

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



C. STATICKÝ VÝPOČET

Tenisová hala

Bc. Jan Bednář

OBSAH:

1.	STATICKÝ MODEL NADZEMNÍ KONSTRUKCE	06-08
1.1	Celek A – zázemí	06
1.2	Celek B – sportoviště	07
1.3	Axonometrie celého objektu	08
2.	STANOVENÍ ZATÍŽENÍ	09-30
2.1	Celek A – zázemí	09-17
2.1.1	Stálé zatížení	09
2.1.2	Užitné zatížení	09
2.1.3	Klimatická zatížení	10-17
2.1.3.1	Zatížení sněhem	10
2.1.3.2	Zatížení větrem	11-17
2.2	Celek B – sportoviště	18-27
2.2.1	Stálé zatížení	18
2.2.2	Užitné zatížení	18
2.2.3	Klimatická zatížení	19-27
2.2.3.1	Zatížení sněhem	19-20
2.2.3.2	Zatížení větrem	21-27
2.3	Kombinace zatížení	28-30
2.3.1	Zatěžovací stavy	28
2.3.2	Kombinace pro MSU	29
2.3.3	Kombinace pro MSP	30
3.	NÁVRH A POSOUZENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	31-90
3.1	Celek A – zázemí	31-60
3.1.1	Pultový vazník	31-35
3.1.1.1	Pultový vazník – statický model a návrh průřezu	31
3.1.1.2	Pultový vazník – materiálové charakteristiky	31-32
3.1.1.3	Pultový vazník – průřezové a geometrické charakteristiky	32
3.1.1.4	Pultový vazník – posouzení MSÚ	32-34
3.1.1.5	Pultový vazník – posouzení MSP	34-35

3.1.2	Vaznice	35-41
3.1.2.1	Vaznice – statický model a návrh průřezu	35-36
3.1.2.2	Vaznice – materiálové charakteristiky	36
3.1.2.3	Vaznice – průřezové a geometrické charakteristiky	36
3.1.2.4	Vaznice – posouzení MSÚ	37-40
3.1.2.5	Vaznice – posouzení MSP	40-41
3.1.3	Sloup	41-45
3.1.3.1	Sloup – statický model a návrh průřezu	41
3.1.3.2	Sloup – materiálové charakteristiky	41-42
3.1.3.3	Sloup – průřezové a geometrické charakteristiky	42
3.1.3.4	Sloup – posouzení MSÚ	42-45
3.1.3.5	Sloup – posouzení MSP	45
3.1.4	Paždík	45-49
3.1.4.1	Paždík – statický model a návrh průřezu	45-46
3.1.4.2	Paždík – materiálové charakteristiky	46
3.1.4.3	Paždík – průřezové a geometrické charakteristiky	46
3.1.4.4	Paždík – posouzení MSÚ	47-48
3.1.4.5	Paždík – posouzení MSP	48-49
3.1.5	Střešní ztužidlo	49-50
3.1.5.1	Střešní ztužidlo – statický model a návrh průřezu	49
3.1.5.2	Střešní ztužidlo – materiálové charakteristiky	49
3.1.5.3	Střešní ztužidlo – průřezové a geometrické charakteristiky	49
3.1.5.4	Střešní ztužidlo – posouzení MSÚ	49-50
3.1.5.5	Střešní ztužidlo – posouzení MSP	50
3.1.6	Stěnové ztužidlo	51-54
3.1.6.1	Stěnové ztužidlo – statický model a návrh průřezu	51
3.1.6.2	Stěnové ztužidlo – materiálové charakteristiky	51-52
3.1.6.3	Stěnové ztužidlo – průřezové a geometrické charakteristiky	52
3.1.6.4	Stěnové ztužidlo – posouzení MSÚ	52-53
3.1.6.5	Stěnové ztužidlo – posouzení MSP	54
3.1.7	Základová patka	55-56
3.1.7.1	Základová patka – materiálové charakteristiky	55

3.1.7.2	Základová patka – geometrické charakteristiky	55
3.1.7.3	Základová patka – posouzení MSU	56
3.1.7.4	Základová patka – posouzení MSP	57
3.1.8	Základový pas	58-60
3.1.8.1	Základový pas – materiálové charakteristiky	58
3.1.8.2	Základový pas – geometrické charakteristiky	58
3.1.8.3	Základový pas – posouzení MSU	59
3.1.8.4	Základový pas – posouzení MSP	60
3.2	Celek B – sportoviště	61-90
3.2.1	Obloukový vazník	61-67
3.2.1.1	Obloukový vazník – statický model a návrh průřezu	61
3.2.1.2	Obloukový vazník – materiálové charakteristiky	61-62
3.2.1.3	Obloukový vazník – průřezové a geometrické charakteristiky	62
3.2.1.4	Obloukový vazník – posouzení MSÚ	62-66
3.2.1.5	Obloukový vazník – posouzení MSP	66-67
3.2.2	Vaznice	67-73
3.2.2.1	Vaznice – statický model a návrh průřezu	67-68
3.2.2.2	Vaznice – materiálové charakteristiky	68
3.2.2.3	Vaznice – průřezové a geometrické charakteristiky	68-69
3.2.2.4	Vaznice – posouzení MSÚ	69-72
3.2.2.5	Vaznice – posouzení MSP	72-73
3.2.3	Štítový sloup	73-77
3.2.3.1	Štítový sloup – statický model a návrh průřezu	73
3.2.3.2	Štítový sloup – materiálové charakteristiky	73-74
3.2.3.3	Štítový sloup – průřezové a geometrické charakteristiky	74
3.2.3.4	Štítový sloup – posouzení MSÚ	74-77
3.2.3.5	Štítový sloup – posouzení MSP	77
3.2.4	Střešní ztužidlo	78-79
3.2.4.1	Střešní ztužidlo – statický model a návrh průřezu	78
3.2.4.2	Střešní ztužidlo – materiálové charakteristiky	78
3.2.4.3	Střešní ztužidlo – průřezové a geometrické charakteristiky	78
3.2.4.4	Střešní ztužidlo – posouzení MSU	78-79

3.2.4.5	Střešní ztužidlo – posouzení MSP	79
3.2.5	Základová patka (krajní)	80-82
3.2.5.1	Základová patka (krajní) – materiálové charakteristiky	80
3.2.5.2	Základová patka (krajní) – geometrické charakteristiky	80
3.2.5.3	Základová patka (krajní) – posouzení MSU	81
3.2.5.4	Základová patka (krajní) – posouzení MSP	82
3.2.6	Základová patka (mezilehlá)	83-85
3.2.6.1	Základová patka (mezilehlá) – materiálové charakteristiky	83
3.2.6.2	Základová patka (mezilehlá) – geometrické charakteristiky	83
3.2.6.3	Základová patka (mezilehlá) – posouzení MSU	84
3.2.6.4	Základová patka (mezilehlá) – posouzení MSP	85
3.2.7	Základový pas	86-88
3.2.7.1	Základový pas – materiálové charakteristiky	86
3.2.7.2	Základový pas – geometrické charakteristiky	86
3.2.7.3	Základový pas – posouzení MSU	87
3.2.7.4	Základový pas – posouzení MSP	88
3.2.8	Základové táhlo	89-90
3.2.8.1	Základové táhlo – statický model a návrh průřezu	89
3.2.8.2	Základové táhlo – materiálové charakteristiky	89
3.2.8.3	Základové táhlo – geometrické charakteristiky	89
3.2.8.4	Základové táhlo – posouzení MSU	89
3.2.8.5	Základové táhlo – posouzení MSP	90

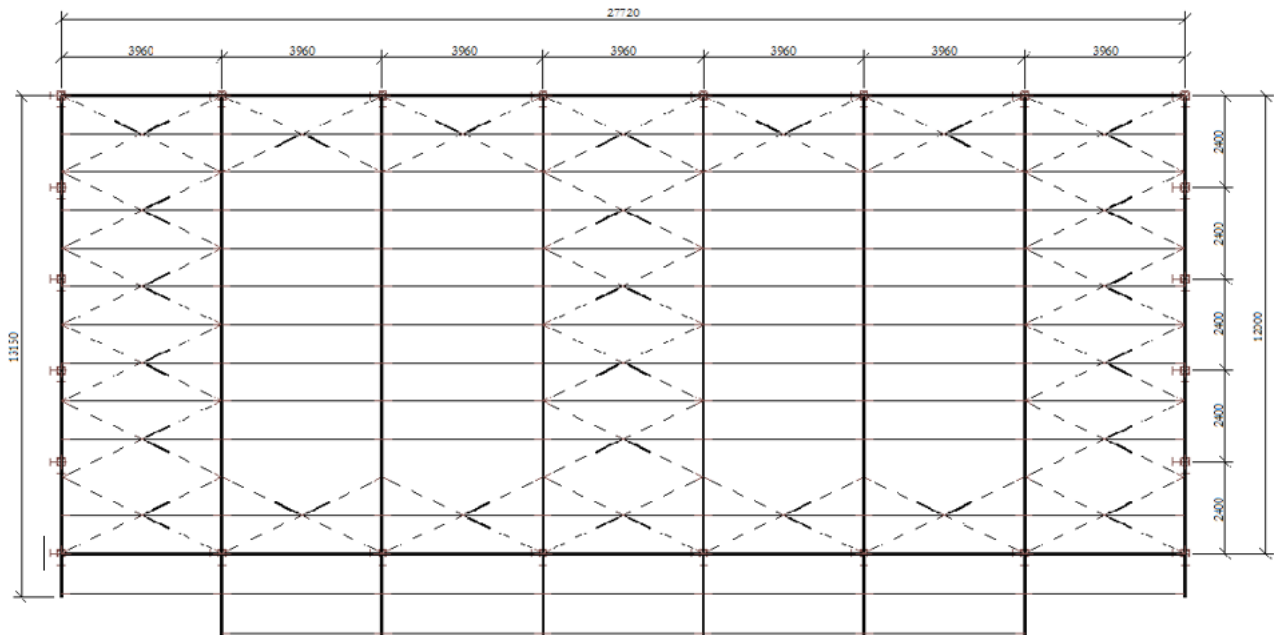
4.	NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SPOJŮ	91-117
4.1	Celek A – zázemí	91
4.2	Celek B – sportoviště	91-117
4.2.1	Přípoj vaznice se ztužidlem k obloukovému vazníku	91-98
4.2.1.1	Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – materiálové charakteristiky	91
4.2.1.2	Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – pos. svor. spoje	92-93
4.2.1.3	Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – pos. vrut. spoje	94-97
4.2.1.4	Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – pos. napojení táhla	97-98
4.2.2	Přípoj běžné vaznice k obloukovému vazníku	98-104
4.2.2.1	Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – materiálové charakteristiky	98
4.2.2.2	Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – pos. svor. spoje	99-101
4.2.2.3	Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – pos. vrut. spoje	102-104
4.2.3	Přípoj obloukového vazníku ve vrcholu	104-109
4.2.3.1	Přípoj obl. vazníku ve vrcholu – materiálové charakteristiky	104
4.2.3.2	Přípoj obl. vazníku ve vrcholu – pos. střední části spoje	105-106
4.2.3.3	Přípoj obl. vazníku ve vrcholu – pos. krajních částí spoje	106-109
4.2.4	Přípoj obloukového vazníku v patě	109-117
4.2.4.1	Přípoj obl. vazníku v patě – materiálové charakteristiky	109
4.2.4.2	Přípoj obl. vazníku v patě – pos. střední části spoje	110-111
4.2.4.3	Přípoj obl. vazníku v patě – pos. horní části spoje	112-114
4.2.4.4	Přípoj obl. vazníku v patě – pos. spodní části spoje	115-117

1. STATICKÝ MODEL NADZEMNÍ KONSTRUKCE

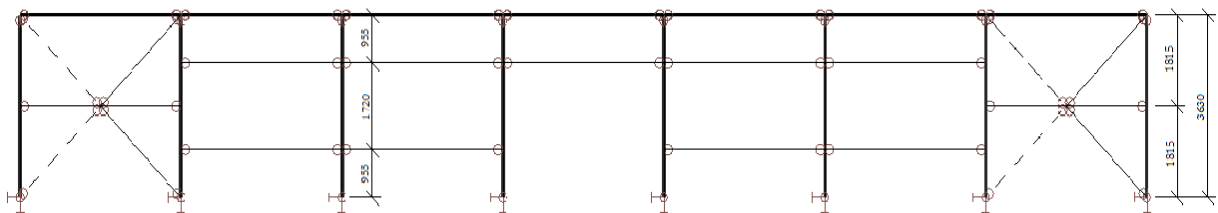
Konstrukci haly jsem vymodeloval ve studentské verzi programu Scia Engineer 2014. Základy jsem navrhnul a posoudil za pomoci programu GEO5 2016. Detailnější popis prvků a jednotlivých rozměrů je k nalezení v příložené výkresové dokumentaci. Statické působení je podrobně rozebráno v následujících kapitolách.

1.1 Celek A – zázemí

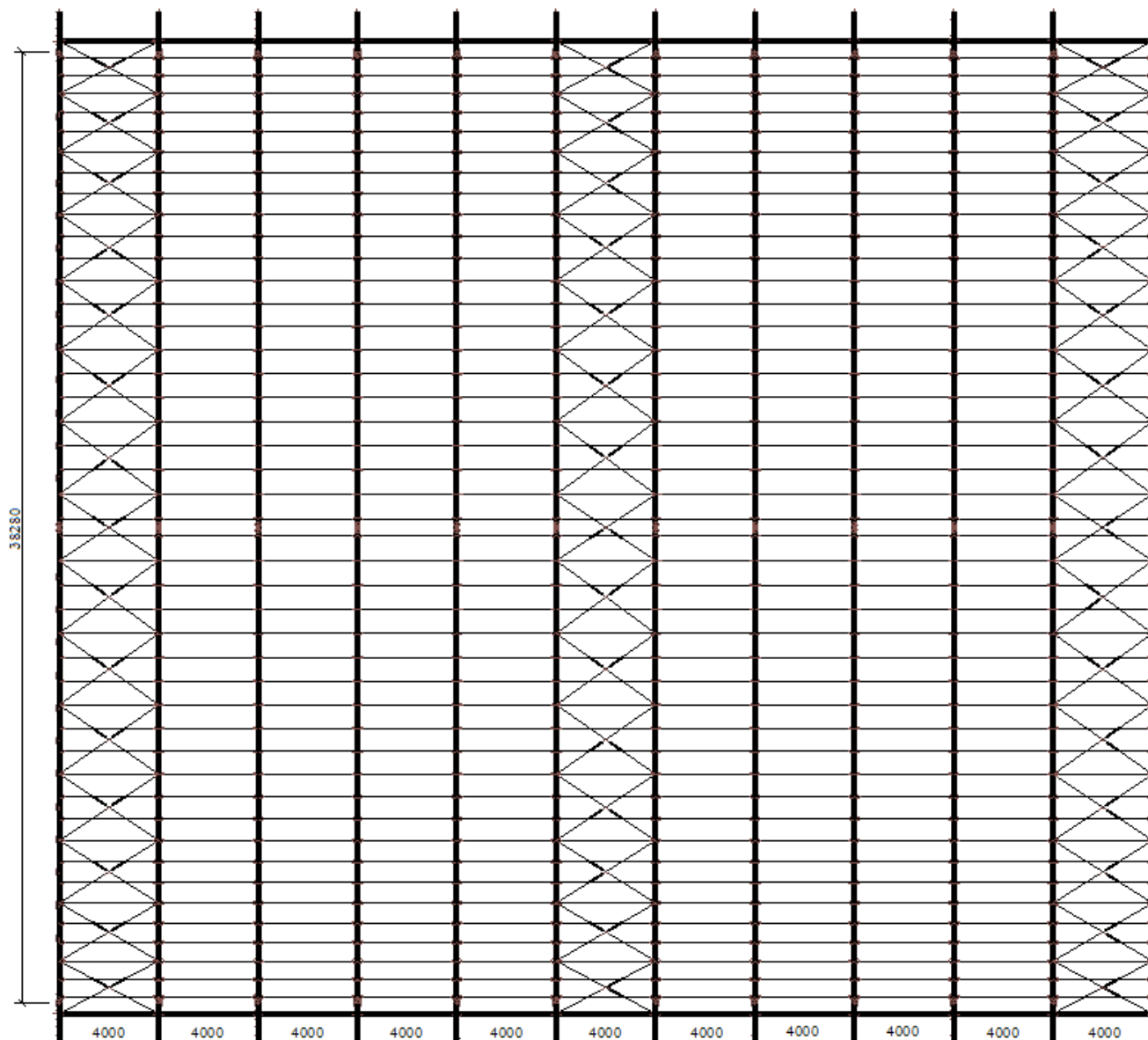
OBRÁZEK Č.11: Půdorys – celek A (zázemí)



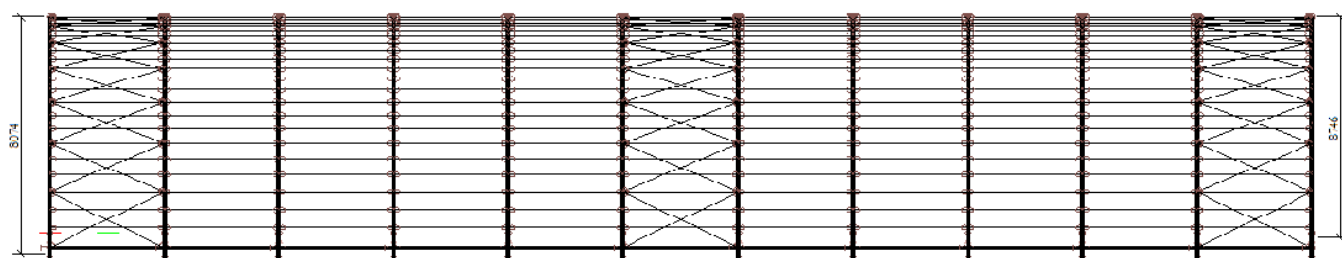
OBRÁZEK Č.12: Pohled – celek A (zázemí)



1.2 Celek B – sportoviště

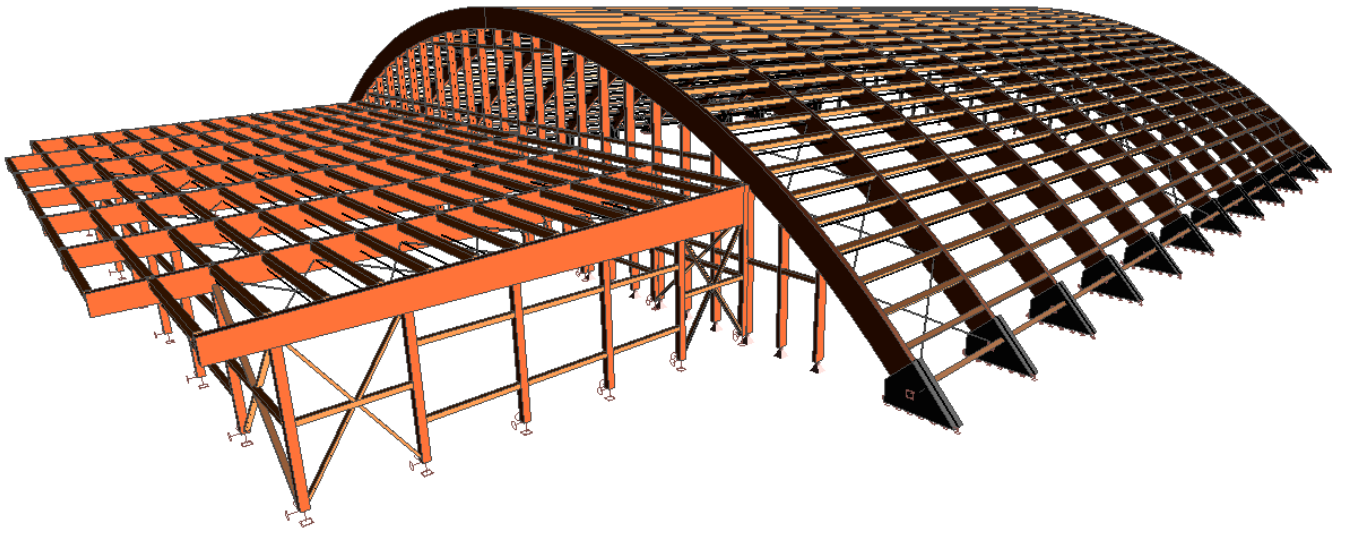


OBRÁZEK Č.13: Půdorys – celek B (sportoviště)

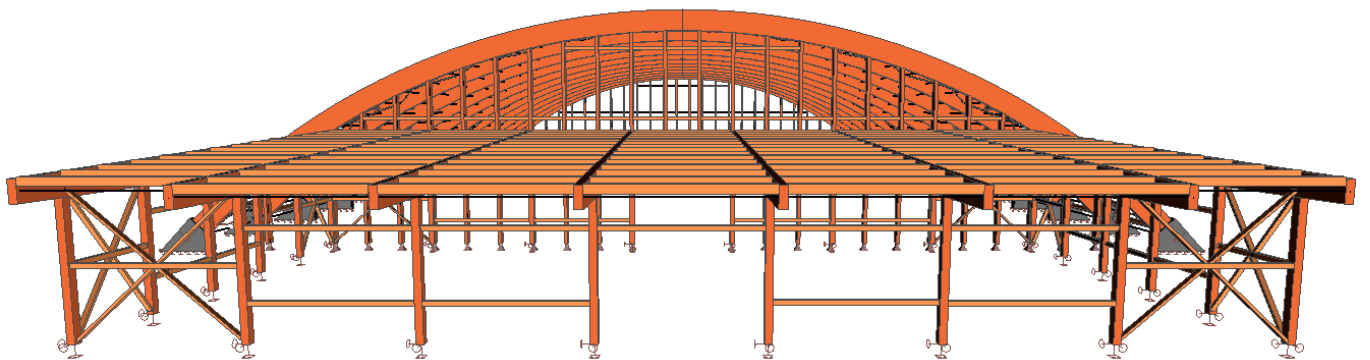


OBRÁZEK Č.14: Pohled – celek B (sportoviště)

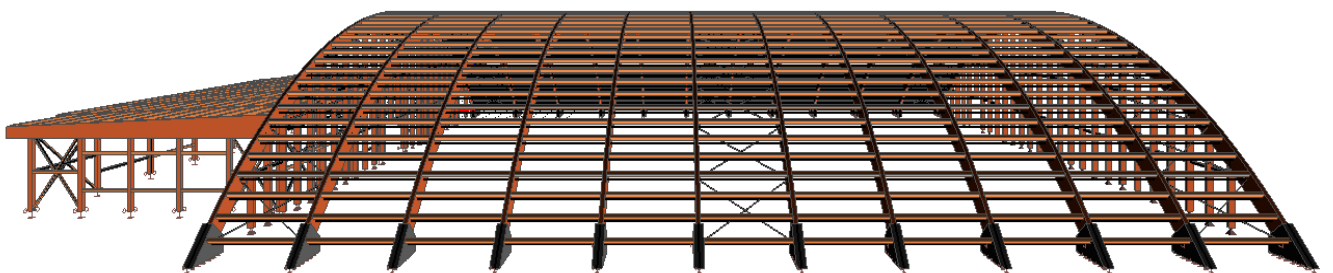
1.3 Axonometrie celého objektu



OBRÁZEK Č.15: 3D model objektu – severozápadní pohled



OBRÁZEK Č.16: 3D model objektu – severní pohled



OBRÁZEK Č.17: 3D model objektu – západní pohled

2. STANOVENÍ ZATÍŽENÍ

2.1 Celek A - zázemí

2.1.1 Stálé zatížení

Veškerá stálá zatížení jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči GSS (globální souřadný systém). Vlastní tíhu od nosných prvků si program Scia Engineer vygeneroval při výpočtu sám.

TABULKA Č.23: Vlastní tíha střešního pláště – celek A (zázemí)

MATERIÁL:	d	ρ	g_k	g_k	g	g_d	g_d
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]
panel Kingspan KS 1000 LP	0,115	-	0,110	0,110	1,35	0,149	0,149
vaznice C24 200x140 mm	0,200	3,5	-	-	1,35	-	-
konstrukce podhledu	-	-	0,100	0,100	1,35	0,135	0,135
minerální izolace Rockwool	0,050	2,0	-	0,100	1,35	-	0,135
sádrovláknitá deska 2x12,5 mm	0,025	11,5	0,288	0,288	1,35	0,388	0,388
zavěšená kce. (os., vzdu., pož.)	-	-	0,150	0,150	1,35	0,203	0,203
Σ			0,648	0,648		0,875	0,875

TABULKA Č.24: Vlastní tíha obvodového pláště – celek A (zázemí)

MATERIÁL:	d	ρ	g_k	g_k	g	g_d	g_d
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]
Konstrukční systém Halfix	-	-	-	0,050	1,35	-	0,068
minerální izolace Rockwool	0,140	2,0	-	0,280	1,35	-	0,378
OSB deska typu 3	0,025	6,5	-	0,163	1,35	-	0,219
paždík C24 180x120 mm	0,180	3,5	-	-	1,35	-	-
minerální izolace Rockwool	0,060	2,0	-	0,120	1,35	-	0,162
sádrovláknitá deska 2x12,5 mm	0,025	11,5	-	0,288	1,35	0,388	0,388
Σ			-	0,909		-	1,226

2.1.2 Užité zatížení

Jedná se o střechu nepochozí, s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažuji hodnotu $q_k = 0,75$ kN/m² a $Q_k = 1,00$ kN/m². Veškeré užité zatížení jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči GSS (globální souřadný systém). Předpokládám, že se při odklizení sněhu a opravách bude postupovat po sekcích, nezatežuji konstrukci po celé ploše, pouze v určitých pásech.

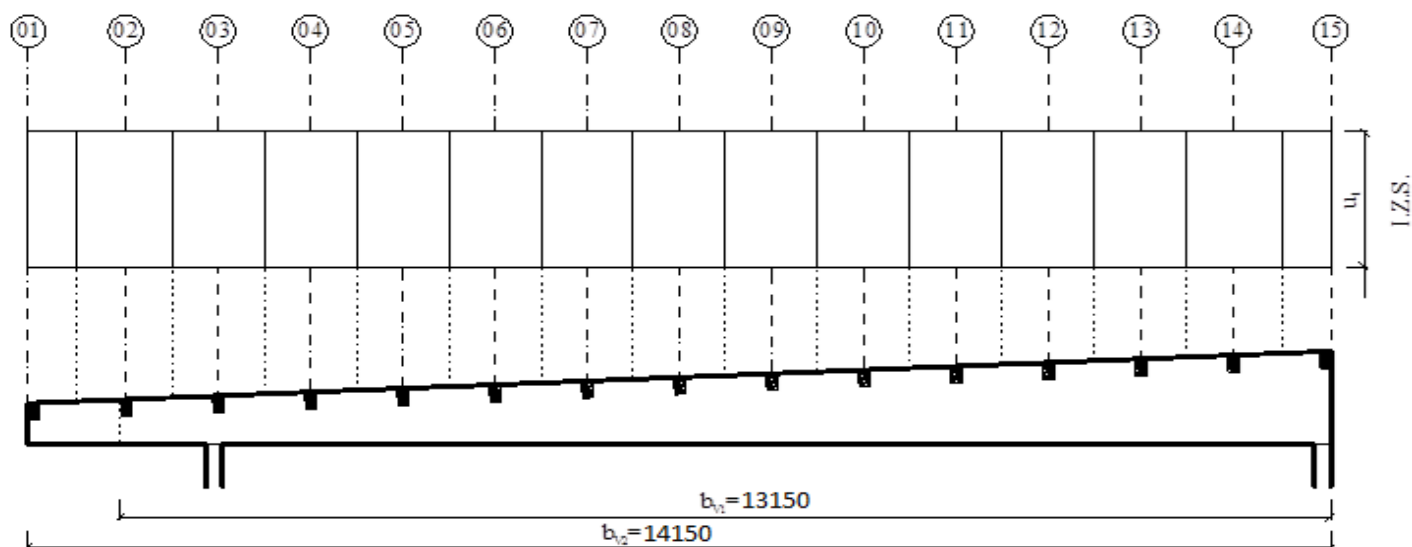
2.1.3 Klimatická zatížení

2.1.3.1 Zatížení sněhem

Veškeré zatížení sněhem jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči GSS (globální souřadný systém).

Vstupní údaje:

Město:	Praha
Sněhová oblast:	I.
Délka vazníku:	$b_{v1} = 13150$ [mm] $b_{v2} = 14150$ [mm]
Char.hodnota zatížení:	$S_k = 0,7$ [-]
Sklon střechy:	$\alpha_p = 2,5$ [°]
Součinitel expozice:	$C_e = 1,0$ [-]
Součinitel teploty:	$C_t = 1,0$ [-]
Součinitel tvaru:	u_i [-] $u_i = 0,8$ pro $0 \leq \alpha \leq 30^\circ$
Char. zat. pro zat. obrazce:	S_i $S_i = u_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$ $S_i = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$ $S_i = 0,56$ [kN/m ²]



OBRÁZEK Č.18: Zatížení pultové střechy sněhem (zázemí)

TABULKA Č.25: Charakteristické zatížení střechy sněhem (zázemí)

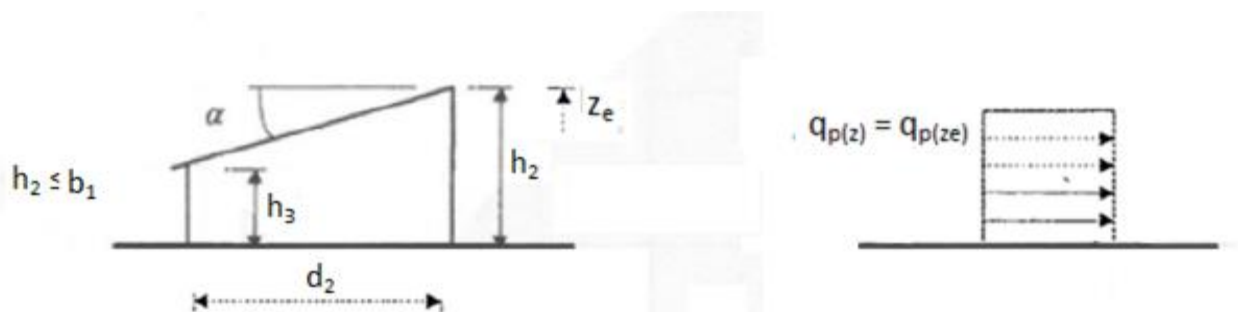
CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ SNĚHEM					
VAZNICE Č.	$Q_{s, \text{svaznice}}$ (svislá složka GSS)	$Q_{s, \text{plášť}}$ (svislá složka LSS)	ZAT.ŠÍŘKA	SKLON	
	[kN/m]	[kN/m ²]		[m]	[°]
	I.Z.S.	I.Z.S.			
01/15	0,297	0,558	0,530	2,5	0,044
02	0,586	0,558	1,050	2,5	0,044
03-14	0,559	0,558	1,002	2,5	0,044

2.1.3.2 Zatížení větrem

Pojmenování zatížení příčného a podélného jsem pro celek A prohodil. Učinil jsem tak z důvodu přehlednějšího zadávání hodnot do programu Scia Engineer. Veškeré zatížení větrem jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči LSS (lokální souřadný systém).

Vstupní údaje:

Město:	Praha
Větrná oblast:	II.
	> $v_b = 25$ [m/s]
Výška kce. (horní hrana):	$h_2 = 5030$ [mm]
Výška kce. (dolní hrana):	$h_3 = 4410$ [mm]
Šířka konstrukce:	$b_1 = 27900$ [mm]
Délka konstrukce:	$d_2 = 14150$ [mm]
	$d_3 = 13150$ [mm]
Kategorie terénu:	III.
	> $k_r = 0,22$ [-]
	> $z_0 = 300$ [mm]
	> $z_{\min} = 5000$ [mm]
	> $C_0 = 1,00$ [-]
Sklon střechy:	$\alpha_p = 2,5$ [°]
Referenční výška:	$z_e = 5030$ [mm]
Součinitel drsnosti:	$C_r = k_r \cdot \ln(h_2/z_0)$
	$C_r = 0,22 \cdot \ln(5,030/0,300)$
	$C_r = 0,62$ [-]
Součinitel expozice:	$C_e = (1 + (7 / (C_0 \cdot \ln(h_2/z_0)))) \cdot (C_0 \cdot C_r)^2$
	$C_e = (1 + (7 / (1,00 \cdot \ln(5,030/0,300)))) \cdot (1,00 \cdot 0,62)^2$
	$C_e = 1,339$ [-]
Základní tlak větru:	$q_{\text{ref}} = (v_b^2 \cdot \rho)^2$
	$q_{\text{ref}} = (25^2 \cdot 1,25) / 2$
	$q_{\text{ref}} = 390,6$ [Pa]



OBRÁZEK Č.19: Schéma k určení referenční výšky z_e (zázemí)

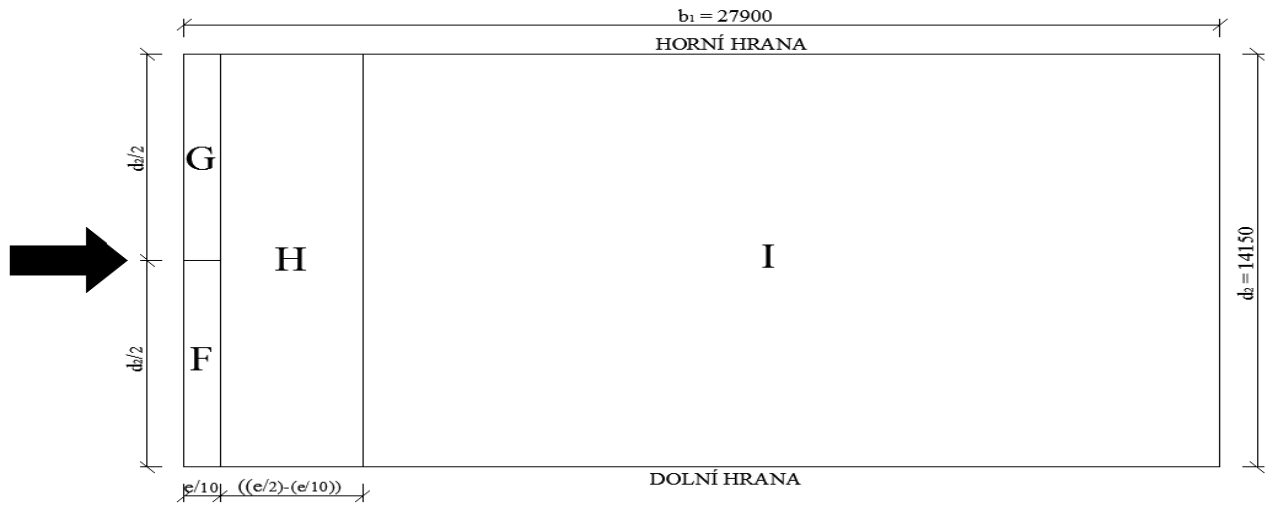
PŘÍČNÝ VÍTR (střecha):

Dělicí rozměr:

$$e = \min(d_2, 2 \cdot z_e)$$

$$e = \min(14150, 2 \cdot 5030)$$

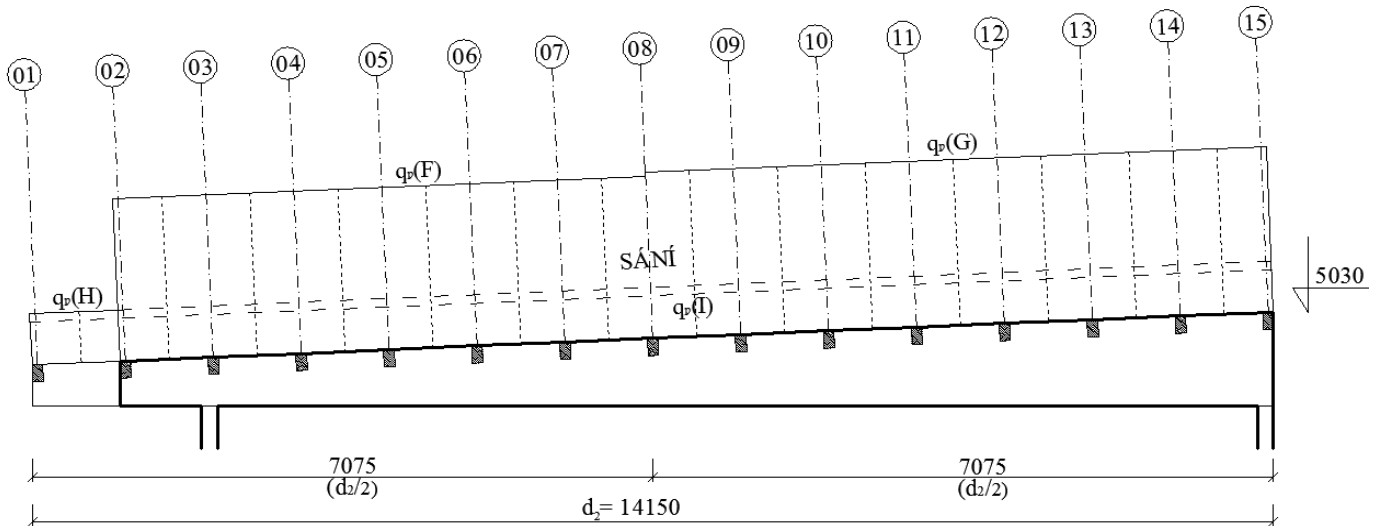
$$e = 10060 \text{ mm}$$



OBRÁZEK Č.20: Schéma působení příčného větru na střechu (zázemí)

TABULKA Č.26: Stanovení C_{pe} pro příčný vítr působící na střechu (zázemí)

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,6	-2,2	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	



OBRÁZEK Č.21: Zatížení pultové střechy příčným větrem (zázemí)

TABULKA Č.27: Charakteristické zatížení střechy příčným větrem (zázemí)

CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ PŘÍČNÝM VĚTREM														
VÁZNICE ·j	OBLAST F			OBLAST G			OBLAST H			OBLAST I			ZAT. ŠÍRKA	SKLON
	$C_{pe,i}(F)$	$q_{vaznice}$	$q_{pláště}$	$C_{pe,i}(G)$	$q_{vaznice}$	$q_{pláště}$	$C_{pe,10}(H)$	$q_{vaznice}$	$q_{pláště}$	$C_{pe,10}(I)$	$q_{vaznice}$	$q_{pláště}$		
	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]		
01	-1,90	-0,545	-0,973				-0,60	-0,172	-0,307	-0,50	-0,143	-0,256	0,560	2,5
02	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
03	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
04	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
05	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
06	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
07	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
08	-1,90	-0,973	-0,973				-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
09				-1,94	-0,993	-0,993	-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
10				-1,94	-0,993	-0,993	-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
11				-1,94	-0,993	-0,993	-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
12				-1,94	-0,993	-0,993	-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
13				-1,94	-0,993	-0,993	-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
14				-1,94	-0,993	-0,993	-0,60	-0,307	-0,307	-0,50	-0,256	-0,256	1,000	2,5
15				-1,94	-0,556	-0,993	-0,60	-0,172	-0,307	-0,50	-0,143	-0,256	0,560	2,5

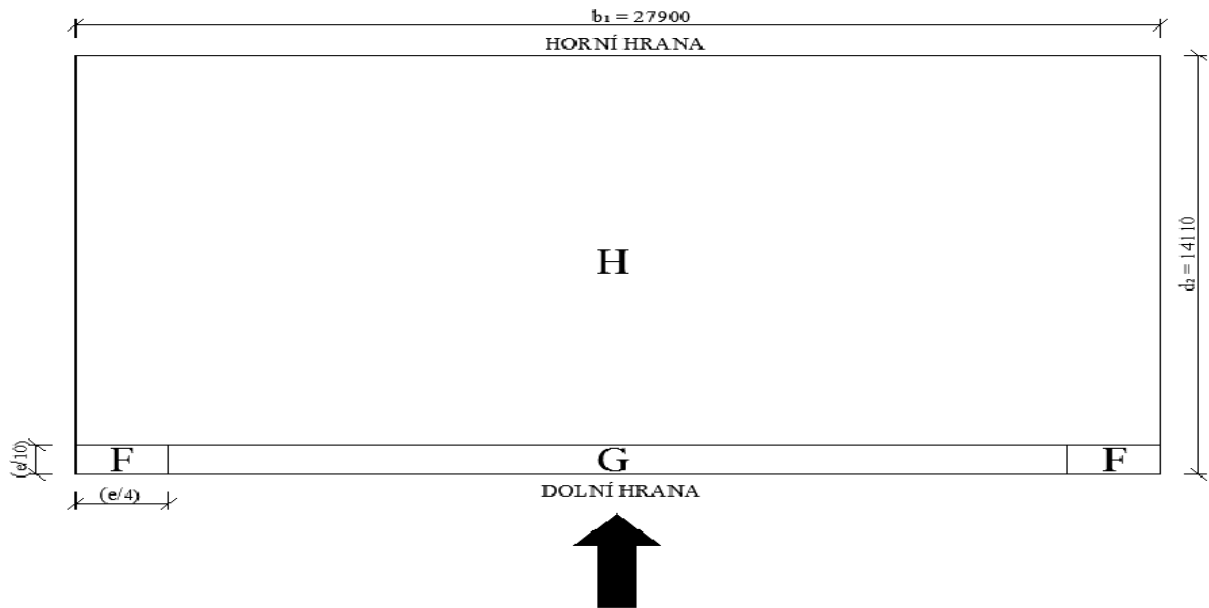
PODÉLNÝ VÍTR (střecha):

Dělicí rozměr:

$$e = \min(b_1, 2 \cdot z_e)$$

$$e = \min(27900, 2 \cdot 5030)$$

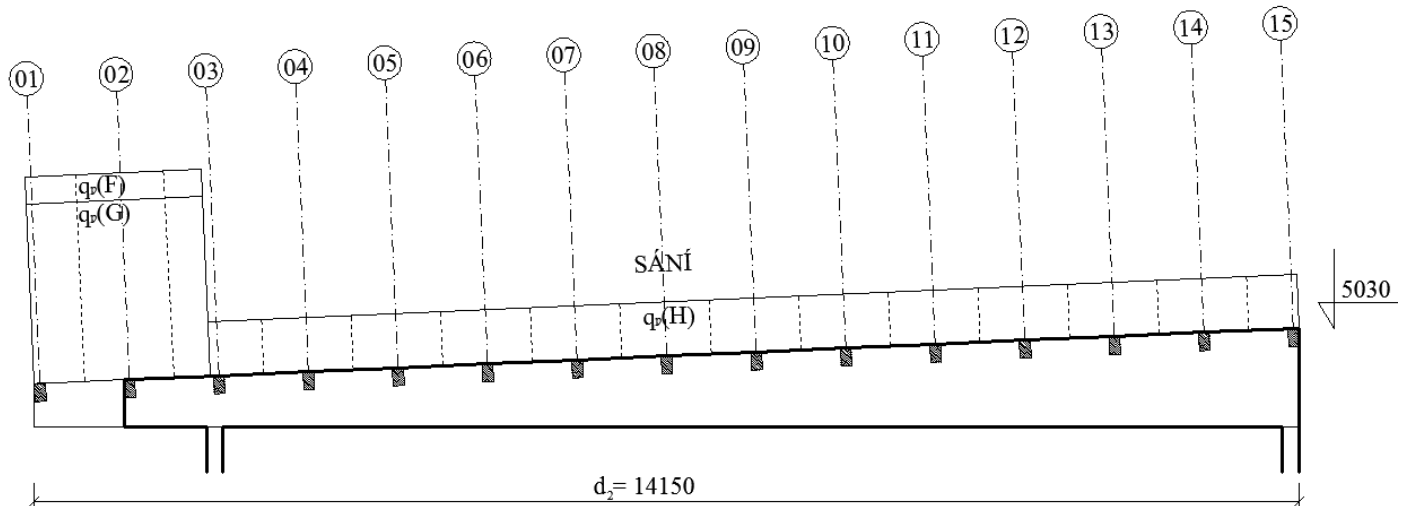
$$e = 10060 \text{ mm}$$



OBRÁZEK Č.22: Schéma působení podélného větru na střechu (zázemí)

TABULKA Č.28: Stanovení C_{pe} pro podélný vítr působící na střechu (zázemí)

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$						Oblast pro směr větru $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2



OBRÁZEK Č.23: Zatížení pultové střechy podélným větrem (zázemí)

TABULKA Č.29: Charakteristické zatížení střechy podélným větrem (zázemí)

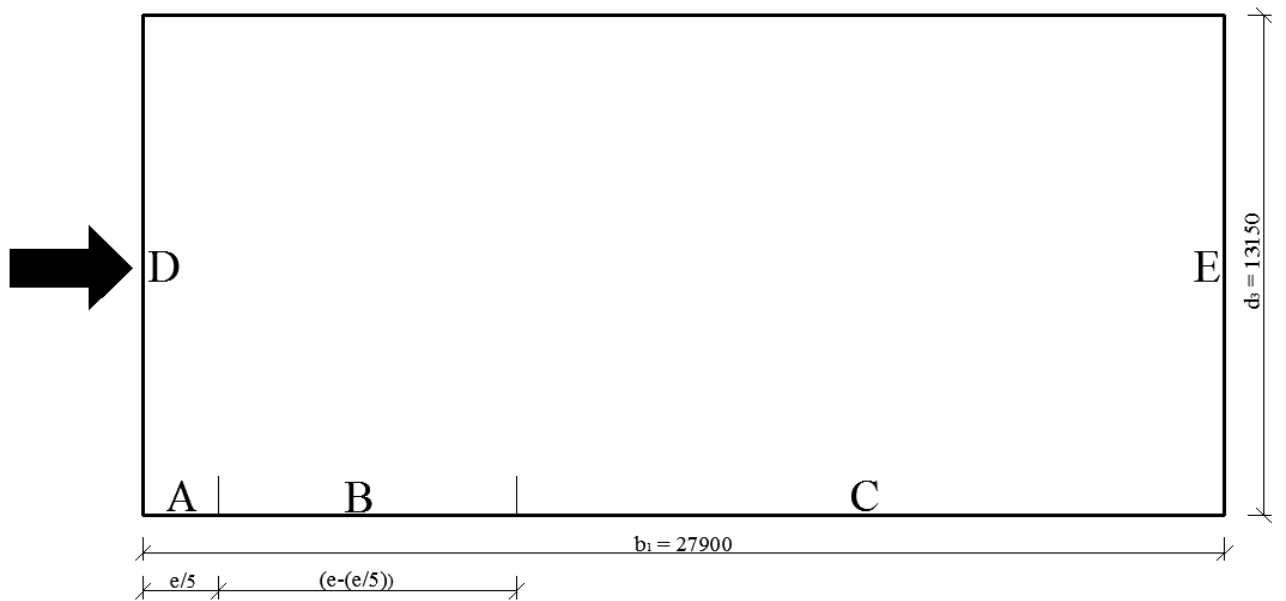
CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ PODÉLNÝM VĚTREM											
VAZNICE Č:	OBLAST F			OBLAST G			OBLAST H			ZAT. ŠÍŘKA [m]	SKLON [°]
	$C_{pe,i}(F)$	$q_{vaznice}$	$q_{plášť}$	$C_{pe,i}(G)$	$q_{vaznice}$	$q_{plášť}$	$C_{pe,10}(H)$	$q_{vaznice}$	$q_{plášť}$		
	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]		
01	-2,31	-0,662	-1,183	-2,00	-0,574	-1,024				0,560	2,5
02	-2,31	-1,183	-1,183	-2,00	-1,024	-1,024				1,000	2,5
03	-2,31	-1,183	-1,183	-2,00	-1,024	-1,024				1,000	2,5
04							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
05							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
06							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
07							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
08							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
09							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
10							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
11							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
12							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
13							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
14							-0,60	-0,307	-0,307	1,000	2,5
15							-0,60	-0,172	-0,307	0,560	2,5

PŘÍČNÝ VÍTR (obvodové stěny):

Dělicí rozměr: $e = \min(d_3, 2 \cdot z_e)$
 $e = \min(13150, 2 \cdot 5030)$
 $e = 10060 \text{ mm}$

Poměr výšky ku délce kce. $I = h_2/b_1$
 $I = 5030/27900$
 $I = 0,18$

Výpočet souč. vněj. tlaku: $q_p(I) = C_e \cdot q_{ref} \cdot C_{pe,10}(I)$
 $q_p(A) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-1,200)$
 $q_p(A) = -0,629 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$
 $q_p(B) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-0,800)$
 $q_p(B) = -0,419 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$
 $q_p(C) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-0,500)$
 $q_p(C) = -0,262 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$
 $q_p(D) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot 0,700$
 $q_p(D) = 0,365 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$
 $q_p(E) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-0,300)$
 $q_p(E) = -0,157 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$



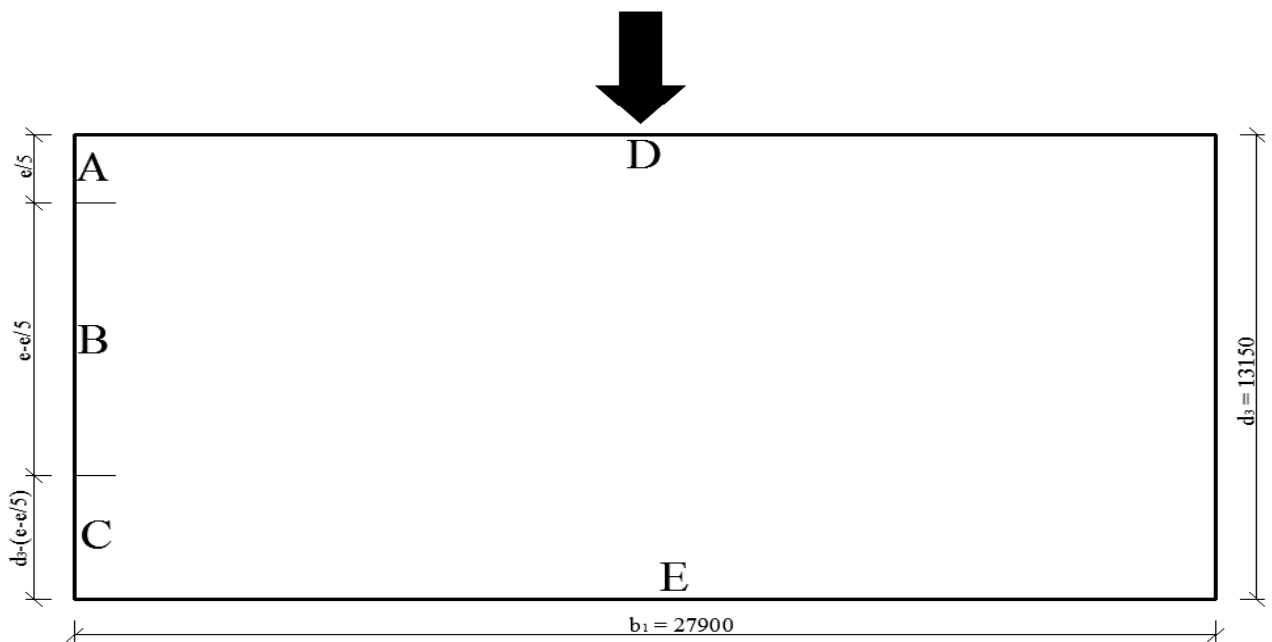
OBRÁZEK Č.24: Schéma působení příčného větru na obvodové stěny (sportoviště)

TABULKA Č.30: Stanovení C_{pe} pro příčný vítr působící na obvodové stěny (zázemí)

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

PODÉLNÝ VÍTR (obvodové stěny):

Dělicí rozměr:	$e = \min(b_1, 2 \cdot z_e)$
	$e = \min(27900, 2 \cdot 5030)$
	$e = 10060 \text{ mm}$
Poměr výšky ku délce kce:	$I = h_2/d_3$
	$I = 5030/13150$
	$I = 0,38$
Výpočet souč. vněj. tlaku:	$q_p(I) = C_e \cdot q_{ref} \cdot C_{pe,10}(I)$
	$q_p(A) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-1,200)$
	$q_p(A) = -0,629 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$
	$q_p(B) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-0,800)$
	$q_p(B) = -0,419 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$
	$q_p(C) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-0,500)$
	$q_p(C) = -0,262 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$
	$q_p(D) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot 0,716$
	$q_p(D) = 0,375 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$
	$q_p(E) = 1,339 \cdot 0,391 \cdot (-0,331)$
	$q_p(E) = -0,173 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$



OBRÁZEK Č.25: Schéma působení podélného větru na obvodové stěny (zázemí)

TABULKA Č.31: Stanovení C_{pe} pro podélný vítr působící na obvodové stěny (zázemí)

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

2.2 Celek B - sportoviště

2.2.1 Stálé zatížení

Veškerá stálá zatížení jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči GSS (globální souřadný systém). Vlastní tíhu od nosných prvků si program Scia Engineer vygeneroval při výpočtu sám.

TABULKA Č.32: Vlastní tíha střešního pláště – celek B (sportoviště)

MATERIÁL:	d	ρ	g_k	g_k	g	g_d	g_d
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]
panel Kingspan KS 1000 CR	0,115	-	0,110	0,110	1,35	0,149	0,149
vaznice C24 200x140 mm	0,200	3,5	-	-	1,35	-	-
dřevěné hranoly 3x(60/40)/mm	0,060	3,5	0,026	0,026	1,35	0,036	0,036
minerální izolace Rockwool	0,060	2,0	0,120	0,120	1,35	0,162	0,162
hoblovaná prkna	0,025	3,5	0,088	0,088	1,35	0,119	0,119
zavěšená kce. (os., vzdu., pož.)	-	-	0,250	0,250	1,35	0,338	0,338
Σ			0,594	0,594		0,804	0,804

TABULKA Č.33: Vlastní tíha obvodového pláště – celek B (sportoviště)

MATERIÁL:	d	ρ	g_k	g_k	g	g_d	g_d
	[m]	[kN/m ³]	[kN/m]	[kN/m ²]	[-]	[kN/m]	[kN/m ²]
Konstrukční systém Halfix	-	-	-	0,050	1,35	-	0,068
minerální izolace Rockwool	0,180	2,0	-	0,360	1,35	-	0,486
OSB deska typu 3	0,025	6,5	-	0,163	1,35	-	0,219
sloupek C24 120x120 mm	0,120	3,5	-	-	1,35	-	-
sádrovláknitá deska 2x12,5 mm	0,025	11,5	-	0,288	1,35	0,388	0,388
Σ			-	0,861		-	1,161

2.2.2 Užité zatížení

Jedná se o střechu nepochozí, s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažuji hodnotu $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ a $Q_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$. Veškeré užité zatížení jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči GSS (globální souřadný systém). Předpokládám, že se při opravách bude postupovat po sekcích, nezatěžuji konstrukci po celé ploše, pouze v určitých pásech

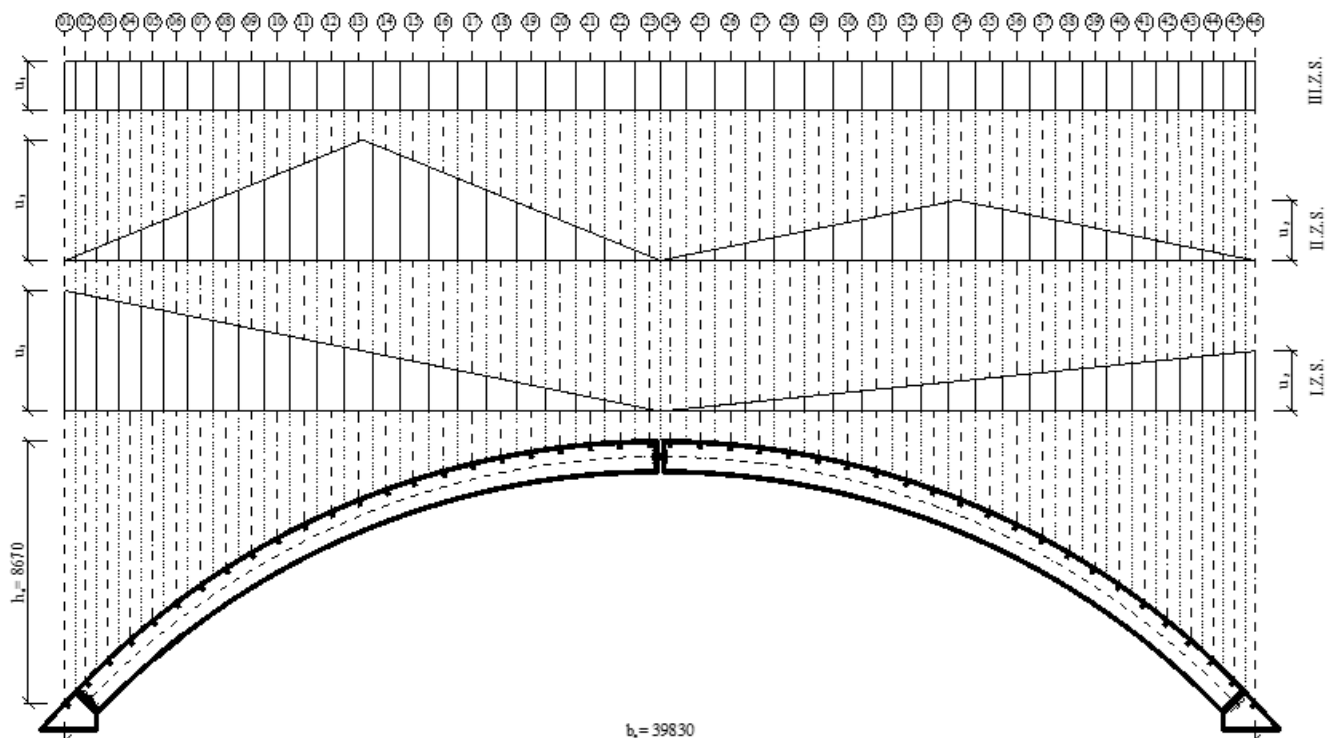
2.2.3 Klimatická zatížení

2.2.3.1 Zatížení sněhem

Veškeré zatížení sněhem jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči GSS (globální souřadný systém).

Vstupní údaje:

Město:	Praha
Sněhová oblast:	I.
Rozpětí oblouk. vazníku:	$b_0 = 39830$ [mm]
Výška oblouk. vazníku:	$h_0 = 8670$ [mm]
Char.hodnota zatížení:	$S_k = 0,7$ [-]
Sklon střechy:	$\alpha_p = 0-45$ [°]
Součinitel expozice:	$C_e = 1,0$ [-]
Součinitel teploty:	$C_t = 1,0$ [-]
Součinitelé tvaru:	u_i [-]
	$u_1 = 0,8$ pro $\alpha \leq 60^\circ$
	$u_2 = 1,0$ pro $h_0/b_0 \geq 0,2$
	$u_3 = 2,0$ pro $h_0/b_0 \geq 0,2$
Char. zat. pro zat. obrazce:	S_i
	$S_i = u_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k$
	$S_1 = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$
	$S_1 = 0,56$ [kN/m ²]
	$S_2 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$
	$S_2 = 0,70$ [kN/m ²]
	$S_3 = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7$
	$S_3 = 1,40$ [kN/m ²]



OBRÁZEK Č.26: Zatížení obloukové střechy sněhem (sportoviště)

TABULKA Č.34: Charakteristické zatížení střechy sněhem (sportoviště)

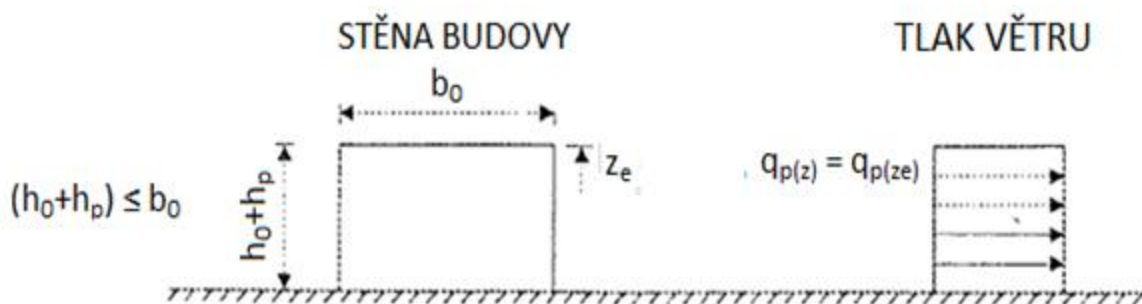
CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ SNĚHEM									
VAZNICE Č.	$Q_{s,svaznice}$ (svislá složka GSS)			$Q_{s,plášť}$ (svislá složka LSS)			ZAT. ŠÍŘKA	SKLON	
	[kN/m]			[kN/m ²]					
	I.Z.S.	II.Z.S.	III.Z.S.	I.Z.S.	II.Z.S.	III.Z.S.	[m]	[°]	[rad]
01	0,480	0,008	0,194	0,347	0,006	0,140	0,346	45	0,785
02	0,954	0,070	0,396	0,723	0,053	0,300	0,706	43	0,750
03	0,950	0,146	0,411	0,738	0,113	0,319	0,733	41	0,716
04	0,943	0,230	0,424	0,752	0,184	0,338	0,757	39	0,681
05	0,926	0,319	0,434	0,762	0,263	0,357	0,775	37	0,646
06	0,915	0,420	0,450	0,764	0,351	0,376	0,804	35	0,611
07	0,900	0,531	0,466	0,761	0,449	0,394	0,832	33	0,576
08	0,864	0,639	0,473	0,751	0,556	0,411	0,845	31	0,541
09	0,831	0,757	0,484	0,736	0,670	0,429	0,864	29	0,506
10	0,794	0,881	0,494	0,715	0,793	0,445	0,882	27	0,471
11	0,753	1,010	0,503	0,688	0,923	0,460	0,899	25	0,436
12	0,708	1,144	0,512	0,656	1,061	0,475	0,914	23	0,401
13	0,659	1,267	0,520	0,619	1,190	0,488	0,928	21	0,367
14	0,590	1,180	0,528	0,562	1,125	0,503	0,938	19	0,332
15	0,552	1,104	0,534	0,530	1,059	0,512	0,953	17	0,297
16	0,506	1,050	0,539	0,477	0,990	0,508	0,990	15	0,262
17	0,430	0,860	0,545	0,420	0,839	0,532	0,973	13	0,227
18	0,366	0,732	0,549	0,360	0,719	0,539	0,981	11	0,192
19	0,300	0,600	0,552	0,297	0,594	0,546	0,986	9	0,157
20	0,233	0,465	0,555	0,232	0,462	0,552	0,991	7	0,122
21	0,164	0,329	0,558	0,163	0,327	0,555	0,997	5	0,087
22	0,095	0,189	0,560	0,095	0,189	0,559	0,999	3	0,052
23	0,025	0,051	0,474	0,025	0,051	0,474	0,847	1	0,017
24	0,013	0,025	0,474	0,013	0,025	0,474	0,847	1	0,017
25	0,047	0,095	0,560	0,047	0,095	0,559	0,999	3	0,052
26	0,082	0,164	0,558	0,082	0,163	0,555	0,997	5	0,087
27	0,116	0,233	0,555	0,115	0,232	0,552	0,991	7	0,122
28	0,150	0,300	0,552	0,148	0,297	0,546	0,986	9	0,157
29	0,183	0,366	0,549	0,180	0,360	0,539	0,981	11	0,192
30	0,215	0,430	0,545	0,210	0,420	0,532	0,973	13	0,227
31	0,253	0,506	0,539	0,238	0,477	0,508	0,990	15	0,262
32	0,276	0,552	0,534	0,265	0,530	0,512	0,953	17	0,297
33	0,295	0,590	0,528	0,281	0,562	0,503	0,938	19	0,332
34	0,329	0,633	0,520	0,309	0,595	0,488	0,928	21	0,367
35	0,354	0,572	0,512	0,328	0,530	0,475	0,914	23	0,401
36	0,377	0,505	0,503	0,344	0,461	0,460	0,899	25	0,436
37	0,397	0,440	0,494	0,357	0,396	0,445	0,882	27	0,471
38	0,416	0,378	0,484	0,368	0,335	0,429	0,864	29	0,506
39	0,432	0,319	0,473	0,376	0,277	0,411	0,845	31	0,541
40	0,450	0,265	0,466	0,380	0,224	0,394	0,832	33	0,576
41	0,457	0,210	0,450	0,381	0,175	0,376	0,804	35	0,611
42	0,461	0,160	0,434	0,379	0,132	0,357	0,775	37	0,646
43	0,471	0,115	0,424	0,376	0,092	0,338	0,757	39	0,681
44	0,477	0,073	0,411	0,371	0,057	0,319	0,733	41	0,716
45	0,480	0,035	0,396	0,364	0,027	0,300	0,706	43	0,750
46	0,240	0,004	0,194	0,173	0,003	0,140	0,346	45	0,785

2.1.3.2 Zatížení větrem

Veškeré zatížení větrem jsem na konstrukci zadával ve směru Z vůči LSS (lokální souřadný systém). Při stanovování součinitelů vnějších tlaků $C_{pe,10}(I)$ jsem pro získání žádoucích hodnot interpoloval.

Vstupní údaje:

Město:	Praha
Větrná oblast:	II.
	> $v_b = 25$ [m/s]
Výška oblouku:	$h_0 = 8670$ [mm]
Výška podpůrné kce.:	$h_p = 875$ [mm]
Rozpětí oblouku:	$b_0 = 39830$ [mm]
Délka konstrukce:	$d_2 = 44180$ [mm]
¼ délky oblouku:	$s = 11173$ [mm]
Kategorie terénu:	III.
	> $k_r = 0,22$ [-]
	> $z_0 = 300$ [mm]
	> $z_{min} = 5000$ [mm]
	> $C_0 = 1,00$ [-]
Sklon střechy:	$\alpha_p = 0-45$ [°]
Referenční výška:	$z_e = 9545$ [mm]
Součinitel drsnosti:	$C_r = k_r \cdot \ln(z_e/z_0)$ $C_r = 0,22 \cdot \ln(9,545/0,300)$ $C_r = 0,761$ [-]
Součinitel expozice:	$C_e = (1 + (7 / (C_0 \cdot \ln(z_e/z_0)))) \cdot (C_0 \cdot C_r)^2$ $C_e = (1 + (7 / (1,00 \cdot \ln(9,545/0,300)))) \cdot (1,00 \cdot 0,761)^2$ $C_e = 1,764$ [-]
Základní tlak větru:	$q_{ref} = (v_b^2 \cdot \rho) / 2$ $q_{ref} = (25^2 \cdot 1,25) / 2$ $q_{ref} = 390,6$ [Pa]



OBRÁZEK Č.27: Schéma k určení referenční výšky z_e (sportoviště)

PŘÍČNÝ VÍTR (oblouk):

Poměr výšky h_p ku délce kce.: $I_1 = h_p/b_0$

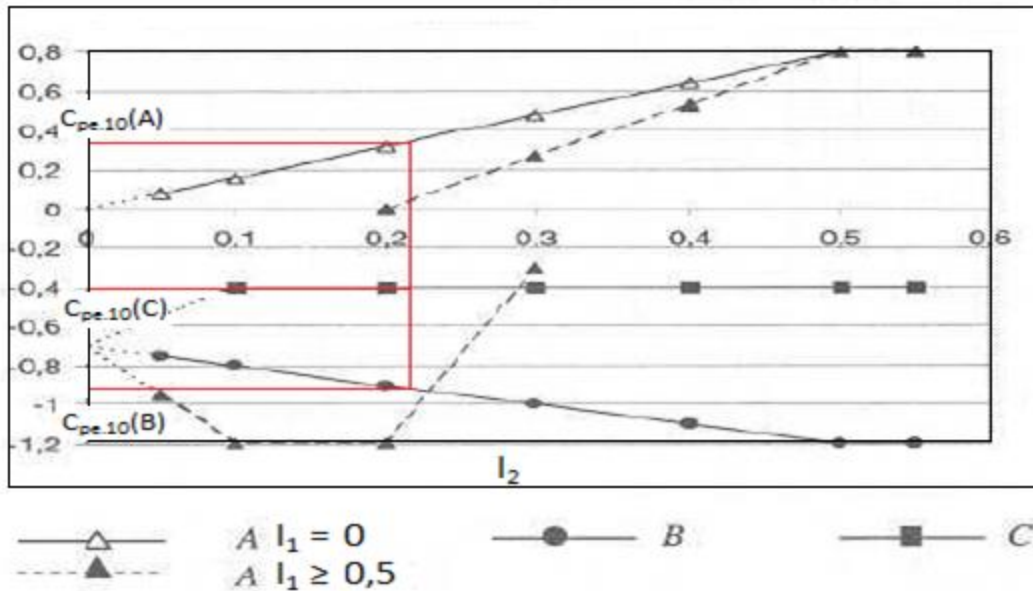
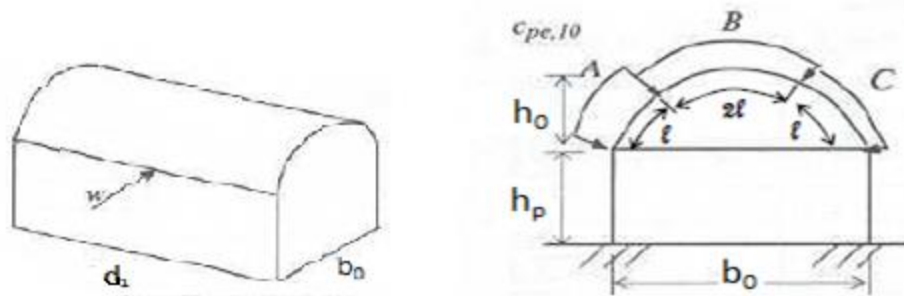
$$I_1 = 875/39830$$

$$I_1 = 0,022 \quad [-]$$

Poměr výšky h_o ku délce kce.: $I_2 = h_o/b_0$

$$I_2 = 8670/39830$$

$$I_2 = 0,218 \quad [-]$$



OBRÁZEK Č.28: Graf a schéma ke stanovení hodnot $C_{pe,10}(I)$ pro obloukové střechy

Souč. vněj. tlaku $C_{pe,10}(I)$: $C_{pe,10}(A) = 0,350 \quad [-]$

$$C_{pe,10}(B) = (-0,930) \quad [-]$$

$$C_{pe,10}(C) = (-0,400) \quad [-]$$

Výpočet souč. vněj. tlaku: $q_p(I) = C_e \cdot q_{ref} \cdot C_{pe,10}(I)$

$$q_p(A) = 1,764 \cdot 0,391 \cdot 0,350$$

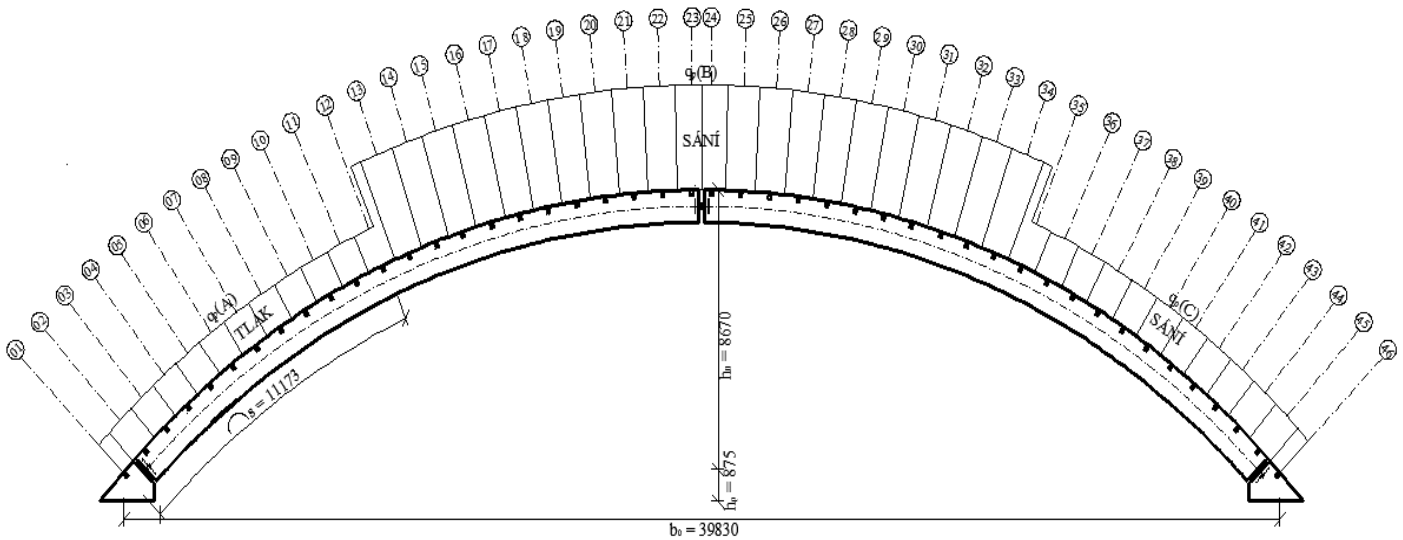
$$q_p(A) = 0,242 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$$

$$q_p(B) = 1,764 \cdot 0,391 \cdot (-0,930)$$

$$q_p(B) = (-0,642) \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

$$q_p(C) = 1,764 \cdot 0,391 \cdot (-0,400)$$

$$q_p(C) = (-0,276) \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$



OBRÁZEK Č.29: Zatížení obloukové střechy příčným větrem (sportoviště)

TABULKA Č.35: Charakteristické zatížení obloukové střechy příčným větrem (sportoviště)

CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ PŘÍČNÝM VĚTREM				
VAZNICE Č	qv, vaznice (svislá složka LSS)	qv, plášť (svislá složka LSS)	ZAT. ŠÍŘKA	SKLON
	[kN/m]	[kN/m ²]	[m]	[°]
01	0,121	0,242	0,500	45
02-11	0,242	0,242	1,000	43-25
12	-0,042	-0,042	1,000	23
13-22	-0,642	-0,642	1,000	21-3
23-24	-0,543	-0,642	0,846	1
25-34	-0,642	-0,642	1,000	3-21
35	-0,398	-0,398	1,000	23
36-45	-0,276	-0,276	1,000	25-43
46	-0,138	-0,276	0,500	45

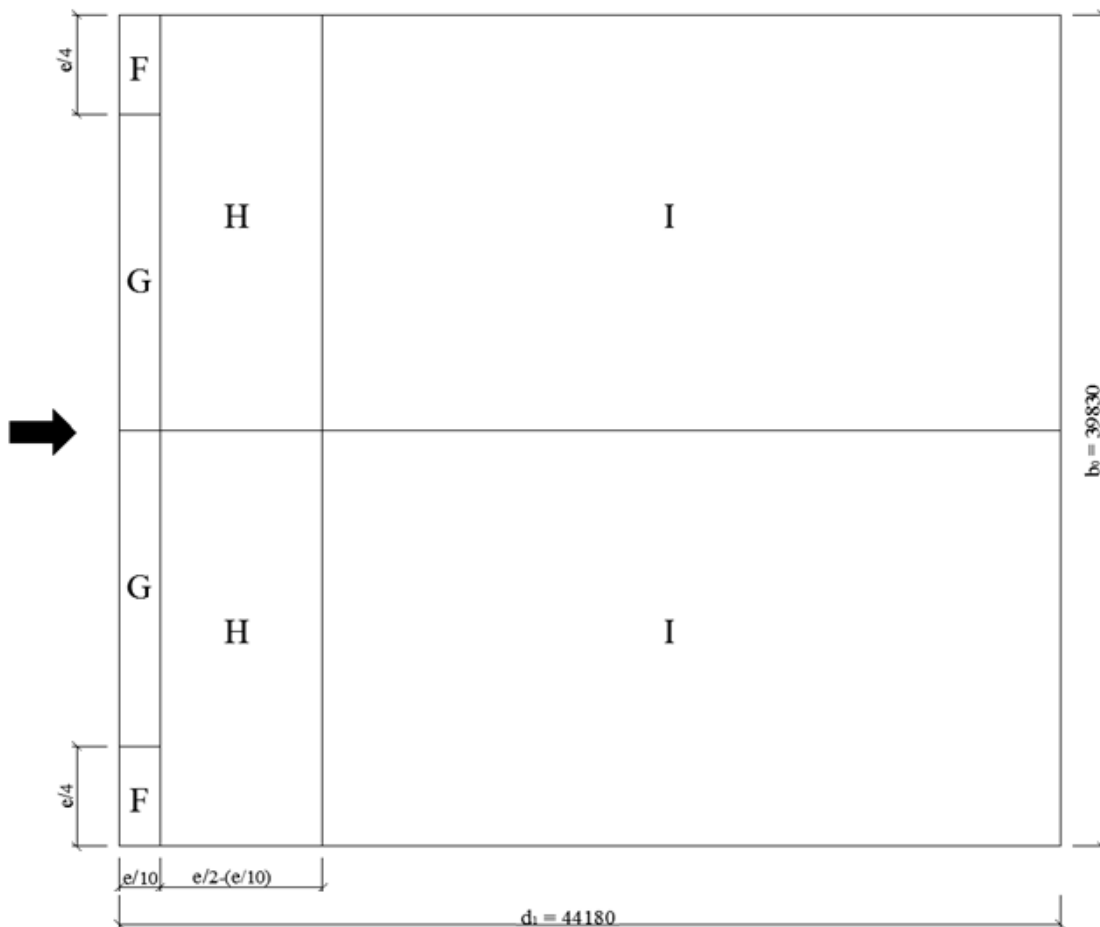
PODÉLNÝ VÍTR (oblouk):

Dělicí rozměr:

$$e = \min(b_0, 2 \cdot z_e)$$

$$e = \min(39830, 2 \cdot 9545)$$

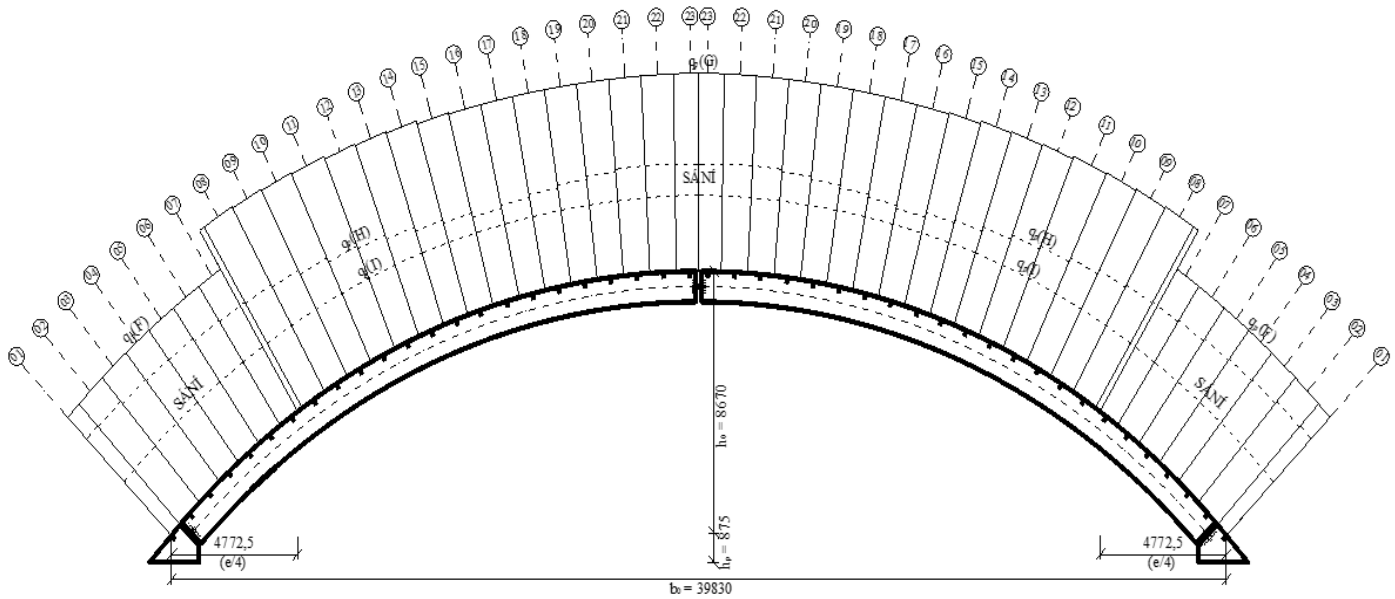
$$e = 19090 \text{ mm}$$



OBRÁZEK Č.30: Schéma působení podélného větru na obloukovou střechu (sportoviště)

úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,5	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	

TABULKA Č.36: Stanovení C_{pe} pro podélný vítr působící na střechu (sportoviště)



OBRÁZEK Č.31: Zatížení obloukové střechy podélným větrem (sportoviště)

TABULKA Č.37: Charakteristické zatížení obloukové střechy podélným větrem (sportoviště)

CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ PODÉLNÝM VĚTREM														
VÁLZNICE Č.	OBLAST F			OBLAST G			OBLAST H			OBLAST I			ZAT. ŠÍŘKA [m]	SKLON [°]
	$C_{pe,1}(F)$ [-]	q_{vznice} [kN/m]	$q_{pláň}$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}(G)$ [-]	q_{vznice} [kN/m]	$q_{pláň}$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}(H)$ [-]	q_{vznice} [kN/m]	$q_{pláň}$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}(I)$ [-]	q_{vznice} [kN/m]	$q_{pláň}$ [kN/m ²]		
01	-1,10	-0,379	-0,759				-0,90	-0,310	-0,621	-0,50	-0,172	-0,345	0,500	45
02	-1,10	-0,759	-0,759				-0,89	-0,614	-0,614	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	43
03	-1,10	-0,759	-0,759				-0,87	-0,600	-0,600	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	41
04	-1,10	-0,759	-0,759				-0,86	-0,593	-0,593	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	39
05	-1,10	-0,759	-0,759				-0,85	-0,586	-0,586	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	37
06	-1,10	-0,759	-0,759				-0,83	-0,572	-0,572	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	35
07	-1,10	-0,759	-0,759				-0,82	-0,566	-0,566	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	33
08				-1,40	-0,966	-0,966	-0,81	-0,559	-0,559	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	31
09				-1,39	-0,961	-0,961	-0,79	-0,545	-0,545	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	29
10				-1,38	-0,952	-0,952	-0,76	-0,524	-0,524	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	27
11				-1,37	-0,945	-0,945	-0,73	-0,503	-0,503	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	25
12				-1,35	-0,931	-0,931	-0,71	-0,490	-0,490	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	23
13				-1,34	-0,924	-0,924	-0,68	-0,469	-0,469	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	21
14				-1,33	-0,917	-0,917	-0,65	-0,448	-0,448	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	19
15				-1,31	-0,904	-0,904	-0,63	-0,435	-0,435	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	17
16				-1,30	-0,897	-0,897	-0,60	-0,414	-0,414	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	15
17				-1,30	-0,897	-0,897	-0,62	-0,428	-0,428	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	13
18				-1,30	-0,897	-0,897	-0,64	-0,441	-0,441	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	11
19				-1,30	-0,897	-0,897	-0,66	-0,455	-0,455	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	9
20				-1,30	-0,897	-0,897	-0,68	-0,469	-0,469	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	7
21				-1,30	-0,897	-0,897	-0,70	-0,483	-0,483	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	5
22				-1,30	-0,897	-0,897	-0,70	-0,483	-0,483	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	3
23				-1,30	-0,759	-0,897	-0,70	-0,408	-0,483	-0,50	-0,292	-0,345	0,846	1
24				-1,30	-0,759	-0,897	-0,70	-0,408	-0,483	-0,50	-0,292	-0,345	0,846	1
25				-1,30	-0,897	-0,897	-0,70	-0,483	-0,483	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	3
26				-1,30	-0,897	-0,897	-0,70	-0,483	-0,483	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	5
27				-1,30	-0,897	-0,897	-0,68	-0,469	-0,469	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	7
28				-1,30	-0,897	-0,897	-0,66	-0,455	-0,455	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	9
29				-1,30	-0,897	-0,897	-0,64	-0,441	-0,441	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	11
30				-1,30	-0,897	-0,897	-0,62	-0,428	-0,428	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	13

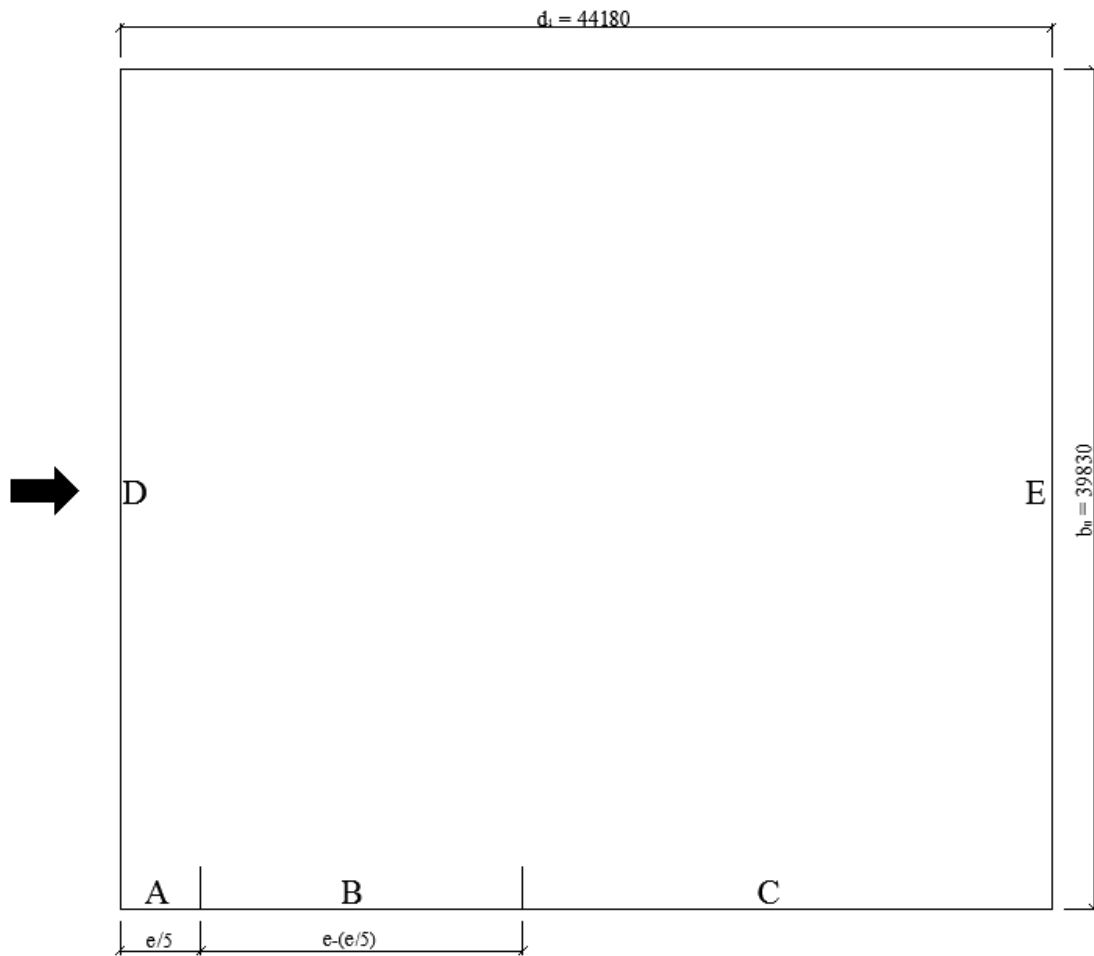
CHARAKTERISTICKÉ ZATÍŽENÍ PODÉLNÝM VĚTREM														
VÁZNICE [°]	OBLAST F			OBLAST G			OBLAST H			OBLAST I			ZAT. ŠÍŘKA [m]	SKLON [°]
	$C_{pe,1}(F)$ [-]	q_{vanice} [kN/m]	$q_{\text{pláň}}$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}(G)$ [-]	q_{vanice} [kN/m]	$q_{\text{pláň}}$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}(H)$ [-]	q_{vanice} [kN/m]	$q_{\text{pláň}}$ [kN/m ²]	$C_{pe,10}(I)$ [-]	q_{vanice} [kN/m]	$q_{\text{pláň}}$ [kN/m ²]		
31				-1,30	-0,897	-0,897	-0,60	-0,414	-0,414	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	15
32				-1,31	-0,904	-0,904	-0,63	-0,435	-0,435	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	17
33				-1,33	-0,917	-0,917	-0,65	-0,448	-0,448	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	19
34				-1,34	-0,924	-0,924	-0,68	-0,469	-0,469	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	21
35				-1,35	-0,931	-0,931	-0,71	-0,490	-0,490	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	23
36				-1,37	-0,945	-0,945	-0,73	-0,503	-0,503	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	25
37				-1,38	-0,952	-0,952	-0,76	-0,524	-0,524	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	27
38				-1,39	-0,959	-0,959	-0,79	-0,545	-0,545	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	29
39				-1,40	-0,966	-0,966	-0,81	-0,559	-0,559	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	31
40	-1,10	-0,759	-0,759				-0,82	-0,566	-0,566	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	33
41	-1,10	-0,759	-0,759				-0,83	-0,572	-0,572	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	35
42	-1,10	-0,759	-0,759				-0,85	-0,586	-0,586	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	37
43	-1,10	-0,759	-0,759				-0,86	-0,593	-0,593	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	39
44	-1,10	-0,759	-0,759				-0,87	-0,600	-0,600	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	41
45	-1,10	-0,759	-0,759				-0,89	-0,614	-0,614	-0,50	-0,345	-0,345	1,000	43
46	-1,10	-0,379	-0,759				-0,90	-0,310	-0,621	-0,50	-0,172	-0,345	0,500	45

PODÉLNÝ VÍTR (štitové stěny):

Dělicí rozměr: $e = \min(b_0, 2 \cdot z_e)$
 $e = \min(39830, 2 \cdot 9545)$
 $e = 19090 \text{ mm}$

Poměr výšky ku délce kce.: $I = z_e / b_0$
 $I = 9545 / 39830$
 $I = 0,24$

Výpočet souč. vněj. tlaku: $q_p(I) = C_e \cdot q_{ref} \cdot C_{pe,10}(I)$
 $q_p(D) = 1,764 \cdot 0,391 \cdot 0,700$
 $q_p(D) = 0,483 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$
 $q_p(E) = 1,764 \cdot 0,391 \cdot (-0,300)$
 $q_p(E) = -0,207 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$



OBRÁZEK Č.32: Schéma působení podélného větru na štitové stěny (sportoviště)

TABULKA Č.38: Stanovení C_{pe} pro podélný vítr působící na štitové stěny (sportoviště)

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

2.3 Kombinace zatížení

Kombinace jsem se snažil sestavit tak, abych vystihl co možná nejnepříznivější stav, který by mohl během životnosti na konstrukci nastat a to jak z hlediska únosnosti, tak i použitelnosti. Celkem jsem vytvořil 48 kombinací.

2.3.1 Zatěžovací stavy

Veškerá zatížení jsou vložena na prutové prvky statického modelu konstrukce jako liniová, případně bodová. Všechna plošná zatížení jsem přepočtl na liniová s odpovídající zatěžovací šířkou. Celkem jsem sestavil 9 zatěžovacích stavů.

TABULKA Č.39: Seznam zatěžovacích stavů

VÝPIS ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ			
OZN.	OBSAH ZAT. STAVŮ	TYP PŮSOBENÍ	DOBA TRVÁNÍ
Z.S.G ₁	vl.tíha nosných prvků(A+B)	stálé	dlouhodobé
Z.S.G ₂	vl.tíha pláště(A+B)	stálé	dlouhodobé
Z.S.U	užitné zatížení(A+B)	proměnné	krátkodobé
Z.S.S ₁	sníh I.(A) + sníh I.(B)	proměnné	krátkodobé
Z.S.S ₂	sníh I.(A) + sníh II.(B)	proměnné	krátkodobé
Z.S.S ₃	sníh I.(A) + sníh III.(B)	proměnné	krátkodobé
Z.S.V ₁	vítr příčný(A+B)	proměnné	krátkodobé
Z.S.V ₂	vítr podélný(A+B) severní	proměnné	krátkodobé
Z.S.V ₃	vítr podélný(A+B) jižní	proměnné	krátkodobé

2.3.2 Kombinace pro MSÚ

Při sestavování kombinací pro MSU jsem vycházel z ČSN EN 1990. Konkrétně z rovnice pro trvalé a dočasné návrhové situace - $\Sigma Y_g \cdot G_{ki} + Y_q \cdot Q_{k1} + \Sigma(\Psi_{0i} \cdot Q_{ki})$. Součinitel Ψ_{0i} je pro zatížení větrem 0,6 a pro zatížení užitečné a zatížení sněhem 0,7. Součinitel spolehlivosti Y_g pro stálá zatížení 1,35(1,00) a Y_q pro proměnné zatížení 1,50(0,00). Celkem jsem sestavil 24 kombinací (MSU01 –MSU24). Jednotlivé konstrukční prvky (vaznice, vazníky, sloupy...) jsem posuzoval z hlediska mezního stavu únosnosti na základě obálky max. vnitřních sil.

TABULKA Č.40: Seznam kombinací pro MSÚ

MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI									
SKUPINA KOMBINACE	Č.K.	$G_{1,2}$	U	V_1	V_2	V_3	S_1	S_2	S_3
A - $Y_g(G_1+G_2)+Y_q \cdot (S_i+\Psi_{02} \cdot V_i+\Psi_{03} \cdot U_i)$ (dominantní je zatížení sněhem)	01	1,35	0,90	0,90			1,50		
	02	1,35	0,90		0,90		1,50		
	03	1,35	0,90			0,90	1,50		
	04	1,35	0,90	0,90				1,50	
	05	1,35	0,90		0,90			1,50	
	06	1,35	0,90			0,90		1,50	
	07	1,35	0,90	0,90					1,50
	08	1,35	0,90		0,90				1,50
	09	1,35	0,90			0,90			1,50
B - $Y_g(G_1+G_2)+Y_q \cdot (V_i+\Psi_{01} \cdot S_i+\Psi_{03} \cdot U_i)$ (dominantní je zatížení větrem)	10	1,35	0,90	1,50			1,05		
	11	1,35	0,90	1,50				1,05	
	12	1,35	0,90	1,50					1,05
	13	1,35	0,90		1,50		1,05		
	14	1,35	0,90		1,50			1,05	
	15	1,35	0,90		1,50				1,05
	16	1,35	0,90			1,50	1,05		
	17	1,35	0,90			1,50		1,05	
	18	1,35	0,90			1,50			1,05
C - $Y_g(G_1+G_2)+Y_q \cdot (S_i+\Psi_{03} \cdot U_i)$ (bez zatížení větrem, dominantní je zatížení sněhem)	19	1,35	0,90				1,50		
	20	1,35	0,90					1,50	
	21	1,35	0,90						1,50
D - $(G_1+G_2)+Y_q \cdot (V_i)$ (bez zatížení sněhem a zatížení užitečného)	22	1,00		1,50					
	23	1,00			1,50				
	24	1,00				1,50			

2.3.3 Kombinace pro MSP

Při sestavování kombinací pro MSP jsem vycházel z ČSN EN 1990. Konkrétně z charakteristické rovnice pro trvalé změny - $\Sigma G_{ki} + Q_{k1} + \Sigma(\Psi_{0i} \cdot Q_{ki})$. Součinitel Ψ_{0i} je pro zatížení větrem 0,6 a pro zatížení užitečné a zatížení sněhem 0,7. Celkem jsem sestavil 24 kombinací (MSP01 –MSP24). Jednotlivé konstrukční prvky (vaznice, vazníky, sloupky...) jsem posuzoval z hlediska mezního stavu použitelnosti na základě obálky max. deformací.

TABULKA Č.41: Seznam kombinací pro MSP

MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI									
SKUPINA KOMBINACE	Č.K.	G _{1,2}	U	V ₁	V ₂	V ₃	S ₁	S ₂	S ₃
A - $(G_1+G_2)+(S_i+\Psi_{02}\cdot V_i+\Psi_{03}\cdot U_i)$ (dominantní je zatížení sněhem)	01	1,00	0,70	0,60			1,00		
	02	1,00	0,70		0,60		1,00		
	03	1,00	0,70			0,60	1,00		
	04	1,00	0,70	0,60					1,00
	05	1,00	0,70		0,60				1,00
	06	1,00	0,70			0,60		1,00	
	07	1,00	0,70	0,60					1,00
	08	1,00	0,70		0,60				1,00
	09	1,00	0,70			0,60			1,00
B - $(G_1+G_2)+(V_i+\Psi_{01}\cdot S_i+\Psi_{03}\cdot U_i)$ (dominantní je zatížení větrem)	10	1,00	0,70	1,00			0,70		
	11	1,00	0,70	1,00				0,70	
	12	1,00	0,70	1,00					0,70
	13	1,00	0,70		1,00		0,70		
	14	1,00	0,70		1,00			0,70	
	15	1,00	0,70		1,00				0,70
	16	1,00	0,70			1,00	0,70		
	17	1,00	0,70			1,00		0,70	
	18	1,00	0,70			1,00			0,70
C - $(G_1+G_2)+(S_i+\Psi_{03}\cdot U_i)$ (bez zatížení větrem, dominantní je zatížení sněhem)	19	1,00	0,70				1,00		
	20	1,00	0,70					1,00	
	21	1,00	0,70						1,00
D - $(G_1+G_2)+(V_i)$ (bez zatížení sněhem a zatížení užitečného)	22	1,00		1,00					
	23	1,00			1,00				
	24	1,00				1,00			

3. NÁVRH A POSOUZENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Ve statickém výpočtu jsou délky prvků myšlené k průřezům střednic bez uvažování hran. Reálné délky jsou uvedeny v části diplomové práce B – TECHNICKÁ ZPRÁVA, nebo v části C – ZÁVĚREČNÉ LISTY.

3.1 Celek A - zázemí

3.1.1 Pultový vazník

3.1.1.1 Pultový vazník – statický model a návrh průřezu

Pultový vazník jsem v programu namodeloval v místech napojení na sloupy jako kloubově uložený. V kloubech je zamezeno posunům u_x , u_y , u_z a zároveň je umožněno natočení f_{iy} , f_{iz} . Jedná se o pultový nosník se sklonem $2,5^\circ$. Výška průřezu je v nejnižším bodě $0,48$ m a v bodě nejvyšším $1,10$ m. Tento vazník je použit ve dvou délkách. V krajích dosahuje délky $13,15$ m, kde je podepřen 6 sloupy. V poli měří $14,15$ m, kde je podepřen jen 2 sloupy. Šířka těchto nosníků je $0,18$ m. Pultové vazníky jsou od sebe osově vzdáleny $3,96$ m.

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$\begin{aligned} b &= 180 & [\text{mm}] \\ h_s &= 480 & [\text{mm}] \\ h_{ap} &= 1100 & [\text{mm}] \end{aligned}$$

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 09, $x_1=8,15$ m)

$$M_{Ed,y} = 221,89 \quad [\text{kNm}]$$

$$\begin{aligned} 1 &\geq (6 \cdot M_{Ed,y} / (b \cdot h_{x1}^2) / f_{m,d} \cdot K_{m,z}) \\ 1 &\geq ((6 \cdot 221890000 / (180 \cdot h_{x1}^2)) / 17,28 \cdot 0,9) \\ h_{x1} &\geq 689,7 \quad [\text{mm}] > h_{x1} = 836,65 \text{ mm vyhovuje} \end{aligned}$$

Vnitřní síly: (prvek 6, kombinace: MSU – 09, $x_2=2,15$ m)

$$V_{Ed,z} = -72,40 \quad [\text{kN}]$$

$$\begin{aligned} 1 &\geq (f_{v,d} / (1,5 \cdot V_{Ed,z} / b_{eff} \cdot h_{x2})) \\ 1 &\geq (1,94 / (1,5 \cdot 72400 / 180 \cdot h_{x2} \cdot 0,67)) \\ h_{x2} &\geq 464,2 \quad [\text{mm}] > h_{x2} = 574,10 \text{ mm vyhovuje} \end{aligned}$$

3.1.1.2 Pultový vazník – materiálové charakteristiky

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL 24h
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{mod} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{def} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,25 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{m,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$

Char. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,k}$	=	24,00	[MPa]
Návr. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,d}$	=	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	
	$f_{c,0,d}$	=	$(0,9 \cdot 24) / 1,25$	
	$f_{c,0,d}$	=	17,28	[MPa]
Char. pevnost v tlaku kol. k vláknem:	$f_{c,90,k}$	=	2,70	[MPa]
Návr. pevnost v tlaku kol. k vláknem:	$f_{c,90,d}$	=	$k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$	
	$f_{c,90,d}$	=	$(0,9 \cdot 2,7) / 1,25$	
	$f_{c,90,d}$	=	1,94	[MPa]
Char. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,k}$	=	16,50	[MPa]
Návr. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,d}$	=	$k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$	
	$f_{t,0,d}$	=	$(0,9 \cdot 16,5) / 1,25$	
	$f_{t,0,d}$	=	11,88	[MPa]
Char. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,k}$	=	0,40	[MPa]
Návr. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,d}$	=	$k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$	
	$f_{t,90,d}$	=	$(0,9 \cdot 0,40) / 1,25$	
	$f_{t,90,d}$	=	0,288	[MPa]
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k}$	=	2,70	[MPa]
Návr. pevnost ve smyku:	$f_{v,d}$	=	$k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$	
	$f_{v,d}$	=	$(0,9 \cdot 2,7) / 1,25$	
	$f_{v,d}$	=	1,94	[MPa]
Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05}$	=	9,40	[GPa]

3.1.1.3 Pultový vazník – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	b	=	0,180	[m]
Výška průřezu:	h	=	0,48-1,10	[m]
Tloušťka lamel:	t	=	0,04	[m]
Rozpětí:	L	=	14,150	[m]
Osová vzdálenost:	l_v	=	3,960	[m]
Úhel proměnného průřezu:	α	=	2,5	[°]

3.1.1.4 Pultový vazník – posouzení MSU

Jelikož má pultový vazník proměnný průřez, převislý konec a je navíc nerovnoměrně zatížen (neplatí $X_{crit} = L / (1 + h_{ap} / h_s)$), nestačí jeho únosnost posoudit pouze v jednom bodě. Proto jsem každým vazníkem vedl 14 řezů. Poté jsem si ve výsledcích ze Scii dohledal odpovídající $M_{Ed,y,i}$, $V_{Ed,z,i}$ a $N_{Ed,i}$. U posudku jsem pak uvažoval vždy ten řez, kde moment $M_{Ed,y,i}$ dosahuje maximální hodnoty. Pro názornou ukázkou zde uvádím postup výpočtu v místě $x_1 = 8,15$ m (pole), kde je nosník namáhán největším ohybovým momentem a v místě $x_2 = 2,15$ m (levá podpora), kde dochází k rozhodujícímu smyku. Zbylé řezy jsem posoudil za pomoci Excelu.

TABULKA Č.42: Obálka vnitřních sil – pultový vazník (zázemí)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
vazník (zázemí)8	P12 - OBDEL	4,150	MSU - 13	-12,10	-2,07	38,73	74,12	-2,06
vazník (zázemí)2	P11 - OBDEL	3,550	MSU - 18	5,70	2,80	-9,35	-3,23	-1,36
vazník (zázemí)2	P11 - OBDEL	9,150	MSU - 13	-5,75	-4,58	2,79	0,82	-3,62
vazník (zázemí)3	P11 - OBDEL	9,150	MSU - 13	-5,87	4,58	2,77	0,80	3,62
vazník (zázemí)4	P12 - OBDEL	14,150	MSU - 18	-1,33	1,00	-75,84	-1,52	0,87
vazník (zázemí)6	P12 - OBDEL	2,150	MSU - 09	1,15	-0,14	72,40	-28,48	0,23
vazník (zázemí)5	P12 - OBDEL	2,150	MSU - 09	0,31	-0,25	72,15	-28,72	0,33
vazník (zázemí)4	P12 - OBDEL	8,150	MSU - 09	-0,68	0,39	-3,50	221,89	0,01
vazník (zázemí)2	P11 - OBDEL	11,150	MSU - 13	1,02	-4,24	7,88	0,68	-5,65
vazník (zázemí)3	P11 - OBDEL	11,150	MSU - 13	0,96	4,21	7,89	0,65	5,62

Posouzení klopení v místě x_1 :

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 12,000 \text{ [m]}$$

$$l_{cr,z} = 1,000 \text{ [m]} > \text{horní (tlačená) část vazníku je držena vaznicemi}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}) / (h_{x1} \cdot 0,9 \cdot l_{cr,z})$$

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 \cdot 180^2 \cdot 9400) / (836,65 \cdot 0,9 \cdot 1000)$$

$$\sigma_{m,crit} = 315,487 \text{ [MPa]}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = ((f_{m,k})^{1/3}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/3})$$

$$\lambda_{rel,m} = ((24)^{1/3}) / ((315,487)^{1/3})$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,276 \text{ [-]} \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopit nebude)}$$

Posouzení smyku v místě x_2 :

Vnitřní síly: (prvek 6, kombinace: MSU – 09, $x_2=2,15$ m)

$$V_{Ed,z} = -72,40 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\tau_{v,d} = (3 \cdot V_{Ed,z}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A)$$

$$\tau_{v,d} = (3 \cdot 72400) / (2 \cdot 0,67 \cdot 103320)$$

$$\tau_{v,d} = 1,57 \text{ [MPa]}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$1,56 \leq 1,94 \text{ [kN]} \quad \text{průřez } 180/574 \text{ [mm]} \text{ na smyk vyhovuje (80,6\%)}$$

Posouzení napětí v ohybu v místě x_1 :

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 09, $x_1=8,15$ m)

$$M_{Ed,y} = 221,89 \text{ [kNm]}$$

Součinitel $k_{m,\alpha}$:

$$k_{m,\alpha} = 1 / (1 + (f_{m,d} / 1,5 \cdot f_{v,d} \cdot \text{tg} \alpha)^2 + (f_{m,d} / f_{c,90,d} \cdot \text{tg} \alpha)^2)^{0,5}$$

$$k_{m,\alpha} = 1 / (1 + ((17,28 / 1,5 \cdot 1,94) \cdot \text{tg} 2,5)^2 + ((17,28 / 1,94) \cdot \text{tg} 2,5)^2)^{0,5}$$

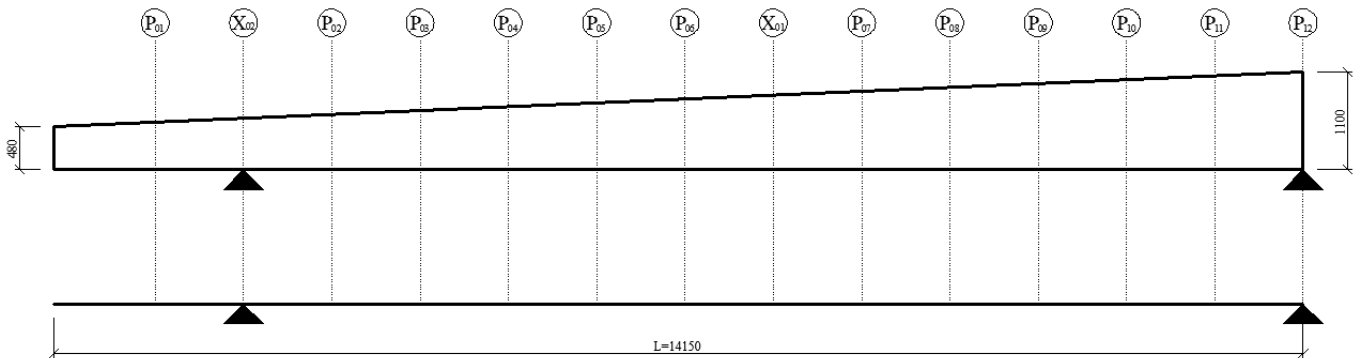
$$k_{m,\alpha} = 0,96 \text{ [-]}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h_x^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot 221890000) / 180 \cdot 836^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= 10,58 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &\leq f_{m,d} \cdot k_{m,z} \\ \sigma_{m,y,d} &\leq 17,28 \cdot 0,96 \\ 10,58 &\leq 16,59 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 180/836 [mm] na ohyb vyhovuje (63,7\%)}\end{aligned}$$



OBRÁZEK Č.33: Vedení řezů u pultového vazníku (zázemí)

TABULKA Č.43: Posouzení ohybu a smyku – pultový vazník (zázemí)

OZN. ŘEZU	X _i [mm]	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kN/m]	V _{Ed,z} [kN]	b _i [mm]	h _i [mm]	A _i [mm ²]	VAZ.Č.	KOMB.	POSOUZENÍ OHYBU			POSOUZENÍ SMYKU		
										σ _{m,y,d} [MPa]	f _{m,d} · k _{m,z} [MPa]	VYUŽ. [%]	τ _{v,d} [MPa]	f _{v,d} [MPa]	VYUŽ. [%]
P ₀₁	1150	-0,16	-7,39	-7,49	180	530	95458	07	18	0,88	16,59	5,3	0,18	1,94	9,1
X ₀₂	2150	0,31	-28,72	72,15	180	574	103335	05	09	2,90	16,59	17,5	1,56	1,94	80,6
P ₀₂	3150	0,41	53,50	70,87	180	618	111212	04	09	4,67	16,59	28,2	1,43	1,94	73,5
P ₀₃	4150	-0,48	112,10	58,53	180	662	119089	04	09	8,54	16,59	51,5	1,10	1,94	56,7
P ₀₄	5150	-0,34	158,26	45,95	180	705	126966	04	09	10,60	16,59	63,9	0,81	1,94	41,8
P ₀₅	6150	-0,41	191,97	33,51	180	749	134843	04	09	11,40	16,59	68,7	0,56	1,94	28,7
P ₀₆	7150	-0,01	207,82	10,14	180	793	142720	06	09	11,02	16,59	66,4	0,16	1,94	8,2
X ₀₁	8150	-0,68	221,89	-3,50	180	837	150597	04	09	10,57	16,59	63,7	0,05	1,94	2,7
P ₀₇	9150	-0,87	214,45	-15,08	180	880	158474	04	18	9,22	16,59	55,6	0,21	1,94	11,0
P ₀₈	10150	-0,76	201,73	-28,77	180	924	166351	04	09	7,87	16,59	47,5	0,39	1,94	20,0
P ₀₉	11150	-0,82	172,68	-41,39	180	968	174228	04	09	6,14	16,59	37,0	0,53	1,94	27,4
P ₁₀	12150	-1,17	131,43	-57,35	180	1012	182104	04	18	4,28	16,59	25,8	0,71	1,94	36,3
P ₁₁	13150	0,39	74,26	-57,3	180	1055	189981	07	18	2,22	16,59	13,4	0,68	1,94	34,8
P ₁₂	14150	-0,44	0,00	-75,84	180	1100	198000	04	18	0,00	16,59	0,0	0,86	1,94	44,2

3.1.1.5 Obloukový vazník – posouzení MSP

TABULKA Č.44: Obálka posunů – pultový vazník (zázemí)

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]
vazník (zázemí)7	0,000	MSP - 17	-4,6	0,0	12,9
vazník (zázemí)6	8,150	MSP - 14	14,4	0,0	-19,2
vazník (zázemí)3	8,150	MSP - 22	0,0	-3,2	-0,1
vazník (zázemí)2	10,150	MSP - 14	0,3	2,2	-0,1
vazník (zázemí)4	7,483	MSP - 03	-0,9	0,2	-27,6
vazník (zázemí)9	0,000	MSP - 09	-1,7	-0,1	14,9

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 04, kombinace: MSP – 03)

$$\begin{aligned} W_{inst,g} &= 14,10 \quad [\text{mm}] \\ W_{inst,s} &= 6,60 \quad [\text{mm}] \\ W_{inst,v} &= 2,70 \quad [\text{mm}] \\ W_{inst,u} &= 4,20 \quad [\text{mm}] \end{aligned}$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$\begin{aligned} W_{inst,c} &= W_{inst,g} + W_{inst,s} + W_{inst,v} + W_{inst,u} \\ W_{inst,c} &= 14,10 + 6,60 + 2,70 + 4,20 \\ W_{inst,c} &= 27,60 \quad [\text{mm}] \end{aligned}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$\begin{aligned} W_{inst,c} &\leq L/250 \\ 27,60 &\leq 14150/250 \\ 27,60 &\leq 56,60 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez } 180/(480-1100) \quad [\text{mm}] \text{ na okamžitý průhyb vyhovuje (48,8\%)} \end{aligned}$$

Konečný průhyb

Hodnoty průhybů po dotvarování: (prvek 04, kombinace: MSP – 03)

$$\begin{aligned} W_{fin,g} &= W_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) \\ W_{fin,g} &= 14,10 \cdot (1 + 0,8) \\ W_{fin,g} &= 25,38 \quad [\text{mm}] \\ W_{fin,s} &= W_{inst,s} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \\ W_{fin,s} &= 6,60 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ W_{fin,s} &= 6,60 \quad [\text{mm}] \\ W_{fin,v} &= W_{inst,v} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \\ W_{fin,v} &= 2,70 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ W_{fin,v} &= 2,70 \quad [\text{mm}] \\ W_{fin,u} &= W_{inst,u} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \\ W_{fin,u} &= 4,20 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ W_{fin,u} &= 4,20 \quad [\text{mm}] \end{aligned}$$

Celkový průhyb po dotvarování:

$$\begin{aligned} W_{fin,c} &= W_{fin,g} + W_{fin,s} + W_{fin,v} + W_{fin,u} \\ W_{fin,c} &= 25,38 + 6,60 + 2,70 + 4,20 \\ W_{fin,c} &= 38,88 \quad [\text{mm}] \end{aligned}$$

Posouzení celkového průhybu po dotvarování:

$$\begin{aligned} W_{fin,c} &\leq L/200 \\ 38,88 &\leq 14150/200 \\ 38,88 &\leq 70,75 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez } 180/(480-1100) \quad [\text{mm}] \text{ na průhyb po dot. vyhovuje (54,9\%)} \end{aligned}$$

3.1.2 Vaznice

3.1.2.1 Vaznice – statický model a návrh průřezu

Vaznice jsem v programu namodeloval na obou stranách jako kloubově uložené. V kloubech je zamezeno posunům u_x , u_y , u_z a zároveň je umožněno natočení f_y . Horní hrana těchto vaznic kopíruje horní hrana vazníku. Jsou natočeny o $2,5^\circ$ a dosahují délky 3,96 m. Vaznice jsou také dvojího typu. A to vaznice, na kterých jsou přichycena ocelová táhla (0,14/0,22 m) a vaznice běžné (0,14/0,20 m). Osová

vzdálenost mezi vaznicemi je v běžném poli 1,00 m. Kroucení krajních vaznic jsem neposuzoval, vzhledem k menším zatěžovacím šířkám předpokládám, že vyhoví.

Vnitřní síly: (prvek 85, kombinace: MSU – 18)

$$M_{Ed,y} = 9,59 \text{ [kNm]}$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$\begin{aligned} h &\geq L/25 && \text{(empirický vzorec)} \\ h &\geq 3960/25 \\ h &\geq 158,4 \text{ [mm]} &> \text{volím } h = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 &\geq (6 \cdot M_{Ed} / (b \cdot h^2) / f_{m,d}) \\ 1 &\geq ((6 \cdot 9590000 / (b \cdot 200^2)) / 16,61) \\ b &\geq 86,6 \text{ [mm]} > \text{volím } b = 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.1.2.2 Vaznice – materiálové charakteristiky

Materiál:	rostlé dřevo C24
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{mod} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{def} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,30 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \text{ [MPa]}$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24,00) / 1,30$
	$f_{m,d} = 16,61 \text{ [MPa]}$
Char. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,k} = 21,00 \text{ [MPa]}$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 21,00) / 1,30$
	$f_{c,0,d} = 14,53 \text{ [MPa]}$
Char. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,k} = 14,00 \text{ [MPa]}$
Návr. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 14,00) / 1,30$
	$f_{t,0,d} = 9,69 \text{ [MPa]}$
Char. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,k} = 0,40 \text{ [MPa]}$
Návr. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$
	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,30$
	$f_{t,90,d} = 0,276 \text{ [MPa]}$
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 4,00 \text{ [MPa]}$
Návr. pevnost ve smyku:	$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 4,00) / 1,30$
	$f_{v,d} = 2,76 \text{ [MPa]}$
Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05} = 7,40 \text{ [GPa]}$
Modul pružnosti (stř.h.90°)	$E_{90,m} = 0,37 \text{ [GPa]}$

3.1.2.3 Vaznice – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	$b = 0,140 \text{ [m]}$
Výška průřezu:	$h = 0,200 \text{ [m]}$

Plocha průřezu:	A	=	0,028	[m ²]
Moment setrvačnosti k ose Y:	I _y	=	0,0000933	[m ⁴]
Moment setrvačnosti k ose Z:	I _z	=	0,0000457	[m ⁴]
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	i _y	=	0,058	[m]
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	i _z	=	0,040	[m]
Pružný průřezový modul k ose Y:	W _{el,y}	=	0,000933	[m ³]
Pružný průřezový modul k ose Z:	W _{el,z}	=	0,000653	[m ³]
Osová vzdálenost vaznic:	l _v	=	1,000	[m]
Úhel natočení vaznic:	α	=	2,5	[°]

3.1.2.4 Vaznice – posouzení MSU

TABULKA Č.45: Obálka vnitřních sil – vaznice (zázemi)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
vaznice (zázemi)42	P19 - OBDEL	0,000	MSU - 09	-5,86	0,00	5,04	-3,24	0,00
vaznice (zázemi)74	P19 - OBDEL	3,960	MSU - 22	2,34	-0,05	0,49	0,00	-0,10
vaznice (zázemi)78	P19 - OBDEL	2,640	MSU - 13	-0,13	-0,88	-1,90	4,43	-0,65
vaznice (zázemi)9	P19 - OBDEL	1,320	MSU - 13	-0,13	0,88	1,90	4,43	-0,66
vaznice (zázemi)3	P19 - OBDEL	3,960	MSU - 18	-0,26	-0,50	-9,24	-0,01	-1,09
vaznice (zázemi)85	P19 - OBDEL	0,000	MSU - 18	-0,26	0,50	9,24	-0,01	-1,08
vaznice (zázemi)42	P19 - OBDEL	3,960	MSU - 09	-5,86	0,00	-5,04	-3,24	0,00
vaznice (zázemi)85	P19 - OBDEL	1,980	MSU - 18	-0,34	0,57	0,45	9,59	0,02
vaznice (zázemi)9	P19 - OBDEL	0,000	MSU - 13	-0,09	0,88	4,80	0,00	-1,82
vaznice (zázemi)9	P19 - OBDEL	3,960	MSU - 13	-0,15	0,88	-4,81	0,00	1,68

Posouzení vzpěrného tlaku

Vnitřní síly: (prvek 42, kombinace: MSU – 09)

$$N_{Ed} = -5,86 \text{ [kN]}$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 3,960 \text{ [m]}$$

$$l_{cr,z} = 1,000 \text{ [m]}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = l_{cr,y}/i_y$$

$$\lambda_y = 3,960/0,058$$

$$\lambda_y = 68,28 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = l_{cr,z}/i_z$$

$$\lambda_z = 1,000/0,040$$

$$\lambda_z = 25,00 \text{ [-]}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = (68,28 \cdot (21)^{1/3}) / (\pi \cdot (7400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,158 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = (25,00 \cdot (21)^{1/3}) / (\pi \cdot (7400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = 0,424 \text{ [-]}$$

Součinitel k:

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$\begin{aligned}
 k_y &= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,158 - 0,3) + 1,158^2) \\
 k_y &= 1,26 \quad [-] \\
 k_z &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \\
 k_z &= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,424 - 0,3) + 0,424^2) \\
 k_z &= 0,60 \quad [-]
 \end{aligned}$$

Součinitel vzpěru k_c :

$$\begin{aligned}
 k_{c,y} &= 1 / ((k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2}) \\
 k_{c,y} &= 1 / ((1,26 + (1,26^2 - 1,158^2)^{1/2}) \\
 k_{c,y} &= 0,569 \quad [-] \\
 k_{c,z} &= 1 / ((k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2}) \\
 k_{c,z} &= 1 / ((0,60 + (0,60^2 - 0,424^2)^{1/2}) \\
 k_{c,z} &= 0,976 \quad [-]
 \end{aligned}$$

Kritické napětí:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}) / (h \cdot 0,9 \cdot I_{cr,y}) \\
 \sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot 140^2 \cdot 7400) / (200 \cdot 0,9 \cdot 3960) \\
 \sigma_{m,crit} &= 158,714 \quad [\text{MPa}]
 \end{aligned}$$

Poměrná štíhlost:

$$\begin{aligned}
 \lambda_{rel,m} &= ((f_{m,k})^{1/2}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/2}) \\
 \lambda_{rel,m} &= ((24)^{1/2}) / ((158,714)^{1/2}) \\
 \lambda_{rel,m} &= 0,389 \quad [-] \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopat nebude)}
 \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d} &= N_{Ed} / A \\
 \sigma_{c,0,d} &= 5860 / 28000 \\
 \sigma_{c,0,d} &= 0,209 \quad [\text{MPa}]
 \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} \\
 0,209 &\leq 0,569 \cdot 14,53 \\
 0,209 &\leq 8,27 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (2,5\%)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} \\
 0,209 &\leq 0,976 \cdot 14,53 \\
 0,209 &\leq 14,18 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (1,4\%)}
 \end{aligned}$$

Posouzení smyku

Vnitřní síly: (prvek 85, kombinace: MSU – 18)

$$V_{Ed,z} = 9,24 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\begin{aligned}
 \tau_{v,d} &= (3 \cdot V_{Ed,z}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A) \\
 \tau_{v,d} &= (3 \cdot 9240) / (2 \cdot 0,67 \cdot 28000) \\
 \tau_{v,d} &= 0,74 \quad [\text{MPa}]
 \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\begin{aligned}
 \tau_{v,d} &\leq f_{v,d} \\
 0,74 &\leq 2,76 \quad [\text{kN}] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na smyk vyhovuje (26,8\%)}
 \end{aligned}$$

Posouzení napětí v ohybu

Vnitřní síly: (prvek 85, kombinace: MSU – 18)

$$M_{Ed,y} = 9,59 \text{ [kNm]}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot 9590000) / 140 \cdot 200^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= 10,28 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &\leq f_{m,d} \\ 10,28 &\leq 16,61 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 140/200 [mm] na ohyb vyhovuje (61,9\%)}\end{aligned}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

Vnitřní síly: (prvek 85, kombinace: MSU – 18)

$$\begin{aligned}N_{Ed} &= -0,34 \text{ [kN]} \\ M_{Ed,y} &= 9,59 \text{ [kNm]} \\ M_{Ed,z} &= 0,02 \text{ [kNm]}\end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= N_{Ed} / A \\ \sigma_{c,0,d} &= 340 / 28000 \\ \sigma_{c,0,d} &= 0,012 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot 9590000) / 140 \cdot 200^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= 10,280 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d} &= (6 \cdot M_{Ed,z}) / b^2 \cdot h \\ \sigma_{m,z,d} &= (6 \cdot 20000) / 140^2 \cdot 200 \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,031 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 1

$$\begin{aligned}1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,012 / 0,569 \cdot 14,53) + (10,280 / 16,61) + 0,7 \cdot (0,031 / 16,61) \\ 1,00 &\geq 0,622 \text{ [-]} \quad \text{průřez 140/200 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (62,2\%)}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 2

$$\begin{aligned}1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,012 / 0,976 \cdot 14,53) + 0,7 \cdot (10,280 / 16,61) + (0,031 / 16,61) \\ 1,00 &\geq 0,436 \text{ [-]} \quad \text{průřez 140/200 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (43,6\%)}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku s vlivem klopení

$$\begin{aligned}1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d}^2 / (k_{crit} \cdot f_{m,z,d}^2)) \\ 1,00 &\geq (0,012 / 0,480 \cdot 14,53) + ((10,28)^2 / (1,0 \cdot 16,61)^2) \\ 1,00 &\geq 0,385 \text{ [-]} \quad \text{průřez 140/200 [mm] na k. ohybu a tlaku s klop. vyhovuje (38,5\%)}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 1

$$\begin{aligned}1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,012 / 16,61)^2 + (10,28 / 16,61) + 0,7 \cdot (0,031 / 16,61)\end{aligned}$$

$$1,00 \geq 0,620 \quad [-] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (62,0\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (0,012/16,61)^2 + 0,7 \cdot (10,28/16,61) + (0,031/16,61)$$

$$1,00 \geq 0,435 \quad [-] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (43,5\%)}$$

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = 2,34 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A$$

$$\sigma_{t,0,d} = 2340/28000$$

$$\sigma_{t,0,d} = 0,084 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$0,084 \leq 9,69 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na tah vyhovuje (0,9\%)}$$

3.1.2.5 Vaznice – posouzení MSP

TABULKA Č.46: Obálka posunů – vaznice (zázemí)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	uz [mm]
vaznice (zázemí)85	2,640	MSP - 10	-0,6	-3,4
vaznice (zázemí)13	1,320	MSP - 13	0,6	-5,2
vaznice (zázemí)85	1,980	MSP - 16	-0,2	-10,6
vaznice (zázemí)26	1,980	MSP - 23	0,0	0,5

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 85, kombinace: MSP – 16)

$$W_{ins,g} = 3,20 \quad [\text{mm}]$$

$$W_{ins,s} = 1,18 \quad [\text{mm}]$$

$$W_{ins,v} = 3,70 \quad [\text{mm}]$$

$$W_{ins,u} = 2,52 \quad [\text{mm}]$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$W_{ins,c} = W_{ins,g} + W_{ins,s} + W_{ins,v} + W_{ins,u}$$

$$W_{ins,c} = 3,20 + 1,18 + 3,70 + 2,52$$

$$W_{ins,c} = 10,60 \quad [\text{mm}]$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq L/250$$

$$10,60 \leq 3960/250$$

$$10,60 \leq 15,84 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez 140/200 [mm] na okamžitý průhyb vyhovuje (66,9\%)}$$

Konečný průhyb

Hodnoty průhybů po dotvarování: (prvek 85, kombinace: MSP – 16)

$$W_{fin,g} = W_{inst,g} \cdot (1 + k_{def})$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{fin,g}} &= 3,20 \cdot (1+0,8) \\
 W_{\text{fin,g}} &= 5,76 \quad [\text{mm}] \\
 W_{\text{fin,s}} &= W_{\text{inst,s}} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\
 W_{\text{fin,s}} &= 1,18 \cdot (1+0 \cdot 0,8) \\
 W_{\text{fin,s}} &= 1,18 \quad [\text{mm}] \\
 W_{\text{fin,v}} &= W_{\text{inst,v}} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\
 W_{\text{fin,v}} &= 3,70 \cdot (1+0 \cdot 0,8) \\
 W_{\text{fin,v}} &= 3,70 \quad [\text{mm}] \\
 W_{\text{fin,u}} &= W_{\text{inst,u}} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\
 W_{\text{fin,u}} &= 2,52 \cdot (1+0 \cdot 0,8) \\
 W_{\text{fin,u}} &= 2,52 \quad [\text{mm}]
 \end{aligned}$$

Celkový průhyb po dotvarování:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{fin,c}} &= W_{\text{fin,g}} + W_{\text{fin,s}} + W_{\text{fin,v}} + W_{\text{fin,u}} \\
 W_{\text{fin,c}} &= 5,76 + 1,18 + 3,70 + 2,52 \\
 W_{\text{fin,c}} &= 13,16 \quad [\text{mm}]
 \end{aligned}$$

Posouzení celkového průhybu po dotvarování:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{fin,c}} &\leq L/200 \\
 13,16 &\leq 3960/200 \\
 13,16 &\leq 19,80 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez } 140/200 \text{ [mm] na průhyb po dotvarování vyhovuje (66,5\%)}
 \end{aligned}$$

3.1.3 Sloup

3.1.3.1 Sloup – statický model a návrh průřezu

Sloupy v zázemí jsem v programu namodeloval v patě i ve vrcholu jako kloubově uložené se zamezením posunů u_x , u_y , u_z a s umožněním natočení f_y , f_z . Výška všech sloupů je 3,63 m. Sloupy jsou také 2 typů. První typ sloupů (0,18/0,18 m) v osové vzdálenosti 3,96 m tvoří vždy krajní podpory pod pultovými vazníky. Druhý typ sloupů (0,18/0,12 m) se nachází v poli pod krajními vazníky v osové vzdálenosti 2,40 m.

Vnitřní síly: (prvek 11, kombinace: MSU – 06)

$$N_{\text{Ed}} = -127,30 \quad [\text{kN}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$\begin{aligned}
 b &= 180 \quad [\text{mm}] \\
 1 &\geq ((N_{\text{Ed}}/b \cdot h)/k_c \cdot f_{c,o,d}) \\
 1 &\geq ((127300/180 \cdot h)/0,5 \cdot 17,28) \\
 h &\geq 81,85 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } h = 180 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.1.3.2 Sloup – materiálové charakteristiky

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL 24h
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{\text{mod}} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{\text{def}} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,25 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$

Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{m,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tlaku rov. s vlák.:	$f_{c,0,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vlák.:	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{c,0,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu rov. s vlák.:	$f_{t,0,k} = 16,50 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu rov. s vlák.:	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 16,5) / 1,25$
	$f_{t,0,d} = 11,88 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu kol. k vlák.:	$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu kol. k vlák.:	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$
	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,25$
	$f_{t,90,d} = 0,288 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 2,70 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost ve smyku:	$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 2,7) / 1,25$
	$f_{v,d} = 1,94 \quad [\text{MPa}]$
Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05} = 9,40 \quad [\text{GPa}]$
Modul pružnosti (stř.h.90°)	$E_{90,m} = 0,39 \quad [\text{GPa}]$

3.1.3.3 Sloup – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	$b = 0,180 \quad [\text{m}]$
Výška průřezu:	$h = 0,180 \quad [\text{m}]$
Plocha průřezu:	$A = 0,0324 \quad [\text{m}^2]$
Moment setrvačnosti k ose Y:	$I_y = 0,0000874 [\text{m}^4]$
Moment setrvačnosti k ose Z:	$I_z = 0,0000874 [\text{m}^4]$
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	$i_y = 0,052 \quad [\text{m}]$
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	$i_z = 0,052 \quad [\text{m}]$
Pružný průřezový modul k ose Y:	$W_{el,y} = 0,000972 \quad [\text{m}^3]$
Pružný průřezový modul k ose Z:	$W_{el,z} = 0,000972 \quad [\text{m}^3]$

3.1.3.4 Sloup – posouzení MSU

TABULKA Č.47: Obálka vnitřních sil – sloup(zázemí)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
obvodový sloup (zázemí)11	P5 - OBDEL	0,000	MSU - 06	-127,30	1,21	0,05	0,00	0,00
obvodový sloup (zázemí)15	P5 - OBDEL	3,630	MSU - 23	13,72	0,77	0,84	0,00	0,00
obvodový sloup (zázemí)14	P5 - OBDEL	3,630	MSU - 10	-51,51	-4,82	0,38	0,00	0,00
obvodový sloup (zázemí)14	P5 - OBDEL	0,000	MSU - 10	-70,62	4,88	-0,08	0,00	0,00
obvodový sloup (zázemí)18	P5 - OBDEL	3,630	MSU - 10	-8,53	0,02	-2,35	0,00	0,00
obvodový sloup (zázemí)18	P5 - OBDEL	0,000	MSU - 10	-22,04	0,04	2,39	0,00	0,00
obvodový sloup (zázemí)18	P5 - OBDEL	1,528	MSU - 18	-24,86	-0,03	-0,28	-1,58	-0,01
obvodový sloup (zázemí)17	P5 - OBDEL	1,528	MSU - 11	-17,38	-0,03	0,36	2,11	0,02
obvodový sloup (zázemí)6	P5 - OBDEL	1,815	MSU - 10	-46,07	0,02	0,02	-0,04	-4,39
obvodový sloup (zázemí)14	P5 - OBDEL	1,815	MSU - 10	-61,70	-0,04	0,03	-0,04	4,47

Posouzení vzpěrného tlaku

Vnitřní síly: (prvek 11, kombinace: MSU – 06)

$$N_{Ed} = -127,30 \text{ [kN]}$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 2,675 \text{ [m]} \quad (\text{vzpěrná délka zkrácena paždíkem})$$

$$l_{cr,z} = 3,630 \text{ [m]}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = l_{cr,y}/i_y$$

$$\lambda_y = 2,675/0,052$$

$$\lambda_y = 51,44 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = l_{cr,z}/i_z$$

$$\lambda_z = 3,630/0,052$$

$$\lambda_z = 69,81 \text{ [-]}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = (51,44 \cdot (24)^{1/3}) / (\pi \cdot (9400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = 0,827 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = (69,81 \cdot (24)^{1/3}) / (\pi \cdot (9400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = 1,123 \text{ [-]}$$

Součinitel k:

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,827 - 0,3)) + 0,827^2$$

$$k_y = 0,868 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,123 - 0,3)) + 1,123^2$$

$$k_z = 1,172 \text{ [-]}$$

Součinitel vzpěru k_c :

$$k_{c,y} = 1 / ((k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,y} = 1 / ((0,868 + (0,868^2 - 0,827^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,y} = 0,940 \text{ [-]}$$

$$k_{c,z} = 1 / ((k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,z} = 1 / ((1,172 + (1,172^2 - 1,123^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,z} = 0,663 \text{ [-]}$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 \cdot h^2 \cdot E_{0,05}) / (b \cdot 0,9 \cdot l_{cr,z})$$

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 \cdot 180^2 \cdot 9400) / (180 \cdot 0,9 \cdot 3630)$$

$$\sigma_{m,crit} = 403,9 \text{ [MPa]}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = ((f_{m,k})^{1/3}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,m} = ((24)^{1/3}) / ((403,9)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,243 \text{ [-]} \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopat nebude)}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A$$

$$\sigma_{c,0,d} = 127300 / 32400$$

$$\sigma_{c,0,d} = 3,929 \text{ [MPa]}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}$$

$$3,929 \leq 0,663 \cdot 17,28$$

$$3,929 \leq 11,457 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (34,3\%)}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}$$

$$3,929 \leq 0,940 \cdot 17,28$$

$$3,929 \leq 16,243 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (24,2\%)}$$

Posouzení smyku

Vnitřní síly: (prvek 14, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed,y} = 4,88 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\tau_{v,d} = (3 \cdot V_{Ed,y}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A)$$

$$\tau_{v,d} = (3 \cdot 4880) / (2 \cdot 0,67 \cdot 32400)$$

$$\tau_{v,d} = 0,34 \text{ [MPa]}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,34 \leq 1,94 \text{ [kN]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na smyk vyhovuje (17,5\%)}$$

Posouzení napětí v ohybu

Vnitřní síly: (prvek 12, kombinace: MSU – 16)

$$M_{Ed,z} = 4,47 \text{ [kNm]}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot M_{Ed,z}) / (b^2 \cdot h)$$

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot 4470000) / (180^2 \cdot 180)$$

$$\sigma_{m,z,d} = 4,60 \text{ [MPa]}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,d}$$

$$4,60 \leq 17,28 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na ohyb vyhovuje (26,6\%)}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

Vnitřní síly: (prvek 14, kombinace: MSU – 10)

$$N_{Ed} = -61,70 \text{ [kN]}$$

$$M_{Ed,y} = -0,04 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Ed,z} = 4,47 \text{ [kNm]}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A$$

$$\sigma_{c,0,d} = 61700 / 32400$$

$$\sigma_{c,0,d} = 1,904 \text{ [MPa]}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = (6 \cdot M_{Ed,y}) / (b \cdot h^2)$$

$$\sigma_{m,y,d} = (6 \cdot 40000) / 180 \cdot 180^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,042 \text{ [MPa]}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot M_{Ed,z}) / b^2 \cdot h$$

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot 4470000) / 180^2 \cdot 180$$

$$\sigma_{m,z,d} = 4,599 \text{ [MPa]}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 1

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,904 / 0,940 \cdot 17,28) + (0,042 / 17,28) + 0,7 \cdot (4,599 / 17,28)$$

$$1,00 \geq 0,306 \text{ [-]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (30,6\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,904 / 0,663 \cdot 17,28) + 0,7 \cdot (0,042 / 17,28) + (4,599 / 17,28)$$

$$1,00 \geq 0,434 \text{ [-]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (43,4\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 1

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,904 / 17,28)^2 + (0,042 / 17,28) + 0,7 \cdot (4,599 / 17,28)$$

$$1,00 \geq 0,201 \text{ [-]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (20,8\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,904 / 17,28)^2 + 0,7 \cdot (0,042 / 17,28) + (4,599 / 17,28)$$

$$1,00 \geq 0,280 \text{ [-]} \quad \text{průřez 180/180 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (28,0\%)}$$

3.1.3.5 Sloup – posouzení MSP

TABULKA Č.48: Obálka posunů – sloup (zázemí)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	uz [mm]
obvodový sloup (zázemí)14	1,815	MSP - 10	-4,1	0,0
obvodový sloup (zázemí)6	1,815	MSP - 10	4,1	0,0
obvodový sloup (zázemí)17	3,630	MSP - 22	0,0	-6,6
obvodový sloup (zázemí)20	3,630	MSP - 13	0,0	3,6

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 17, kombinace: MSP – 22)

$$W_{inst,g} = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,s} = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,v} = 6,60 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,u} = 0,00 \text{ [mm]}$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$W_{inst,c} = W_{inst,g} + W_{inst,s} + W_{inst,v} + W_{inst,u}$$

$$W_{inst,c} = 0,00 + 0,00 + 6,60 + 0,00$$

$$W_{inst,c} = 6,60 \text{ [mm]}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq L / 250$$

$$6,60 \leq 3630/250$$

$$6,60 \leq 14,52 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez } 180/180 \text{ [mm] na okamžitý průhyb vyhovuje (45,5\%)}$$

3.1.4 Paždík

3.1.4.1 Paždík – statický model a návrh průřezu

Paždíky jsem v programu namodeloval po obou stranách kloubově uložené se zamezením posunů u_x , u_y , u_z a s umožněním natočení φ_y . Jednotlivé paždíky jsou od sebe osově vzdáleny 1,72 m a jejich délka je 2,40 m v podélném směru a 3,96 m v příčném směru.

Paždíky zajišťují prostorovou tuhost obvodových stěn a zkracují vzpěrné délky sloupů.

Vnitřní síly: (prvek 30, kombinace: MSU – 13)

$$M_{Ed,y} = 2,41 \quad [\text{kNm}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$h \geq L/25 \quad (\text{empirický vzorec})$$

$$h \geq 3960/25$$

$$h \geq 158,4 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } h = 120 \text{ mm}$$

$$1 \geq (6 \cdot M_{Ed,y} / (b \cdot h^2) / f_{m,d})$$

$$1 \geq (6 \cdot 2410000 / (b \cdot 120^2)) / 16,61$$

$$b \geq 60,5 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } b = 120 \text{ mm}$$

3.1.4.2 Paždík – materiálové charakteristiky

Materiál:	rostlé dřevo C24
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{mod} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{def} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,30 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24,00) / 1,30$
	$f_{m,d} = 16,61 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,k} = 21,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 21,00) / 1,30$
	$f_{c,0,d} = 14,53 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,k} = 14,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 14,00) / 1,30$
	$f_{t,0,d} = 9,69 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$
	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,30$
	$f_{t,90,d} = 0,276 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 4,00 \quad [\text{MPa}]$

Návr. pevnost ve smyku	$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 4,00) / 1,30$
	$f_{v,d} = 2,76$ [MPa]
Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05} = 7,40$ [GPa]
Modul pružnosti (stř.h.90°)	$E_{90,m} = 0,37$ [GPa]

3.1.4.3 Paždík – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	$b = 0,120$ [m]
Výška průřezu:	$h = 0,120$ [m]
Plocha průřezu:	$A = 0,0144$ [m ²]
Moment setrvačnosti k ose Y:	$I_y = 0,0000172$ [m ⁴]
Moment setrvačnosti k ose Z:	$I_z = 0,0000172$ [m ⁴]
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	$i_y = 0,035$ [m]
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	$i_z = 0,035$ [m]
Pružný průřezový modul k ose Y:	$W_{el,y} = 0,000288$ [m ³]
Pružný průřezový modul k ose Z:	$W_{el,z} = 0,000288$ [m ³]

3.1.4.4 Paždík – posouzení MSU

TABULKA Č.49: Obálka vnitřních sil – paždík (zázemí)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
paždík (zázemí)25	P6 - OBDEL	2,400	MSU - 23	-2,65	0,01	-0,02	0,00	0,07
paždík (zázemí)25	P6 - OBDEL	1,200	MSU - 10	4,22	0,11	0,05	-0,02	-0,02
paždík (zázemí)19	P6 - OBDEL	2,400	MSU - 22	0,26	-0,14	-0,02	0,00	-0,17
paždík (zázemí)25	P6 - OBDEL	0,000	MSU - 22	0,29	0,13	0,02	0,00	-0,15
paždík (zázemí)30	P6 - OBDEL	3,960	MSU - 13	-2,46	-0,01	-1,97	0,00	-0,04
paždík (zázemí)30	P6 - OBDEL	0,000	MSU - 13	-2,46	-0,01	1,97	0,00	0,01
paždík (zázemí)30	P6 - OBDEL	1,980	MSU - 22	-0,36	0,00	0,00	-0,66	-0,01
paždík (zázemí)30	P6 - OBDEL	1,980	MSU - 13	-2,50	-0,01	0,45	2,41	-0,02
paždík (zázemí)36	P6 - OBDEL	0,000	MSU - 13	2,43	0,10	0,55	0,00	-0,19
paždík (zázemí)26	P6 - OBDEL	0,000	MSU - 23	2,41	-0,10	0,04	0,00	0,19

Posouzení smyku

Vnitřní síly: (prvek 30, kombinace: MSU – 13)

$$V_{Ed,z} = 1,97 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\begin{aligned} \tau_{v,d} &= (3 \cdot V_{Ed,z}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A) \\ \tau_{v,d} &= (3 \cdot 1970) / (2 \cdot 0,67 \cdot 14400) \\ \tau_{v,d} &= 0,31 \text{ [MPa]} \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\begin{aligned} \tau_{v,d} &\leq f_{v,d} \\ 0,31 &\leq 2,76 \text{ [kN]} \quad \text{průřez 120/120 [mm] na smyk vyhovuje (11,2\%)} \end{aligned}$$

Posouzení napětí v ohybu

Vnitřní síly: (prvek 30, kombinace: MSU – 13)

$$M_{Ed,y} = 2,41 \text{ [kNm]}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d} &= (6 \cdot M_{Ed,y})/b \cdot h^2 \\ \sigma_{m,z,d} &= (6 \cdot 2410000)/120 \cdot 120^2 \\ \sigma_{m,z,d} &= 8,37 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,z,d} &\leq f_{m,d} \\ 8,37 &\leq 16,61 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 120/120 [mm] na ohyb vyhovuje (50,4\%)}\end{aligned}$$

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 25, kombinace: MSU – 10)

$$N_{Ed} = 4,22 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &= N_{Ed}/A \\ \sigma_{t,0,d} &= 4220/14400 \\ \sigma_{t,0,d} &= 0,293 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\begin{aligned}\sigma_{t,0,d} &\leq f_{t,0,d} \\ 0,293 &\leq 9,69 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 120/120 [mm] na tah vyhovuje (3,0\%)}\end{aligned}$$

3.1.4.5 Paždík – posouzení MSP

TABULKA Č.50: Obálka posunů – Paždík (zázemí)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	uz [mm]
paždík (zázemí)36	3,960	MSP - 23	-5,6	0,0
paždík (zázemí)26	3,960	MSP - 23	5,6	0,0
paždík (zázemí)31	1,770	MSP - 05	-0,1	-14,3
paždík (zázemí)26	2,640	MSP - 02	1,8	0,0

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 31, kombinace: MSP – 05)

$$\begin{aligned}W_{inst,g} &= 1,10 \text{ [mm]} \\ W_{inst,s} &= 0,22 \text{ [mm]} \\ W_{inst,v} &= 12,63 \text{ [mm]} \\ W_{inst,u} &= 0,35 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$\begin{aligned}W_{inst,c} &= W_{inst,g} + W_{inst,s} + W_{inst,v} + W_{inst,u} \\ W_{inst,c} &= 1,10 + 0,22 + 12,63 + 0,35 \\ W_{inst,c} &= 14,30 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$\begin{aligned}W_{inst,c} &\leq L/250 \\ 14,30 &\leq 3960/250 \\ 14,30 &\leq 15,84 \text{ [mm]} \quad \text{průřez 120/120 [mm] na okamžitý průhyb vyhovuje (90,3\%)}\end{aligned}$$

Konečný průhyb

Hodnoty průhybů po dotvarování: (prvek 31, kombinace: MSP – 05)

$$W_{fin,g} = W_{inst,g} \cdot (1 + k_{def})$$

$$\begin{aligned}
 W_{fin,g} &= 1,10 \cdot (1+0,8) \\
 W_{fin,g} &= 1,98 \quad [\text{mm}] \\
 W_{fin,s} &= W_{inst,s} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{def}) \\
 W_{fin,s} &= 0,22 \cdot (1+0 \cdot 0,8) \\
 W_{fin,s} &= 0,22 \quad [\text{mm}] \\
 W_{fin,v} &= W_{inst,v} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{def}) \\
 W_{fin,v} &= 12,63 \cdot (1+0 \cdot 0,8) \\
 W_{fin,v} &= 12,63 \quad [\text{mm}] \\
 W_{fin,u} &= W_{inst,u} \cdot (1+\psi_2 \cdot k_{def}) \\
 W_{fin,u} &= 0,35 \cdot (1+0 \cdot 0,8) \\
 W_{fin,u} &= 0,35 \quad [\text{mm}]
 \end{aligned}$$

Celkový průhyb po dotvarování:

$$\begin{aligned}
 W_{fin,c} &= W_{fin,g} + W_{fin,s} + W_{fin,v} + W_{fin,u} \\
 W_{fin,c} &= 1,98 + 0,22 + 12,63 + 0,35 \\
 W_{fin,c} &= 15,18 \quad [\text{mm}]
 \end{aligned}$$

Posouzení celkového průhybu po dotvarování:

$$\begin{aligned}
 W_{fin,c} &\leq L/200 \\
 15,18 &\leq 3960/200 \\
 15,18 &\leq 19,80 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez } 120/120 \text{ [mm] na průhyb po dotvarování vyhovuje (48,4\%)}
 \end{aligned}$$

Z konstrukčních důvodů (kvůli uchycení desek obvodového pláště a minerální izolace) navrhuji pažďík průřezu 180/120 mm. 180 mm je rozměr ve směru hlavního namáhání, proto i bez výpočtu mohu říci, že průřez s rezervou vyhoví.

3.1.5 Střešní ztužidlo

3.1.5.1 Střešní ztužidlo – statický model a návrh průřezu

Střešní ztužidla jsem v programu namodeloval po obou stranách kloubově uložená se zamezením posunů u_x , u_y , u_z a s umožněním natočení f_y . Navrhnul jsem jednopramenná vinutá lana firmy Macalloy. Jedná se o konstrukční prvek, který působí jen v tahu a přenáší pouze osové síly. To jsem při modelování konstrukce zohlednil nastavením FEM typu – pouze osové síly a vložení nelinearity na prut – vyloučení tlaku. Jednotlivé lana jsem vložil v zavětrovacích polích mezi vaznice vždy do kříže přes 2 pole. Kontaktní vaznice (220/140), na kterých jsou lana v přípojkách zachycena, mají vzhledem k ostatním vaznicím (200/140) delší rozměr v ose Z o 20 mm. Délka jednotlivých střešních ztužidel je 4,436 m.

Vnitřní síly: (prvek 20, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = 10,15 \quad [\text{kN}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$\begin{aligned}
 1 &\geq (((\pi \cdot d^2)/4) \cdot f_y) / \gamma_{M0} / N_{Ed} \\
 1 &\geq (((\pi \cdot d^2)/4) \cdot 460) / 1,00 / 10150 \\
 d &\geq 5,30 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } d = 10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.1.5.2 Střešní ztužidlo – materiálové charakteristiky

Materiál:	nerezová ocel	
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_{M0} = 1,00$	[-]
Mez kluzu.:	$f_y = 0,460$	[GPa]

Mez pevnosti:	f_u	=	0,610	[GPa]
Modul pružnosti:	E	=	107	[GPa]

3.1.5.3 Střešní ztužidlo – průřezové a geometrické charakteristiky

Průměr průřezu:	d	=	0,0100	[m]
Plocha průřezu:	A	=	0,000078	[m ²]
Moment setrvačnosti k ose Y:	I_y	=	$4,80 \cdot 10^{-10}$	[m ⁴]
Moment setrvačnosti k ose Z:	I_z	=	$4,80 \cdot 10^{-10}$	[m ⁴]
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	i_y	=	0,002	[m]
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	i_z	=	0,002	[m]
Pružný průřezový modul k ose Y:	$W_{el,y}$	=	$9,61 \cdot 10^{-8}$	[m ³]
Pružný průřezový modul k ose Z:	$W_{el,z}$	=	$9,61 \cdot 10^{-8}$	[m ³]

3.1.5.4 Střešní ztužidlo – posouzení MSU

TABULKA Č.51: Obálka vnitřních sil – střešní ztužidlo (zázemí)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]
střešní ztužidla (zázemí)41	P3 - RD20	0,000	MSU - 13	0,00
střešní ztužidla (zázemí)20	P3 - RD20	0,000	MSU - 13	10,15

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 41, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = 10,15 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,d} &= (N_{Ed}/A)/\gamma_{M0} \\ \sigma_{t,d} &= (10150/78)/1,00 \\ \sigma_{t,d} &= 130,13 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,d} &\leq f_y \\ 130,13 &\leq 460,00 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průměr } d = 10 \text{ mm na tah vyhovuje (28,3\%)} \end{aligned}$$

3.1.5.5 Střešní ztužidlo – posouzení MSP

TABULKA Č.52: Obálka vnitřních sil – střešní ztužidlo (zázemí)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]
střešní ztužidla (zázemí)41	P3 - RD20	0,000	MSP - 13	0,00
střešní ztužidla (zázemí)20	P3 - RD20	0,000	MSP - 14	6,61

Okamžité protažení

Vnitřní síly: (prvek 20, kombinace: MSP – 14)

$$N_{Ed} = 6,61 \quad [\text{kN}]$$

Hodnota okamžitého protažení:

$$\begin{aligned} W_{inst,c} &= (N_{EK} \cdot L / E \cdot A) \\ W_{inst,c} &= (6,610 \cdot 4436 / 107 \cdot 78) \end{aligned}$$

$$W_{inst,c} = 3,51 \quad [\text{mm}]$$

Posouzení okamžitého protažení:

$$W_{inst,c} \leq L/500$$

$$3,51 \leq 4436/500$$

$$3,51 \leq 8,87 \quad [\text{mm}] \quad \text{průměr } d = 10 \text{ mm na okamžité protažení vyhovuje (39,6 \%)}$$

3.1.6 Stěnové ztužidlo

3.1.6.1 Stěnové ztužidlo – statický model a návrh průřezu

Stěnová ztužidla jsem v programu namodeloval po obou stranách kloubově uložená se zamezením posunů u_x , u_y , u_z a s umožněním natočení φ_y . Jelikož jsem chtěl, aby navržený konstrukční prvek byl schopen přenášet tahové i tlakové síly, navrhnul jsem stěnová ztužidla ze dřevěných hranolů. Jednotlivé pruty jsem vložil mezi krajní sloupy. Stěnová ztužidla mají délku 2,686 m a 2,176 m.

Vnitřní síly: (prvek 24, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = -13,06 \quad [\text{kN}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$h \geq L/25 \quad (\text{empirický vzorec})$$

$$h \geq 2686/25$$

$$h \geq 107,4 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } h = 120 \text{ mm}$$

$$1 \geq ((N_{Ed}/b \cdot h)/k_c \cdot f_{c,0,d})$$

$$1 \geq ((13060/b \cdot 120)/0,3 \cdot 14,53)$$

$$b \geq 24,9 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } b = 60 \text{ mm}$$

3.1.6.2 Stěnové ztužidlo – materiálové charakteristiky

Materiál:	rostlé dřevo C24
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{mod} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{def} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,30 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24,00) / 1,30$
	$f_{m,d} = 16,61 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,k} = 21,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 21,00) / 1,30$
	$f_{c,0,d} = 14,53 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,k} = 14,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 14,00) / 1,30$
	$f_{t,0,d} = 9,69 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$

	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,30$
	$f_{t,90,d} = 0,276 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 4,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost ve smyku	$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 4,00) / 1,30$
	$f_{v,d} = 2,76 \quad [\text{MPa}]$
Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05} = 7,40 \quad [\text{GPa}]$
Modul pružnosti (stř.h.90°)	$E_{90,m} = 0,37 \quad [\text{GPa}]$

3.1.6.3 Stěnové ztužidlo – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	$b = 0,060 \quad [\text{m}]$
Výška průřezu:	$h = 0,120 \quad [\text{m}]$
Plocha průřezu:	$A = 0,0072 \quad [\text{m}^2]$
Moment setrvačnosti k ose Y:	$I_y = 0,0000021 [\text{m}^4]$
Moment setrvačnosti k ose Z:	$I_z = 0,0000086 [\text{m}^4]$
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	$i_y = 0,017 \quad [\text{m}]$
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	$i_z = 0,035 \quad [\text{m}]$
Pružný průřezový modul k ose Y:	$W_{el,y} = 0,000072 \quad [\text{m}^3]$
Pružný průřezový modul k ose Z:	$W_{el,z} = 0,000144 \quad [\text{m}^3]$

3.1.6.4 Stěnové ztužidlo – posouzení MSU

TABULKA Č.53: Obálka vnitřních sil – stěnové ztužidlo (zázemí)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]
stěnová ztužidla (zázemí)24	P20 - OBDEL	2,176	MSU - 13	-13,06
stěnová ztužidla (zázemí)2	P20 - OBDEL	0,000	MSU - 23	10,19

Posouzení vzpěrného tlaku

Vnitřní síly: (prvek 24, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = -13,06 \quad [\text{kN}]$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 2,686 \quad [\text{m}]$$

$$l_{cr,z} = 2,686 \quad [\text{m}]$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = l_{cr,y} / i_y$$

$$\lambda_y = 2,686 / 0,017$$

$$\lambda_y = 158,00 \quad [-]$$

$$\lambda_z = l_{cr,z} / i_z$$

$$\lambda_z = 2,686 / 0,035$$

$$\lambda_z = 76,74 \quad [-]$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y \cdot (f_{c,0,k})^{1/2}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = (158,00 \cdot (21)^{1/2}) / (\pi \cdot (7400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = 2,679 \quad [-]$$

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z \cdot (f_{c,0,k})^{1/2}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = (76,74 \cdot (21)^{1/2}) / (\pi \cdot (7400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = 1,301 \quad [-]$$

Součinitel k:

$$\begin{aligned} k_y &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \\ k_y &= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (2,679 - 0,3) + 2,679^2) \\ k_y &= 4,32 \quad [-] \\ k_z &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \\ k_z &= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,301 - 0,3) + 1,301^2) \\ k_z &= 1,45 \quad [-] \end{aligned}$$

Součinitel vzpěru k_c:

$$\begin{aligned} k_{c,y} &= 1 / ((k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2}) \\ k_{c,y} &= 1 / ((4,32 + (4,32^2 - 2,679^2)^{1/2}) \\ k_{c,y} &= 0,130 \quad [-] \\ k_{c,z} &= 1 / ((k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2}) \\ k_{c,z} &= 1 / ((1,45 + (1,45^2 - 1,301^2)^{1/2}) \\ k_{c,z} &= 0,478 \quad [-] \end{aligned}$$

Kritické napětí:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}) / (h \cdot 0,9 \cdot l_{cr,y}) \\ \sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot 60^2 \cdot 7400) / (120 \cdot 0,9 \cdot 2686) \\ \sigma_{m,crit} &= 71,631 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Poměrná štíhlost:

$$\begin{aligned} \lambda_{rel,m} &= ((f_{m,k})^{1/2}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/2}) \\ \lambda_{rel,m} &= ((24)^{1/2}) / ((71,631)^{1/2}) \\ \lambda_{rel,m} &= 0,579 \quad [-] \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopit nebude)} \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &= N_{Ed} / A \\ \sigma_{c,0,d} &= 13060 / 7200 \\ \sigma_{c,0,d} &= 1,814 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} \\ 1,814 &\leq 0,130 \cdot 14,53 \\ 1,814 &\leq 1,889 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 60/120 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (96,0\%)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} \\ 1,814 &\leq 0,478 \cdot 14,53 \\ 1,814 &\leq 6,945 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 60/120 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (26,1\%)} \end{aligned}$$

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 2, kombinace: MSU – 23)

$$N_{Ed} = 10,19 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= N_{Ed} / A \\ \sigma_{t,0,d} &= 10190 / 7200 \\ \sigma_{t,0,d} &= 1,415 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &\leq f_{t,0,d} \\ 1,415 &\leq 9,69 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 60/120 [mm] na tah vyhovuje (14,6\%)} \end{aligned}$$

3.1.6.5 Stěnové ztužidlo – posouzení MSP

TABULKA Č.54: Obálka posunů – stěnové ztužidlo (zázemí)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	uz [mm]
stěnová ztužidla (zázemí)16	2,686	MSP - 13	-5,5	0,0
stěnová ztužidla (zázemí)7	2,686	MSP - 23	3,2	0,0
stěnová ztužidla (zázemí)1	1,088	MSP - 14	0,0	0,0
stěnová ztužidla (zázemí)2	1,088	MSP - 15	0,3	0,0

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 01, kombinace: MSP – 15)

$$W_{inst,g} = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,s} = 0,00 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,v} = 5,50 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,u} = 0,00 \text{ [mm]}$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$W_{inst,c} = W_{inst,g} + W_{inst,s} + W_{inst,v} + W_{inst,u}$$

$$W_{inst,c} = 0,00 + 0,00 + 5,50 + 0,00$$

$$W_{inst,c} = 5,50 \text{ [mm]}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq L/250$$

$$5,50 \leq 2686/250$$

$$5,50 \leq 10,74 \text{ [mm]} \quad \text{průřez 60/120 [mm] na okamžitý průhyb vyhovuje (51,2\%)}$$

3.1.7 Základová patka

Jedná se o stupňovité základové patky pod dřevěnými sloupy, na kterých jsou uloženy pultové vazníky. Horní hrana prvního stupně základových patek leží 0,300 m nad úrovní terénu. Horní hrana druhého stupně základových patek je 0,400 m pod úrovní terénu.

3.1.7.1 Základová patka – materiálové charakteristiky

Ocelová výztuž:

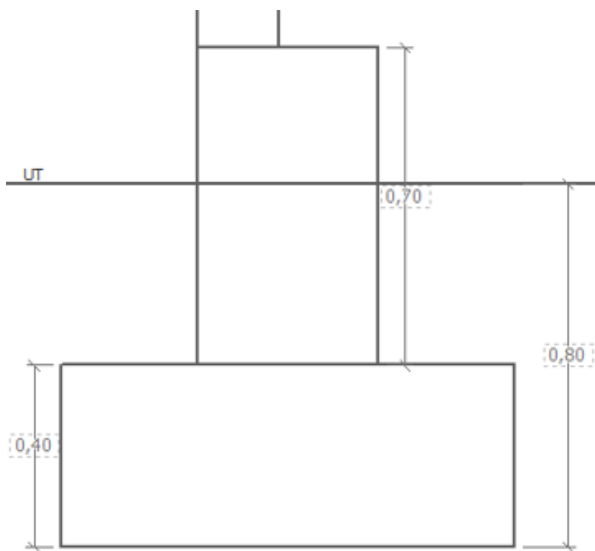
Materiál:	B500
Mez kluzu.:	$f_y = 0,500$ [GPa]
Modul pružnosti:	$E = 210$ [GPa]

Betonová konstrukce:

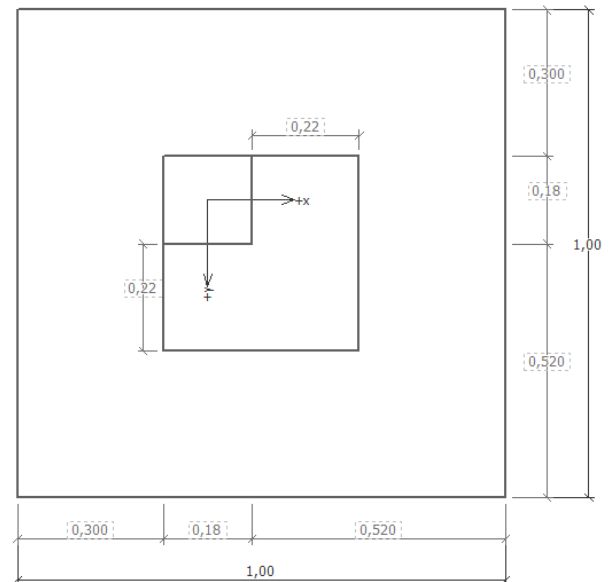
Materiál:	C20/25
Char. pevnost v tlaku:	$f_{c,k} = 0,020$ [MPa]
Char. pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 0,002$ [MPa]
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 30$ [GPa]

3.1.7.2 Základová patka – geometrické charakteristiky

Hloubka základové spáry:	$H_z = 0,80$ [m]
Celková výška základu:	$H_c = 1,10$ [m]
Výška prvního stupně základu:	$H_1 = 0,70$ [m]
Šířka prvního stupně základu:	$B_1 = 0,40$ [m]
Výška druhého stupně základu:	$H_2 = 0,40$ [m]
Šířka druhého stupně základu:	$B_2 = 1,00$ [m]



OBRÁZEK Č.34: Řez z. patkou (zázemí)

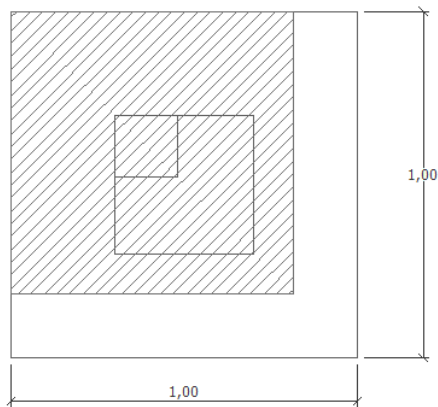


OBRÁZEK Č.35: Půdorys z. patky (zázemí)

3.1.7.3 Základová patka – posouzení MSU

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 09)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 127,21 \text{ [kN]} \\ V_{Ed,y} &= 0,00 \text{ [kN]} \\ V_{Ed,x} &= 0,00 \text{ [kN]} \\ M_{Ed,y} &= 0,00 \text{ [kNm]} \\ M_{Ed,x} &= 0,00 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$



Posouzení únosnosti patky - 1.MS
Posouzení svislé únosnosti
 Tvar kontaktního napětí : obdélník
 Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 290,34 \text{ kPa}$
 Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 227,69 \text{ kPa}$
 Svislá únosnost **VYHOVUJE**

Posouzení excentricity zatížení
 Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,095 < 0,333$
 Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,095 < 0,333$
 Max. prostorová excentricita $e_t = 0,135 < 0,333$
 Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Posouzení vodorovné únosnosti
 Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 81,19 \text{ kN}$
 Extrémní horizontální síla $H = 0,00 \text{ kN}$
 Vodorovná únosnost **VYHOVUJE**
 Únosnost základu **VYHOVUJE**

Výpočet:

Automaticky vybírat maxima

Svislá únosnost: Tvar kontakt. napětí :

Vodorovná únosnost: Zemní odpor :

Posouzení

SVISLÁ ÚNOSNOST :
VYHOVUJE (78,4%)

VODOROVNÁ ÚNOS. :
VYHOVUJE (0,0%)

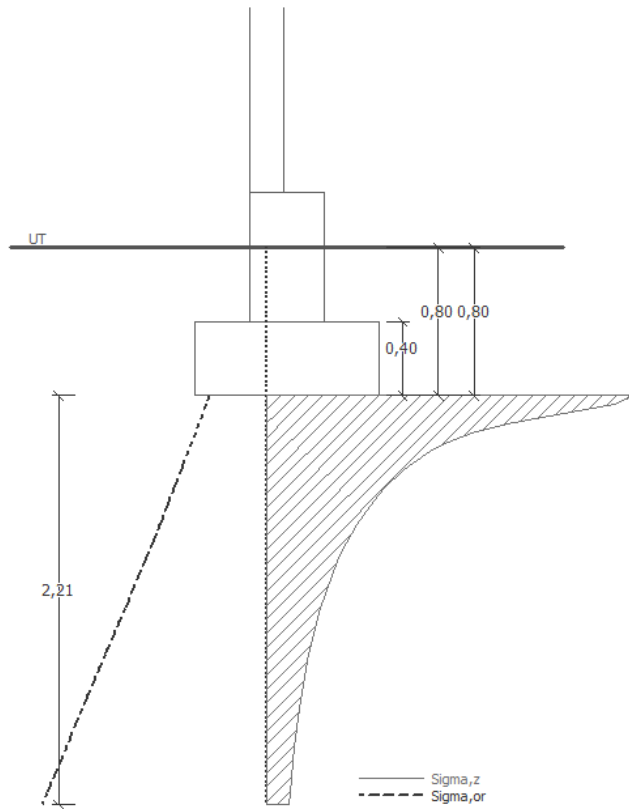
OBRÁZEK Č.36: GEO5 - posudek MSÚ patky (zázemí)

Navržená dvoustupňová patka ve vodorovném i ve svislém směru vyhovuje (0,0%,78,4%)

3.1.7.4 Základová patka – posouzení MSP

Vnitřní síly: (kombinace: MSP – 09)

$$\begin{aligned} N_{Ek} &= 94,23 \text{ [kN]} \\ V_{Ek,y} &= 0,00 \text{ [kN]} \\ V_{Ek,x} &= 0,00 \text{ [kN]} \\ M_{Ek,y} &= 0,00 \text{ [kN]} \\ M_{Ek,x} &= 0,00 \text{ [kN]} \end{aligned}$$



Sednutí a natočení základu - výsledek

Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn. $E_{def} = 48,47 \text{ MPa}$
 Základ je ve směru délky tuhý ($k=39,62$)
 Základ je ve směru šířky tuhý ($k=39,62$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,091 < 0,333$
 Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,091 < 0,333$
 Max. prostorová excentricita $e_t = 0,129 < 0,333$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 1,8 mm
 Hloubka deformační zóny = 2,21 m
 Natočení ve směru x = 0,534 ($\tan^{\circ}1000$); (3,1E-02 °)
 Natočení ve směru y = 0,534 ($\tan^{\circ}1000$); (3,1E-02 °)

Výpočet:

Automaticky vybírat maxima

Geostatické napětí v základové spáře

uvažováno od původního terénu

Redukční součinitel výpočtu sedání

Uvažovat vliv hloubky založení (κ_1)

OBRÁZEK Č.37: GEO5 - posudek MSP patky (zázemí)

Navržená dvoustupňová patka z hlediska max. povoleného sednutí (10mm) vyhovuje (18,0%)

3.1.8 Základový pas

Jedná se o základové pasy, na kterých jsou uloženy krajní podpůrné sloupy. Horní hrana základových pasů leží 0,300 m nad úrovní terénu.

3.1.8.1 Základový pas – materiálové charakteristiky

Ocelová výztuž:

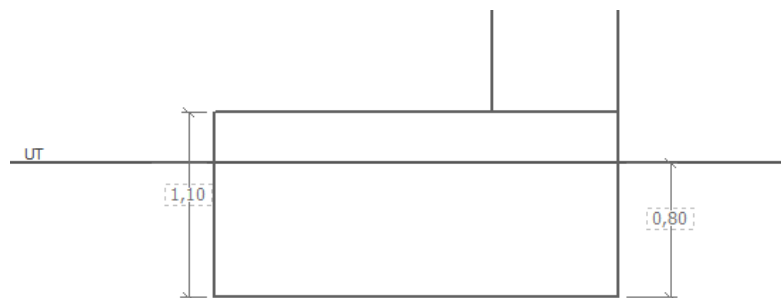
Materiál:	B500
Mez kluzu:	$f_y = 0,500$ [GPa]
Modul pružnosti:	$E = 210$ [GPa]

Betonová konstrukce:

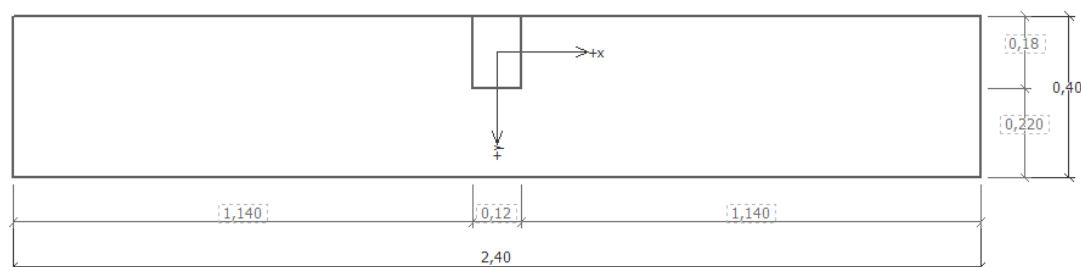
Materiál:	C20/25
Char. pevnost v tlaku:	$f_{c,k} = 0,020$ [MPa]
Char. pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 0,002$ [MPa]
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 30$ [GPa]

3.1.8.2 Základový pas – geometrické charakteristiky

Hloubka základové spáry:	$H_z = 0,80$ [m]
Výška základu:	$H = 1,10$ [m]
Šířka základu:	$B = 0,40$ [m]
Délka základu:	$L = -$ [m]



OBRÁZEK Č.38: Řez základovým pasem (zázemí)

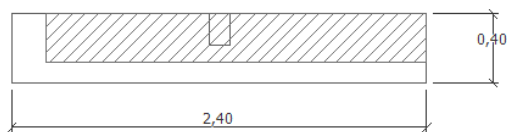


OBRÁZEK Č.39: Půdorys základového pasu (zázemí)

3.1.8.3 Základový pas – posouzení MSU

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 13)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 41,14 & [\text{kN}] \\ V_{Ed,y} &= 0,00 & [\text{kN}] \\ V_{Ed,x} &= 6,91 & [\text{kN}] \\ M_{Ed,y} &= 0,00 & [\text{kNm}] \\ M_{Ed,x} &= 0,00 & [\text{kNm}] \end{aligned}$$



Posouzení únosnosti patky - 1.M5

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník
Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 254,72 \text{ kPa}$
Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 123,59 \text{ kPa}$

Svislá únosnost **VYHOVUJE**

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,047 < 0,330$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,168 < 0,330$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,174 < 0,330$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 37,52 \text{ kN}$
Extrémní horizontální síla $H = 6,91 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost **VYHOVUJE**

Únosnost základu **VYHOVUJE**

Výpočet:

Automaticky vybírat maxima

Svislá únosnost

Tvar kontaktního napětí:

Vodorovná únosnost

Zemní odpor:

Posouzení

SVISLÁ ÚNOSNOST :
VYHOVUJE (48,5%)

VODOROVNÁ ÚNOS. :
VYHOVUJE (18,4%)

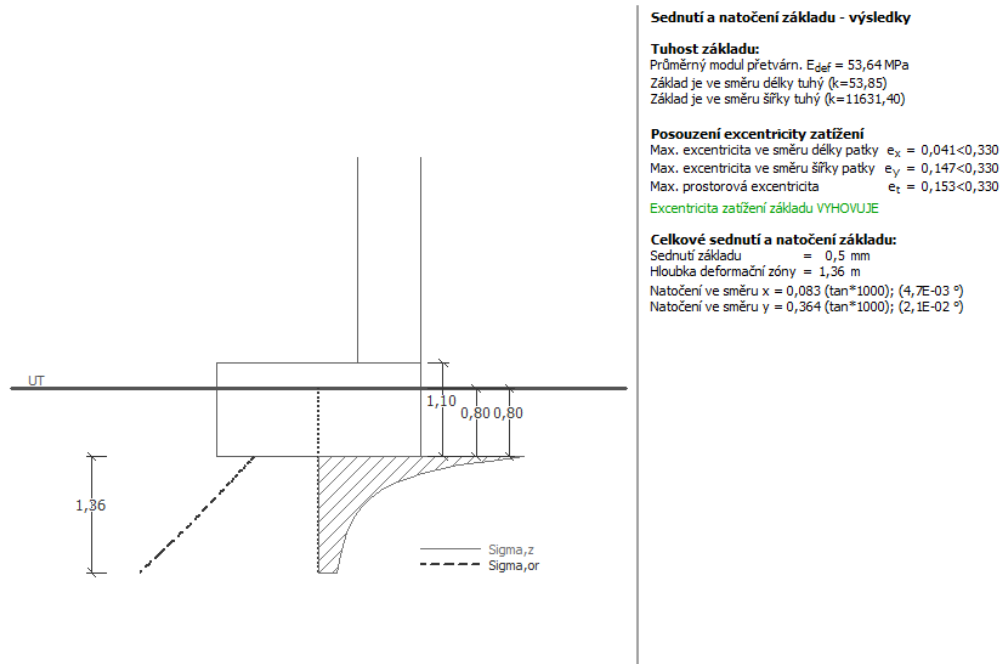
OBRÁZEK Č.40: GEO5 - posudek MSÚ pasu (zázemí)

Navržený pas 400x2400x1100 [mm] ve vodorovném i ve svislém směru vyhovuje (18,4%,48,5%)

3.1.8.4 Základový pas – posouzení MSP

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 13)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 30,48 & [\text{kN}] \\ V_{Ed,y} &= 0,00 & [\text{kN}] \\ V_{Ed,x} &= 5,12 & [\text{kN}] \\ M_{Ed,y} &= 0,00 & [\text{kNm}] \\ M_{Ed,x} &= 0,00 & [\text{kNm}] \end{aligned}$$



Výpočet:

Charakteristické zatížení

Geostatické napětí v základové spáře

uvažováno od původního terénu

Redukční součinitel výpočtu sedání

Uvažovat vliv hloubky založení (κ_1)

OBRÁZEK Č.41: GEO5 - posudek MSP pasu (zázemí)

Navržený pas 400x2400x1100 [mm] z hlediska max. povoleného sednutí (10mm) vyhovuje (5,0%)

3.2 Celek B - sportoviště

3.2.1 Obloukový vazník

3.2.1.1 Obloukový vazník – statický model a návrh průřezu

Obloukový vazník jsem v programu namodeloval jako kloubově uložený jak v patě, tak ve vrcholu. S druhým přilehlým obloukovým vazníkem v rovině tvoří trojkloubový nosný systém. V kloubech je zamezeno posunům u_x , u_y , u_z a zároveň je umožněno natočení \tilde{f}_x , \tilde{f}_y , \tilde{f}_z . Jednotlivé dvojice obloukových vazníků jsou od sebe osově vzdáleny 4 m.

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 11)

$$N_{Ed} = -149,99 \quad [\text{kN}]$$

$$M_{Ed,y} = 222,53 \quad [\text{kNm}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$h \geq L/50 \quad (\text{empirický vzorec})$$

$$h \geq 38280/50$$

$$h \geq 765,6 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } h = 800 \text{ mm (chci zamezit nadměrným průhybům)}$$

$$1 \geq ((N_{Ed}/(b \cdot h))/f_{c,0,d} \cdot k_c) + (6 \cdot M_{Ed,y}/(b \cdot h^2)/f_{m,d})$$

$$1 \geq (((149990/(b \cdot 800))/17,28 \cdot 0,5) + ((6 \cdot 222530000/(b \cdot 800^2))/17,28))$$

$$b \geq 142,5 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } b = 180 \text{ mm (chci zamezit vzniku klopení)}$$

3.2.1.2 Obloukový vazník – materiálové charakteristiky

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL 24h
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{mod} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{def} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,25 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{m,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{c,0,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,k} = 16,50 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 16,5) / 1,25$
	$f_{t,0,d} = 11,88 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$
	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,25$
	$f_{t,90,d} = 0,288 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 2,70 \quad [\text{MPa}]$

Návr. pevnost ve smyku	$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 2,7) / 1,25$
	$f_{v,d} = 1,94$ [MPa]
Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05} = 9,40$ [GPa]
Modul pružnosti (stř.h.90°)	$E_{90,m} = 0,39$ [GPa]

3.2.1.3 Obloukový vazník – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	$b = 0,180$ [m]
Výška průřezu:	$h = 0,800$ [m]
Plocha průřezu:	$A = 0,144$ [m ²]
Moment setrvačnosti k ose Y:	$I_y = 0,007680$ [m ⁴]
Moment setrvačnosti k ose Z:	$I_z = 0,000388$ [m ⁴]
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	$i_y = 0,231$ [m]
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	$i_z = 0,052$ [m]
Pružný průřezový modul k ose Y:	$W_{el,y} = 0,01920$ [m ³]
Pružný průřezový modul k ose Z:	$W_{el,z} = 0,00432$ [m ³]
Tloušťka lamel:	$t = 0,04$ [m]
Poloměr zakřivení:	$r = 26,722$ [m]
Poloměr zakřivení u spod. vláken:	$r_{in} = 26,322$ [m]
½ Délka oblouku:	$S = 21,335$ [m]
Vzepětí oblouku:	$f = 8,075$ [m]
Rozpětí oblouku:	$L = 38,280$ [m]
Osová vzdálenost vazníků:	$l_v = 4,000$ [m]
Úhel tečen (střed vaz. a vaz.v patě):	$\beta = 24$ [°]
Úhel proměnného průřezu:	$\alpha = 0$ [°]

3.2.1.4 Obloukový vazník – posouzení MSU

TABULKA Č.55: Obálka vnitřních sil – obloukový vazník (sportoviště)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
vazník (sportoviště)14	P1 - OBDEL	0,000	MSU - 20	-359,89	1,04	-16,01	0,00	0,00
vazník (sportoviště)22	P1 - OBDEL	21,335	MSU - 24	38,81	0,01	-0,06	0,00	0,00
vazník (sportoviště)22	P1 - OBDEL	0,000	MSU - 13	-214,34	-18,36	14,19	0,00	0,00
vazník (sportoviště)23	P1 - OBDEL	21,335	MSU - 13	-129,55	18,50	17,49	0,00	0,00
vazník (sportoviště)18	P1 - OBDEL	0,000	MSU - 09	-215,29	0,12	-34,02	0,00	0,00
vazník (sportoviště)8	P1 - OBDEL	0,380	MSU - 10	-204,81	-0,49	49,98	18,53	-0,19
vazník (sportoviště)9	P1 - OBDEL	12,617	MSU - 20	-225,86	-0,81	-1,32	-148,99	0,15
vazník (sportoviště)8	P1 - OBDEL	10,190	MSU - 11	-149,99	-0,68	5,07	222,53	-0,44
vazník (sportoviště)3	P1 - OBDEL	18,993	MSU - 18	-129,61	-13,30	-2,20	-1,33	-11,83
vazník (sportoviště)24	P1 - OBDEL	2,342	MSU - 13	-121,24	-15,11	7,64	15,07	13,10

Posouzení vzpěrného tlaku

Vnitřní síly: (prvek 14, kombinace: MSU – 20)

$$N_{Ed} = -359,89 \text{ [kN]}$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 1,25 \cdot S \quad \text{pro } f/L (0,21) = 0,15-0,50$$

$$l_{cr,y} = 1,25 \cdot 21,335$$

$$l_{cr,y} = 26,669 \text{ [m]}$$

$$l_{cr,z} = 4,000 \text{ [m]}$$

Kritická štíhlost:

$$\begin{aligned}\lambda_y &= l_{cr,y}/i_y \\ \lambda_y &= 26,669/0,231 \\ \lambda_y &= 115,45 \quad [-] \\ \lambda_z &= l_{cr,z}/i_z \\ \lambda_z &= 4,000/0,052 \\ \lambda_z &= 76,92 \quad [-]\end{aligned}$$

Relativní štíhlost:

$$\begin{aligned}\lambda_{rel,y} &= (\lambda_y \cdot (f_{c,0,k})^{1/2}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2}) \\ \lambda_{rel,y} &= (115,45 \cdot (24)^{1/2}) / (\pi \cdot (9400)^{1/2}) \\ \lambda_{rel,y} &= 1,857 \quad [-] \\ \lambda_{rel,z} &= (\lambda_z \cdot (f_{c,0,k})^{1/2}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2}) \\ \lambda_{rel,z} &= (76,92 \cdot (24)^{1/2}) / (\pi \cdot (9400)^{1/2}) \\ \lambda_{rel,z} &= 1,237 \quad [-]\end{aligned}$$

Součinitel k:

$$\begin{aligned}k_y &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 \\ k_y &= 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,857 - 0,3)) + 1,857^2 \\ k_y &= 2,31 \quad [-] \\ k_z &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 \\ k_z &= 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,237 - 0,3)) + 1,237^2 \\ k_z &= 1,31 \quad [-]\end{aligned}$$

Součinitel vzpěru k_c:

$$\begin{aligned}k_{c,y} &= 1 / ((k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2})^{1/2}) \\ k_{c,y} &= 1 / ((2,31 + (2,31^2 - 1,857^2)^{1/2})^{1/2}) \\ k_{c,y} &= 0,271 \quad [-] \\ k_{c,z} &= 1 / ((k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2})^{1/2}) \\ k_{c,z} &= 1 / ((1,31 + (1,31^2 - 1,237^2)^{1/2})^{1/2}) \\ k_{c,z} &= 0,574 \quad [-]\end{aligned}$$

Kritické napětí:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}) / (h \cdot 0,9 \cdot l_{cr,z}) \\ \sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot 180^2 \cdot 9400) / (800 \cdot 0,9 \cdot 4000) \\ \sigma_{m,crit} &= 82,49 \quad [\text{MPa}]\end{aligned}$$

Poměrná štíhlost:

$$\begin{aligned}\lambda_{rel,m} &= ((f_{m,k})^{1/2}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/2}) \\ \lambda_{rel,m} &= ((24)^{1/2}) / ((82,49)^{1/2}) \\ \lambda_{rel,m} &= 0,540 \quad [-] \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopat nebude)}\end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= N_{Ed} / A \\ \sigma_{c,0,d} &= 359890 / 144000 \\ \sigma_{c,0,d} &= 2,50 \quad [\text{MPa}]\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} \\ 2,50 &\leq 0,271 \cdot 17,28 \\ 2,50 &\leq 4,68 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 180/800 \text{ [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (53,4\%)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} \\ 2,50 &\leq 0,574 \cdot 17,28\end{aligned}$$

$$2,50 \leq 9,92 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 180/800 [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (25,2\%)}$$

Posouzení smyku

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed,z} = 49,98 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\begin{aligned} \tau_{v,d} &= (3 \cdot V_{Ed,z}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A) \\ \tau_{v,d} &= (3 \cdot 49980) / (2 \cdot 0,67 \cdot 144000) \\ \tau_{v,d} &= 0,78 \text{ [MPa]} \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d} \\ 0,78 \leq 1,94 \text{ [kN]} \quad \text{průřez 180/800 [mm] na smyk vyhovuje (40,1\%)}$$

Posouzení napětí v ohybu

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 11)

$$M_{Ed,y} = 222,53 \text{ [kNm]}$$

Součinitelé k_i :

$$\begin{aligned} k_1 &= 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} \alpha + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \\ k_1 &= 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} 0 + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 0 \\ k_1 &= 1,0 \quad [-] \\ k_2 &= 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} \alpha \\ k_2 &= 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} 0 \\ k_2 &= 0,35 \quad [-] \\ k_3 &= 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \\ k_3 &= 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} 0 - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 0 \\ k_3 &= 0,6 \quad [-] \\ k_4 &= 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \\ k_4 &= 6 \cdot \operatorname{tg}^2 0 \\ k_4 &= 0,0 \quad [-] \end{aligned}$$

Součinitel k_f :

$$\begin{aligned} k_f &= (k_1 + k_2 \cdot (h/r) + k_3 \cdot (h/r)^2 + k_4 \cdot (h/r)^3) \\ k_f &= (1 + 0,35 \cdot (800/26722) + 0,6 \cdot (800/26722)^2 + 0 \cdot (800/26722)^3) \\ k_f &= 1,011 \quad [-] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &= k_f \cdot (6 \cdot M_{Ed,y}) / (b \cdot h^2) \\ \sigma_{m,y,d} &= 1,011 \cdot (6 \cdot 222530000) / (180 \cdot 800^2) \\ \sigma_{m,y,d} &= 11,72 \text{ [MPa]} \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &\leq k_r \cdot f_{m,d} \quad \text{pro } r_{in}/t \geq 240 \text{ je hodnota } k_r = 1 \text{ (658)} \\ 7,52 &\leq 1,0 \cdot 17,28 \\ 11,72 &\leq 17,28 \text{ [MPa]} \quad \text{průřez 180/800 [mm] na ohyb vyhovuje (67,8\%)} \end{aligned}$$

Posouzení napětí v tahu kolmo k vláknům

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 11)

$$M_{Ed,y} = 222,53 \quad [\text{kNm}]$$

Součinitelé k_i :

$$\begin{aligned} k_5 &= 0,2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \\ k_5 &= 0,2 \cdot \operatorname{tg} 0 \\ k_5 &= 0,0 \quad [-] \\ k_6 &= 0,25 - 1,5 \cdot \operatorname{tg} \alpha + 2,6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \\ k_6 &= 0,25 - 1,5 \cdot \operatorname{tg} 0 + 2,6 \cdot \operatorname{tg}^2 0 \\ k_6 &= 0,25 \quad [-] \\ k_7 &= 2,1 \cdot \operatorname{tg} \alpha - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha \\ k_7 &= 2,1 \cdot \operatorname{tg} 0 - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 0 \\ k_4 &= 0,0 \quad [-] \end{aligned}$$

Součinitel k_p :

$$\begin{aligned} k_p &= (k_5 + k_6 \cdot (h/r) + k_7 \cdot (h/r)^2) \\ k_p &= (0 + 0,25 \cdot (800/26722) + 0 \cdot (800/26722)^2) \\ k_p &= 0,0075 [-] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu kolmo k vláknům:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,90,d} &= k_p \cdot (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h^2 \\ \sigma_{t,90,d} &= 0,0075 \cdot (6 \cdot 222530000) / 180 \cdot 800^2 \\ \sigma_{t,90,d} &= 0,087 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Objem nosníku:

$$\begin{aligned} V &= (\beta \cdot \pi \cdot b \cdot (h^2 + 2 \cdot r_{in} \cdot h)) / 180 \\ V &= (24 \cdot \pi \cdot 0,18 \cdot (0,8^2 + 2 \cdot 26,322 \cdot 0,8)) / 180 \\ V &= 3,22 \quad [\text{m}^3] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na napětí v tahu kolmo k vláknům:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,90,d} &\leq k_{dis} \cdot (V_0/V)^{0,2} \cdot f_{t,90,d} \\ 0,087 &\leq 1,4 \cdot (0,01/3,22)^{0,2} \cdot 0,288 \\ 0,087 &\leq 0,127 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 180/800 \text{ [mm] na nap. v tahu kol. k vlák. vyhovuje (68,5\%)} \end{aligned}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

Vnitřní síly: (prvek 8, kombinace: MSU – 11)

$$\begin{aligned} N_{Ed,z} &= -149,99 \quad [\text{kN}] \\ M_{Ed,y} &= 222,53 \quad [\text{kNm}] \\ M_{Ed,z} &= -0,44 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &= N_{Ed} / A \\ \sigma_{c,0,d} &= 149990 / 144000 \\ \sigma_{c,0,d} &= 1,05 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &= k_1 \cdot (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= 1,011 \cdot (6 \cdot 222530000) / 180 \cdot 800^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= 11,72 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,z,d} &= k_1 \cdot (6 \cdot M_{Ed,z}) / b^2 \cdot h \\ \sigma_{m,z,d} &= 1,011 \cdot (6 \cdot 440000) / 180^2 \cdot 800 \\ \sigma_{m,z,d} &= 0,103 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 1

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d}/k_r \cdot f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d}/k_r \cdot f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,05/0,271 \cdot 17,28) + (11,72/1,0 \cdot 17,28) + 0,7 \cdot (0,103/1,0 \cdot 17,28)$$

$$1,00 \geq 0,907 \quad [-] \quad \text{průřez 180/800 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (90,7\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/k_r \cdot f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/k_r \cdot f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,05/0,574 \cdot 17,28) + 0,7 \cdot (11,72/1,0 \cdot 17,28) + (0,103/1,0 \cdot 17,28)$$

$$1,00 \geq 0,587 \quad [-] \quad \text{průřez 180/800 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (58,7\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku s vlivem klopení

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d}^2 / (k_r k_{crit} \cdot f_{m,y,d})^2)$$

$$1,00 \geq (1,05/0,574 \cdot 17,28) + ((11,72)^2 / (1,0 \cdot 1,0 \cdot 17,28)^2)$$

$$1,00 \geq 0,566 \quad [-] \quad \text{průřez 180/800 [mm] na k. ohybu a tlaku s klop. vyhovuje (56,6\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 1

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,05/17,28)^2 + (11,72/17,28) + 0,7 \cdot (0,103/17,28)$$

$$1,00 \geq 0,687 \quad [-] \quad \text{průřez 180/800 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (68,7\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (1,05/17,28)^2 + 0,7 \cdot (11,72/17,28) + (0,103/17,28)$$

$$1,00 \geq 0,485 \quad [-] \quad \text{průřez 180/800 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (48,5\%)}$$

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 22, kombinace: MSU – 24)

$$N_{Ed,z} = 38,81 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A$$

$$\sigma_{t,0,d} = 38810/144000$$

$$\sigma_{t,0,d} = 0,270 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$0,270 \leq 11,88 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 180/800 [mm] na tah vyhovuje (2,3\%)}$$

Ještě by bylo na místě nosník posoudit na kombinaci ohybu s osovým tahem (prvek 22, kombinace: MSU – 24) a na kombinaci max. normálové síly s příslušnými momenty (prvek 14, kombinace MSU – 20). Vzhledem k velice malému tahu a momentu, by tento výpočet postrádal smysl.

3.2.1.5 Obloukový vazník – posouzení MSP

TABULKA Č.56: Obálka posunů – obloukový vazník (sportoviště)

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]
vazník (sportoviště)18	17,547	MSP - 21	-17,9	0,1	-2,4
vazník (sportoviště)8	20,490	MSP - 04	34,9	-0,7	-3,4
vazník (sportoviště)24	21,335	MSP - 17	16,6	-38,2	-3,0
vazník (sportoviště)22	21,335	MSP - 14	23,0	41,4	-8,8
vazník (sportoviště)8	10,190	MSP - 11	16,6	0,5	-75,1
vazník (sportoviště)9	10,416	MSP - 04	17,2	-0,9	62,6

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 08, kombinace: MSP – 11)

$$W_{inst,g} = 13,10 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,s} = 19,95 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,v} = 22,90 \text{ [mm]}$$

$$W_{inst,u} = 19,15 \text{ [mm]}$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$W_{inst,c} = W_{inst,g} + W_{inst,s} + W_{inst,v} + W_{inst,u}$$

$$W_{inst,c} = 13,10 + 19,95 + 22,90 + 19,15$$

$$W_{inst,c} = 75,10 \text{ [mm]}$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq L_{(1/2)}/250$$

$$75,10 \leq 19140/250$$

$$75,10 \leq 76,56 \text{ [mm]} \quad \text{průřez } 180/800 \text{ [mm]} \text{ na okamžitý průhyb vyhovuje (98,1\%)}$$

Konečný průhyb

Hodnoty průhybů po dotvarování: (prvek 08, kombinace: MSP – 11)

$$W_{fin,g} = W_{inst,g} \cdot (1 + k_{def})$$

$$W_{fin,g} = 13,10 \cdot (1 + 0,8)$$

$$W_{fin,g} = 23,58 \text{ [mm]}$$

$$W_{fin,s} = W_{inst,s} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$W_{fin,s} = 19,95 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8)$$

$$W_{fin,s} = 19,95 \text{ [mm]}$$

$$W_{fin,v} = W_{inst,v} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$W_{fin,v} = 22,90 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8)$$

$$W_{fin,v} = 22,90 \text{ [mm]}$$

$$W_{fin,u} = W_{inst,u} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def})$$

$$W_{fin,u} = 19,15 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8)$$

$$W_{fin,u} = 19,15 \text{ [mm]}$$

Celkový průhyb po dotvarování:

$$W_{fin,c} = W_{fin,g} + W_{fin,s} + W_{fin,v} + W_{fin,u}$$

$$W_{fin,c} = 23,58 + 19,95 + 22,90 + 19,15$$

$$W_{fin,c} = 85,58 \text{ [mm]}$$

Posouzení celkového průhybu po dotvarování:

$$W_{fin,c} \leq L_{(1/2)}/200$$

$$85,58 \leq 19140/200$$

$85,58 \leq 95,70$ [mm] průřez 180/800 [mm] na průhyb po dotvarování vyhovuje (89,43%)

3.2.2 Vaznice

3.2.2.1 Vaznice – statický model a návrh průřezu

Vaznice jsem v programu namodeloval na obou stranách jako kloubově uložené. V kloubech je zamezeno posunům u_x , u_y , u_z a zároveň je umožněno natočení φ_y . Jednotlivé vaznice jsou od sebe osově vzdáleny 1 m, ve vrcholu 0,692 m.

Vnitřní síly: (prvek 241, kombinace: MSU – 20)

$$M_{Ed,y} = 7,25 \quad [\text{kNm}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$\begin{aligned} h &\geq L/25 && \text{(empirický vzorec)} \\ h &\geq 4000/25 \\ h &\geq 160,0 \quad [\text{mm}] &> \text{volím } h = 180 \text{ mm} \\ 1 &\geq (6 \cdot M_{Ed} / (b \cdot h^2) / f_{m,d}) \\ 1 &\geq ((6 \cdot 7250000 / (b \cdot 180^2)) / 16,61) \\ b &\geq 80,83 \quad [\text{mm}] &> \text{volím } b = 140 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.2.2.2 Vaznice – materiálové charakteristiky

Materiál:	rostlé dřevo C24
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{mod} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{def} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,30 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24,00) / 1,30$
	$f_{m,d} = 16,61 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,k} = 21,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vláknem:	$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 21,00) / 1,30$
	$f_{c,0,d} = 14,53 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,k} = 14,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu rov. s vláknem:	$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 14,00) / 1,30$
	$f_{t,0,d} = 9,69 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu kol. k vláknem:	$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$
	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,30$
	$f_{t,90,d} = 0,276 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost ve smyku:	$f_{v,k} = 4,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost ve smyku:	$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 4,00) / 1,30$
	$f_{v,d} = 2,76 \quad [\text{MPa}]$

Modul pružnosti (5% kvant.)	$E_{0,05} = 7,40$	[GPa]
Modul pružnosti (stř.h.90°)	$E_{90,m} = 0,37$	[GPa]

3.2.2.3 Vaznice – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu:	$b = 0,140$	[m]
Výška průřezu:	$h = 0,180$	[m]
Plocha průřezu:	$A = 0,0252$	[m ²]
Moment setrvačnosti k ose Y:	$I_y = 0,0000680$	[m ⁴]
Moment setrvačnosti k ose Z:	$I_z = 0,0000411$	[m ⁴]
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	$i_y = 0,052$	[m]
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	$i_z = 0,040$	[m]
Pružný průřezový modul k ose Y:	$W_{el,y} = 0,000756$	[m ³]
Pružný průřezový modul k ose Z:	$W_{el,z} = 0,000588$	[m ³]
Osová vzdálenost vaznic:	$l_v = 1,000$	[m]
Úhel natočení vaznic:	$\alpha = 0-45$	[°]

3.2.2.4 Vaznice – posouzení MSU

TABULKA Č.57: Obálka vnitřních sil – vaznice (sportoviště)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
vaznice (sportoviště)457	P2 - OBDEL	0,000	MSU - 13	-9,11	-2,59	0,95	0,02	3,17
vaznice (sportoviště)460	P2 - OBDEL	4,000	MSU - 13	6,83	-2,98	-2,96	-0,01	-0,70
vaznice (sportoviště)276	P2 - OBDEL	4,000	MSU - 03	-0,94	-4,79	-4,06	-0,01	-3,96
vaznice (sportoviště)414	P2 - OBDEL	0,000	MSU - 02	-4,40	5,05	4,13	-0,05	-4,71
vaznice (sportoviště)149	P2 - OBDEL	4,000	MSU - 20	-0,45	-2,88	-6,83	0,00	-2,36
vaznice (sportoviště)103	P2 - OBDEL	0,000	MSU - 20	-0,45	3,28	6,83	-0,01	-3,15
vaznice (sportoviště)466	P2 - OBDEL	2,000	MSU - 24	-0,93	-0,64	0,00	-1,82	0,31
vaznice (sportoviště)149	P2 - OBDEL	2,000	MSU - 20	-0,54	-0,12	0,42	7,25	0,96
vaznice (sportoviště)414	P2 - OBDEL	0,000	MSU - 13	-7,91	4,81	3,09	-0,04	-5,17
vaznice (sportoviště)89	P2 - OBDEL	4,000	MSU - 16	-6,63	4,04	-2,28	-0,01	4,48

Posouzení vzpěrného tlaku

Vnitřní síly: (prvek 457, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = -9,11 \text{ [kN]}$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 4,000 \text{ [m]}$$

$$l_{cr,z} = 1,000 \text{ [m]}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = l_{cr,y}/i_y$$

$$\lambda_y = 4,000/0,052$$

$$\lambda_y = 76,92 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = l_{cr,z}/i_z$$

$$\lambda_z = 1,000/0,040$$

$$\lambda_z = 25,00 \text{ [-]}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/3})$$

$$\lambda_{rel,y} = (76,92 \cdot (21)^{1/3}) / (\pi \cdot (7400)^{1/3})$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,304 \text{ [-]}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{rel,z} &= (\lambda_z \cdot (f_{c,0,k})^{1/2}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2}) \\ \lambda_{rel,z} &= (25,00 \cdot (21)^{1/2}) / (\pi \cdot (7400)^{1/2}) \\ \lambda_{rel,z} &= 0,424 \quad [-]\end{aligned}$$

Součinitel k:

$$\begin{aligned}k_y &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 \\ k_y &= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (1,304 - 0,3)) + 1,304^2 \\ k_y &= 1,45 \quad [-] \\ k_z &= 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 \\ k_z &= 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,424 - 0,3)) + 0,424^2 \\ k_z &= 0,60 \quad [-]\end{aligned}$$

Součinitel vzpěru k_c:

$$\begin{aligned}k_{c,y} &= 1 / ((k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2}) \\ k_{c,y} &= 1 / ((1,45 + (1,45^2 - 1,304^2)^{1/2}) \\ k_{c,y} &= 0,480 \quad [-] \\ k_{c,z} &= 1 / ((k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2}) \\ k_{c,z} &= 1 / ((0,60 + (0,60^2 - 0,424^2)^{1/2}) \\ k_{c,z} &= 0,976 \quad [-]\end{aligned}$$

Kritické napětí:

$$\begin{aligned}\sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}) / (h \cdot 0,9 \cdot I_{cr,y}) \\ \sigma_{m,crit} &= (0,78 \cdot 140^2 \cdot 7400) / (180 \cdot 0,9 \cdot 4000) \\ \sigma_{m,crit} &= 174,585 \quad [\text{MPa}]\end{aligned}$$

Poměrná štíhlost:

$$\begin{aligned}\lambda_{rel,m} &= ((f_{m,k})^{1/2}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/2}) \\ \lambda_{rel,m} &= ((24)^{1/2}) / ((174,585)^{1/2}) \\ \lambda_{rel,m} &= 0,371 \quad [-] \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopat nebude)}\end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= N_{Ed} / A \\ \sigma_{c,0,d} &= 9110 / 25200 \\ \sigma_{c,0,d} &= 0,361 \quad [\text{MPa}]\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d} \\ 0,361 &\leq 0,480 \cdot 14,53 \\ 0,361 &\leq 6,97 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 140/180 \text{ [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (5,2\%)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &\leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d} \\ 0,361 &\leq 0,976 \cdot 14,53 \\ 0,361 &\leq 14,18 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 140/180 \text{ [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (2,5\%)}\end{aligned}$$

Posouzení smyku

Vnitřní síly: (prvek 149, kombinace: MSU – 20)

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\begin{aligned}\tau_{v,d} &= (3 \cdot V_{Ed,z}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A) \\ \tau_{v,d} &= (3 \cdot 6830) / (2 \cdot 0,67 \cdot 25200) \\ \tau_{v,d} &= 0,61 \quad [\text{MPa}]\end{aligned}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,61 \leq 2,76 \quad [\text{kN}] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na smyk vyhovuje (22,1\%)}$$

Posouzení napětí v ohybu

Vnitřní síly: (prvek 149, kombinace: MSU – 20)

$$M_{Ed,y} = 7,25 \quad [\text{kNm}]$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = (6 \cdot 7250000) / 140 \cdot 180^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = 9,59 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,d}$$

$$9,59 \leq 16,61 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na ohyb vyhovuje (57,7\%)}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

Vnitřní síly: (prvek 414, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,z} = -7,91 \quad [\text{kN}]$$

$$M_{Ed,y} = 0,04 \quad [\text{kNm}]$$

$$M_{Ed,z} = 5,17 \quad [\text{kNm}]$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A$$

$$\sigma_{c,0,d} = 7910 / 25200$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0,310 \quad [\text{MPa}]$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = (6 \cdot M_{Ed,y}) / b \cdot h^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = (6 \cdot 40000) / 140 \cdot 180^2$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0,053 \quad [\text{MPa}]$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot M_{Ed,z}) / b^2 \cdot h$$

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot 5170000) / 140^2 \cdot 180$$

$$\sigma_{m,z,d} = 8,80 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 1

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (0,310 / 0,480 \cdot 14,53) + (0,053 / 16,61) + 0,7 \cdot (8,80 / 16,61)$$

$$1,00 \geq 0,419 \quad [-] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (41,9\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (0,310 / 0,976 \cdot 14,53) + 0,7 \cdot (0,053 / 16,61) + (8,80 / 16,61)$$

$$1,00 \geq 0,554 \quad [-] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (55,4\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku s vlivem klopení

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d} / k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,z,d}^2 / (k_{crit} \cdot f_{m,z,d}^2))$$

$$1,00 \geq (0,310 / 0,480 \cdot 14,53) + ((8,80)^2 / (1,0 \cdot 16,61)^2)$$

$$1,00 \geq 0,325 \quad [-] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na k. ohybu a tlaku s klop. vyhovuje (32,5\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 1

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (0,310/16,61)^2 + (0,053/16,61) + 0,7 \cdot (8,80/16,61)$$

$$1,00 \geq 0,375 \quad [-] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (37,5\%)}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 2

$$1,00 \geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d})$$

$$1,00 \geq (0,310/16,61)^2 + 0,7 \cdot (0,053/16,61) + (8,80/16,61)$$

$$1,00 \geq 0,533 \quad [-] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (53,3\%)}$$

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = N_{Ed}/A$$

$$\sigma_{t,0,d} = 6830/25200$$

$$\sigma_{t,0,d} = 0,271 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$0,271 \leq 9,69 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na tah vyhovuje (2,8\%)}$$

3.2.2.5 Vaznice – posouzení MSP

TABULKA Č.58: Obálka posunů – vaznice (sportoviště)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	uz [mm]
vaznice (sportoviště)460	2,250	MSP - 13	-4,8	-7,2
vaznice (sportoviště)42	1,750	MSP - 16	4,1	-5,8
vaznice (sportoviště)149	2,000	MSP - 20	-2,1	-15,8
vaznice (sportoviště)497	2,000	MSP - 24	1,1	2,7

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 149, kombinace: MSP – 20)

$$W_{y,ins,g} = 0,50 \quad [\text{mm}] \quad W_{z,ins,g} = 3,70 \quad [\text{mm}]$$

$$W_{y,ins,s} = 1,00 \quad [\text{mm}] \quad W_{z,ins,s} = 7,40 \quad [\text{mm}]$$

$$W_{y,ins,v} = 0,00 \quad [\text{mm}] \quad W_{z,ins,v} = 0,00 \quad [\text{mm}]$$

$$W_{y,ins,u} = 0,63 \quad [\text{mm}] \quad W_{z,ins,u} = 4,69 \quad [\text{mm}]$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$W_{ins,c} = (W_{y,ins,g}^2 + W_{z,ins,g}^2)^{0,5} + (W_{y,ins,s}^2 + W_{z,ins,s}^2)^{0,5} + (W_{y,ins,v}^2 + W_{z,ins,v}^2)^{0,5} + (W_{y,ins,u}^2 + W_{z,ins,u}^2)^{0,5}$$

$$W_{ins,c} = (0,50^2 + 3,70^2)^{0,5} + (1,00^2 + 7,40^2)^{0,5} + (0,00^2 + 0,00^2)^{0,5} + (0,63^2 + 4,69^2)^{0,5}$$

$$W_{ins,c} = 15,93 \quad [\text{mm}]$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq L/250$$

$$15,93 \leq 4000/250$$

$$15,93 \leq 16,00 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na okamžitý průhyb vyhovuje (99,5\%)}$$

Konečný průhyb

Hodnoty průhybů po dotvarování: (prvek 149, kombinace: MSP – 20)

$$\begin{aligned} W_{\text{fin,g}} &= W_{\text{inst,g}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) \\ W_{\text{fin,g}} &= 3,74 \cdot (1 + 0,8) \\ W_{\text{fin,g}} &= 6,72 \quad [\text{mm}] \\ W_{\text{fin,s}} &= W_{\text{inst,s}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ W_{\text{fin,s}} &= 7,47 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ W_{\text{fin,s}} &= 7,47 \quad [\text{mm}] \\ W_{\text{fin,v}} &= W_{\text{inst,v}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ W_{\text{fin,v}} &= 0,00 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ W_{\text{fin,v}} &= 0,00 \quad [\text{mm}] \\ W_{\text{fin,u}} &= W_{\text{inst,u}} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{\text{def}}) \\ W_{\text{fin,u}} &= 4,74 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) \\ W_{\text{fin,u}} &= 4,74 \quad [\text{mm}] \end{aligned}$$

Celkový průhyb po dotvarování:

$$\begin{aligned} W_{\text{fin,c}} &= W_{\text{fin,g}} + W_{\text{fin,s}} + W_{\text{fin,v}} + W_{\text{fin,u}} \\ W_{\text{fin,c}} &= 6,72 + 7,47 + 0,00 + 4,74 \\ W_{\text{fin,c}} &= 18,93 \quad [\text{mm}] \end{aligned}$$

Posouzení celkového průhybu po dotvarování:

$$\begin{aligned} W_{\text{fin,c}} &\leq L/200 \\ 18,93 &\leq 4000/200 \\ 18,93 &\leq 20,00 \quad [\text{mm}] \quad \text{průřez 140/180 [mm] na průhyb po dotvarování vyhovuje (94,7\%)} \end{aligned}$$

3.2.3 Štítový sloup

3.2.3.1 Štítový sloup – statický model a návrh průřezu

Štítové sloupy jsem v programu namodeloval v patě i ve vrcholu jako kloubově uložené se zamezením posunů u_x , u_y , u_z a s umožněním natočení \bar{f}_x , \bar{f}_y , \bar{f}_z (ve vrcholu pouze \bar{f}_z , \bar{f}_x). Jednotlivé sloupy jsou od sebe osově vzdáleny 1,32 m a jejich délky se pohybují v rozmezí 1,520-8,770 m.

Vnitřní síly: (prvek 12, kombinace: MSU – 16)

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed,z}} &= -7,89 \quad [\text{kNm}] \\ N_{\text{Ed}} &= -6,86 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Vnitřní síly: (prvek 17, kombinace: MSU – 21)

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed,z}} &= 0,00 \quad [\text{kNm}] \\ N_{\text{Ed}} &= -30,74 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$\begin{aligned} b &\geq L/50 \quad (\text{odhad}) \\ b &\geq 8541/50 \\ b &\geq 341,6 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } b = 300 \text{ mm (chci zamezit nad. def. od pod. větru)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 &\geq ((N_{\text{Ed}}/b \cdot h)/k_c \cdot f_{c,o,d}) + (6 \cdot M_{\text{Ed,z}}/(b^2 \cdot h))/f_{m,d} \\ 1 &\geq ((6860/300 \cdot h)/0,5 \cdot 17,28) + ((6 \cdot 7890000/(300^2 \cdot h))/17,28) \\ h &\geq 31,5 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } h = 120 \text{ mm (chci zamezit vzniku klopení)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 &\geq ((N_{\text{Ed}}/b \cdot h)/k_c \cdot f_{c,o,d}) + (6 \cdot M_{\text{Ed,z}}/(b^2 \cdot h))/f_{m,d} \\ 1 &\geq ((30740/300 \cdot h)/0,5 \cdot 17,28) + ((6 \cdot 0/(300^2 \cdot h))/17,28) \\ h &\geq 11,9 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } h = 120 \text{ mm (chci zamezit vzniku klopení)} \end{aligned}$$

3.2.3.2 Štítový sloup – materiálové charakteristiky

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL 24h
Třída provozu:	2
Třída trvání zatížení:	krátkodobé
	$> K_{\text{mod}} = 0,9 \quad [-]$
	$> K_{\text{def}} = 0,8 \quad [-]$
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_M = 1,25 \quad [-]$
Char. pevnost v ohybu:	$f_{m,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v ohybu:	$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{m,k} / \gamma_M$
	$f_{m,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{m,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tlaku rov. s vlákn.: $f_{c,0,k}$	$f_{c,0,k} = 24,00 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tlaku rov. s vlákn.: $f_{c,0,d}$	$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$
	$f_{c,0,d} = (0,9 \cdot 24) / 1,25$
	$f_{c,0,d} = 17,28 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu rov. s vlákn.: $f_{t,0,k}$	$f_{t,0,k} = 16,50 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu rov. s vlákn.: $f_{t,0,d}$	$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M$
	$f_{t,0,d} = (0,9 \cdot 16,5) / 1,25$
	$f_{t,0,d} = 11,88 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost v tahu kol. k vlákn.: $f_{t,90,k}$	$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost v tahu kol. k vlákn.: $f_{t,90,d}$	$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{t,90,k} / \gamma_M$
	$f_{t,90,d} = (0,9 \cdot 0,40) / 1,25$
	$f_{t,90,d} = 0,288 \quad [\text{MPa}]$
Char. pevnost ve smyku: $f_{v,k}$	$f_{v,k} = 2,70 \quad [\text{MPa}]$
Návr. pevnost ve smyku: $f_{v,d}$	$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$
	$f_{v,d} = (0,9 \cdot 2,7) / 1,25$
	$f_{v,d} = 1,94 \quad [\text{MPa}]$
Modul pružnosti (5% kvant.) $E_{0,05}$	$E_{0,05} = 9,40 \quad [\text{GPa}]$
Modul pružnosti (stř.h.90°) $E_{90,m}$	$E_{90,m} = 0,39 \quad [\text{GPa}]$

3.2.3.3 Štítový sloup – průřezové a geometrické charakteristiky

Šířka průřezu: b	$b = 0,300 \quad [\text{m}]$
Výška průřezu: h	$h = 0,120 \quad [\text{m}]$
Plocha průřezu: A	$A = 0,036 \quad [\text{m}^2]$
Moment setrvačnosti k ose Y: I_y	$I_y = 0,0000432 [\text{m}^4]$
Moment setrvačnosti k ose Z: I_z	$I_z = 0,0002700 [\text{m}^4]$
Poloměr setrvačnosti k ose Y: i_y	$i_y = 0,035 \quad [\text{m}]$
Poloměr setrvačnosti k ose Z: i_z	$i_z = 0,087 \quad [\text{m}]$
Pružný průřezový modul k ose Y: $W_{el,y}$	$W_{el,y} = 0,00072 \quad [\text{m}^3]$
Pružný průřezový modul k ose Z: $W_{el,z}$	$W_{el,z} = 0,00180 \quad [\text{m}^3]$
Osová vzdálenost sloupků: l_s	$l_s = 1,320 \quad [\text{m}]$

3.2.3.4 Štítový sloup – posouzení MSU

TABULKA Č.59: Obálka vnitřních sil – štítový sloup(sportoviště)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
štítový sloup (sportoviště)14	P17 - OBDEL	0,000	MSU - 21	-30,74	0,13	0,00	0,00	0,00
štítový sloup (sportoviště)	P17 - OBDEL	6,473	MSU - 13	7,04	2,91	0,00	0,00	-1,35
štítový sloup (sportoviště)14	P17 - OBDEL	8,673	MSU - 13	-12,14	-3,36	-0,01	0,00	0,62
štítový sloup (sportoviště)1	P17 - OBDEL	8,673	MSU - 13	-9,92	3,36	-0,01	0,00	-0,41
štítový sloup (sportoviště)22	P17 - OBDEL	5,621	MSU - 18	-7,03	0,78	-0,11	0,00	1,47
štítový sloup (sportoviště)34	P17 - OBDEL	5,621	MSU - 01	-20,13	0,44	0,08	0,00	0,26
štítový sloup (sportoviště)34	P17 - OBDEL	4,965	MSU - 01	-20,25	0,35	0,08	-0,05	0,00
štítový sloup (sportoviště)16	P17 - OBDEL	7,665	MSU - 18	-4,70	0,83	-0,10	0,07	-0,80
štítový sloup (sportoviště)12	P17 - OBDEL	3,044	MSU - 16	-6,86	-1,98	-0,05	0,00	-7,89
štítový sloup (sportoviště)27	P17 - OBDEL	4,425	MSU - 16	-5,96	0,03	0,00	0,01	7,40

Posouzení vzpěrného tlaku

Vnitřní síly: (prvek 14, kombinace: MSU – 21)

$$N_{Ed} = -30,74 \text{ [kN]}$$

Vzpěrná délka:

$$l_{cr,y} = 2,700 \text{ [m]} \quad (\text{vzpěrná délka zkrácena paždíky})$$

$$l_{cr,z} = 8,738 \text{ [m]}$$

Kritická štíhlost:

$$\lambda_y = l_{cr,y}/i_y$$

$$\lambda_y = 2,700/0,035$$

$$\lambda_y = 77,14 \text{ [-]}$$

$$\lambda_z = l_{cr,z}/i_z$$

$$\lambda_z = 8,738/0,087$$

$$\lambda_z = 100,44 \text{ [-]}$$

Relativní štíhlost:

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = (77,14 \cdot (24)^{1/3}) / (\pi \cdot (9400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,y} = 1,241 \text{ [-]}$$

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z \cdot (f_{c,0,k})^{1/3}) / (\pi \cdot (E_{0,05})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = (100,44 \cdot (24)^{1/3}) / (\pi \cdot (9400)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,z} = 1,615 \text{ [-]}$$

Součinitel k:

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,241 - 0,3)) + 1,241^2$$

$$k_y = 1,317 \text{ [-]}$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,615 - 0,3)) + 1,615^2$$

$$k_z = 1,870 \text{ [-]}$$

Součinitel vzpěru k_c:

$$k_{c,y} = 1 / ((k_y + (k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,y} = 1 / ((1,317 + (1,317^2 - 1,241^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,y} = 0,569 \text{ [-]}$$

$$k_{c,z} = 1 / ((k_z + (k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2)^{1/2}))$$

$$k_{c,z} = 1 / ((1,870 + (1,870^2 - 1,615^2)^{1/2})$$

$$k_{c,z} = 0,356 \quad [-]$$

Kritické napětí:

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 \cdot h^2 \cdot E_{0,05}) / (b \cdot 0,9 \cdot I_{cr,z})$$

$$\sigma_{m,crit} = (0,78 \cdot 120^2 \cdot 9400) / (300 \cdot 0,9 \cdot 8738)$$

$$\sigma_{m,crit} = 44,75 \quad [\text{MPa}]$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = ((f_{m,k})^{1/2}) / ((\sigma_{m,crit})^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,m} = ((24)^{1/2}) / ((44,75)^{1/2})$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,732 \quad [-] \quad \text{hodnota } \lambda_{rel,m} < 0,75, \text{ proto součinitel } k_{crit} = 1 \text{ (nosník klopit nebude)}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A$$

$$\sigma_{c,0,d} = 30740 / 36000$$

$$\sigma_{c,0,d} = 0,854 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na vzpěrný tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}$$

$$0,854 \leq 0,356 \cdot 17,28$$

$$0,854 \leq 6,151 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 300/120 \text{ [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (13,9\%)}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}$$

$$0,854 \leq 0,569 \cdot 17,28$$

$$0,854 \leq 9,832 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 300/120 \text{ [mm] na vzpěrný tlak vyhovuje (8,7\%)}$$

Posouzení smyku

Vnitřní síly: (prvek 1, kombinace: MSU – 13)

$$V_{Ed,y} = 3,36 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí ve smyku:

$$\tau_{v,d} = (3 \cdot V_{Ed,y}) / (2 \cdot k_{cr} \cdot A)$$

$$\tau_{v,d} = (3 \cdot 3360) / (2 \cdot 0,67 \cdot 36000)$$

$$\tau_{v,d} = 0,21 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0,21 \leq 1,94 \quad [\text{kN}] \quad \text{průřez } 300/120 \text{ [mm] na smyk vyhovuje (10,8\%)}$$

Posouzení napětí v ohybu

Vnitřní síly: (prvek 12, kombinace: MSU – 16)

$$M_{Ed,z} = 7,89 \quad [\text{kNm}]$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot M_{Ed,z}) / (b^2 \cdot h)$$

$$\sigma_{m,z,d} = (6 \cdot 7890000) / (300^2 \cdot 120)$$

$$\sigma_{m,z,d} = 4,39 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\sigma_{m,z,d} \leq f_{m,d}$$

$$4,39 \leq 17,28 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průřez } 300/120 \text{ [mm] na ohyb vyhovuje (25,4\%)}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

Vnitřní síly: (prvek 12, kombinace: MSU – 16)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -6,86 \quad [\text{kN}] \\ M_{Ed,y} &= 0,00 \quad [\text{kNm}] \\ M_{Ed,z} &= -7,89 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v tlaku:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &= N_{Ed}/A \\ \sigma_{c,0,d} &= 6860/36000 \\ \sigma_{c,0,d} &= 0,191 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot M_{Ed,y})/b \cdot h^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= (6 \cdot 0,00)/300 \cdot 120^2 \\ \sigma_{m,y,d} &= 0,00 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Návrhová hodnota napětí v ohybu:

$$\begin{aligned} \sigma_{m,z,d} &= (6 \cdot M_{Ed,z})/b^2 \cdot h \\ \sigma_{m,z,d} &= (6 \cdot 7890000)/300^2 \cdot 120 \\ \sigma_{m,z,d} &= 4,39 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 1

$$\begin{aligned} 1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d}/k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,191/0,569 \cdot 17,28) + (0,00/17,28) + 0,7 \cdot (4,39/17,28) \\ 1,00 &\geq 0,198 \quad [-] \quad \text{průřez 300/120 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (19,8\%)} \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku se vzpěrem – 2

$$\begin{aligned} 1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d}/k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,191/0,356 \cdot 17,28) + 0,7 \cdot (0,00/17,28) + (4,39/17,28) \\ 1,00 &\geq 0,286 \quad [-] \quad \text{průřez 300/120 [mm] na k. ohybu a tlaku se vzp. vyhovuje (28,6\%)} \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 1

$$\begin{aligned} 1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + k_m \cdot (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,191/17,28)^2 + (0,00/17,28) + 0,7 \cdot (4,39/17,28) \\ 1,00 &\geq 0,178 \quad [-] \quad \text{průřez 300/120 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (17,8\%)} \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a tlaku bez vzpěru – 2

$$\begin{aligned} 1,00 &\geq (\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + k_m \cdot (\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + (\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \\ 1,00 &\geq (0,191/17,28)^2 + 0,7 \cdot (0,00/17,28) + (4,39/17,28) \\ 1,00 &\geq 0,255 \quad [-] \quad \text{průřez 300/120 [mm] na k. ohybu a tlaku bez vzp. vyhovuje (25,5\%)} \end{aligned}$$

3.2.3.5 Štítový sloup – posouzení MSP

TABULKA Č.60: Obálka posunů – Štítový sloup (sportoviště)

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	uz [mm]
štítový sloup (sportoviště)14	7,665	MSP - 14	-36,1	0,0
štítový sloup (sportoviště)1	7,665	MSP - 15	36,1	0,0
štítový sloup (sportoviště)16	6,565	MSP - 18	24,2	0,0
štítový sloup (sportoviště)33	1,550	MSP - 04	0,1	0,0

Okamžitý průhyb

Hodnoty okamžitých průhybů: (prvek 01, kombinace: MSP – 15)

$$W_{inst,g} = 0,00 \quad [mm]$$

$$W_{inst,s} = 0,00 \quad [mm]$$

$$W_{inst,v} = 36,10 \quad [mm]$$

$$W_{inst,u} = 0,00 \quad [mm]$$

Celkový okamžitý průhyb:

$$W_{inst,c} = W_{inst,g} + W_{inst,s} + W_{inst,v} + W_{inst,u}$$

$$W_{inst,c} = 0,00 + 0,00 + 36,10 + 0,00$$

$$W_{inst,c} = 36,10 \quad [mm]$$

Posouzení okamžitého průhybu:

$$W_{inst,c} \leq L/200$$

$$36,10 \leq 8738/200$$

$$36,10 \leq 43,69 \quad [mm] \quad \text{průřez } 300/120 \text{ [mm] na okamžitý průhyb vyhovuje (83,2\%)}$$

3.2.4 Střešní ztužidlo

3.2.4.1 Střešní ztužidlo – statický model a návrh průřezu

Střešní ztužidla jsem v programu namodeloval stejně jako v případě střešních ztužidel v zázemí. Navrhnul jsem taktéž jednopramenná vinutá lana firmy Macalloy. Jednotlivé lana jsem vložil v zavětrovacích polích mezi vaznice vždy do kříže přes 3 pole. Kontaktní vaznice (200/140), na kterých jsou lana v přípojích zachycena, mají vzhledem k ostatním vaznicím (180/140) delší rozměr v ose Z o 20 mm. Délka ztužidla je 4,965 m v běžném poli a 4,810 m ve vrcholu oblouku.

Vnitřní síly: (prvek 66, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = 35,85 \quad [kN]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$1 \geq ((((\pi \cdot d^2)/4) \cdot f_y) / \gamma_{M0}) / N_{Ed}$$

$$1 \geq ((((\pi \cdot d^2)/4) \cdot 460) / 1,00) / 35850$$

$$d \geq 9,96 \quad [mm] \quad > \text{volím } d = 16 \text{ mm}$$

3.2.4.2 Střešní ztužidlo – materiálové charakteristiky

Materiál:	nerezová ocel	
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_{M0} = 1,00$	[-]
Mez kluzu.:	$f_y = 0,460$	[GPa]
Mez pevnosti.:	$f_u = 0,610$	[GPa]
Modul pružnosti:	$E = 107$	[GPa]

3.2.4.3 Střešní ztužidlo – průřezové a geometrické charakteristiky

Průměr průřezu:	$d = 0,0160$	[m]
Plocha průřezu:	$A = 0,000201$	[m ²]
Moment setrvačnosti k ose Y:	$I_y = 3,15 \cdot 10^{-9}$	[m ⁴]
Moment setrvačnosti k ose Z:	$I_z = 3,15 \cdot 10^{-9}$	[m ⁴]
Poloměr setrvačnosti k ose Y:	$i_y = 0,004$	[m]
Poloměr setrvačnosti k ose Z:	$i_z = 0,004$	[m]

Pružný průřezový modul k ose Y: $W_{el,y} = 3,94 \cdot 10^{-7} \text{ [m}^3\text{]}$

Pružný průřezový modul k ose Z: $W_{el,z} = 3,94 \cdot 10^{-7} \text{ [m}^3\text{]}$

3.2.4.4 Střešní ztužidlo – posouzení MSU

TABULKA Č.61: Obálka vnitřních sil – střešní ztužidlo (sportoviště)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]
ocelové táhlo (sportoviště)67	P3 - RD20	0,000	MSU - 13	-0,03
ocelové táhlo (sportoviště)66	P3 - RD20	0,000	MSU - 13	35,85

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (prvek 66, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed} = 35,85 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,d} = (N_{Ed}/A)/\gamma_{M0}$$

$$\sigma_{t,d} = (35850/201)/1,00$$

$$\sigma_{t,d} = 178,36 \text{ [MPa]}$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{t,d} \leq f_y$$

$$178,36 \leq 460,00 \text{ [MPa]} \quad \text{průměr } d = 16 \text{ mm na tah vyhovuje (38,8\%)}$$

3.2.4.5 Střešní ztužidlo – posouzení MSP

TABULKA Č.62: Obálka vnitřních sil – střešní ztužidlo (sportoviště)

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]
ocelové táhlo (sportoviště)67	P3 - RD20	0,000	MSP - 14	-0,02
ocelové táhlo (sportoviště)66	P3 - RD20	0,000	MSP - 15	23,52

Okamžité protažení

Vnitřní síly: (prvek 66, kombinace: MSP – 15)

$$N_{Ed} = 23,52 \text{ [kN]}$$

Hodnota okamžitého protažení:

$$W_{inst,c} = (N_{Ek} \cdot L/E \cdot A)$$

$$W_{inst,c} = (23,520 \cdot 4965/107 \cdot 201)$$

$$W_{inst,c} = 5,43 \text{ [mm]}$$

Posouzení okamžitého protažení:

$$W_{inst,c} \leq L/500$$

$$5,43 \leq 4965/500$$

$$5,43 \leq 9,93 \text{ [mm]} \quad \text{průměr } d = 16 \text{ mm na okamžité protažení vyhovuje (54,7 \%)}$$

3.2.5 Základová patka (krajní)

Jedná se o krajní základové patky pod žb. pilíři, na kterých jsou uloženy krajní obloukové vazníky. Horní hrana základových patek leží 0,400 m pod úrovní terénu. V místech uložení obloukové konstrukce vyvozuje velké vodorovné síly $V_{E,y,i}$. Bylo by na místě žb. pilíře sepnout ocelovým táhlem. Podívám-li se na půdorysné uspořádání základů, je na první pohled zřejmé, že by táhlo procházelo skrze základový pas, který se nachází pod štítovými sloupy. Z tohoto důvodu zde variantu s použitím ocelového táhla zavrhnuji. Nejedná se o moc ekonomické řešení, ale vzhledem k tomu, že je řeč pouze o 4 patkách z celkového počtu 24 (v rámci sportoviště), tak to není žádná katastrofa. Navíc se jedná o patky krajní. Je jasné, že budou přenášet výrazně menší zatížení, než je tomu u patek mezilehlých.

3.2.5.1 Základová patka (krajní) – materiálové charakteristiky

Ocelová výztuž:

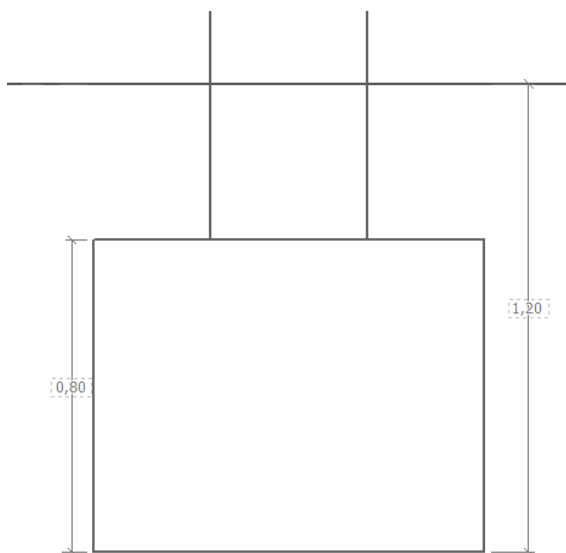
Materiál:	B500
Mez kluzu.:	$f_y = 0,500$ [GPa]
Modul pružnosti:	$E = 210$ [GPa]

Betonová konstrukce:

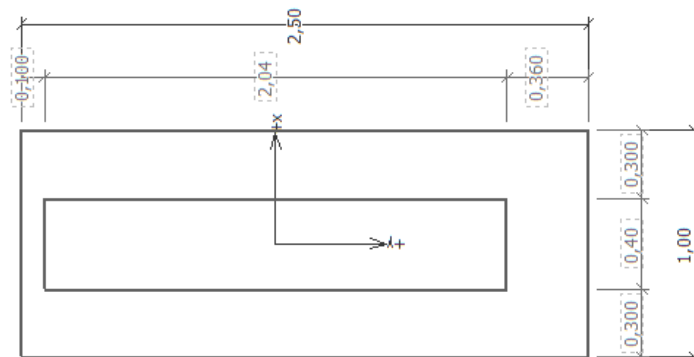
Materiál:	C20/25
Char. pevnost v tlaku:	$f_{c,k} = 0,020$ [MPa]
Char. pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 0,002$ [MPa]
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 30$ [GPa]

3.2.5.2 Základová patka (krajní) – geometrické charakteristiky

Hloubka základové spáry:	$H_z = 1,20$ [m]
Výška základu:	$H = 0,80$ [m]
Šířka základu:	$B = 1,00$ [m]
Délka základu:	$L = 2,50$ [m]



OBRÁZEK Č.42: Řez k. zákl. patkou (spo.)



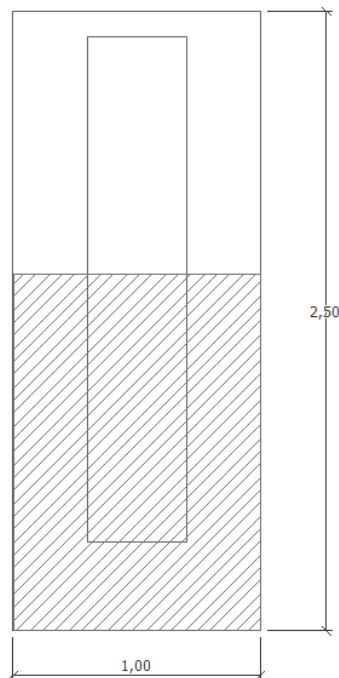
OBRÁZEK Č.43: Půdorys k. zák. patky (spo.)

3.2.5.3 Základová patka (krajní) – posouzení MSU

Při stanovování zatížení jsem bral v potaz i moment $M_{Ed,x}$, který vzniká v důsledku excentricity výslednice zatížení od osy průřezu žb. pilíře v místě uložení (0,46 m).

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 13)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 91,47 \quad [\text{kN}] \\ V_{Ed,y} &= 64,92 \quad [\text{kN}] \\ V_{Ed,x} &= 6,03 \quad [\text{kN}] \\ M_{Ed,y} &= 5,15 \quad [\text{kNm}] \\ M_{Ed,x} &= 42,08 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$



Posouzení únosnosti patky - 1.MS
Výpočet proveden pro ZS číslo 1. (Návrhové zatížení)
Posouzení svislé únosnosti
Tvar kontaktního napětí : obdélník

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 152,64 \text{ kPa}$
Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 108,13 \text{ kPa}$
Svislá únosnost **VYHOVUJE**

Posouzení excentricity zatížení
Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,002 < 0,330$
Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,212 < 0,330$
Max. prostorová excentricita $e_t = 0,212 < 0,330$
Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Posouzení vodorovné únosnosti
Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 88,97 \text{ kN}$
Extrémní horizontální síla $H = 65,29 \text{ kN}$
Vodorovná únosnost **VYHOVUJE**
Únosnost základu **VYHOVUJE**

Výpočet:

Vodorovná únosnost

Zemní odpor :

Posouzení

SVISLÁ ÚNOSNOST :
VYHOVUJE (70,8%)

VODOROVNÁ ÚNOS. :
VYHOVUJE (73,4%)

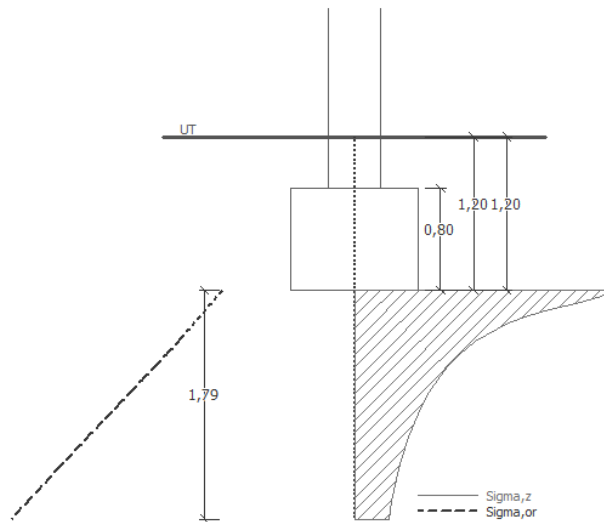
OBRÁZEK Č.44: GEO5 - posudek MSÚ krajní patky (sportoviště)

Navržená patka 2500x1000x800 [mm] ve vodorovném i ve svislém směru vyhovuje (73,4%,70,8%)

3.2.5.4 Základová patka (krajní) – posouzení MSP

Vnitřní síly: (kombinace: MSP – 13)

$$\begin{aligned} N_{Ek} &= 67,76 \quad [\text{kN}] \\ V_{Ek,y} &= 48,09 \quad [\text{kN}] \\ V_{Ek,x} &= 5,12 \quad [\text{kN}] \\ M_{Ek,y} &= 3,81 \quad [\text{kNm}] \\ M_{Ek,x} &= 31,17 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$



Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn. $E_{def} = 31,02 \text{ MPa}$
 Základ je ve směru délky tuhý ($k=495,16$)
 Základ je ve směru šířky tuhý ($k=31,69$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,002 < 0,330$
 Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,185 < 0,330$
 Max. prostorová excentricita $e_t = 0,185 < 0,330$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 1,5 mm
 Hloubka deformační zóny = 1,79 m
 Natočení ve směru x = 0,013 (\tan^*1000); ($7,5E-04^\circ$)
 Natočení ve směru y = 0,815 (\tan^*1000); ($4,7E-02^\circ$)

Výpočet:

Charakteristické zatížení

Geostatické napětí v základové spáře

Redukční součinitel výpočtu sedání
 Uvažovat vliv hloubky založení (κ_1)

OBRÁZEK Č.45: GEO5 - posudek MSP krajní patky (sportoviště)

Navržená patka 2500x1000x800 [mm] z hlediska max. povoleného sednutí (10mm) vyhovuje (15,0%)

3.2.6 Základová patka (mezilehlá)

Jedná se o mezilehlé základové patky pod žb. pilíři, na kterých jsou uloženy vnitřní obloukové vazníky. Horní hrana základových patek leží 0,400 m pod úrovní terénu. V místech uložení oblouková konstrukce vyvozuje velké posouvací síly $V_{E,y,i}$. Abych předešel nadměrným rozměrům základové konstrukce, rozhodl jsem se tyto síly zachytit ocelovými táhly, které jsou uchyceny mezi žb. pilíře a vedeny 0,325 m pod úrovní terénu. Jedná se o konstrukční variantu, která je podle mě i více na straně bezpečnosti uvážíme-li, že během životnosti může docházet k výkopům poblíž základů, nebo ke zhoršení pevnostních parametrů okolní zeminy (vlhkost).

3.2.6.1 Základová patka (mezilehlá) – materiálové charakteristiky

Ocelová výztuž:

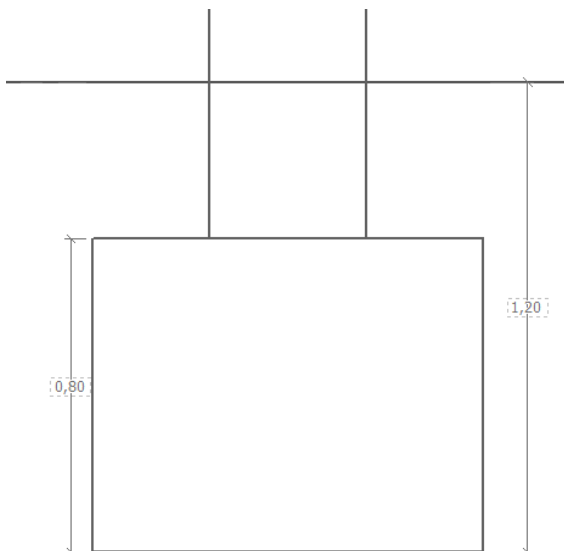
Materiál:	B500
Mez kluzu:	$f_y = 0,500$ [GPa]
Modul pružnosti:	$E = 210$ [GPa]

Betonová konstrukce:

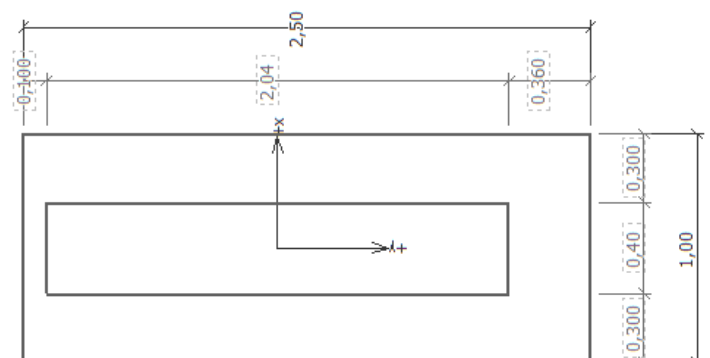
Materiál:	C20/25
Char. pevnost v tlaku:	$f_{c,k} = 0,020$ [MPa]
Char. pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 0,002$ [MPa]
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 30$ [GPa]

3.2.6.2 Základová patka (mezilehlá) – geometrické charakteristiky

Hloubka základové spáry:	$H_z = 1,20$ [m]
Výška základu:	$H = 0,80$ [m]
Šířka základu:	$B = 1,00$ [m]
Délka základu:	$L = 2,50$ [m]



OBRÁZEK Č.46: Řez m. z. patkou (spo.)



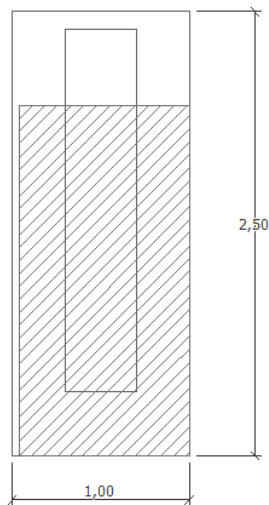
OBRÁZEK Č.47: Půdorys m. z. patky (spo.)

3.2.6.3 Základová patka (mezilehlá) – posouzení MSU

Při stanovování zatížení jsem bral v potaz i moment $M_{Ed,x}$, který vzniká v důsledku excentricity výslednice zatížení od osy průřezu žb. pilíře v místě uložení (0,46 m).

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 21)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 313,21 \text{ [kN]} \\ V_{Ed,y} &= (271,04) \text{ [kN]} \\ V_{Ed,x} &= 26,50 \text{ [kN]} \\ M_{Ed,y} &= 12,59 \text{ [kNm]} \\ M_{Ed,x} &= 144,70 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$



Posouzení únosnosti patky - 1.MS

Posouzení svislé únosnosti

Tvar kontaktního napětí : obdélník

Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 255,39 \text{ kPa}$

Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 208,98 \text{ kPa}$

Svislá únosnost **VYHOVUJE**

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,023 < 0,333$

Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,110 < 0,333$

Max. prostorová excentricita $e_t = 0,113 < 0,333$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Posouzení vodorovné únosnosti

Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Horizontální únosnost základu $R_{dh} = 208,62 \text{ kN}$

Extrémní horizontální síla $H = 26,50 \text{ kN}$

Vodorovná únosnost **VYHOVUJE**

Únosnost základu **VYHOVUJE**

Výpočet:

Automaticky vybírat maxima

Svislá únosnost

Tvar kontakt. napětí:

Vodorovná únosnost

Zemní odpor:

Posouzení

SVISLÁ ÚNOSNOST :
VYHOVUJE (81,8%)

VODOROVNÁ ÚNOS. :
VYHOVUJE (12,7%)

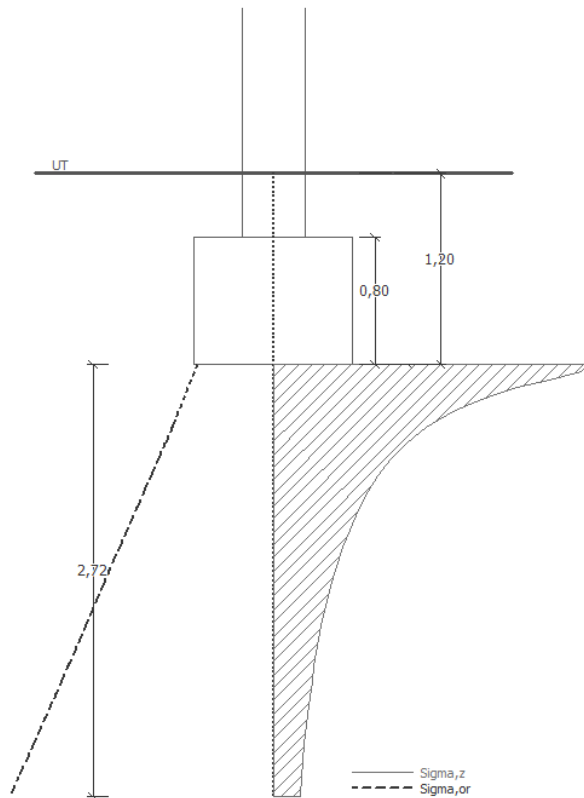
OBRÁZEK Č.48: GEO5 - posudek MSÚ mezilehlé patky (sportoviště)

Navržená patka 2500x1000x800 [mm] ve vodorovném i ve svislém směru vyhovuje (12,7%,81,8%)

3.2.6.4 Základová patka (mezilehlá) – posouzení MSP

Vnitřní síly: (kombinace: MSP – 21)

$$\begin{aligned} N_{Ek} &= 232,01 \text{ [kN]} \\ V_{Ek,y} &= (200,77) \text{ [kN]} \\ V_{Ek,x} &= 19,63 \text{ [kN]} \\ M_{Ek,y} &= 9,33 \text{ [kNm]} \\ M_{Ek,x} &= 107,20 \text{ [kNm]} \end{aligned}$$



Sednutí a natočení základu - výsledky

Tuhost základu:

Průměrný modul přetvárn. $E_{def} = 33,89 \text{ MPa}$
 Základ je ve směru délky tuhý ($k=453,29$)
 Základ je ve směru šířky tuhý ($k=29,01$)

Posouzení excentricity zatížení

Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,022 < 0,333$
 Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,104 < 0,333$
 Max. prostorová excentricita $e_t = 0,106 < 0,333$

Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Celkové sednutí a natočení základu:

Sednutí základu = 3,4 mm
 Hloubka deformační zóny = 2,72 m
 Natočení ve směru x = 0,283 (\tan^*1000); ($1,6E-02$ °)
 Natočení ve směru y = 1,000 (\tan^*1000); ($5,7E-02$ °)

Výpočet:

Automaticky vybírat maxima

Geostatické napětí v základové spáře

uvažováno od původního terénu

Redukční součinitel výpočtu sedání

Uvažovat vliv hloubky založení (κ_1)

OBRÁZEK Č.49: GEO5 - posudek MSP mezilehlé patky (sportoviště)

Navržená patka 2500x1000x800 [mm] z hlediska max. povoleného sednutí (10mm) vyhovuje (34,0%)

3.2.7 Základový pas

Jedná se o základové pasy, na kterých jsou uloženy štítové sloupy. Horní hrana základových pasů leží 0,300 m nad úrovní terénu.

3.2.7.1 Základový pas – materiálové charakteristiky

Ocelová výztuž:

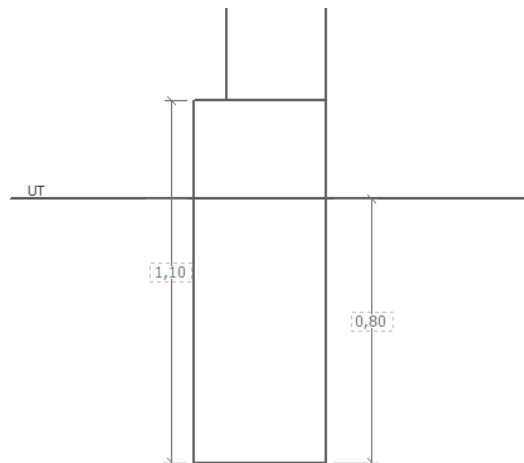
Materiál:	B500
Mez kluzu.:	$f_y = 0,500$ [GPa]
Modul pružnosti:	$E = 210$ [GPa]

Betonová konstrukce:

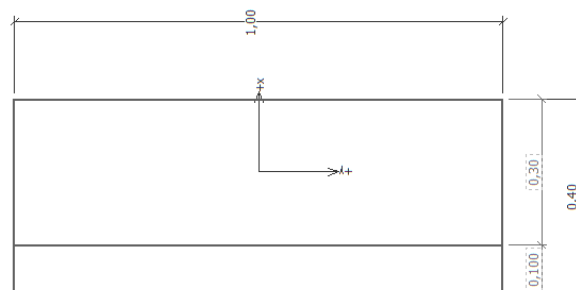
Materiál:	C20/25
Char. pevnost v tlaku:	$f_{c,k} = 0,020$ [MPa]
Char. pevnost v tahu:	$f_{ctm} = 0,002$ [MPa]
Modul pružnosti:	$E_{cm} = 30$ [GPa]

3.2.7.2 Základový pas – geometrické charakteristiky

Hloubka základové spáry:	$H_z = 0,80$ [m]
Výška základu:	$H = 1,10$ [m]
Šířka základu:	$B = 0,40$ [m]
Délka základu:	$L = -$ [m]



OBRÁZEK Č.50: Řez základovým pasem (sportoviště)

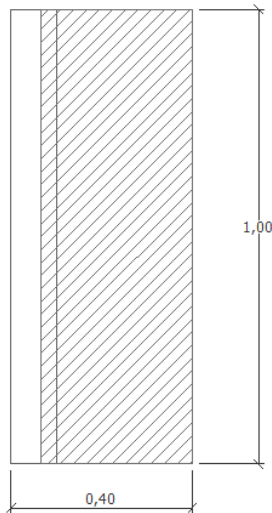


OBRÁZEK Č.51: Půdorys základového pasu (sportoviště)

3.2.7.3 Základový pas – posouzení MSU

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 04)

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 28,33 & [\text{kN}] \\ V_{Ed,y} &= 0,00 & [\text{kN}] \\ V_{Ed,x} &= 0,00 & [\text{kN}] \\ M_{Ed,y} &= 0,00 & [\text{kNm}] \\ M_{Ed,x} &= 0,00 & [\text{kNm}] \end{aligned}$$



Posouzení únosnosti patky - 1.MS
Posouzení svislé únosnosti
 Tvar kontaktního napětí : obdélník
 Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Výpočtová únosnost zákl. půdy $R_d = 297,62 \text{ kPa}$
 Extrémní kontaktní napětí $\sigma = 129,13 \text{ kPa}$
 Svislá únosnost **VYHOVUJE**

Posouzení excentricity zatížení
 Max. excentricita ve směru délky patky $e_x = 0,090 < 0,333$
 Max. excentricita ve směru šířky patky $e_y = 0,000 < 0,333$
 Max. prostorová excentricita $e_t = 0,090 < 0,333$
 Excentricita zatížení základu **VYHOVUJE**

Posouzení vodorovné únosnosti
 Nejnepriznivější zatěžovací stav číslo 1. (Návrhové zatížení)

Horizontální únosnost základu $R_{dH} = 22,29 \text{ kN}$
 Extrémní horizontální síla $H = 0,00 \text{ kN}$
 Vodorovná únosnost **VYHOVUJE**
 Únosnost základu **VYHOVUJE**



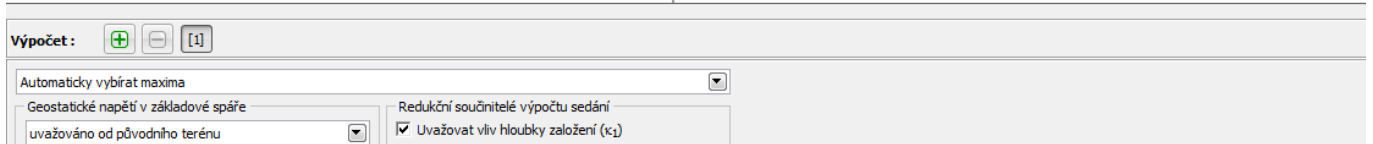
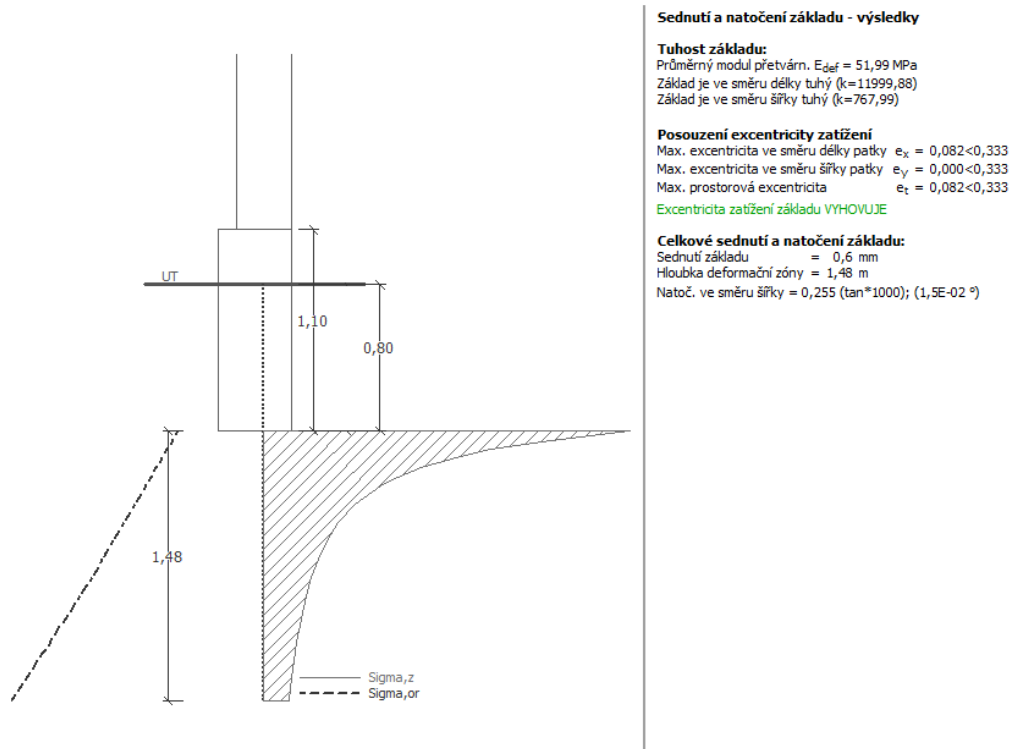
OBRÁZEK Č.52: GEO5 - posudek MSÚ pasu (sportoviště)

Navržený pas 400x1000x1100 [mm] ve vodorovném i ve svislém směru vyhovuje (0,0%,43,4%)

3.2.7.4 Základový pas – posouzení MSP

Vnitřní síly: (kombinace: MSP – 04)

$$\begin{aligned} N_{Ek} &= 20,99 & [\text{kN}] \\ V_{Ek,y} &= 0,00 & [\text{kN}] \\ V_{Ek,x} &= 0,00 & [\text{kN}] \\ M_{Ek,y} &= 0,00 & [\text{kNm}] \\ M_{Ek,x} &= 0,00 & [\text{kNm}] \end{aligned}$$



OBRÁZEK Č.53: GEO5 - posudek MSP pasu (sportoviště)

Navržený pas 400x1000x1100 [mm] z hlediska max. povoleného sednutí (10mm) vyhovuje (6,0%)

3.2.8 Základové táhlo

3.2.8.1 Základové táhlo – statický model a návrh průřezu

Táhlo mezi základy navrhuji ze sedmi sedmipramencových lan LP 15,7 z vysokopevnostní ocele 1570/1770 uložených jako jeden kabel. Délka těchto lan je 38,29 m.

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 21)

$$V_{Ed,y} = 271,04 \quad [\text{kN}]$$

Přibližný odhad potřebné dimenze prvku:

$$1 \geq \frac{(((\pi \cdot d^2)/4) \cdot f_y) / \gamma_{M0}}{2 \cdot V_{Ed,y}}$$

$$1 \geq \frac{(((\pi \cdot d^2)/4) \cdot 1570) / 1,00}{2 \cdot 271040}$$

$$d \geq 29,66 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } 7 \cdot d = 15,7 \text{ mm (chci zamezit nadměrnému protažení)}$$

3.2.8.2 Základové táhlo – materiálové charakteristiky

Materiál:	vysokopevnostní ocel
Součinitel spol. materiálu:	$\gamma_{M0} = 1,00 \quad [-]$
Mez kluzu.:	$f_y = 1,570 \quad [\text{GPa}]$
Mez pevnosti.:	$f_u = 1,770 \quad [\text{GPa}]$
Modul pružnosti:	$E = 195 \quad [\text{GPa}]$

3.2.8.3 Základové táhlo – geometrické charakteristiky

Průměr průřezu:	$d = 0,0157 \quad [\text{m}]$
Plocha průřezu:	$A = 0,000193 \quad [\text{m}^2]$
Délka táhla:	$L = 38,290 \quad [\text{m}]$

3.2.8.4 Základové táhlo – posouzení MSU

Posouzení na tah

Vnitřní síly: (kombinace: MSU – 21)

$$V_{Ed,y} = 271,04 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí v tahu:

$$\sigma_{t,d} = \frac{(2 \cdot V_{Ed,y} / n \cdot A) / \gamma_{M0}}$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{(2 \cdot 271040 / 7 \cdot 193) / 1,00}$$

$$\sigma_{t,d} = 401,25 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení průřezu na tah:

$$\sigma_{t,d} \leq f_y$$

$$401,25 \leq 1570 \quad [\text{MPa}] \quad \text{průměr } 7 \cdot d = 15,7 \text{ mm na tah vyhovuje (25,6\%)}$$

3.2.8.5 Základové táhlo – posouzení MSP

Okamžité protažení

Vnitřní síly: (kombinace: MSP – 21)

$$V_{Eky} = 200,77 \quad [\text{kN}]$$

Hodnota okamžitého protažení:

$$W_{inst,c} = (2 \cdot V_{Eky} \cdot L / E \cdot n \cdot A)$$

$$W_{inst,c} = (2 \cdot 200770 \cdot 38290 / 195000 \cdot 7 \cdot 193)$$

$$W_{inst,c} = 58,4 \quad [\text{mm}]$$

Posouzení okamžitého protažení:

$$W_{inst,c} \leq L/500$$

$$58,40 \leq 38290/500$$

$$58,40 \leq 76,58 \quad [\text{mm}] \quad \text{průměr } 7 \cdot d = 15,7 \text{ mm na okamžité protažení vyhovuje (76,2\%)}$$

4. NÁVRH A POSOUZENÍ KONSTRUKČNÍCH SPOJŮ:

4.1 Celek A – zázemí

Řešení přípojů v rámci celku A (zázemí) jsem z diplomové práce vypustil. Princip výpočtů by byl velmi podobný, jak je tomu v případě řešených konstrukčních spojů u celku B (sportoviště).

4.2 Celek B – sportoviště

V případě celku B jsem navrhnul a posoudil celkem 4 přípoje. Zaměřil jsem se především na návrh spojovacích prostředků kolíkového typu (nejslabší článek přípojů) a ocelových plechů. Svary jsem neposuzoval. Předpokládám, že by se po obvodech ocelových styků použily koutové svary účinné výšky $a=4$ mm.

4.2.1 Přípoj vaznice se ztužidlem k obloukovému vazníku

Aby přípoj fungoval alespoň částečně jako kloub, musí mu být umožněno jeho natočení. Proto navrhuji vaznice z každé strany zkrátit min. o 10 mm.

4.2.1.1 Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – materiálové charakteristiky

Svorníky:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,c} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,c} = 510$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M2} = 1,25$	[-]

Plechý:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,p} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,p} = 510$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M0} = 1,00$	[-]

Vrutý:

Materiál:	ocel 8.8	
Mez kluzu:	$f_{y,b1} = 640$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,b1} = 800$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M2} = 1,25$	[-]

Šrouby:

Materiál:	ocel 8.8	
Mez kluzu:	$f_{y,b1} = 640$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,b1} = 800$	[MPa]

Vazník:

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL24h	
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_M = 1,25$	[-]
	$K_{mod} = 0,9$	[-]
Hustota:	$\rho_{k1} = 380$	[kg/m ³]

Vaznice:

Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_M = 1,30$	[-]
	$K_{mod} = 0,9$	[-]
Hustota:	$\rho_{k2} = 350$	[kg/m ³]

4.2.1.2 Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – posouzení svorníkového spoje

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy Z:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,p} \cdot d^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^2$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům (předvrtané otvory):

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k2}) / ((1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 350) / ((1,35 + 0,015 \cdot 6) \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90)$$

$$F_{h,90,k} = 18,73 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rk1} = \min. (0,5 \cdot F_{h,90,k} \cdot t_2 \cdot d) \\ (2,3 \cdot (M_{y,Rk} \cdot F_{h,90,k} \cdot d)^{0,5}) \\ (\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$F_{v,Rk1} = \min. (0,5 \cdot 18,73 \cdot 140 \cdot 6) \\ (2,3 \cdot (25000 \cdot 18,73 \cdot 6)^{0,5}) \\ (1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 8 \cdot 6)$$

$$F_{v,Rk1} = \min. (7866) \\ (3855) \\ (61200)$$

$$F_{v,Rk1} = 3,85 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost svorníkového spoje ve stříhu ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd} = (2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd} = (2 \cdot 4 \cdot 3,85 \cdot 0,9 / 1,30)$$

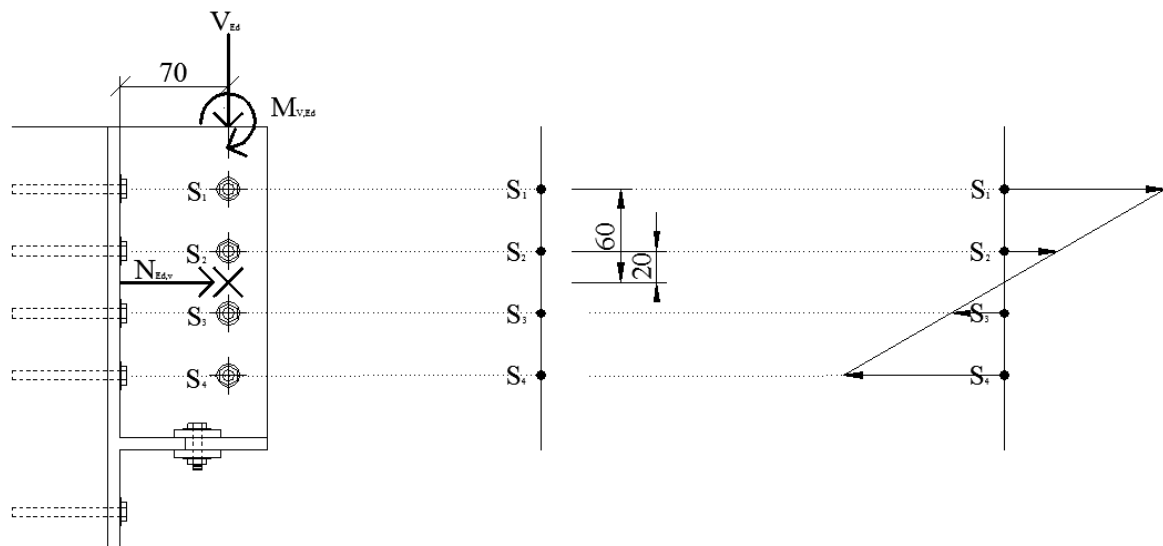
$$F_{v,Rd} = 21,32 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd} \geq V_{Ed,z}$$

$$21,32 \geq 6,83 \quad [\text{MPa}] \quad \text{svorník (d=6 mm) po 4 ks na stříh vyhovuje (32,0\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy X:



OBRÁZEK Č.54: Přípoj vaz. se z. k obl. vazníku – schéma znázorňující namáhání svor.ve směru X

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,x} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Výpočet osových sil $N_{V,Ed,i}$ od ohybového momentu $M_{V,Ed}$:

$$N_{V,Ed,1} = M_{V,Ed} \cdot R_1 / 2 \cdot (R_1^2 + R_2^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 6830 \cdot 70 \cdot 60 / 2 \cdot (60^2 + 20^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 3,60 \quad [\text{kN}]$$

$$N_{V,Ed,2} = M_{V,Ed} \cdot R_2 / 2 \cdot (R_1^2 + R_2^2)$$

$$N_{V,Ed,2} = 6830 \cdot 70 \cdot 20 / 2 \cdot (60^2 + 20^2)$$

$$N_{V,Ed,2} = 1,20 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,p} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny (předvrtané otvory):

$$F_{h,0k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k2})$$

$$F_{h,0k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 350)$$

$$F_{h,0k} = 26,97 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh ve směru osy X:

$$F_{v,Rk1} = \min. (0,5 \cdot F_{h,0k} \cdot t_2 \cdot d) \\ (2,3 \cdot (M_{y,rk} \cdot F_{h,0k} \cdot d)^{0,5}) \\ (\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$F_{v,Rk1} = \min. (0,5 \cdot 26,97 \cdot 140 \cdot 6) \\ (2,3 \cdot (25000 \cdot 26,97 \cdot 6)^{0,5}) \\ (1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 8 \cdot 6)$$

$$F_{v,Rk1} = \min. (11327) \\ (4626) \\ (61200)$$

$$F_{v,Rk1} = 4,62 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost svorníkového spoje ve stříhu ve směru osy X:

$$F_{N,Rd} = (2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{N,Rd} = (2 \cdot 4 \cdot 4,62 \cdot 0,9 / 1,30)$$

$$F_{N,Rd} = 25,58 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy X:

$$F_{N,Rd} \geq N_{Ed,x} + \sum N_{V,Ed,i}$$

$$F_{N,Rd} \geq 6,83 + 2 \cdot (3,60 + 1,20)$$

$$25,58 \geq 16,43 \quad [\text{MPa}] \quad \text{svorník (d=6 mm) po 4ks na stříh vyhovuje (64,2\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje na kombinaci stříhu v ose Z a X:

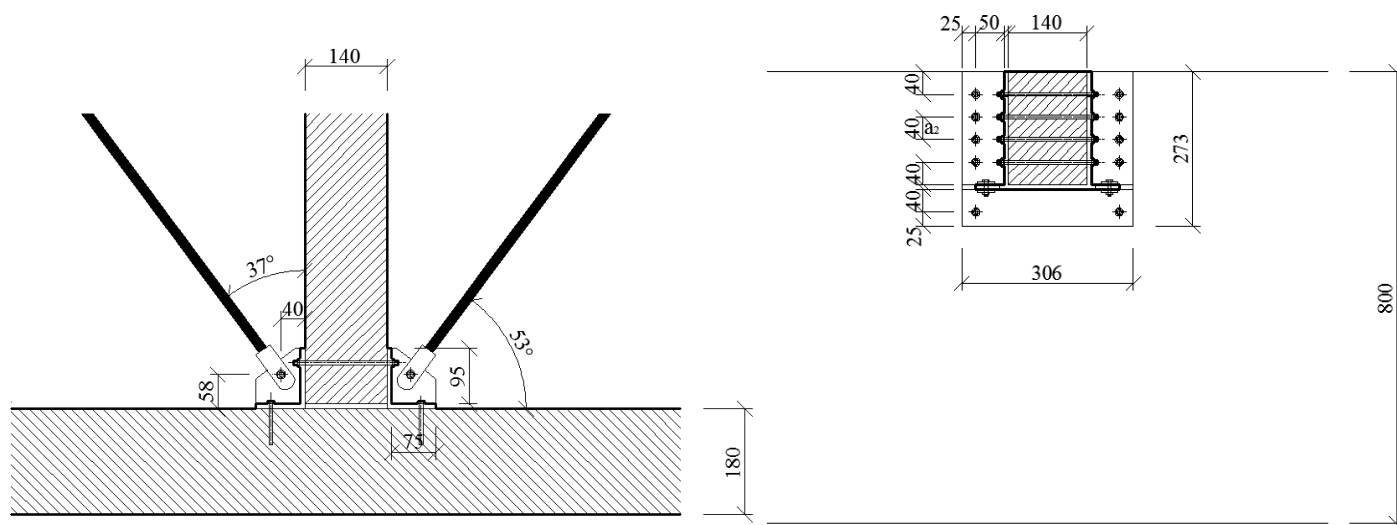
$$1,00 \geq ((N_{Ed,x} + \sum N_{V,Ed,i})^2 + (V_{Ed,z} / F_{v,Rd})^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq ((16,43 / 25,58)^2 + (6,83 / 21,32)^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq 0,718 \quad [-] \quad \text{svorníkový spoj na kombinaci } V_{Ed,z} + N_{Ed,x} \text{ vyhovuje (71,8\%)}$$

4.2.1.3 Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – posouzení vrutového spoje

Průměr vrtu:	d	$=$	6	[mm]	
Délka vrtu:	l_v	$=$	80	[mm]	
Tloušťka plechů:	t_1	$=$	8	[mm]	
Tloušťka vazníku :	t_3	$=$	180	[mm]	
Nutné min. vzdálenosti sp.prvků :	a_2	$=$	$4 \cdot d$		
	a_2	$=$	24		> volím 40 mm
	$a_{3,t}$	$=$	$7 \cdot d$		
	$a_{3,t}$	$=$	42		> volím 40 mm
	$a_{4,t}$	$=$	$4 \cdot d$		
	$a_{4,t}$	$=$	24		> volím 40 mm
	$a_{4,c}$	$=$	$3 \cdot d$		
	$a_{4,c}$	$=$	18		> volím 25 mm



OBRÁZEK Č.55: Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – řez osou svorníků a vrtů

Posouzení vrutového spoje na sřih ve směru osy Z:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti vrtu:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,b} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům (předvrtané otvory):

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k1}) / ((1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 380) / ((1,35 + 0,015 \cdot 6) \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90)$$

$$F_{h,90,k} = 20,34 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho vrtu pro jeden sřih ve směru osy Z:

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (F_{h,90,k} \cdot l_{v,ef} \cdot d \cdot ((2 + (4 \cdot M_{y,rk} / F_{h,90,k} \cdot l_{v,ef}^2 \cdot d))^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (M_{y,rk} \cdot F_{h,90,k} \cdot d)^{0,5})$$

$$(F_{h,90,k} \cdot l_{v,ef} \cdot d)$$

$$(\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (20,34 \cdot 72 \cdot 6 \cdot ((2 + (4 \cdot 25000 / 20,34 \cdot 72^2 \cdot 6))^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (25000 \cdot 20,34 \cdot 6)^{0,5})$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. \begin{matrix} (20,34 \cdot 72 \cdot 6) \\ (1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 8 \cdot 6) \\ (4121) \\ (4017) \\ (8786) \\ (61200) \end{matrix}$$

$$F_{v,Rk1,z} = 4,01 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost vrutového spoje ve stříhu ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd,z} = (n \cdot F_{v,Rk1,z} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd,z} = (10 \cdot 4,01 \cdot 0,9 / 1,25)$$

$$F_{v,Rd,z} = 28,87 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení vrutového spoje na stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd,z} \geq V_{Ed,z}$$

$$28,87 \geq 6,83 \quad [\text{kN}] \quad \text{vrut (d=6 mm, l_v=80 mm) po 10ks na stříh vyhovuje (23,7\%)}$$

Posouzení vrutového spoje na stříh ve směru osy Y:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,t} = 35,85 \quad [\text{kN}]$$

(v případě čistě podélného, nebo příčného větru je vždy v 1 přípoji aktivováno jen 1 táhlo)

$$> N_{Ed,t,y} = N_{Ed,t} \cdot \cos \alpha$$

$$N_{Ed,t,y} = 35,85 \cdot \cos 53,1$$

$$N_{Ed,t,y} = 21,53 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti vrutu:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,b} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otačení rovnoběžně s vlákny (předvrtané otvory):

$$F_{h,0,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k1})$$

$$F_{h,0,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 380)$$

$$F_{h,0,k} = 29,29 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho vrutu pro jeden stříh ve směru osy Y:

$$F_{v,Rk1,y} = \min. (F_{h,0,k} \cdot l_{v,ef} \cdot d \cdot ((2 + (4 \cdot M_{y,rk} / F_{h,0,k} \cdot l_{v,ef}^2 \cdot d))^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (M_{y,rk} \cdot F_{h,0,k} \cdot d)^{0,5})$$

$$(F_{h,0,k} \cdot l_{v,ef} \cdot d)$$

$$(\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$F_{v,Rk1,y} = \min. (29,29 \cdot 72 \cdot 6 \cdot ((2 + (4 \cdot 25000 / 29,29 \cdot 72^2 \cdot 6))^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (25000 \cdot 29,29 \cdot 6)^{0,5})$$

$$(29,29 \cdot 72 \cdot 6)$$

$$(1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 8 \cdot 6)$$

$$F_{v,Rk1,y} = \min. (5725)$$

$$(4920)$$

$$(12653)$$

$$(61200)$$

$$F_{v,Rk1,y} = 4,92 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost vrutového spoje ve stříhu ve směru osy Y:

$$F_{v,Rd,y} = (n \cdot F_{v,Rk1,y} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd,y} = (10 \cdot 4,92 \cdot 0,9 / 1,25)$$

$$F_{v,Rd,y} = 35,42 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení vrutového spoje na stříh ve směru osy Y:

$$F_{v,Rd,y} \geq N_{Ed,t,y}$$

$$35,42 \geq 21,53 \quad [\text{kN}] \quad \text{vrut (d=6 mm, l}_v=80 \text{ mm) po 10ks na stříh vyhovuje (60,8\%)}$$

Posouzení vrutového spoje na vytržení ve směru osy X:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,x} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

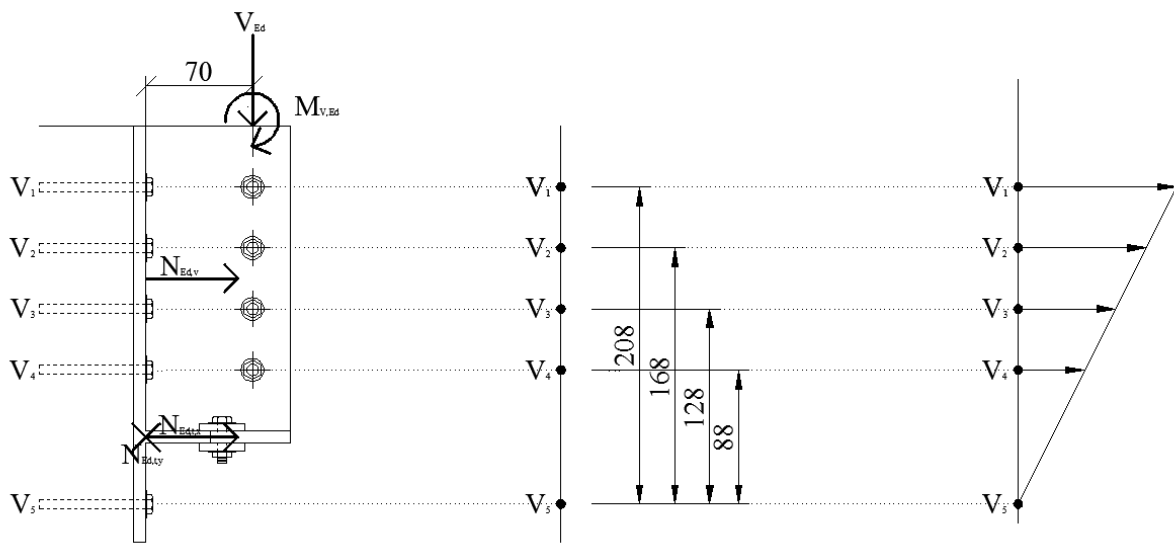
$$N_{Ed,t} = 35,85 \quad [\text{kN}]$$

(v případě čistě podélného, nebo příčného větru je vždy v 1 přípoji aktivováno jen 1 táhlo)

$$> N_{Ed,t,x} = N_{Ed,t} \cdot \sin \alpha$$

$$N_{Ed,t,x} = 35,85 \cdot \sin 53,1$$

$$N_{Ed,t,x} = 28,67 \quad [\text{kN}]$$



OBRAZEK Č.56: Přípoj vaz. se z. k obl. vazníku – schéma znázorňující namáhání vrutů ve směru X

Výpočet osových sil $N_{V,Ed,i}$ od ohybového momentu $M_{V,Ed}$:

$$N_{V,Ed,1} = M_{V,Ed} \cdot R_1 / (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 3415 \cdot 70 \cdot 208 / (208^2 + 168^2 + 128^2 + 88^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 0,52 \quad [\text{kN}]$$

$$N_{V,Ed,2} = M_{V,Ed} \cdot R_2 / (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2)$$

$$N_{V,Ed,2} = 3415 \cdot 70 \cdot 168 / (208^2 + 168^2 + 128^2 + 88^2)$$

$$N_{V,Ed,2} = 0,42 \quad [\text{kN}]$$

$$N_{V,Ed,3} = M_{V,Ed} \cdot R_3 / (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2)$$

$$N_{V,Ed,3} = 3415 \cdot 70 \cdot 128 / (208^2 + 168^2 + 128^2 + 88^2)$$

$$N_{V,Ed,3} = 0,32 \quad [\text{kN}]$$

$$N_{V,Ed,4} = M_{V,Ed} \cdot R_4 / (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2)$$

$$N_{V,Ed,4} = 3415 \cdot 70 \cdot 88 / (208^2 + 168^2 + 128^2 + 88^2)$$

$$N_{V,Ed,4} = 0,22 \quad [\text{kN}]$$

Charakteristická pevnost na vytržení (předvrtané otvory):

$$F_{ax,90,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{k1}^{1,5}$$

$$F_{ax,90,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 380^{1,5}$$

$$F_{ax,90,k} = 26,66 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho vrutu na vytržení v ose X:

$$F_{t,Rk1,x} = \min. ((F_{ax,90,k} / \sin^2 \alpha + 1,5 \cdot \cos^2 \alpha) \cdot (\pi \cdot d \cdot l_{v,ef})^{0,8})$$

$$F_{t,Rk1,x} = \min. \left(\begin{array}{l} (0,9 \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot f_{u,b}) \\ ((26,66 / \sin^2 90 + 1,5 \cdot \cos^2 90) \cdot (\pi \cdot 6 \cdot 72)^{0,8}) \\ (0,9 \cdot (\pi \cdot 6^2 / 4) \cdot 800) \end{array} \right)$$

$$F_{t,Rk1,x} = \min. \left(\begin{array}{l} (8550) \\ (20357) \end{array} \right)$$

$$F_{t,Rk1,x} = 8,55 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost vrutového spoje na vytržení v ose X:

$$F_{v,Rd,x} = (n \cdot F_{t,Rk1,x} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd,x} = (10 \cdot 8,55 \cdot 0,9 / 1,25)$$

$$F_{v,Rd,x} = 61,56 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení vrutového spoje na vytržení v ose X:

$$F_{v,Rd,x} \geq 2 \cdot (N_{V,Ed,1} + N_{V,Ed,2} + N_{V,Ed,3} + N_{V,Ed,4}) + N_{Ed,t,x} + N_{Ed,x}$$

$$61,56 \geq 2 \cdot (0,52 + 0,42 + 0,32 + 0,22) + 28,67 + 6,83$$

$$61,56 \geq 38,46 \quad [\text{kN}] \quad \text{vrut } (d=6 \text{ mm}, l_v=80 \text{ mm}) \text{ po 10ks na vytržení vyhovuje } (62,5\%)$$

Posouzení vrut. spoje na kombinaci osového a příčného namáhání:

$$1,00 \geq \left((\sum N_{V,Ed,i} + N_{Ed,t,x} + N_{Ed,x} / F_{v,Rd,x})^2 + ((V_{Ed,z} / F_{v,Rd,z}) + (N_{Ed,t,y} / F_{v,Rd,y}))^2 \right)^{0,5}$$

$$1,00 \geq \left((2,96 + 28,67 + 6,83 / 61,56)^2 + ((6,83 / 28,87) + (21,53 / 35,42))^2 \right)^{0,5}$$

$$1,00 \geq 1,050 \quad [-] \quad \text{vrutový spoj na komb. osového a příčného namáhání nevyhovuje}$$

Vrutový spoj na kombinaci osového a příčného namáhání těsně nevyhovuje (5%). Při posuzování spoje jsem nebral v potaz působení ocelového plechu. Dle mého názoru bude moment od posouvající síly V_{Ed} ještě o něco větší (kvůli zvětšené excentricitě od osy otáčení (95 mm)). Navrhuji použít vruty průměru 8 mm.

4.2.1.4 Přípoj vaznice se z. k obl. vazníku – posouzení napojení táhla

Průměr šroubu:	d	=	12	[mm]
Tloušťka plechu:	t ₁	=	8	[mm]

Posouzení šroubu a plechu na otláčení:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,t} = 35,85 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost čepu a plechu:

$$F_{Rd,c} = (1,5 \cdot d \cdot t_2 \cdot f_y) / \gamma_{M0}$$

$$F_{Rd,c} = (1,5 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 355) / 1,00$$

$$F_{Rd,c} = 51,12 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení průřezu na otláčení:

$$F_{Rd,c} \geq N_{Ed,t}$$

$$51,12 \geq 35,85 \quad [\text{kN}] \quad \text{šroub o průměru } d=12 \text{ mm a plech } t_1=8 \text{ mm na otl. vyhovují } (70,1\%)$$

Posouzení šroubu na tah:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,t} = 35,85 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota únosnosti v tahu šroubu:

$$F_{t,Rd} = 0,9 \cdot f_{u,b1} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$F_{t,Rd} = (0,9 \cdot 800 \cdot 84,3) / 1,25$$

$$F_{t,Rd} = 48,55 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení únosnosti šroubu na tah:

$$F_{t,Rd} \geq F_{t,Ed}$$

$$48,55 \geq 35,85 \quad [\text{kN}] \quad \text{šroub o průměru } d=12 \text{ mm na tah vyhovuje (73,8\%)}$$

Posouzení šroubu na stříh

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,t} = 35,85 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota únosnosti šroubu

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot f_{u,b1} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot (0,6 \cdot 800 \cdot 84,3) / 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 64,74 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení únosnosti šroubu na stříh

$$F_{v,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$64,74 \geq 35,85 \quad [\text{kN}] \quad \text{šroub o průměru } d=12 \text{ mm na stříh vyhovuje (55,4\%)}$$

4.2.2 Přípoj běžné vaznice k obloukovému vazníku

Aby přípoj fungoval alespoň částečně jako kloub, musí mu být umožněno jeho natočení. Proto navrhuji běžné vaznice z každé strany zkrátit také min. o 10 mm.

4.2.2.1 Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – materiálové charakteristiky

Svorníky:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,c} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,c} = 510$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M2} = 1,25$	[-]

Plechý:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,p} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,p} = 510$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M0} = 1,00$	[-]

Vruty:

Materiál:	ocel 8.8	
Mez kluzu:	$f_{y,b1} = 640$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,b1} = 800$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M2} = 1,25$	[-]

Vazník:

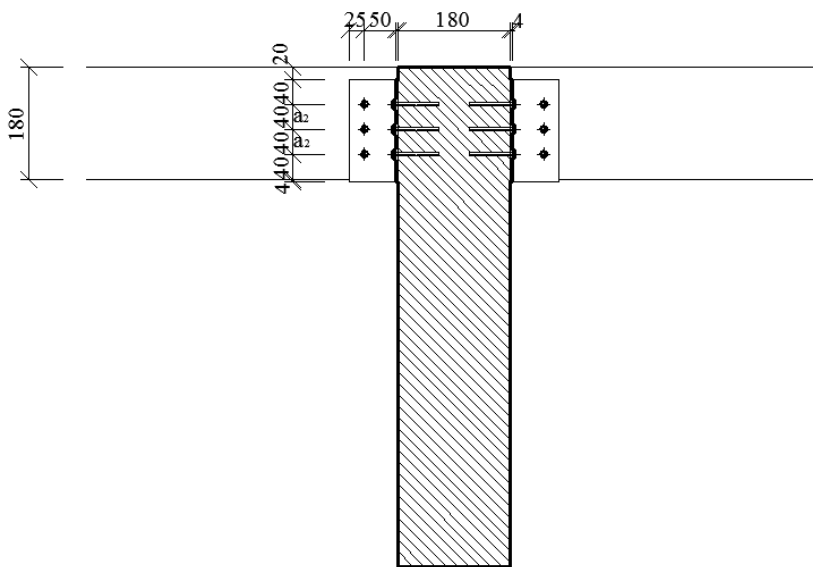
Materiál:	lepené lamelové dřevo GL24h	
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_M = 1,25$	[-]
	$K_{mod} = 0,9$	[-]
Hustota:	$\rho_{k1} = 380$	[kg/m ³]

Vaznice:

Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_M = 1,30$	[-]
	$K_{mod} = 0,9$	[-]
Hustota:	$\rho_{k2} = 350$	[kg/m ³]

4.2.2.2 Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – posouzení svorníkového spoje

Průměr svorníku:	d	$=$	6	[mm]	
Tloušťka plechů :	t_1	$=$	4	[mm]	
Tloušťka vaznice :	t_2	$=$	140	[mm]	
Nutné min. vzdálenosti sp.prvků :	a_2	$=$	$4 \cdot d$		
	a_2	$=$	24		> volím 40 mm
	$a_{3,t}$	$=$	$7 \cdot d$		
	$a_{3,t}$	$=$	42		> volím 50 mm
	$a_{4,t}$	$=$	$4 \cdot d$		
	$a_{4,t}$	$=$	24		> volím 25 mm
	$a_{4,c}$	$=$	$3 \cdot d$		
	$a_{4,c}$	$=$	18		> volím 40 mm



OBRÁZEK Č.57: Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – řez osou vrutů

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy Z:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,p} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům (předvrtané otvory):

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k2}) / ((1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 350) / ((1,35 + 0,015 \cdot 6) \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90)$$

$$F_{h,90,k} = 18,73 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rk1} = \min. (0,5 \cdot F_{h,90,k} \cdot t_2 \cdot d) \\ (2,3 \cdot (M_{y,rk} \cdot F_{h,90,k} \cdot d)^{0,5}) \\ (\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$F_{v,Rk1} = \min. (0,5 \cdot 18,73 \cdot 140 \cdot 6) \\ (2,3 \cdot (25000 \cdot 18,73 \cdot 6)^{0,5}) \\ (1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 4 \cdot 6)$$

$$F_{v,Rk1} = \min. \begin{pmatrix} 7866 \\ 3855 \\ 30600 \end{pmatrix}$$

$$F_{v,Rk1} = 3,85 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost svorníkového spoje ve stříhu ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd} = (2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd} = (2 \cdot 3 \cdot 3,85 \cdot 0,9 / 1,30)$$

$$F_{v,Rd} = 15,99 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd} \geq V_{Ed,z}$$

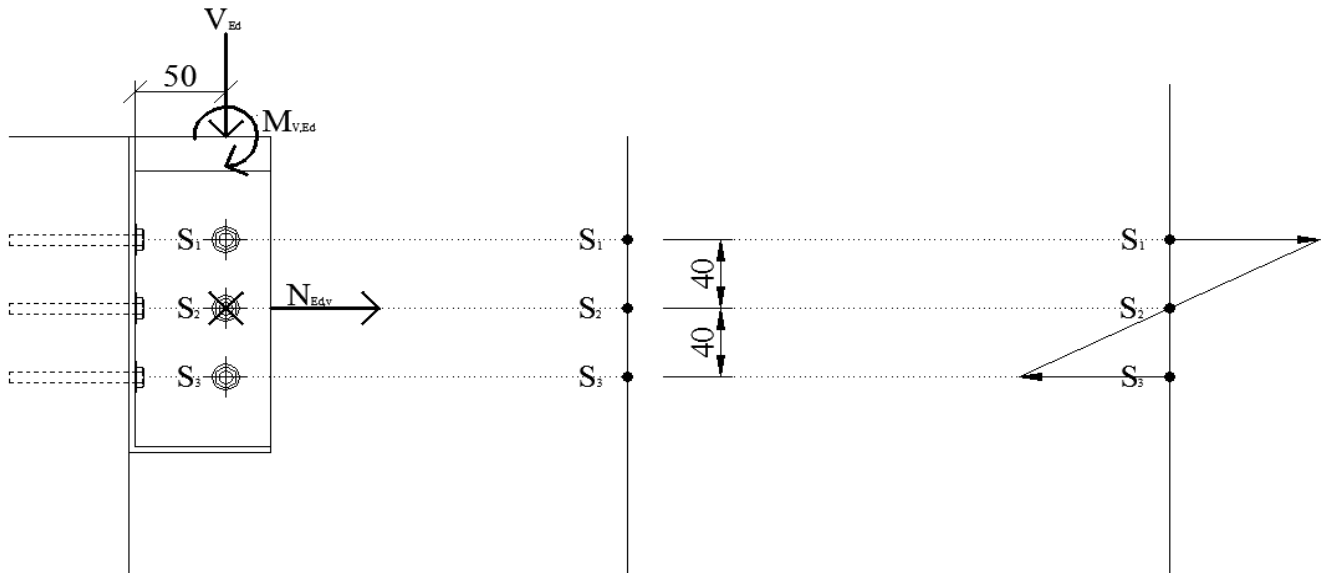
$$15,99 \geq 6,83 \quad [\text{MPa}] \quad \text{svorník (d=6 mm) po 3 ks na stříh vyhovuje (42,7\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy X:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,x} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$



OBRÁZEK Č.58: Připoj b. vaznice k obl. vazníku – schéma znázorňující namáhání svorníků ve směru X

Výpočet osových sil $N_{V,Ed,i}$ od ohybového momentu $M_{V,Ed}$:

$$N_{V,Ed,1} = M_{V,Ed} \cdot R_1 / 2 \cdot (R_1^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 6830 \cdot 50 \cdot 40 / 2 \cdot (40^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 4,27 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,p} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otlacení rovnoběžně s vlákny (předvrtané otvory):

$$F_{h,0,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k2})$$

$$F_{h,0,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 350)$$

$$F_{h,0,k} = 26,97 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh ve směru osy X:

$$F_{v,Rk1} = \min. \begin{pmatrix} 0,5 \cdot F_{h,0,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot (M_{y,Rk} \cdot F_{h,0,k} \cdot d)^{0,5} \end{pmatrix}$$

$$F_{v,Rk1} = \min. \begin{matrix} (\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d) \\ (0,5 \cdot 26,97 \cdot 140 \cdot 6) \\ (2,3 \cdot (25000 \cdot 26,97 \cdot 6)^{0,5}) \\ (1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 4 \cdot 6) \end{matrix}$$

$$F_{v,Rk1} = \min. \begin{matrix} (11327) \\ (4626) \\ (30600) \end{matrix}$$

$$F_{v,Rk1} = 4,62 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost svorníkového spoje ve stříhu ve směru osy X:

$$F_{N,Rd} = (2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{N,Rd} = (2 \cdot 3 \cdot 4,62 \cdot 0,9 / 1,30)$$

$$F_{N,Rd} = 19,19 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh ve směru osy X:

$$F_{N,Rd} \geq N_{Ed,x} + \Sigma N_{V,Ed,i}$$

$$F_{N,Rd} \geq 6,83 + 2 \cdot (4,27)$$

$$19,19 \geq 15,37 \quad [\text{MPa}] \quad \text{svorník (d=6 mm) po 3ks na stříh vyhovuje (80,1\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje na kombinaci stříhu v ose Z a X:

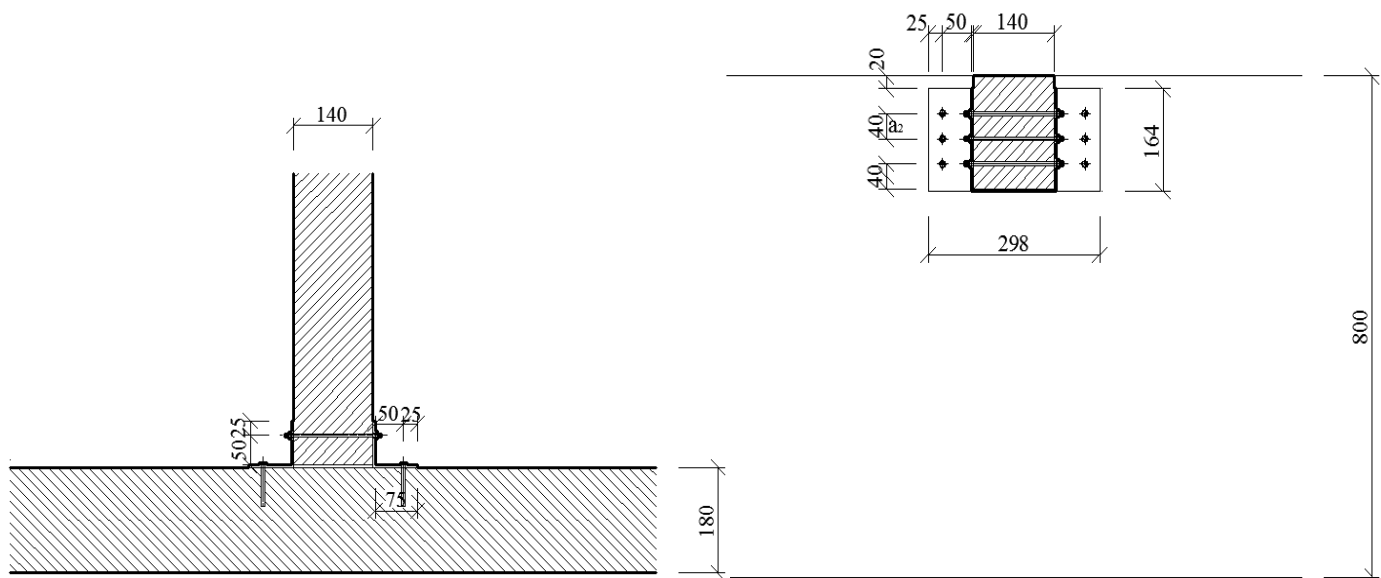
$$1,00 \geq ((N_{Ed,x} / F_{N,Rd})^2 + (V_{Ed,z} / F_{v,Rd})^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq ((15,37 / 19,19)^2 + (6,83 / 15,99)^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq 0,908 \quad [-] \quad \text{svorníkový spoj na kombinaci } V_{Ed,z} + N_{Ed,x} \text{ vyhovuje (90,8\%)}$$

4.2.2.3 Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – posouzení vrutového spoje

Průměr vrutu:	$d = 6$	[mm]	
Délka vrutu:	$l_v = 80$	[mm]	
Tloušťka plechů:	$t_1 = 4$	[mm]	
Tloušťka vazníku :	$t_3 = 180$	[mm]	
Nutné min. vzdálenosti sp.prvků :	$a_2 = 4 \cdot d$		
	$a_2 = 24$		> volím 40 mm
	$a_{3,t} = 7 \cdot d$		
	$a_{3,t} = 42$		> volím 50 mm
	$a_{4,t} = 4 \cdot d$		
	$a_{4,t} = 24$		> volím 40 mm
	$a_{4,c} = 3 \cdot d$		
	$a_{4,c} = 18$		> volím 25 mm



OBRÁZEK Č.59: Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – řez osou svorníků a vrutů

Posouzení vrutového spoje na stříh ve směru osy Z:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti vrutu:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,b} \cdot d^2 \cdot l_v$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 6^2 \cdot 80$$

$$M_{y,Rk} = 0,025 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům (předvrtané otvory):

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k1}) / ((1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 6) \cdot 380) / ((1,35 + 0,015 \cdot 6) \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90)$$

$$F_{h,90,k} = 20,34 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho vrutu pro jeden stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (F_{h,90,k} \cdot l_{v,ef} \cdot d \cdot ((2 + (4 \cdot M_{y,rk} / F_{h,90,k} \cdot l_{v,ef}^2 \cdot d))^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (M_{y,rk} \cdot F_{h,90,k} \cdot d)^{0,5})$$

$$(F_{h,90,k} \cdot l_{v,ef} \cdot d)$$

$$(\delta \cdot k_1 \cdot f_{u,p} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (20,34 \cdot 76 \cdot 6 \cdot ((2 + (4 \cdot 25000 / 20,34 \cdot 76^2 \cdot 6))^{0,5} - 1))$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. \begin{matrix} (2,3 \cdot (25000 \cdot 20,34 \cdot 6)^{0,5}) \\ (20,34 \cdot 76 \cdot 6) \\ (1,0 \cdot 2,5 \cdot 510 \cdot 4 \cdot 6) \\ (5023) \\ (4017) \\ (9275) \\ (30600) \end{matrix}$$

$$F_{v,Rk1,z} = 4,01 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost vrutového spoje ve stříhu ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd,z} = (n \cdot F_{v,Rk1,z} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd,z} = (6 \cdot 4,01 \cdot 0,9 / 1,25)$$

$$F_{v,Rd,z} = 17,32 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení vrutového spoje na stříh ve směru osy Z:

$$F_{v,Rd,z} \geq V_{Ed,z}$$

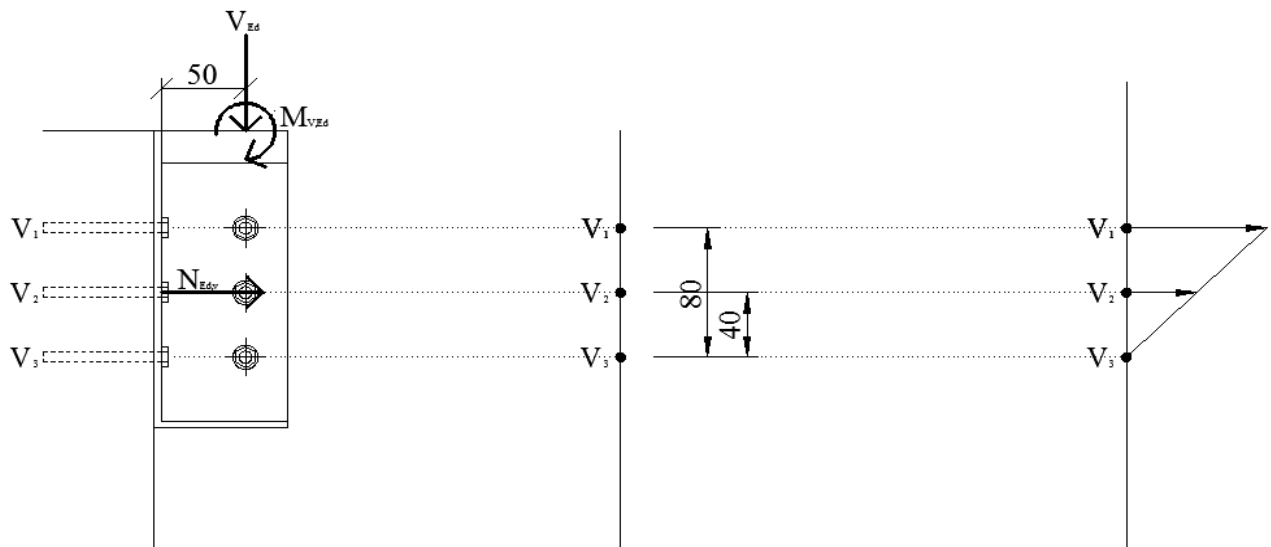
$$17,32 \geq 6,83 \quad [\text{kN}] \quad \text{vrut (d=6 mm, l}_v=80 \text{ mm) po 6ks na stříh vyhovuje (39,4\%)}$$

Posouzení vrutového spoje na vytržení ve směru osy X:

Vnitřní síly: (prvek 460, kombinace: MSU – 13)

$$N_{Ed,x} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$

$$V_{Ed,z} = 6,83 \quad [\text{kN}]$$



OBRÁZEK Č.60: Přípoj b. vaznice k obl. vazníku – schéma znázorňující namáhání vrutů ve směru X

Výpočet osových sil $N_{V,Ed,i}$ od ohybového momentu $M_{V,Ed}$:

$$N_{V,Ed,1} = M_{V,Ed} \cdot R_1 / (R_1^2 + R_2^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 3415 \cdot 50 \cdot 80 / (80^2 + 40^2)$$

$$N_{V,Ed,1} = 1,71 \quad [\text{kN}]$$

$$N_{V,Ed,2} = M_{V,Ed} \cdot R_2 / (R_1^2 + R_2^2)$$

$$N_{V,Ed,2} = 3415 \cdot 50 \cdot 40 / (80^2 + 40^2)$$

$$N_{V,Ed,2} = 0,86 \quad [\text{kN}]$$

Charakteristická pevnost na vytržení (předvrtané otvory):

$$F_{ax,90,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{kl}^{1,5}$$

$$F_{ax,90,k} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 380^{1,5}$$

$$F_{ax,90,k} = 26,66 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho vrutu na vytržení v ose X:

$$F_{t,Rk1,x} = \min. \left((F_{ax,90,k} / \sin^2\alpha + 1,5 \cdot \cos^2\alpha) \cdot (\pi \cdot d \cdot l_{v,ef})^{0,8} \right. \\ \left. (0,9 \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) \cdot f_{u,b}) \right)$$

$$F_{t,Rk1,x} = \min. \left((26,66 / \sin^2 90 + 1,5 \cdot \cos^2 90) \cdot (\pi \cdot 6 \cdot 76)^{0,8} \right. \\ \left. (0,9 \cdot (\pi \cdot 6^2 / 4) \cdot 800) \right)$$

$$F_{t,Rk1,x} = \min. (8927) \\ (20357)$$

$$F_{t,Rk1,x} = 8,92 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost vrutového spoje na vytržení v ose X:

$$F_{v,Rd,x} = (n \cdot F_{t,Rk1,x} \cdot k_{mod} / \gamma_M)$$

$$F_{v,Rd,x} = (6 \cdot 8,92 \cdot 0,9 / 1,25)$$

$$F_{v,Rd,x} = 38,53 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení vrutového spoje na vytržení v ose X:

$$F_{v,Rd,x} \geq 2 \cdot (N_{V,Ed,1} + N_{V,Ed,2} + N_{V,Ed,3} + N_{V,Ed,4}) + N_{Ed,x}$$

$$38,53 \geq 2 \cdot (1,71 + 0,86) + 6,83$$

$$38,53 \geq 11,97 \quad [\text{kN}] \quad \text{vrut (d=6 mm, l}_v=80 \text{ mm) po 6ks na vytržení vyhovuje (31,1\%)}$$

Posouzení vrutového spoje na kombinaci osového a příčného namáhání:

$$1,00 \geq ((\sum N_{V,Ed,i} + N_{Ed,x} / F_{v,Rd,x})^2 + (V_{Ed,z} / F_{v,Rd,z})^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq ((5,14 + 6,83 / 38,53)^2 + (6,83 / 17,32)^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq 0,502 \quad [-] \quad \text{vrut. spoj na komb. osového a příčného namáhání vyhovuje (50,2\%)}$$

4.2.3 Přípoj obloukového vazníku ve vrcholu

4.2.3.1 Přípoj obl. vazníku ve vrcholu – materiálové charakteristiky

Čepy:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,c} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,c} = 510$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M2} = 1,25$	[-]

Plechý a desky:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,p} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,p} = 510$	[MPa]

Svorníky:

Materiál:	ocel 8.8	
Mez kluzu:	$f_{y,b2} = 640$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,b2} = 800$	[MPa]

Vazník:

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL24h	
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_M = 1,25$	[-]
	$K_{mod} = 0,9$	[-]
Návr. pev. v tlaku rov. s vlák.:	$f_{c,0,d} = 17,28$	[MPa]

4.2.3.2 Přípoj obl. vazníku ve vrcholu – posouzení střední části spoje

Průměr čepu:	d	$= 50$	[mm]
Průměr otvorů pro čep:	d_0	$= 51$	[mm]
Tloušťka vnějších plechů t_1 :	t_1	$= 10$	[mm]
Mezera mezi čepy :	e	$= 1$	[mm]

Tloušťka vnitřního plechu t_2 :

$$t_2 \geq 0,7 \cdot (N_{Ed,c} \cdot \gamma_{M0} / f_{yp})^{0,5}$$

$$t_2 \geq 0,7 \cdot (221390 \cdot 1,00 / 355)^{0,5}$$

$$t_2 \geq 17,48 \text{ [mm]} \quad > \text{ volím } t_2 = 20 \text{ mm}$$

Návrh rozměru a :

$$a \geq (N_{Ed,c} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t_2 \cdot f_{yp}) + (2 \cdot d_0 / 3)$$

$$a \geq (221390 \cdot 1,00) / (2 \cdot 20 \cdot 355) + (2 \cdot 51 / 3)$$

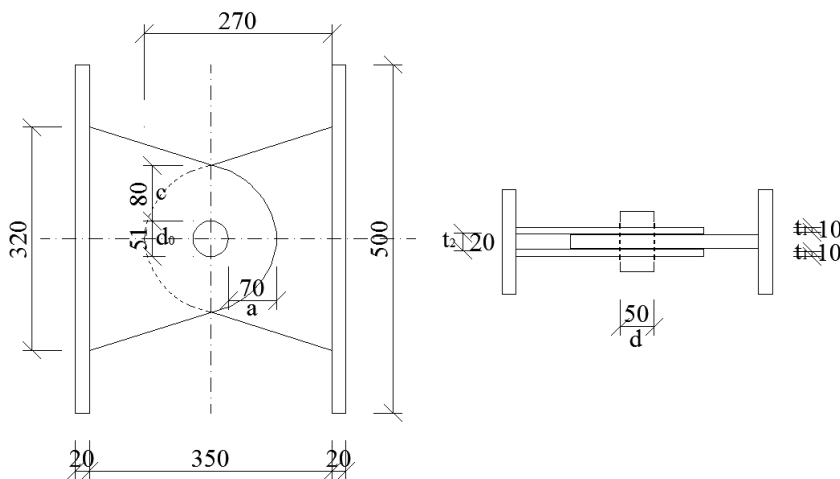
$$a \geq 45,9 \text{ [mm]} \quad > \text{ volím } a = 70 \text{ mm}$$

Návrh rozměru c :

$$c \geq (N_{Ed,c} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t_2 \cdot f_{yp}) + (d_0 / 3)$$

$$c \geq (221390 \cdot 1,00) / (2 \cdot 20 \cdot 355) + (51 / 3)$$

$$c \geq 32,5 \text{ [mm]} \quad > \text{ volím } c = 80 \text{ mm}$$



OBRÁZEK Č.61: Přípoj obl. vazníku ve vrcholu - schéma střední části

Posouzení čepu na smyk

Vnitřní síly: (prvek 22, kombinace: MSU – 05)

$$N_{Ed,t} = 38,56 \text{ [kN]}$$

Návrhová únosnost čepu ve smyku:

$$F_{Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{u,c} / \gamma_{M2}$$

$$F_{Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot (\pi \cdot 50^2 / 4) \cdot 500 / 1,25$$

$$F_{Rd} = 942,48 \text{ [kN]}$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$N_{Ed,t} \leq F_{Rd,t}$$

$$38,56 \leq 942,48 \text{ [kN]} \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm na smyk vyhovuje (4,1\%)}$$

Posouzení čepu na ohyb

Vnitřní síly: (prvek 9, kombinace: MSU – 21)

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= (N_{Ed,c}/8) \cdot (t_h + 4 \cdot e + 2 \cdot t_s) \\ M_{Ed} &= (221390/8) \cdot (20 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 10) \\ M_{Ed} &= 1,22 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Návrhová únosnost čepu v ohybu:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= 0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{y,c} / \gamma_{M0} \\ M_{Rd} &= 0,8 \cdot (\pi \cdot 50^3 / 32) \cdot 355 / 1,00 \\ M_{Rd} &= 3,48 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\begin{aligned} M_{Ed} &\leq M_{Rd} \\ 1,22 &\leq 3,48 \quad [\text{kNm}] \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm na ohyb vyhovuje (35,1\%)} \end{aligned}$$

Posouzení čepu a vnitřního plechu na otláčení:

Vnitřní síly: (prvek 9, kombinace: MSU – 21)

$$N_{Ed,c} = 221,39 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost čepu a plechu:

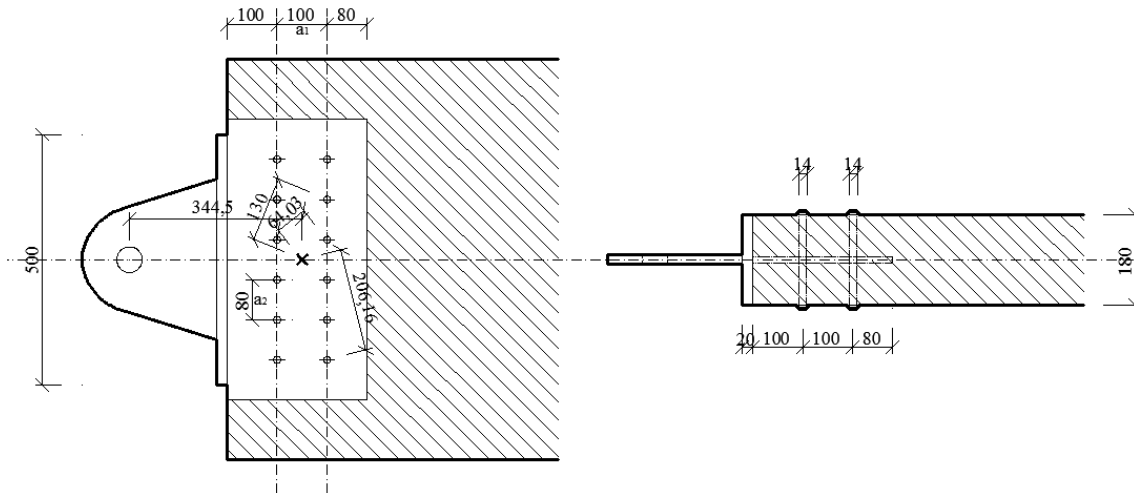
$$\begin{aligned} F_{Rd,c} &= (1,5 \cdot d \cdot t_2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} \\ F_{Rd,c} &= (1,5 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 355) / 1,00 \\ F_{Rd,c} &= 532,50 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na otláčení:

$$\begin{aligned} F_{Rd,c} &\geq N_{Ed,c} \\ 532,50 &\geq 221,39 \quad [\text{kN}] \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm a plech } t_2=20 \text{ mm na otl. vyhovují (41,6\%)} \end{aligned}$$

4.2.3.3 Přípoj obl. vazníku ve vrcholu – posouzení krajních částí spoje

Šířka desky:	$b_d = 180$	[mm]	
Výška desky:	$h_d = 500$	[mm]	
Tloušťka desky:	$t_d = 20$	[mm]	
Šířka plechu:	$b_p = 560$	[mm]	
Výška plechu:	$h_p = 280$	[mm]	
Tloušťka plechu:	$t_p = 12$	[mm]	
Průměr svorníku:	$d = 14$	[mm]	
Hustota:	$\rho_k = 380$	[kg/m ³]	
Tloušťka dřevěného prvku :	$t_1 = 84$	[mm]	
Nutné min. vzdálenosti sp.prvků :	$a_1 = (4+3 \cdot \cos\alpha) \cdot d$		
	$a_1 = 98$		> volím 100 mm
	$a_2 = 4 \cdot d$		
	$a_2 = 56$		> volím 80 mm



OBRÁZEK Č.62: Připoj obl. vazníku v patě - schéma horní části

Posouzení kontaktu ocelové desky s dřevěným vazníkem:

Vnitřní síly: (prvek 9, kombinace: MSU – 21)

$$N_{Ed,c} = 221,39 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová hodnota napětí na ploše styku:

$$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed,c}/b_d \cdot h_d$$

$$\sigma_{c,0,d} = 221390/180 \cdot 500$$

$$\sigma_{c,0,d} = 2,46 \quad [\text{MPa}]$$

Posouzení kontaktu na tlak:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$2,46 \leq 17,28 \quad [\text{MPa}] \quad \text{plocha krajní ocelové desky je dostatečná (14,0\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje ve směru osy Z:

Vnitřní síly: (prvek 09, kombinace: MSU – 05)

$$V_{Ed} = 39,64 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,b2} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 14^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,229 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům (předvrtané otvory):

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k) / ((1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 14) \cdot 380) / ((1,35 + 0,015 \cdot 14) \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90)$$

$$F_{h,90,k} = 17,177 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh:

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (F_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d)$$

$$(F_{h,90,k} \cdot d \cdot ((2 + 4 \cdot M_{y,Rk} / F_{h,90,k} \cdot d \cdot t_1^2)^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (M_{y,Rk} \cdot F_{h,90,k} \cdot d)^{0,5})$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (17,177 \cdot 84 \cdot 14)$$

$$(17,177 \cdot 84 \cdot 14 \cdot ((2 + 4 \cdot 229000 / 17,177 \cdot 14 \cdot 84^2)^{0,5} - 1))$$

$$(2,3 \cdot (229000 \cdot 17,177 \cdot 14)^{0,5})$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (20200,1)$$

$$(11992,5)$$

$$(17068,0)$$

$$F_{v,Rk1,z} = 11,99 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost spoje ve stříhu:

$$\begin{aligned} F_{v,Rd1,z} &= F_{v,Rk1,z} \cdot k_{mod} / \gamma_M \\ F_{v,Rd1,z} &= 11992,5 \cdot 0,9 / 1,25 \\ F_{v,Rd1,z} &= 8,63 \quad [\text{kN}] \\ F_{v,Rd,z} &= 2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1,z} \\ F_{v,Rd,z} &= 2 \cdot 12 \cdot 8,63 \\ F_{v,Rd,z} &= 207,12 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh:

$$\begin{aligned} F_{v,Rd,z} &\geq V_{Ed} \\ 207,12 &\geq 39,64 \quad [\text{kN}] \quad \text{svorník } d=14 \text{ mm po 12ks na stříh vyhovuje (19,1\%)} \end{aligned}$$

Posouzení svorníkového spoje ve směru osy X:

Vnitřní síly: (prvek 09, kombinace: MSU – 05)

$$V_{Ed} = 39,64 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$\begin{aligned} M_{y,Rk} &= 0,3 \cdot f_{u,b2} \cdot d^{2,6} \\ M_{y,Rk} &= 0,3 \cdot 800 \cdot 14^{2,6} \\ M_{y,Rk} &= 0,229 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny (předvrtané otvory):

$$\begin{aligned} F_{h,k} &= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k \\ F_{h,k} &= 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 14) \cdot 380 \\ F_{h,k} &= 26,79 \quad [\text{MPa}] \end{aligned}$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh:

$$\begin{aligned} F_{v,Rk1,x} &= \min. (F_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \\ &\quad (F_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot ((2 + 4 \cdot M_{y,Rk} / F_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2)^{0,5} - 1)) \\ &\quad (2,3 \cdot (M_{y,Rk} \cdot F_{h,k} \cdot d)^{0,5}) \\ F_{v,Rk1,x} &= \min. (26,79 \cdot 84 \cdot 14) \\ &\quad (26,79 \cdot 84 \cdot 14 \cdot ((2 + 4 \cdot 229000 / 26,79 \cdot 14 \cdot 84^2)^{0,5} - 1)) \\ &\quad (2,3 \cdot (229000 \cdot 26,79 \cdot 14)^{0,5}) \\ F_{v,Rk1,x} &= \min. (31505,0) \\ &\quad (16751,4) \\ &\quad (21315,5) \\ F_{v,Rk1,x} &= 16,75 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Návrhová únosnost spoje ve stříhu:

$$\begin{aligned} F_{v,Rd1,x} &= F_{v,Rk1} \cdot k_{mod} / \gamma_M \\ F_{v,Rd1,x} &= 16,75 \cdot 0,9 / 1,25 \\ F_{v,Rd1,x} &= 12,06 \quad [\text{kN}] \\ F_{v,Rd,x} &= 2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1} \\ F_{v,Rd,x} &= 2 \cdot 12 \cdot 12,06 \\ F_{v,Rd,x} &= 289,44 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Výpočet osových sil $F_{V,Ed,i}$ od ohybového momentu $M_{V,Ed}$:

$$\begin{aligned} F_{V,Ed,1} &= M_{V,Ed} \cdot R_1 / 4 \cdot (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2) \\ F_{V,Ed,1} &= 39640 \cdot 344,5 \cdot 64,03 / 4 \cdot (64,03^2 + 130,00^2 + 206,16^2) \\ F_{V,Ed,1} &= 3,44 \quad [\text{kN}] \\ F_{V,Ed,2} &= M_{V,Ed} \cdot R_2 / 2 \cdot (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2) \\ F_{V,Ed,2} &= 39640 \cdot 344,5 \cdot 130,00 / 4 \cdot (64,03^2 + 130,00^2 + 206,16^2) \\ F_{V,Ed,2} &= 6,99 \quad [\text{kN}] \\ F_{V,Ed,3} &= M_{V,Ed} \cdot R_3 / 4 \cdot (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2) \end{aligned}$$

$$F_{V,Ed,3} = 39640 \cdot 344,5 \cdot 206,16 / 4 \cdot (64,03^2 + 130,00^2 + 206,16^2)$$

$$F_{V,Ed,3} = 11,08 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh

$$F_{v,Rd,x} \geq 4 \cdot (F_{V,Ed,1} + F_{V,Ed,2} + F_{V,Ed,3})$$

$$289,44 \geq 4 \cdot (3,44 + 6,99 + 11,08)$$

$$289,44 \geq 88,92 \quad [\text{kN}] \quad \text{svorník } d=14 \text{ mm po 12ks na stříh vyhovuje (30,7\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje na komb. osového a příčného namáhání:

$$1,00 \geq ((\sum F_{V,Ed,i} / F_{v,Rd,x})^2 + (V_{Ed} / F_{v,Rd,z})^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq ((4 \cdot (3,44 + 6,99 + 11,08) / 289,44)^2 + (39,64 / 207,12)^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq 0,354 \quad [-] \quad \text{svor. spoj na komb. osového a příčného namáhání vyhovuje (35,4\%)}$$

4.2.4 Přípoj obloukového vazníku v patě

4.2.4.1 Přípoj obl. vazníku v patě – materiálové charakteristiky

Čepy:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,c} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,c} = 510$	[MPa]
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_{M2} = 1,25$	[-]

Plechý a desky:

Materiál:	ocel S355	
Mez kluzu:	$f_{y,p} = 355$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,p} = 510$	[MPa]

Kotevní šrouby:

Materiál:	ocel 8.8	
Mez kluzu:	$f_{y,b1} = 640$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,b1} = 800$	[MPa]

Svorníky:

Materiál:	ocel 8.8	
Mez kluzu:	$f_{y,b2} = 640$	[MPa]
Pevnost v tahu:	$f_{u,b2} = 800$	[MPa]

Vazník:

Materiál:	lepené lamelové dřevo GL24h	
Součinitel spol. metariálu:	$\gamma_M = 1,25$	[-]
	$K_{mod} = 0,9$	[-]
Návr. pev. v tlaku rov. s vlák.:	$f_{c,0,d} = 17,28$	[MPa]

Základový pilíř:

Materiál:	železobeton (C20/25, B500B)	
Návrhová pevnost v tlaku:	$f_{cd} = 0,01333$	[GPa]

4.2.4.2 Přípoj obl. vazníku v patě – posouzení střední části spoje

Průměr čepu:	d	$= 50$	[mm]
Průměr otvorů pro čep:	d_0	$= 51$	[mm]
Tloušťka spodních plechů čepu :	t_s	$= 15$	[mm]
Mezera mezi čepy :	e	$= 1$	[mm]

Tloušťka horního plechu čepu:

$$t_h \geq 0,7 \cdot (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0} / f_{yp})^{0,5}$$

$$t_h \geq 0,7 \cdot (324480 \cdot 1,00 / 355)^{0,5}$$

$$t_h \geq 21,16 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } t_h = 25 \text{ mm}$$

Návrh rozměru a:

$$a \geq (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t_h \cdot f_{yp}) + (2 \cdot d_0 / 3)$$

$$a \geq (324480 \cdot 1,00) / (2 \cdot 25 \cdot 355) + (2 \cdot 51 / 3)$$

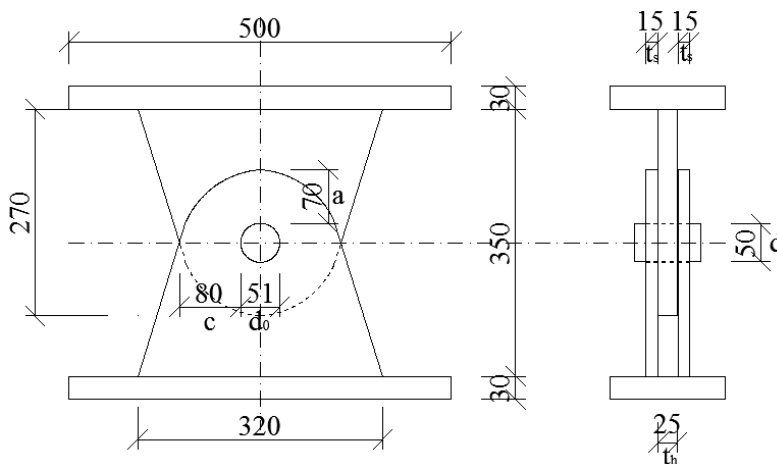
$$a \geq 52,3 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } a = 70 \text{ mm}$$

Návrh rozměru c:

$$c \geq (F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}) / (2 \cdot t_h \cdot f_{yp}) + (d_0 / 3)$$

$$c \geq (324480 \cdot 1,00) / (2 \cdot 25 \cdot 355) + (51 / 3)$$

$$c \geq 35,3 \quad [\text{mm}] \quad > \text{volím } c = 80 \text{ mm}$$



OBRÁZEK Č.63: Přípoj obl. vazníku v patě - schéma střední části

Posouzení čepu na smyk

Vnitřní síly: (prvek 5, kombinace: MSU – 21)

$$F_{Ed} = (R_x^2 + R_z^2)^{0,5}$$

$$F_{Ed} = (271,04^2 + 241,21^2)^{0,5}$$

$$F_{Ed} = 362,83 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost čepu ve smyku:

$$F_{Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{u,c} / \gamma_{M2}$$

$$F_{Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot (\pi \cdot 50^2 / 4) \cdot 500 / 1,25$$

$$F_{Rd} = 942,48 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení průřezu na smyk:

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

$$362,83 \leq 942,48 \quad [\text{kN}] \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm na smyk vyhovuje (38,5\%)}$$

Posouzení čepu na ohyb

Vnitřní síly: (prvek 5, kombinace: MSU – 21)

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= (F_{Ed}/8) \cdot (t_h + 4 \cdot e + 2 \cdot t_s) \\ M_{Ed} &= (362830/8) \cdot (25 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 15) \\ M_{Ed} &= 2,68 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Návrhová únosnost čepu v ohybu:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= 0,8 \cdot W_{el} \cdot f_{y,c} / \gamma_{M0} \\ M_{Rd} &= 0,8 \cdot (\pi \cdot 50^3 / 32) \cdot 355 / 1,00 \\ M_{Rd} &= 3,48 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na ohyb:

$$\begin{aligned} M_{Ed} &\leq M_{Rd} \\ 2,68 &\leq 3,48 \quad [\text{kNm}] \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm na ohyb vyhovuje (77,0\%)} \end{aligned}$$

Posouzení čepu na kombinaci ohybu a smyku:

Vnitřní síly: (prvek 5, kombinace: MSU – 21)

$$\begin{aligned} F_{Ed} &= (R_x^2 + R_z^2)^{0,5} \\ F_{Ed} &= (271,04^2 + 241,21^2)^{0,5} \\ F_{Ed} &= 362,83 \quad [\text{kN}] \\ M_{Ed} &= 2,68 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Návrhová únosnost čepu:

$$\begin{aligned} F_{Rd} &= 942,48 \quad [\text{kN}] \\ M_{Rd} &= 3,48 \quad [\text{kNm}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na kombinaci ohybu a smyku:

$$\begin{aligned} 1,00 &\geq (M_{Ed}/M_{Rd})^2 + (F_{Ed}/F_{Rd})^2 \\ 1,00 &\geq (2,68/3,48)^2 + (362,83/942,48)^2 \\ 1,00 &\geq 0,861 \quad [-] \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm na komb. ohyb a smyku vyhovuje (86,1\%)} \end{aligned}$$

Posouzení čepu a horního plechu na otláčení:

Vnitřní síly: (prvek 5, kombinace: MSU – 21)

$$\begin{aligned} F_{Ed} &= (R_x^2 + R_z^2)^{0,5} \\ F_{Ed} &= (271,04^2 + 241,21^2)^{0,5} \\ F_{Ed} &= 362,83 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Návrhová únosnost čepu a plechu:

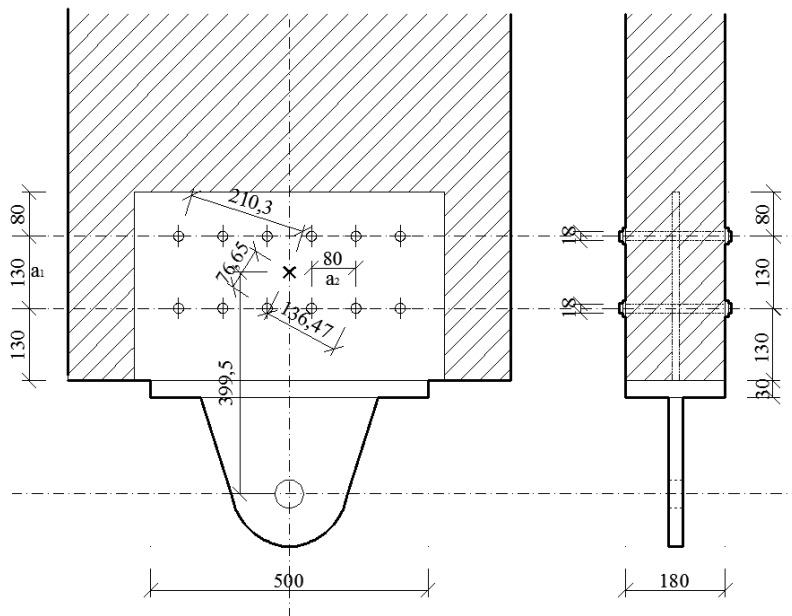
$$\begin{aligned} F_{Rd,c} &= (1,5 \cdot d \cdot t_h \cdot f_y) / \gamma_{M0} \\ F_{Rd,c} &= (1,5 \cdot 50 \cdot 25 \cdot 355) / 1,00 \\ F_{Rd,c} &= 665,62 \quad [\text{kN}] \end{aligned}$$

Posouzení průřezu na otláčení:

$$\begin{aligned} F_{Rd,c} &\geq F_{Ed} \\ 665,62 &\geq 362,83 \quad [\text{kN}] \quad \text{čep o průměru } d=50 \text{ mm a plech } t_h=25 \text{ mm na otl. vyhovují (54,5\%)} \end{aligned}$$

4.2.4.3 Přípoj obl. vazníku v patě – posouzení horní části spoje

Šířka desky:	$b_d = 180$	[mm]	
Výška desky:	$h_d = 500$	[mm]	
Tloušťka desky	$t_d = 30$	[mm]	
Šířka plechu:	$b_p = 560$	[mm]	
Výška plechu:	$h_p = 340$	[mm]	
Tloušťka plechu:	$t_p = 12$	[mm]	
Průměr svorníku:	$d = 18$	[mm]	
Hustota:	$\rho_k = 380$	[kg/m ³]	
Tloušťka dřevěného prvku :	$t_1 = 84$	[mm]	
Nutné min. vzdálenosti sp.prvků :	$a_1 = (4+3 \cdot \cos\alpha) \cdot d$		
	$a_1 = 126$		> volím 130 mm
	$a_2 = 4 \cdot d$		
	$a_2 = 72$		> volím 80 mm



OBRÁZEK Č.64: Přípoj obl. vazníku v patě - schéma horní části

Posouzení kontaktu ocelové desky s dřevěným vazníkem:

Vnitřní síly: (prvek 17, kombinace: MSU – 21)

$$F_{Ed} = (R_x^2 + R_z^2)^{0,5}$$

$$F_{Ed} = (271,04^2 + 241,21^2)^{0,5}$$

$$F_{Ed} = 362,83 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota napětí na ploše styku:

$$\sigma_{c,0,d} = F_{Ed} / b_d \cdot h_d$$

$$\sigma_{c,0,d} = 362830 / 180 \cdot 500$$

$$\sigma_{c,0,d} = 4,03 \text{ [MPa]}$$

Posouzení kontaktního tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

$$4,03 \leq 17,28 \text{ [MPa]} \quad \text{plocha horní ocelové desky je dostatečná (23,3\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje ve směru osy Z:

Vnitřní síly: (prvek 08, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed} = 49,98 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,b2} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 18^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,440 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení kolmo k vláknům (předvrtané otvory):

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k) / ((1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$

$$F_{h,90,k} = (0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18) \cdot 380) / ((1,35 + 0,015 \cdot 18) \cdot \sin^2 90 + \cos^2 90)$$

$$F_{h,90,k} = 15,77 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh:

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (F_{h,90,k} \cdot t_1 \cdot d) \\ (F_{h,90,k} \cdot d \cdot ((2 + 4 \cdot M_{y,Rk} / F_{h,90,k} \cdot d \cdot t_1^2)^{0,5} - 1)) \\ (2,3 \cdot (M_{y,Rk} \cdot F_{h,90,k} \cdot d)^{0,5})$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (15,77 \cdot 84 \cdot 18) \\ (15,77 \cdot 84 \cdot 18 \cdot ((2 + 4 \cdot 440000 / 15,77 \cdot 18 \cdot 84^2)^{0,5} - 1)) \\ (2,3 \cdot (440000 \cdot 15,77 \cdot 18)^{0,5})$$

$$F_{v,Rk1,z} = \min. (23844,2) \\ (16611,7) \\ (25704,3)$$

$$F_{v,Rk1,z} = 16,61 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost spoje ve stříhu:

$$F_{v,Rd1,z} = F_{v,Rk1,z} \cdot k_{mod} / \gamma_M$$

$$F_{v,Rd1,z} = 16610 \cdot 0,9 / 1,25$$

$$F_{v,Rd1,z} = 11,95 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{v,Rd,z} = 2 \cdot n \cdot F_{v,Rd1,z}$$

$$F_{v,Rd,z} = 2 \cdot 12 \cdot 11,95$$

$$F_{v,Rd,z} = 287,02 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh:

$$F_{v,Rd,z} \geq V_{Ed}$$

$$287,02 \geq 49,98 \quad [\text{kN}] \quad \text{svorník } d=18 \text{ mm po 12ks na stříh vyhovuje (17,4\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje ve směru osy X:

Vnitřní síly: (prvek 08, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed} = 49,98 \quad [\text{kN}]$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,b2} \cdot d^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot 800 \cdot 18^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 0,440 \quad [\text{kNm}]$$

Charakteristická pevnost v otláčení rovnoběžně s vlákny (předvrtané otvory):

$$F_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$$

$$F_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 18) \cdot 380$$

$$F_{h,k} = 25,55 \quad [\text{MPa}]$$

Charakteristická únosnost jednoho svorníku pro jeden stříh:

$$F_{v,Rk1,x} = \min. (F_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \\ (F_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot ((2 + 4 \cdot M_{y,Rk} / F_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2)^{0,5} - 1))$$

$$F_{v,Rk1,x} = \min. \begin{matrix} (2,3 \cdot (M_{v,Rk} \cdot F_{h,k} \cdot d)^{0,5}) \\ (25,55 \cdot 84 \cdot 18) \\ (25,55 \cdot 84 \cdot 18 \cdot ((2+4 \cdot 440000/25,55 \cdot 18 \cdot 84^2)^{0,5}-1)) \\ (2,3 \cdot (440000 \cdot 25,55 \cdot 18)^{0,5}) \end{matrix}$$

$$F_{v,Rk1,x} = \min. \begin{matrix} (38631,6) \\ (22965,6) \\ (32717,9) \end{matrix}$$

$$F_{v,Rk1,x} = 22,96 \quad [\text{kN}]$$

Návrhová únosnost spoje ve stříhu:

$$F_{v,Rd1,x} = F_{v,Rk1} \cdot k_{mod} / \gamma_M$$

$$F_{v,Rd1,x} = 22960 \cdot 0,9 / 1,25$$

$$F_{v,Rd1,x} = 16,53 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{v,Rd,x} = 2 \cdot n \cdot F_{v,Rk1}$$

$$F_{v,Rd,x} = 2 \cdot 12 \cdot 16,53$$

$$F_{v,Rd,x} = 396,72 \quad [\text{kN}]$$

Výpočet osových sil $F_{V,Ed,i}$ od ohybového momentu $M_{V,Ed}$:

$$F_{V,Ed,1} = M_{V,Ed} \cdot R_1 / 4 \cdot (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2)$$

$$F_{V,Ed,1} = 49980 \cdot 399,5 \cdot 76,65 / 4 \cdot (76,65^2 + 136,47^2 + 210,30^2)$$

$$F_{V,Ed,1} = 5,56 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{V,Ed,2} = M_{V,Ed} \cdot R_2 / 4 \cdot (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2)$$

$$F_{V,Ed,2} = 49980 \cdot 399,5 \cdot 136,47 / 4 \cdot (76,65^2 + 136,47^2 + 210,30^2)$$

$$F_{V,Ed,2} = 9,91 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{V,Ed,3} = M_{V,Ed} \cdot R_3 / 4 \cdot (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2)$$

$$F_{V,Ed,3} = 49980 \cdot 399,5 \cdot 210,30 / 4 \cdot (76,65^2 + 136,47^2 + 210,30^2)$$

$$F_{V,Ed,3} = 15,27 \quad [\text{kN}]$$

Posouzení svorníkového spoje na stříh

$$F_{v,Rd,x} \geq 4 \cdot (F_{V,Ed,1} + F_{V,Ed,2} + F_{V,Ed,3})$$

$$396,72 \geq 4 \cdot (5,56 + 9,91 + 15,27)$$

$$396,72 \geq 122,96 \quad [\text{kN}] \quad \text{svorník } d=18 \text{ mm po 12ks na stříh vyhovuje (30,9\%)}$$

Posouzení svorníkového spoje na komb. osového a příčného namáhání:

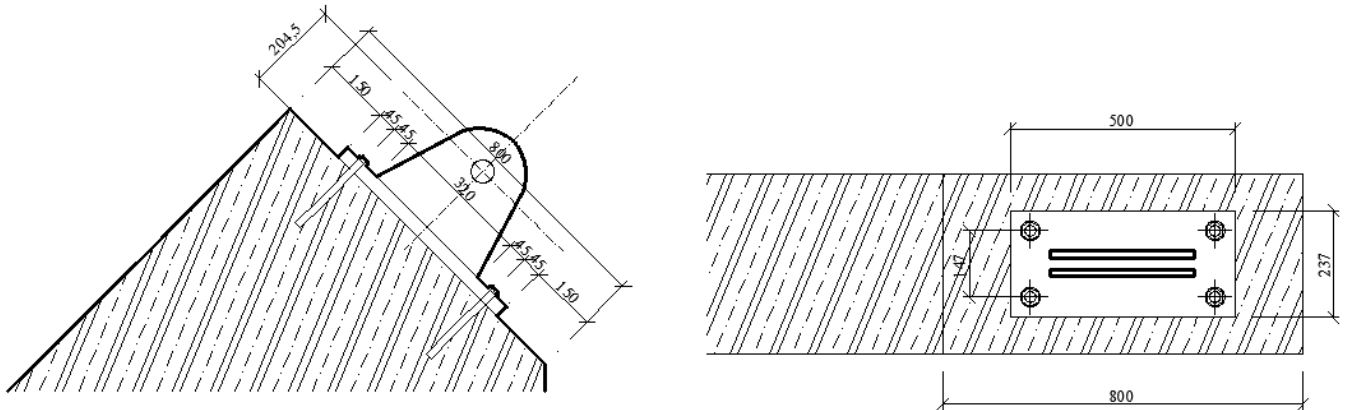
$$1,00 \geq ((\Sigma F_{V,Ed,i} / F_{v,Rd,x})^2 + (V_{Ed} / F_{v,Rd,z})^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq ((4 \cdot (5,56 + 9,91 + 15,27) / 396,72)^2 + (49,98 / 287,02)^2)^{0,5}$$

$$1,00 \geq 0,355 \quad [-] \quad \text{svor. spoj na komb. osového a příčného namáhání vyhovuje (35,5\%)}$$

4.2.4.4 Přípoj obl. vazníku v patě – posouzení spodní části spoje

Šířka patní desky:	b_d	=	237	[mm]
Výška patní desky:	h_d	=	500	[mm]
Tloušťka desky	t_d	=	30	[mm]
Průměr šroubů:	d	=	16	[mm]
Šířka průřezu pilíře:	b_p	=	400	[mm]
Výška průřezu pilíře:	h_p	=	800	[mm]



OBRÁZEK Č.65: Přípoj obl. vazníku v patě - schéma spodní části

Posouzení kotevních šroubů na tah:

Vnitřní síly: (prvek 22, kombinace: MSU – 24)

$$F_{t,Ed} = 38,81 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota únosnosti v tahu 1 šroubu:

$$F_{t,Rd1} = 0,9 \cdot f_{u,b1} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$F_{t,Rd1} = (0,9 \cdot 800 \cdot 157) / 1,25$$

$$F_{t,Rd1} = 90,43 \text{ [kN]}$$

Posouzení únosnosti šroubů na tah:

$$4 \cdot F_{t,Rd1} \geq F_{t,Ed}$$

$$361,72 \geq 38,81 \text{ [kN]} \quad 4 \text{ x šroub M16 v tahu vyhovuje (9,3\%)}$$

Posouzení kotevních šroubů na stříh

Vnitřní síly: (prvek 08, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed} = 49,98 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota únosnosti 1 šroubu

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot f_{u,b1} \cdot A_s / \gamma_{M2}$$

$$F_{v,Rd} = (0,6 \cdot 800 \cdot 157) / 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 60,28 \text{ [kN]}$$

Posouzení únosnosti šroubů na stříh

$$4 \cdot F_{v,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$241,15 \geq 49,98 \text{ [kN]} \quad 4 \text{ x šroub M16 na stříh vyhovuje (20,7\%)}$$

Posouzení šroubového přípoje na otláčení

Vnitřní síly: (prvek 08, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed} = 49,98 \text{ [kN]}$$

Návrhová hodnota únosnosti 1 šroubu

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot a_b \cdot d \cdot t_d \cdot f_{u,p} / \gamma_{M2}$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 16 \cdot 30 \cdot 510 / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 489,60 \text{ [kN]}$$

Posouzení únosnosti šroubů na otláčení

$$4 \cdot F_{b,Rd} \geq V_{Ed}$$

$$1958,4 \geq 49,98 \text{ [kN]} \quad 4 \text{ x šroub M16 na otláčení vyhovuje (2,6\%)}$$

Posouzení kontaktu ocelové desky s žb. pilířem:

Vnitřní síly: (prvek 17, kombinace: MSU – 21)

$$F_{Ed} = (R_x^2 + R_z^2)^{0,5}$$

$$F_{Ed} = (271,04^2 + 241,21^2)^{0,5}$$

$$F_{Ed} = 362,83 \text{ [kN]}$$

Vnitřní síly: (prvek 08, kombinace: MSU – 10)

$$V_{Ed} = 49,98 \text{ [kN]}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e_1$$

$$M_{Ed} = 49980 \cdot 204,5$$

$$M_{Ed} = 10,22 \text{ [kNm]}$$

Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = ((h_p \cdot b_p / h_d \cdot b_d)^{0,5})$$

$$k_j = ((800 \cdot 400 / 500 \cdot 237)^{0,5})$$

$$k_j = 1,64 \text{ [-]}$$

Návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku:

$$f_{j,d} = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd}$$

$$f_{j,d} = 0,66 \cdot 1,64 \cdot 13,33$$

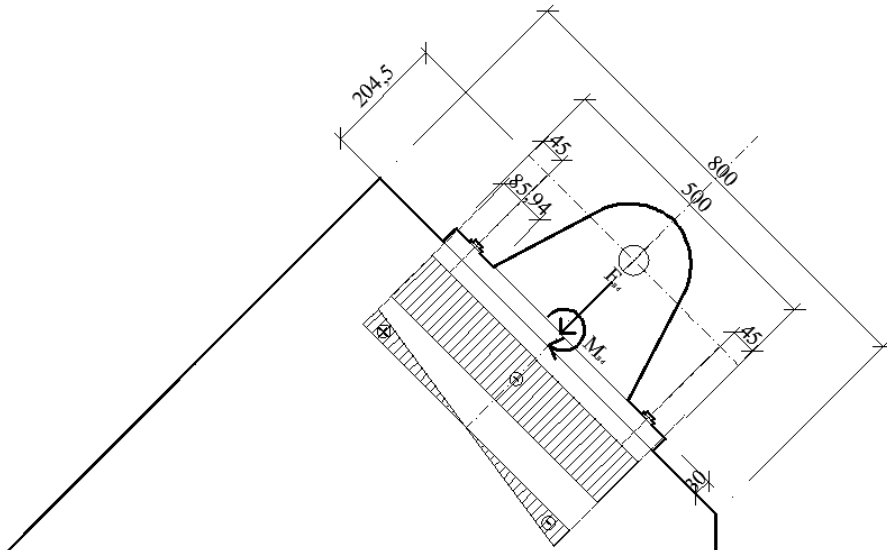
$$f_{j,d} = 14,42 \text{ [MPa]}$$

Výpočet efektivní plochy:

$$c = t_d \cdot (f_{y,p} / 3 \cdot f_{j,d} \cdot \gamma_{M0})^{0,5}$$

$$c = 30 \cdot (355 / 3 \cdot 14,42 \cdot 1,00)^{0,5}$$

$$c = 85,94 \text{ [mm]} > A_{eff} = 112581 \text{ mm}^2$$

**OBRÁZEK Č.66:** Příklad obl. vazníku v patě – napětí na kontaktu ocelové desky a žb. pilíře

Návrhová hodnota napětí na ploše styku:

$$\sigma_{b,d} = F_{Ed} / (b_{d,eff} \cdot h_{d,eff}) + (6 \cdot M_{Ed} / b_{d,eff} \cdot h_{d,eff}^2)$$

$$\sigma_{b,d} = 362830 / (228,88 \cdot 491,88) + (6 \cdot 10220000 / 228,88 \cdot 491,88^2)$$

$$\sigma_{b,d} = 4,45 \text{ [MPa]}$$

Posouzení kontaktu na tlak:

$$\sigma_{b,d} \leq f_{j,d}$$

$$4,33 \leq 14,42 \text{ [MPa]} \text{ plocha spodní ocelové desky a třída betonu je dostatečná (30,0\%)}$$