapa větrových oblastí

2.2.2 VÍTR

Lokalita – Olomouc

Větrná oblast I.

Typ terénu III.

výška z

$z_1 = 8 \text{ m}$ budovy: A a F

$z_2 = 12 \text{ m}$ budovy: B a D

$z_3 = 16,5 \text{ m}$ budovy: C a E

- základní rychlost větru v_b

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

$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$ výchozí základní rychlost větru (větrná oblast I.)

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

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

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$$

- střední rychlost větru $v_m(z)$

$$v_m(z) = c_{r(z)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b$$

terén III. → $z_0 = 0,3 \text{ m}$

$z_{min} = 5,0 \text{ m}$

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

$c_{r(z)}$ součinitel drsnosti terénu

$c_{o(z)} = 1,0$ součinitel orografie

K_r součinitel terénu

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

$$c_{r(z1)} = K_r \cdot \ln \left[\frac{\max(z_1; z_{min})}{0,3} \right] = 0,215 \cdot \ln \left[\frac{\max(8; 5)}{0,3} \right] = 0,706$$

$$c_{r(z2)} = K_r \cdot \ln \left[\frac{\max(z_2; z_{min})}{0,3} \right] = 0,215 \cdot \ln \left[\frac{\max(12; 5)}{0,3} \right] = 0,793$$

$$c_{r(z3)} = K_r \cdot \ln \left[\frac{\max(z_3; z_{min})}{0,3} \right] = 0,215 \cdot \ln \left[\frac{\max(16,5; 5)}{0,3} \right] = 0,862$$

$$v_m(z)1 = c_{r(z1)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b = 0,706 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 15,885 \text{ m/s}$$

$$v_m(z)2 = c_{r(z2)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b = 0,793 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 17,843 \text{ m/s}$$

$$v_m(z)3 = c_{r(z3)} \cdot c_{o(z)} \cdot v_b = 0,862 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = 19,395 \text{ m/s}$$

- maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_{p(z)} = [1 + 7 \cdot I_{v(z)}] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 m(z)$$

$k_1 = 1,0$ součinitel turbulence

$c_{0(z)} = 1,0$ součinitel orografie

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ měrná hmotnost vzduchu

$$I_{v(z)8} = \frac{k_1}{c_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8}{0,3}\right)} = 0,3046$$

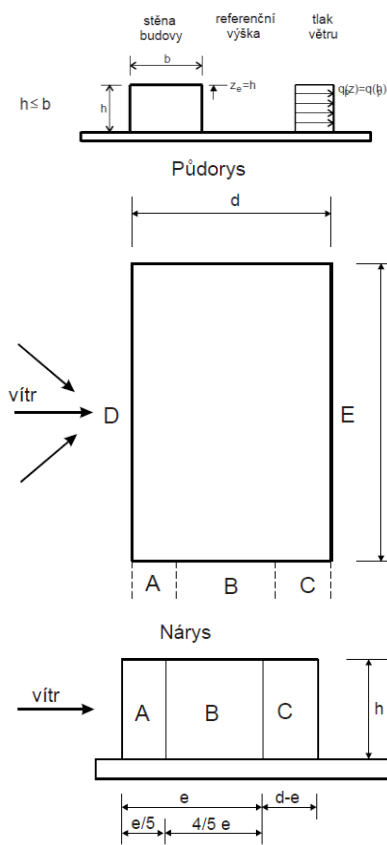
$$I_{v(z)12} = \frac{k_1}{c_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{12}{0,3}\right)} = 0,2711$$

$$I_{v(z)16,5} = \frac{k_1}{c_{0(z)} \cdot \ln\left(\frac{z_3}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{16,5}{0,3}\right)} = 0,2500$$

$$q_{p(z)8} = [1 + 7 \cdot 0,3046] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 15,88^2 = 0,49397 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{p(z)12} = [1 + 7 \cdot 0,2711] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 17,84^2 = 0,57659 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{p(z)16,5} = [1 + 7 \cdot 0,2500] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 19,39^2 = 0,64654 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 10: Zatížení větrem a)

TLAK NA POVRCHY

$W_e = q_{p(z_e)} \cdot C_{pe}$ (vnější)

$W_i = q_{p(z_i)} \cdot C_{pi}$ (vnitřní)

2.2.2.1 ZS6 – VÍTR PŘÍČNÝ

BUDOVA 1

$$h/b = 8/12 = 0,666 \leq 1 \rightarrow q_{p(z)} = q_{p(z_e)} = 0,49397 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d = 8/32 = 0,25$$

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = 12 \text{ m}$$

$$A \rightarrow C_{pe,10,A} = -1,2 \quad w_{e,A} = 0,49397 \cdot (-1,2) = -0,593 \text{ kN/m}^2$$

$$B \rightarrow C_{pe,10,B} = -0,8 \quad w_{e,B} = 0,49397 \cdot (-0,8) = -0,395 \text{ kN/m}^2$$

$$C \rightarrow C_{pe,10,C} = -0,5 \quad w_{e,C} = 0,49397 \cdot (-0,5) = -0,247 \text{ kN/m}^2$$

$$D \rightarrow C_{pe,10,D} = 0,7 \quad w_{e,D} = 0,49397 \cdot 0,7 = 0,346 \text{ kN/m}^2$$

$$E \rightarrow C_{pe,10,E} = -0,3 \quad w_{e,E} = 0,49397 \cdot (-0,3) = -0,148 \text{ kN/m}^2$$

BUDOVA 2

$$h/b = 12/16 = 0,75 \leq 1 \rightarrow q_p(z) = q_p(z_e) = 0,57659 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d = 12/28 = 0,43 \rightarrow \text{interpolace}$$

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = 16 \text{ m}$$

$$A \rightarrow C_{pe,10,A} = -1,2 \quad w_{e,A} = 0,57659 \cdot (-1,2) = -0,692 \text{ kN/m}^2$$

$$B \rightarrow C_{pe,10,B} = -0,944 \quad w_{e,B} = 0,57659 \cdot (-0,944) = -0,544 \text{ kN/m}^2$$

$$C \rightarrow C_{pe,10,C} = -0,5 \quad w_{e,C} = 0,57659 \cdot (-0,5) = -0,288 \text{ kN/m}^2$$

$$D \rightarrow C_{pe,10,D} = 0,724 \quad w_{e,D} = 0,57659 \cdot 0,724 = 0,417 \text{ kN/m}^2$$

$$E \rightarrow C_{pe,10,E} = -0,348 \quad w_{e,E} = 0,57659 \cdot (-0,348) = -0,201 \text{ kN/m}^2$$

BUDOVA 4

$$h/b = 12/20 = 0,6 \leq 1 \rightarrow q_p(z) = q_p(z_e) = 0,57659 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d = 12/24 = 0,5 \rightarrow \text{interpolace}$$

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = 20 \text{ m}$$

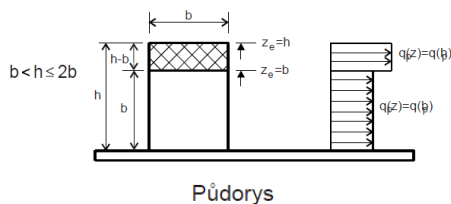
$$A \rightarrow C_{pe,10,A} = -1,2 \quad w_{e,A} = 0,57659 \cdot (-1,2) = -0,692 \text{ kN/m}^2$$

$$B \rightarrow C_{pe,10,B} = -1,1 \quad w_{e,B} = 0,57659 \cdot (-1,1) = -0,634 \text{ kN/m}^2$$

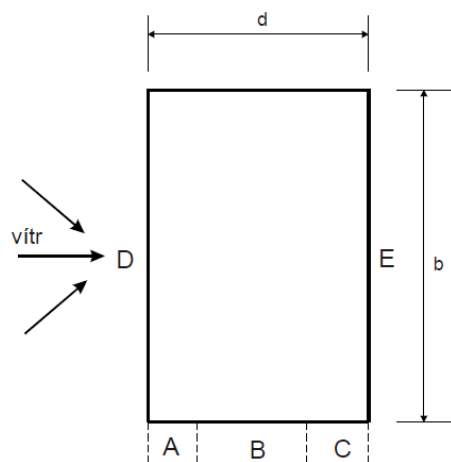
$$C \rightarrow C_{pe,10,C} = -0,5 \quad w_{e,C} = 0,57659 \cdot (-0,5) = -0,288 \text{ kN/m}^2$$

$$D \rightarrow C_{pe,10,D} = 0,75 \quad w_{e,D} = 0,57659 \cdot 0,75 = 0,432 \text{ kN/m}^2$$

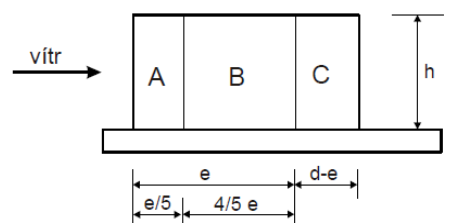
$$E \rightarrow C_{pe,10,E} = -0,4 \quad w_{e,E} = 0,57659 \cdot (-0,4) = -0,231 \text{ kN/m}^2$$



Půdorys



Nárys



Obrázek 11: Zatížení větrem b)

BUDOVA 6

$$h/b = 8/12 = 0,666 \leq 1 \rightarrow q_p(z) = q_p(z_e) = 0,49397 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d = 8/28 = 0,29 \rightarrow \text{interpolace}$$

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = 12 \text{ m}$$

$$A \rightarrow C_{pe,10,A} = -1,2 \quad w_{e,A} = 0,49397 \cdot (-1,2) = -0,593 \text{ kN/m}^2$$

$$B \rightarrow C_{pe,10,B} = -0,828 \quad w_{e,B} = 0,49397 \cdot (-0,828) = -0,409 \text{ kN/m}^2$$

$$C \rightarrow C_{pe,10,C} = -0,5 \quad w_{e,C} = 0,49397 \cdot (-0,5) = -0,247 \text{ kN/m}^2$$

$$D \rightarrow C_{pe,10,D} = 0,705 \quad w_{e,D} = 0,49397 \cdot 0,705 = 0,348 \text{ kN/m}^2$$

$$E \rightarrow C_{pe,10,E} = -0,309 \quad w_{e,E} = 0,49397 \cdot (-0,309) = -0,153 \text{ kN/m}^2$$

BUDOVA 3

$$h/b = 16,5/12 = 1,375 \geq 1 \rightarrow 1) q_p(z) = q_p(b)_{12} = 0,57659 \text{ kN/m}^2$$

$$2) q_p(z) = q_p(h)_{16,5} = 0,64654 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d = 16,5/28 = 0,59 \rightarrow \text{interpolace}$$

$$e = \min(b; 2 \cdot h) = 12 \text{ m}$$

1)

$$A \rightarrow C_{pe,10,A} = -1,2 \quad w_{e,A} = 0,57659 \cdot (-1,2) = -0,692 \text{ kN/m}^2$$

$$B \rightarrow C_{pe,10,B} = -1,071 \quad w_{e,B} = 0,57659 \cdot (-1,071) = -0,618 \text{ kN/m}^2$$

$$C \rightarrow C_{pe,10,C} = -0,5 \quad w_{e,C} = 0,57659 \cdot (-0,5) = -0,288 \text{ kN/m}^2$$

$$D \rightarrow C_{pe,10,D} = 0,8 \quad w_{e,D} = 0,57659 \cdot 0,8 = 0,461 \text{ kN/m}^2$$

$$E \rightarrow C_{pe,10,E} = -0,39 \quad w_{e,E} = 0,57659 \cdot (-0,39) = -0,225 \text{ kN/m}^2$$

2)

A → $C_{pe,10,A} = -1,2$ $w_{e,A} = 0,64654 \cdot (-1,2) = -0,776 \text{ kN/m}^2$

B → $C_{pe,10,B} = -1,071$ $w_{e,B} = 0,64654 \cdot (-1,071) = -0,692 \text{ kN/m}^2$

C → $C_{pe,10,C} = -0,5$ $w_{e,C} = 0,64654 \cdot (-0,5) = -0,323 \text{ kN/m}^2$

D → $C_{pe,10,D} = 0,8$ $w_{e,D} = 0,64654 \cdot 0,8 = 0,517 \text{ kN/m}^2$

E → $C_{pe,10,E} = -0,39$ $w_{e,E} = 0,64654 \cdot (-0,39) = -0,252 \text{ kN/m}^2$

BUDOVA 5

$h/b = 16,5/8 = 2,063 \geq 1 \rightarrow$ 1) $q_p(z) = q_p(b)_8 = 0,49397 \text{ kN/m}^2$

2) $q_p(z) = q_p(h)_{16,5} = 0,64654 \text{ kN/m}^2$

$h/d = 16,5/36 = 0,59 \rightarrow$ interpolace

$e = \min(b; 2 \cdot h) = 8 \text{ m}$

1)

A → $C_{pe,10,A} = -1,2$ $w_{e,A} = 0,49397 \cdot (-1,2) = -0,593 \text{ kN/m}^2$

B → $C_{pe,10,B} = -0,967$ $w_{e,B} = 0,49397 \cdot (-0,967) = -0,478 \text{ kN/m}^2$

C → $C_{pe,10,C} = -0,5$ $w_{e,C} = 0,49397 \cdot (-0,5) = -0,247 \text{ kN/m}^2$

D → $C_{pe,10,D} = 0,728$ $w_{e,D} = 0,49397 \cdot 0,728 = 0,360 \text{ kN/m}^2$

E → $C_{pe,10,E} = -0,356$ $w_{e,E} = 0,49397 \cdot (-0,356) = -0,176 \text{ kN/m}^2$

2)

A → $C_{pe,10,A} = -1,2$ $w_{e,A} = 0,64654 \cdot (-1,2) = -0,776 \text{ kN/m}^2$

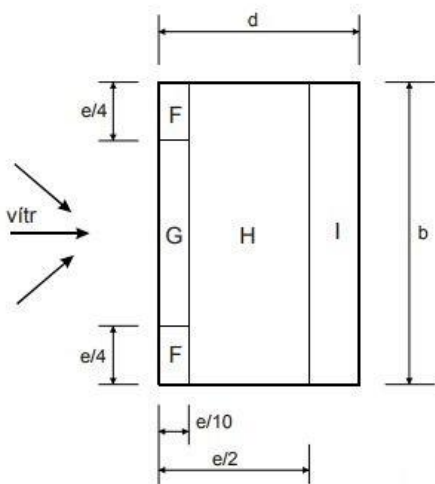
B → $C_{pe,10,B} = -0,967$ $w_{e,B} = 0,64654 \cdot (-0,967) = -0,625 \text{ kN/m}^2$

C → $C_{pe,10,C} = -0,5$ $w_{e,C} = 0,64654 \cdot (-0,5) = -0,323 \text{ kN/m}^2$

D → $C_{pe,10,D} = 0,728$ $w_{e,D} = 0,64654 \cdot 0,728 = 0,471 \text{ kN/m}^2$

E → $C_{pe,10,E} = -0,356$ $w_{e,E} = 0,64654 \cdot (-0,356) = -0,230 \text{ kN/m}^2$

PLOCHÁ STŘECHA



$e = \min(b; 2h)$

b ... rozměr kolmo na směr větru

Obrázek 12: Zatížení ploché střechy

BUDOVA	1	2	3	4	5	6
h	8	12	16,5	12	16,5	8
b	12	16	12	20	8	12
e	12	16	12	20	8	12
d	32	28	28	24	36	28
$q_p(z)=q_p(z_e)$	0,494	0,577	0,647	0,577	0,647	0,494
$C_{pe,10,F}$	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8
$C_{pe,10,G}$	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
$C_{pe,10,H}$	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
$C_{pe,10,I}$	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
$C_{pe,10,J}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$w_{e,F}$ [kN/m ²]	-0,889	-1,038	-1,164	-1,038	-1,164	-0,889
$w_{e,G}$ [kN/m ²]	-0,593	-0,692	-0,776	-0,692	-0,776	-0,593
$w_{e,H}$ [kN/m ²]	-0,346	-0,404	-0,453	-0,404	-0,453	-0,346
$w_{e,I}$ [kN/m ²]	-0,099	-0,115	-0,129	-0,115	-0,129	-0,099
$w_{e,J}$ [kN/m ²]	0,099	0,115	0,129	0,115	0,129	0,099

2.2.2.2 ZS7/ZS8 – VÍTR PODÉLNÝ - LEVÝ/PRAVÝ

BUDOVA	1	2	3	4	5	6
h	8	12	16,5	12	16,5	8
b	32	28	28	24	36	28
h/b	0,250	0,429	0,589	0,500	0,458	0,286
e	16	24	28	24	33	16
d	12	16	12	20	8	12
e/d	1,333	1,500	2,333	1,200	4,125	1,333
h/d	0,667	0,750	1,375	0,600	2,063	0,667
$q_p(z)=q_p(z_e)$	0,494	0,577	0,647	0,577	0,647	0,494
$C_{pe,10,A}$	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
$C_{pe,10,B}$	-1,133	-1,200	-1,344	-1,080	1,241	-1,133
$C_{pe,10,D}$	0,756	0,767	0,800	0,747	0,800	0,756
$C_{pe,10,E}$	-0,411	-0,433	-0,519	-0,393	-0,553	-0,411
$w_{e,A}$ [kN/m ²]	-0,593	-0,692	-0,776	-0,692	-0,776	-0,593
$w_{e,B}$ [kN/m ²]	-0,560	-0,692	-0,869	-0,623	-0,802	-0,560
$w_{e,D}$ [kN/m ²]	0,373	0,442	0,517	0,431	0,517	0,373
$w_{e,E}$ [kN/m ²]	-0,203	-0,250	-0,336	-0,227	-0,358	-0,203

PLOCHÁ STŘECHA

BUDOVA	1	2	3	4	5	6
h	8	12	16,5	12	16,5	8
b	32	28	28	24	36	28
e	16	24	28	24	33	16
d	12	16	12	20	8	12
$q_p(z)=q_p(z_e)$	0,494	0,577	0,647	0,577	0,647	0,494
$C_{pe,10,F}$	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8
$C_{pe,10,G}$	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
$C_{pe,10,H}$	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7
$C_{pe,10,I-}$	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
$C_{pe,10,I+}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
$w_{e,F}$ [kN/m ²]	-0,889	-1,038	-1,164	-1,038	-1,164	-0,889
$w_{e,G}$ [kN/m ²]	-0,593	-0,692	-0,776	-0,692	-0,776	-0,593
$w_{e,H}$ [kN/m ²]	-0,346	-0,404	-0,453	-0,404	-0,453	-0,346
$w_{e,I}$ [kN/m ²]	-0,099	-0,115	-0,129	-0,115	-0,129	-0,099
	0,099	0,115	0,129	0,115	0,129	0,099

2.2.2.3 ZS9 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

Kategorie B → Kancelářské plochy

$$q_{1k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Kategorie C → Plochy, kde může docházet ke shromažďování.

C1: Plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.

$$q_{2k} = 3 \text{ kN/m}^2$$

C3: Plochy bez překážek pro pohyb osob, např. muzea, výstavní sítě, přístupové plochy v nemocnicích.

$$q_{3k} = 5 \text{ kN/m}^2$$

2.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

ZS1 – Vlastní tíha

ZS2 – Ostatní stálé

ZS3 – Sníh - plný

ZS4/5 – Sníh - navátý

ZS6 – a) Vítr - příčný - sání

b) Vítr - příčný - tlak

ZS7 – a) Vítr - podélný - levý – sání

b) Vítr - podélný - levý - tlak

ZS8 – a) Vítr - podélný - pravý – sání

b) Vítr - podélný - pravý – tlak

ZS9 – a) Užitné zatížení – plné

b) Užitné zatížení – šach 1

c) Užitné zatížení – šach 2

d) Užitné zatížení – šach 3

e) Užitné zatížení – šach 4

Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1_vlastní tíha		Stálé Vlastní tíha	stálé	-Z		
ZS2_ostatní stálé		Stálé Standard	stálé			
ZS3_sníh plný	Standard	Proměnné Statické	sníh		Krátkodobé	Žádný
ZS4/5_sníh navátý	Standard	Proměnné Statické	sníh		Krátkodobé	Žádný
ZS6a_vítr příčný, SÁNÍ	Standard	Proměnné Statické	vítr		Krátkodobé	Žádný
ZS6b_vítr příčný, TLAK na střechu	Standard	Proměnné Statické	vítr		Krátkodobé	Žádný
ZS7a_vítr podélný_LEVÝ_sání	Standard	Proměnné Statické	vítr		Krátkodobé	Žádný
ZS7b_vítr podélný_LEVÝ_tlak	Standard	Proměnné Statické	vítr		Krátkodobé	Žádný
ZS8a_vítr podélný_PRAVÝ_sání	Standard	Proměnné Statické	vítr		Krátkodobé	Žádný
ZS8b_vítr podélný_PRAVÝ_tlak	Standard	Proměnné Statické	vítr		Krátkodobé	Žádný
ZS9a_užitné zatížení_plné	Standard	Proměnné Statické	užitné		Krátkodobé	Žádný
ZS9b_užitné zatížení_šach1	Standard	Proměnné Statické	užitné		Krátkodobé	Žádný
ZS9c_užitné zatížení_šach2	Standard	Proměnné Statické	užitné		Krátkodobé	Žádný
ZS9d_užitné zatížení_šach3	Standard	Proměnné Statické	užitné		Krátkodobé	Žádný
ZS9e_užitné zatížení_šach4	Standard	Proměnné Statické	užitné		Krátkodobé	Žádný

Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
stálé	Stálé		
sníh	Proměnné	Výběrová	Sníh
vítr	Proměnné	Výběrová	Vítr
užitné	Proměnné	Výběrová	Kat C : shromáždění

Obrázek 13: Zatěžovací stavy + Skupiny zatížení

2.4 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

2.4.1 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI (ULS)

STÁLÁ ZATÍŽENÍ

$\gamma_{g,sup} = 1,35$ (nepříznivé účinky)

$\gamma_{g,inf} = 1,00$ (příznivé účinky)

PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

$\gamma_{q,sup} = 1,5$ (nepříznivé účinky)

$\gamma_{q,inf} = 0,0$ (příznivé účinky)

Kombinační součinitele zatížení Ψ

Zatížení sněhem (dle ČSN EN 1991-1-3) ve výšce $H \leq 1000$ m n. m.

$\psi_0 = 0,5$

Zatížení větrem (dle ČSN EN 1991-1-4)

$\psi_0 = 0,6$

$\xi_j = 0,85$ (EN 1990, příloha A)

Návrhové hodnoty zatížení (STR/GEO) (souborB)

Rovnice 6.10a:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b:

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

2.5 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI (SLS)

2.5.1 CHARAKTERISTICKÁ KOMBINACE

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]			
únosnost		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1_vlastní tíha	1,00			
			ZS2_ostatní stálé	1,00			
			ZS3_sníh plný	1,00			
			ZS4/5_sníh navátý	1,00			
			ZS6a_vítr příčný, SÁNÍ	1,00			
			ZS6b_vítr příčný, TLAK na střeche	1,00			
			ZS7a_vítr podélný_LEVÝ_sání	1,00			
			ZS7b_vítr podélný_LEVÝ_tlak	1,00			
			ZS8a_vítr podélný_PRAVÝ_sání	1,00			
			ZS8b_vítr podélný_PRAVÝ_tlak	1,00			
			ZS9a_užitné zatížení_plné	1,00			
			použitelnost		EN-MSP charakteristická	ZS1_vlastní tíha	1,00
						ZS2_ostatní stálé	1,00
ZS3_sníh plný	1,00						
ZS4/5_sníh navátý	1,00						
ZS6a_vítr příčný, SÁNÍ	1,00						
ZS6b_vítr příčný, TLAK na střeche	1,00						
ZS7a_vítr podélný_LEVÝ_sání	1,00						
ZS7b_vítr podélný_LEVÝ_tlak	1,00						
ZS8a_vítr podélný_PRAVÝ_sání	1,00						
ZS8b_vítr podélný_PRAVÝ_tlak	1,00						
ZS9a_užitné zatížení_plné	1,00						

Skupiny výsledků

Jméno	Výpis
Všechny MSU	únosnost - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B
Všechny MSP	použitelnost - EN-MSP charakteristická
Vše MSÚ+MSP	únosnost - EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B použitelnost - EN-MSP charakteristická

Obrázek 14: Kombinace + Skupiny výsledků

2.6 HODNOTY VYUŽITÍ PRŮŘEZŮ NA MSP A MSÚ

PRVEK	PRŮŘEZ	MSÚ	MSP
NOSNÍKY	80 x 220	85%	90%
TRÁMY	240 x 600	97%	98%
PRŮVLAKY	240 x 800	78%	91%
	240 x 1000	96%	98%
	240 x 1200	74%	88%
	2x180 x 1050	95%	65%
VAZNÍKY	200 x 1100	73%	94%
SLOUPY	240 x 240	99%	49%
	240 x 320	97%	9%
	240 x 460	98%	4%
	2x180 x 240	84%	3%

3 MATERIÁL

Konstrukční prvky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva GL24h a GI32h pro více namáhané části konstrukce. Spojovací prvky jsou navrženy z oceli S355.

Dřevo lepené lamelové GL24h – tloušťka lamel 50mm.

Třída pevnosti		GL24h
hustota [kg/m ³]	ρ_k	420,00
Charakteristické hodnoty pevností [MPa]		
pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24,00
pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	19,20
pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,50
pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	24,00
pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,50
pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	3,50
Charakteristické hodnoty tuhostí [GPa]		
průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	11,50
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05}$	9,60
průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean}$	0,30
průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,65

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{19,2}{1,25} = 13,82 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$k_{mod} = 0,9$ Modifikační součinitel pro třídu vlhkosti a trvání zatížení

$\gamma_M = 1,25$ Dílčí součinitel vlastnosti materiálu – lepené lamelové dřevo

Dřevo lepené lamelové GL32h – tloušťka lamel 50mm.

Třída pevnosti		GL32h
hustota [kg/m ³]	ρ _k	490,00
Charakteritické hodnoty pevností [MPa]		
pevnost v ohybu	f _{m,k}	32,00
pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	f _{t,0,k}	25,60
pevnost v tahu kolmo k vláknům	f _{t,90,k}	0,50
pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	f _{c,0,k}	32,00
pevnost v tlaku kolmo k vláknům	f _{c,90,k}	2,50
pevnost ve smyku	f _{v,k}	3,50
Charakteritické hodnoty tuhostí [GPa]		
průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	E _{0,mean}	14,20
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	E _{0,05}	11,80
průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	E _{90,mean}	0,30
průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G _{mean}	0,65

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{25,60}{1,25} = 18,43 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{0,5}{1,25} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{32}{1,25} = 23,04 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$k_{mod} = 0,9$ Modifikační součinitel pro třídu vlhkosti a trvání zatížení

$\gamma_M = 1,25$ Dílčí součinitel vlastnosti materiálu – lepené lamelové dřevo

Ocel S355

Mez kluzu $f_y = 355 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $f_u = 490 \text{ MPa}$

3.1 VÝPIS PRŮŘEZŮ

Jméno	Typ	Materiál	Výroba	A [m ²]	A _y [m ²]	I _y [m ⁴]	W _{el,y} [m ³]	W _{pl,y} [m ³]	Barva
					A _z [m ²]	I _z [m ⁴]	W _{el,z} [m ³]	W _{pl,z} [m ³]	
NOSNÍKY	OBDEL 80; 220	GL 24h (EN 14080)	dřevo	1,7600e-02	1,4667e-02	7,0987e-05	6,4533e-04	8,6044e-04	
TRÁMY	OBDEL 240; 600	GL 32h (EN 14080)	dřevo	1,4400e-01	1,2000e-01	4,3200e-03	1,4400e-02	1,9200e-02	
VAZNÍKY	OBDEL 200; 1100	GL 32h (EN 14080)	dřevo	2,2000e-01	1,8333e-01	2,2183e-02	4,0333e-02	5,3778e-02	■
P 800	OBDEL 240; 800	GL 32h (EN 14080)	dřevo	1,9200e-01	1,6000e-01	1,0240e-02	2,5600e-02	3,4133e-02	■
P 1000	OBDEL 240; 1000	GL 32h (EN 14080)	dřevo	2,4000e-01	2,0000e-01	2,0000e-02	4,0000e-02	5,3333e-02	■
P 1200	OBDEL 240; 1200	GL 32h (EN 14080)	dřevo	2,8800e-01	2,4000e-01	3,4560e-02	5,7600e-02	7,6800e-02	■
P zdvojeny	2 Obdel 180; 1050; 0	GL 32h (EN 14080)	dřevo	3,7800e-01	3,1522e-01	3,4729e-02	6,6150e-02	8,8200e-02	■
SLOUPY 240	OBDEL 240; 240	GL 32h (EN 14080)	dřevo	5,7600e-02	4,8000e-02	2,7648e-04	2,3040e-03	3,0720e-03	■
SLOUPY 320	OBDEL 240; 320	GL 32h (EN 14080)	dřevo	7,6800e-02	6,4000e-02	6,5536e-04	4,0960e-03	5,4613e-03	■
SLOUPY 460	OBDEL 240; 460	GL 32h (EN 14080)	dřevo	1,1040e-01	9,2000e-02	1,9467e-03	8,4640e-03	1,1285e-02	■
SL zdvojeny	2 Obdel 180; 240; 0	GL 32h (EN 14080)	dřevo	8,6400e-02	7,2000e-02	4,1472e-04	3,4560e-03	4,6080e-03	■

3.2 VÝPIS SPOTŘEBY MATERIÁLU

Timber ECS

Jméno	Typ dřeva	μ	E _{mod} [MPa]	f _{m,k} [MPa]	f _{t,0,k} [MPa]	f _{t,90,k} [MPa]	f _{c,0,k} [MPa]	f _{c,90,k} [MPa]	f _{v,k} [MPa]	Barva
			ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G _{mod} [MPa]					
GL 24h (EN 14080)	Lepené, laminované 420,0	0 0,00	1,1500e+04 6,5000e+02	24,0	19,2	0,5	24,0	2,5	3,5	■
GL 32h (EN 14080)	Lepené, laminované 490,0	0 0,00	1,4200e+04 6,5000e+02	32,0	25,6	0,5	32,0	2,5	3,5	■

Nejméně namáhané prvky nosníky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h. Trámy, průvlaky, vazník a sloupy jsou z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h. Ostatní prvky jako jsou plechy spojů, diagonály příčného ztužidla, kolíky a přesné svorníky jsou z oceli třídy pevnosti S355.

Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]	Objemová hmotnost [kg/m ³]	Objem [m ³]
NOSNÍKY - (80 x 220)	GL 24h	7,4	4152,0	30691,1	2491,2	420	73,1
TRÁMY - (240 x 600)	GL 32h	70,6	2980,0	210273,5	5006,5	490	429,1
PRŮVLAKY - (240 x 800)		94,1	700,5	65903,2	1457,0		134,5
PRŮVLAKY - (240 x 1000)		117,6	400,0	47040,0	992,0		96,0
PRŮVLAKY - (240 x 1200)		141,1	72,0	10160,6	207,4		20,7
PRŮVLAKY - (2 x 180 x 1050)		185,2	36,0	6667,9	101,5		13,6
VAZNÍKY - (200 x 1100)		107,8	220,0	23716,0	572,0		48,4
SLOUPY - (240 x 240)		28,2	1169,5	33008,1	1122,7		67,4
SLOUPY - (240 x 320)		37,6	32,0	1204,2	35,8		2,5
SLOUPY - (240 x 460)		54,1	16,0	865,5	22,4		1,8
SLOUPY - (2 x 180 x 240)		42,3	24,0	1016,1	28,8		2,1

Materiál	Celková hmotnost materiálu [t]	Celková hmotnost konstrukce [t]
GL 24h	30,69	430,55
GL 32h	399,86	

4 PŘEDPOKLADY NÁVRHU NOSNÉ KONSTRUKCE

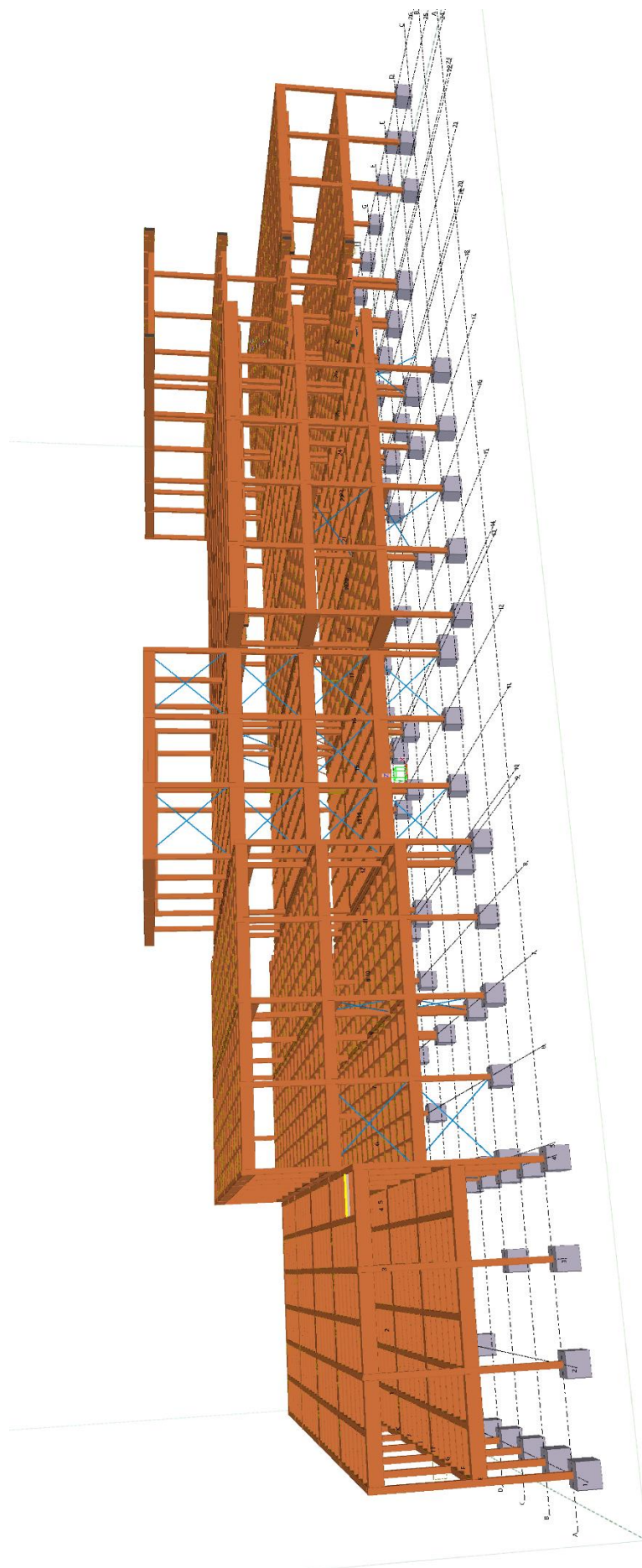
Statické posouzení nosné dřevěné konstrukce v objektu Technického muzea v Olomouci je provedeno na:

- Mezní stav únosnosti s uvážením vlivu ztráty stability prvků na nejnepříznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24h, GL32h.
- Mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější z kombinací charakteristických hodnot zatížení, přičemž mezní hodnoty přetvoření byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24h, GL32h.

5 POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Statická analýza nosné dřevěné konstrukce v objektu Technického muzea v Olomouci byla provedena metodou konečných prvků programovým systémem Scia Engineer 17.01. Výpočtem byl analyzován prostorový prutový model nosné dřevěné konstrukce objektu, a to na účinky stálých a proměnných zatížení. Statický výpočet byl proveden jako lineární.

Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosných konstrukcí jako celku i jejich jednotlivých elementů bylo provedeno v souladu s normativními dokumenty ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí. V rámci výpočtu byla posouzena únosnost konstrukce proti globální ztrátě stability i únosnost prvků konstrukce proti lokální ztrátě stability.



Obrázek 15: 3D model konstrukce

6 DETAILS

6.1 DETAILS PŘÍPOJE

Konstrukce obsahuje obrovské množství detailů. S přihlédnutím k rozsahu diplomové práce byly vybrány zásadní detaily z každé skupiny přípojí, které jsou napočítány a narýsovány. Od těchto detailů se dají případně odvodit jejich alternativní uspořádání pro použití v ostatních částech konstrukce. Všechny přípoje jsou navrženy na extrémní zatížení, které je v jednotlivých prvcích vyvoláno. Celkem se tedy jedná o 15 přípojí, viz výpis dole. Rozměry jsou uváděny v mm.

P1 – NOSNÍK 80x220 na TRÁM 240x600

P2 – TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 240x1000

P3 – VAZNÍK 200x1100 na PRŮVLAK 240x800

P4 – VAZNÍK 200x1100 na SLOUP 240x240

P5 – PRŮVLAK 240x800 na SLOUP 240x240

P6 – PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x240

P7 – PRŮVLAK 240x1000 na SLOUP 240x320

P8 – PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x240

P9 – PRŮVLAK 240x1200 na SLOUP 240x320

P10 – TRÁM 240x600 na PRŮVLAK 2x180x1050

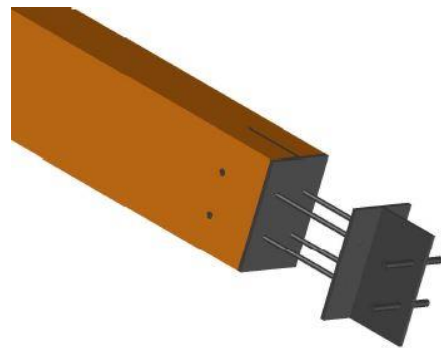
P11 – PRŮVLAK 240x800 na PRŮVLAK 2x180x1050

P12 – TRÁM 240x600 a PRŮVLAKY 240x800 a 2x180x1050 na SLOUP 2x180x1050

P13 – PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x460

P14 – PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x320

P15 – PRŮVLAK 2x180x1050 a TRÁM 240x600 na SLOUP 240x240



U nosníků jsou navrženy opěrky o délce 60 mm a 80 mm u vyšších nosníků, které redukují posouvající sílu v prvku. Též jsou výhodné z montážních důvodů, jelikož se o ně opře nosník při montáži, který se pak nemusí dodatečně výškově rovnat.

Tloušťky vnitřních plechů jsou od 6 mm do 8 mm a tloušťka vnějších plechů je 10 mm. Plechy jsou svařeny koutovým svarem tloušťky 4 mm. Vnitřní plechy jsou po celé výšce nosníků a jejich funkce není pouze přenos sil, ale slouží i pro zajištění proti klopení.

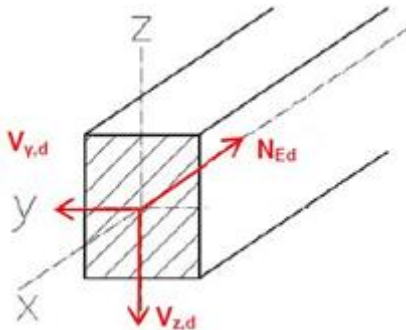
Pozn.: Ve zdvojeném nosníku 2x180x1050 byly navrženy konstrukčně průběžné svorníky $\varnothing 12$ po vzdálenostech 500 mm kvůli soudržnosti prvku.

POSOUZENÍ PŘÍPOJE - P1 NOSNÍKU 80 x 220 NA TRÁM 240 x 600

Nosníky jsou připojeny pomocí plechů.

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 1.39 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 16.85 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 36.12 \text{ kN}$$



SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

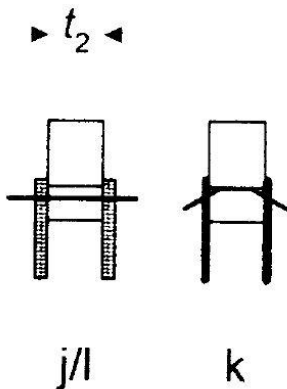
$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$



$$F_{v,Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 57.85 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 12 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk.j}, F_{v,Rk.g}) = 12 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 10.38 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 16.91 \text{ kN}$$

Navrhuji 2 svorníky $\phi 12\text{mm}$

$$n := 2$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 8.45 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 40.15 \text{ kN}$$

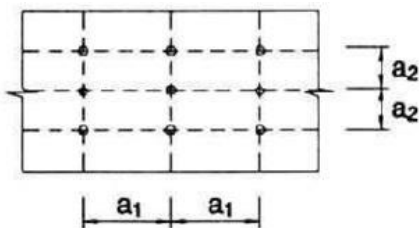
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := 2 \cdot N_{Ed} = 72.24 \text{ kN}$$

$$n := 2$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji konstrukčně 4 svorníky $\phi 12\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

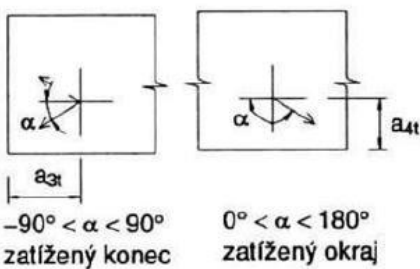
$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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



Parametry kolíků a svorníků - NOSNÍK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 6 \text{ mm}$

NOSNÍK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

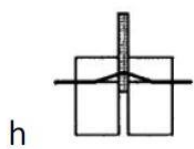
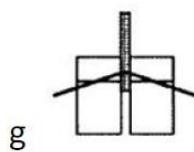
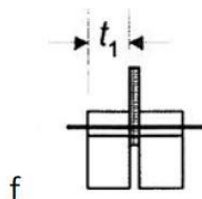
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 37.2 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{80 \text{ mm} - t}{2} = 37 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 16.52 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

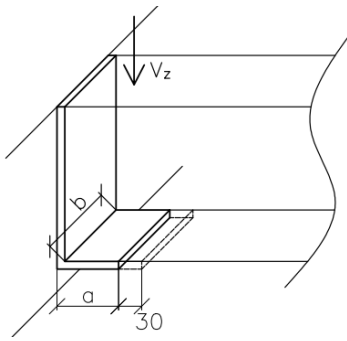
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 10.82 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 16.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 10.82 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 7.49 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

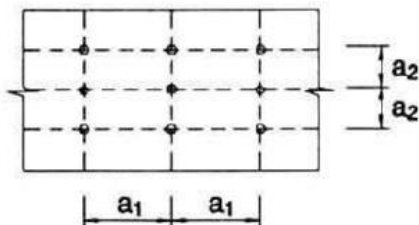
$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{délka opěrky} \quad a &:= 60 \text{ mm} & b &:= 80 \text{ mm} & t &:= 6 \text{ mm} \\ o &:= a + 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 11.53 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, “Vyhoví”, “Vzd.nové”) = “Vzd.nové”

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 5.32 \text{ kN}$$



Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_{1t} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

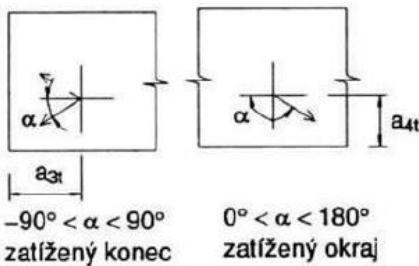
$$a_{2t} := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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



Posouzení spoje na střih

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 4$$

$$\text{excentricita} \quad e := 127.5 \text{ mm}$$

$$\text{ramena sil} \quad r_1 := 73.53 \text{ mm}$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1.Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 1.33 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 9.03 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 0.6787 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1.Ed,M} := 0.23076 \text{ kN}$$

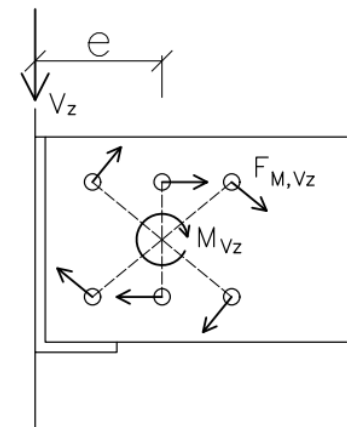
Výslednice sil - vektorový součet

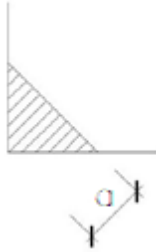
$$F_{1.Ed} := F_{1.Ed,V} + F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M}$$

$$F_{1.Ed} := 9.33 \text{ kN} \quad (\text{z AutoCadu})$$

Navrhují 2 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 12 \text{ mm}$

if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”





POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svařem

$$N_{Ed} = 36.12 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 16.85 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 220 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 1760 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 14.51 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 14.51 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 9.57 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 33.43 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

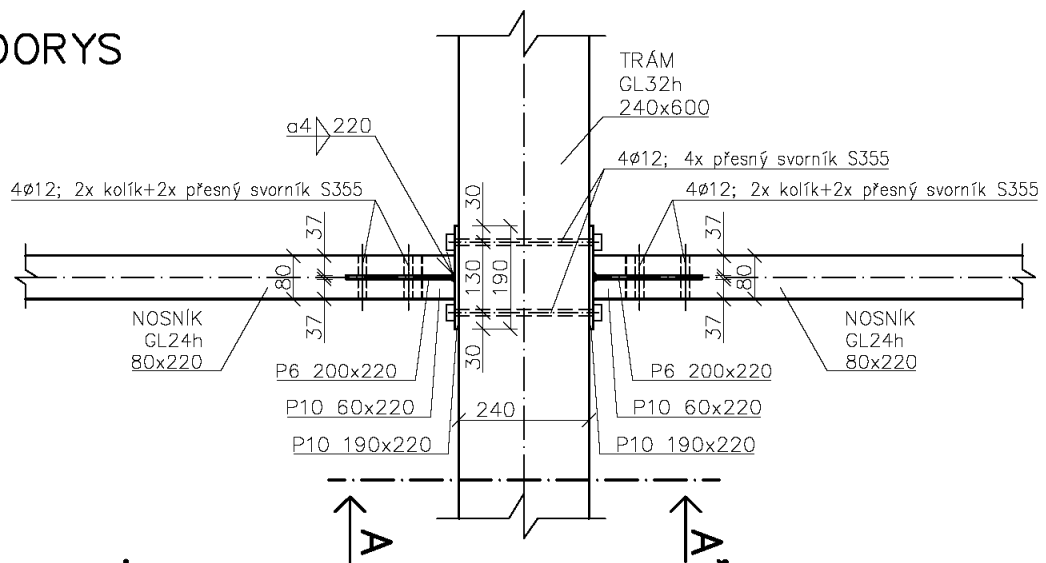
$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

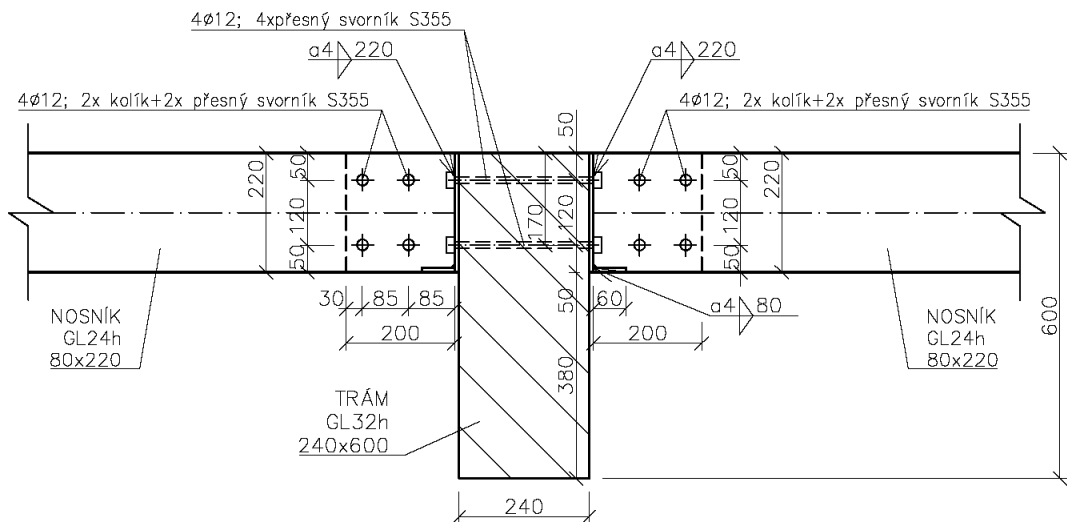
$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

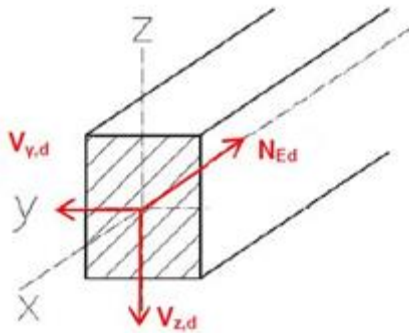
DETAIL P1 – přípoj nosníku 80x220 na trám 240x600 M 1:10

PŮDORYS



Řez A–A'





POSOUZENÍ PŘÍPOJE P2 TRÁMU 240 x 600 NA PRŮVLAK 240 x 1000

Trámy jsou připojeny pomocí plechů.

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 68.42 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 96.44 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 120.09 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

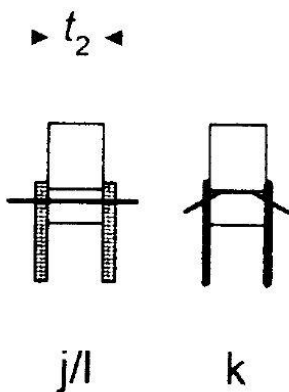
$$F_{v,Rk,j} := 0.5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 96.41 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,j}, F_{v,Rk,g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 118.25 \text{ kN}$$

Navrhují 5 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 5$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 23.65 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

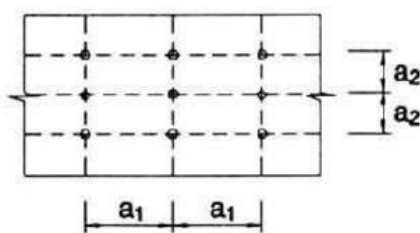
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := 2 \cdot N_{Ed} = 240.18 \text{ kN}$$

$$n := 3$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhují 6 svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

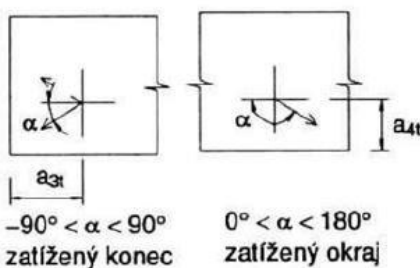
$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Parametry kolků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

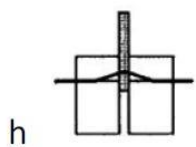
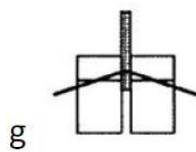
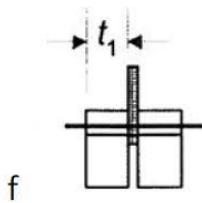
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

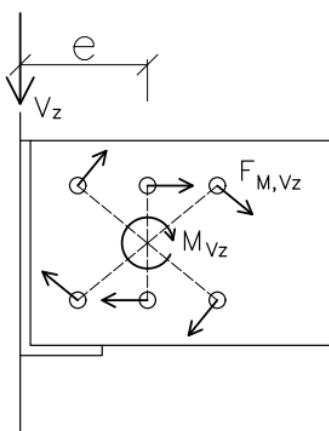
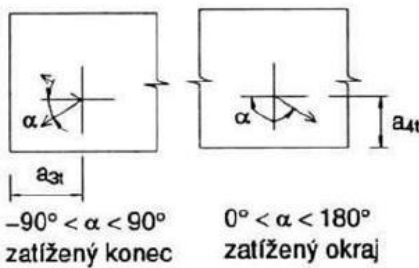
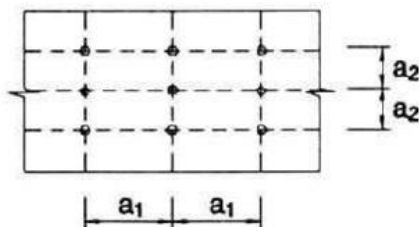
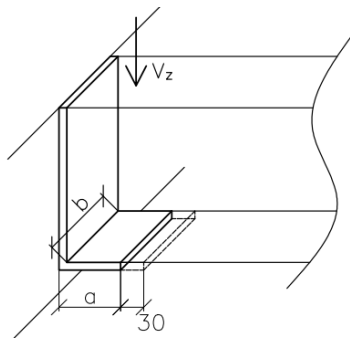
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 52.27 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

počet spoj. prvků $n := 4$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 70 \text{ mm}$

$r_2 := 210 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 13.07 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 30.02 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 7.3179 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 15.681 \text{ kN}$$

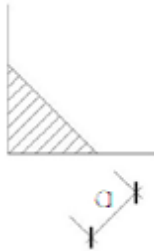
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.53 \text{ kN}$$

Navrhuj 2 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 120.09 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 96.44 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 600 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 17.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 17.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 20.09 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 49.63 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

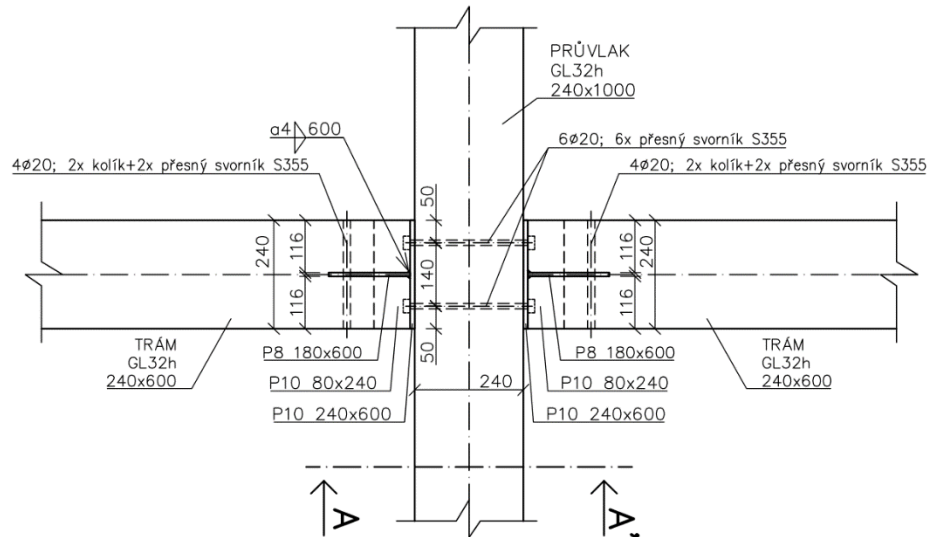
$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

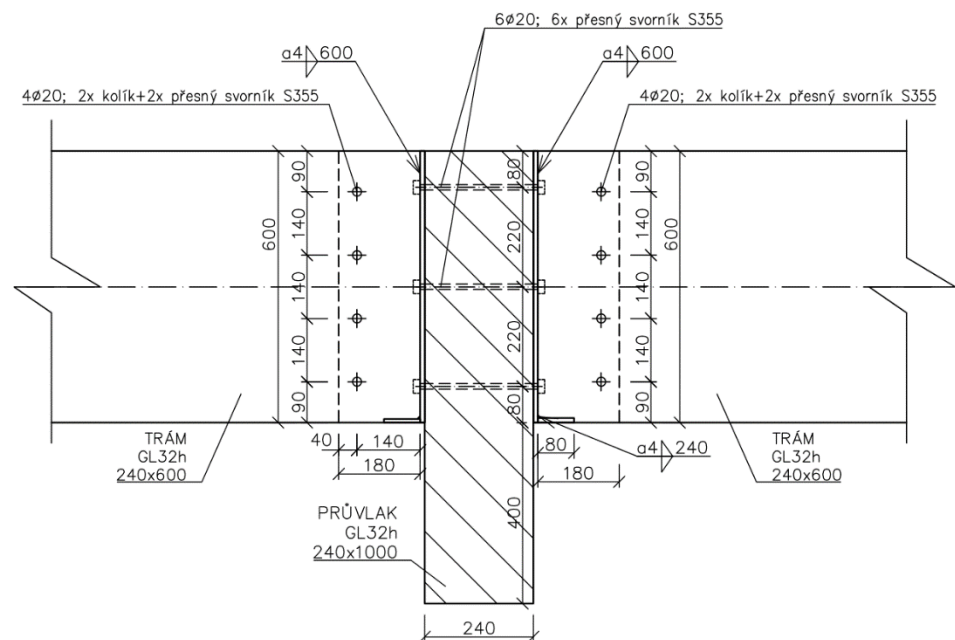
$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P2 – přípoj trámu 240x600 na průvlak 240x1000
M 1:10

PŮDORYS



Řez A-A'



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P3 VAZNÍKU 200 x 1100 NA PRŮVLAK 240 x 800

Vazníky jsou připojeny pomocí plechů.

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 0.03 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 78.38 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 15.27 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

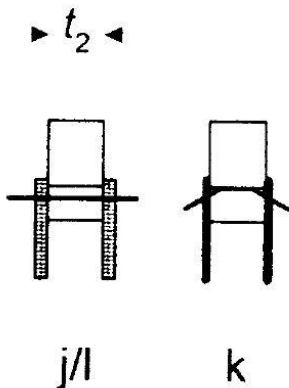
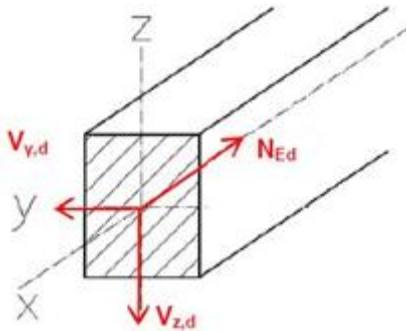
$$F_{v,Rk,j} := 0.5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 77.13 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 21.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,j}, F_{v,Rk,g}) = 21.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 18.46 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 78.38 \text{ kN}$$

Navrhuji 5 svorníků $\phi 16\text{mm}$

$$n := 5$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 15.68 \text{ kN} \quad (\text{jedna střižná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 71.38 \text{ kN}$$

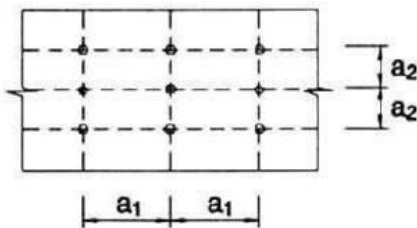
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 15.27 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

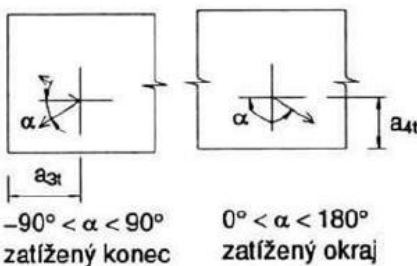
Navrhuji 6 svorníků $\phi 16\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Parametry kolíků a svorníků - VAZNÍK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

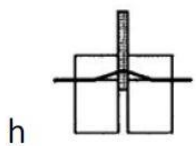
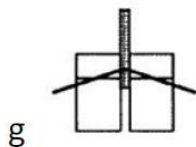
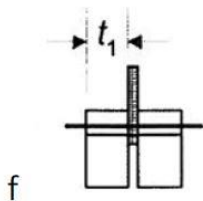
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{200 \text{ mm} - t}{2} = 96 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 64.28 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

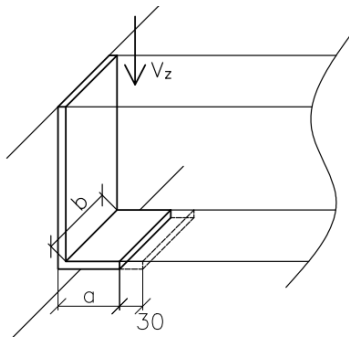
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 34.02 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 34.02 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 23.55 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 0 \text{ mm} \quad b := 240 \text{ mm} \quad t := 8 \text{ mm}$
 $o := a + 0 \text{ mm} = 0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{BEZ OPĚRKY}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 0 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 78.38 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 3$

excentricita $e := 115 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 300 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1.Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 26.13 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 5.09 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 9.0137 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1.Ed,M} := 15.0206 \text{ kN}$$

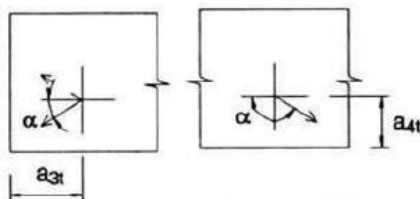
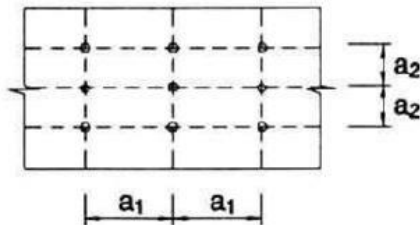
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1.Ed} := F_{1.Ed,V} + F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed,V}^2 + (F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M})^2} = 32.97 \text{ kN}$$

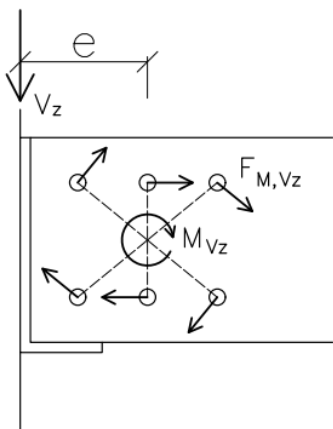
Navrhuj 2 kolíky a 1 přesný svorník $\phi 16 \text{ mm}$

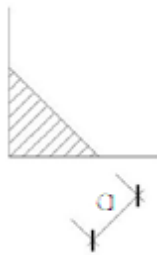
if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 15.27 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 78.38 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 800 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 1.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 1.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 12.25 \text{ MPa}$$

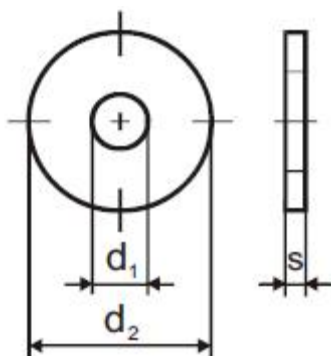
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 21.48 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c.90.d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 18 \text{ mm}$$

$$d_2 := 55 \text{ mm}$$

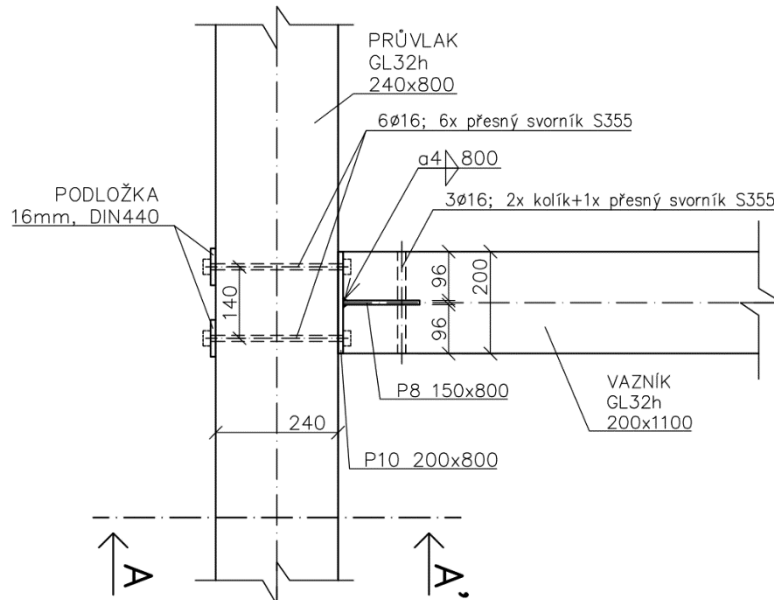
$$A := \pi \left(\frac{d_2^2 - d_1^2}{4} \right) = 2121.36 \text{ mm}^2$$

$$F_{c.90.d} := 3 \cdot f_{c.90.d} \cdot A = 11.01 \text{ kN}$$

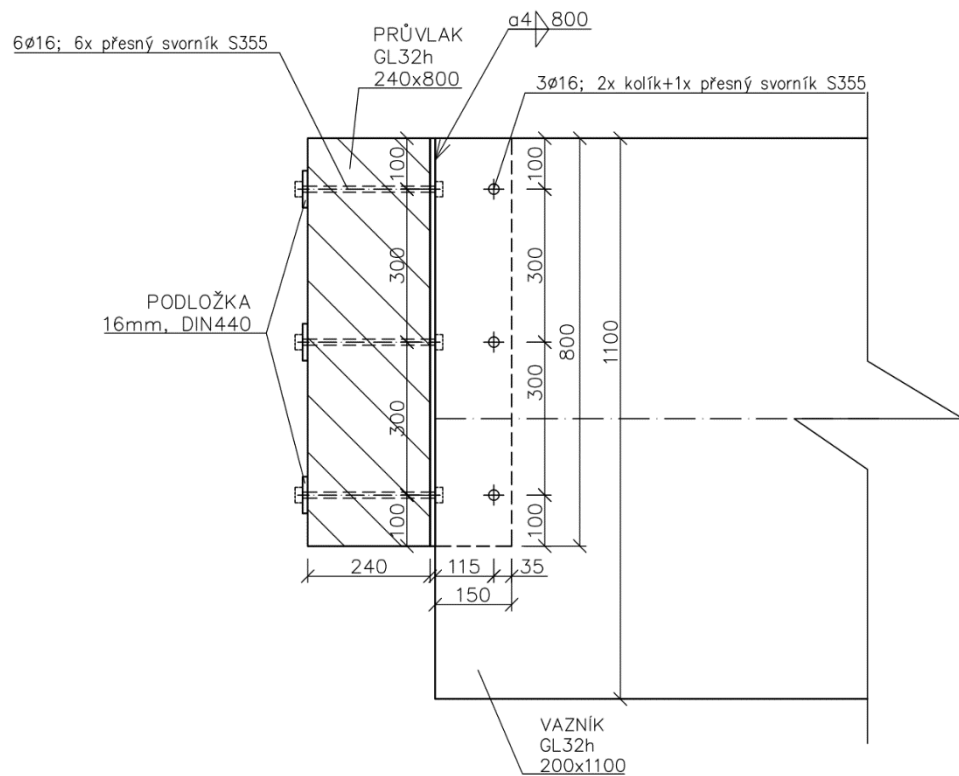
$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{6} \leq F_{c.90.d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P3 – přípoj vazníku 200x1100 na průvlak 240x800 M 1:10

PŮDORYS

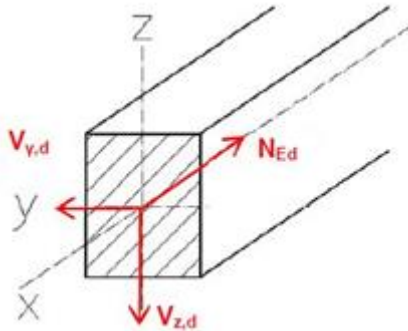


Řez A-A'



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P4 VAZNÍKU 200 x 1100 NA SLOUP 240 x 240

Vazníky jsou připojeny pomocí plechů.



Sily působící na spoj

$$V_{Y,d} := 0.03 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 78.38 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 15.27 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - SLOUP

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

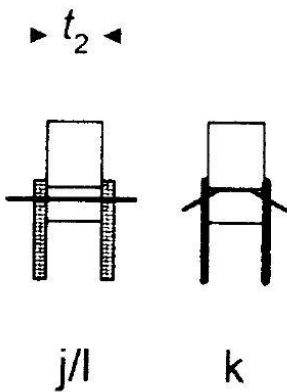
$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$



$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 77.13 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 21.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 21.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 18.46 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 78.38 \text{ kN}$$

Navrhuji 5 svorníků $\phi 16\text{mm}$

$$n := 5$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 15.68 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 71.38 \text{ kN}$$

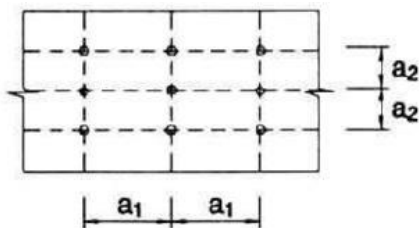
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 15.27 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

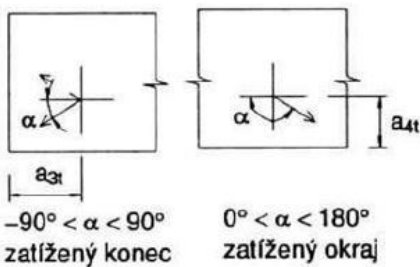
Navrhuji 6 svorníků $\phi 16\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Parametry kolíků a svorníků - VAZNÍK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

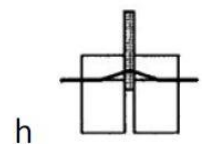
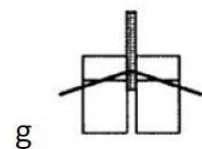
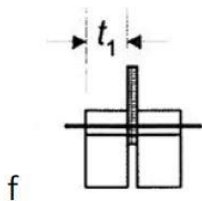
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{200 \text{ mm} - t}{2} = 96 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 54.13 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

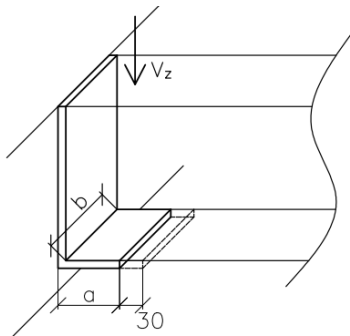
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 26.27 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 26.27 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 18.18 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 0 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t := 8 \text{ mm}$
 $o := a + 0 \text{ mm} = 0 \text{ mm}$ --> BEZ OPĚRKY

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 0 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 78.38 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

počet spoj. prvků $n := 3$

excentricita $e := 115 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 450 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1.Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 26.13 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 5.09 \text{ kN}$$

$$M_{V_z} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 9.0137 \text{ kN} \cdot m$$

$$F_{1.Ed,M} := 10.015 \text{ kN}$$

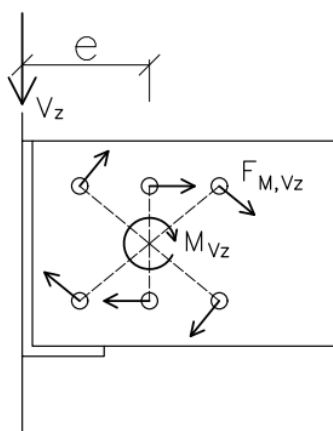
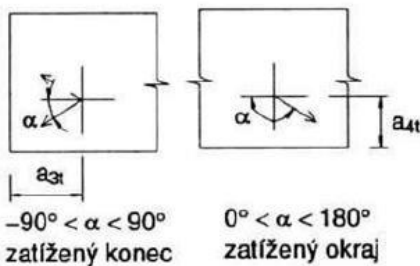
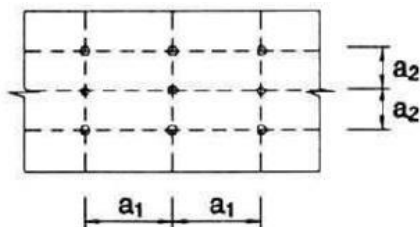
Výslednice sil - vektorový součet

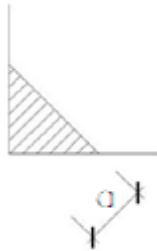
$$F_{1.Ed} := F_{1.Ed,V} + F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed,V}^2 + (F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M})^2} = 30.18 \text{ kN}$$

Navrhují 2 kolíky a 1 svorník $\phi 16 \text{ mm}$

if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 15.27 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 78.38 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 1100 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 8800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 1.23 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 1.23 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoěžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 8.91 \text{ MPa}$$

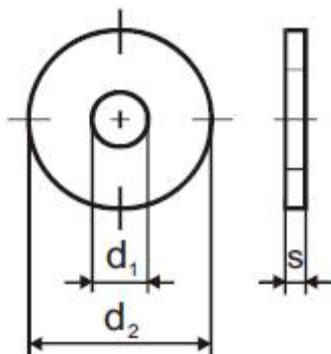
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoěžné}^2} = 15.62 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průmět
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c,90,d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 18 \text{ mm}$$

$$d_2 := 55 \text{ mm}$$

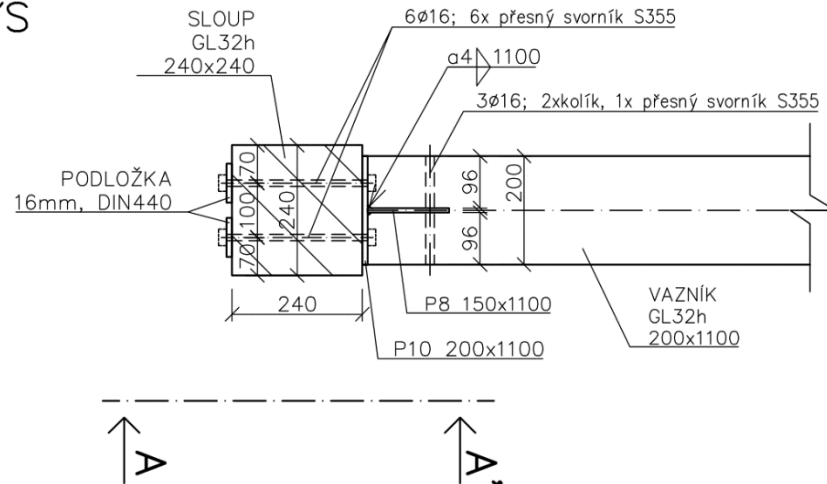
$$A := \pi \left(\frac{d_2^2 - d_1^2}{4} \right) = 2121.36 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,90,d} := 3 \cdot f_{c,90,d} \cdot A = 11.01 \text{ kN}$$

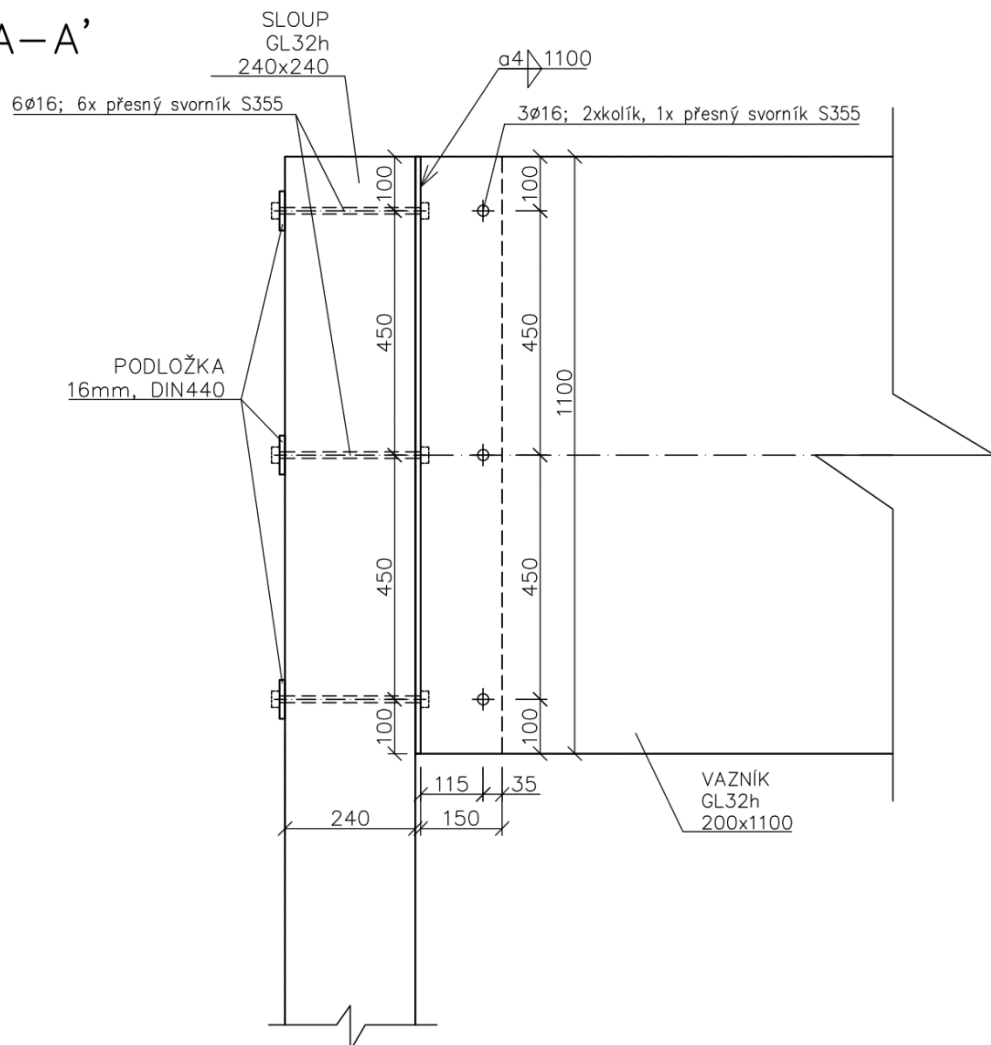
$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{6} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P4 – přípoj vazníku 200x1100 na sloup 240x240 M 1:10

PŮDORYS



Řez A–A'

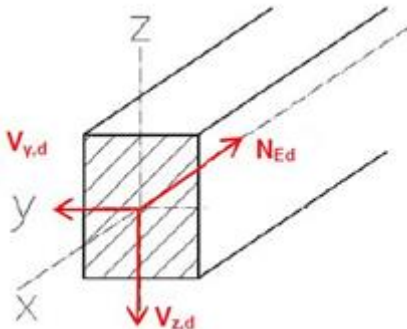


POSOUZENÍ PŘÍPOJE P5 PRŮVLAKU 240 x 800 NA SLOUP 240 x 240

Průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 14.98 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 153.10 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 62.90 \text{ kN}$$



SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - SLOUP

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

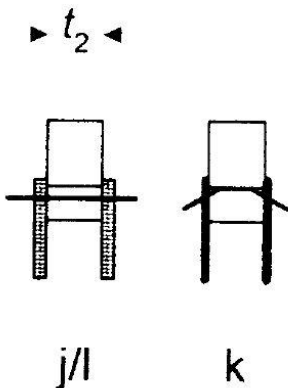
$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$



$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 96.41 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 153.83 \text{ kN}$$

Navrhuji 6 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 6$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 25.64 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

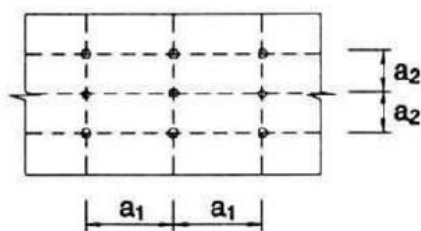
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 62.9 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji 6 svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

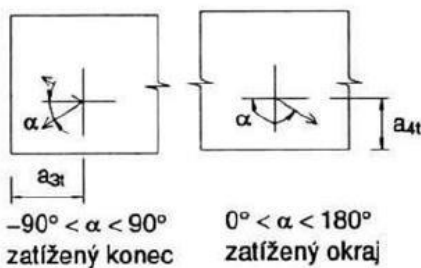
$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

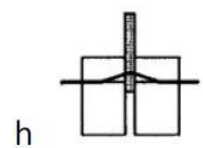
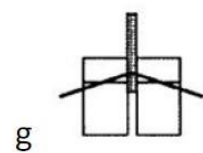
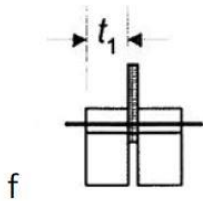
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

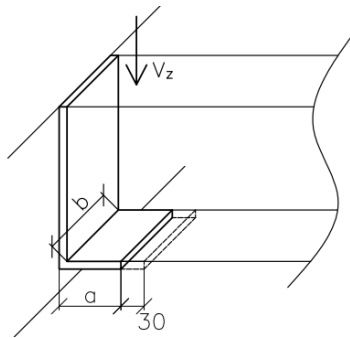
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t := 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, “Vyhoví”, “Vzd.nové”) = “Vzd.nové”

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 108.93 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_{1t} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

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

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 4$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 100 \text{ mm}$

$r_2 := 300 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 27.23 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 15.73 \text{ kN}$$

$$M_{V_z} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 15.2503 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 22.87545 \text{ kN}$$

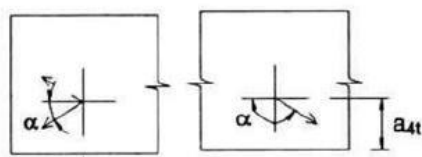
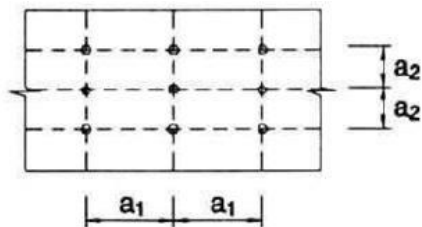
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.24 \text{ kN}$$

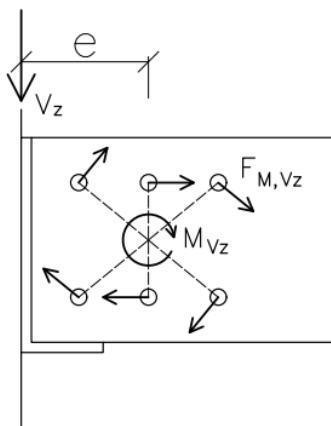
Navrhnuj 2 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 62.9 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 153.1 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 800 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

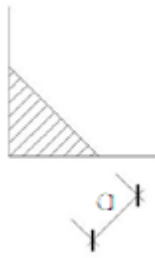
$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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



$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 6.95 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 6.95 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoěžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 23.92 \text{ MPa}$$

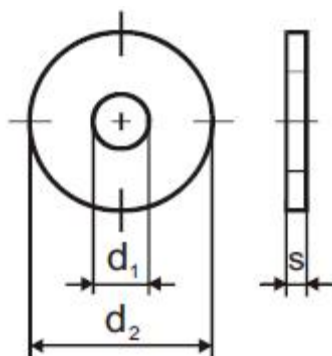
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoěžné}^2} = 43.7 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c.90.d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 22 \text{ mm}$$

$$d_2 := 72 \text{ mm}$$

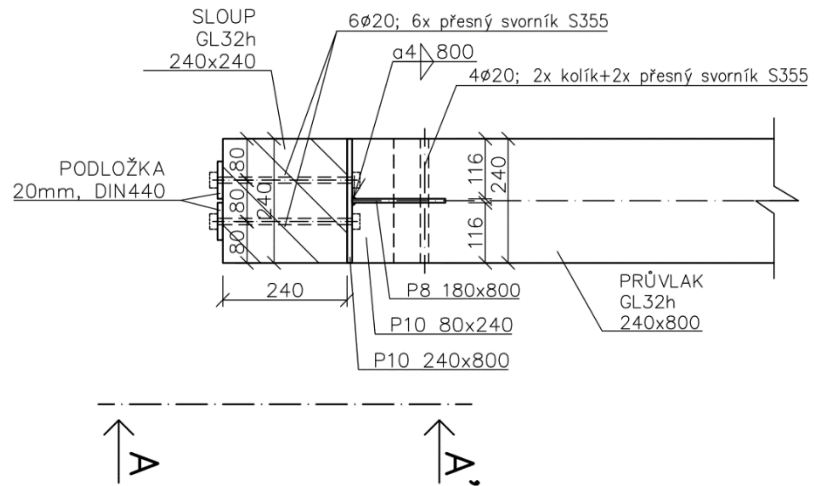
$$A := \pi \frac{d_2^2 - d_1^2}{4} = 3691.37 \text{ mm}^2$$

$$F_{c.90.d} := 3 \cdot f_{c.90.d} \cdot A = 19.17 \text{ kN}$$

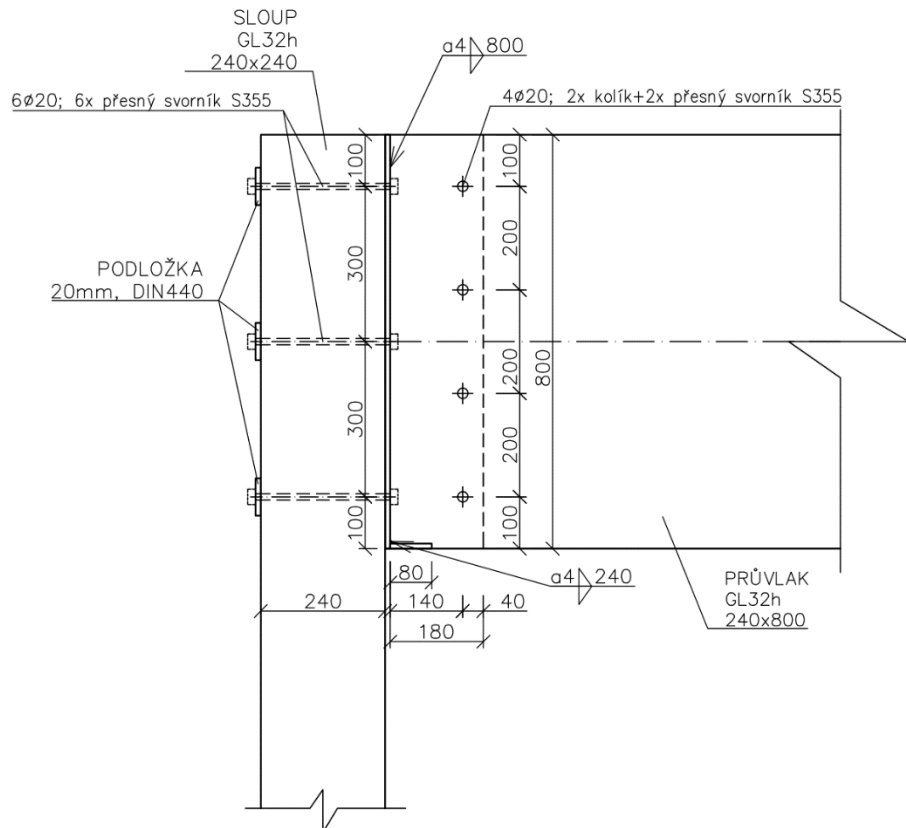
$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{6} \leq F_{c.90.d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P5 – přípoj průvlastu 240x800 na sloup 240x240
M 1:10

PŮDORYS



Řez A-A'



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P6 PRŮVLAKU 240 x 1000 NA SLOUP 240 x 240

Průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.

Sily působící na spoj

$$V_{Y,d} := 13.92 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 258.77 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 95.83 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - SLOUP

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

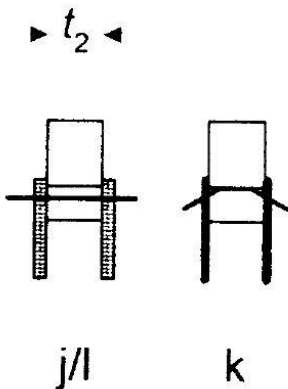
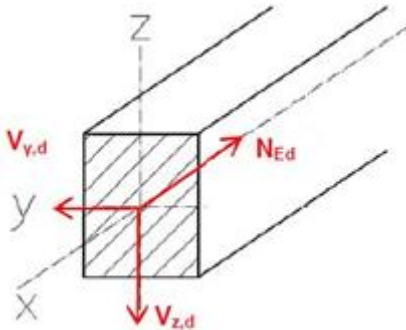
$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 96.41 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 259.14 \text{ kN}$$

Navrhuji 9 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 9$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 28.79 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

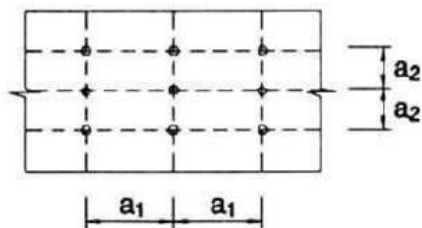
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 95.83 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji 10 svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

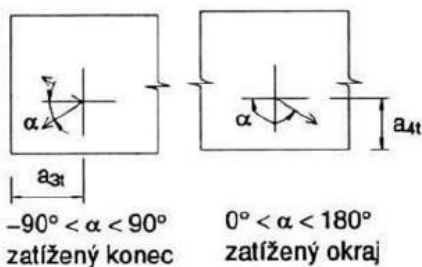
$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

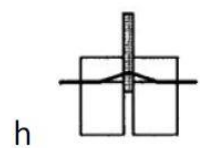
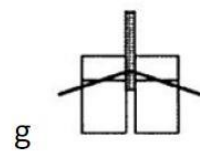
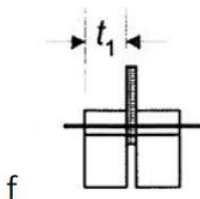
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

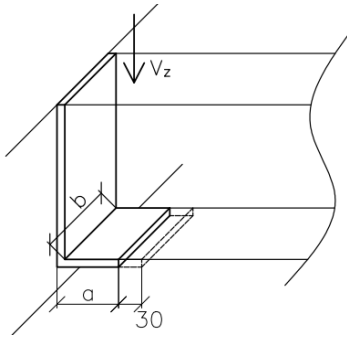
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 214.6 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_{1t} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

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

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 7$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 140 \text{ mm}$ $r_3 := 420 \text{ mm}$

$r_2 := 280 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 30.66 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 13.69 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 30.0441 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 22.9929 \text{ kN}$$

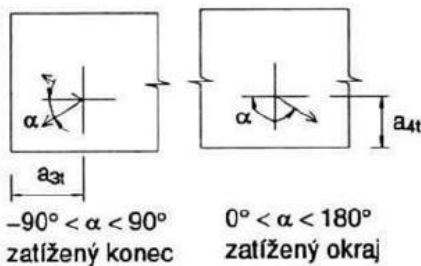
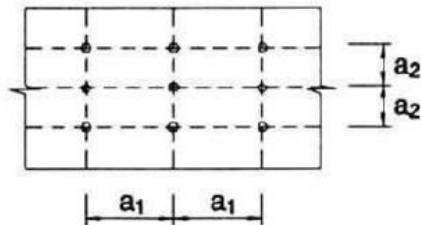
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.81 \text{ kN}$$

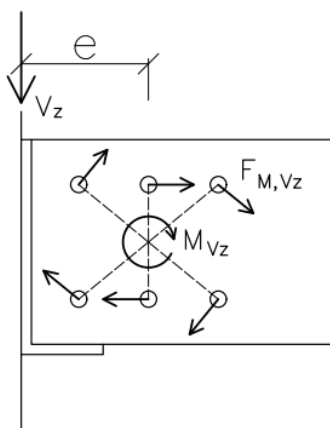
Navrhují 5 kolíků a 2 přesný svorník $\phi 20 \text{ mm}$

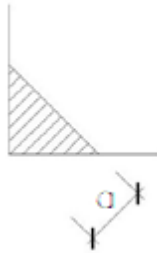
if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 95.83 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 258.77 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 1000 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 8.47 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 8.47 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoěžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 32.35 \text{ MPa}$$

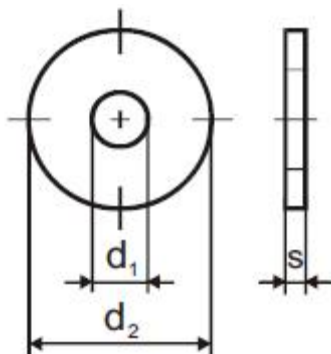
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoěžné}^2} = 58.53 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c.90.d} = 1.73 \text{ MPa}$$

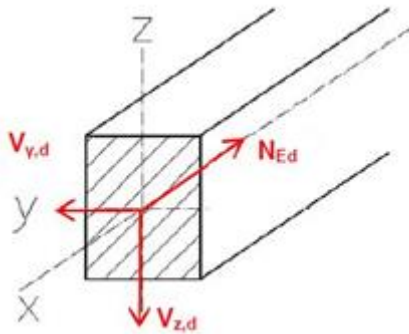
$$d_1 := 22 \text{ mm}$$

$$d_2 := 72 \text{ mm}$$

$$A := \pi \frac{d_2^2 - d_1^2}{4} = 3691.37 \text{ mm}^2$$

$$F_{c.90.d} := 3 \cdot f_{c.90.d} \cdot A = 19.17 \text{ kN}$$

$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{10} \leq F_{c.90.d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P7 PRŮVLAKU 240 x 1000 NA SLOUP 240 x 320

Průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.

Sily působící na spoj

$$V_{Y,d} := 13.92 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 258.77 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 95.83 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - SLOUP

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 320 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

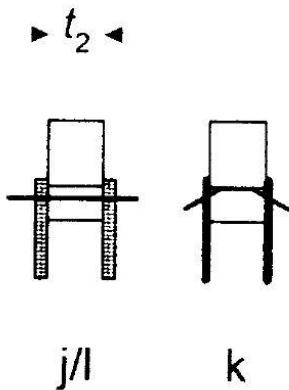
$$F_{v,Rk,j} := 0.5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 128.55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,j}, F_{v,Rk,g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 259.14 \text{ kN}$$

Navrhují 9 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 9$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 28.79 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

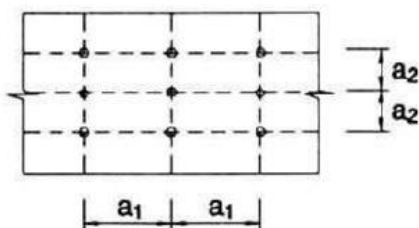
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := 2 \cdot N_{Ed} = 191.66 \text{ kN}$$

$$n := 2$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

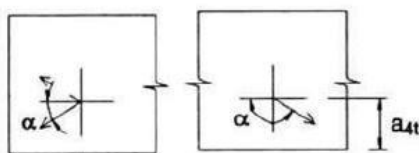
Navrhují 10 svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj

Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

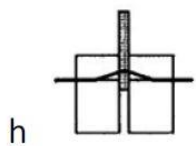
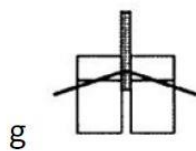
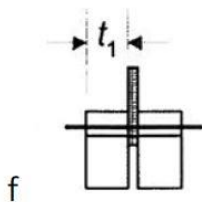
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

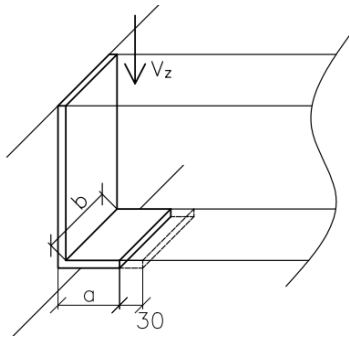
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 214.6 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

počet spoj. prvků $n := 7$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 140 \text{ mm}$ $r_3 := 420 \text{ mm}$

$r_2 := 280 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 30.66 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 13.69 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 30.0441 \text{ kN} \cdot m$$

$$F_{1,Ed,M} := 22.9929 \text{ kN}$$

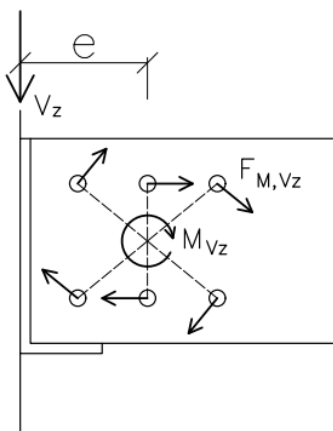
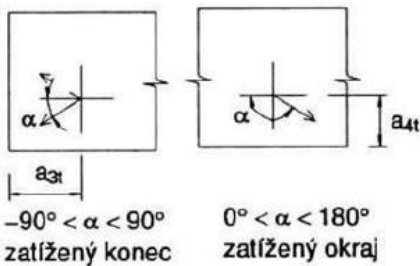
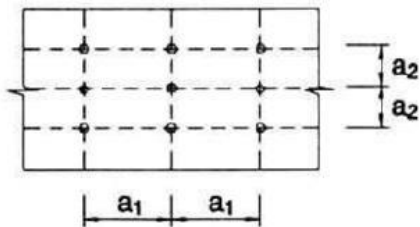
Výslednice sil - vektorový součet

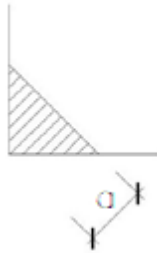
$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.81 \text{ kN}$$

Navrhnuji 5 kolíků a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"





POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 95.83 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 258.77 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 1000 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 8.47 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 8.47 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 32.35 \text{ MPa}$$

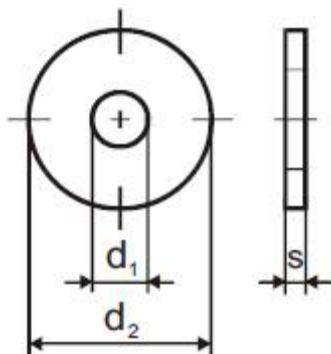
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 58.53 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c.90.d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 22 \text{ mm}$$

$$d_2 := 72 \text{ mm}$$

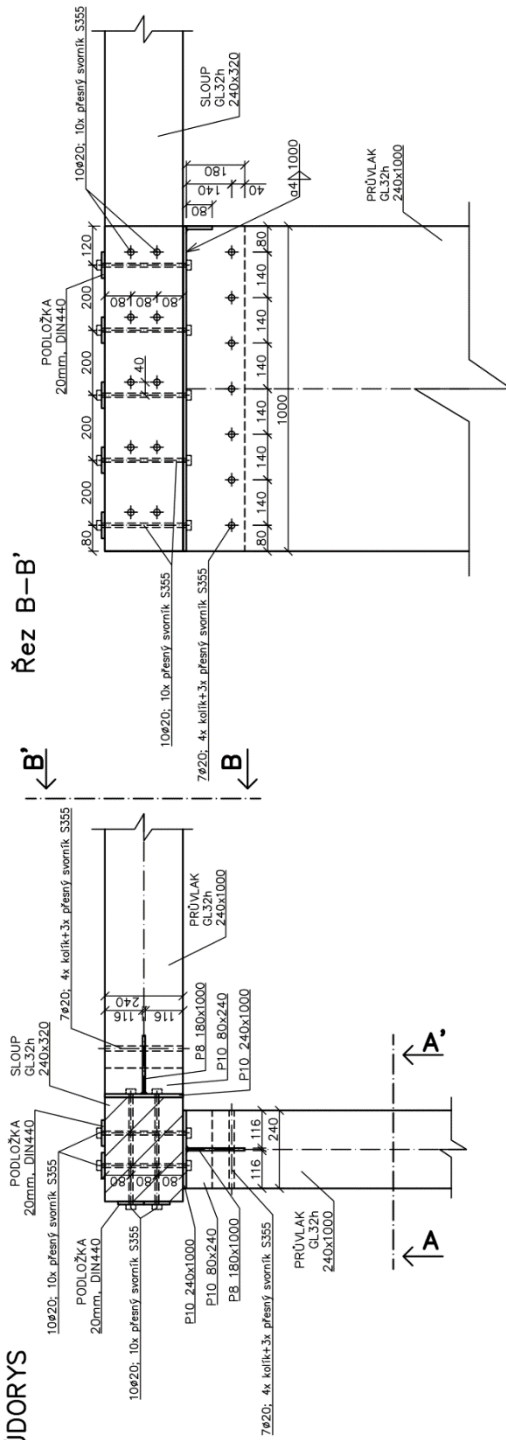
$$A := \pi \frac{d_2^2 - d_1^2}{4} = 3691.37 \text{ mm}^2$$

$$F_{c.90.d} := 3 \cdot f_{c.90.d} \cdot A = 19.17 \text{ kN}$$

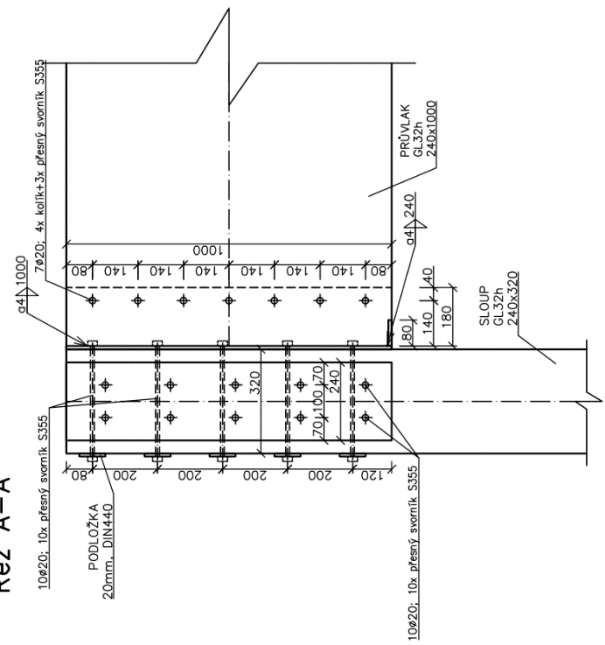
$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{10} \leq F_{c.90.d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P7 – přípoj průvlaku 240x1000 na sloup 240x320
M 1:10

PŮDORYS

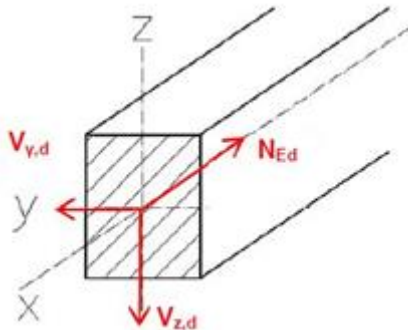


Řez A-A'



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P8**a) PRŮVLAK 240 x 1200 NA SLOUP 240 x 240**

Průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.

**Síly působící na spoj**

$$V_{Y,d} := 1.88 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 238.38 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 32.16 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ**Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

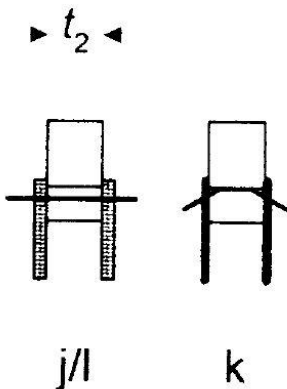
$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 96.41 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 238.39 \text{ kN}$$

Navrhuji 9 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 9$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 26.49 \text{ kN} \quad (\text{jedna střižná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na tah

$$N_{Ed.t} := 95.06 \text{ kN}$$

Výslednice sil

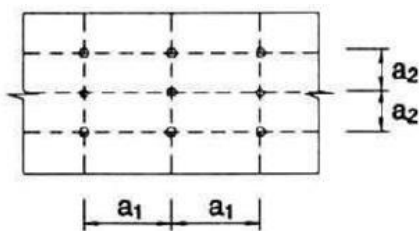
pozn. výsledná N od

$$F_{Ed} := N_{Ed.t} = 95.06 \text{ kN}$$

průvlaků 240x1200 a 240x800

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

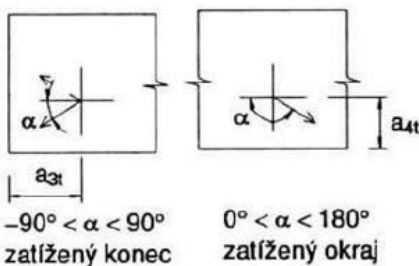
Navrhuji 10 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

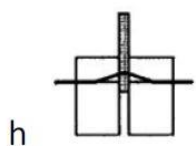
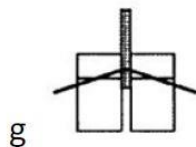
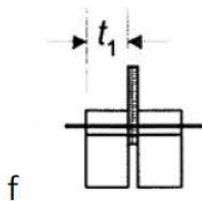
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

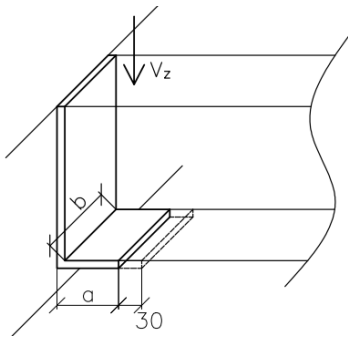
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 194.21 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 5$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 250 \text{ mm}$

$r_2 := 500 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 38.84 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 6.43 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 27.1895 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 21.7516 \text{ kN}$$

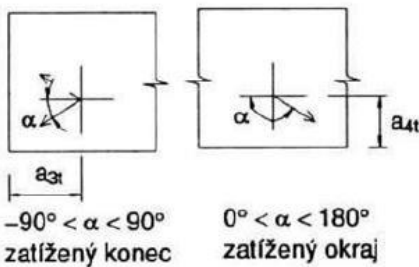
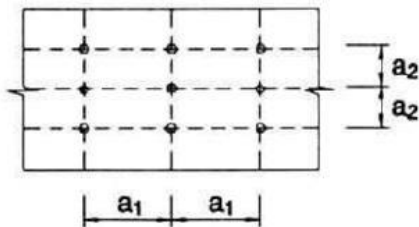
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.99 \text{ kN}$$

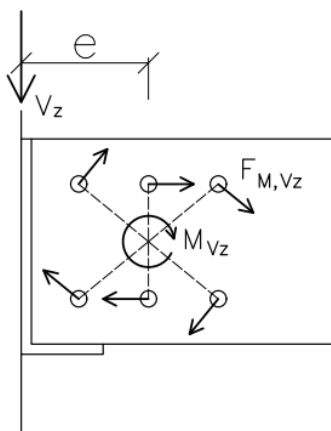
Navrhují 3 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

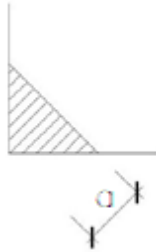
if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj





POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 32.16 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 238.38 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 1200 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 9600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 2.37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 2.37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 24.83 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 43.27 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

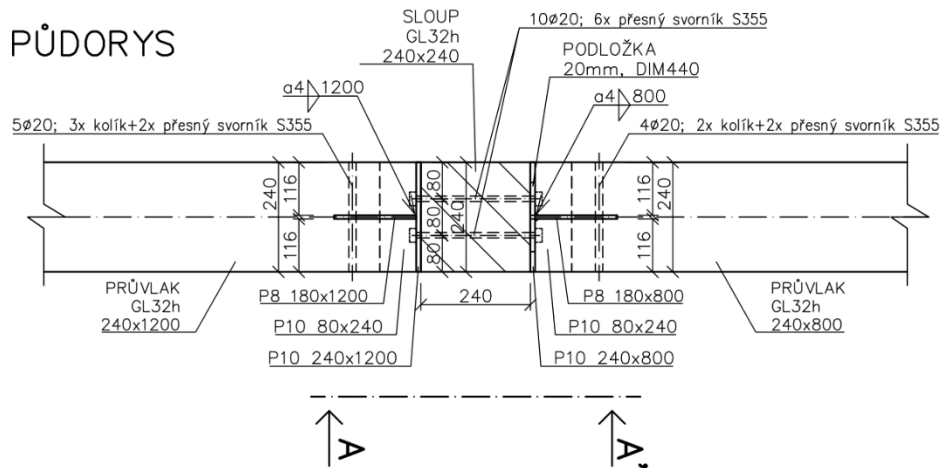
$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

b) PRŮVLAK 240 x 800 NA SLOUP 240 x 240

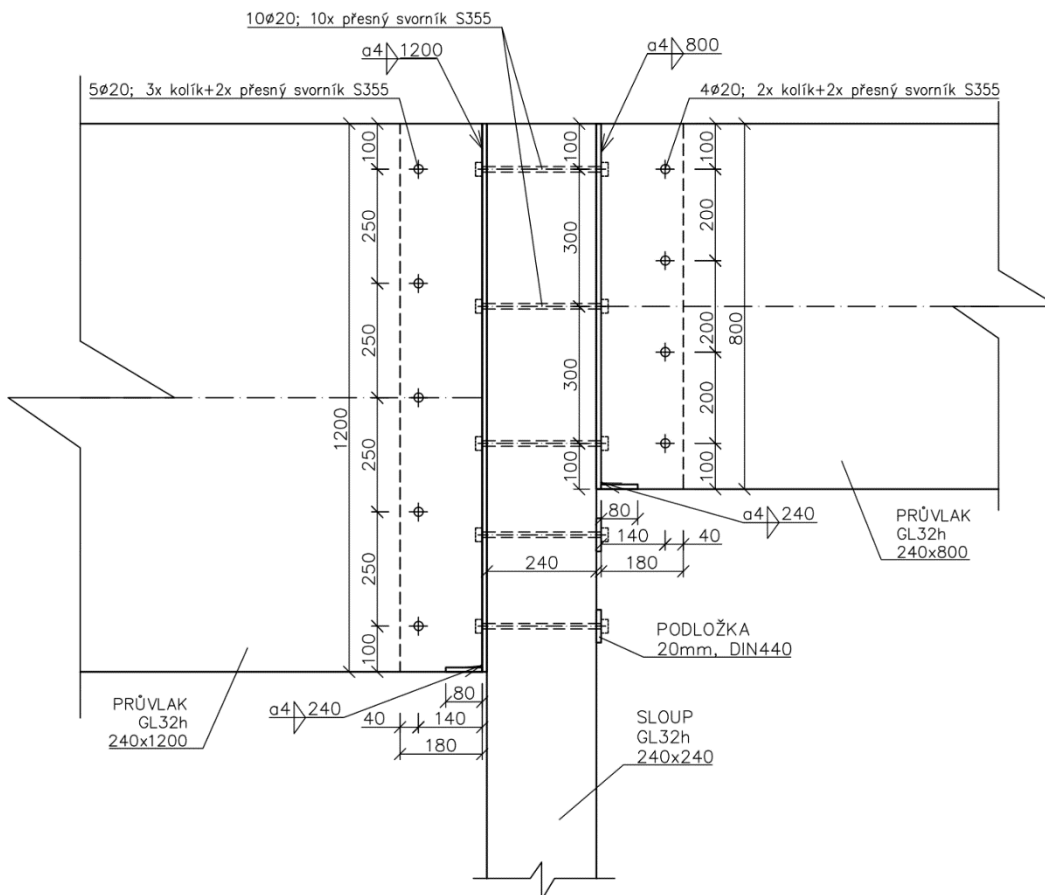
viz výpočet přípoje P5

DETAIL P8 – přípoj průvlaků 240x1200, 240x800 na sloup 240x240
M 1:10

PŮDORYS



Řez A-A'

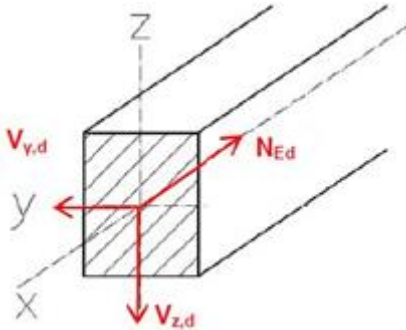


POSOUZENÍ PŘÍPOJE P9**a) PRŮVLAK 240x1200 NA SLOUP 240x320**

Průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.

Sily působící na spoj

$$V_{Y,d} := 1.88 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 238.38 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 32.16 \text{ kN}$$

**SVORNÍKOVÝ SPOJ****Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

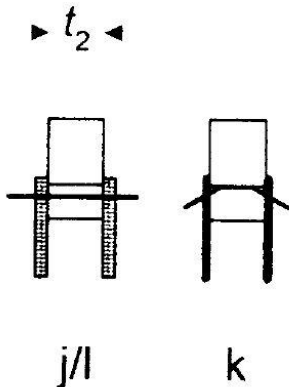
$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$



$$F_{v,Rk,j} := 0.5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 96.41 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,j}, F_{v,Rk,g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 238.39 \text{ kN}$$

Navrhuji 9 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 9$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 26.49 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na tah

$$N_{Ed.t} := 95.06 \text{ kN}$$

Výslednice sil

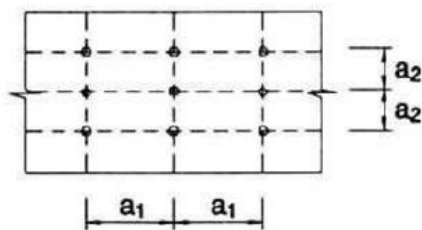
pozn. výsledná N od

$$F_{Ed} := N_{Ed.t} = 95.06 \text{ kN}$$

průvlaků 240x1200 a 240x800

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji 10 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

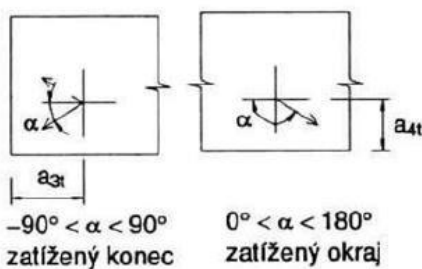
$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

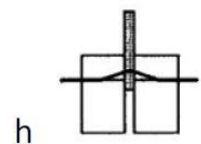
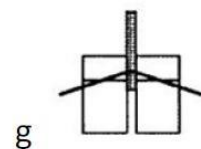
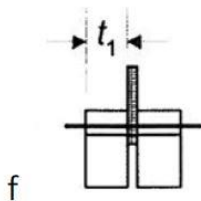
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

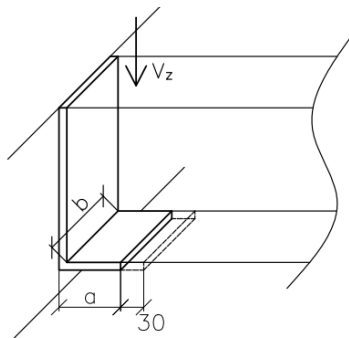
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\text{délka opěrky} \quad a := 80 \text{ mm} \quad b := 240 \text{ mm} \quad t := 8 \text{ mm} \\ o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, “Vyhoví”, “Vzd.nové”) = “Vzd.nové”

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 194.21 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

počet spoj. prvků $n := 5$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 250 \text{ mm}$

$r_2 := 500 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 38.84 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 6.43 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 27.1895 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 21.7516 \text{ kN}$$

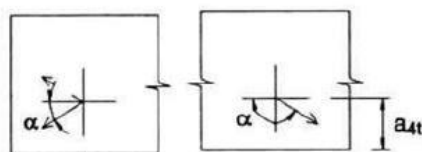
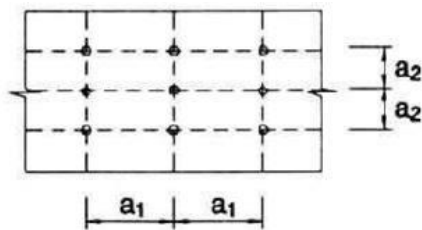
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.99 \text{ kN}$$

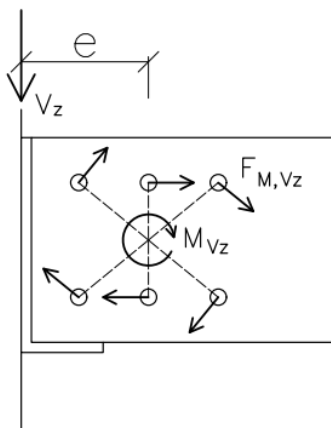
Navrhuj 3 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

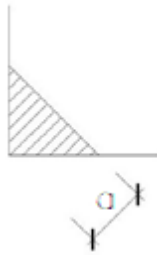
if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 32.16 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 238.38 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 1200 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 9600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 2.37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 2.37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 24.83 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 43.27 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

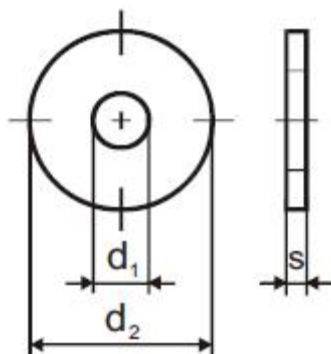
$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

b) PRŮVLAK 240 x 800 NA SLOUP 240 x 320

viz výpočet přípoje P5



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c,90,d} = 1.73 \text{ MPa}$$

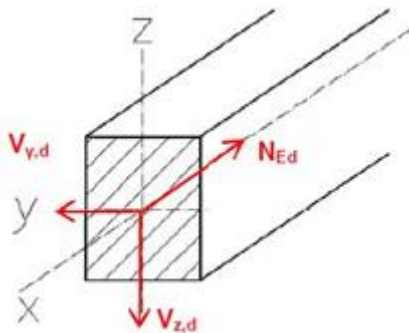
$$d_1 := 22 \text{ mm}$$

$$d_2 := 72 \text{ mm}$$

$$A := \pi \frac{d_2^2 - d_1^2}{4} = 3691.37 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,90,d} := 3 \cdot f_{c,90,d} \cdot A = 19.17 \text{ kN}$$

$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{10} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P10 TRÁMU 240 x 600 NA PRŮVLAK 2 x 180 x 1050

Trámy jsou připojeny pomocí plechů.

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 68.42 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 96.44 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 120.09 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 360 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

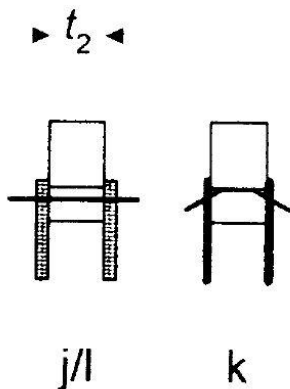
$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 144.62 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 118.25 \text{ kN}$$

Navrhuji 5 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 5$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 23.65 \text{ kN} \quad (\text{jedna střižná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”**Únosnost jednoho spojovacího prvku na tah**Únosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

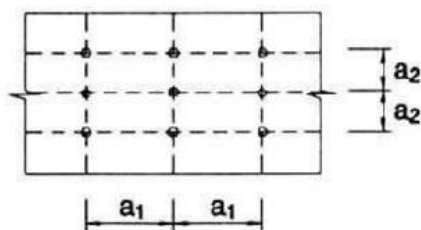
$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 120.09 \text{ kN}$$

$$n := 2$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”**Navrhuji 6 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$** **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

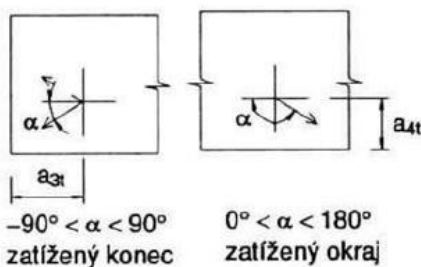
$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Parametry kolíků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h,0,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,f} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

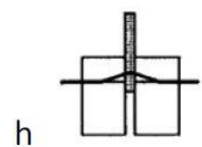
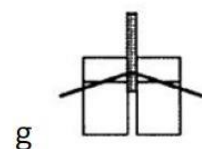
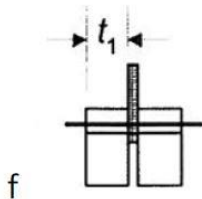
$$F_{v,Rk,g} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

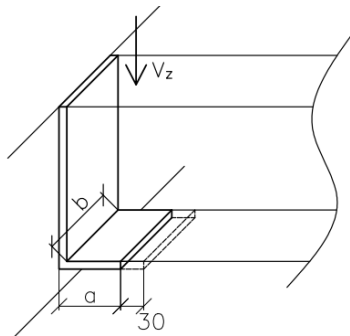
$$F_{v,Rk,h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,f}, F_{v,Rk,g}, F_{v,Rk,h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\text{délka opěrky} \quad a := 80 \text{ mm} \quad b := 240 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm} \\ o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

$$\text{if } (V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}, \text{ "Vyhoví", "Vzd.nové"}) = \text{"Vzd.nové"}$$

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 52.27 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 4$$

$$\text{excentricita} \quad e := 140 \text{ mm}$$

$$\text{ramena sil} \quad r_1 := 70 \text{ mm}$$

$$r_2 := 210 \text{ mm}$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 13.07 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 30.02 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 7.3179 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 15.6812 \text{ kN}$$

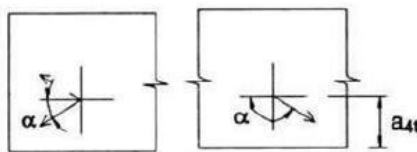
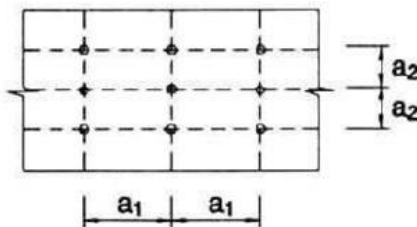
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.54 \text{ kN}$$

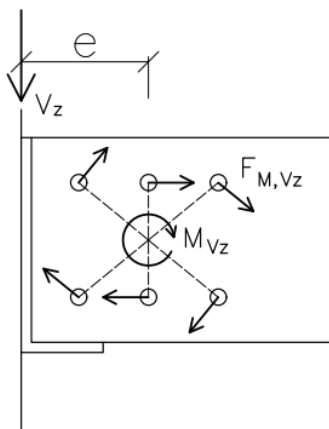
Navrhuji 2 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

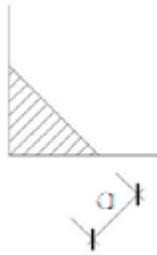
$$\text{if } (F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}, \text{ "Vyhoví", "Nevyhoví"}) = \text{"Vyhoví"}$$



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svařem**

$$N_{Ed} = 120.09 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 96.44 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 600 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 17.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 17.69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoěžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 20.09 \text{ MPa}$$

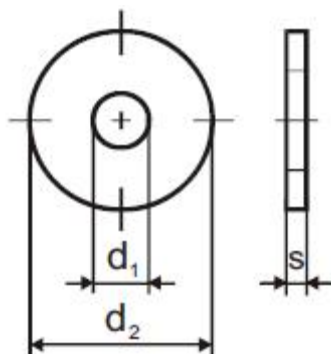
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoěžné}^2} = 49.63 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c,90,d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 22 \text{ mm}$$

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

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

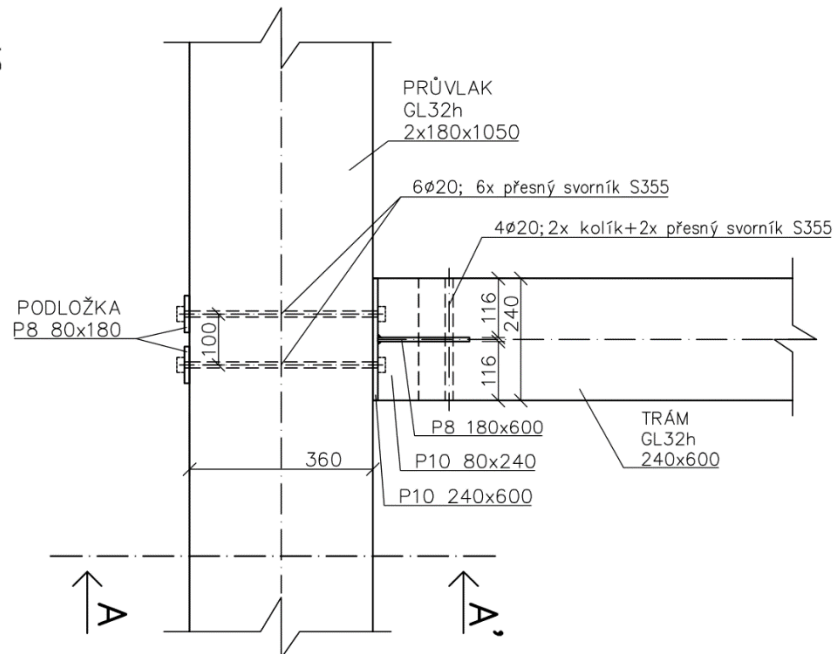
$$A := (a \cdot b) - 2 \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{d_1^2}{4} \right) \right) = 13639.73 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,90,d} := 3 \cdot f_{c,90,d} \cdot A = 70.82 \text{ kN}$$

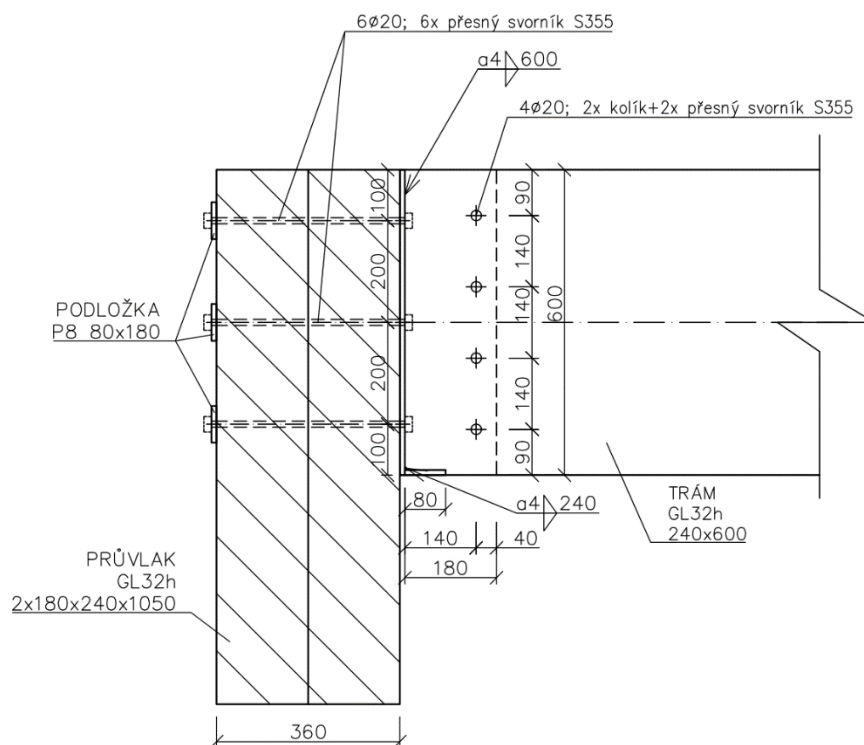
$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{3} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

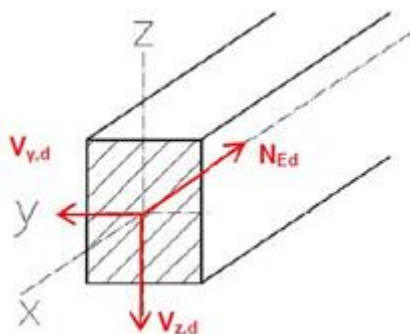
DETAIL P10 – přípoj trámu 240x600 na průvlak 2x180x1050 M 1:10

PŮDORYS



Řez A-A'





POSOUZENÍ PŘÍPOJE P11 PRŮVLAKU 240 x 800 NA PRŮVLAK 2 x 180 x 1050

Průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 14.98 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 153.10 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 62.90 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ Parametry svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

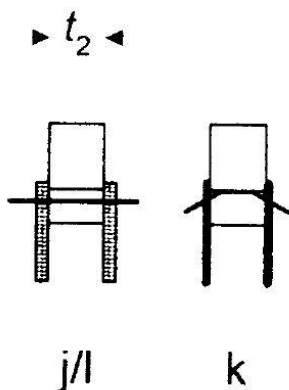
$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,2,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 360 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$



$$F_{v,Rk,j} := 0.5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 144.62 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,j}, F_{v,Rk,g}) = 33.33 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 28.84 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 153.83 \text{ kN}$$

Navrhuji 6 svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 6$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 25.64 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 111.53 \text{ kN}$$

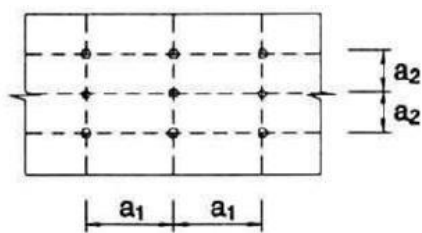
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 62.9 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

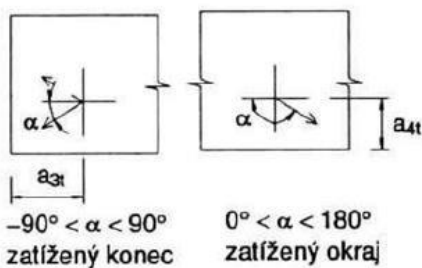
Navrhuji 6 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Parametry kolíků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN}$$

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

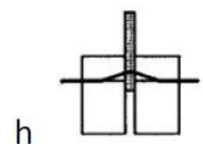
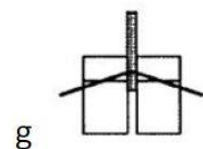
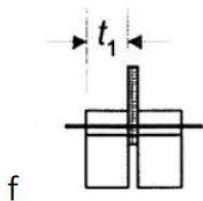
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

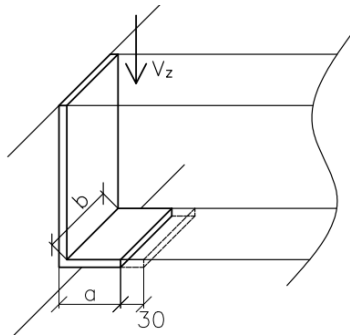
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 26.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 240 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 108.93 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_{1t} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

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

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

počet spoj. prvků $n := 4$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 100 \text{ mm}$

$r_2 := 300 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 27.23 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 15.73 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 15.2503 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 22.87545 \text{ kN}$$

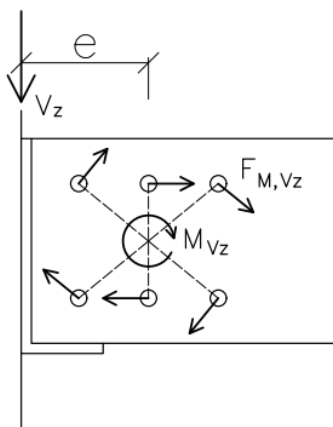
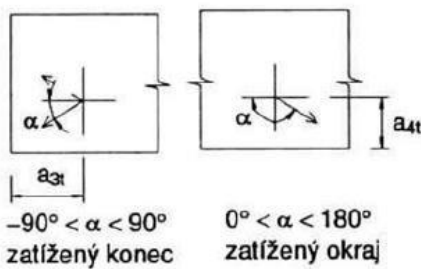
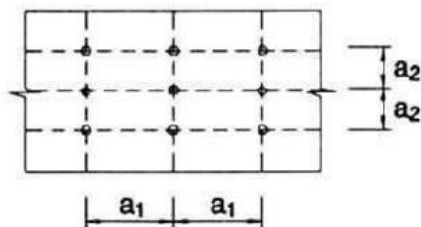
Výslednice sil - vektorový součet

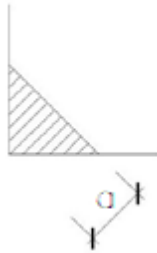
$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 47.24 \text{ kN}$$

Navrhují 2 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 62.9 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 153.1 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 800 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 6.95 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 6.95 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 23.92 \text{ MPa}$$

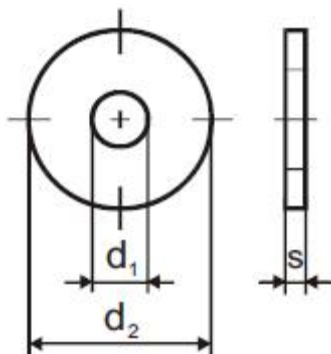
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 43.7 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c,90,d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 22 \text{ mm}$$

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

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

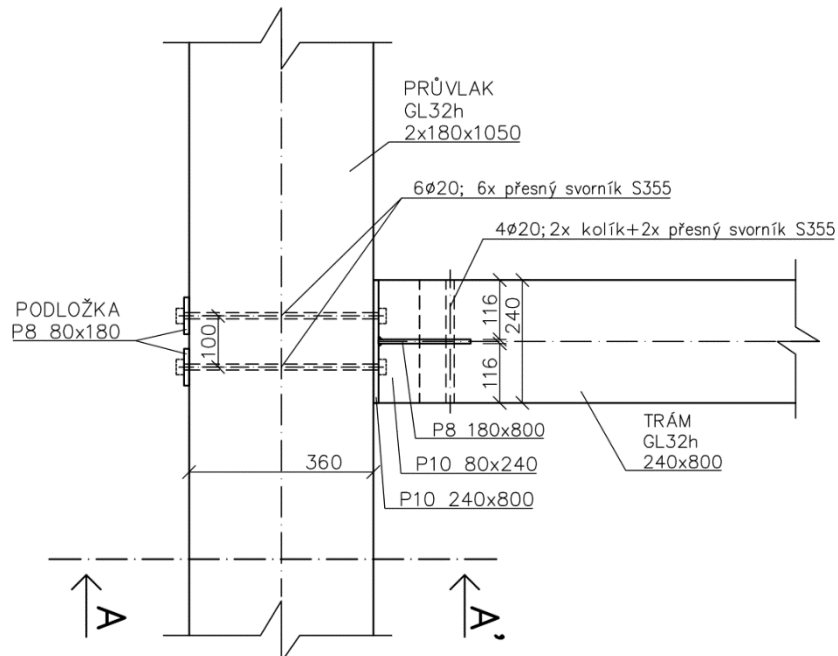
$$A := (a \cdot b) - 2 \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{d_1^2}{4} \right) \right) = 13639.73 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,90,d} := 3 \cdot f_{c,90,d} \cdot A = 70.82 \text{ kN}$$

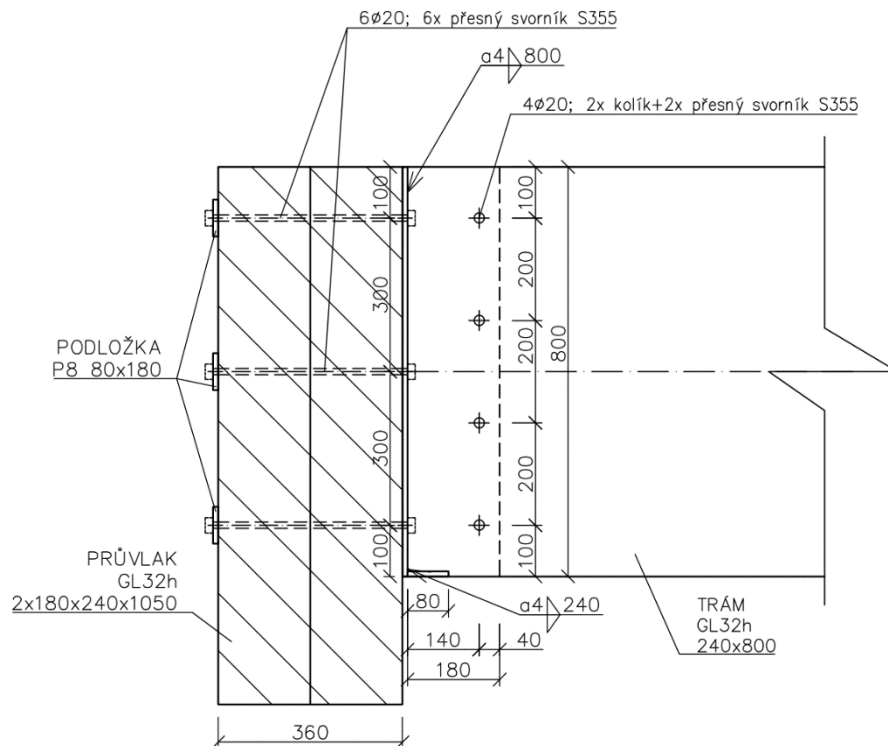
$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{3} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P11 – přípoj průvlaku 240x800 na průvlak 2x180x1050
M 1:10

PŮDORYS

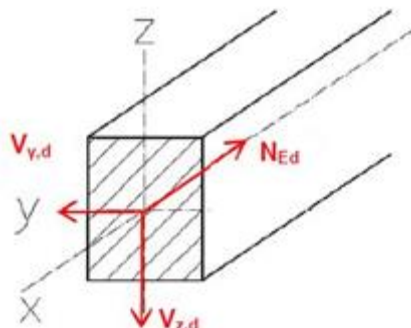


Řez A-A'



**POSOUZENÍ PŘÍPOJE P12
TRÁMU 240x600 a PRŮVLAKŮ 240 x 800 a 2x180x1050
NA SLOUP 2 x 180 x 240**

Trám a průvlaky jsou připojeny pomocí plechů.



**a) TRÁM 240x600 NA SLOUP 2x180x240
Síly působící na spoj**

$$V_{Y,d} := 3.36 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 15.55 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 5.14 \text{ kN}$$

**SVORNÍKOVÝ SPOJ
Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 360 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

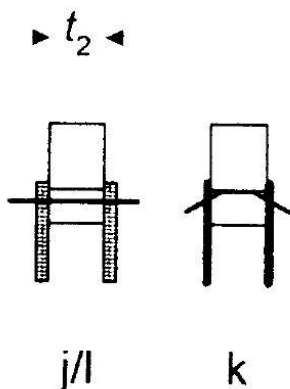
$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 86.78 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 12 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 12 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 10.38 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y,d}^2 + V_{Z,d}^2} = 15.91 \text{ kN}$$

Navrhuji 2 svorníky $\phi 12\text{mm}$

$$n := 2$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 7.95 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 40.15 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na tah

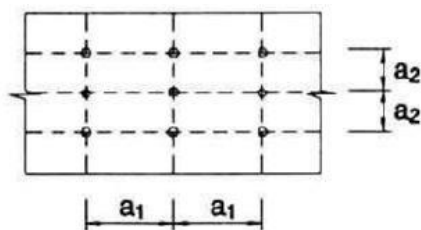
Výslednice sil

0,48kN od průvlaku 240x800

$$F_{Ed} := N_{Ed} + 0.48 \text{ kN} = 5.62 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji konstrukčně 6 přesných svorníků $\phi 12\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

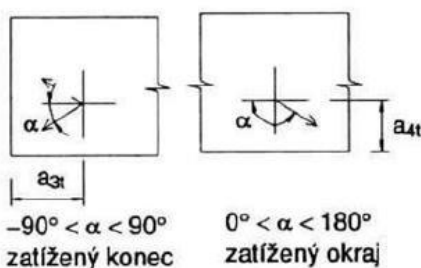
$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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



Parametry kolíků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 37.2 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 51.78 \text{ kN}$$

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

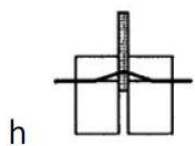
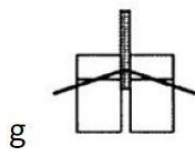
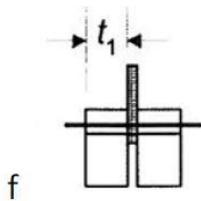
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 22.81 \text{ kN}$$

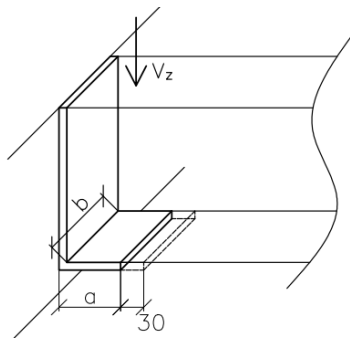
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 16.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 16.33 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.3 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

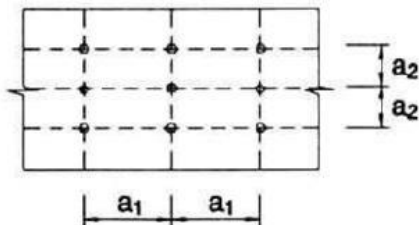
$$\text{délka opěry} \quad a := 80 \text{ mm} \quad b := 240 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm} \\ o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 44.17 \text{ kN}$$

$$\text{if}(V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Vzd.nové”}) = \text{“Vyhoví”}$$

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = -28.62 \text{ kN} \quad V_{Z,d,nové} := 0 \text{ kN}$$

Geometrie spoje



Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

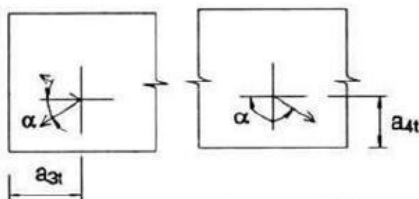
$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj

Posouzení spoje na střih

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 4$$

$$\text{excentricita} \quad e := 85 \text{ mm}$$

$$\text{ramena sil} \quad r_1 := 70 \text{ mm}$$

$$r_2 := 210 \text{ mm}$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1.Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 0 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 1.29 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1.Ed,M} := 0 \text{ kN}$$

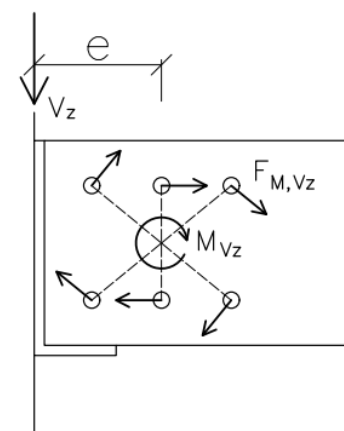
Výslednice sil - vektorový součet

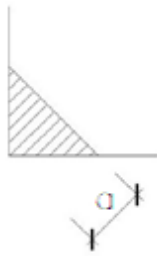
$$F_{1.Ed} := F_{1.Ed,V} + F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed,V}^2 + (F_{1.Ed,N} + F_{1.Ed,M})^2} = 1.29 \text{ kN}$$

Navrhují konstrukčně 2 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 12 \text{ mm}$

$$\text{if}(F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$





POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 5.14 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 15.55 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 600 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.76 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0.76 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 3.24 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 5.81 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

b) PRŮVLAK 240x800 NA SLOUP 2x180x240**Síly působící na spoj**

$$V_{Y,d} := 5.11 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 48.58 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 0.48 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ**Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 360 \text{ mm} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

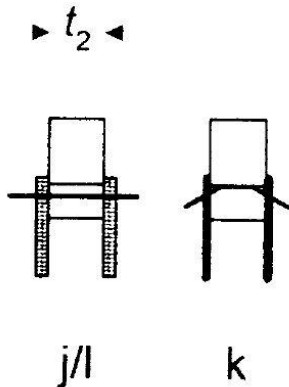
$$F_{v,Rk,j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 86.78 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 12 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,j}, F_{v,Rk,g}) = 12 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 10.38 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.



Posouzení spoje na střih

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 48.85 \text{ kN}$$

Navrhuji 5 svorníků $\phi 12\text{mm}$

$$n := 5$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 9.77 \text{ kN} \quad (\text{jedna střižná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 40.15 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na tah

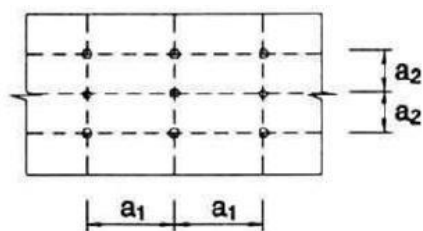
Výslednice sil

5,14 kN od trámu 240x600

$$F_{Ed} := N_{Ed} + 5.14 \text{ kN} = 5.62 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

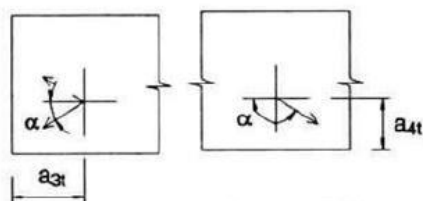
Navrhuji 8 přesných svorníků $\phi 12\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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

$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj

Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení
 $\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 37.2 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 51.78 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

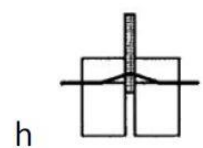
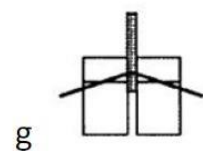
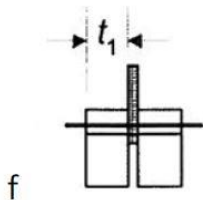
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 22.81 \text{ kN}$$

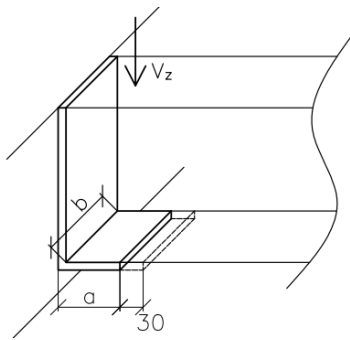
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 16.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 16.33 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.3 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c.90.k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\text{délka opěrky} \quad a := 80 \text{ mm} \quad b := 240 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm} \\ o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$F_{c.90.d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c.90.d} = 44.17 \text{ kN}$$

if ($V_{Z.d} \leq F_{c.90.d}$, “Vyhoví”, “Vzd.nové”) = “Vzd.nové”

$$V_{Z.d.nové} := V_{Z.d} - F_{c.90.d} = 4.41 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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

Posouzení spoje na střih

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 4$$

$$\text{excentricita} \quad e := 85 \text{ mm}$$

$$\text{ramena sil} \quad r_1 := 100 \text{ mm}$$

$$r_2 := 300 \text{ mm}$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1.Ed.V} := \frac{V_{Z.d.nové}}{n} = 1.1 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 0.12 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z.d.nové} \cdot e = 0.3749 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1.Ed.M} := 0.56235 \text{ kN}$$

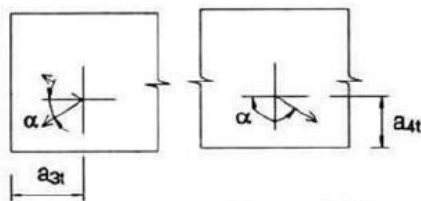
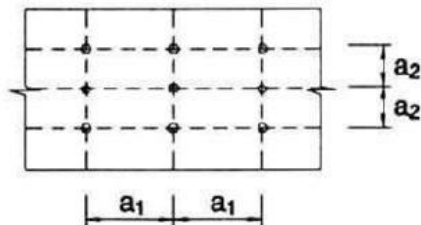
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1.Ed} := F_{1.Ed.V} + F_{1.Ed.N} + F_{1.Ed.M}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed.V}^2 + (F_{1.Ed.N} + F_{1.Ed.M})^2} = 1.3 \text{ kN}$$

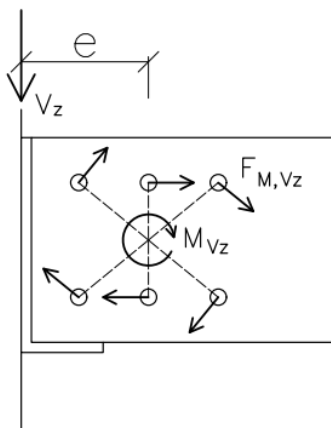
Navrhni konstrukčně 2kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 12\text{mm}$

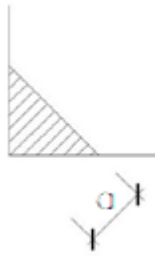
if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 0.48 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 48.58 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 800 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0.05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 7.59 \text{ MPa}$$

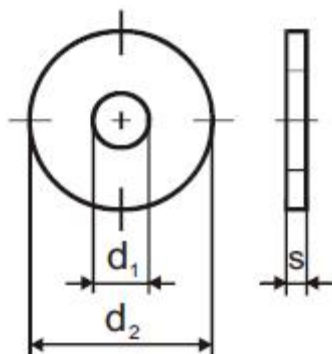
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 13.15 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c,90,d} = 1.73 \text{ MPa}$$

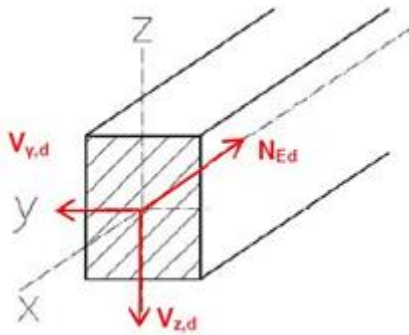
$$d_1 := 13.5 \text{ mm}$$

$$d_2 := 45 \text{ mm}$$

$$A := \pi \cdot \left(\frac{d_2^2 - d_1^2}{4} \right) = 1447.29 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,90,d} := 3 \cdot f_{c,90,d} \cdot A = 7.51 \text{ kN}$$

$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{6} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



c) PRŮVLAK 2x180x1050 na SLOUP 2x180x240

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 12.17 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 348 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 4.17 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ

Parametry svorníků - SLOUP

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 24 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 24 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 452.39 \text{ mm}^2$$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

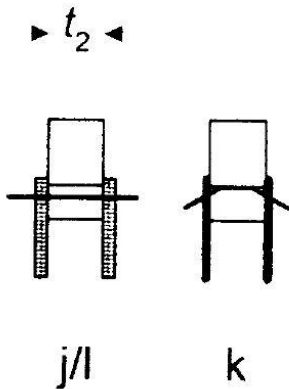
$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h.2.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.26$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.903 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_2 := 240 \text{ mm} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$



$$F_{v.Rk.j} := 0.5 \cdot f_{h.2.k} \cdot t_2 \cdot d = 115.69 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := 1.15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y.Rk} \cdot f_{h.2.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 47.99 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.j}, F_{v.Rk.g}) = 47.99 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 41.53 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

Posouzení spoje na stříh

Výslednice sil

$$F_{v.Ed} := \sqrt{V_{Y.d}^2 + V_{Z.d}^2} = 348.21 \text{ kN}$$

Navrhuji 9 svorníků $\phi 24\text{mm}$

$$n := 9$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 38.69 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Únosnost jednoho spojovacího prvku na tahÚnosnost svorníku $\gamma_{M0} := 1.0$

$$F_{t.Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 160.6 \text{ kN}$$

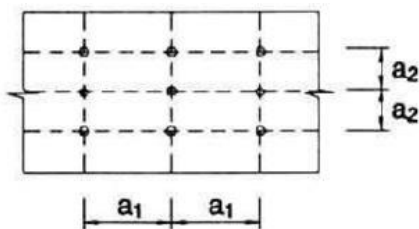
Posouzení spoje na tah

Výslednice sil

$$F_{Ed} := N_{Ed} = 4.17 \text{ kN}$$

$$n := 1$$

if ($F_{Ed} \leq n \cdot F_{t.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

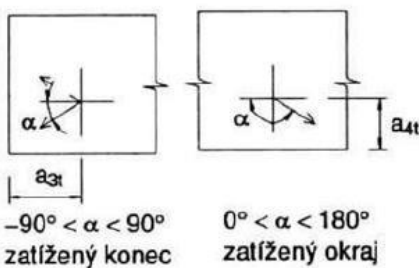
Navrhuji 10 přesných svorníků $\phi 24\text{mm}$ **Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 168 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 96 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 168 \text{ mm}$$

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 96 \text{ mm}$$

Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{360 \text{ mm} - t}{2} = 176 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 117.84 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

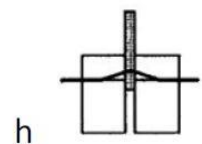
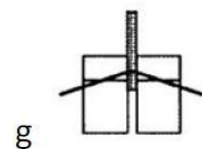
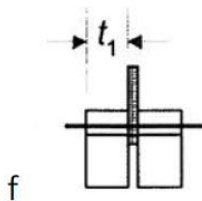
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 52.96 \text{ kN}$$

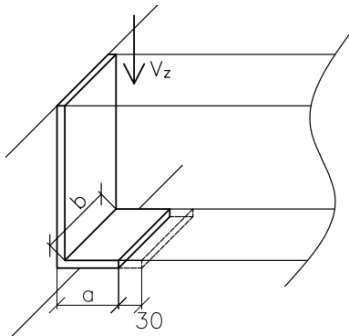
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 43.03 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 29.79 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 80 \text{ mm}$ $b := 360 \text{ mm}$ $t := 8 \text{ mm}$
 $o := a + 30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 67.02 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, “Vyhoví”, “Vzd.nové”) = “Vzd.nové”

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 280.98 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_{1t} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

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

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

počet spoj. prvků $n := 6$

excentricita $e := 140 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 85 \text{ mm}$ $r_3 := 425 \text{ mm}$

$r_2 := 255 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 46.83 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 0.7 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 39.3378 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 33.05697 \text{ kN}$$

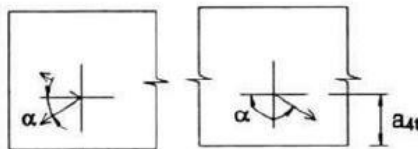
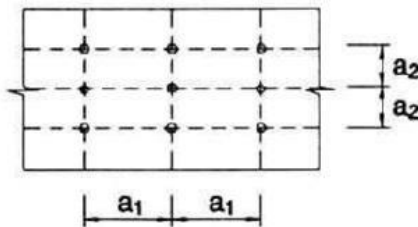
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 57.73 \text{ kN}$$

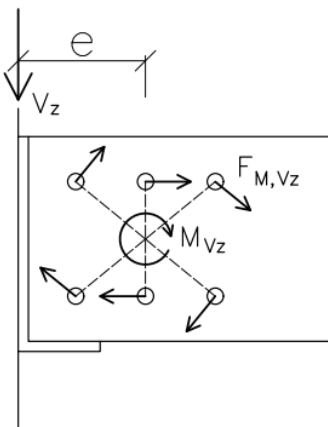
Navrhni 4 kolíky a 2 přesné svorníky $\phi 20 \text{ mm}$

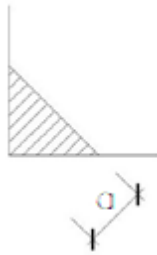
if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj



POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 4.17 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 348 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 1050 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 8400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 41.43 \text{ MPa}$$

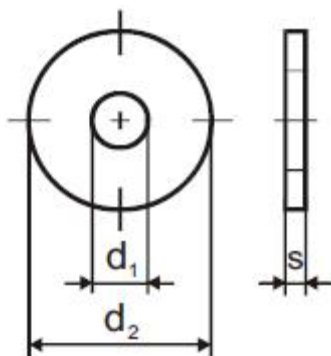
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 71.76 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



d1 - vnitřní průměr
d2 - vnější průměr
s - tloušťka

Výpočet podložky pod matice svorníků

$$f_{c,90,d} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$d_1 := 26 \text{ mm}$$

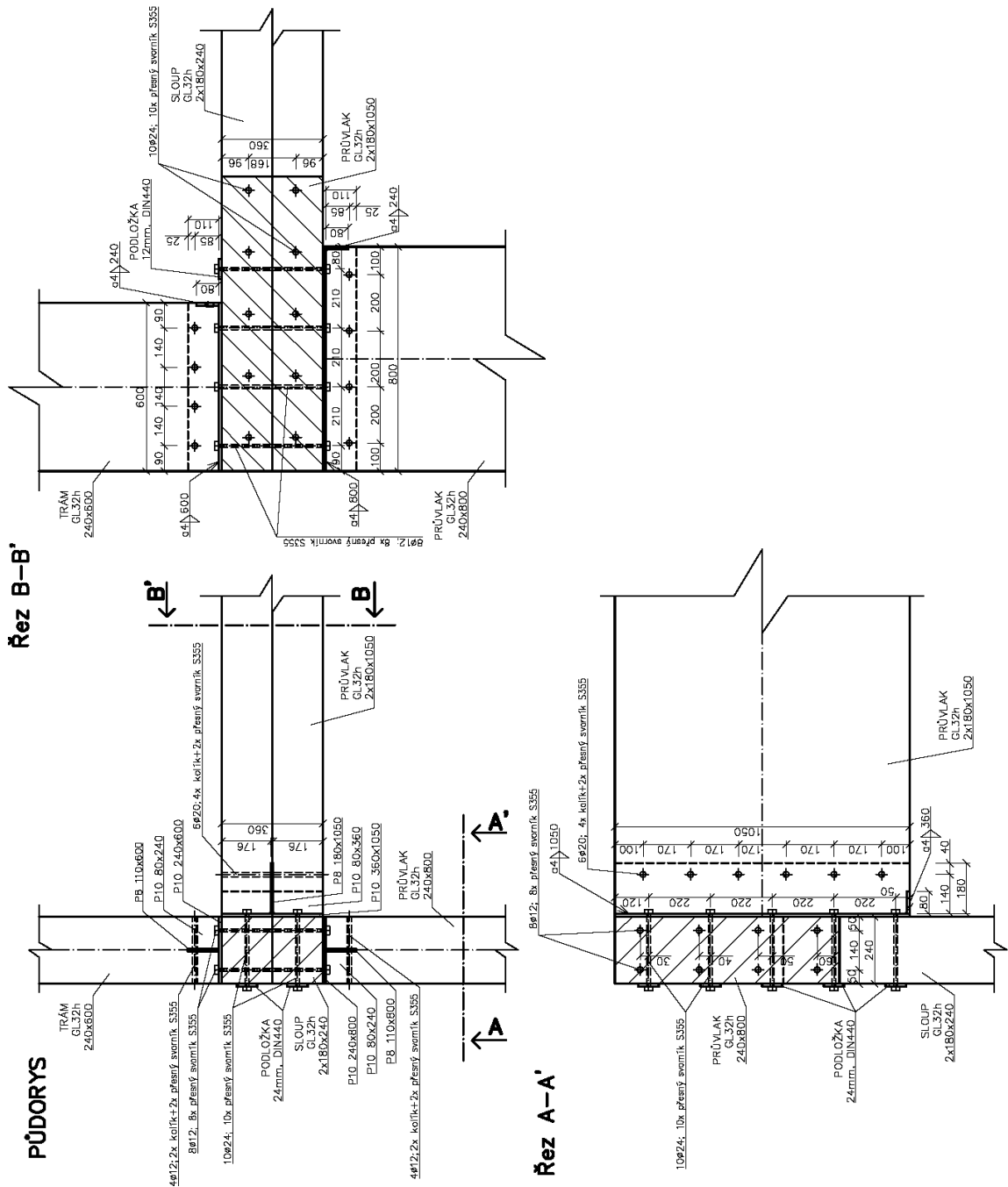
$$d_2 := 85 \text{ mm}$$

$$A := \pi \cdot \left(\frac{d_2^2 - d_1^2}{4} \right) = 5143.57 \text{ mm}^2$$

$$F_{c,90,d} := 3 \cdot f_{c,90,d} \cdot A = 26.71 \text{ kN}$$

$$\text{if} \left(\frac{N_{Ed}}{10} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

DETAIL P12 – přípoj trámu 240x600 a průvlaků 240x800, 2x180x1050 na sloup 2x180x240
M 1:10



POSOUZENÍ PŘÍPOJE P13**PRŮVLAKU 2x180x1050 A TRÁMU 240x600 NA SLOUP 240x460**

Průvlak a trám jsou připojeny pomocí plechů.

a) PRŮVLAK 2x180x1050 NA SLOUP 240x460**Sily působící na spoj**

$$V_{Y,d} := 21.39 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 1821.02 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 32.56 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ**Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tloušťka plechu} \quad t := 8 \text{ mm}$$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,0,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

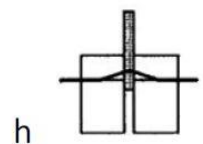
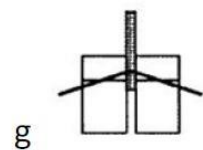
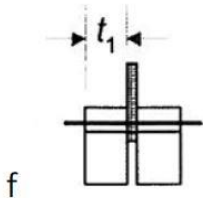
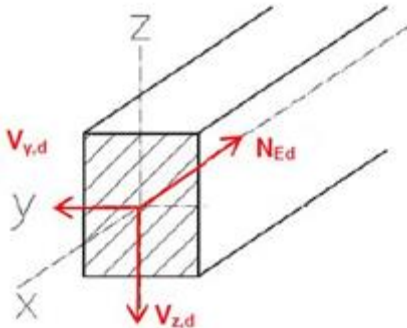
$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,f} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 55.92 \text{ kN} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24.53 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 16.97 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,f}, F_{v,Rk,g}, F_{v,Rk,h}) = 16.97 \text{ kN}$$



$$F_{v.Ed} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.75 \text{ kN}$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{v.Ed} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.75 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na stříh

$$F_{v.Ed} := 0.8 \text{ kN} \quad \text{Posouvající síla na sloup}$$

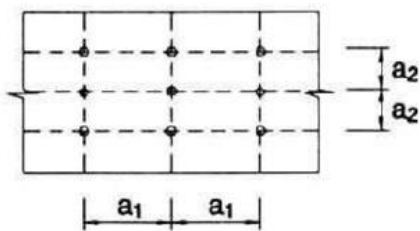
Navrhuji 1 svorník $\phi 12\text{mm}$

$$n := 1$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 0.8 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Ed}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji konstrukčně 1 přesný svorník a 2 kolíky $\phi 12\text{mm}$



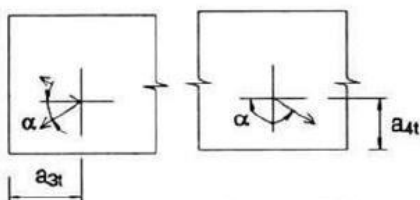
Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$



Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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

$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj

Parametry kolků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$
Tloušťka plechu podložky	$t_p := 20 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{360 \text{ mm} - t}{2} = 176 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 117.84 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

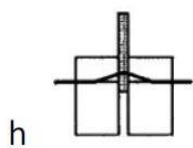
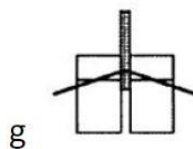
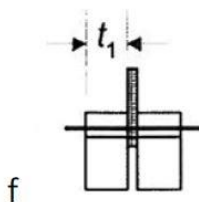
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 52.96 \text{ kN}$$

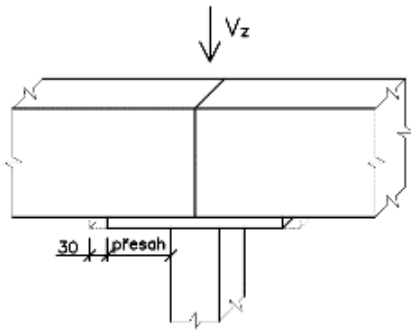
$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 43.03 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 29.79 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

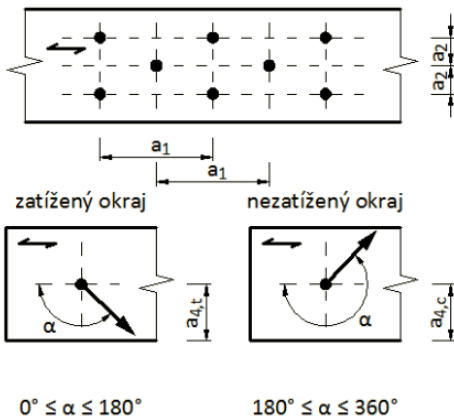
$$\text{délka opěrky} \quad a := 860 \text{ mm} \quad b := 360 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm} \\ o := a + 2 \cdot 30 \text{ mm} = 920 \text{ mm}$$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 560.49 \text{ kN}$$

$$\text{if}(V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Vzd.nové”}) = \text{“Vzd.nové”}$$

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 1260.53 \text{ kN}$$

Geometrie spoje



Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{1t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 22$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

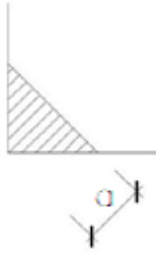
$$F_{1.Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 57.3 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 1.48 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed,V}^2 + F_{1.Ed,N}^2} = 57.32 \text{ kN}$$

Navrhují 16 kolíků a 6 přesných svorníků $\phi 20 \text{ mm}$

$$\text{if}(F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$



POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 32.56 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 1821.02 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 860 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 6880 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{V_{Z.d}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 187.16 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 187.16 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{N_{Ed}}{A_w} = 4.73 \text{ MPa}$$

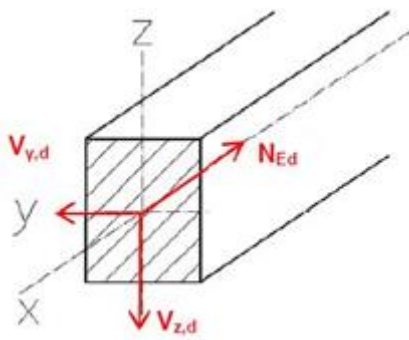
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 374.41 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



b) TRÁMU 240x600 NA SLOUP 460x240

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 0.80 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 29.01 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 2.36 \text{ kN}$$

Parametry kolíků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tloušťka plechu} \quad t := 8 \text{ mm}$$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h,0,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,f} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 65.41 \text{ kN} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

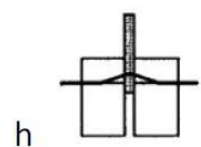
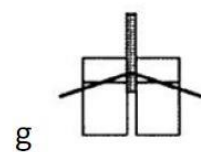
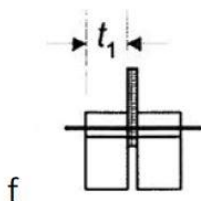
$$F_{v,Rk,g} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 30.3 \text{ kN}$$

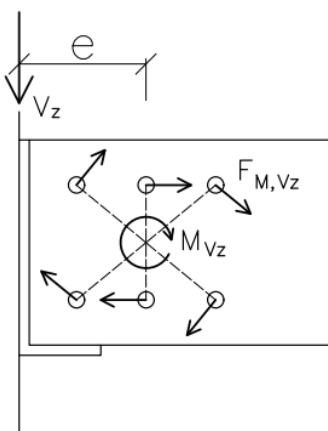
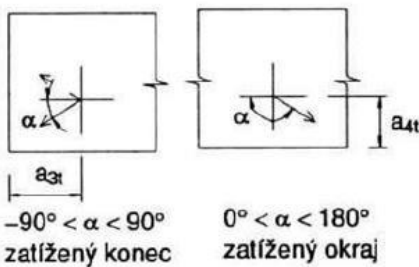
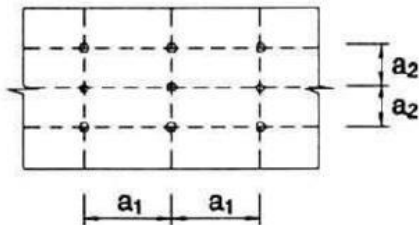
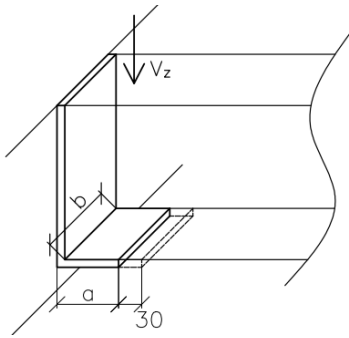
$$F_{v,Rk,h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,f}, F_{v,Rk,g}, F_{v,Rk,h}) = 28.25 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 19.56 \text{ kN}$$





Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\text{délka opěrky} \quad a := 0 \text{ mm} \quad b := 0 \text{ mm} \quad t = 8 \text{ mm}$$

$$o := a + 0 \text{ mm} = 0 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{BEZ OPĚRKY}$$

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 0 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 29.01 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 3$$

$$\text{excentricita} \quad e := 115 \text{ mm}$$

$$\text{ramena sil} \quad r_1 := 200 \text{ mm}$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 9.67 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 0.79 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 3.3362 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 8.3405 \text{ kN}$$

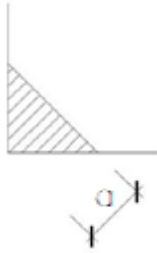
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 13.3 \text{ kN}$$

Navrhují 3 přesné svorníky $\phi 16 \text{ mm}$

if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"

POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 2.36 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 29.01 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 600 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 6.04 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 10.49 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

POSOUZENÍ PŘÍPOJE P14**PRŮVLAKU 2x180x1050 A TRÁMU 240x600 NA SLOUP 240x320**

Průvlak a trám jsou připojeny pomocí plechů.

a) PRŮVLAK 2x180x1050 NA SLOUP 240x320**Sily působící na spoj**

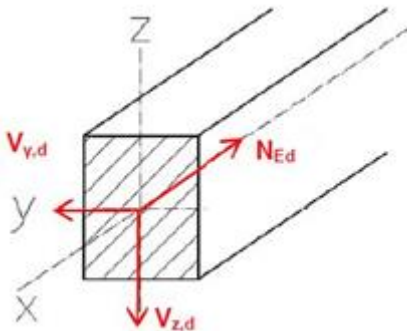
$$V_{Y,d} := 23.28 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 1224.51 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 33.63 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ**Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tloušťka plechu} \quad t := 8 \text{ mm}$$

**SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih**

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,0,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

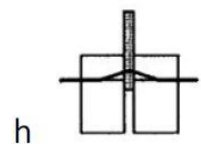
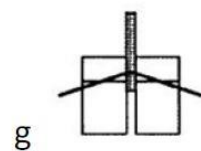
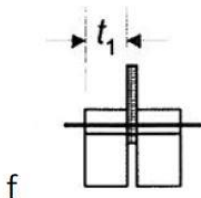
$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,f} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 55.92 \text{ kN} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24.53 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 16.97 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,f}, F_{v,Rk,g}, F_{v,Rk,h}) = 16.97 \text{ kN}$$



$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.75 \text{ kN}$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.75 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na stříh

$$F_{v.Ed} := 0.8 \text{ kN} \quad \text{Posouvající síla na sloup}$$

Navrhuji 1 svorník $\phi 12 \text{ mm}$

$$n := 1$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 0.8 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji konstrukčně 2 přesné svorníky $\phi 12 \text{ mm}$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

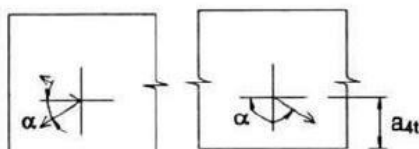
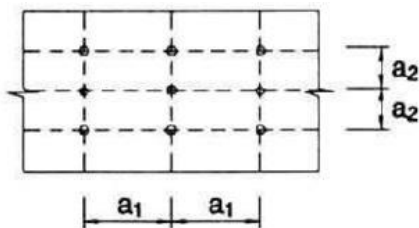
$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj

Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 20 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$
Tloušťka plechu podložky	$t_p := 20 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

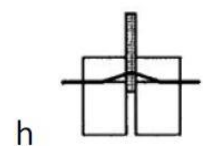
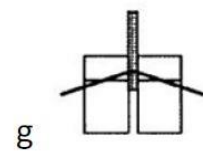
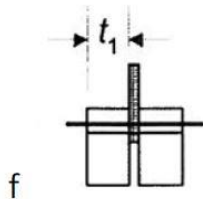
$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$t_1 := \frac{360 \text{ mm} - t}{2} = 176 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 117.84 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

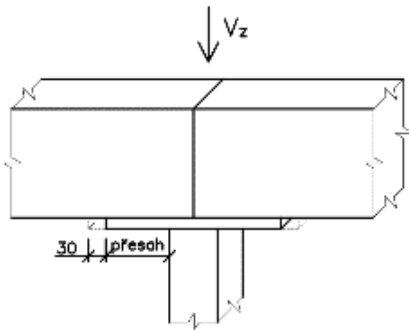
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 52.96 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 43.03 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 29.79 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c.90.k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

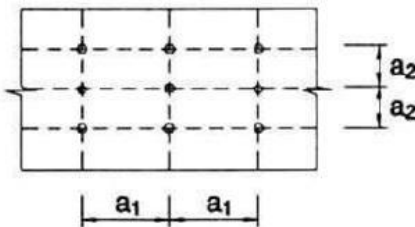
$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{délka opěrky} \quad a &:= 320 \text{ mm} & b &:= 360 \text{ mm} & t &:= 8 \text{ mm} \\ o &:= a + 2 \cdot 30 \text{ mm} = 380 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{c.90.d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c.90.d} = 231.51 \text{ kN}$$

$$\text{if}(V_{Z.d} \leq F_{c.90.d}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Vzd.nové”}) = \text{“Vzd.nové”}$$

$$V_{Z.d.nové} := V_{Z.d} - F_{c.90.d} = 993 \text{ kN}$$



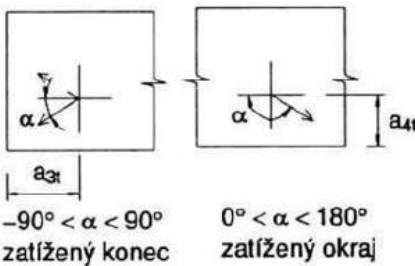
Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$



Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na stříh

$$\text{počet spoj. prvků} \quad n := 18$$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

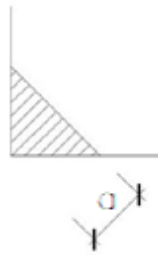
$$F_{1.Ed.V} := \frac{V_{Z.d.nové}}{n} = 55.17 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 1.87 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed.V}^2 + F_{1.Ed.N}^2} = 55.2 \text{ kN}$$

Navrhují 14 kolíků a 4 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$\text{if}(F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$



POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 33.63 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 1224.51 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 320 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2560 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{V_{Z.d}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 193.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 193.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{N_{Ed}}{A_w} = 13.14 \text{ MPa}$$

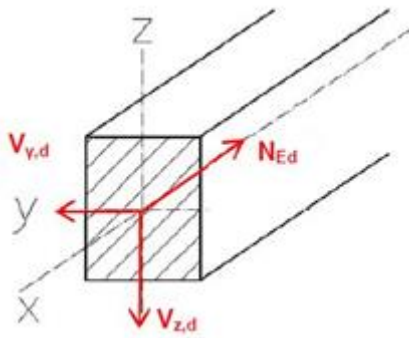
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 387.37 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



b) TRÁMU 240x600 NA SLOUP 240x320

Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 0.72 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 33.81 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 1.84 \text{ kN}$$

Parametry kolků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tloušťka plechu} \quad t := 8 \text{ mm}$$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

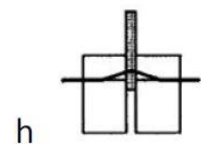
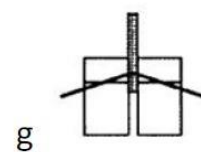
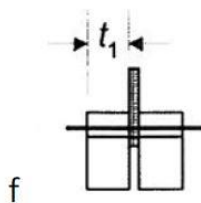
$$f_{h,0,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$



$$F_{v,Rk,f} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 65.41 \text{ kN} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

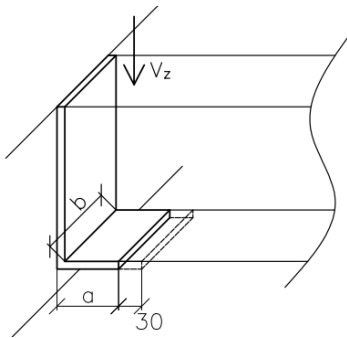
$$F_{v,Rk,g} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 30.3 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,f}, F_{v,Rk,g}, F_{v,Rk,h}) = 28.25 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v,Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 19.56 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c.90.k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

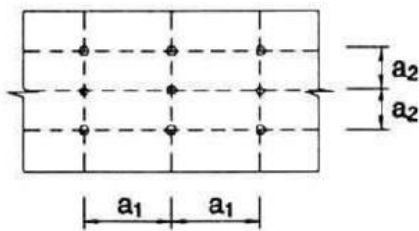
délka opěrky $a := 0 \text{ mm}$ $b := 0 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 0 \text{ mm} = 0 \text{ mm}$ --> BEZ OPĚRKY

$$F_{c.90.d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c.90.d} = 0 \text{ kN}$$

if ($V_{Z.d} \leq F_{c.90.d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z.d.nové} := V_{Z.d} - F_{c.90.d} = 33.81 \text{ kN}$$

Geometrie spoje

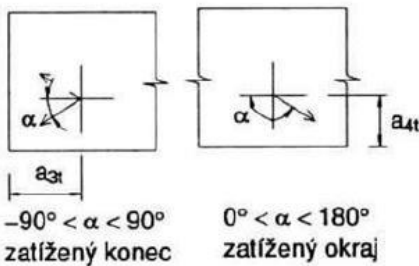


Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_{1t} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

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



Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 3$

excentricita $e := 115 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 200 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1.Ed.V} := \frac{V_{Z.d.nové}}{n} = 11.27 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 0.61 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z.d.nové} \cdot e = 3.8882 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1.Ed.M} := 8.3405 \text{ kN}$$

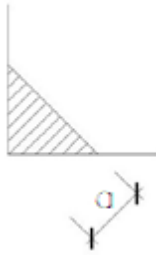
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1.Ed} := F_{1.Ed.V} + F_{1.Ed.N} + F_{1.Ed.M}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed.V}^2 + (F_{1.Ed.N} + F_{1.Ed.M})^2} = 14.39 \text{ kN}$$

Navrhují 3 přesné svorníky $\phi 16 \text{ mm}$

if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 1.84 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 33.81 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 600 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.27 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0.27 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z.d}}{A_w} = 7.04 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 12.21 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

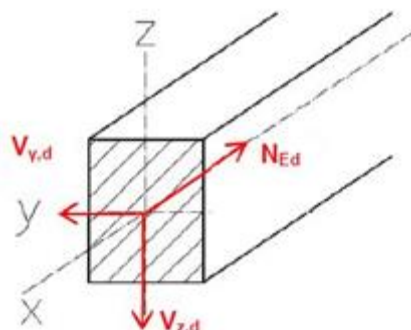
$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

POSOUZENÍ PŘÍPOJE P15**PRŮVLAKU 2x180x1050 A TRÁMU 240x600 NA SLOUP 240x240**

Průvlak a trám jsou připojeny pomocí plechů.

a) PRŮVLAK 2x180x1050 NA SLOUP 240x240**Síly působící na spoj**

$$V_{Y,d} := 16.91 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 630.17 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 29.51 \text{ kN}$$

SVORNÍKOVÝ SPOJ**Parametry svorníků - SLOUP**

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 12 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$
Plocha svorníku	$A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$

SLOUP - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{h,0,k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

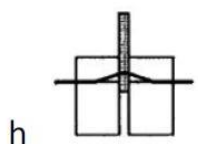
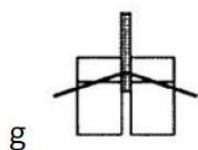
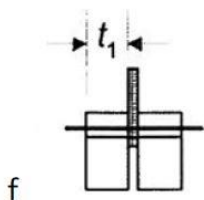
$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk,f} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d = 55.92 \text{ kN} \quad F_{ax,Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,g} := f_{h,\alpha,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,\alpha,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24.53 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,\alpha,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 16.97 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} := \min(F_{v,Rk,f}, F_{v,Rk,g}, F_{v,Rk,h}) = 16.97 \text{ kN}$$



$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.75 \text{ kN}$$

$$f_{h,\alpha,k} := \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 11.75 \text{ kN}$$

Posouzení spoje na stříh

$$F_{v.Ed} := 0.8 \text{ kN} \quad \text{Posouvající síla na sloup}$$

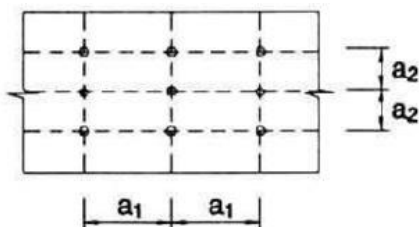
Navrhuji 1 svorník $\phi 12 \text{ mm}$

$$n := 1$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{v.Ed}}{n} = 0.8 \text{ kN} \quad (\text{jedna střížná rovina})$$

if ($F_{1.Ed} \leq F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

Navrhuji konstrukčně 2 přesné svorníky $\phi 12 \text{ mm}$



Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

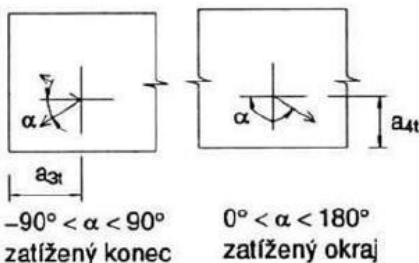
$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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



Parametry kolíků a svorníků - PRŮVLAK

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$
Tloušťka plechu podložky	$t_p := 20 \text{ mm}$

PRŮVLAK - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

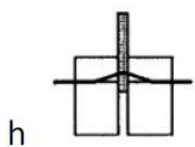
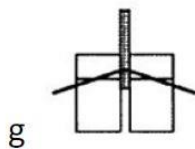
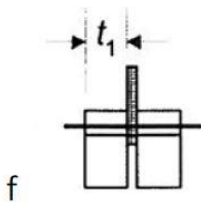
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{360 \text{ mm} - t}{2} = 176 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 99.24 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

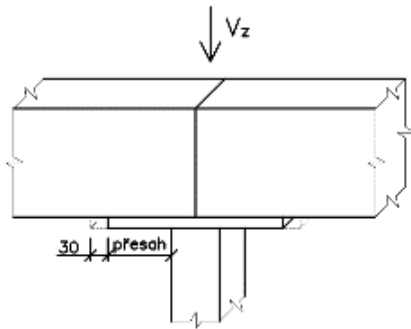
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.24 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 28.25 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 19.56 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c.90.k} := 2.50 \text{ MPa}$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

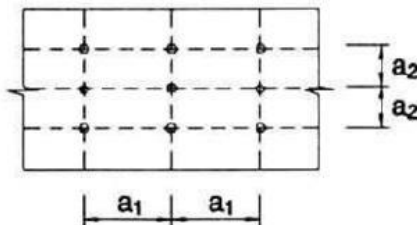
$$\begin{aligned} \text{délka opěrky} \quad a &:= 240 \text{ mm} & b &:= 360 \text{ mm} & t &:= 8 \text{ mm} \\ o &:= a + 2 \cdot 30 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{c.90.d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c.90.d} = 182.77 \text{ kN}$$

if ($V_{Z.d} \leq F_{c.90.d}$, “Vyhoví”, “Vzd.nové”) = “Vzd.nové”

$$V_{Z.d.nové} := V_{Z.d} - F_{c.90.d} = 447.4 \text{ kN}$$

Geometrie spoje



Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

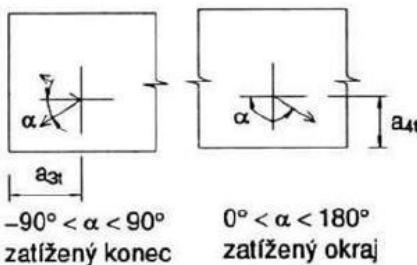
$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$



$-90^\circ < \alpha < 90^\circ$
zatížený konec

$0^\circ < \alpha < 180^\circ$
zatížený okraj

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 12$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

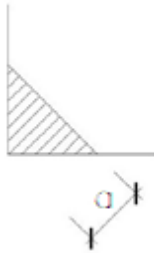
$$F_{1.Ed.V} := \frac{V_{Z.d.nové}}{n} = 37.28 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed.N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 2.46 \text{ kN}$$

$$F_{1.Ed} := \sqrt{F_{1.Ed.V}^2 + F_{1.Ed.N}^2} = 37.36 \text{ kN}$$

Navrhuji 8 kolíků a 4 přesné svorníky $\phi 16\text{mm}$

if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”



POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 29.51 \text{ kN}$$

$$V_{Z.d} = 630.17 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 240 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 5 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{V_{Z.d}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 185.67 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 185.67 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{N_{Ed}}{A_w} = 12.3 \text{ MPa}$$

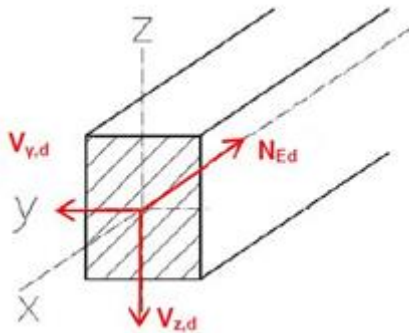
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 371.94 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



b) TRÁMU 240x600 NA SLOUP 240x240 Síly působící na spoj

$$V_{Y,d} := 1.39 \text{ kN} \quad V_{Z,d} := 33.81 \text{ kN} \quad N_{Ed} := 1.84 \text{ kN}$$

Parametry kolíků a svorníků - TRÁM

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr svorníku	$d := 16 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha svorníku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tloušťka plechu} \quad t := 8 \text{ mm}$$

TRÁM - Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden střih

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

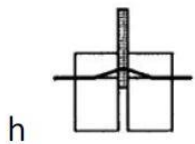
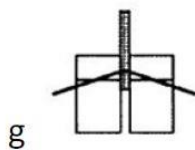
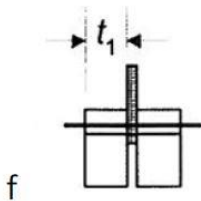
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 65.41 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

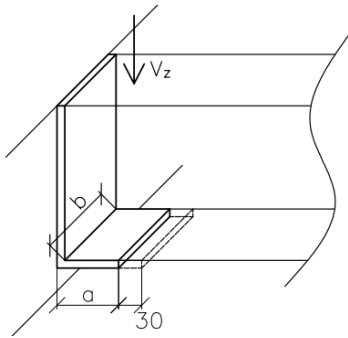
$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 30.3 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 28.25 \text{ kN}$$

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} = 19.56 \text{ kN}$$



Únosnost kolmo k vláknům

Pevnost v tlaku kolmo k vláknům $f_{c,90,k} := 2.50 \text{ MPa}$

$k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

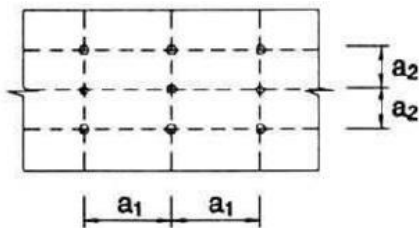
$$f_{c,90,d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1.73 \text{ MPa}$$

délka opěrky $a := 0 \text{ mm}$ $b := 0 \text{ mm}$ $t = 8 \text{ mm}$
 $o := a + 0 \text{ mm} = 0 \text{ mm}$ --> BEZ OPĚRKY

$$F_{c,90,d} := (b \cdot o - o \cdot t) \cdot f_{c,90,d} = 0 \text{ kN}$$

if ($V_{Z,d} \leq F_{c,90,d}$, "Vyhoví", "Vzd.nové") = "Vzd.nové"

$$V_{Z,d,nové} := V_{Z,d} - F_{c,90,d} = 33.81 \text{ kN}$$



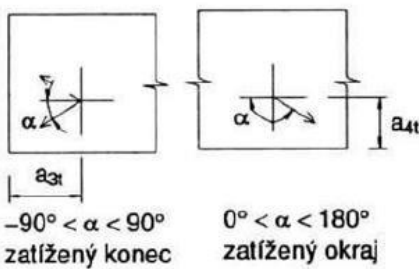
Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních kolíků a svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$$a_{1l} := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

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



Vzdálenost kolíků a svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Posouzení spoje na střih

počet spoj. prvků $n := 3$

excentricita $e := 115 \text{ mm}$

ramena sil $r_1 := 200 \text{ mm}$

Složky výslednice sil na jeden spojovací prvek

$$F_{1,Ed,V} := \frac{V_{Z,d,nové}}{n} = 11.27 \text{ kN}$$

$$F_{1,Ed,N} := \frac{N_{Ed}}{n} = 0.61 \text{ kN}$$

$$M_{Vz} := V_{Z,d,nové} \cdot e = 3.8882 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F_{1,Ed,M} := 8.3405 \text{ kN}$$

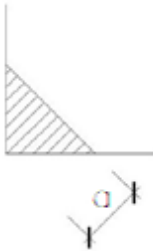
Výslednice sil - vektorový součet

$$F_{1,Ed} := F_{1,Ed,V} + F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M}$$

$$F_{1,Ed} := \sqrt{F_{1,Ed,V}^2 + (F_{1,Ed,N} + F_{1,Ed,M})^2} = 14.39 \text{ kN}$$

Navrhují 3 přesné svorníky $\phi 16 \text{ mm}$

if ($F_{1,Ed} \leq 2 \cdot F_{v,Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"

POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření vnitřního plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 1.84 \text{ kN}$$

$$V_{Z,d} = 33.81 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 600 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 4 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4800 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 0.27 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 0.27 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Z,d}}{A_w} = 7.04 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 12.21 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

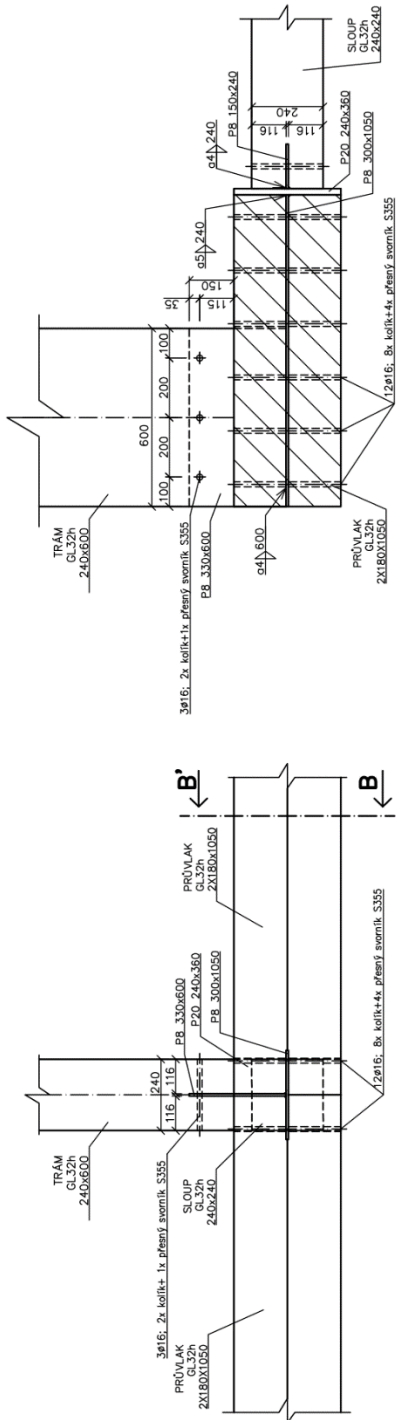
$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

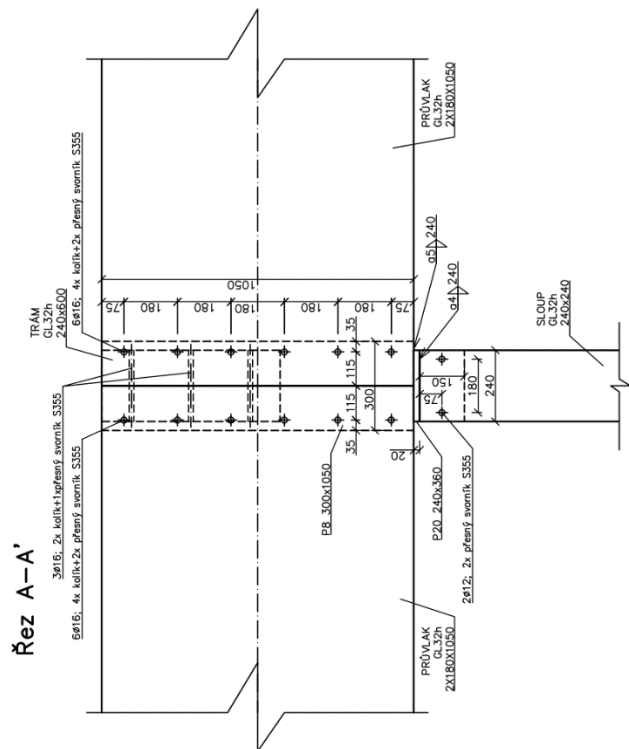
DETAIL P15 – připoj průvlaku 2x180x1050 a trámu 240x600 na sloup 240x240
M 1:10

PŮDORYS

Řez B-B'



Řez A-A'



6.2 DETAILY KOTVENÍ

I přes rozsáhlost konstrukce, se na ní, s ohledem na rozměry jednotlivých sloupů a velikostí vnitřních sil, nachází pouze 5 typů kotvení. Dále bylo navrženo jedno alternativní kotvení, jehož alternativy se mohou aplikovat na celou konstrukci. Viz výpis kotvení. Rozměry jsou uváděny v mm.

K1 – KOTVENÍ SLOUPU 240x240 (maximální síla 510kN)

K2 – KOTVENÍ SLOUPU 240x240 (maximální síla 1000kN)

K3 – KOTVENÍ SLOUPU 240x320

K4 – KOTVENÍ SLOUPU 240x460

K5 – KOTVENÍ 2x180x240

K6 – ALTERNATIVNÍ KOTVENÍ

Ve výpočtu bylo uvažováno kloubové kotvení, což přípoj patního plechu a žiletky ve dřevě přesně nevystihuje, jedná se o tzv. falešný kloub. Uvažuje se tedy jako přípoj, který částečně přenáší i ohybový moment. Sloupu tedy není umožněno dostatečné natočení. Hrozí zde namáhání tahem kolmo k vláknům, které je zde řešeno doplněním příčnými vruty mezi jednotlivé řady kolíků a přesných svorníků.

Dále bylo navrženo alternativní řešení kotvení s přivařeným ložiskem, jenž by leželo na podlité desce přikotvené chemickými kotvami HIS M10 do základové patky. Tento typ přípoje by kloubové kotvení vystihl lépe.

Jako kotevní šrouby byly navrženy kotevní šrouby M16, pevnostní třídy 8.8. Jedná se o kotevní šrouby značky Hilti – Hilti HIT-RE 500 V3 1400 Jumbo. Otvory v patním plechu jsou uvažovány 16mm+4 mm bezpečnostní rezerva, aby se při montáži nepoškodilo pozinkování plechu. Mezera mezi kotevními šrouby a patním plechem bude vyplněna, aby byl umožněn přenos vodorovné reakce. Kotevní zarážku zde není nutno navrhovat, kvůli malým vodorovným reakcím. Proto dostačují kotevní šrouby, které bez problémů vodorovnou reakci přenesou.

Ve statickém výpočtu byl uvažován přenos 75 % osově síly kontaktem, zbytek síly přenesou kolíky a přesné svorníky. Dále byl, na stranu bezpečnou, zanedbán rozměr c u výpočtu efektivní plochy patního plechu, tudíž byla uvažována pouze skutečná kontaktní plocha sloupu na patní plech.

Tloušťka vnitřních plechů ve sloupech je 8 mm. Výřez v dřevěném prvku bude tloušťky 10 mm. Patní plech je tlustý 15 mm a je přivařen k vnitřnímu plechu koutovým svarem o tloušťce 5 mm.

Pozn: Ve zdvojeném sloupu 2x180x240 byly navrženy konstrukčně průběžné svorníky $\varnothing 12$ po vzdálenostech 500 mm kvůli soudržnosti prvku.

6.2.1 KOTVENÍ SLOUPU 240 X 240 MM (MAX SÍLA 510KN)

POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VSAZENÉHO PLECHU DO SLOUPU

Připojení je provedeno z vsazeného plechu do sloupu 240x240mm a ze svorníků.

Parametry svorníků

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr kolíku	$d := 12 \text{ mm}$

$$\text{Plocha kolíku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 113.1 \text{ mm}^2$$

Parametry vsazeného plechu

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 12 \text{ mm}$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 84 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 48 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

$$a_{3t} := 7 \cdot d = 84 \text{ mm}$$

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

Maximální výslednice na vsazený plech

Tlak přenesen kontaktem

Rozhodující kombinace

25% N_{Ed} přenesou spojovací prvky

75% N_{Ed} přenesou patní plech

Ověření únosnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

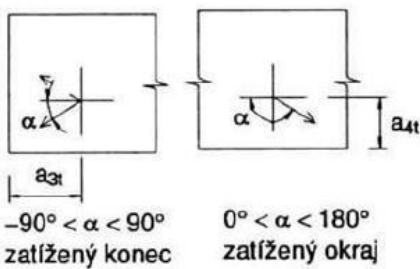
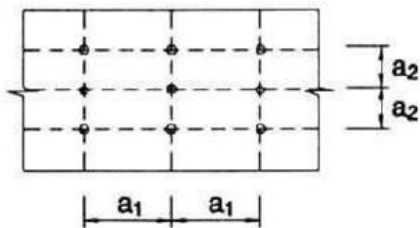
$$f_{c.0.k} := 32 \text{ MPa} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_c := \frac{((240 \cdot 240 - 8 \cdot 240) \text{ mm}^2 \cdot k_{mod} \cdot f_{c.0.k})}{\gamma_M} = 1233.53 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.celk} := 509.57 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed} := 25\% \cdot N_{Ed.celk} = 127.39 \text{ kN} \quad (\text{pouze tlak})$$

$$V_{Ed} := 22.79 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 129.41 \text{ kN}$$



Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

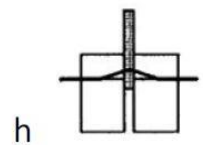
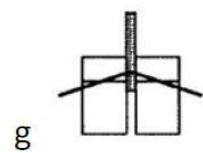
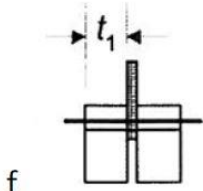
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.18 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.08$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 37.2 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.113 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 51.78 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 22.81 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 16.33 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 16.33 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 14.13 \text{ kN}$$

Posouzení kolíkového spoje

Navrhuji 6 přesných svorníků $\phi 12\text{mm}$

$$n := 6 \quad \text{počet svorníků}$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 21.57 \text{ kN}$$

$$\text{if } (F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$

$$2 \cdot F_{v.Rd} \rightarrow 2 \text{ střížné roviny}$$

POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření styčnickového plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 127.39 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 22.79 \text{ kN}$$

$$\text{Délka svaru} \quad l_1 := 240 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka svaru} \quad a_1 := 5 \text{ mm}$$

$$\text{Korelační součinitel} \quad \beta_w := 0.9$$

$$\text{Souč. spolehl. svaru} \quad \gamma_{Mw} := 1.25$$

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 37.53 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 37.53 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoěžné} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 9.5 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoěžné}^2} = 76.85 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

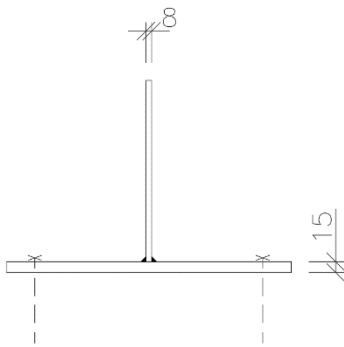
$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU**Patka**Materiál - beton C20/25 $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$$\gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.33 \text{ MPa}$$

Šířka $B := 600 \text{ mm}$ Délka $A := 600 \text{ mm}$ Výška podlití 30 mm Součinitel výšky podlití $\beta := \frac{2}{3} = 0.67$ **Parametry patního plechu**

Materiál plechu ocel S355

Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$ Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$ Tloušťka $t_p := 15 \text{ mm}$ Šířka $b := 400 \text{ mm}$ Délka $a := 400 \text{ mm}$ **Účinné rozměry**

$$a_1 := \min(A, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 600 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(B, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 600 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = 1.5$$

Součinitel koncentrace napětí

$$f_{jd} := \beta \cdot k_j \cdot f_{cd} = 13.33 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 44.69 \text{ mm}$$

Na stranu bezpečnou zanedbávám rozměr c a uvažuji pouze plochu sloupu.

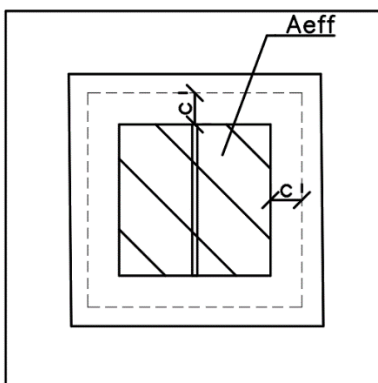
$$A_{eff} := 240 \text{ mm} \cdot 240 \text{ mm} = 57600 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost betonové patky

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 768 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed.celk} = 509.57 \text{ kN}$$

if ($N_{Ed} \leq N_{Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"



6.2.2 KOTVENÍ SLOUPU 240 X 240 MM (MAX SÍLA 1000KN)

POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VSAZENÉHO PLECHU DO SLOUPU

Připojení je provedeno z vsazeného plechu do sloupu 240x240mm a ze svorníků.

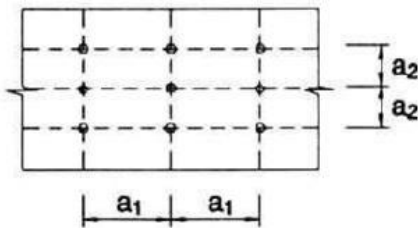
Parametry svorníků

Materiál ocel S355
 Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$
 Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$
 Průměr kolíku $d := 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha kolíku } A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

Parametry vsazeného plechu

Materiál ocel S355
 Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$
 Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$
 Tloušťka plechu $t := 8 \text{ mm}$
 Velikost otvorů $d_0 := d = 16 \text{ mm}$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků
 $\alpha := 0^\circ$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

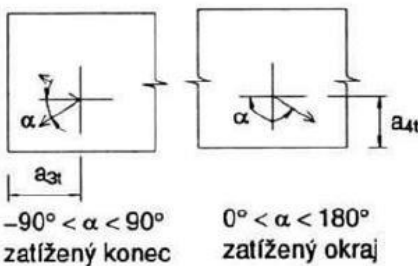
$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

**Maximální výslednice na vsazený plech**

tlak přenesen kontaktem

Rozhodující kombinace

25% N_{Ed} přenesou spojovací prvky

75% N_{Ed} přenesou vlastní plech

Ověření únosnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

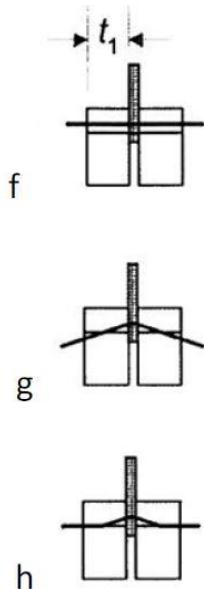
$$f_{c,0,k} := 32 \text{ MPa} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_c := \frac{((240 \cdot 240 - 8 \cdot 240) \text{ mm}^2 \cdot k_{mod} \cdot f_{c,0,k})}{\gamma_M} = 1233.53 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,celk} := 998.15 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed} := 25\% \cdot N_{Ed,celk} = 249.54 \text{ kN} \quad (\text{pouze tlak})$$

$$V_{Ed} := 0.93 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 249.54 \text{ kN}$$



Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.14$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 65.41 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 30.3 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 28.25 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 24.45 \text{ kN}$$

Posouzení kolíkového spoje

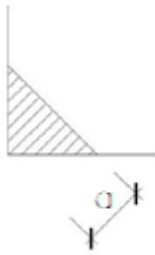
Navrhuji 6 přesných svorníků $\phi 16\text{mm}$

$$n := 6 \quad \text{počet svorníků}$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 41.59 \text{ kN}$$

if ($F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}$, “Vyhoví”, “Nevyhoví”) = “Vyhoví”

$2 \cdot F_{v.Rd} \rightarrow$ 2 střížné roviny

POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření styčnickového plechu koutovým svařem**

$$N_{Ed} = 249.54 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0.93 \text{ kN}$$

$$\text{Délka svaru} \quad l_1 := 240 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka svaru} \quad a_1 := 5 \text{ mm}$$

$$\text{Korelační součinitel} \quad \beta_w := 0.9$$

$$\text{Souč. spolehl. svaru} \quad \gamma_{Mw} := 1.25$$

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 73.52 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 73.52 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 0.39 \text{ MPa}$$

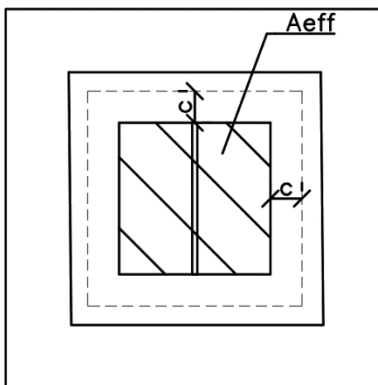
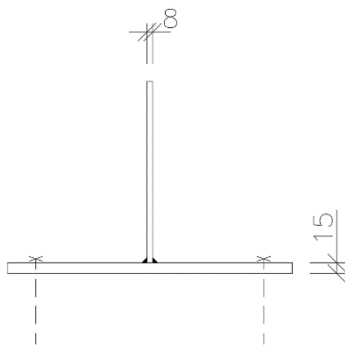
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 147.04 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU

Patka

Materiál - beton C20/25 $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$$\gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.33 \text{ MPa}$$

Šířka $B := 800 \text{ mm}$

Délka $A := 800 \text{ mm}$

Výška podlití 30 mm

Součinitel výšky podlití $\beta := \frac{2}{3} = 0.67$

Parametry patního plechu

Materiál plechu ocel S355

Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$

Tloušťka $t_p := 15 \text{ mm}$

Šířka $b := 400 \text{ mm}$

Délka $a := 400 \text{ mm}$

Účinné rozměry

$$a_1 := \min(A, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(B, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 800 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = 2$$

Součinitel koncentrace napětí

$$f_{jd} := \beta \cdot k_j \cdot f_{cd} = 17.78 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 38.7 \text{ mm}$$

Na stranu bezpečnou zanedbávám rozměr c a uvažuji pouze plochu sloupu.

$$A_{eff} := 240 \text{ mm} \cdot 240 \text{ mm} = 57600 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost betonové patky

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 1024 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed,celk} = 998.15 \text{ kN}$$

if ($N_{Ed} \leq N_{Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"

6.2.3 KOTVENÍ SLOUPU 240 X 320 MM

POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VSAZENÉHO PLECHU DO SLOUPU

Připojení je provedeno z vsazeného plechu do sloupu 240x320mm a ze svorníků.

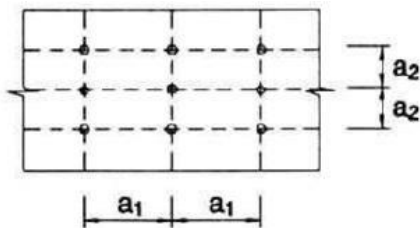
Parametry svorníků

Materiál ocel S355
 Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$
 Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$
 Průměr kolíku $d := 20 \text{ mm}$

Plocha kolíku $A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$

Parametry vsazeného plechu

Materiál ocel S355
 Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$
 Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$
 Tloušťka plechu $t := 8 \text{ mm}$
 Velikost otvorů $d_0 := d = 20 \text{ mm}$

**Geometrie spoje**

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$\alpha := 0^\circ$

$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$

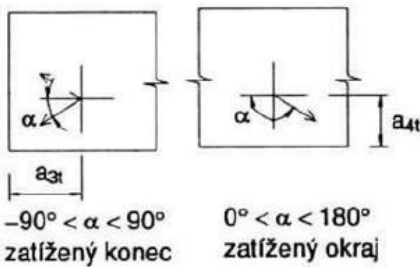
$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$

Vzdálenost svorníků od kraje

$\alpha := 90^\circ$

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

$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$

**Maximální výslednice na vsazený plech**

Tlak přenesen kontaktem

Rozhodující kombinace

25% N_{Ed} přenesou spojovací prvky

75% N_{Ed} přenesese patní plech

Ověření únosnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

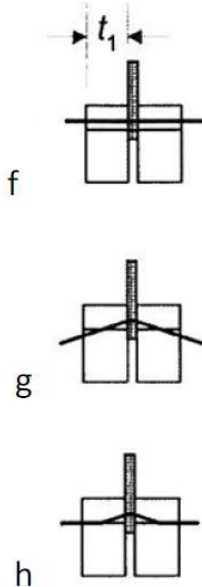
$f_{c.0.k} := 32 \text{ MPa}$ $k_{mod} := 0.9$ $\gamma_M := 1.3$

$$F_c := \frac{((240 \cdot 320 - 8 \cdot 320) \text{ mm}^2 \cdot k_{mod} \cdot f_{c.0.k})}{\gamma_M} = 1644.7 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.celk} := 1331.58 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed} := 25\% \cdot N_{Ed.celk} = 332.9 \text{ kN} \quad (\text{pouze tlak})$$

$$V_{Ed} := 11.70 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 333.1 \text{ kN}$$



Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 33.2 \text{ kN}$$

Posouzení kolíkového spoje

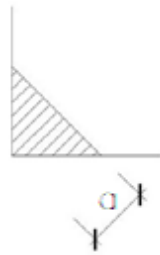
Navrhují 6 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 6 \quad \text{počet svorníků}$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 55.52 \text{ kN}$$

$$\text{if}(F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$

$$2 \cdot F_{v.Rd} \rightarrow 2 \text{ střížné roviny}$$

POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření styčnickového plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 332.9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 11.7 \text{ kN}$$

Délka svaru

$$l_1 := 320 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 5 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spolehl. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 3200 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 73.56 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 73.56 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoěžné} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 3.66 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoěžné}^2} = 147.26 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU**Patka**Materiál - beton C20/25 $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

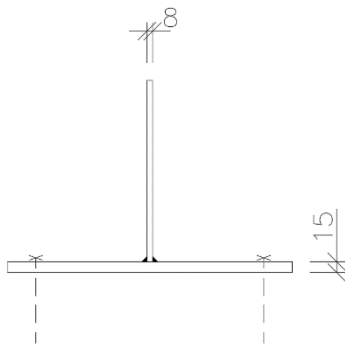
$$\gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.33 \text{ MPa}$$

Šířka $B := 900 \text{ mm}$ Délka $A := 900 \text{ mm}$ Výška podlití 30 mm

$$\text{Součinitel výšky podlití } \beta := \frac{2}{3} = 0.67$$

Parametry patního plechu

Materiál plechu ocel S355

Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$ Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$ Tloušťka $t_p := 15 \text{ mm}$ Šířka $b := 400 \text{ mm}$ Délka $a := 480 \text{ mm}$ **Účinné rozměry**

$$a_1 := \min(A, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 900 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(B, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 900 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = 2.05$$

Součinitel koncentrace napětí

$$f_{jd} := \beta \cdot k_j \cdot f_{cd} = 18.26 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 38.19 \text{ mm}$$

Na stranu bezpečnou zanedbávám rozměr c a uvažuji pouze plochu sloupu.

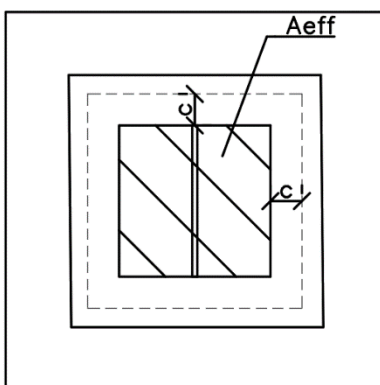
$$A_{eff} := 240 \text{ mm} \cdot 320 \text{ mm} = 76800 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost betonové patky

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 1402.17 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed.celk} = 1331.58 \text{ kN}$$

$$\text{if}(N_{Ed} \leq N_{Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$



6.2.4 KOTVENÍ SLOUPU 240 X 460 MM

POSOUZENÍ PŘIPOJENÍ VSAZENÉHO PLECHU DO SLOUPU

Připojení je provedeno z vsazeného plechu do sloupu 240x460mm a ze svorníků.

Parametry svorníků

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr kolíku	$d := 20 \text{ mm}$

$$\text{Plocha kolíku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314.16 \text{ mm}^2$$

Parametry vsazeného plechu

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 20 \text{ mm}$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 140 \text{ mm}$$

$$a_2 := 4 \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 80 \text{ mm}$$

Maximální výslednice na vsazený plech

Tlak přenesen kontaktem

Rozhodující kombinace

25% N_{Ed} přenesou spojovací prvky

75% N_{Ed} přenesou patní plech

Ověření únosnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

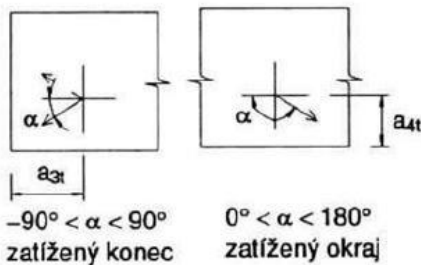
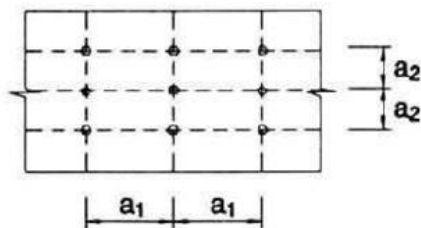
$$f_{c.0.k} := 32 \text{ MPa} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_c := \frac{((240 \cdot 460 - 8 \cdot 460) \text{ mm}^2 \cdot k_{mod} \cdot f_{c.0.k})}{\gamma_M} = 2364.26 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.celk} := 1938.22 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed} := 25\% \cdot N_{Ed.celk} = 484.56 \text{ kN} \quad (\text{pouze tlak})$$

$$V_{Ed} := 19.80 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 484.96 \text{ kN}$$



Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

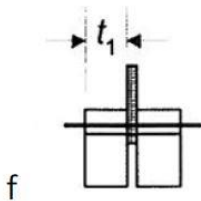
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{\text{MPa} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{\text{mm}} = 1.2$$

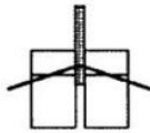
$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 33.48 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.523 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$t_1 := \frac{240 \text{ mm} - t}{2} = 116 \text{ mm}$$



f



g



h

$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 77.67 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 38.37 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.03 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 38.37 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 33.2 \text{ kN}$$

Posouzení kolíkového spoje

Navrhuji 8 přesných svorníků $\phi 20\text{mm}$

$$n := 8 \quad \text{počet kolíků a svorníků}$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 60.62 \text{ kN}$$

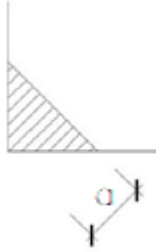
$$\text{if}(F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$

$$2 \cdot F_{v.Rd} \rightarrow 2 \text{ střížné roviny}$$

POSOUZENÍ SVARŮ**Přivaření styčnickového plechu koutovým svarem**

$$N_{Ed} = 484.56 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 19.8 \text{ kN}$$



Délka svaru

$$l_1 := 460 \text{ mm}$$

Tloušťka svaru

$$a_1 := 5 \text{ mm}$$

Korelační součinitel

$$\beta_w := 0.9$$

Souč. spol. svaru

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

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 4600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 74.49 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 74.49 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnoběžné} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 4.3 \text{ MPa}$$

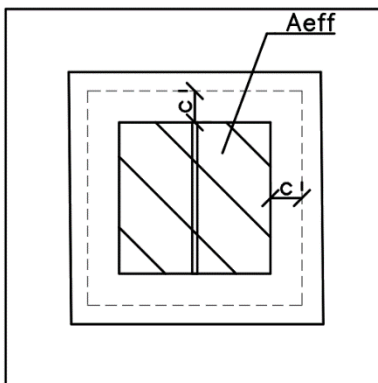
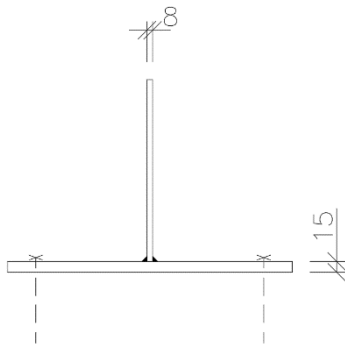
$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnoběžné}^2} = 149.16 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$



POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU

Patka

Materiál - beton C20/25 $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$$\gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.33 \text{ MPa}$$

Šířka $B := 1000 \text{ mm}$

Délka $A := 1000 \text{ mm}$

Výška podlití 30 mm

Součinitel výšky podlití $\beta := \frac{2}{3} = 0.67$

Parametry patního plechu

Materiál plechu ocel S355

Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$

Tloušťka $t_p := 15 \text{ mm}$

Šířka $b := 400 \text{ mm}$

Délka $a := 620 \text{ mm}$

Účinné rozměry

$$a_1 := \min(A, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 1000 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(B, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 1000 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = 2.01$$

Součinitel koncentrace napětí

$$f_{jd} := \beta \cdot k_j \cdot f_{cd} = 17.85 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 38.62 \text{ mm}$$

Na stranu bezpečnou zanedbávám rozměr c a uvažuji pouze plochu sloupu.

$$A_{eff} := 240 \text{ mm} \cdot 460 \text{ mm} = 110400 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost betonové patky

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 1970.56 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed.celk} = 1938.22 \text{ kN}$$

if ($N_{Ed} \leq N_{Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"

6.2.5 KOTVENÍ SLOUPU 2 X 180 X 240 MM

POSOUZENÍ PŘÍPOJE VNITŘNÍHO PLECHU DO SLOUPŮ

Přípoj tvoří vnitřní plech mezi dvěma sloupy 180x240 mm a je připojen pomocí svorníků.

Parametry svorníků

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Průměr kolíku	$d := 16 \text{ mm}$

$$\text{Plocha kolíku} \quad A := \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 201.06 \text{ mm}^2$$

Parametry vsazeného plechu

Materiál	ocel S355
Mez kluzu	$f_y := 355 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u := 490 \text{ MPa}$
Tloušťka plechu	$t := 8 \text{ mm}$
Velikost otvorů	$d_0 := d = 16 \text{ mm}$

Geometrie spoje

Minimální vzdálenosti sousedních svorníků

$$\alpha := 0^\circ$$

$$a_1 := (4 + 3 \cdot |\cos(\alpha)|) \cdot d = 112 \text{ mm}$$

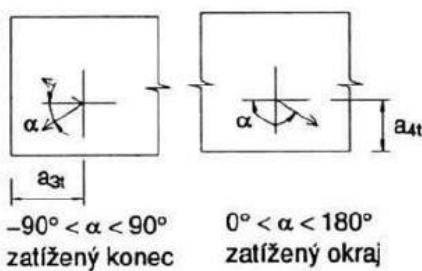
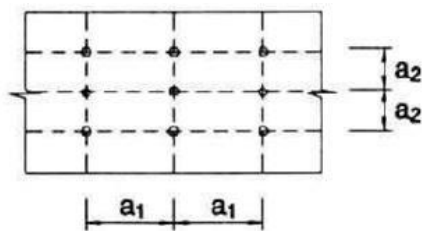
$$a_2 := 4 \cdot d = 64 \text{ mm}$$

Vzdálenost svorníků od kraje

$$\alpha := 90^\circ$$

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

$$a_{4t} := (2 + 2 \cdot \sin(\alpha)) \cdot d = 64 \text{ mm}$$

**Maximální výslednice na vsazený plech**

Tlak přenesen kontaktem

Rozhodující kombinace

25% N_{Ed} přenesou spojovací prvky

75% N_{Ed} přenesou patní plech

Ověření únosnosti v tlaku rovnoběžně s vlákny

$$f_{c.0.k} := 32 \text{ MPa} \quad k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_c := \frac{((2 \cdot 180 \cdot 240 - 8 \cdot 240) \text{ mm}^2 \cdot k_{mod} \cdot f_{c.0.k})}{\gamma_M} = 1871.56 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.celk} := 1267 \text{ kN} \quad \rightarrow N_{Ed} := 25\% \cdot N_{Ed.celk} = 316.75 \text{ kN} \quad (\text{pouze tlak})$$

$$V_{Ed} := 0.3 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} := \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = 316.75 \text{ kN}$$

Únosnost jednoho spojovacího prvku na jeden stříh

Pevnost v otláčení

$$\alpha := 90^\circ \quad \rho_k := 490 \frac{kg}{m^3}$$

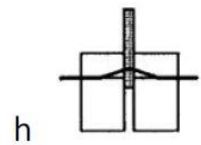
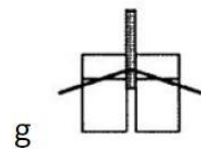
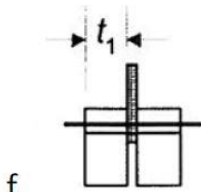
$$f_{h.0.k} := 0.082 \cdot (1 \text{ m} - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \cdot \frac{MPa \cdot m^2}{kg} = 40.17 \text{ MPa}$$

$$k_{90} := 0.9 + 0.015 \cdot \frac{d}{mm} = 1.14$$

$$f_{h.\alpha.k} := \frac{f_{h.0.k}}{k_{90} \cdot (\sin(\alpha))^2 + (\cos(\alpha))^2} = 35.24 \text{ MPa}$$

$$M_{y.Rk} := \frac{(0.8 \cdot f_u \cdot d^3)}{6} = 0.268 \text{ kN} \cdot m$$

$$t_1 := \frac{2 \cdot 180 \text{ mm} - t}{2} = 176 \text{ mm}$$



$$F_{v.Rk.f} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d = 99.24 \text{ kN} \quad F_{ax.Rk} := 0 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.g} := f_{h.\alpha.k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left(\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y.Rk}}{f_{h.\alpha.k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right) + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 43.24 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk.h} := 2.3 \cdot \sqrt{M_{y.Rk} \cdot f_{h.\alpha.k} \cdot d} + \frac{F_{ax.Rk}}{4} = 28.25 \text{ kN}$$

$$F_{v.Rk} := \min(F_{v.Rk.f}, F_{v.Rk.g}, F_{v.Rk.h}) = 28.25 \text{ kN}$$

Z důvodu použití výhradně svorníků jako spojovacích prostředků, lze únosnost spoje navýšit o 25%.

$$k_{mod} := 0.9 \quad \gamma_M := 1.3$$

$$F_{v.Rd} := k_{mod} \cdot \frac{F_{v.Rk}}{\gamma_M} \cdot 1.25 = 24.45 \text{ kN}$$

Posouzení kolíkového spoje

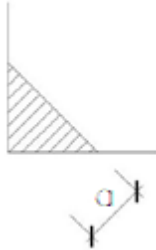
Navrhuji 7 přesných svorníků $\phi 16\text{mm}$

$$n := 7 \quad \text{počet svorníků}$$

$$F_{1.Ed} := \frac{F_{Ed}}{n} = 45.25 \text{ kN}$$

$$\text{if}(F_{1.Ed} \leq 2 \cdot F_{v.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$

$$2 \cdot F_{v.Rd} \rightarrow 2 \text{ střížné roviny}$$



POSOUZENÍ SVARŮ

Přivaření styčnickového plechu koutovým svarem

$$N_{Ed} = 316.75 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 0.3 \text{ kN}$$

$$\text{Délka svaru} \quad l_1 := 240 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka svaru} \quad a_1 := 5 \text{ mm}$$

$$\text{Korelační součinitel} \quad \beta_w := 0.9$$

$$\text{Souč. spol. svaru} \quad \gamma_{Mw} := 1.25$$

$$A_w := 2 \cdot a_1 \cdot l_1 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kolmé} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = 93.32 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kolmé} := \sigma_{kolmé} = 93.32 \text{ MPa}$$

$$\tau_{rovnooběžné} := \frac{V_{Ed}}{A_w} = 0.13 \text{ MPa}$$

$$str := \sqrt{\sigma_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{kolmé}^2 + 3 \cdot \tau_{rovnooběžné}^2} = 186.65 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = 435.56 \text{ MPa}$$

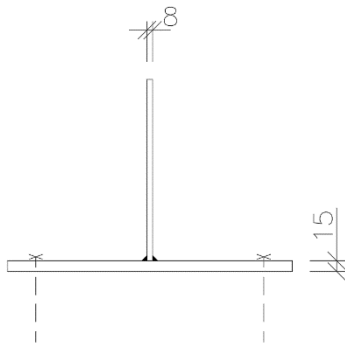
$$\text{if} \left(str \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{Mw}} = 392 \text{ MPa}$$

$$\text{if} \left(\sigma_{kolmé} \leq \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”} \right) = \text{“Vyhoví”}$$

POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU**Patka**Materiál - beton C20/25 $f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$$\gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 13.33 \text{ MPa}$$

Šířka $B := 700 \text{ mm}$ Délka $A := 700 \text{ mm}$ Výška podlití 30 mm Součinitel výšky podlití $\beta := \frac{2}{3} = 0.67$ **Parametry patního plechu**

Materiál plechu ocel S355

Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$ Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$ Tloušťka $t_p := 15 \text{ mm}$ Šířka $b := 400 \text{ mm}$ Délka $a := 400 \text{ mm}$ **Účinné rozměry**

$$a_1 := \min(A, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 700 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(B, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 700 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = 1.75$$

Součinitel koncentrace napětí

$$f_{jd} := \beta \cdot k_j \cdot f_{cd} = 15.56 \text{ MPa}$$

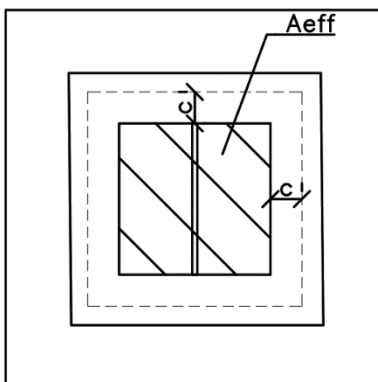
Efektivní plocha

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 41.37 \text{ mm}$$

Na stranu bezpečnou zanedbávám
rozměr c a uvažuji pouze plochu sloupu.

$$A_{eff} := 240 \text{ mm} \cdot (2 \cdot 180 \text{ mm}) = 86400 \text{ mm}^2$$

**Návrhová únosnost betonové patky**

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 1344 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := N_{Ed.celk} = 1267 \text{ kN}$$

if ($N_{Ed} \leq N_{Rd}$, "Vyhoví", "Nevyhoví") = "Vyhoví"

POSOUZENÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ

Šroub M16 $A := \pi \cdot (8 \text{ mm})^2 = 201.06 \text{ mm}^2$
 pevnostní třída 8.8 $A_s := 157 \text{ mm}^2$
 $f_{yb} := 640 \text{ MPa}$
 $f_{ub} := 800 \text{ MPa}$
 $\gamma_{Mb} := 1.45$ dílčí souč. spolehlivosti
 šroubových spojů



Otvory v patním plechu budou $d + 4 \text{ mm}$ brané s ohledem na pozinkování, aby se tento nátěr neporušil. Tudíž otvor bude $\Phi 20 \text{ mm}$. Mezera mezi kotevními šrouby a patním plechem bude vyplněna, jinak by šrouby nepřenesly vodorovnou reakci.

Doporučené rozteče pro šrouby M16

$$e_1 = e_2 = 40 \text{ mm}$$

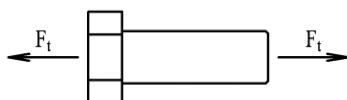
použitá kotva: Hilti HIT-RE 500 V3 1400 Jumbo
 délka zapuštění šroubu dle technických listů Hilti

1) únosnost v tahu

$$N_{t.Sd.max} := 15 \text{ kN}$$

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 77.96 \text{ kN}$$

$$\text{if}(N_{t.Sd.max} \leq 2 \cdot F_{t.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$



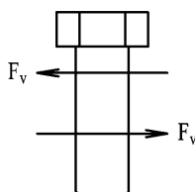
2) únosnost ve stříhu

$$R_x := 62.09 \text{ kN} \quad R_y := 48.34 \text{ kN} \quad R := \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 78.69 \text{ kN}$$

$n := 1$ počet stříhových rovin

$$F_{v.Rd} := n \cdot \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{Mb}} = 66.56 \text{ kN}$$

$$\text{if}(R \leq 2 \cdot F_{v.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$



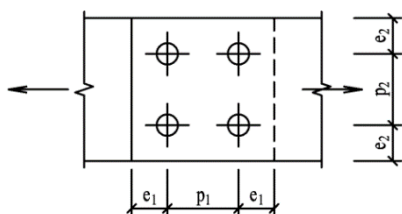
2) únosnost v otláčení

$$d := 16 \text{ mm} \quad t := 15 \text{ mm} \quad e_1 := 40 \text{ mm} \quad p_1 := 440 \text{ mm}$$

$$\alpha := \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}, \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right) = 0.83$$

$$F_{b.Rd} := \frac{2.5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = 168.97 \text{ kN}$$

$$\text{if}(R \leq 2 \cdot F_{b.Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$

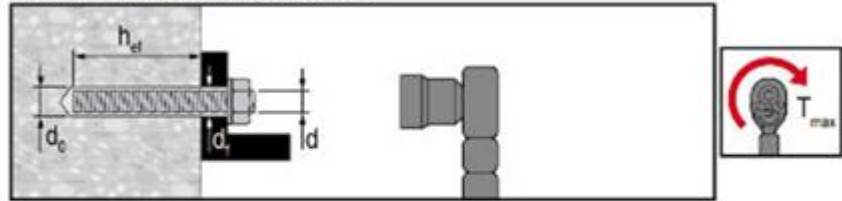


Pozn: Z důvodu malých vodorovných reakcí v kotevní oblasti není nutno navrhovat kotevní zarážku, jelikož dostačují kotevní šrouby na přenos těchto vodorovných sil.


Kotevní šrouby M16
Pevnostní třída 8.8

HIFI HIT-RE 500 V3 1400 Jumbo

HIT-V (-R, -F, -HCR) / HAS-E (-B7) / HAS-R



HIT-V

 $\varnothing d$ [mm]	$\varnothing d_c$ [mm]	h_{ef} [mm]	$\varnothing d_r$ [mm]	T_{max} [Nm]
M16	18	80...320	18	80

6.2.6 ALTERNATIVNÍ KOTVENÍ

ALTERNATIVNÍ PŘÍPOJENÍ - POSOUZENÍ PATNÍHO PLECHU

Vybrán spoj s největší $N_{Ed}=1938,22\text{ kN}$ ve sloupu $240 \times 460 \text{ mm}$.

Patka

Materiál - beton C25/30 $f_{ck} := 25 \text{ MPa}$

$$\gamma_c := 1.5 \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16.67 \text{ MPa}$$

Šířka $B := 1000 \text{ mm}$

Délka $A := 1000 \text{ mm}$

Výška podlití 30 mm

$$\text{Součinitel výšky podlití } \beta := \frac{2}{3} = 0.67$$

Parametry patního plechu

Materiál plechu ocel S355

Mez kluzu $f_y := 355 \text{ MPa}$

Mez pevnosti $f_u := 490 \text{ MPa}$

Tloušťka $t_p := 30 \text{ mm}$

Šířka $b := 380 \text{ mm}$

Délka $a := 200 \text{ mm}$

Účinné rozměry

$$a_1 := \min(A, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 1000 \text{ mm}$$

$$b_1 := \min(B, 5 \cdot a, 5 \cdot b) = 1000 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j := \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = 3.63$$

Součinitel koncentrace napětí

$$f_{jd} := \beta \cdot k_j \cdot f_{cd} = 40.3 \text{ MPa}$$

Efektivní plocha

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

$$c := t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 51.4 \text{ mm}$$

Rozměry ložiska

$$m := 80 \text{ mm} \quad n := 180 \text{ mm}$$

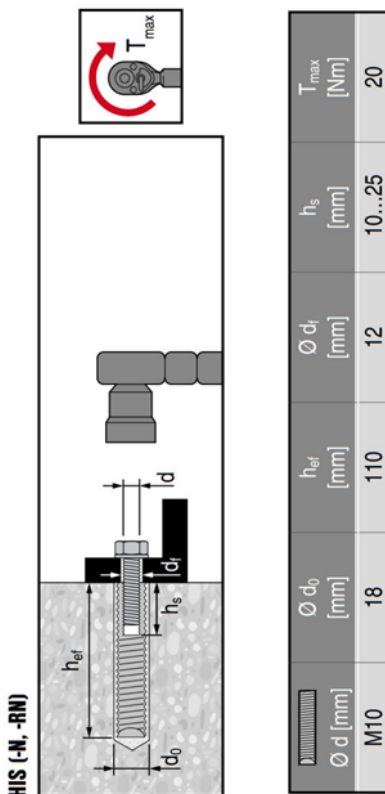
$$A_{eff} := m \cdot n + 2 \cdot c \cdot m + 2 \cdot c \cdot n + \pi \cdot c^2 = 49431.59 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost betonové patky

$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot f_{jd} = 1992.3 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} := 1938.22 \text{ kN}$$

$$\text{if}(N_{Ed} \leq N_{Rd}, \text{“Vyhoví”}, \text{“Nevyhoví”}) = \text{“Vyhoví”}$$



7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

7.1 NORMATIVNÍ DOKUMENTY

Nosné dřevěné konstrukce a ocelové konstrukce v objektu technického muzea v Olomouci jsou navrženy/ověřeny v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitné zatížení pozemních staveb.
- ČSN EN 1991-1-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-2: Obecná zatížení – zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: Navrhování styčníků
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN EN 1995-1-2: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- ČSN EN 14080: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky.
- ČSN EN 386: Lepené lamelové dřevo – Požadavky na užitné vlastnosti a minimální výrobní požadavky.
- ČSN EN 1194: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot.
- ČSN EN 390: Lepené lamelové dřevo. Rozměry. Mezní úchytky.
- ČSN 73 2810: Dřevěné stavební konstrukce. Provádění.

Pro návrh a ověření prvků konstrukcí a konstrukcí jako celku byl využit software Scia Engineer, 17.01 (studentská verze).

7.2 LITERATURA

- KUKLÍK, P., KUKLÍKOVÁ, A. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s
- STRAKA, B., SÝKORA, K. Dřevěné konstrukce, Studijní opory BO03, VUT-Fast Brno, 2005
- SÝKORA, K. Kovové a dřevěné konstrukce, Studijní opory BO07, VUT-Fast Brno, 2005
- Navrhování dřevěných konstrukcí. Dostupné z: <http://www.drevo.wz.cz/>
- Sněhová mapa. Dostupné z: <http://snehovamapa.cz/>
- Chemické kotvy. Dostupné z: https://www.hilti.cz/medias/sys_master/documents/h13/9244196306974/HIT-RE-500-V3-VIC-EE-01-PUB-5307433-000.pdf
- Zelené střechy. Dostupné z: <http://www.optigreen.cz>
- Spojovací prvky – vruty. Dostupné z: [https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/\\$FILE/Cenik_drevostavby.pdf](https://www.sfsintec.biz/internet/sfsmedien.nsf/0B32E3BC82860918C12577670033B168/$FILE/Cenik_drevostavby.pdf)
- Podlahy. Dostupné z: <http://www.rockwool.cz/produkty/steprock-hd-cz/>

7.3 POUŽITÉ ZNAKY

Všechny znaky a symboly v diplomové práci jsou použity v souladu s ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí, ČSN EN 1995 Navrhování dřevěných konstrukcí a ČSN en 1993 Navrhování ocelových konstrukcí.

Seznam použitých zkratk a symbolů

Velká písmena

A	průřezová plocha
A_s	průřezová plocha šroubu
A_{ch}	průřezová plocha pásu členěného prutu
A_{net}	průřezová plocha oslabeného průřezu
$C_0(z)$	součinitel orografie
C_e	součinitel expozice
C_{dir}	součinitel směru větru
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku
$C_r(z)$	součinitel nerovnosti terénu
C_{season}	součinitel ročního období
C_t	součinitel teploty

F_A	návrhová osová síla pro svar A
F_B	návrhová osová síla pro svar B
F_{sd}	návrhová hodnota působící na šrouby
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve stříhu
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otláčení
I_b	moment setrvačnosti rámové spojky
I_{eff}	účinný moment setrvačnosti členěného prutu
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
I_w	výsečový moment setrvačnosti
I_t	moment setrvačnosti v kroucení
I_{ch}	moment setrvačnosti jednoho pásu členěného prutu v rovině
$I_v(z)$	intenzita turbulence
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
L_{LT}	vzpěrná délka klopení
M_{cr}	pružný kritický moment při klopení
M_x	ohybový moment k ose x
M_y	ohybový moment k ose y
M_z	ohybový moment k ose z
$M_{b,Rd}$	návrhová únosnost v ohybu při klopení
$M_{y,ed}$	návrhová hodnota ohybového momentu k ose y
$M_{z,ed}$	návrhová hodnota ohybového momentu k ose z
$M_{y,Rd}$	návrhová únosnost průřezu k ose y
$M_{z,Rd}$	návrhová únosnost průřezu k ose z
$MSÚ$	mezní stav únosnosti
MSP	mezní stav použitelnosti
N	normálová síla
N_{cr}	kritická síla
$N_{ed,c}$	tlaková návrhová hodnota osově síly
$N_{ed,t}$	tahová návrhová hodnota osově síly
$N_{y,Rd}$	návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku k ose y
$N_{z,Rd}$	návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku k ose z
$N_{ch,ed}$	návrhová tlaková síla v pásu uprostřed délky členěného prutu
$N_{ch,b,rd}$	návrhová vzpěrná únosnost pásu
$N_{rd,t}$	návrhová únosnost v tahu
$N_{u,rd}$	návrhová únosnost oslabeného průřezu
S	zatížení pro plný sníh
S_v	smyková tuhost panelu členěného prutu s rámovými spojkami
S_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
T_b	výslednice tlakového napětí v betonu
V_y	smyková síla k ose y
V_z	smyková síla k ose z
$V_{y,ed}$	návrhová hodnota smykové síly k ose y
$V_{z,ed}$	návrhová hodnota smykové síly k ose z
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose y

$W_{el,z}$	elastický modul průřezu k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický modu průřezu k ose z
Z	tahová síla v kotevních šroubech
ZŠ	zatěžovací šířka

Malá písmen

a	účinná výška svaru
a	vzdálenost mezi spojkami pásů členěného prutu
b	šířka průřezu
b	délka kolmá na směr větru
b_p	šířka patky
b_1	zatěžovací šířka okapové vaznice
b_2	zatěžovací šířka ostatních vaznic
e	excentricita
e_1	vzdálenost šroubu od kraje
d	délka rovnoběžná se směrem větru
d	výška rovné části stojny
d	jmenovitý průměr šroubu
d	délka patky
d_0	průměr šroubu
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
f_{ck}	charakteristický hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
g_k	zatížení na 1 m ²
g_{k1}	zatížení na okapovou vaznici
g_s	hmotnost světlíku
g_p	hmotnost panelu
h_0	vzdálenost těžišť pásů členěného prutu
h	výška průřezu
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
k_l	součinitel turbulence
kr	součinitel terénu
k_{yy}	součinitel interakce
k_{zy}	součinitel interakce
n	počet stříhových rovin
q_p	maximální charakteristický tlak
p_1	rozteč mezi šrouby
t	tloušťka
t_f	tloušťka pásnice
t_w	tloušťka pásnice
u_y	průhyb k ose y
u_z	průhyb k ose z

V_b	základní rychlost větru
$V_{b,0}$	charakteristická desetiminutová střední rychlost větru
V_m	charakteristický střední rychlost větru
W_e	tlak větru na povrchu
W_{max}	maximální průhyb
Z_e	referenční výška
Z_0	délka nerovnosti
Z_{min}	minimální výška
Z_{max}	maximální výška

Řecká písmena

α	sklon střechy
α_1	součinitel imperfekce
δ	průhyb
δ_2	doporučený průhyb
γ_c	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M1}	součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	součinitel spolehlivosti pro spoje
γ_G	součinitel zatížení pro stálé zatížení
$\gamma_{G,min}$	součinitel zatížení pro stálé zatížení – příznivý
γ_Q	součinitel zatížení pro proměnné zatížení
ϵ	součinitel závisející na f_y
λ_1	štíhlost
λ_y	štíhlost k ose y
λ_z	štíhlost k ose z
λ_{lim}	limitní hodnota štíhlosti
λ'_y	poměrná štíhlost k ose y
λ'_z	poměrná štíhlost k ose z
λ'_{LT}	poměrná štíhlost při klopení
μ_1	tvarový součinitel střech
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
ρ	měrná hmotnost vzduchu
σ_{\perp}	normálové napětí kolmé
$\sigma_{b,max}$	maximální napětí v betonu
τ_{\perp}	smykové napětí kolmé
$\tau_{ }$	smykové napětí rovnoběžné
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_y	součinitel vzpěrnosti k ose y
χ_z	součinitel vzpěrnosti k ose z
χ_T	součinitel vzpěrnosti při prostorovém vzpěru
φ_y	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti k ose y
φ_z	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti k ose z
φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení