



**České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra ocelových a dřevěných**

**OCELOVÉ KONSTRUKCE 01 – Cvičení
Michal Jandera
Martina Eliášová
Tomáš Vraný**

Praha, 2015

3. upravené vydání

© Michal Jandera, Martina Eliášová, Tomáš Vraný, 2015

Lektor: Ing. Pavel Háša

OBSAH

Obsah	3
Ocelové konstrukce 1 - Cvičení.....	6
1. Pomůcka pro navrhování hal	7
1.1 Příklady dispozic	7
1.2 Střešní a obvodové pláště	13
1.2.1 Střešní pláště	13
1.2.2 Obvodové pláště	31
1.2.3 Konstrukce obvodových stěn	40
1.3 Vaznice	40
1.3.1 Tenkostěnné vaznice	41
1.3.2 Plnostěnné válcované vaznice.....	49
1.4 Příhradové vazníky	52
1.4.1 Geometrie, profily	52
1.4.2 Profily, konstrukční řešení.....	53
1.4.3 Uložení vazníku na sloup.....	54
1.4.4 Postup návrhu a posouzení	57
1.4.5 Montážní styk	58
1.5 Příčná vazba, sloupy	60
1.5.1 Statický model.....	60
1.6 Patky a kotvení sloupů.....	62
1.6.1 Konstrukční řešení patek	62
1.6.2 Kotvení sloupů	63
1.7 spřahovací prvky pro ocelobetonové stropní konstrukce	67
2. Administrativní vícepodlažní budova	69
2.1 Popis objektu	69
2.2 Zatížení	70
2.2.1 Svislé - Typická stropní konstrukce	71
2.2.2 Svislé - Střecha	72
2.2.3 Vodorovné zatížení větrem	72
2.3 Stropní konstrukce.....	73
2.3.1 Trapézové plechy.....	73
2.3.2 Stropnice	74
2.3.3 Průvlak	79
2.3.4 Stropnice nepodepřená během montáže (alternativní návrh).....	83
2.3.5 Nespřažená stropnice (alternativní návrh)	88
2.3.6 Nespřažený průvlak (alternativní návrh)	91
2.4 Sloup.....	92
2.4.1 Zatížení sloupu.....	93

2.4.2	Návrh sloupu	94
2.4.3	Patka sloupu.....	96
2.5	Přípoje stropních nosníků	97
2.5.1	Přípoj stropnice na průvlak.....	97
2.5.2	Přípoj stropnice na sloup.....	98
2.5.3	Přípoj průvlaku na sloup.....	98
2.6	Ztužidlo	99
2.6.1	Zatížení ztužidla	99
2.6.2	Stanovení vnitřních sil	101
2.6.3	Rozhodující kombinace	104
2.6.4	Diagonála ztužidla	106
2.6.5	Sloup ztužidla	108
2.6.6	Mezní stav použitelnosti.....	109
2.6.7	Patka sloupu ztužidla	109
2.6.8	Přípoj stropnice ztužidlové vazby.....	112
3.	Hala s příhradovým vazníkem.....	115
3.1	Popis objektu	115
3.2	Zatížení	117
3.3	Střecha.....	120
3.3.1	střešní trapézový plech	120
3.3.2	Vnitřní (mezilehlá) vaznice	121
3.3.3	Okapová vaznice.....	124
3.4	Příčná vazba	124
3.4.1	Schéma	124
3.4.2	Zatížení	124
3.4.3	Vnitřní síly v prutech příčné vazby	128
3.5	Trubkový vazník.....	131
3.5.1	Posouzení prutů	131
3.5.2	Svislý průhyb.....	132
3.5.3	Montážní styk	132
3.5.4	Uložení na sloup.....	135
3.6	Úhelníkový vazník - alternativní návrh.....	136
3.6.1	Posouzení prutů	136
3.6.2	Posouzení přípojů	137
3.6.3	Montážní styk	138
	Kombinovaný vazník - alternativní návrh.....	140
3.6.4	Posouzení prutů	140
3.6.5	Posouzení přípojů	141
3.6.6	Montážní styk	142
3.7	Sloup.....	143

3.7.1 Mezní stav použitelnosti.....	143
3.7.2 Mezní stav únosnosti	144
3.8 Sloup uzavřeného průřezu – alternativní návrh.....	146
3.8.1 Mezní stav použitelnosti.....	147
3.8.2 Mezní stav únosnosti	147
3.9 Patka sloupu	149
3.10 Ztužení haly	157
3.10.1 Příčné ztužidlo ve střešní rovině	157
3.10.2 Podélné ztužení	160
4. Výkresová dokumentace.....	162
Literatura	163

OCELOVÉ KONSTRUKCE 1 - CVIČENÍ

Předkládané skriptum je určeno studentům bakalářského studia na Stavební fakultě ČVUT v Praze a slouží jako pomůcka pro cvičení předmětu Ocelové konstrukce 01 a projektů Katedry ocelových a dřevěných konstrukcí. Skriptum je členěno do tří částí; z nichž první je věnována podkladům potřebným pro návrh průmyslové haly; ve druhé a třetí části je vzorový statický výpočet ocelové haly a skeletu. Toto vydání vychází z předchozích skript Ocelové konstrukce 2 – Cvičení, převážně sepsaných naším bývalým kolegou Tomášem Vraným.

Doufáme, že skripta budou cenou pomůckou provázející studenty po řadu semestrů strávených na Fakultě a zůstanou i dobrou památkou na našeho kolegu a kamaráda.

Michal Jandera

Martina Eliášová

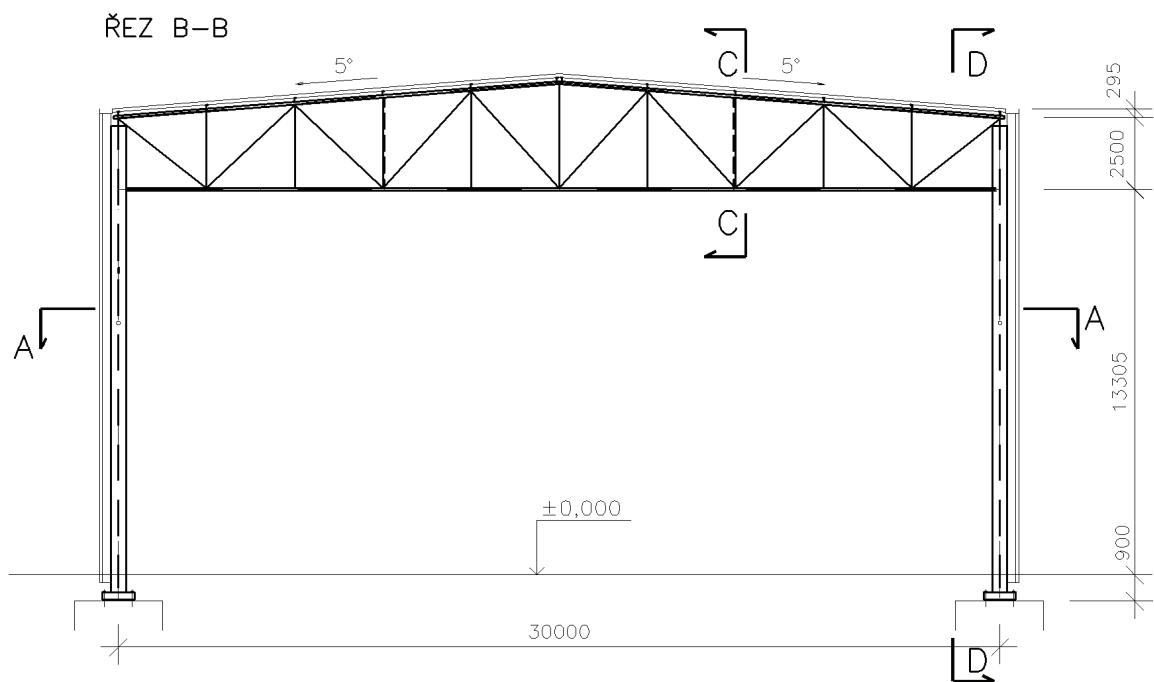
1. POMŮCKA PRO NAVRHOVÁNÍ HAL

1.1 PŘÍKLADY DISPOZIC

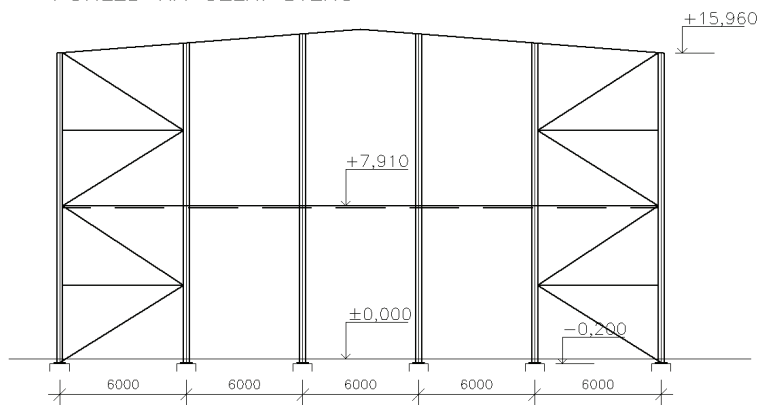
Hala bez mostových jeřábů s příhradovým vazníkem na rozpětí 30 m s krajními sestupnými diagonálami (krajní diagonála se nad sloupem stýká s horním pásem vazníku) je na obr. 1.1. Obdobná hala je řešena v třetí části tohoto skriptu. Příčné vazby jsou navrženy po 6 m. Ve štítové stěně, která je předsazena o 3 m, je místo příhradového vazníku navržen profil IPE podepřený sloupky. Sloupky štítové stěny jsou v polovině výšky podepřeny vodorovným příhradovým nosníkem. Střešní vaznice jsou uloženy v uzlech příhradového vazníku a působí jako spojitě nosníky o 2 polích. Vaznice jsou v půdoryse vystřídány, aby všechny vazníky byly stejně zatíženy. Střešní i stěnový plášť je z tenkostěnných plošných ocelových profilů, viz kap. 1.2.

Hala bez mostových jeřábů s příhradovým vazníkem na rozpětí 27 m s krajními vzestupnými diagonálami (krajní diagonála se nad sloupem stýká se spodním pásem vazníku) je na obr. 1.2. Protože je vzdálenost příčných vazeb 9 m, jsou v podélných stěnách mezi příčnými vazbami navrženy mezisloupky, které slouží pro podepření pláště. Ve střešní rovině se sloupky opírají do podélného ztužidla v rovině střechy. Vaznice jsou tenkostěnné, spojitě - viz kap. 1.3. Stěnový plášť z tenkostěnných profilů je osazen na paždíky.

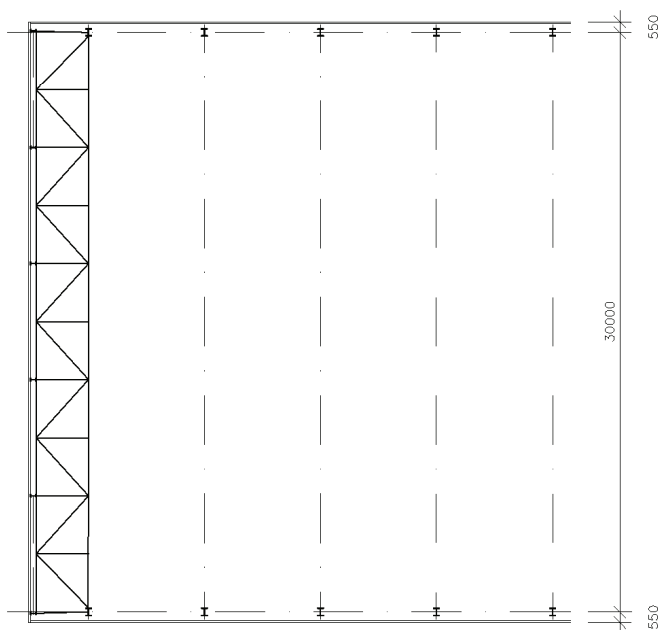
Rámová hala bez mostových jeřábů na rozpětí 24 m je na obr. 1.3. Příčel je svařovaná, s náběhem. Patky jsou kloubové. Vzdálenost příčných vazeb je 6 m. Obvodový plášť ze sendvičových panelů se opírá přímo o sloupky příčných vazeb. Vaznice jsou plnostěnné, kloubové – viz kap. 1.3.



POHLED NA ČELNÍ STĚNU

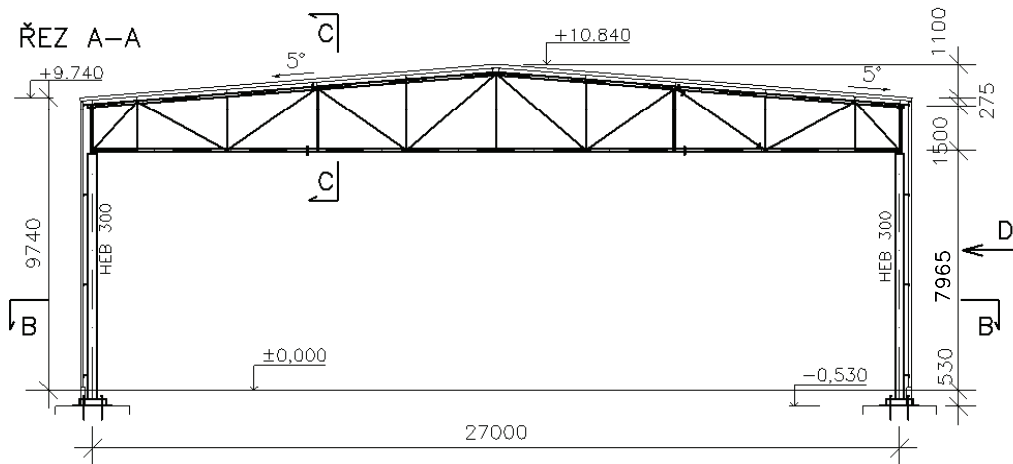
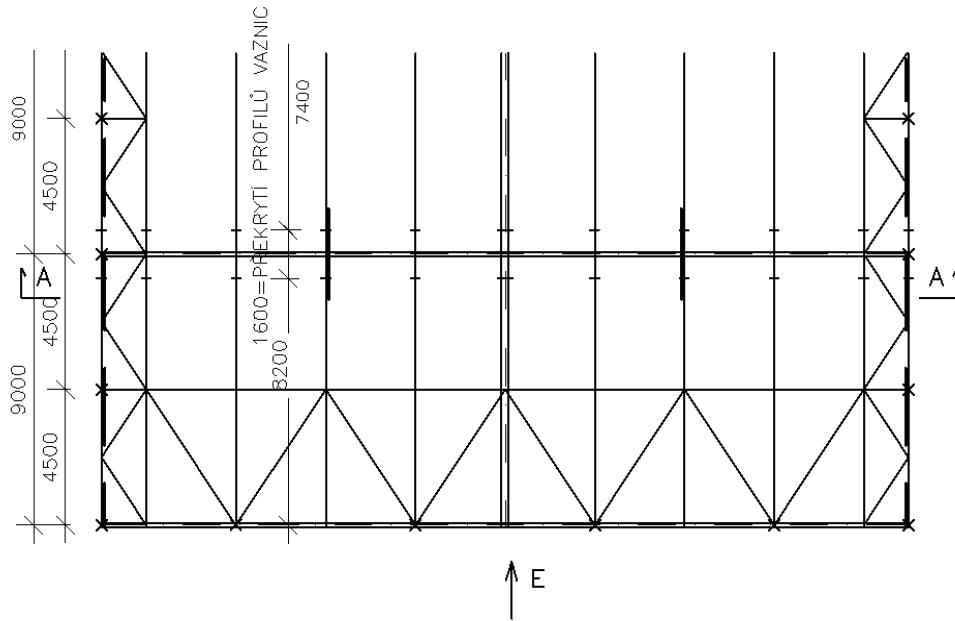


ŘEZ A - A

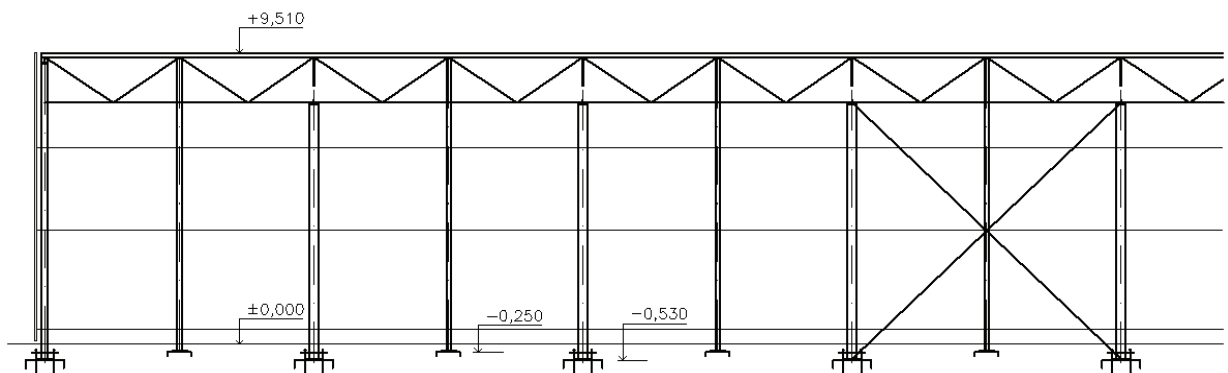


Obr. 1.1 Pokračování

POHLED NA STŘECHU

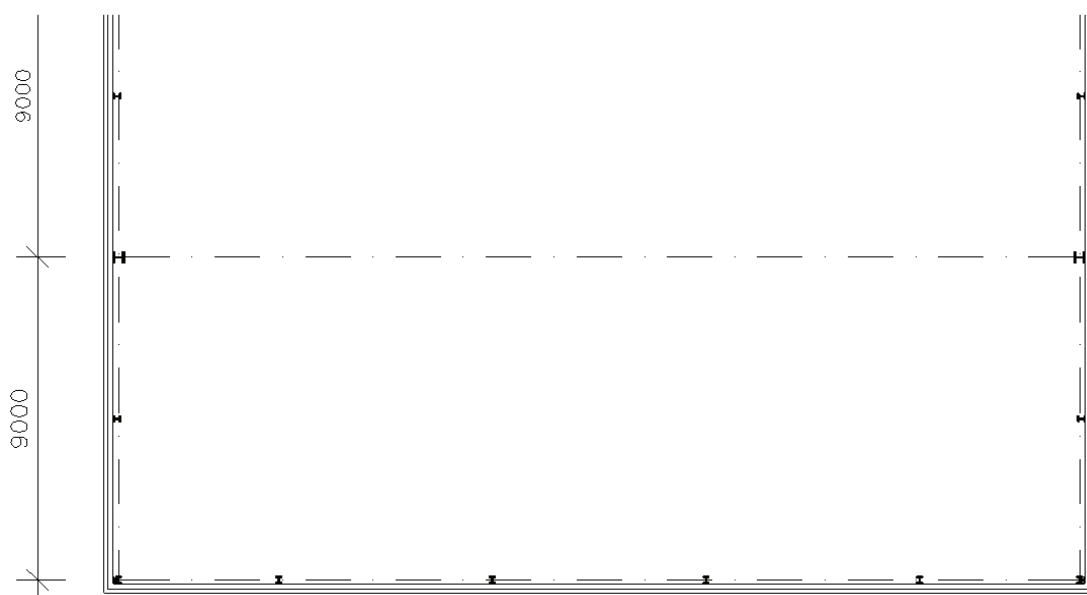


POHLED D

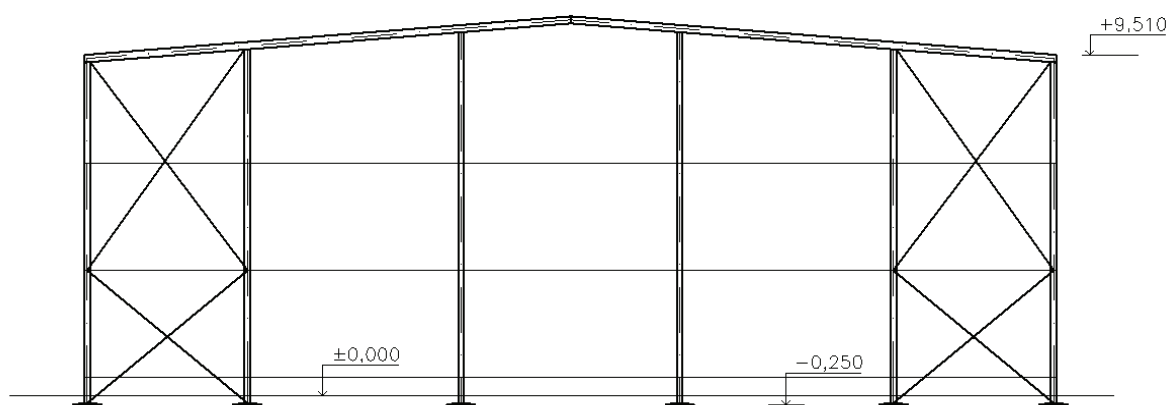


Obr. 1.2 Hala bez jeřábů s příhradovým vazníkem s krajními vzestupnými diagonálami

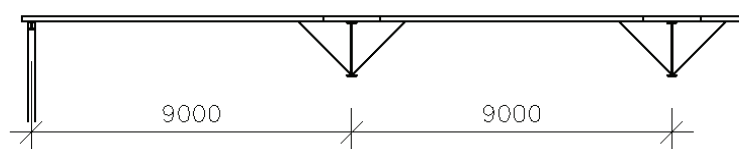
ŘEZ B-B



POHLED E-E

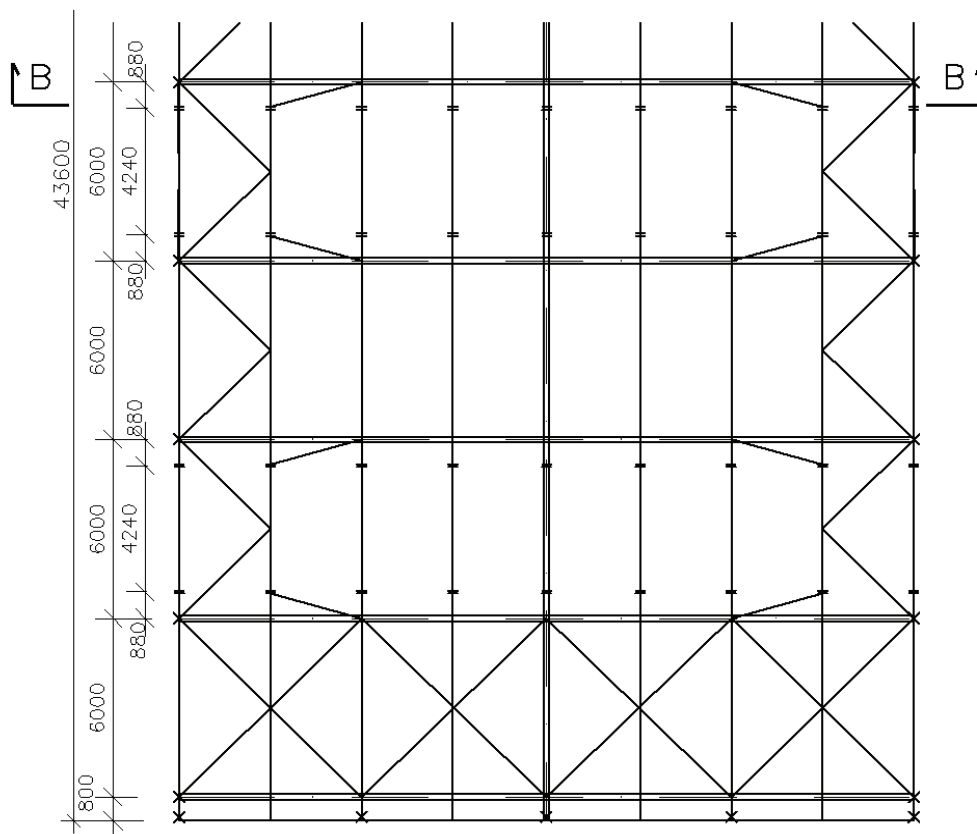


ŘEZ C-C

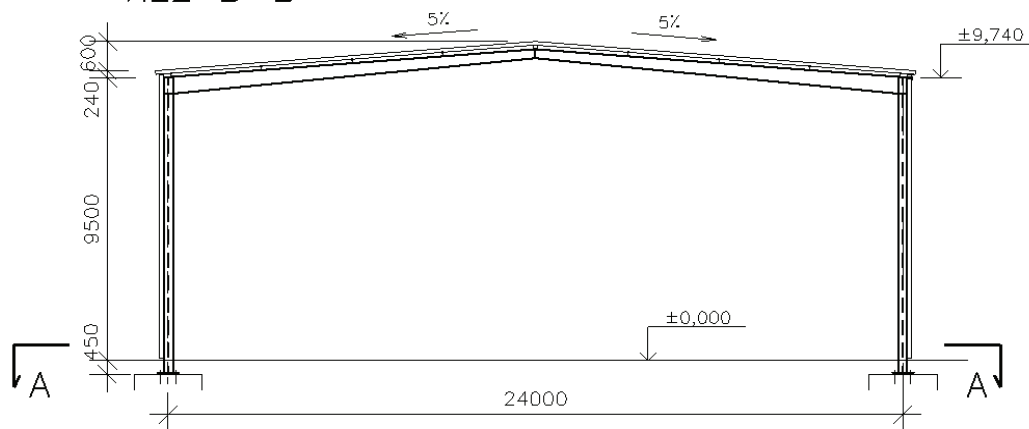


Obr. 1.2 Pokračování

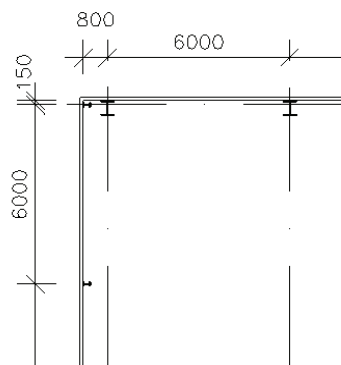
POHLED NA STŘECHU



ŘEZ B-B



ŘEZ A-A



Obr. 1.3 Rámová hala bez jeřábů

1.2 STŘEŠNÍ A OBVODOVÉ PLÁŠTĚ

1.2.1 STŘEŠNÍ PLÁŠTĚ

Skladba střešního pláště vyplývá z požadavků na tepelné a vlhkostní poměry, stupeň ohnivzdornosti, zatížení střechy a její uspořádání. Sklon střechy se volí v závislosti na druhu střešního pláště v rozmezí 5 – 20%.

ZÁKLADNÍ TYPY STŘEŠNÍCH PLÁŠŤŮ

Pláště ocelových hal se navrhují nejčastěji z tenkostěnných ocelových profilů tvarovaných za studena. K vaznicím se plechy připojují závitověznými šrouby. Minimální sklon pro trapézové plechy typu TR jsou uvedeny v tab. 1.1, tab. 1.2.

Tab. 1.1 Minimální sklon pro střechy bez podélného napojování TR plechů

Krytina	Pro montáž bez těsnění podélných spar	Pro montáž s těsněním podélných spar
TR 35	8%	6%
TR 40	6%	5%
TR 50	5%	4%
TR 60		
TR 85		

Tabulka platí pro stavby v lokalitách s nadmořskou výškou do 600 m n. m., pro výše položené stavby je doporučen sklon alespoň 10%.

Tab. 1.2 Minimální sklon pro střechy s podélným napojováním TR plechů

Krytina	Pro montáž bez těsnění příčných spar	Pro montáž s těsněním příčných spar
TR 35	10%	6%
TR 40		
TR 50		
TR 60		
TR 85		

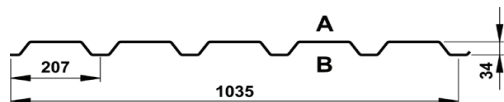
Tabulka platí pro stavby v lokalitách s nadmořskou výškou do 600 m n. m., pro výše položené stavby se doporučuje vždy těsnit příčné spáry TR plechů a použít sklon alespoň 10%.

NEZATEPLENÝ STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Nezateplený střešní plášť je tvořen ocelovými trapézovými plechy bez tepelné izolace, viz obr. 1.4. Návrh tenkostěnných plošných profilů má svá specifika (borcení stojin, kotvení a pod.). Proto je běžné, že výrobce uvádí únosnost trapézového plechu, případně software. Ukázka návrhových tabulek (převzato z [6] a [7]) je uvedena níže (tab. 1.3 až 1.8). V ČR dodávají vlastní sortiment profilovaných plechů výrobci Arcelor Mittal, CB profil, Lindab, Ruukki, Satjam a další.

Výška vlny trapézových plechů se běžně pohybuje mezi cca 10 až 200 mm. Tím jsou předurčeny k aplikacím na fasádách (malé rozpony) až po bezvaznicové systémy (pnutí plechu přímo mezi primární nosnou konstrukcí, rozpony kolem 5 – 6 m). Níže uváděné tabulky jsou pro plechy z oceli S320 GD s mezí kluzu $f_y = 320$ MPa. Šířka podpory je min. 40 mm, případně je specifikováno. Pozitivní polohou v tabulkách se rozumí případ, kdy je uprostřed rozpětí tlačena strana plechu označená písmenem „A“ (negativní naopak). Dále je součástí projektu návrh kotvení a pod.

Tab. 1.3 Únosnost plechu TR 35/207



Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 35/207, prostý nosník, pozitivní poloha									
			Rozpon [m]									
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
0,63	6,09	q_{Rd1}	10,98	4,88	2,74	1,76	1,22	0,90	0,69	0,54	0,44	
		q_{Rd2}	8,85	4,88	2,74	1,76	1,22	0,90	0,69	0,54	0,44	
		q_{Rk}	7,09	2,10	0,89	0,45	0,26	0,17	0,11	0,08	0,06	
0,75	7,25	q_{Rd1}	14,53	6,46	3,63	2,32	1,61	1,19	0,91	0,72	0,58	
		q_{Rd2}	12,65	6,46	3,63	2,32	1,61	1,19	0,91	0,72	0,58	
		q_{Rk}	9,05	2,68	1,13	0,58	0,34	0,21	0,14	0,10	0,07	
0,88	8,50	q_{Rd1}	18,82	8,37	4,71	3,01	2,09	1,54	1,18	0,93	0,75	
		q_{Rd2}	17,46	8,37	4,71	3,01	2,09	1,54	1,18	0,93	0,75	
		q_{Rk}	11,62	3,44	1,45	0,74	0,43	0,27	0,18	0,13	0,09	
1,00	9,66	q_{Rd1}	22,53	10,01	5,63	3,60	2,50	1,84	1,41	1,11	0,90	
		q_{Rd2}	22,53	10,01	5,63	3,60	2,50	1,84	1,41	1,11	0,90	
		q_{Rk}	14,16	4,20	1,77	0,91	0,52	0,33	0,22	0,16	0,11	
1,13	10,92	q_{Rd1}	26,17	11,63	6,54	4,19	2,91	2,14	1,64	1,29	1,05	
		q_{Rd2}	26,17	11,63	6,54	4,19	2,91	2,14	1,64	1,29	1,05	
		q_{Rk}	17,06	5,05	2,13	1,09	0,63	0,40	0,27	0,19	0,14	
1,25	12,08	q_{Rd1}	29,55	13,13	7,39	4,73	3,28	2,41	1,85	1,46	1,18	
		q_{Rd2}	29,55	13,13	7,39	4,73	3,28	2,41	1,85	1,46	1,18	
		q_{Rk}	19,83	5,88	2,48	1,27	0,73	0,46	0,31	0,22	0,16	

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 35/207, spojitý nosník o dvou polích, pozitivní poloha									
			Rozpon [m]									
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
0,63	6,09	q_{Rd1}	9,57	4,83	2,91	1,87	1,30	0,96	0,73	0,58	0,47	
		q_{Rd2}	8,19	4,28	2,63	1,79	1,29	0,96	0,73	0,58	0,47	
		q_{Rk}	17,07	5,06	2,13	1,09	0,63	0,40	0,27	0,19	0,14	
0,75	7,25	q_{Rd1}	12,86	6,43	3,78	2,43	1,69	1,24	0,95	0,75	0,61	
		q_{Rd2}	11,04	5,71	3,50	2,37	1,69	1,24	0,95	0,75	0,61	
		q_{Rk}	21,79	6,46	2,72	1,39	0,81	0,51	0,34	0,24	0,17	
0,88	8,50	q_{Rd1}	16,77	8,32	4,78	3,07	2,13	1,57	1,20	0,95	0,77	
		q_{Rd2}	14,44	7,42	4,52	3,05	2,13	1,57	1,20	0,95	0,77	
		q_{Rk}	27,99	8,29	3,50	1,79	1,04	0,65	0,44	0,31	0,22	
1,00	9,66	q_{Rd1}	20,67	10,15	5,75	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	
		q_{Rd2}	17,85	9,11	5,54	3,69	2,56	1,88	1,44	1,14	0,92	
		q_{Rk}	34,11	10,11	4,26	2,18	1,26	0,80	0,53	0,37	0,27	
1,13	10,92	q_{Rd1}	25,15	12,06	6,84	4,38	3,05	2,24	1,72	1,36	1,10	
		q_{Rd2}	21,77	11,05	6,69	4,38	3,05	2,24	1,72	1,36	1,10	
		q_{Rk}	41,09	12,17	5,14	2,63	1,52	0,96	0,64	0,45	0,33	
1,25	12,08	q_{Rd1}	29,49	13,85	7,86	5,04	3,50	2,58	1,97	1,56	1,26	
		q_{Rd2}	25,57	12,91	7,79	5,04	3,50	2,58	1,97	1,56	1,26	
		q_{Rk}	47,78	14,16	5,97	3,06	1,77	1,11	0,75	0,52	0,38	

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 35/207, spojitý nosník o čtyřech polích, pozitivní poloha									
			Rozpon [m]									
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
0,63	6,09	q_{Rd1}	11,03	5,58	3,37	2,19	1,52	1,12	0,86	0,68	0,55	
		q_{Rd2}	9,29	4,89	3,02	2,06	1,49	1,12	0,86	0,68	0,55	
		q_{Rk}	13,47	3,99	1,68	0,86	0,50	0,31	0,21	0,15	0,11	
0,75	7,25	q_{Rd1}	14,85	7,44	4,41	2,83	1,97	1,45	1,11	0,88	0,71	
		q_{Rd2}	12,55	6,54	4,02	2,73	1,97	1,45	1,11	0,88	0,71	
		q_{Rk}	17,20	5,10	2,15	1,10	0,64	0,40	0,27	0,19	0,14	
0,88	8,50	q_{Rd1}	19,41	9,64	5,57	3,58	2,49	1,83	1,40	1,11	0,90	
		q_{Rd2}	16,45	8,51	5,21	3,52	2,49	1,83	1,40	1,11	0,90	
		q_{Rk}	22,09	6,54	2,76	1,41	0,82	0,52	0,35	0,24	0,18	
1,00	9,66	q_{Rd1}	23,95	11,82	6,70	4,30	2,99	2,20	1,68	1,33	1,08	
		q_{Rd2}	20,34	10,45	6,37	4,29	2,99	2,20	1,68	1,33	1,08	
		q_{Rk}	26,92	7,98	3,36	1,72	1,00	0,63	0,42	0,30	0,22	
1,13	10,92	q_{Rd1}	29,18	14,04	7,96	5,11	3,55	2,61	2,00	1,58	1,28	
		q_{Rd2}	24,84	12,69	7,70	5,11	3,55	2,61	2,00	1,58	1,28	
		q_{Rk}	32,42	9,61	4,05	2,08	1,20	0,76	0,51	0,36	0,26	
1,25	12,08	q_{Rd1}	34,25	16,12	9,14	5,87	4,09	3,00	2,30	1,82	1,47	
		q_{Rd2}	29,20	14,84	8,98	5,87	4,09	3,00	2,30	1,82	1,47	
		q_{Rk}	37,71	11,17	4,71	2,41	1,40	0,88	0,59	0,41	0,30	

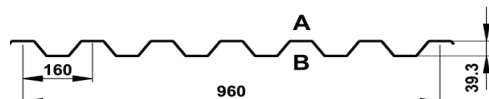
Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 35/207, prostý nosník, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,63	6,09	q_{Rd1}	11,75	5,22	2,94	1,88	1,31	0,96	0,73	0,58	0,47
		q_{Rd2}	8,85	5,22	2,94	1,88	1,31	0,96	0,73	0,58	0,47
		q_{Rk}	9,74	2,89	1,22	0,62	0,36	0,23	0,15	0,11	0,08
0,75	7,25	q_{Rd1}	15,21	6,76	3,80	2,43	1,69	1,24	0,95	0,75	0,61
		q_{Rd2}	12,65	6,76	3,80	2,43	1,69	1,24	0,95	0,75	0,61
		q_{Rk}	12,42	3,68	1,55	0,79	0,46	0,29	0,19	0,14	0,10
0,88	8,50	q_{Rd1}	19,23	8,55	4,81	3,08	2,14	1,57	1,20	0,95	0,77
		q_{Rd2}	17,46	8,55	4,81	3,08	2,14	1,57	1,20	0,95	0,77
		q_{Rk}	15,47	4,58	1,93	0,99	0,57	0,36	0,24	0,17	0,12
1,00	9,66	q_{Rd1}	23,13	10,28	5,78	3,70	2,57	1,89	1,45	1,14	0,93
		q_{Rd2}	22,54	10,28	5,78	3,70	2,57	1,89	1,45	1,14	0,93
		q_{Rk}	18,35	5,44	2,29	1,17	0,68	0,43	0,29	0,20	0,15
1,13	10,92	q_{Rd1}	27,50	12,22	6,87	4,40	3,06	2,24	1,72	1,36	1,10
		q_{Rd2}	27,50	12,22	6,87	4,40	3,06	2,24	1,72	1,36	1,10
		q_{Rk}	20,83	6,17	2,60	1,33	0,77	0,49	0,33	0,23	0,17
1,25	12,08	q_{Rd1}	31,61	14,05	7,90	5,06	3,51	2,58	1,98	1,56	1,26
		q_{Rd2}	31,61	14,05	7,90	5,06	3,51	2,58	1,98	1,56	1,26
		q_{Rk}	23,12	6,85	2,89	1,48	0,86	0,54	0,36	0,25	0,18

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 35/207, spojitý nosník o dvou polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,63	6,09	q_{Rd1}	9,13	4,59	2,71	1,75	1,22	0,90	0,69	0,54	0,44
		q_{Rd2}	7,82	4,08	2,51	1,70	1,22	0,90	0,69	0,54	0,44
		q_{Rk}	23,47	6,95	2,93	1,50	0,87	0,55	0,37	0,26	0,19
0,75	7,25	q_{Rd1}	12,37	6,18	3,59	2,32	1,61	1,18	0,91	0,72	0,58
		q_{Rd2}	10,63	5,51	3,37	2,29	1,61	1,18	0,91	0,72	0,58
		q_{Rk}	29,92	8,86	3,74	1,91	1,11	0,70	0,47	0,33	0,24
0,88	8,50	q_{Rd1}	16,32	8,12	4,64	3,00	2,09	1,53	1,18	0,93	0,75
		q_{Rd2}	14,07	7,25	4,43	3,00	2,09	1,53	1,18	0,93	0,75
		q_{Rk}	37,27	11,04	4,66	2,39	1,38	0,87	0,58	0,41	0,30
1,00	9,66	q_{Rd1}	20,29	9,86	5,59	3,59	2,50	1,84	1,41	1,11	0,90
		q_{Rd2}	17,53	8,94	5,42	3,59	2,50	1,84	1,41	1,11	0,90
		q_{Rk}	44,20	13,10	5,52	2,83	1,64	1,03	0,69	0,49	0,35
1,13	10,92	q_{Rd1}	24,36	11,45	6,49	4,17	2,90	2,13	1,63	1,29	1,05
		q_{Rd2}	21,10	10,67	6,44	4,17	2,90	2,13	1,63	1,29	1,05
		q_{Rk}	50,17	14,87	6,27	3,21	1,86	1,17	0,78	0,55	0,40
1,25	12,08	q_{Rd1}	28,25	12,93	7,33	4,71	3,28	2,41	1,84	1,46	1,18
		q_{Rd2}	24,52	12,31	7,33	4,71	3,28	2,41	1,84	1,46	1,18
		q_{Rk}	55,68	16,50	6,96	3,56	2,06	1,30	0,87	0,61	0,45

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 35/207, spojitý nosník o čtyřech polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,63	6,09	q_{Rd1}	10,55	5,32	3,16	2,04	1,42	1,04	0,80	0,63	0,51
		q_{Rd2}	8,90	4,67	2,88	1,96	1,42	1,04	0,80	0,63	0,51
		q_{Rk}	18,52	5,49	2,32	1,19	0,69	0,43	0,29	0,20	0,15
0,75	7,25	q_{Rd1}	14,32	7,17	4,18	2,70	1,88	1,38	1,06	0,84	0,68
		q_{Rd2}	12,11	6,31	3,88	2,64	1,88	1,38	1,06	0,84	0,68
		q_{Rk}	23,61	7,00	2,95	1,51	0,87	0,55	0,37	0,26	0,19
0,88	8,50	q_{Rd1}	18,91	9,43	5,41	3,50	2,44	1,79	1,37	1,08	0,88
		q_{Rd2}	16,03	8,32	5,10	3,46	2,44	1,79	1,37	1,08	0,88
		q_{Rk}	29,42	8,72	3,68	1,88	1,09	0,69	0,46	0,32	0,24
1,00	9,66	q_{Rd1}	23,53	11,48	6,51	4,19	2,91	2,14	1,64	1,30	1,05
		q_{Rd2}	19,99	10,26	6,25	4,19	2,91	2,14	1,64	1,30	1,05
		q_{Rk}	34,88	10,33	4,36	2,23	1,29	0,81	0,54	0,38	0,28
1,13	10,92	q_{Rd1}	28,30	13,33	7,56	4,87	3,38	2,49	1,91	1,51	1,22
		q_{Rd2}	24,10	12,26	7,43	4,87	3,38	2,49	1,91	1,51	1,22
		q_{Rk}	39,59	11,73	4,95	2,53	1,47	0,92	0,62	0,43	0,32
1,25	12,08	q_{Rd1}	32,88	15,05	8,54	5,49	3,82	2,81	2,15	1,70	1,38
		q_{Rd2}	28,05	14,17	8,54	5,49	3,82	2,81	2,15	1,70	1,38
		q_{Rk}	43,94	13,02	5,49	2,81	1,63	1,02	0,69	0,48	0,35

q_{Rd1} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 53 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 100 mm);
 q_{Rd2} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 40 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 60 mm);
 q_{Rk} - mezní stav použitelnosti – dosažení limitního průhybu $L / 200$.

Tab. 1.4 Únosnost plechu TR 40S/160



Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 40S/160, prostý nosník, symetrický průřez										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,56	q_{Rd1}	16,80	7,47	4,20	2,69	1,87	1,37	1,05	0,83	0,67	0,56	0,47
		q_{Rd2}	12,06	7,47	4,20	2,69	1,87	1,37	1,05	0,83	0,67	0,56	0,47
		q_{Rk}	12,59	3,73	1,57	0,81	0,47	0,29	0,20	0,14	0,10	0,08	0,06
0,75	7,81	q_{Rd1}	21,79	9,69	5,45	3,49	2,42	1,78	1,36	1,08	0,87	0,72	0,61
		q_{Rd2}	17,11	9,69	5,45	3,49	2,42	1,78	1,36	1,08	0,87	0,72	0,61
		q_{Rk}	15,95	4,73	1,99	1,02	0,59	0,37	0,25	0,18	0,13	0,10	0,07
0,88	9,17	q_{Rd1}	27,66	12,29	6,91	4,43	3,07	2,26	1,73	1,37	1,11	0,91	0,77
		q_{Rd2}	23,49	12,29	6,91	4,43	3,07	2,26	1,73	1,37	1,11	0,91	0,77
		q_{Rk}	19,77	5,86	2,47	1,27	0,73	0,46	0,31	0,22	0,16	0,12	0,09
1,00	10,42	q_{Rd1}	33,43	14,86	8,36	5,35	3,71	2,73	2,09	1,65	1,34	1,11	0,93
		q_{Rd2}	30,19	14,86	8,36	5,35	3,71	2,73	2,09	1,65	1,34	1,11	0,93
		q_{Rk}	23,44	6,94	2,93	1,50	0,87	0,55	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11
1,13	11,77	q_{Rd1}	40,00	17,78	10,00	6,40	4,44	3,27	2,50	1,98	1,60	1,32	1,11
		q_{Rd2}	38,33	17,78	10,00	6,40	4,44	3,27	2,50	1,98	1,60	1,32	1,11
		q_{Rk}	27,53	8,16	3,44	1,76	1,02	0,64	0,43	0,30	0,22	0,17	0,13
1,25	13,02	q_{Rd1}	46,31	20,58	11,58	7,41	5,15	3,78	2,89	2,29	1,85	1,53	1,29
		q_{Rd2}	46,31	20,58	11,58	7,41	5,15	3,78	2,89	2,29	1,85	1,53	1,29
		q_{Rk}	31,27	9,26	3,91	2,00	1,16	0,73	0,49	0,34	0,25	0,19	0,14

Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 40S/160, spojitý nosník o dvou polích, symetrický průřez										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,56	q_{Rd1}	13,37	6,78	4,10	2,68	1,86	1,37	1,05	0,83	0,67	0,55	0,47
		q_{Rd2}	11,43	6,00	3,71	2,52	1,83	1,37	1,05	0,83	0,67	0,55	0,47
		q_{Rk}	30,33	8,99	3,79	1,94	1,12	0,71	0,47	0,33	0,24	0,18	0,14
0,75	7,81	q_{Rd1}	17,93	9,02	5,42	3,48	2,42	1,78	1,36	1,08	0,87	0,72	0,61
		q_{Rd2}	15,38	8,01	4,93	3,34	2,41	1,78	1,36	1,08	0,87	0,72	0,61
		q_{Rk}	38,43	11,39	4,80	2,46	1,42	0,90	0,60	0,42	0,31	0,23	0,18
0,88	9,17	q_{Rd1}	23,40	11,69	6,88	4,41	3,07	2,25	1,73	1,36	1,11	0,91	0,77
		q_{Rd2}	20,12	10,41	6,38	4,31	3,07	2,25	1,73	1,36	1,11	0,91	0,77
		q_{Rk}	47,63	14,11	5,95	3,05	1,76	1,11	0,74	0,52	0,38	0,29	0,22
1,00	10,42	q_{Rd1}	28,87	14,35	8,31	5,33	3,71	2,72	2,09	1,65	1,34	1,10	0,93
		q_{Rd2}	24,89	12,81	7,82	5,27	3,71	2,72	2,09	1,65	1,34	1,10	0,93
		q_{Rk}	56,46	16,73	7,06	3,61	2,09	1,32	0,88	0,62	0,45	0,34	0,26
1,13	11,77	q_{Rd1}	35,23	17,42	9,94	6,38	4,43	3,26	2,50	1,97	1,60	1,32	1,11
		q_{Rd2}	30,44	15,59	9,49	6,38	4,43	3,26	2,50	1,97	1,60	1,32	1,11
		q_{Rk}	66,32	19,65	8,29	4,24	2,46	1,55	1,04	0,73	0,53	0,40	0,31
1,25	13,02	q_{Rd1}	41,45	20,32	11,50	7,38	5,13	3,77	2,89	2,28	1,85	1,53	1,29
		q_{Rd2}	35,88	18,30	11,11	7,38	5,13	3,77	2,89	2,28	1,85	1,53	1,29
		q_{Rk}	75,32	22,32	9,42	4,82	2,79	1,76	1,18	0,83	0,60	0,45	0,35

Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 40S/160, spojitý nosník o čtyřech polích, symetrický průřez										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,56	q_{Rd1}	15,39	7,83	4,74	3,12	2,17	1,60	1,22	0,97	0,78	0,65	0,54
		q_{Rd2}	12,96	6,85	4,25	2,90	2,11	1,60	1,22	0,97	0,78	0,65	0,54
		q_{Rk}	23,94	7,09	2,99	1,53	0,89	0,56	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11
0,75	7,81	q_{Rd1}	20,68	10,43	6,29	4,05	2,82	2,07	1,59	1,25	1,02	0,84	0,71
		q_{Rd2}	17,46	9,16	5,66	3,85	2,78	2,07	1,59	1,25	1,02	0,84	0,71
		q_{Rk}	30,33	8,99	3,79	1,94	1,12	0,71	0,47	0,33	0,24	0,18	0,14
0,88	9,17	q_{Rd1}	27,02	13,54	8,02	5,15	3,58	2,63	2,01	1,59	1,29	1,07	0,90
		q_{Rd2}	22,88	11,92	7,33	4,97	3,58	2,63	2,01	1,59	1,29	1,07	0,90
		q_{Rk}	37,59	11,14	4,70	2,41	1,39	0,88	0,59	0,41	0,30	0,23	0,17
1,00	10,42	q_{Rd1}	33,38	16,63	9,69	6,22	4,32	3,18	2,43	1,92	1,56	1,29	1,08
		q_{Rd2}	28,33	14,68	9,00	6,08	4,32	3,18	2,43	1,92	1,56	1,29	1,08
		q_{Rk}	44,55	13,20	5,57	2,85	1,65	1,04	0,70	0,49	0,36	0,27	0,21
1,13	11,77	q_{Rd1}	40,78	20,21	11,58	7,44	5,17	3,80	2,91	2,30	1,87	1,54	1,30
		q_{Rd2}	34,68	17,88	10,92	7,37	5,17	3,80	2,91	2,30	1,87	1,54	1,30
		q_{Rk}	52,34	15,51	6,54	3,35	1,94	1,22	0,82	0,57	0,42	0,31	0,24
1,25	13,02	q_{Rd1}	48,02	23,65	13,40	8,61	5,99	4,40	3,37	2,67	2,16	1,79	1,50
		q_{Rd2}	40,91	21,00	12,79	8,61	5,99	4,40	3,37	2,67	2,16	1,79	1,50
		q_{Rk}	59,44	17,61	7,43	3,80	2,20	1,39	0,93	0,65	0,48	0,36	0,28

q_{Rd1} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 59 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 100 mm);
 q_{Rd2} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 40 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 60 mm);
 q_{Rk} - mezní stav použitelnosti – dosažení limitního průhybu $L / 200$.

Tab. 1.5 Únosnost plechu TR 50/250



Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/250, prostý nosník, pozitivní poloha										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,30	q_{Rd1}	14,56	6,47	3,64	2,33	1,62	1,19	0,91	0,72	0,58	0,48	0,40
		q_{Rd2}	5,92	3,95	2,96	2,33	1,62	1,19	0,91	0,72	0,58	0,48	0,40
		q_{Rk}	13,47	3,99	1,68	0,86	0,50	0,31	0,21	0,15	0,11	0,08	0,06
0,75	7,50	q_{Rd1}	19,04	8,46	4,76	3,05	2,12	1,55	1,19	0,94	0,76	0,63	0,53
		q_{Rd2}	8,72	5,81	4,36	3,05	2,12	1,55	1,19	0,94	0,76	0,63	0,53
		q_{Rk}	17,13	5,08	2,14	1,10	0,63	0,40	0,27	0,19	0,14	0,10	0,08
0,88	8,80	q_{Rd1}	24,44	10,86	6,11	3,91	2,72	1,99	1,53	1,21	0,98	0,81	0,68
		q_{Rd2}	12,31	8,21	6,11	3,91	2,72	1,99	1,53	1,21	0,98	0,81	0,68
		q_{Rk}	21,36	6,33	2,67	1,37	0,79	0,50	0,33	0,23	0,17	0,13	0,10
1,00	10,00	q_{Rd1}	29,89	13,29	7,47	4,78	3,32	2,44	1,87	1,48	1,20	0,99	0,83
		q_{Rd2}	16,13	10,76	7,47	4,78	3,32	2,44	1,87	1,48	1,20	0,99	0,83
		q_{Rk}	25,57	7,58	3,20	1,64	0,95	0,60	0,40	0,28	0,20	0,15	0,12
1,13	11,30	q_{Rd1}	36,30	16,13	9,08	5,81	4,03	2,96	2,27	1,79	1,45	1,20	1,01
		q_{Rd2}	20,83	13,88	9,08	5,81	4,03	2,96	2,27	1,79	1,45	1,20	1,01
		q_{Rk}	30,82	9,13	3,85	1,97	1,14	0,72	0,48	0,34	0,25	0,19	0,14
1,25	12,50	q_{Rd1}	42,00	18,67	10,50	6,72	4,67	3,43	2,63	2,07	1,68	1,39	1,17
		q_{Rd2}	25,65	17,10	10,50	6,72	4,67	3,43	2,63	2,07	1,68	1,39	1,17
		q_{Rk}	35,92	10,64	4,49	2,30	1,33	0,84	0,56	0,39	0,29	0,22	0,17

Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/250, spojitý nosník o dvou polích, pozitivní poloha										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,30	q_{Rd1}	8,99	4,84	3,04	2,09	1,53	1,17	0,92	0,73	0,60	0,49	0,41
		q_{Rd2}	7,77	4,29	2,75	1,92	1,42	1,09	0,86	0,70	0,58	0,49	0,41
		q_{Rk}	32,44	9,61	4,06	2,08	1,20	0,76	0,51	0,36	0,26	0,19	0,15
0,75	7,50	q_{Rd1}	12,66	6,78	4,25	2,92	2,13	1,62	1,27	1,01	0,81	0,67	0,57
		q_{Rd2}	10,97	6,03	3,85	2,68	1,97	1,52	1,20	0,98	0,81	0,67	0,57
		q_{Rk}	41,27	12,23	5,16	2,64	1,53	0,96	0,64	0,45	0,33	0,25	0,19
0,88	8,80	q_{Rd1}	16,91	8,96	5,57	3,80	2,76	2,10	1,61	1,27	1,03	0,85	0,72
		q_{Rd2}	14,69	7,99	5,06	3,50	2,57	1,97	1,56	1,26	1,03	0,85	0,72
		q_{Rk}	51,46	15,25	6,43	3,29	1,91	1,20	0,80	0,56	0,41	0,31	0,24
1,00	10,00	q_{Rd1}	21,20	11,14	6,88	4,69	3,39	2,53	1,94	1,53	1,24	1,02	0,86
		q_{Rd2}	18,45	9,96	6,27	4,33	3,16	2,42	1,91	1,53	1,24	1,02	0,86
		q_{Rk}	61,60	18,25	7,70	3,94	2,28	1,44	0,96	0,68	0,49	0,37	0,29
1,13	11,30	q_{Rd1}	26,22	13,67	8,41	5,70	4,10	3,01	2,31	1,83	1,48	1,22	1,03
		q_{Rd2}	22,87	12,25	7,68	5,28	3,85	2,93	2,31	1,83	1,48	1,22	1,03
		q_{Rk}	74,25	22,00	9,28	4,75	2,75	1,73	1,16	0,81	0,59	0,45	0,34
1,25	12,50	q_{Rd1}	31,17	16,15	9,89	6,69	4,73	3,48	2,67	2,11	1,71	1,41	1,19
		q_{Rd2}	27,23	14,50	9,05	6,20	4,51	3,43	2,67	2,11	1,71	1,41	1,19
		q_{Rk}	86,53	25,64	10,82	5,54	3,20	2,02	1,35	0,95	0,69	0,52	0,40

Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/250, spojitý nosník o čtyřech polích, pozitivní poloha										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,30	q_{Rd1}	10,24	5,54	3,49	2,41	1,76	1,35	1,06	0,86	0,69	0,57	0,48
		q_{Rd2}	7,40	4,87	3,13	2,19	1,62	1,25	0,99	0,81	0,67	0,57	0,48
		q_{Rk}	25,60	7,59	3,20	1,64	0,95	0,60	0,40	0,28	0,20	0,15	0,12
0,75	7,50	q_{Rd1}	14,43	7,77	4,88	3,36	2,46	1,87	1,48	1,17	0,95	0,79	0,66
		q_{Rd2}	10,90	6,84	4,38	3,06	2,26	1,74	1,38	1,12	0,93	0,79	0,66
		q_{Rk}	32,57	9,65	4,07	2,08	1,21	0,76	0,51	0,36	0,26	0,20	0,15
0,88	8,80	q_{Rd1}	19,32	10,28	6,41	4,39	3,19	2,43	1,87	1,48	1,20	0,99	0,83
		q_{Rd2}	15,39	9,08	5,78	4,01	2,95	2,26	1,79	1,45	1,20	0,99	0,83
		q_{Rk}	40,61	12,03	5,08	2,60	1,50	0,95	0,63	0,45	0,32	0,24	0,19
1,00	10,00	q_{Rd1}	24,26	12,80	7,94	5,41	3,93	2,95	2,26	1,79	1,45	1,20	1,00
		q_{Rd2}	20,17	11,34	7,17	4,96	3,64	2,78	2,20	1,78	1,45	1,20	1,00
		q_{Rk}	48,61	14,40	6,08	3,11	1,80	1,13	0,76	0,53	0,39	0,29	0,23
1,13	11,30	q_{Rd1}	30,06	15,74	9,70	6,59	4,77	3,52	2,69	2,13	1,73	1,43	1,20
		q_{Rd2}	25,87	13,96	8,79	6,06	4,43	3,38	2,67	2,13	1,73	1,43	1,20
		q_{Rk}	58,60	17,36	7,32	3,75	2,17	1,37	0,92	0,64	0,47	0,35	0,27
1,25	12,50	q_{Rd1}	35,79	18,61	11,43	7,74	5,52	4,06	3,11	2,46	1,99	1,65	1,38
		q_{Rd2}	30,83	16,54	10,37	7,13	5,20	3,96	3,11	2,46	1,99	1,65	1,38
		q_{Rk}	68,29	20,23	8,54	4,37	2,53	1,59	1,07	0,75	0,55	0,41	0,32

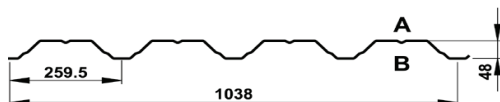
Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/250, prostý nosník, negativní poloha										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,30	q_{Rd1}	14,90	6,62	3,73	2,38	1,66	1,22	0,93	0,74	0,60	0,49	0,41
		q_{Rd2}	5,92	3,95	2,96	2,37	1,66	1,22	0,93	0,74	0,60	0,49	0,41
		q_{Rk}	17,87	5,29	2,23	1,14	0,66	0,42	0,28	0,20	0,14	0,11	0,08
0,75	7,50	q_{Rd1}	20,40	9,07	5,10	3,26	2,27	1,67	1,28	1,01	0,82	0,67	0,57
		q_{Rd2}	8,72	5,81	4,36	3,26	2,27	1,67	1,28	1,01	0,82	0,67	0,57
		q_{Rk}	22,71	6,73	2,84	1,45	0,84	0,53	0,35	0,25	0,18	0,14	0,11
0,88	8,80	q_{Rd1}	25,76	11,45	6,44	4,12	2,86	2,10	1,61	1,27	1,03	0,85	0,72
		q_{Rd2}	12,31	8,21	6,15	4,12	2,86	2,10	1,61	1,27	1,03	0,85	0,72
		q_{Rk}	28,26	8,37	3,53	1,81	1,05	0,66	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13
1,00	10,00	q_{Rd1}	31,03	13,79	7,76	4,96	3,45	2,53	1,94	1,53	1,24	1,03	0,86
		q_{Rd2}	16,13	10,76	7,76	4,96	3,45	2,53	1,94	1,53	1,24	1,03	0,86
		q_{Rk}	33,62	9,96	4,20	2,15	1,25	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,16
1,13	11,30	q_{Rd1}	37,02	16,45	9,26	5,92	4,11	3,02	2,31	1,83	1,48	1,22	1,03
		q_{Rd2}	20,83	13,88	9,26	5,92	4,11	3,02	2,31	1,83	1,48	1,22	1,03
		q_{Rk}	39,65	11,75	4,96	2,54	1,47	0,92	0,62	0,44	0,32	0,24	0,18
1,25	12,50	q_{Rd1}	42,77	19,01	10,69	6,84	4,75	3,49	2,67	2,11	1,71	1,41	1,19
		q_{Rd2}	25,65	17,10	10,69	6,84	4,75	3,49	2,67	2,11	1,71	1,41	1,19
		q_{Rk}	45,40	13,45	5,68	2,91	1,68	1,06	0,71	0,50	0,36	0,27	0,21

Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/250, spojitý nosník o dvou polích, negativní poloha										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,30	q_{Rd1}	8,82	4,75	2,99	2,06	1,51	1,15	0,91	0,72	0,58	0,48	0,40
		q_{Rd2}	7,63	4,22	2,70	1,89	1,39	1,07	0,85	0,69	0,57	0,48	0,40
		q_{Rk}	43,04	12,75	5,38	2,75	1,59	1,00	0,67	0,47	0,34	0,26	0,20
0,75	7,50	q_{Rd1}	12,22	6,51	4,06	2,79	2,03	1,54	1,19	0,94	0,76	0,63	0,53
		q_{Rd2}	10,60	5,80	3,69	2,57	1,89	1,44	1,14	0,93	0,76	0,63	0,53
		q_{Rk}	54,71	16,21	6,84	3,50	2,03	1,28	0,85	0,60	0,44	0,33	0,25
0,88	8,80	q_{Rd1}	16,37	8,65	5,37	3,67	2,66	1,99	1,52	1,21	0,98	0,81	0,68
		q_{Rd2}	14,23	7,73	4,88	3,39	2,48	1,89	1,50	1,21	0,98	0,81	0,68
		q_{Rk}	68,08	20,17	8,51	4,36	2,52	1,59	1,06	0,75	0,54	0,41	0,32
1,00	10,00	q_{Rd1}	20,62	10,83	6,69	4,57	3,30	2,44	1,87	1,47	1,19	0,99	0,83
		q_{Rd2}	17,96	9,69	6,10	4,22	3,08	2,35	1,85	1,47	1,19	0,99	0,83
		q_{Rk}	80,98	24,00	10,12	5,18	3,00	1,89	1,27	0,89	0,65	0,49	0,37
1,13	11,30	q_{Rd1}	25,65	13,40	8,25	5,63	4,02	2,96	2,26	1,79	1,45	1,20	1,01
		q_{Rd2}	22,37	12,02	7,54	5,21	3,80	2,89	2,26	1,79	1,45	1,20	1,01
		q_{Rk}	95,50	28,30	11,94	6,11	3,54	2,23	1,49	1,05	0,76	0,57	0,44
1,25	12,50	q_{Rd1}	30,67	15,95	9,76	6,61	4,65	3,42	2,62	2,07	1,68	1,39	1,17
		q_{Rd2}	26,80	14,33	8,94	6,13	4,46	3,39	2,62	2,07	1,68	1,39	1,17
		q_{Rk}	109,37	32,41	13,67	7,00	4,05	2,55	1,71	1,20	0,87	0,66	0,51

Nominální tl. t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/250, spojitý nosník o čtyřech polích, negativní poloha										
			Rozpon [m]										
			1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
0,63	6,30	q_{Rd1}	10,06	5,44	3,43	2,38	1,74	1,33	1,05	0,84	0,68	0,56	0,47
		q_{Rd2}	7,40	4,78	3,08	2,16	1,60	1,23	0,98	0,80	0,66	0,56	0,47
		q_{Rk}	33,97	10,06	4,25	2,17	1,26	0,79	0,53	0,37	0,27	0,20	0,16
0,75	7,50	q_{Rd1}	13,97	7,48	4,68	3,22	2,34	1,78	1,39	1,10	0,89	0,73	0,62
		q_{Rd2}	10,90	6,59	4,21	2,94	2,16	1,66	1,32	1,07	0,89	0,73	0,62
		q_{Rk}	43,17	12,79	5,40	2,76	1,60	1,01	0,67	0,47	0,35	0,26	0,20
0,88	8,80	q_{Rd1}	18,75	9,95	6,19	4,24	3,08	2,32	1,78	1,41	1,14	0,94	0,79
		q_{Rd2}	15,39	8,79	5,58	3,88	2,85	2,18	1,72	1,40	1,14	0,94	0,79
		q_{Rk}	53,72	15,92	6,72	3,44	1,99	1,25	0,84	0,59	0,43	0,32	0,25
1,00	10,00	q_{Rd1}	23,65	12,47	7,72	5,28	3,82	2,84	2,18	1,72	1,39	1,15	0,97
		q_{Rd2}	20,17	11,05	6,98	4,85	3,55	2,71	2,14	1,72	1,39	1,15	0,97
		q_{Rk}	63,91	18,94	7,99	4,09	2,37	1,49	1,00	0,70	0,51	0,38	0,30
1,13	11,30	q_{Rd1}	29,45	15,45	9,53	6,51	4,69	3,45	2,64	2,09	1,69	1,40	1,18
		q_{Rd2}	25,34	13,71	8,64	5,98	4,37	3,33	2,63	2,09	1,69	1,40	1,18
		q_{Rk}	75,37	22,33	9,42	4,82	2,79	1,76	1,18	0,83	0,60	0,45	0,35
1,25	12,50	q_{Rd1}	35,26	18,40	11,29	7,65	5,42	3,99	3,06	2,42	1,96	1,62	1,36
		q_{Rd2}	30,37	16,35	10,24	7,04	5,13	3,91	3,06	2,42	1,96	1,62	1,36
		q_{Rk}	86,31	25,57	10,79	5,52	3,20	2,01	1,35	0,95	0,69	0,52	0,40

q_{Rd1} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 73 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 120 mm);
 q_{Rd2} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 40 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 80 mm);
 q_{Rk} - mezní stav použitelnosti – dosažení limitního průhybu $L / 200$.

Tab. 1.6 Únosnost plechu TR 50/260



Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, prostý nosník, pozitivní poloha							
			Rozpon [m]							
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,75	7,13	q_{Rd1}	9,35	5,26	3,37	2,34	1,72	1,31	1,04	0,84
		q_{Rd2}	7,07	5,26	3,37	2,34	1,72	1,31	1,04	0,84
		q_{Rk}	6,22	2,63	1,34	0,78	0,49	0,33	0,23	0,17
0,88	8,37	q_{Rd1}	11,09	6,24	3,99	2,77	2,04	1,56	1,23	1,00
		q_{Rd2}	9,91	6,24	3,99	2,77	2,04	1,56	1,23	1,00
		q_{Rk}	7,57	3,19	1,64	0,95	0,60	0,40	0,28	0,20
1,00	9,51	q_{Rd1}	12,67	7,13	4,56	3,17	2,33	1,78	1,41	1,14
		q_{Rd2}	12,67	7,13	4,56	3,17	2,33	1,78	1,41	1,14
		q_{Rk}	8,85	3,73	1,91	1,11	0,70	0,47	0,33	0,24
1,13	10,74	q_{Rd1}	14,39	8,09	5,18	3,60	2,64	2,02	1,60	1,29
		q_{Rd2}	14,39	8,09	5,18	3,60	2,64	2,02	1,60	1,29
		q_{Rk}	10,25	4,33	2,22	1,28	0,81	0,54	0,38	0,28
1,25	11,88	q_{Rd1}	15,98	8,99	5,75	3,99	2,93	2,25	1,78	1,44
		q_{Rd2}	15,98	8,99	5,75	3,99	2,93	2,25	1,78	1,44
		q_{Rk}	11,57	4,88	2,50	1,45	0,91	0,61	0,43	0,31
1,50	14,26	q_{Rd1}	19,30	10,86	6,95	4,82	3,54	2,71	2,14	1,74
		q_{Rd2}	19,30	10,86	6,95	4,82	3,54	2,71	2,14	1,74
		q_{Rk}	14,32	6,04	3,09	1,79	1,13	0,76	0,53	0,39

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, spojitý nosník o dvou polích, pozitivní poloha							
			Rozpon [m]							
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,75	7,13	q_{Rd1}	6,36	4,01	2,76	2,02	1,54	1,21	0,96	0,78
		q_{Rd2}	5,96	3,80	2,63	1,94	1,48	1,17	0,95	0,78
		q_{Rk}	15,66	6,61	3,38	1,96	1,23	0,83	0,58	0,42
0,88	8,37	q_{Rd1}	8,20	5,11	3,49	2,55	1,94	1,49	1,18	0,96
		q_{Rd2}	7,72	4,86	3,35	2,45	1,87	1,48	1,18	0,96
		q_{Rk}	18,24	7,69	3,94	2,28	1,44	0,96	0,68	0,49
1,00	9,51	q_{Rd1}	9,95	6,17	4,21	3,06	2,30	1,76	1,39	1,13
		q_{Rd2}	9,41	5,89	4,04	2,96	2,25	1,76	1,39	1,13
		q_{Rk}	21,31	8,99	4,60	2,66	1,68	1,12	0,79	0,58
1,13	10,74	q_{Rd1}	11,94	7,37	5,00	3,63	2,68	2,06	1,63	1,32
		q_{Rd2}	11,34	7,06	4,82	3,52	2,67	2,06	1,63	1,32
		q_{Rk}	24,70	10,42	5,34	3,09	1,94	1,30	0,91	0,67
1,25	11,88	q_{Rd1}	13,74	8,44	5,72	4,10	3,01	2,31	1,82	1,48
		q_{Rd2}	13,09	8,11	5,53	4,02	3,01	2,31	1,82	1,48
		q_{Rk}	27,87	11,76	6,02	3,48	2,19	1,47	1,03	0,75
1,50	14,26	q_{Rd1}	15,69	9,72	6,62	4,82	3,62	2,77	2,19	1,77
		q_{Rd2}	14,89	9,31	6,38	4,67	3,55	2,77	2,19	1,77
		q_{Rk}	34,50	14,55	7,45	4,31	2,72	1,82	1,28	0,93

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, spojitý nosník o čtyřech polích, pozitivní poloha							
			Rozpon [m]							
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,75	7,13	q_{Rd1}	7,23	4,58	3,16	2,32	1,77	1,40	1,12	0,91
		q_{Rd2}	6,76	4,32	3,00	2,22	1,70	1,35	1,09	0,91
		q_{Rk}	12,36	5,22	2,67	1,55	0,97	0,65	0,46	0,33
0,88	8,37	q_{Rd1}	9,33	5,84	4,00	2,93	2,23	1,74	1,38	1,12
		q_{Rd2}	8,77	5,54	3,83	2,81	2,15	1,70	1,38	1,12
		q_{Rk}	14,39	6,07	3,11	1,80	1,13	0,76	0,53	0,39
1,00	9,51	q_{Rd1}	11,35	7,06	4,83	3,52	2,67	2,05	1,62	1,32
		q_{Rd2}	10,71	6,73	4,63	3,39	2,59	2,04	1,62	1,32
		q_{Rk}	16,82	7,10	3,63	2,10	1,32	0,89	0,62	0,45
1,13	10,74	q_{Rd1}	13,63	8,44	5,75	4,18	3,13	2,40	1,90	1,54
		q_{Rd2}	12,91	8,07	5,53	4,05	3,08	2,40	1,90	1,54
		q_{Rk}	19,49	8,22	4,21	2,44	1,53	1,03	0,72	0,53
1,25	11,88	q_{Rd1}	15,70	9,68	6,58	4,77	3,52	2,69	2,13	1,73
		q_{Rd2}	14,92	9,28	6,34	4,63	3,51	2,69	2,13	1,73
		q_{Rk}	21,99	9,28	4,75	2,75	1,73	1,16	0,81	0,59
1,50	14,26	q_{Rd1}	17,88	11,13	7,60	5,55	4,21	3,23	2,55	2,07
		q_{Rd2}	16,94	10,63	7,31	5,36	4,09	3,22	2,55	2,07
		q_{Rk}	27,23	11,49	5,88	3,40	2,14	1,44	1,01	0,74

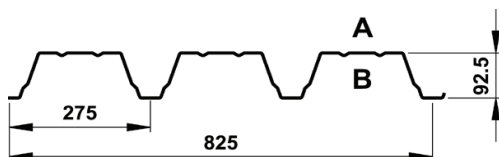
Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, prostý nosník, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
0,75	7,13	q_{Rd1}	8,65	4,86	3,11	2,16	1,59	1,22	0,96	0,78	
		q_{Rd2}	5,51	4,13	3,11	2,16	1,59	1,22	0,96	0,78	
		q_{Rk}	6,50	2,74	1,40	0,81	0,51	0,34	0,24	0,18	
0,88	8,37	q_{Rd1}	10,64	5,98	3,83	2,66	1,95	1,50	1,18	0,96	
		q_{Rd2}	7,67	5,75	3,83	2,66	1,95	1,50	1,18	0,96	
		q_{Rk}	7,90	3,33	1,71	0,99	0,62	0,42	0,29	0,21	
1,00	9,51	q_{Rd1}	12,54	7,05	4,51	3,13	2,30	1,76	1,39	1,13	
		q_{Rd2}	10,00	7,05	4,51	3,13	2,30	1,76	1,39	1,13	
		q_{Rk}	9,22	3,89	1,99	1,15	0,73	0,49	0,34	0,25	
1,13	10,74	q_{Rd1}	14,64	8,24	5,27	3,66	2,69	2,06	1,63	1,32	
		q_{Rd2}	12,93	8,24	5,27	3,66	2,69	2,06	1,63	1,32	
		q_{Rk}	10,68	4,50	2,31	1,33	0,84	0,56	0,40	0,29	
1,25	11,88	q_{Rd1}	16,45	9,25	5,92	4,11	3,02	2,31	1,83	1,48	
		q_{Rd2}	16,03	9,25	5,92	4,11	3,02	2,31	1,83	1,48	
		q_{Rk}	11,94	5,04	2,58	1,49	0,94	0,63	0,44	0,32	
1,50	14,26	q_{Rd1}	19,73	11,10	7,10	4,93	3,62	2,77	2,19	1,78	
		q_{Rd2}	19,73	11,10	7,10	4,93	3,62	2,77	2,19	1,78	
		q_{Rk}	14,32	6,04	3,09	1,79	1,13	0,76	0,53	0,39	

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, spojitý nosník o dvou polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
0,75	7,13	q_{Rd1}	5,93	3,85	2,69	1,99	1,53	1,21	0,99	0,82	
		q_{Rd2}	5,49	3,60	2,53	1,89	1,46	1,16	0,95	0,79	
		q_{Rk}	15,66	6,61	3,38	1,96	1,23	0,83	0,58	0,42	
0,88	8,37	q_{Rd1}	7,49	4,82	3,34	2,46	1,88	1,49	1,21	1,00	
		q_{Rd2}	6,99	4,54	3,17	2,34	1,81	1,43	1,17	0,97	
		q_{Rk}	19,03	8,03	4,11	2,38	1,50	1,00	0,70	0,51	
1,00	9,51	q_{Rd1}	9,00	5,74	3,96	2,90	2,21	1,75	1,41	1,14	
		q_{Rd2}	8,43	5,43	3,77	2,78	2,13	1,69	1,37	1,14	
		q_{Rk}	22,22	9,37	4,80	2,78	1,75	1,17	0,82	0,60	
1,13	10,74	q_{Rd1}	10,69	6,78	4,65	3,39	2,58	2,02	1,60	1,29	
		q_{Rd2}	10,07	6,44	4,45	3,26	2,49	1,97	1,60	1,29	
		q_{Rk}	25,72	10,85	5,55	3,21	2,02	1,36	0,95	0,69	
1,25	11,88	q_{Rd1}	12,31	7,76	5,30	3,85	2,92	2,24	1,77	1,44	
		q_{Rd2}	11,64	7,41	5,09	3,72	2,83	2,23	1,77	1,44	
		q_{Rk}	28,76	12,13	6,21	3,60	2,26	1,52	1,07	0,78	
1,50	14,26	q_{Rd1}	15,34	9,62	6,54	4,74	3,54	2,71	2,14	1,74	
		q_{Rd2}	14,58	9,22	6,31	4,59	3,49	2,71	2,14	1,74	
		q_{Rk}	34,50	14,55	7,45	4,31	2,72	1,82	1,28	0,93	

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 50/260, spojitý nosník o čtyřech polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	
0,75	7,13	q_{Rd1}	6,71	4,37	3,06	2,27	1,75	1,39	1,14	0,94	
		q_{Rd2}	6,19	4,08	2,88	2,15	1,67	1,33	1,09	0,91	
		q_{Rk}	12,36	5,22	2,67	1,55	0,97	0,65	0,46	0,33	
0,88	8,37	q_{Rd1}	8,49	5,49	3,81	2,81	2,16	1,71	1,39	1,15	
		q_{Rd2}	7,90	5,15	3,61	2,68	2,07	1,65	1,34	1,11	
		q_{Rk}	15,02	6,34	3,24	1,88	1,18	0,79	0,56	0,41	
1,00	9,51	q_{Rd1}	10,22	6,55	4,53	3,32	2,54	2,01	1,63	1,33	
		q_{Rd2}	9,55	6,18	4,31	3,18	2,44	1,94	1,58	1,31	
		q_{Rk}	17,54	7,40	3,79	2,19	1,38	0,92	0,65	0,47	
1,13	10,74	q_{Rd1}	12,16	7,74	5,32	3,89	2,97	2,34	1,86	1,51	
		q_{Rd2}	11,43	7,34	5,08	3,74	2,86	2,27	1,84	1,51	
		q_{Rk}	20,30	8,56	4,38	2,54	1,60	1,07	0,75	0,55	
1,25	11,88	q_{Rd1}	14,02	8,88	6,07	4,42	3,37	2,62	2,07	1,68	
		q_{Rd2}	13,23	8,45	5,82	4,26	3,26	2,57	2,07	1,68	
		q_{Rk}	22,70	9,58	4,90	2,84	1,79	1,20	0,84	0,61	
1,50	14,26	q_{Rd1}	17,50	11,02	7,51	5,45	4,13	3,16	2,50	2,02	
		q_{Rd2}	16,59	10,53	7,23	5,27	4,02	3,16	2,50	2,02	
		q_{Rk}	27,23	11,49	5,88	3,40	2,14	1,44	1,01	0,74	

q_{Rd1} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 75 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 120 mm);
 q_{Rd2} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 40 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 80 mm);
 q_{Rk} - mezní stav použitelnosti – dosažení limitního průhybu $L / 200$.

Tab. 1.7 Únosnost plechu TR 92/275



Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 92/275, prostý nosník, pozitivní poloha									
			Rozpon [m]									
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	
0,75	8,62	q_{Rd1}	9,09	6,82	5,46	4,55	3,90	3,09	2,44	1,98	1,63	
		q_{Rd2}	18,19	12,36	7,91	5,49	4,04	3,09	2,44	1,98	1,63	
		q_{Rk}	23,10	9,75	4,99	2,89	1,82	1,22	0,86	0,62	0,47	
0,88	10,12	q_{Rd1}	12,76	9,57	7,65	6,38	4,72	3,62	2,86	2,31	1,91	
		q_{Rd2}	25,51	14,46	9,26	6,43	4,72	3,62	2,86	2,31	1,91	
		q_{Rk}	27,96	11,79	6,04	3,49	2,20	1,47	1,04	0,75	0,57	
1,00	11,50	q_{Rd1}	16,64	12,48	9,98	7,36	5,41	4,14	3,27	2,65	2,19	
		q_{Rd2}	29,45	16,57	10,60	7,36	5,41	4,14	3,27	2,65	2,19	
		q_{Rk}	32,48	13,70	7,01	4,06	2,56	1,71	1,20	0,88	0,66	
1,25	14,37	q_{Rd1}	26,26	19,69	13,37	9,28	6,82	5,22	4,13	3,34	2,76	
		q_{Rd2}	37,14	20,89	13,37	9,28	6,82	5,22	4,13	3,34	2,76	
		q_{Rk}	41,64	17,57	8,99	5,20	3,28	2,20	1,54	1,12	0,84	

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 92/275, spojitý nosník o dvou polích, pozitivní poloha									
			Rozpon [m]									
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	
0,75	8,62	q_{Rd1}	10,02	6,70	4,83	3,67	2,89	2,33	1,93	1,62	1,38	
		q_{Rd2}	10,02	6,70	4,83	3,67	2,89	2,33	1,93	1,62	1,38	
		q_{Rk}	57,15	24,11	12,34	7,14	4,50	3,01	2,12	1,54	1,16	
0,88	10,12	q_{Rd1}	13,19	8,74	6,27	4,73	3,70	2,98	2,46	2,06	1,75	
		q_{Rd2}	13,19	8,74	6,27	4,73	3,70	2,98	2,46	2,06	1,75	
		q_{Rk}	69,16	29,18	14,94	8,65	5,44	3,65	2,56	1,87	1,40	
1,00	11,50	q_{Rd1}	16,33	10,76	7,67	5,76	4,50	3,61	2,97	2,48	2,11	
		q_{Rd2}	16,33	10,76	7,67	5,76	4,50	3,61	2,97	2,48	2,11	
		q_{Rk}	80,35	33,90	17,35	10,04	6,32	4,24	2,98	2,17	1,63	
1,25	14,37	q_{Rd1}	23,29	15,14	10,69	7,97	6,18	4,94	4,04	3,37	2,85	
		q_{Rd2}	23,29	15,14	10,69	7,97	6,18	4,94	4,04	3,37	2,85	
		q_{Rk}	103,01	43,46	22,25	12,88	8,11	5,43	3,82	2,78	2,09	

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 92/275, spojitý nosník o třech polích, pozitivní poloha									
			Rozpon [m]									
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	
0,75	8,62	q_{Rd1}	11,37	7,92	5,75	4,38	3,46	2,81	2,33	1,96	1,68	
		q_{Rd2}	11,78	7,92	5,75	4,38	3,46	2,81	2,33	1,96	1,68	
		q_{Rk}	44,42	18,74	9,60	5,55	3,50	2,34	1,65	1,20	0,90	
0,88	10,12	q_{Rd1}	15,55	10,37	7,47	5,67	4,45	3,60	2,97	2,50	2,13	
		q_{Rd2}	15,55	10,37	7,47	5,67	4,45	3,60	2,97	2,50	2,13	
		q_{Rk}	53,76	22,68	11,61	6,72	4,23	2,84	1,99	1,45	1,09	
1,00	11,50	q_{Rd1}	19,29	12,79	9,17	6,92	5,42	4,37	3,60	3,01	2,57	
		q_{Rd2}	19,29	12,79	9,17	6,92	5,42	4,37	3,60	3,01	2,57	
		q_{Rk}	62,46	26,35	13,49	7,81	4,92	3,29	2,31	1,69	1,27	
1,25	14,37	q_{Rd1}	27,62	18,08	12,83	9,61	7,48	5,99	4,91	4,10	3,48	
		q_{Rd2}	27,62	18,08	12,83	9,61	7,48	5,99	4,91	4,10	3,48	
		q_{Rk}	80,07	33,78	17,30	10,01	6,30	4,22	2,97	2,16	1,62	

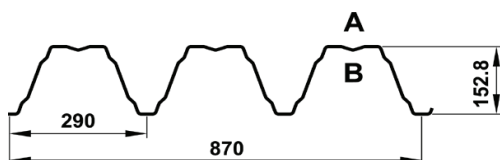
Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 92/275, prostý nosník, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
0,75	8,62	q_{Rd1}	7,55	5,66	4,53	3,77	3,24	2,83	2,44	1,97	1,63
		q_{Rd2}	15,10	11,32	7,89	5,48	4,03	3,08	2,44	1,97	1,63
		q_{Rk}	28,30	11,94	6,11	3,54	2,23	1,49	1,05	0,76	0,57
0,88	10,12	q_{Rd1}	10,40	7,80	6,24	5,20	4,46	3,76	2,97	2,41	1,99
		q_{Rd2}	20,79	15,05	9,63	6,69	4,91	3,76	2,97	2,41	1,99
		q_{Rk}	34,30	14,47	7,41	4,29	2,70	1,81	1,27	0,93	0,70
1,00	11,50	q_{Rd1}	13,46	10,10	8,08	6,73	5,75	4,40	3,48	2,82	2,33
		q_{Rd2}	26,92	17,62	11,28	7,83	5,75	4,40	3,48	2,82	2,33
		q_{Rk}	39,96	16,86	8,63	5,00	3,15	2,11	1,48	1,08	0,81
1,25	14,37	q_{Rd1}	21,32	15,99	12,79	10,11	7,43	5,69	4,49	3,64	3,01
		q_{Rd2}	40,45	22,76	14,56	10,11	7,43	5,69	4,49	3,64	3,01
		q_{Rk}	51,40	21,68	11,10	6,42	4,05	2,71	1,90	1,39	1,04

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 92/275, spojitý nosník o dvou polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
0,75	8,62	q_{Rd1}	8,87	6,01	4,38	3,35	2,66	2,16	1,80	1,52	1,30
		q_{Rd2}	8,87	6,01	4,38	3,35	2,66	2,16	1,80	1,52	1,30
		q_{Rk}	70,01	29,54	15,12	8,75	5,51	3,69	2,59	1,89	1,42
0,88	10,12	q_{Rd1}	11,44	7,67	5,55	4,22	3,32	2,69	2,23	1,87	1,60
		q_{Rd2}	11,44	7,67	5,55	4,22	3,32	2,69	2,23	1,87	1,60
		q_{Rk}	84,87	35,80	18,33	10,61	6,68	4,48	3,14	2,29	1,72
1,00	11,50	q_{Rd1}	14,03	9,34	6,71	5,08	3,99	3,22	2,65	2,23	1,90
		q_{Rd2}	14,03	9,34	6,71	5,08	3,99	3,22	2,65	2,23	1,90
		q_{Rk}	98,87	41,71	21,36	12,36	7,78	5,21	3,66	2,67	2,01
1,25	14,37	q_{Rd1}	19,97	13,10	9,31	6,98	5,44	4,36	3,58	2,99	2,54
		q_{Rd2}	19,97	13,10	9,31	6,98	5,44	4,36	3,58	2,99	2,54
		q_{Rk}	127,15	53,64	27,47	15,89	10,01	6,71	4,71	3,43	2,58

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 92/275, spojitý nosník o třech polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
0,75	8,62	q_{Rd1}	9,44	7,08	5,19	3,99	3,17	2,59	2,16	1,83	1,57
		q_{Rd2}	10,39	7,08	5,19	3,99	3,17	2,59	2,16	1,83	1,57
		q_{Rk}	54,42	22,96	11,76	6,80	4,28	2,87	2,02	1,47	1,10
0,88	10,12	q_{Rd1}	12,99	9,06	6,59	5,03	3,98	3,23	2,68	2,26	1,94
		q_{Rd2}	13,43	9,06	6,59	5,03	3,98	3,23	2,68	2,26	1,94
		q_{Rk}	65,97	27,83	14,25	8,25	5,19	3,48	2,44	1,78	1,34
1,00	11,50	q_{Rd1}	16,52	11,06	8,00	6,08	4,79	3,88	3,21	2,70	2,30
		q_{Rd2}	16,52	11,06	8,00	6,08	4,79	3,88	3,21	2,70	2,30
		q_{Rk}	76,85	32,42	16,60	9,61	6,05	4,05	2,85	2,08	1,56
1,25	14,37	q_{Rd1}	23,62	15,60	11,15	8,39	6,56	5,28	4,34	3,63	3,09
		q_{Rd2}	23,62	15,60	11,15	8,39	6,56	5,28	4,34	3,63	3,09
		q_{Rk}	98,84	41,70	21,35	12,36	7,78	5,21	3,66	2,67	2,01

q_{Rd1} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 40 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 80 mm);
 q_{Rd2} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 138 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 80 mm);
 q_{Rk} - mezní stav použitelnosti – dosažení limitního průhybu $L / 200$.

Tab. 1.8 Únosnost plechu TR 153/290



Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 153/290, prostý nosník, pozitivní poloha								
			Rozpon [m]								
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
0,75	9,98	q_{Rd1}	3,36	2,99	2,69	2,44	2,24	2,07	1,92	1,79	1,58
		q_{Rd2}	6,30	4,98	4,03	3,33	2,80	2,39	2,06	1,79	1,58
		q_{Rk}	4,11	2,89	2,10	1,58	1,22	0,96	0,77	0,62	0,51
0,88	11,71	q_{Rd1}	4,70	4,18	3,76	3,42	3,13	2,85	2,46	2,14	1,88
		q_{Rd2}	7,52	5,94	4,81	3,98	3,34	2,85	2,46	2,14	1,88
		q_{Rk}	5,02	3,53	2,57	1,93	1,49	1,17	0,94	0,76	0,63
1,00	13,30	q_{Rd1}	6,12	5,44	4,89	4,45	3,84	3,27	2,82	2,46	2,16
		q_{Rd2}	8,63	6,82	5,52	4,57	3,84	3,27	2,82	2,46	2,16
		q_{Rk}	5,85	4,11	3,00	2,25	1,73	1,36	1,09	0,89	0,73
1,25	16,63	q_{Rd1}	9,62	8,55	6,97	5,76	4,84	4,13	3,56	3,10	2,72
		q_{Rd2}	10,89	8,61	6,97	5,76	4,84	4,13	3,56	3,10	2,72
		q_{Rk}	7,51	5,27	3,84	2,89	2,22	1,75	1,40	1,14	0,94
1,50	19,95	q_{Rd1}	13,15	10,39	8,42	6,96	5,84	4,98	4,29	3,74	3,29
		q_{Rd2}	13,15	10,39	8,42	6,96	5,84	4,98	4,29	3,74	3,29
		q_{Rk}	9,17	6,44	4,70	3,53	2,72	2,14	1,71	1,39	1,15

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 153/290, spojitý nosník o dvou polích, pozitivní poloha								
			Rozpon [m]								
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
0,75	9,98	q_{Rd1}	3,11	2,61	2,23	1,92	1,68	1,48	1,31	1,18	1,06
		q_{Rd2}	3,11	2,61	2,23	1,92	1,68	1,48	1,31	1,18	1,06
		q_{Rk}	10,17	7,14	5,20	3,91	3,01	2,37	1,90	1,54	1,27
0,88	11,71	q_{Rd1}	4,07	3,41	2,90	2,50	2,18	1,92	1,70	1,52	1,36
		q_{Rd2}	4,07	3,41	2,90	2,50	2,18	1,92	1,70	1,52	1,36
		q_{Rk}	12,42	8,73	6,36	4,78	3,68	2,90	2,32	1,88	1,55
1,00	13,30	q_{Rd1}	5,03	4,20	3,57	3,07	2,67	2,34	2,08	1,85	1,66
		q_{Rd2}	5,03	4,20	3,57	3,07	2,67	2,34	2,08	1,85	1,66
		q_{Rk}	14,47	10,16	7,41	5,57	4,29	3,37	2,70	2,20	1,81
1,25	16,63	q_{Rd1}	7,06	5,87	4,96	4,25	3,68	3,23	2,85	2,54	2,27
		q_{Rd2}	7,06	5,87	4,96	4,25	3,68	3,23	2,85	2,54	2,27
		q_{Rk}	18,58	13,05	9,51	7,15	5,50	4,33	3,47	2,82	2,32
1,50	19,95	q_{Rd1}	10,07	8,29	6,94	5,90	5,08	4,42	3,88	3,44	3,06
		q_{Rd2}	10,07	8,29	6,94	5,90	5,08	4,42	3,88	3,44	3,06
		q_{Rk}	22,70	15,94	11,62	8,73	6,73	5,29	4,24	3,44	2,84

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 153/290, spojitý nosník o třech polích, pozitivní poloha								
			Rozpon [m]								
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
0,75	9,98	q_{Rd1}	3,69	3,10	2,65	2,30	2,01	1,78	1,58	1,42	1,28
		q_{Rd2}	3,69	3,10	2,65	2,30	2,01	1,78	1,58	1,42	1,28
		q_{Rk}	7,90	5,55	4,05	3,04	2,34	1,84	1,47	1,20	0,99
0,88	11,71	q_{Rd1}	4,84	4,07	3,47	3,00	2,62	2,31	2,05	1,83	1,65
		q_{Rd2}	4,84	4,07	3,47	3,00	2,62	2,31	2,05	1,83	1,65
		q_{Rk}	9,66	6,78	4,94	3,71	2,86	2,25	1,80	1,46	1,21
1,00	13,30	q_{Rd1}	5,99	5,02	4,27	3,68	3,21	2,82	2,51	2,24	2,01
		q_{Rd2}	5,99	5,02	4,27	3,68	3,21	2,82	2,51	2,24	2,01
		q_{Rk}	11,25	7,90	5,76	4,33	3,33	2,62	2,10	1,71	1,41
1,25	16,63	q_{Rd1}	8,44	7,04	5,96	5,12	4,45	3,90	3,45	3,08	2,76
		q_{Rd2}	8,44	7,04	5,96	5,12	4,45	3,90	3,45	3,08	2,76
		q_{Rk}	14,44	10,14	7,39	5,55	4,28	3,37	2,69	2,19	1,81
1,50	19,95	q_{Rd1}	12,16	10,03	8,42	7,17	6,18	5,39	4,74	4,20	3,75
		q_{Rd2}	12,16	10,03	8,42	7,17	6,18	5,39	4,74	4,20	3,75
		q_{Rk}	17,64	12,39	9,03	6,79	5,23	4,11	3,29	2,68	2,21

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 153/290, prostý nosník, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
0,75	9,98	q_{Rd1}	3,05	2,71	2,44	2,22	2,03	1,88	1,74	1,51	1,33
		q_{Rd2}	5,32	4,20	3,40	2,81	2,36	2,01	1,74	1,51	1,33
		q_{Rk}	4,04	2,84	2,07	1,55	1,20	0,94	0,75	0,61	0,50
0,88	11,71	q_{Rd1}	4,28	3,80	3,42	3,11	2,85	2,51	2,16	1,88	1,65
		q_{Rd2}	6,62	5,23	4,24	3,50	2,94	2,51	2,16	1,88	1,65
		q_{Rk}	4,94	3,47	2,53	1,90	1,46	1,15	0,92	0,75	0,62
1,00	13,30	q_{Rd1}	5,65	5,02	4,52	4,11	3,49	2,97	2,56	2,23	1,96
		q_{Rd2}	7,85	6,21	5,03	4,15	3,49	2,97	2,56	2,23	1,96
		q_{Rk}	5,77	4,05	2,96	2,22	1,71	1,35	1,08	0,88	0,72
1,25	16,63	q_{Rd1}	9,41	8,06	6,53	5,39	4,53	3,86	3,33	2,90	2,55
		q_{Rd2}	10,20	8,06	6,53	5,39	4,53	3,86	3,33	2,90	2,55
		q_{Rk}	7,40	5,20	3,79	2,85	2,19	1,73	1,38	1,12	0,93
1,50	19,95	q_{Rd1}	12,53	9,90	8,02	6,63	5,57	4,74	4,09	3,56	3,13
		q_{Rd2}	12,53	9,90	8,02	6,63	5,57	4,74	4,09	3,56	3,13
		q_{Rk}	9,03	6,34	4,62	3,47	2,67	2,10	1,68	1,37	1,13

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 153/290, spojitý nosník o dvou polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
0,75	9,98	q_{Rd1}	3,17	2,68	2,30	2,00	1,76	1,56	1,39	1,25	1,13
		q_{Rd2}	3,17	2,68	2,30	2,00	1,76	1,56	1,39	1,25	1,13
		q_{Rk}	9,99	7,02	5,12	3,84	2,96	2,33	1,86	1,52	1,25
0,88	11,71	q_{Rd1}	4,11	3,46	2,96	2,57	2,25	1,99	1,77	1,59	1,43
		q_{Rd2}	4,11	3,46	2,96	2,57	2,25	1,99	1,77	1,59	1,43
		q_{Rk}	12,21	8,58	6,25	4,70	3,62	2,85	2,28	1,85	1,53
1,00	13,30	q_{Rd1}	5,06	4,25	3,62	3,13	2,73	2,41	2,14	1,91	1,72
		q_{Rd2}	5,06	4,25	3,62	3,13	2,73	2,41	2,14	1,91	1,72
		q_{Rk}	14,28	10,03	7,31	5,49	4,23	3,33	2,67	2,17	1,79
1,25	16,63	q_{Rd1}	7,24	6,04	5,11	4,39	3,81	3,34	2,96	2,64	2,36
		q_{Rd2}	7,24	6,04	5,11	4,39	3,81	3,34	2,96	2,64	2,36
		q_{Rk}	18,31	12,86	9,38	7,04	5,43	4,27	3,42	2,78	2,29
1,50	19,95	q_{Rd1}	10,39	8,56	7,18	6,11	5,26	4,58	4,03	3,57	3,18
		q_{Rd2}	10,39	8,56	7,18	6,11	5,26	4,58	4,03	3,57	3,18
		q_{Rk}	22,33	15,68	11,43	8,59	6,62	5,20	4,17	3,39	2,79

Nominální t_{nom} [mm]	Vlastní tíha g [kg/m ²]	Mezní stav	TR 153/290, spojitý nosník o třech polích, negativní poloha								
			Rozpon [m]								
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
0,75	9,98	q_{Rd1}	3,73	3,17	2,73	2,38	2,09	1,86	1,66	1,50	1,35
		q_{Rd2}	3,73	3,17	2,73	2,38	2,09	1,86	1,66	1,50	1,35
		q_{Rk}	7,77	5,46	3,98	2,99	2,30	1,81	1,45	1,18	0,97
0,88	11,71	q_{Rd1}	4,86	4,11	3,53	3,06	2,69	2,38	2,12	1,90	1,72
		q_{Rd2}	4,86	4,11	3,53	3,06	2,69	2,38	2,12	1,90	1,72
		q_{Rk}	9,49	6,67	4,86	3,65	2,81	2,21	1,77	1,44	1,19
1,00	13,30	q_{Rd1}	6,00	5,05	4,32	3,74	3,27	2,89	2,57	2,30	2,08
		q_{Rd2}	6,00	5,05	4,32	3,74	3,27	2,89	2,57	2,30	2,08
		q_{Rk}	11,10	7,80	5,68	4,27	3,29	2,59	2,07	1,68	1,39
1,25	16,63	q_{Rd1}	8,65	7,23	6,14	5,28	4,60	4,04	3,58	3,19	2,87
		q_{Rd2}	8,65	7,23	6,14	5,28	4,60	4,04	3,58	3,19	2,87
		q_{Rk}	14,23	10,00	7,29	5,48	4,22	3,32	2,66	2,16	1,78
1,50	19,95	q_{Rd1}	12,53	10,35	8,70	7,41	6,40	5,58	4,91	4,36	3,89
		q_{Rd2}	12,53	10,35	8,70	7,41	6,40	5,58	4,91	4,36	3,89
		q_{Rk}	17,36	12,19	8,89	6,68	5,14	4,05	3,24	2,63	2,17

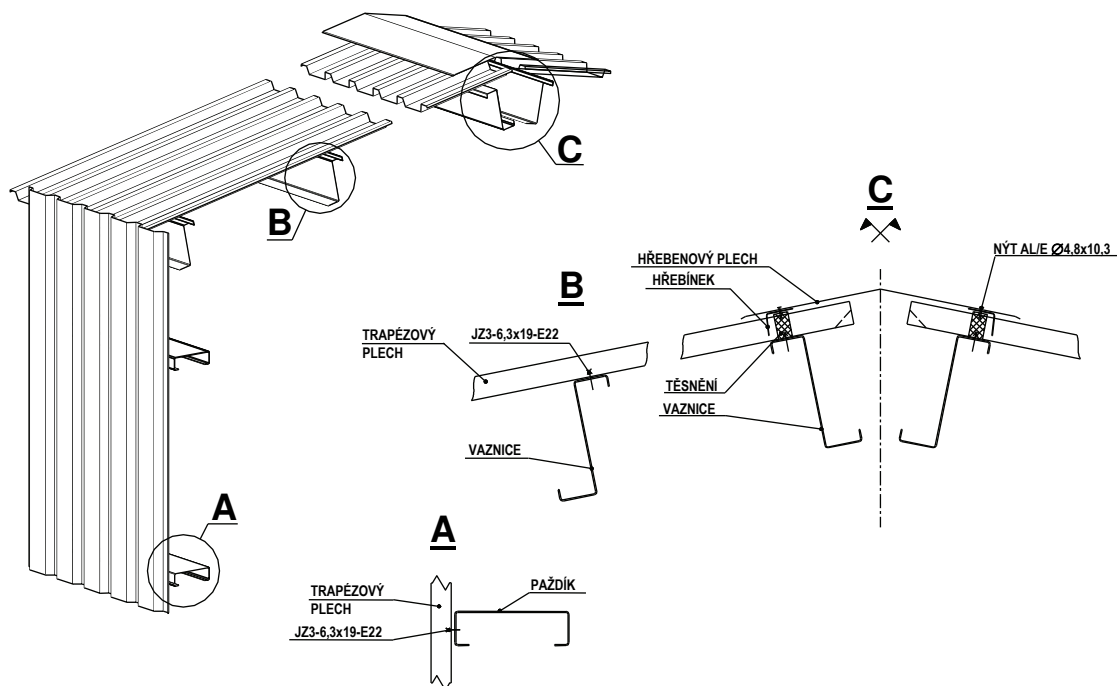
q_{Rd1} - mezní stav únosnosti (přesah plechu min. 40 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 120 mm);
 q_{Rd2} - mezní stav únosnosti (přesah min. 230 mm za krajní podporu, šířka vnitřní podpory min. 120 mm);
 q_{Rk} - mezní stav použitelnosti – dosažení limitního průhybu $L / 200$.

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ SKLÁDANÝ PŘI MONTÁŽI

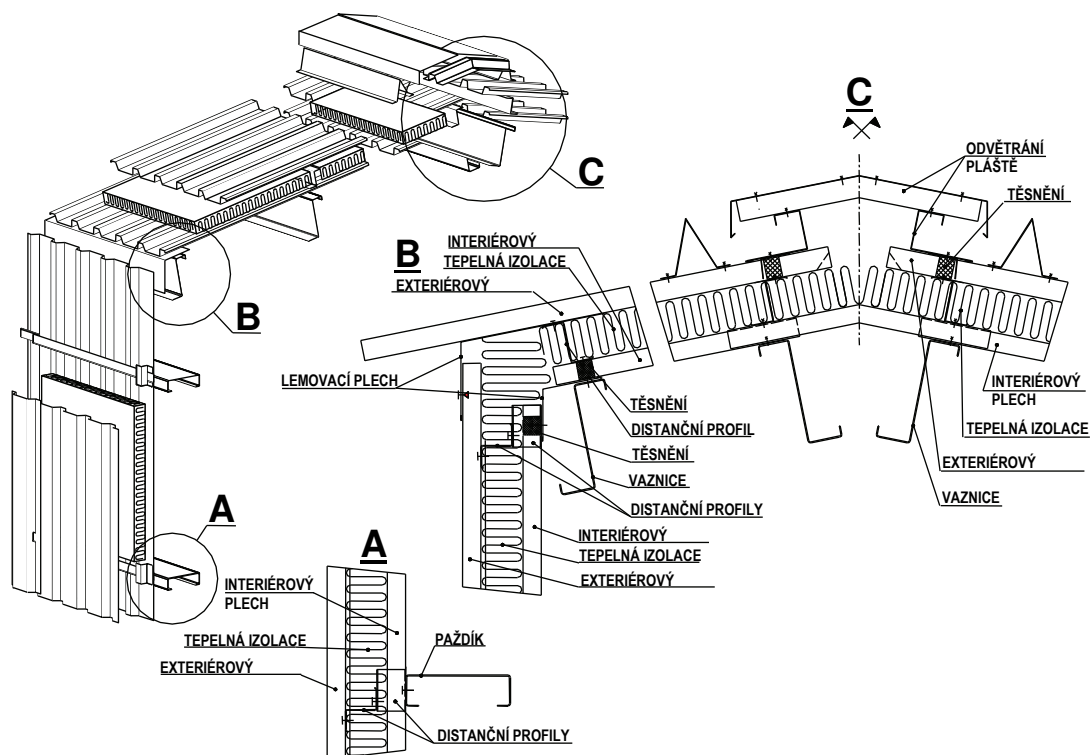
Střešní plášť skládaný při montáži je tvořen interiérovými a exteriérovými ocelovými trapézovými plechy, mezi které se vkládá tepelná izolace, viz obr. 1.5. Rovnoměrnou vzdálenost plechů zajišťují distanční profily tvaru „Z“. Tepelně technické vlastnosti jsou závislé na typu a tloušťce tepelné izolace.

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ ZE SENDVIČOVÝCH PANELŮ

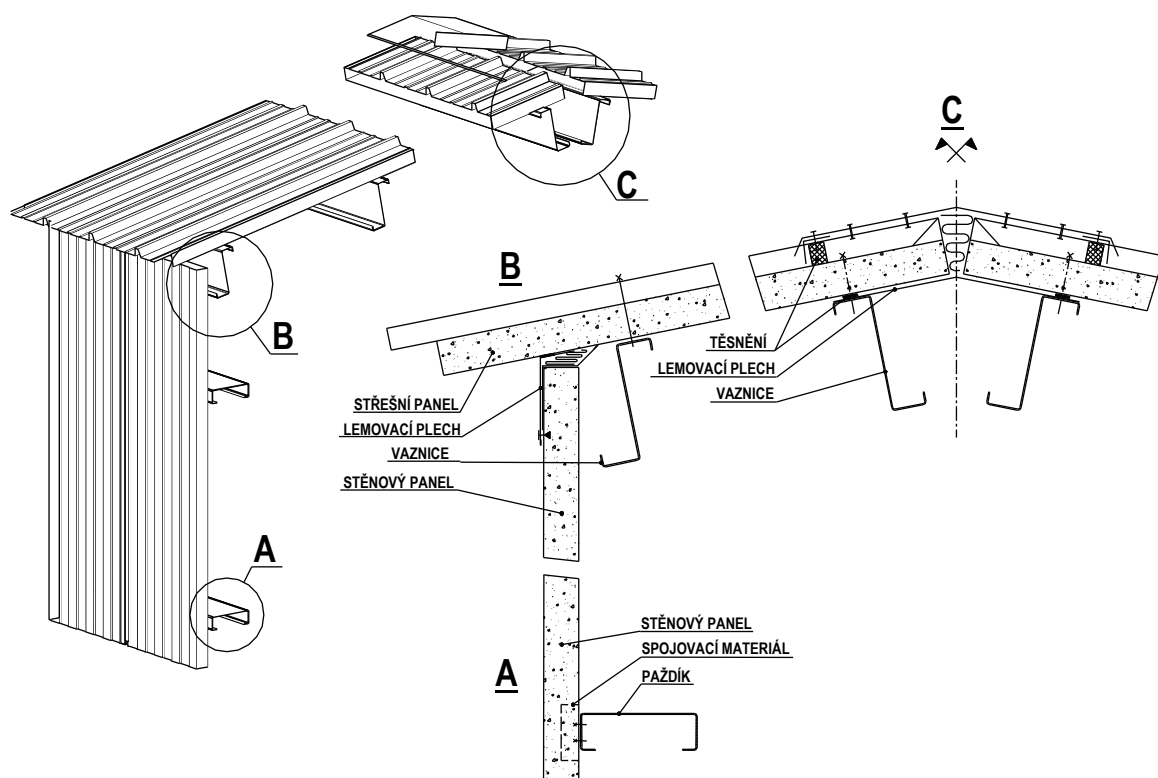
Střešní plášť je tvořen sendvičovými panely, které jsou dodávány jako samostatné stavební díly, viz obr. 1.6. Panely se skládají z interiérového a exteriérového ocelového nebo hliníkového plechu s vloženou tepelnou izolací z polyuretanové pěny nebo minerálních vláknitých desek. Příklady střešních plášťů ze sendvičových panelů jsou na obr. 1.7, obr. 1.8, tab. 1.9 až tab. 1.11.



Obr. 1.4 Nezateplený střešní plášť



Obr. 1.5 Střešní plášť skládaný při montáži



Obr. 1.6 Střešní plášť ze sendvičových panelů

Tab. 1.9 Tabulka únosnosti střešních panelů KS 1000 RW

Vrchní plech (exteriér)		tloušťka t_n [mm]	0,5	 PROSTÝ NOSNÍK							
Vnitřní plech (interiér)		tloušťka t_n [mm]	0,4								
Tloušťka panelu	Rozpětí [m]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
40	tlak	1,74	1,15	0,83	0,62	0,47	0,37	0,28	-	-	-
	sání	3,64	2,50	1,84	1,41	1,11	0,90	0,71	-	-	-
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	-	-
50	tlak	1,96	1,35	1,00	0,76	0,60	0,48	0,38	0,25	-	-
	sání	4,27	3,03	2,27	1,76	1,35	1,04	0,83	0,68	-	-
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	-
60	tlak	2,19	1,55	1,17	0,92	0,73	0,59	0,48	0,36	0,23	0,13
	sání	4,92	3,57	2,72	2,11	1,54	1,18	0,94	0,77	0,65	0,55
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
70	tlak	2,41	1,75	1,35	1,07	0,87	0,71	0,58	0,47	0,32	0,21
	sání	5,58	4,13	3,18	2,36	1,73	1,33	1,06	0,87	0,73	0,62
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
80	tlak	2,64	1,95	1,53	1,23	1,00	0,83	0,69	0,57	0,42	0,29
	sání	6,25	4,69	3,65	2,63	1,92	1,48	1,18	0,96	0,81	0,69
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	tlak	3,10	2,36	1,89	1,55	1,29	1,08	0,90	0,77	0,64	0,47
	sání	7,59	5,84	4,59	3,15	2,31	1,78	1,41	1,16	0,97	0,83
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Hodnoty tlaku a sání jsou uvedeny v kN/m^2 .

Minimální šířka podpory b_{min} je stanovena za předpokladu použití jednoho šroubu průměru 6,5 mm na šířce podpory, při jiném uspořádání nutno upravit.

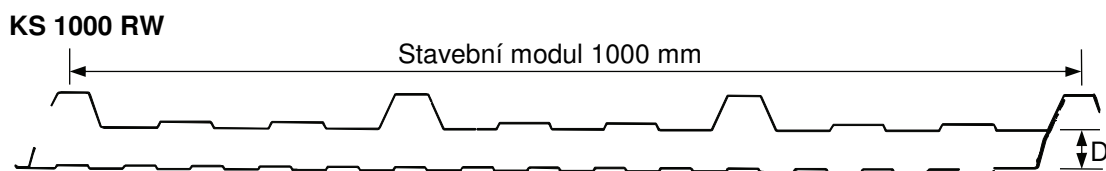
Vrchní plech (exteriér)		tloušťka t_n [mm]		0,5	△ — △ — △						
Vnitřní plech (interiér)		tloušťka t_n [mm]		0,4	SPOJITÝ NOSNÍK - 2 pole						
Tloušťka panelu	Rozpětí [m]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
40	tlak	1,74	1,15	0,83	0,62	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14
	sání	2,19	13,8	0,98	0,76	0,63	0,51	0,44	0,40	0,37	0,33
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	tlak	1,96	1,35	1,00	0,76	0,60	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	sání	2,29	1,50	1,10	0,84	0,69	0,61	0,52	0,46	0,41	0,38
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	tlak	2,19	1,55	1,17	0,92	0,73	0,57	0,45	0,36	0,29	0,23
	sání	2,47	1,63	1,18	0,91	0,75	0,63	0,56	0,50	0,46	0,42
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
70	tlak	2,41	1,75	1,35	1,07	0,83	0,65	0,51	0,42	0,34	0,26
	sání	2,65	1,70	1,27	1,07	0,84	0,69	0,61	0,55	0,50	0,46
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
80	tlak	2,64	1,95	1,53	1,23	1,00	0,83	0,69	0,57	0,47	0,36
	sání	2,87	1,96	1,52	1,31	1,03	0,92	0,75	0,67	0,59	0,51
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	tlak	3,10	2,36	1,70	1,34	1,11	0,93	0,79	0,71	0,63	0,51
	sání	2,98	2,35	1,80	1,46	1,21	1,06	0,90	0,81	0,73	0,67
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Vrchní plech (exteriér)		tloušťka t_n [mm]		0,5	△ — △ — △						
Vnitřní plech (interiér)		tloušťka t_n [mm]		0,4	SPOJITÝ NOSNÍK - 3 pole						
Tloušťka panelu	Rozpětí [m]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
40	tlak	1,74	1,15	0,83	0,62	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14
	sání	2,67	1,67	1,26	0,97	0,78	0,66	0,58	0,50	0,46	0,41
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	tlak	1,96	1,35	1,00	0,76	0,60	0,49	0,38	0,31	0,25	0,20
	sání	2,72	1,84	1,36	1,05	0,88	0,74	0,65	0,57	0,51	0,49
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	tlak	2,19	1,55	1,17	0,92	0,73	0,59	0,48	0,39	0,32	0,27
	sání	2,88	1,95	1,46	1,17	0,98	0,81	0,70	0,66	0,61	0,54
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
70	tlak	2,41	1,75	1,35	1,07	0,87	0,71	0,58	0,48	0,40	0,34
	sání	3,02	2,01	1,50	1,32	1,05	0,88	0,77	0,72	0,65	0,59
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
80	tlak	2,64	1,95	1,53	1,23	1,00	0,83	0,69	0,57	0,48	0,41
	sání	3,34	2,30	1,78	1,52	1,21	1,05	0,90	0,82	0,72	0,64
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	tlak	3,10	2,36	1,89	1,55	1,29	1,08	0,90	0,77	0,65	0,56
	sání	3,65	2,40	2,07	1,65	1,39	1,18	1,01	0,93	0,85	0,80
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Hodnoty tlaku a sání jsou uvedeny v kN/m².

Tabulka obsahuje přípustné charakteristické hodnoty nahodilého zatížení při daném rozpětí. Doporučený mezní průhyb uvažovaný v tabulkových hodnotách je L/200, při jiných požadavcích je třeba provést zvláštní výpočet.

Tabulka platí pro nahodilá zatížení (např. sníh nebo vítr) a obsahuje vlivy běžných zimních i letních teplot, při jiných způsobech namáhání je třeba provést zvláštní výpočet.

Minimální šířka podpory b_{min} je stanovena za předpokladu použití jednoho šroubu průměru 6,5 mm na šířce podpory, při jiném uspořádání nutno upravit.

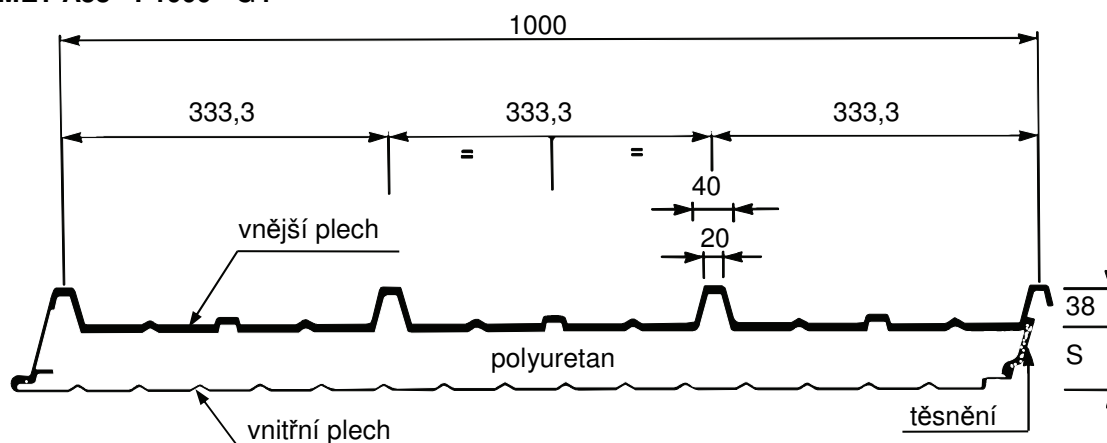


Obr. 1.7 Sřešní panel KS 1000 RW

Tab. 1.10 Sřešní panel KS 1000 RW - specifikace

Vnější povrchová úprava	Izolační jádro	Vnitřní povrchová úprava	Součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Tloušťka D [mm]	Orientační hmotnost [kg/m²]
PES/Polyester	tuhý polyuretan	PES/Polyester	0,50	40	10,20
HPS200		Lining Enamel	0,40	50	10,70
PvF2 Celestia		PvF2 Celestia	0,35	60	11,10
			0,25	80	12,00
			0,20	100	12,80

GLAMET A38 - P1000 - G4



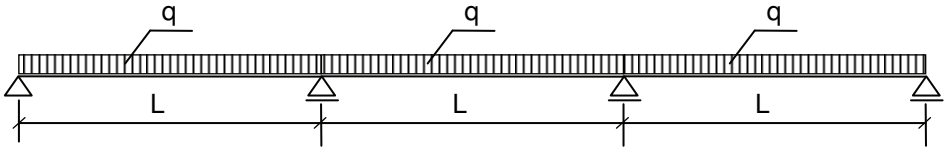
Obr. 1.8 Sřešní panel GLAMET A38 - P1000 - G4

Tab. 1.11 Sřešní panel GLAMET A38 - P1000 - G4 - přípustné vzdálenosti podpor panelu

		GLAMET A38 - P1000 - G4 Vzdálenost podpor L [m] pro spojitě zatížení q [kN/m²] zaručuje nepřekročení průhybu $\delta \leq L/200$. Vnější plech o tloušťce 0,5 mm, vnitřní plech o tloušťce 0,4 mm.							
Tloušťka S [mm]	Hmotnost panelu [kg/m²]	Vzdálenost podpor L [m]	q [kN/m²]						
			0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
30	9,42		4,20	3,65	3,20	2,90	2,60	2,25	2,00
40	9,80		4,50	3,90	3,50	3,20	2,85	2,45	2,20
50	10,18		4,75	4,10	3,65	3,35	3,00	2,60	2,30
60	10,56		5,00	4,30	3,90	3,55	3,15	2,75	2,45
80	11,32		5,50	4,70	4,40	3,95	3,45	3,05	2,75

V tabulce jsou uvedeny charakteristické hodnoty zatížení.

Tab. 1.11 - pokračování Střešní panel GLAMET A38-P1000-G4 - přípustné vzdálenosti podpor panelu



Tloušťka S [mm]	Hmotnost panelu [kg/m ²]	Vzdálenost podpor L [m]	q [kN/m ²]						
			0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
30	9,42		4,70	4,10	3,65	3,30	2,90	2,50	2,25
40	9,80		5,00	4,40	3,90	3,55	3,20	2,75	2,45
50	10,18		5,30	4,60	4,10	3,75	3,35	2,90	2,60
60	10,56		5,60	4,85	4,35	3,95	3,55	3,05	2,75
80	11,32		6,20	5,30	4,80	4,35	3,95	3,35	3,05

V tabulce jsou uvedeny charakteristické hodnoty zatížení.

Tab. 1.12 Přípustné rozpětí střešních panelů DART

Typ prvku DART	Vlastní hmotnost G [kN/m ²]	Max. rozpětí panelů L _o [m] při zat. sněhem s a větrem w				Konzola [m]
		s=0,75kN/m ² w=0,80kN/m ²	s=1,00kN/m ² w=0,80kN/m ²	s=1,25kN/m ² w=0,80kN/m ²	s=1,50kN/m ² w=0,80kN/m ²	
7-13-1	0,36	8,54	7,98	7,54	7,19	1,70
7-16-1	0,37	9,40	8,79	8,31	7,92	1,71
7-21-1	0,39	10,80	10,11	9,57	8,94	1,81
7-23-1	0,40	11,32	10,60	10,04	8,89	1,84
7-26-1	0,42	12,12	11,39	10,12	8,80	1,93
7-29-1	0,43	12,85	11,83	10,07	8,77	1,97
7-31-1	0,44	13,34	11,75	10,01	8,72	2,00
7-36-1	0,46	13,80	11,59	9,89	8,63	2,10

Zásady výpočtu: všechny panely jsou počítány jako prosté nosníky a) na zatížení vlastní hmotností včetně dodávaného standardního podhledu, střešní fólie a zatížení sněhem s; b) na zatížení sáním větru w.

Průhyb panelu δ od příslušného zatížení pro příslušné rozpětí: $\delta_{\max} < L_o/200$.

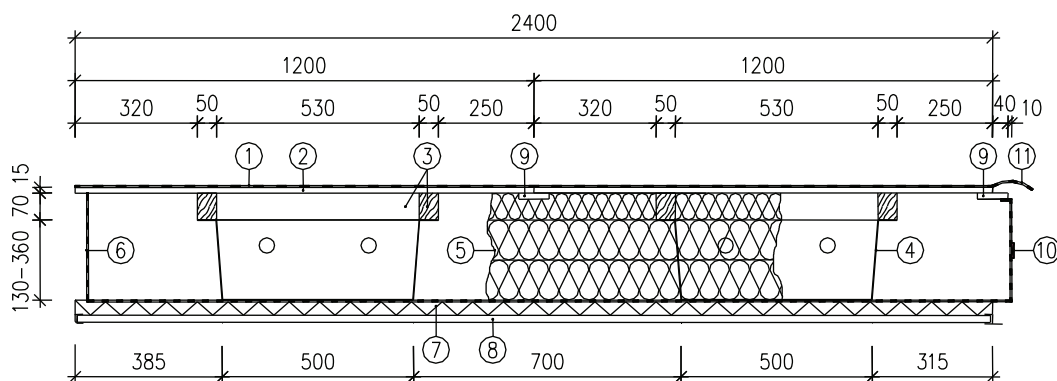
Všechny údaje jsou v charakteristických hodnotách zatížení. Vlastní hmotnost je včetně dodávaného podhledu a střešní fólie.

Tab. 1.13 Střešní panel DART - specifikace

Typ prvku DART	Výška profilu h [mm]	Stavební výška bez podhledu H [mm]	Vlastní hmotnost G [kg/m ²]	Součinitel prostupu tepla k [W/m ² .K]	Tloušťka tepelné izolace [mm]	Hlukový útlum R _w [dB]
7-13-1	130	216	36	0,20	200	48
7-16-1	160	246	37	0,19	230	49
7-21-1	210	296	39	0,18	280	51
7-23-1	230	316	40	0,17	300	52
7-26-1	260	346	42	0,16	330	53
7-29-1	290	376	43	0,15	360	54
7-31-1	310	396	44	0,14	380	55
7-36-1	360	446	46	0,13	430	56

Dalším příkladem střešního pláště tohoto typu mohou být sendvičové panely DART, viz tab. 1.12 a tab. 1.13, které se používají jako velkorozponové prvky pro vzdálenost podpor až 13,6 m. Jedná se o lehký typ panelu s nosnou vnitřní vrstvou z ocelového trapézového plechu a s pláštěm

z překližek, viz obr. 1.9. Větší únosnosti dovolují ukládat panely rovněž přímo na vazníky (bezvaznicový systém).

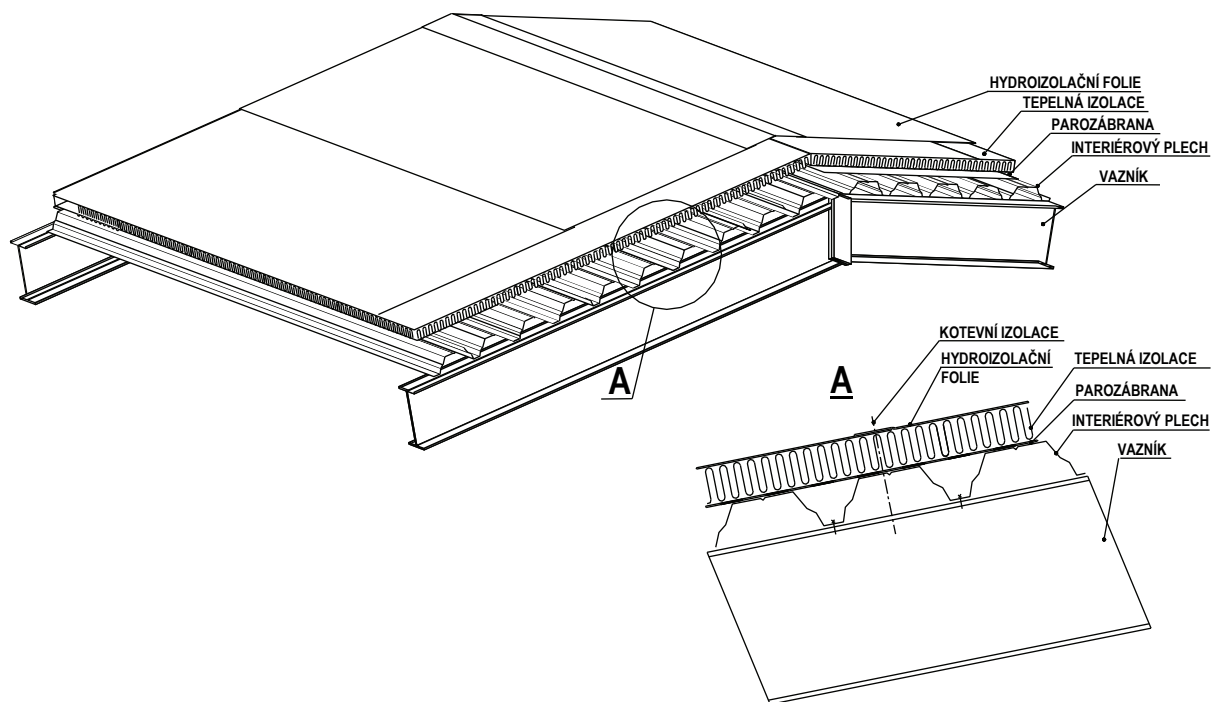


1. STŘEŠNÍ KRYTINA (NAPŘ. SARNAFIL TL. 1,2 MM)
2. VODOVZDORNÁ PŘEKLIŽKA NEBO OSB DESKA
3. HRANOLY 50/70 MM
4. NOSNÝ OCELOVÝ PROFIL
5. TEPELNÁ IZOLACE Z MINERÁLNÍCH VLÁKEN (ORSTROP)
6. PAROZÁBRANA – PE FÓLIE TL. 0,2 MM
7. PROTIPOŽÁRNÍ IZOLACE (ORSIL N)
8. OCELOVÝ PODHLED – TRAPÉZOVÝ PLECH (POZINK NEBO BILÝ AKRYL)
9. SPOJOVACÍ LIŠTA Z PŘEKLIŽKY
10. OBOUSTRANNĚ LEPÍCÍ PÁSKA PRO SPOJENÍ PAROZÁBRANY
11. PŘESAH FÓLIE SARNAFIL (10 CM)

Obr. 1.9 Příčný řez střešním panelem DART

STŘEŠNÍ PLÁŠŤ SE SAMONOSNÝM INTERIÉROVÝM PLECHEM

Střešní plášť se samonosným interiérovým plechem je podobný svým složením střešnímu plášti skládanému při montáži. Liší se použitím samonosného vnitřního plechu, který je ukládán přímo na vazníky. Jedná se o bezvaznicový systém. Plášť je tvořen interiérovým ocelovým trapézovým plechem, tepelnou izolací a vnější vrstvou. Na obr. 1.10 je tato vrstva z hydroizolační folie. Může být použit i vnější trapézový plech.



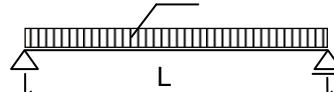
Obr. 1.10 Střešní plášť se samonosným interiérovým plechem

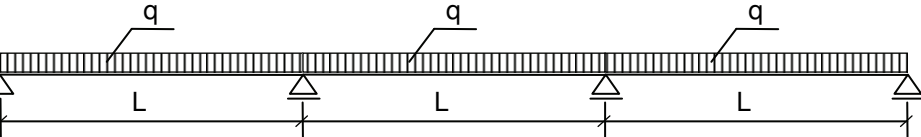
1.2.2 OBVODOVÉ PLÁŠTĚ

STĚNOVÝ PLÁŠŤ ZE SENDVIČOVÝCH PANELŮ

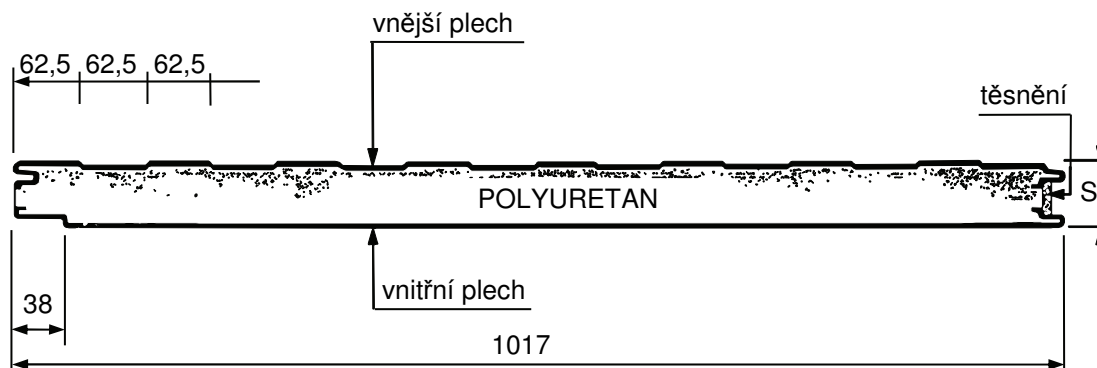
Stěnový plášť je tvořen sendvičovými panely, které jsou obvykle dodávány jako kompaktní stavební díl. Vlastnosti tohoto pláště jsou obdobné jako vlastnosti střešního pláště ze sendvičových panelů, stěnové panely mají menší ohybovou tuhost. Příklad sendvičového panelu je na obr. 1.11.

Tab. 1.14 Stěnový panel MONOWALL - 1000/B - přípustné vzdálenosti podpor L, obr. 1.11

		MONOWALL - 1000/B Vzdálenost podpor L [m] pro spojitě zatížení q [kN/m ²] zaručuje nepřekročení průhybu $\delta \leq L/200$.					
Tloušťka S [mm]	Hmotnost panelu [kg/m ²]	Vzdálenost podpor L [m]	Rovnoměrné zatížení q [kN/m ²]				
	0,4 + 0,4		0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
35	8,08		2,80	2,60	2,40	2,20	2,00
40	8,27		3,10	2,90	2,70	2,50	2,20
50	8,65		3,45	3,20	2,95	2,75	2,40
60	9,03		3,80	3,55	3,30	3,00	2,60
80	9,79		4,50	4,00	3,70	3,35	2,90
100	10,59		4,90	4,45	4,10	3,75	3,20
120	11,35		5,50	4,90	4,50	4,10	3,50

		MONOWALL - 1000/B Vzdálenost podpor L [m] pro spojitě zatížení q [kN/m ²].					
Tloušťka S [mm]	Hmotnost panelu [kg/m ²]	Vzdálenost podpor L [m]	Rovnoměrné zatížení q [kN/m ²]				
	0,4 + 0,4		0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
35	8,08		3,20	3,00	2,80	2,50	2,20
40	8,27		3,40	3,20	3,00	2,80	2,50
50	8,65		3,90	3,65	3,40	3,10	2,75
60	9,03		4,40	4,10	3,75	3,45	3,00
80	9,79		5,20	4,65	4,25	3,90	3,35
100	10,59		5,80	5,15	4,75	4,30	3,70
120	11,35		6,40	5,70	5,25	4,75	4,05

V tabulce jsou uvedeny charakteristické hodnoty zatížení.



Obr. 1.11 Stěnový panel MONOWALL - 1000/B

Tab. 1.15 Tabulka únosnosti stěnových panelů KS 1000 RW

Vrchní plech (exteriér)		tloušťka t_n [mm]	0,5		△ ————— △						
Vnitřní plech (interiér)		tloušťka t_n [mm]	0,4		PROSTÝ NOSNÍK						
TLoušťka panelu	ROzpětí [m]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
40	tlak	1,74	1,15	0,83	0,62	0,47	0,37	0,28	-	-	-
	sání	3,64	2,50	1,94	1,41	1,11	0,90	0,71	-	-	-
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	-	-	-
50	tlak	1,96	1,35	1,00	0,76	0,60	0,48	0,38	0,25	-	-
	sání	4,27	3,03	2,27	1,76	1,35	1,04	0,83	0,68	-	-
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	-	-
60	tlak	2,19	1,55	1,17	0,92	0,73	0,59	0,48	0,36	0,23	0,13
	sání	4,92	3,57	2,72	2,11	1,54	1,18	0,94	0,77	0,65	0,55
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
70	tlak	2,41	1,75	1,35	1,07	0,87	0,71	0,58	0,47	0,32	0,21
	sání	5,58	4,13	3,18	2,36	1,73	1,33	1,06	0,87	0,73	0,62
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
80	tlak	2,64	1,95	1,53	1,23	1,00	0,83	0,69	0,57	0,42	0,29
	sání	6,25	4,69	3,65	2,63	1,92	1,48	1,18	0,96	0,81	0,69
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	tlak	3,10	2,36	1,89	1,55	1,29	1,08	0,90	0,77	0,64	0,47
	sání	7,59	5,84	4,59	3,15	2,31	1,78	1,41	1,16	0,97	0,83
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Vrchní plech (exteriér)		tloušťka t_n [mm]	0,5		△ ————— △ ————— △						
Vnitřní plech (interiér)		tloušťka t_n [mm]	0,4		SPOJITÝ NOSNÍK - 2 pole						
TLoušťka panelu	ROzpětí [m]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
40	tlak	1,74	1,15	0,83	0,62	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14
	sání	2,19	1,38	0,98	0,76	0,63	0,51	0,44	0,40	0,37	0,33
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	tlak	1,96	1,35	1,00	0,76	0,60	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	sání	2,29	1,50	1,10	0,84	0,69	0,61	0,52	0,46	0,41	0,38
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	tlak	2,19	1,55	1,17	0,92	0,73	0,57	0,45	0,36	0,29	0,23
	sání	2,47	1,63	1,18	0,91	0,75	0,63	0,56	0,50	0,46	0,42
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
70	tlak	2,41	1,75	1,35	1,07	0,83	0,65	0,51	0,42	0,34	0,26
	sání	2,65	1,70	1,27	1,07	0,84	0,69	0,61	0,55	0,50	0,46
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
80	tlak	2,64	1,95	1,53	1,23	1,00	0,93	0,69	0,557	0,47	0,36
	sání	2,87	1,96	1,52	1,31	1,03	0,92	0,75	0,67	0,59	0,51
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	tlak	3,10	2,36	1,70	1,34	1,11	0,93	0,79	0,71	0,63	0,51
	sání	2,98	2,35	1,90	1,46	1,21	1,06	0,90	0,81	0,73	0,67
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Hodnoty tlaku a sání jsou uvedeny v kN/m². Tabulka obsahuje přípustné charakteristické hodnoty nahodilého zatížení při daném rozpětí. Doporučený mezní průhyb uvažovaný v tabulkových hodnotách je L/200, při jiných požadavcích je třeba provést zvláštní výpočet.

Tabulka platí pro nahodilá zatížení (např. vítr) a obsahuje vlivy běžných zimních i letních teplot, při jiných způsobech namáhání je třeba provést zvláštní výpočet.

Minimální šířka podpory b_{min} je stanovena za předpokladu použití jednoho šroubu průměru 6,5 mm na šířce podpory, při jiném uspořádání nutno upravit.

Tab. 1.15 Tabulka únosnosti stěnových panelů KS 1000 RW

Vrchní plech (exteriér)		tloušťka t_n [mm]	0,5		△ △ △ △						
Vnitřní plech (interiér)		tloušťka t_n [mm]	0,4		SPOJITÝ NOSNÍK - 3 pole						
Tloušťka panelu	Rozpětí [m]	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
40	tlak	1,74	1,15	0,83	0,62	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14
	sání	2,67	1,67	1,26	0,97	0,78	0,66	0,58	0,50	0,46	0,41
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
50	tlak	1,96	1,35	1,00	0,76	0,60	0,48	0,38	0,31	0,25	0,20
	sání	2,72	1,84	1,36	1,05	0,88	0,74	0,65	0,57	0,51	0,49
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
60	tlak	2,19	1,55	1,17	0,92	0,73	0,59	0,48	0,39	0,32	0,27
	sání	2,88	1,95	1,46	1,17	0,98	0,81	0,70	0,66	0,61	0,54
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
70	tlak	2,41	1,75	1,35	1,07	0,87	0,71	0,58	0,48	0,40	0,34
	sání	3,02	2,01	1,50	1,32	1,05	0,88	0,77	0,72	0,65	0,59
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
80	tlak	2,64	1,95	1,53	1,23	1,00	0,83	0,69	0,57	0,48	0,41
	sání	3,34	2,30	1,78	1,52	1,21	1,05	0,90	0,82	0,72	0,64
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
100	tlak	3,10	2,36	1,89	1,55	1,29	1,08	0,90	0,77	0,65	0,56
	sání	3,65	2,40	2,07	1,65	1,39	1,18	1,01	0,93	0,85	0,80
	b_{min} [mm]	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Výrobce Kingspan - (http://www.kingspan.cz/support/index_support.html).

Tab. 1.16 Stěnový panel KS 1000 RW - specifikace

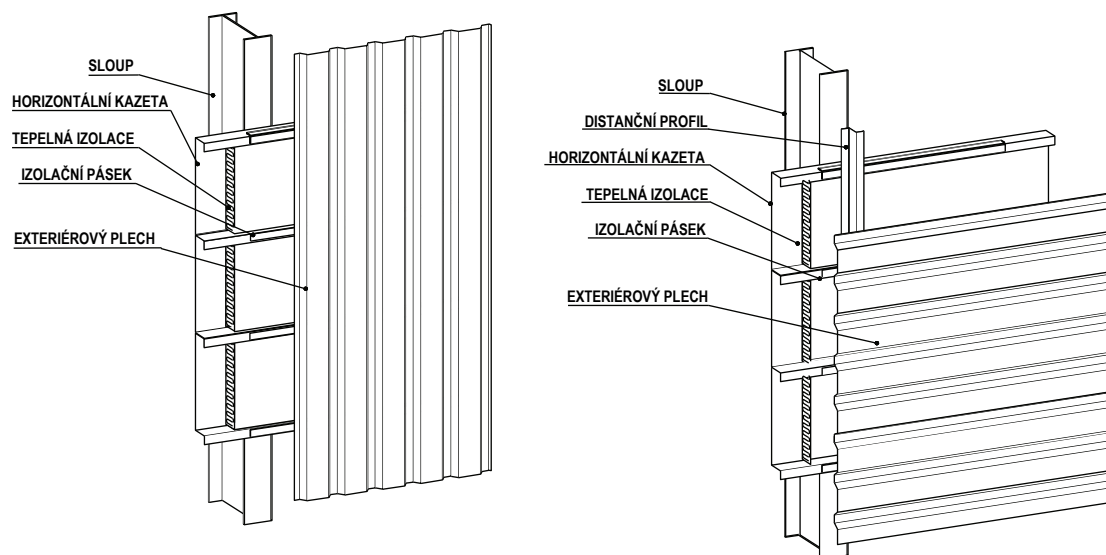
Použití	Izolační jádro	Součinitel prostupu tepla [W/m²K]	Tloušťka [mm]	Orientační hmotnost [kg/m²]
položené vertikálně nebo horizontálně	tuhý polyuretan	0,50	40	10,20
		0,40	50	10,70
		0,35	60	11,10
		0,25	80	12,00
		0,20	100	12,80

STĚNOVÝ PLÁŠŤ SKLÁDANÝ PŘI MONTÁŽI

Stěnový plášť je tvořený vnitřním a vnějším ocelovým trapézovým plechem. Vnitřní vrstva plechů se připevňuje na ocelové paždíky. Vnější vrstva se osadí pomocí distančních profilů tvaru "Z". Mezi obě vrstvy je vložena tepelná izolace, viz obr. 1.5.

STĚNOVÝ PLÁŠŤ SKLÁDANÝ S HORIZONTÁLNÍMI KAZETAMI

Stěnový plášť skládaný s horizontálními kazetami je variantou předchozího typu střešního pláště. Vnitřní vrstvu zde netvoří trapézové plechy, ale tenkostěnné kazety, které se připevňují přímo na sloupy, viz obr. 1.12. Kazety tak plní dvojí funkci: nahrazují paždíky a tvoří vnitřní hladkou plochu pláště. Tepelná izolace se vkládá do kazet, tepelný most je přerušen páskou přilepenou na vnější úzkou pánsnici kazet.



Obr. 1.12 Stěnový plášť s horizontálními kazetami - dvě varianty

Níže je uveden příklad tabulek dodávaný výrobcem. Na českém trhu jsou tenkostěnné či fasádní kazety zastoupeny výrobky firem např. Arcelor Mittal, Lindab, Ruukki, Satjam.

V tabulkách 1.17 (převzato z [8]) jsou uvedeny nejprve průřezové charakteristiky. Charakteristiky se znaménkem „+“ jsou použity pro tlak větru na stěnu (tj. případ, kdy v tlaku je úzká pásnice kazety) a „-“ pro případ sání (v tlaku je široká pásnice).

Tab. 1.17 Průřezové charakteristiky tenkostěnných kazet výšky 100 až 200 mm

LT100-600S Výška kazety 100 mm

Nominální tloušťka	Hmotnost	Mez kluzu	Moment setrvačnosti (tlak)	Moment setrvačnosti (sání)	Průřezový modul (tlak)	Průřezový modul (sání)
t_{nom} [mm]	g [kg/m ²]	f_y [MPa]	I_{eff+} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	I_{eff-} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	W_{eff+} *10 ³ [mm ³ /m]	W_{eff-} *10 ³ [mm ³ /m]
0.75	8.99	320	99.102	68.992	10.176	13.383
0.88	10.54	320	124.571	86.145	13.207	17.141
1.00	11.97	320	147.919	105.547	16.797	20.027
1.25	14.94	320	196.845	151.749	24.566	26.242
1.50	17.91	320	243.209	205.198	30.793	32.633

LT125-600S Výška kazety 125 mm

Nominální tloušťka	Hmotnost	Mez kluzu	Moment setrvačnosti (tlak)	Moment setrvačnosti (sání)	Průřezový modul (tlak)	Průřezový modul (sání)
t_{nom} [mm]	g [kg/m ²]	f_y [MPa]	I_{eff+} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	I_{eff-} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	W_{eff+} *10 ³ [mm ³ /m]	W_{eff-} *10 ³ [mm ³ /m]
0.75	9.48	320	154.317	114.118	13.000	17.508
0.88	11.11	320	199.617	143.356	16.871	22.852
1.00	12.62	320	242.393	175.767	21.883	26.852
1.25	15.76	320	326.353	248.407	32.840	35.148
1.50	18.89	320	408.407	331.242	41.625	43.707

LT150-600S Výška kazety 150 mm

Nominální tloušťka	Hmotnost	Mez kluzu	Moment setrvačnosti (tlak)	Moment setrvačnosti (sání)	Průřezový modul (tlak)	Průřezový modul (sání)
t_{nom} [mm]	g [kg/m ²]	f_y [MPa]	I_{eff+} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	I_{eff-} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	W_{eff+} *10 ³ [mm ³ /m]	W_{eff-} *10 ³ [mm ³ /m]
0.75	9.97	320	216.147	172.612	14.262	21.824
0.88	11.69	320	282.761	216.420	20.906	28.297
1.00	13.28	320	346.752	263.621	28.168	34.273
1.25	16.58	320	481.810	375.042	40.922	44.992
1.50	19.87	320	614.771	494.851	52.027	55.922

LT200-600S Výška kazety 200 mm

Nominální tloušťka	Hmotnost	Mez kluzu	Moment setrvačnosti (tlak)	Moment setrvačnosti (sání)	Průřezový modul (tlak)	Průřezový modul (sání)
t_{nom} [mm]	g [kg/m ²]	f_y [MPa]	I_{eff+} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	I_{eff-} *10 ⁴ [mm ⁴ /m]	W_{eff+} *10 ³ [mm ³ /m]	W_{eff-} *10 ³ [mm ³ /m]
0.75	10.95	320	369.601	335.244	18.883	31.219
0.88	12.84	320	487.415	421.352	26.434	40.602
1.00	14.58	320	605.246	502.996	34.207	49.715
1.25	18.21	320	858.398	713.711	55.359	66.879
1.50	21.83	320	1122.299	947.599	73.449	83.520

Samotná únosnost kazety v případě tlaku je ovlivněna i vzdáleností mezi samovrtnými šrouby v úzké pásnici, kterými je kazeta spojena s exteriérovým plechem (v tomto případě max. 300 mm). Dále únosnost stěnového kazetového systému ovlivňuje i únosnost na podpoře (borcení stojin). V níže uvedeném případě tabulek 1.18 se uvažuje šířka min. 50 mm. V tabulce uvedené hodnoty maximálním zatížením v kN/m² pro daný mezní stav. MSÚ je hodnota vyhovující meznímu stavu únosnosti, L/150 resp. L/200 je limitní hodnota pro mezní stav použitelnosti při omezení průhybu na 1/150 resp. 1/200 rozpětí.

Tab. 1.18 Tabulky max. zatížení vybraných tenkostěnných kazet

LT100-600S, prostý nosník, tlak větru (úzká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
0.75	MSÚ	2.37	1.79	1.36	1.06	0.85	0.70	0.58	0.50	0.42	0.37	0.32
	L/150	3.99	2.51	1.68	1.18	0.86	0.65	0.49	0.39	0.31	0.26	0.21
	L/200	2.99	1.88	1.26	0.90	0.65	0.49	0.37	0.29	0.23	0.19	0.16
0.88	MSÚ	3.33	2.39	1.81	1.40	1.13	0.92	0.77	0.65	0.55	0.48	0.43
	L/150	5.01	3.16	2.11	1.48	1.08	0.81	0.63	0.49	0.40	0.32	0.27
	L/200	3.76	2.37	1.58	1.11	0.81	0.61	0.47	0.37	0.30	0.25	0.20
1	MSÚ	4.15	3.01	2.27	1.78	1.42	1.16	0.97	0.82	0.70	0.61	0.53
	L/150	5.95	3.75	2.51	1.76	1.28	0.97	0.75	0.59	0.47	0.38	0.31
	L/200	4.46	2.81	1.88	1.32	0.96	0.72	0.55	0.44	0.35	0.29	0.24
1.25	MSÚ	5.73	4.21	3.21	2.53	2.04	1.68	1.41	1.19	1.02	0.88	0.77
	L/150	7.92	4.99	3.34	2.35	1.71	1.28	0.99	0.78	0.62	0.51	0.42
	L/200	5.94	3.74	2.51	1.76	1.28	0.96	0.74	0.59	0.46	0.38	0.31
1.5	MSÚ	7.09	5.22	3.99	3.16	2.55	2.11	1.77	1.51	1.30	1.13	1.00
	L/150	9.78	6.16	4.13	2.90	2.11	1.59	1.22	0.96	0.77	0.62	0.51
	L/200	7.34	4.62	3.10	2.18	1.59	1.19	0.92	0.71	0.58	0.47	0.39

LT100-600S, prostý nosník, sání větru (široká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
0.75	MSÚ	3.08	2.26	1.73	1.36	1.11	0.91	0.77	0.66	0.56	0.49	0.43
	L/150	2.77	1.75	1.17	0.82	0.60	0.46	0.35	0.28	0.22	0.18	0.15
	L/200	2.08	1.31	0.88	0.62	0.45	0.33	0.26	0.20	0.16	0.13	0.11
0.88	MSÚ	3.94	2.90	2.22	1.75	1.42	1.17	0.98	0.84	0.72	0.63	0.55
	L/150	3.47	2.18	1.47	1.03	0.75	0.56	0.43	0.34	0.27	0.22	0.18
	L/200	2.60	1.64	1.10	0.77	0.56	0.42	0.33	0.26	0.21	0.16	0.13
1	MSÚ	4.60	3.38	2.59	2.05	1.66	1.37	1.15	0.98	0.85	0.74	0.65
	L/150	4.25	2.67	1.79	1.26	0.92	0.69	0.53	0.42	0.33	0.27	0.23
	L/200	3.19	2.00	1.34	0.94	0.69	0.52	0.40	0.31	0.25	0.20	0.17
1.25	MSÚ	6.03	4.43	3.39	2.68	2.17	1.79	1.51	1.29	1.10	0.97	0.84
	L/150	6.10	3.84	2.57	1.81	1.32	0.99	0.76	0.60	0.48	0.39	0.32
	L/200	4.58	2.88	1.93	1.36	0.99	0.75	0.58	0.45	0.36	0.30	0.24
1.5	MSÚ	7.50	5.51	4.22	3.33	2.70	2.23	1.88	1.60	1.37	1.20	1.05
	L/150	8.25	5.20	3.48	2.45	1.78	1.34	1.03	0.81	0.65	0.52	0.43
	L/200	6.19	3.90	2.61	1.83	1.33	1.00	0.77	0.61	0.49	0.40	0.33

LT125-600S, prostý nosník, tlak větru (úzká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
0.75	MSÚ	1.74	1.37	1.10	0.90	0.75	0.64	0.55	0.47	0.42	0.37	0.33
	L/150	2.62	1.84	1.35	1.01	0.78	0.61	0.49	0.40	0.32	0.27	0.23
	L/200	1.96	1.38	1.01	0.76	0.59	0.46	0.37	0.30	0.25	0.21	0.17
0.88	MSÚ	2.34	1.82	1.45	1.18	0.98	0.83	0.71	0.61	0.53	0.47	0.42
	L/150	3.39	2.38	1.73	1.30	1.00	0.79	0.64	0.52	0.42	0.35	0.30
	L/200	2.54	1.78	1.30	0.98	0.75	0.59	0.47	0.38	0.32	0.26	0.22
1	MSÚ	2.98	2.32	1.86	1.52	1.26	1.06	0.91	0.78	0.68	0.60	0.53
	L/150	4.11	2.89	2.11	1.58	1.22	0.95	0.77	0.62	0.52	0.43	0.36
	L/200	3.08	2.17	1.59	1.19	0.91	0.71	0.57	0.47	0.38	0.32	0.27
1.25	MSÚ	4.28	3.38	2.73	2.24	1.88	1.60	1.37	1.19	1.04	0.92	0.81
	L/150	5.54	3.89	2.83	2.13	1.64	1.29	1.03	0.84	0.69	0.57	0.49
	L/200	4.15	2.92	2.13	1.60	1.23	0.97	0.77	0.63	0.52	0.43	0.36
1.5	MSÚ	5.42	4.28	3.46	2.86	2.40	2.04	1.76	1.53	1.34	1.18	1.05
	L/150	6.93	4.87	3.55	2.67	2.05	1.61	1.29	1.05	0.86	0.72	0.61
	L/200	5.20	3.65	2.66	2.00	1.54	1.21	0.97	0.79	0.65	0.54	0.46

LT125-600S, prostý nosník, sání větru (široká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
0.75	MSÚ	2.26	1.79	1.45	1.19	1.00	0.86	0.75	0.65	0.57	0.50	0.45
	L/150	1.94	1.36	0.99	0.74	0.57	0.46	0.37	0.29	0.24	0.20	0.17
	L/200	1.45	1.02	0.74	0.55	0.43	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15	0.13
0.88	MSÚ	2.95	2.34	1.89	1.56	1.31	1.12	0.97	0.84	0.74	0.65	0.58
	L/150	2.43	1.71	1.25	0.94	0.72	0.57	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21
	L/200	1.82	1.28	0.93	0.70	0.54	0.43	0.34	0.28	0.23	0.19	0.16
1	MSÚ	3.47	2.74	2.22	1.84	1.54	1.32	1.13	0.99	0.87	0.77	0.68
	L/150	2.98	2.09	1.53	1.15	0.88	0.70	0.55	0.45	0.37	0.31	0.26
	L/200	2.24	1.57	1.14	0.86	0.67	0.52	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20
1.25	MSÚ	4.55	3.59	2.91	2.41	2.02	1.72	1.48	1.29	1.14	1.00	0.89
	L/150	4.22	2.96	2.16	1.62	1.25	0.98	0.79	0.64	0.53	0.44	0.37
	L/200	3.16	2.21	1.61	1.21	0.94	0.74	0.59	0.48	0.40	0.33	0.27
1.5	MSÚ	5.65	4.46	3.62	2.99	2.51	2.14	1.85	1.61	1.41	1.25	1.12
	L/150	5.62	3.95	2.88	2.16	1.67	1.31	1.05	0.85	0.70	0.58	0.50
	L/200	4.21	2.96	2.16	1.61	1.25	0.98	0.78	0.64	0.53	0.44	0.37

LT150-600S, prostý nosník, tlak větru (úzká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
0.75	MSÚ	1.25	1.01	0.85	0.71	0.61	0.53	0.46	0.40	0.36	0.32	0.28
	L/150	1.88	1.41	1.09	0.85	0.69	0.56	0.45	0.39	0.32	0.27	0.23
	L/200	1.40	1.06	0.81	0.64	0.52	0.42	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18
0.88	MSÚ	1.79	1.46	1.21	1.02	0.87	0.75	0.65	0.56	0.50	0.45	0.40
	L/150	2.45	1.84	1.42	1.11	0.90	0.73	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31
	L/200	1.84	1.38	1.07	0.84	0.66	0.55	0.45	0.38	0.32	0.27	0.23
1	MSÚ	2.35	1.93	1.60	1.35	1.14	0.99	0.85	0.74	0.66	0.58	0.52
	L/150	3.01	2.26	1.74	1.37	1.10	0.89	0.73	0.62	0.51	0.44	0.38
	L/200	2.26	1.70	1.31	1.03	0.82	0.67	0.55	0.46	0.39	0.33	0.28
1.25	MSÚ	3.39	2.79	2.33	1.97	1.68	1.46	1.27	1.11	0.98	0.87	0.78
	L/150	4.18	3.15	2.42	1.90	1.52	1.24	1.02	0.85	0.72	0.61	0.53
	L/200	3.14	2.36	1.82	1.43	1.15	0.93	0.76	0.64	0.54	0.45	0.39
1.5	MSÚ	4.31	3.56	2.98	2.54	2.18	1.89	1.66	1.46	1.30	1.16	1.05
	L/150	5.34	4.01	3.09	2.43	1.95	1.58	1.30	1.08	0.91	0.78	0.67
	L/200	4.01	3.01	2.32	1.82	1.46	1.19	0.98	0.82	0.68	0.58	0.50

LT150-600S, prostý nosník, sání větru (široká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
0.75	MSÚ	1.81	1.49	1.26	1.07	0.92	0.80	0.71	0.62	0.56	0.50	0.45
	L/150	1.50	1.12	0.86	0.68	0.55	0.44	0.37	0.31	0.26	0.22	0.19
	L/200	1.12	0.85	0.65	0.51	0.41	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17	0.14
0.88	MSÚ	2.34	1.94	1.63	1.38	1.19	1.04	0.91	0.81	0.72	0.65	0.59
	L/150	1.88	1.41	1.09	0.85	0.69	0.56	0.46	0.38	0.32	0.27	0.24
	L/200	1.41	1.06	0.82	0.65	0.52	0.42	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18
1	MSÚ	2.84	2.34	1.98	1.68	1.45	1.26	1.11	0.98	0.88	0.79	0.71
	L/150	2.29	1.72	1.33	1.04	0.84	0.68	0.56	0.46	0.39	0.33	0.29
	L/200	1.72	1.29	0.99	0.79	0.63	0.51	0.42	0.35	0.29	0.25	0.22
1.25	MSÚ	3.72	3.08	2.59	2.21	1.90	1.66	1.46	1.29	1.15	1.03	0.93
	L/150	3.26	2.45	1.88	1.49	1.19	0.97	0.80	0.66	0.56	0.47	0.41
	L/200	2.44	1.83	1.41	1.11	0.89	0.72	0.59	0.50	0.42	0.36	0.31
1.5	MSÚ	4.63	3.83	3.22	2.74	2.36	2.06	1.81	1.60	1.43	1.28	1.16
	L/150	4.30	3.23	2.49	1.95	1.56	1.28	1.05	0.88	0.74	0.63	0.54
	L/200	3.22	2.42	1.87	1.47	1.18	0.96	0.79	0.66	0.56	0.47	0.41

LT200-600S, prostý nosník, tlak větru (úzká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
0.75	MSÚ	1.08	0.91	0.78	0.68	0.59	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.32
	L/150	1.85	1.46	1.17	0.95	0.78	0.65	0.55	0.46	0.40	0.35	0.30
	L/200	1.39	1.10	0.87	0.71	0.59	0.50	0.41	0.35	0.30	0.26	0.23
0.88	MSÚ	1.54	1.30	1.11	0.96	0.84	0.73	0.65	0.58	0.52	0.47	0.43
	L/150	2.45	1.93	1.54	1.25	1.03	0.86	0.72	0.62	0.53	0.45	0.40
	L/200	1.84	1.45	1.16	0.94	0.78	0.65	0.54	0.46	0.40	0.34	0.30
1	MSÚ	2.03	1.70	1.46	1.25	1.09	0.96	0.85	0.75	0.67	0.61	0.56
	L/150	3.04	2.39	1.92	1.55	1.28	1.07	0.90	0.77	0.66	0.57	0.50
	L/200	2.28	1.80	1.44	1.17	0.96	0.81	0.68	0.58	0.50	0.42	0.37
1.25	MSÚ	3.14	2.66	2.28	1.96	1.71	1.50	1.32	1.18	1.05	0.94	0.85
	L/150	4.31	3.40	2.72	2.21	1.82	1.51	1.28	1.08	0.93	0.81	0.70
	L/200	3.24	2.55	2.04	1.66	1.37	1.14	0.96	0.82	0.70	0.61	0.53
1.5	MSÚ	4.23	3.61	3.12	2.71	2.39	2.11	1.87	1.68	1.51	1.36	1.24
	L/150	5.64	4.44	3.55	2.89	2.38	1.98	1.67	1.42	1.22	1.05	0.92
	L/200	4.23	3.33	2.66	2.17	1.79	1.49	1.26	1.07	0.92	0.79	0.69

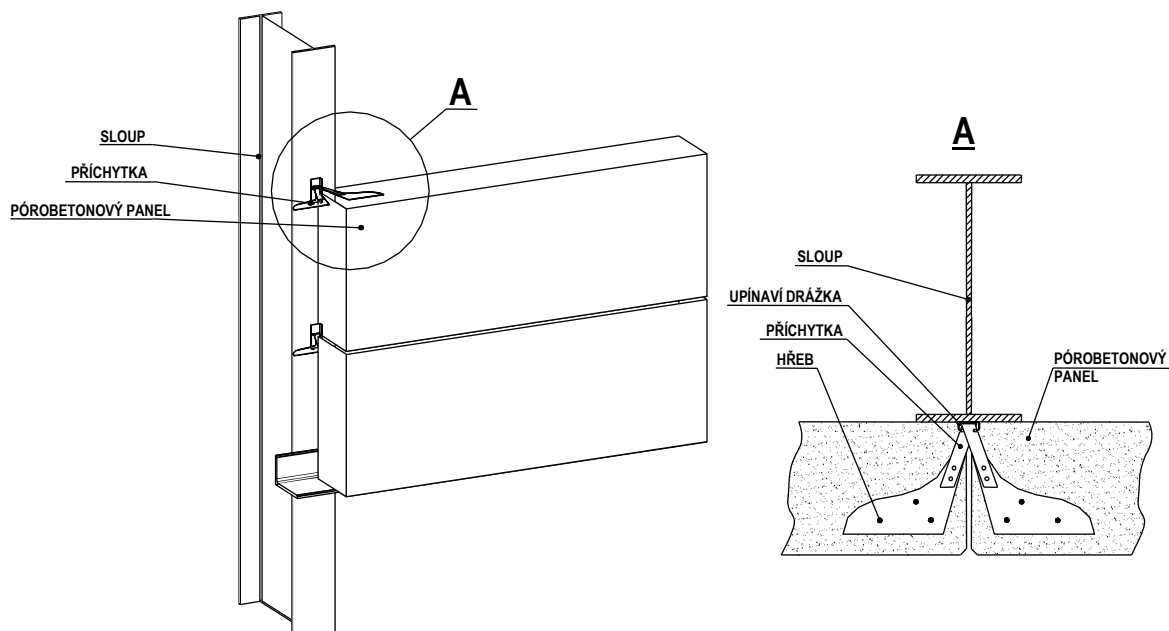
LT200-600S, prostý nosník, sání větru (široká pásnice v tlaku)

Nominální tloušťka t_{nom}	Mezní stav	Rozpon [m]										
		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
0.75	MSÚ	1.79	1.52	1.32	1.15	1.00	0.89	0.80	0.72	0.65	0.59	0.53
	L/150	1.68	1.32	1.06	0.86	0.71	0.59	0.50	0.43	0.36	0.31	0.28
	L/200	1.26	1.00	0.80	0.65	0.53	0.44	0.37	0.31	0.27	0.24	0.21
0.88	MSÚ	2.33	1.98	1.71	1.49	1.31	1.16	1.04	0.93	0.84	0.76	0.69
	L/150	2.12	1.67	1.33	1.09	0.89	0.74	0.63	0.53	0.45	0.40	0.35
	L/200	1.59	1.25	1.00	0.81	0.67	0.56	0.47	0.40	0.34	0.30	0.26
1	MSÚ	2.86	2.43	2.11	1.83	1.61	1.43	1.27	1.14	1.03	0.93	0.85
	L/150	2.53	1.99	1.59	1.29	1.07	0.89	0.75	0.64	0.55	0.47	0.41
	L/200	1.90	1.49	1.19	0.97	0.80	0.67	0.56	0.48	0.41	0.36	0.31
1.25	MSÚ	3.84	3.27	2.83	2.46	2.16	1.92	1.71	1.54	1.39	1.26	1.15
	L/150	3.59	2.82	2.26	1.84	1.51	1.26	1.06	0.91	0.78	0.67	0.57
	L/200	2.69	2.12	1.69	1.38	1.13	0.95	0.80	0.68	0.58	0.50	0.44
1.5	MSÚ	4.80	4.09	3.53	3.08	2.70	2.39	2.13	1.92	1.73	1.57	1.43
	L/150	4.77	3.75	3.00	2.44	2.01	1.68	1.41	1.20	1.03	0.89	0.77
	L/200	3.57	2.81	2.25	1.83	1.50	1.25	1.06	0.90	0.77	0.67	0.58

STĚNOVÝ PLÁŠŤ Z PÓROBETONOVÝCH PANELŮ

Stěnový plášť z pórobetonových panelů je tvořen horizontálními panely, které jsou připevněny pomocí speciálních příchytok a hřebů přímo k obvodovým sloupům, viz obr. 1.13. Spáry mezi panely jsou těsněny pomocí těsnících profilů a silikonových tmelů. Panely jsou obvykle vyráběny z pohledového betonu a nemusí být opatřovány stěrkovými omítkami.

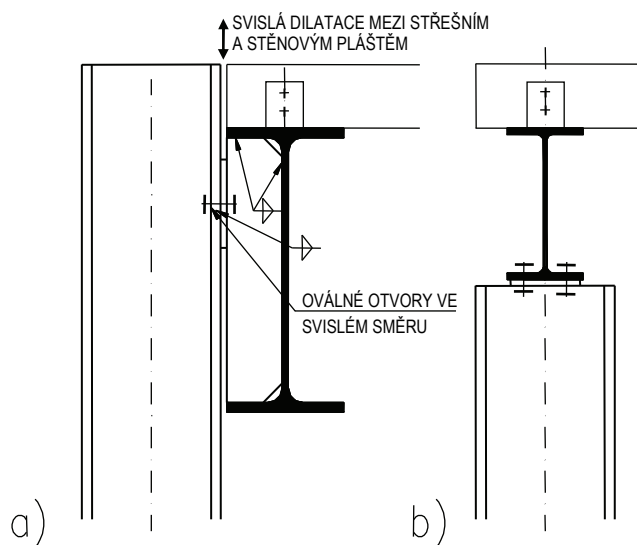
Další typy stěnových plášťů jsou popsány v [2].



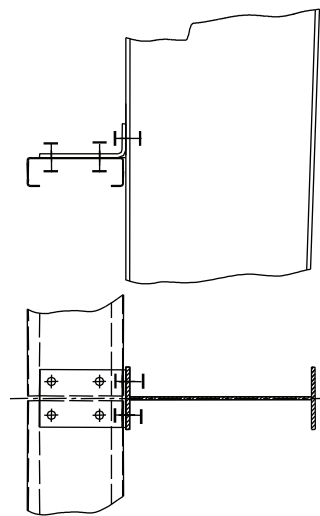
Obr. 1.13 Stěnový plášť z pórobetonových panelů

1.2.3 KONSTRUKCE OBVODOVÝCH STĚN

Nosná konstrukce obvodových stěn je tvořena vodorovnými nosnými prvky (paždíky) a sloupky. Obvodový plášť se obvykle připevňuje na paždíky. Je-li stěnový plášť dostatečně únosný (kazety, případně sendvičové panely) připojuje se přímo na sloupky nebo obvodové sloupy a paždíky potom nejsou potřeba. Typické detaily paždíků a sloupků jsou na obr. 1.14 až obr. 1.17.

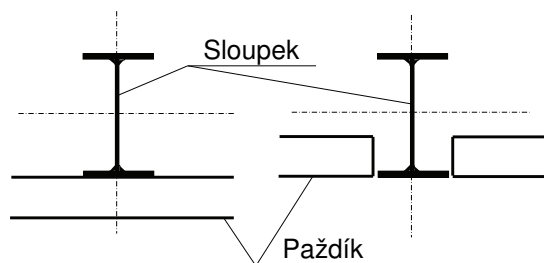


Obr. 1.14 Detail připojení sloupku štítové stěny na plnostěnný vazník - varianta a), b)

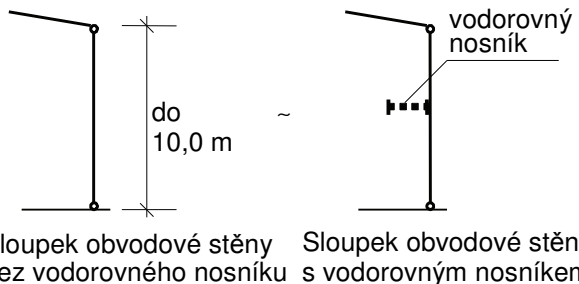


Obr. 1.15 Připojení tenkostěnných paždíků k vnější straně sloupu

Na obr. 1.14a) je sloupek štítové stěny upevněn kluzně k hlavnímu nosnému prvku příčné vazby (příčel rámu, příhradový vazník). Na obr. 1.14b) sloupek podepírá příčel ve štítové stěně, která je navržena jako spojitý nosník s podporami v místě sloupků.



Obr. 1.16 Varianty vzájemné polohy paždíků a sloupků



Obr. 1.17 Sloupek obvodové stěny bez vodorovného nosníku s vodorovným nosníkem

1.3 VAZNICE

Rozhodující kombinace zatížení pro MSÚ, na které je nutno vaznice posoudit, jsou:

- stálé zatížení + sníh,
- min. stálé + sání větru.

V MSP je třeba posoudit průhyb vaznice od proměnného zatížení ($\gamma_F = 1,0$), doporučený mezní průhyb je $\delta_2 = \frac{L}{200}$.

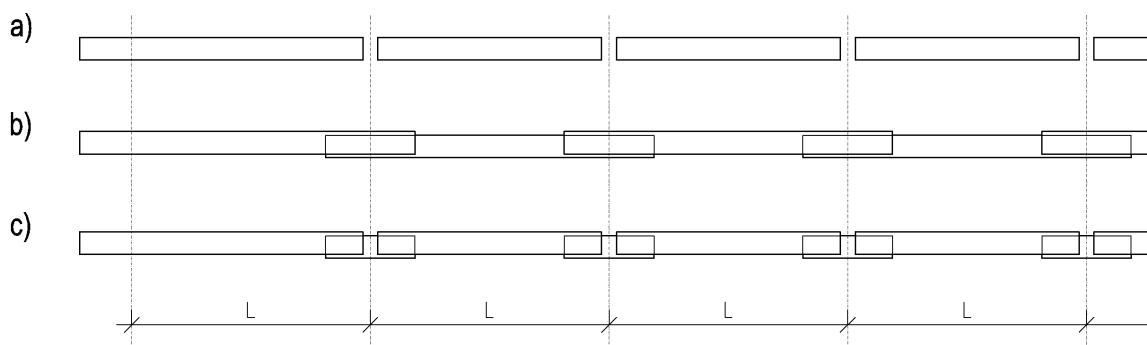
Rozdělení vaznic podle statického systému a rozpětí uvádí tab. 1.19.

Tab. 1.19 Rozdělení vaznic

Statický systém	Konstrukce	Rozpětí [m]
Prosté nosníky	plnostěnné	~ 6
	příhradové	12 a více
	tenkostěnné	5 - 8
Kloubové nosníky	plnostěnné	6 - 9
Spojité nosníky	plnostěnné	6 - 9
	tenkostěnné	
Vzpěrkové a zavěšené	plnostěnné	9 - 12
	tenkostěnné	

1.3.1 TENKOSTĚNNÉ VAZNICE

Tenkostěnné vaznice jsou obvykle průřezu Z, C nebo Σ , viz přednášková skripta [2]. Nejčastěji užívaná statická schémata pro tenkostěnné vaznice jsou na obr. 1.18. Jak je vidět z obrázku, spojitosti nosníku se dosáhne buď překrytím dvou sousedících dílů (var. b)), nebo pomocí krátkého spojovacího dílu (var. c)).



Obr. 1.18 Obvyklá statická schémata pro tenkostěnné vaznice

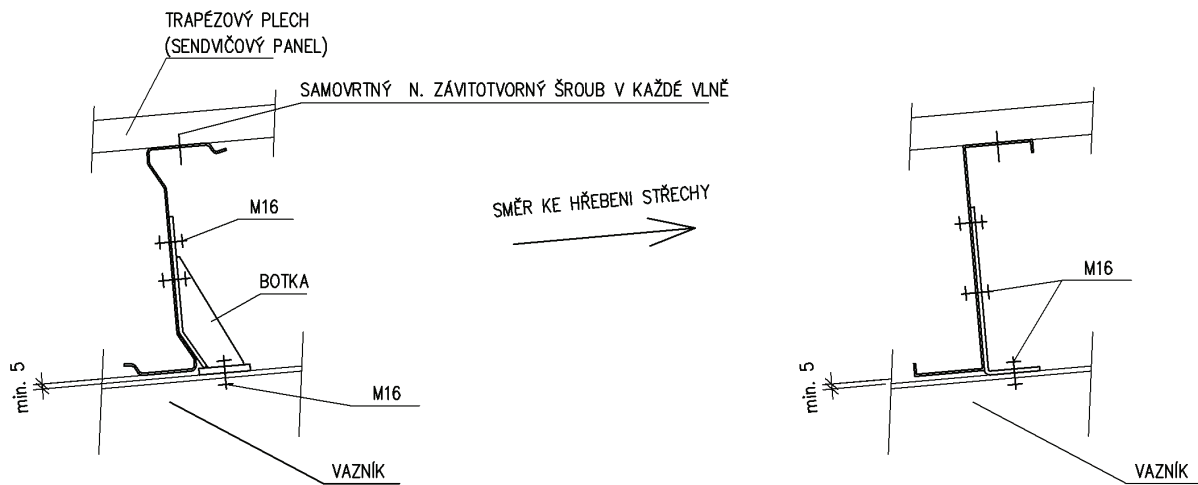
Při návrhu za studena tvarovaných vaznic je třeba dodržet tyto konstrukční zásady:

1. Horní pásnice vaznice musí být zajištěna proti vybočení z roviny stojiny tuhým střešním pláštěm. Dostatečně tuhého zajištění se dosáhne přišroubováním střešního trapézového plechu nebo sendvičového panelu k vaznici v každé jeho vlně, tzn. cca po 180 mm až 300 mm. Pro připojení se používají šrouby do plechu, nejčastěji samovrtné šrouby.
2. Volný okraj horní pásnice vaznice profilu Z směřuje vždy k hřebeni střechy (proti spádu střechy).
3. Uložení na vazník je řešeno přišroubováním stojiny vaznice k podporové botce tak, že se spodní pásnice vaznice nedotýká vazníku.

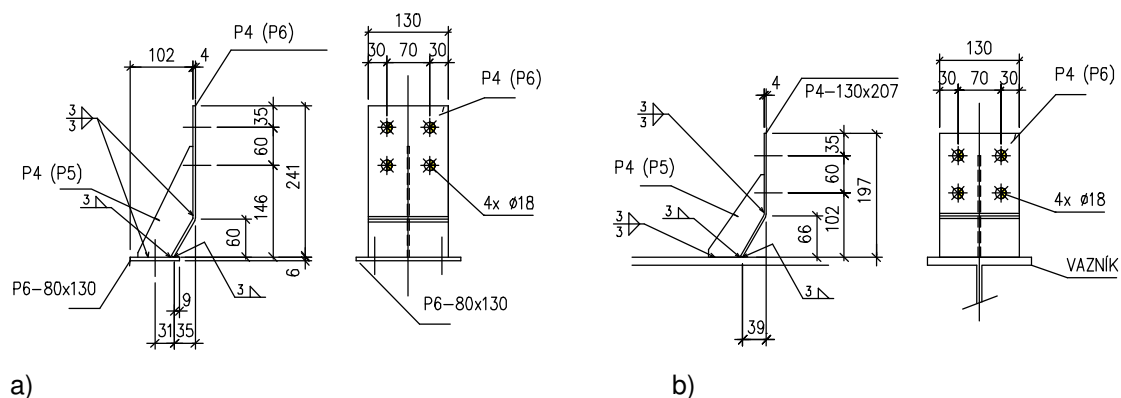
Způsoby uložení dvou různých typů profilů „Z“ vaznic na vazník v souladu s uvedenými zásadami jsou na obr. 1.19. Botky pro přípoj vaznic s profilovanou stojinou jsou svařované, u vaznic s rovnou stojinou mohou být svařované nebo z ohnutého plechu. Pro přípoje vaznic k botkám se obvykle navrhnou šrouby M16 jakosti 5.6. K vazníku jsou botky šroubovány nebo přivařeny, obr. 1.20. Pro každý typ a výšku profilu se v závislosti na působících reakcích vaznic navrhnou různé profily botek. Na obr. 1.20 jsou dimenze botek pro větší zatížení (např. pro vaznice, které jsou součástí ztužidel a jsou proto namáhané také osovými silami) v závorkách.

Botky pro připevnění vaznic s rovnou stojinou jsou na obr. 1.21. Typ botky závisí na velikosti vaznice a způsobu zatížení: botky bez výztuh (na obr. 1.21 označené a)) lze použít pro profily do

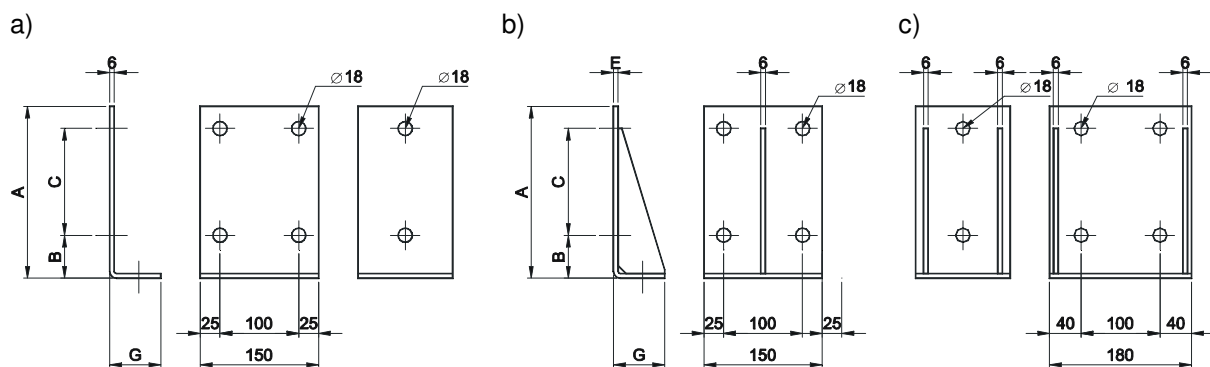
výšky 200 mm při malých reakcích, botky označené b) pro většinu ostatních případů, botky označené c) pro vaznice, které jsou součástí tzužidel. Doplňující rozměry k obrázku jsou v tab. 1.20.



Obr. 1.19 Uložení tenkostěnných vaznic na vazník



Obr. 1.20 Svařované botky pro připoje vaznic s profilovanou stojinou na vazník
a) botka pro Z 350 přišroubovaná k vazníku, b) botka pro Z 250 přivařená k vazníku

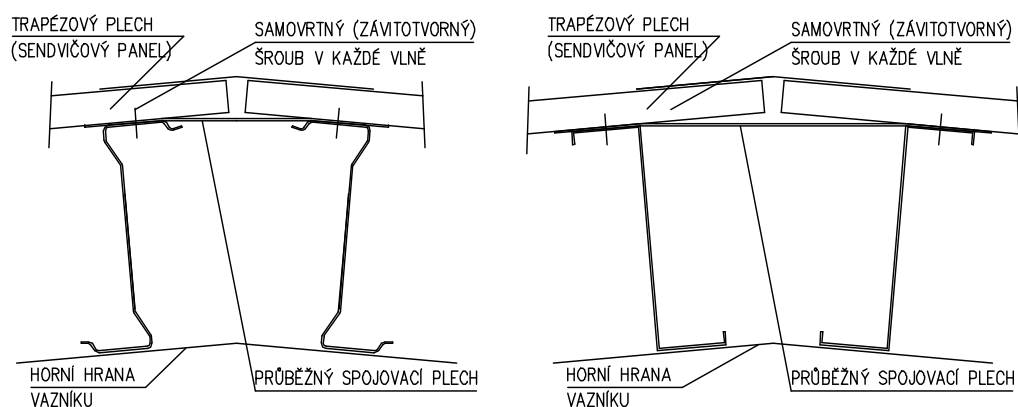


Obr. 1.21 Botky pro připoje vaznic s rovnou stojinou na vazník

Tab. 1.20 Rozměry botek pro vaznice s rovnou stojinou

PROFIL	ROZMĚRY BOTKY				
	A	B	C	E	G
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Z 180	162	50	90	6	65
Z 210	177	65	90	6	65
Z 240	222	50	150	6	65
Z 270	247	55	170	8	75
Z 300	267	65	180	8	75

Vaznice ve vrcholu sedlové střechy musí být vzájemně spojeny. Konstrukční řešení je na obr. 1.22. Průběžný spojovací plech je tlustý 1,5 až 2 mm. Ve vrcholu mohou být vaznice uspořádány i tak, že horní pásnice míří na opačnou stranu než u běžných vnitřních vaznic.



Obr. 1.22 Spojení vrcholových vaznic

Pro návrh tenkostěnných vaznic se používají tabulky nebo software, dodávané výrobcem. V České republice tenkostěnné vaznice dodávají např. firmy Lindab, Ruukki, Voest Alpine (vaznice Metsec) nebo Kovové profily (vaznice výrobců Zeman a SAB).

Přípustná zatížení pro vaznice Z s rovnou stojinou firmy SAB jsou v tab. 1.23, pro vaznice Z s vyztuženou (profilovanou) stojinou firmy Zeman v tab. 1.24. Rozměry a průřezové charakteristiky tam uvedených profilů ukazují tab. 1.21 a tab. 1.22. Tabulky platí při splnění výše uvedených zásad. Hodnoty únosností jsou určeny podle ČSN EN 1993-1-3.

Tab. 1.21 Rozměry a průřezové charakteristiky tenkostěnných vaznic s rovnou stojinou

Profil	Tloušťka	Hmotnost	Rozměry			Průřezové charakteristiky				
			H	B ₁	B ₂	A	A _{eff}	I _y	I _{y,eff}	W _{y,eff}
	mm	kg/m	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	10 ⁶ mm ⁴	10 ⁶ mm ⁴	10 ³ mm ³
Z 120 S	1,5	2,84	120	50	45	364	246	0,82	0,77	12,40
	2,0	3,78				484	375	1,08	1,05	17,16
Z 140 S	1,5	3,07	140	50	45	393	245	1,18	1,08	14,66
	2,0	4,10				523	377	1,55	1,50	21,08
Z 180 S	1,5	4,02	180	65	60	495	239	2,48	1,99	19,38
	2,0	5,35				661	299	3,29	2,97	31,20
Z 210 S	1,5	4,37	210	65	60	539	237	3,56	2,76	22,55
	2,0	5,82				719	396	4,72	4,15	36,57
	2,5	7,28				898	563	5,85	5,45	49,96
Z 240 S	2,0	6,61	240	75	70	817	393	7,03	5,72	42,29
	2,5	8,26				1021	576	8,73	7,74	60,16
	3,0	9,91				1222	767	10,40	9,64	77,68
Z 270 S	2,0	7,08	270	75	70	876	391	9,28	7,36	47,47
	2,5	8,85				1095	573	11,54	10,00	67,82
	3,0	10,62				1311	766	13,75	12,52	88,11
Z 300 S	2,0	7,55	300	75	70	935	389	11,93	9,22	52,61
	2,5	9,44				1169	571	14,84	12,57	75,39
	3,0	11,33				1400	765	17,70	15,79	98,39

Tvar profilu je patrný z obr. 1.19 nebo obr. 1.22 vpravo

Tab. 1.22 Rozměry a průřezové charakteristiky tenkostěnných vaznic s profilovanou stojinou

Profil	Tloušťka	Hmotnost	Rozměry			Průřezové charakteristiky			
			H	B ₁	B ₂	A _{eff}	I _y	I _{y,eff}	W _{y,eff}
	mm	kg/m	mm	mm	mm	mm ²	10 ⁶ mm ⁴	10 ⁶ mm ⁴	10 ³ mm ³
Z 175 F	1,5	3,96	175	66	56	394	2,298	1,971	20,57
	2,0	5,28				573	3,044	2,733	30,32
Z 200 F	1,5	4,86	200	76	66	450	3,815	3,232	28,99
	2,0	6,48				683	5,507	4,571	43,25
	2,5	8,10				915	6,265	5,811	57,41
Z 250 F	2,0	7,76	250	93	83	682	9,572	8,142	58,69
	2,5	9,70				950	11,18	10,56	79,25
Z 300 F	2,0	8,88	300	103	93	677	15,53	12,81	75,28
	2,5	11,10				951	19,30	16,74	101,8
Z 350 F	2,0	9,68	350	103	93	676	22,28	18,38	90,68
	2,5	12,10				951	27,71	24,06	125,1
Z 400 F	2,0	10,40	400	103	93	673	30,55	24,95	105,9
	2,5	13,10				949	38,02	32,97	146,7

Tvar profilu je patrný z obr. 1.19 nebo obr. 1.22 vlevo

V tabulkách je

- H ... výška profilu,
- B₁ ...šířka širší pásnice,
- B₂ ...šířka užší pásnice.

Tab. 1.23 Přípustná zatížení pro vaznice Z s rovnou stojinou

PROFIL	PROSTÝ NOSÍK										SPOJITÝ NOSÍK S PŘESAHY - min. 3 POLE									
Z 180																				
Rozpětí L [m]	4.00	4.50	4.75	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	4.00	4.50	4.75	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50		
Z 180/1,5	1	3.39	2.68	2.41	2.17	1.79	1.51	1.28	1.11	0.96	4.03	3.22	2.91	2.64	2.15	1.78	1.50	1.28	1.11	
	2	2.24	1.72	1.52	1.35	1.06	0.85	0.69	0.57	0.46	3.25	2.61	2.35	2.12	1.68	1.35	1.10	0.91	0.73	
4,02 kg/m	3	-2.23	-1.72	-1.52	-1.35	-1.10	-0.90	-0.76	-0.64	-0.55	-3.68	-2.81	-2.48	-2.21	-1.79	-1.48	-1.24	-1.05	-0.90	
	4	-1.54	-1.17	-1.03	-0.91	-0.73	-0.59	-0.49	-0.41	-0.35	-2.62	-1.97	-1.72	-1.52	-1.22	-1.00	-0.83	-0.69	-0.59	
	5	2.94	2.06	1.75	1.50	1.13	0.87	0.68	0.55	0.45	5.57	3.91	3.33	2.85	2.14	1.65	1.30	1.04	0.84	
Z 180/2,0	1	5.51	4.35	3.91	3.52	2.91	2.45	2.09	1.80	1.57	6.11	4.92	4.46	4.06	3.33	2.78	2.35	2.01	1.75	
	2	4.25	3.28	2.91	2.60	2.06	1.67	1.37	1.14	0.93	5.76	4.78	4.39	4.06	3.25	2.63	2.17	1.80	1.48	
5,35 kg/m	3	-3.57	-2.76	-2.45	-2.19	-1.78	-1.47	-1.23	-1.04	-0.89	-5.86	-4.51	-3.99	-3.55	-2.89	-2.39	-2.01	-1.71	-1.47	
	4	-2.92	-2.24	-1.98	-1.76	-1.42	-1.17	-0.98	-0.82	-0.70	-4.86	-3.70	-3.27	-2.90	-2.35	-1.93	-1.61	-1.37	-1.17	
	5	4.26	2.99	2.54	2.18	1.64	1.26	0.99	0.79	0.65	8.06	5.66	4.81	4.13	3.10	2.39	1.88	1.50	1.22	
Z 210																				
	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00		
Z 210/1,5	1	2.53	2.09	1.75	1.49	1.29	1.12	0.99	0.87	0.78	3.12	2.60	2.20	1.84	1.56	1.33	1.15	1.01	0.89	
	2	0.98	0.77	0.61	0.48	0.39	0.31	0.26	0.20	0.16	1.48	1.19	0.96	0.76	0.61	0.49	0.40	0.32	0.25	
4,37 kg/m	3	-1.41	-1.14	-0.94	-0.78	-0.66	-0.57	-0.49	-0.43	-0.37	-2.33	-1.88	-1.54	-1.29	-1.09	-0.94	-0.81	-0.71	-0.62	
	4	-0.37	-0.28	-0.21	-0.16	-0.12	-0.10	-0.07	-0.06	-0.04	-0.74	-0.55	-0.42	-0.33	-0.26	-0.21	-0.17	-0.14	-0.11	
	5	2.10	1.57	1.21	0.95	0.76	0.62	0.51	0.43	0.36	3.97	2.98	2.30	1.81	1.45	1.18	0.97	0.81	0.68	
Z 210/2,0	1	4.13	3.41	2.86	2.44	2.10	1.83	1.61	1.43	1.27	4.86	4.07	3.47	2.92	2.48	2.13	1.85	1.62	1.43	
	2	2.45	1.91	1.52	1.21	0.98	0.80	0.66	0.55	0.46	3.50	2.89	2.39	1.92	1.56	1.28	1.06	0.88	0.73	
5,82 kg/m	3	-2.31	-1.87	-1.54	-1.29	-1.09	-0.94	-0.81	-0.70	-0.62	-3.78	-3.06	-2.52	-2.12	-1.80	-1.54	-1.34	-1.17	-1.03	
	4	-1.32	-1.05	-0.85	-0.70	-0.58	-0.49	-0.41	-0.35	-0.30	-2.27	-1.80	-1.45	-1.20	-1.00	-0.85	-0.72	-0.62	-0.54	
	5	3.06	2.30	1.77	1.39	1.12	0.91	0.75	0.62	0.52	5.79	4.35	3.35	2.64	2.11	1.72	1.41	1.18	0.99	
Z 210/2,5	1	5.68	4.70	3.95	3.36	2.90	2.53	2.22	1.97	1.75	6.44	5.42	4.63	3.90	3.32	2.86	2.48	2.18	1.92	
	2	3.80	3.04	2.47	2.00	1.64	1.36	1.13	0.94	0.79	5.45	4.61	3.89	3.16	2.59	2.15	1.80	1.50	1.25	
7,28 kg/m	3	-3.10	-2.52	-2.08	-1.74	-1.47	-1.26	-1.09	-0.95	-0.83	-5.07	-4.11	-3.39	-2.85	-2.42	-2.08	-1.80	-1.57	-1.38	
	4	-2.16	-1.73	-1.41	-1.17	-0.98	-0.83	-0.71	-0.61	-0.53	-3.63	-2.91	-2.36	-1.97	-1.66	-1.41	-1.21	-1.05	-0.91	
	5	3.96	2.97	2.29	1.80	1.44	1.17	0.97	0.81	0.68	7.50	5.63	4.34	3.41	2.73	2.22	1.83	1.53	1.29	
Z 240																				
	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50		
Z 240/2,0	1	4.74	3.91	3.29	2.80	2.42	2.11	1.85	1.64	1.46	5.65	3.95	3.31	2.81	2.41	2.09	1.84	1.63	1.45	
	2	2.89	2.33	1.90	1.56	1.30	1.09	0.92	0.77	0.65	4.24	2.99	2.46	2.05	1.72	1.46	1.23	1.04	0.89	
6,61 kg/m	3	-2.73	-2.22	-1.83	-1.54	-1.31	-1.12	-0.97	-0.85	-0.74	-4.48	-2.97	-2.50	-2.13	-1.83	-1.59	-1.39	-1.23	-1.09	
	4	-1.60	-1.27	-1.03	-0.85	-0.71	-0.59	-0.51	-0.43	-0.38	-2.76	-1.74	-1.45	-1.21	-1.03	-0.88	-0.76	-0.66	-0.58	
	5	4.32	3.25	2.50	1.97	1.57	1.28	1.05	0.88	0.74	8.17	4.73	3.72	2.98	2.42	2.00	1.66	1.40	1.19	
Z 240/2,5	1	6.80	5.62	4.72	4.02	3.47	3.02	2.66	2.35	2.10	7.74	5.45	4.58	3.90	3.36	2.91	2.57	2.28	2.03	
	2	4.83	3.91	3.21	2.65	2.22	1.87	1.60	1.35	1.15	6.80	5.04	4.18	3.50	2.96	2.53	2.15	1.84	1.58	
8,26 kg/m	3	-3.84	-3.13	-2.59	-2.18	-1.85	-1.59	-1.37	-1.20	-1.05	-6.26	-4.18	-3.53	-3.01	-2.59	-2.25	-1.97	-1.74	-1.54	
	4	-2.75	-2.22	-1.82	-1.51	-1.27	-1.08	-0.93	-0.78	-0.66	-4.62	-3.00	-2.51	-2.13	-1.82	-1.57	-1.36	-1.19	-1.05	
	5	5.70	4.28	3.30	2.59	2.08	1.69	1.39	1.16	0.98	10.79	6.24	4.91	3.93	3.20	2.63	2.20	1.85	1.57	

pokračování tab. 1.23

PROFIL		PROSTÝ NOSNÍK										SPOJITÝ NOSNÍK S PŘESAHY - min. 3 POLE									
Z 240																					
Z 240/3,0	1	8.79	7.27	6.11	5.20	4.49	3.91	3.44	3.04	2.71	9.69	6.84	5.76	4.92	4.24	3.68	3.25	2.89	2.58		
	2	6.76	5.49	4.53	3.76	3.15	2.67	2.29	1.95	1.67	9.09	6.84	5.74	4.87	4.18	3.62	3.09	2.66	2.30		
9,91 kg/m	3	-4.86	-3.96	-3.28	-2.76	-2.34	-2.01	-1.74	-1.52	-1.34	-7.91	-5.29	-4.46	-3.80	-3.28	-2.85	-2.50	-2.20	-1.95		
	4	-3.81	-3.08	-2.53	-2.11	-1.78	-1.52	-1.31	-1.14	-0.99	-6.33	-4.15	-3.48	-2.95	-2.53	-2.19	-1.91	-1.67	-1.48		
	5	6.97	5.24	4.04	3.17	2.54	2.07	1.70	1.42	1.20	13.20	7.64	6.01	4.81	3.91	3.22	2.69	2.26	1.86		
Z 270																					
		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00		
Z 270/2,0	1	3.69	3.15	2.71	2.36	2.08	1.84	1.64	1.47	1.33	4.33	3.61	3.05	2.60	2.24	1.96	1.74	1.55	1.39		
	2	2.23	1.85	1.55	1.31	1.12	0.96	0.82	0.71	0.62	3.34	2.78	2.34	2.00	1.71	1.49	1.30	1.13	0.99		
7,08 kg/m	3	-1.87	-1.57	-1.33	-1.14	-0.99	-0.86	-0.76	-0.67	-0.59	-3.04	-2.56	-2.18	-1.87	-1.62	-1.42	-1.25	-1.11	-0.99		
	4	-0.97	-0.79	-0.66	-0.55	-0.47	-0.40	-0.34	-0.30	-0.26	-1.68	-1.38	-1.15	-0.97	-0.83	-0.71	-0.61	-0.53	-0.47		
	5	3.22	2.54	2.03	1.65	1.36	1.13	0.96	0.81	0.70	6.10	4.80	3.84	3.13	2.58	2.15	1.81	1.54	1.32		
Z 270/2,5	1	5.32	4.53	3.91	3.40	2.99	2.65	2.36	2.12	1.91	6.00	5.02	4.25	3.64	3.14	2.77	2.45	2.19	1.96		
	2	3.75	3.13	2.64	2.25	1.93	1.66	1.43	1.24	1.09	5.46	4.56	3.85	3.29	2.83	2.46	2.15	1.90	1.68		
8,85 kg/m	3	-2.66	-2.23	-1.90	-1.63	-1.41	-1.23	-1.08	-0.96	-0.85	-4.30	-3.62	-3.09	-2.66	-2.31	-2.03	-1.79	-1.58	-1.41		
	4	-1.79	-1.49	-1.25	-1.06	-0.91	-0.78	-0.68	-0.60	-0.53	-2.99	-2.50	-2.11	-1.80	-1.54	-1.34	-1.17	-1.03	-0.91		
	5	4.28	3.36	2.69	2.19	1.80	1.50	1.27	1.08	0.92	8.09	6.36	5.10	4.14	3.41	2.85	2.40	2.04	1.75		
Z 270/3,0	1	6.92	5.90	5.09	4.43	3.89	3.45	3.08	2.76	2.49	7.58	6.36	5.39	4.62	4.00	3.52	3.13	2.79	2.51		
	2	5.29	4.43	3.74	3.20	2.76	2.38	2.06	1.80	1.58	7.42	6.21	5.25	4.49	3.88	3.38	2.96	2.61	2.31		
10,62 kg/m	3	-3.39	-2.84	-2.42	-2.08	-1.80	-1.57	-1.38	-1.22	-1.09	-5.46	-4.60	-3.93	-3.39	-2.95	-2.58	-2.28	-2.02	-1.80		
	4	-2.55	-2.12	-1.79	-1.53	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77	-4.20	-3.52	-2.98	-2.55	-2.20	-1.92	-1.68	-1.48	-1.31		
	5	5.33	2.79	2.24	1.82	1.50	1.25	1.05	0.89	0.77	6.72	5.29	4.23	3.44	2.84	2.38	2.01	1.72	1.47		
Z 300																					
		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	6.00	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50		
Z 300/2,0	1	4.09	3.49	3.01	2.62	2.30	2.04	1.82	1.63	1.47	4.67	3.26	2.76	2.36	2.07	1.83	1.63	1.45	1.31		
	2	2.55	2.13	1.79	1.53	1.31	1.13	0.98	0.85	0.75	3.46	2.41	2.04	1.74	1.51	1.32	1.16	1.02	0.91		
7,55 kg/m	3	-1.88	-1.58	-1.34	-1.15	-1.00	-0.87	-0.76	-0.67	-0.60	-3.08	-2.20	-1.89	-1.64	-1.43	-1.26	-1.12	-1.00	-0.89		
	4	-0.89	-0.73	-0.60	-0.50	-0.42	-0.36	-0.30	-0.26	-0.23	-1.59	-1.07	-0.90	-0.76	-0.65	-0.56	-0.48	-0.42	-0.37		
	5	4.05	3.19	2.55	2.07	1.71	1.42	1.20	1.02	0.87	7.67	4.83	3.92	3.23	2.64	2.17	1.80	1.58	1.40		
Z 300/2,5	1	5.91	5.04	4.34	3.78	3.32	2.94	2.63	2.36	2.13	6.53	4.58	3.90	3.35	2.94	2.60	2.32	2.07	1.87		
	2	4.27	3.58	3.03	2.60	2.24	1.94	1.69	1.48	1.31	5.77	4.04	3.43	2.94	2.56	2.24	1.97	1.74	1.56		
9,44 kg/m	3	-2.69	-2.26	-1.92	-1.65	-1.43	-1.25	-1.10	-0.97	-0.86	-4.37	-3.14	-2.70	-2.34	-2.05	-1.81	-1.61	-1.43	-1.29		
	4	-1.74	-1.44	-1.21	-1.02	-0.87	-0.75	-0.65	-0.57	-0.50	-2.95	-2.06	-1.75	-1.50	-1.30	-1.13	-0.99	-0.88	-0.78		
	5	5.36	4.23	3.39	2.77	2.27	1.90	1.60	1.36	1.16	10.20	6.42	5.22	4.30	3.59	3.02	2.57	2.20	1.90		
Z 300/3,0	1	7.72	6.58	5.67	4.94	4.34	3.85	3.43	3.08	2.78	8.29	5.83	4.97	4.28	3.76	3.33	2.97	2.66	2.40		
	2	6.03	5.07	4.31	3.70	3.20	2.78	2.43	2.14	1.89	7.92	5.57	4.74	4.08	3.55	3.11	2.74	2.43	2.17		
11,33 kg/m	3	-3.45	-2.90	-2.46	-2.12	-1.84	-1.60	-1.41	-1.25	-1.11	-5.58	-4.01	-3.45	-3.00	-2.63	-2.32	-2.06	-1.84	-1.65		
	4	-2.52	-2.10	-1.77	-1.51	-1.29	-1.12	-0.98	-0.86	-0.76	-4.20	-2.96	-2.53	-2.18	-1.89	-1.66	-1.46	-1.30	-1.15		
	5	6.75	5.31	4.25	3.46	2.85	2.38	2.00	1.70	1.46	12.78	8.05	6.54	5.39	4.50	3.79	3.22	2.76	2.39		

Tab. 1.24 Přípustná zatížení pro vaznice Z s profilovanou stojinou

PROFIL		PROSTÝ NOSNÍK									SPOJITÝ NOSNÍK S PŘESAHY - min. 3 POLE								
Z 200																			
Rozpětí L [m]		5.00	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	7.00	7.50	8.00	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00
Z 200	1	2.89	2.37	2.16	1.98	1.82	1.67	-	-	-	4.46	3.46	2.77	2.28	1.91	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.54	1.98	-	-	-	-	-	-	-
t = 1,5mm	3	-2.07	-1.69	-1.53	-1.40	-1.28	-1.18	-	-	-	-3.32	-2.70	-2.24	-1.88	-1.61	-	-	-	-
	4	-1.38	-1.11	-1.00	-0.91	-0.83	-0.76	-	-	-	-2.26	-1.82	-1.49	-1.25	-1.05	-	-	-	-
4,90 kg/m	5	1.99	1.49	1.31	1.15	1.02	-	-	-	-	4.82	3.62	2.79	2.20	1.33	-	-	-	-
Z 200																			
Z 200	1	4.32	3.55	3.24	2.97	2.73	2.51	2.15	1.86	-	6.69	5.21	4.20	3.47	2.92	2.49	2.15	1.88	-
	2	2.88	2.26	2.01	1.80	-	-	-	-	-	4.59	3.63	2.89	2.33	1.88	-	-	-	-
t = 2,0mm	3	-3.14	-2.57	-2.34	-2.13	-1.96	-1.80	-1.53	-1.32	-	-4.95	-4.06	-3.38	-2.86	-2.44	-2.11	-1.84	-1.61	-
	4	-2.47	-2.01	-1.82	-1.66	-1.52	-1.39	-1.18	-1.01	-	-3.95	-3.21	-2.66	-2.24	-1.91	-1.62	-1.33	-1.09	-
6,50 kg/m	5	2.85	2.14	1.87	1.64	1.44	1.28	1.01	-	-	5.33	4.00	3.08	2.43	1.94	1.58	1.30	1.07	-
Z 200																			
Z 200	1	5.74	4.72	4.31	3.95	3.63	3.34	2.86	2.48	2.16	8.84	6.89	5.56	4.60	3.87	3.31	2.86	2.50	2.20
	2	4.22	3.35	2.99	2.68	2.41	2.16	1.75	-	-	6.69	5.33	4.29	3.49	2.85	2.33	1.91	-	-
t = 2,5mm	3	-4.02	-3.29	-3.00	-2.74	-2.51	-2.31	-1.97	-1.69	-1.47	-6.32	-5.18	-4.33	-3.66	-3.13	-2.71	-2.36	-2.07	-1.83
	4	-3.38	-2.76	-2.51	-2.29	-2.10	-1.92	-1.63	-1.40	-1.21	-5.36	-4.38	-3.64	-3.08	-2.62	-2.26	-1.97	-1.70	-1.41
8,10 kg/m	5	3.64	2.74	2.38	2.09	1.84	1.63	1.29	1.03	-	6.80	5.11	3.93	3.10	2.48	2.02	1.65	1.37	1.14
Z 250																			
Rozpětí L [m]		5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50
Z 250	1	5.88	4.84	4.04	3.43	2.94	2.54	2.22	1.95	1.73	8.47	5.22	4.29	3.60	3.07	2.65	2.32	2.05	1.82
	2	4.29	3.45	2.81	2.32	1.93	-	-	-	-	6.82	4.28	3.50	2.93	2.50	2.16	1.88	-	-
t = 2,0mm	3	-4.21	-3.43	-2.85	-2.41	-2.05	-1.77	-1.54	-1.34	-1.19	-6.81	-4.56	-3.84	-3.28	-2.83	-2.46	-2.16	-1.91	-1.70
	4	-3.31	-2.68	-2.22	-1.86	-1.58	-1.35	-1.17	-1.02	-0.90	-5.45	-3.60	-3.01	-2.56	-2.20	-1.90	-1.66	-1.47	-1.30
7,80 kg/m	5	5.01	3.76	2.90	2.08	1.78	1.48	1.20	-	-	9.58	5.54	4.36	3.49	2.84	2.34	1.95	1.64	1.40
Z 250																			
Z 250	1	7.95	6.55	5.47	4.64	3.98	3.45	3.01	2.65	2.34	11.37	7.07	5.82	4.90	4.19	3.64	3.19	2.82	2.51
	2	6.31	5.10	4.19	3.47	2.90	2.45	2.07	1.76	-	9.91	6.16	5.07	4.26	3.64	3.15	2.76	2.44	2.10
t = 2,5mm	3	-5.71	-4.68	-3.90	-3.29	-2.81	-2.43	-2.11	-1.85	-1.63	-9.12	-6.17	-5.21	-4.46	-3.86	-3.37	-2.96	-2.62	-2.33
	4	-4.85	-3.96	-3.29	-2.77	-2.36	-2.03	-1.76	-1.54	-1.35	-7.82	-5.25	-4.42	-3.77	-3.25	-2.83	-2.48	-2.19	-1.95
9,70 kg/m	5	6.55	4.92	3.79	2.81	2.39	1.92	1.57	1.29	1.07	12.56	7.27	5.72	4.58	3.72	3.07	2.56	2.15	1.83
Z 300																			
Rozpětí L [m]		6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00
Z 300	1	5.21	4.41	3.79	3.28	2.86	2.52	2.23	1.99	1.78	6.32	5.17	4.33	3.68	3.16	2.76	2.43	2.15	1.92
	2	3.83	3.19	2.69	2.28	1.95	1.67	-	-	-	5.12	4.18	3.48	2.96	2.55	2.21	1.95	1.72	-
t = 2,0mm	3	-3.37	-2.83	-2.41	-2.07	-1.80	-1.58	-1.39	-1.23	-1.10	-5.51	-4.59	-3.89	-3.34	-2.90	-2.54	-2.24	-1.99	-1.78
	4	-2.57	-2.15	-1.82	-1.55	-1.34	-1.17	-1.02	-0.90	-0.80	-4.31	-3.56	-2.99	-2.55	-2.20	-1.92	-1.69	-1.49	-1.33
8,90 kg/m	5	4.48	3.53	2.82	2.30	1.89	1.58	1.33	1.12	-	8.85	6.96	5.58	4.54	3.75	3.13	2.64	2.25	1.93
Z 300																			
Z 300	1	7.06	5.98	5.13	4.45	3.89	3.42	3.03	2.70	2.42	8.65	7.09	5.93	5.05	4.36	3.81	3.37	3.00	2.69
	2	5.65	4.73	4.00	3.41	2.93	2.53	2.19	1.91	1.67	7.50	6.15	5.14	4.37	3.77	3.29	2.90	2.58	2.31
t = 2,5mm	3	-4.72	-3.98	-3.40	-2.94	-2.56	-2.24	-1.98	-1.76	-1.57	-7.58	-6.36	-5.42	-4.67	-4.07	-3.58	-3.17	-2.82	-2.53
	4	-3.95	-3.32	-2.83	-2.43	-2.11	-1.84	-1.62	-1.44	-1.28	-6.43	-5.37	-4.55	-3.91	-3.40	-2.98	-2.63	-2.33	-2.08
11,10 kg/m	5	5.90	4.64	3.72	3.02	2.49	2.08	1.74	1.46	1.24	11.58	9.11	7.30	5.94	4.90	4.1	3.46	2.95	2.53

pokračování tab. 1.24

PROFIL	PROSTÝ NOSNÍK										SPOJITÝ NOSNÍK S PŘESAHY - min. 3 POLE									
Z 350																				
Rozpětí L [m]	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00		
Z350 t = 2,0mm	1	6.29	5.33	4.58	3.97	3.47	3.05	2.70	2.41	2.16	7.28	5.91	4.91	4.15	3.56	3.10	2.73	2.42	2.16	
	2	4.77	3.99	3.38	2.89	2.48	2.15	1.87	-	-	5.81	4.70	3.89	3.28	2.81	2.44	2.14	1.89	1.68	
9,70 kg/m	3	-3.57	-2.98	-2.52	-2.16	-1.88	-1.64	-1.45	-1.28	-1.14	-6.03	-4.96	-4.16	-3.54	-3.06	-2.67	-2.35	-2.08	-1.86	
	4	-2.64	-2.17	-1.82	-1.55	-1.33	-1.16	-1.01	-0.89	-0.79	-4.63	-3.75	-3.10	-2.61	-2.23	-1.93	-1.69	-1.49	-1.32	
Z350 t = 2,5mm	1	8.70	7.38	6.34	5.50	4.81	4.24	3.76	3.35	3.00	10.12	8.26	6.90	5.87	5.07	4.43	3.89	3.46	3.09	
	2	7.13	5.99	5.09	4.37	3.77	3.28	2.87	2.52	2.23	8.71	7.10	5.92	5.03	4.34	3.79	3.33	2.95	2.63	
12,10 kg/m	3	-5.09	-4.28	-3.64	-3.14	-2.73	-2.39	-2.11	-1.87	-1.67	-8.38	-6.96	-5.88	-5.04	-4.38	-3.83	-3.39	-3.01	-2.69	
	4	-4.18	-3.49	-2.96	-2.53	-2.19	-1.91	-1.68	-1.49	-1.32	-7.02	-5.78	-4.86	-4.14	-3.58	-3.12	-2.74	-2.43	-2.16	
Z400																				
	Rozpětí L [m]	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00			
Z400 t = 2,0mm	1	6.25	5.36	4.65	4.06	3.58	3.17	2.83	2.54	6.56	5.41	4.54	3.88	3.35	2.93	2.59	2.30			
	2	4.78	4.06	3.48	3.01	2.62	2.29	2.01	1.78	5.12	4.20	3.51	2.98	2.57	2.24	1.97	1.74			
10,40 kg/m	3	-3.07	-2.59	-2.21	-1.91	-1.67	-1.47	-1.30	-1.16	-5.28	-4.38	-3.69	-3.16	-2.74	-2.40	-2.13	-1.89			
	4	-2.15	-1.78	-1.50	-1.28	-1.11	-0.96	-0.84	-0.75	-3.89	-3.16	-2.62	-2.21	-1.90	-1.65	-1.44	-1.27			
Z400 t = 2,5mm	1	8.67	7.45	6.46	5.65	4.98	4.42	3.94	3.54	9.24	7.66	6.48	5.56	4.84	4.25	3.77	3.37			
	2	7.16	6.10	5.25	4.55	3.97	3.49	3.08	2.73	7.85	6.50	5.48	4.70	4.08	3.58	3.17	2.82			
13,10 kg/m	3	-4.43	-3.76	-3.23	-2.80	-2.45	-2.16	-1.92	-1.71	-7.40	-6.19	-5.27	-4.55	-3.97	-3.49	-3.10	-2.77			
	4	-3.53	-2.97	-2.53	-2.18	-1.90	-1.66	-1.47	-1.30	-6.05	-5.01	-4.23	-3.62	-3.14	-2.75	-2.43	-2.16			
Z400																				
	5	9.21	7.38	6.00	4.94	4.12	3.47	2.95	2.53	18.03	14.47	11.80	9.75	8.16	6.90	5.90	5.08			

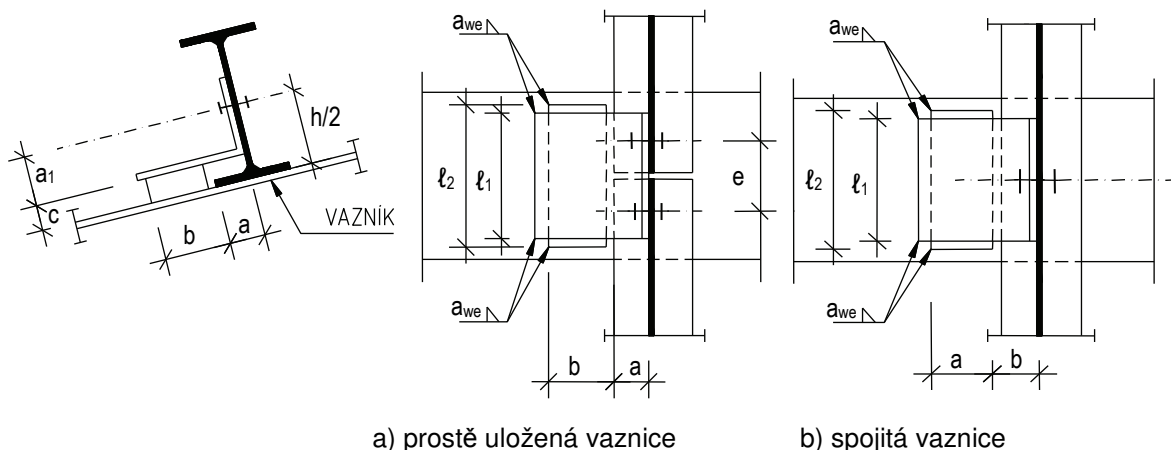
Legenda k tabulkám únosností vaznic:

- Řádek č. 1 : Únosnost při tíhovém zatížení bez vlivu osově síly
 Řádek č. 2 : Únosnost při tíhovém zatížení s vlivem osově síly $N_{Ed} = +/-30$ kN
 Řádek č. 3 : Únosnost při sání bez vlivu osově síly
 Řádek č. 4 : Únosnost při sání s vlivem osově síly $N_{Ed} = +/-30$ kN
 Řádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci $L/200$

Řádky 1 až 4 v tab. 1.23 a tab. 1.24 uvádějí návrhovou hodnotu únosnosti (největšího přípustného zatížení v mezním stavu únosnosti). Řádek 5 uvádí charakteristickou hodnotu zatížení pro mezní stav použitelnosti. Do zatížení, které se porovnává s tabulkovými hodnotami, se nezapočítává vlastní tíha samotné vaznice.

1.3.2 PLNOSTĚNNÉ VÁLCOVANÉ VAZNICE

Plnostěnné válcované vaznice se navrhují z průřezů IPE (v odůvodněných případech U).



Obr. 1.23 Detail uložení prostě podepřené a spojitě vaznice na vazník

Přípoj plnostěnné vaznice se provádí šrouby a přípojným úhelníkem s podložkou, která je přivařena k pásu vazníku (lze i šroubovaný přípoj podložky), obvyklý detail uložení na vazník je na obr. 1.23. Přípoje pro jednotlivé průřezy I nebo IPE jsou typizovány v tab. 1.25.

Tab. 1.25 Přípoje vaznic

Profil	h/2	Přípoj z průřezu L					Podložka			Šroub	Svary
		a	úhelník	l ₁	a ₁	e	l ₂	b	c		a _{we}
IPE	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
100	50	35	90 x 60 x 6	140	30	75	160	50	20	M 16 x 40	4
120	60	40	110 x 70 x 10	150	40	85	170	60			
140	70	45	120 x 80 x 8		45			70	30		
160	80	55	140 x 90 x 8		50						
180	90		140 x 10	60	80	M 20 x 45	6				
200	100	140 x 10	70								
220	110	60	140 x 10	80	M 24 x 55	6					
240	120		160	90							
270	135	75	160 x 10	105	95	180	80				

PROSTÉ PLNOSTĚNNÉ VAZNICE

Pro návrh plnostěnné válcované vaznice je rozhodující kombinací zatížení:

- 1) tíhové zatížení stálé + sníh (G + S), vaznici lze posoudit podle vztahu

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} \geq M_{Ed}$$

(klopení horní pásnice vaznice při tíhovém zatížení je bráněno připojením tuhého střešního pláště)

- 2) min. stálé zatížení + sání větru (G_{min} - W) s posouzením na ztrátu příčné a torzní stability (klopení)

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd} \geq M_{Ed}$$

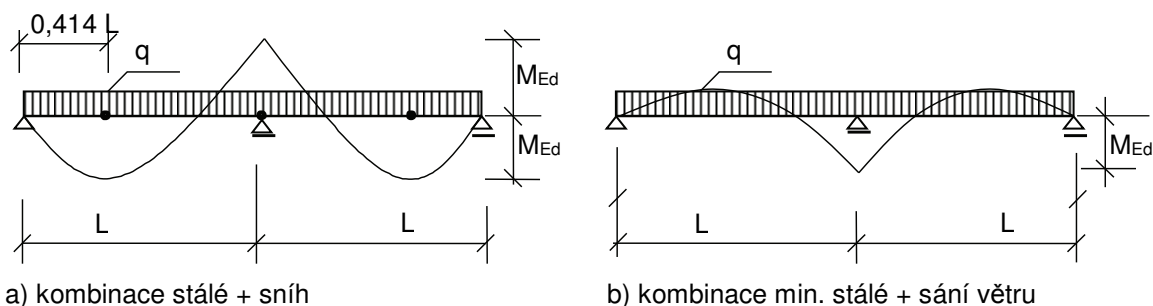
SPOJITÉ PLNOSTĚNNÉ VAZNICE PŘES DVĚ POLE

Spojité plnostěnné vaznice přes dvě pole se navrhují obvykle pro rozpětí pole $L \leq 7,0$ m. Vhodné je prostřídání vaznic v půdorysu tak, aby zatížení příčných vazeb bylo přibližně stejné, viz obr. 1.1. U štítů je každá druhá vaznice prostá a musí být proto často zesílena.

- 1) Při kombinaci (stálé + sněh) se vaznice navrhuje na vyrovnaný ohybový moment v poli, viz obr. 1.24a). Musí být splněno

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd} \geq M_{Ed} = \frac{qL^2}{11,66} .$$

Uvedený vztah platí pouze pro nosníky o dvou shodných polích.



Obr. 1.24 Spojitá vaznice přes dvě pole s vyznačením polohy plastických kloubů pro rovnoměrné zatížení

- 2) Při kombinaci (min. stálé + sání větru) je únosnost vaznice ovlivněna klopením. Průběh momentů se proto určuje pružně a kritická délka na klopení je rovna rozpětí pole L , viz obr. 1.24b). Musí platit

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd} \geq M_{Ed} = \frac{qL^2}{8} .$$

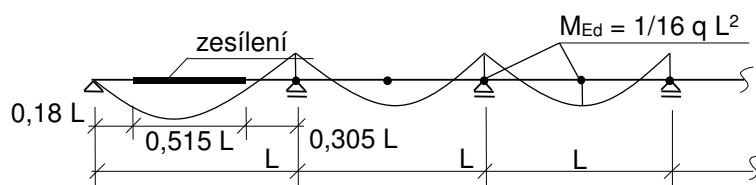
SPOJITÉ PLNOSTĚNNÉ VAZNICE O VÍCE POLÍCH

Spojité plnostěnné vaznice lze navrhovat podle teorie pružnosti, vhodnější je ale pro tíhové zatížení ($q =$ stálé + sněh) návrh podle teorie plasticity (v případě tuhého střešního pláště). Vaznici navrhujeme na vyrovnaný ohybový moment ve vnitřním poli a nad podporou, pak musí platit

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd} \geq M_{Ed} = \frac{qL^2}{16} .$$

Krajní pole zesílujeme, viz obr. 1.25 a obr. 1.26 , nebo navrhujeme převislý konec podle obr. 1.27. Pro zesílené krajní pole musí platit

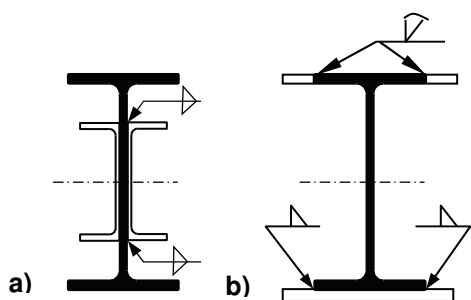
$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl,y} f_{yd} \geq M_{Ed} = 0,096qL^2 , \text{ pouze pro nosníky o třech a více polích.}$$



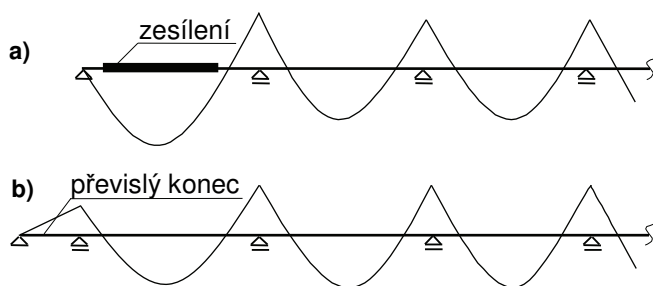
Obr. 1.25 Zesílení v krajním poli při plastickém návrhu a poloha plastických kloubů

Pro kombinaci (min. stálé + sání větru) se vaznice vždy posuzuje na momenty určené pružně.

Spojitosť vaznice pŕes vĭce polĭ (celou halu) je zajiřtĕna stykováním. Montážnĭ styk se obvykle provádĭ pŕibližnĕ v mĭstĕ nulovĕho ohybovĕho momentu pouze ve stojnĕ, na skutečné vnitřnĭ síly. Styk je obvykle šroubovaný, pomocĭ pŕĭlozek.



Obr. 1.26 Možné způsoby zesĭlení vaznice

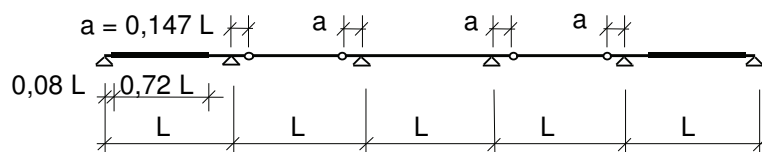


Obr. 1.27 Varianty řešenĭ krajnĭho pole spojitĕ vaznice

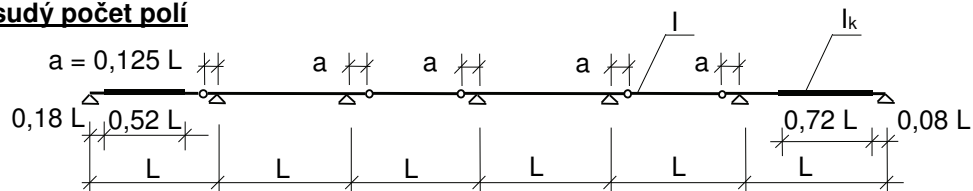
VAZNICE JAKO SPOJITĚ NOSNĪK S KLOUBY

Spojitĕ nosnĭk s kloby - Gerberův nosnĭk je staticky urĕitĕ konstrukce. Vhodné uspořádanĭ klobů a zesĭlení koncovĕch polĭ pro lichĕy a sudĕy poĕet polĭ je na obr. 1.28.

lichĕy poĕet



sudĕy poĕet polĭ



Obr. 1.28 Doporučenĕ umístĕnĭ klobů

Vzdálenost klobů od podpor a se volĭ podle potŕeby:

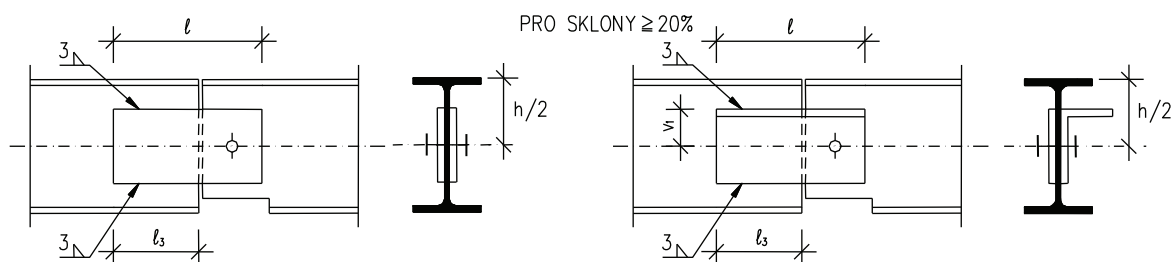
- 1) Rozhoduje-li ũnosnost, lze volĭ vyrovnání ohybovĕch momentů v polĭch a nad podporami od rovnomĕrnĕho zatĕžení q :

$$M_{pl,Rd} \geq M_{Ed} = \frac{qL^2}{16}$$

Tomu odpovídá vzdálenost kloubů vnitřních polí od podpor $a = 0,147 L$. Průhyb potom bude větší v polích bez kloubů.

- 2) Rozhoduje-li průhyb, lze volit vyrovnání průhybů v polích bez kloubů a v polích s kloubem, kdy $a = 0,211 L$. Momenty nad podporami se zde ve srovnání s případem 1) zvýší.

Přípoj vaznic k vazníku je podobný jako u prostých vaznic, ale je proveden pouze jedním šroubem, platí tab. 1.25. Úprava kloubu je znázorněna na obr. 1.29, rozměry kloubů jsou uvedeny v tab. 1.26. Zesílení v krajních polích se provádí podle obr. 1.26.



Obr. 1.29 Přípoj kloubové vaznice k vazníku a úprava kloubu

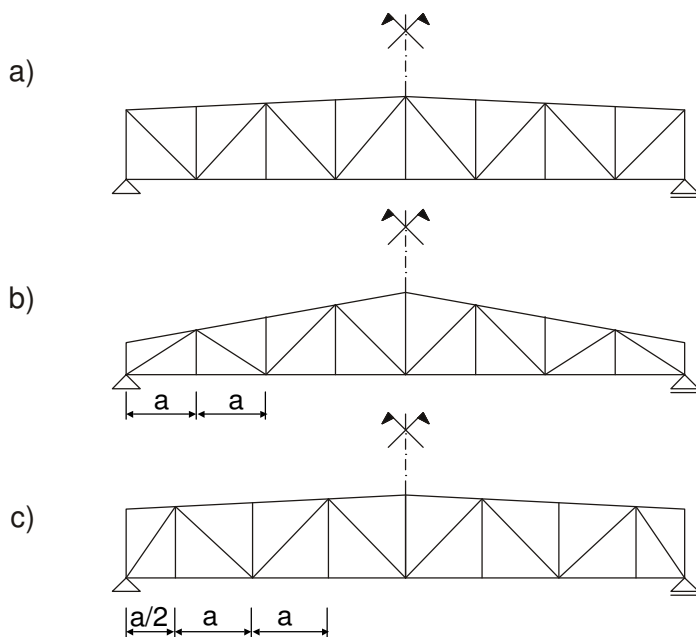
Tab. 1.26 Rozměry kloubů

PROFIL	h/2	v ₁	l ₃	ROZMĚRY PŘÍLOŽKY			ÚHELNÍK	ŠROUB
				b	c	ℓ		
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
100	50	35	65	60	6	150	60 x 40 x 5	M 20 x 50
120	60			80			80 x 60 x 8	M 24 x 55
140	70	40	75	100	8	160	100 x 65 x 8	
160	80	50		130			120 x 80 x 8	
180	90	55	150	140 x 90 x 8				
200	100	75						
220	110							
240	120							
270	135							

1.4 PŘÍHRADOVÉ VAZNÍKY

1.4.1 GEOMETRIE, PROFILY

Obr. 1.30 ukazuje nejčastější geometrie sedlového vazníku. Vodorovná vzdálenost uzlů je rovna vzdálenosti vaznic a navrhuje se okolo 3 m (2,4 m až 3,6 m). Je-li rozpětí rovno lichému násobku vzdáleností uzlů, používá se geometrie podle obr. 1.30 c). Tab. 1.27 udává vhodnou výšku vazníku v závislosti na sklonu střechy.



Obr. 1.30 Geometrie příhradových sedlových vazníků

Tab. 1.27 Vhodná výška sedlového příhradového vazníku podle rozpětí a sklonu střechy

Rozpětí	18	21	24	27	30	33	36
sklon	5%						
výška v uložení	1,5-2,1	1,8-2,2	1,8-2,4	2,4-2,7	2,1-2,7	2,7-3,0	2,4-3,0
sklon	10%						
výška v uložení	1,5-1,8	1,5-1,8	1,5-1,8	1,5-2,1	1,5-2,1	1,5-2,4	1,5-2,4
sklon	20%						
výška v uložení	0,6	0,6	0,6-0,9	0,6-0,9	0,6-0,9	-	-

1.4.2 PROFILY, KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

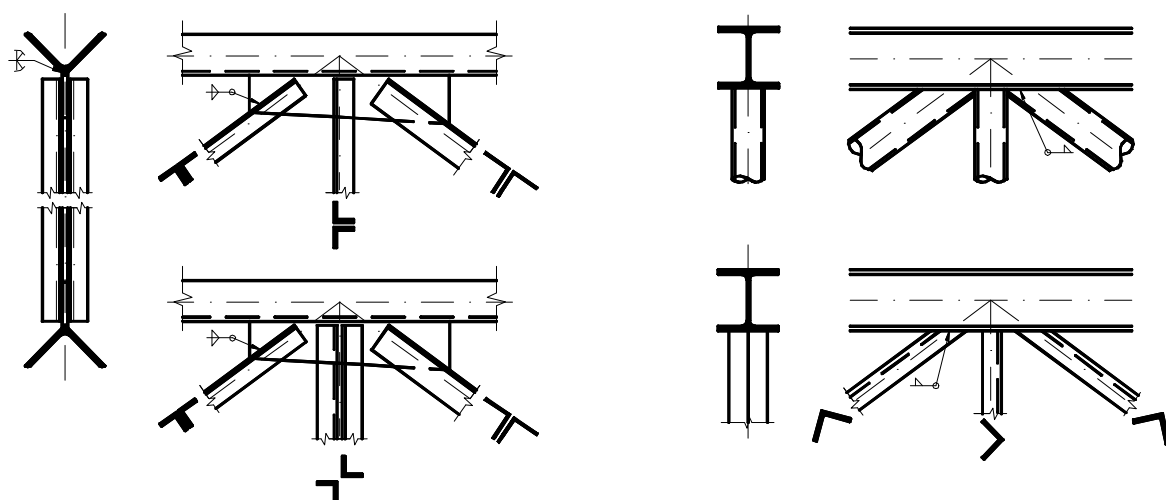
Z hlediska použitých profilů jsou nejběžnější následující tři typy příhradových vazníků (viz obr. 1.31 a obr. 1.32):

- úhelníkové – pásy z jednoho úhelníku, vnitřní pruty z dvojice úhelníků
- trubkové - pásy i vnitřní pruty z trubek
- kombinované - pásy z válcovaných profilů otevřeného průřezu (I, H, U), vnitřní pruty z trubek

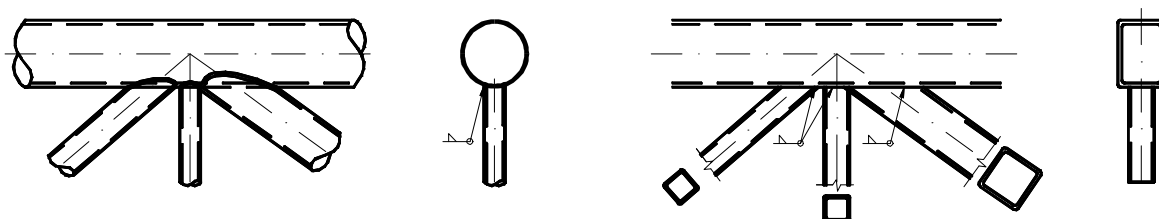
Styčníky úhelníkových vazníků se provádějí pomocí styčnickových plechů, jejichž tloušťky volíme podle tab. 1.28. Kombinované vazníky se provádějí bez styčnickových plechů.

Tab. 1.28 Tloušťky styčnickových plechů pro úhelníkové vazníky

L [m]	Charakteristické zatížení vazníků [kN/m]								
	8	10	12.5	15	18	21	25	27.5	více
15	8			10			12		
18	8			10			12		
21	8		10				15		
24	8	10		12		15			
27	10			12			15		
30	10		12		15				



Obr. 1.31 Připoje výplňových prutů k pásům z úhelníku a z profilu HEA



Obr. 1.32 Připoje výplňových prutů k pásům trubkových vazníků

1.4.3 ULOŽENÍ VAZNÍKU NA SLOUP

Schéma uložení vazníku na sloup je zřejmé z příkladů dispozic hal v kap. 1.1. Stýká-li se krajní diagonála nad sloupem s horním pásem vazníku (viz obr. 1.1), ukládá se vazník na sloup u horního pásu. Spodní pás se ke sloupu v takovém případě musí připojit posuvně ve směru osy pásu. Naopak, stýká-li se krajní diagonála nad sloupem s dolním pásem vazníku (viz obr. 1.2), končí sloup pod vazníkem a vazník se na sloup ukládá u dolního pásu.

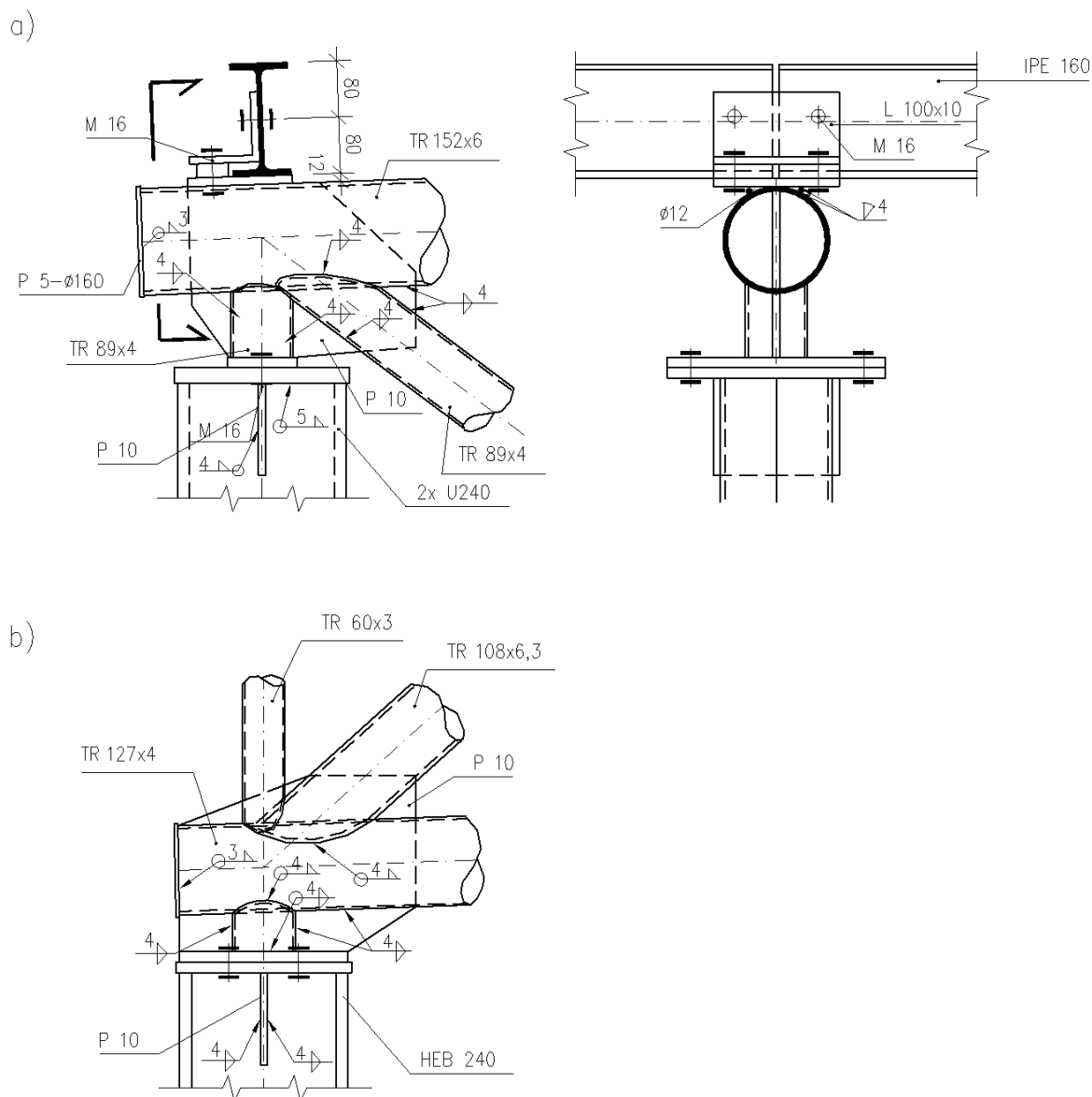
Variety připojení vazníku na sloup jsou na obr. 1.33 až obr. 1.35. Varianty se liší geometrií vazníku a použitými profily. Jsou dodrženy tyto zásady:

- Uložení vazníku je vždy šroubované, zatímco pruty vazníku jsou spojeny pomocí svarů.
- Průřez os pásu a diagonály leží na ose sloupu.

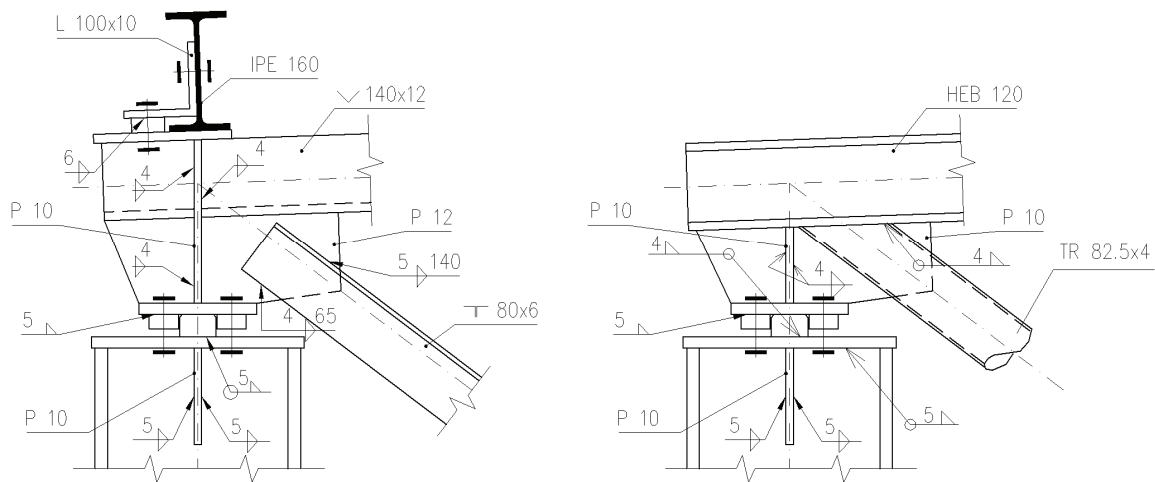
- Uložení musí přenést svislou reakci, proto je vazník v uložení opatřen styčnickým plechem, který je v ose sloupu vyztužen svislou výztuhou z plechů nebo krátké trubky.

Uložení trubkového vazníku je na obr. 1.33. Přitom na obr. 1.33 a) je ilustrováno připojení na sloup uzavřeného průřezu, na obr. 1.33 b) připojení na sloup otevřeného průřezu. Uložení vazníku s pásy otevřeného průřezu (úhelníkového vazníku a vazníku s pásem z profilu HEB) při sestupné krajní diagonále je na obr. 1.34. Připoj úhelníkového vazníku při vzestupné krajní diagonále ukazuje obr. 1.35. obr. 1.36 se týká situace, kdy je vazník uložen na horní pás. Detail umožňuje volný vodorovný posun spodního pásu vůči sloupu. Vůle závisí na rozpětí nosníku (větší rozpětí znamená větší protažení dolního pásu při zatížení) a lze ji pro konkrétní případ určit výpočtem.

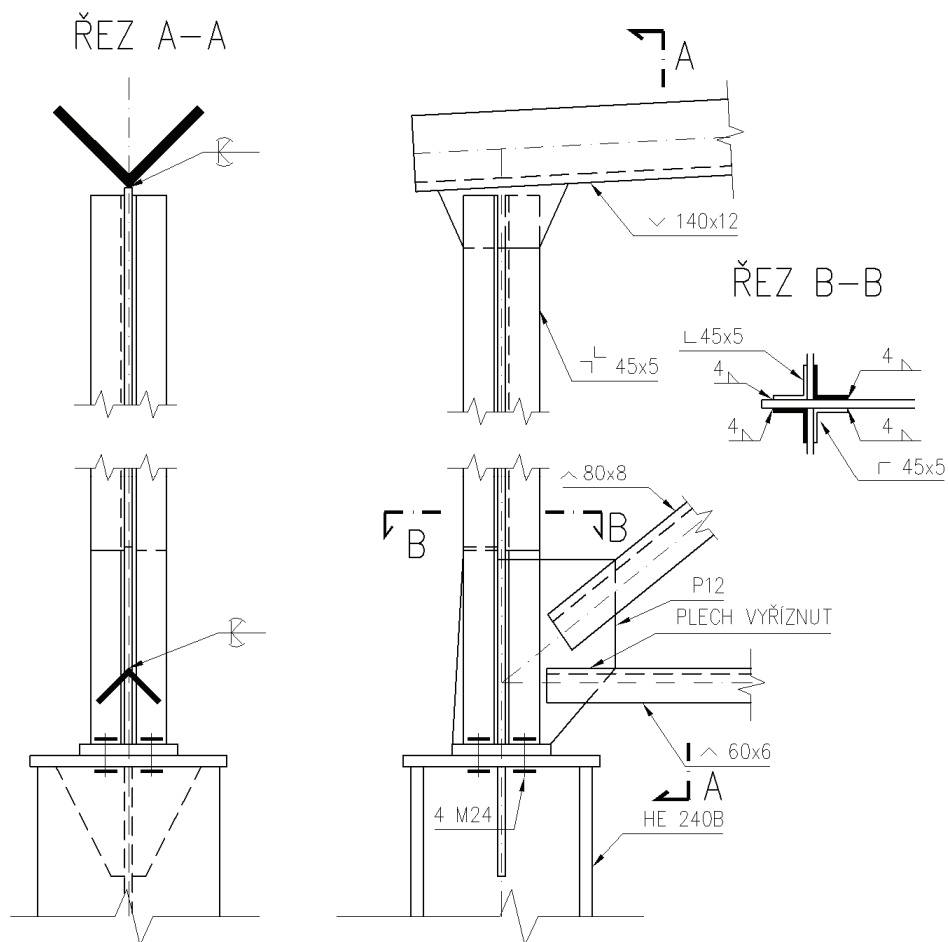
Detaily jsou pouze ilustrativní (různé zatížení) a proto např. počet šroubů v připoji se může mezi variantami lišit.



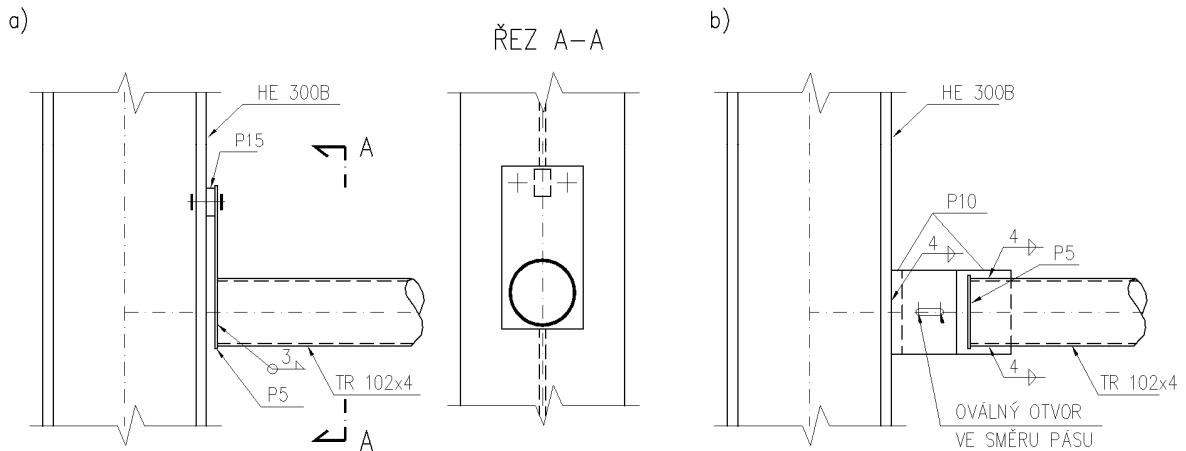
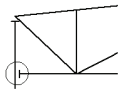
Obr. 1.33 Uložení trubkového vazníku na sloup
a) Uložení u horního pásu, sloup uzavřeného průřezu, b) uložení u dolního pásu



Obr. 1.34 Uložení vazníku s pásy otevřeného průřezu na sloup, 2 varianty



Obr. 1.35 Uložení vazníku na sloup - úhelníkový vazník u dolního pásu



Obr. 1.36 Připojení spodního pásu vazníku (2 varianty)

1.4.4 POSTUP NÁVRHU A POSOUZENÍ

Při vaznicovém systému jsou vaznice umístěny do uzlů příhradového vazníku, který je staticky určitý, a v prutech vznikají pouze normálové síly. Ohybové momenty způsobené spojitostí pásů lze zanedbat.

Rozhodující kombinace zatížení u běžných sedlových střech se sklony do 20 %:

1. stálé + sníh,
2. min. stálé + vítr (sání).

Hodnoty zatížení se určí podle skript [3]. Ve 2. kombinaci působí výsledné zatížení směrem vzhůru. Stálé zatížení v této kombinaci snižuje vnitřní síly v prutech, proto se bere součinitel zatížení $\gamma_G = 1,0$ a dolní odhad vlastní tíhy vazníku.

Pro horní odhad vlastní tíhy vazníku (pro 1. kombinaci) se používá vzorec

$$g = \frac{L}{76} \sqrt{q d} \text{ [kN/m]},$$

kde	L [m]	rozpětí vazníku,
	q [kN/m ²]	plošné tíhové zatížení (plášť + sníh), charakteristické
	d [m]	vzdálenost mezi vazníky.

Pro dolní odhad vlastní tíhy vazníku lze brát (je třeba pro 2. kombinaci zatížení)

$$g_{\min} \approx 0,5 g$$

Vzpěrné délky se určí podle tab. 1.29. Při pásech z tyčí otevřeného průřezu (I, H, U) se berou vzpěrné délky jako pro úhelníkové vazníky. Hodnoty pro trubkový vazník předpokládají styčníky podle obr. 1.32, v jiných případech přípojů vnitřních prutů jsou vzpěrné délky opět stejné jako pro úhelníkové vazníky. Při posouzení spodního pásu na tlak (nastane při 2. kombinaci) rozhoduje vzpěrná délka z roviny, protože spodní pás je obvykle z roviny vazníku zajištěn pouze svislým ztužidlem mezi vazníky umístěných zpravidla ve vzdálenostech do 12 m.

Tab. 1.29 Vzpěrné délky prutů příhradových vazníků

		Úhelníkový vazník	Trubkový vazník
Horní pás	v rovině	vzdálenost uzlů	0,9 vzdálenost uzlů
	z roviny	vzdálenost vaznic	0,9 vzdálenost vaznic
Dolní pás	z roviny	vzdálenost svislých ztužidel	vzdálenost svislých ztužidel
Vnitřní pruty	v rovině	vzdálenost těžišť přípojí $\cong 0,9 L_{teor.}$	0,75 $L_{teor.}$
	z roviny	$L_{teor.}$	0,75 $L_{teor.}$

U nevyztužených trubkových styčnicků hrozí prolomení pásové trubky soustředěným zatížením výplňového prutu. Je proto vhodné konstrukčně navrhovat stěnu pásové trubky silnější než stěny výplňových trubek a výrazněji zatížené diagonály zvolit s průměrem blízkým průměru pásu. Styčnický lze posoudit i výpočtem podle ČSN EN 1993-1-8, viz volitelné předměty.

1.4.5 MONTÁŽNÍ STYK

Příhradový vazník se na stavbě před osazením na sloupy sestaví z montážních dílů délky přibližně do 12 m. Jednotlivé montážní díly jsou svařované, montážní spoje jsou šroubované. Montážní styk se obvykle umístí poblíž styčnicků.

Styky jednotlivých prutů:

- styk na čelní desky
- příložkový styk

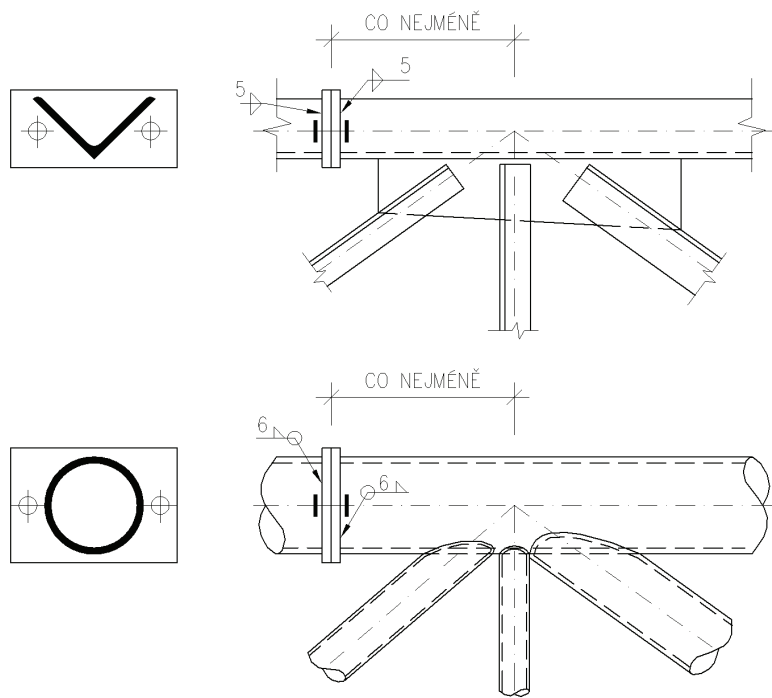
Styk na čelní desky (obr. 1.37) se navrhuje pro převážně tlačené pásy, ale lze jej použít i pro tažené pruty. Tlaková síla se přenáší přímým dotykem opracovaných ploch. Styk musí být s ohledem na vzpěr umístěn v krajních čtvrtinách délky prutu.

Příložkový styk lze navrhnout pro převážně tažené pásy a diagonály.

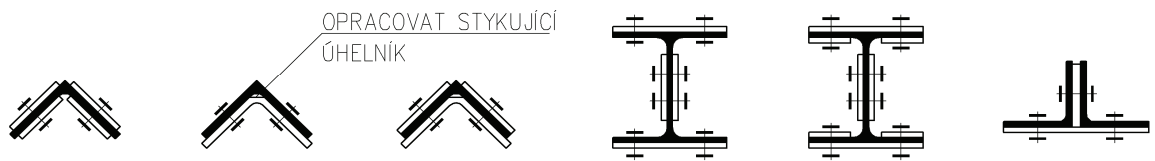
Obr. 1.38 ukazuje různé způsoby uspořádání příložek ve styku taženého pásu otevřeného průřezu. Je vidět, že v některých případech mají šrouby ve styku různou střižnost. Proto se při posouzení sčítají dílčí únosnosti všech šroubů. Příklad montážního styku úhelníkového vazníku u spodního pásu je na obr. 1.39. Je vidět, že v místě styku lze jednoduše změnit dimenzi pásu.

U trubek se příložkový styk navrhuje jako příložkový podle obr. 1.40 nebo pomocí čelních desek, obr. 1.41. Příložky jsou přišroubovány ke styčnickovým plechům přivařeným k trubce, tzv. křídélkům.

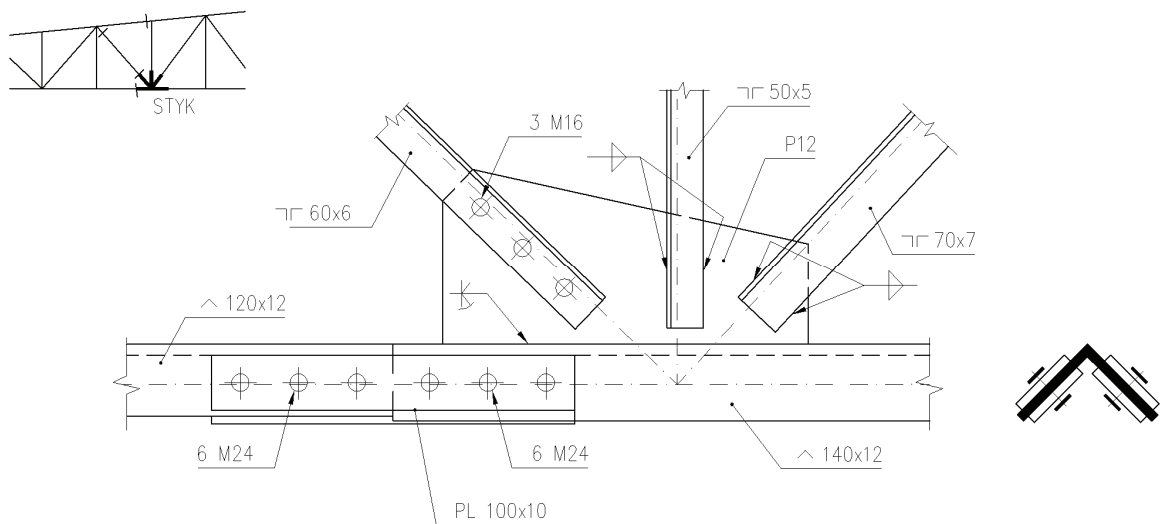
Posouzení různých variant montážního styku je uvedeno v třetí kapitole těchto skript.



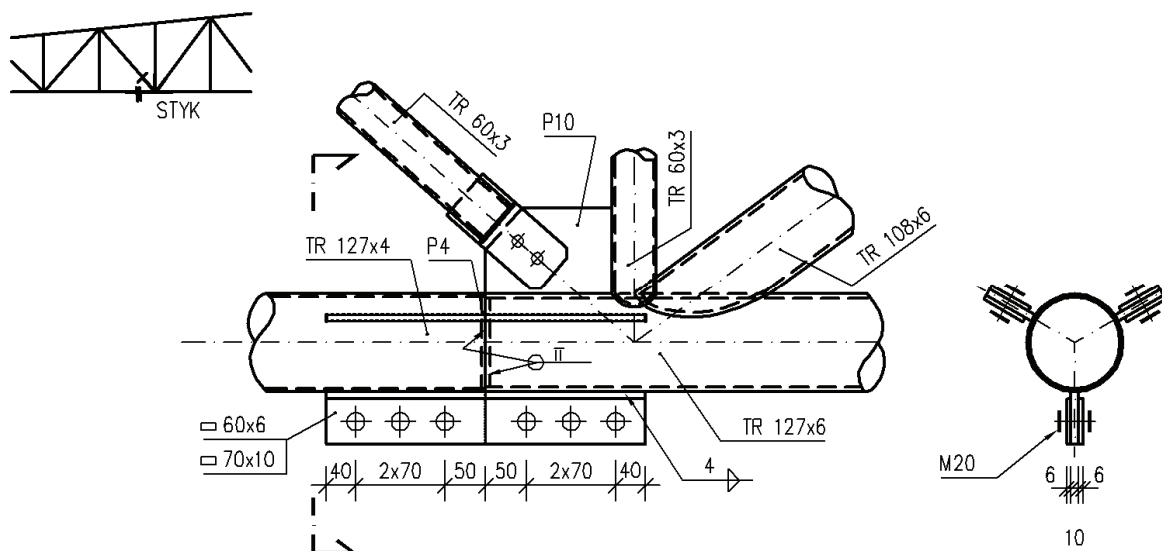
Obr. 1.37 Kontaktní styk horního pásu vazníku



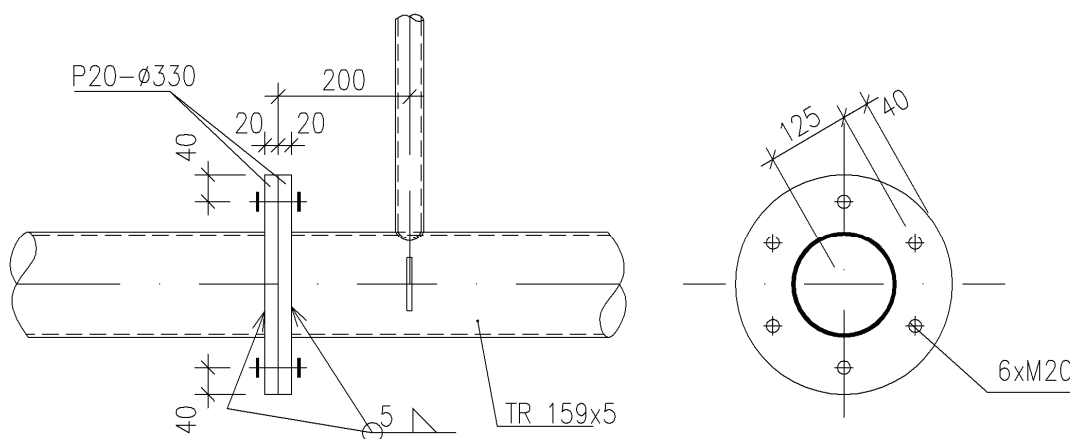
Obr. 1.38 Varianty příložkového styku pásu otevřeného průřezu



Obr. 1.39 Příložkový styk dolního pásu a diagonály úhelníkového pásu



Obr. 1.40 Příložkový styk trubkového pásu pomocí křidélek



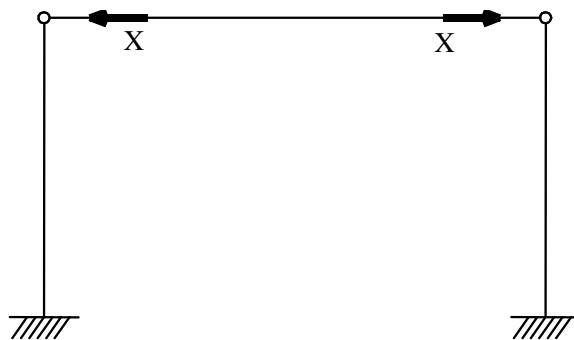
Obr. 1.41 Styk dolního trubkového pásu s čelními deskami

1.5 PŘÍČNÁ VAZBA, SLOUPY

1.5.1 STATICKÝ MODEL

Příčnou vazbu haly s vetknutými sloupy a příhradovými vazníky lze řešit dvěma způsoby:

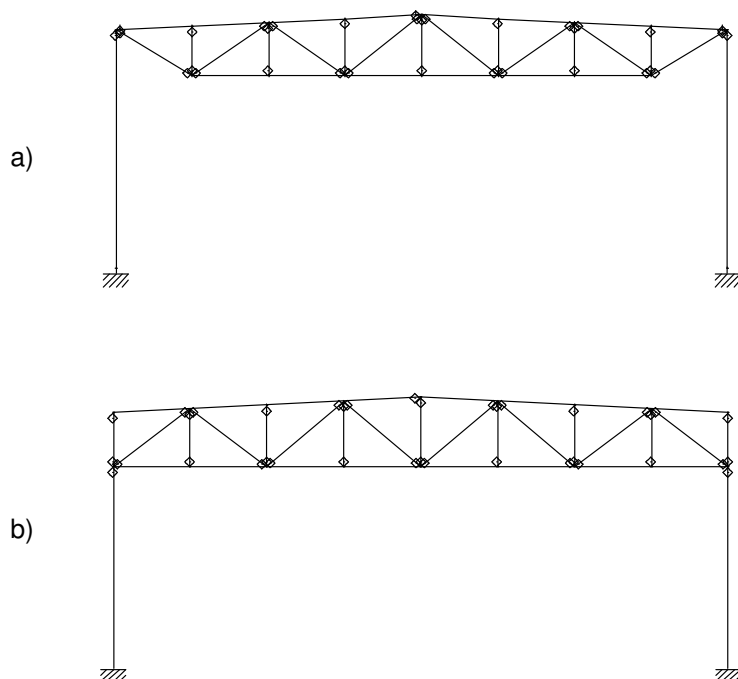
- odděleně nadimenzovat a posoudit vazník, který se následně ve statickém modelu příčné vazby nahradí vodorovným prutem, viz obr. 1.42,
- určit vnitřní síly v prutech vazníku v rámci řešení statického modelu příčné vazby na podrobném modelu, který obsahuje všechny pruty vazníku i sloupu, viz obr. 1.43.



Obr. 1.42 Zjednodušený model příčné vazby s vetknutými sloupy

Při použití zjednodušeného modelu se vazník nahrazuje prutem s plochou rovnou ploše toho pásu příhradového vazníku, který je blíže uložení vazníku na sloupy (spojuje sloupy). Zatížení vazníku se do modelu zavádí v bodech uložení vazníku jeho reakcemi od jednotlivých zatěžovacích stavů.

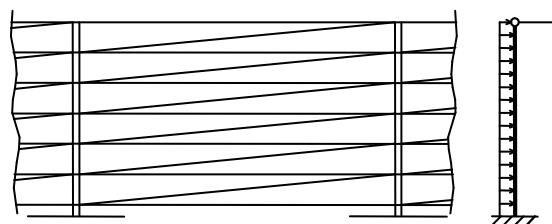
Podrobný model obsahuje všechny pruty v příčné vazbě. Zatížení vazníku se zavádí podle skutečnosti – v místech uložení vaznic nebo, v případě bezvaznicového střešního pláště, spojitě. Připojení vnitřních prutů příhradových vazníků a uložení vazníku na sloup se modeluje kloubově, zatímco pásy lze modelovat v souladu se skutečností spojitě. Je-li krajní diagonála sestupná, připojí spodního pásu ke sloupu umožňuje volný posuv ve směru osy pásu (v souladu s principy uvedenými v kap. 1.4), krajní díl spodního pásu se nemodeluje – viz obr. 1.43 a).



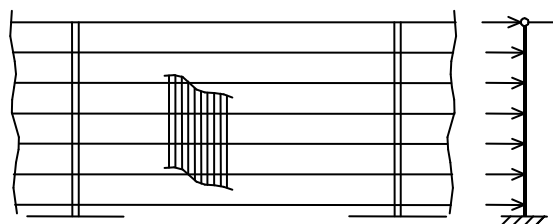
Obr. 1.43 Podrobný model vazby s plnostěnnými sloupy
a) vazník s krajními sestupnými diagonálami, b) vazník s krajními vzestupnými diagonálami

Zatížení sloupů od větru na obvodové stěny se uvažuje jako spojitě u stěn z panelů (kazet) nebo jako osamělá břemena u stěn s paždíky (viz obr. 1.44).

PANELY (KAZETY)



PAŽDÍKY



Obr. 1.44 Zatížení sloupů od větru

1.6 PATKY A KOTVENÍ SLOUPŮ

V závislosti na statickém systému příčné vazby se sloupy halových objektů ukládají na základy prostřednictvím kloubových nebo vetknutých patek.

1.6.1 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PATEK

KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

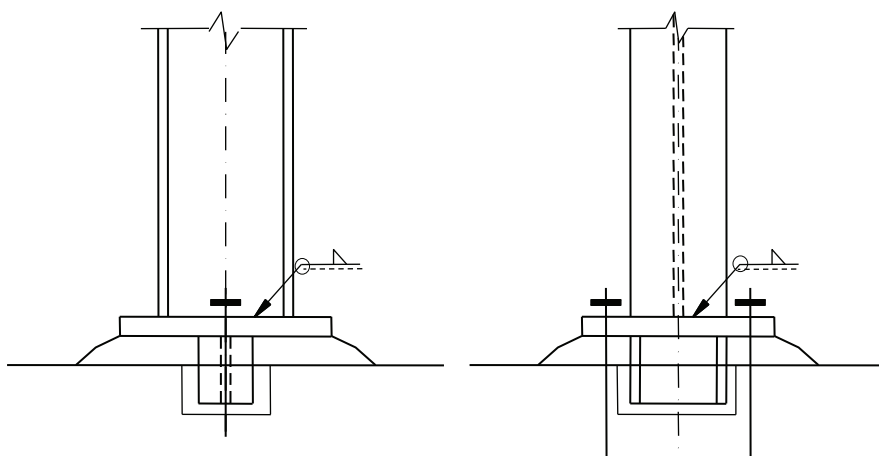
Poloha zabetonovaných kotevních šroubů a konstrukce patky musí být navrženy tak, aby bylo možno osadit patku do projektované polohy. Je třeba počítat s tolerancemi v osazení. Maximální přípustná odchylka v osazení má být nejvýše ± 10 mm. Po usazení patky se pod celou její plochou provede podlití cementovou maltou. Tloušťka podlití je uvedena v tab. 1.30.

Tab. 1.30 Minimální výšky podlití

Menší rozměr patky [mm]	300	900	1500
Podlití [mm]	30	60	90

KLOUBOVÉ PATKY

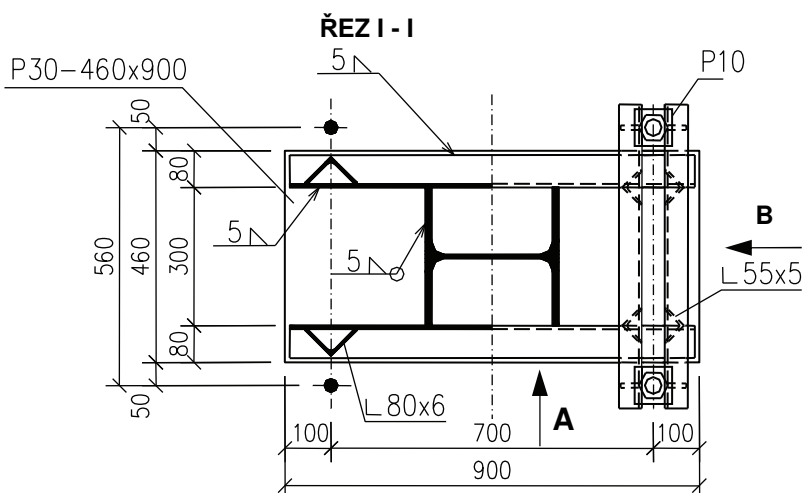
U většiny kloubově uložených sloupů se navrhuje patky spojené se sloupem, [2]. Dřík sloupu je přímo přivařen k patnímu plechu. Nejjednodušší jsou patky nevyztužené, viz obr. 1.45. Z technologických důvodů se omezuje tloušťka patního plechu - max. 60 mm.



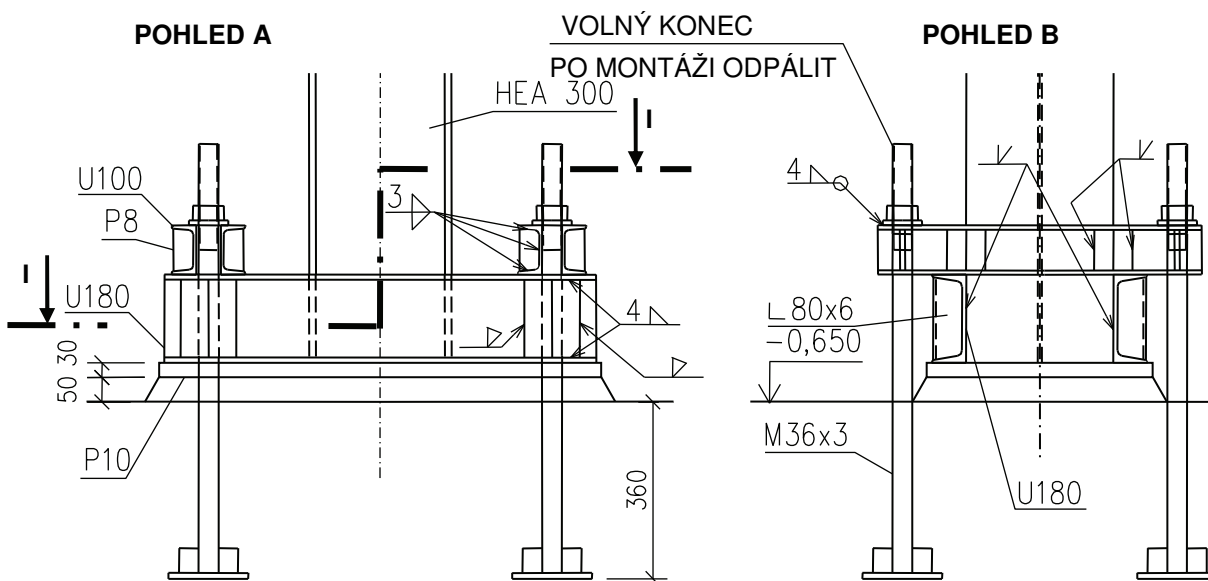
Obr. 1.45 Kloubové patky

VETKNUTÉ PATKY

Vetknuté patky přenášejí moment v jedné rovině, proto jsou obdélníkové, [2]. Na sloup je přivařen patní plech, který bývá vyztužen hlavními podélnými výztuhami a potřebnými výztuhami příčnými. Předem zabetonované šrouby je vhodné umístit mimo půdorys patního plechu, do patky se uchycují pomocí kotevních příčníků, viz obr. 1.46. Rozměry jednotlivých částí se určí výpočtem.



Obr. 1.46a) Vetknutá patka - půdorys



Obr. 1.46b) Vetknutá patka - řezy

1.6.2 KOTVENÍ SLOUPŮ

NOSNÉ KOTVENÍ

Tahové síly se do základů přenesou pomocí kotevních šroubů:

- zabetonovaných
- lepených do vrtaných kanálků
- uchycených do závlačí nebo roštů.

Plochy jader kotevních šroubů jsou uvedeny v tab. 1.31.

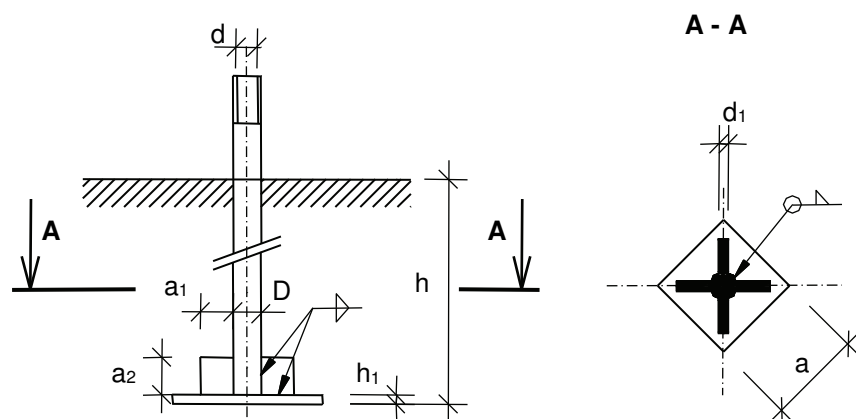
Tab. 1.31 Plochy jader šroubů

Závit	A _s [mm ²]	Závit	A _s [mm ²]	Závit	A _s [mm ²]	Závit	A _s [mm ²]
M 16	157	M 36x3	865	M 64x4	2851	M 100x4	7276
M 20	245	M 42x3	1206	M 72x4	3658		
M 24	353	M 48x3	1604	M 80x4	4566		
M 30	561	M 56x4	2144	M 90x4	5842		

TABULKY NÁVRHOVÝCH ÚNOSNOSTÍ KOTEVNÍCH ŠROUBŮ

Tabulky návrhových únosností kotevních šroubů byly vypočteny pro ocel S235 a beton třídy C12/15 (návrhová pevnost betonu v tahu $f_{td} = 0,73$ MPa, návrhová pevnost betonu v otláčení $f_{od} = 16$ MPa).

Kotevní šrouby s kotevní hlavou jsou zpravidla větších průměrů.



Obr. 1.47 Zabetonované šrouby s kotevní hlavou

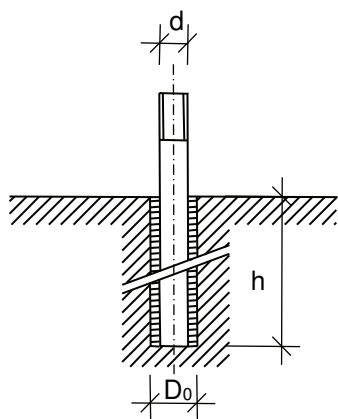
Tab. 1.32 Zabetonované šrouby s kotevní hlavou - ocel S235, beton třídy C12/15

Šroub	Průměr dříku	Návrhová únosnost	Min. hloubka	Kotevní hlava				
	D [mm]	F _{Rd} [kN]	h [mm]	a [mm]	h ₁ [mm]	a ₁ [mm]	a ₂ [mm]	d ₁ [mm]
M 30	32	123.60	340	95	10	40	50	6
M 36x3	40	190.58	420	115	12	40	50	8
M 42x3	45	250.95	490	135	15	40	50	
M 48x3	50	333.77	590	155	15	50	60	
M 56x4	60	446.13	650	180	20	60	70	
M 64x4	70	593.24	740	200	20	70	80	
M 72x4	80	761.16	840	230	25	90	110	
M 80x4	90	950.10	930	255	30	90	110	10
M 90x4	100	1215.61	1070	290	30	110	130	
M 100x4	110	1514.00	1210	320	35	120	140	

Pro skupinu nebo řadu šroubů je třeba hloubku kotvení zvětšit.

Hloubka zabetonování v tab. 1.32 byla vypočtena ze vztahu $h \geq \frac{0,2F}{\pi D f_{td}}$.

C) Šrouby lepené ve vrtaných kanálech jsou osazovány do kanálu vyvrtaného v hotovém základu. Upevňují se epoxidovým či jiným vhodným lepidlem zpravidla před montáží konstrukce. Kanál má mít větší průměr než je průměr dířku šroubu.



Obr. 1.48 Šrouby lepené ve vrtaných kanálech

Tab. 1.33 Šrouby lepené ve vrtaných kanálech ocel S235

Šroub	Průměr dířku	Průměr kanálu	Návrhová únosnost	Min. hloubka
	d [mm]	d ₀ [mm]	F [kN]	h [mm]
M 16	16	22	34.60	160
M 20	20	26	53.98	190
M 24	24	30	77.78	230
M 30	32	40	123.60	290
M 36x3	40	46	190.58	360
M 42x3	45	52	250.95	410
M 48x3	50	58	333.77	470
M 56x4	60	70	446.13	540
M 64x4	70	80	593.24	630
M 72x4	80	90	761.16	710
M 80x4	90	100	950.10	790
M 90x4	100	110	1215.61	900
M 100x4	110	120	1514.00	1000

Pro skupinu nebo řadu šroubů je třeba hloubku zalití zvětšit.

Hloubka zalití v tab. 1.33 byla vypočtena ze vztahu $h \geq \sqrt{\frac{F}{2,1f_{td}}}$ pro beton třídy C12/15.

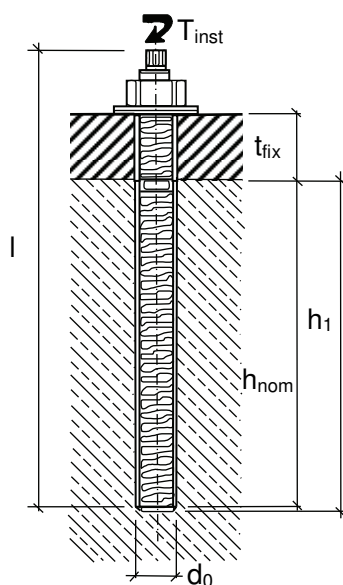
Ekonomicky výhodnější je často použití závitových tyčí, lze též použít lepené kotvy dodávané specializovanými firmami (např. HILTI nebo WH-Kote). Tabulky únosnosti těchto kotev je možné najít na www stránkách.

D) Lepená kotva do betonu HIT-RE 500

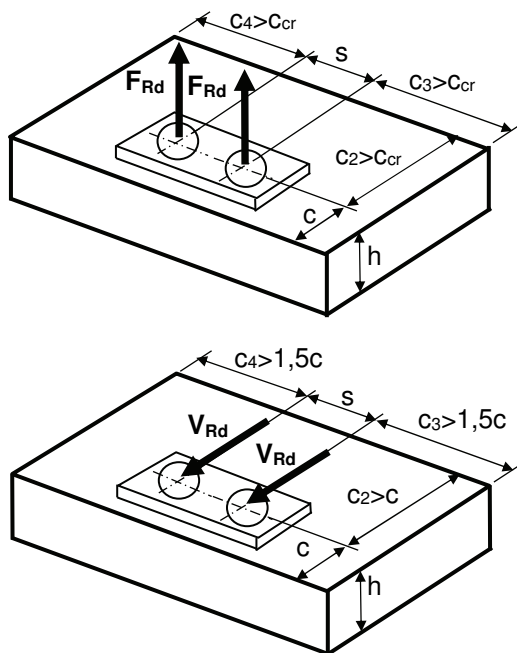
V tab. 1.34 jsou uvedeny návrhové únosnosti lepené kotvy HIT-RE 500 se šroubem HAS-E, tabulka je platná pro jednu kotvu nebo dvojici kotev, viz obr. 1.49 a 1.50, a pro netrhlinový beton C20/25. Kotvy nelze současně zatěžovat na úrovni plné únosnosti v tahu a ve smyku. Přesnější návrh je možný s pomocí software firmy HILTI.

Tab. 1.34 Návrhová únosnost lepených kotev HILTI – HIT-RE 500

		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	M30	M33	M36	M39
F_{Rd} [kN]	$c \geq c_{cr}, s \geq s_{cr}$	7,8	11,9	17,0	24,8	44,9	64,7	79,2	104,0	122,1	145,2	166,4
	$c = c_{min}, s \geq s_{cr}$	5,0	7,6	10,9	16,2	29,7	44,7	53,1	66,6	78,2	92,9	106,5
	$c = c_{min}, s = s_{min}$	3,1	4,7	6,8	10,2	18,8	28,8	33,7	41,6	48,9	58,1	66,5
V_{Rd} [kN]	$c \geq 2c_{cr}, s \geq 3c$	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	99,4	120,6	177,4	208,2	250,4
	$c = 2c_{cr}, s \geq 3c$	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	99,4	120,6	177,4	208,2	250,4
	$c = c_{cr}, s \geq 3c$	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	76,9	95,2	104,9	125,5	150,4
	$c = c_{min}, s \geq 3c$	1,9	2,4	3,6	4,8	8,9	13,2	16,9	21,6	26,3	31,6	37,2
	$c = 2c_{cr}, s = s_{cr}$	4,9	7,4	10,9	20,6	32,0	45,7	91,3	113,1	124,6	149,1	178,6
	$c = c_{cr}, s = s_{cr}$	4,9	7,4	10,9	17,6	31,4	45,7	64,1	79,3	87,4	104,6	125,3
	$c = c_{min}, s = s_{min}$	1,2	1,6	2,4	3,2	5,9	8,8	11,2	14,4	17,5	21,1	24,8
c_{cr}	[mm]	135	180	245	250	350	470	530	580	600	660	720
s_{cr}	[mm]	270	360	490	500	700	940	1060	1160	1200	1320	1440
c_{min}	[mm]	40	45	55	65	90	120	130	135	150	165	180
s_{min}	[mm]	40	45	55	65	90	120	130	135	150	165	180
h_{min}	[mm]	110	120	140	170	220	270	300	340	380	410	450
h₁	[mm]	85	95	115	130	175	215	250	280	310	340	370
h_{nom}	[mm]	80	90	110	125	170	210	240	270	300	330	360
T_{inst}	[Nm]	10	20	40	80	150	200	270	300	1200	1500	1800



Obr. 1.49 Lepená kotva HIT-RE 500 se šroubem HAS-E firmy HILTI

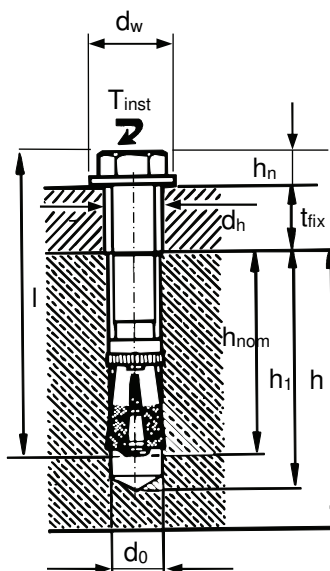


Obr. 1.50 Umístění kotev

E) Ocelová mechanická kotva HDA

V tab. 1.35 jsou uvedeny návrhové únosnosti ocelové mechanické kotvy HDA, tabulka je platná pro jednu kotvu nebo dvojici kotev, viz obr. 1.51, a pro netrhlinový beton C20/25. Kotvy nelze současně zatěžovat na úrovni plné únosnosti v tahu a ve smyku. Posouzení kotvy namáhané v tahu a smyku je možné najít na [www stránkách firmy](http://www.stránkách_firmy).

Tab. 1.35 Návrhová únosnost ocelových mechanických kotev HDA



Obr. 1.51 Ocelová mechanická kotva HDA firmy HILTI

		HDA-P				HDA-T			
		M10	M12	M16	M20	M10	M12	M16	M20
F_{Rd} [kN]	$c \geq c_{cr}, s \geq s_{cr}$	21,9	31,9	57,7	86,2	21,9	31,9	57,7	86,2
	$c = c_{min}, s \geq s_{cr}$	16,4	20,9	37,8	56,8	16,4	20,9	37,8	56,8
	$c = c_{min}, s = s_{min}$	10,9	14,0	25,2	37,9	10,9	14,0	25,2	37,9
V_{Rd} [kN]	$c \geq 2c_{cr}, s \geq 3c$	12,6	17,1	35,4	52,6	31,0	38,1	66,7	117,1
	$c = 2c_{cr}, s \geq 3c$	12,6	17,1	35,4	52,6	23,0	32,6	63,9	107,1
	$c = c_{cr}, s \geq 3c$	12,6	17,1	35,4	52,6	12,9	18,3	35,9	60,1
	$c = c_{min}, s \geq 3c$	6,1	9,2	18,6	32,1	6,1	9,2	18,6	32,1
	$c = 2c_{cr}, s = s_{cr}$	12,6	17,1	35,4	52,6	15,4	21,7	42,6	71,4
	$c = c_{cr}, s = s_{cr}$	10,8	15,2	29,9	50,1	10,8	15,2	29,9	50,1
	$c = c_{min}, s = s_{min}$	4,3	6,5	13,2	22,7	4,3	6,5	13,2	22,7
c_{cr}	[mm]	150	190	285	375	150	190	285	375
s_{cr}	[mm]	300	375	570	750	300	375	570	750
c_{min}	[mm]	80	100	150	200	80	100	150	200
s_{min}	[mm]	100	125	190	250	100	125	190	250
h_{min}	[mm]	170	190	270	350	170	190	270	350
h_1	[mm]	107	125	203	266	107	125	203	266
h_{nom}	[mm]	100	125	190	250	100	125	190	250
T_{inst}	[Nm]	50	80	120	300	50	80	120	300

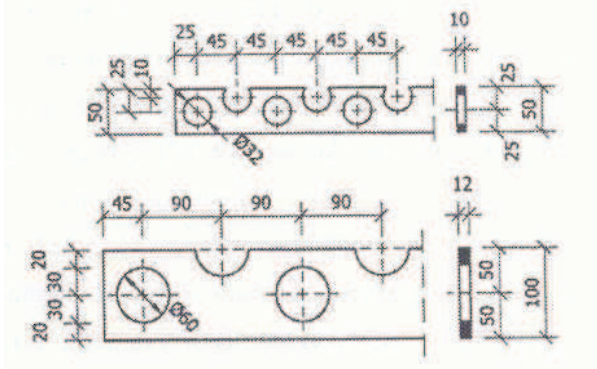
1.7 SPŘAHOVACÍ PRVKY PRO OCELOBETONOVÉ STROPNÍ KONSTRUKCE

Smykové spojení mezi betonovou deskou a ocelovým průřezem je zajištěno pomocí spřahovacích prostředků.

A) Spřahovací trny jsou vyrobeny z oceli s mezí kluzu do 500 MPa. Trny pro nosné ocelobetonové konstrukce se obvykle vyrábí z oceli S235 s průměrem od 16 mm do 25 mm.

B) Perforovaná lišta

Perforovaná lišta je přivařena k horní pánsnici nosníku, proto ji nelze používat v kombinaci s trapézovými plechy probíhajícími přes nosník spojitě bez přerušení. Lišta se v České republice vyrábí ve dvou rozměrech, viz obr. 1.52. Nízká lišta (50 mm) je vhodná pro betonové desky o tloušťce menší než 100 mm, vysoká lišta (100 mm) se hodí pro větší tloušťky betonových desek.



Obr. 1.52 Rozměry perforované lišty o výšce 50 mm a 100 mm

Charakteristická únosnost lišty o výšce 50 mm s otvory 30 mm je

$$P_{Rk} = -68 + 124f_{ck} + 797A_{st},$$

charakteristická únosnost lišty o výšce 100 mm s otvory 60 mm je

$$P_{Rk} = 273 + 14,1f_{ck} + 313A_{st},$$

kde f_{ck} je pevnost betonu měřená na válcích [MPa],

A_{st} plocha výztuže provlečené otvory lišty [mm^2/mm] s mezí kluzu aspoň $f_{sk} = 490$ MPa.

Součinitel spolehlivosti pro nízkou lištu je $\gamma_v = 1,4$, pro vysokou lištu $\gamma_v = 1,25$.

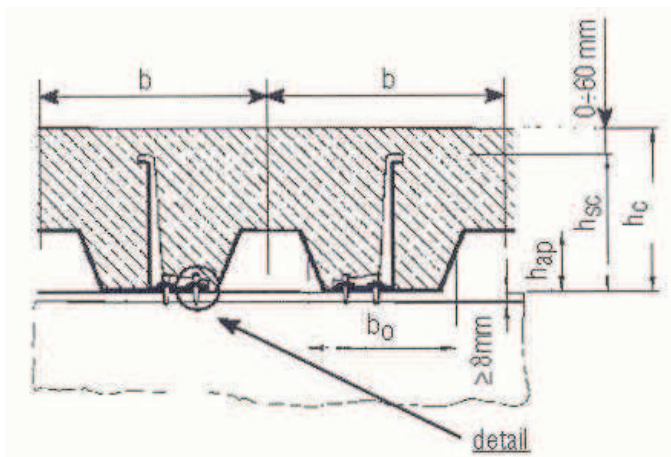
C) Spřahovací kotvy HVB firmy HILTI

V tab. 1.36 jsou uvedeny návrhové únosnosti spřahovacích kotev HVB. Pokud jsou kotvy HVB použity do betonové desky s profilovaným plechem, obr. 1.53, je třeba zohlednit tvar žebra pomocí redukčního součinitele k_t (žebra kolmo k ose nosníku) a k_l (žebra rovnoběžně s osou nosníku), viz [5]. Kotvy vykazují stejnou smykovou únosnost v obou směrech, viz obr. 1.54.

Tab. 1.36 Návrhová únosnost spřahovacích kotev HVB

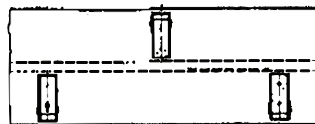
	Maximální výška žebra profilovaného plechu h_{ap} [mm]		Charakteristická únosnost P_{Rk} [kN]	Návrhová únosnost P_{rd} [kN] (EC4 plasticita)	Návrhová únosnost P_{rd} [kN] (EC4 elasticita)
	$b_0/h_{ap} \geq 1,8^1$	$b_0/h_{ap} < 1,8^1$			
HVB-80	45	45	28	23	16
HVB-95	60	57	35	28	22
HVB-110	75	66	35	28	22
HVB-125	80	75	35	28	22
HVB-140	80	80	35	28	22

¹⁾ viz obr. 1.53

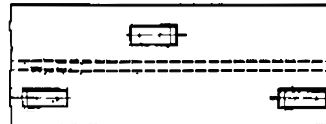


Obr. 1.53 Spřahovací kotvy firmy HILTI

HVB kolmo k nosníku



HVB rovnoběžně s nosníkem



Obr. 1.54 Orientace kotvy vzhledem k nosníku

2. ADMINISTRATIVNÍ VÍCEPDLAŽNÍ BUDOVA

2.1 POPIS OBJEKTU

Předmětem návrhu je sedmipodlažní administrativní budova. Půdorysné schéma, příčný i podélný řez jsou patrné z následujících obrázků. Konstrukční výška podlaží je 3,5 m, celková výška skeletu 24,9 m. V příčném směru je budova uspořádána jako trojtrakt s rozměry 6+4+6 m. Ve směru podélném je osm polí po 6,6 m, celková délka je tedy 52,8 m.

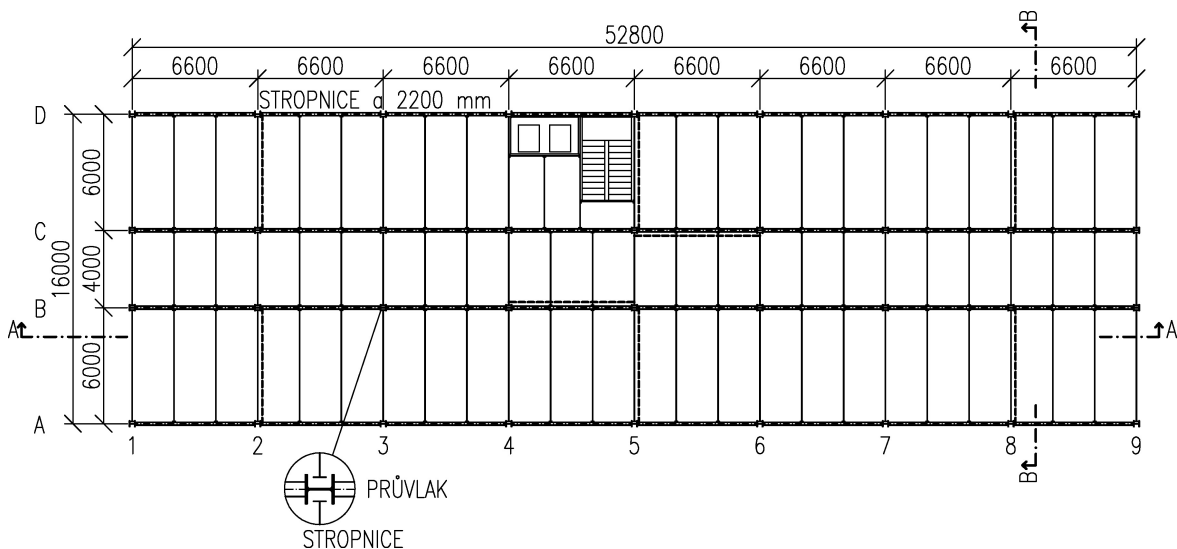
Pro přenos vodorovného zatížení jsou v podélném směru navržena dvě příhradová ztužidla, ve směru příčném pak ztužidel šest.

Strop je tvořen betonovou monolitickou deskou, betonovanou do ztraceného bednění z trapézového plechu. Deska je podepřena stropnicemi o roztečích 2,2 m. Všechny stropní nosníky (stropnice i průvlaky) jsou připojeny kloubově a jsou spřaženy s betonovou deskou pomocí přivařených spřahovacích trnů. Působí tudíž jako spřažené ocelobetonové prosté nosníky. Stropnice i průvlaky budou při betonáži podepřeny. Návrh a posouzení běžných vnitřních nosníků je ukázán v částech 2.3.2 až 2.3.3. Alternativní návrh nepodepřené stropnice je uveden v části 2.3.4. V částech 2.3.5 a 2.3.6 je ukázán návrh nosníků bez spřažení s betonovou deskou. Střecha je plochá nepochozí, její konstrukce je taktéž spřažená ocelobetonová. Návrh není ve skriptech uveden. Budova je nepodsklepená, je založena na železobetonových patkách. Celá budova je zateplená.

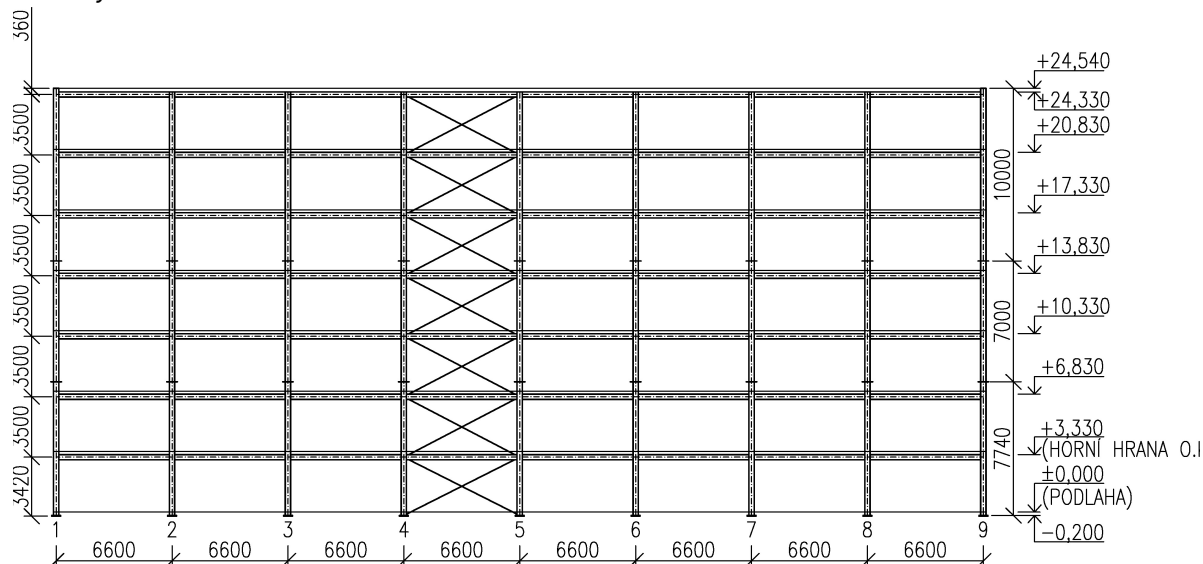
Statický výpočet je proveden podle ČSN EN 1993 a 1994 (potřebné návrhové postupy lze nalézt v [5]), zatížení určeno podle příslušných částí ČSN EN 1991 (uplatní se části 1 Zásady navrhování, 1-1 Hustoty, vlastní tíha a užité zatížení, 1-3 Zatížení sněhem a 1-4 Zatížení větrem). Všechny informace potřebné k určení zatížení jsou uvedeny ve skriptech [3].

Dispoziční výkres administrativní budovy a detaily patek a přípojí jsou uvedeny v přílohách skriptu.

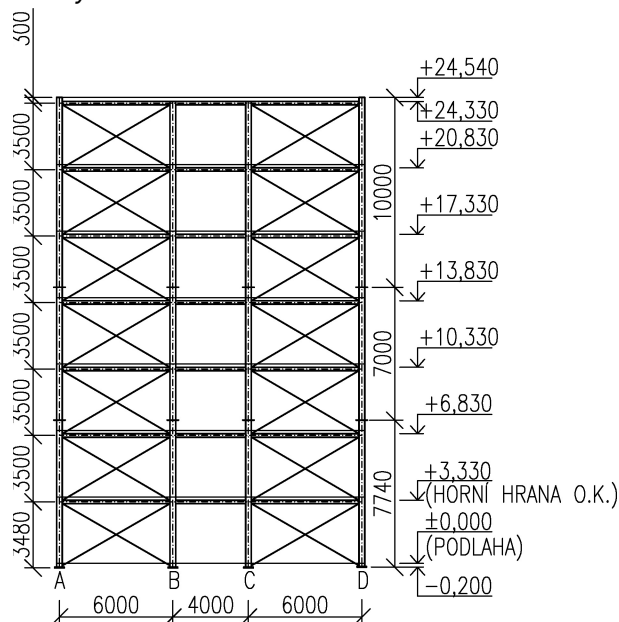
Půdorysné schéma



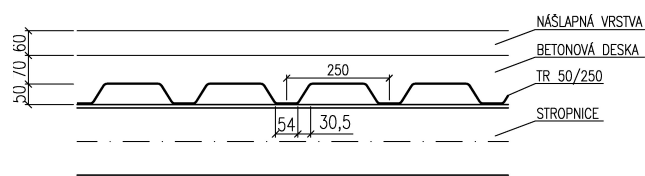
Podélný řez A-A



Příčný řez B-B



Příčný řez stropní deskou



2.2 ZATÍŽENÍ

Lokalita, do které je administrativní budova navržena, leží v České republice, ve II. sněžové oblasti o nadmořské výšce 500 m n. m. podle ČSN EN 1991-1-3. Podle ČSN EN 1991-1-4 spadá lokalita do II. větrové oblasti, kategorie terénu IV (městská zástavba).

Součinitele zatížení podle ČSN EN 1990 jsou:

- pro stálé zatížení $\gamma_G = 1,35$
- pro proměnné zatížení $\gamma_Q = 1,5$

2.2.1 SVISLÉ - TYPICKÁ STROPNÍ KONSTRUKCE

Pro posouzení ocelobetonových nosníků je nutné určit odděleně zatížení v montážním a provozním stádiu.

a) Montážní stádium

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
- betonová deska: (tíha čerstvého betonu je 26 kN/m ³) srovnaná tloušťka: $t_{deska} = 70 + 50 \cdot \frac{54 + 30,5}{250} = 87$ mm $0,087m \cdot 26 \text{ kN/m}^3 = 2,26 \text{ kN/m}^2$	2,26	1,35	3,05
- trapézový plech (odhad)	0,10	1,35	0,14
celkem:	2,36	1,35	3,19

Proměnné

Proměnné montážní zatížení se při betonáži uvažuje podle ČSN EN 1990 a 1991-1-6:

	q_k [kN/m ²]	γ_Q	q_d [kN/m ²]
- rovnoměrné nebo	0,75	1,5	1,125
- zvětšené (zvětšené proměnné zatížení působí na čtverci 3 x 3 m a umísťuje se do nejnepříznivější polohy pro posuzovaný prvek)	1,50	1,5	2,25

b) Provozní stádium

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
- nášlapná vrstva tl. 60 mm	1,20	1,35	1,62
- betonová deska: $0,087m \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,18 \text{ kN/m}^2$	2,18	1,35	2,94
- trapézový plech (odhad)	0,10	1,35	0,14
- podhled	0,15	1,35	0,20
celkem:	3,63	1,35	4,90

Proměnné

	q_k [kN/m ²]	γ_Q	q_d [kN/m ²]
- užitné zatížení	2,50	1,5	3,75
- přemístitelné příčky s vlastní tíhou mezi 0,1 kN/m a 0,2 kN/m	0,80	1,5	1,20
celkem:	3,30	1,5	4,95

2.2.2 SVISLÉ - STŘECHA

Stálé

	g_k [kN/m ²]	γ_G	g_d [kN/m ²]
- izolační vrstvy	2,60	1,35	3,51
- betonová deska: $0,087\text{m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,18$	2,18	1,35	2,94
- trapézový plech (odhad)	0,10	1,35	0,14
- podhled	0,15	1,35	0,20
celkem:	5,03	1,35	6,79

Proměnné

Sníh

$$s = \mu_i C_e C_t s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

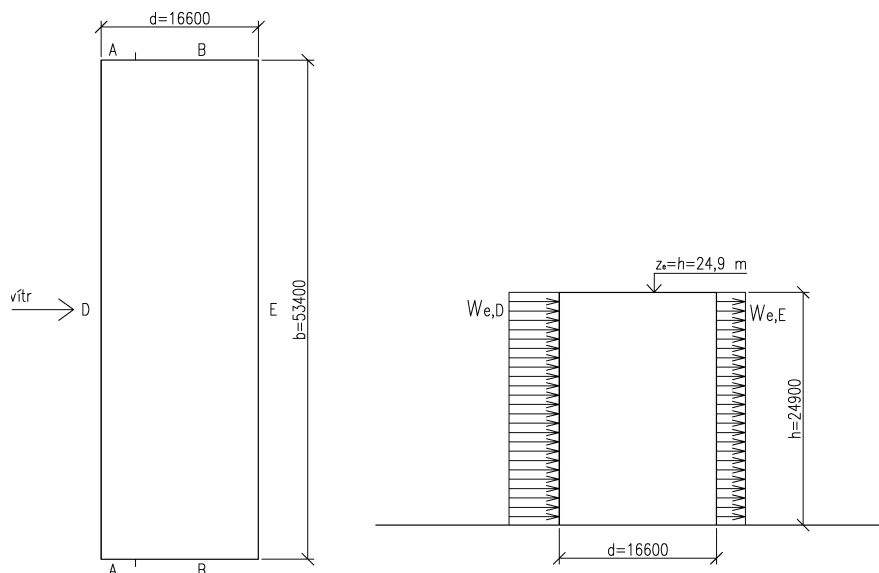
kde:

- sněhová oblast II charakteristické zatížení sněhem na zemi $s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
- sklon $\alpha = \text{cca } 2^\circ$ tvarový součinitel $\mu_i = 0,8$
- součinitel expozice $C_e = 1,0$ (z okolí nedochází k výraznému přemístění sněhu větrem)
- součinitel tepla $C_t = 1,0$ (teplotní prostupnost střechy $< 1 \text{ W/m}^2\text{K}$)

2.2.3 VODOROVNÉ ZATÍŽENÍ VĚTREM

Působení větru uvažujeme pouze ve směru příčném, který je rozhodující pro návrh a posouzení ztužidel v příčném směru navržených v kap. 2.6. Působení podélného větru není ukázáno.

Rozdělení tlaků po výšce konstrukce (vnější rozměry jsou uvažovány včetně pláště budovy)



Tlak větru působícího na vnější povrchy:

$$w_e = q_b c_e(z_e) c_{pe} = 0,391 \cdot 1,8 c_{pe} = 0,704 c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

návětrná stěna: $w_{e,D} = 0,704 c_{pe,D} = 0,704 \cdot 0,8 = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (tlak větru)

závětrná stěna: $w_{e,E} = 0,704 c_{pe,E} = 0,704 \cdot (-0,54) = -0,38 \text{ kN/m}^2$ (sání větru)

Posouzení:

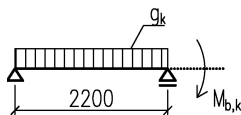
Mezní stav únosnosti

$$g_d + q_d = 5,44 \text{ kN/m}^2 < q_{Rd} = 5,41 + \frac{0,2}{0,5} (7,94 - 5,41) = 6,42 \text{ kN/m}^2$$

(mezní hodnota zatížení stanovena interpolací z tabulky 1.5)

Mezní stav použitelnosti – průhyb

Průhyb se určí pouze od stálého zatížení. Největší průhyb bude v krajním poli a lze jej určit superpozicí – součtem vlivu spojitého zatížení na prostém nosníku a vlivu momentu ve vnitřní podpoře $M_{b,k}$.



$$M_{b,k} = -\frac{1}{10} g_k L^2 = -\frac{1}{10} \cdot 2,36 \cdot 2,2^2 = -1,14 \text{ kNm/m}$$

$$\delta = \frac{1}{E I_{\text{eff}}} \left(\frac{5}{384} g_k L^4 + \frac{1}{16} M_{b,k} L^2 \right) = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 311\,000} \left(\frac{5}{384} \cdot 2,36 \cdot 2200^4 - \frac{1}{16} \cdot 1,14 \cdot 10^6 \cdot 2200^2 \right)$$

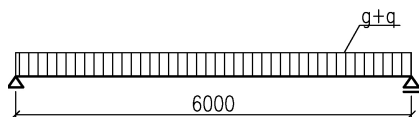
$$\delta = 5,7 \text{ mm} < \frac{t_{\text{deska}}}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

Není třeba uvažovat rybníkový efekt, trapézový plech vyhoví.

2.3.2 STROPNICE

Následující návrh a posouzení je uveden pro běžnou (vnitřní) stropnici traktu s rozpětím 6 m. Stropnice je při betonáži podepřena. Alternativní návrh stropnice nepodepřené během montáže je uveden v části 2.3.4.

Statické schéma



Zatížení (podle odst. 2.2.1):

$$g_k + q_k = (3,63 + 3,30) \cdot 2,2 + 0,25 = 15,50 \text{ kN/m (kde } 0,25 \text{ kN/m je odhad vlastní tíhy nosníku)}$$

$$g_d + q_d = (4,90 + 4,95) \cdot 2,2 + 0,34 = 22,01 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 22,01 \cdot 6^2 = 99,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 22,01 \cdot 6 = 66,0 \text{ kN}$$

Reakce

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 66,0 \text{ kN}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355 ($f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1,0 = 355 \text{ MPa}$) za předpokladu, že by samotný ocelový profil měl přenést moment M_{Ed} .

$$W_{\text{min}} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{99,1 \cdot 10^6}{355} = 279 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Profil ocelového nosníku zvolíme tak, aby přenesl menší moment než M_{Ed} . Celý moment M_{Ed} má totiž přenést ocelobetonový průřez.

Návrh: IPE 160 $m = 15,8 \text{ kg/m}$
 $A = 2\,009 \text{ mm}^2$
 $W_{pl,y} = 123,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $I_y = 8,693 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $A_{vz} = 966 \text{ mm}^2$
třída 1 pro ohyb k ose y , S355

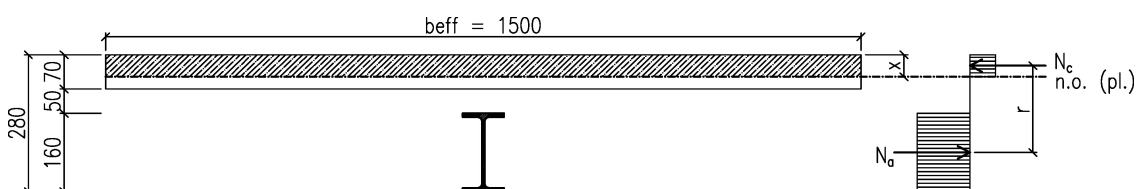
Skutečná tíha profilu je menší než odhad $0,25 \text{ kN/m}$, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení - mezní stav únosnosti

Posoudí se:

- momentová únosnost (pro průřezy třídy 1 a 2 plasticky)
- smyková únosnost
- spřažení

Plastická ohybová únosnost ocelobetonového průřezu



Účinná šířka desky:

$$b_{\text{eff}} = 2 b_{e1} = L/4 = 6000/4 = 1500 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} < B = 2200 \text{ mm (vzdálenost stropnic)}, \text{ proto platí } b_{\text{eff}} = 1500 \text{ mm}$$

Beton C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ (válcová pevnost betonu v tlaku)

$$f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_C} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,5} = 14,2 \text{ MPa (návrhová pevnost bet. v tlaku za ohybu)}$$

Předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce (viz obr.).

Rovnováha vnitřních sil:

$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = x b_{\text{eff}} f_{cd}$$

$$2009 \cdot 355 = x \cdot 1500 \cdot 14,2$$

$$x = \frac{2009 \cdot 355}{1500 \cdot 14,2} = 33,5 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \quad \dots \text{ předpoklad byl splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$r = \frac{160}{2} + 50 + 70 - \frac{33,5}{2} = 183,3 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a r = N_c r = 2009 \cdot 355 \cdot 183,3 = 130,7 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 130,7 \text{ kNm} > M_{Ed} = 99,1 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 966 \cdot 355 / \sqrt{3} = 198,0 \cdot 10^3 \text{ N} = 198,0 \text{ kN} \gg V_{Ed} = 66,0 \text{ kN}$$

(U prostě podepřeného nosníku zatíženého spojitým zatížením smyk obvykle dimenzi profilu neovlivňuje.)

Profil IPE 160 na únosnost vyhoví.

Spřažení: přivařený trn 19/100

(průměr $d=19$ mm, délka $h_{sc}=100$ mm, ocel S235, $f_u=360$ MPa)

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \cdot 360 \cdot \frac{\pi \cdot 19^2}{4} \cdot \frac{1}{1,25} = 65\,325 \text{ N} \quad \dots \text{ rozhoduje}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \cdot 1 \cdot 19^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \cdot \frac{1}{1,25} = 73\,730 \text{ N}$$

$$\text{kde } \alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pro } h_{sc} > 4 d$$

E_{cm} je sečnový modul pružnosti betonu

$$\text{V našem případě } \frac{h_{sc}}{d} = \frac{100}{19} = 5,3 > 4, \text{ proto } \alpha = 1.$$

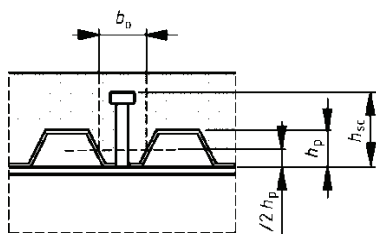
Pro trn v žebrové desce s žebry (tvořenými trapézovým plechem) kolmo na nosník se únosnost redukuje součinitelem k_t .

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \frac{84,5}{50} \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,18$$

kde n_r je počet trnů v žebru,

h_{sc} výška trnu,

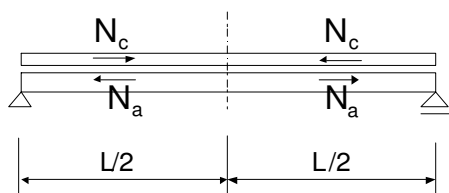
rozměry b_0 , h_p jsou patrné z obrázku.



Při uvážení pouze jednoho trnu $d \leq 20$ mm v každé vlně se pro trny přivařené přes plech tl. menší nebo rovné 1 mm omezuje hodnota $k_t \leq 0,85$. Proto dále ve výpočtu $k_t = 0,85$. Pro plechy tl. > 1 mm platí $k_t \leq 1,0$.

Únosnost trnu v žeburu $P_{Rd} = 0,85 \cdot 65,3 = 55,5$ kN

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku (viz obr.):



$$F_{cf} = N_c = N_a = 2009 \cdot 355 = 713,2 \cdot 10^3 \text{ N} = 713,2 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{713,2}{55,5} = 12,9 \Rightarrow 13 \text{ trnů}$$

Trny lze umístit pouze do žebber trapézového plechu. U plechu TR 50/250 je modulová šířka žebra 250 mm a na jedné polovině nosníku lze tedy umístit

$$3000/250 = 12 \text{ trnů}$$

Lze umístit méně trnů, než kolik je třeba pro úplné spřažení. Ukážeme tři varianty možného řešení této situace:

- návrh trnu většího průměru,
- návrh dvou trnů v každé vlně,
- návrh s neúplným spřažením.

Varianta a) Spřahovací trn 22/100

(průměr $d=22$ mm, délka $h_{sc}=100$ mm, $f_u=360$ MPa)

Únosnost jednoho trnu:

$$P_{Rd,1} = 0,8 f_u \frac{\pi d^2}{4} \frac{1}{\gamma_V} = 0,8 \cdot 360 \cdot \frac{\pi \cdot 22^2}{4} \cdot \frac{1}{1,25} = 87\,586 \text{ N} \quad \dots \text{ rozhoduje}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} \frac{1}{\gamma_V} = 0,29 \cdot 1 \cdot 22^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \cdot \frac{1}{1,25} = 98\,852 \text{ N}$$

kde $\alpha = 1$ pro $h_{sc} > 4 d$

Součinitel k_t je pro uvažovaný průměr trnu (tj. $d > 20$ mm), bez ohledu na tl. plechu, $k_t \leq 0,75$.

Únosnost trnu v žeburu $P_{Rd} = 0,75 \cdot 87,6 = 65,7 \text{ kN}$

Potřebný počet na jedné polovině nosníku:

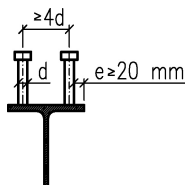
$$n_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{713,2}{65,7} = 10,9 \Rightarrow 11 \text{ trnů}$$

Lze umístit potřebný počet trnů. Navrhujeme trn 22/100 v každém žeburu (12 trnů na polovině nosníku), což bezpečně splňuje požadavky únosnosti na úplné spřažení.

Varianta b) Spřahovací trn 16/100, dva trny v jedné vlně

Průměr trnu umístěného na pásnici mimo místo nad stojinou musí být menší než $2,5 \cdot t_f = 2,5 \cdot 7,4 = 18,5$ mm. Trn průměru 16 mm lze použít.

Minimální rozteče trnů rozmístěných ve vlně trapézového plechu



Podle obrázku můžeme spočítat minimální nutnou šířku pásnice pro použití dvou trnů v jedné vlně jako $2 \cdot 20 + 5 \cdot d = 40 + 5 \cdot 16 = 120 \text{ mm} > b = 82 \text{ mm}$ (b je šířka pásnice IPE 160). Dva trny v jedné vlně by tedy bylo možné použít pro průřez IPE 240 a vyšší. Zde použít nelze.

Varianta c) Spřahovací trn 19/100 (původní návrh), neúplné spřažení

Při neúplném spřažení je třeba přenést sílu

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} F_{cf} = \frac{99,1 - 44,0}{130,7 - 44,0} \cdot 713,2 = 453,3 \text{ kN}$$

kde plastickou momentovou únosnost samotného IPE profilu stanovíme z následujícího vztahu:

$$M_{a,pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 123,9 \cdot 10^3 \cdot 355 = 44,0 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 44,0 \text{ kNm}$$

$$n_f = \frac{F_c}{F_{Rd}} = \frac{453,3}{55,5} = 8,2 \Rightarrow 9 \text{ trnů}$$

Je-li potřebný počet trnů při neúplném spřažení (v našem případě 9) menší, než počet žeber (v našem případě 12), postupuje se obvykle tak, že se navrhne trn do každého žebra. Navrhne tedy 12 trnů na polovinu nosníku.

Návrh neúplného spřažení vede oproti variantě a) k úspoře materiálu za cenu menší rezervy únosnosti.

Navržen spřahovací trn 19/100 v každém žebru.

Posouzení - mezní stav použitelnosti

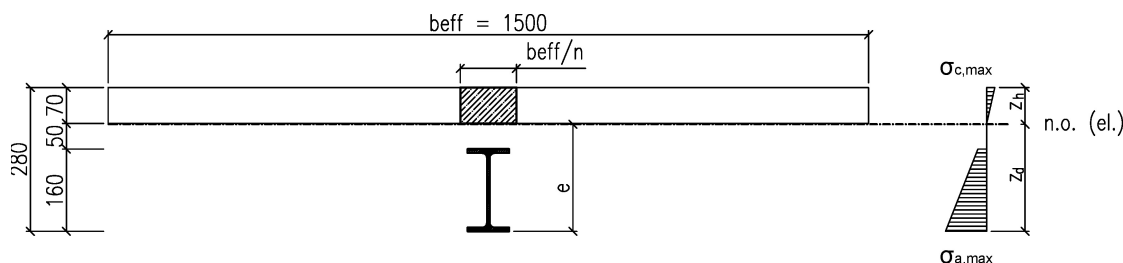
Posoudí se:

- pružné působení nosníku při provozním zatížení (součinitele zatížení $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$)
- průhyb

Vnitřní síly:

$$M_{Ek} = \frac{1}{8} \cdot 15,5 \cdot 6^2 = 69,8 \text{ kNm}$$

Dále je třeba určit ideální průřez ocelobetonového nosníku pro pružné působení. Parametry ideálního průřezu a průběh napětí jsou patrné z obrázku.



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování betonu lze určit přibližně jako:

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel (poměr modulů pružnosti oceli a betonu)

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_f = 2009 + 70 \cdot 1500/13,55 = 9\,758 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{2009 \cdot 160/2 + 70 \cdot 1500/13,55 \cdot (160 + 50 + 70/2)}{9\,758} = 211,0 \text{ mm}$$

⇒ Neutrální osa prochází betonovou deskou neboť $160 + 50 = 210 \text{ mm} < 211 \text{ mm}$. Beton v tahu obecně nelze uvažovat. V našem případě je ale tažená plocha desky zanedbatelná a proto budeme uvažovat v dalším výpočtu plochu betonové desky plně. Takové zjednodušení má na výsledek zanedbatelný vliv.

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 8,693 \cdot 10^6 + 2009 \cdot (211 - 160/2)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{1500 \cdot 70^3}{12} + 1500 \cdot 70 \cdot (211 - 160 - 50 - 70/2)^2 \right) = 55,29 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu je v jeho spodních vláknech (viz obrázek na předchozí straně):

$$\sigma_{a,\max} = \frac{M_{EK}}{I_i} z_d = \frac{69,8 \cdot 10^6}{55,29 \cdot 10^6} \cdot 211,0 = 266,4 \text{ MPa} < f_y = 355 \text{ MPa}$$

Největší napětí v betonové desce:

$$\sigma_{c,\max} = \frac{M_{EK}}{n I_i} z_h = \frac{69,8 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 55,29 \cdot 10^6} \cdot (280 - 211,0) = 6,4 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Celkový průhyb nemůže narušit vzhled objektu. Ověříme tedy pouze hodnotu průhybu od proměnného zatížení.

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \frac{q_p L^4}{E I_i} = \frac{5}{384} \frac{(3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2,2 \cdot 10^3) \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 55,29 \cdot 10^6} = 10,6 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

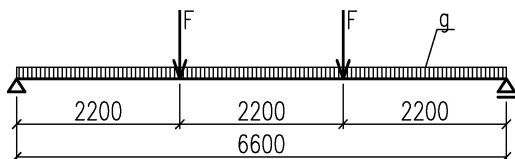
Průhyb vyhoví.

Profil IPE 160 vyhoví.

2.3.3 PRŮVLAK

Navrhne nejvíce zatížený vnitřní průvlak. Průvlak bude opět při betonáži podepřen.

Statické schéma



Zatížení

Při návrhu prvků stropní desky můžeme redukovat užité zatížení stejného původu redukčním součinitelem α_A :

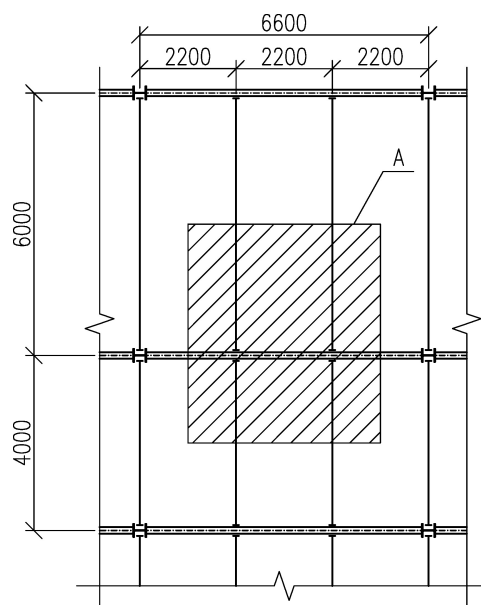
$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} = \frac{5}{7} 0,7 + \frac{10}{4,4 \cdot 5} = 0,95, \text{ přičemž}$$

$$0,6 \leq \alpha_A \leq 1,0$$

kde A - je zatěžovací plocha (viz obrázek)

A_0 - je referenční plocha 10 m^2

ψ_0 - kombinační součinitel je pro kancelářské plochy stanoven $\psi_0=0,7$ (viz [3])



Reakce z připojených stropnic:

$$F_{Ek} = ((3,63 + 2,5 \cdot 0,95 + 0,8) \cdot 2,2 + 0,16) \cdot \frac{6 + 4}{2} = 75,7 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((4,90 + 3,75 \cdot 0,95 + 1,2) \cdot 2,2 + 0,22) \cdot \frac{6 + 4}{2} = 107,4 \text{ kN}$$

kde hodnota 0,16 kN/m resp. 0,22 kN/m je charakteristická, resp. návrhová hodnota vlastní. tíhy stropnice.

Vlastní tíha průvlaku (odhad):

$$g_k = 0,4 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,4 \cdot 1,35 = 0,54 \text{ kN/m}$$

Reakce

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 107,4 + 0,54 \cdot 3,3 = 109,2 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = 107,4 \cdot 2,2 + \frac{1}{8} \cdot 0,54 \cdot 6,6^2 = 239,2 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355 za předpokladu, že by samotný ocelový profil měl přenést moment M_{Ed} .

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{239,2 \cdot 10^6}{355} = 673\,800 \text{ mm}^3$$

Profil ocelového nosníku zvolíme tak, aby přenesl menší moment než M_{Ed} . Celý moment M_{Ed} má totiž přenést ocelobetonový průřez.

Návrh: IPE 240

$$m = 30,7 \text{ kg/m}$$

$$A = 3\,912 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 366\,600 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 38,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 1\,914 \text{ mm}^2$$

třída 1 pro ohyb k ose y, S355

Skutečná tíha profilu je menší než odhad 0,4 kN/m, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení - mezní stav únosnosti

Posoudí se:

- momentová únosnost (pro průřezy třídy 1 a 2 plasticky)
- smyková únosnost
- spřažení

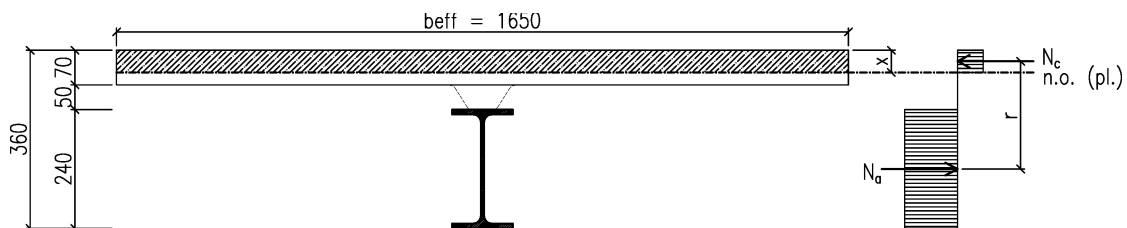
Plastická ohybová únosnost ocelobetonového průřezu

Účinná šířka desky:

$$b_{eff} = 2 b_{e1} = L/4 = 6600/4 = 1650 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < B = (6000 + 4000)/2 = 5000 \text{ mm (vzdálenost průvlaků)}$$

Předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce (viz obr.). Beton v žeburu nad ocelovým profilem ve výpočtu pro zjednodušení zanedbáme.



Rovnováha vnitřních sil:

$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = x b_{\text{eff}} f_{cd}$$

$$3912 \cdot 355 = x \cdot 1650 \cdot 14,17$$

$$x = \frac{3912 \cdot 355}{1650 \cdot 14,17} = 59,4 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \dots \text{předpoklad byl splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$r = \frac{240}{2} + 50 + 70 - \frac{59,4}{2} = 210,3 \text{ mm}$$

$$M_{pl,Rd} = N_a r = N_c r = 3912 \cdot 355 \cdot 210,3 = 292,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 292,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 239,2 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 1914 \cdot 355 / \sqrt{3} = 392,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 392,3 \text{ kN} > 2 V_{Ed} = 109,2 \cdot 2 = 218,4 \text{ kN}$$

⇒ jde o malý smyk, není třeba posuzovat interakci momentu se smykem

Profil IPE 240 na únosnost vyhoví.

Spřažení

Návrh: **Spřahovací trn 19/100** (stejný jako u stropnice)

Únosnost jednoho trnu v plné desce P_{Rd} je shodná jako u stropnice:

$$P_{Rd,\text{min}} = 65,3 \text{ kN}$$

Pro trn v žebrové desce s žebry rovnoběžnými s nosníkem se únosnost redukuje součinitelem k_ℓ :

$$k_\ell = 0,6 \frac{b_0}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \cdot \frac{84,5}{50} \left(\frac{100}{50} - 1 \right) = 1,01$$

$$k_\ell > 1,0, \text{ proto } k_\ell = 1,0$$

Veličiny byly vysvětleny v části 2.3.2. Únosnost trnu v žebru $P_{Rd} = 1,0 \cdot 65,3 = 65,3 \text{ kN}$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku je stejně jako u stropnice rovna síle ve spáře mezi ocelí a betonem vyplývající z plastického rozdělení napětí po průřezu, proto

$$F_{cf} = N_c = x \cdot b_{\text{eff}} \cdot f_{cd} = 59,4 \cdot 1650 \cdot 14,17 = 1388,8 \text{ kN}$$

Potřebný počet na jedné polovině nosníku:

$$N_f = \frac{F_{cf}}{P_{Rd}} = \frac{1388,8}{65,3} = 21,3 \Rightarrow 22 \text{ trnů}$$

$$\text{Vzdálenost trnů: } \frac{L/2}{N_f} = \frac{3300}{22} = 150 \text{ mm} > \text{min. vzdálenost trnů } 5 \cdot d = 5 \cdot 19 = 95 \text{ mm}$$

Návrh: trny 19/100 po 150 mm.

Poznámka: Stejně jako v kapitole 2.3.2 by bylo možné navrhnout neúplné spřažení.

Posouzení - mezní stav použitelnosti

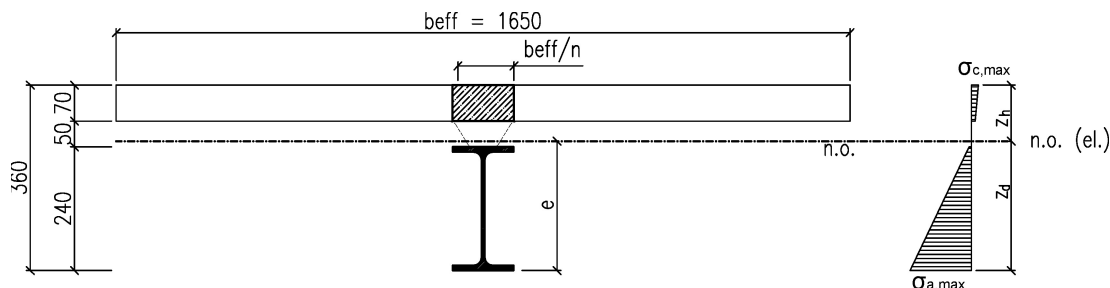
Posoudí se:

- pružné působení nosníku při provozním zatížení (součinitele zatížení $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$)
- průhyb

Veškeré zatížení přenáší spřažený ocelobetonový nosník.

Ohybový moment

$$M_{Ek} = 75,7 \cdot 2,2 + \frac{1}{8} \cdot 0,4 \cdot 6,6^2 = 168,7 \text{ kNm}$$



Parametry ideálního průřezu: $E_c' = 15500 \text{ MPa}$

$n = 13,55$ (stejně jako u stropnice)

Plocha ideálního průřezu

$$A_i = 3912 + 70 \cdot 1650/13,55 = 12436 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{3912 \cdot 120 + 70 \cdot 1650/13,55 \cdot (240 + 50 + 70/2)}{12436} = 260,5 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 38,92 \cdot 10^6 + 3912 \cdot (260,5 - 240/2)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{1650 \cdot 70^3}{12} + 1650 \cdot 70 \cdot (260,5 - 240 - 50 - 70/2)^2 \right) = 155,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu je v jeho spodních vláknech:

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{Ek}}{I_i} Z_d = \frac{168,7 \cdot 10^6}{155,1 \cdot 10^6} \cdot 260,5 = 283,3 \text{ MPa} < f_y = 355 \text{ MPa}$$

Největší napětí v betonové desce:

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{Ek}}{n I_i} Z_h = \frac{168,7 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 155,1 \cdot 10^6} \cdot (360 - 260,5) = 8,0 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 0,85 \cdot 25 = 21,3 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Průhyb od proměnného zatížení:

$$\delta_2 = \frac{23 F_k L^3}{648 E I_i} = \frac{23 \cdot 34,9 \cdot 10^3 \cdot 6600^3}{648 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 155,1 \cdot 10^6} = 10,9 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{6600}{400} = 16,5 \text{ mm}$$

$$\text{kde } F_k = (2,5 \cdot 0,95 + 0,8) \cdot 2,2 \cdot 5 = 34,9 \text{ kN}$$

Poznámka: Uvedený vztah platí pro zatížení dvěma shodnými silami ve třetinách rozpětí.

Průhyb vyhoví.

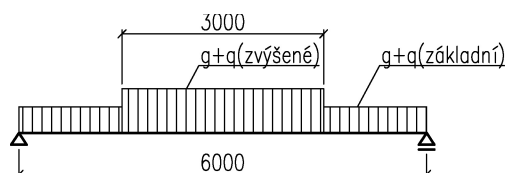
Profil IPE 240 vyhoví.

2.3.4 STROPNICE NEPODEPŘENÁ BĚHEM MONTÁŽE (ALTERNATIVNÍ NÁVRH)

Následující návrh a posouzení je uveden opět pro běžnou (vnitřní) stropnici traktu s větším rozpětím (6 m). Stropnice ale není podepřena při betonáži a musí být proto posouzena odděleně v montážním a v provozním stádiu.

Montážní stádium

Statické schéma



V montážním stádiu působí samotný ocelový profil. Zatížení je určeno podle odst. 2.2.1. Nejnejpříznivější poloha zvětšeného montážního zatížení je uprostřed rozpětí.

Zatěžovací šířka = vzdálenost stropnic = 2,2 m

Zatížení

Stálé

	g_k [kN/m]	γ_G	g_d [kN/m]
- betonová deska a trapézový plech $2,36 \cdot 2,2 = 5,19$ kN/m	5,19	1,35	7,01
- vlastní tíha nosníku (odhad)	0,25	1,35	0,38
celkem:	5,44	1,35	7,39

Proměnné

Proměnné montážní zatížení při betonáži	q_k [kN/m]	γ_Q	q_d [kN/m]
- rovnoměrné $0,75 \cdot 2,2 = 1,65$ kN/m	1,65	1,5	2,48
nebo			
- zvětšené $1,5 \cdot 2,2 = 3,3$ kN/m	3,30	1,5	4,95

Reakce

$$R_{Ed} = V_{Ed} = 7,39 \cdot \frac{6}{2} + (2,48 + 4,95) \cdot \frac{3}{2} = 33,3 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = 33,3 \cdot 3,0 - (7,39 + 2,48) \cdot \frac{3,0^2}{2} - 2,48 \cdot \frac{1,5^2}{2} = 52,7 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{\min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{52,7 \cdot 10^6}{355} = 148\,500 \text{ mm}^3$$

Návrh: IPE 180 $m = 18,8 \text{ kg/m}$
 $A = 2\,395 \text{ mm}^2$
 $W_y = 146 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $W_{pl,y} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $I_y = 13,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $A_{vz} = 1\,125 \text{ mm}^2$
třída 1 pro ohyb k ose y , S355

Skutečná tíha profilu je menší než odhad $0,25 \text{ kN/m}$, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 166\,400 \cdot 355 = 59,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 59,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 52,7 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 1125 \cdot 355 / \sqrt{3} = 230,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 230,6 \text{ kN} \gg V_{Ed} = 33,0 \text{ kN}$$

Mezní stav použitelnosti – průhyb

Průhyb se určí pouze od stálého zatížení, protože je podstatné, jaký průhyb zůstane po odstranění veškerého proměnného zatížení při betonáži.

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{g_k L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \frac{5,44 \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 13,17 \cdot 10^6} = 33,2 \text{ mm} > \frac{t_{deska}}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

Protože průhyb je větší než desetina tloušťky betonové desky (uvažujeme stejné kritérium jako pro plechy ztraceného bednění), musí se započítat vliv tzv. rybníkového efektu, čili zvětšení zatížení v důsledku větší tloušťky betonové desky.

Přidaná tloušťka betonové desky (uvažuje se pouze pro zvětšení zatížení, ne pro zvětšení únosnosti):

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 33,2 = 23,2 \text{ mm}$$

Přidané zatížení (uvažuje se i v dalších výpočtech):

$$\Delta q_k = \delta_0 B = 26 \text{ kN/m}^3 = 0,0232 \cdot 2,2 \cdot 26 = 1,33 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_G = 1,33 \cdot 1,35 = 1,79 \text{ kN/m}$$

Ohybový moment po započítání vlivu rybníkového efektu:

$$M_{Ed} = 52,7 + \frac{1}{8} \cdot 1,79 \cdot 6^2 = 60,8 \text{ kNm} > M_{pl,Rd} = 59,1 \text{ kNm}$$

Po započítání rybníkového efektu profil IPE 180 v montážním stádiu nevyhoví.

Profil IPE 180 v montážním stádiu nevyhoví.

Návrh: IPE 200 $m = 22,4 \text{ kg/m}$
 $A = 2\,848 \text{ mm}^2$
 $W_y = 194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $W_{pl,y} = 220,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
 $I_y = 19,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$A_{Vz} = 1\,400 \text{ mm}^2$$

třída 1 pro ohyb k ose y, S355

Skutečná tíha profilu je menší než odhad 0,25 kN/m, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 220\,600 \cdot 355 = 78,3 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 78,3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 52,7 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{Vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 1400 \cdot 355 / \sqrt{3} = 286,9 \cdot 10^3 \text{ N} = 286,9 \text{ kN} \gg V_{Ed} = 33,0 \text{ kN}$$

Mezní stav použitelnosti – průhyb

Průhyb od stálého zatížení.

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{g_k L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \frac{5,44 \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 19,43 \cdot 10^6} = 22,5 \text{ mm} > \frac{t_{deska}}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

Je třeba uvažovat rybníkový efekt.

Přidaná tloušťka betonové desky (zatížení):

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 22,5 = 15,8 \text{ mm}$$

Přidané zatížení (uvažuje se i v dalších výpočtech):

$$\Delta q_k = \delta_0 B = 26 \text{ kN/m}^3 = 0,0158 \cdot 2,2 \cdot 26 = 0,90 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_G = 0,892 \cdot 1,35 = 1,22 \text{ kN/m}$$

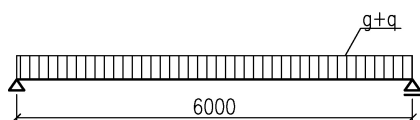
Ohybový moment po započítání vlivu rybníkového efektu:

$$M_{Ed} = 52,7 + \frac{1}{8} \cdot 1,22 \cdot 6^2 = 58,2 \text{ kNm} < M_{pl,Rd} = 78,3 \text{ kNm}$$

Profil IPE 200 v montážním stádiu vyhoví.

Provozní stádium

Statické schéma



Zatížení (podle odst. 2.2.1, včetně vlastní tíhy stropnice a vlivu rybníkového efektu):

$$g_k + q_k = (3,63 + 3,30) \cdot 2,2 + 0,25 + 0,90 = 16,40 \text{ kN/m} \text{ (kde } 0,25 \text{ kN/m je vlastní tíha nosníku)}$$

$$g_d + q_d = (4,90 + 4,95) \cdot 2,2 + 0,34 + 1,22 = 23,23 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 23,23 \cdot 6^2 = 104,5 \text{ kNm}$$

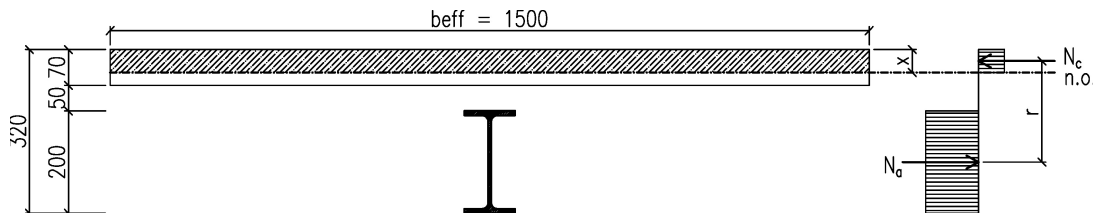
$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 23,23 \cdot 6 = 69,7 \text{ kN}$$

Posouzení - mezní stav únosnosti

Posoudí se:

- momentová únosnost (pro průřezy třídy 1 a 2 plasticky)
- smyková únosnost
- spřažení

Plastická ohybová únosnost ocelobetonového průřezu



Účinná šířka desky z kap. 2.3.2 $b_{\text{eff}} = 1500$ mm, beton uvažován taktéž C25/30.

Předpoklad: neutrální osa leží v betonové desce (viz obr.).

Rovnováha vnitřních sil:

$$N_a = N_c$$

$$A_a f_{yd} = x b_{\text{eff}} f_{cd}$$

$$2848 \cdot 355 = x \cdot 1500 \cdot 14,2$$

$$x = \frac{2848 \cdot 355}{1500 \cdot 14,2} = 47,5 \text{ mm} < 70 \text{ mm} \quad \dots \text{ předpoklad byl splněn}$$

Výpočet momentové únosnosti

$$r = \frac{200}{2} + 50 + 70 - \frac{47,5}{2} = 196,3 \text{ mm}$$

$$M_{\text{pl,Rd}} = N_a r = N_c r = 2848 \cdot 355 \cdot 196,3 = 198,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 198,5 \text{ kNm} > M_{\text{Ed}} = 104,5 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{\text{pl,Rd}} = 286,9 \text{ kN} \gg V_{\text{Ed}} = 69,7 \text{ kN} \quad (\text{únosnost IPE 200 byla stanovena již pro montážní stádium})$$

Profil IPE 200 na únosnost vyhoví.

Spřažení

Návrh: **Spřahovací trn 19/100** (stejný jako u stropnice)

Únosnost jednoho trnu P_{Rd} byla stanovena v návrhu podepřené stropnice:

$$P_{\text{Rd,min}} = 65,3 \text{ kN}, k_t = 0,85$$

$$P_{\text{Rd}} = 0,85 \cdot 65,3 = 55,5 \text{ kN}$$

Síla na spřažení na jedné polovině nosníku:

$$F_{\text{cf}} = N_c = N_a = 2848 \cdot 355 = 1011,0 \cdot 10^3 \text{ N} = 1\,011 \text{ kN}$$

Potřebný počet trnů na jedné polovině nosníku:

$$n_f = \frac{F_{\text{cf}}}{P_{\text{Rd}}} = \frac{1011}{55,5} = 18,2 \Rightarrow 19 \text{ trnů}$$

U plechu TR 50/250 lze na jedné polovině nosníku umístit max. $3000/250 = 12$ trnů. Použije se tzv. neúplné spřažení.

Při neúplném spřažení je třeba přenést sílu

$$F_c = \frac{M_{Ed} - M_{a,pl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{a,pl,Rd}} F_{cf} = \frac{104,5 - 78,3}{198,5 - 78,3} \cdot 1011 = 220,4 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_c}{P_{Rd}} = \frac{220,4}{55,5} = 4,0 \Rightarrow 4 \text{ trny}$$

Navržen spřahovací trn 19/100 v každém druhém žebru.

Posouzení - mezní stav použitelnosti

Posoudí se:

- pružné působení nosníku při provozním zatížení
- průhyb

V mezním stavu použitelnosti se projeví vliv postupu montáže. Stropnice nebude při montáži podepřena. Zatížení je proto třeba rozdělit na část, která působí na ocelový nosník dřívě, než beton zatvrdne (tj. montážní zatížení), a na ostatní zatížení působící na ocelobetonový průřez po zatvrdnutí betonu.

Montážní zatížení:

- | | |
|---------------------------|-----------|
| - stálé | 5,44 kN/m |
| - vliv rybníkového efektu | 0,90 kN/m |

$$q_0 = 6,34 \text{ kN/m}$$

Poznámka: V montážním stádiu jsme uvažovali zatížení čerstvým betonem (26 kN/m³). V provozním stádiu lze tíhu zatvrdlého betonu uvažovat hodnotou 25 kN/m³. V našem případě rozdíl v zatížení konzervativně zanedbáme.

Provozní zatížení:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| - nášlapná vrstva | 1,20 kN/m ² |
| - podhled | 0,15 kN/m ² |
| - užitné | 2,50 kN/m ² |
| - přemístitelné příčky | 0,80 kN/m ² |

$$4,65 \text{ kN/m}^2$$

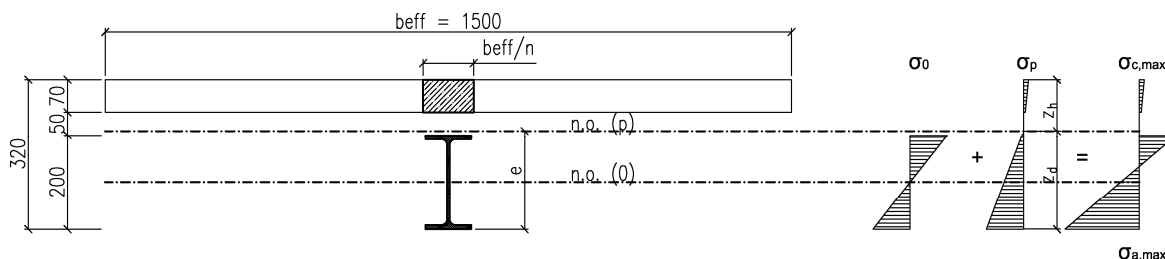
$$q_p = 4,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,2 \text{ m} = 10,23 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_0 = \frac{1}{8} \cdot 6,34 \cdot 6^2 = 28,5 \text{ kNm}$$

$$M_p = \frac{1}{8} \cdot 10,23 \cdot 6^2 = 46,0 \text{ kNm}$$

Dále je třeba určit ideální průřez ocelobetonového nosníku pro pružné působení. Parametry ideálního průřezu a celkový průběh napětí jsou patrné z obrázku.



Modul pružnosti betonu s vlivem dotvarování a smršťování

$$E_c' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E_c'} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

Plocha ideálního průřezu

$$A_f = 2848 + 70 \cdot 1500/13,55 = 10\,597 \text{ mm}^2$$

Těžiště ideálního průřezu

$$e = \frac{2848 \cdot 100 + 70 \cdot 1500/13,55 \cdot (200 + 50 + 70/2)}{10\,597} = 235,3 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = 19,43 \cdot 10^6 + 2848 \cdot (235,3 - 200/2)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{1500 \cdot 70^3}{12} + 1500 \cdot 70 \cdot (235,3 - 200 - 50 - 70/2)^2 \right) = 99,25 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Největší napětí v ocelovém profilu je v jeho spodních vláknech (viz obrázek výše):

$$\sigma_{a,max} = \sigma_0 + \sigma_p = \frac{M_0}{W_y} + \frac{M_p}{I_i} z_d = \frac{28,5 \cdot 10^6}{194000} + \frac{46,0 \cdot 10^6}{96,25 \cdot 10^6} \cdot 235,3 = 146,9 + 112,5 = 259,4 \text{ MPa} < f_y = 355 \text{ MPa}$$

Největší napětí v betonové desce:

$$\sigma_{c,max} = \frac{M_p}{n I_i} z_h = \frac{46,0 \cdot 10^6}{13,55 \cdot 96,25 \cdot 10^6} \cdot (320 - 235,3) = 3,0 \text{ MPa} < 0,85 f_{ck} = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

Nosník při provozním zatížení působí pružně.

Průhyb od proměnného zatížení (zatížení užitné a přemístitelnými příčkami):

$$\delta_2 = \frac{5 q_k L^4}{384 E I_i} = \frac{5 (3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2200) \cdot 6000^4}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 96,25 \cdot 10^6} = 6,1 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

Průhyb vyhoví.

Profil IPE 200 vyhoví.

2.3.5 NESPŘAŽENÁ STROPNICE (ALTERNATIVNÍ NÁVRH)

V další alternativě ukážeme návrh prvků stropu (stropnice i průvlaku) bez spřažení s betonovou deskou. Konstrukčně se systém liší pouze tím, že na nosník nejsou umístěny spřahovací trny. Trapézový plech je k horním pásnicím nosníků připojen pomocí šroubů do plechu.

Skladba stropní konstrukce je shodná se skladbou spřažených nosníků.

Stropnice při betonáži není podepřena. Proto budeme opět uvažovat možný rybníkový efekt a jeho vliv na zvýšení zatížení.

Montážní stálé zatížení:

$$q_k = 2,36 \cdot 2,2 + 0,5 = 5,69 \text{ kN/m (kde } 0,5 \text{ kN/m je odhad vlastní tíhy nosníku)}$$

$$q_d = 5,69 \cdot 1,35 = 7,68 \text{ kN/m}$$

Celkové zatížení:

$$q_k = (3,63 + 3,30) \cdot 2,2 + 0,5 = 15,75 \text{ kN/m}$$

$$q_d = (4,90 + 4,95) \cdot 2,2 + 0,5 \cdot 1,35 = 22,35 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 22,35 \cdot 6^2 = 100,6 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 22,35 \cdot 6 = 67,1 \text{ kN}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{100,6 \cdot 10^6}{355} = 283\,300 \text{ mm}^3$$

Potřebný moment setrvačnosti pro splnění mezního průhybu od proměnného zatížení (z podmínky $\delta_2 \leq L/250$):

$$I_y = \frac{5}{384} \frac{q_k L^4}{E L/250} = \frac{5}{384} \frac{(3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2200) \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 6000/250} = 24,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh: IPE 220

$$m = 26,2 \text{ kg/m}$$

$$W_{pl,y} = 285\,400 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 27,72 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 1\,588 \text{ mm}^2$$

třída 1 pro ohyb k ose y, S355

Skutečná tíha profilu je menší než odhad 0,5 kN/m, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení:

Průhyb od montážního stálého zatížení:

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{q_k L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \frac{5,69 \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 27,72 \cdot 10^6} = 16,5 \text{ mm} > \frac{t_{deska}}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

→ musí se započítat vliv rybníkového efektu. Zatížení v důsledku větší tloušťky betonové desky uvažujeme přidanou tloušťkou betonové desky:

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 16,5 = 11,6 \text{ mm}$$

Přidané zatížení (uvažuje se i v dalších výpočtech):

$$\Delta q_k = \delta_0 \cdot B \cdot 26 \text{ kN/m}^3 = 0,0116 \cdot 2,2 \cdot 26 = 0,66 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_G = 0,66 \cdot 1,35 = 0,89 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly po započítání vlivu rybníkového efektu:

$$M_{Ed} = 100,6 + \frac{1}{8} \cdot 0,89 \cdot 6^2 = 104,6 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 67,1 + \frac{1}{2} \cdot 0,89 \cdot 6 = 69,8 \text{ kN}$$

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 285\,400 \cdot 355 = 101,3 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 101,3 \text{ kNm} < M_{Ed} = 104,6 \text{ kNm}$$

Profil IPE 220 nevyhoví.

Návrh: IPE 240

$$m = 30,7 \text{ kg/m}$$

$$W_{pl,y} = 366\,600 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 38,92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 1\,914 \text{ mm}^2$$

třída 1 pro ohyb k ose y, S355

Skutečná tíha profilu je menší než odhad 0,5 kN/m, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení:

Průhyb od montážního stálého zatížení:

$$\delta = \frac{5 q_k L^4}{384 E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,69 \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 38,92 \cdot 10^6} = 11,7 \text{ mm} > \frac{t_{deska}}{10} = \frac{87}{10} = 8,7 \text{ mm}$$

→ musí se započítat vliv rybníkového efektu. Zatížení v důsledku větší tloušťky betonové desky uvažujeme přidanou tloušťkou betonové desky:

$$\delta_0 = 0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 11,7 = 8,2 \text{ mm}$$

Přidané zatížení (uvažuje se i v dalších výpočtech):

$$\Delta q_k = \delta_0 B 26 \text{ kN/m}^3 = 0,0082 \cdot 2,2 \cdot 26 = 0,47 \text{ kN/m}$$

$$\Delta q_d = \Delta q_k \cdot \gamma_G = 0,47 \cdot 1,35 = 0,63 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly po započítání vlivu rybníkového efektu:

$$M_{Ed} = 100,6 + \frac{1}{8} \cdot 0,63 \cdot 6^2 = 103,4 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 67,1 + \frac{1}{2} \cdot 0,63 \cdot 6 = 69,0 \text{ kN}$$

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 366\,600 \cdot 355 = 130,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 130,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 103,4 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 1914 \cdot 355 / \sqrt{3} = 392,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 392,3 \text{ kN} > V_{Ed} = 69,0 \text{ kN}$$

Profil IPE 240 na únosnost vyhoví.

Mezní stav použitelnosti – průhyb od proměnného zatížení

$$\delta_2 = \frac{5 q_k L^4}{384 E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(3,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2200) \cdot 6000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 38,92 \cdot 10^6} = 15,0 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

Průhyb vyhoví.

Profil IPE 240 vyhoví.

2.3.6 NESPŘAŽENÝ PRŮVLAK (ALTERNATIVNÍ NÁVRH)

Průvlak je během betonáže podepřen.

Stejně jako při návrhu spřaženého průvlaku (kap. 2.3.3) redukuje se užité zatížení stejného původu součinitelem α_A :

$$\alpha_A = 0,95$$

Reakce z připojených stropnic:

$$F_{Ek} = ((3,63 + 2,5 \cdot 0,95 + 0,8) \cdot 2,2 + 0,31 + 0,47) \cdot \frac{6+4}{2} = 78,8 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((4,9 + 3,75 \cdot 0,95 + 1,2) \cdot 2,2 + 0,42 + 0,63) \cdot \frac{6+4}{2} = 111,5 \text{ kN}$$

kde hodnota 0,31 kN/m resp. 0,42 kN/m je charakteristická, resp. návrhová hodnota vlastní tíhy stropnice a 0,47 kN/m resp. 0,63 kN/m přidané zatížení vlivem rybníkového efektu.

Vlastní tíha nosníku (odhad):

$$g_{Ek} = 0,60 \text{ kN/m}$$

$$g_{Ed} = 0,60 \cdot 1,35 = 0,81 \text{ kN/m}$$

Vnitřní síly:

$$\text{Reakce} \quad R_{Ed} = V_{Ed} = 111,5 + 0,81 \cdot 3,3 = 114,1 \text{ kN}$$

$$\text{Ohybový moment} \quad M_{Ed} = 111,5 \cdot 2,2 + \frac{1}{8} \cdot 0,81 \cdot 6,6^2 = 249,7 \text{ kNm}$$

Potřebný průřezový modul pro ocel S355:

$$W_{\min} = \frac{M_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{249,7 \cdot 10^6}{355} = 703,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Potřebný moment setrvačnosti (z podmínky mezního průhybu od proměnného zatížení $\delta_2 = L/250$):

$$I_y = \frac{23}{648} \frac{F_k L^3}{E L/250} = \frac{23}{648} \frac{34,9 \cdot 10^3 \cdot 6600^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 6600/400} = 102,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\text{kde } F_k = (2,5 \cdot 0,95 + 0,8) \cdot 2,2 \cdot 5 = 34,9 \text{ kN}$$

Návrh: IPE 330

$$m = 49,1 \text{ kg/m}$$

$$W_{pl,y} = 804,3 \text{ mm}^3$$

$$I_y = 117,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz} = 3081 \text{ mm}^2$$

třída 1 pro ohyb k ose y, S355

Skutečná tíha profilu je menší než odhad 0,6 kN/m, není proto nutné přepočítávat zatížení.

Posouzení:

Momentová únosnost

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 804300 \cdot 355 = 285,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 285,5 \text{ kNm} > M_{Ed} = 248,4 \text{ kNm}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 3\,081 \cdot 355 / \sqrt{3} = 631,5 \cdot 10^3 \text{ N} = 631,5 \text{ kN} > 2 V_{Ed} = 2 \cdot 113,6 = 227,2 \text{ kN}$$

⇒ jde o malý smyk, není třeba posuzovat interakci momentu se smykem

Profil IPE 330 na únosnost vyhoví.

Mezní stav použitelnosti – průhyb od proměnného zatížení

$$\delta_2 = \frac{23}{648} \frac{F_{Ek} L^3}{E I_y} = \frac{23}{648} \frac{34,9 \cdot 10^3 \cdot 6600^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 117,7 \cdot 10^6} = 14,4 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{6600}{400} = 16,5 \text{ mm}$$

Průhyb vyhoví.

Profil IPE 330 vyhoví.

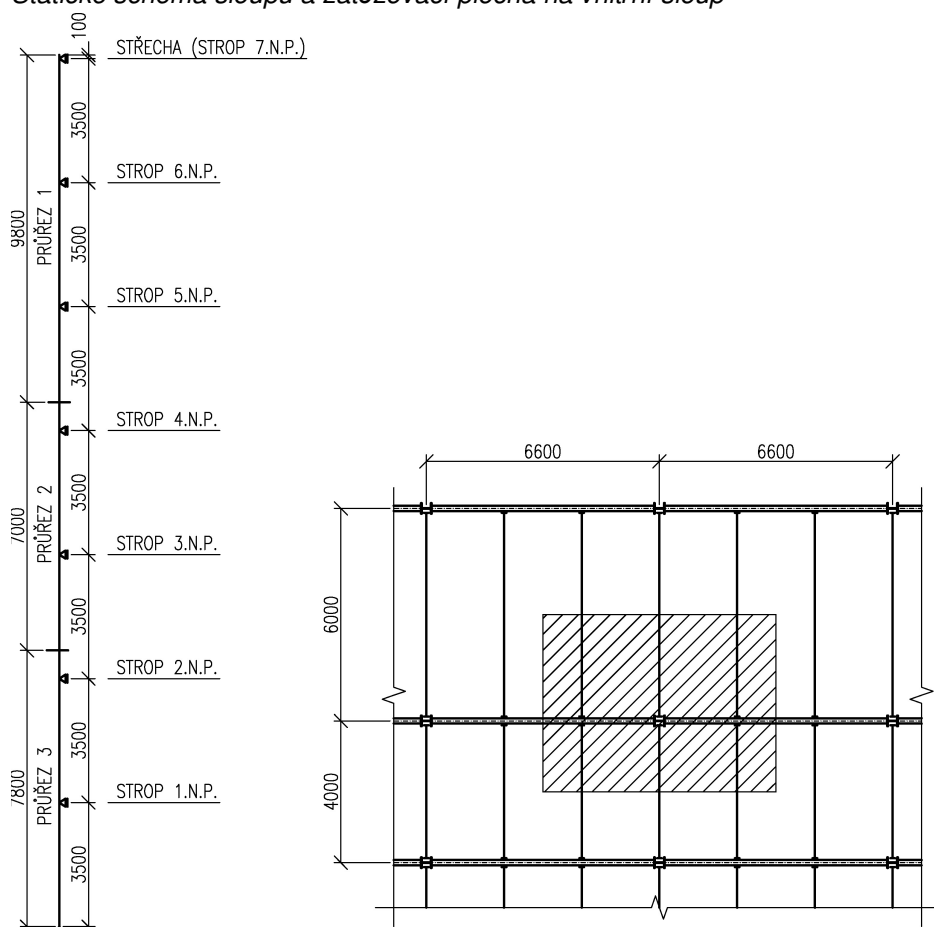
Je vidět, že spřažením lze dosáhnout snížení hmotnosti ocelové konstrukce. V tomto případě:

- stropnice IPE 240 bez spřažení ⇒ IPE 200 se spřažením (úspora 50 kg na nosník za cenu 25 trnů)
- průvlek IPE 330 bez spřažení ⇒ IPE 240 se spřažením (úspora 121 kg na nosník za cenu 51 trnů)

Nezanedbatelná je také zpravidla rezerva únosnosti a vyšší tuhost spřaženého průřezu v provozním stádiu.

2.4 SLOUP

Statické schéma sloupu a zatěžovací plocha na vnitřní sloup



Sloup je rozdělen po výšce na tři montážní díly podle schématu. Průřez bude po výšce odstupňován. Montážní styk je umístěn 540 mm nad podlahou.

Sloup je namáhán centrickým tlakem. Malé ohybové momenty mohou vzniknout pouze od excentricit svislých sil při nestejných reakcích stropních nosníků připojených na pásnice sloupu. V našem případě jsou připojené průvlaky stejně dlouhé, nestejně dlouhé stropnice jsou připojeny bez excentricit na stojinu sloupu. Ohyb může na sloupu nastat pouze při vystřídáném proměnném zatížení. Vystřídané proměnné zatížení však vede k menší tlakové síle a taková kombinace zatížení obvykle není rozhodující. Sloupy proto posoudíme pouze na centrický tlak při kombinaci zatížení s plným nahodilým zatížením.

2.4.1 ZATÍŽENÍ SLOUPU

$$\text{Zatěžovací plocha } A = 6,6 \cdot \frac{6+4}{2} = 33,0 \text{ m}^2$$

a) Strop běžného podlaží (1. až 6. NP)

Stálé

		F_{Ek} [kN]	γ_G	F_{Ed} [kN]
- základní tíha stropu	$3,63 \text{ kN/m}^2 \cdot 33,0 \text{ m}^2$	119,8	1,35	161,7
=				
- stropnice a průvlaky	$0,25 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m} \cdot 3 + 0,4 \text{ kN/m} \cdot 6,6 \text{ m} =$	6,4	1,35	8,7
celkem:		126,2	1,35	170,4

Proměnné

		F_{Ek} [kN]	γ_Q	F_{Ed} [kN]
- užité zatížení	$2,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 33,0 \text{ m}^2 =$	82,5	1,5	123,8
- přemístitelné přičky	$0,8 \text{ kN/m}^2 \cdot 33,0 \text{ m}^2 =$	26,4	1,5	39,6

Pokud je užité zatížení v rozhodující kombinaci dominantní, lze použít redukci z počtu stropů. Redukce se stanoví jako:

$$\alpha_n = \frac{2 + (n-2) \cdot \psi_0}{n}, \quad \alpha_n \leq 1,0$$

kde n - je počet podlaží stejné užité kategorie nad posuzovaným průřezem,

ψ_0 - kombinační součinitel je pro kancelářské plochy stanoven $\psi_0=0,7$

Poznámka: Součinitel α_n nelze použít zároveň s redukčním součinitelem z plochy α_A ani kombinačním součinitelem ψ_i pro další zatížení v kombinaci.

Pro průřez 1 je návrhové užité zatížení z jednoho podlaží:

$$F_{Q1,Ed} = \frac{2 + (2-2) \cdot 0,7}{2} \cdot 123,8 = 1,0 \cdot 123,8 = 123,8 \text{ kN}$$

Pro průřez 2 je návrhové užité zatížení z jednoho podlaží:

$$F_{Q2,Ed} = \frac{2 + (4-2) \cdot 0,7}{4} \cdot 123,8 = 0,85 \cdot 123,8 = 105,2 \text{ kN}$$

Pro průřez 3 je návrhové užité zatížení z jednoho podlaží:

$$F_{Q3,Ed} = \frac{2 + (6-2) \cdot 0,7}{6} \cdot 123,8 = 0,80 \cdot 123,8 = 99,0 \text{ kN}$$

b) Střecha (7. NP)

Stálé

		F_{Ek} [kN]	γ_G	F_{Ed} [kN]
-	základní tíha střechy	$5,03 \text{ kN/m}^2 \cdot 33 \text{ m}^2 =$	1,35	224,1
-	stropnice a průvlaky uvažujeme odhadem	10,0	1,35	13,5
celkem:		176,0	1,35	237,6

Proměnné

Rozhodující v kombinaci pro maximální sílu ve sloupu je zatížení sněhem. Užité zatížení pro nepochozí střechu se uvažuje hodnotou $0,75 \text{ kN/m}^2$. V kombinaci, pro kterou není dominantním zatížením (uvedený příklad) se ale neuvažuje (resp. kombinační součinitel $\psi_0=0$).

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2 \cdot 33,0 \text{ m}^2 = 26,4 \text{ kN}$$

$$s_d = 26,4 \cdot 1,5 = 39,6 \text{ kN}$$

Síla v posuzovaných průřezích sloupu

Pro návrh průřezu 1 je rozhodující kombinace, ve které se jako dominantní (neredukované) proměnné zatížení uvažuje zatížení užité. Zatížení přemístitelnými příčkami se neredukuje. Průměrnou hmotnost sloupu g_k odhadneme $0,6 \text{ kN/m}$ ($g_d = 0,8 \text{ kN/m}$).

Symbolický zápis kombinace:

$$\sum_{j=1}^n G_{d,j} + Q_{d,1} + \sum_{i=2}^n Q_{d,i} \cdot \psi_{0,i}$$

$$N_{1,Ed} = 0,8 \text{ kN/m} \cdot 3 \cdot 3,5 \text{ m} + 2 \cdot (170,4 + 123,8 + 39,6) + 237,6 + 39,6 \cdot 0,5 = 933,4 \text{ kN}$$

Vzhledem k tomu, že užité zatížení není redukováno ($\alpha_n=1,0$), lze použít redukční součinitel pro zatížení sněhem $\psi_0 = 0,5$.

Pro návrh průřezu 2 je rozhodující kombinace, ve které je použita redukce z počtu stropů ($\alpha_n < 1,0$). Zatížení sněhem je pak nezbytné uvažovat plně.

$$N_{2,Ed} = 0,8 \text{ kN/m} \cdot 5 \cdot 3,5 \text{ m} + 4 \cdot (170,4 + 105,2 + 39,6) + 237,6 + 39,6 = 1552,0 \text{ kN}$$

Pro návrh průřezu 3 je použita stejná kombinace jako pro průřez 2.

$$N_{3,Ed} = 0,8 \text{ kN/m} \cdot 7 \cdot 3,5 \text{ m} + 6 \cdot (170,4 + 99,0 + 39,6) + 237,6 + 39,6 = 2150,8 \text{ kN}$$

2.4.2 NÁVRH SLOUPU

Návrh průřezu 1: HEB 180 $m = 51,2 \text{ kg/m}$
 $A = 6\,525 \text{ mm}^2$
 $I_y = 38,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 13,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
třída 1 pro tlak, S355

Posouzení:

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m (konstrukční výška podlaží, viz statické schéma výše)}$$

Je zřejmé, že při stejné vzpěrné délce k oběma osám bude rozhodovat vybočení k ose z (menší moment setrvačnosti a nepříznivější křivka vzpěrné pevnosti).

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 13,63 \cdot 10^6}{3500^2} = 2\,303,8 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

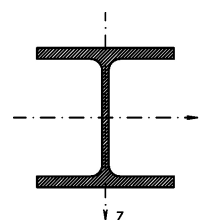
$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{6525 \cdot 355}{2303,8 \cdot 10^3}} = 1,000$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,540 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti } c$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,540 \cdot 6525 \cdot 355 = 1250,8 \cdot 10^3 \text{ N} = 1250,8 \text{ kN} > N_{1,Ed} = 933,4 \text{ kN}$$



Průřez 1 vyhoví.

Návrh průřezu 2: HEB 200 $m = 61,3 \text{ kg/m}$
 $A = 7\,808 \text{ mm}^2$
 $I_y = 57,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 20,03 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
třída 1 pro tlak, S355

Posouzení:

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 20,03 \cdot 10^6}{3500^2} = 3\,385,50 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{7\,808 \cdot 355}{3\,385,50 \cdot 10^3}} = 0,905$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,598 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti } c$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,598 \cdot 7\,808 \cdot 355 = 1657,56 \cdot 10^3 \text{ N} = 1657,56 \text{ kN} > N_{2,Ed} = 1552,0 \text{ kN}$$

Průřez 2 vyhoví.

Návrh průřezu 3: HEB 240 $m = 83,2 \text{ kg/m}$
 $A = 10\,600 \text{ mm}^2$
 $I_y = 112,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 39,23 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
třída 1 pro tlak, S355

Posouzení:

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 39,23 \cdot 10^6}{3500^2} = 6\,630,7 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{10600 \cdot 355}{6\,630,7 \cdot 10^3}} = 0,753$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,691 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti } c$$

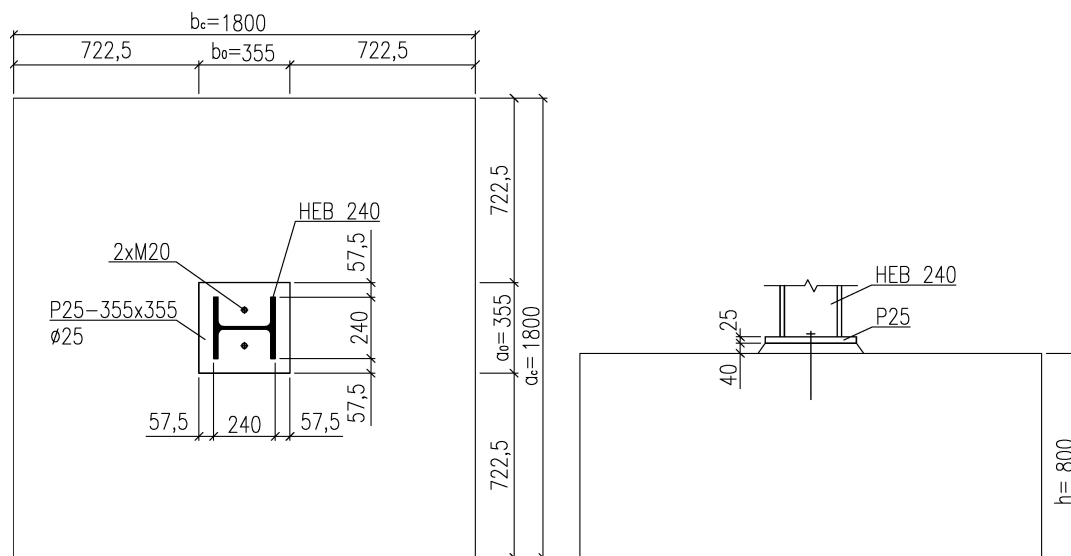
Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,691 \cdot 10\,600 \cdot 355 = 2600,23 \cdot 10^3 \text{ N} = 2600,23 \text{ kN} > N_{3,Ed} = 2150,8 \text{ kN}$$

Průřez 3 vyhoví.

Sloup vyhoví.

2.4.3 PATKA SLOUPU



Patky skeletu jsou navrženy jako kloubové z nevyztuženého patního plechu a přenášejí pouze svislé zatížení. Kotevní šrouby jsou navrženy lepené 2xM20.

Betonová patka má rozměry $a_c=1,8 \text{ m} \times b_c=1,8 \text{ m} \times h=0,8 \text{ m}$.

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = (3 \cdot 355, 355 + 800, 1800) = 1065 \text{ mm}$$

$$b_1 = a_1 = 1065 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

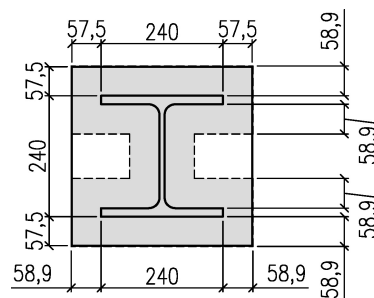
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1065 \cdot 1065}{355 \cdot 355}} = 3,0$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_C} = \frac{2}{3} \cdot \frac{3,0 \cdot 16}{1,5} = 21,33 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 21,33}} = 58,9 \text{ mm}$$



Účinná plocha patní desky se stanoví rozšířením profilu o účinnou šířku patní desky. V našem případě účinná šířka přesahuje rozměr ocelové patky a nemůže být započítána plně (58,9 mm > 57,5 mm).

Účinná plocha (stanovena graficky – viz vyšrafovaná plocha na obrázku)

$$A_{\text{eff}} = 105\,986 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky (síla v patce je shodná se silou pro posouzení průřezu 3)

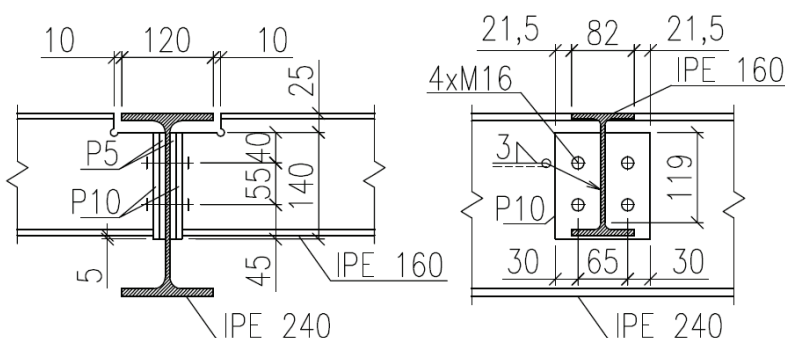
$$N_{\text{Rd}} = A_{\text{eff}} \cdot f_{jd} = 105986 \cdot 21,33 \cdot 10^{-3} = 2\,260,1 \text{ kN} > N_{3,\text{Ed}} = 2150,8 \text{ kN}$$

Patka vyhoví.

2.5 PŘÍPOJE STROPNÍCH NOSNÍKŮ

Všechny přípoje jsou provedeny s čelní deskou a nepřenáší moment, použity jsou šrouby jakosti 5.6. Je-li to z hlediska montáže nezbytné, je pod čelní deskou navržena nenosná podložka (v tomto případě plech P5 – nepříznivý vliv nenosné vložky na únosnost přípoje není pro jednoduchost uvažován).

2.5.1 PŘÍPOJ STROPNICE NA PRŮVLAK



Reakce z navržené stropnice: $R_{1,\text{Ed}} = 66,0 \text{ kN}$

Reakce z druhé (kratší) připojené stropnice: $R_{2,\text{Ed}} = 66,0 \cdot 4/6 = 44,0 \text{ kN}$

Návrh šroubů: M16 5.6

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,\text{Rd}} = 37,7 \text{ kN}$ (jedna střížná plocha, závit po celé délce šroubu)

Únosnost šroubu na otláčení: $F_{b,\text{Rd}} = 116,1 \text{ kN}$ (pro $t = 10 \text{ mm}$, S355, doporučené rozteče, viz schéma)

Potřebný počet šroubů:

$$\text{- stříh} \quad \frac{R_{\text{Ed}}}{F_{v,\text{Rd}}} = \frac{66,0}{37,7} = 1,8$$

(uvažujeme větší ze dvou reakcí)

- otláčení - čelní deska tl. 10 mm, zatížená jednou stropnicí
- stojina průvlatku tl. 6,2 mm, zatížená dvěma stropnicemi ... rozhoduje

$$\frac{R_{1,\text{Ed}} + R_{2,\text{Ed}}}{F_{b,\text{Rd}}} = \frac{66,0 + 44,0}{0,62 \cdot 116,1} = 1,53$$

Návrh: 4 šrouby M16 5.6.

Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka $L_{we} = 119$ mm

(uvažujeme pouze svar na stojině)

$$\text{Návrhová pevnost } f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,5 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 \cdot 3 \cdot 119 \cdot 251,5 = 179,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 179,6 \text{ kN} > R_{Ed} = 66,0 \text{ kN}$$

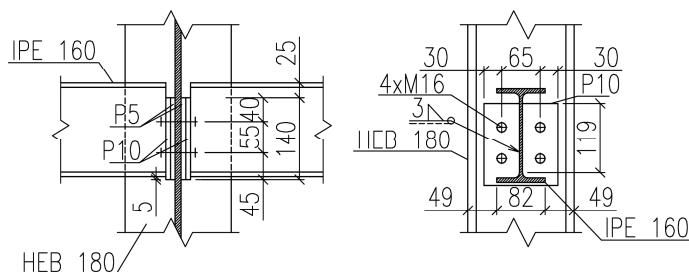
Smyková únosnost oslabeného průřezu stropnice

$$A_{vz} = t_w L_{we} = 5,0 \cdot 119 = 595 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 595 \cdot 355 / \sqrt{3} = 122,0 \cdot 10^3 \text{ N} = 122,0 \text{ kN} > R_{Ed} = 66,0 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví.

2.5.2 PŘÍPOJ STROPNICE NA SLOUP



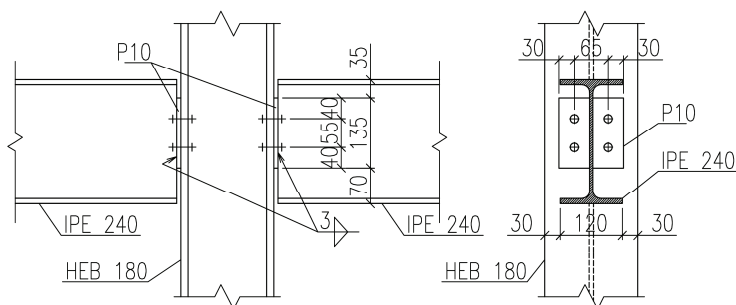
Přípoj bude proveden stejně jako přípoj na průvlak. Konstrukčně se ale přípoj průvlaku navrhuje robustnější, než je přípoj stropnice (zde není). Při posouzení se liší pouze únosnost šroubu na otláčení stojiny sloupu:

Tloušťka stojiny HEB 180 $t_w = 8,5$ mm (uvažujeme nejmenší navržený průřez sloupu)

$$\frac{R_{1,Ed} + R_{2,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{66,0 + 44,0}{0,85 \cdot 116,1} = 1,01$$

Návrh: 4 šrouby M16 5.6.

2.5.3 PŘÍPOJ PRŮVLAKU NA SLOUP



Reakce průvlaku: $R_{Ed} = 66,0 + 44,0 + 0,31 \cdot 1,35 \cdot 6,6 / 2 = 111,4$ kN
(kde 0,31 kN/m je vlastní tíha průvlaku; zatěžovací plocha proměnného zatížení $A = 11 \text{ m}^2 < A_0 = 20 \text{ m}^2$, redukce α_A proto nelze použít)

Návrh šroubů: M16 5.6

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,Rd} = 37,7$ kN (jedna střížná plocha, závit po celé délce šroubu)

Únosnost šroubu na otláčení: $F_{b,Rd} = 116,1$ kN (pro $t=10$ mm, S355, doporučené rozteče)

Potřebný počet šroubů:

- střih $\frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{111,4}{37,7} = 3,0$

- otláčení - čelní deska tl. 10 mm, zatížená jedním průvlakem ... rozhoduje
- pásnice sloupu HEB 180 $t_f = 14$ mm, zatížená jedním průvlakem

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{111,4}{1,0 \cdot 116,1} = 0,96$$

Návrh: 4 šrouby M16 5.6.

Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 3 mm, délka $L_{we} = 135$ mm

$$\text{Návrhová pevnost } f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,5 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 \cdot 3 \cdot 135 \cdot 251,5 = 203,7 \cdot 10^3 \text{ N} = 203,7 \text{ kN} > R_{Ed} = 111,4 \text{ kN}$$

Smyková únosnost oslabeného průřezu průvlaku

$$A_{vz} = t_w L_{we} = 6,6 \cdot 135 = 891 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 891 \cdot 355 / \sqrt{3} = 182,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 182,6 \text{ kN} > R_{Ed} = 111,4 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví.

2.6 ZTUŽIDLO

Zde ukážeme pouze návrh ztužidel v příčném směru, návrh ztužidel v podélném směru není uveden.

Pro přenos vodorovného zatížení v příčném směru (tj. kolmo na délku budovy) je navrženo šest symetricky umístěných příhradových ztužidel. Tato ztužidla přenášejí do základů zatížení větrem působícího na budovu a vodorovné síly vyvozené rámovými imperfekcemi sloupů vestavby.

K zajištění prostorové tuhosti konstrukce je současně nutné, aby jednotlivé stropní desky byly ve své rovině tuhé a tudíž schopné přenést zatížení z libovolného místa stropu do svislých ztužidel. Betonová stropní deska běžného podlaží i střechy tuto podmínku splňuje.

2.6.1 ZATÍŽENÍ ZTUŽIDLA

Zatížení ztužidel větrem (viz kap. 2.2.3)

Návětrná stěna: $w_{e,D} = 0,56 \text{ kN/m}^2$ (tlak větru)

Závětrná stěna: $w_{e,E} = -0,38 \text{ kN/m}^2$ (sání větru)

Celkový účinek větru na budovu: $q_{wk} = 0,56 + 0,38 = 0,96 \text{ kN/m}^2$

Celková délka objektu (zatěžovací šířka): 53,4 m

Zatěžovací výšky pro jednotlivé výškové úrovně:

první podlaží: $3,5 / 2 = 1,75 \text{ m}$ $F_{w1,k} = 0,96 \cdot 53,4 \cdot 1,75 = 89,7 \text{ kN}$

běžné podlaží: $3,5 \text{ m}$ $F_{w2,k} = 0,96 \cdot 53,4 \cdot 3,5 = 179,4 \text{ kN}$

střecha: $3,5/2 + 0,6 = 2,35 \text{ m}$ $F_{w3,k} = 0,96 \cdot 53,4 \cdot 2,35 = 120,5 \text{ kN}$

Zatížení ztužidel rámovými imperfekcemi

Naklonění soustavy od výroby a montáže je dáno úhlem

$$\phi = \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \phi_0$$

kde $\phi_0 = 1/200$,

- redukční součinitel pro počet sloupů m v řadě:

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0,79$$

kde m je počet sloupů posuzované vazby zatížené alespoň 50 % průměrné síly ve sloupu. Zjednodušeným porovnáním zatěžovacích ploch zjistíme, že lze uvažovat všechny čtyři sloupy vazby, neboť i zatěžovací plocha krajního sloupu $A_{\text{sloup}} = 3 \cdot 6,6 = 19,8 \text{ m}^2 > 0,5 \cdot A_{\text{průměr}} = 0,5 \cdot 6,6 \cdot (2 \cdot 6 + 4) / 4 = 13,2 \text{ m}^2$.

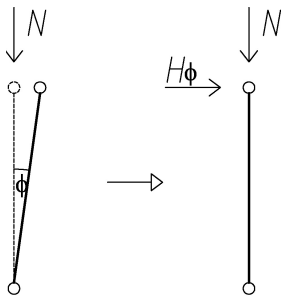
- redukční součinitel pro výšku h :

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{24,5}} = 0,40; \quad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

kde h je výška budovy od paty sloupu po střešní nosník. Vzhledem k dolnímu omezení redukčního součinitele je nutné pro výpočet uvažovat $\alpha_h = 2/3$.

Počáteční natočení sloupů je tedy $\phi = \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \phi_0 = 2/3 \cdot 0,79 \cdot 1/200 = 2,63 \cdot 10^{-3}$.

Do výpočtu lze vliv natočení sloupů zavést pomocí ekvivalentních vodorovných sil $H_\phi = \phi \sum N$ (viz obr.), působících v úrovni příslušných podlaží.



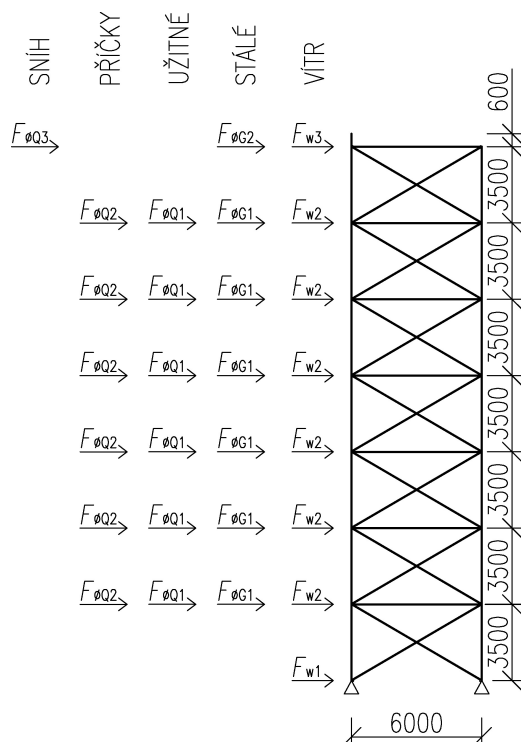
Svislé zatížení stropů (vycházíme z dílčích hodnot vypočtených při zatížení sloupu – část 2.4.2, vlastní tíha sloupu a tíha obvodového pláště jsou zanedbány):

- stálé, strop běžného podlaží $\frac{126,2}{33} \cdot 52,8 \cdot 16 = 3231 \text{ kN}$
- stálé, střecha $\frac{176,0}{33} \cdot 52,8 \cdot 16 = 4505 \text{ kN}$
- nahodilé, užité - strop běžného p. $2,5 \cdot 52,8 \cdot 16 = 2112 \text{ kN}$
- nahodilé, příčky - strop běžného p. $0,8 \cdot 52,8 \cdot 16 = 675,8 \text{ kN}$
- nahodilé, sníh – střecha $0,8 \cdot 52,8 \cdot 16 = 675,8 \text{ kN}$

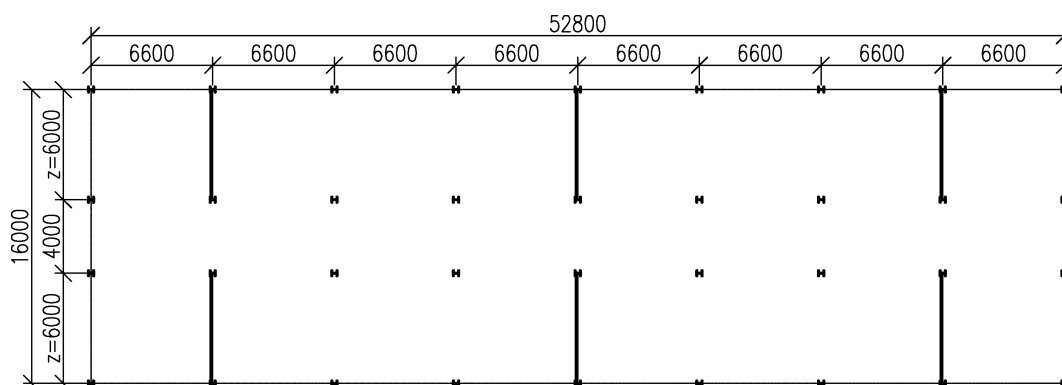
Ekvivalentní vodorovné síly:

- stálé, strop běžného podlaží $F_{\phi G1,k} = 2,63 \cdot 10^{-3} \cdot 3231 = 8,5 \text{ kN}$
- stálé, střecha $F_{\phi G2,k} = 2,63 \cdot 10^{-3} \cdot 4505 = 11,8 \text{ kN}$
- nahodilé, užité – strop běžného p. $F_{\phi Q1,k} = 2,63 \cdot 10^{-3} \cdot 2112 = 5,6 \text{ kN}$
- nahodilé, příčky – strop běžného p. $F_{\phi Q2,k} = 2,63 \cdot 10^{-3} \cdot 675,8 = 1,8 \text{ kN}$
- nahodilé, sníh – střecha $F_{\phi Q3,k} = 2,63 \cdot 10^{-3} \cdot 675,8 = 1,8 \text{ kN}$

Zatížení ztužidel celkem



Rozdělení sil na ztužidla



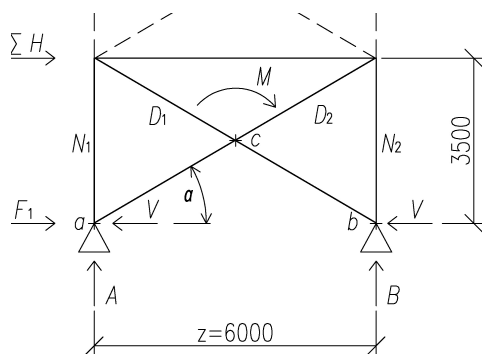
Výše uvedené zatížení je uvažováno vždy pro celé podlaží. Pro výpočet musíme ale stanovit síly na jednotlivá ztužidla. Vzhledem k tomu, že betonovou desku lze v její rovině uvažovat jako nekonečně tuhou (resp. její vodorovná deformace po délce budovy $\delta = \text{konst.}$), rozdělí se zatížení na jednotlivá ztužidla v poměru jejich tuhostí.

Sílu na jedno ztužidlo (F_1) stanovíme ze síly na celé podlaží (F) přenásobením poměrem tuhosti posuzovaného ztužidla k součtu tuhostí všech příčných ztužidel. Pokud uvažujeme stejný materiál a přibližně stejné průřezy sloupů, lze v poměru přibližně uvažovat tuhost ztužidla jako druhou mocninu šířky ztužidla (z^2 , viz obrázek). V našem případě jsou všechna ztužidla stejná a lze na každé uvažovat stejné zatížení $F_1 = F/6$.

2.6.2 STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL

Vnitřní síly je výhodné a běžné určit pomocí software. Pro ilustraci je uveden výpočet ruční.

Ve skriptech uvedeme pouze návrh diagonály a sloupu v nejnižším podlaží. Proto můžeme osově síly stanovit zjednodušeně z průsečné metody (pro staticky neurčitou sestavu využijeme podmínek symetrie).



$$\cos \alpha = \frac{6}{\sqrt{6^2 + 3,5^2}} = 0,864$$

$$A = -B = -\frac{M_b}{6,0}$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{6,0}$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\sum H}{2 \cos \alpha}$$

$$V = \frac{\sum H}{2}$$

Vnitřní síly od větru (charakteristické hodnoty)

Stanovení momentového účinku zatížení větrem k bodu c (viz obr. výše):

$$\begin{aligned} M_c &= \frac{1}{6} (F_{w3,k} \cdot 6,5 + F_{w2,k} (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5 + 4,5 + 5,5)) \cdot h = \\ &= \frac{1}{6} (120,5 \cdot 6,5 + 179,4 (0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5 + 4,5 + 5,5)) \cdot 3,5 = 2340,7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

kde h je konstrukční výška podlaží. Moment je stanoven pro jedno ztužidlo, což je zohledněno násobitelem 1/6 vypočteným v předchozí kapitole.

Součet sil po výšce budovy (opět pro jedno ztužidlo) až do působíště ΣH podle obrázku:

$$\sum H = \frac{1}{6} (F_{w3,k} + 6 \cdot F_{w2,k}) = \frac{1}{6} (120,5 + 6 \cdot 179,4) = 199,5 \text{ kN}$$

Stanovení momentového účinku zatížení větrem k bodu b:

$$M_b = M_c + \sum H \cdot \frac{h}{2} = 2340,7 + 199,5 \cdot \frac{3,5}{2} = 2689,8 \text{ kNm}$$

Stanovení svislých reakcí od charakteristického zatížení větrem:

$$A = -B = -\frac{M_b}{z} = -\frac{2689,8}{6,0} = -448,3 \text{ kN}$$

Stanovení normálových sil ve sloupech:

$$N_1 = -N_2 = -\frac{M_c}{z} = -\frac{2340,7}{6,0} = -390,1 \text{ kN}$$

Stanovení normálových sil v diagonále od vodorovného zatížení větrem:

$$D_1 = -D_2 = -\frac{\sum H}{2 \cdot \cos \alpha} = -\frac{199,5}{2 \cdot 0,864} = -115,5 \text{ kN}$$

Stanovení vodorovné reakce v patce:

$$V_1 = \frac{199,5}{2} + \frac{89,7}{6} = 114,7 \text{ kN (patka na návětrné straně - přidána síla od větru pro 1NP)}$$

$$V_2 = \frac{199,5}{2} = 99,8 \text{ kN}$$

Vnitřní síly – rámové imperfekce – stálé zatížení (charakteristické hodnoty)

Rovnice uvádíme již dosazené. Síly a jejich působiště byly stanoveny výše.

$$M_c = \frac{1}{6}(11,8 \cdot 6,5 + 8,5(0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5 + 4,5 + 5,5)) \cdot 3,5 = 134,0 \text{ kNm}$$

$$\sum H = \frac{1}{6}(11,8 + 6 \cdot 8,5) = 10,5 \text{ kN}$$

$$M_b = 134,0 + 10,5 \cdot \frac{3,5}{2} = 152,4 \text{ kNm}$$

$$A = -B = -\frac{152,4}{6,0} = -25,4 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{134,0}{6,0} = -22,4 \text{ kN}$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{10,5}{2 \cdot 0,864} = -6,1 \text{ kN}$$

$$V = \frac{10,5}{2} = 5,3 \text{ kN}$$

Vnitřní síly – rámové imperfekce – užité zatížení (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{6} \cdot 5,6(0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5 + 4,5 + 5,5) \cdot 3,5 = 58,8 \text{ kNm}$$

$$\sum H = \frac{1}{6}(6 \cdot 5,6) = 5,6 \text{ kN}$$

$$M_b = 58,8 + 5,6 \cdot \frac{3,5}{2} = 68,6 \text{ kNm}$$

$$A = -B = -\frac{68,6}{6,0} = -11,4 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{58,8}{6,0} = -9,8 \text{ kN}$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{5,6}{2 \cdot 0,864} = -3,2 \text{ kN}$$

$$V = \frac{5,6}{2} = 2,8 \text{ kN}$$

Vnitřní síly – rámové imperfekce – zatížení přemístitelnými příčkami (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{6} \cdot 1,8(0,5 + 1,5 + 2,5 + 3,5 + 4,5 + 5,5) \cdot 3,5 = 18,9 \text{ kNm}$$

$$\sum H = \frac{1}{6}(6 \cdot 1,8) = 1,8 \text{ kN}$$

$$M_b = 18,9 + 1,8 \cdot \frac{3,5}{2} = 22,1 \text{ kNm}$$

$$A = -B = -\frac{22,1}{6,0} = -3,7 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{18,9}{6,0} = -3,2 \text{ kN}$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{1,8}{2 \cdot 0,864} = -1,0 \text{ kN}$$

$$V = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ kN}$$

Vnitřní síly – rámové imperfekce – sníh (charakteristické hodnoty)

$$M_c = \frac{1}{6} \cdot 1,8 \cdot 6,5 \cdot 3,5 = 6,8 \text{ kNm}$$

$$\sum H = \frac{1}{6} \cdot 1,8 = 0,3 \text{ kN}$$

$$M_b = 6,8 + 0,3 \cdot \frac{3,5}{2} = 7,3 \text{ kNm}$$

$$A = -B = -\frac{7,3}{6,0} = -1,2 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_2 = -\frac{6,8}{6,0} = -1,1 \text{ kN}$$

$$D_1 = -D_2 = -\frac{0,3}{2 \cdot 0,864} = -0,2 \text{ kN}$$

$$V = \frac{0,3}{2} = 0,2 \text{ kN}$$

2.6.3 ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE

Charakteristické hodnoty vnitřních sil uvažujeme v základní kombinaci podle ČSN EN 1990 (viz [3]):

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

kde součinitele spolehlivosti a kombinační součinitele uvažujeme v následujících hodnotách:

$$\gamma_{G,\text{sup}} = 1,35 \text{ (stálé zatížení)}$$

$$\gamma_{G,\text{inf}} = 1,0 \text{ (min. stálé zatížení - je-li nepříznivé)}$$

$$\gamma_Q = 1,5 \text{ (proměnné zatížení)}$$

$$\psi_{0,1} = 0,7 \text{ (užitné zatížení, kanceláře)}$$

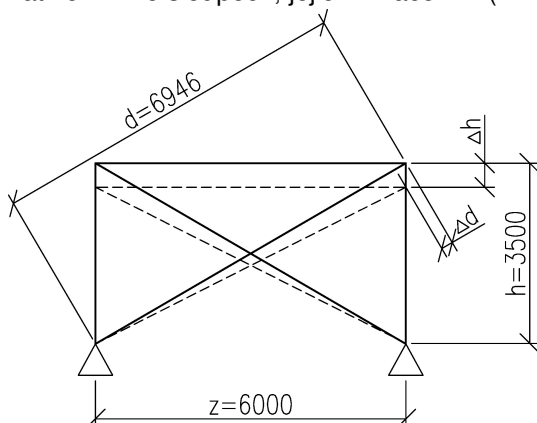
$$\psi_{0,2} = 0,5 \text{ (zatížení sněhem, do 1000 m.n.m)}$$

$$\psi_{0,3} = 0,6 \text{ (zatížení větrem)}$$

Zatížení přemístitelnými příčkami se neredukuje.

- a) Pro návrh diagonály ztužidla je rozhodující kombinace, kde zatížení větrem uvažujeme plně a ostatní proměnná zatížení redukuje kombinačním součinitelem ψ_0 (charakteristické hodnoty normálové síly v diagonále byly výše značeny symbolem D)

Do výpočtu je třeba také zahrnout tlakovou sílu v diagonále, způsobenou svislým zatížením ve sloupech, jejich zkrácením (viz obr.).



Zkrácení uvažujeme pro vnitřní sloup.

$$\Delta h = \frac{N_{\text{Ed,sloup}} \cdot h}{E \cdot A_{\text{sloup}}}$$

$$\Delta d = \Delta h \cdot \frac{h}{d} = \frac{N_{\text{Ed,sloup}}}{E \cdot A_{\text{sloup}}} \cdot \frac{h^2}{d}$$

$$\Delta N_{\text{Ed}} = \frac{\Delta d}{d} \cdot E \cdot A_{\text{diagonála}} = N_{\text{Ed,sloup}} \cdot \frac{A_{\text{diagonála}}}{A_{\text{sloup}}} \cdot \frac{h^2}{d^2} = 2057,0 \cdot \frac{2780}{10600} \cdot \frac{3500^2}{6946^2} = 137,0 \text{ kN}$$

kde $N_{\text{Ed,sloup}}$ je síla ve sloupu od svislého zatížení (podle uvažované kombinace zatížení)

$$N_{\text{Ed,sloup}} = 0,8 \cdot 7 \cdot 3,5 + 6 \cdot (170,4 + 0,7 \cdot 123,8 + 39,6) + 237,6 + 0,5 \cdot 39,6 = 2057,0 \text{ kN}$$

$$A_{\text{sloup}} \text{ je plocha průřezu sloupu (uvažujeme plochu HEB 240), } A_{\text{sloup}} = 10\,600 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{diagonála}} \text{ je plocha průřezu diagonály (odhadem 2 L90x8) } A_{\text{diagonála}} = 2 \cdot 1390 = 2780 \text{ mm}^2$$

Poznámka: Při výpočtu vnitřních sil na počítači, jsou-li uvažovány skutečné průřezy prvků a zahrnuto veškeré tj. i svislé zatížení, je vliv zkrácení sloupu ve výsledcích již zahrnut.

Síla v rozhodující, tlačené diagonále

$$N_{\text{Ed}} = 1,35 \cdot 6,1 + 1,5 \cdot 115,5 + 1,5 (0,7 \cdot 3,2 + 1,0 + 0,5 \cdot 0,2) + 137,0 = 323,5 \text{ kN (tlak)}$$

Poznámka: V této kombinaci není použit oproti návrhu sloupu součinitel redukce z počtu podlaží α_n , neboť je užité zatížení uvažováno jakožto vedlejší a tedy redukováno přímo kombinačním součinitelem $\psi_{0,1}$.

- b) Pro návrh vnitřního sloupu, který je součástí ztužidla, je v našem případě rozhodující stejná kombinace jako za a). Sílu v patě sloupu od svislého zatížení jsme pro tuto kombinaci spočítali taktéž v předchozím odstavci ($N_{\text{Ed,sloup}} = 2057,0 \text{ kN}$). Charakteristické hodnoty normálové síly v tlačném sloupu byly výše značeny symbolem N_1 .

$$N_{\text{Ed}} = 2057,0 + 1,35 \cdot 22,4 + 1,5(390,1 + 3,2) + 1,5(0,7 \cdot 9,8 + 0,5 \cdot 1,1) = 2688,3 \text{ kN (tlak)}$$

Často je pro návrh vnitřního sloupu rozhodující kombinace, kde se užité zatížení uvažuje plně a ostatní proměnná zatížení redukovat kombinačním součinitelem ψ_0 . Pro porovnání předvedeme i stanovení vnitřní síly od této kombinace.

Síla ve sloupu od svislého zatížení:

$$N_{\text{Ed,svisle}} = 0,8 \cdot 7 \cdot 3,5 + 6 \cdot (170,4 + 123,8 + 39,6) + 237,6 + 0,5 \cdot 39,6 = 2280,0 \text{ kN}$$

Síla ve sloupu od svislého a vodorovného zatížení:

$$N_{Ed} = 2280,0 + 1,35 \cdot 22,4 + 1,5(9,8+3,2) + 1,5(0,6 \cdot 390,1 + 0,5 \cdot 1,1) = 2681,7 \text{ kN} < 2688,3 \text{ kN}$$

- c) Pro návrh patky vnitřního sloupu, který je součástí ztužidla, je rozhodující stejná kombinace jako pro návrh vnitřního sloupu. Pouze je třeba zahrnout svislou složku reakce diagonály připojené na patku v 1. NP a uvažovat místo N_1 celou reakci B .

$$N_{Ed} = 2057,0 + 1,35 \cdot 25,4 + 1,5(448,3+3,7) + 1,5(0,7 \cdot 11,4 + 0,5 \cdot 1,2) = 2782,2 \text{ kN (tlak)}$$

- d) Pro kontrolu tahu mezi patním plechem a betonovým základem méně zatíženého vnějšího sloupu, který je součástí ztužidla, je rozhodující kombinace, ve které uvažujeme plné zatížení větrem a minimální svislé zatížení. To uvažujeme pouze stálé se součinitelem spolehlivosti $\gamma_{G,inf} = 1,0$. Uvažujeme tahový účinek vodorovného zatížení v patě sloupu (reakce A).

Stálé zatížení: (zatěžovací plocha krajního sloupu je $6,6 \cdot 3 = 19,8 \text{ m}^2$, při stanovení zatížení vycházíme z hodnot stanovených pro vnitřní sloup v kap. 2.4.1)

- střecha $F_{Ek} = 176,0 \cdot 19,8 / 33,0 = 105,6 \text{ kN}$
- běžné podlaží $F_{Ek} = 126,2 \cdot 19,8 / 33,0 = 75,7 \text{ kN}$
- sloup $g_k = 0,6 \text{ kN/m}$
- lehký obvodový plášť ($0,8 \text{ kN/m}^2$) $g_k = 0,8 \cdot 6,6 \text{ m} = 5,3 \text{ kN/m}$

$$N_{Ed} = 1,0 (0,6+5,3) \cdot 7 \cdot 3,5 + 1,0 \cdot 105,60 + 1,0 \cdot 75,7 - 1,0 \cdot 25,4 - 1,5 \cdot 448,3 = 6,5 \text{ kN (tlak)}$$

Pro tuto kombinaci stanovíme také max. posouvající sílu v patce sloupu, na kterou později (kap. 2.6.7) navrhne smykovou zarážku (značeno V resp. V_1).

$$V_{Ed} = 1,0 \cdot 5,3 + 1,5 \cdot 114,7 = 177,4 \text{ kN}$$

2.6.4 DIAGONÁLA ZTUŽIDLA

Vnitřní síla v diagonále nejnižšího podlaží: $N_{Ed} = 323,5 \text{ kN (tlak)}$

Návrh průřezu diagonály: 2 x L 90x8

$$A = 2 \cdot 1390 = 2780 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2 \cdot 1050 \cdot 10^3 = 2100 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

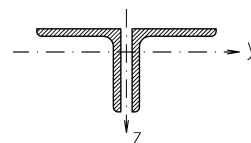
třída 3 pro tlak, S355

Posouzení:

Vzpěrná délka

$$L = \sqrt{6000^2 + 3500^2} = 6946 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = 0,9 \cdot \frac{L}{2} = 0,9 \cdot \frac{6946}{2} = 3126 \text{ mm}$$



Dvojice úhelníků tvořící průřez diagonály jsou alespoň ve třetinách délky spojeny vevařenými vložkami. V takovém případě při rovnoramenných úhelnících a $L_{cr,y} \approx L_{cr,z}$ rozhoduje vybočení okolo hmotné osy průřezu (v rovině ztužidla).

Je třeba upozornit, že v tomto případě, kdy síla v tlačené diagonále (v absolutní hodnotě) je vyšší než tahová síla v diagonále druhé, je uvažování $L_{cr,z} \approx 0,5 L$ nebezpečné a velmi zjednodušující. Přesnější postup bude obsahem učiva ve vyšších ročnících.

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 2100 \cdot 10^3}{3126^2} = 445,0 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2780 \cdot 355}{445,0 \cdot 10^3}} = 1,49$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = 0,346 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti } b$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,346 \cdot 2780 \cdot 355 = 341,5 \cdot 10^3 \text{ N} = 341,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 323,5 \text{ kN}$$

Diagonála vyhoví.

Návrh šroubů: M20 5.6

Únosnost ve stříhu: $F_{v,Rd} = 2 \cdot 58,8 = 117,6 \text{ kN}$ (dvojitřizný, závit po celé délce šroubu)

Únosnost v otláčení: $F_{b,Rd} = 154,5 \text{ kN}$ (podle [4] pro $t = 10 \text{ mm}$, S355, doporučené rozteče)

Potřebný počet šroubů:

Rozhoduje únosnost ve stříhu.

- stříh $\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{323,5}{117,6} = 2,8$
- otláčení - styčnickový plech tl. 12 mm ... rozhoduje
- dvakrát stěna úhelníku $2 \cdot 8 = 16 \text{ mm}$
 $\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{323,5}{1,2 \cdot 154,5} = 1,7$

Návrh: 3 šrouby M20 5.6.

Průřez úhelníku oslabený otvory

Plocha oslabeného průřezu

$$A_{het} = 2780 - 2 \cdot 22 \cdot 8 = 2428 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2428 \cdot 490}{1,25} = 856,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 856,6 \text{ kN} > N_{Ed} = 323,5 \text{ kN}$$

Průřez v oslabení vyhoví.

2 x koutový svar $a = 4 \text{ mm}$, $L_{we} = 350 \text{ mm}$ (viz obr.)

Svarový přípoj styčnickového plechu

$$F_{Hd} = N_{Ed} \cos \alpha = 323,5 \cdot \cos 30,3^\circ = 279,3 \text{ kN}$$

$$F_{Vd} = N_{Ed} \sin \alpha = 323,5 \cdot \sin 30,3^\circ = 163,2 \text{ kN}$$

$$\tau_{II} = \frac{F_{Hd}}{2 a L_{we}} = \frac{279,3 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 350} = 99,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{F_{Vd}}{2 a L_{we}} + \frac{F_{Vd} e}{W_{we}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{163,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 350} + \frac{163,2 \cdot 10^3 \cdot 98,0}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 4 \cdot 350^2} \right) = 110,4 \text{ MPa}$$

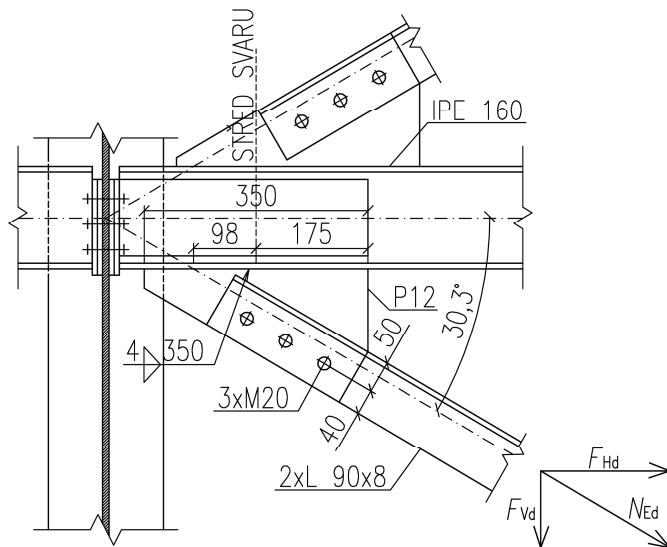
kde W_{we} je průřezový modul svaru;

$e = 98 \text{ mm}$, je vzdálenost mezi středem svaru (prostředek délky svaru) a průsečíkem svaru s osou připojené diagonály (viz. obrázek níže);

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{110,4^2 + 3(110,4^2 + 99,8^2)} = 280,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 110,4 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Připoj vyhoví.



2.6.5 SLOUP ZTUŽIDLA

Sloup je namáhán centrickým tlakem. Uvedeme návrh pouze pro vnitřní sloup v nejnižším podlaží, pro který byla síla stanovena již v kap. 2.6.3b). Nejprve zatížení porovnáme s únosností sloupu navrženým v kap.2.4.2.

$$N_{Ed} = 2688,3 \text{ kN} > N_{b,Rd} = 2600,2 \text{ kN (HEB 240)}$$

Průřez HEB 240 nevyhoví.

Návrh průřezu: HEB 260 $m = 92,9 \text{ kg/m}$
 $A = 11\,840 \text{ mm}^2$
 $I_y = 149,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $I_z = 51,35 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
třída 1 pro tlak, S355

Posouzení:

Vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$$

Pružná kritická síla:

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{3,14^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 51,35 \cdot 10^6}{3500^2} = 8\,679,27 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{11\,840 \cdot 355}{8\,679,27 \cdot 10^3}} = 0,696$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = 0,727 \text{ pro křivku vzpěrné pevnosti c}$$

Vzpěrná tlaková únosnost

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,727 \cdot 11\,840 \cdot 355 = 3055,7 \cdot 10^3 \text{ N} = 3055,7 \text{ kN} > N_{Ed} = 2688,3 \text{ kN}$$

Průřez vyhoví.

2.6.6 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Vodorovný průhyb budovy nemá překročit mezní hodnotu $H/500$. Průhyb se stanoví pouze od charakteristického zatížení větrem, vliv rámových imperfekcí se neuvažuje.

Výpočet je proveden na počítači, viz obrázek níže. Vnější sloup je uvažován o stupeň menším průřezem než vnitřní. Stejně tak jsou od 3NP uvažovány diagonály průřezem 2 L70x6 mm.

$$\delta = 18,9 \text{ mm} < \frac{H}{500} = \frac{24\,500}{500} = 49,0 \text{ mm}$$

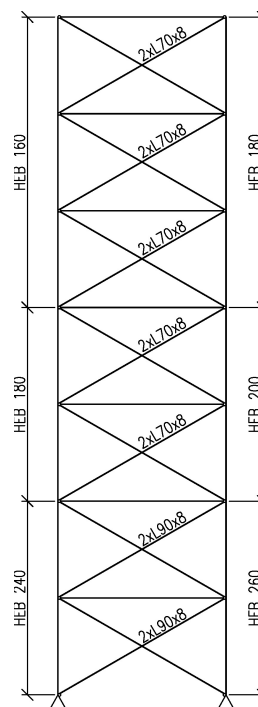
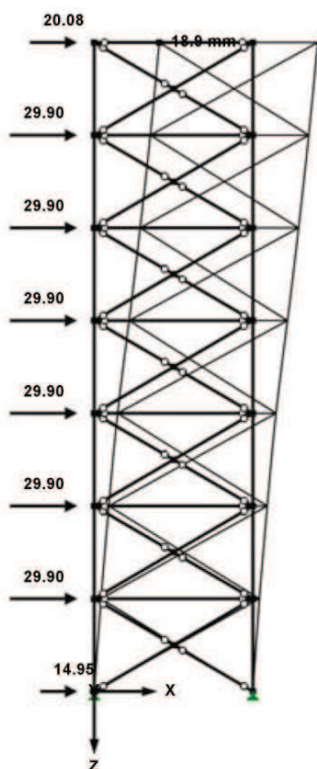
Mezní stav použitelnosti vyhoví.

Ztužidlo vyhoví.

Poznámka. Výpočet lze provést samozřejmě i ručně principem virtuálních prací:

$$\delta = \sum \frac{\bar{N} \cdot N}{E \cdot A} L, \text{ přičemž práce na příčlích tvořených spřaženými stropnicemi lze zanedbat.}$$

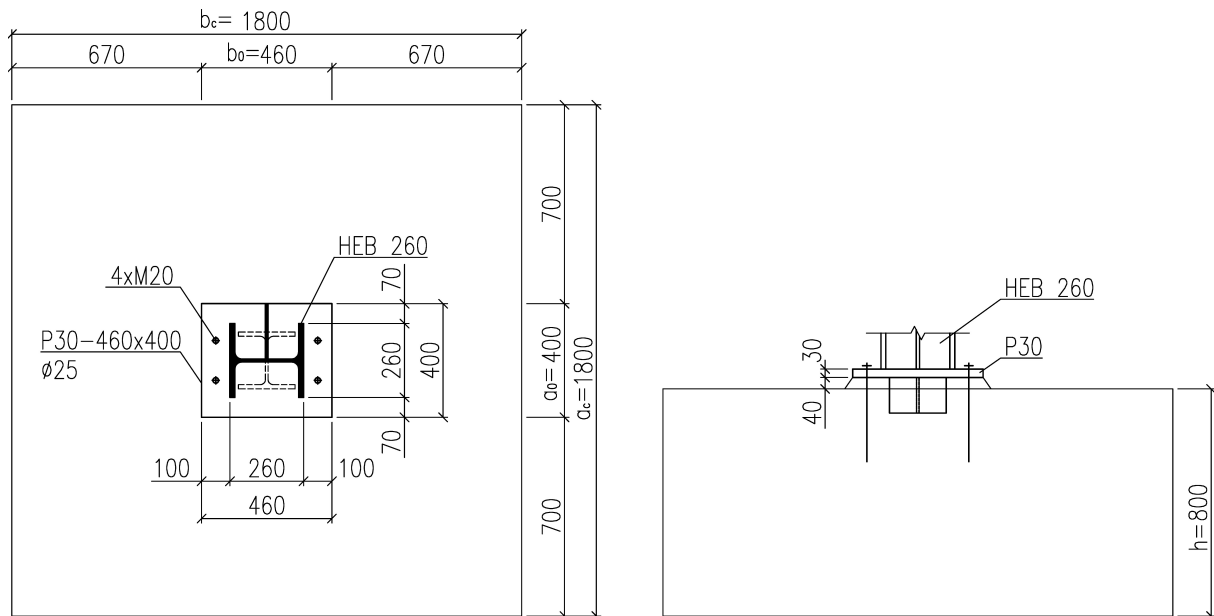
Deformace ztužidla a uvažované průřezy



2.6.7 PATKA SLOUPU ZTUŽIDLA

Patka sloupu, který je součástí ztužidla musí přenášet normálovou i smykovou sílu. Návrh opět provedeme pouze pro patku vnitřního sloupu. Betonový základ uvažujeme stejných rozměrů jako u běžného vnitřního sloupu (kap. 2.4.3). Navržené rozměry patního plechu jsou zřejmé z následujícího obrázku. Oproti patce běžného sloupu lze do tuhé části průřezu sloupu uvažovat i přivařený styčnickový plech přípoje diagonály. Síla v patce byla vypočtena v kap.2.6.3c).

$$N_{Ed} = 2782,2 \text{ kN (maximální tlak)}$$



Patky skeletu jsou navrženy jako kloubové z nevyztuženého patního plechu a přenášejí pouze svislé zatížení. Kotevní šrouby jsou navrženy lepené 4xM20.

Betonová patka má rozměry $a_c=1,8 \text{ m} \times b_c=1,8 \text{ m} \times h=0,8 \text{ m}$.

Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(3 \cdot a_0, a_0 + h, a_c) = (3 \cdot 400, 400 + 800, 1800) = 1200 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \cdot b_0, b_0 + h, b_c) = (3 \cdot 460, 460 + 800, 1800) = 1260 \text{ mm}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot 1260}{400 \cdot 460}} = 2,87$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_C} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,87 \cdot 16}{1,5} = 20,41 \text{ MPa}$$

Účinná šířka patní desky

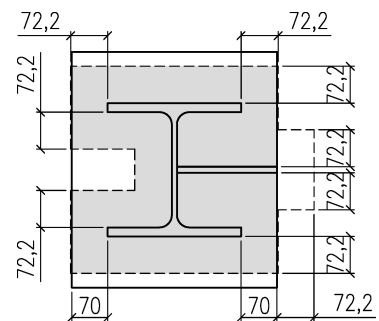
$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 20,41}} = 72,2 \text{ mm}$$

Efektivní plocha (stanovena graficky – vyšrafovaná plocha na obrázku)

$$A_{\text{eff}} = 151\,862 \text{ mm}^2$$

Únosnost patky

$$N_{Rd} = A_{\text{eff}} \cdot f_{jd} = 151\,862 \cdot 20,41 \cdot 10^{-3} = 3\,099,5 \text{ kN} > N_{Ed} = 2782,2 \text{ kN}$$



Patka na tlak vyhoví.

Únosnost ve smyku

Smykovou zarážku navrhne pro všechny ztužidlové sloupy shodnou. Návrh provedeme pro nejnepříznivější poměr smykové a normálové síly, tj. pro krajní sloup (kap. 2.6.3d). Kotevní šrouby jsou pouze konstrukční.

$$N_{Ed} = 6,5 \text{ kN (minimální síla – tlak)}$$

$$V_{Ed} = 177,4 \text{ kN}$$

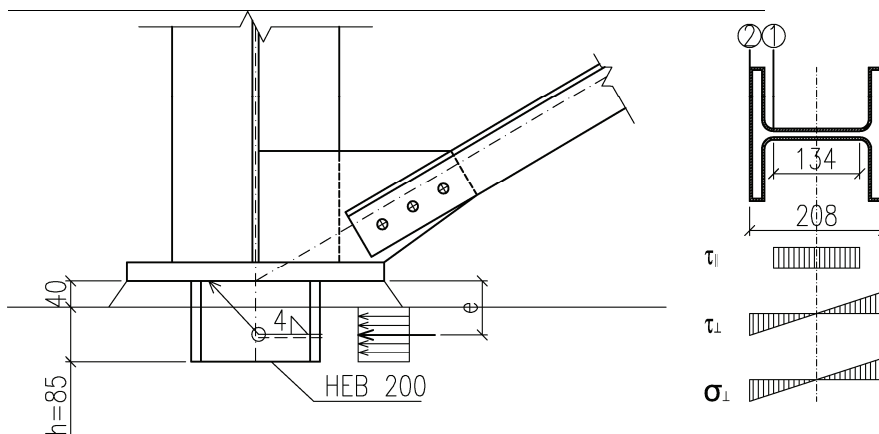
Nejprve stanovíme sílu, na kterou je třeba navrhnout smykovou zarážku.

$$F_{V,Ed} = V_{Ed} - C_{f,d} N_{c,Ed} = 177,4 - 0,2 \cdot 6,5 = 176,1 \text{ kN}$$

kde $C_{f,d} = 0,2$ je součinitel tření mezi ocelí a cemento-pískovou maltou

$N_{c,Ed}$ je tlaková síla v patce.
Šrouby s nadměrnými otvory nelze pro přenos smykové síly uvažovat.

Návrh smykové zarážky: **HEB 200** (viz obr.)
 $A_{v,z} = 2483 \text{ mm}^2$
 $W_{pl,y} = 642\,500 \text{ mm}^3$
třída průřezu 1 (S355, ohyb kolem osy y)



Posouzení

Přenos vodorovných sil lze uvažovat pouze v kontaktu s betonem základové patky. Přenos podlitím nelze uvažovat. Nezbytnou délku smykové zarážky lze získat následujícím vztahem:

$$h > \frac{F_{v,Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C}} = \frac{176,1 \cdot 10^3}{200 \cdot \frac{16}{1,5}} = 82,5 \text{ mm}, \quad h = 85 \text{ mm}$$

kde b je šířka pásnice zarážky (HEB 200).

Smyk

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2483 \cdot 355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 508,9 \text{ kN} > V_{Ed} = 176,1 \text{ kN}$$

$$0,5 V_{Ed} = 0,5 \cdot 508,9 = 254,4 \text{ kN} > V_{Ed} = 176,1 \text{ kN} \text{ (malý smyk).}$$

Ohyb

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} = 642\,500 \cdot 355 = 228,1 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 228,1 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{Ed} = F_{v,Ed} \cdot e = 176,1 \cdot 10^3 \cdot (40 + 85 / 2) = 14,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 14,5 \text{ kNm}$$

Zarážka vyhoví.

Svarový přípoj zarážky k patnímu plechu

Svarový obrazec (viz obr.) je namáhán kombinací smyku a ohybu. Moment setrvačnosti svarového obrazce $I_w = 27,65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$.

Posouzení v bodě 1.

$$\tau_{II} = \frac{F_{v,Ed}}{2 a \ell} = \frac{176,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 134} = 164,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{F_{v,Ed} e}{\frac{I_w}{z_1}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{176,1 \cdot 10^3 \cdot (40 + 85/2)}{\frac{27,65 \cdot 10^6}{134/2}} = 24,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{24,9^2 + 3(24,9^2 + 164,3^2)} = 288,9 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 24,9 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Posouzení v bodě 2.

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{F_{v,Ed} e}{\frac{I_w}{z_2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{176,1 \cdot 10^3 \cdot (40 + 85/2)}{\frac{27,65 \cdot 10^6}{208/2}} = 38,6 \text{ MPa}$$

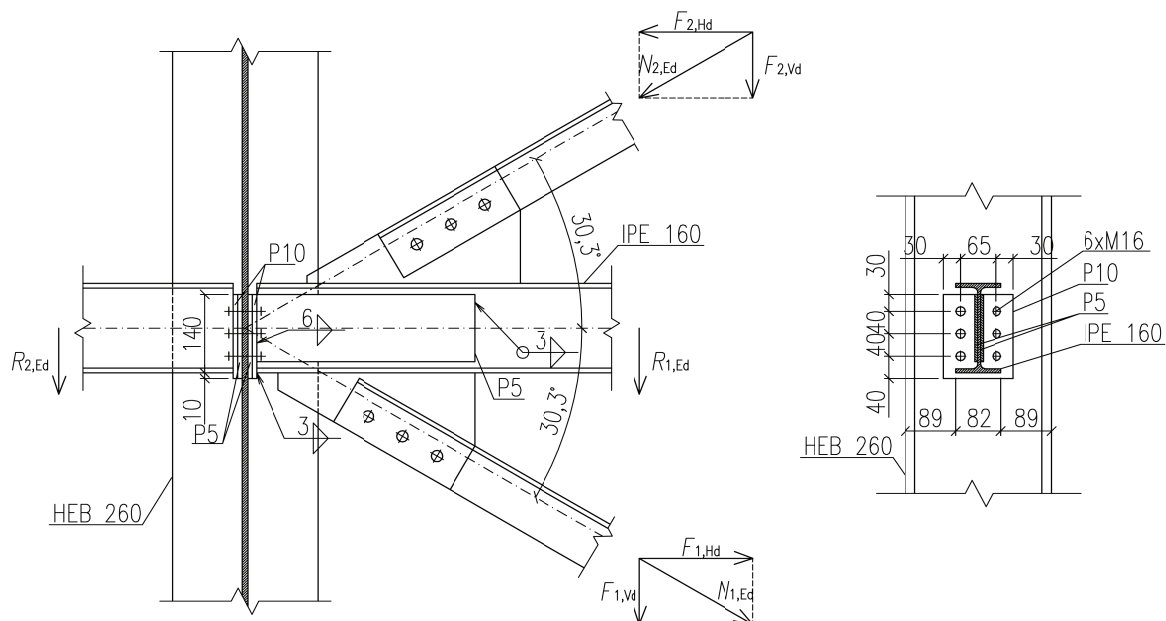
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{38,6^2 + 3(38,6^2 + 0^2)} = 77,2 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 38,6 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

Svar zarážky vyhoví.

2.6.8 PŘÍPOJ STROPNICE ZTUŽIDLOVÉ VAZBY

Přípoj stropnice, která je součástí ztužidlové vazby, je namáhán přidavnou svislou silou z připojených diagonál (viz obr.).



Přidavná smyková síla ze spodní diagonály (stanovena v kap.2.6.3a):

$$F_{1,Ed} = 323,5 \cdot \sin 30,3^\circ = 163,2 \text{ kN}$$

Přidavná smyková síla z horní diagonály (stanovíme zjednodušeně odečtením účinku vodorovných sil a vlivu zkrácení sloupu svislým zatížením v úrovni stropu 1NP).

Účinek vodorovných sil působících na strop 1NP (hodnoty byly převzaty z kap. 2.6.2):

$$\Delta F_{2,A} = \left[\frac{1}{6 \cdot 2 \cdot 0,864} (1,35 \cdot 8,5 + 1,5 \cdot 179,4 + 1,5(5,6 \cdot 0,7 + 1,8 \cdot 1,0)) \right] \sin 30,3^\circ = 14,1 \text{ kN}$$

Vliv zkrácení sloupu od svislých sil stropu 1NP:

$$\Delta F_{2,B} = \Delta N_{\text{Ed,sloup}} \cdot \frac{A_{\text{diagonála}}}{A_{\text{sloup}}} \cdot \frac{h^2}{d^2} \cdot \sin 30,3^\circ = 299,5 \cdot \frac{2780}{10600} \cdot \frac{3500^2}{6946^2} \cdot \sin 30,3^\circ = 10,1 \text{ kN}$$

kde $\Delta N_{\text{Ed,sloup}}$ je svislé zatížení ze stropu 1NP

$$\Delta N_{\text{Ed,sloup}} = 0,8 \cdot 3,5 + 170,4 + 0,7 \cdot 123,8 + 39,6 = 299,5 \text{ kN}$$

ostatní veličiny byly již použity v kap. 2.6.3a).

$$F_{2,Ed} = F_{2,Ed} - \Delta F_{2,A} - \Delta F_{2,B} = 163,2 - 14,1 - 10,1 = 139,0 \text{ kN}$$

Reakce z delší stropnice (reakce je stanovena shodně s kap. 2.3.2 pouze je uvažována kombinace s redukováným užitečným zatížením $\psi_{0,1} = 0,7$):

$$R_{1,Ed} = ((4,90 + 3,75 \cdot 0,7 + 1,2) \cdot 2,2 + 0,34) \cdot 6/2 = 58,6 \text{ kN}$$

Reakce z kratší stropnice:

$$R_{2,Ed} = R_{2,Ed} \cdot 4/6 = 39,1 \text{ kN}$$

Návrh šroubů: M16 8.8

Únosnost šroubu na stříh: $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$ (jedna střížná plocha, závit po celé délce šroubu)

Únosnost šroubu na otláčení: (určeno pro $t = 10 \text{ mm}$, rozteče zvoleny podle obrázku výše)

$$F_{v,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,49 \cdot 490 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 76,8 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min\left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \frac{30}{18} - 1,7; 2,5\right) = \min(2,97; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{\rho_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{30}{3 \cdot 18}; \frac{40}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}; \frac{500}{490}; 1,0\right) = \min(0,56; 0,49; 1,02; 1,0) = 0,49$$

Potřebný počet šroubů:

$$\text{- stříh} \quad \frac{R_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{163,2 + 139,0 + 58,6}{60,3} = 6,0$$

- otláčení - čelní deska tl. 10 mm, zatížená jednou stropnicí

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{163,2 + 139,0 + 58,6}{1,0 \cdot 76,8} = 4,7$$

- stojina sloupu tl. 10 mm, zatížená dvěma stropnicemi

$$\frac{R_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{163,2 + 139,0 + 58,6 + 39,1}{1,0 \cdot 76,8} = 5,2$$

Návrh: 6 šroubů M16 8.8.

Návrh svaru: koutový svar 2 x a = 6 mm, délka $L_{we} = 120 \text{ mm}$

Návrhová pevnost svaru namáhaného smykem

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,5 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru

$$F_{w,Rd} = 2 a L_{we} f_{vw,d} = 2 \cdot 6 \cdot 120 \cdot 251,5 = 376,8 \text{ kN} > R_{Ed} = 163,2 + 139,0 + 58,6 = 360,8 \text{ kN}$$

Smyková únosnost oslabeného průřezu stropnice

$$A_{vz} = t_w L_w = 5,0 \cdot 140 = 700 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 700 \cdot 355 / \sqrt{3} = 143,5 \text{ kN} < R_{Ed} = 360,8 \text{ kN}$$

Únosnost připojené stojiny není vyhovující, navrhujeme proto zesílení stojiny oboustranně přivařeným plechem P5 o výšce 120mm (viz obrázek výše)

$$A_{vz} = t_w L_w + t_p L_p = 5,0 \cdot 140 + 10 \cdot 120 = 1900 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} f_{yd} / \sqrt{3} = 1900 \cdot 355 / \sqrt{3} = 389,3 \text{ kN} > R_{Ed} = 360,8 \text{ kN}$$

Navržený přípoj vyhoví.

3. HALA S PŘÍHRADOVÝM VAZNÍKEM

3.1 POPIS OBJEKTU

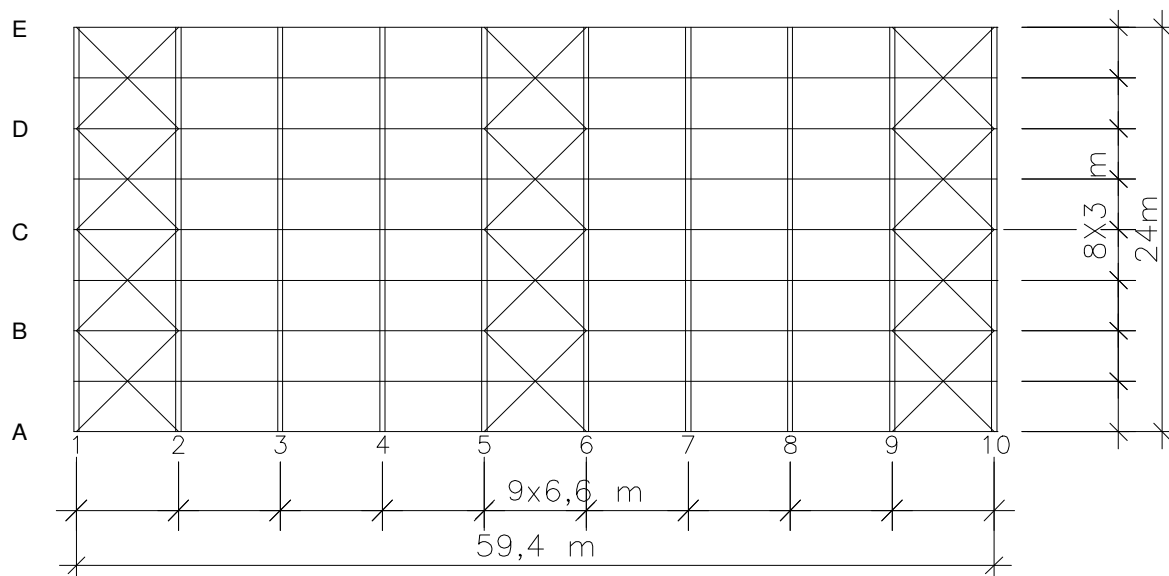
Předmětem návrhu je jednolodní hala o rozpětí 24 m, dlouhá 60 m. Příčné vazby jsou navrženy s vetknutými sloupy a kloubově uloženým příhradovým vazníkem a jsou od sebe vzdáleny 6,6 m. Střecha je sedlová se sklonem 5 %. Plášť včetně střešních vaznic je navržen z tenkostěnných ocelových profilů, hala je zateplená.

Statický výpočet bude proveden podle ČSN EN 1993-1-1, zatížení bude určeno podle příslušných částí EN 1991 (uplatní se části 1 Zásady navrhování, 2-1 Hustoty, vlastní tíha a užité zatížení, 2-3 Zatížení sněhem a 2-4 Zatížení větrem). Všechny informace potřebné k určení zatížení jsou uvedeny ve skriptech [3].

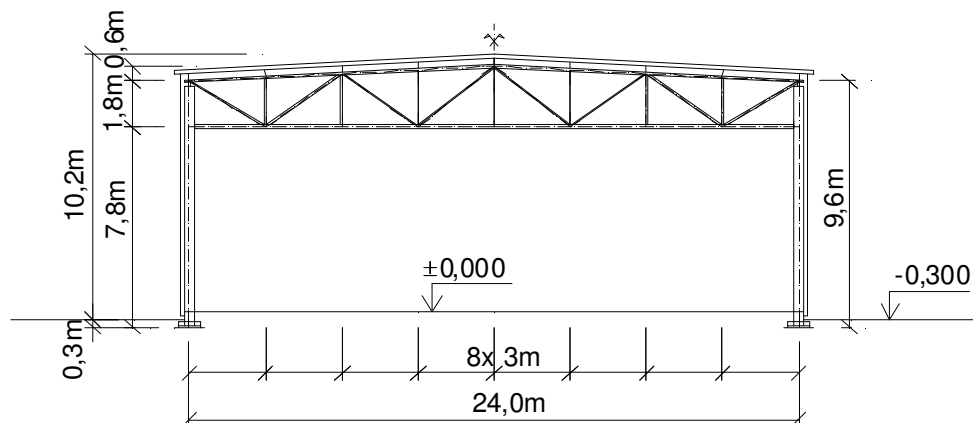
Lokalita, do které je hala navržena, leží v České republice, ve II. sněhové oblasti podle [3], ve II. větrné oblasti s kategorií terénu III podle [3].

Dispoziční výkres haly a podrobný výkres vazníku, vetknuté patky a zásadní detaily vestavby jsou uvedeny v přílohách skriptů.

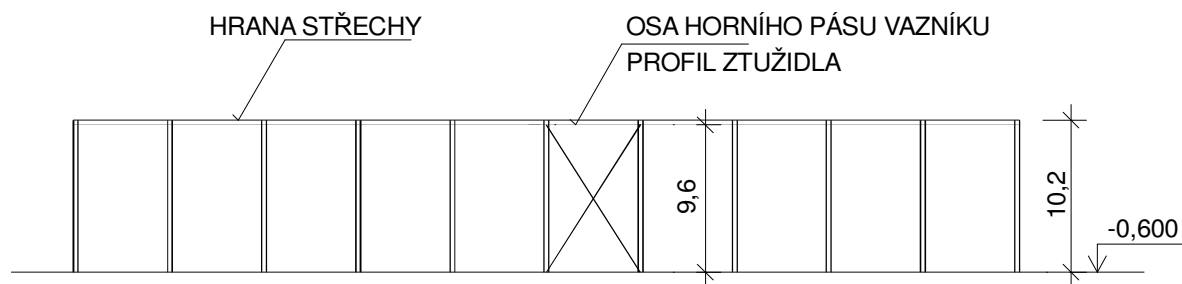
Půdorys:



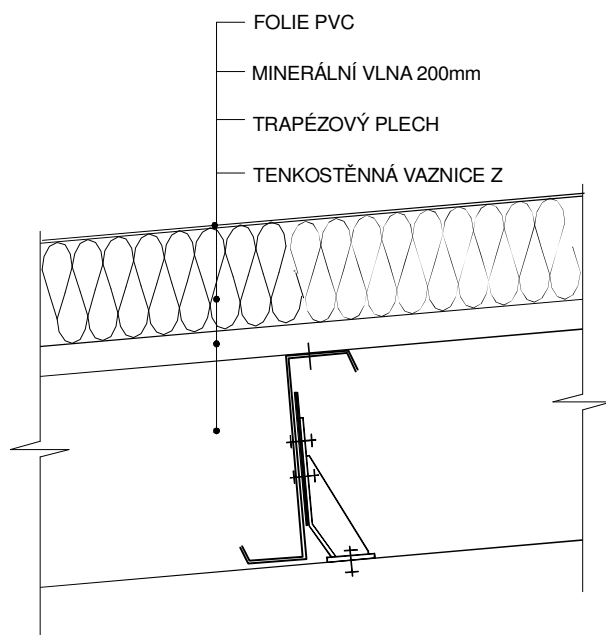
Příčný řez:



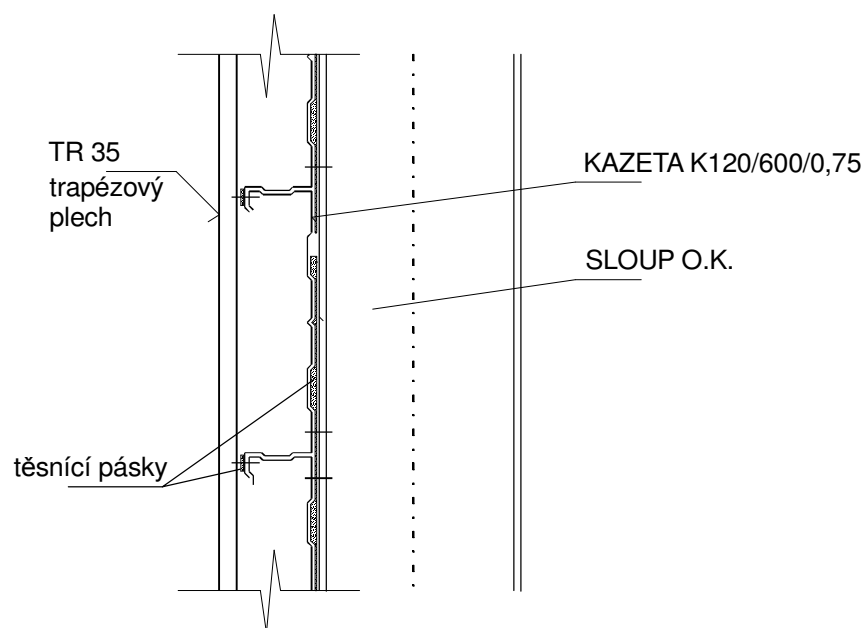
Boční pohled:



Řez střechou:



Řez obvodovým pláštěm:



3.2 ZATÍŽENÍ

STÁLÉ

Součinitel zatížení $\gamma_G = 1,35$

Střešní plášť

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| • hydroizolační folie na bázi PVC | 0,03 kN/m ² |
| • minerální vlna tl. 200 mm | 0,12 kN/m ² |
| • vnitřní trapézový plech (odhad) | 0,08 kN/m ² |

charakteristické zatížení $g_k = 0,23 \text{ kN/m}^2$

návrhové zatížení $g_{Ed} = \gamma_F g_k = 1,35 \cdot 0,23 = 0,31 \text{ kN/m}^2$

Stěna

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| • kazetové profily K 120/600/0,75 | 0,10 kN/m ² |
| • tepelná izolace - Orsil 100 mm | $0,8 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ kN/m}^2$ |
| • vnější trapézový plech (odhad) | 0,07 kN/m ² |

charakteristické zatížení $g_k = 0,25 \text{ kN/m}^2$

návrhové zatížení $g_{Ed} = \gamma_G g_k = 1,35 \cdot 0,25 = 0,34 \text{ kN/m}^2$

PROMĚNNÉ

Součinitel zatížení $\gamma_Q = 1,50$

Sníh

$$s = \mu_i C_e C_t s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

kde

- | | | |
|----------------------------------|---------------|--|
| - sněhová oblast II | \Rightarrow | charakteristické zatížení sněhem $s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$ |
| - $\alpha = 5\% \approx 3^\circ$ | \Rightarrow | tvárové součinitele $\mu_1 = \mu_2 = 0,8$ |
| - součinitel expozice | $C_e = 1,0$ | |
| - tepelný součinitel | $C_t = 1,0$ | |

Vítr

II. větrná oblast \Rightarrow výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$

$$\Rightarrow \text{základní tlak větru } q_b = \frac{\rho}{2} v_{b,0}^2 = \frac{1,25}{2} 25^2 = 0,39 \text{ N/m}^2$$

kategorie terénu III (plocha s vegetací nebo budovami)

$$\Rightarrow c_e(z) = 1,75 \text{ pro } z = h = 10,2 \text{ m (výška hřebene střechy nad terénem)}$$

Tlak větru na vnější povrchy

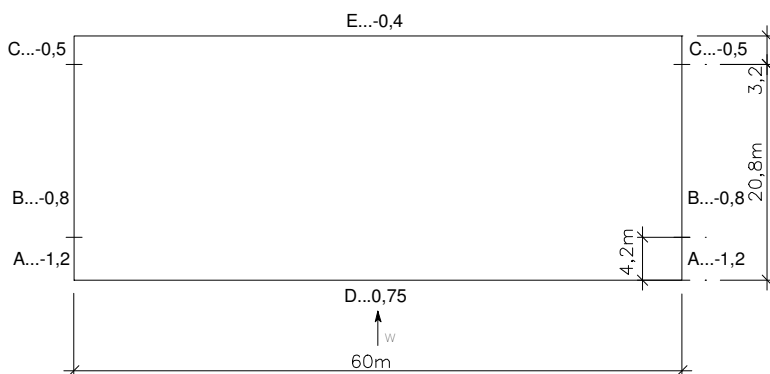
$$w_e = q_b c_e(z_e) c_{pe} = 0,39 \cdot 1,75 c_{pe} = 0,68 c_{pe} \text{ kN/m}^2$$

Součinitele vnějšího aerodynamického tlaku

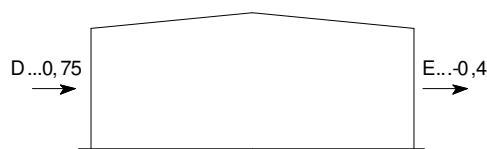
Protože návětrné plochy jsou větší než 10 m², hledají se součinitele $c_{pe,10}$. Hodnoty se určí ze skript [3].

a) Vítr příčný

Svislé stěny



- příčný řez



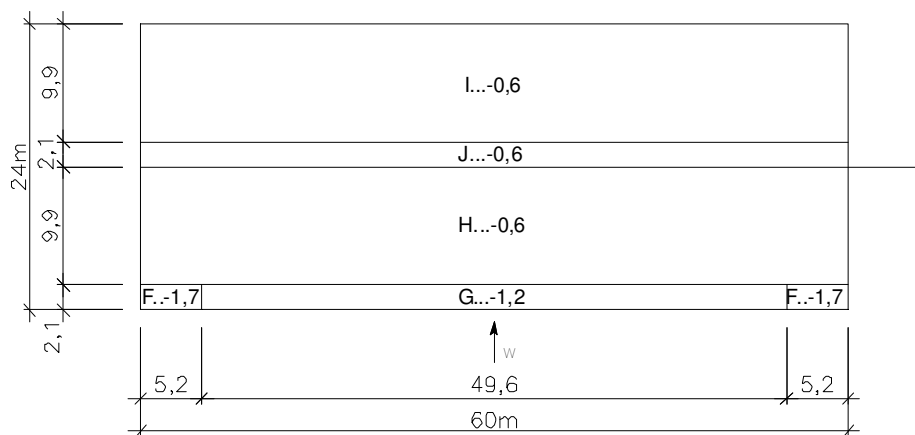
$$b = 60 \text{ m} > 2 h = 2 \cdot 10,4 = 20,8 \text{ m} \quad e = \min(b, 2 h) = 20,8 \text{ m}$$

(b je šířka vystavená větru, záleží tedy na směru větru)

$h/d = 10,4/24 = 0,43$, sklon střechy byl velmi hrubě zaokrouhlen na 5° (sedlová střecha)

$$e/5 = 4,2 \text{ m}$$

Střecha

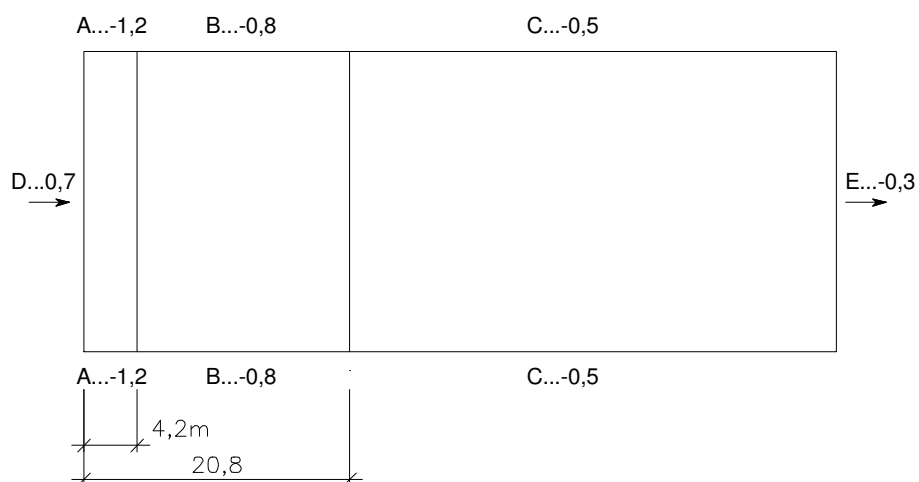


$$e/4 = 5,2 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,1 \text{ m}$$

b) Vítr podélný

Svislé stěny



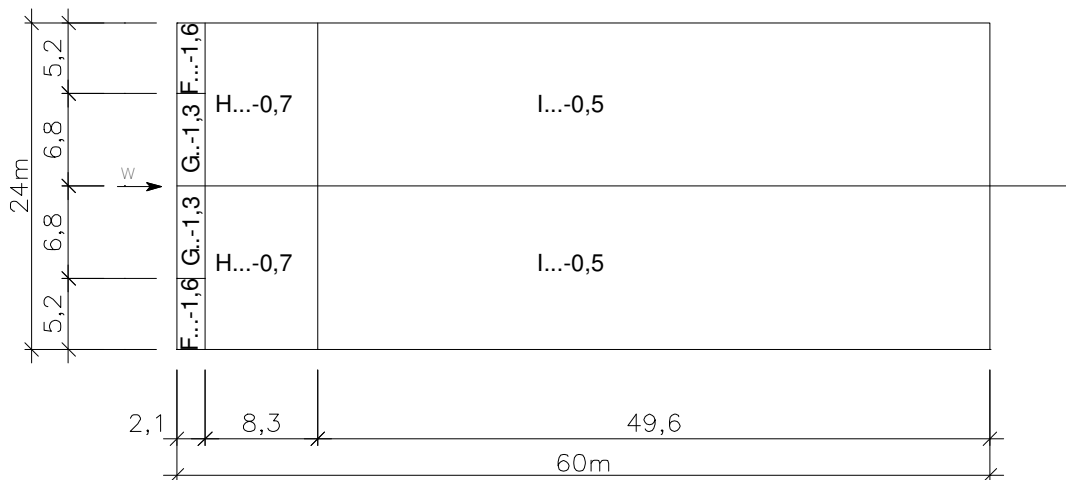
$$b = 24 \text{ m} > 2 \cdot h = 2 \cdot 10,4 = 20,8 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2 \cdot h) = 20,8 \text{ m}$$

$$h/d = 10,4/60 = 0,17 < 0,25, \alpha = 3^\circ$$

$$e/5 = 4,2 \text{ m}$$

Sřecha



$$e/10 = 2,1 \text{ m}$$

$$e/2 - 2,1 = 8,3 \text{ m}$$

Tab. 3.1 Plošné zatížení větrem na jednotlivé oblasti pláště budovy

Oblast	Vitr příčný		Vitr podélný	
	C_{pe}	$w_{e,k}$ [kN/m ²]	C_{pe}	$w_{e,k}$ [kN/m ²]
A	-1,2	-0,82	-1,2	-0,82
B	-0,8	-0,54	-0,8	-0,54
C	-0,5	-0,34	-0,5	-0,34
D	0,75	0,51	0,7	0,48
E	-0,4	-0,27	-0,3	-0,20
F	-1,7	-1,16	-1,6	-1,09
G	-1,2	-0,82	-1,3	-0,88
H	-0,6	-0,41	-0,7	-0,48
I	-0,6	-0,41	-0,5	-0,34
J	-0,6	-0,41	–	–

3.3 STŘECHA

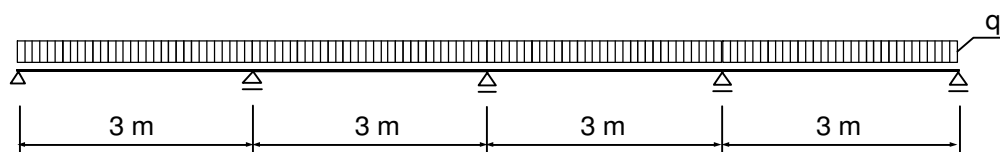
Je navržena skládaná střecha s využitím tenkostěnných za studena tvarovaných profilů. Tenkostěnné profily se v praxi většinou navrhují pomocí tabulek, které dodává výrobce. Tabulky musí být zpracovány podle platných norem, v našem případě podle ČSN EN 1993-1-3. Zde provedeme návrh profilů dodávaných firmou Kovové profily.

Střešní plášť je tuhý ve své rovině. Zatížení rovnoběžné se střešní rovinou se tak přenáší střešním pláštěm přímo do vazníků, vaznice jsou namáhány pouze složkou zatížení kolmou k rovině střechy. K zajištění tuhosti střešního pláště je třeba provést dostatečné množství spojů. Spodní trapézový plech bude ke každé vaznici připojen v každé vlně pomocí samovrtných šroubů $\varnothing 5,5$ mm a jednotlivé pásy plechu budou na svých podélných okrajích spojeny po 500 mm samovrtnými šrouby $\varnothing 4,8$ mm. Přenos sil z roviny spodního trapézového plechu do vazníku se bude realizovat v přípojích vaznic. Tyto přípoje budou provedeny pomocí standardních přípojovacích botek, viz část 1.3.1. těchto skript.

3.3.1 STŘEŠNÍ TRAPÉZOVÝ PLECH

Schéma

podpory - vaznice Z s roztečemi 3 m



Návrh: Trapézový plech TR 50/260/0,75, pozitivní poloha (tj. široká je horní vlna plechu)

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$m = 6,1 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Únosnost (podle tabulky 1.6): } q_{Rd} = 2,22 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Rk} = 1,55 \text{ kN/m}^2 \text{ z podmínky průhybu } \delta \leq L/200$$

Zatížení

Rozhoduje opět kombinace s tíhovým zatížením (stálé + sních).

$$q_k = 0,23 + 0,80 = 1,03 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{Ed} = 0,31 + 0,8 \cdot 1,5 = 1,51 \text{ kN/m}^2$$

Posouzení

Únosnost plechu:

$$q_{Ed} = 1,51 \text{ kN/m}^2 < 2,22 \text{ kN/m}^2$$

Podmínka pro mezní průhyb se vztahuje pouze k proměnnému zatížení:

$$\delta_2 \leq \frac{L}{200}$$

$$q_k = 0,80 \text{ kN/m}^2 < 1,55 \text{ kN/m}^2$$

Trapézový plech vyhoví

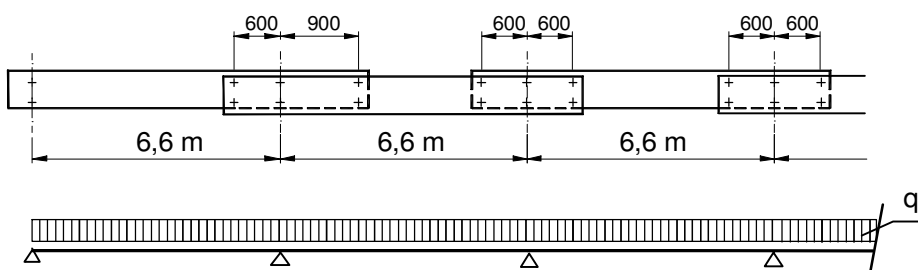
3.3.2 VNITŘNÍ (MEZILEHLÁ) VAZNICE

Vaznice bude přenášet pouze zatížení působící kolmo k rovině střechy. Přenos zatížení byl vysvětlen v úvodu kap. 3.4. Vaznice bude navržena jako tenkostěnná, působící jako spojitý nosník na celou délku haly.

Navrhne vaznice s rovnou stojinou, při návrhu využijeme tabulku 1.23.

Schéma

Spojitosť profilu nad vnitřními podporami je zajištěna překrytím sousedních dílů, viz následující obrázek. Spoje sousedních dílů i přípoje v podporách se provedou pomocí šroubů M16 jakosti 5.6.



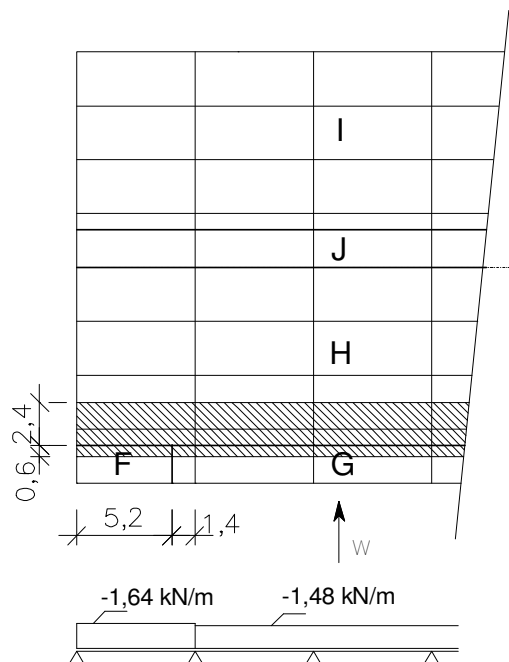
Zatížení

		charakteristické	souč.zatížení	návrhové extrémní
<u>Stálé</u>				
- střešní plášť	$0,23 \cdot 3 =$	0,69 kN/m		
- vl. tíha vaznice (odhad)		0,09 kN/m		
		0,78 kN/m	1,35	1,05 kN/m
<u>Sních</u>				
	$0,80 \cdot 3 =$	2,40 kN/m	1,5	3,60 kN/m

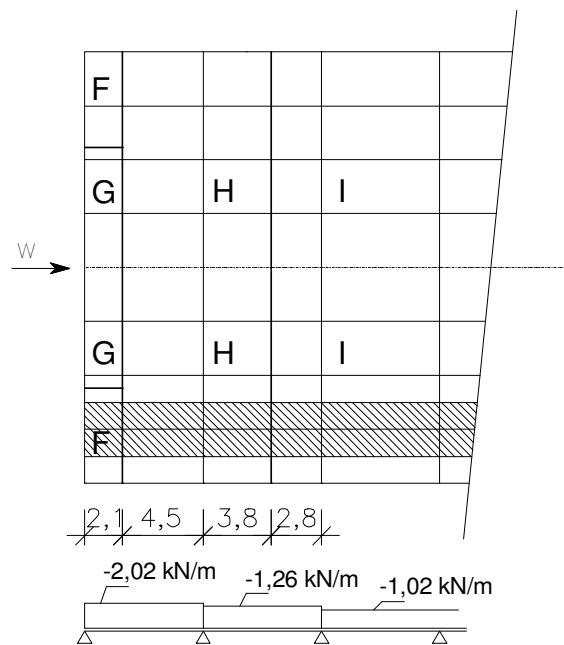
Vítr

Zatížení v krajním poli se určí přibližně jako konstantní na délce celého pole, a to lineární interpolací z jednotlivých oblastí F, G, H podle dílčích zatěžovacích ploch, viz schéma. Stejný princip se uplatní i pro vnitřní pole. Zatěžovací plochy pro jednotlivá zatížení větrem (na oblastech F, G, H nebo I) jsou patrné z následujícího obrázku.

Příčný vítr - schéma



Podélný vítr - schéma



Příčný vítr

krajní pole:

$$w_{e,k} = \frac{1}{L} \sum_i (w_e A)_i = -\frac{1}{6,6} \cdot (w_{e,F} \cdot 5,2 \cdot 0,6 + w_{e,G} \cdot 1,4 \cdot 0,6 + w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 2,4) =$$
$$= -\frac{1}{6,6} \cdot (1,16 \cdot 5,2 \cdot 0,6 + 0,82 \cdot 1,4 \cdot 0,6 + 0,41 \cdot 6,6 \cdot 2,4) = -1,64 \text{ kN/m}$$

vnitřní pole:

$$w_{e,k} = w_{e,G} \cdot 0,6 + w_{e,H} \cdot 2,4 = -0,82 \cdot 0,6 - 0,41 \cdot 2,4 = -1,48 \text{ kN/m}$$

Podélný vítr

krajní pole:

$$w_{e,k} = \frac{b}{L} \sum_i (w_e L)_i = -\frac{3}{6,6} (w_{e,F} \cdot 2,1 + w_{e,H} \cdot 4,5) = -\frac{3}{6,6} (1,09 \cdot 2,1 + 0,48 \cdot 4,5) = -2,02 \text{ kN/m}$$

... rozhoduje

2. pole:

$$w_{e,k} = \frac{b}{L} \sum_i (w_e L)_i = -\frac{3}{6,6} (w_{e,H} \cdot 3,8 + w_{e,I} \cdot 2,8) = -\frac{3}{6,6} (0,48 \cdot 3,8 + 0,34 \cdot 2,8) = -1,26 \text{ kN/m}$$

3. a další pole:

$$w_{e,k} = b w_{e,I} = -3 \cdot 0,34 = -1,02 \text{ kN/m}$$

Kombinace zatížení (KZS):

(1) stálé + sníh

$$q_k = 0,78 + 2,40 = 3,18 \text{ kN/m}$$

$$q_{Ed} = 1,05 + 3,60 = 4,65 \text{ kN/m}$$

(2) min. stálé (jen TR 50 + vl. tíha vaznice)+ podélný vítr (sání)

$$\text{krajní pole} \quad q_k = 0,08 \cdot 3 + 0,09 - 2,02 = -1,69 \text{ kN/m}$$

$$q_{Ed} = 0,08 \cdot 3 + 0,09 - 2,02 \cdot 1,5 = -2,70 \text{ kN/m}$$

Tabulky pro posouzení vaznic (viz kap. 1.3) jsou vypracovány pro konstantní spojitě rovnoměrné zatížení po celé délce nosníku. U KZS (2) (sání větru) je zatížení po délce nosníku proměnné. Protože jistě rozhoduje posouzení v krajním poli, budeme zjednodušeně vycházet pouze ze zatížení v krajním poli.

Návrh Z 300/2,5 SAB

$$m = 9,44 \text{ kg/m}$$

Ocel S350GD (podle EN 10 147)

$$f_y = 350 \text{ MPa}$$

Únosnost:

Díličí únosnosti se určí z tab. 1.15 lineární interpolací mezi hodnotami pro $L = 6 \text{ m}$ a $L = 7 \text{ m}$.

$$\text{- tíhové zatížení} \quad q_{Rd} = 4,58 + (6,53 - 4,58) \frac{7,0 - 6,6}{7,0 - 6,0} = 5,36 \text{ kN/m}$$

$$q_{Rk} = 6,42 + (10,20 - 6,42) \frac{7,0 - 6,6}{7,0 - 6,0} = 7,93 \text{ kN/m} \quad \text{pro } \delta_{lim} = L/200$$

$$\text{- zatížení sáním} \quad q_{Rd} = -3,14 - (4,37 - 3,14) \frac{7,0 - 6,6}{7,0 - 6,0} = -3,63 \text{ kN/m}$$

Posouzení:

Mezní stav únosnosti

$$\text{KZS (1)} \quad q_{Ed} = 4,65 \text{ kN/m}' < q_{Rd} = 5,36 \text{ kN/m}$$

$$\text{KZS (2)} \quad q_{Ed} = 2,70 \text{ kN/m}' < q_{Rd} = 3,63 \text{ kN/m}$$

Vyhoví

Mezní stav použitelnosti

Průhyb střešních vaznic δ_{max} (od celkového zatížení) není omezen. Mezní průhyb od proměnného zatížení (v tomto případě od zatížení sněhem) je:

$$\delta_{2,lim} = L/200$$

$$q_{Ek} = 2,40 \text{ kN/m} < q_{Rk} = 7,93 \text{ kN/m}$$

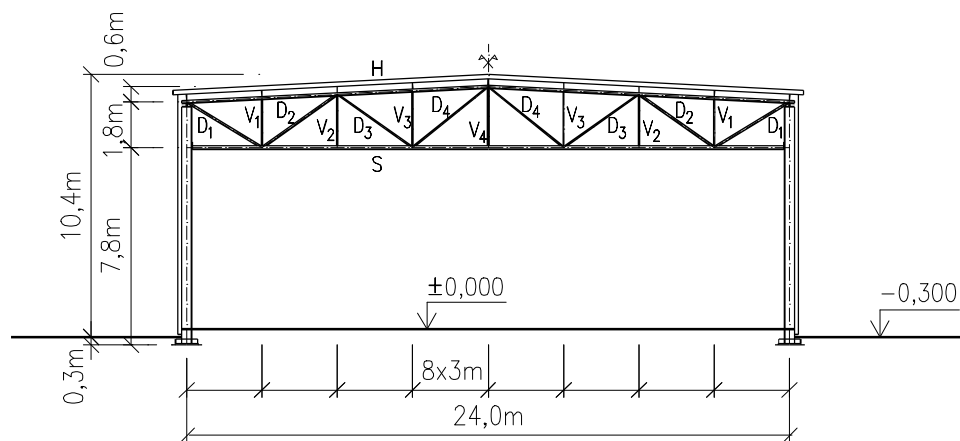
Vaznice vyhoví

3.3.3 OKAPOVÁ VAZNICE

Okapová vaznice bude stejně jako vnitřní vaznice přenášet pouze zatížení kolmo ke střešní rovině. Vzhledem k menší zatěžovací šířce bude okapová vaznice namáhána ohybem méně než vnitřní vaznice, navíc je možné ji při menších silách uvažovat pro přenos síly od podélného větru do hlavního podélného ztužidla (kap. 3.10.2). Navrhne se z konstrukčních důvodů shodný profil Z 300/2,5 SAB.

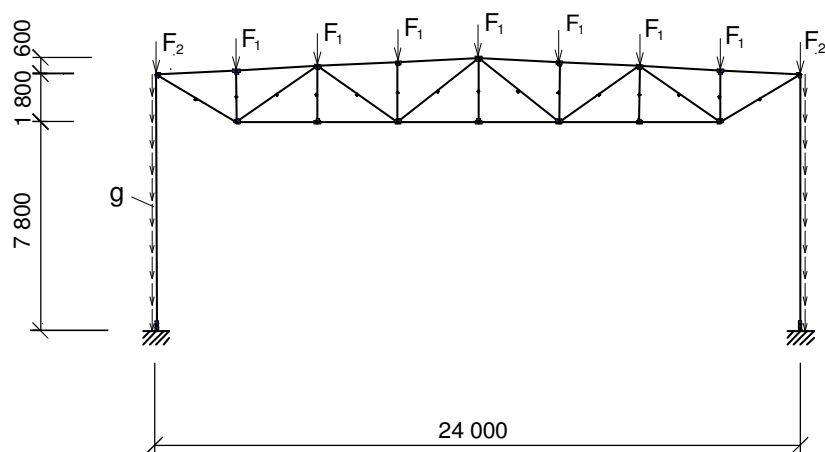
3.4 PŘÍČNÁ VAZBA

3.4.1 SCHÉMA



3.4.2 ZATÍŽENÍ

Statický model:



Spodní pás vazníku je připojen ke sloupu posuvně ve směru osy pásu. Krajní prut spodního pásu je tudíž nulový a v modelu je proto vynechán.

Reakce na první vnitřní vazbě by vlivem spojitosti vaznic měla být správně uvažována ze zatěžovací šířky cca 1,1 x 6,6 m. Pro zjednodušení je ale uvažovaná zatěžovací šířka 6,6 m (odpovídající vaznicím navrženým jako spojitý nosník).

ZATĚŽOVACÍ STAVY

Uvažovány budou následující zatěžovací stavy:

1. Stálé
2. Minimální stálé
3. Sníh
4. Vítr příčný
5. Vítr podélný

Veškerá zatížení v této části jsou uvedena v charakteristických hodnotách.

1. Stálé zatížení

Odhad vlastní tíhy vazníku:

$$g_k = \frac{L}{76} \sqrt{q B} = \frac{24}{76} \sqrt{(0,23 + 0,09/3 + 0,80) \cdot 6,6} = 0,84 \text{ kN/m}$$

kde L je rozpětí vazníku [m],
q tíhové zatížení střechy [kN/m²],
B vzdálenost příčných vazeb.

Síly do uzlů vazníku:

$$\begin{aligned} F_1: & \quad - \text{plášť} \quad 0,78 \cdot 6,6 & = 5,15 \text{ kN} \\ & \quad \text{(tíha pláště je určena ze zatížení vaznice, viz část 3.3.3)} \\ & \quad - \text{vl. tíha vazníku} \quad 0,84 \cdot 3 = 2,52 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_1 = 7,67 \text{ kN}$$

Pro krajní sílu uvažujeme přesah střechy 0,4 m za osu sloupu. Zatěžovací šířka je proto

$$1,5 + 0,4 = 1,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} F_2: & \quad - \text{plášť} \quad (0,23 \cdot 1,9 + 0,09) \cdot 6,6 = 3,48 \text{ kN} \\ & \quad - \text{vl. tíha vazníku} \quad 0,84 \cdot 1,5 = 1,26 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_2 = 4,74 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Sloup} & \quad - \text{plášť} \quad g = 0,25 \cdot 6,6 = 1,65 \text{ kN/m} \\ & \quad - \text{vl. tíha (odhad)} \quad 1,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$g = 2,65 \text{ kN/m}$$

2. Min. stálé zatížení

Dolní odhad vlastní tíhy vazníku:

$$g_{k,\min} \cong 0,5 g_k = 0,5 \cdot 0,84 = 0,42 \text{ kN/m}$$

Síly do uzlů vazníku:

F ₁ :	- plášť	5,15 kN
	- vl. tíha vazníku	0,42 · 3 = 1,26 kN

$$F_1 = 6,41 \text{ kN}$$

F ₂ :	- plášť	3,48 kN
	- vl. tíha vazníku	0,42 · 1,5 = 0,63 kN

$$F_2 = 4,11 \text{ kN}$$

Sloup: $g_k = 2,65 \text{ kN/m}$

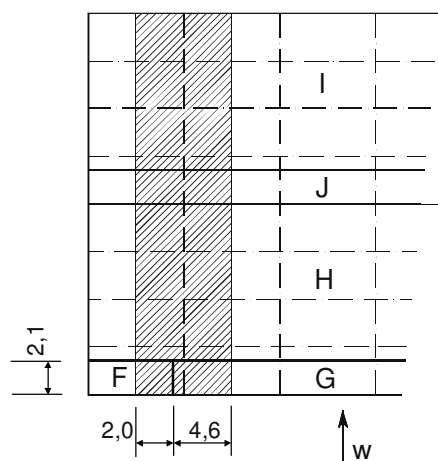
3. Sníh

$$F_1 = 2,40 \cdot 6,6 = 15,84 \text{ kN} \quad 1,5 \quad 23,76 \text{ kN}$$

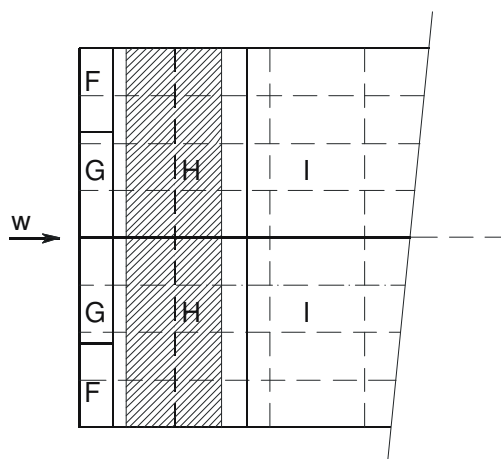
$$F_2 = 0,8 \cdot 1,9 \cdot 6,6 = 10,0 \text{ kN} \quad 1,5 \quad 15,0 \text{ kN}$$

Zatížení větrem se určí pro první vnitřní příčnou vazbu (řada 2 nebo řada 9), kde jsou největší hodnoty sání větru na střeše a současně je zatěžovací šířka stejná jako pro běžné příčné vazby. Plošné zatížení větrem se uváží podle tab. 3.1 v kap. 3.2.

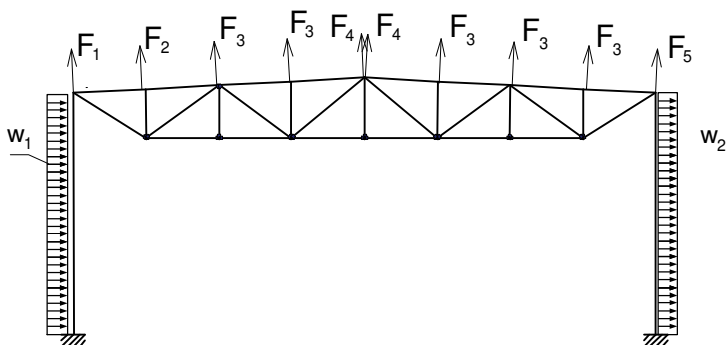
Tvarové součinitele - příčný vítr



Tvarové součinitele - podélný vítr



4. Vítr příčný



$$w_1 = w_{e,D} B = 0,51 \cdot 6,6 = 3,37 \text{ kN/m}$$

$$w_2 = w_{e,E} B = 0,27 \cdot 6,6 = 1,78 \text{ kN/m}$$

$$F_1 = (w_{e,F} \cdot 2,0 + w_{e,G} \cdot 4,6) \cdot 1,9 = (1,16 \cdot 2,0 + 0,82 \cdot 4,6) \cdot 1,9 = 11,84 \text{ kN}$$

$$F_2 = (w_{e,F} \cdot 2,0 + w_{e,G} \cdot 4,6) \cdot 0,6 + w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 2,4 = (1,16 \cdot 2,0 + 0,82 \cdot 4,6) \cdot 0,6 + 0,41 \cdot 6,6 \cdot 2,4 = 10,15 \text{ kN}$$

$$F_3 = w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 3 = 0,41 \cdot 6,6 \cdot 3 = 8,12 \text{ kN}$$

$$F_4 = w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 1,5 = 0,41 \cdot 6,6 \cdot 1,5 = 4,06 \text{ kN}$$

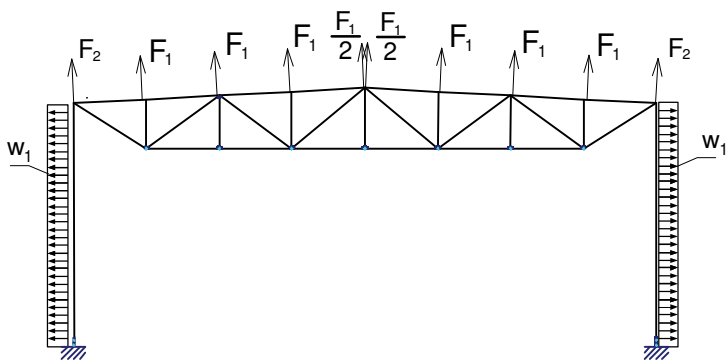
$$F_5 = w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 1,9 = 0,41 \cdot 6,6 \cdot 1,9 = 5,14 \text{ kN}$$

kde B je vzdálenost příčných vazeb,

w_e je zatížení větrem pro jednotlivé oblasti podle tab. 3.1,

1,9 m ve vztazích pro F_1 a F_4 je zatěžovací šířka pro okapovou vaznici, viz výše.

5. Vítr podélný



$$w_1 = w_{e,A} (4,2 - 3,3) + w_{e,B} (6,6 - 4,2 + 3,3) = 0,82 \cdot (4,2 - 3,3) + 0,54 \cdot (6,6 - 4,2 + 3,3) = 3,82 \text{ kN/m'}$$

$$F_1 = w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 3 = 0,48 \cdot 6,6 \cdot 3 = 9,50 \text{ kN}$$

$$F_2 = w_{e,H} \cdot 6,6 \cdot 1,9 = 0,48 \cdot 6,6 \cdot 1,9 = 6,02 \text{ kN}$$

METODA GLOBÁLNÍ ANALÝZY

Vnitřní síly a deformace konstrukce se určí lineárním výpočtem. Sloupy se posoudí metodou ekvivalentních sloupů, tj. s uvažováním patrového posuvu při určení vzpěrné délky v rovině příčné vazby. Imperfekce soustavy ve formě naklonění sloupů se neuvažují.

Poznámka: Tato metoda je vhodná pro konstrukce s vetknutými sloupy a kloubově uloženým vazníkem. Pro rámové haly se použije jiný postup.

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ (KZS):

- (1) Stálé + sníh
- (2) Stálé + sníh + ψ_0 vítr příčný (pro vítr $\psi_0 = 0,6$, viz [3])
- (3) Stálé + vítr příčný + ψ_0 sníh (pro sníh $\psi_0 = 0,5$, viz [3])
- (4) Stálé min. + vítr příčný
- (5) Stálé min. + vítr podélný

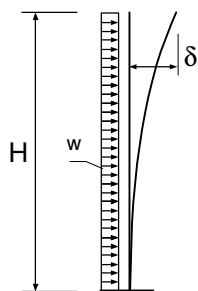
O dimenzích vazníku rozhodne kombinace (1) (největší tíhové zatížení) nebo jedna z kombinací (4), (5) (největší vztlačové zatížení).

3.4.3 VNITŘNÍ SÍLY V PRUTECH PŘÍČNÉ VAZBY

Vnitřní síly se určí pomocí počítače. Výsledky jsou na dalších stranách. Protože je konstrukce staticky neurčitá, je nutné nejprve navrhnout profily všech prutů. Na rozložení vnitřních sil v konstrukci má u haly s vetknutými sloupy a příhradovým vazníkem významnější vliv profil sloupů.

Předběžný odhad profilu sloupu

Profil sloupu odhadneme z podmínky doporučeného vodorovného průhybu δ od příčného větru. Sloup působí jako konzola, kterou pro účel návrhu zatížíme průměrnou hodnotou větru na návětrné a závětrné podélné stěně:



$$w_{k,mean} = (w_1 + w_2)/2 = (3,37 + 1,78)/2 = 2,58 \text{ kN/m'}$$

$$\frac{w_{k,mean} H^4}{8 E I_y} \leq \frac{H}{150}$$

$$I_y \geq \frac{150 w_{k,mean} H^3}{8 E} \geq \frac{150 \cdot 2,58 \cdot 9600^3}{8 \cdot 210000} = 203 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh sloupu: HEA 320

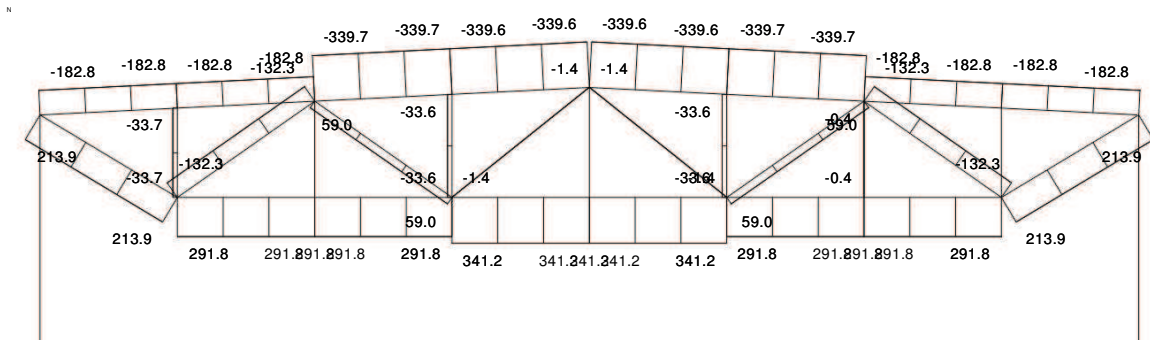
$$A = 12440 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 229,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

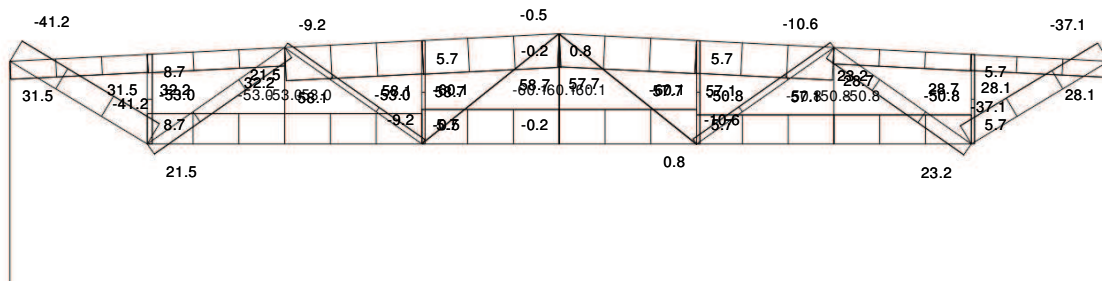
V kombinacích (4) a (5) působí výslednice zatížení směrem nahoru a v prutech vazníku proto vznikají normálové síly opačného znaménka než v kombinaci (1). Tlakové síly jsou v obrázcích záporné.

Normálové síly ve vazníku [kN] od rozhodujících kombinací (extrémní návrhové hodnoty):

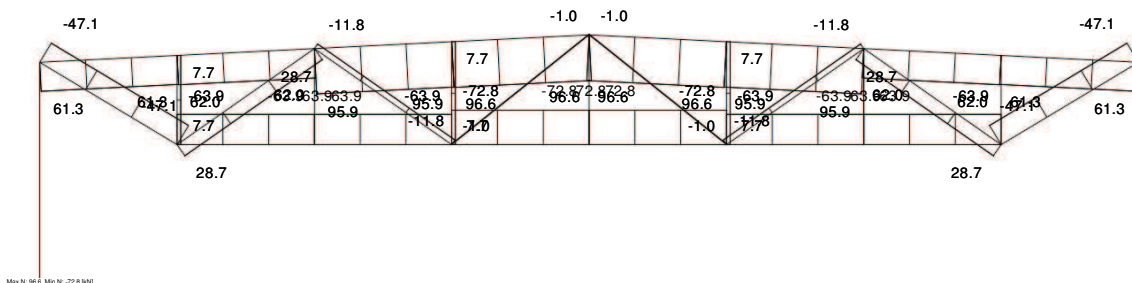
KZS (1)



KZS (4)



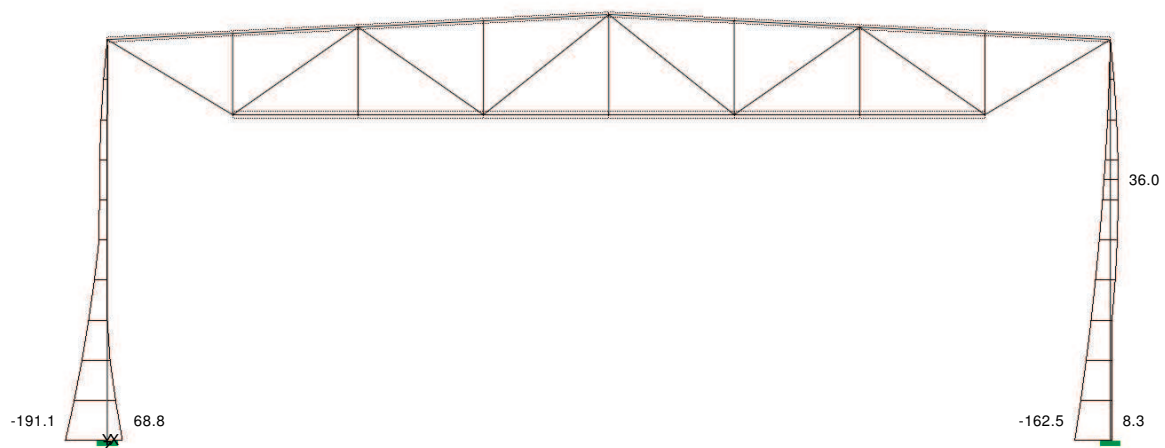
KZS (5)



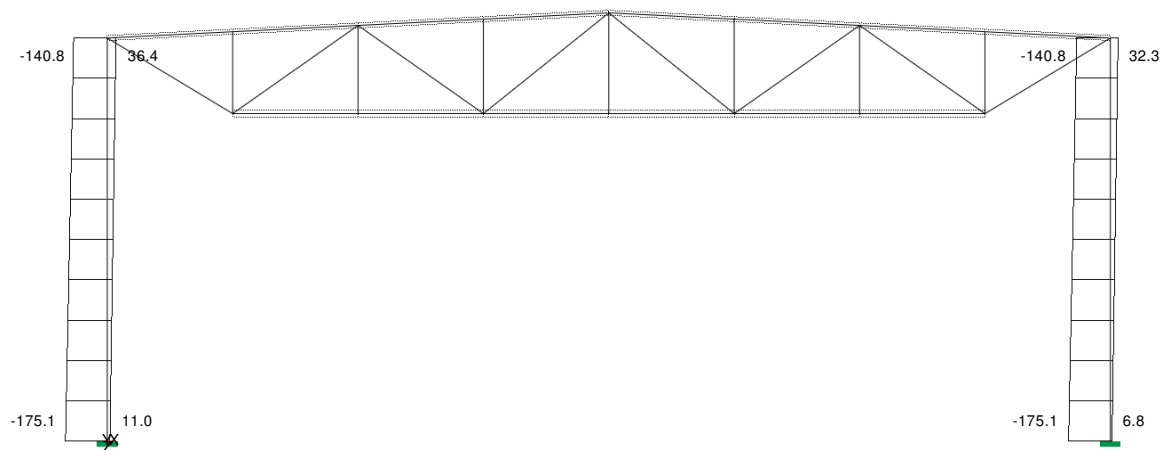
Max N: 96.6, Min N: -72.8 [kN]

Vnitřní síly ve sloupech (obalová křivka všech kombinací, extrémní návrhové hodnoty):

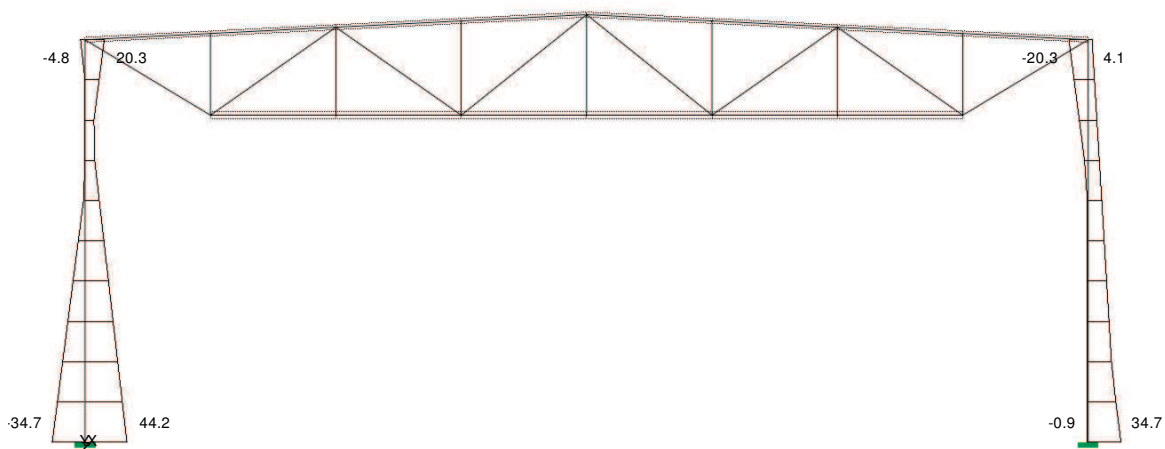
M_{Ed} [kNm]



N_{Ed} [kN]



V_{Ed} [kN]



Porovnáním výsledků je vidět, že největší moment ve sloupech M_{Ed} vzniká v jiné kombinaci než největší normálová síla N_{Ed} . Proto je třeba nalézt doplňkové hodnoty k extrémům vnitřních sil. V tabulce jsou uvedeny odpovídající hodnoty M_{Ed} , N_{Ed} nad patkou pro KZS (1) až (3). Extrémní hodnoty jsou vyznačeny tučně. Tlakové normálové síly jsou v souladu s předchozími obrázky záporné.

Tab. 3.2 Extrémy vnitřních sil ve sloupech haly

KZS	(1)	(2)	(3)
M_{Ed} [kNm]	8,3	119,7	191,1
N_{Ed} [kN]	-175,1	-137,4	-63,1

3.5 TRUBKOVÝ VAZNÍK

Pruty vazníku jsou z trubek válcovaných za tepla z oceli S355J0 ($f_y = 355$ MPa). Návrhová pevnost

$$\text{je } f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355 \text{ MPa.}$$

3.5.1 POSOUZENÍ PRUTŮ

Posouzení prutů bude provedeno v tab. 3.3. Značení prutů odpovídá schématu na začátku kap. 3.4. Působící normálové síly jsou převzaty ze schémat v předchozí kapitole.

Tab. 3.3 Posouzení prutů vazníku - průřezové veličiny, tažené pruty

prut	$N_{Ed(tah)}$ kN	Profil	A mm ²	i mm	f_y MPa	$N_{t,Rd}$ kN	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
S	341,2	TR 159x5	2419	54,5	355	858,7	0,397	<1,0
H	-	TR 108x5	1618	36,5	355	-	-	
D ₁	213,9	TR 82,5x3,6	892	27,9	355	316,7	0,675	<1,0
D ₂	-	TR 82,5x3,6	892	27,8	355	-	-	
D ₃	59,0	TR 44,5x3,2	453	14,6	355	160,8	0,367	<1,0
D ₄	-	TR 44,5x3,2	453	14,6	355	-	-	
V ₁ ,V ₃	-	TR 38x3,2	350	12,4	355	124,3	-	

U prutů, které jsou dominantně tlačeny, není třeba posudek na tah provádět. V tabulce u takových prutů není tahová síla uvedena.

pokračování tabulky – tlačené pruty

prut	$N_{Ed(tlak)}$ kN	Profil	$L_{teor.}$ mm	L_{cr}/L	L_{cr} mm	λ	λ_{rel}	χ	$N_{b,Rd}$ kN	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
S	72,8	TR 159x5	12000	1,00	12000	220,2	2,882	0,11	96,1	0,758	<1,0
H	339,6	TR 108x5	3004	0,90	2704	74,1	0,970	0,69	394,5	0,861	<1,0
D ₁	47,1	TR 82,5x3,6	3499	0,75	2624	94,1	1,231	0,51	161,7	0,291	<1,0
D ₂	132,3	TR 82,5x3,6	3662	0,75	2747	98,8	1,293	0,47	150,2	0,881	<1,0
D ₃	11,8	TR 44,5x3,2	3662	0,75	2747	188,1	2,462	0,15	24,3	0,486	<1,0
D ₄	1,4	TR 44,5x3,2	3842	0,75	2882	197,4	2,583	0,14	22,2	0,063	<1,0
V ₁ ,V ₃	33,7	TR 38x3,2	2250	0,75	1688	136,1	1,781	0,28	34,2	0,985	<1,0

Veličiny v tabulce jsou vypočteny pomocí následujících vztahů:

$$\text{Tah: } N_{t,Rd} = A f_{yd}$$

$$\text{Tlak: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} \quad \lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} \sqrt{\frac{f_y}{235}}$$

křivka vzpěrné pevnosti a (pro trubky válcované za tepla)

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

Vzpěrné délky pro trubkový vazník se svařovanými spoji trubek jsou určeny v souladu s tab. 1.21 v první části těchto skript. Pro vnitřní pruty a pro horní pás je štíhlost λ stejná k ose y i k ose z . Pro spodní pás rozhoduje vybočení z roviny vazníku, vybočení je bráněno pouze v uložení vazníku a uprostřed rozpětí podélným ztužidlem mezi vazníky.

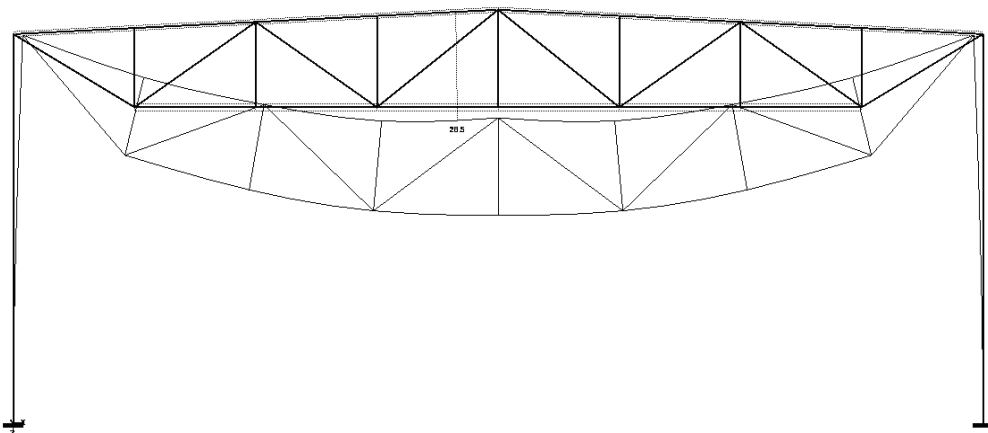
Poznámka:

Pro dimenze spodního pásu a vnitřních diagonál D_3 a D_4 je rozhodující doporučená mezní štíhlost $\lambda < 200$. Mírné překročení této štíhlosti u spodního pásu lze připustit.

V návrhu prutů byla dodržena konstrukční zásada, podle které má být tloušťka stěny pásů větší než tloušťka stěny výplňových prutů.

3.5.2 SVISLÝ PRŮHYB

Největší svislý průhyb se určí od proměnného zatížení (sníh). Průhyb je určen od provozního návrhového zatížení ($\gamma_F = 1,0$).



$$\delta = 28,5 \text{ mm} < \delta_{Q,lim} = \frac{L}{250} = \frac{24000}{250} = 96 \text{ mm}$$

Vyhoví

3.5.3 MONTÁŽNÍ STYK

Horní pás

$$N_{max,Ed} = 339,6 \text{ kN (tlak)}$$

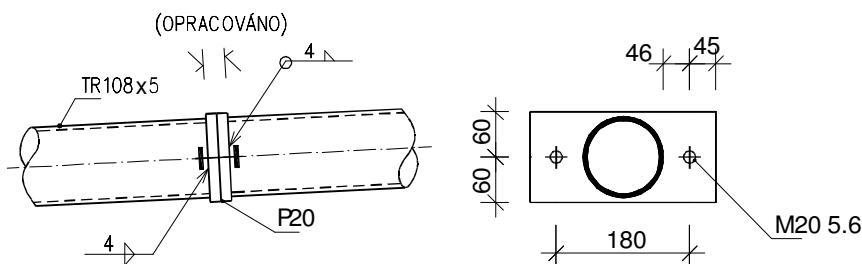
$$N_{max,Ed} = 96,6 \text{ kN (tah)}$$

Styk navrhne jako kontaktní, s opracováním styčných ploch. Posoudit je třeba jen šrouby na tah s vlivem páčení.

U plechů namáhaných tahem kolmo k povrchu může dojít k lamelárnímu rozdělení plechů. Obecně je proto nutné vybrat třídu jakosti Z dle ČSN EN 10164, přičemž požadavky jsou stanoveny normou ČSN EN 1993-1-10. V tomto případě není s ohledem na malou výšku svaru, tl. čelní desky a geometrii přípoje třída jakosti Z požadována.

Návrh: 2x M20 5.6 únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 88,2$ kN (viz [4], kap. 3.5)

geometrie viz obr.



Postup zohledňující páčení plechu je dle již neplatné ČSN 731401/1998 a je uváděn pouze s ohledem na jeho jednoduchost. Postup dle ČSN EN 1993-1-8 je náplní vyšších ročníků studia.

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení:

$$t_e = 4,3 \left(b d^2 / a \right)^{1/3} = 4,3 \left(46 \cdot 20^2 / 45 \right)^{1/3} = 31,9 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{31,9^3 - 20^3}{20^2} = 1,31$$

Tlak se přeneše kontaktem. Tah 98,1 kN vyvodí sílu ve šroubech

$$\gamma_p N_{t,d} = 1,31 \cdot 96,6 = 126,5 \text{ kN} < 2 F_{t,Rd} = 2 \cdot 88,2 = 176,4 \text{ kN}$$

Styk vyhoví

Spodní pás

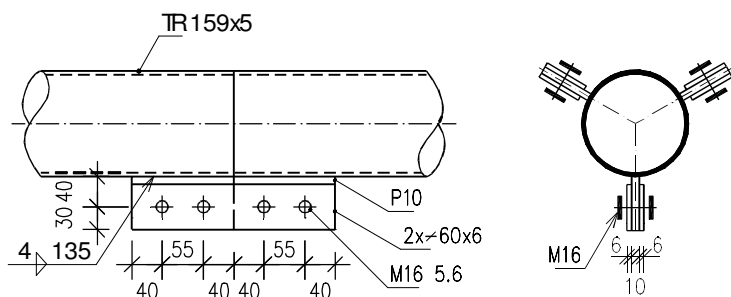
$$N_{\max,d} = 341,2 \text{ kN (tah)}$$

Montážní styk spodního pásu navrhne ve dvou alternativách.

Alt. 1) Příložkový styk

Navrhne příložkový styk s tzv. křídélky 70x10 mm, viz obr.

$$\text{Síla na jedno křídélko } N_{t,d} = \frac{341,2}{3} = 113,7 \text{ kN}$$



Šrouby - M16 5.6

$F_{v,Rd} = 2 \cdot 37,7 = 75,4 \text{ kN}$ (dvojstřížné, stříh v závitě)

$F_{b,Rd} = 120,9 \text{ kN}$ ($t = 10 \text{ mm}$, S355, doporučené rozteče)

(únosnosti šroubů jsou převzaty z [4], kap. 3.5)

Rozhoduje únosnost ve stříhu.

Posouzení:

$$2 \cdot 75,4 = 150,8 \text{ kN} > 113,7 \text{ kN}$$

Příložky - 2x 60x6 na jedno křídélko

Posouzení:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot (60 - 18) \cdot 2 \cdot 6 \cdot 490}{1,25} = 177,8 \text{ kN} > 113,7 \text{ kN}$$

Svar křidélek - oboustranný koutový, $a = 4 \text{ mm}$ (viz obr.)

Posouzení:

$$\tau_{II} = \frac{N_{1,d}}{2 a \ell} = \frac{113700}{2 \cdot 4 \cdot 135} = 105,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1 N_{1,d} e}{\sqrt{2} W_{we}} = \frac{1 \cdot 113700 \cdot 40}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 4 \cdot 135^2 / 6} = 132,3 \text{ MPa}$$

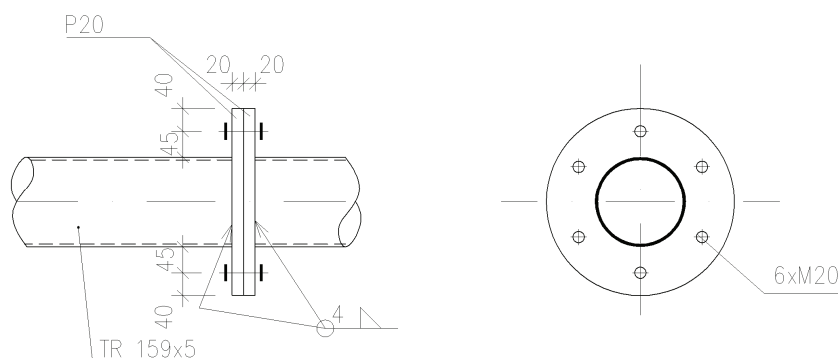
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = \sqrt{132,3^2 + 3(132,3^2 + 105,3^2)} = 321,4 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

Styk vyhoví

Alt. 2) Styk s čelními deskami

Návrh: 6x M20 5.6 únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 88,2 \text{ kN}$ (viz [4], kap. 3.5)

geometrie viz obr.



$a = 40 \text{ mm}$

$b = 45 \text{ mm}$

Tlak se přenese kontaktem, spoj posoudíme na tahovou sílu s vlivem páčení. Uvedený postup vychází opět z dnes již neplatné ČSN 731401/1998.

Nejmenší tloušťka desky, při které nedojde k páčení:

$$t_e = 4,3 (b d^2 / a)^{1/3} = 4,3 (45 \cdot 20^2 / 40)^{1/3} = 33,0 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{33,0^3 - 20^3}{20^2} = 1,35$$

Tahová síla 341,2 kN vyvodí sílu ve šroubech

$$\gamma_p N_{t,d} = 1,35 \cdot 341,2 = 460,6 \text{ kN} < 6 F_{t,Rd} = 6 \cdot 88,2 = 529,2 \text{ kN}$$

Šrouby vyhoví

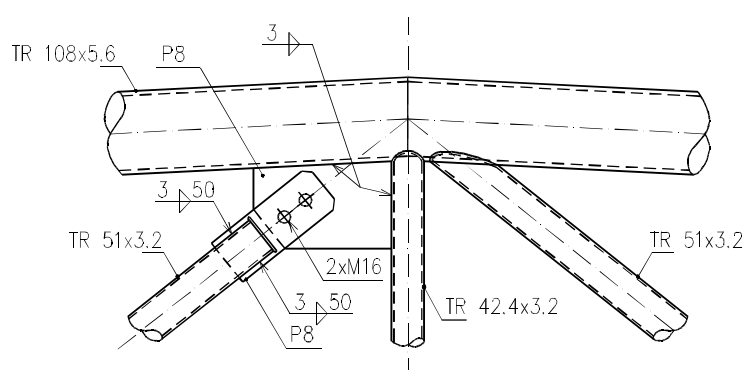
Svar trubky k čelní desce

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{N_d}{a \ell} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{341200}{4 \pi 159} = 120,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{120,8^2 + 3 \cdot (120,8^2 + 0)} = 241,6 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

Svar vyhoví

Diagonála



$$N_{\max,d} = 1,5 \text{ kN}$$

2x M16 5.6 bezpečně vyhoví.

3.5.4 ULOŽENÍ NA SLOUP

V uložení se tlaková reakce přenáší prostým kontaktem a vodorovná reakce pomocí zarážek, viz obr. 1.34 nebo detaily v příloze skripta. Posoudíme šrouby na přenos svislé tahové reakce vazníku, která je rovna největší tahové síle ve vrcholu sloupu. Z obrázků vnitřních sil v části 3.4.3 je vidět, že tato síla je

$$N_{\min,Ed} = 36,4 \text{ kN}$$

Návrh: 4x M16 5.6

$$N_{t,Rd} = 56,5 \text{ kN (viz [4])}$$

Posouzení:

$$4 \cdot 56,5 \gg 36,4 \text{ kN}$$

Přípoj bezpečně vyhoví

3.6 ÚHELNÍKOVÝ VAZNÍK - ALTERNATIVNÍ NÁVRH

Alternativně navrhujeme vazník jako úhelníkový, z pásů z jednoho úhelníku a vnitřních prutů z dvojice úhelníků, viz obr. 1.31. Geometrie a statické schéma jsou shodné s trubkovým vazníkem.

Pruty budou stejně jako u trubkového vazníku z oceli S355 ($f_y = 355$ MPa). Návrhová pevnost je $f_{yd} = 355$ MPa.

3.6.1 POSOUZENÍ PRUTŮ

Posouzení prutů bude provedeno v tab. 3.4. Změna profilů neovlivní u staticky určitého příhradového vazníku síly v prutech, pruty se proto navrhnou na síly určené v kap. 3.5. Značení prutů odpovídá schématu pro trubkový vazník.

Tab. 3.4 Posouzení prutů vazníku – průřezové veličiny, tažené pruty

prut	$N_{Ed(tah)}$	Profil	A	i_y	i_z	f_y	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm ²	mm	mm	MPa	kN		
S	341,2	L 140x10	2720	27,6	54,2	355	965,6	0,353	<1,0
H	-	L 140x10	2720	27,6	54,2	355	965,6	-	
D ₁	213,9	2L 55x5	1064	16,7		355	377,7	0,566	<1,0
D ₂	-	2L 80x6	1870	24,5		355	663,9	-	
D ₃	59,0	2L 55x5	1064	16,7		355	377,7	0,156	<1,0
D ₄	-	2L 55x5	1064	16,7		355	377,7	-	
V ₁ ,V ₃	-	2L 40x4	616	12,1		355	218,7	-	

U prutů, které jsou dominantně tlačeny, není třeba posudek na tah provádět. V tabulce u takových prutů není tahová síla uvedena.

pokračování tabulky – tlačené pruty

prut	$N_{Ed(tlak)}$	Profil	$L_{teor.}$	$L_{cr,y}$	$L_{cr,z}$	λ_y	λ_z	λ_{rel}	χ	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm	mm	mm					kN		
S	72,8	L 140x10	3004	3004	12000	108,8	221,4	2,898	0,101	97,8	0,744	<1,0
H	339,6	L 140x10	3004	3004	3004	108,8	55,4	1,425	0,34	1,723	0,371	<1,0
D ₁	47,1	2L 55x5	3499	3149	3499	188,6		2,468	0,136	51,2	0,920	<1,0
D ₂	132,3	2L 80x6	3662	3296	3662	134,5		1,761	0,243	161,5	0,819	<1,0
D ₃	11,8	2L 55x5	3662	3296	3662	197,4		2,583	0,125	47,2	0,250	<1,0
D ₄	1,4	2L 55x5	3842	3458	3842	207,1		2,710	0,114	43,2	0,032	<1,0
V ₁ ,V ₃	33,7	2L 40x4	2250	2025	2250	167,4		2,191	0,167	36,6	0,920	<1,0

Legenda k tabulce, použité vztahy:

Tah: $N_{t,Rd} = A f_{yd}$

Tlak: $\lambda = \frac{L_{cr}}{i}$ $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} \sqrt{\frac{f_y}{235}}$

Vzpěrné délky pro úhelníkový vazník jsou určeny podle tab. 1.21 v první části těchto skript. Dvojice úhelníků tvořící vnitřní pruty jsou ve třetinách délky spojeny vevařenými vložkami. V takovém případě při rovnoramenných úhelnících a $L_{cr,y} \approx L_{cr,z}$ rozhoduje vybočení k hmotné ose průřezu (v rovině vazníku). Posouzení členěného prutu na vybočení k nehmotné ose tedy není třeba provádět.

$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$

- křivka vzpěrné pevnosti b (pro úhelníky pro všechny směry vybočení)
- index y ($i_y, L_{cr,y}, \lambda_y$) popisuje vybočení v rovině vazníku,

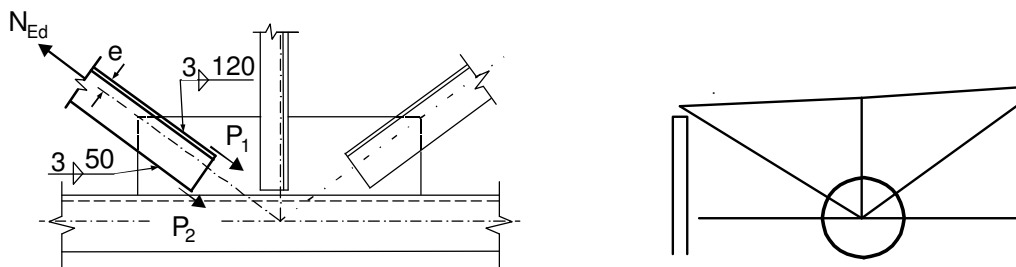
- index z (i_z , $L_{cr,z}$, λ_z) popisuje vybočení z roviny vazníku,
- poměrná štíhlost λ_{rel} je určena pro větší (tj. rozhodující) ze štíhlostí λ_y , λ_z .

Poznámka:

Pro dimenze spodního pásu a vnitřních diagonál D_3 a D_4 je rozhodující doporučená mezní štíhlost $\lambda < 200$. Mírné překročení této štíhlosti u diagonály D_4 lze připustit.

3.6.2 POSOUZENÍ PŘÍPOJŮ

Přípoje vnitřních prutů ke styčníkovým plechům jsou svařované, provedené koutovými svary. Posoudí se přípoj nejvíce namáhané diagonály D_1 .



$$N_{Ed} = D_1 = 213,9 \text{ kN}$$

Síla se rozdělí na jednotlivé svary podle polohy těžiště průřezu:

$$e = 33,1 \text{ mm}$$

$$P_1 = \frac{55 - 15,1}{55} \cdot 213,9 = 155,2 \text{ kN}$$

$$P_2 = 213,9 - 155,2 = 58,7 \text{ kN}$$

Namáhání svaru 1:

$$\tau_{II} = \frac{155200}{2 \cdot 3 \cdot 120} = 215,6 \text{ MPa}$$

Ohybový moment od napětí v odstávajícím rameni úhelníku:

$$M_{w,1} = \frac{N_{Ed} \cdot b}{4 \cdot 2} = \frac{213900 \cdot 55}{8} = 1,47 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Napětí kolmo na rovinu plechu:

$$\sigma_{we} = \frac{M_{w,1}}{W_{w,1}} = \frac{M_{w,1}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot \ell^2} = \frac{1,47 \cdot 10^6}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 120^2} = 102,1 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{102,1}{\sqrt{2}} = 72,2 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru 1:

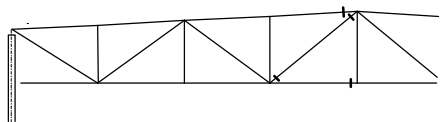
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} = \sqrt{72,2^2 + 3 \cdot (72,2^2 + 215,6^2)} = 400,4 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa}$$

Namáhání svaru 2:

$$\tau_{II} = \frac{58700}{2 \cdot 3 \cdot 50} = 195,7 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{Mw}} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,5 \text{ MPa}$$

Svary vyhoví

3.6.3 MONTÁŽNÍ STYK



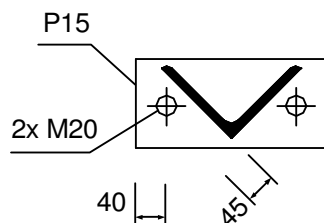
Horní pás

$$N_{\max,Ed} = 339,6 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{\max,Ed} = 96,6 \text{ kN (tah)}$$

Styk navrhne obdobně jako u trubkového vazníku jako kontaktní, s opracováním styčných ploch. Posoudit je třeba jen šrouby na tah s vlivem páčení.

Návrh: **2x M20 5.6** únosnost šroubu na tah $F_{t,Rd} = 88,2 \text{ kN}$ (viz [4])
geometrie viz obr.



Nejmenší tloušťka desky bez páčení

$$t_e = 4,3 (b d^2 / a)^{1/3} = 4,3 (45 \cdot 20^2 / 40)^{1/3} = 33,0 \text{ mm}$$

Součinitel zvětšující působící sílu vlivem páčení

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{33^3 - 15^3}{20^2} = 1,41$$

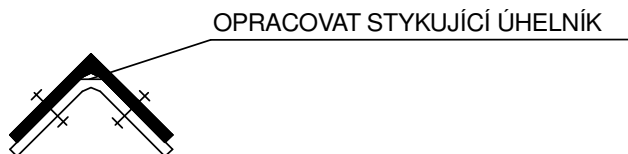
$$\gamma_p N_{t,d} = 1,41 \cdot 96,6 = 136,2 \text{ kN} < 2 F_{t,Rd} = 2 \cdot 88,2 = 176,4 \text{ kN}$$

Styk vyhoví

Dolní pás

$$N_{\max,d} = 341,2 \text{ kN (tah)}$$

Navrhne příložkový styk, viz obr.



Šrouby - M24 5.6

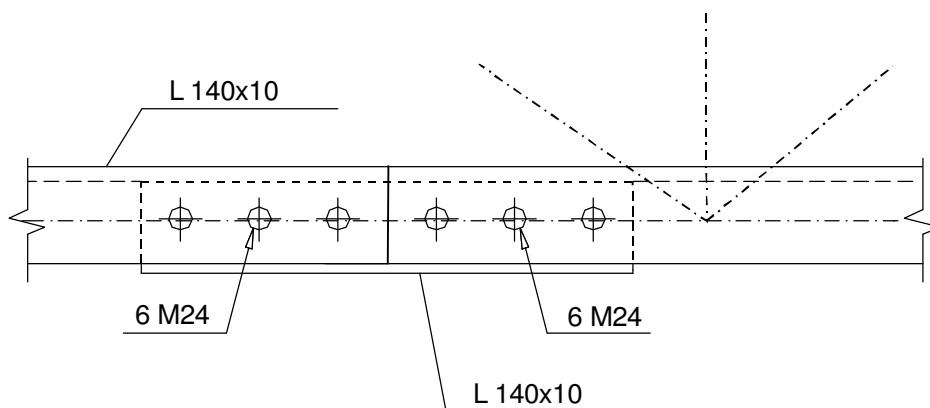
$F_{v,Rd} = 84,7 \text{ kN}$ (jednostřížné, stříh v závitu)

$F_{b,Rd} = 73,9 \text{ kN}$ ($t = 10 \text{ mm}$, S355, malé rozteče) ... rozhoduje

Rozhoduje únosnost ve stříhu.

Potřebný počet šroubů:

$$n = \frac{341,2}{73,9} = 4,62 \Rightarrow \text{návrh 6 šroubů na každé straně spoje}$$

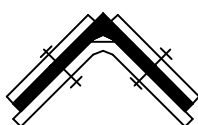


Oslabení dolního pásu

$$A_{net} = 2720 - 2 \cdot 10 \cdot 26 = 2200 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2200 \cdot 490}{1,25} = 776,2 \text{ kN} > 341,2 \text{ kN}$$

Příložka je navržena ze stejného úhelníku jako pás. Vzhledem ke značné rezervě únosnosti pásu příložka vyhoví i přesto, že je oslabena ofrézováním vrcholu průřezu.



Poznámka:

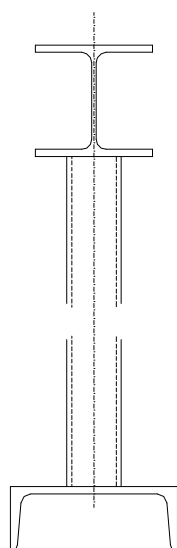
Počet šroubů bychom mohli zmenšit, kdybychom navrhli dvojstřížný spoj s příložkami, viz obr., a navrhli větší rozteče šroubů. Potom by bylo možné navrhnout 4 šrouby na každé straně spoje.

Diagonála

$$N_{max,d} = 1,5 \text{ kN}$$

2x M16 5.6 bezpečně vyhoví.

KOMBINOVANÝ VAZNÍK - ALTERNATIVNÍ NÁVRH



Jako další alternativu ukážeme návrh vazníku s pásy z válcovaných tyčí otevřeného průřezu a s vnitřními pruty z kruhových trubek. Postup posouzení je obdobný jako v předchozích kapitolách.

Geometrie, statické schéma i vnitřní síly jsou shodné s trubkovým vazníkem. Pruty budou i v tomto případě z oceli S355J0 ($f_y = 355$ MPa). Návrhová pevnost je $f_{yd} = 355$ MPa.

Poznámka: Toto konstrukční řešení lze výhodně použít i v případě bezvaznicové střechy, kdy jsou horní pásy zatíženy spojitým rovnoměrným zatížením a posuzují se na kombinaci osově síly a ohybového momentu.

3.6.4 POSOUZENÍ PRUTŮ

Posouzení prutů bude provedeno v tab. 3.5. Značení prutů odpovídá schématu pro trubkový vazník.

Tab. 3.5 Posouzení prutů kombinovaného vazníku - průřezové veličiny, tažené pruty

prut	$N_{Ed(tah)}$	Profil	A	i_y	i_z	f_y	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$	
	kN		mm ²	mm	mm	MPa	kN		
S	341,2	U 160	2400	18,9	62,1	355	852,0	0,400	<1,0
H	-	HEA 120	2530	48,9	30,2	355	898,2	-	
D ₁	213,9	TR 70x3,2	672	23,6	23,6	355	238,6	0,897	<1,0
D ₂	-	TR 102x4	1232	34,7	34,7	355	437,4	-	
D ₃	59,0	TR 48,3x3,2	453	16,0	16,0	355	160,8	0,367	<1,0
D ₄	-	TR 48,3x3,2	453	16,0	16,0	355	160,8	-	
V ₁ ,V ₃	-	TR 48,3x3,2	453	16,0	16,0	355	160,8	-	

U prutů, které jsou dominantně tlačeny, není třeba posudek na tah provádět. V tabulce u takových prutů není tahová síla uvedena.

pokračování tabulky – tlačené pruty

prut	$N_{Ed(tlak)}$	Profil	$L_{teor.}$	$L_{cr,z}$	λ_z	λ_{rel}	χ_z	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
	kN		mm	mm				kN		
S	72,8	U 160	3004	12000	193,2	2,529	0,130	110,5	0,659	<1,0
H	339,6	HEA 120	3004	3004	99,5	1,302	0,388	348,5	0,975	<1,0
D ₁	47,1	TR 70x3,2	3499	3499	148,3	1,941	0,236	56,2	0,838	<1,0
D ₂	132,3	TR 102x4	3662	3662	105,5	1,381	0,427	186,8	0,708	<1,0
D ₃	11,8	TR 48,3x3,2	3662	3662	228,9	2,996	0,104	16,7	0,707	<1,0
D ₄	1,4	TR 48,3x3,2	3842	3842	240,1	3,143	0,095	15,2	0,092	<1,0
V ₁ ,V ₃	33,7	TR 48,3x3,2	2250	2250	140,6	1,841	0,260	41,7	0,808	<1,0

Legenda k tabulce, použité vztahy:

Tah: $N_{t,Rd} = A f_{yd}$

Tlak: $\lambda = \frac{L_{cr}}{i} \quad \lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{\lambda}{93,9} \sqrt{\frac{f_y}{235}}$

Vzpěrné délky jsou stejné jako pro úhelníkový vazník.

Pro všechny pruty rozhoduje vybočení z roviny λ_z .

Křivka vzpěrné pevnosti:

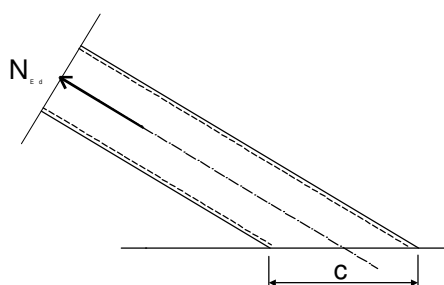
- pro pásy ... c (pro U profily i H profily pro vybočení kolmo k ose z)
- pro vnitřní pruty ... a (pro trubky)

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd}$$

Poznámka: Pro dimenze vnitřních diagonál D_3 a D_4 je rozhodující doporučená mezní štíhlost. Překročení hodnoty $\lambda = 200$ u prutů, které nejsou plně využity, lze připustit.

3.6.5 POSOUZENÍ PŘÍPOJŮ

Přípoje vnitřních prutů k pásům jsou svařované, bez styčnickových plechů, provedené koutovými svary. Posoudí se přípoj nejvíce namáhané diagonály D_1 .



$$N_{Ed} = D_1 = 213,9 \text{ kN}$$

Délka svaru:

Svar diagonály k pásu má v půdorysném pohledu tvar elipsy, s délkou úseček c (viz obr.), d (průměr trubky). Délka elipsy přibližně je

$$\ell \cong \pi \left[\frac{3}{4}(c+d) - \frac{1}{2}\sqrt{cd} \right] = \pi \left[\frac{3}{4}(136+70) - \frac{1}{2}\sqrt{136 \cdot 70} \right] = 332 \text{ mm}$$

kde

$$c = \frac{d}{\sin \alpha} = \frac{70}{\sin 31^\circ} = 136 \text{ mm,}$$

d je průměr trubky.

$$\text{Návrhová smyková pevnost svaru } f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} = 251,5 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru:

$$F_{w,Rd} = a L_{we} f_{vw,d} = 4 \cdot 332 \cdot 251,5 = 334,0 \cdot 10^3 \text{ N} > N_{Ed} = 213,9 \text{ kN}$$

Svar vyhoví

3.6.6 MONTÁŽNÍ STYK

Horní pás

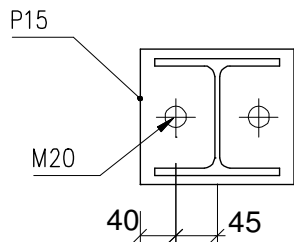
$$N_{\max,d} = 339,6 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{\max,d} = 96,6 \text{ kN (tah)}$$

Navrhne se obdobně jako v předchozích variantách kontaktní styk s opracováním styčných ploch. Posoudí se jen šrouby na tah s vlivem páčení.

Návrh: **2x M20 5.6** $F_{t,Rd} = 88,2 \text{ kN}$ (viz [4])

geometrie viz obr.



$$b = 45 - t_w/2 = 45 - 5,0/2 = 42,5 \text{ mm}$$

$$t_e = 4,3 \left(b d^2 / a \right)^{1/3} = 4,3 \left(42,5 \cdot 20^2 / 40 \right)^{1/3} = 32,3 \text{ mm}$$

$$\gamma_p = 1 + 0,005 \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0,005 \frac{32,3^3 - 15^3}{20^2} = 1,38$$

$$\gamma_p N_{t,d} = 1,38 \cdot 96,6 = 133,3 \text{ kN} < 2 F_{t,Rd} = 2 \cdot 88,2 = 176,4 \text{ kN}$$

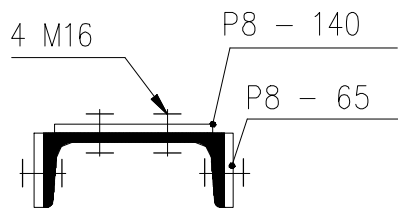
(Veličiny jsou značeny stejně jako v předchozích odstavcích.)

Styk vyhoví

Dolní pás

$$N_{\max,d} = 341,2 \text{ kN (tah)}$$

Navrhne se příložkový styk, viz obr.



Šrouby – **M16 5.6** $F_{v,Rd} = 37,7 \text{ kN}$ (jednostřížné, stříh v závitu)

otlačení, stojina: $F_{b,Rd} = 0,75 \cdot 43,4 = 32,6 \text{ kN}$ ($t = 7,5 \text{ mm}$, S355, malé rozteče)

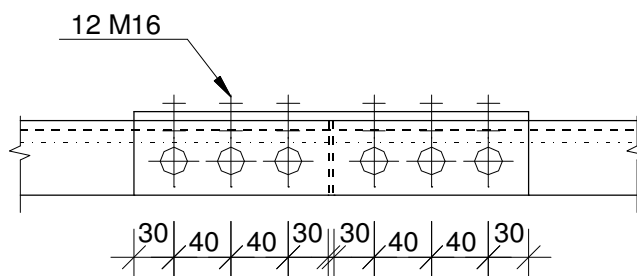
otlačení, pánsnice: $F_{b,Rd} = 0,8 \cdot 43,4 = 34,7 \text{ kN}$ ($t = 8 \text{ mm}$, S355, malé rozteče)

(únosnosti šroubů jsou převzaty z [4])

Rozhoduje únosnost v otlačení.

Potřebný počet šroubů:

$$n = \frac{341,2}{32,6} = 10,7 \Rightarrow \text{návrh 3 řad po 4 šroubech na každé straně spoje:}$$



Oslabení dolního pásu

$$A_{\text{net}} = 2400 - 2 \cdot 18 \cdot 7,5 - 2 \cdot 18 \cdot 10,5 = 1752 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{\text{net}} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1752 \cdot 490}{1,25} = 618,1 \text{ kN} > 341,2 \text{ kN}$$

Příložka – oslabená plocha

$$A_{\text{net}} = 140 \cdot 8 + 2 \cdot 65 \cdot 8 - 4 \cdot 18 \cdot 8 = 1584 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{\text{net}} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1584 \cdot 490}{1,25} = 558,8 \text{ kN} > 341,2 \text{ kN}$$

Styk vyhoví

Diagonála

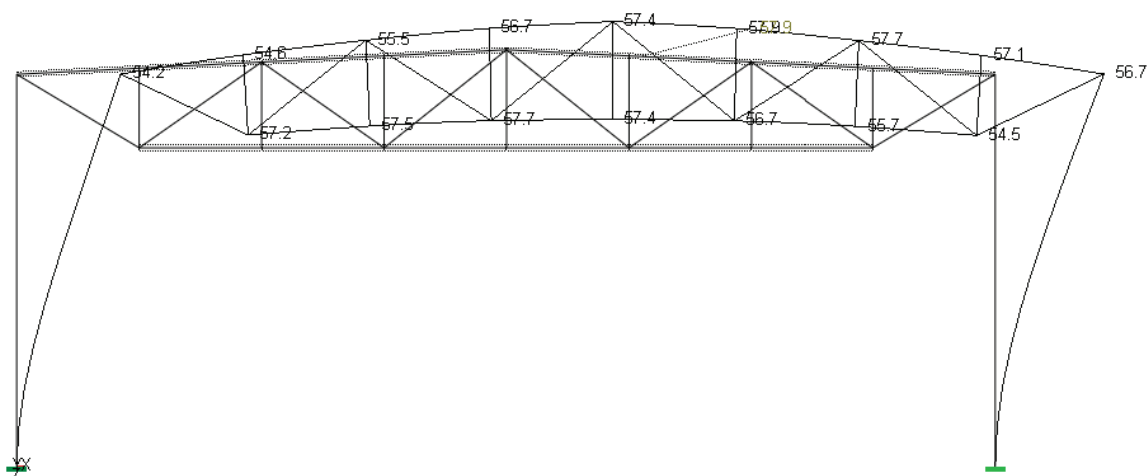
$$N_{\text{max,d}} = 1,5 \text{ kN}$$

2x M16 5.6 bezpečně vyhoví.

3.7 SLOUP

3.7.1 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Dříve než provedeme posouzení sloupu na únosnost, ověříme podmínku přípustného vodorovného posuvu. Rozhoduje KZS (2). Deformace je určena od provozního návrhového zatížení ($\gamma_F = 1,0$).



$$\delta = 56,7 \text{ mm} < \delta_{\text{lim}} = h/150 = 9600/150 = 64 \text{ mm}$$

Vyhoví

3.7.2 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Vnitřní síly - KZS (3) (rozhoduje):

$$M_{Ed} = 191,1 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -63,1 \text{ kN (v patce)}$$

$$N_{Ed} = -28,7 \text{ kN (v uložení vazníku)}$$

$$V_{Ed} = 41,0 \text{ kN (v patce)}$$

Návrh: **Profil HEA 320**

Ocel S235 $f_{yd} = 235 \text{ MPa}$

$$A = 12440 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,z} = 4113 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 229,3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 1628 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 1479 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 135,8 \text{ mm}$$

$$I_z = 69,85 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_z = 74,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 1080 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 1512 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

třída průřezu (z tab. [4]) pro S235: - ohyb: 1

- tlak: 1

Poznámka: Ocel S235 se volí proto, že o dimenzích sloupu rozhoduje MSP - průhyb.

Posouzení

O únosnosti rozhoduje stabilita prutu. Vliv smyku lze zanedbat.

Vzpěrné délky:

$$\text{Vzpěrná délka v rovině rámu} \quad L_{cr,y} = 2 \cdot 9,6 = 19,2 \text{ m} \quad (\text{sloup působí jako konzola})$$

$$\text{Vzpěrná délka z roviny rámu} \quad L_{cr,z} = 9,6 \text{ m} \quad (\text{výška sloupu})$$

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{19200}{135,8} = 141,4 \quad \Rightarrow \text{poměrná štíhlost} \quad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{141,4}{93,9} = 1,506$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9600}{74,9} = 128,2 \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{128,2}{93,9} = 1,365$$

$$\text{kde} \quad \lambda_1 = 93,9 \sqrt{235/f_y} = 93,9.$$

Součinitele vzpěrnosti:

$$\chi_y = \chi_{\min} = 0,34 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti } b \text{ (podle [4])}$$

$$\chi_z = 0,36 \quad \text{pro křivku vzpěrné pevnosti } c \text{ (podle [4])}$$

Určení kritického momentu M_{cr}

Tlačená pásnice sloupu není v příčném směru podepřena. Sloup proto musí být posouzen s vlivem klopení. Kritický moment ohýbaného prutu se určí podle [5] pro následující okrajové podmínky:

$L = 9600$ mm (výška sloupu, protože tlačená pásnice sloupu je v příčném směru podepřena v patce a ve vrcholu)

$k_z = 1,0$ (na obou koncích úseku prutu o délce L je možné natočení průřezu okolo osy menší tuhosti z)

$k_w = 0,7$ (v patce je přivařenými podélnými výztuhami (viz dále v kap. 3.10) bráněno deplanaci, v uložení vazníku je deplanace volná)

Průběh momentu po délce prutu si zjednodušeně představíme jako trojúhelníkový. Z [5], tab. 1.4 je pro $k_z = 1,0$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

Výpočet (podle postupu ve skriptech [5], oddíl 1.3.2):

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{0,7 \cdot 9600} \sqrt{\frac{210000 \cdot 1512 \cdot 10^9}{81000 \cdot 1080 \cdot 10^3}} = 0,891$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \kappa_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \cdot 0,891 = 1,84 \leq C_{1,1} = 1,85$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2} = \frac{1,84}{1,0} \sqrt{1 + 0,891^2} = 2,463$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 2,463 \frac{\pi \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 69,85 \cdot 10^6 \cdot 81000 \cdot 1080 \cdot 10^3}}{9600} = 913,4 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost (pro průřez třídy 1 nebo 2 s plastickým průřezovým modulem)

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1628 \cdot 10^3 \cdot 235}{913,4 \cdot 10^6}} = 0,647$$

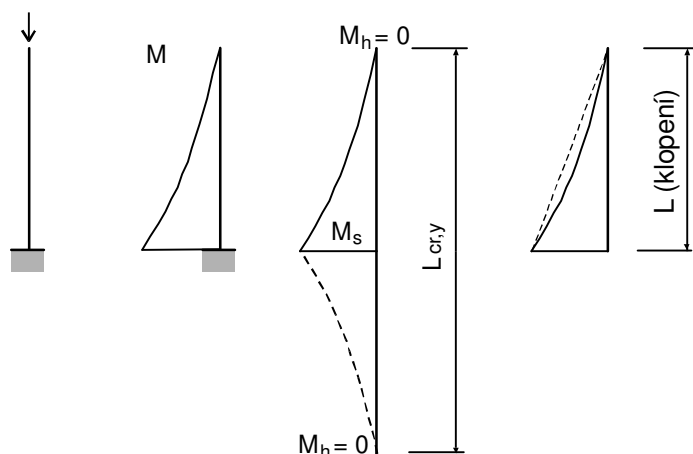
Součinitel klopení χ_{LT} pro křivku vzpěrné pevnosti a (válcovaný nosník, $h/b < 2$):

$$\chi_{LT} = 0,87$$

Interakce tlaku s ohybem

Vliv osové síly na zvětšení ohybového momentu a vliv tvaru momentové plochy.

Při geometrickém vyjádření vzpěrné délky konzoly leží bod vetknutí v polovině vzpěrné délky. Tvar momentu pro určení součinitele C_{My} tedy odpovídá obrázku:



Součinitel C_{my} se určí pro výše uvedený průběh momentů na délce $L_{cr,y}$.

$$\alpha_h = M_h / M_s = 0$$

$$C_{my} = 0,90 + 0,10\alpha_h = 0,90 + 0,0 = 0,90$$

Součinitel C_{mLT} se určí pro stejný průběh momentů, jaký byl uvažován pro výpočet M_{cr} . Pro zjednodušeně lineární průběh momentů platí:

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6$$

kde ψ je poměr krajních momentů ($-1 \leq \psi \leq 1$).

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} se určí pro pruty, které jsou náchylné ke zkroucení, a pro třídu průřezu 1.

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,9 \cdot \left(1 + (1,506 - 0,2) \frac{63100}{0,34 \cdot 12440 \cdot 235 / 1,0} \right) \\ 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \frac{63100}{0,34 \cdot 12440 \cdot 235 / 1,0} \right) \end{array} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,97 \\ 0,95 \end{array} \right\} = \underline{0,95}$$

Pro $\bar{\lambda}_z = 1,365 > 0,4$:

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot 1,365}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{63100}{0,36 \cdot 12440 \cdot 235 / 1,0} \\ 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{63100}{0,36 \cdot 12440 \cdot 235 / 1,0} \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,982 \\ 0,976 \end{array} \right\} = \underline{0,98}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} = \frac{63100}{0,34 \cdot 12440 \cdot 235 / 1,0} + 0,95 \cdot \frac{191,1 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 1628 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,0} =$$

$$= 0,06 + 0,54 = 0,60 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} = \frac{63100}{0,36 \cdot 12440 \cdot 235 / 1,0} + 0,98 \cdot \frac{191,1 \cdot 10^6}{0,87 \cdot 1628 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,0} =$$

$$= 0,06 + 0,56 = 0,62 < 1$$

Sloup vyhoví.

3.8 SLOUP UZAVŘENÉHO PRŮŘEZU – ALTERNATIVNÍ NÁVRH

Alternativně navrhne sloup ze dvou profilů U, svařených do uzavřeného průřezu. Uzavřený průřez má velkou tuhost v kroucení a není proto náchylný ke ztrátě stability za ohybu (klopení). Návrh provedeme opět z podmínky mezního vodorovného průhybu (viz oddíl 3.4.3). Je tedy třeba, aby profil měl moment setrvačnosti alespoň:

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{19200}{119,8} = 160,3 \Rightarrow \text{poměrná štíhlost} \quad \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{160,3}{93,9} = 1,707$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9600}{79,1} = 121,3 \quad \bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{121,3}{93,9} = 1,292$$

$$\text{kde } \lambda_1 = 93,9 \sqrt{235/f_y} = 93,9.$$

Součinitele vzpěrnosti:

Protože $\frac{b}{t_f} = \frac{2 \cdot 100}{17,5} = 11,4 < 30$, platí pro svařované duté průřezy k oběma osám křivka vzpěrné pevnosti c.

$$\chi_y = \chi_{\min} = 0,26$$

$$\chi_z = 0,39$$

Interakce tlaku s ohybem

Vliv osové síly na zvětšení ohybového momentu a vliv tvaru momentové plochy.

$$C_{my} = 0,90 + 0,10\alpha_h = 0,90 + 0,0 = 0,90 \text{ (viz předchozí oddíl)}$$

Interakční součinitele k_{yy} , k_{zy} se určí pro pruty, které nejsou náchylné ke zkroucení (rozdíl proti profilu HEA!), a pro třídu průřezu 1.

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \\ C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,9 \cdot \left(1 + (1,707 - 0,2) \frac{63100}{0,26 \cdot 15160 \cdot 235 / 1,0} \right) \\ 0,9 \cdot \left(1 + 0,8 \frac{63100}{0,26 \cdot 15160 \cdot 235 / 1,0} \right) \end{array} \right\} =$$
$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 0,99 \\ 0,95 \end{array} \right\} = \underline{0,95}$$

$$k_{zy} = 0,6 k_{yy} = 0,6 \cdot 0,95 = \underline{0,57}$$

Uzavřený průřez $\Rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

Podmínky spolehlivosti:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} = \frac{63100}{0,26 \cdot 15160 \cdot 235 / 1,0} + 0,95 \cdot \frac{191,1 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 1652 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,0} =$$
$$= 0,07 + 0,53 = 0,60 < 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} = \frac{63100}{0,39 \cdot 15160 \cdot 235 / 1,0} + 0,57 \cdot \frac{191,1 \cdot 10^6}{1,0 \cdot 1652 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,0} = 0,05 + 0,32 = 0,37 < 1$$

Sloup vyhoví.

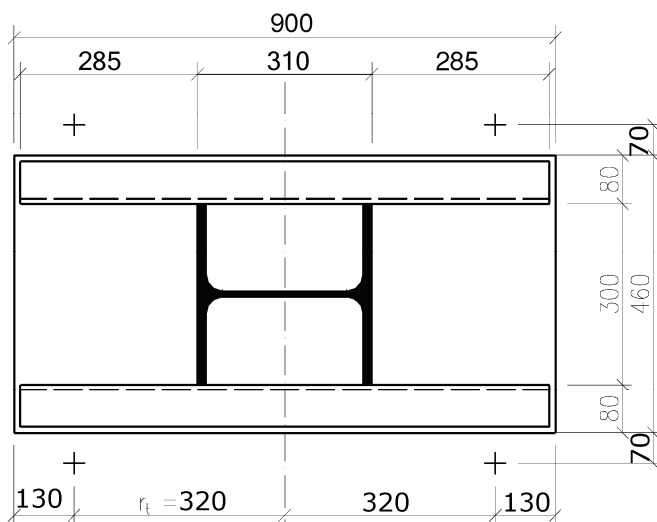
3.9 PATKA SLOUPU

Patka je vetknutá. Posoudí se na 2 kombinace zatížení:

- kombinaci s největším momentem a současně působící velkou tlakovou silou (KZS (2), levý sloup)
- kombinaci s největším poměrem M_{Ed}/N_{Ed} , případně s tahovou normálovou silou (KZS (3), levý sloup).

Tab. 3.6 Reakce v patkách

	Levý sloup			Pravý sloup		
	$V_{Ed} = R_y$	$N_{Ed} = R_z$	M_{Ed}	$V_{Ed} = R_y$	$N_{Ed} = R_z$	M_{Ed}
	kN	kN	kNm	kN	kN	kNm
KZS (1)	-0,9	175,1	8,3	0,9	175,1	-8,3
KZS (2)	-27,0	137,4	119,7	-17,1	144,7	90,1
KZS (3)	-44,2	63,1	191,1	-29,3	75,4	158,6
KZS (4)	-43,8	-11,0	187,2	-29,7	1,3	162,5
KZS (5)	34,7	-6,8	-68,8	-34,7	-6,8	68,8



Geometrie:

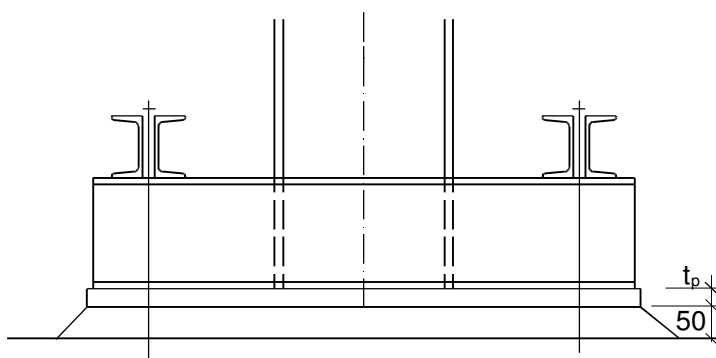
Geometrie ocelové patky:

- $a = 900$ mm
- $b = 460$ mm
- $t_p = 30$ mm (tloušťka patního plechu)
- $r_t = 320$ mm

Beton C16/20 $f_{ck} = 16$ MPa

$$\gamma_c = 1,5$$

Výška podlití má být větší než 0,1 násobek menšího z půdorysných rozměrů patky, tj. $0,1 \cdot 460 = 46$ mm. Volíme 50 mm.



Rozměry betonové patky:

- půdorysně $a_c \cdot b_c = 2000$ mm x 1200 mm
- výška 720 mm

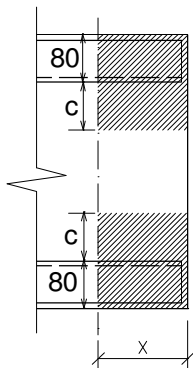
Započitatelné rozměry betonové patky

$$a_1 = \min(a_c, 3 a, a+h) = \min(2000, 3 \cdot 900, 900 + 720) = 1620$$
 mm

$$b_1 = \min(b_c, 3 b, b+h) = \min(1200, 3 \cdot 460, 460 + 720) = 1180$$
 mm

$$\text{Součinitel koncentrace napětí } k_j = \sqrt{\frac{a_1 b_1}{a b}} = \sqrt{\frac{1620 \cdot 1180}{900 \cdot 460}} = 2,16$$

$$\text{Návrhová pevnost betonu } f_{jd} = \frac{2 k_j f_{ck}}{3 \gamma_c} = \frac{2 \cdot 2,16 \cdot 16}{3 \cdot 1,5} = 15,4 \text{ MPa}$$



Přesah desky

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 15,4}} = 67,5 \text{ mm}$$

Účinná šířka patního plechu (viz obr.)

$$b_{\text{eff}} = 2 \cdot 80 + 2 c = 2 \cdot 80 + 2 \cdot 67,5 = 295 \text{ mm}$$

Výpočet sil do šroubů provedeme současně pro obě rozhodující kombinace v tab. 3.7. Pro nalezení nejmenší tlakové síly ve spáře mezi ocelovou patkou a betonem se určí síly i pro KZS (5).

Moment se do posudku vetknuté patky zavádí excentricitou působící normálové síly.

Tab. 3.7 Namáhání patní spáry a průřezu patky

		KZS (2)	KZS (3)	KZS (4)	KZS (5)
M_{Ed}	kNm	119.7	191.1	187.2	68.8
N_{Ed}	kN	137.4	63.1	-11	-6.8
e	mm	871	3029	-17018	-10118
x_1	mm	1492	1477	1486	1521
$x_2 = x$	mm	48.2	62.9	54.4	19.3
N_c	kN	219.4	286.1	247.3	87.6
T	kN	82.0	223.0	258.3	94.4

Veličiny uvedené v tabulce:

- excentricita působíště normálové síly $e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$
- x je délka tlačené oblasti pod patním plechem, určí se z momentové podmínky rovnováhy k působíšti šroubů, viz obr. níže:

$$N_{Ed} (e + r_t) = N_c \left(r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

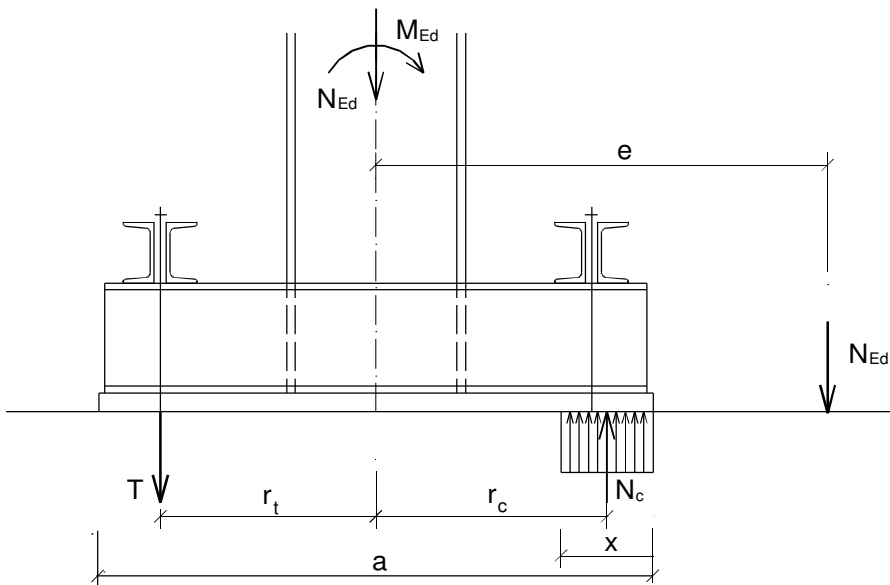
$$\text{kde } N_c = b_{\text{eff}} \times f_{jd}$$

Z těchto dvou rovnic se získá kvadratická rovnice pro x :

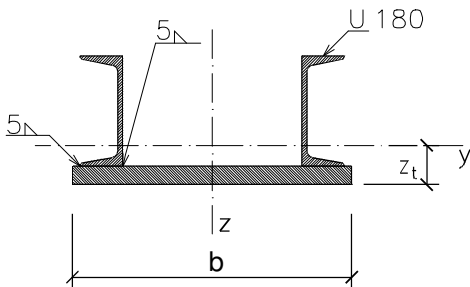
$$b_{\text{eff}} f_{jd} x^2 - b_{\text{eff}} f_{jd} (2 r_t + a) x + 2 N_{Ed} (e + r_t) = 0$$

x_1, x_2 jsou kořeny této kvadratické rovnice, fyzikální smysl má kořen x_2 .

- Síla do kotevních šroubů vyplyne ze svislé podmínky rovnováhy:
 $T = N_c - N_{Ed}$



Průřez patky



Patní plech: 30 x 460 mm

Výztuhy 2x U180: $A = 2 \cdot 2800 = 5600 \text{ mm}^2$

$$I_y = 2 \cdot 13,5 \cdot 10^6 = 27,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

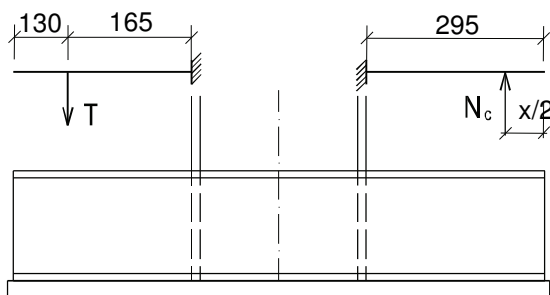
$$A_{vz} = 2 \cdot 1510 = 3020 \text{ mm}^2$$

Svařený průřez:

$$A = 30 \cdot 460 + 5600 = 19400 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{\sum A_i z_i}{A} = \frac{30 \cdot 460 \cdot 15 + 5600 \cdot (180/2 + 30)}{19400} = 45,3 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{30^3 \cdot 460}{12} + 30 \cdot 460 \cdot (45,3 - 15)^2 + 2 \cdot 13,5 \cdot 10^6 + 5600 \cdot (180/2 + 30 - 45,3)^2 = 71,95 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



Průřez patky působí jako konzola namáhaná silou ve šroubech T nebo silou mezi betonem a ocelí N_c , viz obrázek. Posoudí se na kombinaci ohybu a smyku:

- tlačená (pravá) strana patky – rozhoduje KZS (3)

$$M_p = N_c \left(0,295 - \frac{x}{2} \right) = 286,1 \cdot \left(0,295 - \frac{0,0629}{2} \right) = 75,4 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 286,1 \text{ kN}$$

- tažená (levá) strana patky – rozhoduje KZS (4)

$$M_\ell = T \cdot 0,165 = 258,3 \cdot 0,165 = 42,6 \text{ kNm}$$

$$V_\ell = T = 258,3 \text{ kN}$$

Protože průřez není symetrický okolo osy y , není pro posouzení na kombinaci $M + V$ možné použít vztah $M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd}$. Výpočet s využitím plastických únosností by byl pracný a proto průřez posoudíme pružně.

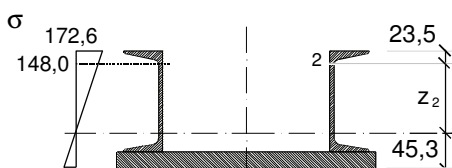
$$W_{y,h} = \frac{71,95 \cdot 10^6}{180 + 30 - 45,3} = 436900 \text{ mm}^3 \text{ (horní vlákna)}$$

$$W_{y,d} = \frac{71,95 \cdot 10^6}{45,3} = 1588000 \text{ mm}^3 \text{ (dolní vlákna – nerozhoduje)}$$

$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{y,h}} = \frac{75,4 \cdot 10^6}{436900} = 172,6 \text{ MPa} < f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \cong \frac{V_{max}}{A_{Vz}} = \frac{286,1 \cdot 10^3}{3020} = 94,7 \text{ MPa} < \frac{235}{\sqrt{3}} = 135,7 \text{ MPa}$$

Protože $94,7 \text{ MPa} > 135,7/2 = 67,8 \text{ MPa}$, je nutné posoudit kombinaci $M + V$. Rozhoduje KZS (3), tlačená strana patky, bod 2:



Normálové napětí v bodě 2 (viz obrázek průřezu patky)

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} z_2 = \frac{75,4 \cdot 10^6}{71,95 \cdot 10^6} (210 - 45,3 - 23,5) = 148,0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 \tau^2} = \sqrt{148,0^2 + 3 \cdot 94,7^2} = 220,9 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$

Průřez patky s výztuhami vyhoví.

Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Návrh: **Koutové svary a = 5 mm**, dva svary na jednu výztuhu U180

Svary jsou namáhány podélným smykem silou V_p od ohybu průřezu patky (viz výše) a současně do patního plechu přenášejí reakce sloupu M_{Ed} , N_{Ed} a V_{Ed} . Posouzení je třeba provést blíže líci sloupu,

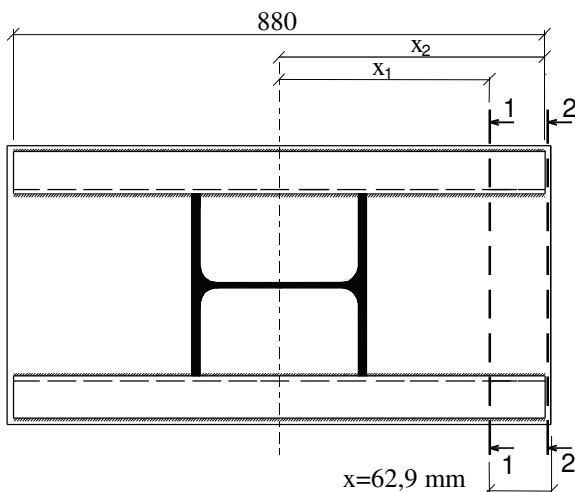
kde se projeví vliv síly V_p (řez 1-1), a na konci patky, kde je větší vliv momentu M_{Ed} (řez 2-2). Rozhoduje levý sloup při KZS (3), kde působí největší síla V_p a současně největší moment M_{Ed} :

$$N_{Ed} = 63,1 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 191,1 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 44,2 \text{ kN}$$

$$V_p = 286,1 \text{ kN}$$



Napětí ve svarech:

$$\tau_{||} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p}{I_y} \frac{S_{f,y}}{4 a_{we}},$$

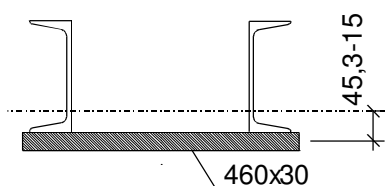
$$\sigma_{we} = \frac{N_{Ed}}{A_{we}} + \frac{M_{Ed}}{I_{we}} x_i,$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{we} / \sqrt{2}$$

kde $A_{we} = 4 \cdot 5 \cdot 880 = 17600 \text{ mm}^2$

$$I_{we} = \frac{4 \cdot 5}{12} \cdot 880^3 = 1136 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

statický moment k rovině svaru:



$$S_{f,y} = 460 \cdot 30 \cdot (45,3 - 15) = 418140 \text{ mm}^3$$

• Řez 1-1

$$\tau_{||} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + \frac{V_p}{I_y} \frac{S_{f,y}}{4 a_{we}} = \frac{44200}{17600} + \frac{286100 \cdot 418140}{71,95 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 5} = 2,5 + 83,1 = 85,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{63,1 \cdot 10^3}{17600} + \frac{191,1 \cdot 10^6}{1136 \cdot 10^6} (450 - 62,9) = 3,6 + 65,1 = 68,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 68,7 / \sqrt{2} = 48,6 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} = \sqrt{48,6^2 + 3(48,6^2 + 85,6^2)} = 177,3 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

• Řez 2-2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_{we}} + 0 = 2,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{63,1 \cdot 10^3}{17600} + \frac{191,1 \cdot 10^6}{1136 \cdot 10^6} 440 = 3,6 + 74,0 = 77,6 \text{ MPa}$$

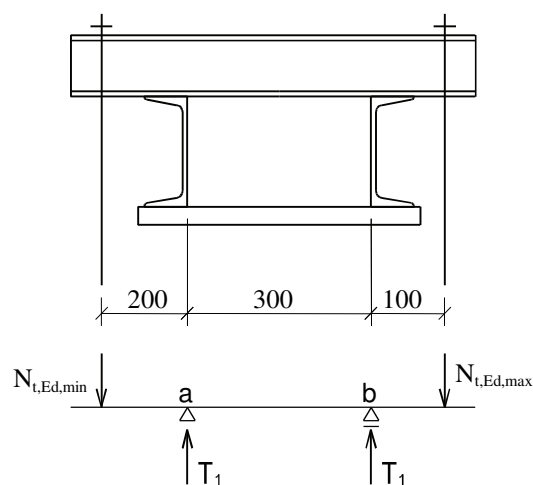
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 77,6 / \sqrt{2} = 54,9 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{54,9^2 + 3(54,9^2 + 2,5^2)} = 109,8 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Svary podélných výtuh k patnímu plechu vyhoví.

Kotevní šrouby

Při určení sil do jednoho šroubu budeme respektovat toleranci v osazení šroubů, kterou budeme uvažovat ± 50 mm. Největší sílu do šroubu $N_{t,Ed,max}$ určíme z momentové podmínky k působišti síly $N_{t,Ed,min}$. Rozhoduje kombinace s největší silou do kotevních šroubů T - KZS (4).



$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{258,3}{2} = 129,2 \text{ kN}$$

Z momentové podmínky rovnováhy k působišti síly $N_{t,Ed,min}$:

$$N_{t,Ed,max} = \frac{129,2(200 + 500)}{600} = 150,7 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed,min} = 258,3 - 150,7 = 107,6 \text{ kN}$$

Návrh: M 36x3 $A_s = 865 \text{ mm}^2$, průměr dřívku $D = 40 \text{ mm}$

Posouzení únosnosti kotev, kotevní délky viz tab. 1.31 (nutné zohlednit i vytržení skupiny šroubů):

porušení v místě řezaného závitu: ...rozhoduje

$$F_{t,Rd} = 0,85 \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,85 \frac{0,9 \cdot 865 \cdot 360}{1,25} = 190,6 \cdot 10^3 \text{ N} = 190,6 \text{ kN} > N_{t,Ed,max} = 150,7 \text{ kN}$$

porušení v místě dřívku:

$$F_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} \frac{235}{1,0} = 295,3 \cdot 10^3 \text{ N} = 295,3 \text{ kN} > N_{t,Ed,max} = 150,7 \text{ kN}$$

Kotevní šrouby vyhoví

Kotevní příčník

Statické schéma kotevního příčníku je patrné ze statického schématu zatížení kotevních šroubů.

$$M_{a,d} = 107,6 \cdot 0,2 = 21,5 \text{ kNm}$$

$$V_{a,d} = 107,6 \text{ kN}$$

$$M_{b,d} = 150,7 \cdot 0,10 = 15,1 \text{ kNm}$$

$$V_{b,d} = 150,7 \text{ kN}$$

Návrh: 2x U 100

$$W_{pl,y} = 2 \cdot 49000 = 98 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{v,z} = 2 \cdot 646 = 1292 \text{ mm}^2$$

třída průřezu pro ohyb (z tab. [4]): 1

Posouzení:

$$V_{pl,Rd} = A_{v,z} f_{yd} / \sqrt{3} = 1292 \cdot 235 / \sqrt{3} = 175,3 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$175,3 \text{ kN} > V_{\max,d} = 150,7 \text{ kN} \Rightarrow \text{průřez na smyk vyhoví}$$

$$< 2 V_{\max,d} \Rightarrow \text{velký smyk, nutno posoudit kombinaci M+V}$$

$$M_{pl,Rd} = 98 \cdot 10^3 \cdot 235 = 23,03 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 23,03 \text{ kNm} > M_{Ed, \max} = 21,5 \text{ kNm}$$

Průřez a:

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot 107,6}{175,3} - 1 \right)^2 = 0,0518$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} = \left(98 \cdot 10^3 - \frac{0,0518 \cdot 1292^2}{4 \cdot 2 \cdot 6,0} \right) \cdot 235 = 22,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} > 21,5 \text{ kNm}$$

Průřez b:

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot 150,7}{175,3} - 1 \right)^2 = 0,517$$

$$M_{V,Rd} = \left(98 \cdot 10^3 - \frac{0,517 \cdot 1292^2}{4 \cdot 2 \cdot 6,0} \right) \cdot 235 = 18,8 \cdot 10^6 > 15,1 \text{ kNm}$$

Příčník vyhoví

Přenos vodorovné posouvající síly do betonové patky

Rozhodne kombinace zatížení s největší vodorovnou reakcí při nejmenší svislé tlakové síle ve spáře mezi ocelí a betonem. Rozhoduje tedy KZS (5), budeme posuzovat na reakce levého sloupu (tab. 3.5):

$$F_{y,Ed} = 34,7 \text{ kN (vodorovná reakce)}$$

Tlaková síla ve spáře mezi betonem a ocelí $N_c = 87,6 \text{ kN}$ – viz tab. 3.6

Ověří se, zda se posouvající síla přenesе třením mezi patním plechem a betonem (součinitel tření $\mu = 0,2$).

Smyková únosnost ve spáře mezi betonem a ocelí v důsledku tření

$$V_{Ed}^t = \mu N_c = 0,2 \cdot 87,6 = 17,5 \text{ kN} < V_{Ed} = 34,7 \text{ kN}$$

Tření nestačí.

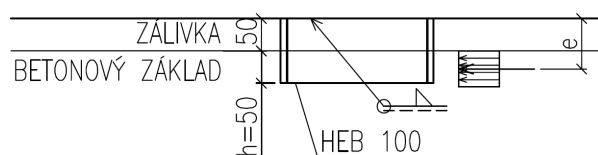
Stejně jako v kap. 2.6.7 navrhne smykovou zarážku.

Návrh smykové zarážky: **HEB 100**

$$A_{v,z} = 904 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 104\,200 \text{ mm}^3$$

třída průřezu pro ohyb 1 (S235, ohyb kolem osy y)



Přenos vodorovných sil lze uvažovat pouze v kontaktu s betonem základové patky. Přenos podlitím nelze uvažovat. Nezbytnou délku smykové zarážky lze získat následujícím vztahem:

$$h > \frac{F_{v,Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{34,7 \cdot 10^3}{100 \cdot \frac{16}{1,5}} = 32,5 \text{ mm}, \quad h = 50 \text{ mm} \text{ (zpravidla min. hloubka zarážky)}$$

kde b je šířka pásnice zarážky (HEB 100).

Posouzení na smyk

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{904 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 122,7 \text{ kN} > V_{Ed} = 34,7 \text{ kN}$$

$$0,5 V_{Ed} = 0,5 \cdot 122,7 = 61,4 \text{ kN} > V_{Ed} = 34,7 \text{ kN} \text{ (malý smyk).}$$

Posouzení na ohyb

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_{yd} = 104\,200 \cdot 235 = 24,5 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 24,5 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} > M_{Ed} = F_{v,Ed} \cdot e = 34,7 \cdot 10^3 \cdot (50 + 50 / 2) = 2,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 2,6 \text{ kNm}$$

Zarážka vyhoví.

Svarový přípoj zarážky $a_w = 5 \text{ mm}$ k patnímu plechu vyhoví (možný postup posouzení je uveden v kap. 2.6.7).

3.10 ZTUŽENÍ HALY

Není-li uvedeno jinak, jsou prvky štítových stěn a ztužení navrženy z oceli S235.

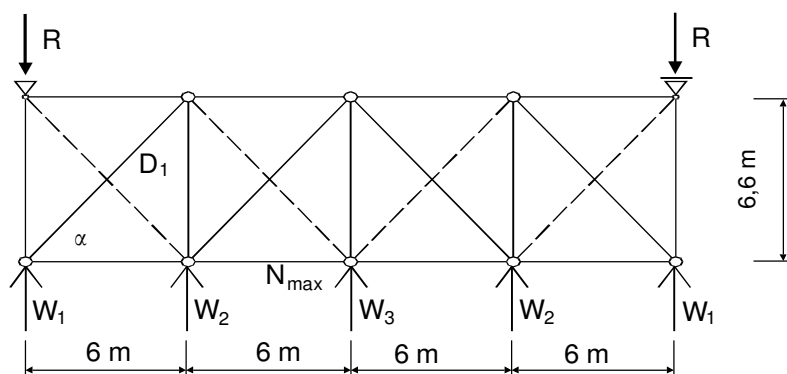
Sloupky jsou uloženy ve svislém směru kluzně, takže nebrání průhybu vazníku ve štítu.

3.10.1 PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ

GEOMETRIE, ZATÍŽENÍ, VNITŘNÍ SÍLY

Ve střeše jsou navržena 3 příčná střešní ztužidla, po jednom u každého štítu a zbývající uprostřed délky haly. Zatížení větrem na štítovou stěnu zjednodušeně přisoudíme pouze krajnímu ztužidlu. Prostřední ztužidlo je navrženo shodně, přenáší síly od tření větru o povrch střechy a současně stabilizuje horní pásy vazníků proti vybočení z jejich roviny.

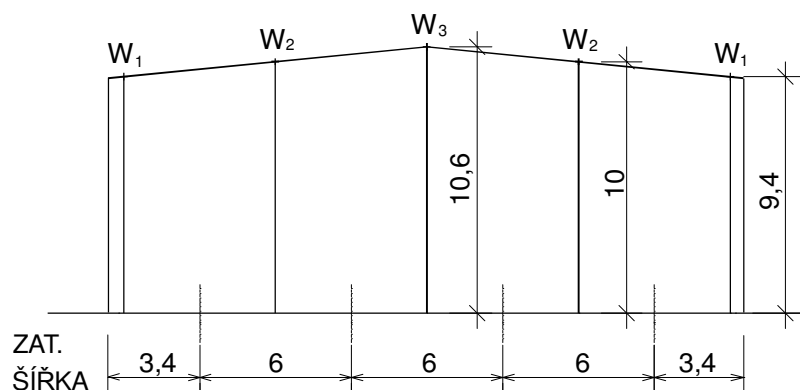
Geometrické schéma



$$\alpha = 47,7^\circ$$

Počítat budeme jen s taženými diagonálami, tlačené (ve schématu čárkované) budeme považovat za vybočené.

Zatížení reakcemi sloupků stěny



Rozhoduje sání větru při zatížení příčným větrem. Budeme zjednodušeně předpokládat konstantní hodnotu $c_{pe} = -0,8$ na celé ploše štítu.

$$w_{e,d} = \gamma_F 0,68 c_{pe} = -1,5 \cdot 0,68 \cdot 0,8 = -0,82 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{1,Ed} = 3,4 \cdot \frac{9,4}{2} \cdot 0,82 = 13,1 \text{ kN}$$

$$W_{2,Ed} = 6 \cdot \frac{10,0}{2} \cdot 0,82 = 24,6 \text{ kN}$$

$$W_{3,Ed} = 6 \cdot \frac{10,6}{2} \cdot 0,82 = 26,1 \text{ kN}$$

Vnitřní síly (viz geometrické schéma)

Reakce $R_{Ed} = 13,1 + 24,6 + \frac{26,1}{2} = 50,75 \text{ kN}$

Diagonála $D_1 = (50,75 - 13,1) / \sin \alpha = 50,9 \text{ kN}$

Pás $N_{\max} = \frac{[(50,75 - 13,1) \cdot 12 - 24,6 \cdot 6]}{6,6} = 46,1 \text{ kN}$

DIAGONÁLA Z ÚHELNÍKU

Návrh: L 70 x 6

S235

$$A = 815 \text{ mm}^2$$

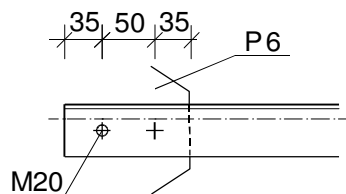
$$i_y = 21,3 \text{ mm}$$

Pro určení únosnosti oslabeného průřezu je třeba znát velikost otvoru d_0 , počet šroubů i jejich rozteč p_1 . Proto se nejdříve navrhne a posoudí přípoj.

Návrh přípoje: M20 5.6 $d_0 = 22 \text{ mm}$

malé rozteče: $p_1 = 50 \text{ mm}$

$e_1 = 35 \text{ mm}$



Únosnost ve stříhu: $F_{v,Rd} = 58,8 \text{ kN}$ (jednostřížný, stříh v závitu)

Únosnost v otláčení: $F_{b,Rd} = 43,3 \cdot \frac{6}{10} = 26,0 \text{ kN}$ ($t = 6 \text{ mm}$, S235, malé rozteče)

(únosnosti šroubů jsou převzaty z [4], kap. 3.5)

Rozhoduje únosnost v otláčení.

Počet šroubů $n = \frac{50,9}{26,0} = 1,96 \Rightarrow$ návrh: 2 šrouby M 20 5.6

Posouzení prutu

Plastická únosnost průřezu v tahu $N_{pl,Rd} = A f_{yd} = 815 \cdot 235 = 191,5 \cdot 10^3 \text{ N}$

Tahová únosnost oslabeného průřezu úhelníku připojeného jedním ramenem je nižší než únosnost symetricky připojeného profilu. Bezpečně platí:

$$N_{u,Rd} = \frac{0,4 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,4 \cdot (815 - 22 \cdot 6) \cdot 360}{1,25} = 78,7 \text{ kN}$$

$$\min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = 78,7 \text{ kN} > 50,9 \text{ kN}$$

Doporučuje se omezit štíhlost nepředepnutého taženého prutu, vztaženou k vodorovnému průmětu prutu, hodnotou 400.

$$L \cong 0,95 L_{teor.} = 0,95 \cdot \sqrt{6^2 + 6,6^2} = 0,95 \cdot 8,92 = 8,47 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{L}{i_y} = \frac{8470}{21,3} = 398 < 400$$

Diagonála vyhoví

SVISLICE ZTUŽIDLA

Protože normálová síla ve svislice je větší než 30 kN a nelze tedy pro návrh použít tabulky únosnosti tenkostěnných vaznic (tab. 1.15 a 1.16), navrhnou se svislice z trubek. Největší síla je v krajní svislici:

$$N_{Ed} = R_{Ed} = 50,75 \text{ kN (tlak)}$$

Návrh: TR 102x4

S235

$$A = 1232 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 34,7 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$L_{cr} = 6600 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{6600}{34,7} = 190 \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{190}{93,9} = 2,026$$

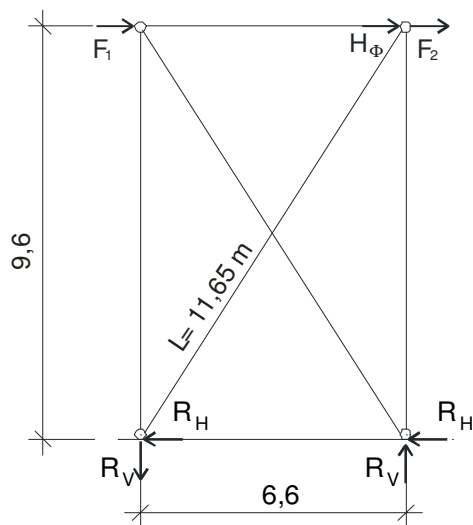
$$\Rightarrow \chi = 0,22 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,22 \cdot 1232 \cdot 235 = \underline{63,6 \cdot 10^3 \text{ N}} > 50,75 \text{ kN}$$

Svislice vyhoví

3.10.2 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ

SCHÉMA, ZATÍŽENÍ



Zatížení větrem na štíty od podélného větru

- návětrná strana $F_{1,Ed} = 50,75 \cdot \frac{C_{pe}(\text{podélný}, D)}{0,8} = 50,75 \cdot \frac{0,7}{0,8} = 44,4 \text{ kN}$
(50,75 kN je reakce příčného střešního ztužidla od sání při příčném větru)
- závětrná strana $F_{2,Ed} = \frac{C_{pe}(\text{podélný}, E)}{C_{pe}(\text{podélný}, D)} \cdot 44,4 = \frac{0,3}{0,7} \cdot 44,4 = 19,0 \text{ kN}$

Zatížení vlivem rámových imperfekcí

Největší síla ve sloupu od zatížení bez vlivu větru (KZS (1)) $N_{Ed} = 175,1 \text{ kN}$

Součinitele pro vliv výšky a počtu sloupů a počtu podlaží na jedno ztužidlo:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{9,8}} = 0,64, \text{ ale } \alpha_h \geq \frac{2}{3}, \text{ proto } \alpha_h = \frac{2}{3}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{10}\right)} = 0,74$$

kde h . . . výška konstrukce v metrech

m . . . počet sloupů v rovině podélné stěny, která je podepřena řešeným ztužidlem

Ekvivalentní počáteční natočení sloupů

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m = \frac{2}{3} \cdot 0,74 \cdot \frac{1}{200} = \frac{1}{405}$$

Ztužidlo přenáší vodorovné síly z celé podélné stěny haly. Ekvivalentní vodorovná síla ze všech sloupů tedy je

$$H_\phi = \phi \sum N = \frac{10 \cdot 175,1}{405} = 4,32 \text{ kN}$$

Reakce

$$R_{H,Ed} = \frac{\sum F}{2} = \frac{44,4 + 19,0 + 4,32}{2} = 33,85 \text{ kN}$$

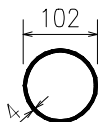
$$R_{V,Ed} = \pm \frac{(44,4 + 19,0 + 4,32) \cdot 9,6}{6,6} = \pm 98,4 \text{ kN}$$

DIAGONÁLA

Návrh: **TR 102x4**

$$A = 1232 \text{ mm}^2$$

$$i = 34,7 \text{ mm}$$



Vnitřní síla

$$D_{Ed} = \pm R_{H,Ed} \frac{11,65}{6,6} = \pm 33,85 \cdot \frac{11,65}{6,6} = \pm 59,8 \text{ kN}$$

Posouzení:

Vzpěrné délky

Pro zkřížené diagonály namáhané silami opačných znamének platí, že tažená diagonála v místě spojení stabilizuje tlačенou proti vybočení z roviny. Mají-li obě diagonály shodný průřez a jsou-li namáhány stejně velkými silami (opačného znaménka), je vzpěrná délka tlačенé diagonály z roviny rovna polovině teoretické délky.

$$L_{cr,z} = \frac{11650}{2} = 5825 \text{ mm} \quad \dots \text{ rozhoduje}$$

$$L_{cr,y} = 0,9 \cdot 5825 \cong 5250 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{5825}{34,7} = 167,9 \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{167,9}{93,9} = 1,788$$

$$\Rightarrow \chi = 0,27 \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_{yd} = 0,27 \cdot 1232 \cdot 235 = \underline{78,1 \cdot 10^3 \text{ N}} > 59,8 \text{ kN}$$

Diagonála vyhoví

Přípoj: 2x M20 5.6

Únosnost ve stříhu: $F_{v,Rd} = 58,8 \text{ kN}$ (jednostřížný, stříh v závitu)

Únosnost v otláčení: $F_{b,Rd} = 109,1 \cdot \frac{10}{10} = 109,1 \text{ kN}$ ($t = 10 \text{ mm}$, S235, doporučené rozteče)

(únosnosti šroubů jsou převzaty z [4], kap. 3.5)

Rozhoduje únosnost ve stříhu.

Únosnost šroubového spoje

$$2 \cdot 58,8 = 117,6 \text{ kN} > 59,8 \text{ kN}$$

Přípoj vyhoví

ZTUŽIDLOVÝ SLOUP

Dominantní namáhání podélného ztužidla je způsobeno podélným větrem. Kombinace zatížení, která pro posouzení ztužidlového sloupu uváží podélný vítr, je

stálé + sníh + podélný vítr

Namáhání ztužidlového sloupu od svislého zatížení je stejné jako namáhání běžného sloupu. Ztužidlový sloup je navíc při působení podélného větru namáhán normálovou silou

$$N_{Ed} = R_{v,Ed} - D_{Ed} \cdot \frac{9,6}{11,65} = -98,4 + 59,8 \cdot \frac{9,6}{11,65} = -49,2 \text{ kN}$$

Protože však ohybový moment ve sloupu bez účinků příčného větru je velmi malý, je zřejmé, že ztužidlový sloup vyhoví.

4. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Součástí tohoto skriptu je výkresová dokumentace řešené ocelové konstrukce. Výkresy obsahem a formou odpovídají dokumentaci pro realizaci stavby. Jedná se o tyto výkresy:

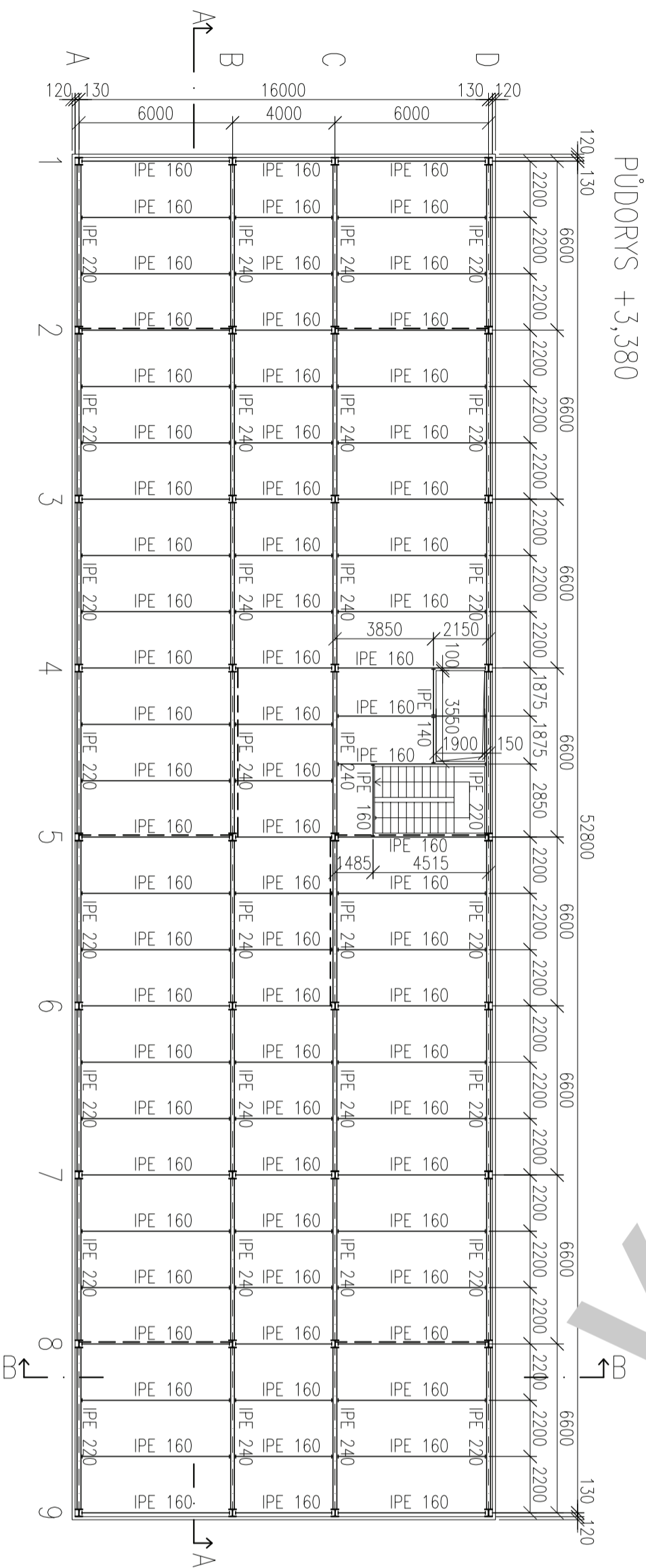
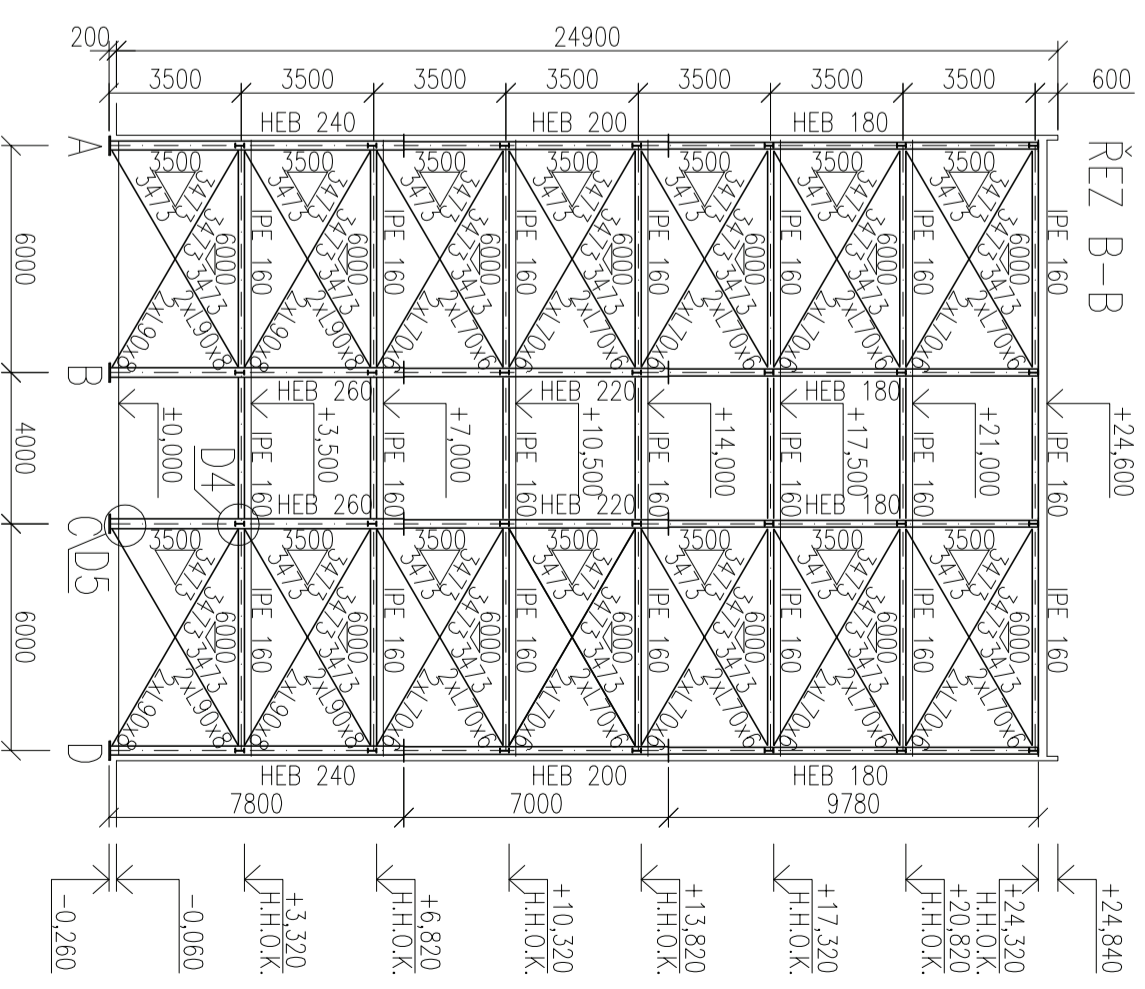
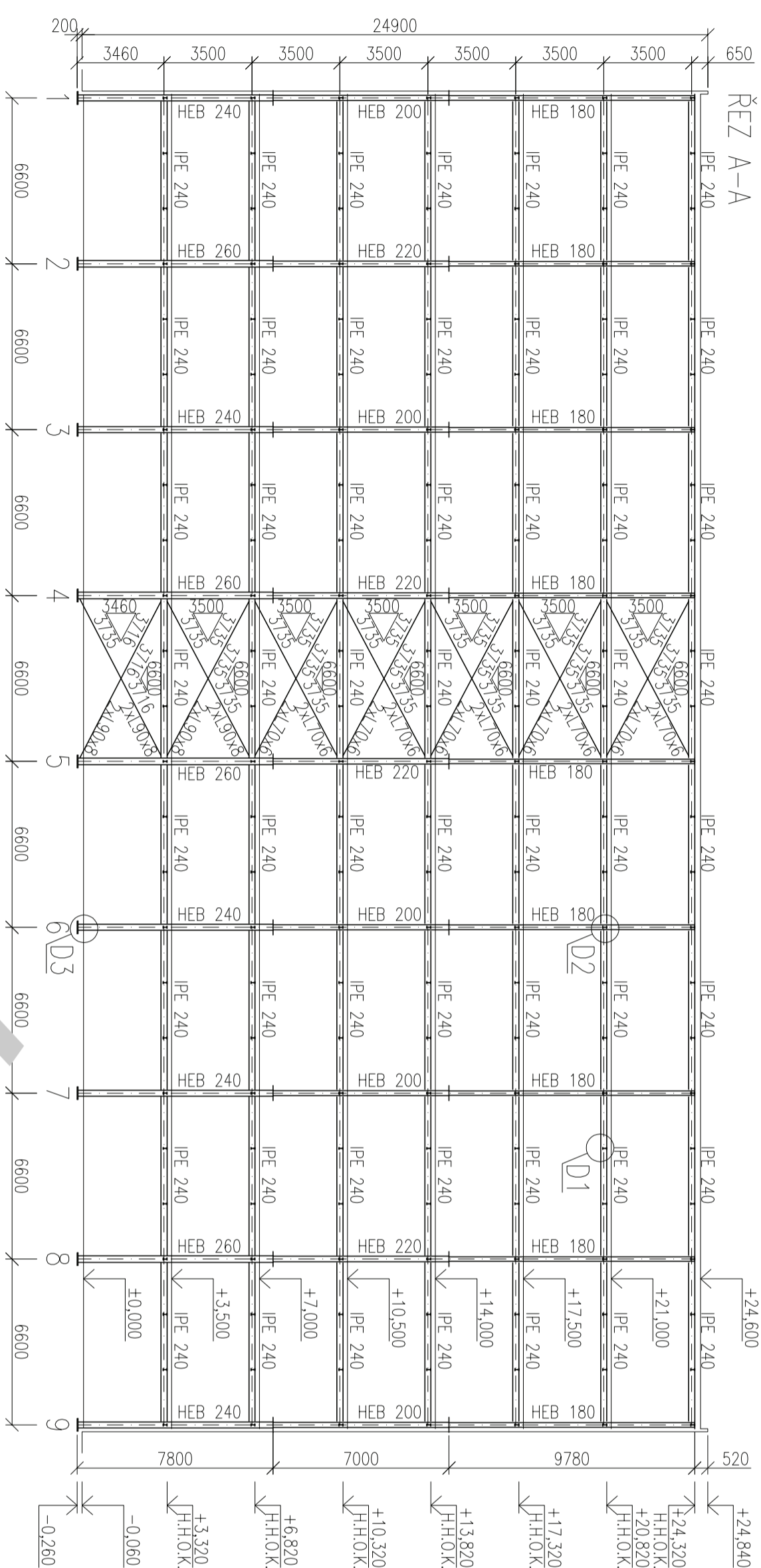
- přehledný výkres, proveden v měřítku M 1:200, příčný řez halou v měřítku M 1:100,
- podrobný výkres jednoho montážního dílu příhradového vazníku, proveden v měřítku M 1:15,
- podrobný výkres detailů (M 1:10, M 1:15 a M 1:5).

V přehledných výkresech jsou popsány všechny navržené profily. V příloženém výkresu jsou proto uvedeny popisy i těch prutů, jejichž návrh není v tomto skriptu ilustrován.





Svary jsou kresleny v souladu s ČSN EN 22553, kde čtenář může získat podrobnější vysvětlení.

LITERATURA

- [1] Studnička J.: Navrhování nosných konstrukcí. Ocelové konstrukce, ČVUT Praha, 2015.
- [2] Studnička J., Macháček J.: Ocelové konstrukce 2, ČVUT Praha, 2005.
- [3] Studnička, J., Holický, M., Marková, J.: Ocelové konstrukce 2 – Zatížení, ČVUT Praha, 2011.
- [4] Vraný T., Wald F.: Ocelové konstrukce - Tabulky, ČVUT Praha, 2009.
- [5] Studnička J.: Ocelové konstrukce, Normy, ČVUT Praha, 2014
- [6] <http://www.kovprof.cz>
- [7] <http://www.arcelormittal.com>
- [8] <http://www.ruukki.cz/>

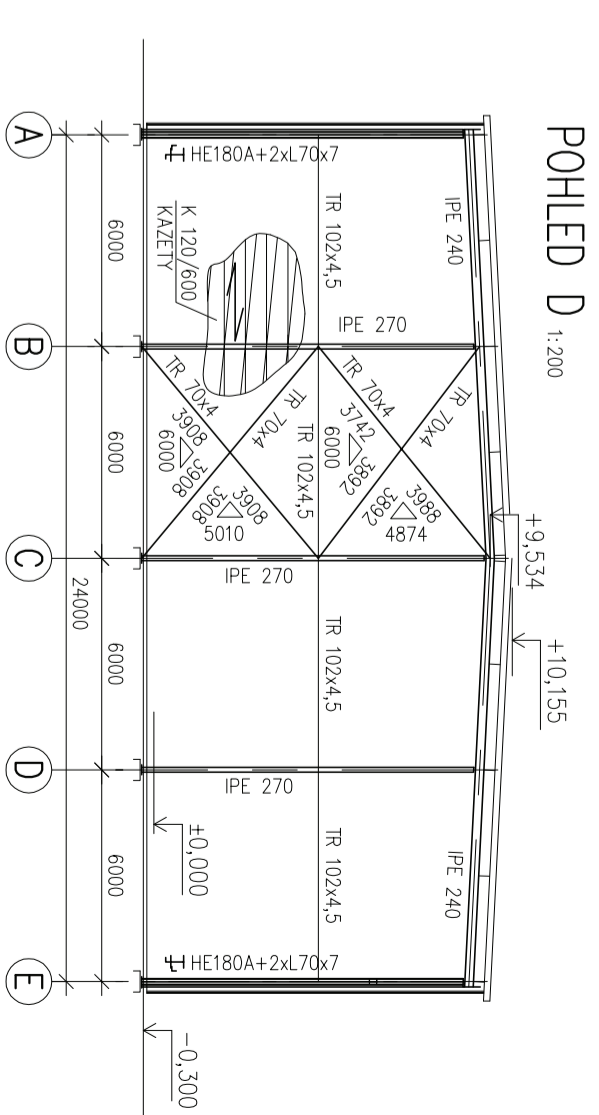
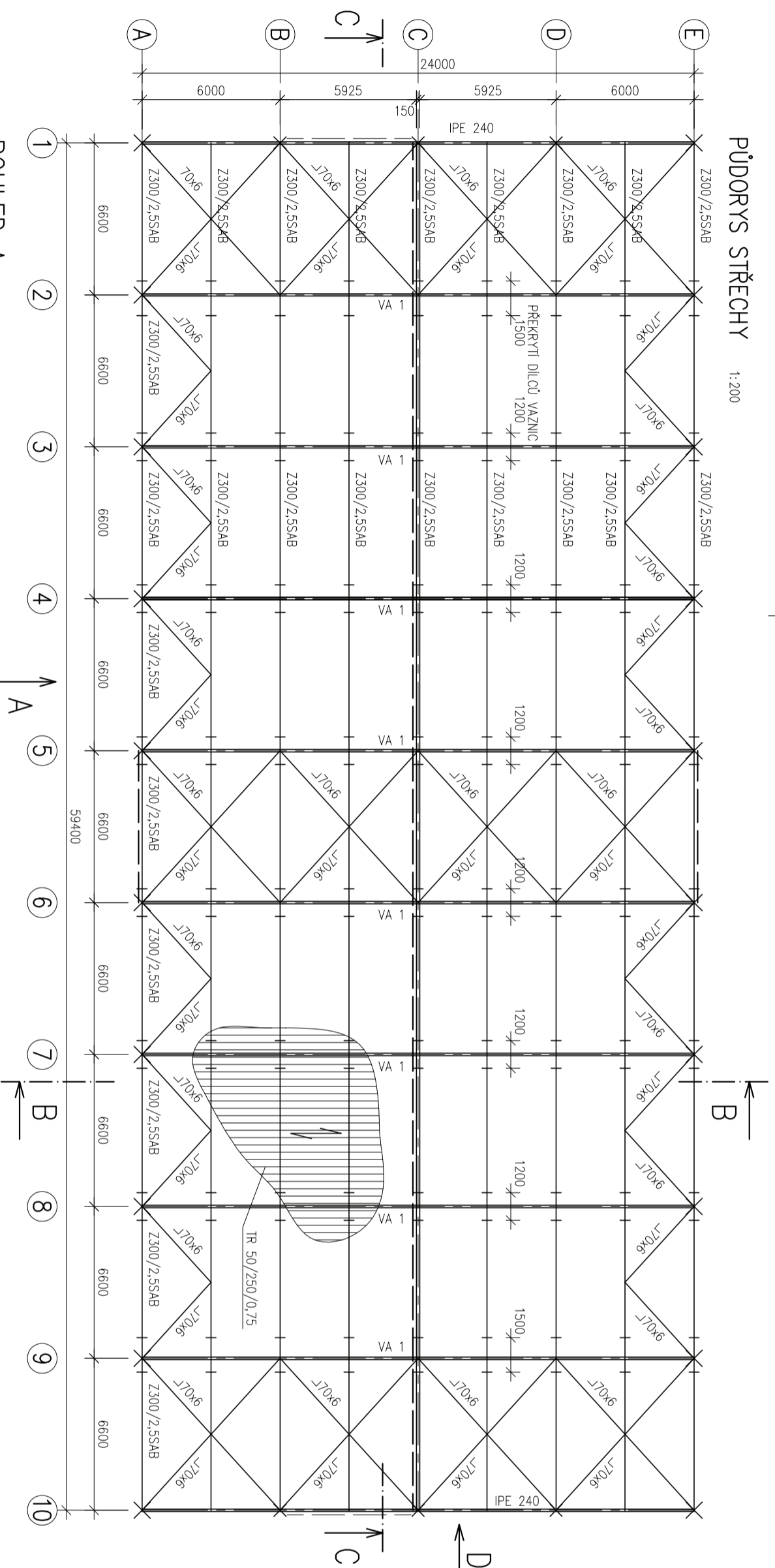


PÚDORYS +3,380

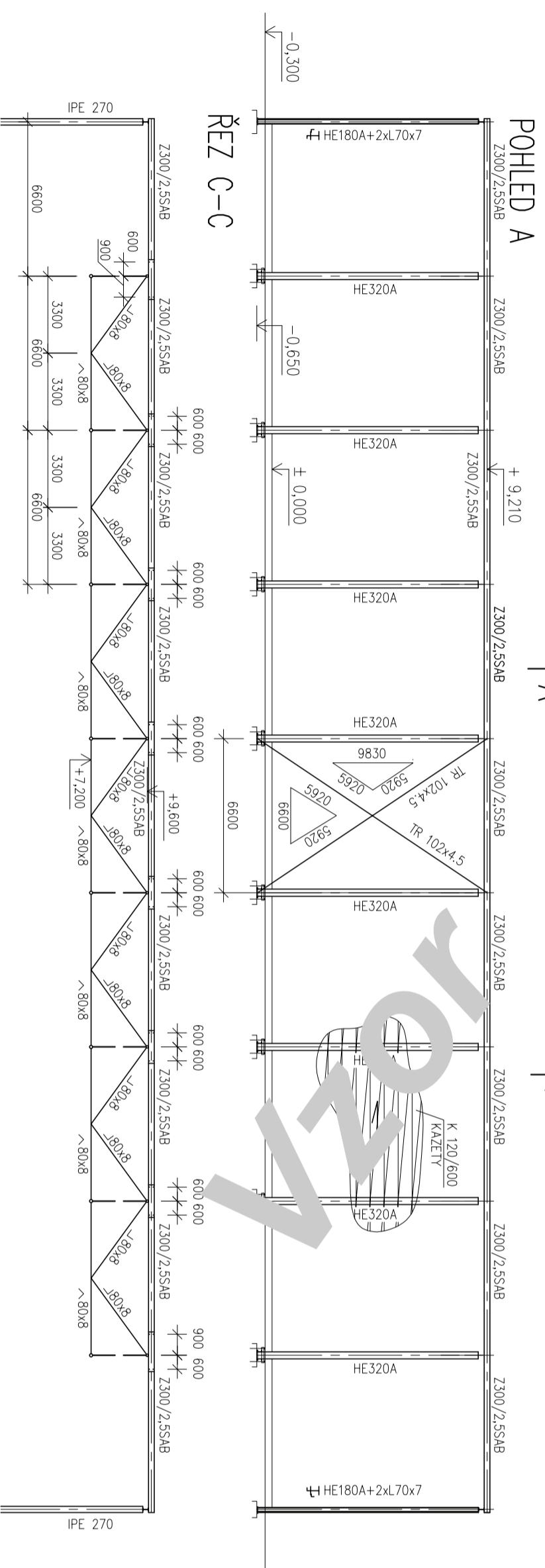
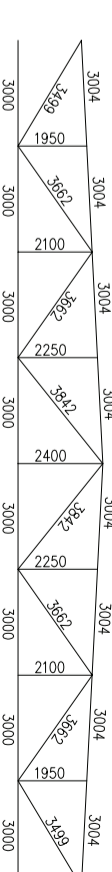
FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ			
VYPRACOVATEL: JMÉNO	VEDOUcí PRÁCE: JMÉNO		
PROJEKT: OCELOVÉ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA	MĚŘÍTKO: 1:200		
MAŽEV VYKRESLIL: DISPOZICE	DATAUM: 8/2015		
	ČÍSLO VYKRESLIL: 1		

POZNÁMKA: H.H.O.K. - HORNÍ HRANA OCELOVÉ KONSTRUKCE
 OCEL: S355J0
 S320GD (TRAPEZOVÉ PLECHY)
 BETON: C16/20 (ZAKLADY)
 C25/30 (STROPNÍ DESKY)
 TŘÍDA PŘEVODENÍ EXC2

PŮDORYS STŘECHY 1:200

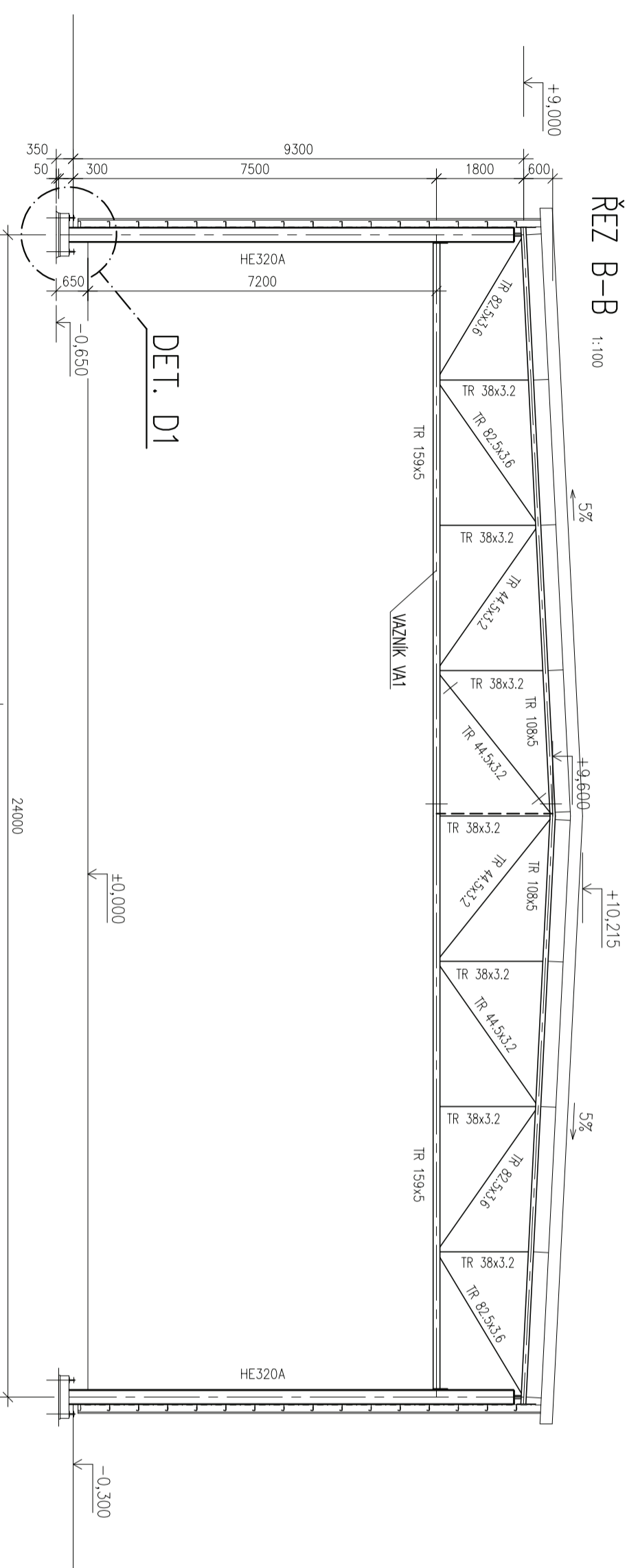


GEOMETRICKÉ SCHEMA VAZNIKU VA1



Kvoter

ŘEZ B-B 1:100




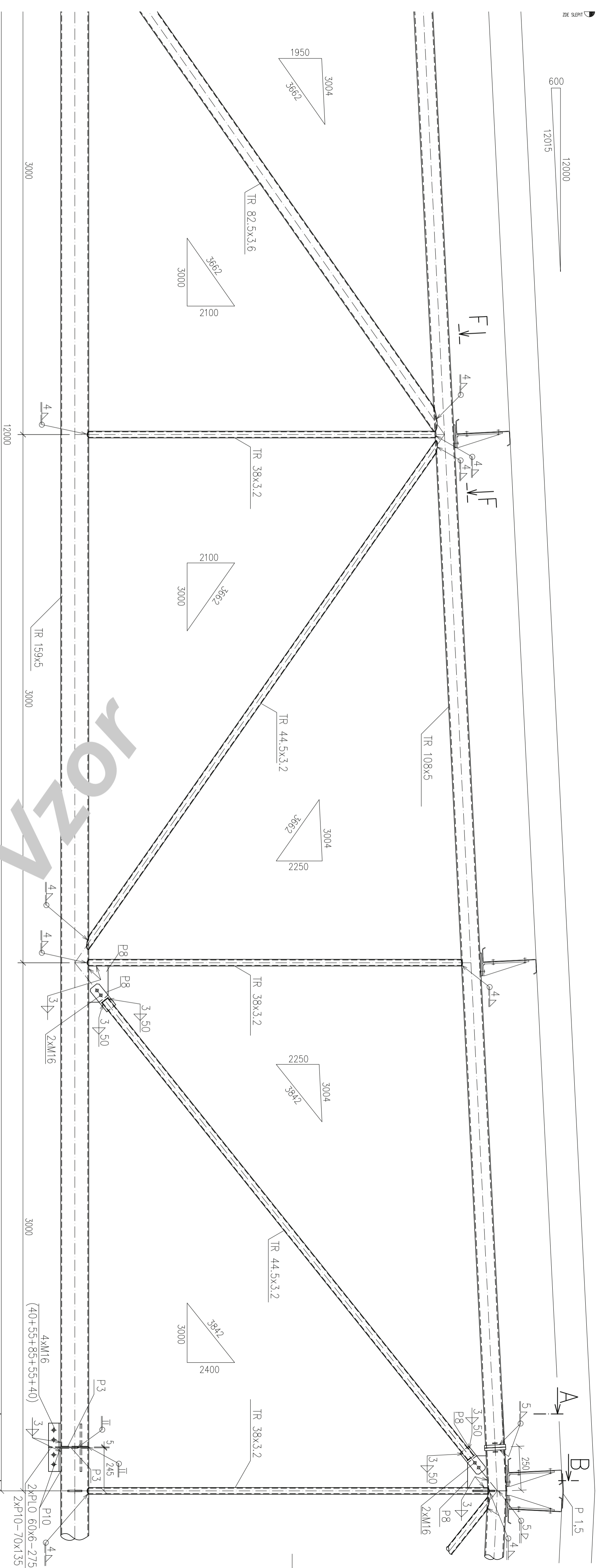
DET. D1

POZN.: PROFILY MEZILEHLÝCH VAZNIC JSOU SHODNÉ S OKAPOVOU VAZNICÍ.

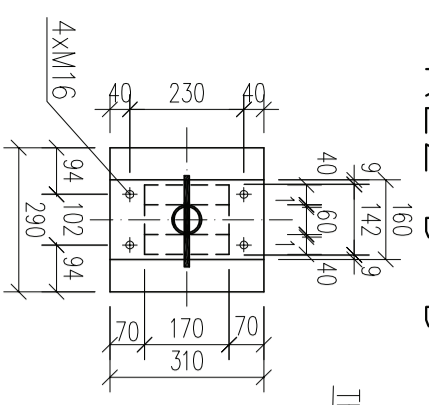
OCHEL : S355J0 VAZNIK, STROPNÍ NOSNÍKY VESTAVKU
 S235J0 SLOUPY, ZTUŽENÍ, KOTVENÍ ŠROUBY
 S350GD VAZNICE
 S320GD TRAPÉZOVÝ PLECH, KAZETY
 BETON : C16/20 ZÁKLADY

TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

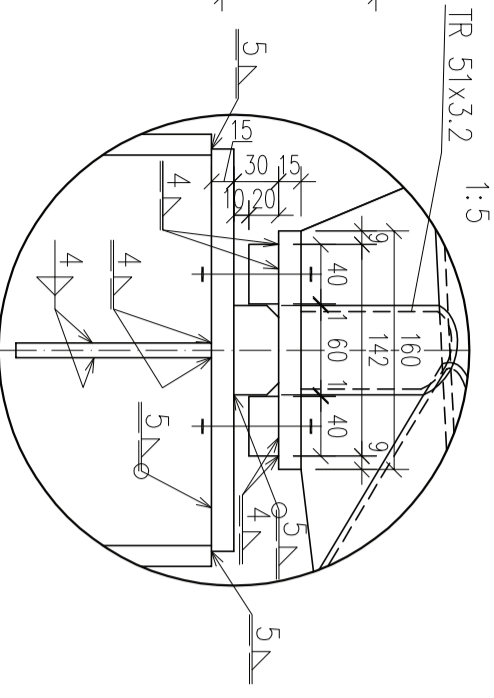
FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE			
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ			
VYPRACOVATEL:	JMÉNO	VEDOUcí PRÁCE:	JMÉNO
PROJEKT:	OCHELNÉ KONSTRUKCE		
HALA S PŘÍHRADOVÝM VAZNIKEM			
NAZEV VÝKRESU:	DISPOZICE	DATAUM:	8/2015
ČÍSLO VÝKRESU:			3



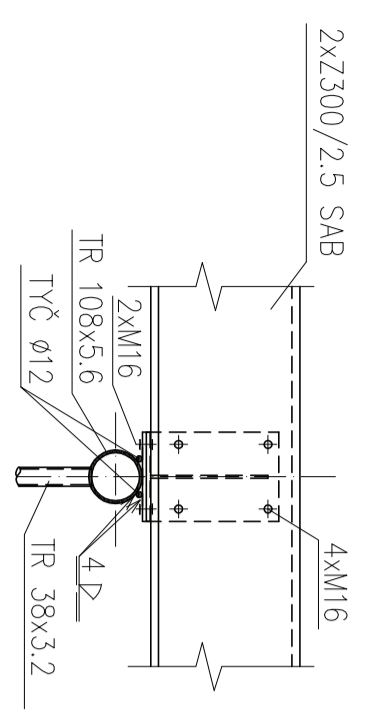
ŘEZ D-D



DET. H
DETAIL LOŽISKA
1:5

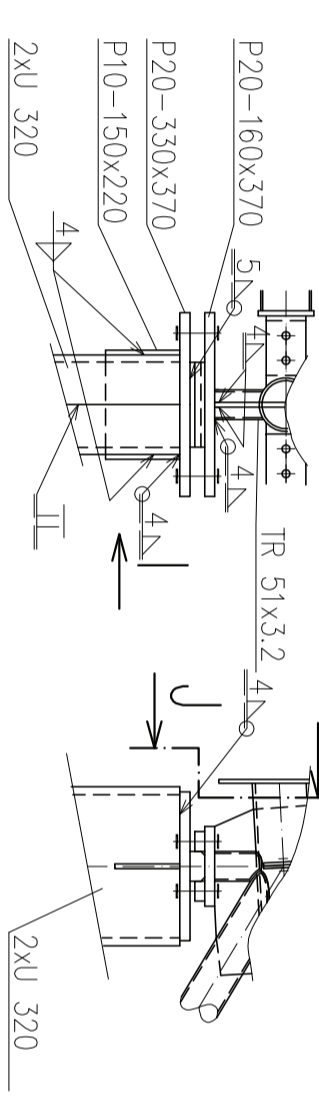


ŘEZ G-G

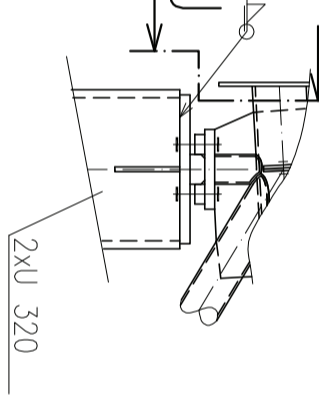


ULOŽENÍ VAZNÍKU – SLOUP UZAVŘENÉHO PRŮŘEZU

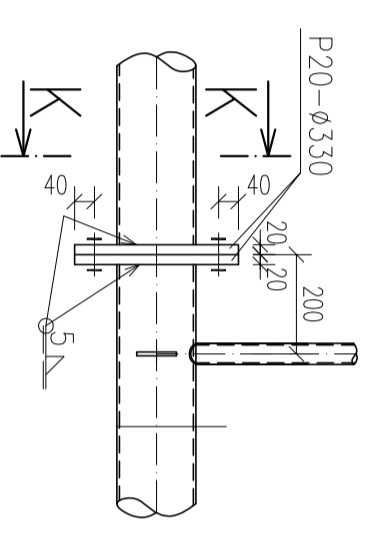
ŘEZ J-J



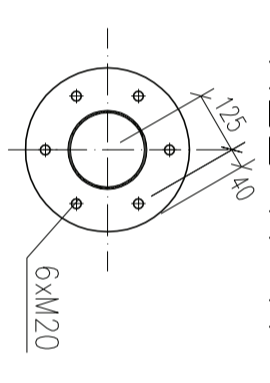
J POHLED I



MONTÁŽNÍ STYK DOLNÍHO PÁSU
ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ



ŘEZ K-K



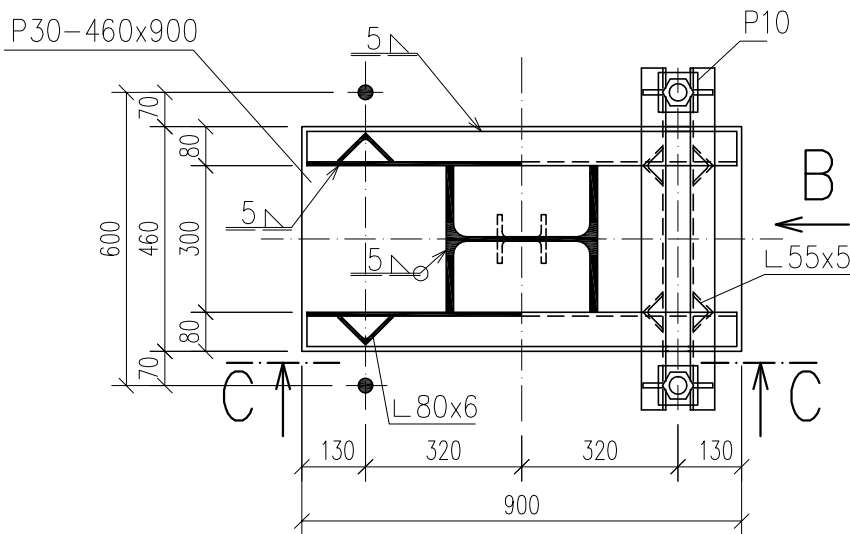
OCEL: S355J0.....VAZNÍK
S350GD.....VAZNICE Z300
S235J0.....OSTATNÍ
ŠROUBY:.....5.6

TRÍDA PROVEDENÍ EXC2

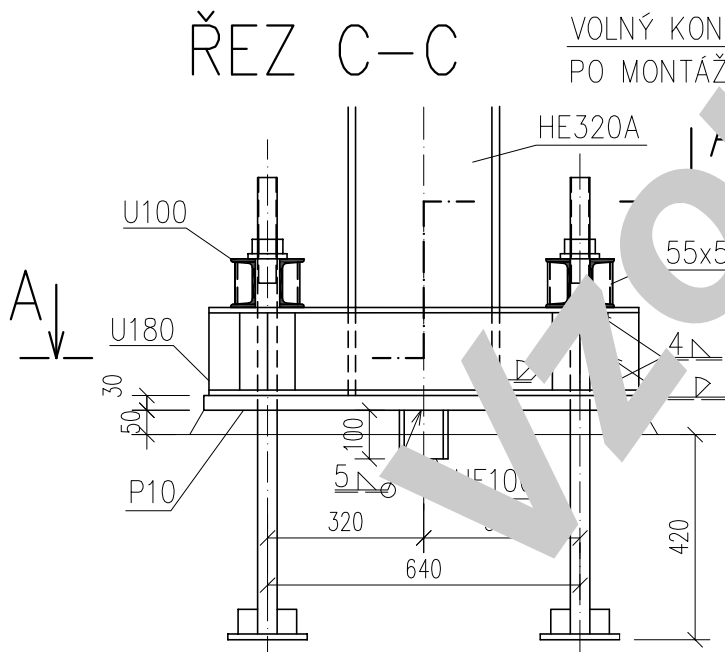
FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE		MĚŘITVO	
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		1:15,1:5	
VYPRACOVAL:	VEDOUCÍ PRÁCE:	DATAUM:	8/2015
JMÉNO	JMÉNO	ČÍSLO VÝKRESU:	4
PROJEKT:		NAZEV VÝKRESU:	
OCELOVÉ KONSTRUKCE		DETAIL Y VAZNÍKU	
HALA S PŘÍHRADOVÝM VAZNÍKEM			

DETAIL D1

ŘEZ A-A

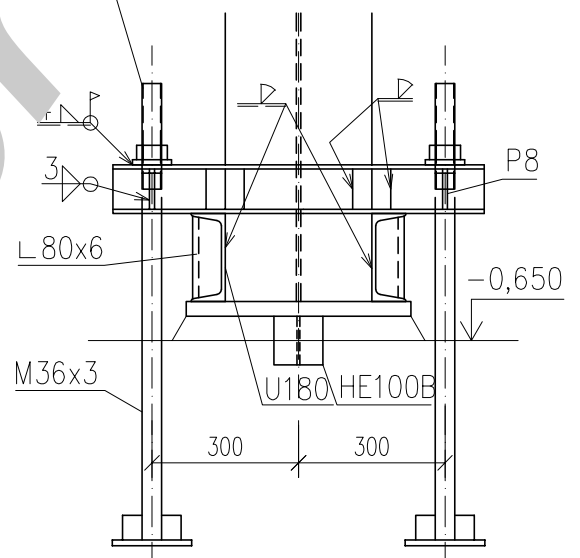


ŘEZ C-C



VOLNÝ KONEC
PO MONTÁŽI ODPÁLIT


POHLED B



OCEL : S235J0

BETON: C16/20

TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JMÉNO	VEDOUcí PRÁCE: JMÉNO	
PROJEKT: OCELOVÉ KONSTRUKCE HALA S PŘÍHRADOVÝM VAZNÍKEM		MĚŘITKO: 1:15
NÁZEV VÝKRESU: VETKNUTÁ PATKA		DATUM: 8/2015
		ČÍSLO VÝKRESU: 5