

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

**OCELOVÁ ROZHLEDNA U VINAŘIC
STEEL VIEWING TOWER NEAR VINAŘICE**

STATICKÝ VÝPOČET

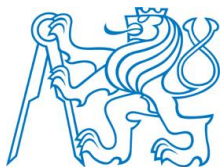
Vypracovala:

Aleksandra Ivanova

Vedoucí práce:

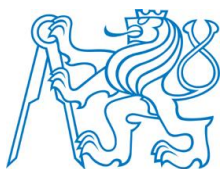
doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

2022

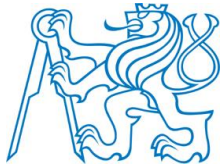


Obsah

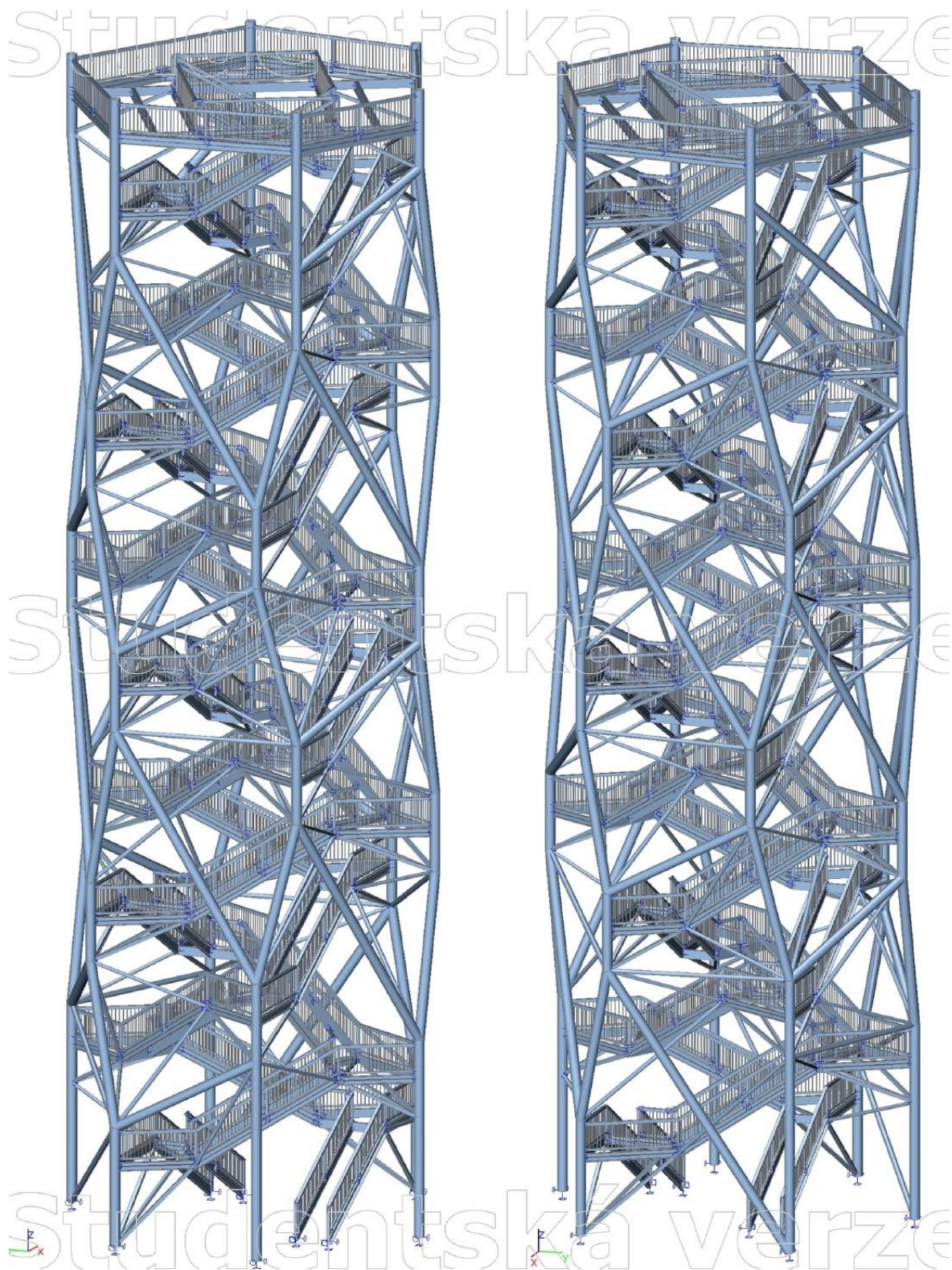
1	Základní údaje	6
1.1	Identifikační údaje	6
1.2	Umístění.....	6
2	Konstrukce	7
2.1	Návrh základních rozměrů konstrukce	7
2.2	Model.....	8
2.2.1	Legenda prvků	8
2.2.2	Schémata výpočetního modelu	9
2.3	Materiály.....	12
2.3.1	Ocel S235	12
2.3.2	Šrouby 8.8.....	12
2.3.3	Šrouby 10.9.....	12
3	Zatížení.....	13
3.1	Zatížení stálá	13
3.1.1	Vlastní tíha – ZS1	13
3.1.2	Ostatní stálá.....	13
3.2	Zatížení proměnné	14
3.2.1	Zatížení užité.....	14
3.2.2	Zatížení sněhem – ZS9	16
3.2.3	Zatížení větrem	17
3.2.3.1	Základní rychlost větru.....	18
3.2.3.2	Součinitel orografie.....	18
3.2.3.3	Maximální dynamický tlak	19
3.2.3.4	Součinitel konstrukce	21
3.2.3.5	Síly od větru působící na jednotlivé prvky konstrukce.....	24
3.2.3.6	Zatížení větrem – zatěžovací stavy	27
4	Dynamické chování konstrukce	27
5	Kombinace zatížení	28
5.1	Přehled zatěžovacích stavů.....	28
5.2	Kombinace zatížení pro MSÚ (mezní stav únosnosti).....	42
5.3	Kombinace zatížení pro MSP (mezní stav použitelnosti)	45
5.4	Kombinace stabilitní	49
5.5	Nelineární kombinace – MSÚ	49



6	Stabilitní analýza.....	50
6.1	Výsledky stabilitní analýzy	52
7	Nelineární výpočet MSÚ	54
7.1	Výpočet hodnoty společné globální a lokální imperfekce z kritického tvaru konstrukce	55
7.1.1	Nelineární kombinace NK_KZ15_MSÚ.....	55
8	Posouzení hlavních nosných prvků	56
8.1	Sloup – kruhová trubka TR 323,9/25.....	56
8.2	Vnější schodnice UPE300.....	64
8.3	Vnitřní schodnice UPE300	68
8.4	Vnitřní nosník mezipodest UPE300	73
8.5	Nosník horní plošiny IPE300	79
8.6	Ztužení horní plošiny TR 114,3/5	84
8.7	Vzpěry TR 110/110/14,2.....	87
8.8	Vzpěry TR 100/100/10	90
8.9	Ztužení vnější TR 177,8/16	93
8.10	Ztužení vnější TR 139,7/10	96
8.11	Ztužení schodiště TR 139,7/12,5	99
8.12	Ztužení schodiště TR 114,3/12,5	102
8.13	Ztužení schodiště TR 114,3/5.....	105
8.14	Ztužení mezipodest TR 100/100/10	108
9	Posouzení detailů	110
9.1	Posouzení patky sloupu K1.....	110
9.2	Přípoj kratší vzpěry TR 110/110/14,2 na sloup v patce K1.....	115
9.3	Přípoj delší vzpěry TR 110/110/14,2 na sloup v patce K1	118
9.4	Přípoj vzpěry TR 100/100/10 na sloup v patce K1.....	121
9.5	Posouzení patky sloupu K2.....	124
9.6	Posouzení patky sloupu K3.....	128
9.7	Přípoj vnějšího ztužení TR 177,8/16 na sloup v patce K3.....	133
9.8	Posouzení patky sloupu K4.....	136
9.9	Posouzení patky schodnice K5	142
9.10	Přípoj schodnice UPE300 na sloup – detail 6	145



9.11	Přípoj vzpěry na schodnice – detail 7	148
9.12	Přípoj vnitřního nosníku podesty na vnější schodnice	150
9.13	Přípoj ztužení mezipodesty.....	152
9.14	Přípoj vnitřní schodnice na nosník mezipodesty	154
9.15	Přípoj ztužení schodiště TR 114,3/12,5 ke schodnici	156
9.16	Přípoj ztužení schodiště TR 139,7/12,5 ke schodnici	158
10	Seznam obrázků a tabulek	160
11	Výkresové přílohy	163



Obrázek 1 Model konstrukce ve výpočetním programu SCIA Engineer



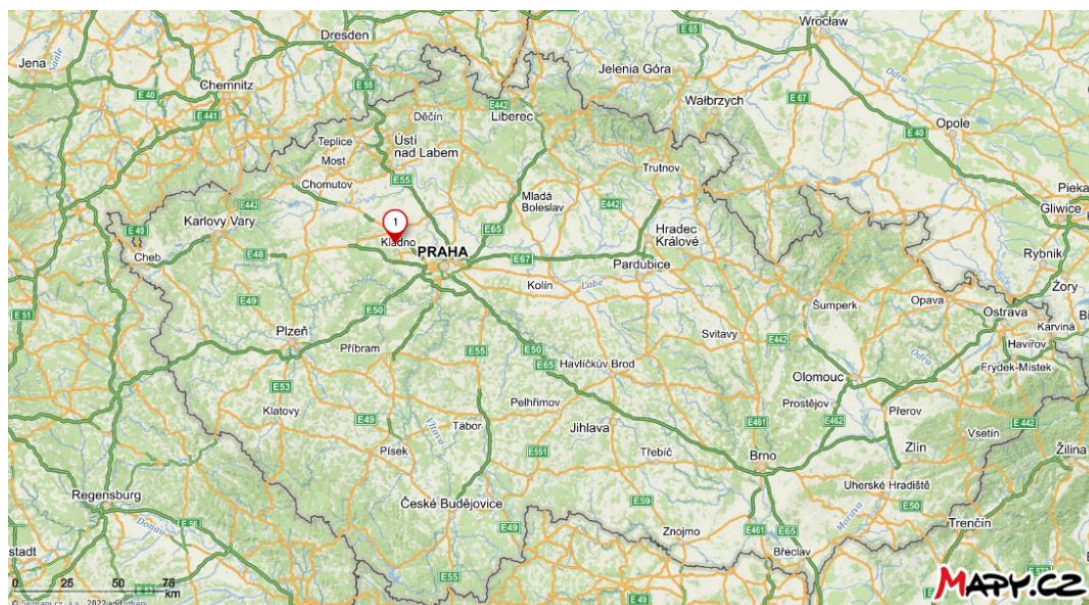
1 Základní údaje

Předmětem dokumentace je konstrukční návrh a statické posouzení hlavních prvků a vybraných detailů rozhledny. Rozhledna je umístěna v obci Vinařice. Je tvořena ocelovou konstrukcí ve tvaru šestiúhelníku. Uvnitř jsou vedena 2 schodiště na horní rozhledovou plošinu. Ramena jednoho schodiště jsou mezi sebou pootočena o 60°. Rozhledová plošina je volná, bez zastřešení.

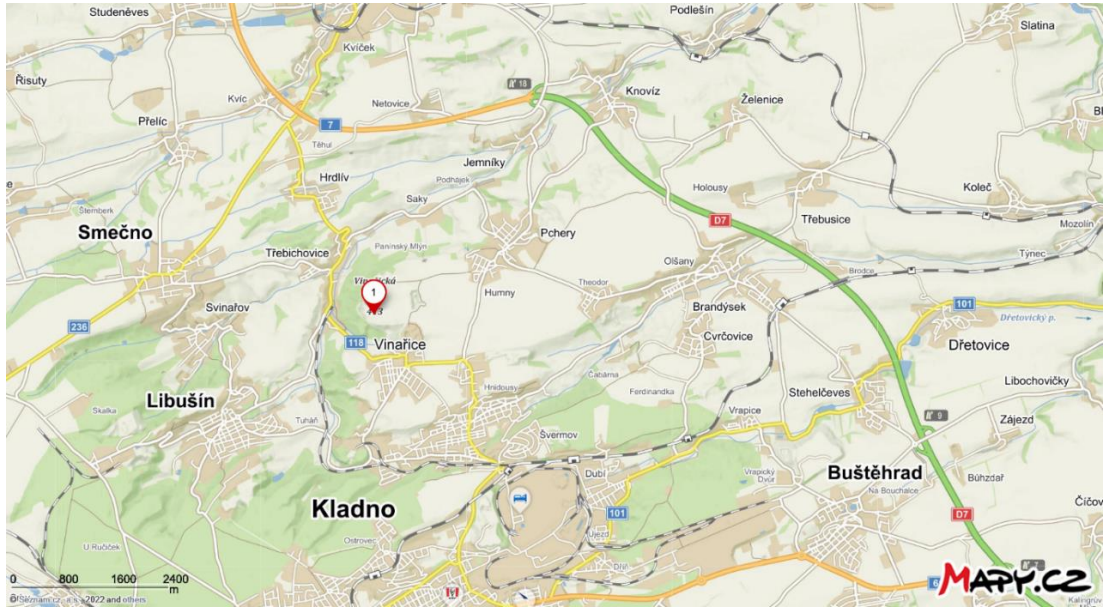
1.1 Identifikační údaje

Typ dokumentace	Diplomová práce
Charakter konstrukce	Prutová prostorová konstrukce
Dílčí část	Konstrukční část a statika

1.2 Umístění



Obrázek 2 Umístění rozhledny v rámci ČR (zdroj: <https://en.mapy.cz>)



Obrázek 3 Umístění rozhledny v širším okolí (zdroj: <https://en.mapy.cz>)

2 Konstrukce

2.1 Návrh základních rozměrů konstrukce

Návrh rozměrů schodiště se řídí pravidly normy ČSN 73 4130 – Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky.

Šířka schodišťového stupně je navržena 1100 mm, což je dvojnásobkem průchodného pruhu jednoho člověka.

Konstrukční výška jednoho podlaží rozhledny je 2800 mm

Maximální počet stupňů (výšek) v jednom rameni bez přerušení mezipodestou či podestou je 16. Navrhují 16 stupňů.

Výška stupně = $2800/16 = 175$ mm (optimální výška stupně 150–180 mm)

Šířka stupně se spočítá dle vzorce: $\check{S} = 630 - 2V \Rightarrow$

Šířka stupně = $630 - 2 * 175 = 280$ mm

Celkem je navrženo 13 podlaží. Výška horní plošiny je 39,2 m



2.2 Model

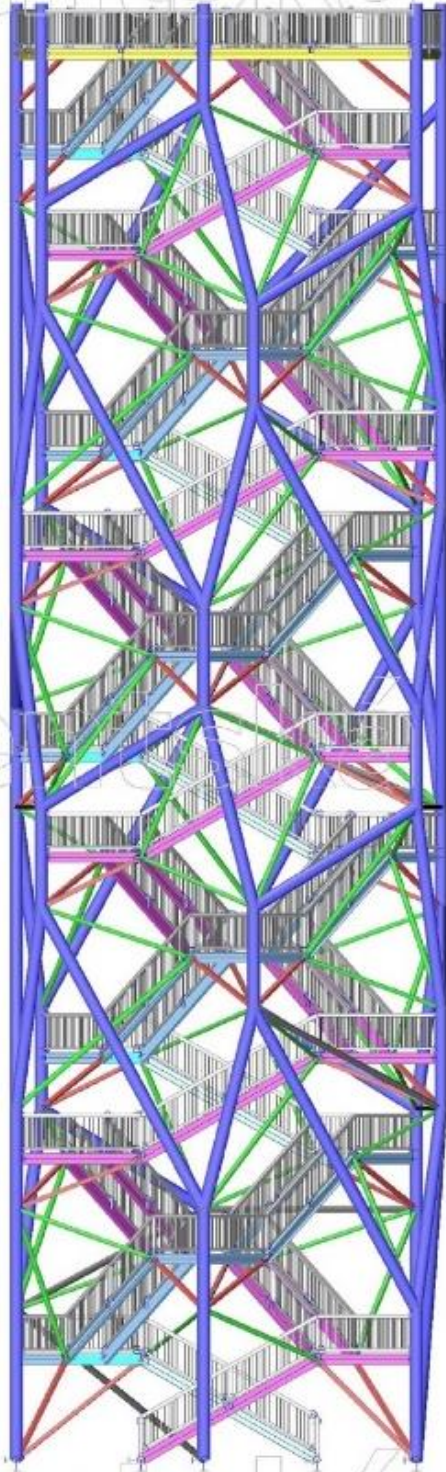
2.2.1 Legenda prvků

Podle barvy:

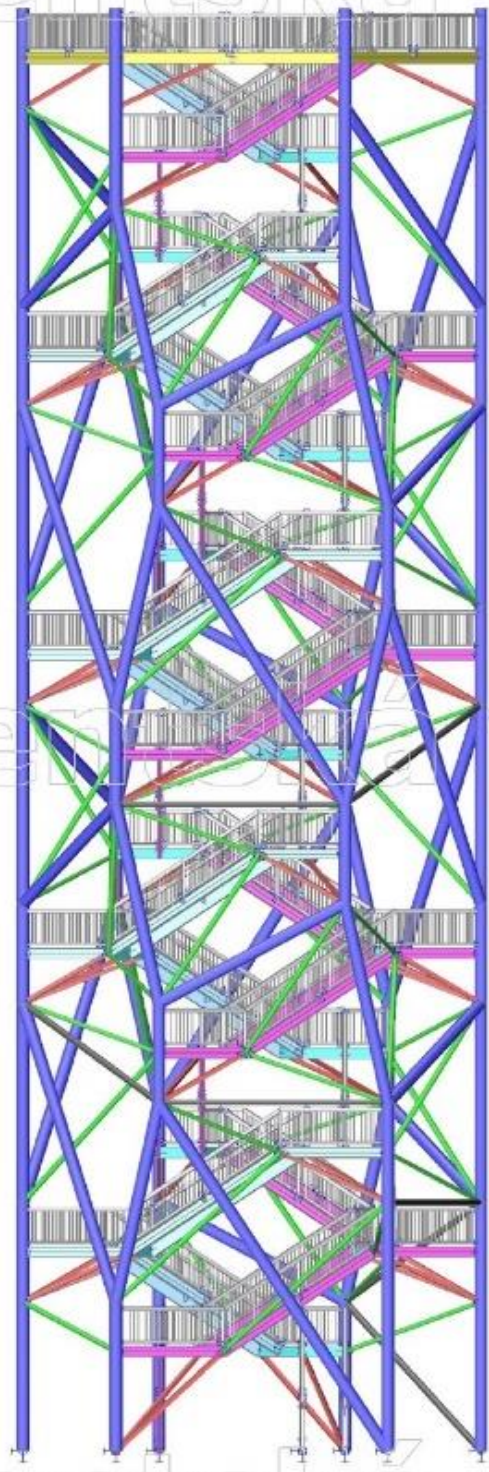
Barva	Typ prvků
Modrá	Sloupy
Růžová	Vnější i vnitřní schodnice 1. schodiště
Světle modrá	Vnější i vnitřní schodnice 2. schodiště
Azurová	Nosníky podesty
Žlutá	Nosníky horní plošiny
Červená	Vzpěry
Zelená	Ztužení schodiště
Černá	Ztužení sloupů
Oranžová	Ztužení podest i horní plošiny
Bílá	Zábradlí



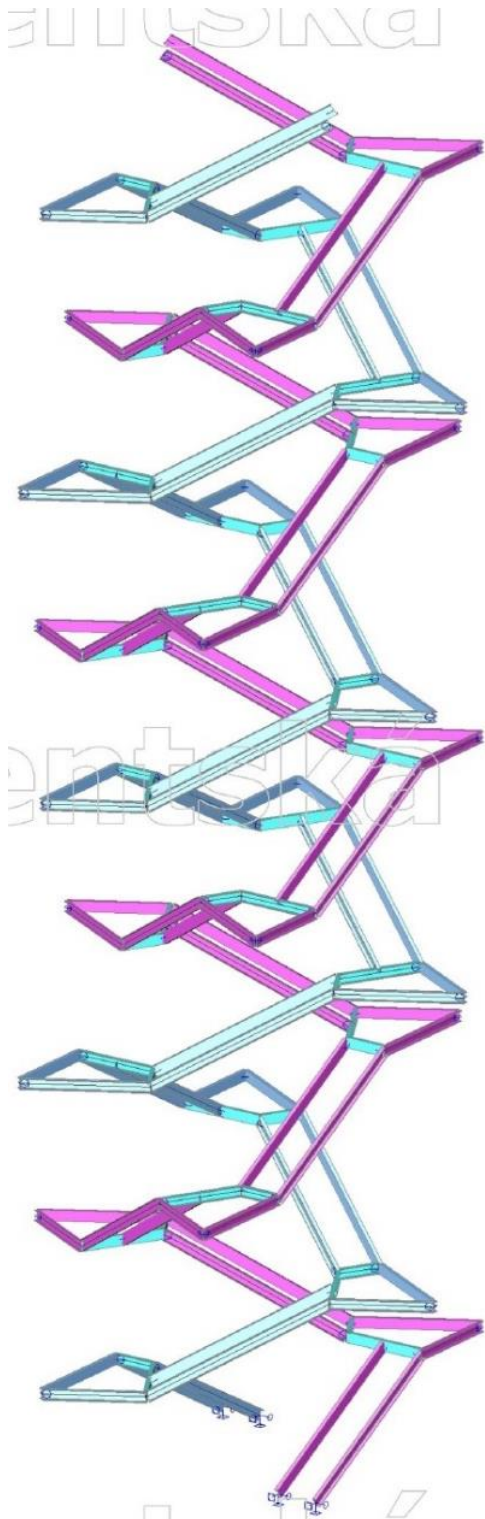
2.2.2 Schémata výpočetního modelu



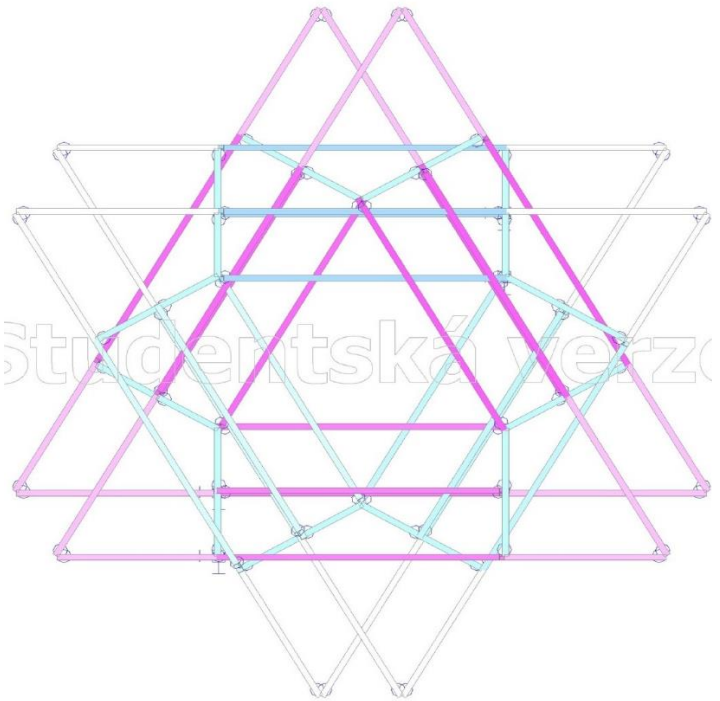
Obrázek 4 Schéma výpočetního modelu:
pohled XZ



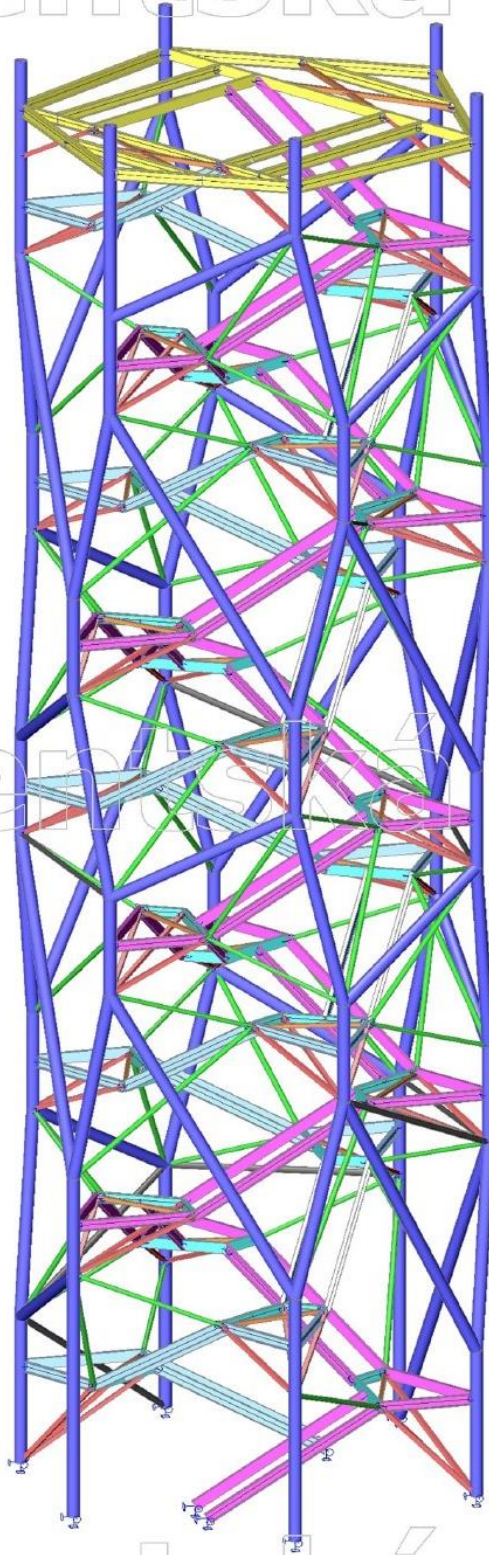
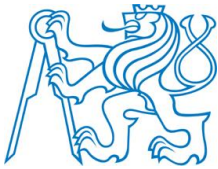
Obrázek 5 Schéma výpočetního modelu:
pohled YZ



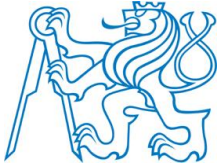
Obrázek 6 Geometrie schodiště:
axonometrický pohled



Obrázek 7 Geometrie schodiště: půdorys



Obrázek 8 Schéma výpočetního modelu (bez zábradlí): axonometrický pohled



2.3 Materiály

2.3.1 Ocel S235

Materiálové charakteristiky

Mez kluzu	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Hustota	$\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Modul pružnosti	$E = 210 \text{ GPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 80,7 \text{ GPa}$
Poissonovo číslo	$\nu = 0,3$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{m0} = 1,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{m1} = 1,0$
Součinitel spolehlivosti	$\gamma_{m2} = 1,25$

2.3.2 Šrouby 8.8

Materiálové charakteristiky

Mez kluzu	$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

2.3.3 Šrouby 10.9

Materiálové charakteristiky

Mez kluzu	$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$



3 Zatížení

3.1 Zatížení stálá

3.1.1 Vlastní tíha – ZS1

Hodnoty vlastní tíhy nosných konstrukčních prvků a zábradlí jsou vygenerovány softwarem SCIA Engineer

3.1.2 Ostatní stálá

Zábradlí bylo vymodelováno a přidáno do výpočetního modelu

Schodišťové stupně jsou z lisovaných pororoštů PR 22/33 - 40/3 (Protiskluzové provedení S2). Zatížení od stupňů je aplikováno jako svislé spojité zatížení na schodnice – **Zatěžovací stav ZS2**.

Pochozí povrch podest a horní plošiny tvoří lisované pororošty PR 22/33 - 50/4 (Protiskluzové provedení S2). Zatížení je aplikováno pomocí zatěžovacích panelů – **Zatěžovací stav ZS3**.

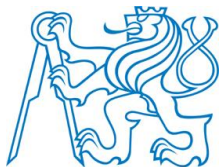
Zatížení od vlastní tíhy roštů bylo zvětšeno o 10% z důvodu lemování a montážního materiálu.

Hodnoty pro návrh pororoštů byly převzaty z tabulek firmy RODIF a.s.

Typ PR-22 – rozteč 22,2 mm		Hmotnost v Kg/m ² lemovaných ocelových žárově zinkovaných roštů.																								
typ roštu	počet pásků	rozteč oka	20/2	20/3	25/2	25/3	25/4	25/5	30/2	30/3	30/4	30/5	35/2	35/3	35/4	35/5	40/2	40/3	40/4	40/5	50/3	50/4	50/5	60/3	60/4	60/5
PR-22/11	46	22,2x11,1	31	39	35	45	–	–	39	51	–	–	43	57	–	–	47	63	–	–	–	–	–	–	–	–
PR-22/22	46	22,2x22,2	24	32	28	38	–	–	32	44	–	–	36	50	–	–	40	56	–	–	–	–	–	–	–	–
PR-22/33	46	22,2x33,3	21	29	25	35	49	61	29	41	57	72	33	47	65	82	37	53	73	92	65	92	112	78	108	132
PR-22/44	46	22,2x44,4	20	28	24	34	47	59	28	40	55	69	32	45	63	79	36	52	71	89	64	89	109	76	105	129
PR-22/55	46	22,2x55,5	19	27	23	33	46	57	27	39	54	67	31	45	62	77	35	51	70	87	63	87	107	76	103	128
PR-22/66	46	22,2x66,6	18	27	23	33	45	56	27	39	53	66	31	45	61	76	35	51	69	86	63	86	106	75	102	126
PR-22/99	46	22,2x99,9	18	26	22	32	43	54	26	38	51	64	30	44	59	74	34	50	67	84	62	84	104	74	100	125

Koeficient nosnosti: **1,50 x nosnost typu PR-33**

Obrázek 9 Hmotnost pororoštů od výrobce RODIF a.s.



Tabulka 1 Výpočet zatížení zatěžovacích stavů ZS2 a ZS3

Konstrukce	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg/m ²]	Plošné zatížení + 10% [kN/m ²]	Spojité zatížení [kN/m]
Schodišťové stupně PR 22/33 - 40/3	1100x280	53	0,583	0,583*1,1/2 = 0,321
Podesty a plošina PR 22/33 - 50/4		92	1,012	

3.2 Zatížení proměnné

3.2.1 Zatížení užité

Hodnota užitého zatížení pro kategorii zátěžových ploch C5 (dle ČSN EN 1991-1-1, Tabulka 6.2) je $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ (plošné zatížení) a $Q_k = 4,5 \text{ kN}$ (osamělá síla)

S osamělou silou v modelu není počítáno, ale byla vzata v úvahu při návrhu roštů.

Typ PR-33 – rozteč 33,3 mm

velikost pásku	veličina	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
30 x 4	Fv	8294	5760	4232	3240	2560	2074	1714	1440	1227	1058	922	810	717	640	574	518	470	428	392	360	332
	fv	0,13	0,19	0,26	0,34	0,43	0,53	0,64	0,76	0,89	1,04	1,19	1,35	1,53	1,71	1,91	2,12	2,33	2,56	2,80	3,05	3,30
	Fp	792	634	528	453	396	352	317	288	264	244	226	211	198	186	176	167	158	151	144	138	132
	fp	0,13	0,18	0,24	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,77	0,89	1,02	1,16	1,30	1,45	1,61	1,78	1,96	2,15	2,34	2,54	2,76
30 x 5	Fv	10368	7200	5290	4050	3200	2592	2142	1800	1534	1322	1152	1013	897	800	718	648	588	536	490	450	415
	fv	0,13	0,19	0,26	0,34	0,43	0,53	0,64	0,76	0,89	1,04	1,19	1,35	1,53	1,71	1,91	2,12	2,33	2,56	2,80	3,05	3,30
	Fp	990	792	660	566	495	440	396	360	330	305	283	264	248	233	220	208	198	189	180	172	165
	fp	0,13	0,18	0,24	0,31	0,39	0,47	0,56	0,66	0,77	0,89	1,02	1,16	1,30	1,45	1,61	1,78	1,96	2,15	2,34	2,54	2,76
40 x 2	Fv	7368	5117	3759	2878	2274	1842	1523	1279	1090	940	819	720	637	569	510	461	418	381	348	320	295
	fv	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,40	0,48	0,57	0,67	0,78	0,89	1,02	1,15	1,28	1,43	1,59	1,75	1,92	2,10	2,29	2,48
	Fp	691	553	461	395	345	307	276	251	230	213	197	184	173	163	153	145	138	132	126	120	115
	fp	0,10	0,14	0,18	0,23	0,29	0,35	0,42	0,50	0,58	0,67	0,76	0,87	0,97	1,09	1,21	1,34	1,47	1,61	1,76	1,91	2,07
40 x 3	Fv	11059	7680	5642	4320	3414	2765	2285	1920	1636	1410	1229	1080	957	853	766	691	627	571	523	480	442
	fv	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,40	0,48	0,57	0,67	0,78	0,89	1,02	1,15	1,29	1,43	1,59	1,75	1,92	2,10	2,29	2,48
	Fp	1037	829	691	592	518	461	415	377	346	319	296	276	259	244	230	218	207	197	189	180	173
	fp	0,10	0,14	0,18	0,23	0,29	0,35	0,42	0,50	0,58	0,67	0,77	0,87	0,97	1,09	1,21	1,34	1,47	1,61	1,76	1,91	2,07
50 x 4	Fv	23031	15994	11750	8996	7108	5757	4758	3999	3407	2938	2559	2249	1993	1778	1595	1439	1306	1190	1088	1000	922
	fv	0,08	0,11	0,16	0,20	0,26	0,32	0,38	0,46	0,54	0,62	0,71	0,81	0,92	1,03	1,15	1,27	1,40	1,54	1,68	1,83	1,98
	Fp	2118	1695	1412	1210	1059	941	847	770	706	652	605	565	530	498	471	446	424	403	385	368	353
	fp	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,28	0,34	0,40	0,46	0,54	0,61	0,69	0,78	0,87	0,97	1,07	1,18	1,29	1,40	1,53	1,65

Typ PR-22 – rozteč 22,2 mm
Koeficient nosnosti: 1,50 x nosnost typu PR-33

Snižení únosnosti dle protiskluzového provedení (platí pro S1 a S2)

Výška pásku	koeficient
20 mm	0,87
25 mm	0,90
30 mm	0,92
35 mm	0,93
40 mm	0,94
50 mm	0,95
60 mm	0,96

Legenda
Fv = přípustné rovnoměrné zatížení (daN/m²), 1 daN je přibližně 1 kg
fv = průhyb (fv) v cm při zatížení Fv
Fp = přípustné zatížení osamělým břemenem (Fp) v daN
fp = průhyb (fp) v cm při zatížení Fp

Obrázek 10 Nosnost proroštů od výrobce RODIF a.s.



Pro PR 22/33 - 40/3 (protiskluzové provedení S2), rozpětí = šířka stupně = 1100mm:
Přípustné rovnoměrné zatížení: $22,85\text{kN/m} \cdot 1,5 \cdot 0,94 = 32,22 \text{ kN/m}^2$
Přípustné soustředěné zatížení: $4,15\text{kN} \cdot 1,5 \cdot 0,94 = 5,85 \text{ kN} > Q_k = 4,5 \text{ kN} \dots \text{OK}$

Pro PR 22/33 - 50/4 (protiskluzové provedení S2), maximální rozpětí = 2200mm:
Přípustné rovnoměrné zatížení: $11,90\text{kN/m} \cdot 1,5 \cdot 0,95 = 16,96 \text{ kN/m}^2$
Přípustné soustředěné zatížení: $4,03\text{kN} \cdot 1,5 \cdot 0,95 = 5,74 \text{ kN} > Q_k = 4,5 \text{ kN} \dots \text{OK}$

Plošné zatížení na stupních bylo aplikováno na schodnice jako svislé spojitě zatížení.
Plošné zatížení na podestách a plošině bylo aplikováno pomocí zatěžovacích panelů.

Zatěžovací stav ZS4 – Užitné plné: zatíženy jsou všechny schodnice a zatěžovací plochy

Zatěžovací stav ZS5 – Užitné poloviční 1: zatížena je polovina (půdorysně) schodnic a zatěžovacích ploch

Zatěžovací stav ZS6 – Užitné poloviční 2: zatížena je druhá polovina (půdorysně) schodnic a zatěžovacích ploch

Zatěžovací stav ZS7 – Užitné schodiště 1: zatíženy jsou schodnice a podesty jednoho schodiště

Zatěžovací stav ZS8 – Užitné schodiště 2: zatíženy jsou schodnice a podesty druhého schodiště

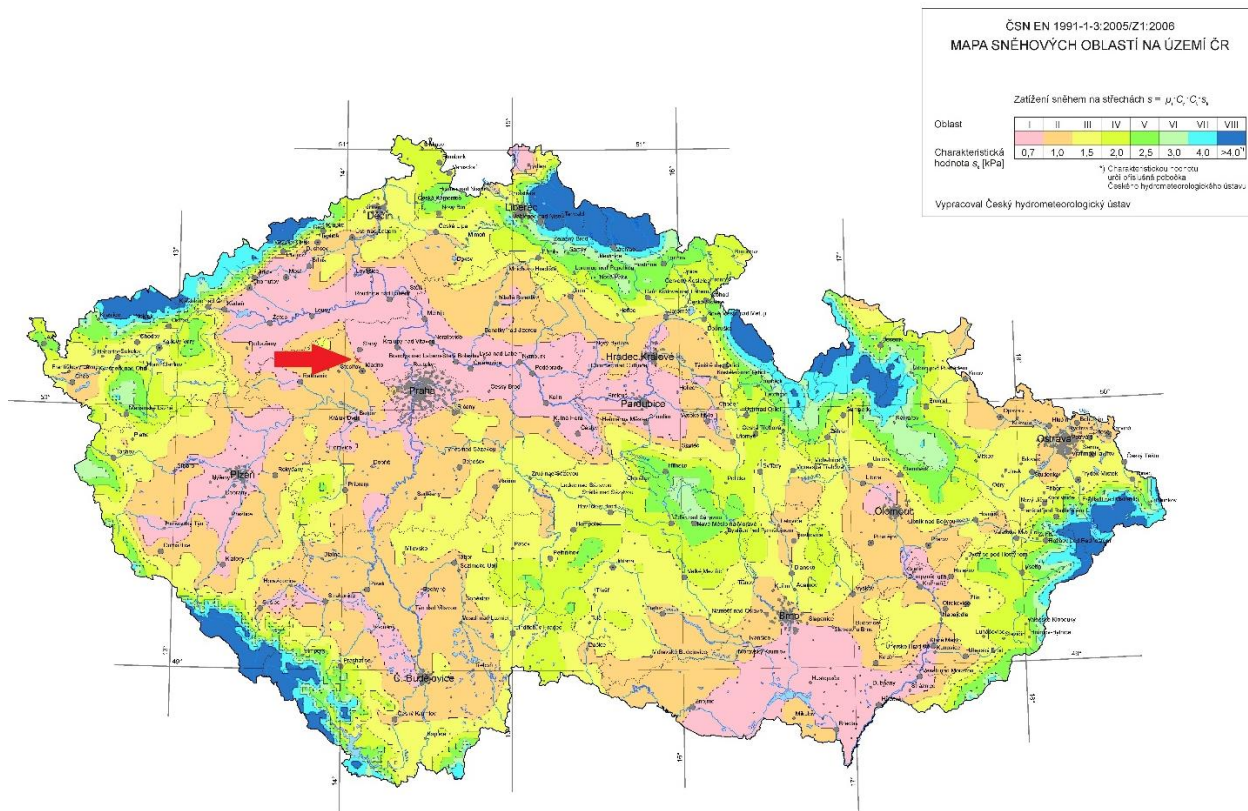
Tabulka 2 Výpočet užitného zatížení zatěžovacích stavů ZS4 – ZS8

Konstrukce, na kterou působí zatížení	Rozměry [mm]	Užitné zatížení [kN/m ²]	Spojitě zatížení [kN/m]
Schodišťové stupně	1100x280	5,0	$5,0 \cdot 1,1/2 = 2,75$
Rošt podesty a plošiny		5,0	



3.2.2 Zatížení sněhem – ZS9

Tíha sněhu byla uvažována pro pororoštové povrchy jako plná, výpočtem uvažovaná velikost oka je 22/33 mm, vlivem tání a opětového mrazu může povrch pororoštu působit jako plná plocha.



Obrázek 11 Mapa sněhových oblastí na území ČR. Červená šipka – umístění rozhledny

Vinařice (okres Kladno) – Sněhová oblast II. (Jelikož lokalita rozhledny je na hranici dvou sněhových oblastí – I. a II., pro výpočet byla použita horší varianta)

Zatížení sněhem (ČSN EN 1991-1-3 ed.2)

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

$$\mu_i = 0,8$$

tvárový součinitel. Sklon 0°

$$C_e = 0,8$$

součinitel expozice. Krajina otevřená

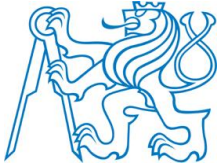
$$C_t = 1,0$$

tepelný součinitel

$$s_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

$$s = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,64 \text{ kN/m}^2$$



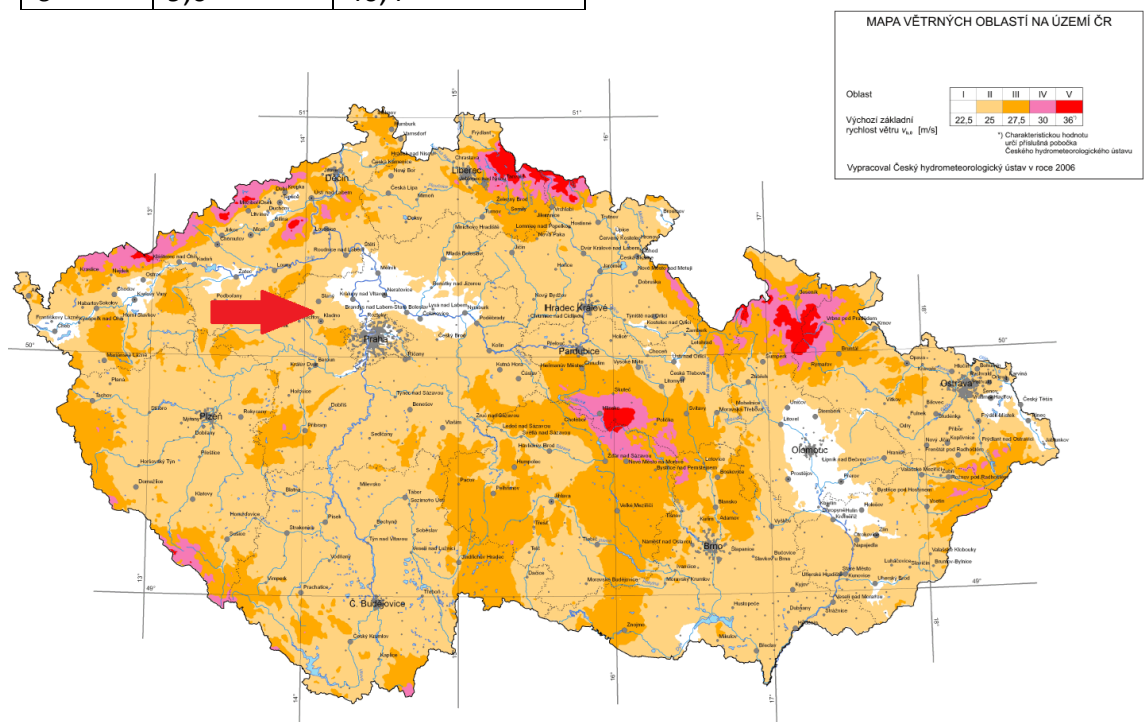
Zatížení námrazou se stanoví podle normy ČSN ISO 12494. Rozhledna je v námrazové oblasti R2. Hmotnost námrazy je $m_k = 0,9 \text{ kg/m}$. Součinitel k pro snížení tlaku větru (podle tab. 27) je $k = 0,45$. Vzhledem k redukcí zatížení větrem při kombinaci větru a námrazy podle čl. C.6 a NA 2.34 ČSN EN 1993-3-1, kombinace zatížení větrem s námrazou nebude pro návrh hlavní nosné konstrukce rozhodující. Zatížení námrazou je proto zanedbáno.

3.2.3 Zatížení větrem

Výpočet zatížení větrem je proveden podle ČSN EN 1991-1-4 ed.2. Jelikož se s výškou zatížení větrem mění, je třeba konstrukci po výšce rozdělit na jednotlivá pásma, na která působí rozdílné zatížení od větru.

Tabulka 3 Rozdělení konstrukce po výšce pro zatížení větrem

Č. pásma	Výška pásma [m]	Výška nad úrovní terénu z [m]
1	8,4	8,4
2	5,6	14
3	5,6	19,6
4	5,6	25,2
5	5,6	30,8
6	9,6	40,4



Obrázek 12 Mapa větrných oblastí na území ČR. Červená šipka – umístění rozhledny.



Vínařice (okres Kladno) – II. větrná oblast

II. kategorie terénu – oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek

3.2.3.1 Základní rychlost větru

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

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

$$c_{dir} = 1,0$$

$$c_{season} = 1,0$$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

základní rychlost větru

výchozí základní rychlost větru

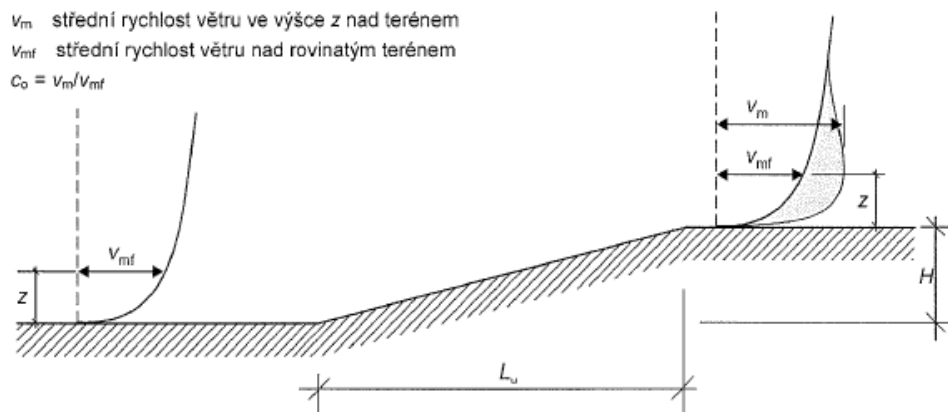
součinitel směru větru (doporučená hodnota)

součinitel ročního období (doporučená hodnota)

3.2.3.2 Součinitel orografie

$$c_0 = 1 + 2 \cdot s \cdot \phi$$

součinitel orografie



Obrázek A.1 – Zvýšení rychlostí větru způsobené orografií

Obrázek 13 Zvýšení rychlosti větru způsobené orografií. (převzato z ČSN EN 1991-1-4)

$$H = 85 \text{ m}$$

$$L_u = 350 \text{ m}$$

$$z = 40,2 \text{ m}$$

$$x = 150 \text{ m}$$

$$\phi = H/L_u = 85/350 = 0,24$$

$$L_e = L_u = 350 \text{ m}$$

$$z/L_e = 40,4/350 = 0,12$$

$$x/L_e = 150/350 = 0,43$$

výška kopce, odměřená z mapy

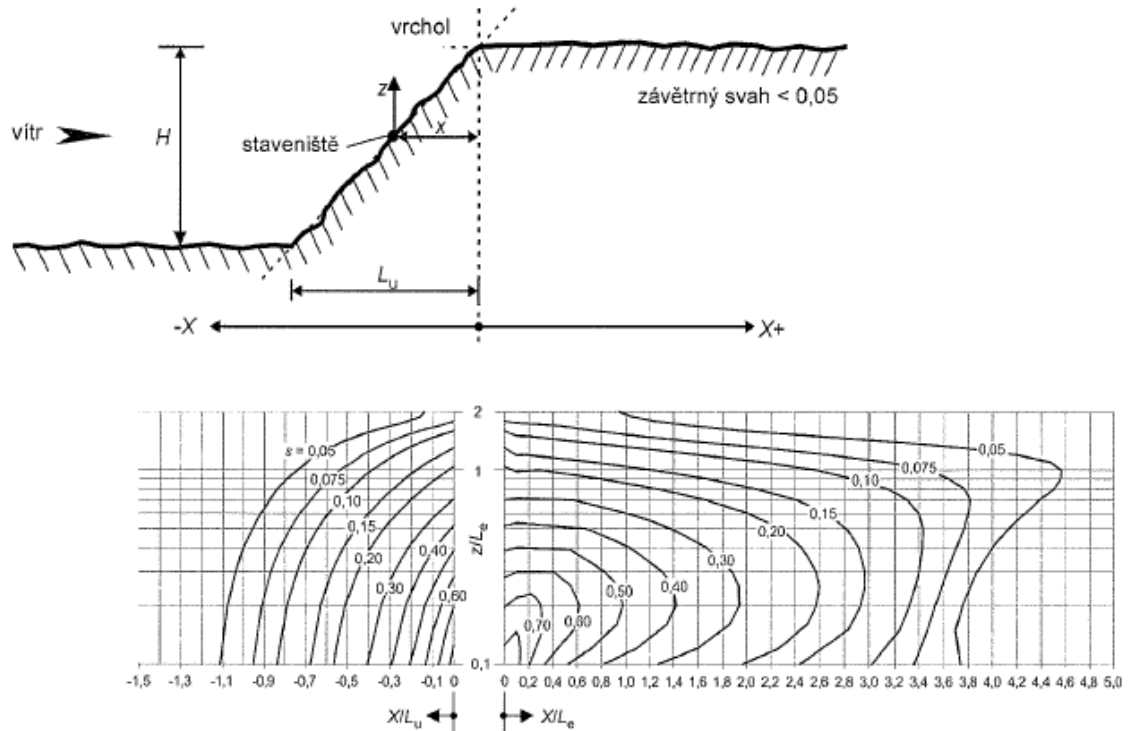
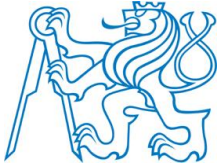
vzdálenost od úpatí k vrcholu, odměřená z mapy

výška konstrukce

vzdálenost konstrukce od vrcholu

sklon návětrného svahu H/L_u ve směru větru

pro $0,05 < \phi < 0,3$



Obrázek A.2 – Součinitel s pro útesy a skalní stěny

Obrázek 14 Součinitel s pro útesy a skalní stěny. (převzato z ČSN EN 1991-1-4)

$$s = 0,54$$

$$c_0 = 1 + 2 \cdot 0,54 \cdot 0,24 = 1,26$$

součinitel umístění pro útesy a skalní stěny

3.2.3.3 Maximální dynamický tlak

Součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07}$$

Tabulka 4 Kategorie terénu a jejich parametry dle ČSN EN 1991-1-4, Tabulka 4.1

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10
POZNÁMKA Kategorie terénu jsou zobrazeny v A.1.		



$$\begin{aligned}z_0 &= 0,05 \text{ m} \\z_{0,II} &= 0,05 \text{ m} \\z_{\min} &= 2 \text{ m} \\z_{\max} &= 200 \text{ m}\end{aligned}$$

parametr drsnosti terénu (Tabulka 4)
parametr drsnosti terénu kat.II
minimální výška (Tabulka 4)
max. výška dle normy se uvažuje 200 m

$$k_r = 0,19 \cdot (0,05/0,05)^{0,07} = 0,19$$

Součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0 \cdot v_b$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = k_l \cdot c_0 \cdot \ln(z/z_0)$$

$$k_l = 1,0 \quad \text{součinitel turbulence (doporučená hodnota)}$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2$$

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

Tabulka 5 Výpočet maximálního dynamického tlaku větru

Č. pásma	Výška nad úrovní terénu z [m]	Součinitel drsnosti terénu $c_r(z)$	Střední rychlost větru $v_m(z)$ [m/s]	Intenzita turbulence $I_v(z)$ [-]	Maximální dynamický tlak $q_p(z)$ [kN/m ²]
1	8,4	0,974	30,559	0,155	1,219
2	14	1,071	33,605	0,141	1,404
3	19,6	1,135	35,612	0,133	1,533
4	25,2	1,182	37,111	0,128	1,632
5	30,8	1,220	38,308	0,124	1,713
6	40,4	1,272	39,926	0,119	1,826



3.2.3.4 Součinitel konstrukce

Měřítka délky turbulence

$$L(z_s) = L_t \cdot (z_s/z_t)^\alpha$$

$$L_t = 300 \text{ m}$$

referenční měřítko délky

$$z_s = 40,4 \text{ m}$$

referenční výška konstrukce

$$z_t = 200 \text{ m}$$

referenční výška

$$\alpha = 0,76 + 0,05 \cdot \ln(z_0) = 0,61$$

výška oblasti

$$L(z_s) = 300 \cdot (40,4/200)^{0,61} = 113,041 \text{ m}$$

Součinitel odezvy pozadí

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^2}$$

$$b = 11,8 \text{ m}$$

šířka konstrukce

$$h = 40,4 \text{ m}$$

výška konstrukce

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{11,8 + 40,4}{113,041}\right)^{0,63}} = 0,644$$

Logaritmický dekrement útlumu

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$$

$$\delta_s = 0,05$$

logaritmický dekrement konstrukčního útlumu

$$\delta_a = \frac{c_f \cdot q \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_{1,x} \cdot m_e}$$

-příhradová ocelová věž s obyčejnými šrouby
logaritmický dekrement aerodynamického útlumu při základním tvaru kmitání

$$m = 168912 \text{ kg}$$

hmotnost konstrukce (převzato ze SCIA)

$$m_e \approx m/h = 4181$$

ekvivalentní hmotnost

$$n_{1,x} = 2,06$$

základní vlastní frekvence (převzato ze SCIA)

$$c_f = 1,0$$

součinitel síly (je uvažován orientačně pro výpočet součinitele konstrukce)

$$\delta_a = \frac{1,0 \cdot 1,25 \cdot 11,8 \cdot 39,926}{2 \cdot 2,06 \cdot 4181} = 0,034$$

$$\delta_d = 0$$

logaritmický dekrement útlumu od zvláštních zařízení (nejsou)

$$\delta = 0,05 + 0,034 + 0 = 0,084$$



Rezonanční část odezvy

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(zs, n1x) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b)$$

$$f_L(zs, n1x) = n_{1,x} \cdot L(zs) / v_m(zs) = \text{frekvence} \\ = 2,06 \cdot 113,041 / 39,926 = 5,832$$

$$S_L(zs, n1x) = \frac{6,8 \cdot f_L(zs, n1x)}{(1 + 10,2 \cdot f_L(zs, n1x))^{\frac{5}{3}}} = \text{výkonová spektrální hustota} \\ = \frac{6,8 \cdot 5,832}{(1 + 10,2 \cdot 5,832)^{\frac{5}{3}}} = 0,043$$

$$\eta_h = 4,6 \cdot h / L(zs) \cdot f_L(zs, n1x) = \\ = 4,6 \cdot 40,4 / 113,041 \cdot 5,832 = 9,589$$

$$\eta_b = 4,6 \cdot b / L(zs) \cdot f_L(zs, n1x) = \\ = 4,6 \cdot 11,8 / 113,041 \cdot 5,832 = 2,801$$

$$R_h(\eta_h) = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_h}) = \text{aerodynamická admitance} \\ = \frac{1}{9,589} - \frac{1}{2 \cdot 9,589^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 9,589}) \\ = 0,099$$

$$R_b(\eta_b) = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \eta_b}) = \text{aerodynamická admitance} \\ = \frac{1}{2,801} - \frac{1}{2 \cdot 2,801^2} \cdot (1 - e^{-2 \cdot 2,801}) \\ = 0,294$$

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot 0,084} \cdot 0,043 \cdot 0,099 \cdot 0,294 = 0,072$$

Frekvence přechodu s kladnou směrnici

$$v = n_{1,x} \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = 2,06 \cdot \sqrt{\frac{0,072}{0,644 + 0,072}} = 0,655 \dots \geq 0,08 \text{ Hz}$$

Součinitel maximální hodnoty

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} = \sqrt{2 \cdot \ln(0,655 \cdot 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(0,655 \cdot 600)}} = 3,63$$



$$T = 600s$$

doba integrace při stanovení střední rychlosti větru

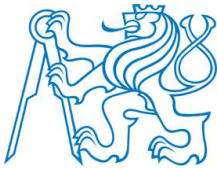
Součinitel konstrukce

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(zs) \cdot \sqrt{B^2 \cdot R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(zs)} = \frac{1 + 2 \cdot 3,63 \cdot 0,119 \cdot \sqrt{0,644 \cdot 0,072}}{1 + 7 \cdot 0,119}$$

$$c_s c_d = 0,944$$

Součinitel konstrukce je menší než 1. Dál se bude používat bezpečnější hodnota

$$c_s c_d = 1,0$$



3.2.3.5 Síly od větru působící na jednotlivé prvky konstrukce

Tabulka 6 Výpočet zatížení od větru na prvky s otevřenými průřezy

Prvky s otevřenými průřezy											
Popis prvku	Výškové pásmo / výška nad úrovní terénu	qp(ze)	cscd	λ	d/b		cf,0		$\psi\lambda$	cf	fw
		[kN/m ²]	[-]	[-]	[-]		[-]		[-]	[-]	[kN/m']
		Maximální dynamický tlak	součinitel konstrukce	Efektivní štíhlost (dle ČSN EN 1991-1-4, Tabulka 7.16)	poměr rozměrů průřezu		Součinitel síly (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.23)		Součinitel koncového efektu (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.36). ϕ - součinitel plnosti = 1	Součinitel síly $cf=cf,0*\psi\lambda$	Výsledné spojité zatížení od větru na prvek
Schodnice UPE300 b = 300. d = 100	1/8,4m	1,219	1,000	70	0,333		2		0,92	1,84	0,673
	2/14,0m	1,404	1,000	70	0,333		2		0,92	1,84	0,775
	3/19,6m	1,533	1,000	70	0,333		2		0,92	1,84	0,846
	4/25,2m	1,632	1,000	70	0,333		2		0,92	1,84	0,901
	5/30,8m	1,713	1,000	70	0,333		2		0,92	1,84	0,946
	6/40,4m	1,826	1,000	70	0,333		2		0,92	1,84	1,008
Nosník podest UPE300 b = 300. d = 100	1/8,4m	1,219	1,000	22	0,333		2		0,78	1,56	0,570
	2/14,0m	1,404	1,000	22	0,333		2		0,78	1,56	0,657
	3/19,6m	1,533	1,000	22	0,333		2		0,78	1,56	0,717
	4/25,2m	1,632	1,000	22	0,333		2		0,78	1,56	0,764
	5/30,8m	1,713	1,000	22	0,333		2		0,78	1,56	0,802
	6/40,4m	1,826	1,000	22	0,333		2		0,78	1,56	0,855
Nosník plošina IPE300 b = 300. d = 150	6/40,4m	1,826	1,000	47	0,500		2		0,88	1,76	0,964



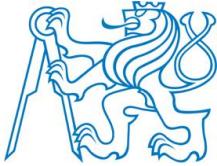
Tabulka 7 Výpočet zatížení od větru na prvky s kruhovými průřezy

Prvky s kruhovými průřezy											
Popis prvku	Výškové pásmo / výška nad úrovní terénu	qp(ze)	cscd	λ	v(ze)	Re	k/b	cf,0	ψλ	cf	fw
		[kN/m ²]	[-]	[-]	[m/s]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN/m']
		Maximální dynamický tlak	součinitel konstrukce	Efektivní štiřlost (dle ČSN EN 1991-1-4, Tabulka 7.16)	Maximální rychlost větru ve výšce ze. v(ze) = $(2 * qp/q)^{0,5}$	Reynoldsovo číslo. $Re = b * v(ze) / \nu$	Ekvivalentní drsnost. Pozinkovaná ocel; k = 0,2mm (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.28)	Součinitel síly (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.28)	Součinitel koncového efektu (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.36)	Součinitel síly $cf=cf,0 * \psi\lambda$	Výsledné spojitě zatížení od větru na prvek.
Sloup. Kruhová trubka b = 323,9	1/8,4m	1,219	1,000	70	44,158	9,5E+05	6,2E-04	0,799	0,92	0,735	0,290
	2/14,0m	1,404	1,000	70	47,399	1,0E+06	6,2E-04	0,804	0,92	0,740	0,336
	3/19,6m	1,533	1,000	70	49,521	1,1E+06	6,2E-04	0,807	0,92	0,742	0,369
	4/25,2m	1,632	1,000	70	51,099	1,1E+06	6,2E-04	0,809	0,92	0,744	0,393
	5/30,8m	1,713	1,000	70	52,356	1,1E+06	6,2E-04	0,811	0,92	0,746	0,414
	6/40,4m	1,826	1,000	70	54,052	1,2E+06	6,2E-04	0,813	0,92	0,748	0,442
Ztužení. Kruhová trubka b = 177,8	1/8,4m	1,219	1,000	42	44,158	5,2E+05	1,1E-03	0,805	0,86	0,692	0,150
	2/14,0m	1,404	1,000	42	47,399	5,6E+05	1,1E-03	0,810	0,86	0,697	0,174
	3/19,6m	1,533	1,000	42	49,521	5,9E+05	1,1E-03	0,813	0,86	0,700	0,191
	4/25,2m	1,632	1,000	42	51,099	6,1E+05	1,1E-03	0,816	0,86	0,702	0,204
	5/30,8m	1,713	1,000	42	52,356	6,2E+05	1,1E-03	0,817	0,86	0,703	0,214
	6/40,4m	1,826	1,000	42	54,052	6,4E+05	1,1E-03	0,820	0,86	0,705	0,229
Ztužení. Kruhová trubka b = 139,7	1/8,4m	1,219	1,000	44	44,158	4,1E+05	1,4E-03	0,807	0,86	0,694	0,118
	2/14,0m	1,404	1,000	44	47,399	4,4E+05	1,4E-03	0,813	0,86	0,699	0,137
	3/19,6m	1,533	1,000	44	49,521	4,6E+05	1,4E-03	0,816	0,86	0,702	0,150
	4/25,2m	1,632	1,000	44	51,099	4,8E+05	1,4E-03	0,819	0,86	0,704	0,161
	5/30,8m	1,713	1,000	44	52,356	4,9E+05	1,4E-03	0,821	0,86	0,706	0,169
	6/40,4m	1,826	1,000	44	54,052	5,0E+05	1,4E-03	0,823	0,86	0,708	0,181
Ztužení. Kruhová trubka b = 114,3	1/8,4m	1,219	1,000	38	44,158	3,4E+05	1,7E-03	0,810	0,84	0,680	0,095
	2/14,0m	1,404	1,000	38	47,399	3,6E+05	1,7E-03	0,816	0,84	0,685	0,110
	3/19,6m	1,533	1,000	38	49,521	3,8E+05	1,7E-03	0,819	0,84	0,688	0,121
	4/25,2m	1,632	1,000	38	51,099	3,9E+05	1,7E-03	0,822	0,84	0,690	0,129
	5/30,8m	1,713	1,000	38	52,356	4,0E+05	1,7E-03	0,824	0,84	0,692	0,135
	6/40,4m	1,826	1,000	38	54,052	4,1E+05	1,7E-03	0,826	0,84	0,694	0,145
Výplň zábradlí b = 16	1/8,4m	1,219	1,000	70	44,158	4,7E+04	1,3E-02	1,200	0,92	1,104	0,022
	2/14,0m	1,404	1,000	70	47,399	5,1E+04	1,3E-02	1,200	0,92	1,104	0,025
	3/19,6m	1,533	1,000	70	49,521	5,3E+04	1,3E-02	1,200	0,92	1,104	0,027
	4/25,2m	1,632	1,000	70	51,099	5,5E+04	1,3E-02	1,200	0,92	1,104	0,029
	5/30,8m	1,713	1,000	70	52,356	5,6E+04	1,3E-02	1,200	0,92	1,104	0,030
	6/40,4m	1,826	1,000	70	54,052	5,8E+04	1,3E-02	1,200	0,92	1,104	0,032



Tabulka 8 Výpočet zatížení od větru na prvky s obdélníkovými průřezy

Prvky s obdélníkovými průřezy											
Popis prvku	Výškové pásmo / výška nad úrovní terénu	qp(ze)	cscd	λ	d/b	r/b	cf,0	ψ_r	ψ_λ	cf	fw
		[kN/m ²]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN/m']
		Maximální dynamický tlak	součinitel konstrukce	Efektivní štiřlost (dle ČSN EN 1991-1-4, Tabulka 7.16)	poměr rozměrů průřezu	poměr poloměru zaoblení rohů a b	Součinitel síly (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.23)	Redukční součinitel (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.24)	Součinitel koncového efektu (dle ČSN EN 1991-1-4, Obrázek 7.36). ϕ - součinitel plnosti = 1	Součinitel síly $cf=cf,0*\psi_r*\psi_\lambda$	Výsledné spojitě zatížení od větru na prvek
Vzpěra vnější čtvercová trubka b=d=110. r=21	1/8,4m	1,219	1,000	70	1	0,191	2,1	0,52	0,92	1,010	0,135
	2/14,0m	1,404	1,000	70	1	0,191	2,1	0,52	0,92	1,010	0,156
	3/19,6m	1,533	1,000	70	1	0,191	2,1	0,52	0,92	1,010	0,170
	4/25,2m	1,632	1,000	70	1	0,191	2,1	0,52	0,92	1,010	0,181
	5/30,8m	1,713	1,000	70	1	0,191	2,1	0,52	0,92	1,010	0,190
	6/40,4m	1,826	1,000	70	1	0,191	2,1	0,52	0,92	1,010	0,203
Vzpěra vnitřní čtvercová trubka b=d=100. r=15	1/8,4m	1,219	1,000	70	1	0,150	2,1	0,63	0,92	1,208	0,147
	2/14,0m	1,404	1,000	70	1	0,150	2,1	0,63	0,92	1,208	0,170
	3/19,6m	1,533	1,000	70	1	0,150	2,1	0,63	0,92	1,208	0,185
	4/25,2m	1,632	1,000	70	1	0,150	2,1	0,63	0,92	1,208	0,197
	5/30,8m	1,713	1,000	70	1	0,150	2,1	0,63	0,92	1,208	0,207
	6/40,4m	1,826	1,000	70	1	0,150	2,1	0,63	0,92	1,208	0,220
Madlo zábradlí čtvercová trubka b=d=80. r=9	1/8,4m	1,219	1,000	70	1	0,113	2,1	0,72	0,92	1,389	0,135
	2/14,0m	1,404	1,000	70	1	0,113	2,1	0,72	0,92	1,389	0,156
	3/19,6m	1,533	1,000	70	1	0,113	2,1	0,72	0,92	1,389	0,170
	4/25,2m	1,632	1,000	70	1	0,113	2,1	0,72	0,92	1,389	0,181
	5/30,8m	1,713	1,000	70	1	0,113	2,1	0,72	0,92	1,389	0,190
	6/40,4m	1,826	1,000	70	1	0,113	2,1	0,72	0,92	1,389	0,203
Sloup zábradlí čtvercová trubka b=d=70. r=15	1/8,4m	1,219	1,000	34	1	0,214	2,1	0,50	0,83	0,872	0,074
	2/14,0m	1,404	1,000	34	1	0,214	2,1	0,50	0,83	0,872	0,086
	3/19,6m	1,533	1,000	34	1	0,214	2,1	0,50	0,83	0,872	0,094
	4/25,2m	1,632	1,000	34	1	0,214	2,1	0,50	0,83	0,872	0,100
	5/30,8m	1,713	1,000	34	1	0,214	2,1	0,50	0,83	0,872	0,105
	6/40,4m	1,826	1,000	34	1	0,214	2,1	0,50	0,83	0,872	0,111
Dolní výplň zábradlí čtvercová trubka b=d=60. r=8	1/8,4m	1,219	1,000	70	1	0,133	2,1	0,67	0,92	1,288	0,094
	2/14,0m	1,404	1,000	70	1	0,133	2,1	0,67	0,92	1,288	0,109
	3/19,6m	1,533	1,000	70	1	0,133	2,1	0,67	0,92	1,288	0,118
	4/25,2m	1,632	1,000	70	1	0,133	2,1	0,67	0,92	1,288	0,126
	5/30,8m	1,713	1,000	70	1	0,133	2,1	0,67	0,92	1,288	0,132
	6/40,4m	1,826	1,000	70	1	0,133	2,1	0,67	0,92	1,288	0,141



3.2.3.6 Zatížení větrem – zatěžovací stavy

Zatížení od větru na svislou výplň zábradlí (kruhová trubka $d=16\text{mm}$) je přepočteno a aplikováno na madlo a dolní výplň zábradlí jako spojitě.

Zatěžovací stav ZS10 – Vítr směr X+

Zatěžovací stav ZS11 – Vítr směr Y+

Zatěžovací stav ZS12 – Vítr směr X-

Zatěžovací stav ZS13 – Vítr směr Y-

4 Dynamické chování konstrukce

Ve výpočetním programu SCIA Engineer byla provedena modální analýza. Výsledkem výpočtu jsou deset prvních vlastních frekvencí konstrukce. Byly vytvořeny dvě skupiny hmot, ze kterých byla vytvořena společná kombinace: vlastní tíha nosné konstrukce a ostatní stálé zatížení.

Výstup z tohoto výpočtu byl použit při určení dynamických účinků větru (dynamický součinitel). Byla použita hodnota základní vlastní frekvence $n_{1,x} = 2,06$

Tabulka 9 Vlastní frekvence konstrukce

Vlastní frekvence

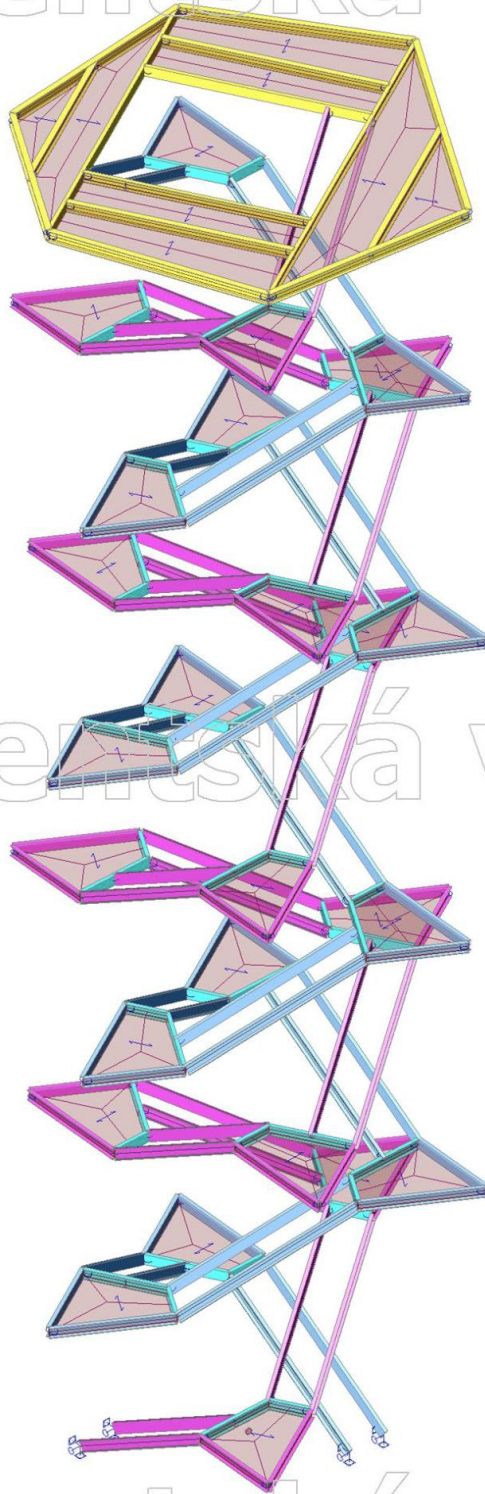
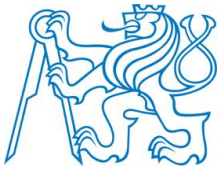
N	f [Hz]	ω [1/s]	ω^2 [1/s ²]	T [s]
Kombinace hmot : CM1.				
1	2.06	12.92	166.96	0.49
2	2.14	13.42	180.20	0.47
3	3.02	19.01	361.21	0.33
4	3.25	20.45	418.07	0.31
5	3.36	21.10	445.11	0.30
6	3.57	22.43	503.29	0.28
7	3.70	23.28	541.74	0.27
8	3.74	23.49	551.89	0.27
9	4.33	27.21	740.26	0.23
10	4.41	27.74	769.45	0.23



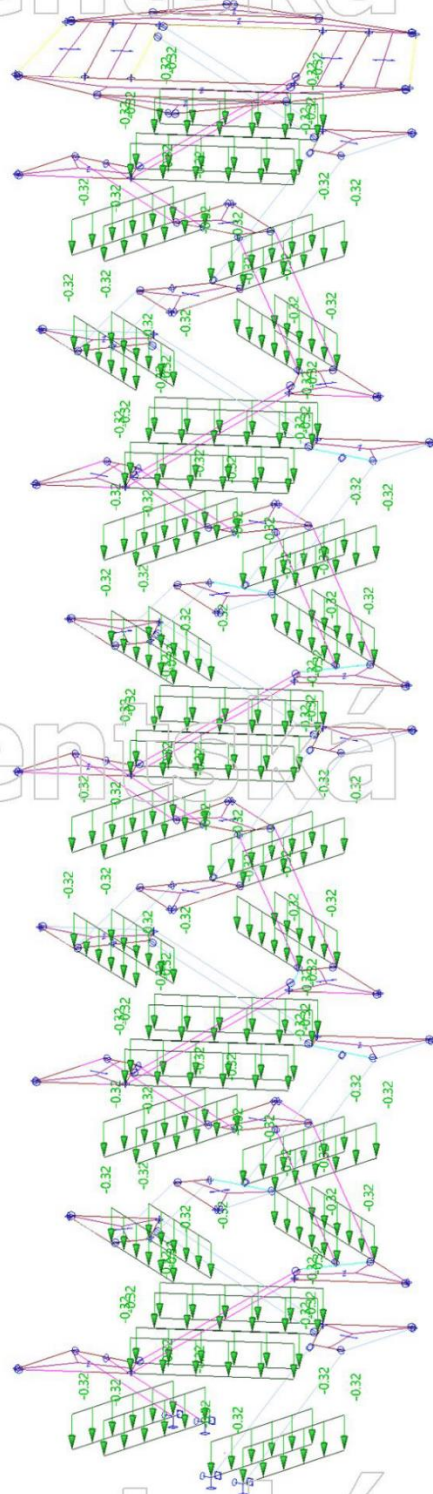
5 Kombinace zatížení

5.1 Přehled zatěžovacích stavů

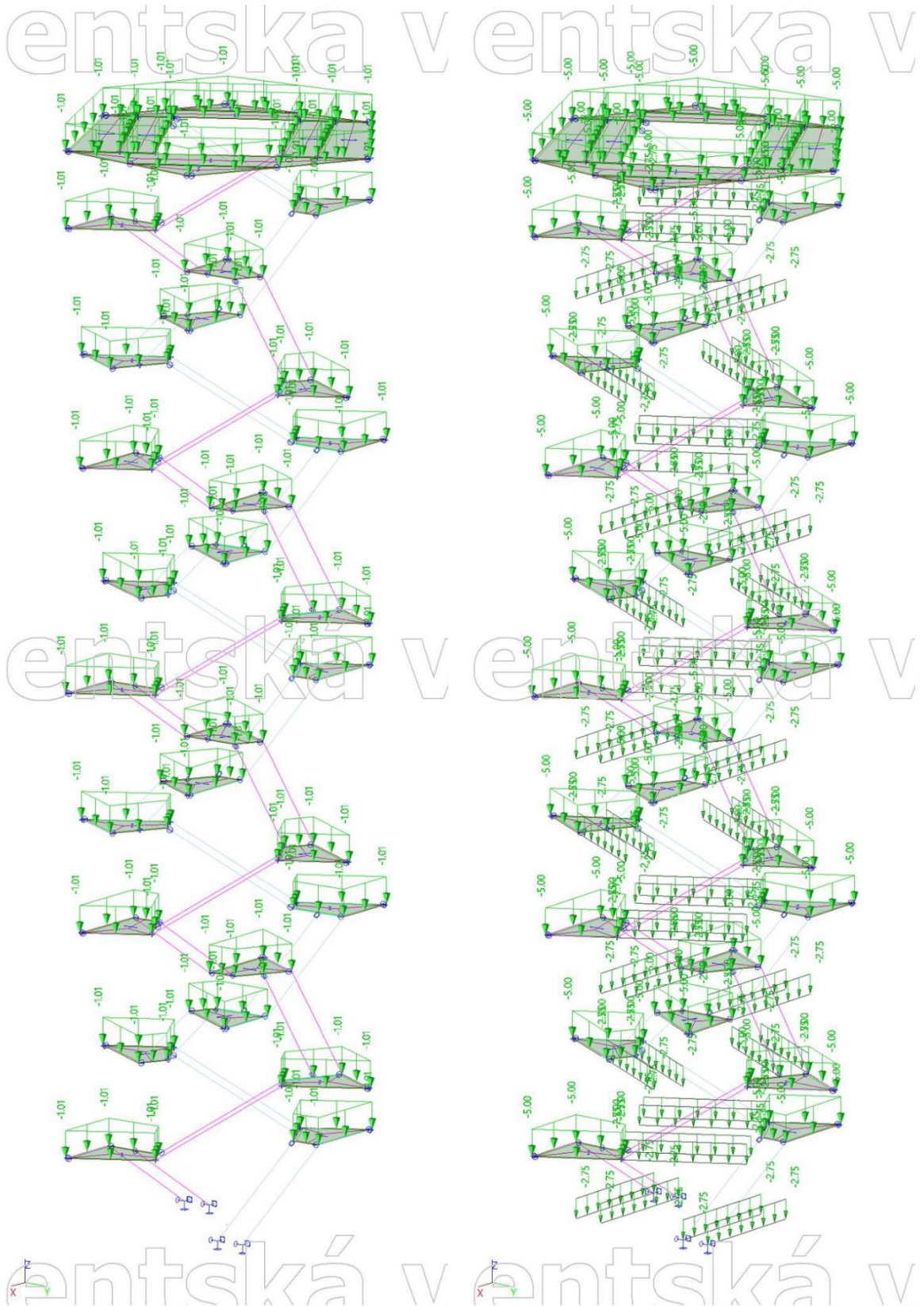
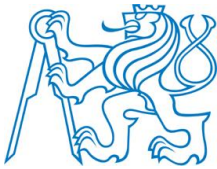
ZS1	Vlastní tíha	Automaticky generováno programem SCIA Engineer 2019
ZS2	Ostatní stálé – schody	Pororošty PR 22/33–40/3
ZS3	Ostatní stálé – podesty	Pororošty PR 22/33–50/4
ZS4	Užitné plné	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – plná plocha
ZS5	Užitné poloviční 1	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 1
ZS6	Užitné poloviční 2	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – poloviční plocha 2
ZS7	Užitné 1 schodiště	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – na jednom schodišti 1
ZS8	Užitné 2 schodiště	Zatížení davem lidí na vyhlídkových plošinách a schodišti – na jednom schodišti 2
ZS9	Sníh	Klimatické zatížení od vrstvy sněhu
ZS10	Vítr ve směru +X	Klimatické zatížení větrem ve směru +X
ZS11	Vítr ve směru +Y	Klimatické zatížení větrem ve směru +Y
ZS12	Vítr ve směru – X	Klimatické zatížení větrem ve směru – X
ZS13	Vítr ve směru – Y	Klimatické zatížení větrem ve směru – Y



Obrázek 15 Směr roznášení zatížení
zatěžovacích panelů

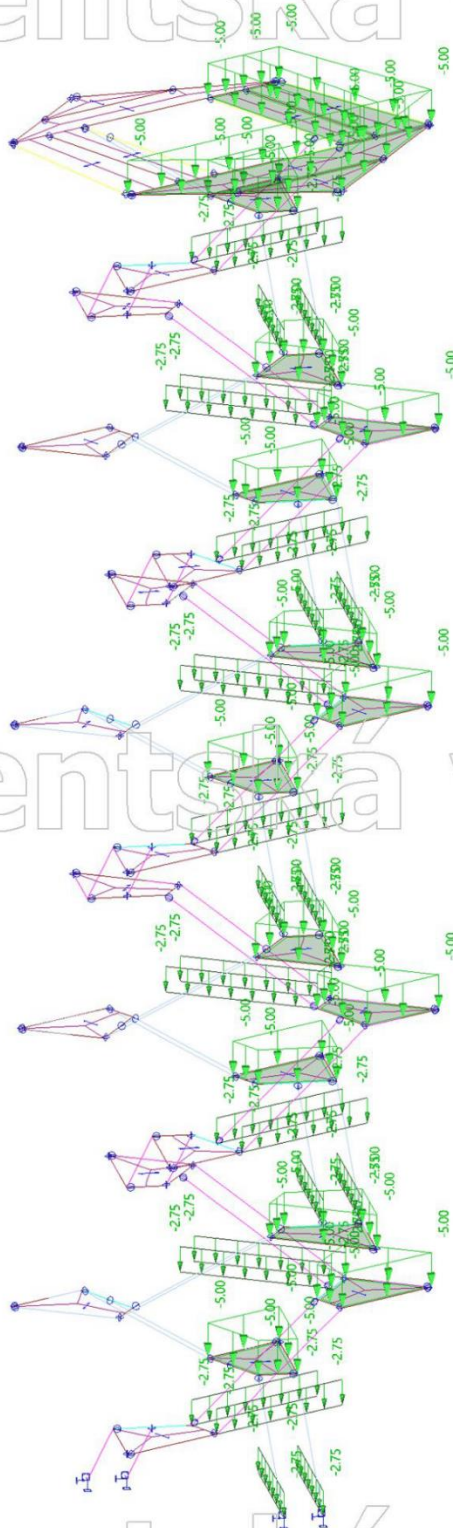


Obrázek 16 ZS2 – ostatní stálé-stupně

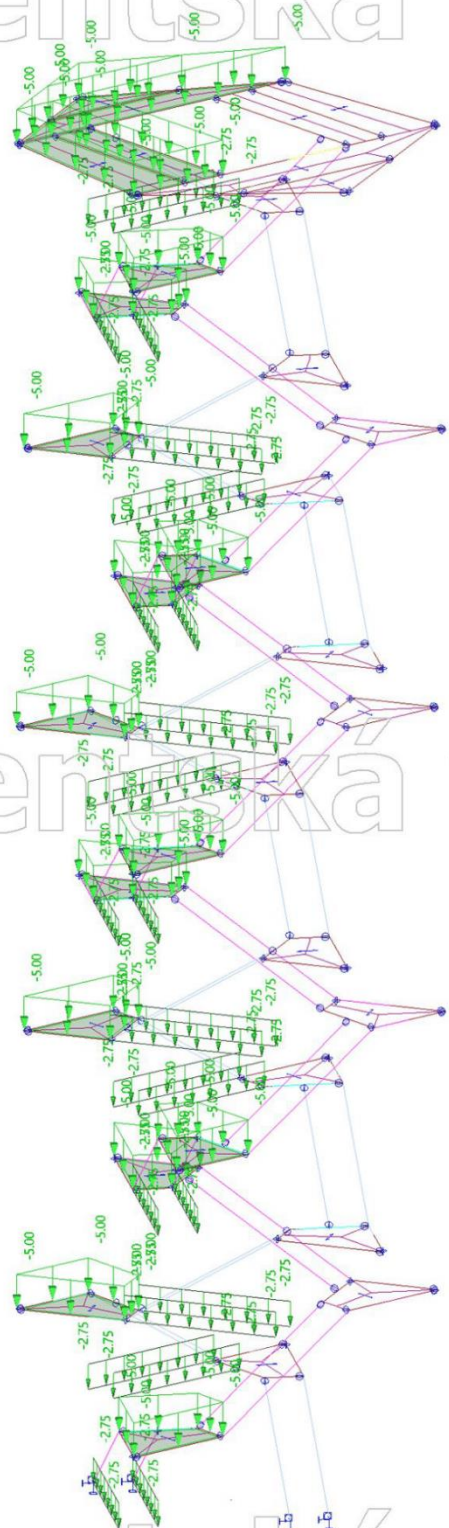


Obrázek 17 ZS3 – ostatní stálé – podesty

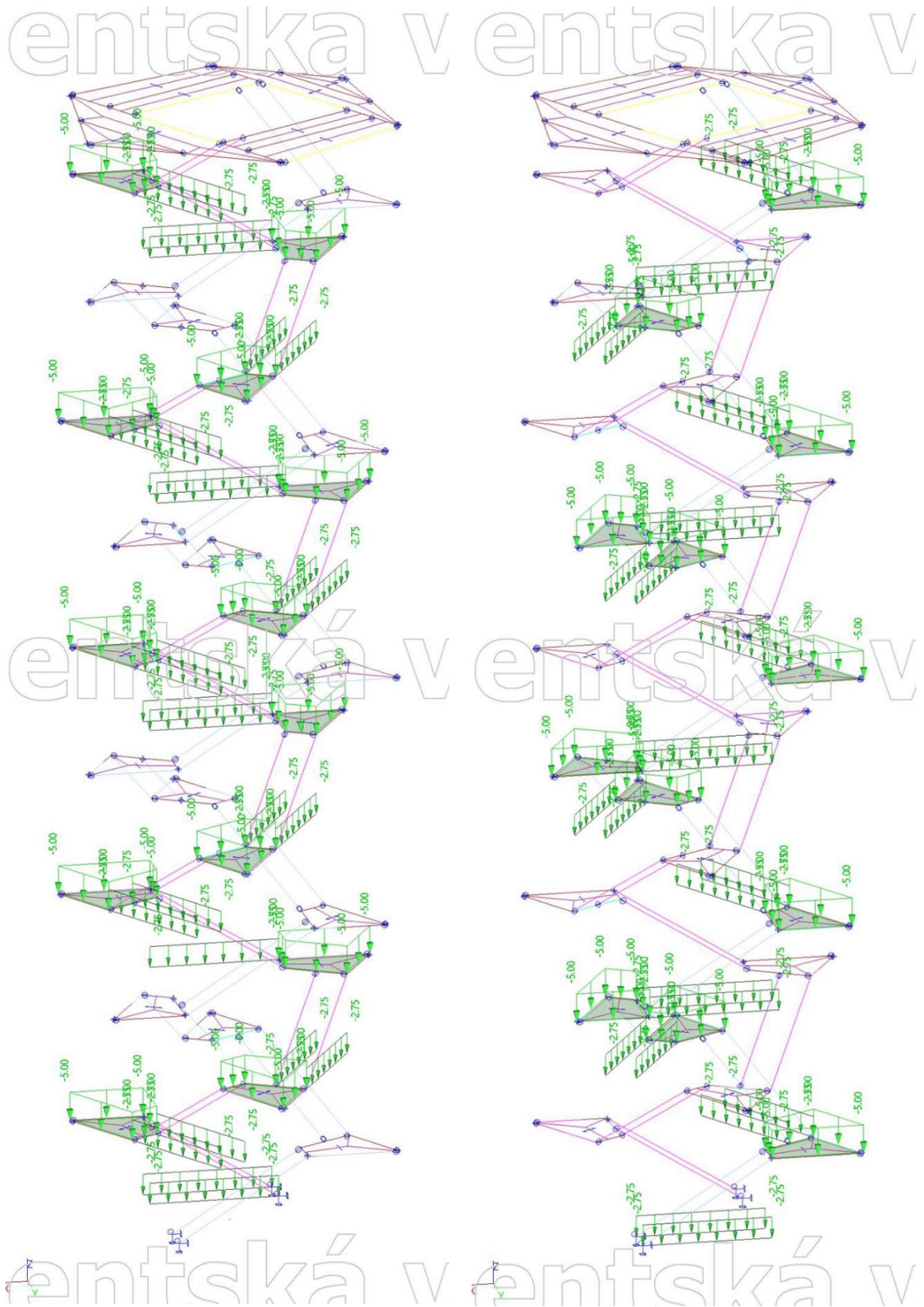
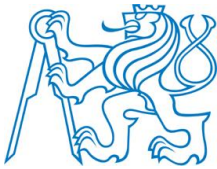
Obrázek 18 ZS4 – užité plně



Obrázek 19 ZS5 – užité poloviční 1

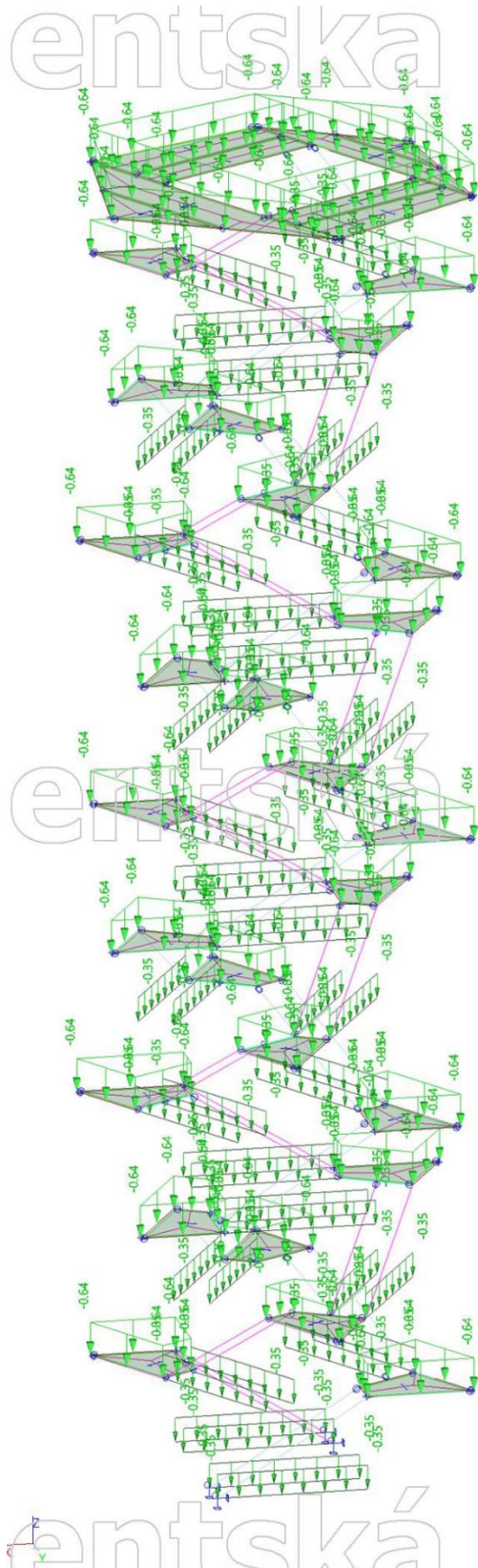


Obrázek 20 ZS6 – užité poloviční 2

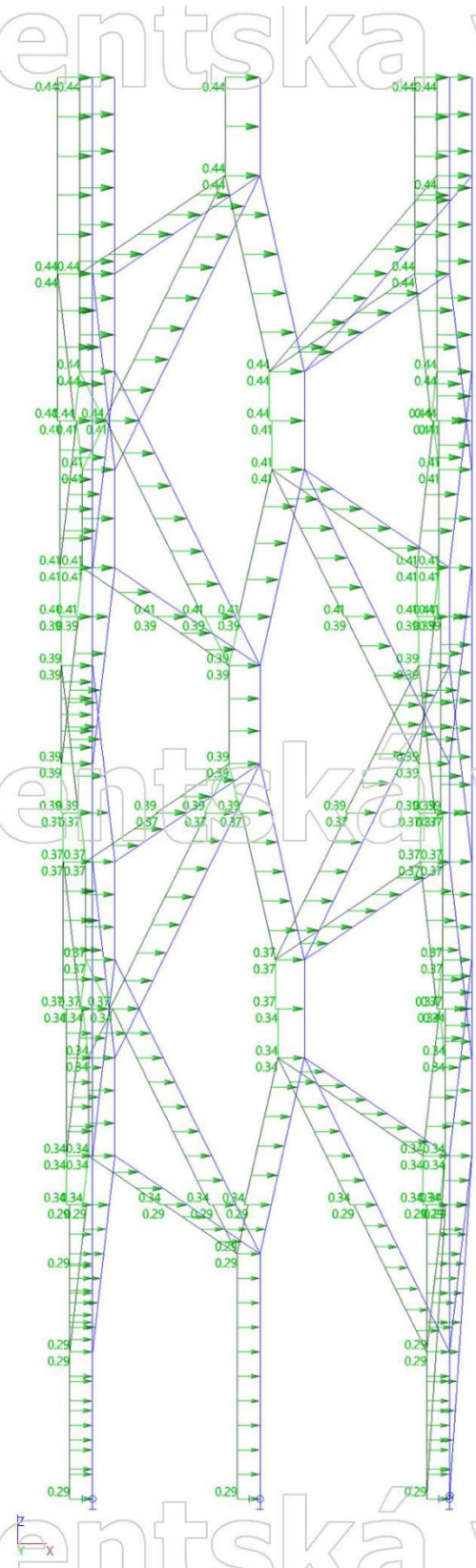


Obrázek 21 ZS7 – užité schodiště 1

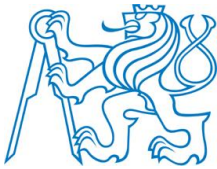
Obrázek 22 ZS8 – užité schodiště 2



Obrázek 23 ZS9 – sníh



Obrázek 24 ZS10 – Vítr X+ (sloupy)

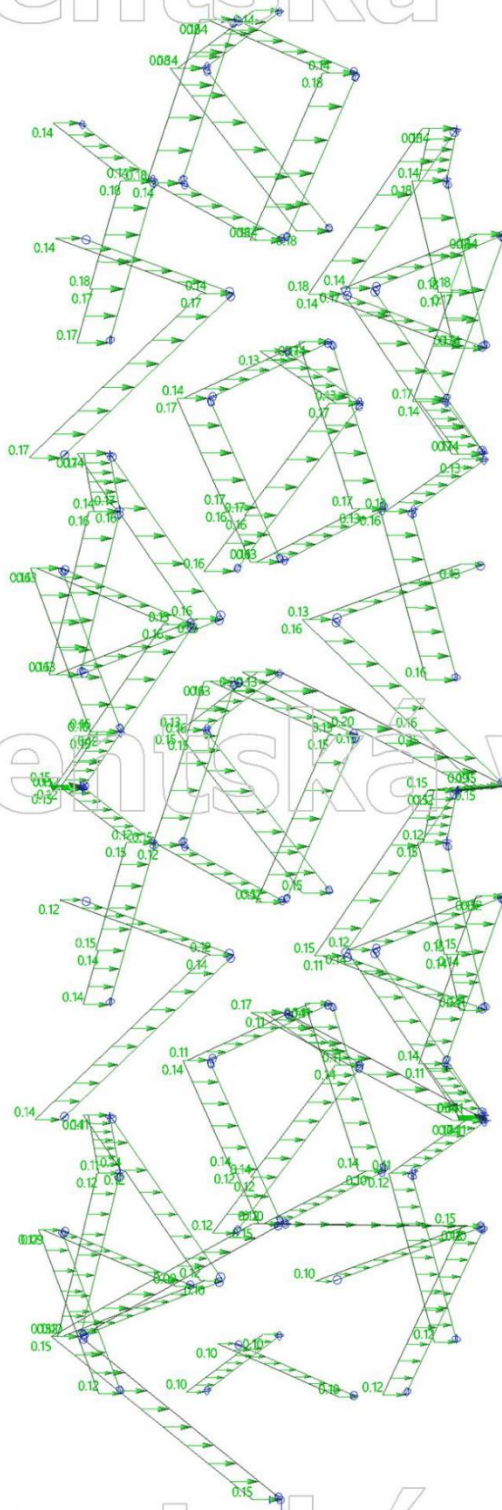


Obrázek 25 ZS10 – Vítr X+ (schodnice a plošina)

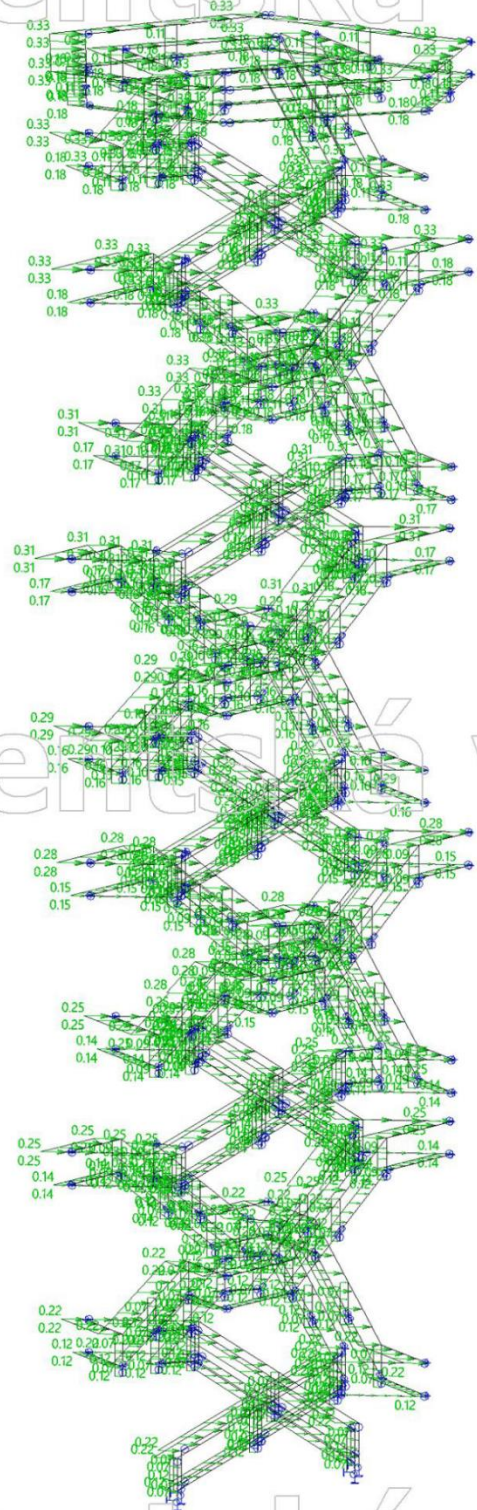
Obrázek 26 ZS10 – Vítr X+ (vzpěry)



entska v entska v

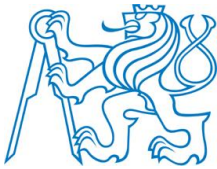


Obrázek 27 ZS10 – Vítr X+ (ztužení)



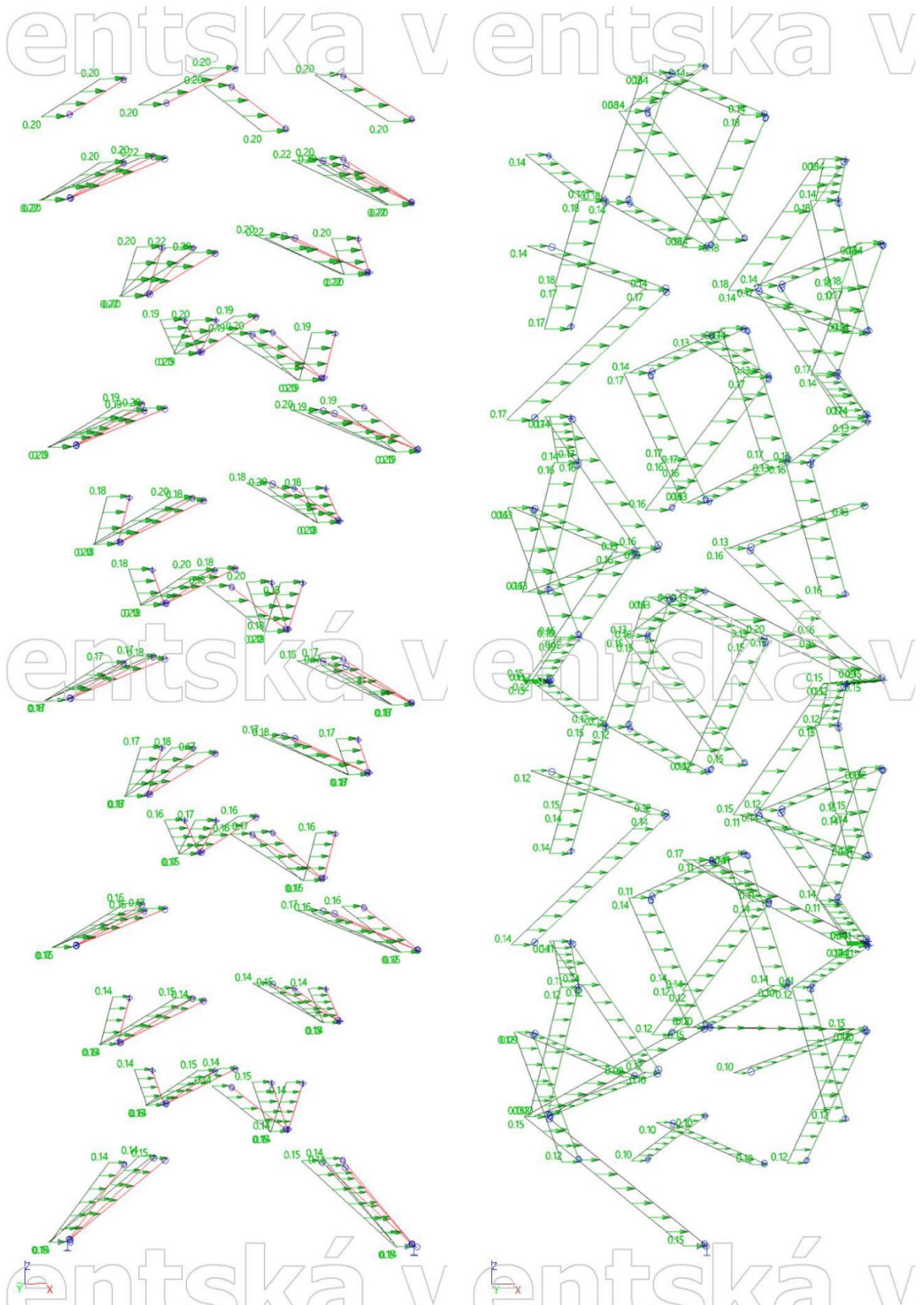
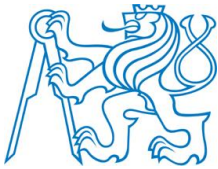
Obrázek 28 ZS10 – Vítr X+ (zábradlí)

entská v entská v



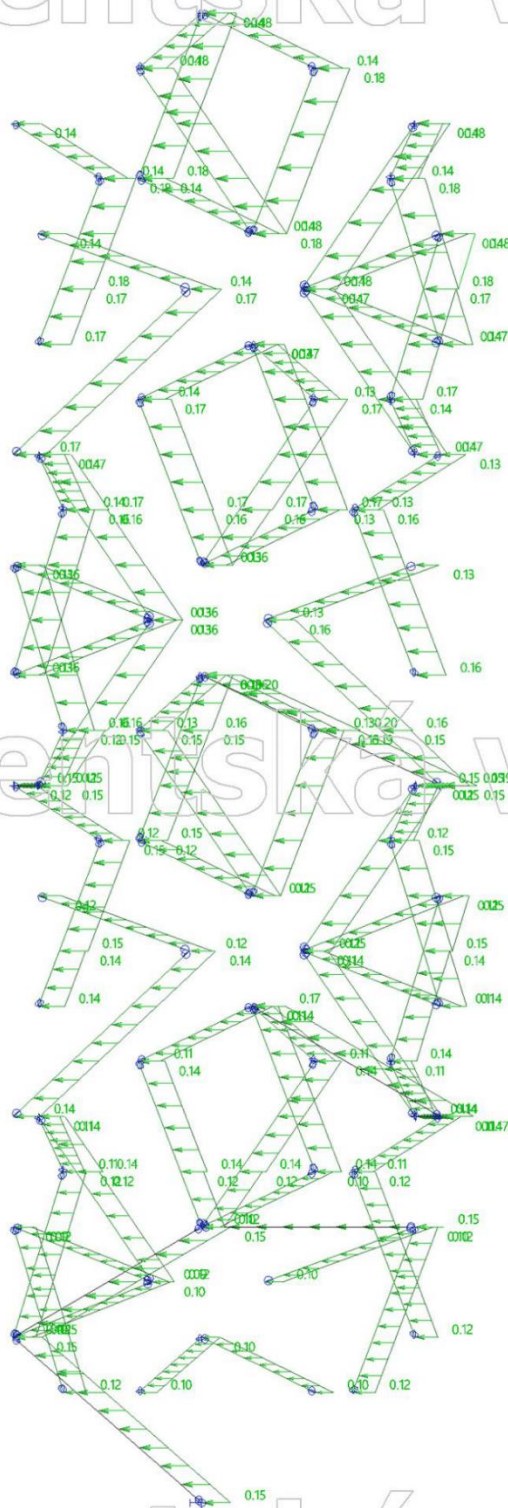
Obrázek 29 ZS11 – Vítr Y+ (sloupy)

Obrázek 30 ZS11 – Vítr Y+ (schodnice a plošina)

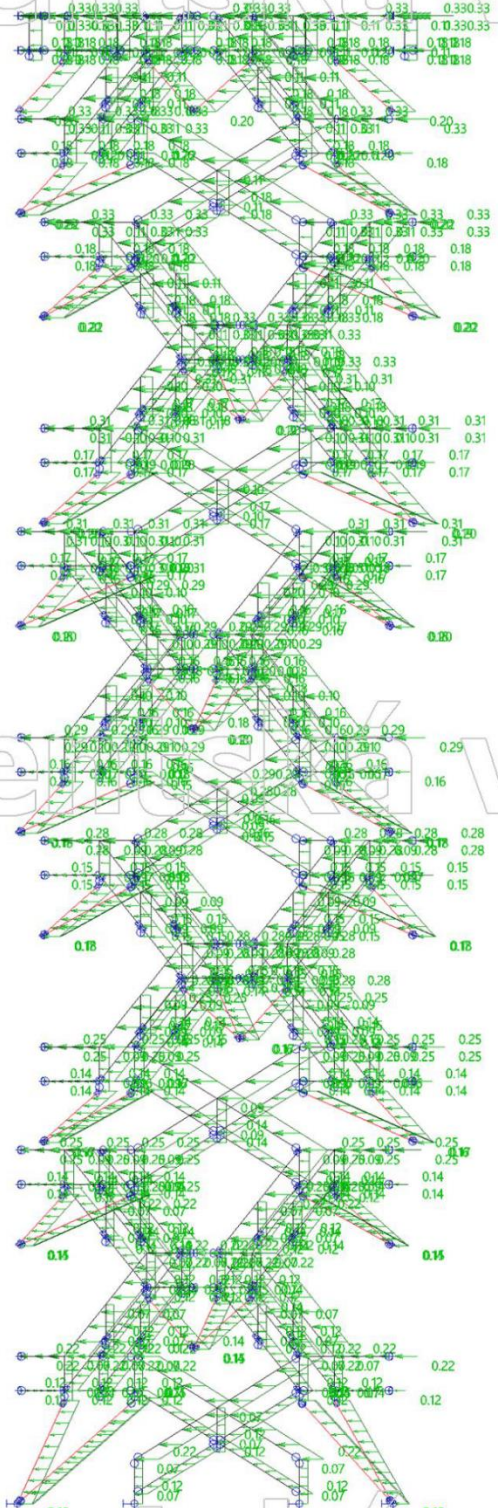


Obrázek 31 ZS11 – Vítr Y+ (vzpěry)

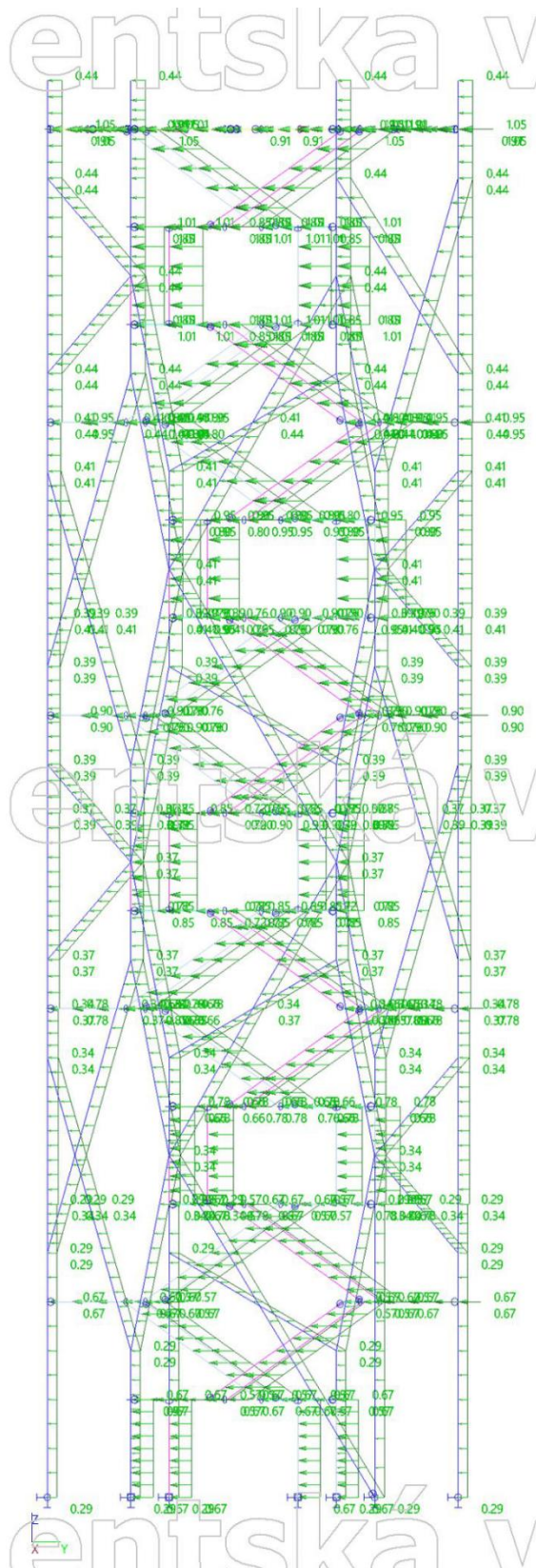
Obrázek 32 ZS11 – Vítr Y+ (ztužení)



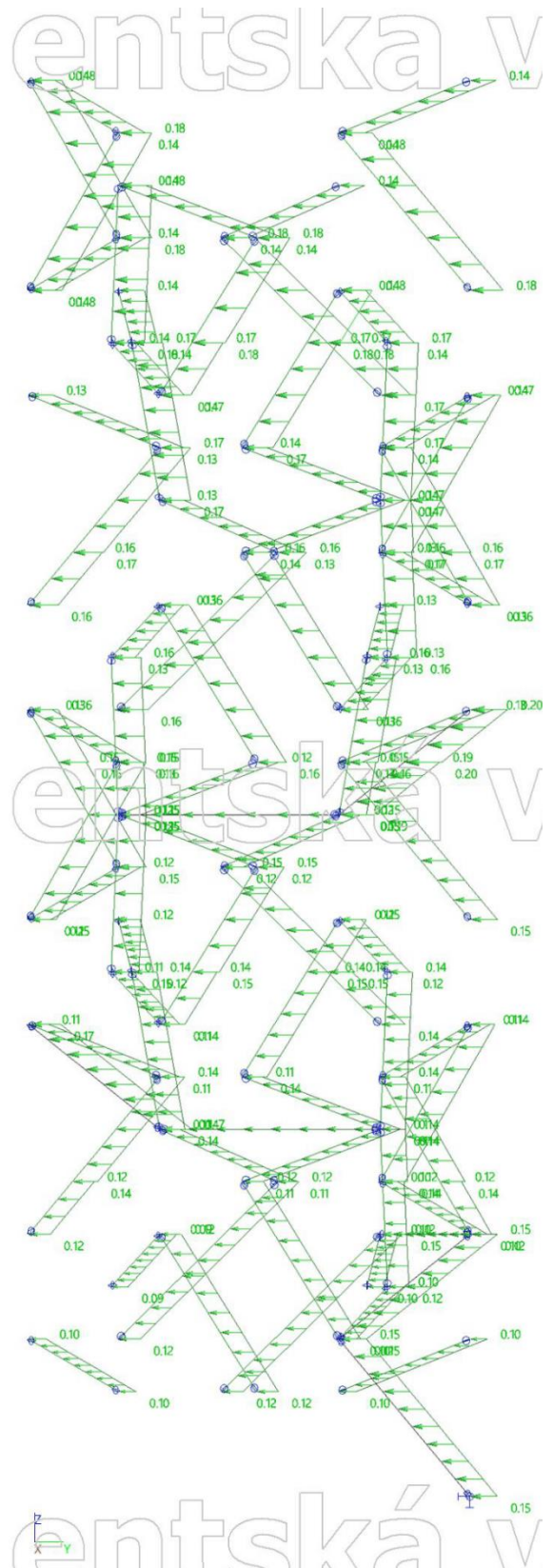
Obrázek 35 ZS12 – Vítr X- (ztužení)



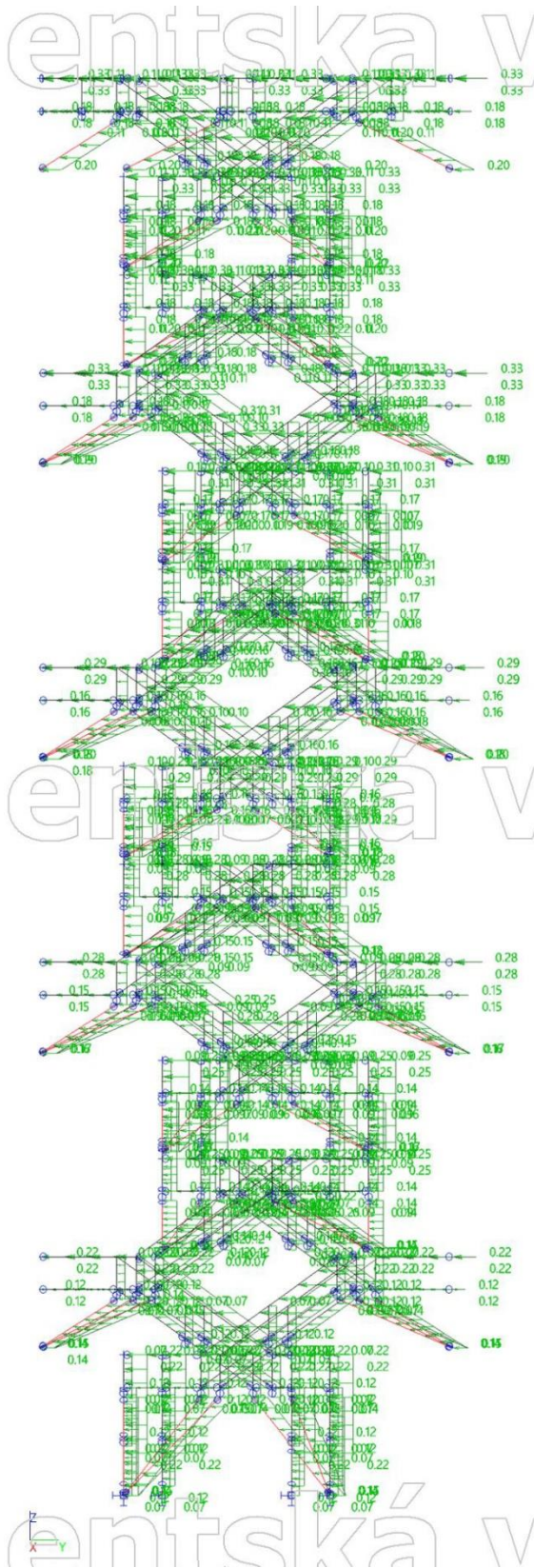
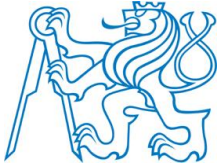
Obrázek 36 ZS12 – Vítr X- (zábradlí, vzpěry)



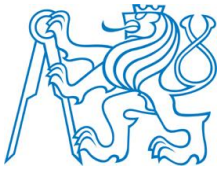
Obrázek 37 ZS13 – Vítr Y- (sloupy, schodnice, plošina)



Obrázek 38 ZS13 – Vítr Y- (ztužení)



Obrázek 39 ZS13 – Vítr Y- (zábradlí, vzpěry)



5.2 Kombinace zatížení pro MSÚ (mezní stav únosnosti)

Kombinace zatížení 6.10a dle ČSN EN 1990 ed.2

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

Dílčí součinitele spolehlivosti – γ

Stálé zatížení:	nepříznivá	$\gamma_{G,j} =$	1,35
	příznivá	$\gamma_{G,j} =$	1,0
Dominantní proměnné zatížení:	nepříznivá	$\gamma_{Q,1} =$	1,5
	příznivá	$\gamma_{Q,1} =$	0,0
Ostatní proměnné zatížení:	nepříznivá	$\gamma_{Q,i} =$	1,5
	příznivá	$\gamma_{Q,i} =$	0,0

Kombinační součinitele – ψ

Užitné zatížení:	(kategorie C)	$\psi_{0,i} =$	0,7
		$\psi_{1,i} =$	0,7
		$\psi_{2,i} =$	0,6
Zatížení sněhem:	(výška < 1000 m.n.m.)	$\psi_{0,i} =$	0,5
		$\psi_{1,i} =$	0,2
		$\psi_{2,i} =$	0,0
Zatížení větrem:		$\psi_{0,i} =$	0,6
		$\psi_{1,i} =$	0,2
		$\psi_{2,i} =$	0,0

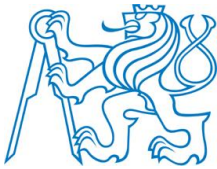


Tabulka 10 Seznam použitých kombinací pro mezní stav únosnosti

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
KZ1_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS4 - Užité plné	1.50
KZ2_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS5 - Užité 1/2	1.50
KZ3_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS6 - Užité 2/2	1.50
KZ4_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.50
KZ5_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.50
KZ6_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS4 - Užité plné	1.50
KZ7_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS5 - Užité 1/2	1.50
KZ8_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS6 - Užité 2/2	1.50
KZ9_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.50
KZ10_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS9 - Sníh	0.75
			ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
KZ11_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS8 - Užité schodiště 2	1.50
			ZS9 - Sníh	0.75
			ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
KZ12_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS9 - Sníh	1.50
			ZS10 - Vítr +X	0.90
			ZS1 - Vlastní tíha	1.35
KZ13_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS9 - Sníh	1.50
			ZS11 - Vítr +Y	0.90
KZ14_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS9 - Sníh	1.50
KZ15_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS13 - Vítr -Y	0.90
			ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
KZ16_MSÚ	Lineární - únosnost		ZS9 - Sníh	0.75
			ZS10 - Vítr +X	1.50
			ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS9 - Sníh	0.75
			ZS11 - Vítr +Y	1.50



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [γ]
KZ17_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS9 - Sníh	0.75
			ZS12 - Vítr -X	1.50
KZ18_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS9 - Sníh	0.75
			ZS13 - Vítr -Y	1.50
KZ19_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS4 - Užité plné	1.50
			ZS10 - Vítr +X	0.90
KZ20_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS4 - Užité plné	1.50
			ZS11 - Vítr +Y	0.90
KZ21_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS4 - Užité plné	1.50
			ZS12 - Vítr -X	0.90
KZ22_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS4 - Užité plné	1.50
			ZS13 - Vítr -Y	0.90
KZ23_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS5 - Užité 1/2	1.50
			ZS10 - Vítr +X	0.90
KZ24_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS5 - Užité 1/2	1.50
			ZS11 - Vítr +Y	0.90
KZ25_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS5 - Užité 1/2	1.50
			ZS12 - Vítr -X	0.90
KZ26_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS5 - Užité 1/2	1.50
			ZS13 - Vítr -Y	0.90
KZ27_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS6 - Užité 2/2	1.50
			ZS10 - Vítr +X	0.90
KZ28_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS6 - Užité 2/2	1.50
			ZS11 - Vítr +Y	0.90
KZ29_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS6 - Užité 2/2	1.50
			ZS12 - Vítr -X	0.90
KZ30_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS6 - Užité 2/2	1.50
			ZS13 - Vítr -Y	0.90
KZ31_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS7 - Užité schod ště 1	1.50
			ZS10 - Vítr +X	0.90
KZ32_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.50
			ZS11 - Vítr +Y	0.90
KZ33_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.50
			ZS12 - Vítr -X	0.90
KZ34_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.50
			ZS13 - Vítr -Y	0.90
KZ35_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.50
			ZS10 - Vítr +X	0.90
KZ36_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.50
			ZS11 - Vítr +Y	0.90
KZ37_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.50
			ZS12 - Vítr -X	0.90
KZ38_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.50
			ZS13 - Vítr -Y	0.90
KZ39_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS10 - Vítr +X	1.50
KZ40_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS11 - Vítr +Y	1.50
KZ41_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS12 - Vítr -X	1.50
KZ42_MSÚ		Lineární - únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS13 - Vítr -Y	1.50

5.3 Kombinace zatížení pro MSP (mezní stav použitelnosti)

Častá kombinace zatížení 6.14a dle ČSN EN 1990 ed. 2

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

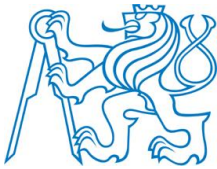


Tabulka 11 Seznam použitých kombinací pro mezní stav použitelnosti

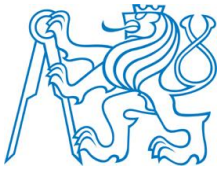
Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
KZ1_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS4 - Užité plné	1.00
KZ2_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS5 - Užité 1/2	1.00
KZ3_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS6 - Užité 2/2	1.00
KZ4_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.00
KZ5_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.00
KZ6_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS4 - Užité plné	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
KZ7_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS5 - Užité 1/2	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
KZ8_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS6 - Užité 2/2	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
KZ9_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
KZ10_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
KZ11_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS9 - Sníh	1.00
			ZS10 - Vitr +X	0.60
KZ12_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS9 - Sníh	1.00
			ZS11 - Vitr +Y	0.60
KZ13_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS9 - Sníh	1.00
			ZS12 - Vitr -X	0.60
KZ14_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS9 - Sníh	1.00
			ZS13 - Vitr -Y	0.60
KZ15_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
			ZS10 - Vitr +X	1.00
KZ16_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS9 - Sníh	0.50
			ZS11 - Vitr +Y	1.00



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
KZ17_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS9 - Sníh ZS12 - Vítr -X	1.00 1.00 1.00 0.50 1.00
KZ18_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS9 - Sníh ZS13 - Vítr -Y	1.00 1.00 1.00 0.50 1.00
KZ19_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS4 - Užité plné ZS10 - Vítr +X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ20_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS4 - Užité plné ZS11 - Vítr +Y	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ21_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS4 - Užité plné ZS12 - Vítr -X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ22_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS4 - Užité plné ZS13 - Vítr -Y	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ23_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS5 - Užité 1/2 ZS10 - Vítr +X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ24_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS5 - Užité 1/2 ZS11 - Vítr +Y	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ25_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS5 - Užité 1/2 ZS12 - Vítr -X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ26_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS5 - Užité 1/2 ZS13 - Vítr -Y	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ27_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS6 - Užité 2/2 ZS10 - Vítr +X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ28_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS6 - Užité 2/2 ZS11 - Vítr +Y	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ29_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS6 - Užité 2/2 ZS12 - Vítr -X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ30_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS6 - Užité 2/2 ZS13 - Vítr -Y	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ31_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé - schody ZS3 - Ostatní stálé - rošty ZS7 - Užité schodiště 1 ZS10 - Vítr +X	1.00 1.00 1.00 1.00 0.60
KZ32_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.00
			ZS11 - Vítr +Y	0.60
KZ33_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.00
			ZS12 - Vítr -X	0.60
KZ34_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS7 - Užité schodiště 1	1.00
			ZS13 - Vítr -Y	0.60
KZ35_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.00
			ZS10 - Vítr +X	0.60
KZ36_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.00
			ZS11 - Vítr +Y	0.60
KZ37_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.00
			ZS12 - Vítr -X	0.60
KZ38_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS8 - Užité schodiště 2	1.00
			ZS13 - Vítr -Y	0.60
KZ39_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS10 - Vítr +X	1.00
KZ40_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS11 - Vítr +Y	1.00
KZ41_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS12 - Vítr -X	1.00
KZ42_MSP		Lineární - použitelnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.00
			ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.00
			ZS13 - Vítr -Y	1.00



5.4 Kombinace stabilitní

Stabilitní kombinace jsou vytvořeny z lineárních kombinací, ve kterých pruty společně konstrukční skupiny dosáhli maximální normálové síly.

Tabulka 12 Seznam použitých stabilitních kombinací

Jméno	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
S1_KZ15	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
	ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
	ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
	ZS9 - Sníh	0.75
	ZS10 - Vítr +X	1.50
S2_KZ16	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
	ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
	ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
	ZS9 - Sníh	0.75
	ZS11 - Vítr +Y	1.50
S3_KZ17	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
	ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
	ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
	ZS9 - Sníh	0.75
	ZS12 - Vítr -X	1.50
S4_KZ18	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
	ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
	ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
	ZS9 - Sníh	0.75
	ZS13 - Vítr -Y	1.50

5.5 Nelineární kombinace – MSÚ

Na základě stabilitních kombinací byly vytvořeny kombinace pro nelineární posouzení. Stabilitní kombinace jsou vytvořeny z lineárních kombinací, ve kterých pruty společně konstrukční skupiny dosáhli maximální normálové síly.

Tabulka 13 Seznam použitých nelineárních kombinací

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_KZ15_MSÚ	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.35
		ZS2 - Ostatní stálé - schody	1.35
		ZS3 - Ostatní stálé - rošty	1.35
		ZS9 - Sníh	0.75
		ZS10 - Vítr +X	1.50

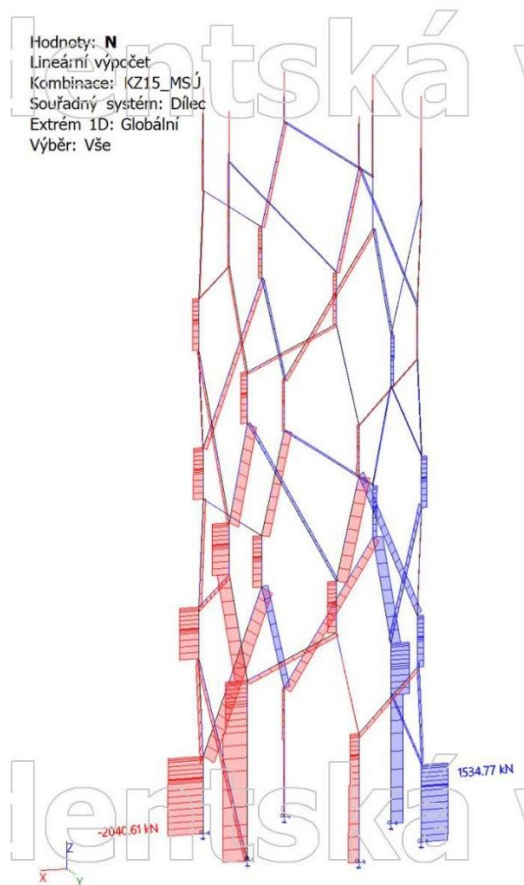


6 Stabilitní analýza

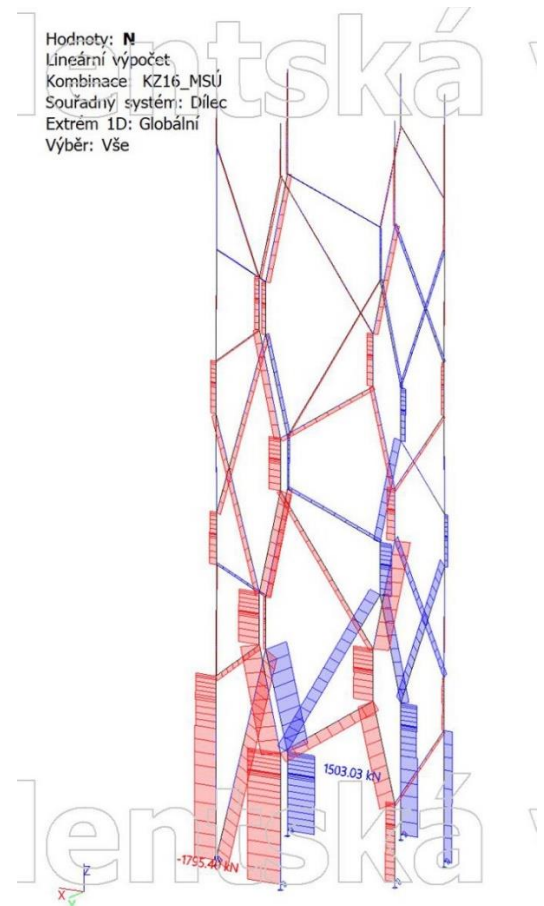
Stabilitní výpočet se používá pro zjištění mechanismu ztráty stability konstrukce, k výpočtu vzpěrných délek potřebných při posudcích ocelových prvků, k ověření nutnosti výpočtu podle 2. řádu apod.

Nejvíce namáhané tlakem a náchylné na ztrátu stability prvky v konstrukci, u nichž nemůžeme určit vzpěrnou délku, jsou: sloupy a vnější schodnice. Proto pro stabilitní výpočet byly vybrány lineární kombinace, které v těchto prvcích vyvolávají největší tlak.

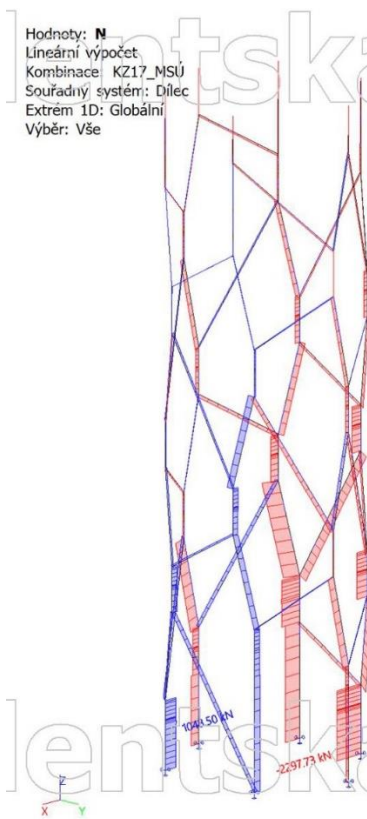
Lineární kombinace a maximální dosažené normálové síly ve vybraných prutech.



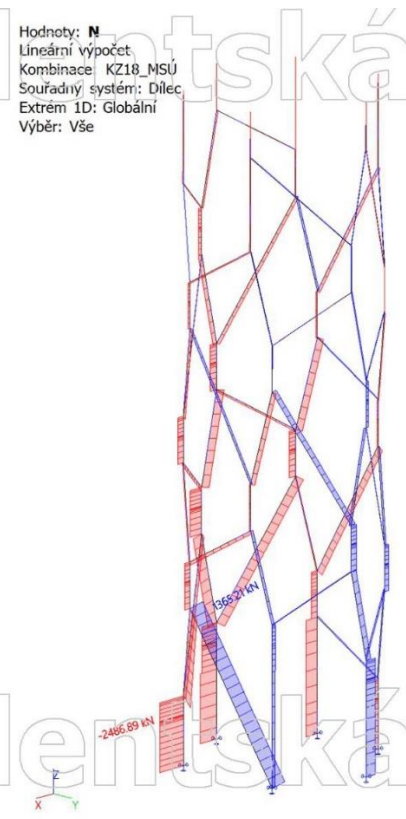
Obrázek 40 KZ15_MSÚ – normálové síly v sloupech



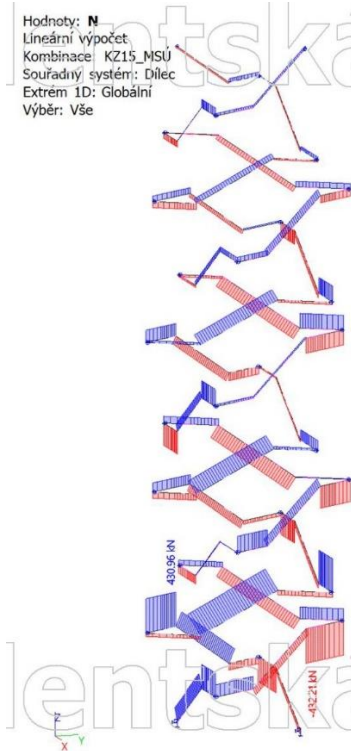
Obrázek 41 KZ16_MSÚ – normálové síly v sloupech



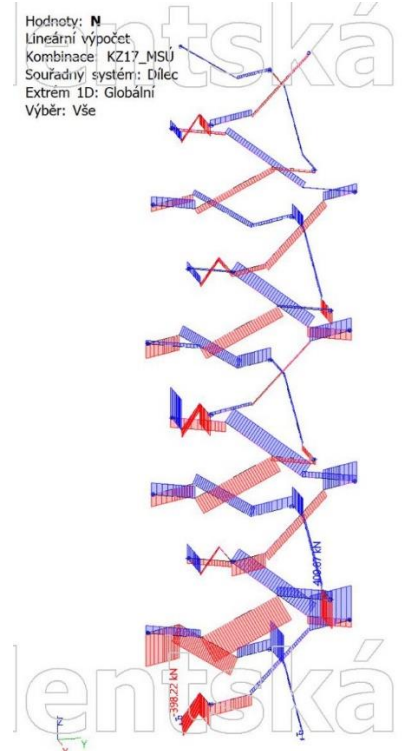
Obrázek 42 KZ17_MSÚ – normálové síly –
sloupy



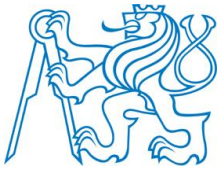
Obrázek 43 KZ18_MSÚ – normálové síly –
sloupy



Obrázek 44 KZ15_MSÚ – normálové síly –
vnější schodnice



Obrázek 45 KZ17_MSÚ – normálové síly –
vnější schodnice

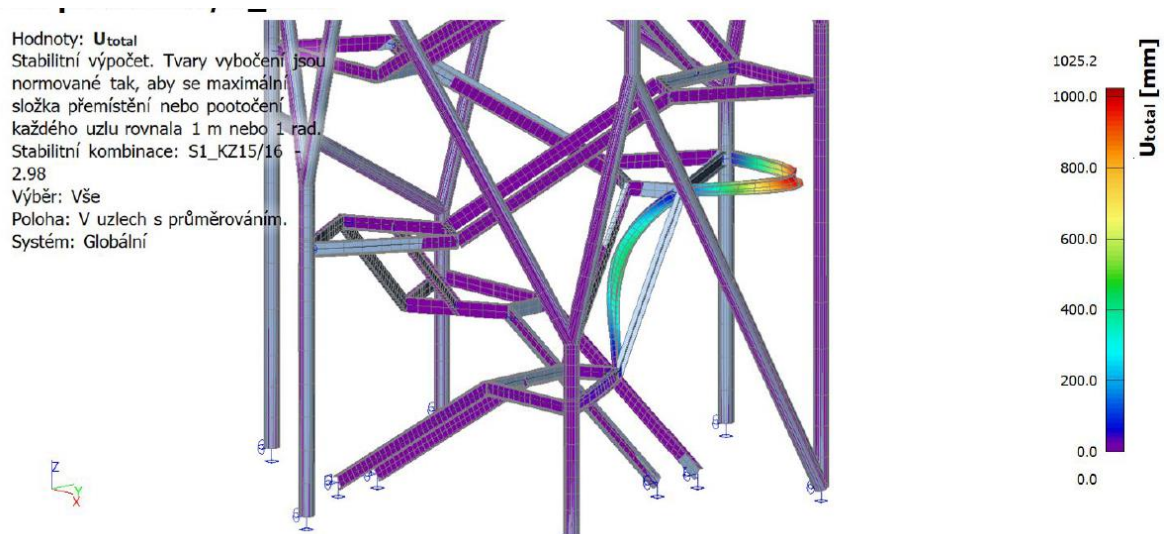


6.1 Výsledky stabilitní analýzy

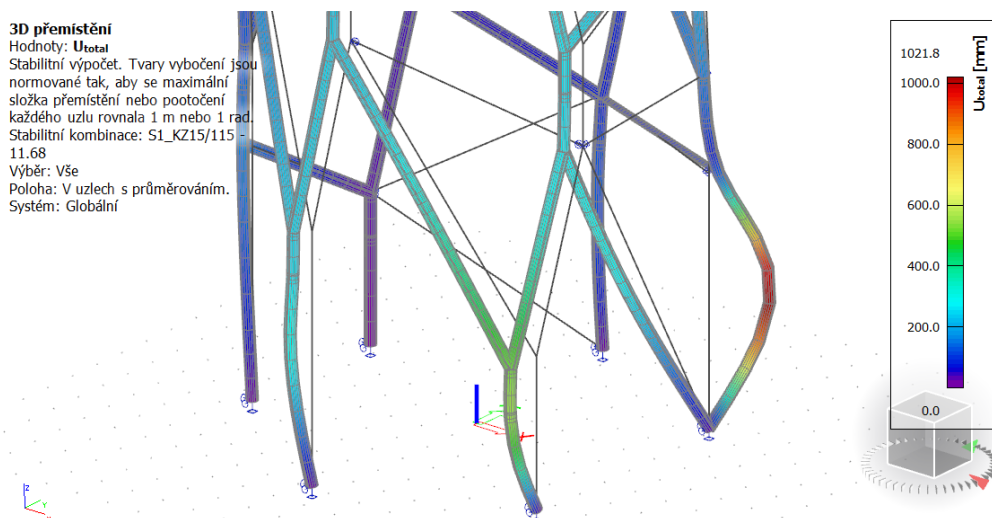
Byly nalezeny nejmenší vlastní tvary, ve kterých výše uvedené prvky ztrácí stabilitu. Nelineární kombinace jsou pak tvořeny z kombinací zatížení, které ztrátu stability vyvolali.

Byly nalezeny tvary vybočení sloupů. Jelikož vybočují ve vyšších vlastních tvarech, tyto výsledky nebudou použity pro nelineární výpočet. Použijí se α_{cr} při posouzení vnitřních sil z lineárního výpočtu.

Tvar vybočení schodnice byl použit pro nelineární výpočet.



Obrázek 46 Stabilitní kombinace S1_KZ15/16 – tvar vybočení vnější schodnice

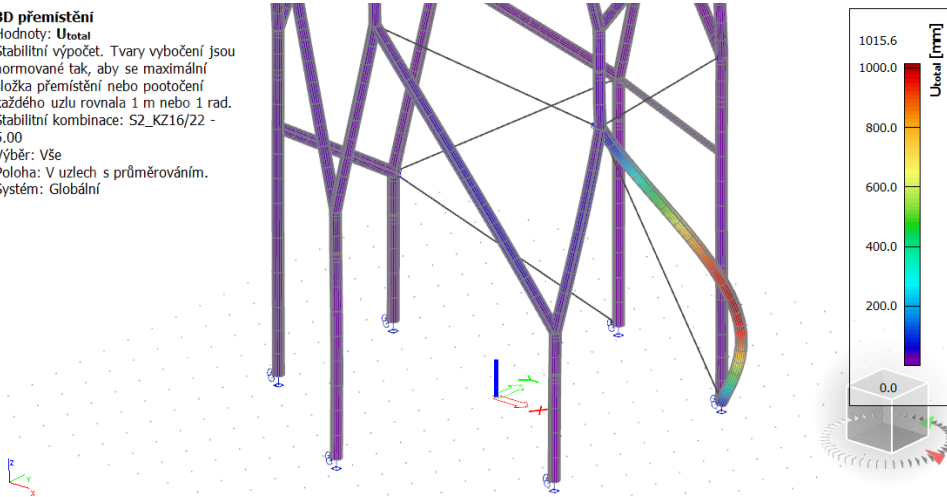


Obrázek 47 Stabilitní kombinace S1_KZ15/115 – tvar vybočení sloupu



3D přemístění

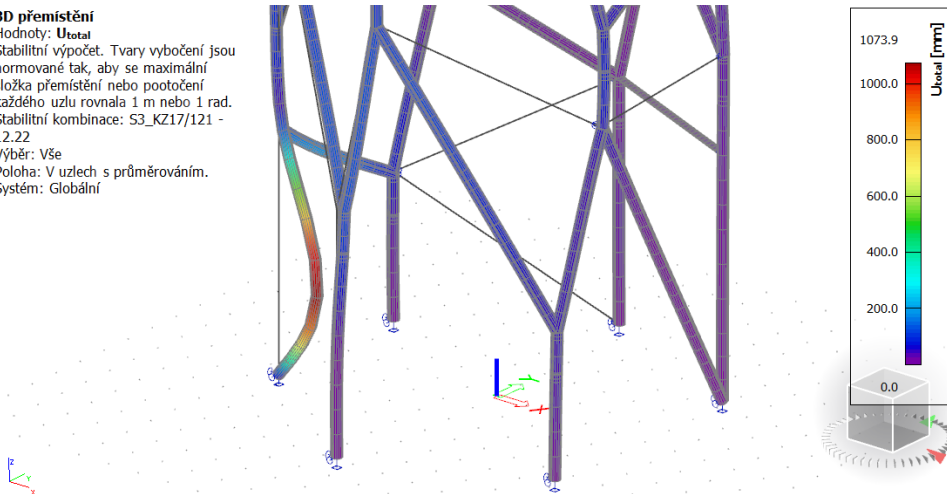
Hodnoty: U_{total}
Stabilitní výpočet. Tvary vybočení jsou normované tak, aby se maximální složka přemístění nebo pootočení každého uzlu rovnala 1 m nebo 1 rad.
Stabilitní kombinace: S2_KZ16/22 - 5.00
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



Obrázek 48 Stabilitní kombinace S2_KZ16/22 – tvar vybočení sloupu

3D přemístění

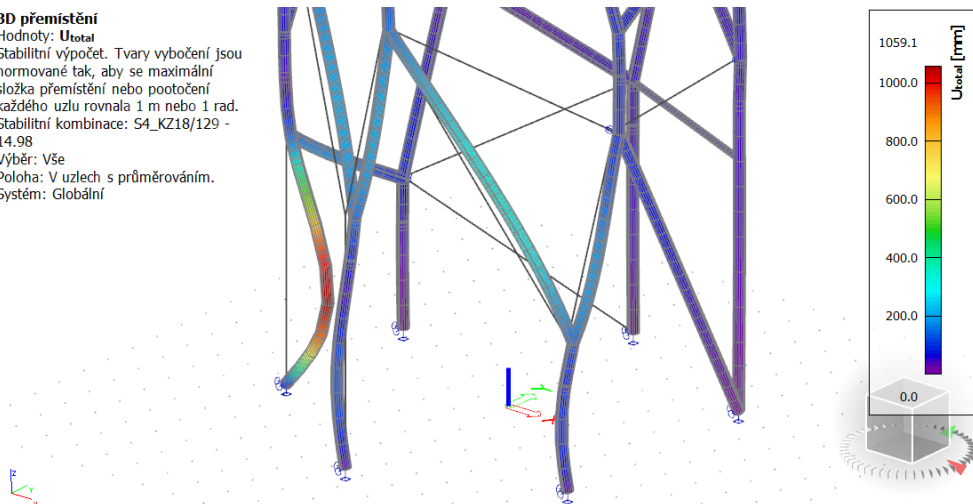
Hodnoty: U_{total}
Stabilitní výpočet. Tvary vybočení jsou normované tak, aby se maximální složka přemístění nebo pootočení každého uzlu rovnala 1 m nebo 1 rad.
Stabilitní kombinace: S3_KZ17/121 - 12.22
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



Obrázek 49 Stabilitní kombinace S3_KZ17/121 – tvar vybočení sloupu

3D přemístění

Hodnoty: U_{total}
Stabilitní výpočet. Tvary vybočení jsou normované tak, aby se maximální složka přemístění nebo pootočení každého uzlu rovnala 1 m nebo 1 rad.
Stabilitní kombinace: S4_KZ18/129 - 14.98
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



Obrázek 50 Stabilitní kombinace S4_KZ18/129 – tvar vybočení sloupu



7 Nelineární výpočet MSÚ

Výpočet nelineární analýzou podle druhého řádu byl proveden pro značně tlačené prvky (sloup a schodnice). Kombinace pro nelineární výpočet byla sestavena dle stabilitní kombinace pro vybočení schodnice.

Stabilitní kombinace S1_KZ15 (byla vytvořena z lineární kombinaci zatížení KZ15)

Dle ČSN EN 1993-1-1 ed.2 kritický tvar vybočení konstrukce v pružném stavu může být použit jako jedna společná globální a lokální imperfekce. Výpočet této imperfekcí pro nelineární kombinace je proveden v další kapitole. Do nelineární kombinace je pak jako hodnota celkové imperfekce dosazen příslušný tvar vybočení (vlastní tvar) příslušné stabilitní kombinace (16. vlastní tvar ze stabilitní kombinace S1_KZ15) se spočtenou maximální deformací.



7.1 Výpočet hodnoty společné globální a lokální imperfekce z kritického tvaru konstrukce

7.1.1 Nelineární kombinace NK_KZ15_MSÚ

Schodnice průřez UPE300

Stabilitní kombinace zatížení pro výpočet

S1_KZ15 16. tvar

α_{cr}

Maximální hodnota z výpočtu lineární kombinace zatížení

KZ15

$$\alpha_{cr} = 2,98$$

$$N_{Ed} = 432,21 \text{ [kN]}$$

$$\alpha = 0,49$$

Křivka vzpěrné pevnosti c

$$f_y = 235 \text{ [MPa]}$$

$$A = 5,66 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]}$$

$$W_{pl,z} = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 1330,10 \text{ [kN]}$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} \cdot f_y = 32,20 \text{ [kNm]}$$

$$\alpha_{ULT,k} = N_{Rk}/N_{Ed} = 1330,1/432,2 = 3,08$$

$$\lambda^- = \sqrt{\alpha_{ULT,k}/\alpha_{cr}} = \sqrt{3,08/2,98} = 1,02$$

$$e_0 = \alpha \cdot (\lambda^- - 0,2) \cdot \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} = 0,49 \cdot (1,02 - 0,2) \cdot 32,20/1330,10 = 9,7 \text{ [mm]}$$



8 Posouzení hlavních nosných prvků

8.1 Sloup – kruhová trubka TR 323,9/25

Průřezové charakteristiky TR 323,9/25

d	323,90	[mm]
t	25	[mm]
A	2,3500e-02	[m ²]
A _y	1,4945e-02	[m ²]
A _z	1,4945e-02	[m ²]
I _y	2,6400e-04	[m ⁴]
I _z	2,6400e-04	[m ⁴]
i _y	106	[mm]
i _z	106	[mm]
W _{ply}	2,2034e-03	[m ³]
W _{plz}	2,2034e-03	[m ³]
I _t	5,2800e-04	[m ⁴]
I _w	1,0750e-38	[m ⁶]
Křivka vzpěrné pevnosti		
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$

Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$$

$$\varepsilon = 1$$

Ohýbaný a tlačенý průřez

$$d/t = 12,96 < (50 \cdot \varepsilon^2) = 50$$

Třída 1

Kombinace zatížení

KZ15
KZ16
KZ17
KZ18

Příslušný α_{cr}

11,68
5
12,22
14,98

Tabulka 14 KZ15_MSÚ. Vnitřní síly na sloupech

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

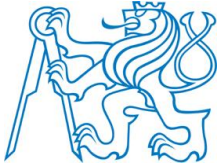
Kombinace: KZ15_MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B451	0.000	KZ15_MSÚ/1	-2040.61	-30.12	-87.36	-1.10	-0.18	0.21
B450	4.200	KZ15_MSÚ/1	1534.77	74.98	310.60	-8.25	154.17	60.26
B452	4.200+	KZ15_MSÚ/1	-110.87	-191.81	-48.09	1.41	-6.99	83.24
B453	6.800+	KZ15_MSÚ/1	-473.97	278.44	13.30	-5.47	13.31	29.45
B453	5.600-	KZ15_MSÚ/1	-479.79	-108.46	-163.40	-5.47	-138.91	-149.63
B451	4.000+	KZ15_MSÚ/1	-2025.45	130.95	387.14	-1.10	152.01	28.12
B7727	0.000	KZ15_MSÚ/1	-253.12	1.45	1.83	-18.89	6.43	-17.35
B7718	0.000	KZ15_MSÚ/1	-250.10	0.54	20.40	14.50	-52.61	11.55
B451	2.800+	KZ15_MSÚ/1	-2031.51	103.56	287.38	-1.10	-246.51	-84.17
B451	4.200	KZ15_MSÚ/1	-2024.96	130.95	387.05	-1.10	229.43	54.31
B452	5.600+	KZ15_MSÚ/1	-95.27	144.24	184.08	1.41	-74.75	-185.32
B7699	0.000	KZ15_MSÚ/1	-904.81	-32.34	-7.74	2.72	28.04	141.04



Tabulka 15 KZ16_MSÚ. Vnitřní síly na sloupech

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: KZ16_MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B453	0.000	KZ16_MSÚ/1	-1795.40	-33.98	-11.18	-0.42	0.43	0.58
B451	4.200	KZ16_MSÚ/1	1503.03	-11.65	-75.00	8.71	-53.04	-112.04
B463	2.600+	KZ16_MSÚ/1	-419.12	-225.68	54.40	3.57	29.38	-119.54
B453	5.600-	KZ16_MSÚ/1	-1785.94	203.05	70.37	-0.12	51.25	145.39
B450	2.800+	KZ16_MSÚ/1	-503.76	-102.29	-117.26	-10.10	78.70	27.38
B6339	9.600+	KZ16_MSÚ/1	-1100.09	26.67	262.35	1.53	46.88	29.95
B7720	0.000	KZ16_MSÚ/1	-2.50	2.64	15.71	-12.97	-46.56	-20.61
B7711	0.000	KZ16_MSÚ/1	-847.91	4.53	40.25	-3.49	-130.99	-1.71
B459	2.800	KZ16_MSÚ/1	634.22	-138.98	117.22	1.23	100.03	-93.92
B463	2.800	KZ16_MSÚ/1	-418.63	-225.56	54.40	3.57	40.26	-164.67
B458	1.400+	KZ16_MSÚ/1	-1126.88	-177.72	14.09	3.09	39.72	154.86

Tabulka 16 KZ17_MSÚ. Vnitřní síly na sloupech

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: KZ17_MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B450	0.000	KZ17_MSÚ/1	-2297.73	9.59	92.29	11.60	-0.84	0.54
B451	2.800-	KZ17_MSÚ/1	1048.50	34.96	80.62	2.24	224.52	97.47
B453	6.800+	KZ17_MSÚ/1	-294.35	-348.90	37.31	7.77	17.72	-25.10
B452	4.200+	KZ17_MSÚ/1	-617.59	143.60	38.39	1.16	15.41	-41.36
B450	4.000+	KZ17_MSÚ/1	-2289.93	-109.41	-347.04	11.60	-103.55	-59.72
B7719	0.000	KZ17_MSÚ/1	-128.85	3.90	28.84	-15.11	-98.81	-24.83
B7739	0.000	KZ17_MSÚ/1	-237.60	-1.76	30.78	18.27	-79.06	24.68
B452	7.000	KZ17_MSÚ/1	-617.51	-76.30	-202.01	1.16	-214.44	-18.66
B450	2.800-	KZ17_MSÚ/1	-2290.89	9.59	93.50	11.60	259.26	27.40
B460	2.800	KZ17_MSÚ/1	-722.77	-195.16	-248.55	6.86	-172.20	-158.55
B453	5.600-	KZ17_MSÚ/1	-307.85	132.71	166.18	7.77	118.43	166.72

Tabulka 17 KZ18_MSÚ. Vnitřní síly na sloupech

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: KZ18_MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B451	2.800+	KZ18_MSÚ/1	-2486.89	29.52	89.98	-7.57	-53.88	124.09
B7738	11.450	KZ18_MSÚ/1	1365.21	-0.03	-10.57	-6.26	-12.94	2.88
B452	5.600-	KZ18_MSÚ/1	-1569.67	-194.61	-67.41	5.12	-99.17	-153.34
B457	2.600+	KZ18_MSÚ/1	-530.63	257.52	43.24	18.01	-10.56	139.11
B459	2.800	KZ18_MSÚ/1	-1223.94	210.03	-183.34	-0.55	-154.23	109.67
B451	4.200	KZ18_MSÚ/1	-2483.77	58.80	134.98	-7.57	95.81	159.40
B457	1.400+	KZ18_MSÚ/1	-535.91	255.23	21.22	18.01	-23.43	-155.18
B457	2.800	KZ18_MSÚ/1	-530.14	257.42	43.24	18.01	-1.91	190.60



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 2486,89 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,0235$$
$$N_{c,Rd} = 5522,500 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,45 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 1649,88 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,0235$$
$$N_{t,Rd} = 5522,500 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,30 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb

$$M_{y,Ed} = 259,26 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 2,2034 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$
$$M_{c,Rd} = 517,80 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,50 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na smyk

$$V_{z,Ed} = 387,14 \text{ kN}$$
$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 0,014945 \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$
$$V_{c,Rd} = 2027,70 \text{ kN}$$
$$V_{z,Ed}/V_{c,Rd} = 0,19 \leq 1$$
$$V_{z,Ed} = 387,14 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 1013,85 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno

Posouzení na kombinaci ohybu a osově síly (prvek B450, dx 2.800)

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 2290,89/5522,50 = 0,415$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot (1 - n^{1,7}) = 517,8 * (1 - 0,415^{1,7})$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{N,z,Rd} = 401,77 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{výslednice,Ed}} = \sqrt{M_{y,Rd}^2 + M_{z,Rd}^2} = \sqrt{259,26^2 + 27,40^2} = 260,70 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{výslednice,Ed}}/M_{N,z,Rd} = 0,649 \leq 1$$

Prvek vyhoví na kombinaci šikmého ohybu a osově síly

Posouzení na vzpěr (KZ17)

$$\alpha_{cr} = 12,22$$

$$N_{cr} = \alpha_{cr} \cdot N_{c,Ed}$$

kritická síla

$$N_{cr} = 37253,61 \text{ kN}$$

$$\lambda^- = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda^- = 0,44$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2})$$

$$\varphi = 0,62$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}}$$

součinitel vzpěru

$$\chi = 0,94$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{f_y}{\gamma_{mo}} \cdot A$$

$$N_{b,Rd} = 5196,51 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 2297,73 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,44 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 2297,73 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 259,26 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 27,40 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 5522,50 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 517,80 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 517,80 \text{ kN}$$

$$\lambda^-_y = \lambda^-_z = 0,44$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,94$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_y$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu



$$C_{mz} = 0,9 \quad \text{Součinitel ekvivalentního momentu}$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda^-_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda^-_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,66$$

$$k_{yz} = 0,60$$

$$k_{zy} = 0,40$$

$$k_{zz} = 1,00$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk}/\gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,44 + 0,33 + 0,03 = 0,81 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk}/\gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,44 + 0,20 + 0,05 = 0,69 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na vzpěr (KZ18)

$$\alpha_{cr} = 14,98$$

$$N_{cr} = \alpha_{cr} \cdot N_{c,Ed}$$

kritická síla

$$N_{cr} = 37253,61 \text{ kN}$$

$$\lambda^- = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr}}$$

poměrná štíhlost

$$\lambda^- = 0,38$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2})$$

$$\varphi = 0,59$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}}$$

součinitel vzpěru

$$\chi = 0,96$$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$

$$N_{b,Rd} = 5283,35 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 2486,89 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} / N_{b,Rd} = 0,47 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 2486,89 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 53,88 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 124,09 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 5522,50 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 517,80 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 517,80 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 0,38$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,96$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi_y$$

$$C_{mz} = 0,9$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,65$$

$$k_{yz} = 0,59$$

$$k_{zy} = 0,39$$

$$k_{zz} = 0,98$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,47 + 0,07 + 0,14 = 0,68 \leq 1$$

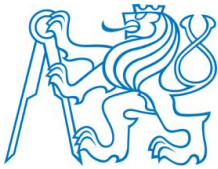
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,47 + 0,04 + 0,23 = 0,75 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví



Souhrn pro průřez	Využití
Posouzení na prostý tlak	45%
Posouzení na tah	30%
Posouzení na ohyb	50%
Posouzení na smyk	19%
Posouzení na kombinaci ohybu a osově síly	65%
Posouzení na vzpěr	47%
Posouzení ohybu a osového tlaku	81%



Posouzení MSP

Limitní hodnota vodorovného posunu

$$u_{lim} = h/250 = 40600/250$$

$$u_{lim} = 162,4 \text{ mm}$$

Sloupy, vodorovný posun u_x

$$u_{x,max} = -50,3 \text{ mm}$$

Kombinace KZ17_MSP

Sloupy, vodorovný posun u_y

$$u_{y,max} = -55,6 \text{ mm}$$

Kombinace KZ42_MSP

Sloupy, vodorovný posun u_{total}

$$u_{total,max} = 55,9 \text{ mm}$$

Kombinace KZ17_MSP

Posudek

$$u_{total,max} = 55,9 \text{ mm}$$

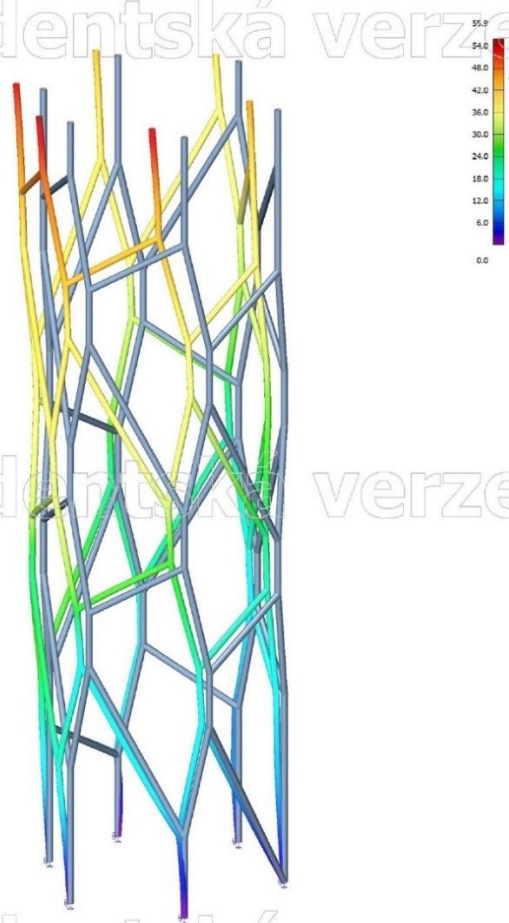
<

$$u_{lim} = 162,4 \text{ mm}$$

Vyhovuje

14. 3D přemístění; U_total

Hodnoty: Max
Lineární výpočet
Kombinace: KZ17_MSP
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním.
Systém: Globální



Obrázek 51 KZ17_MSP – U_{total} – sloupy



8.2 Vnější schodnice UPE300

Průřezové charakteristiky UPE300

h	300	[mm]	
b	100,00	[mm]	
tf	15,00	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
tw	9,50	[mm]	
r	15,00	[mm]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$
A	5,6600e-03	[m ²]	
A _y	3,3800e-03	[m ²]	$\varepsilon = 1$
A _z	2,2293e-03	[m ²]	
I _y	7,8230e-05	[m ⁴]	Pásnice:
I _z	5,3800e-06	[m ⁴]	
i _y	118	[mm]	$c/t = 76/15 = 5,03 < 9 \cdot \varepsilon = 9$
i _z	31	[mm]	
W _{ply}	6,1300e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,3700e-04	[m ³]	
I _t	3,1500e-07	[m ⁴]	Stojina:
I _w	7,5459e-08	[m ⁶]	
			$c/t = 240/9,5 = 25,26 < 33 \cdot \varepsilon = 33$
Křivka vzpěrné pevnosti			Třída 1
kolmo y-y	křivka c	$\alpha = 0,49$	
kolmo z-z	křivka c	$\alpha = 0,49$	

Posouzení nelineárního výpočtu

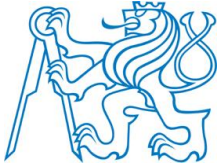
Tabulka 18 Nelineární kombinace NK_KZ15_MSÚ. Vnitřní síly – vybočující schodnice

1D vnitřní síly

Nelineární výpočet
Nelineární kombinace: NK_KZ15_MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: B4, B6, B7

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B4	3.175	NK_KZ15_MSÚ	155.79	-1.33	-0.18	0.02	8.73	-0.10
B7	3.175	NK_KZ15_MSÚ	-425.93	-5.43	3.13	-0.09	0.00	0.00
B6	5.283	NK_KZ15_MSÚ	-85.98	-2.57	-7.41	0.10	-17.92	-2.20
B6	0.000	NK_KZ15_MSÚ	-94.62	2.22	-2.81	-0.02	9.06	-0.56
B7	0.000	NK_KZ15_MSÚ	-427.53	6.29	8.49	0.04	-17.62	-2.30
B7	1.588	NK_KZ15_MSÚ	-426.76	1.44	5.41	-0.04	-6.43	4.73

Při zahrnutí imperfekci se posudek provede pouze z hlediska pevnostního, stabilita je již zahrnuta.



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 427,53 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00566$$
$$N_{c,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,32 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na ohyb M_y

$$M_{y,Ed} = 17,92 \text{ kNm}$$
$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$
$$M_{c,y,Rd} = 144,06 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,y,Rd} = 0,12 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na ohyb M_z

$$M_{z,Ed} = 4,73 \text{ kNm}$$
$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,137 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$
$$M_{c,z,Rd} = 32,2 \text{ kNm}$$
$$M_{z,Ed}/M_{c,z,Rd} = 0,15 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na smyk V_y

$$V_{y,Ed} = 6,29 \text{ kN}$$
$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = A_{v,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 3,38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$
$$V_{c,Rd} = 458,59 \text{ kN}$$
$$V_{y,Ed}/V_{c,Rd} = 0,01 \leq 1$$
$$V_{y,Ed} = 6,29 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 229,29 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno

Posouzení na kombinaci ohybu a osově síly

$$N_{pl,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$
$$M_{pl,y,Rd} = 144,06 \text{ kNm}$$



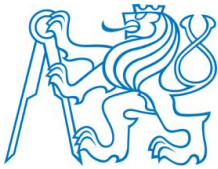
$$M_{pl,z,Rd} = 32,2 \text{ kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$	
$\frac{427,53}{1330,10} + \frac{17,92}{144,06} + \frac{4,73}{32,2} = 0,32 + 0,12 + 0,15 = 0,59 \leq 1$	

Prvek vyhoví na kombinaci ohybu a osově síly

Kroucení a klopení brání stupně mezi schodnicemi

Souhrn pro průřez	Využití
Posouzení na prostý tlak	32%
Posouzení na smyk Vy	1%
Posouzení na smyk Vz	10%
Posouzení na ohyb My	12%
Posouzení na ohyb Mz	15%
Posouzení kombinaci ohybu a osově síly	59%



Posouzení MSP

Limitní hodnota svislého průhybu

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vnější schodnice, svislý průhyb $u_{z,rel}$

$$u_{z,rel,max} = 1/1925$$

Kombinace KZ18_MSP

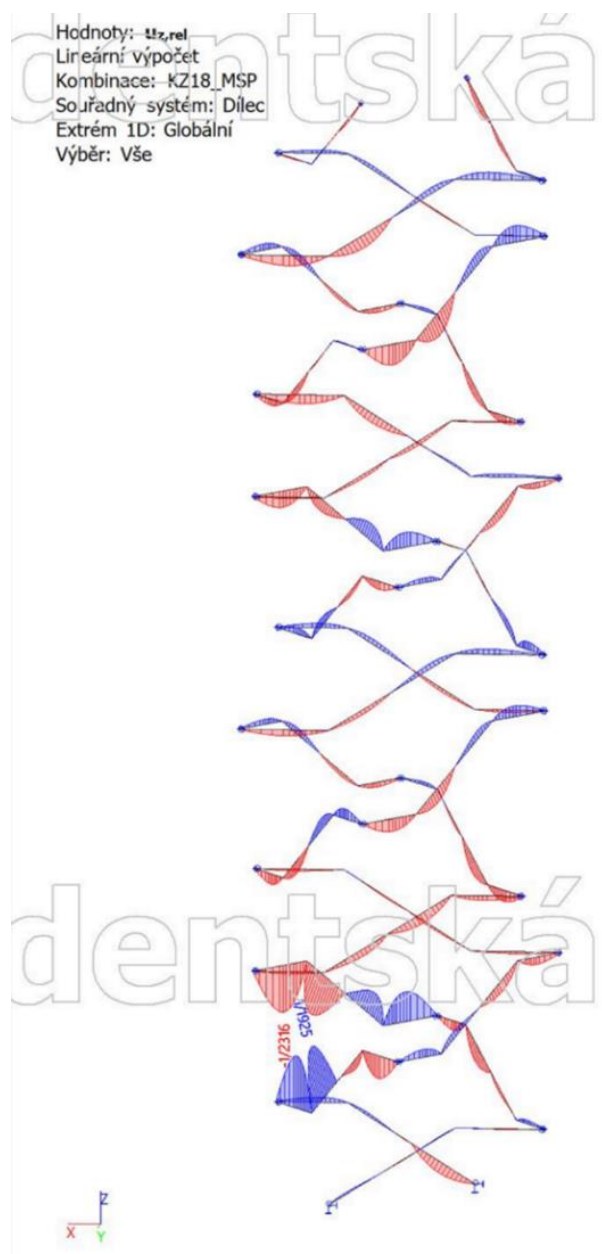
Posudek

$$u_{r,rel,max} = 1/1925$$

<

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vyhovuje



Obrázek 52 KZ18_MSP – $u_{z,rel}$ – vnější schodnice



8.3 Vnitřní schodnice UPE300

Průřezové charakteristiky UPE300

h	300	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
b	100,00	[mm]	
tf	15,00	[mm]	
tw	9,50	[mm]	
r	15,00	[mm]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$
A	5,6600e-03	[m ²]	$\varepsilon = 1$
A _y	3,3800e-03	[m ²]	
A _z	2,2293e-03	[m ²]	Pásnice:
I _y	7,8230e-05	[m ⁴]	
I _z	5,3800e-06	[m ⁴]	$c/t = 76/15 = 5,03 < 9 \cdot \varepsilon = 9$
i _y	118	[mm]	
i _z	31	[mm]	Třída 1
W _{ply}	6,1300e-04	[m ³]	
W _{plz}	1,3700e-04	[m ³]	Stojina:
I _t	3,1500e-07	[m ⁴]	
I _w	7,5459e-08	[m ⁶]	$c/t = 240/9,5 = 25,26 < 33 \cdot \varepsilon = 33$
Křivka vzpěrné pevnosti			Třída 1
kolmo y-y	křivka c	$\alpha = 0,49$	
kolmo z-z	křivka c	$\alpha = 0,49$	

Posouzení na obálku MSÚ

Tabulka 19 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – vnitřní schodnice

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
 Třída: Všechny MSÚ
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B55	2.642+	KZ41_MSÚ/1	133.13	-0.11	-1.63	0.02	8.26	0.30
B199	0.000	KZ18_MSÚ/2	24.20	-4.26	3.47	0.11	0.00	0.00
B199	5.283	KZ21_MSÚ/3	1.15	0.13	-12.05	0.03	0.00	0.00
B199	0.000	KZ21_MSÚ/3	-10.92	-0.12	12.05	0.01	0.00	0.00
B57	0.000	KZ15_MSÚ/4	-80.19	2.66	4.37	-0.12	0.00	0.00
B57	0.000	KZ41_MSÚ/1	92.97	-2.70	1.32	0.12	0.00	0.00
B55	0.000	KZ15_MSÚ/4	-142.68	0.07	2.61	-0.01	-4.35	-0.46
B199	2.642-	KZ21_MSÚ/3	-6.72	-0.12	0.80	0.01	16.97	-0.31
B2	0.000	KZ18_MSÚ/2	18.47	4.30	3.69	-0.03	-1.02	-7.15
B2	0.000	KZ40_MSÚ/5	-24.16	-4.16	2.13	0.03	0.40	6.43



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 142,68 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00566$$
$$N_{c,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,11 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 133,13 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00566$$
$$N_{t,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,1 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na smyk V_y

$$V_{y,Ed} = 4,30 \text{ kN}$$
$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = A_{v,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 3,38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$
$$V_{c,Rd} = 458,59 \text{ kN}$$
$$V_{y,Ed}/V_{c,Rd} = 0,01 \leq 1$$
$$V_{y,Ed} = 4,30 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 229,29 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno

Posouzení na smyk V_z

$$V_{z,Ed} = 12,05 \text{ kN}$$
$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 2,2293 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$
$$V_{c,Rd} = 302,46 \text{ kN}$$
$$V_{z,Ed}/V_{c,Rd} = 0,04 \leq 1$$
$$V_{z,Ed} = 12,05 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 151,23 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno

Posouzení na ohyb M_y

$$M_{y,Ed} = 16,97 \text{ kNm}$$

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$

$$M_{c,y,Rd} = 144,06 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{y,Ed}/M_{c,y,Rd} = 0,12 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhovíPosouzení na ohyb M_z

$$M_{z,Ed} = 7,05 \text{ kNm}$$

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,137 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$

$$M_{c,z,Rd} = 32,2 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{z,Ed}/M_{c,z,Rd} = 0,22 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhovíPosouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 5,283 \text{ m}$$

$$\lambda_y = l_{cr}/i_y = 5,283/0,118 = 44,77$$

$$\lambda_z = l_{cr}/i_z = 5,283/0,031 = 170,42$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 0,48$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_z^- = 1,81$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2})$$

$$\varphi_y = 0,684$$

$$\varphi_z = 2,533$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}}$$

součinitel vzpěru

$$\chi_y = 0,86$$

$$\chi_z = 0,23$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 1138,45 \text{ kN}$$

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 307,73 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 142,68 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_{c,Ed}/N_{b,y,Rd} = 0,13 \leq 1}$$

$$\mathbf{N_{c,Ed}/N_{b,z,Rd} = 0,46 \leq 1}$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku (prvek B5, KZ15)

$$N_{Ed} = 129,64 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 4,26 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 3,41 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 1331,10 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 144,06 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 32,2 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = 0,48$$

$$\lambda_{-z} = 1,81$$

$$\chi_y = 0,86$$

$$\chi_z = 0,23$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

$$C_{mLT} = 0,95$$

Klopení brání schody mezi schodnicemi

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{(0,1 \cdot \lambda_{-z})}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \geq \left(1 - \frac{(0,1)}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{-z} - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,03$$

$$k_{yz} = 0,78$$

$$k_{zy} = 0,88$$

$$k_{zz} = 1,30$$

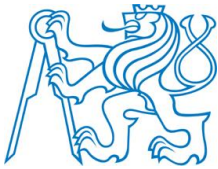
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,11 + 0,03 + 0,08 = 0,23 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,42 + 0,03 + 0,14 = 0,59 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví



Souhrn pro průřez	Využití
Posouzení na prostý tlak	11%
Posouzení na tah	10%
Posouzení na smyk Vy	1%
Posouzení na smyk Vz	04%
Posouzení na ohyb My	12%
Posouzení na ohyb Mz	22%
Posouzení na vzpěr	46%
Posouzení na ohyb a tlak	59%

Posouzení MSP

Limitní hodnota svislého průhybu

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vnější schodnice, svislý průhyb $u_{z,rel}$

$$u_{z,rel,max} = 1/5183$$

Kombinace KZ1_MSP

Posudek

$$u_{r,rel,max} = 1/5183$$

<

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vyhovuje



8.4 Vnitřní nosník mezipodest UPE300

Tento nosník nese vnitřní schodnice a je nesen vnějšími schodnicemi (+ vzpěry)

Průřezové charakteristiky UPE300

h	300	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
b	100,00	[mm]	
tf	15,00	[mm]	
tw	9,50	[mm]	
r	15,00	[mm]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$
A	5,6600e-03	[m ²]	$\varepsilon = 1$
A _y	3,3800e-03	[m ²]	
A _z	2,2293e-03	[m ²]	Stojina:
I _y	7,8230e-05	[m ⁴]	
I _z	5,3800e-06	[m ⁴]	$\alpha = 0,8; c/t = 25,26 < \frac{396 \cdot \varepsilon}{13\alpha - 1} = 42,13$
i _y	118	[mm]	
i _z	31	[mm]	
W _{ply}	6,1300e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,3700e-04	[m ³]	
I _t	3,1500e-07	[m ⁴]	
I _w	7,5459e-08	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka c	$\alpha = 0,49$	
kolmo z-z	křivka c	$\alpha = 0,49$	

Tabulka 20 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – vnitřní nosník mezipodest

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSU

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B28	0.000	KZ39_MSÚ/1	-273.94	9.16	7.71	0.12	-0.21	-1.25
B28	0.000	KZ17_MSÚ/2	308.97	-10.49	-0.07	-0.13	0.22	1.65
B62	0.000	KZ39_MSÚ/1	-220.91	-18.44	-4.64	0.03	-0.12	10.04
B62	0.000	KZ17_MSÚ/2	228.66	21.66	14.57	-0.03	0.11	-11.55
B62	2.200	KZ37_MSÚ/3	137.79	-9.74	-21.65	-0.01	0.00	0.00
B62	0.000	KZ37_MSÚ/3	138.89	18.18	23.80	-0.01	0.07	-9.21
B27	0.000	KZ39_MSÚ/1	-195.23	-1.46	-0.26	-0.23	0.00	0.00
B27	0.000	KZ17_MSÚ/2	226.03	1.78	0.95	0.28	0.00	0.00
B25	1.100-	KZ41_MSÚ/4	18.47	11.69	-9.37	0.00	-9.61	12.34
B62	1.100+	KZ37_MSÚ/3	138.27	-9.46	-15.80	-0.01	21.50	10.56
B25	1.100+	KZ39_MSÚ/1	1.18	16.88	-12.61	0.00	14.48	-11.77
B25	1.100+	KZ17_MSÚ/2	20.52	-18.43	8.77	0.00	-8.27	12.67



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 273,94 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00566$$

$$N_{c,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,21 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 308,97 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00566$$

$$N_{t,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,23 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na smyk V_y

$$V_{y,Ed} = 21,66 \text{ kN}$$

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = A_{v,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 3,38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} = 458,59 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed}/V_{c,Rd} = 0,05 \leq 1$$

$$V_{y,Ed} = 21,66 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 229,29 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno

Posouzení na smyk V_z

$$V_{z,Ed} = 23,80 \text{ kN}$$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 2,2293 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} = 302,46 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed}/V_{c,Rd} = 0,08 \leq 1$$

$$V_{z,Ed} = 23,80 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 151,23 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno



Posouzení na ohyb M_y

$$M_{y,Ed} = 21,50 \text{ kNm}$$

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$

$$M_{c,y,Rd} = 144,06 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{y,Ed}/M_{c,y,Rd} = 0,15 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na ohyb M_z

$$M_{z,Ed} = 12,67 \text{ kNm}$$

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,137 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$

$$M_{c,z,Rd} = 32,2 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{z,Ed}/M_{c,z,Rd} = 0,39 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na kombinaci ohybu a osové síly (Prvek B62, KZ17)

$$N_{pl,Rd} = 1330,10 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = 144,06 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = 32,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,z,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{228,66}{1331,1} + \frac{14,86}{144,06} + \frac{12,02}{32,2} = 0,17 + 0,1 + 0,37 = 0,64 \leq 1$$

Prvek vyhoví na kombinaci šikmého ohybu a osové síly

Klopení

$$L = 2,2 \text{ m}$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$\Psi = 0$$

vzdálenost podepření proti klopení
součinitel uložení (kloub-kloub)
součinitel uložení (bezpečně)
poměr koncových momentů
bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{\omega t} = \frac{\pi}{k_{\omega} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{\omega}}{G \cdot I_t}}$$

$$\kappa_{\omega t} = 1,13$$

$$C_{1,0} = 1,35$$

$$C_{1,1} = 1,36$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot \kappa_{\omega t}$$

$$C_1 = 1,36$$



$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + \kappa_{ot}^2} \quad \text{bezrozměrný kritický moment}$$

$$\mu_{cr} = 2,05$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} \quad \text{kritický moment při klopení}$$

$$M_{cr} = 496,47 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 0,017 \quad < \lambda_{LT,0}^- = 0,4$$

⇒ Účinky klopení mohou být zanedbány.

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = 2,2 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = 2,2 \text{ m}$$

$$\lambda_y = l_{cr}/i_y = 2,200/0,118 = 18,64$$

$$\lambda_z = l_{cr}/i_z = 2,200/0,031 = 70,97$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda}{\pi \sqrt{E/f_y}} = 0,20 \quad \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_z^- = 0,76$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2})$$

$$\varphi_y = 0,52$$

$$\varphi_z = 0,93$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} \quad \text{součinitel vzpěru}$$

$$\chi_y = 1$$

$$\chi_z = 0,68$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{mo}} \cdot A = 1330,10 \text{ kN}$$

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{mo}} \cdot A = 907,30 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 273,94 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{b,y,Rd} = 0,21 \leq 1$$

$$N_{c,Ed}/N_{b,z,Rd} = 0,30 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku (prvek B62, KZ39, dx 1100)

$$N_{Ed} = 220,91 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5,99 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 10,04 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 1331,10 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 144,06 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 32,2 \text{ kN}$$

$$\lambda_y^- = 0,20$$



$$\lambda_z^- = 0,76$$

$$\chi_y = 1$$

$$\chi_z = 0,68$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = -0,99$$

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

$$C_{mz} = 0,4$$

$$\psi_{LT} = 0,02$$

$$C_{mLT} = 0,61$$

Klopení je zanedbáno

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y^- - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = \left(1 - \frac{(0,1 \cdot \lambda_z^-)}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right) \\ \geq \left(1 - \frac{(0,1)}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_z^- - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,9$$

$$k_{yz} = 0,24$$

$$k_{zy} = 0,95$$

$$k_{zz} = 0,49$$

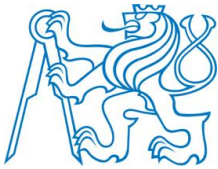
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk}/\gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,17 + 0,04 + 0,08 = 0,29 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk}/\gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,25 + 0,04 + 0,15 = 0,44 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví



Souhrn pro průřez	Využití
Posouzení na prostý tlak	21%
Posouzení na tah	23%
Posouzení na ohyb M_y	15%
Posouzení na ohyb M_z	39%
Posouzení na ohyb a osovou sílu	64%
Posouzení na vzpěr	30%
Posouzení na ohyb a tlak	44%

Posouzení MSP

Limitní hodnota svislého průhybu

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vnější schodnice, svislý průhyb $u_{z,rel}$

$$u_{z,rel,max} = 1/10000$$

Kombinace KZ1_MSP

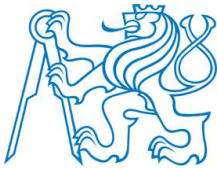
Posudek

$$u_{r,rel,max} = 1/10000$$

<

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vyhovuje



8.5 Nosník horní plošiny IPE300

Průřezové charakteristiky IPE300

h	300,	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
b	150,	[mm]	
tf	11,	[mm]	
tw	7,	[mm]	
r	15	[mm]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
A	5,3800e-03	[m ²]	Pásnice:
A _y	3,1835e-03	[m ²]	
A _z	2,1775e-03	[m ²]	
I _y	8,3560e-05	[m ⁴]	$c/t = 56/11 = 5,28 < 9 \cdot \varepsilon = 9$
I _z	6,0400e-06	[m ⁴]	
i _y	125	[mm]	Třída 1
i _z	34	[mm]	Stojina – tlak+ohyb:
W _{ply}	6,2800e-04	[m ³]	
W _{plz}	1,2500e-04	[m ³]	
I _t	2,0100e-07	[m ⁴]	
I _w	1,2600e-07	[m ⁶]	$\alpha = 0,5; c/t = 35,01 < \frac{36 \cdot \varepsilon}{\alpha} = 72$
			Třída 1
Křivka vzpěrné pevnosti			Stojina – tlak:
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	Třída 2
kolmo z-z	křivka b	$\alpha = 0,34$	

Tabulka 21 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – nosník plošiny

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B13050	0.000	KZ41 MSÚ/1	-102.37	0.00	4.47	0.00	0.00	0.00
B5715	3.175-	KZ20 MSÚ/2	138.40	0.35	-28.81	0.00	13.37	0.41
B757	0.000	KZ42 MSÚ/3	18.37	-3.98	4.49	0.00	0.00	0.00
B757	0.000	KZ16 MSÚ/4	-8.55	3.99	7.19	0.00	0.00	0.00
B13075	5.887	KZ6 MSÚ/5	0.33	0.00	-42.34	-0.01	0.00	0.00
B13074	0.000	KZ6 MSÚ/5	-0.14	0.00	42.34	0.00	0.00	0.00
B756	0.000	KZ22 MSÚ/6	46.37	-0.13	29.21	-0.01	0.00	0.00
B754	3.493+	KZ20 MSÚ/2	118.97	-1.72	-17.20	0.01	80.02	1.03
B5715	7.655-	KZ31 MSÚ/7	-35.30	1.59	-11.33	0.00	-11.41	0.84
B754	3.493-	KZ7 MSÚ/8	73.62	0.03	13.79	0.01	83.69	0.10
B757	2.960-	KZ42 MSÚ/3	16.49	0.28	0.69	0.00	7.61	-5.48
B757	2.960-	KZ16 MSÚ/4	-6.67	-0.27	0.83	0.00	11.79	5.50



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 102,37 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00538$$

$$N_{c,Rd} = 1264,30 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,08 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 138,40 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00538$$

$$N_{t,Rd} = 1264,30 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,11 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na smyk V_y

$$V_{y,Ed} = 3,99 \text{ kN}$$

$$V_{c,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = A_{v,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 3,184 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} = 431,93 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed}/V_{c,Rd} = 0,01 \leq 1$$

$$V_{y,Ed} = 3,99 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 215,96 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno

Posouzení na smyk V_z

$$V_{z,Ed} = 42,34 \text{ kN}$$

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = A_{v,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} / \sqrt{3} = 2,178 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} = 295,44 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed}/V_{c,Rd} = 0,14 \leq 1$$

$$V_{z,Ed} = 42,34 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} = 147,72 \text{ kN}$$

Prvek na smyk vyhoví, spolupůsobení smyku a ohybu může být zanedbáno



Posouzení na ohyb M_y

$$M_{y,Ed} = 83,69 \text{ kNm}$$

$$M_{c,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,628 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$

$$M_{c,y,Rd} = 147,58 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{y,Ed}/M_{c,y,Rd} = 0,58 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na ohyb M_z

$$M_{z,Ed} = 5,50 \text{ kNm}$$

$$M_{c,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,125 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$

$$M_{c,z,Rd} = 29,38 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{M_{z,Ed}/M_{c,z,Rd} = 0,19 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr (Prvek B13050, KZ41)

$$l_{cr,y} = 5,415 \text{ m}$$

$$l_{cr,z} = 5,415 \text{ m}$$

$$\lambda_y = l_{cr}/i_y = 5,415/0,125 = 43,32$$

$$\lambda_z = l_{cr}/i_z = 5,415/0,034 = 159,26$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/I_y}} = 0,56$$

poměrná štíhlost

$$\lambda_z^- = 1,70$$

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2})$$

$$\varphi_y = 0,63$$

$$\varphi_z = 2,19$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}}$$

součinitel vzpěru

$$\chi_y = 0,94$$

$$\chi_z = 0,28$$

$$N_{b,y,Rd} = \chi_y \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 1183,23 \text{ kN}$$

$$N_{b,z,Rd} = \chi_z \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 353,00 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 102,37 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_{c,Ed}/N_{b,y,Rd} = 0,09 \leq 1}$$

$$\mathbf{N_{c,Ed}/N_{b,z,Rd} = 0,29 \leq 1}$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Klopení (prvek B13075, KZ6)

$$L = 5,887 \text{ m}$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$\Psi = 0$$

$$\kappa_{\omega t} = \frac{\pi}{k_{\omega} \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_{\omega}}{G \cdot I_t}}$$

$$\kappa_{\omega t} = 0,68$$

$$C_{1,0} = 1,13$$

$$C_{1,1} = 1,13$$

$$C_1 = 1,13$$

$$C_2 = 0,46$$

$$z_g = 0,150 \text{ m}$$

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} \text{ m} = 0,71$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left(\sqrt{1 + \kappa_{\omega t}^2 + (C_2 \zeta_g)^2} - (C_2 \zeta_g) \right)$$

$$\mu_{cr} = 1,05$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$M_{cr} = 80,1 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT}^- = \sqrt{W_y \cdot f_y / M_{cr}}$$

$$\lambda_{LT}^- = 1,36$$

$$\alpha_{LT} = 0,21$$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot (1 + \alpha_{LT}(\lambda_{LT}^- - 0,2)) + \lambda_{LT}^{-2}$$

$$\varphi_{LT} = 1,54$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}}$$

$$\chi_{LT} = 0,44$$

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

$$M_{b,Rd} = 64,94 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 60,18 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} / M_{b,Rd} = 0,93 \leq 1$$

Prvek na klopení vyhoví

vzdálenost podepření proti klopení
součinitel uložení (kloub-kloub)
součinitel uložení (bezpečně)
poměr koncových momentů
bezrozměrný parametr kroucení

bezrozměrný kritický moment

kritický moment při klopení

$< \lambda_{LT,0}^- = 0,4$
křivka klopení a

součinitel klopení

moment únosnosti na klopení

Posouzení na prostý tlak	8%
Posouzení na tah	11%
Posouzení na ohyb M_y	58%
Posouzení na ohyb M_z	19%
Posouzení na vzpěr	29%
Posouzení na klopení	93%



Posouzení MSP

Limitní hodnota svislého průhybu

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vnější schodnice, svislý průhyb $u_{z,rel}$

$$u_{z,rel,max} = 1/512$$

Kombinace KZ1_MSP

Posudek

$$u_{z,rel,max} = 1/512$$

<

$$u_{z,rel,lim} = 1/250$$

Vyhovuje

1D deformace

Hodnoty: $u_{z,rel}$

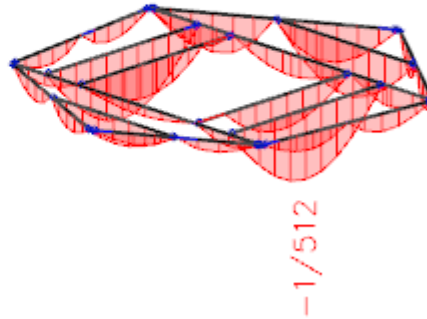
Lineární výpočet

Kombinace: KZ1_MSP

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše



Obrázek 53 KZ1_MSP – $u_{z,rel}$ – nosníky plošiny



8.6 Ztužení horní plošiny TR 114,3/5

Průřezové charakteristiky TR 114,3/5

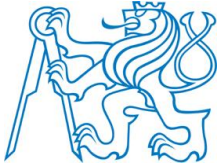
d	114,30	[mm]	
w	5	[mm]	
A	1,7200e-03	[m ²]	Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1
A _y	1,0930e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
A _z	1,0930e-03	[m ²]	
I _y	2,5700e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačný průřez
I _z	2,5700e-06	[m ⁴]	
i _y	39	[mm]	$d/t = 22,86 < (50 \cdot \varepsilon^2) = 50$
i _z	39	[mm]	
W _{ply}	5,8832e-05	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	5,8832e-05	[m ³]	
I _t	5,1400e-06	[m ⁴]	
I _w	5,6080e-42	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$	

Tabulka 22 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – ztužení plošiny

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
 Třída: Všechny MSÚ
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B13076	3.036+	KZ15_MSÚ/1	-67.00	-0.08	0.03	0.00	0.50	0.19
B13076	3.036+	KZ41_MSÚ/2	65.01	0.06	-0.05	0.01	0.54	-0.15
B13054	2.463+	KZ18_MSÚ/3	-32.82	-0.12	0.00	0.02	0.63	0.33
B13054	0.000	KZ18_MSÚ/3	-33.11	0.13	0.47	0.02	0.00	0.00
B13076	5.547	KZ22_MSÚ/4	21.27	0.03	-0.60	0.02	0.00	0.00
B13052	0.000	KZ32_MSÚ/5	-17.43	-0.02	0.59	0.01	0.00	0.00
B13054	0.000	KZ16_MSÚ/6	30.11	-0.11	0.40	-0.03	0.00	0.00
B13054	0.000	KZ42_MSÚ/7	-32.58	0.13	0.36	0.03	0.00	0.00
B13076	3.036+	KZ22_MSÚ/4	21.27	0.03	-0.15	0.02	0.94	-0.08
B13054	2.463-	KZ40_MSÚ/8	30.64	-0.12	-0.04	-0.03	0.29	-0.28



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 67,00 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00172$$
$$N_{c,Rd} = 404,20 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,17 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 65,01 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = \frac{235}{1,0} \cdot 0,00172$$
$$N_{t,Rd} = 404,20 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,16 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

$$M_{y,Ed} = 0,94 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 0,058832 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{235}{1,0}$$
$$M_{c,y,Rd} = 13,83 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,07 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 5,55 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 5,55/0,039 = 142,31$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,52 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,79$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,37 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 147,96 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 67,00 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,45 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 67,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,94 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,33 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 404,20 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 13,83 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 13,83 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 1,52$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,37$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,6$$

$$C_{mz} = 0,6$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,82$$

$$k_{yz} = 0,49$$

$$k_{zy} = 0,49$$

$$k_{zz} = 0,82$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,45 + 0,06 + 0,01 = 0,52 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,45 + 0,03 + 0,02 = 0,51 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	17%
Posouzení na tah	16%
Posouzení na ohyb M	7%
Posouzení na vzpěr	45%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	51%



8.7 Vzpěry TR 110/110/14,2

Průřezové charakteristiky TR 110/110/14,2

d	110,00	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
w	14	[mm]	
A	5,2300e-03	[m ²]	
A _y	2,6105e-03	[m ²]	
A _z	2,6105e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _y	7,7600e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačенý průřez
I _z	7,7600e-06	[m ⁴]	
i _y	39	[mm]	$c/t = 4,75 < (33 \cdot \varepsilon) = 33$
i _z	39	[mm]	
W _{ply}	1,8363e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,8363e-04	[m ³]	
I _t	1,3100e-05	[m ⁴]	
I _w	1,9058e-08	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$	

Tabulka 23 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Vnější vzpěry

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
Třída: Všechny MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém: 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B7001	2.901	KZ39_MSÚ/1	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	-645.56	0.00	-0.39	-0.20	0.00	0.00
B7001	0.000	KZ17_MSÚ/2	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	648.05	0.00	0.81	-0.06	0.00	0.00
B268	0.000	KZ42_MSÚ/3	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	-35.02	-0.46	0.64	1.16	0.00	0.00
B268	3.470	KZ42_MSÚ/3	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	-35.59	0.46	-0.64	1.16	0.00	0.00
B6990	4.234	KZ15_MSÚ/4	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	145.16	0.00	-1.11	0.21	0.00	0.00
B6990	0.000	KZ15_MSÚ/4	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	146.12	0.00	1.11	0.21	0.00	0.00
B267	0.000	KZ17_MSÚ/2	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	-35.61	-0.33	0.60	-1.79	0.00	0.00
B267	0.000	KZ39_MSÚ/1	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	-30.88	0.33	0.60	1.67	0.00	0.00
B6990	2.117-	KZ15_MSÚ/4	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	145.64	0.00	0.00	0.21	1.18	0.00
B268	1.735-	KZ42_MSÚ/3	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	-35.31	0.00	0.00	1.16	0.55	-0.40
B268	1.735-	KZ40_MSÚ/5	Vzpěry vnější - SHS110/110/14.2	61.40	0.00	0.00	-0.84	0.55	0.40



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 645,56 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$

$$N_{c,Rd} = 1229,05 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,53 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 648,05 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$

$$N_{t,Rd} = 1229,05 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,53 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

$$M_{y,Ed} = 1,18 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$M_{c,y,Rd} = 43,15 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,03 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 3,47 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 88,97$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 0,95$$

poměrná štíhlost

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,03$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,70$$

součinitel vzpěru

$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 862,86 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 645,56 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,75 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví



Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 645,56 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1,18 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,40 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 1229,05 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 43,15 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 43,15 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 0,95$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,70$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,82$$

$$k_{yz} = 0,49$$

$$k_{zy} = 0,49$$

$$k_{zz} = 0,82$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,75 + 0,04 + 0,01 = 0,80 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,75 + 0,02 + 0,01 = 0,79 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	53%
Posouzení na tah	53%
Posouzení na ohyb M	3%
Posouzení na vzpěr	75%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	80%



8.8 Vzpěry TR 100/100/10

Průřezové charakteristiky TR 100/100/10

d	100,00	[mm]	
w	10	[mm]	
A	3,4900e-03	[m ²]	Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1
A _y	1,7454e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
A _z	1,7454e-03	[m ²]	
I _y	4,6200e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačенý průřez
I _z	4,6200e-06	[m ⁴]	
i _y	36	[mm]	$c/t = 7,00 < (33 \cdot \varepsilon) = 33$
i _z	36	[mm]	
W _{ply}	1,1600e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,1600e-04	[m ³]	
I _t	7,6100e-06	[m ⁴]	
I _w	8,3333e-09	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$	

Tabulka 24 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Vnitřní vzpěry

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
Třída: Všechny MSÚ
Souřadný systém: Dílec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B6992	3.641	KZ17_MSÚ/1	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	-185.21	0.39	-0.58	-0.51	0.00	0.00
B6992	0.000	KZ39_MSÚ/2	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	145.26	0.39	0.48	0.38	0.00	0.00
B398	3.641	KZ40_MSÚ/3	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	13.96	-0.57	-0.38	0.15	0.00	0.00
B398	0.000	KZ40_MSÚ/3	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	14.70	0.57	0.38	0.15	0.00	0.00
B6989	4.374	KZ15_MSÚ/4	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	121.28	-0.16	-0.90	-0.16	0.00	0.00
B6989	0.000	KZ15_MSÚ/4	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	121.59	0.16	0.90	-0.16	0.00	0.00
B6996	0.000	KZ17_MSÚ/1	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	128.62	0.39	0.58	-1.32	0.00	0.00
B6996	0.000	KZ39_MSÚ/2	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	-151.26	-0.39	0.48	1.29	0.00	0.00
B6989	2.187-	KZ15_MSÚ/4	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	121.43	0.00	0.00	-0.16	0.99	0.17
B398	1.820-	KZ18_MSÚ/5	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	-57.07	0.00	0.00	-0.34	0.62	-0.52
B398	1.820-	KZ40_MSÚ/3	Vzpěry vnitřní - SHS100/100/10.0	14.33	0.00	0.00	0.15	0.34	0.52



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 185,21 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{c,Rd} = 820,15 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,23 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 145,26 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{t,Rd} = 820,15 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,18 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

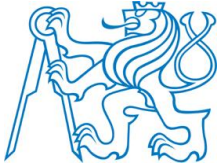
$$M_{y,Ed} = 0,99 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$M_{c,y,Rd} = 27,26 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,04 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 3,64 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 101,11$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,08 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,17$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,61 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 502,00 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 185,21 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,37 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 185,21 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,99 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,52 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 820,15 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 27,26 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 27,26 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 1,08$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,61$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,23$$

$$k_{yz} = 0,74$$

$$k_{zy} = 0,74$$

$$k_{zz} = 1,23$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,37 + 0,04 + 0,01 = 0,43 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,37 + 0,03 + 0,02 = 0,42 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	23%
Posouzení na tah	18%
Posouzení na ohyb M	4%
Posouzení na vzpěr	37%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	43%



8.9 Ztužení vnější TR 177,8/16

Průřezové charakteristiky TR 177,8/16

d	177,80	[mm]	Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1
w	16	[mm]	
A	8,1300e-03	[m ²]	
A _y	5,1776e-03	[m ²]	
A _z	5,1776e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _y	2,6870e-05	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačенý průřez
I _z	2,6870e-05	[m ⁴]	
i _y	57	[mm]	$d/t = 11,11 < (50 \cdot \varepsilon^2) = 50$
i _z	57	[mm]	
W _{ply}	4,1887e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	4,1887e-04	[m ³]	
I _t	5,3740e-05	[m ⁴]	
I _w	2,4358e-40	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$	

Tabulka 25 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení vnější 1

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Ztužení vnější 1 - RO177.8X16

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B13072	0.000	KZ40_MSÚ/1	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	-645.43	0.00	1.85	0.85	0.00	0.00
B13072	7.259	KZ18_MSÚ/2	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	655.77	0.00	-2.50	-0.67	0.00	0.00
B13066	7.527	KZ17_MSÚ/3	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	-104.76	0.57	-3.68	-0.14	-4.84	-0.05
B13066	0.000	KZ32_MSÚ/4	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	28.74	0.55	3.43	0.92	-5.19	-0.34
B7854	0.000	KZ18_MSÚ/2	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	41.46	-0.61	2.50	-1.60	0.00	0.00
B13066	0.000	KZ15_MSÚ/5	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	116.89	0.52	3.31	0.34	-6.89	0.21
B13071	3.275-	KZ17_MSÚ/3	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	-111.98	0.00	0.00	-0.51	4.58	-0.83
B13066	7.527	KZ16_MSÚ/6	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	8.28	-1.34	-2.95	1.30	-3.17	-1.85
B13066	7.527	KZ42_MSÚ/7	Ztužení vnější 1 - RO177.8X16	5.94	1.32	-1.89	-1.13	-2.41	1.82



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 645,43 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{c,Rd} = 1910,55 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,34 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 655,77 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{t,Rd} = 1910,55 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,34 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

$$M_{y,Ed} = 6,89 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$M_{c,y,Rd} = 98,43 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,07 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 7,26 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 127,37$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,36 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,54$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,44 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 840,56 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 645,43 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,77 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 645,43 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 6,89 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,85 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 1910,55 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 98,43 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 98,43 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 1,36$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,44$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,53$$

$$k_{yz} = 0,92$$

$$k_{zy} = 0,92$$

$$k_{zz} = 1,53$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,77 + 0,11 + 0,02 = 0,89 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,77 + 0,06 + 0,03 = 0,86 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	34%
Posouzení na tah	34%
Posouzení na ohyb M	7
Posouzení na vzpěr	77%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	89%



8.10 Ztužení vnější TR 139,7/10

Průřezové charakteristiky TR 139,7/10

d	139,70	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
w	10	[mm]	
A	4,0700e-03	[m ²]	
A _y	2,5940e-03	[m ²]	
A _z	2,5940e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _y	8,6200e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačný průřez
I _z	8,6200e-06	[m ⁴]	
i _y	46	[mm]	$d/t = 13,97 < (50 \cdot \varepsilon^2) = 50$
i _z	46	[mm]	
W _{ply}	1,6590e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,6590e-04	[m ³]	
I _t	1,7240e-05	[m ⁴]	
I _w	4,4113e-41	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$	

Tabulka 26 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení vnější 2

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B13068	5.921	KZ18_MSÚ/1	Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0	-302.77	-0.07	-1.25	0.15	0.00	0.00
B13068	5.921	KZ40_MSÚ/2	Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0	262.11	0.07	-0.93	-0.37	0.00	0.00
B7747	0.000	KZ17_MSÚ/3	Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0	119.95	0.68	1.25	-0.55	0.00	0.00
B7747	0.000	KZ39_MSÚ/4	Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0	-117.80	-0.68	0.93	0.45	0.00	0.00
B7747	2.960-	KZ15_MSÚ/5	Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0	-117.99	0.00	0.00	0.43	1.85	-1.01
B7747	2.960-	KZ41_MSÚ/6	Ztužení vnější 2 - CHS139.7/10.0	120.14	0.00	0.00	-0.53	1.37	1.01



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 302,77 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{c,Rd} = 956,45 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,32 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 262,11 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{t,Rd} = 956,45 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,27 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

$$M_{y,Ed} = 1,85 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$M_{c,y,Rd} = 38,99 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,05 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 5,92 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 128,70$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,37 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,56$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,43 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 413,84 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 302,77 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,73 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 302,77 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1,85 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,01 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 956,45 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 38,99 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 38,99 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 1,37$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,43$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,51$$

$$k_{yz} = 0,90$$

$$k_{zy} = 0,90$$

$$k_{zz} = 1,51$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

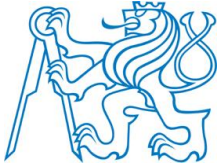
$$0,73 + 0,07 + 0,02 = 0,83 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,73 + 0,04 + 0,04 = 0,81 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	32%
Posouzení na tah	27%
Posouzení na ohyb M	5%
Posouzení na vzpěr	73%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	83%



8.11 Ztužení schodiště TR 139,7/12,5

Průřezové charakteristiky TR 139,7/12,5

d	137,90	[mm]	Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1
w	12,5	[mm]	
A	5,0000e-03	[m ²]	
A _y	3,1800e-03	[m ²]	
A _z	3,1800e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _y	1,0200e-05	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačný průřez
I _z	1,0200e-05	[m ⁴]	
i _y	45	[mm]	d/t = 11,04 < (50 · ε ²) = 50
i _z	45	[mm]	
W _{ply}	2,0225e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	2,0225e-04	[m ³]	
I _t	2,0400e-05	[m ⁴]	
I _w	3,8766e-41	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	α = 0,21	
kolmo z-z	křivka a	α = 0,21	

Tabulka 27 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení schodiště 1

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
 Třída: Všechny MSÚ
 Souřadný systém: Dílec
 Extrém 1D: Globální
 Výběr: Vše
 Filtr: Průřez = Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B7815	0.000	KZ17_MSÚ/1	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	-423.52	0.40	0.59	0.62	0.00	0.00
B13056	3.994	KZ17_MSÚ/1	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	362.53	-0.18	-1.05	-1.85	0.00	0.00
B7773	6.173	KZ17_MSÚ/1	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	-74.70	-0.78	-0.98	0.20	0.00	0.00
B7773	6.173	KZ39_MSÚ/2	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	41.42	0.78	-1.07	-0.17	0.00	0.00
B7773	6.173	KZ18_MSÚ/3	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	20.57	-0.29	-1.71	0.02	0.00	0.00
B7771	0.000	KZ15_MSÚ/4	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	21.90	-0.13	1.70	-0.11	0.00	0.00
B13056	0.000	KZ39_MSÚ/2	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	-337.67	-0.18	0.64	1.26	0.00	0.00
B7396	2.547	KZ41_MSÚ/5	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	-30.56	0.00	0.00	-0.09	-0.02	-0.06
B7773	3.087	KZ18_MSÚ/3	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	20.05	0.00	0.00	0.02	2.63	0.45
B7773	3.087	KZ39_MSÚ/2	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	40.83	-0.01	0.00	-0.17	1.65	-1.19
B7773	3.087	KZ17_MSÚ/1	Ztužení schodiště 1 - RO139,7x12,5	-76.01	0.01	0.00	0.20	1.51	1.19



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 423,52 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{c,Rd} = 1175,0 \text{ kN}$$
$$\mathbf{N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,36 \leq 1}$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 362,53 \text{ Kn}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{t,Rd} = 1175,0 \text{ kN}$$
$$\mathbf{N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,31 \leq 1}$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

$$M_{y,Ed} = 2,63 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$M_{c,y,Rd} = 47,53 \text{ kNm}$$
$$\mathbf{M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,06 \leq 1}$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 5,09 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 113,11$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,20 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,33$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,53 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 619,47 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 423,52 \text{ kN}$$
$$\mathbf{N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,68 \leq 1}$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 423,52 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 2,63 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 1,19 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 1175,0 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 47,53 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 47,53 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 1,20$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,53$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,47$$

$$k_{yz} = 0,88$$

$$k_{zy} = 0,88$$

$$k_{zz} = 1,47$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,68 + 0,08 + 0,08 = 0,79 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,68 + 0,05 + 0,04 = 0,77 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	36%
Posouzení na tah	31%
Posouzení na ohyb M	6%
Posouzení na vzpěr	68%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	79%



8.12 Ztužení schodiště TR 114,3/12,5

Průřezové charakteristiky TR 114,3/12,5

d	114,30	[mm]	Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1
w	12,5	[mm]	
A	4,0000e-03	[m ²]	
A _y	2,5450e-03	[m ²]	
A _z	2,5450e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _y	5,2600e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačný průřez
I _z	5,2600e-06	[m ⁴]	
i _y	36	[mm]	d/t = 9,14 < (50 · ε ²) = 50
i _z	36	[mm]	
W _{ply}	1,2954e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,2954e-04	[m ³]	
I _t	1,0520e-05	[m ⁴]	
I _w	1,8814e-41	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	α = 0,21	
kolmo z-z	křivka a	α = 0,21	

Tabulka 28 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení schodiště 2

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
Třída: Všechny MSU
Souřadný systém: Dílec
Extrém: 1D: Globální
Výběr: Vše
Filtr: Průřez = Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B7362	0.000	KZ39_MSU/1	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	-213.42	0.32	0.56	0.15	0.00	0.00
B7362	3.994	KZ17_MSU/2	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	289.16	0.32	-0.80	-0.21	0.00	0.00
B7395	0.000	KZ15_MSU/3	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	47.85	-0.43	0.80	0.41	0.00	0.00
B7395	0.000	KZ17_MSU/2	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	13.80	0.43	0.75	-0.36	0.00	0.00
B7395	3.994	KZ18_MSU/4	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	68.69	-0.07	-0.93	0.32	0.00	0.00
B7395	0.000	KZ18_MSU/4	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	68.91	0.07	0.93	0.32	0.00	0.00
B7358	3.068	KZ18_MSU/4	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	-44.40	-0.15	-0.40	-1.35	0.61	0.22
B7358	0.000	KZ40_MSU/5	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	63.01	-0.29	0.60	1.09	0.00	0.00
B7395	1.997	KZ18_MSU/4	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	68.80	0.00	0.00	0.32	0.93	0.07
B7395	1.997	KZ15_MSU/3	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	48.07	0.00	0.00	0.41	0.80	-0.43
B7395	1.997	KZ41_MSU/6	Ztužení schodiště 2 - RO114.3X12.5	3.46	0.00	0.00	-0.37	0.55	0.43



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 213,42 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{c,Rd} = 940,00 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,23 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 289,16 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{t,Rd} = 940,00 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,31 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

$$M_{y,Ed} = 0,93 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$M_{c,y,Rd} = 30,44 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,03 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 3,994 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 110,94$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,18 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,30$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,54 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 509,36 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 213,42 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,42 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 213,42 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,93 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,43 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 940,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 30,44 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 30,44 \text{ kN}$$

$$\lambda_{-y} = \lambda_{-z} = 1,18$$

$$\chi_y = \chi_z = 0,54$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_y = 0$$

$$\psi_z = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{-y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{-z} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,27$$

$$k_{yz} = 0,76$$

$$k_{zy} = 0,76$$

$$k_{zz} = 1,27$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,42 + 0,04 + 0,01 = 0,47 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,42 + 0,02 + 0,02 = 0,46 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	23%
Posouzení na tah	31%
Posouzení na ohyb M	3%
Posouzení na vzpěr	42%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	47%



8.13 Ztužení schodiště TR 114,3/5

Průřezové charakteristiky TR 114,3/5

d	114,30	[mm]	Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1
w	5	[mm]	
A	1,7200e-03	[m ²]	
A _y	1,0930e-03	[m ²]	
A _z	1,0930e-03	[m ²]	
I _y	2,5700e-06	[m ⁴]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _z	2,5700e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačný průřez
i _y	39	[mm]	d/t = 22,86 < (50 · ε ²) = 50
i _z	39	[mm]	
W _{ply}	5,8832e-05	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	5,8832e-05	[m ³]	
I _t	5,1400e-06	[m ⁴]	
I _w	5,6080e-42	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	α = 0,21	
kolmo z-z	křivka a	α = 0,21	

Tabulka 29 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení schodiště 3

1D vnitřní síly

Lineární výpočet
 Třída: Všechny MSÚ
 Souřadný systém: Dílec
 Externí 1D: Globální
 Výběr: Vše
 Filtr: Průřez = Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B7592	0.000	KZ41_MSÚ/1	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	-78.14	0.27	0.19	-0.39	0.00	0.00
B7372	4.091	KZ21_MSÚ/2	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	141.04	0.18	-0.39	0.11	0.00	0.00
B7389	4.091	KZ40_MSÚ/3	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	-7.27	-0.43	-0.24	-0.12	0.00	0.00
B7389	0.000	KZ40_MSÚ/3	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	-7.53	0.43	0.24	-0.12	0.00	0.00
B7389	4.091	KZ17_MSÚ/4	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	41.73	-0.04	-0.49	0.15	0.00	0.00
B7389	0.000	KZ17_MSÚ/4	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	42.30	0.04	0.49	0.15	0.00	0.00
B7360	0.000	KZ17_MSÚ/4	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	50.63	-0.10	0.43	-0.43	0.00	0.00
B7592	0.000	KZ39_MSÚ/5	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	119.68	-0.27	0.32	0.36	0.00	0.00
B7389	2.046	KZ17_MSÚ/4	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	42.02	0.00	0.00	0.15	0.50	0.04
B7389	2.046	KZ18_MSÚ/6	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	59.05	0.00	0.00	0.14	0.37	-0.44
B7389	2.046	KZ40_MSÚ/3	Ztužení schodiště 3 - CHS114.3/5.0	-7.40	0.00	0.00	-0.12	0.25	0.44



Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 79,14 \text{ kN}$$
$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{c,Rd} = 404,20 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,19 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 141,04 \text{ kN}$$
$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$
$$N_{t,Rd} = 404,20 \text{ kN}$$
$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,35 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na ohyb M

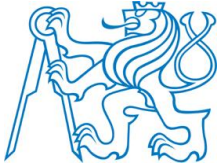
$$M_{y,Ed} = 0,50 \text{ kNm}$$
$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$M_{c,y,Rd} = 13,83 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Ed}/M_{c,Rd} = 0,04 \leq 1$$

Prvek na ohyb vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 4,09 \text{ m}$$
$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 104,87$$
$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \cdot \sqrt{E/f_y}} = 1,12 \quad \text{poměrná štíhlost}$$
$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 1,22$$
$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,58 \quad \text{součinitel vzpěru}$$
$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 236,31 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed} = 78,14 \text{ kN}$$
$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,33 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení ohybu a osového tlaku

$$N_{Ed} = 78,14 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,50 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,44 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = 404,20 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 13,83 \text{ kN}$$

$$M_{z,Rk} = 13,83 \text{ kN}$$

$$\lambda_{y}^{-} = \lambda_{z}^{-} = 1,12$$

$$\chi_{y} = \chi_{z} = 0,58$$

$$\chi_{LT} = 1$$

$$\psi_{y} = 0$$

$$\psi_{z} = 0$$

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mz} = 0,95$$

Průřez není náchylný na klopení

Poměr koncových momentů

Poměr koncových momentů

Součinitel ekvivalentního momentu

Součinitel ekvivalentního momentu

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{y}^{-} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_{y} \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_{y} \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\lambda_{z}^{-} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_{z} \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right) \\ \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_{z} \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 1,20$$

$$k_{yz} = 0,72$$

$$k_{zy} = 0,72$$

$$k_{zz} = 1,20$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y} \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{yz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,33 + 0,04 + 0,02 = 0,40 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z} \cdot N_{Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zy} \cdot (M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed})}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{m1}} + \frac{k_{zz} \cdot (M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed})}{M_{z,Rk} / \gamma_{m1}} \leq 1$$

$$0,33 + 0,03 + 0,04 = 0,39 \leq 1$$

Prvek na kombinaci tlaku a ohybu vyhoví

Posouzení na prostý tlak	19%
Posouzení na tah	35%
Posouzení na ohyb M	4%
Posouzení na vzpěr	33%
Posouzení na kombinace tlaku a ohybu	40%



8.14 Ztužení mezipodest TR 100/100/10

Průřezové charakteristiky TR 100/100/10

d	100,00	[mm]	<u>Zatřídění průřezu dle ČSN EN 1993-1-1</u>
w	10	[mm]	
A	3,4900e-03	[m ²]	
A _y	1,7454e-03	[m ²]	
A _z	1,7454e-03	[m ²]	$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1$
I _y	4,6200e-06	[m ⁴]	Ohýbaný a tlačенý průřez
I _z	4,6200e-06	[m ⁴]	
i _y	36	[mm]	$c/t = 7,00 < (33 \cdot \varepsilon) = 33$
i _z	36	[mm]	
W _{ply}	1,1600e-04	[m ³]	Třída 1
W _{plz}	1,1600e-04	[m ³]	
I _t	7,6100e-06	[m ⁴]	
I _w	8,3333e-09	[m ⁶]	
Křivka vzpěrné pevnosti			
kolmo y-y	křivka a	$\alpha = 0,21$	
kolmo z-z	křivka a	$\alpha = 0,21$	

Tabulka 30 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení mezipodest

1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Třída: Všechny MSÚ

Souřadný systém: Dílec

Extrém: 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
B7544	0.000	KZ17_MSÚ/1	Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0	-450.68	0.00	0.53	0.07	0.00	0.00
B7544	0.000	KZ39_MSÚ/2	Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0	430.24	0.00	0.39	0.11	0.00	0.00
B7537	2.910	KZ15_MSÚ/3	Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0	-211.18	0.00	-0.53	-0.79	0.00	0.00
B7539	0.000	KZ17_MSÚ/1	Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0	-327.36	0.00	0.53	-1.08	0.00	0.00
B7539	0.000	KZ39_MSÚ/2	Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0	315.54	0.00	0.39	1.01	0.00	0.00
B7537	1.455-	KZ15_MSÚ/3	Ztužení mezipodesty - SHS100/100/10.0	-211.18	0.00	0.00	-0.79	0.38	0.00

Posouzení na prostý tlak

$$N_{c,Ed} = 450,68 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$

$$N_{c,Rd} = 820,15 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{c,Rd} = 0,55 \leq 1$$

Prvek na tlak vyhoví

Posouzení na tah

$$N_{t,Ed} = 430,24 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A$$

$$N_{t,Rd} = 820,15 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed}/N_{t,Rd} = 0,52 \leq 1$$

Prvek na tah vyhoví

Posouzení na vzpěr

$$l_{cr,y} = l_{cr,z} = 2,91 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \lambda_z = l_{cr}/i = 80,83$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\pi \sqrt{E/f_y}} = 0,86$$

poměrná štíhlost

$$\varphi = 0,5 \cdot (1 + \alpha(\lambda^- - 0,2) + \lambda^{-2}) = 0,94$$

$$\chi = \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^{-2}}} = 0,76$$

součinitel vzpěru

$$N_{b,y,Rd} = \chi_{y,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot A = 622,68 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed} = 450,68 \text{ kN}$$

$$N_{c,Ed}/N_{b,Rd} = 0,72 \leq 1$$

Prvek na vzpěr vyhoví

Posouzení na prostý tlak

55%

Posouzení na tah

52%

Posouzení na vzpěr

72%



9 Posouzení detailů

9.1 Posouzení patky sloupu K1

Maximální reakce v patě sloupu

$$R_{z,Ed,tah} = 2064,95 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed,tlak} = 2809,89 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 300,12 \text{ kN}$$

$$R_{x,Ed} = 393,40 \text{ kN}$$

$$R_{V,Ed} = \sqrt{R_{x,Ed}^2 + R_{y,Ed}^2}$$

$$R_{V,Ed} = 494,81 \text{ kN}$$

Maximální vodorovná síla

Materiál a rozměry betonového základu

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$a_c = 800 \text{ mm}$$

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Beton C25/30

Rozměry patky

Materiál a rozměry patního plechu

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

$$t_p = 40 \text{ mm}$$

$$a_0 = 600 \text{ mm}$$

$$b_0 = 600 \text{ mm}$$

Ocel S235

Rozměry patního plechu

Únosnost betonového základu

$$a_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$b_1 = \min(3b_0; b_0 + h; b_c)$$

$$a_1 = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 1,333$$

$$\beta_j = 2/3$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = 14,815 \text{ MPa}$$

Započitatelné rozměry patky

Součinitel podlití

Návrhová pevnost betonu pod patkou



$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}}}$$

Účinná šířka patní desky

$$c = 92 \text{ mm}$$

$$A_{\text{eff}} = \pi(d/2 + c)^2 - \pi(d/2 - c - t)^2$$
$$= 0,1962 \text{ m}^2$$

d – průměr sloupu, t – tloušťka sloupu

$$N_{\text{Rd}} = f_{jd} \cdot A_{\text{eff}}$$

Únosnost v tlaku

$$N_{\text{Rd}} = 2906,89 \text{ kN}$$

Posouzení patky

$$N_{\text{c,ed}}/N_{\text{Rd}} = R_{\text{z,Ed}}/N_{\text{Rd}} \leq 1$$

$$0,97 \leq 1$$

OK

Patka vyhoví

Únosnost kotevních šroubů 6xM30 10.9

$$n = 6$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 = 33 \text{ mm}$$

$$A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$b = 63 \text{ mm}$$

Tah

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{63 \cdot 30^2}{75}}$$

$$t_e = 39,2 \text{ mm} < t_p = 40 \text{ mm}$$

Nedojde k pačení

Přetržení kotevních šroubů:

$$F_{t,\text{Rd}} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$F_{t,\text{Rd}} = \min(403,9; 403,9) = 403,92 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,\text{Ed}}}{n \cdot F_{t,\text{Rd}}} = \frac{2064,95}{6 \cdot 403,92} = 0,85 \leq 1$$

OK



Vytržení kotevního šroubu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi \cdot (a^2 - d^2) / 4}{\gamma_{Mp}}$$
$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25 \cdot \pi \cdot (75^2 - 30^2) / 4}{2,16}$$
$$F_{t,Rd} = 472,5 \text{ kN}$$
$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{2064,95}{6 \cdot 472,5} = 0,73 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Vytržení kužele betonu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot L^{1,5} \cdot \psi}{\gamma_{Mc}}$$
$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25000^{0,5} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0}{1,5}$$
$$F_{t,Rd} = 410 \text{ kN}$$
$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{2064,95}{6 \cdot 410} = 0,84 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Šrouby vyhoví

Posouzení smykové zarážky

$$R_{x,Ed} = 393,40 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 300,12 \text{ kN}$$

Smyková zarážka HEB200

$$h_{HEB} = 200 \text{ mm}$$

$$b_{HEB} = 200 \text{ mm}$$

$$l = 40 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

podlití

$$h > \frac{\max(R_x, R_y)}{b_{HEB} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 118,02 \text{ mm}$$

$$W_{pl,x} = 305800 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 642000 \text{ mm}^3$$



Otlačení:

$$f_{c,Ed,x} = \frac{R_x}{h \cdot b_{HEB}} = 16,392 \text{ MPa}$$
$$f_{c,Ed,y} = \frac{R_y}{h \cdot h_{HEB}} = 12,505 \text{ MPa}$$
$$f_{c,Ed} = \max(f_{c,Ed,x}; f_{c,Ed,y}) = 16,392 \text{ MPa}$$
$$\frac{f_{c,Ed}}{\frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 0,98 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Ohyb:

$$M_x = \frac{R_x}{h/2 + 1} = 39,34 \text{ kNm}$$
$$M_y = \frac{R_y}{h/2 + 1} = 30,01 \text{ kNm}$$
$$M_{x,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{pl,x} = 71,86 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{pl,y} = 150,87 \text{ kNm}$$
$$\frac{M_x}{M_{x,Rd}} + \frac{M_y}{M_{y,Rd}} = 0,75 \leq 1 \quad \text{OK}$$

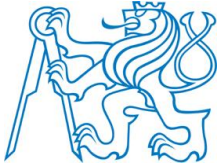
Smyk:

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} \cdot A_{vz} = \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} \cdot 2,48$$
$$V_{pl,y,Rd} = 336,48 \text{ kN}$$
$$R_{y,Ed} = 300,12 < V_{pl,y,Rd} = 336,48$$
$$R_{y,Ed} = 300,12 > 0,5V_{pl,y,Rd} = 168,24 \quad \rightarrow \text{Redukovaná ohybová únosnost}$$

Redukovaná ohybová únosnost:

$$M_{y,V,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_w^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$
$$\rho = \left(\frac{2 \cdot R_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} - 1 \right)^2 = 0,614$$
$$A_w = h_w \cdot t_w = 134 \cdot 9 = 1206 \text{ mm}^2$$
$$M_{y,V,Rd} = 145,04 \text{ kNm}$$
$$\frac{M_x}{M_{x,Rd}} + \frac{M_y}{M_{y,V,Rd}} = 0,754 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Smyková zarážka vyhovuje



Návrh a posouzení svaru sloupu a patního plechu

$$\begin{aligned} a_w &= 10 \text{ mm} && \text{Účinná tloušťka svaru} \\ L_w &= \pi \cdot d = 1017,56 \text{ mm} \\ \tau_{||} &= \frac{R_{V,Ed}}{0,5a_w L_w} = 97,25 \text{ MPa} && \text{Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru} \\ \sigma_w &= \frac{R_{z,tah}}{a_w L_w} = 202,93 \text{ MPa} \\ \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 143,49 \text{ MPa} && \text{Smykové napětí kolmé k ose svaru} \\ \sigma_{\perp} &= 143,49 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa} && \text{OK} \\ \beta_w &= 0,8 && \text{Korelační součinitel} \\ \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} &= 332,77 \text{ MPa} && < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Svar vyhoví

Návrh a posouzení svaru zarážky a patního plechu

$$\begin{aligned} a_w &= 6 \text{ mm} && \text{Účinná tloušťka svaru} \\ \text{Koutový svar mezi stojinou a patním plechem:} \\ \tau_{||} &= \frac{R_y}{2a_w h_{w,HEB}} = \frac{300,12}{2 * 6 * 134} \\ \tau_{||} &= 186,64 \text{ MPa} \\ \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= 0 \\ \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} &= 323,27 \text{ MPa} && < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Koutový svar mezi pásnicemi a patním plechem:

$$\begin{aligned} \sigma_w &= \frac{R_y(h/2 + l)}{(h_{HEB} - t_f) * 2 * b_{HEB} a_w} = 67,59 \text{ MPa} \\ \tau_{\perp} = \sigma_{\perp} &= \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 47,80 \text{ MPa} \\ \tau_{||} &= \frac{R_x}{2a_w b_{HEB}} = 163,92 \text{ MPa} \\ \sigma_{\perp} &= 47,80 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa} && \text{OK} \\ \beta_w &= 0,8 && \text{Korelační součinitel} \\ \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} &= 299,57 \text{ MPa} && < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Svar vyhoví



9.2 Přípoj kratší vzpěry TR 110/110/14,2 na sloup v patce K1

Vnitřní síly na konci vzpěry

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 544,78 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 485,66 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

$$t_p = 16 \text{ mm}$$

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 6xM24 8.8

$$n = 6$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 70 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{m2} = 135,552 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

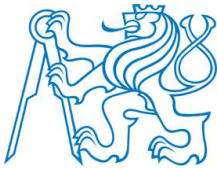
$$\alpha_b = \min(e_1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,51$$

$$F_b, Rd, s = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{m2} = 141,78 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s) = 135,55 \text{ kN}$$

$$F_{Rd, celk} = n \cdot F_{Rd} = 813,312 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} \quad F_{ed} / F_{Rd, celk} = 0,670 < 1 \text{ OK}$$

Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (2 \cdot e_1 + 2 \cdot p_1 \cdot 2 - d_0 \cdot 5)$	3040	mm ²
Ant =	$t \cdot (p_2 - d_0)$	704	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0.5})$	626,72	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,945	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) \cdot t_p$	1888,000	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	489,3696	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd =	0,992	< 1 OK

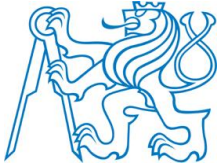
Posouzení svaru styčnickového plechu a vzpěry

aw =		4	mm
Lw =		170	mm
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$		0,00	MPa
$\tau_{ } =$	$Ned,tlak / (4 \cdot aw \cdot Lw)$	200,29	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	346,91	MPa < fu/βw/γm2 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa < 0.9*fu/γm2 259 MPa

Svar vyhovíPosouzení svaru styčnickového plechu a sloupu

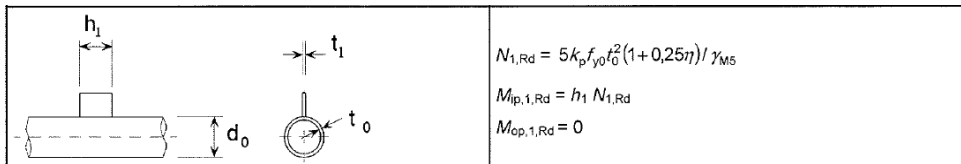
aw =		5	mm
Lw =		450	mm
α =	úhel mezi sloupem a vzpěrou	43	°
σw =	$Ned,tah \cdot \sin \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw) + Ned,tah \cdot (\sin \alpha \cdot ex_1 + \cos \alpha \cdot ex_2) / (2/6 \cdot aw \cdot Lw^2)$	204,00	MPa ex1=106mm; ex2=19,2mm
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0.5})$	144,25	MPa
$\tau_{ } =$	$Ned,tah \cdot \cos \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	107,92	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	343,77	MPa < fu/βw/γm2 360 MPa
	σ_{\perp}	144,25	MPa < 0.9*fu/γm2 259 MPa

Svar vyhoví



Posouzení prolomení trubky

Ntlak =	Ned,tlak*sin α	371,54	kN
Mtlak =	Ned,tlak*sin α *ex1	36,52	kNm
Ntah =	Ned,tah*sin α	-331,22	kN
Mtah =	Ned,tah*sin α *ex1	-32,56	kNm
h1 =		450	mm
t1 =		16	mm
d0 =		323,9	mm
t0 =		25	mm
η =	h1/d0	1,389	< 4
A =		7200	mm ²
Wel =		540000	mm ³
$\sigma_{p,Ed,tlak}$ =		119,24	MPa
$\sigma_{p,Ed,tah}$ =		-106,30	MPa
$\sigma_{max} * t_1$ =	N/A+M/Wel)*t1=	1907,78	
	< 2*t0*(fy0/3 ^{0.5})/ γ_{M5} =	6783,87	OK
$\sigma_{max} * t_1$ =	N/A+M/Wel)*t1=	-1700,7	
	< 2*t0*(fy0/3 ^{0.5})/ γ_{M5} =	6783,87	OK
np, tlak =	($\sigma_{p,Ed}/f_{y0}$)/ γ_{M5} =	0,507	
np, tah =	($\sigma_{p,Ed}/f_{y0}$)/ γ_{M5} =	-0,452	
np > 0; kp =	min(1-0.3*np*(1+np),1)=	0,771	
np < 0; kp =		1	
pro np > 0			
N1,Rd =	5kp*fy0*t0 ² *(1+0.25* η)/ γ_{M5} =	762,417	kN
pro np < 0			
N1,Rd =	5kp*fy0*t0 ² *(1+0.25* η)/ γ_{M5} =	989,445	kN
<u>Posudek</u>	Ntlak/N1,Rd,tlak	0,487	< 1 OK
	Ntah/N1,Rd,tah	0,491	< 1 OK





9.3 Přípoj delší vzpěry TR 110/110/14,2 na sloup v patce K1

Vnitřní síly na konci vzpěry

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 273,35 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 227,4 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 1,11 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 4xM20 8.8

$$n = 4$$

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

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 40 \text{ mm}$$

$$p1 = 80 \text{ mm}$$

$$e2 = 65 \text{ mm}$$

$$p2 = 0 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve střihu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 94,08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k1 = \min(2,8 \cdot e2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

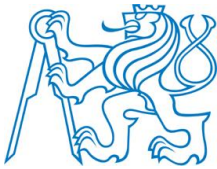
$$\alpha_b = \min(e1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,61$$

$$F_b, Rd, s = k1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 87,27 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s) = 87,27 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 349,091 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} \quad Fed / FRd, celk = 0,783 < 1 \text{ OK}$$



Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (e_1 + p_1 \cdot 3 - d_0 \cdot 3,5)$	2030	mm ²
Ant =	$t \cdot (p_2 - d_0)$	0	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0.5})$	275,42	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,826	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 - d_0) \cdot t_p$	1080,00	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	279,936	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd	0,812	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a vzpěry

aw =	4	mm		
Lw =	100	mm		
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	0,00	MPa		
$\tau_{ } =$	$N_{ed,tlak} / (4 \cdot a_w \cdot L_w)$	170,84	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	295,91	MPa	< $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa	< $0.9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259 MPa

Svar vyhoví

Posouzení svaru styčnickového plechu a sloupu

aw =	5	mm		
Lw =	380	mm		
$\alpha =$	49	°		
$\sigma_w =$	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha / (2 \cdot a_w \cdot L_w) + N_{ed,tah} \cdot (\sin \alpha \cdot e_{x1} + \cos \alpha \cdot e_{x2}) / (2 \cdot 6 \cdot a_w \cdot L_w^2)$	230,63	MPa	$e_{x1}=65,1\text{mm}$ $e_{x2}=224,3\text{mm}$
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0.5})$	163,08	MPa	
$\tau_{ } =$	$N_{ed,tah} \cdot \cos \alpha / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	59,84	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	342,23	MPa	< $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	163,08	MPa	< $0.9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259 MPa

Svar vyhoví



Posouzení prolomení trubky

Ntlak =	$N_{ed,tlak} \cdot \sin \alpha$	206,30	kN
Mtlak =	$N_{ed,tlak} \cdot \sin \alpha \cdot ex_1$	20,28	kNm
Ntah =	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha$	-171,62	kN
Mtah =	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha \cdot ex_1$	-16,87	kNm
h1 =		380	mm
t1 =		10	mm
d0 =		323,9	mm
t0 =		25	mm
$\eta =$	h_1/d_0	1,173	< 4
A =		3800	mm ²
Wel =		240667	mm ³
$\sigma_{p,Ed,tlak} =$		138,55	MPa
$\sigma_{p,Ed,tah} =$		-115,26	MPa
$\sigma_{max} \cdot t_1 =$	$N/A + M/Wel \cdot t_1 =$	1385,52	
	$< 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0}/3^{0.5})/\gamma_{M5} =$	6783,87	OK
$\sigma_{max} \cdot t_1 =$	$N/A + M/Wel \cdot t_1 =$	-1152,6	
	$< 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0}/3^{0.5})/\gamma_{M5} =$	6783,87	OK
$n_p, tlak =$	$(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5} =$	0,59	
$n_p, tah =$	$(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5} =$	-0,49	
$n_p > 0; k_p =$	$\min(1 - 0.3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p), 1) =$	0,719	
$n_p < 0; k_p =$		1,000	
pro $n_p > 0$			
$N_{1,Rd} =$	$5k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta)/\gamma_{M5} =$	682,732	kN
pro $n_p < 0$			
$N_{1,Rd} =$	$5k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta)/\gamma_{M5} =$	949,767	kN
<u>Posudek</u>	$N_{tlak}/N_{1,Rd,tlak}$	0,302	< 1 OK
	$N_{tah}/N_{1,Rd,tah}$	0,239	< 1 OK



9.4 Přípoj vzpěry TR 100/100/10 na sloup v patce K1

Vnitřní síly na konci vzpěry

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 185,21 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 145,26 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,9 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 4xM20 8.8

$$n = 4$$

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

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 40 \text{ mm}$$

$$p1 = 80 \text{ mm}$$

$$e2 = 65 \text{ mm}$$

$$p2 = 0 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve střihu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 94,08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k1 = \min(2,8 \cdot e2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

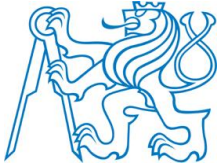
$$\alpha_b = \min(e1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,61$$

$$F_b, Rd, s = k1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 87,27 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s) = 87,27 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 349,091 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} = Fed / FRd, celk = 0,531 < 1 \text{ OK}$$



Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (e_1 + p_1 \cdot 3 - d_0 \cdot 3,5)$	2030	mm ²
Ant =	$t \cdot (p_2 - d_0)$	0	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_m + Anv \cdot f_y / (\gamma_m \cdot 3^{0.5})$	275,42	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,527	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 - d_0) \cdot t_p$	1080,00	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_m$	279,936	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd	0,519	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a vzpěry

aw =	4	mm		
Lw =	100	mm		
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	0,00	MPa		
$\tau_{ } =$	$N_{ed,tlak} / (4 \cdot a_w \cdot L_w)$	115,76	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	200,50	MPa	< $f_u / \beta_w / \gamma_m$ 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa	< $0.9 \cdot f_u / \gamma_m$ 259 MPa

Svar vyhoví

Posouzení svaru styčnickového plechu a sloupu

aw =	5	mm		
Lw =	380	mm		
$\alpha =$	51	°		
$\sigma_w =$	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha / (2 \cdot a_w \cdot L_w) + N_{ed,tah} \cdot (\sin \alpha \cdot e_{x1} + \cos \alpha \cdot e_{x2}) / (2 \cdot 6 \cdot a_w \cdot L_w^2)$	159,89	MPa	$e_{x1}=92,2\text{mm}$ $e_{x2}=228,8\text{mm}$
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0.5})$	113,06	MPa	
$\tau_{ } =$	$N_{ed,tah} \cdot \cos \alpha / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	38,23	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	235,61	MPa	< $f_u / \beta_w / \gamma_m$ 360 MPa
	σ_{\perp}	113,06	MPa	< $0.9 \cdot f_u / \gamma_m$ 259 MPa

Svar vyhoví

Posouzení prolomení trubky

Ntlak =	$N_{ed,tlak} \cdot \sin \alpha$	143,94	kN
Mtlak =	$N_{ed,tlak} \cdot \sin \alpha \cdot ex_1$	14,15	kNm
Ntah =	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha$	-112,89	kN
Mtah =	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha \cdot ex_1$	-11,10	kNm
h1 =		380	mm
t1 =		10	mm
d0 =		323,9	mm
t0 =		25	mm
$\eta =$	h_1/d_0	1,173	< 4
A =		3800	mm ²
Wel =		240667	mm ³
$\sigma_{p,Ed,tlak} =$		96,67	MPa
$\sigma_{p,Ed,tah} =$		-75,82	MPa
$\sigma_{max} \cdot t_1 =$	$N/A + M/Wel \cdot t_1 =$	966,68	
	$< 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0}/3^{0.5})/\gamma_{M5} =$	6783,87	OK
$\sigma_{max} \cdot t_1 =$	$N/A + M/Wel \cdot t_1 =$	-758,16	
	$< 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0}/3^{0.5})/\gamma_{M5} =$	6783,87	OK
$n_p, tlak =$	$(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5} =$	0,41	
$n_p, tah =$	$(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5} =$	-0,32	
$n_p > 0; k_p =$	$\min(1 - 0.3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p), 1) =$	0,826	
$n_p < 0; k_p =$		1,000	
pro $n_p > 0$			
$N_{1,Rd} =$	$5k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta)/\gamma_{M5} =$	784,347	kN
pro $n_p < 0$			
$N_{1,Rd} =$	$5k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta)/\gamma_{M5} =$	949,767	kN
<u>Posudek</u>	$N_{tlak}/N_{1,Rd,tlak}$	0,184	< 1 OK
	$N_{tah}/N_{1,Rd,tah}$	0,153	< 1 OK



9.5 Posouzení patky sloupu K2

Maximální reakce v patě sloupu

$$R_{z,Ed,tah} = 1028,40 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed,tlak} = 1713,34 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 28,87 \text{ kN}$$

$$R_{x,Ed} = 5,18 \text{ kN}$$

$$R_{V,Ed} = \sqrt{R_{x,Ed}^2 + R_{y,Ed}^2}$$

$$R_{V,Ed} = 29,33 \text{ kN}$$

Maximální vodorovná síla

Materiál a rozměry betonového základu

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$a_c = 800 \text{ mm}$$

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Beton C25/30

Rozměry patky

Materiál a rozměry patního plechu

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

$$t_p = 40 \text{ mm}$$

$$a_0 = 600 \text{ mm}$$

$$b_0 = 600 \text{ mm}$$

Ocel S235

Rozměry patního plechu

Únosnost betonového základu

$$a_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$b_1 = \min(3b_0; b_0 + h; b_c)$$

$$a_1 = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 1,333$$

$$\beta_j = 2/3$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = 14,815 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}}}$$

$$c = 92 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry patky

Součinitel podlití

Návrhová pevnost betonu pod patkou

Účinná šířka patní desky



$$A_{\text{eff}} = \pi(d/2 + c)^2 - \pi(d/2 - c - t)^2 \quad d - \text{průměr sloupu, } t - \text{tloušťka sloupu} \\ = 0,1962\text{m}^2$$

$$N_{\text{Rd}} = f_{\text{jd}} \cdot A_{\text{eff}}$$

$$N_{\text{Rd}} = 2906,89 \text{ kN}$$

Únosnost v tlaku

Posouzení patky

$$N_{\text{c,ed}}/N_{\text{Rd}} = R_{\text{z,Ed}}/N_{\text{Rd}} \leq 1$$

$$0,59 \leq 1$$

OK

Patka vyhoví

Únosnost kotevních šroubů 6xM30 10.9

$$n = 3$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 = 33 \text{ mm}$$

$$A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$b = 63 \text{ mm}$$

Tah

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{63 \cdot 30^2}{75}}$$

$$t_e = 39,2 \text{ mm} < t_p = 40 \text{ mm}$$

Nedojde k pačení

Přetržení kotevních šroubů:

$$F_{t,\text{Rd}} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$F_{t,\text{Rd}} = \min(403,9; 403,9) = 403,92 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,\text{Ed}}}{n \cdot F_{t,\text{Rd}}} = \frac{1028,40}{3 \cdot 403,92} = 0,85 \leq 1$$

OK



Vytržení kotevního šroubu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi \cdot (a^2 - d^2)/4}{\gamma_{Mp}}$$
$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25 \cdot \pi \cdot (75^2 - 30^2)/4}{2,16}$$
$$F_{t,Rd} = 472,5 \text{ kN}$$
$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1028,40}{3 \cdot 472,5} = 0,73 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Vytržení kužele betonu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot L^{1,5} \cdot \psi}{\gamma_{Mc}}$$
$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25000^{0,5} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0}{1,5}$$
$$F_{t,Rd} = 410 \text{ kN}$$
$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1028,40}{3 \cdot 410} = 0,84 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Střih

Únosnost šroubů ve střihu:

$$F_{V,Rd} = \alpha_v \cdot \frac{f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 224,4 \text{ kN} \quad \alpha_v = 0,5$$

Únosnost šroubů v otláčení:

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7; 2,5)$$

$$k_1 = \min(4,66; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(0,76; 2,8; 1) = 0,75$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 654,55 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 224,4 \text{ kN}$$

$$\frac{R_{xy}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{29,33}{3 \cdot 224,4} = 0,044 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Šrouby vyhoví



Návrh a posouzení svaru sloupu a patního plechu

$a_w = 4 \text{ mm}$	Účinná tloušťka svaru
$L_w = \pi \cdot d = 1017,56 \text{ mm}$	
$\tau_{ } = \frac{R_{V,Ed}}{0,5a_w L_w} = 14,41 \text{ MPa}$	Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
$\sigma_w = \frac{R_{z,tah}}{a_w L_w} = 252,66 \text{ MPa}$	
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 178,66 \text{ MPa}$	Smykové napětí kolmé k ose svaru
$\sigma_{\perp} = 178,66 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa}$	OK
$\beta_w = 0,8$	Korelační součinitel
$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2)} = 358,19 \text{ MPa}$	Srovnávací napětí
$358,19 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$	OK

Svar vyhoví



9.6 Posouzení patky sloupu K3

Maximální reakce v patě sloupu

$$R_{z,Ed,tah} = 1465,57 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed,tlak} = 2170,10 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 344,70 \text{ kN}$$

$$R_{x,Ed} = 425,27 \text{ kN}$$

$$R_{V,Ed} = \sqrt{R_{x,Ed}^2 + R_{y,Ed}^2}$$

$$R_{V,Ed} = 547,42 \text{ kN}$$

Maximální vodorovná síla

Materiál a rozměry betonového základu

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$a_c = 800 \text{ mm}$$

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Beton C25/30

Rozměry patky

Materiál a rozměry patního plechu

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

$$t_p = 40 \text{ mm}$$

$$a_0 = 600 \text{ mm}$$

$$b_0 = 600 \text{ mm}$$

Ocel S235

Rozměry patního plechu

Únosnost betonového základu

$$a_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$b_1 = \min(3b_0; b_0 + h; b_c)$$

$$a_1 = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 1,333$$

$$\beta_j = 2/3$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = 14,815 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}}}$$

$$c = 92 \text{ mm}$$

Započítatelné rozměry patky

Součinitel podlití

Návrhová pevnost betonu pod patkou

Účinná šířka patní desky



$$A_{\text{eff}} = \pi(d/2 + c)^2 - \pi(d/2 - c - t)^2 \\ = 0,1962\text{m}^2$$

d – průměr sloupu, t – tloušťka sloupu

$$N_{\text{Rd}} = f_{\text{jd}} \cdot A_{\text{eff}}$$

Únosnost v tlaku

$$N_{\text{Rd}} = 2906,89 \text{ kN}$$

Posouzení patky

$$N_{\text{c,ed}}/N_{\text{Rd}} = R_{\text{z,Ed}}/N_{\text{Rd}} \leq 1$$

$$0,75 \leq 1$$

OK

Patka vyhoví

Únosnost kotevních šroubů 6xM30 10.9

$$n = 4$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 = 33 \text{ mm}$$

$$A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$b = 63 \text{ mm}$$

Tah

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{63 \cdot 30^2}{75}}$$

$$t_e = 39,2 \text{ mm} < t_p = 40 \text{ mm}$$

Nedojde k pačení

Přetržení kotevních šroubů:

$$F_{t,\text{Rd}} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$F_{t,\text{Rd}} = \min(403,9; 403,9) = 403,92 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,\text{Ed}}}{n \cdot F_{t,\text{Rd}}} = \frac{1465,57}{4 \cdot 403,92} = 0,91 \leq 1$$

OK

Vytržení kotevního šroubu:

$$F_{t,\text{Rd}} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi \cdot (a^2 - d^2)/4}{\gamma_{Mp}}$$



$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25 \cdot \pi \cdot (75^2 - 30^2)/4}{2,16}$$
$$F_{t,Rd} = 472,5 \text{ kN}$$
$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1465,57}{4 \cdot 472,5} = 0,78 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Vytržení kužele betonu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot L^{1,5} \cdot \psi}{\gamma_{Mc}}$$
$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25000^{0,5} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0}{1,5}$$
$$F_{t,Rd} = 410 \text{ kN}$$
$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1465,57}{4 \cdot 410} = 0,89 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Šrouby vyhoví

Posouzení smykové zarážky

$$R_{x,Ed} = 425,27 \text{ kN}$$
$$R_{y,Ed} = 344,70 \text{ kN}$$

Smyková zarážka HEB200

$$h_{HEB} = 220 \text{ mm}$$
$$b_{HEB} = 220 \text{ mm}$$
$$l = 40 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

podlití

$$h > \frac{\max(R_x, R_y)}{b_{HEB} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 115,98 \text{ mm}$$

$$W_{pl,x} = 393900 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 828000 \text{ mm}^3$$

Otlačení:

$$f_{c,Ed,x} = \frac{R_x}{h \cdot b_{HEB}} = 16,109 \text{ MPa}$$

$$f_{c,Ed,y} = \frac{R_y}{h \cdot h_{HEB}} = 13,057 \text{ MPa}$$

$$f_{c,Ed} = \max(f_{c,Ed,x}; f_{c,Ed,y}) = 16,109 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_{c,Ed}}{\frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 0,97 \leq 1 \quad \text{OK}$$



Ohyb:

$$M_x = \frac{R_x}{h/2 + 1} = 42,53 \text{ kNm}$$

$$M_y = \frac{R_y}{h/2 + 1} = 34,47 \text{ kNm}$$

$$M_{x,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{pl,x} = 92,57 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{pl,y} = 194,58 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_x}{M_{x,Rd}} + \frac{M_y}{M_{y,Rd}} = 0,64 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Smyk:

$$V_{pl,y,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} \cdot A_{vz} = \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} \cdot 2,79$$

$$V_{pl,y,Rd} = 378,54 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 344,70 < V_{pl,y,Rd} = 378,54$$

$$R_{y,Ed} = 344,70 > 0,5V_{pl,y,Rd} = 189,27$$

→ Redukovaná ohybová únosnost

Redukovaná ohybová únosnost:

$$M_{y,V,Rd} = \left(W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_w^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot R_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} - 1 \right)^2 = 0,674$$

$$A_w = h_w \cdot t_w = 152 \cdot 9,5 = 1444 \text{ mm}^2$$

$$M_{y,V,Rd} = 185,49 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_x}{M_{x,Rd}} + \frac{M_y}{M_{y,V,Rd}} = 0,645 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Smyková zarážka vyhovuje

Návrh a posouzení svaru sloupu a patního plechu

$$a_w = 8 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru

$$L_w = \pi \cdot d = 1017,56 \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = \frac{R_{V,Ed}}{0,5a_w L_w} = 134,49 \text{ MPa}$$

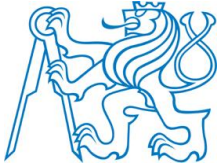
Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_w = \frac{R_{z,tah}}{a_w L_w} = 180,03 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 127,30 \text{ MPa}$$

Smykové napětí kolmé k ose svaru

$$\sigma_{\perp} = 127,30 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$



$$\beta_w = 0,8$$
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 345,10 \text{ MPa}$$

Korelační součinitel
Srovnávací napětí

$$345,10 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Svar vyhoví

Návrh a posouzení svaru zarážky a patního plechu

$$a_w = 6 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru

Koutový svar mezi stojinou a patním plechem:

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_y}{2a_w h_{w,HEB}} = \frac{344,70}{2 * 6 * 152}$$
$$\tau_{\parallel} = 188,98 \text{ MPa}$$
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 327,32 \text{ MPa}$$
$$327,32 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Koutový svar mezi pásnicemi a patním plechem:

$$\sigma_w = \frac{R_y(h/2 + l)}{(h_{HEB} - t_f) * 2 * b_{HEB} a_w}$$
$$= 63,69 \text{ MPa}$$
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 45,04 \text{ MPa}$$
$$\tau_{\parallel} = \frac{R_x}{2a_w b_{HEB}} = 161,09 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{\perp} = 45,04 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa}$$
$$\beta_w = 0,8$$

OK
Korelační součinitel
Srovnávací napětí

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 293,19 \text{ MPa}$$
$$293,19 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Svar vyhoví



9.7 Přípoj vnějšího ztužení TR 177,8/16 na sloup v patce K3

Vnitřní síly na konci ztužení

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 645,43 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 655,77 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 2,50 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

$$t_p = 16 \text{ mm}$$

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 6xM24 8.8

$$n = 6$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 40 \text{ mm}$$

$$p1 = 80 \text{ mm}$$

$$e2 = 60 \text{ mm}$$

$$p2 = 100 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve střihu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 135,55 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k1 = \min(2,8 \cdot e2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,51$$

$$F_b, Rd, s = k1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 141,78 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s) = 135,55 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 813,312 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} = Fed / FRd, celk = 0,79 < 1 \text{ OK}$$

Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$tp \cdot (2 \cdot e_1 + 2 \cdot p_1 \cdot 2 - d_0 \cdot 5)$	4320	mm ²
Ant =	$tp \cdot (p_2 - d_0)$	1184	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0.5})$	756,62	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,87	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) \cdot tp$	2688,00	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	696,73	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd	0,94	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a ztužení

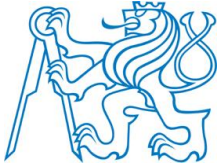
aw =	4	mm		
Lw =	200	mm		
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	0,00	MPa		
$\tau_{ } =$	$Ned,tlak / (4 \cdot aw \cdot Lw)$	204,93	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	354,95	MPa	< fu/βw/γm2 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa	< 0.9*fu/γm2 259 MPa

Svar vyhoví

Posouzení svaru styčnickového plechu a sloupu

aw =	8	mm		
Lw =	450	mm		
α =	55	°		
σw =	$Ned,tah \cdot \sin \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw) + Ned,tah \cdot (\sin \alpha \cdot ex_1 + \cos \alpha \cdot ex_2) / (2 \cdot 6 \cdot aw \cdot Lw^2)$	226,75	MPa	ex1=40,0mm ex2=161,3mm
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0.5})$	160,34	MPa	
$\tau_{ } =$	$Ned,tah \cdot \cos \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	91,08	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	357,38	MPa	< fu/βw/γm2 360 MPa
	σ_{\perp}	160,34	MPa	< 0.9*fu/γm2 259 MPa

Svar vyhoví

Posouzení prolomení trubky

Ntlak =	$N_{ed,tlak} \cdot \sin \alpha$	528,71	kN
Mtlak =	$N_{ed,tlak} \cdot \sin \alpha \cdot ex_1$	21,15	kNm
Ntah =	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha$	-537,18	kN
Mtah =	$N_{ed,tah} \cdot \sin \alpha \cdot ex_1$	-21,49	kNm
h1 =		450	mm
t1 =		16	mm
d0 =		323,9	mm
t0 =		25	mm
η =	h_1/d_0	1,389	< 4
A =		7200	mm ²
Wel =		540000	mm ³
$\sigma_{p,Ed,tlak}$ =		112,59	MPa
$\sigma_{p,Ed,tah}$ =		-114,4	MPa
$\sigma_{max} \cdot t_1$ =	$N/A + M/Wel \cdot t_1 =$	1801,51	
	$< 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0}/3^{0.5})/\gamma_{M5} =$	6783,87	OK
$\sigma_{max} \cdot t_1$ =	$N/A + M/Wel \cdot t_1 =$	-1830,4	
	$< 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0}/3^{0.5})/\gamma_{M5} =$	6783,87	OK
$n_p, tlak$ =	$(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5} =$	0,479	
n_p, tah =	$(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5} =$	-0,487	
$n_p > 0; k_p$ =	$\min(1 - 0.3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p), 1) =$	0,787	
$n_p < 0; k_p$ =		1,000	
pro $n_p > 0$			
$N_{1,Rd}$ =	$5k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta)/\gamma_{M5} =$	779,083	kN
pro $n_p < 0$			
$N_{1,Rd}$ =	$5k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0.25 \cdot \eta)/\gamma_{M5} =$	989,445	kN
<u>Posudek</u>	$N_{tlak}/N_{1,Rd,tlak}$	0,679	< 1 OK
	$N_{tah}/N_{1,Rd,tah}$	0,663	< 1 OK



9.8 Posouzení patky sloupu K4

Maximální reakce v patě sloupu

$$R_{z,Ed,tah} = 1576,85 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed,tlak} = 2373,71 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 723,03 \text{ kN}$$

$$R_{x,Ed} = 81,19 \text{ kN}$$

$$R_{V,Ed} = \sqrt{R_{x,Ed}^2 + R_{y,Ed}^2}$$

$$R_{V,Ed} = 727,57 \text{ kN}$$

Maximální vodorovná síla

Materiál a rozměry betonového základu

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$a_c = 800 \text{ mm}$$

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

Beton C25/30

Rozměry patky

Materiál a rozměry patního plechu

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

$$t_p = 40 \text{ mm}$$

$$a_0 = 600 \text{ mm}$$

$$b_0 = 600 \text{ mm}$$

Ocel S235

Rozměry patního plechu

Únosnost betonového základu

$$a_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$b_1 = \min(3b_0; b_0 + h; b_c)$$

$$a_1 = 800 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 1,333$$

$$\beta_j = 2/3$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = 14,815 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}}}$$

$$c = 92 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry patky

Součinitel podlití

Návrhová pevnost betonu pod patkou

Účinná šířka patní desky



$$A_{\text{eff}} = \pi(d/2 + c)^2 - \pi(d/2 - c - t)^2 \\ = 0,1962\text{m}^2$$

d – průměr sloupu, t – tloušťka sloupu

$$N_{\text{Rd}} = f_{\text{jd}} \cdot A_{\text{eff}}$$

Únosnost v tlaku

$$N_{\text{Rd}} = 2906,89 \text{ kN}$$

Posouzení patky

$$N_{\text{c,ed}}/N_{\text{Rd}} = R_{\text{z,Ed}}/N_{\text{Rd}} \leq 1$$

$$0,82 \leq 1$$

OK

Patka vyhoví

Únosnost kotevních šroubů 6xM30 10.9

$$n = 4$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$d_0 = 33 \text{ mm}$$

$$A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 900 \text{ MPa}$$

$$f_{ub} = 1000 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$a = 75 \text{ mm}$$

$$b = 63 \text{ mm}$$

Tah

$$t_e = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{b \cdot d^2}{a}} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{63 \cdot 30^2}{75}}$$

$$t_e = 39,2 \text{ mm} < t_p = 40 \text{ mm}$$

Nedojde k pačení

Přetržení kotevních šroubů:

$$F_{t,\text{Rd}} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$F_{t,\text{Rd}} = \min(403,9; 403,9) = 403,92 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,\text{Ed}}}{n \cdot F_{t,\text{Rd}}} = \frac{1576,85}{4 \cdot 403,92} = 0,98 \leq 1$$

OK



Vytržení kotevního šroubu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck} \cdot \pi \cdot (a^2 - d^2) / 4}{\gamma_{Mp}}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25 \cdot \pi \cdot (75^2 - 30^2) / 4}{2,16}$$

$$F_{t,Rd} = 472,5 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1576,85}{4 \cdot 472,5} = 0,84 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Vytržení kužele betonu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_1 \cdot f_{ck}^{0,5} \cdot L^{1,5} \cdot \psi}{\gamma_{Mc}}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{11 \cdot 25000^{0,5} \cdot 0,5^{1,5} \cdot 1,0}{1,5}$$

$$F_{t,Rd} = 410 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{n \cdot F_{t,Rd}} = \frac{1576,85}{4 \cdot 410} = 0,96 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Šrouby vyhoví

Posouzení smykové zarážky

$$R_{x,Ed} = 81,19 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 723,03 \text{ kN}$$

Smyková zarážka HEB200

$$h_{HEB} = 240 \text{ mm}$$

$$b_{HEB} = 240 \text{ mm}$$

$$l = 40 \text{ mm}$$

$$h = 190 \text{ mm}$$

podlití

$$h > \frac{\max(R_x, R_y)}{b_{HEB} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 180,76 \text{ mm}$$

$$W_{pl,x} = 393900 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 828000 \text{ mm}^3$$



Otlačení:

$$f_{c,Ed,x} = \frac{R_x}{h \cdot b_{HEB}} = 1,780 \text{ MPa}$$
$$f_{c,Ed,y} = \frac{R_y}{h \cdot h_{HEB}} = 15,856 \text{ MPa}$$
$$f_{c,Ed} = \max(f_{c,Ed,x}; f_{c,Ed,y}) = 15,856 \text{ MPa}$$
$$\frac{f_{c,Ed}}{\frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = 0,95 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Ohyb:

$$M_x = \frac{R_x}{h/2 + 1} = 10,96 \text{ kNm}$$
$$M_y = \frac{R_y}{h/2 + 1} = 97,61 \text{ kNm}$$
$$M_{x,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{pl,x} = 247,69 \text{ kNm}$$
$$M_{y,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0}} \cdot W_{pl,y} = 117,12 \text{ kNm}$$
$$\frac{M_x}{M_{x,Rd}} + \frac{M_y}{M_{y,Rd}} = 0,88 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Smyk:

$$V_{pl,x,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} \cdot A_{vz} = \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} \cdot 3,32$$
$$V_{pl,x,Rd} = 450,45 \text{ kN}$$
$$R_{x,Ed} = 81,18 < V_{pl,x,Rd} = 450,45$$
$$V_{pl,y,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} \cdot A_{vz} = \frac{235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} \cdot 8,16$$
$$V_{pl,y,Rd} = 1107,13 \text{ kN}$$
$$R_{y,Ed} = 723,03 < V_{pl,y,Rd} = 1107,13$$
$$R_{y,Ed} = 723,03 > 0,5V_{pl,y,Rd} = 553,563 \quad \rightarrow \text{Redukovaná ohybová únosnost}$$



Redukovaná ohybová únosnost:

$$M_{y,V,Rd} = W_{pl,y} \cdot (1 - \rho) \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot R_{y,Ed}}{V_{pl,y,Rd}} - 1 \right)^2 = 0,094$$

$$M_{y,V,Rd} = 106,15 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_x}{M_{x,Rd}} + \frac{M_y}{M_{y,V,Rd}} = 0,96 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Smyková zarážka vyhovuje

Návrh a posouzení svaru sloupu a patního plechu

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

Účinná tloušťka svaru

$$L_w = \pi \cdot d = 1017,56 \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = \frac{R_{V,Ed}}{0,5a_w L_w} = 143,00 \text{ MPa}$$

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

$$\sigma_w = \frac{R_{z,tah}}{a_w L_w} = 154,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 109,58 \text{ MPa}$$

Smykové napětí kolmé k ose svaru

$$\sigma_{\perp} = 109,58 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa}$$

OK

$$\beta_w = 0,8$$

Korelační součinitel

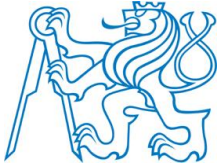
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} = 330,72 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí

$$330,72 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Svar vyhoví

Návrh a posouzení svaru zářky a patního plechu

$$a_w = 8 \text{ mm}$$

Účinná tloušťka svaru

Koutový svar mezi stojinou a patním plechem:

$$\tau_{||} = \frac{R_x}{2a_w h_{w,HEB}} = \frac{81,19}{2 * 8 * 164}$$

$$\tau_{||} = 30,94 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} = 53,59 \text{ MPa}$$

$$53,59 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Koutový svar mezi pásnicemi a patním plechem:

$$\sigma_w = \frac{R_x(h/2 + l)}{(h_{HEB} - t_f) * 2 * b_{HEB} a_w} = 12,80 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 9,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{||} = \frac{R_y}{2a_w b_{HEB}} = 188,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 9,05 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} = 326,63 \text{ MPa}$$

$$326,63 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

OK

Korelační součinitel
Srovnávací napětí

OK

Svar vyhoví



9.9 Posouzení patky schodnice K5

Maximální reakce

$$R_{z,Ed,tah} = 172,74 \text{ kN}$$

$$R_{z,Ed,tlak} = 182,60 \text{ kN}$$

$$R_{y,Ed} = 6,89 \text{ kN}$$

$$R_{x,Ed} = 269,98 \text{ kN}$$

$$R_{V,Ed} = \sqrt{R_{x,Ed}^2 + R_{y,Ed}^2}$$

$$R_{V,Ed} = 270,07 \text{ kN}$$

Maximální vodorovná síla

Materiál a rozměry betonového základu

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$a_c = 300 \text{ mm}$$

$$b_c = 800 \text{ mm}$$

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

Beton C25/30

Rozměry patky

Materiál a rozměry patního plechu

$$f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

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

$$a_0 = 180 \text{ mm}$$

$$b_0 = 690 \text{ mm}$$

Ocel S235

Rozměry patního plechu

Únosnost betonového základu

$$a_1 = \min(3a_0; a_0 + h; a_c)$$

$$b_1 = \min(3b_0; b_0 + h; b_c)$$

$$a_1 = 300 \text{ mm}$$

$$b_1 = 800 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = 1,390$$

$$\beta_j = 2/3$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot k_j \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{jd} = 15,446 \text{ MPa}$$

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3f_{jd}}}$$

$$c = 45 \text{ mm}$$

Započitatelné rozměry patky

Součinitel podlití

Návrhová pevnost betonu pod patkou

Účinná šířka patní desky



$$A_{\text{eff}} = 0,087 \text{ m}^2$$

$$N_{\text{Rd}} = f_{\text{jd}} \cdot A_{\text{eff}}$$

$$N_{\text{Rd}} = 1338,94 \text{ kN}$$

Stanoveno z AUTOCAD

Únosnost v tlaku

Posouzení patky

$$N_{\text{c,ed}}/N_{\text{Rd}} = R_{\text{z,Ed}}/N_{\text{Rd}} \leq 1$$

$$0,14 \leq 1$$

OK

Patka vyhoví

Únosnost kotevních šroubů 8xM16 8.8

$$n = 8$$

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

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

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

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$L = 200 \text{ mm}$$

Tah

Přetržení kotevních šroubů:

$$F_{t,\text{Rd}} = \min\left(\frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}; \frac{f_{yb} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}\right)$$

$$F_{t,\text{Rd}} = \min(90,43; 80,38) = 80,38 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{t,\text{Ed}}}{n \cdot F_{t,\text{Rd}}} = \frac{172,74}{8 \cdot 80,38} = 0,27 \leq 1$$

OK

Střih

Únosnost šroubů ve střihu:

$$F_{V,\text{Rd}} = \alpha_v \cdot \frac{f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 60,29 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$



Únosnost šroubů v otláčení:

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7; 2,5)$$

$$k_1 = \min(1,19; 2,5) = 2,19$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right)$$

$$\alpha_b = \min(2,22; 2,22; 1) = 1$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t_p \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 201,73 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{V,Rd}; F_{b,Rd}) = 50,29 \text{ kN}$$

$$\frac{R_{xy}}{n \cdot F_{Rd}} = \frac{270,07}{8 \cdot 50,29} = 0,560 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Šrouby vyhoví

Návrh a posouzení svaru sloupu a patního plechu

$$a_w = 3 \text{ mm}$$

$$L_w = 510 \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = \frac{R_{x,Ed}}{2a_w L_w} = 88,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{R_{z,tah}}{2a_w L_w} = 56,45 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = 39,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 39,93 < 0,9f_u/\gamma_{M2} = 360 \text{ MPa}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} = 172,46 \text{ MPa}$$

$$172,46 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa}$$

Účinná tloušťka svaru

Průmět délky pásnice UPE300

Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru

Smykové napětí kolmé k ose svaru

OK

Korelační součinitel

Srovnávací napětí

OK

Svar vyhoví



9.10 Přípoj schodnice UPE300 na sloup – detail 6

Vnitřní síly na konci schodnice

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 432,21 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 430,96 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 18,91 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 6xM20 8.8

$$n = 6$$

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

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 50 \text{ mm}$$

$$p1 = 60 \text{ mm}$$

$$e2 = 50 \text{ mm}$$

$$p2 = 70 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{m2} = 94,08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e_1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,76$$

$$F_b, Rd, s = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{m2} = 130,91 \text{ kN}$$

$$F_b, Rd, w = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_{UPE} / \gamma_{m2} = 103,64 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s, F_b, Rd, w) = 94,08 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 564,480 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} \quad Fed / FRd, celk = 0,766 < 1 \text{ OK}$$



Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (2 \cdot e_1 + p_1 - d_0) \cdot 1,5$	2244	mm ²
Ant =	$t \cdot (2 \cdot p_2 - 2 \cdot d_0)$	1152	mm ²
Veff,2,Rd =	$0,5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_m + Anv \cdot f_y / (\gamma_m \cdot 3^{0,5})$	470,35	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,916	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 + 2 \cdot p_2 - 3 \cdot d_0) \cdot t_p$	2088,00	mm ²
Fu,Rd =	$0,9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_m$	541,21	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd =	0,796	< 1 OK

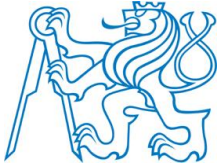
Posouzení stojiny UPE300 v oslabeném místě

Anet =	$(h_{UPE} - 3 \cdot d_0) \cdot t_{UPE}$	2814,38	mm ²
Fu,Rd =	$0,9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_m$	729,486	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd =	0,591	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a sloupu

aw =	4	mm		
Lw =	240	mm		
e =	$10 + e_1 + 0,5 p_1$	90	mm	
	$V_{ed,z} \cdot e / (2 \cdot 6 \cdot a_w \cdot L_w^2)$			
σw =	$+N_{ed,tah} / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	246,618	MPa	
τ _⊥ = σ _⊥	$\sigma_x / (2^{0,5})$	174,39	MPa	
τ =	$V_{ed,z} / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	9,85	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0,5}$	349,19	MPa	< fu/βw/γm2 360 MPa
	σ _⊥	174,39	MPa	< 0,9·fu/γm2 259,2 MPa

Svar vyhoví

Posouzení prolomení trubky

Ned,tlak =		432,21	kN
Med,tlak =		1,70	kNm
Ned,tah =		-430,96	kN
Med,tah =		-1,70	kNm
h1 =		240	mm
t1 =		12	mm
d0 =		323,9	mm
t0 =		25	mm
$\eta =$	$h1/d0 =$	0,741	< 4
A =	$h1*t1$	2880	mm ²
Wel =	$1/6*h1^2*t1$	115200	mm ³
$\sigma_{p,Ed,tlak} =$		164,85	Mpa
$\sigma_{p,Ed,tah} =$		-164,41	Mpa
$\sigma_{max}*t1 =$	$Ned/A+Med/Wel)*t1 =$	1978,16	
	$< 2*t0*(fy0/3^{0.5})/\gamma M5 =$	6783,87	OK
		-	
$\sigma_{max}*t1 =$	$Ned/A+Med/Wel)*t1 =$	1972,95	OK
	$< 2*t0*(fy0/3^{0.5})/\gamma M5 =$	6783,87	
$n_p, tlak =$	$(\sigma_{p,Ed}/fy0)/\gamma M5 =$	0,701	
$n_p, tah =$	$(\sigma_{p,Ed}/fy0)/\gamma M5 =$	-0,700	
$n_p > 0; k_p =$	$\min(1-0.3*n_p*(1+n_p), 1) =$	0,642	
$n_p < 0; k_p =$		1	
pro $n_p > 0$			
$N1,Rd =$	$5k_p*fy0*t0^2*(1+0.25*\eta)/\gamma M5 =$	558,751	kN
pro $n_p < 0$			
$N1,Rd =$	$5k_p*fy0*t0^2*(1+0.25*\eta)/\gamma M5 =$	870,412	kN
<u>Posudek</u>	$Ned,tlak/N1,Rd,tlak$	0,774	< 1 OK
	$Ned,tah/N1,Rd,tah$	0,495	< 1 OK



9.11 Přípoj vzpěry na schodnice – detail 7

Vnitřní síly na konci vzpěry

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 645,56 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 648,05 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

$$t_p = 16 \text{ mm}$$

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 6xM24 8.8

$$n = 6$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 50 \text{ mm}$$

$$p1 = 60 \text{ mm}$$

$$e2 = 70 \text{ mm}$$

$$p2 = 90 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{m2} = 135,55 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

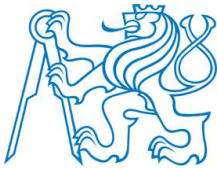
$$\alpha_b = \min(e_1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,64$$

$$F_b, Rd, s = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{m2} = 177,23 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s) = 135,55 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 831,31 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} \quad Fed / FRd, celk = 0,79 < 1 \text{ OK}$$



Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (2 \cdot e_1 + 2 \cdot p_1 \cdot 2 - d_0 \cdot 5)$	4000	mm ²
Ant =	$t \cdot (p_2 - d_0)$	1024	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0.5})$	690,17	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,939	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 + p_2 - d_0) \cdot t_p$	2528,00	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	655,258	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd	0,989	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a vzpěry

aw =	4	mm		
Lw =	200	mm		
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	0,00	MPa		
$\tau_{ } =$	$Ned,tlak / (4 \cdot aw \cdot Lw)$	202,52	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	350,77	MPa	< fu/βw/γm2 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa	< 0.9*fu/γm2 259 MPa

Svar vyhoví

Posouzení svaru styčnickového plechu a pásnice schodnice

aw =	6	mm		
Lw =	635	mm		
α =	28	°		
σw =	$Ned,tah \cdot \sin \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw) + Ned,tah \cdot (\sin \alpha \cdot ex_1 + \cos \alpha \cdot ex_2) / (2 \cdot 6 \cdot aw \cdot Lw^2)$	197,37	MPa	ex1=162,3mm ex2=135,6mm
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0.5})$	139,56	MPa	
$\tau_{ } =$	$Ned,tah \cdot \cos \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	85,05	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	279,86	MPa	< fu/βw/γm2 360 MPa
	σ_{\perp}	139,56	MPa	< 0.9*fu/γm2 259 MPa

Svar vyhoví



9.12 Přípoj vnitřního nosníku podesty na vnější schodnice

Vnitřní síly na konci nosníku

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 273,94 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 308,97 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 21,65 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 18,44 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 4xM20 8.8

$$n = 4$$

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

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 50 \text{ mm}$$

$$p1 = 60 \text{ mm}$$

$$e2 = 50 \text{ mm}$$

$$p2 = 140 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{m2} = 94,08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e_1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,76$$

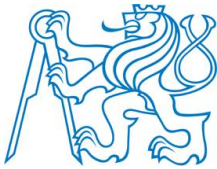
$$F_b, Rd, s = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{m2} = 130,91 \text{ kN}$$

$$F_b, Rd, w = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_{uPE} / \gamma_{m2} = 103,64 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s, F_b, Rd, w) = 94,08 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 376,32 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} \quad Fed / FRd, celk = 0,73 < 1 \text{ OK}$$

Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (2 \cdot e_1 + p_1 \cdot 2 - 3 \cdot d_0)$	1848	mm ²
Ant =	$t \cdot (p_2 - d_0)$	1416	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_m + Anv \cdot f_y / (\gamma_m \cdot 3^{0.5})$	454,64	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,68	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) \cdot t_p$	2352,00	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_m$	609,64	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd =	0,51	< 1 OK

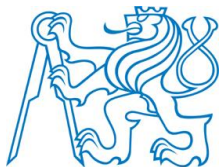
Posouzení svaru styčnickového plechu a schodnici
rovnoběžně se stojinou nosníku

aw =	4	mm			
Lw =	240	mm			
e =	$10 + e_1 + 0,5 \cdot p_1$	90	mm		
	$V_{ed} \cdot e / (2/6 \cdot a_w \cdot L_w^2)$				
σw =	$+F_{tah,ed} / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	186,29	MPa		
τ⊥ = σ⊥	$\sigma_x / (2^{0.5})$	131,73	MPa		
τ =	$V_{ed,z} / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	11,28	MPa		
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	264,18	MPa	<	$f_u / \beta_w / \gamma_m$ 360 MPa
	σ⊥	131,73	MPa	<	$0.9 \cdot f_u / \gamma_m$ 259,2 MPa

Svar vyhovíPosouzení svaru styčnickového plechu a schodnici
kolmo ke stojině nosníku

aw =	4	mm			
Lw =	210	mm			
τ⊥ = σ⊥	0	MPa			
τ =	$V_{ed,y} / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	9,61	MPa		
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	16,63	MPa	<	$f_u / \beta_w / \gamma_m$ 360 MPa
	σ⊥	0	MPa	<	$0.9 \cdot f_u / \gamma_m$ 259,2 MPa

Svar vyhoví



9.13 Přípoj ztužení mezipodesty

Vnitřní síly na konci ztužení

$$N_{\text{tlak}} = 450,68 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah}} = 430,24 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

$$t_p = 18 \text{ mm}$$

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 6xM20 8.8

$$n = 6$$

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

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 50 \text{ mm}$$

$$p1 = 40 \text{ mm}$$

$$e2 = 60 \text{ mm}$$

$$p2 = 60 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{m2} = 94,08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k_1 = \min(2.8 \cdot e_2 / d_0 - 1.7, 2.5) = 2,5$$

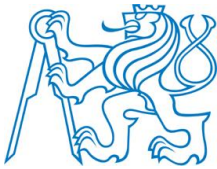
$$\alpha_b = \min(e_1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,76$$

$$F_b, Rd, s = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{m2} = 196,36 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s) = 94,08 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 564,48 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} = Fed / FRd, celk = 0,80 < 1 \text{ OK}$$

Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$t \cdot (2 \cdot e_1 + 2 \cdot p_1 - 2 \cdot 5 \cdot d_0)$	4140	mm ²
Ant =	$t \cdot (p_2 - d_0)$	684	mm ²
Veff,2,Rd =	$0.5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0.5})$	660,20	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,65	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) \cdot t_p$	1728,00	mm ²
Fu,Rd =	$0.9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	447,90	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd =	0,96	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a vnější schodnici

aw =	4	mm
Lw =	210	mm
α =	71	°

σw =	$Ned,tah \cdot \sin \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	242,14	MPa
τ⊥ = σ⊥	$\sigma_x / (2^{0.5})$	171,22	MPa
τ =	$Ned,tah \cdot \cos \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	83,38	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0.5}$	354,75	MPa < fu/βw/γm2 360 MPa
	σ⊥	171,22	MPa < 0.9*fu/γm2 259,2 MPa

Svar vyhoví



9.14 Přípoj vnitřní schodnice na nosník mezipodesty

Vnitřní síly na konci schodnice

$$N_{tlak} = 142,68 \text{ kN}$$

$$N_{tah} = 133,13 \text{ kN}$$

$$V_z = 12,05 \text{ kN}$$

$$\alpha = 32^\circ$$

Úhel pootočení schodnici od vodorovn

Návrhové síly ve spoji

$$F_{tah} = N_{tah} * \cos\alpha + V_z * \sin\alpha = 119,286 \text{ kN}$$

$$V = N_{tlak} * \sin\alpha + V_z * \cos\alpha = 85,828 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 2xM20 8.8

$$n = 2$$

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

$$d_0 = 22 \text{ mm}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

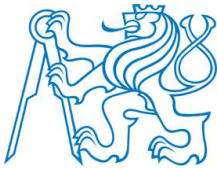
$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 40 \text{ mm}$$

$$p1 = 0 \text{ mm}$$

$$e2 = 50 \text{ mm}$$

$$p2 = 70 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$\alpha_v =$	0,6		
$F_{v,Rd} =$	$\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{m2}$	94,08	kN
<u>Únosnost šroubů v otláčení plechu/stojiny UPE</u>			
$k_1 =$	$\min(2,8 \cdot e_2 / d_0 - 1,7, 2,5)$	2,5	
$\alpha_b =$	$\min(e_1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1)$	0,61	
$F_{b,Rd,s} =$	$k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{m2}$	87,27	kN
$F_{b,Rd,w} =$	$k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_{w,UPE} / \gamma_{m2}$	82,91	kN
$FRd =$	$\min(F_{v,Rd}, F_{b,Rd,s}, F_{b,Rd,w})$	82,91	kN
$FRd, celk =$	$n \cdot FRd =$	165,818	kN
<u>Posudek</u>	$N_{tah} / FRd, celk =$	0,803	< 1 OK

Posudek na vytržení skupiny šroubů

$A_{nv} =$	$t \cdot (2 \cdot e_1 - d_0)$	580	mm ²
$A_{nt} =$	$t \cdot (p_2 - d_0)$	480	mm ²
$V_{eff,2,Rd} =$	$0,5 \cdot A_{nt} \cdot f_u / \gamma_{m2} + A_{nv} \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0,5})$	147,81	kN
<u>Posudek</u>	$F_{tah} / V_{eff,2,Rd} =$	0,807	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

$A_{net} =$	$(2 \cdot e_2 + p_2 - 2 \cdot d_0) \cdot t_p$	1060,00	mm ²
$F_{u,Rd} =$	$0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u / \gamma_{m2}$	274,752	kN
<u>Posudek</u>	$F_{tah} / F_{u,Rd} =$	0,434	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a nosníku

$a_w =$	4	mm		
$L_w =$	170	mm		
$\sigma_w =$	$F_{tah} / (2 \cdot a_w \cdot L_w) +$ $V \cdot (e_1 + 10) / (2 \cdot 6 \cdot a_w \cdot L_w^2)$	199,08	MPa	
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0,5})$	140,77	MPa	
$\tau_{ } =$	$V / (2 \cdot a_w \cdot L_w)$	63,11	MPa	
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0,5}$	302,01	MPa	< $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	140,77	MPa	< $0,9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259,2 MPa

Svar vyhoví



9.15 Připoj ztužení schodiště TR 114,3/12,5 ke schodnici

Vnitřní síly na konci ztužení

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 213,42 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 289,16 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 1,07 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 3xM24 8.8

$$n = 3$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 35 \text{ mm}$$

$$p1 = 60 \text{ mm}$$

$$e2 = 45 \text{ mm}$$

$$p2 = 0 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve stříhu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 135,55 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k1 = \min(2,8 \cdot e2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

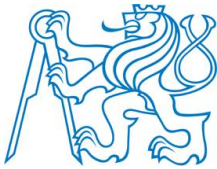
$$\alpha_b = \min(e1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,45$$

$$F_b, Rd, s = k1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 155,08 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s, F_b, Rd, w) = 135,55 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 406,66 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} = Fed / FRd, celk = 0,711 < 1 \text{ OK}$$

Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$tp \cdot (2 \cdot e_1 + p_1 \cdot 2 - d_0 \cdot 2,5)$	2500	mm ²
Ant =		0	mm ²
Veff,2,Rd =	$0,5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0,5})$	339,19	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,85	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 - d_0) \cdot tp$	1280,00	mm ²
Fu,Rd =	$0,9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	331,78	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd	0,87	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a ztužení

aw =		4	mm
Lw =		80	mm
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$		0,00	MPa
$\tau_{ } =$	$Ned,tlak / (4 \cdot aw \cdot Lw)$	166,73	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0,5}$	288,79	MPa < $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa < $0,9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259 MPa

Svar vyhovíPosouzení svaru styčnickového plechu a stojiny schodnice

aw =		5	mm
Lw =		450	mm
$\alpha =$		60	°
$\sigma_w =$	$Ned,tah \cdot \sin \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw) + Ned,tah \cdot (\sin \alpha \cdot ex_1 + \cos \alpha \cdot ex_2) / (2 \cdot 6 \cdot aw \cdot Lw^2)$	235,80	MPa $ex_1=135,2mm$ $ex_2=188,7mm$
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0,5})$	167,44	MPa
$\tau_{ } =$	$Ned,tah \cdot \cos \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	64,25	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0,5}$	352,90	MPa < $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	167,44	MPa < $0,9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259 MPa

Svar vyhoví



9.16 Přípoj ztužení schodiště TR 139,7/12,5 ke schodnici

Vnitřní síly na konci ztužení

$$N_{\text{tlak,Ed}} = 423,52 \text{ kN}$$

$$N_{\text{tah,Ed}} = 322,6 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 1,27 \text{ kN}$$

Materiál a rozměry plechu

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

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

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

$$\gamma_{m0} = 1,0$$

Šrouby 3xM24 8.8

$$n = 3$$

$$d = 24 \text{ mm}$$

$$d_0 = 26 \text{ mm}$$

$$A_s = 353 \text{ mm}^2$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$e1 = 35 \text{ mm}$$

$$p1 = 60 \text{ mm}$$

$$e2 = 45 \text{ mm}$$

$$p2 = 0 \text{ mm}$$

Únosnost šroubů ve střihu

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_v, Rd = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2} = 135,55 \text{ kN}$$

Únosnost šroubů v otláčení plechu

$$k1 = \min(2,8 \cdot e2 / d_0 - 1,7, 2,5) = 2,5$$

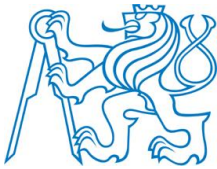
$$\alpha_b = \min(e1 / (3 \cdot d_0), f_{ub} / f_u, 1) = 0,45$$

$$F_b, Rd, s = k1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2} = 155,08 \text{ kN}$$

$$FRd = \min(F_v, Rd, F_b, Rd, s, F_b, Rd, w) = 135,55 \text{ kN}$$

$$FRd, celk = n \cdot FRd = 406,66 \text{ kN}$$

$$\text{Posudek} = Fed / FRd, celk = 0,79 < 1 \text{ OK}$$

Posudek na vytržení skupiny šroubů

Anv =	$tp \cdot (2 \cdot e_1 + p_1 \cdot 2 - d_0 \cdot 2,5)$	2500	mm ²
Ant =		0	mm ²
Veff,2,Rd =	$0,5 \cdot Ant \cdot f_u / \gamma_{m2} + Anv \cdot f_y / (\gamma_{m0} \cdot 3^{0,5})$	339,19	kN
<u>Posudek</u>	Ned,tah/Veff,2,Rd =	0,95	< 1 OK

Posouzení styčnickového plechu v oslabeném místě

Anet =	$(2 \cdot e_2 - d_0) \cdot tp$	1280,00	mm ²
Fu,Rd =	$0,9 \cdot Anet \cdot f_u / \gamma_{m2}$	331,78	kN
<u>Posudek</u>	Ntah,Ed/Fu,Rd	0,97	< 1 OK

Posouzení svaru styčnickového plechu a ztužení

aw =		4	mm
Lw =		130	mm
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$		0,00	MPa
$\tau_{ } =$	$Ned,tlak / (4 \cdot aw \cdot Lw)$	203,62	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0,5}$	352,67	MPa < $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	0,00	MPa < $0,9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259 MPa

Svar vyhovíPosouzení svaru styčnickového plechu a stojiny schodnice

aw =		5	mm
Lw =		360	mm
$\alpha =$		30	°
$\sigma_w =$	$Ned,tah \cdot \sin \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw) + Ned,tah \cdot (\sin \alpha \cdot ex_1 + \cos \alpha \cdot ex_2) / (2 \cdot 6 \cdot aw \cdot Lw^2)$	199,46	MPa $ex_1=66,8mm$ $ex_2=81mm$
$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	$\sigma_x / (2^{0,5})$	141,04	MPa
$\tau_{ } =$	$Ned,tah \cdot \cos \alpha / (2 \cdot aw \cdot Lw)$	89,61	MPa
<u>Posudek</u>	$(\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{ }^2))^{0,5}$	321,96	MPa < $f_u / \beta_w / \gamma_{m2}$ 360 MPa
	σ_{\perp}	141,04	MPa < $0,9 \cdot f_u / \gamma_{m2}$ 259 MPa

Svar vyhoví



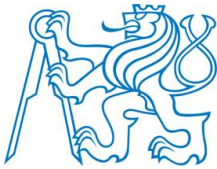
10 Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Model konstrukce ve výpočetním programu SCIA Engineer	5
Obrázek 2 Umístění rozhledny v rámci ČR (zdroj: https://en.mapy.cz)	6
Obrázek 3 Umístění rozhledny v širším okolí (zdroj: https://en.mapy.cz)	7
Obrázek 4 Schéma výpočetního modelu: pohled XZ.....	9
Obrázek 5 Schéma výpočetního modelu: pohled YZ.....	9
Obrázek 6 Geometrie schodiště: axonometrický pohled	10
Obrázek 7 Geometrie schodiště: půdorys	10
Obrázek 8 Schéma výpočetního modelu (bez zábradlí): axonometrický pohled	11
Obrázek 9 Hmotnost pororoštů od výrobce RODIF a.s.	13
Obrázek 10 Nosnost pororoštů od výrobce RODIF a.s.	14
Obrázek 11 Mapa sněhových oblastí na území ČR. Červená šipka – umístění rozhledny	16
Obrázek 12 Mapa větrných oblastí na území ČR. Červená šipka – umístění rozhledny.....	17
Obrázek 13 Zvýšení rychlosti větru způsobené orografii. (převzato z ČSN EN 1991-1-4).....	18
Obrázek 14 Součinitel s pro útesy a skalní stěny. (převzato z ČSN EN 1991-1-4).....	19
Obrázek 15 Směr roznašení zatížení zatěžovacích panelů	29
Obrázek 16 ZS2 – ostatní stálé-stupně	29
Obrázek 17 ZS3 – ostatní stálé – podesty	30
Obrázek 18 ZS4 – užitné plně	30
Obrázek 19 ZS5 – užitné poloviční 1	31
Obrázek 20 ZS6 – užitné poloviční 2	31
Obrázek 21 ZS7 – užitné schodiště 1	32
Obrázek 22 ZS8 – užitné schodiště 2	32
Obrázek 23 ZS9 – sníh	33
Obrázek 24 ZS10 – Vítr X+ (sloupy)	33
Obrázek 25 ZS10 – Vítr X+ (schodnice a plošina)	34
Obrázek 26 ZS10 – Vítr X+ (vzpěry)	34
Obrázek 27 ZS10 – Vítr X+ (ztužení).....	35
Obrázek 28 ZS10 – Vítr X+ (zábradlí)	35
Obrázek 29 ZS11 – Vítr Y+ (sloupy).....	36
Obrázek 30 ZS11 – Vítr Y+ (schodnice a plošina)	36
Obrázek 31 ZS11 – Vítr Y+ (vzpěry).....	37
Obrázek 32 ZS11 – Vítr Y+ (ztužení).....	37
Obrázek 33 ZS11 – Vítr Y+ (zábradlí)	38
Obrázek 34 ZS12 – Vítr X- (sloupy, schodnice, plošina).....	38
Obrázek 35 ZS12 – Vítr X- (ztužení)	39
Obrázek 36 ZS12 – Vítr X- (zábradlí, vzpěry)	39
Obrázek 37 ZS13 – Vítr Y- (sloupy, schodnice, plošina).....	40
Obrázek 38 ZS13 – Vítr Y- (ztužení)	40
Obrázek 39 ZS13 – Vítr Y- (zábradlí, vzpěry)	41
Obrázek 40 KZ15_MSÚ – normálové síly v sloupech	50
Obrázek 41 KZ16_MSÚ – normálové síly v sloupech	50
Obrázek 42 KZ17_MSÚ – normálové síly – sloupy	51
Obrázek 43 KZ18_MSÚ – normálové síly – sloupy	51
Obrázek 44 KZ15_MSÚ – normálové síly – vnější schodnice.....	51
Obrázek 45 KZ17_MSÚ – normálové síly – vnější schodnice.....	51



Obrázek 46	Stabilitní kombinace S1_KZ15/16 – tvar vybočení vnější schodnice	52
Obrázek 47	Stabilitní kombinace S2_KZ16/34 – tvar vybočení sloupu.....	52
Obrázek 48	Stabilitní kombinace S3_KZ17/15 – tvar vybočení schodnice	53
Obrázek 49	KZ17_MSP – Utotal – sloupy.....	63
Obrázek 50	KZ18_MSP – uz,rel – vnější schodnice	67
Obrázek 51	KZ1_MSP – uz,rel – nosníky plošiny	83
Obrázek 40	Schéma přípoje schodnice na nosník	Error! Bookmark not defined.
Obrázek 41	Schéma přípoje vzpěry na schodnici	Error! Bookmark not defined.



Seznam tabulek:

Tabulka 1 Výpočet zatížení zatěžovacích stavů ZS2 a ZS3	14
Tabulka 2 Výpočet užitého zatížení zatěžovacích stavů ZS4 – ZS8	15
Tabulka 3 Rozdělení konstrukce po výšce pro zatížení větrem	17
Tabulka 4 Kategorie terénu a jejich parametry dle ČSN EN 1991-1-4, Tabulka 4.1	19
Tabulka 5 Výpočet maximálního dynamického tlaku větru	20
Tabulka 6 Výpočet zatížení od větru na prvky s otevřenými průřezy	24
Tabulka 7 Výpočet zatížení od větru na prvky s kruhovými průřezy	25
Tabulka 8 Výpočet zatížení od větru na prvky s obdélníkovými průřezy	26
Tabulka 9 Vlastní frekvence konstrukce	27
Tabulka 10 Seznam použitých kombinací pro mezní stav únosnosti	43
Tabulka 11 Seznam použitých kombinací pro mezní stav použitelnosti	46
Tabulka 12 Seznam použitých stabilitních kombinací	49
Tabulka 13 Seznam použitých nelineárních kombinací	49
Tabulka 14 Nelineární kombinace NK_KZ16_MSÚ. Vnitřní síly – vybočující sloup	56
Tabulka 15 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Sloupy	Error! Bookmark not defined.
Tabulka 18 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – vnější schodnice	Error! Bookmark not defined.
Tabulka 16 Nelineární kombinace NK_KZ15_MSÚ. Vnitřní síly – vybočující schodnice	64
Tabulka 17 Nelineární kombinace NK_KZ17_MSÚ. Vnitřní síly – vybočující schodnice	Error! Bookmark not defined.
Tabulka 19 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – vnitřní schodnice	68
Tabulka 20 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – vnitřní nosník mezipodest	73
Tabulka 21 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – nosník plošiny	79
Tabulka 22 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – ztužení plošiny	84
Tabulka 23 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Vnější vzpěry	87
Tabulka 24 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Vnitřní vzpěry	90
Tabulka 25 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení vnější 1	93
Tabulka 26 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení vnější 2	96
Tabulka 27 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení schodiště 1	99
Tabulka 28 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení schodiště 2	102
Tabulka 29 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení schodiště 3	105
Tabulka 30 Obálka MSÚ. Vnitřní síly – Ztužení mezipodest	108