



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE RODINNÉHO DOMU

DESIGN OF THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF A FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Rosa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Dordé Čairovič, Ph.D.

BRNO 2025

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	10
2.1 ZATÍŽENÍ VĚTREM	10
2.2 ZATÍŽENÍ SNĚHEM	12
2.3 ZATÍŽENÍ UŽITNÉ	13
3. STÁLÉ ZATÍŽENÍ	13
3.1 ZATÍŽENÍ OD VLASTNÍ TÍHY	13
3.2 ZATÍŽENÍ OD ZEMINY	15
3.3 ZATÍŽENÍ OD KOPULKY	16
3.4 PŘENOS ZATÍŽENÍ OD OKEN	16
4. NASTAVENÍ ŘEŠIČE	17
5. ZATÍŽENÍ 3D MODELU	18
6. ZATÍŽENÍ OD SCHODIŠTĚ	21
7. KONTROLA 3D GENERÁTORU VĚTRU	24
8. KOMBINACE ZATÍŽENÍ	25
9. STROP NAD 2 NP	26
9.1 ZATÍŽENÍ	26
9.2 VNITŘNÍ SÍLY	29
9.3 VÝPOČET STROPU NAD 2.NP	31
9.3.1 GEOMETRIE DESKY.....	31
9.3.2 MATERIÁLY	31
9.3.3 KRYTÍ VÝZTUŽE	31
9.3.4 NÁVRH HLAVNÍHO RASTRU DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY	32

9.3.5 NÁVRH DOVYZTUŽENÍ DOLNÍHO RASTRU PRO KRITICKÁ MÍSTA	33
9.3.6 ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽ DOLNÍ	34
9.3.7 NÁVRH HLAVNÍHO RASTRU HORNÍ VÝZTUŽE DESKY	35
9.3.8 NÁVRH DOVYZTUŽENÍ HORNÍHO RASTRU PRO KRITICKÁ MÍSTA - NAD PODPOROU	36
9.3.9 ROZDĚLOVACÍ VÝZTUŽ HORNÍ	37
9.3.10 POSOUZENÍ NA SMYK	38
9.3.11 KOTEVNÍ DÉLKY VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 10	38
9.3.12 STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE -VÝZTUŽ PRŮMĚRU 10	39
10. NÁVRH ŽB STĚNY VE 2NP - OHYB + NORMÁLOVÁ SÍLA	40
10.1 VNITŘNÍ SÍLY	40
10.2 VÝPOČET	41
10.2.1 GEOMETRIE KONSTUKCE	41
10.2.2 ÚČINKY PRVNÍHO ŘÁDU	41
10.2.3 GEOMETRIE STĚNY	42
10.2.4 MATERIÁLY	42
10.2.5 NÁVRH VÝZTUŽE	42
10.2.6 KRYTÍ VÝZTUŽE	43
10.2.7 VÝPOČET INTERAČNÍHO DIAGRAMU PRO SMĚRY	43
11. NÁVRH ŽB STĚNY VE 2NP - V ROVINĚ STĚNY	46
12. DESKA NAD 1. NP	49
12.1 VNITŘNÍ SÍLY	49
12.2 VÝPOČET STROPU NAD 1.NP	51
12.2.1 GEOMETRIE DESKY	51
12.2.2 MATERIÁLY	51
12.2.3 KRYTÍ VÝZTUŽE	52

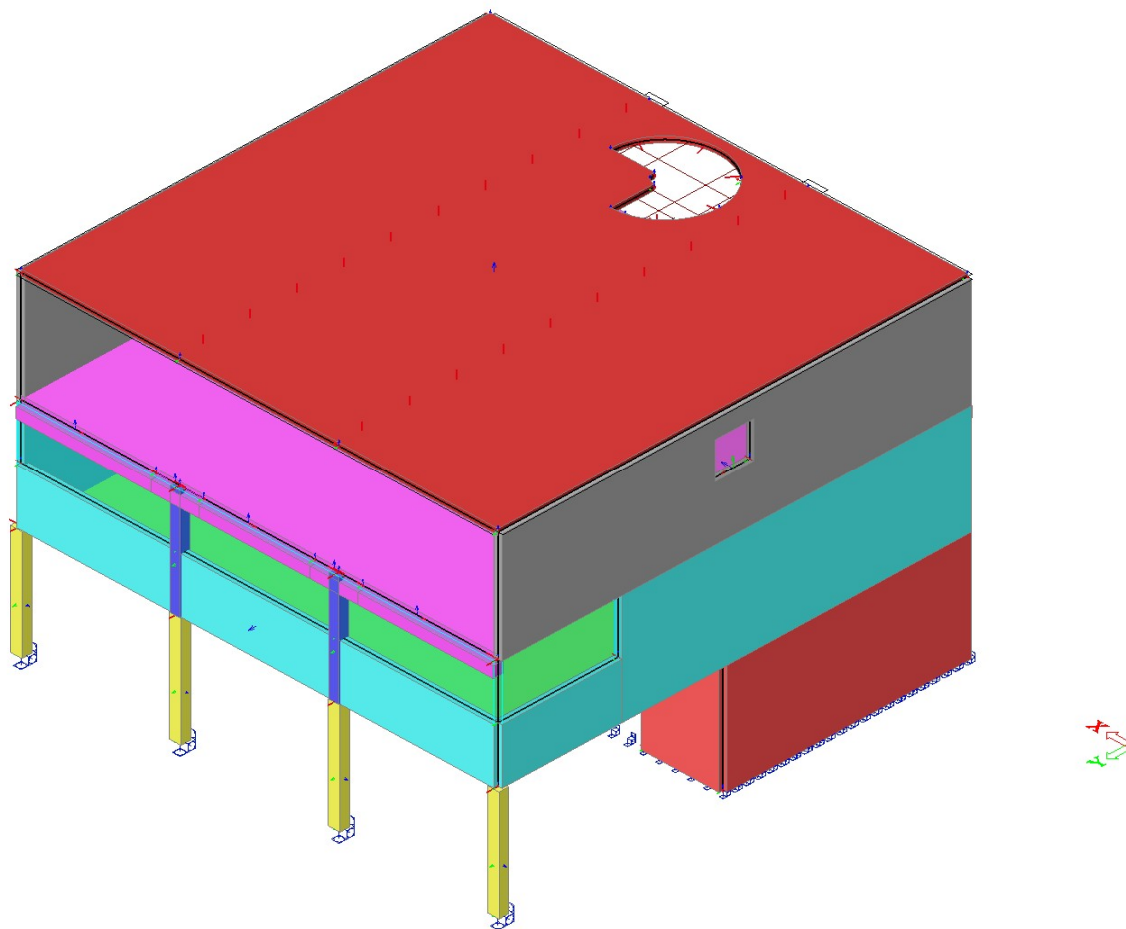
12.2.4 NÁVRH HLAVNÍHO RASTRU DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU X	52
12.2.5 NÁVRH DOVYZTUŽENÍ RASTRU DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU X	53
12.2.6 NÁVRH HLAVNÍHO RASTRU DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU Y	54
12.2.7 NÁVRH DOVYZTUŽENÍ RASTRU DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU Y	56
12.2.8 NÁVRH HLAVNÍHO HORNÍHO RASTRU VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU X	57
12.2.9 NÁVRH DOVYZTUŽENÍ HORNÍHO RASTRU VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU X.....	59
12.2.10 NÁVRH HLAVNÍHO HORNÍHO RASTRU VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU Y	60
12.2.11 NÁVRH DOVYZTUŽENÍ HORNÍHO RASTRU VÝZTUŽE DESKY VE SMĚRU Y.....	61
12.2.12 POSOUZENÍ NA SMYK	63
12.2.13 KOTEVNÍ DÉLKY VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 8	63
12.2.14 STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 8	64
13. POROVNÁNÍ VNITŘNÍCH SIL NA DESCE	65
14. URČENÍ EFEKTIVNÍ ŠÍŘKY ŽEBRA NA DESCE NAD 1.NP	67
14.1 KONTROLA ZATÍŽENÍ	69
15. POSOUZENÍ PRŮVLAKU NAD 1NP	71
15.1 VNITŘNÍ SÍLY	71
15.2 NÁVRH PRŮVLAKU	72
15.2.1 GEOMETRIE TRÁMU	72
15.2.2 MATERIÁLY	72
15.2.3 KRYTÍ VÝZTUŽE	73
15.2.4 NÁVRH VÝZTUŽE NA HORNÍ MOMENTY	73
15.2.5 NÁVRH VÝZTUŽE NA DOLNÍ MOMENTY	74
15.2.6 MINIMÁLNÍ NUTNÁ KONSTRUKČNÍ VÝZTUŽ NA NEVYUŽITÝ POVRCH	75
15.2.7 POSOUZENÍ NA SMYK	75
15.2.8 NÁVRH SMYKOVÉ VÝZTUŽE	76

15.2.9 KONSTRUKČNÍ NÁVRH TŘMÍNKŮ	77
15.2.10 KOTEVNÍ DÉLKY VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 10	77
15.2.11 STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 10	78
15.3 POSOUZENÍ PRŮVLAKU NAD 1NP – MAX KROUCENÍ A SMYK.....	79
15.4 POSOUZENÍ PRŮVLAKU NAD 1NP - KROUCENÍ A MAX SMYK	83
16. NÁVRH SLOUPU V 1.NP	87
16.1 VNITŘNÍ SÍLY	87
16.2 VÝPOČET SLOUPU V 1.NP.....	88
16.2.1 GEOMETRIE KONSTUKCE	88
16.2.2 ÚČINKY PRVNÍHO A DRUHÉHO ŘÁDU	88
16.2.3 GEOMETRIE SLOUPU	92
16.2.4 MATERIÁLY	92
16.2.5 NÁVRH VÝZTUŽE.....	92
16.2.6 KRYTÍ VÝZTUŽE	92
16.2.7 VÝPOČET ITERAČNÍHO DIAGRAMU PRO SMĚR Y	93
16.2.8 VÝPOČET ITERAČNÍHO DIAGRAMU PRO SMĚR Z	95
16.2.9 OVĚŘENÍ ÚNOSNOSTI NA DVOJOSÉ NAMÁHÁNÍ	96
16.2.10 NÁVRH TŘMÍNKŮ	97
16.2.11 KOTEVNÍ DÉLKY VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 14	97
17. NÁVRH SLOUPŮ V 1.PP	98
17.1 VNITŘNÍ SÍLY	98
17.2 VÝPOČET SLOUPU V 1.PP	99
17.2.1 GEOMETRIE KONSTUKCE	99
17.2.2 ÚČINKY PRVNÍHO A DRUHÉHO ŘÁDU	99
17.2.3 GEOMETRIE SLOUPU.....	102

17.2.4 MATERIÁLY	102
17.2.5 NÁVRH VÝZTUŽE	102
17.2.6 KRYTÍ VÝZTUŽE	103
17.2.7 VÝPOČET ITERAČNÍHO DIAGRAMU PRO SMĚR Y.....	103
17.2.8 VÝPOČET ITERAČNÍHO DIAGRAMU PRO SMĚR Z.....	105
17.2.9 OVĚŘENÍ ÚNOSNOSTI NA DVOJOSÉ NAMÁHÁNÍ.....	106
17.2.10 NÁVRH TŘMÍNKŮ	107
17.2.11 KOTEVNÍ DÉLKY VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 18	107
17.2.12 STYKOVÁNÍ VÝZTUŽE - VÝZTUŽ PRŮMĚRU 18	110
18. NÁVRH PATKY POD SLOUPY V 1.PP	109
18.1 ÚNOSNOST ZEMINY	109
18.1.1 VSTUPNÍ HODNOTY.....	109
18.1.2 VÝPOČET ÚNOSNOSTI DLE EN 1997-1 PŘÍLOHA D.....	109
18.1.3 STANOVENÍ NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ SPÁŘE	110
18.2 STANOVENÍ VNITŘNÍ SIL V PATCE	110
18.2.1 MATERIÁLY.....	111
18.2.2 KRYTÍ VÝZTUŽE	112
18.2.3 NÁVRH HLAVNÍHO RASTRU VE SMĚRU X.....	112
18.2.4 STANOVENÍ KOTVENÍ	113
18.2.5 NÁVRH HLAVNÍHO RASTRU VE SMĚRU Y	114
18.2.6 STANOVENÍ KOTVENÍ	115
18.2.7 POSOUZENÍ NA SMYK - TĚSNĚ KOLEM SLOUPU.....	115
18.2.8 POSOUZENÍ NA SMYK - VZDÁLENOST $0.5D < A < 2D$	117
19. ZÁVĚR.....	118
20. SEZNAM PŘÍLOH	118

1. ÚVOD

CELKOVÝ MODEL RODINNÉHO DOMU



Tato bakalářská práce se zabývá návrhem vybraných železobetonových konstrukčních prvků rodinného domu. Posuzované prvky jsou následující:

Deska nad 2. NP

V modelu je znázorněna červenou barvou. Jedná se o jednosměrně namáhanou desku s kruhovým otvorem o třech polích. Výsledky z 3D modelu byly porovnány s výsledky z 2D modelu a doplněny kontrolou na 1D prutovém modelu (nosník o třech polích)

Železobetonové stěny ve 2. NP

V modelu označeny šedou barvou. Tyto stěny jsou z větší části podepřeny stěnami nižšího podlaží, přičemž část z nich působí jako konzola, která vynáší strop nad 2. NP (červeně) a částečně také strop nad 1. NP (růžově). Posouzení bylo provedeno jak na kombinaci tlaku a ohybu kolmo k rovině stěny, tak pomocí konzolové analogie v její rovině. Druhá metoda byla ověřena v programu IDEA StatiCa. Uprostřed stěny je navržen okenní otvor, vyztužený příločkami. Výztuž byla dimenzována na případ tuhé vazby se stropem nad 2. NP, při kterém dochází k přenosu momentů. Stěna je vyztužena svařovanou sítí s ukončovacími profily tvaru „U“.

Strop nad 1. NP

V modelu znázorněn růžovou barvou. Jedná se o lokálně podepřenou železobetonovou desku, uloženou na šesti sloupech nižšího podlaží a částečně vynášenou stěnami 2. a 1. NP. V oblasti středu desky byla navržena výztuž proti protlačení, zatímco na krajích byla doplněna o průvlak kvůli zvýšené smykové síle. Ohybová výztuž je tvořena svařovanou sítí s lokálními příločkami. Průvlak je modelován jako žebro a je namáhán ohybem, smykem a kroutícím momentem, přičemž na všechna tato namáhání byly vypracovány posudky. Deska je vyztužena svařovanou sítí, průvlak pak pruty a třmínky pro smyk a kroucení.

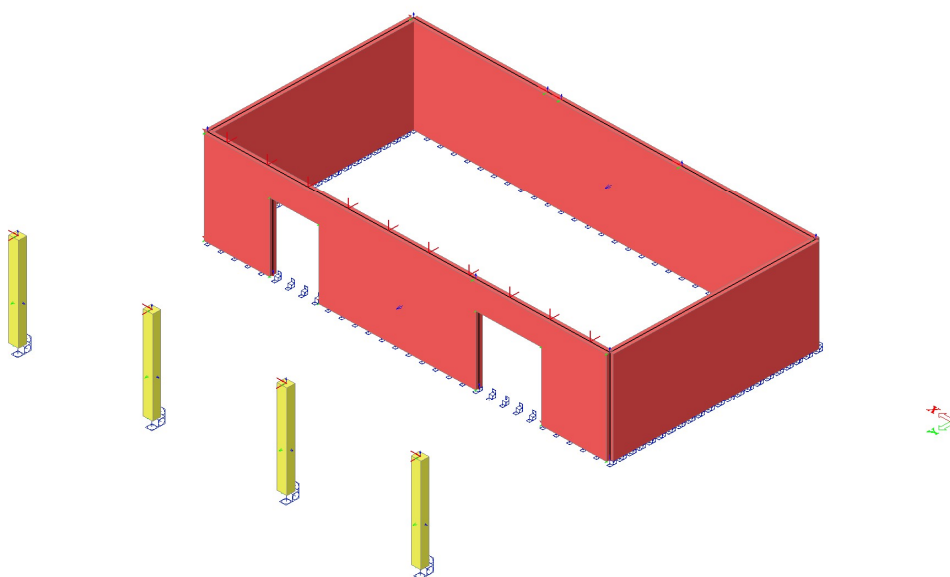
Sloupy v 1. NP

V modelu označeny modrou barvou. Všechny sloupy byly navrženy se stejnou výztuží. Z architektonických důvodů bylo cílem minimalizovat průřez sloupů, což si vyžádalo zahrnutí účinků druhého řádu. Posudky byly nejprve provedeny v Excelu a následně ověřeny v programu IDEA StatiCa. V tomto programu byla rovněž navržena alternativní varianta s kruhovým průřezem, který je vizuálně příznivější pro použití v obytné stavbě.

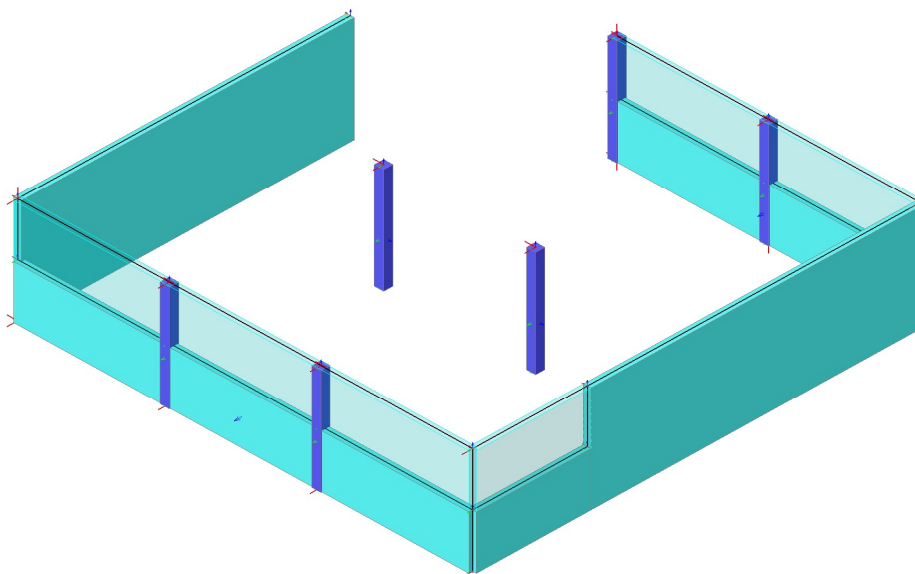
Sloupy v 1. PP

V modelu žlutou barvou. Tyto sloupy jsou vystaveny vnějším vlivům, a proto je u nich uvažováno větší krytí výztuže. Navržena byla pouze jedna varianta se čtvercovým průřezem. Všechny čtyři sloupy jsou navrženy shodně.

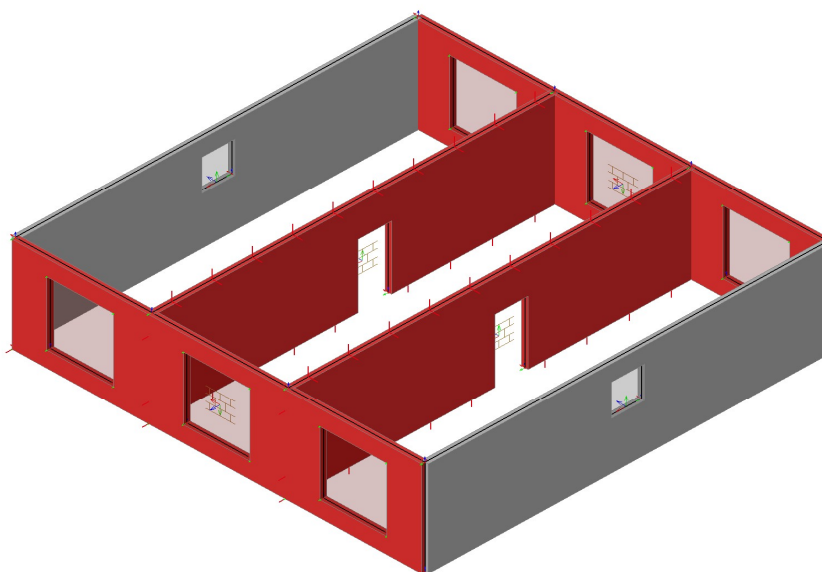
Pohled na svislé nosné konstrukce v 1PP:

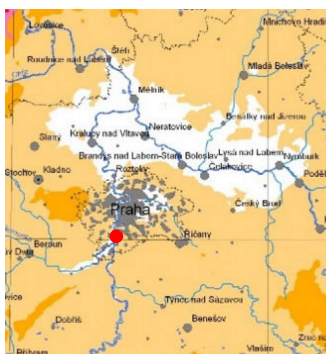
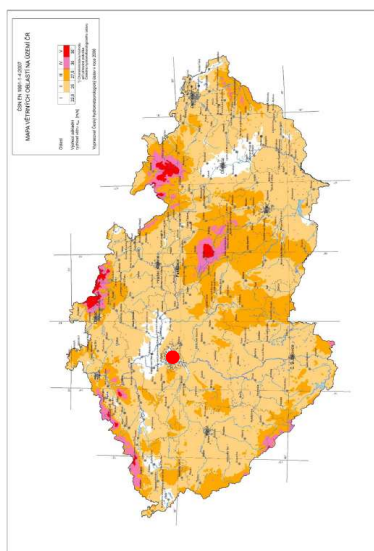


Pohled na svislé nosné konstrukce v 1NP:



Pohled na svislé nosné konstrukce v 2NP:
Červenou barvou jsou zděnné stěny a šedivou jsou železobetonové stěny





2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

2.1 ZATÍŽENÍ VĚTREM

Základní údaje

Kategorie terénu:	3	
Větrná oblast:	1	
Typ střechy:	Plochá	
Rozměr rovnoběžné se směrem větru d [m]:	12.5	
Rozměr kolmo na směr větru b [m]:	12.5	
Výška budovy h [m]	9	m
Výška atiky hp [m]	0.5	m
Sklon střechy	0	°
Směr větru na hřeben střechy z	0	°

Referenční výška budovy

Referenční výška $z_e =$ 9 m

Výchozí rychlost větru $v_{b,0} =$ 22.5 m/s

Drsnost terénu

Parametr drsnosti terénu $z_0 =$ 0.3 m

Minimální výška $z_{min} =$ 5 m

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 vzdálenosti jsou 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.

Součinitel směru větru (pro ČR 1.0), $C_{dir} =$ 1.0

Součinitel ročního období (pro ČR 1.0) $C_{season} =$ 1.0

Základní rychlost větru ve 10 m nad zemí

$v_b = C_{season} \cdot C_{dir} \cdot v_{b,0} =$ 22.5 * 1 * 1 = 22.5 m/s

Součinitel terénu $k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07}$

pro $z_{min} < z < z_{max}$

$C_{r(z)} = C_{r(z_{min})}$ pro $z < z_{min}$

$z_{min} =$ 0.05 m

$z =$ 9 m

$z_{max} =$ 200 m

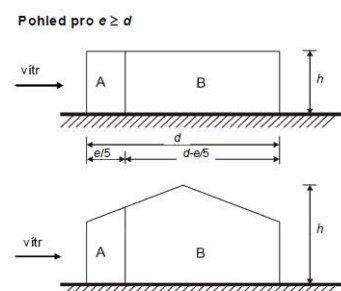
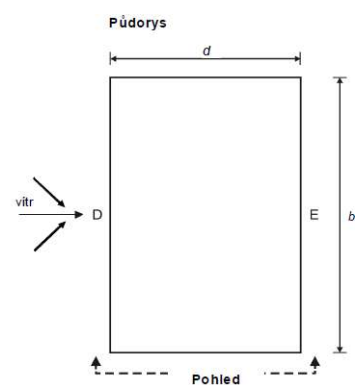
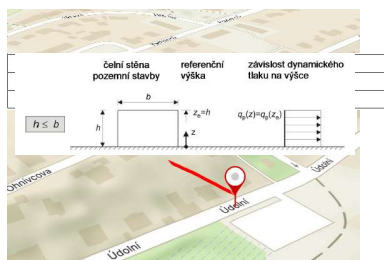
$z_{min} < z < z_{max}$

0.05 < 9 < 200

Součinitel terénu

$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} =$ 0.19 * (0.3/0.05)^{0.07} = 0.22

Součinitel orografografie (pro ČR 1.0), $C_{0,z} =$ 1



Součinitel drsnosti

$$C_{r(z)} = k_r * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0.22 * \ln(9/0.3) = 0.748$$

Střední rychlost větru

$$v_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{0,z} * v_b = 0.748 * 1 * 22.5 = 16.83 \text{ m/s}$$

Součinitel orografie

$$c_{0z} = 1$$

Součinitel turbulence

$$k_l = 1$$

$$I_{vz} = \frac{k_l}{c_{0z} * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 * \ln(9/0.3)} = 0.294$$

Doporučená hustota vzduchu ρ

$$1.25 \text{ kg/m}^3$$

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_{vz}] * \frac{1}{2} * \rho * v_{m(z)}^2 =$$

$$= (1 + 7 * 0.294) * 0.5 * 1.25 * 16.83^2 = 541.359 \text{ Pa}$$

Stanovení tlaku na stěny stavby

$$\text{Poměr } h/d = 9/12.5 = 0.72$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(12.5; 2 * 9) = 12.5 \text{ m}$$

$$d = 12.5 \text{ m}$$

Varianta e=d

$$\text{Oblast A} \quad 12.5/5 = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Oblast B} \quad 12.5 - 12.5/5 = 10 \text{ m}$$

Oblast	A		B		C		D		E	
h/d	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

OBLAST

Tlak větru na plochy

$$w_e = q_{p(ze)} * C_{pe}$$

A	C _{pe10}	-1.200	-1.2*541.359	-649.6308	Pa
	C _{pe1}	-1.400	-1.4*541.359	-757.9026	Pa
B	C _{pe10}	-1.600	-1.6*541.359	-866.1744	Pa
	C _{pe1}	-1.100	-1.1*541.359	-595.4949	Pa
C	C _{pe10}	-0.500	-0.5*541.359	-270.6795	Pa
	C _{pe1}	-0.500	-0.5*541.359	-270.6795	Pa
D	C _{pe10}	0.767	0.767*541.359	365.2224	Pa
	C _{pe1}	1.000	1*541.359	541.359	Pa
E	C _{pe10}	-0.433	-0.433*541.359	-234.4084	Pa
	C _{pe1}	-0.433	-0.433*541.359	-234.4084	Pa

*hodnoty jsou dopočítány lineární interpolací

Stanovení tlaku na střechu

Kritérium ploché střechy

$$-5^\circ < \alpha < 5^\circ$$

$$-5^\circ < 0 < 5^\circ$$

VYHOVUJE

Oblasti

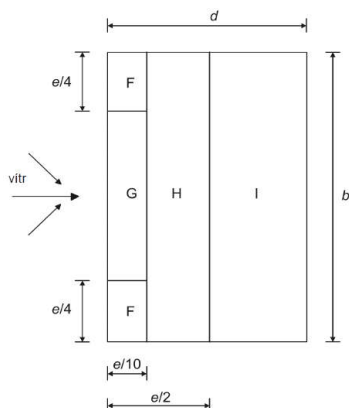
$$e = \min(b; 2h) = \min(12.5; 2 * 9) = 12.5 \text{ m}$$

$$d = 14 \text{ m}$$

$$e/4 = 12.5/4 = 3.125 \text{ m}$$

$$e/10 = 12.5/10 = 1.25 \text{ m}$$

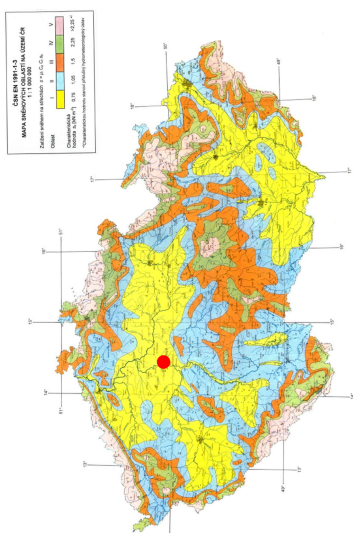
$$e/2 = 12.5/2 = 6.25 \text{ m}$$



Výška budovy je uvažána až po horní hranu "rozhledny", tudíž atiky jsou zanedbány
OBLAST

F	C_{pe10}	-1.800	$-1.8 \cdot 541.359$	-974.4462	Pa
	C_{pe1}	-2.500	$-2.5 \cdot 541.359$	-1353.398	Pa
G	C_{pe10}	-1.200	$-1.2 \cdot 541.359$	-649.6308	Pa
	C_{pe1}	-2.000	$-2 \cdot 541.359$	-1082.718	Pa
H	C_{pe10}	-0.700	$-0.7 \cdot 541.359$	-378.9513	Pa
	C_{pe1}	-1.200	$-1.2 \cdot 541.359$	-649.6308	Pa
I	C_{pe10}	0.200	$0.2 \cdot 541.359$	108.2718	Pa
	C_{pe1}	-0.200	$-0.2 \cdot 541.359$	-108.2718	Pa

Budova je symetrická pro všechny směry větru - stejný výpočet pro směr 0°, 90°, 180°, 270°, jen se zrcadlově otočí oblasti působení větru



2.3 ZATÍŽENÍ UŽITNÉ

Užitná kategorie

A

Kategorie	Stanovené použití	Příklad
A	obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	místnosti obytných budov a domů; lůžkové pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety

Kategorie zatěžovaných ploch

I

Kategorie zatěžovaných ploch	Stanovené použití
H	střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav
I	střechy přístupné (pochůzné), s užíváním podle kategorií A až D
K	střechy přístupné pro zvláštní provoz, např. pro přistávání vrtulníků

Užitné zatížení střechy

kategorie A		
– stropní konstrukce	1,5	2,0

$$q_k = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_k = 2 \text{ kN}$$

Užitné zatížení stropních konstrukcí

Užitná kategorie = A

Kategorie	Stanovené použití	Příklad
A	obytné plochy a plochy pro domácí činnosti	místnosti obytných budov a domů; lůžkové pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety

Užitné zatížení konstrukcí

kategorie A		
– stropní konstrukce	1,5 až 2,0	2,0 až 3,0
– schodiště	2,0 až 4,0	2,0 až 4,0
– balkóny	2,5 až 4,0	2,0 až 3,0

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

$$Q_k = 2,0 \text{ kN}$$

Zatížení od příček

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

Celkem proměnné

$$q_k = 3,2 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení schodiště

Kategorie zatěžovaných ploch	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
kategorie A		
– stropní konstrukce	1,5 až 2,0	2,0 až 3,0
– schodiště	2,0 až 4,0	2,0 až 4,0
– balkóny	2,5 až 4,0	2,0 až 3,0

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

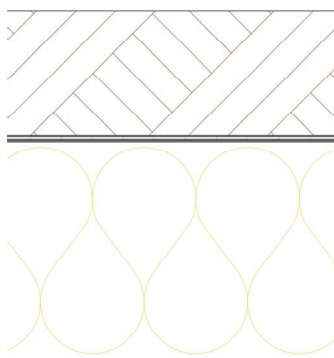
$$Q_k = 2,0 \text{ kN}$$

3. STÁLÉ ZATÍŽENÍ

3.1 ZATÍŽENÍ OD VLASTNÍ TÍHY

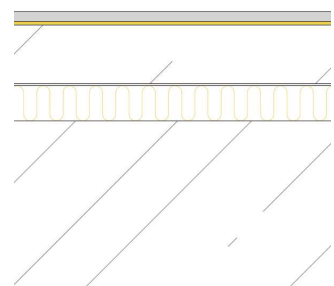
Skladba střešního pláště

Pořadí	Název	Ploš/obj. hmotnost		Tloušťka	Ploš. Zat.
		kg/m ²	kg/m ³	[m]	kN/m ²
1	Rostliny	0.5			0.005



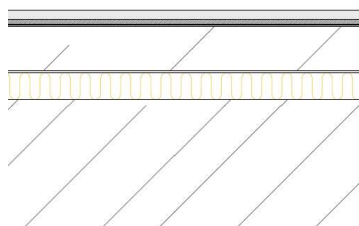
2	Substrát		1400	0.2	2.8
3	Filtrační geotextílie	0.15			0.0015
4	Voda	15			0.15
5	Drenážní vrstva		2300	0.025	0.575
6	Geotextílie	0.3			0.003
7	HI fólie	0.3			0.003
8	TI EPS klíny		30	0.35	0.105
9	Asf. Parozábrana	4.8			0.048
Charakteristické plošné zatížení					3.691

Skladba podlahy v 2.NP a 3.NP - obytné místnosti a chodby



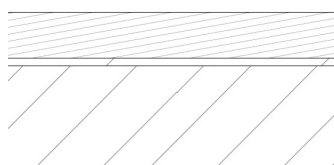
Pořadí	Název	Ploš/obj. hmotnost	Tloušťka	Ploš. Zat.
		kN/m ³	[m]	kN/m ²
1	Laminátová podlaha	8	0.008	0.064
2	Podložka z mirelonu	0.021	0.003	0.000063
3	Betonová mazanina	23	0.05	1.15
4	Separační fólie	-	-	-
5	Kročejová izolace	1.45	0.03	0.0435
6	Konstrukce ŽB stropu	-	-	-
	Charakteristické plošné zatížení			1.258

Skladba podlahy v 2.NP a 3.NP - hygienické místnosti

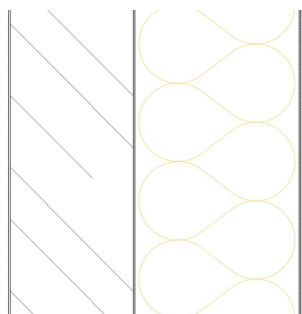


Pořadí	Název	Ploš/obj. hmotnost	Tloušťka	Ploš. Zat.
		kN/m ³	[m]	kN/m ²
1	Keramická dlažba	21	0.01	0.21
2	Cementová lepicí hm.	6.9	0.006	0.0414
3	Hydroizolační nátěr	-	-	-
4	Hydroizolační nátěr	-	-	-
5	Betonová mazanina	23	0.05	1.15
6	Separační fólie	-	-	-
7	Kročejová izolace	1.45	0.03	0.0435
8	Konstrukce ŽB stropu	-	-	-
Charakteristické plošné zatížení				1.445

Skladba podlah na balkónech



Pořadí	Název	Ploš/obj. hmotnost	Tloušťka	Ploš. Zat.
		kN/m ³	[m]	kN/m ²
1	Dřevěná dlažba	4.2	0.065	0.273
2	Betonáž ve sklonu 2%	24	0.01	0.24
3	Konstrukce ŽB stropu	-	-	-
	Charakteristické plošné zatížení			0.513



Skladba stěn

Pořadí	Název	Ploš/obj. hmotnost	Tloušťka	Ploš. Zat.
		kN/m^3	[m]	kN/m^2
1	Venkovní omítka	18	0.002	0.036
2	Fasádní lepicí tmel	18	0.002	0.036

3	EPS	0.3	0.2	0.06
4	Fasádní lepící tmel	18	0.002	0.036
5	ŽB konstrukce	-	-	-
6	Vnitřní omítka	18	0.002	0.036
Charakteristické plošné zatížení				0.204

Skladba atiky

Pořadí	Název	Ploš/obj. hmotnost	Tloušťka	Ploš. Zat.
		kN/m^3	[m]	kN/m^2
1	Venkovní omítka	18	0.002	0.036
2	Fasádní lepící tmel	18	0.002	0.036
3	EPS	0.3	0.2	0.06
4	Fasádní lepící tmel	18	0.002	0.036
5	Keramické tvárnice	7.5	0.25	1.875
6	Fasádní lepící tmel	18	0.002	0.036
7	EPS	0.3	0.2	0.06
8	Fasádní lepící tmel	18	0.002	0.036
9	Venkovní omítka	18	0.002	0.036
Charakteristické plošné zatížení				2.211

Náhradní síla za atiku

Výška atiky

0.5 m

Liniové zatížení

$$2.211 \cdot 0.5 =$$

1.106 kN/m

Náhradní síla a moment způsobený větrem na atiku

Oblast větru	Zatížení	Výška	Liniové zat.	Rameno	Liniový moment
	kN/m^2	[m]	kN/m	m	kNm/m
A	-0.650	0.5	-0.325	0.25	-0.081
	-0.758	0.5	-0.379	0.25	-0.095
B	-0.866	0.5	-0.433	0.25	-0.108
	-0.595	0.5	-0.298	0.25	-0.074

Náhradní síla a moment způsobený sněhem na atiku

Ozn.	Zatížení	Šířka	Liniové zat.	Rameno	Liniový moment
	kN/m^2	[m]	kN/m	m	kNm/m
Sníh	0.6	0.662	0.3972	0.025	0.00993

3.2 ZATÍŽENÍ OD ZEMINY

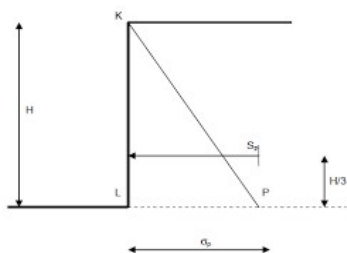
Vzhledem k neznalosti inženýrsko geologického průzkumu byla stanovena hladina podzemní vody ve výšce 3 metry nad projektovou nulou. (Tedy na úrovni terasy)

Objemová tíha zeminy

$$\gamma = 22.5 \quad \text{kN/m}^3$$

Objemová tíha vody

$$\gamma = 10 \quad \text{kN/m}^3$$



Výška	h=	3	m
Napětí na stěnu ve 3 metrech	$\sigma = \gamma_{\text{sat}} \cdot h =$	$(10 + 22.5) \cdot 3 =$	97.5 Mpa
Liniové zatížení	Lin.zat=		97.5 kN/m

3.3 ZATÍŽENÍ OD KOPULKY

Kopulka se nachází na stropu nad 2.NP slouží jako výstup na střechu.

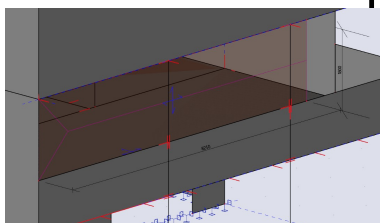
Hmotnost střechy kopulky	30 kg/m ²
Tíha střechy kopulky	0.3 kN/m ²
Plocha střechy	A= 6.157522 m ²
Celkem zatížení	G _{střecha} = 1.847256 kN
Hmotnost stěn kopulky	40 kg/m ²
Tíha stěna kopulky	0.4 kN/m ²
Plocha stěny	A= 8.796459 m ²
Celkem zatížení	G _{stěna} = 3.518584 kN
Suma zatížení	G _{celkem} = 5.36584 kN
Obvod kopulky	O= 8.796459 m
Liniové zatížení	G _{kopulka} = 0.61 kN/m

3.4 PŘENOS ZATÍŽENÍ OD OKEN

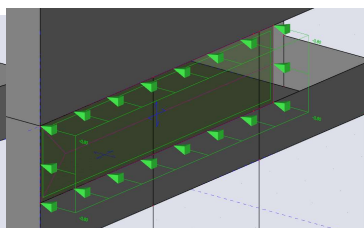
Roznos zatížení větru od výplní otvorů (příklad u okna v 1.NP)

Plocha otvoru	14.85	m ²
Oblast	A	
Zatížení	-649.6308	N/m ²

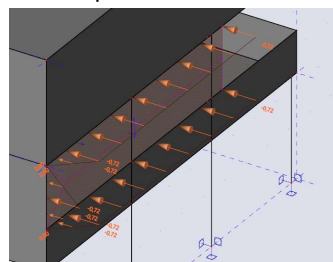
Zatěžovací panel



Zatížení před roznosem



Zatížení po roznosu



Všechny ostatní výplně otvoru jsou analogicky. Výjimkou jsou otvory v 1.NP na balkónku, kde se počítá s přenosem větru do "zábradlí".

4. NASTAVENÍ ŘEŠIČE

Vypočtené zatížení bylo aplikováno na 3D model konstrukce, ze kterého byly následně převzaty vnitřní síly pro dimenzování jednotlivých konstrukčních prvků. V některých případech byly výsledky ověřeny pomocí jednodušších modelů dílčích částí, aby byla potvrzena správnost výpočtového postupu a chování konstrukce.

V programu SCIA Engineer byly vnitřní síly získávány prostřednictvím nástroje Výsledky → 1D Vnitřní síly nebo 2D Vnitřní síly. Pro analýzu 2D vnitřních sil bylo použito následující nastavení:



Hustota výpočetní sítě byla nastavena s ohledem na geometrii a tuhost jednotlivých konstrukčních prvků. U 2D prvků byla zvolena velikost prvků 0,2 m. Tato hodnota odpovídá doporučení pro velikost konečných prvků ve výši 1–2 násobku tloušťky desky. Tloušťka stropní desky nad 2. NP činí 160 mm, nad 1. NP pak 200 mm.

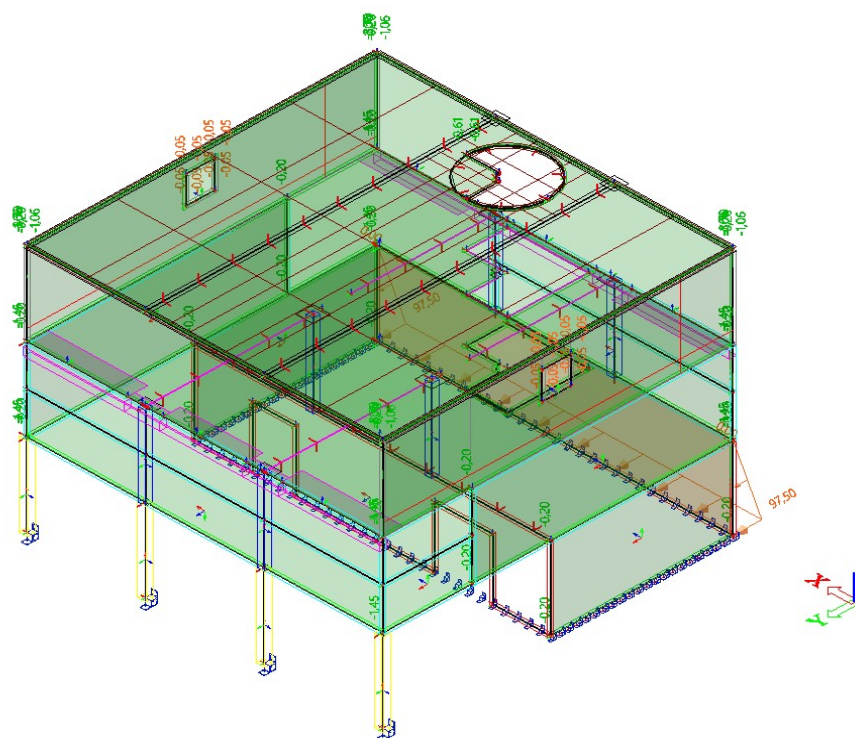
U 1D prvků byla délka konečných prvků nastavena na 0,16 m. Hodnoty a extrémy zobrazené v programu byly dále upravovány dle potřeby pro lepší přehlednost a přesnější lokalizaci kritických oblastí.

5. ZATÍŽENÍ 3D MODELU

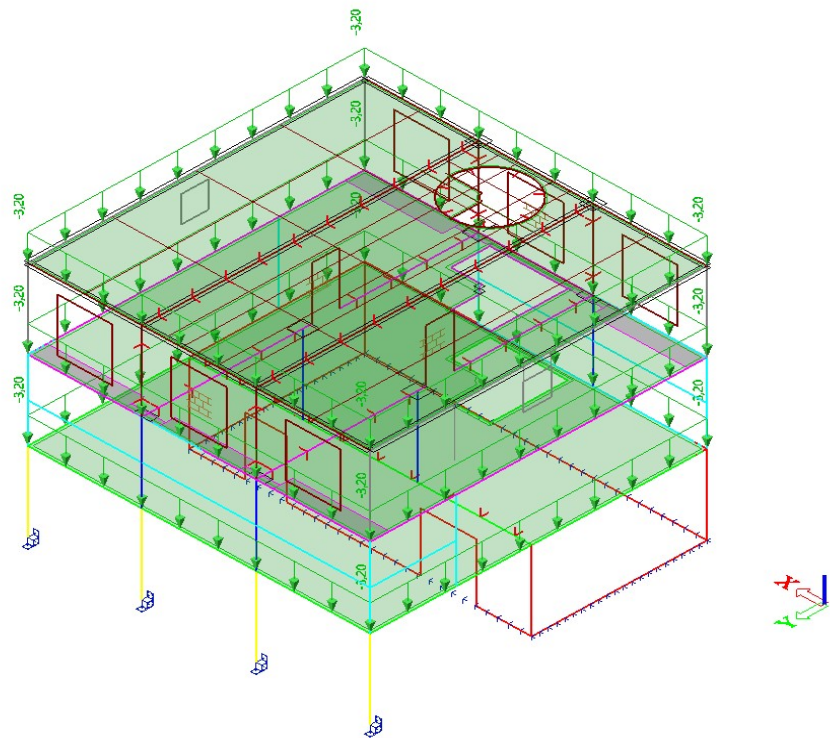
Na následujících obrázcích je znázorněna celková nosná konstrukce včetně uvažovaného zatížení. Zatížení bylo rozděleno do jednotlivých zatěžovacích stavů, ze kterých program následně generoval kombinace zatížení dle příslušných normových pravidel. Všechny podpory byly v modelu idealizovány jako vetknuté.

ZS1 - Vlastní tíha konstrukce - generováno softwarem

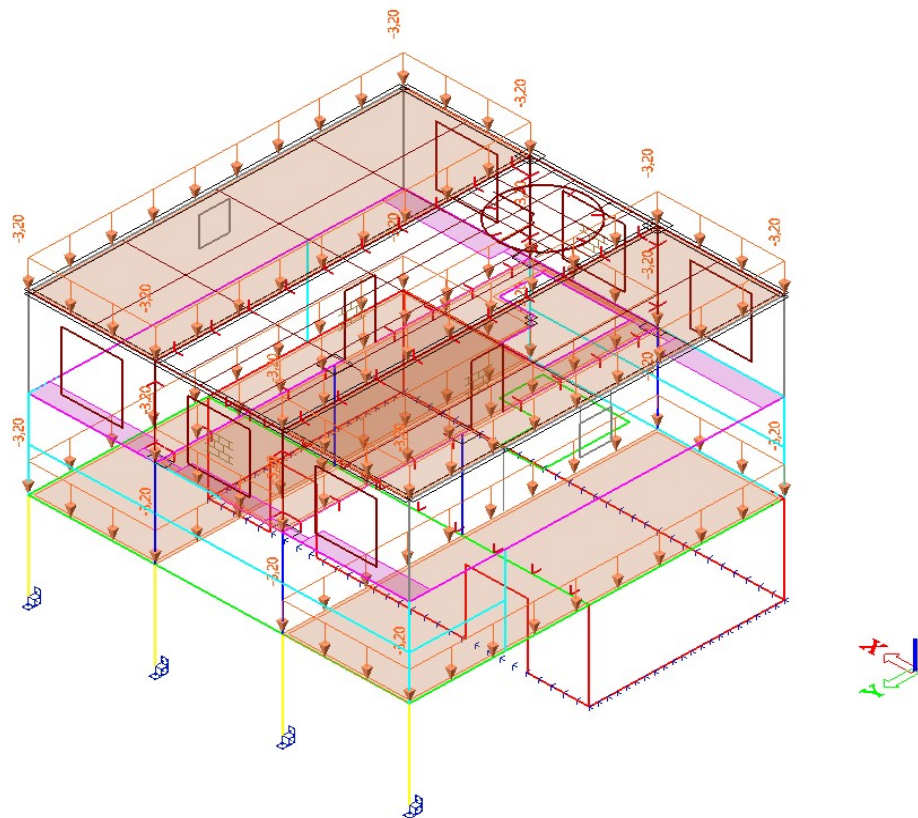
ZS2 - Stálé zatížení



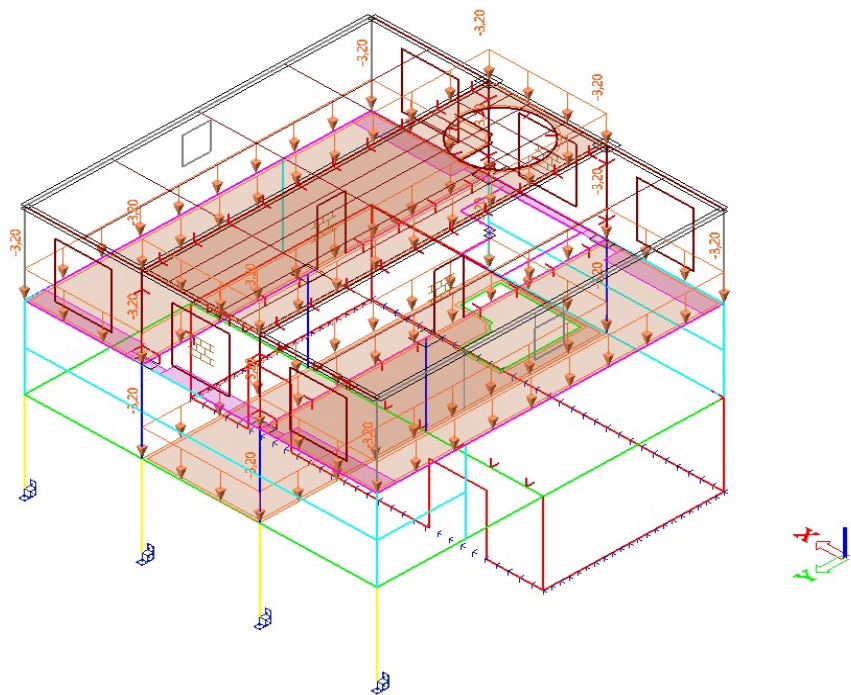
ZS3 - Proměnné plný šach



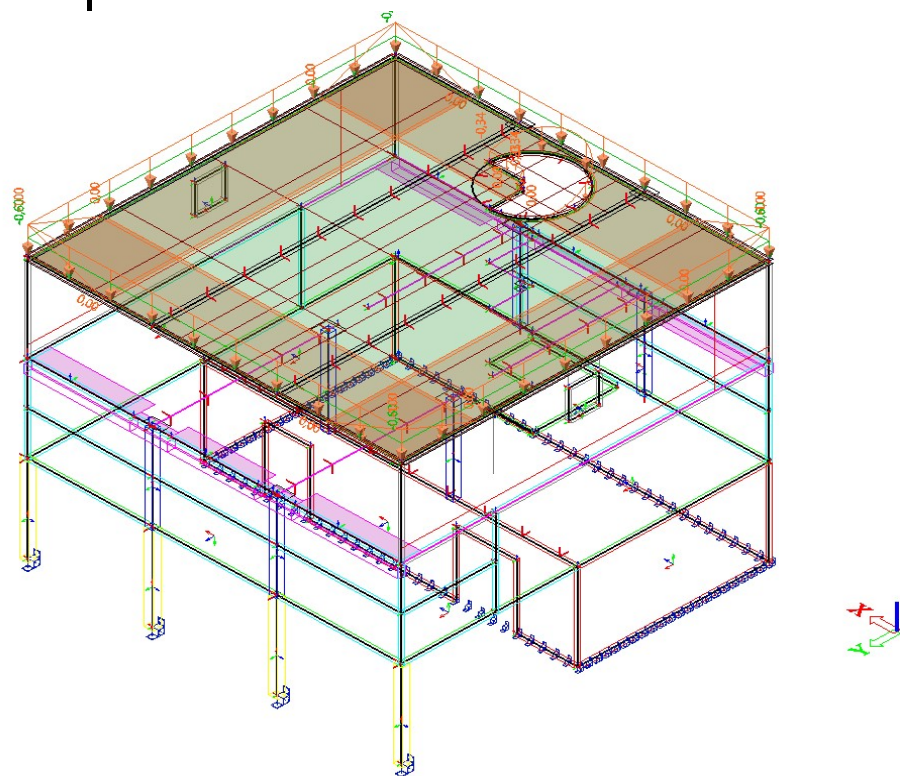
ZS4 - Proměnné boční šach



ZS - Proměnné prostřední šach



ZS6 - Sníh



6. ZATÍŽENÍ OD SCHODIŠTĚ

Vzhledem ke složitosti tvaru bylo schodiště zjednodušeno na prutový model, symbolizovaný střednicí schodiště. Tato střednice byla následně zatížena stálým a proměnným zatížením. Reakce byly poté zadány do kompletního 3D modelu. Zatížení stálé ke stálému zatížení a zatížení proměnné jako proměnné zatížení. Do 3D modelu byly přepsány všechny reakce - Rx, Ry, Rz, Mx, My, Mz.

Vlastní tíha schodiště

Objem jednoho stupně	0.009286 m ³
Objem 15 stupňů	1.43 m ³
Tíha betonu	25 kN/m ³
Tíha schodiště	35.75 kN

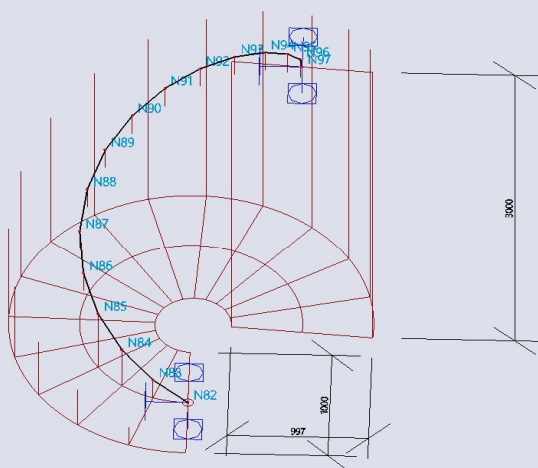
Proměnné zatížení

Velikost	2 kN/m ²	
Plocha schodiště	$(1.27^2 \cdot \pi - 0.27^2 \cdot \pi) \cdot 0.75 =$	3.62854 m ²
Celkové zatížení	7.257079 kN	

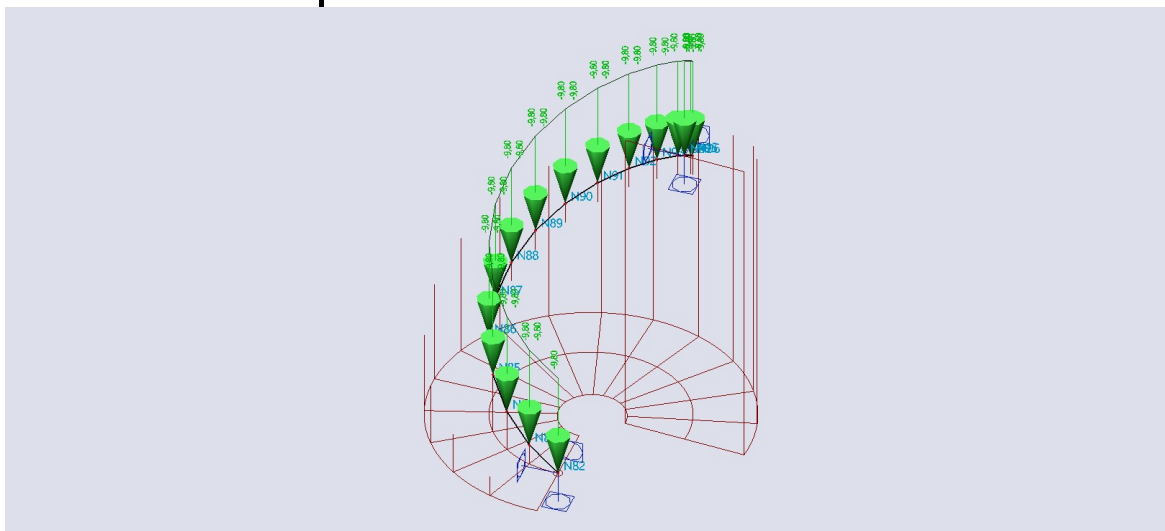
Délka střednice	$(3/4) \cdot 2 \cdot \pi = (3/4) \cdot \pi \cdot 0.77 =$	3.62854 m
-----------------	--	-----------

Zatížení na 1m

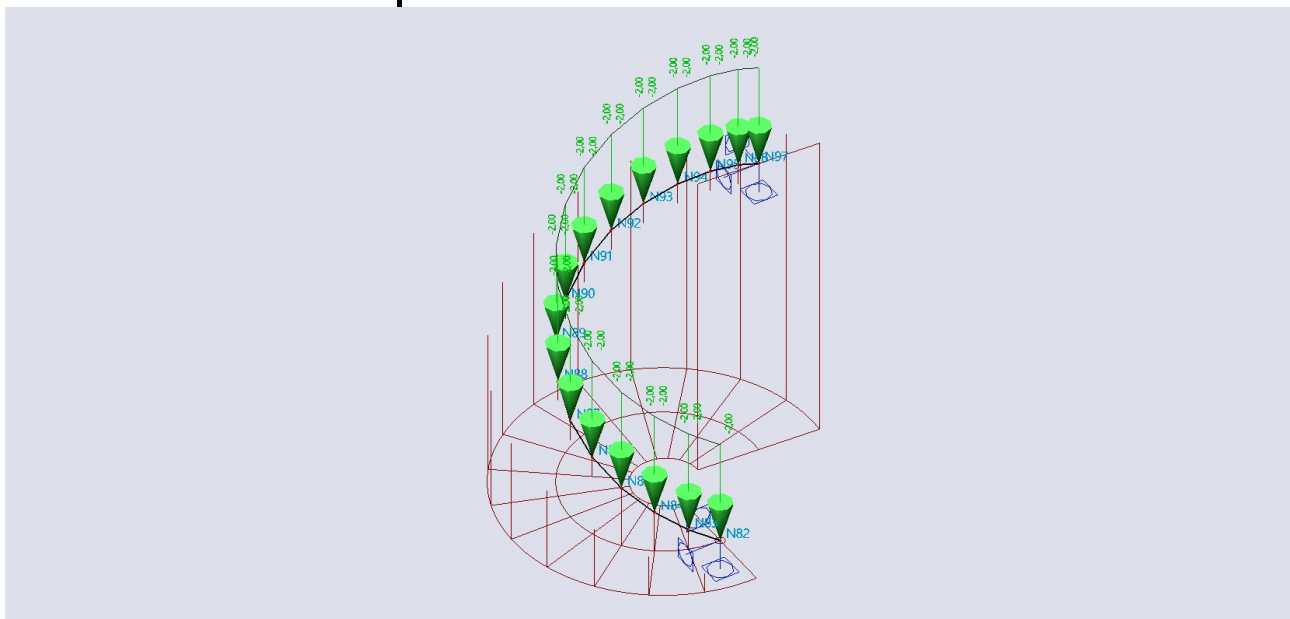
	Celkem [kN]	Na 1 m [kN/m]
Stálé	35.75	9.85
Proměnné	7.26	2



Stálé zatížení



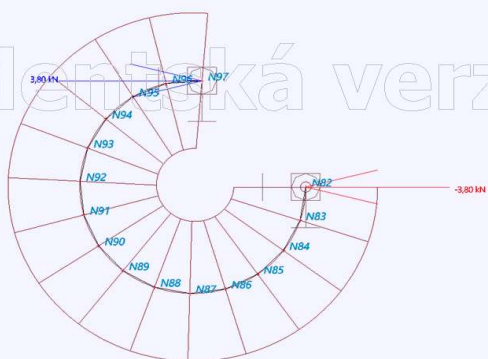
Proměnné zatížení



Reakce od stálého zatížení

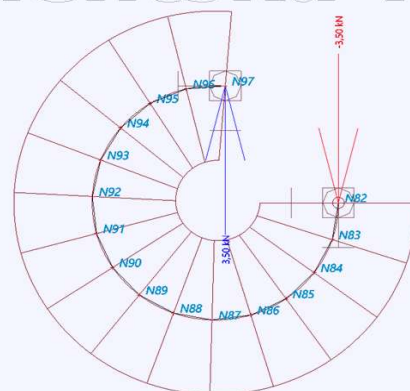
3. Reakce; R_x

Hodnoty: R_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: z33 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



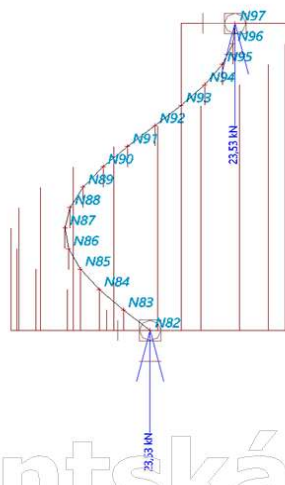
4. Reakce; R_y

Hodnoty: R_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: z33 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



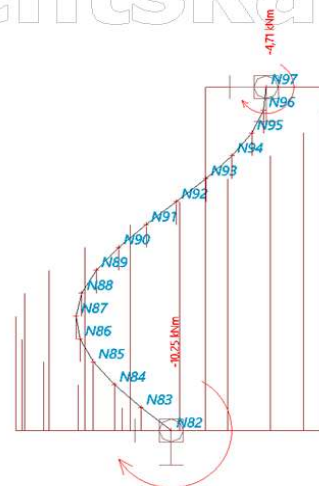
5. Reakce; R_z

Hodnoty: R_z
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: zs3 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



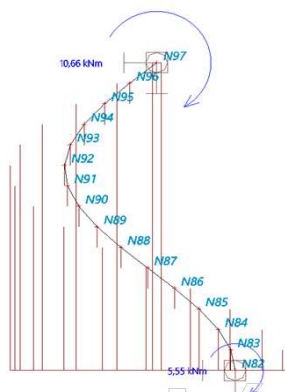
6. Reakce; M_x

Hodnoty: M_x
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: zs3 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



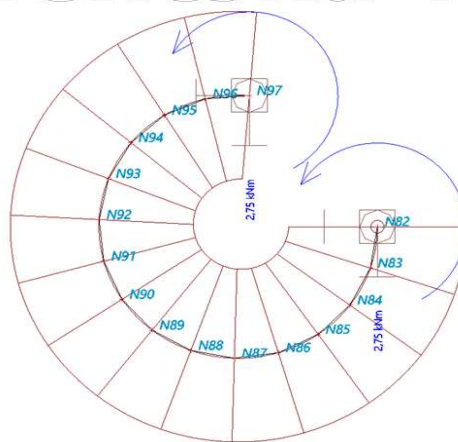
7. Reakce; M_y

Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: zs3 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



8. Reakce; M_z

Hodnoty: M_z
Lineární výpočet
Zatěžovací stav: zs3 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše



1. Reakce

Lineární výpočet
Zatěžovací stav: zs3 - stálé
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše

Uzlové reakce

Jméno	Stav	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	e_x [mm]	e_y [mm]
Sn2/N82	zs3 - stálé	-3,80	-3,50	23,53	-10,25	5,55	2,75	-236,0	-435,4
Sn1/N97	zs3 - stálé	3,80	3,50	23,53	-4,71	10,66	2,75	-453,1	-200,0

2. Reakce

Lineární výpočet
Zatěžovací stav: zs 4 prom
Systém: Globální
Extrém: Globální
Výběr: Vše

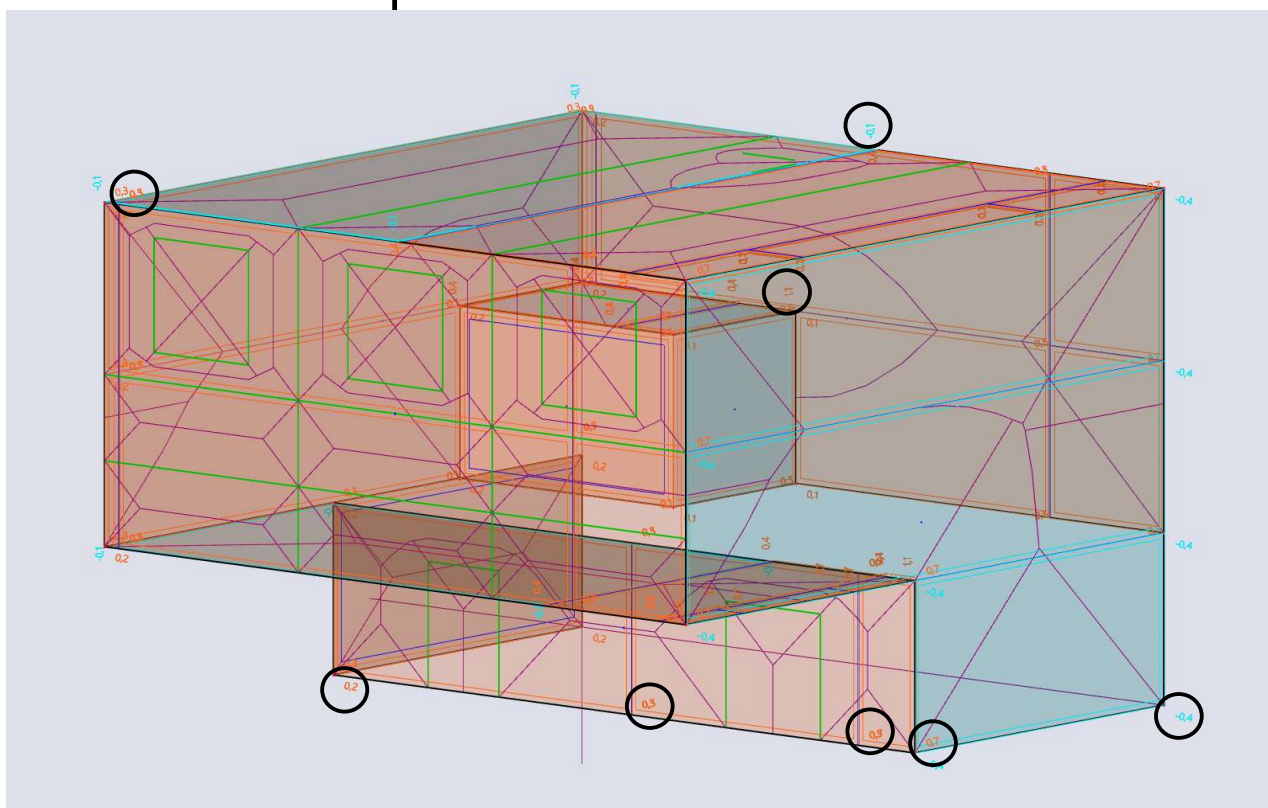
Uzlové reakce

Jméno	Stav	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	e_x [mm]	e_y [mm]
Sn2/N82	zs 4 prom	-0,78	-0,71	4,80	-2,09	1,13	0,56	-236,0	-435,4
Sn1/N97	zs 4 prom	0,78	0,71	4,80	-0,96	2,18	0,56	-453,1	-200,0

7. KONTROLA 3D GENERÁTORU VĚTRU

Pro stanovení zatížení větrem byl využit generátor 3D větru v programu SCIA Engineer. Výsledky generované programem byly následně ověřeny pomocí ručního výpočtu. Při kontrole byla vždy porovnávána jak velikost zatížení, tak rozměr zatěžovací plochy. Zjištěné rozdíly byly minimální, a proto bylo zatížení vygenerované programem považováno za správné a dále použito v návrhových kombinacích. Ověření bylo provedeno pro všechny čtyři směry působení větru. Vnitřní přetlak a podtlak nebyly při návrhu uvažovány.

SMĚR 0°



Stěny

	scia výsledky	výpočet	ABSOLUTNÍ ODCHYLKA	
A	0.7	0.649	0.051	[kPa]
B	0.5	0.433	0.067	[kPa]
C	0.3	0.27	0.03	[kPa]
D	0.4	0.433	0.033	[kPa]
E	0.2	0.272	0.072	[kPa]

Střecha

	scia výsledky	výpočet		
F	1.1	0.974	0.126	[kPa]
G	0.7	0.649	0.051	[kPa]
H	0.4	0.378	0.022	[kPa]
I	0.1	0.108	0.008	[kPa]

8. KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Pro vytvoření kombinací zatížení byl použit program SCIA Engineer, který kombinace generoval dle rovnic (6.10a) a (6.10b) uvedených v normě ČSN EN 1990. Kritické (nejnepříznivější) kombinace byly automaticky určeny programem a jsou dále uvedeny u jednotlivých posuzovaných konstrukčních prvků.

Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr	Působení	Ridici zat. stav
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	Vlastní tíha		-Z		
ZS2	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	Standard				
ZS3	proměnné zatížení plné	Proměnné	SZ2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS4	proměnné zatížení šach boční	Proměnné	SZ2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS5	proměnné zatížení šach střed	Proměnné	SZ2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
ZS6	sníh	Proměnné	SZ3	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
zs 81 schodiště Rx	stálé	Stálé	SZ1	Standard				
zs 82 schodiště Ry	stálé	Stálé	SZ1	Standard				
zs 83 schodiště Rz	stálé	Stálé	SZ1	Standard				
zs 84 schodiště M_x	stálé	Stálé	SZ1	Standard				
zs 85 schodiště M_y	stálé	Stálé	SZ1	Standard				
zs 86 schodiště M_z	stálé	Stálé	SZ1	Standard				
zs 91 schodiště Rx	proměnné	Proměnné	SZ4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
zs 92 schodiště Ry	proměnné	Proměnné	SZ4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
zs 93 schodiště Rz	proměnné	Proměnné	SZ4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
zs 94 schodiště M_x	proměnné	Proměnné	SZ4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
zs 95 schodiště M_y	proměnné	Proměnné	SZ4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
zs 96 schodiště M_z	proměnné	Proměnné	SZ4	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
3DVítr1	0, + CPE, + CPI	Proměnné	SZ5	Statické	Statický vítr			Žádný
3DVítr2	90, + CPE, + CPI	Proměnné	SZ5	Statické	Statický vítr			Žádný
3DVítr3	180, + CPE, + CPI	Proměnné	SZ5	Statické	Statický vítr			Žádný
3DVítr4	270, + CPE, + CPI	Proměnné	SZ5	Statické	Statický vítr			Žádný

Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
Studentská verze	*Studentská verze*	*Studentská verze*	*Studentská verze*
SZ1	Stálé		
SZ2	Proměnné	Výběrová	Kat A : obytné
SZ3	Proměnné	Standard	Sníh
SZ4	Proměnné	Společně	Kat A : obytné
SZ5	Proměnné	Výběrová	Vítr

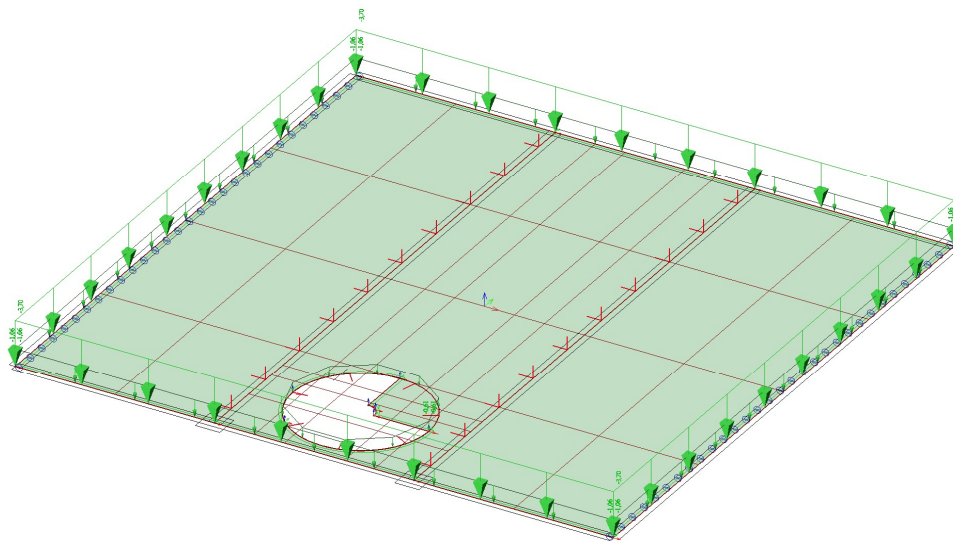
Kombinační rovnice

$$\begin{aligned}
 6.10a \quad & \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\
 6.10b \quad & \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}
 \end{aligned}$$

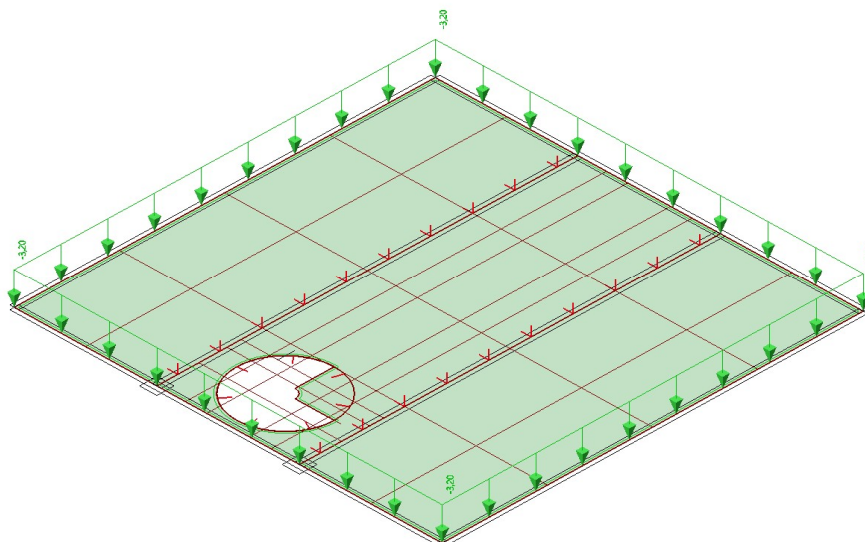
9. STROP NAD 2 NP

9.1 ZATÍŽENÍ

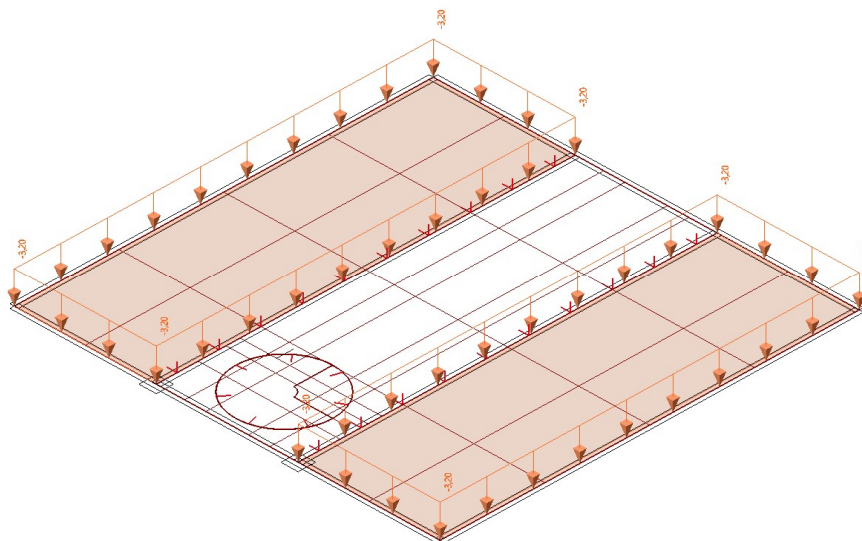
Stálé zatížení



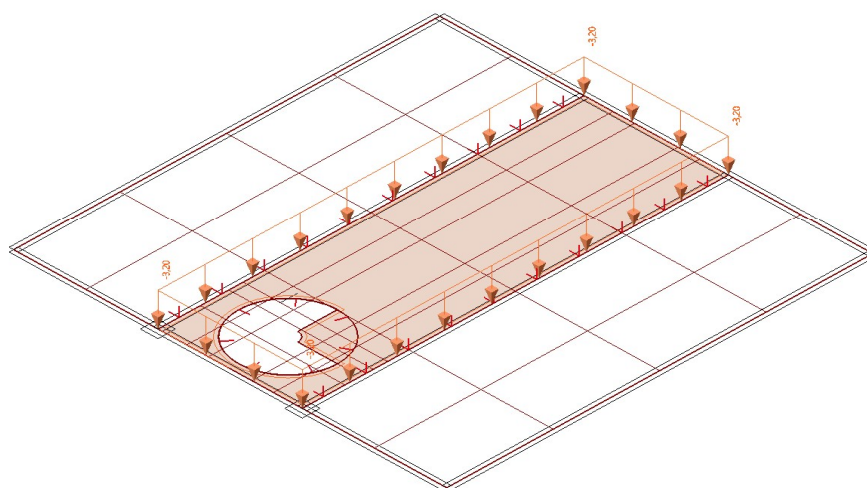
Proměnné plné



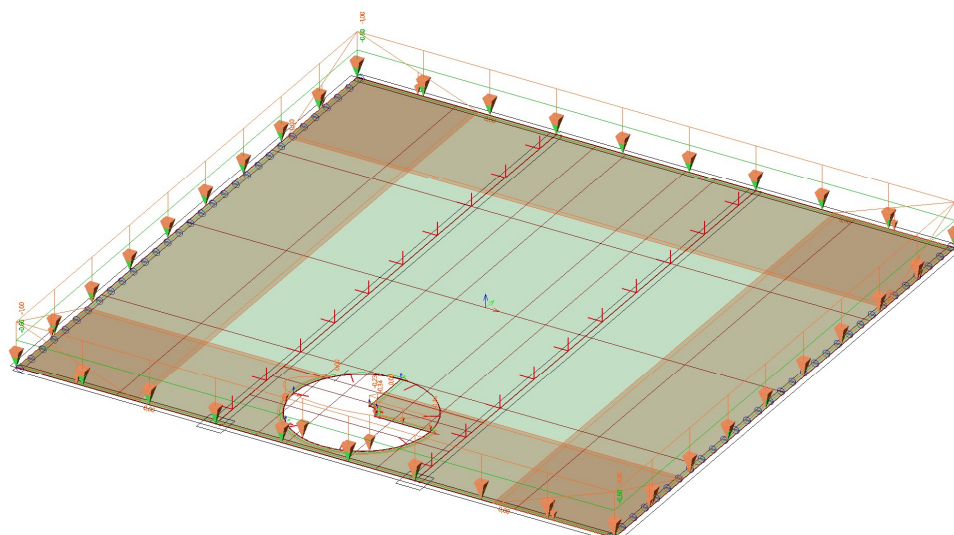
Proměnné boční šach



Prostřední šach

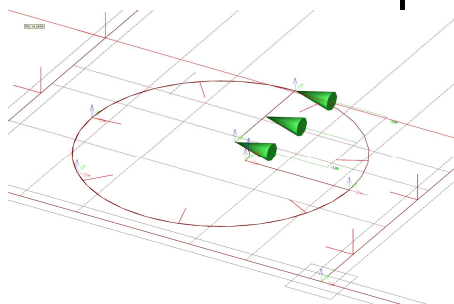


Zatížení sněhem

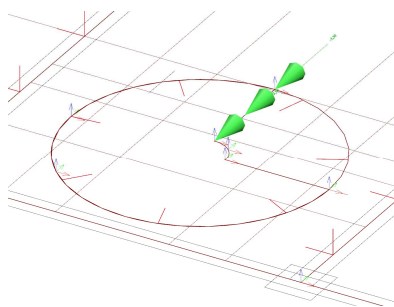


Zatížení od schodiště - stálé

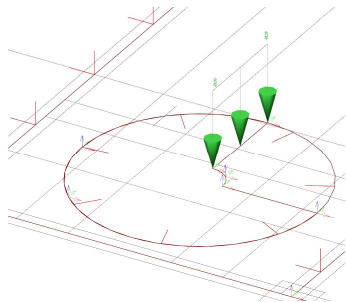
R_x



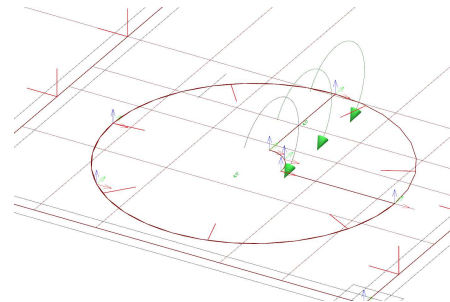
R_y



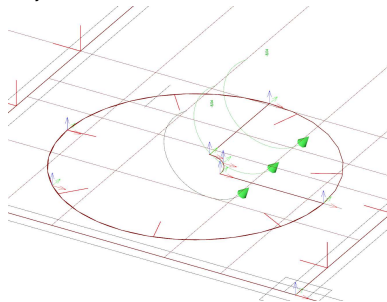
R_z



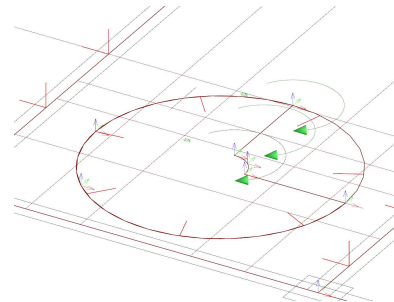
M_x



M_y



M_z



Proměnné zatížení je obdobně, pouze jiná velikost sil.

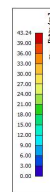
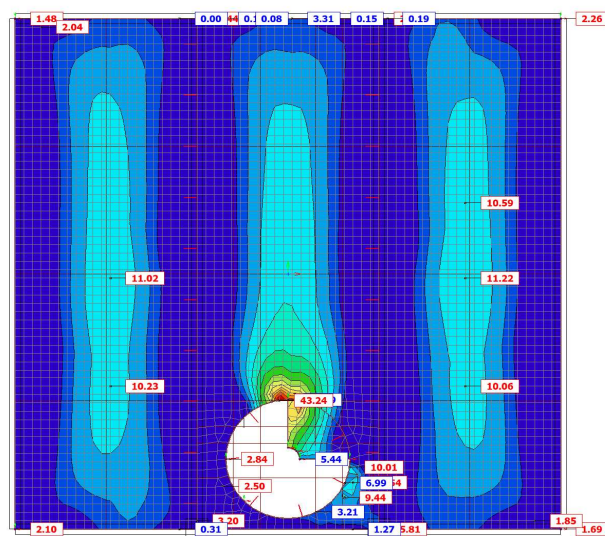
Byly vytvořeny tři varianty výpočetních modelů konstrukce. Prvním z nich je globální 3D model zahrnující všechny navazující konstrukce. Druhý model představuje pouze samotnou desku ve 3D, a to z důvodu ověření správnosti výpočtu; tento model je podepřen prostými podporami. Třetí variantou je 1D model sloužící k orientačnímu ověření správnosti numerického výpočtu.

Z důvodu zjednodušení realizace bylo uvažováno kloubové spojení stropní desky s bočními železobetonovými stěnami. Toto napojení bude provedeno pomocí ocelových profilů ve tvaru písmene „U“ – jeden profil bude osazen ve stěně, druhý v desce. V souladu s tímto řešením byly v modelech použity kloubové vazby namísto tuhých rámových spojů. Vzhledem k tomu, že pravý kloubový spoj v železobetonové konstrukci nevznikne, je horní výztuž napočítána i na případ plného vetknutí.

M_{xd} - (Dolní ve směru X)

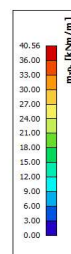
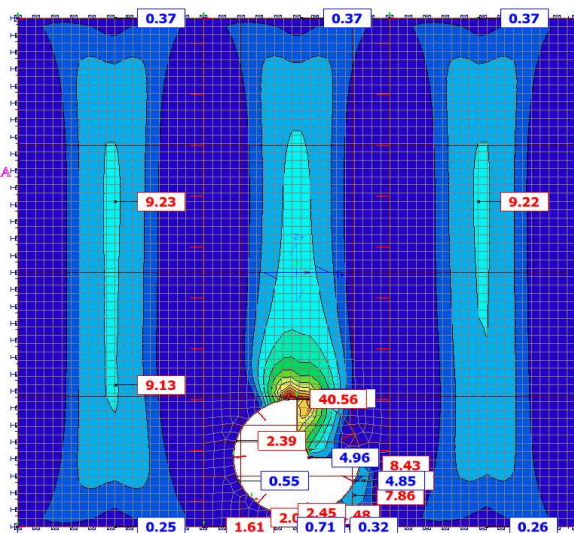
9.2 VNITŘNÍ SÍLY

2D vnitřní síly
Hodnoty: m.s.d.
Lineární výpočet
Kombinace: MSJ-Sada B (auto)
Extrém: Síť
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prosto síť
Síťky vnějších síl rovnoběžní se
žádným se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní síly žebra.



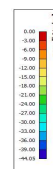
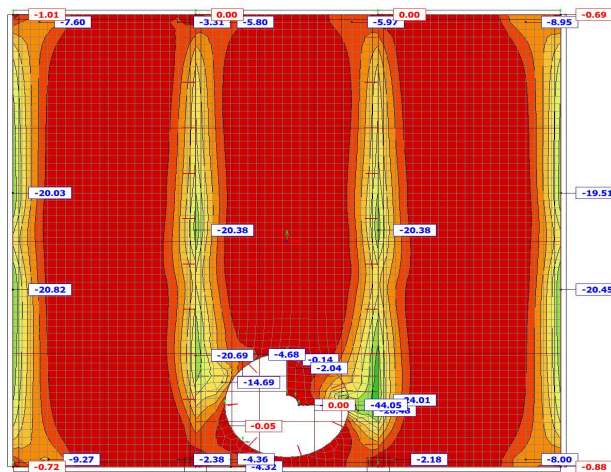
2D vnitřní síly
Hodnoty: m.s.d.
Lineární výpočet
Kombinace: MSJ-Sada B (auto)
Extrém: Síť
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Natočení planárního systému: LSS-Plochy

3D MODEL - POUZE STROPNÍ DESKA



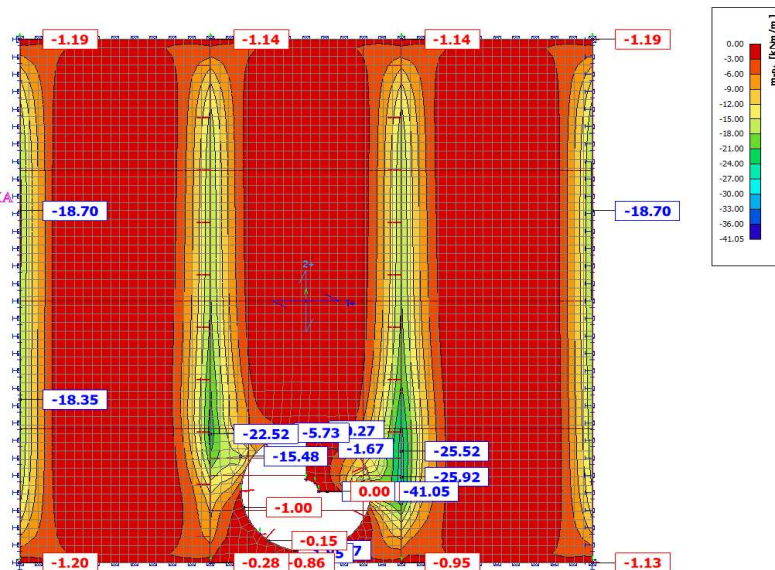
M_{xd} + (Horní ve směru X)

2D vnitřní síly
Hodnoty: m.s.d.
Lineární výpočet
Kombinace: MSJ-Sada B (auto)
Extrém: Síť
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prosto síť
Síťky vnějších síl rovnoběžní se
žádným se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní síly žebra.



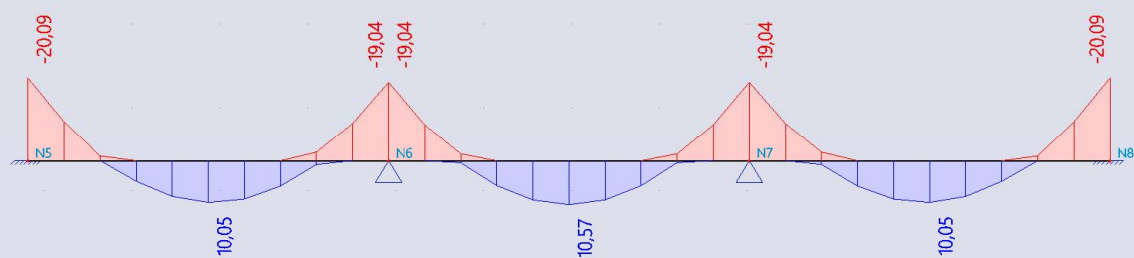
2D vnitřní síly
 Hodnoty: $m \cdot s^{-2}$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Síl
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Natočení planárního systému: LSS-Plochy

3D MODEL - POUZE STROPNÍ DESKA



1D ověření správnosti výsledků

1D vnitřní síly
 Hodnoty: M_y
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Dilec
 Extrém 1D: Lokální
 Výběr: Vše



Závěr k dimenzačním silám: Výsledky získané z 2D a 3D modelu vykazují velmi dobrou shodu. Ruční ověření pomocí zjednodušeného 1D modelu potvrdilo správnost numerických výpočtů. Pro další dimenzační posouzení byl zvolen 3D model zahrnující navazující konstrukce.

Vnitřní síly pro dolní výztuž

$$M_{Ed} = 42.57 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro horní výztuž desky

$$M_{Ed} = 43.96 \text{ kNm}$$

Smyková síla

$$V_{Ed} = 33.47 \text{ kN}$$

9.3 VÝPOČET STROPU NAD 2.NP

9.3.1 Geometrie desky

$$h_s = 160 \text{ mm}$$

9.3.2 Materiály

Beton

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

$$f_{cd} = 16.67 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3.5 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c2} = 2 \text{ ‰}$$

$$f_{ctk0.05} = 1.8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1.2 \text{ MPa}$$

Ocel

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{yd} = 2.17 \text{ ‰}$$

9.3.3 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC3

Kategorie návrhové životnosti S3 = 50 let

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 = 30 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$$

$$= \max(8; 20 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} \geq \Phi \rightarrow c_{min,b} = 8 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 20 \text{ mm}$$



$$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm} \quad \text{přídavná hodnota spolehlivosti}$$

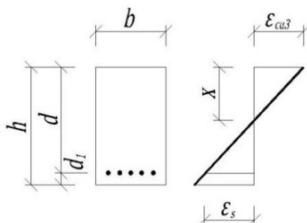
$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u nerezavé oceli}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u dodatečné ochrany}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{přídavek pro návrhovou odchylku}$$

9.3.4 Návrh hlavního rastru dolní výztuže desky

KRYTÍ=	30
 d1=	8
d2=	8
distančník=	68
 d2=	8
d1=	8
KRYTÍ=	30



Moment pro základní rastr

$$M_{ed,základní} = 13.41008 \text{ kNm}$$

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 8 \quad \text{po} \quad 200 \quad A_{sodhad} = 251.3274 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000251 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 = 126 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 251.3274 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže základního rastru

Φ	8	po	200	A_{sprov}	A_{sprov}
				$A_{sprov} = 251.3274 \text{ mm}^2$	$A_{sprov} = 0.000251 \text{ m}^2$

$$A_{sprov} > A_{sreq} \text{ VYHOVUJE}$$

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.126 / 500 = 0.00017 \text{ m}^2 = 170.352 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 1 \cdot 160 / 1000 = 0.000208 \text{ m}^2 = 208 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.126 = 0.00504 \text{ m}^2 = 5040 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 208 < A_{sprov} = 251.3274 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 5040 > A_{sprov} = 251.3274 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,max} = 2h = 320 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 200 < s_{sl,prov} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 8; 21 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 200 \text{ VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti

$$\chi = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0003 \cdot 434.78) / (1 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.008195 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda \chi / 2) = 0 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.126 - 0.8 \cdot 0.008 / 2) = 13.41008 \text{ kNm}$$

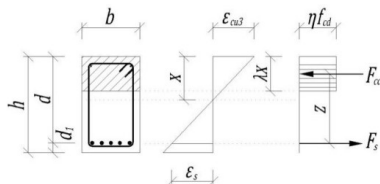
$$M_{Ed} = 13.41008 < M_{Rd} = 13.41008 \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola přetvoření výztuže

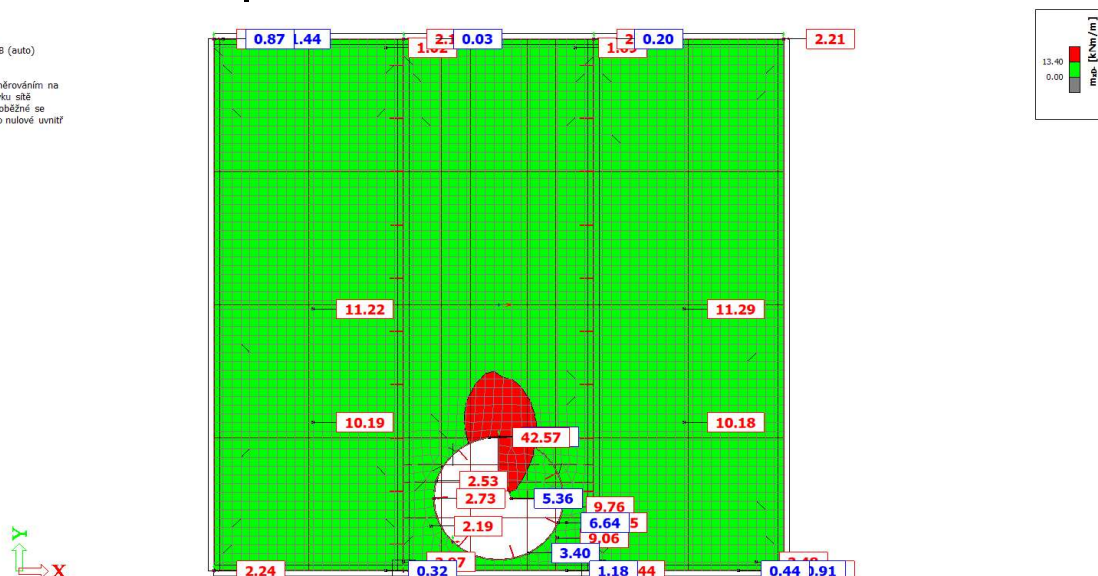
$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.126 - 0.008) \cdot 3.5 / 0.008 = 50.31 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 50.3106 > \epsilon_s = 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$

Zobrazení pokrytí základním rastrem



Hodnoty: $m \times d$
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



$$M_{Rd} = A_{sprov} * f_{yd} * (d - \lambda x / 2) = 0.001 * 434.78 * 1000 * (0.126 - 0.8 * 0.033 / 2) = 49.34 \text{ kNm}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = (d - x) * \varepsilon_{cu3} / x = (0.13 - 0.033) * 3.5 / 0.033 = 9.95 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 9.9526 > \varepsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

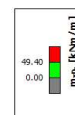
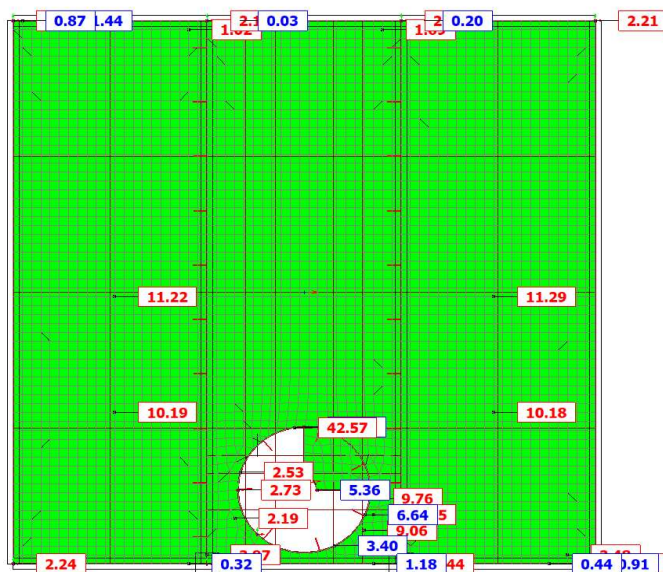
Posudek

$$M_{Ed} = 42.57 < M_{Rd} = 49.34 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití } (M_{Ed} / M_{Rd}) = 86.28\%$$

2D vnitřní síly

Hodnoty: m x m
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sade B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Položka: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síle
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



9.3.6 Rozdělovací výztuž dolní

$$A_{st,min} = 0.2 * A_s = 0.2 * 251.327 = 50.27 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

Φ	8	po	300
---	---	----	-----

$$A_{sprov} = 167.55 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000168 \text{ m}^2$$

$$A_{sprov} > A_{sreq} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{sl,tpmax} = 3h = 480 \text{ mm} < 400 \text{ mm}$$

$$s_{sl,tprov} = 300 < s_{sl,tpmax} = 400 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$d = h_s - \Phi_x - \Phi_y / 2 - c_{nom} = 118 \text{ mm}$$

$$A_{smin} = 0.26 * f_{ctm} * b_t * d / f_{yk} = 0.26 * 2.6 * 1 * 118 / 500 =$$

$$= 0.00016 \text{ m}^2 = 159.54 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 * b * d = 0.0013 * 1 * 118 / 1000 =$$

$$0.000153 \text{ m}^2 = 153.40 \text{ mm}^2$$

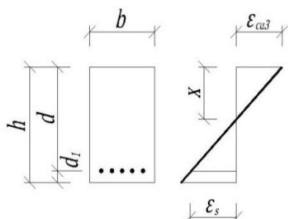
$$A_{smax} = 0.04 * A_c = 0.04 * 1 * 0.16 =$$

$$0.0064 \text{ m}^2 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 159.54 < A_{sprov} = 167.55 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 6400 > A_{sprov} = 167.55 \quad \text{VYHOVUJE}$$

9.3.7 Návrh hlavního rastru horní výztuže desky



Moment pro základní rastr

$$M_{ed,základní} = 13.41 \text{ kNm}$$

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 8 \quad \text{po} \quad 200 \quad A_{sodhad} = 251.33 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000251 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 = 126 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 251.33 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže základního rastru

Φ	8	po	200	A_{sprov}	A_{sprov}
				251.33 mm ²	0.000251 m ²

$$A_{sprov} > A_{sreq} \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.126 / 500 = 0.00017 \text{ m}^2 = 170.35 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 1 \cdot 0.126 / 1000 = 1.64 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 = 0.16 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.126 = 0.00504 \text{ m}^2 = 5040.00 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 170.35 < A_{sprov} = 251.33 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 5040 > A_{sprov} = 251.33 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,pmax} = 2h = 320 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 200 < s_{sl,prov} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 8; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 200 \text{ VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0003 \cdot 434.78) / (1 \cdot 0.8 \cdot 16.67) = 0.008195 \text{ m}$$

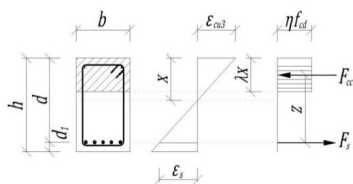
$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0.00025 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.126 - 0.8 \cdot 0.008 / 2) = 13.41 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 13.41008 < M_{Rd} = 13.41008 \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.126 - 0.008) \cdot m2 / 0.008 = 50.31 \text{ ‰}$$

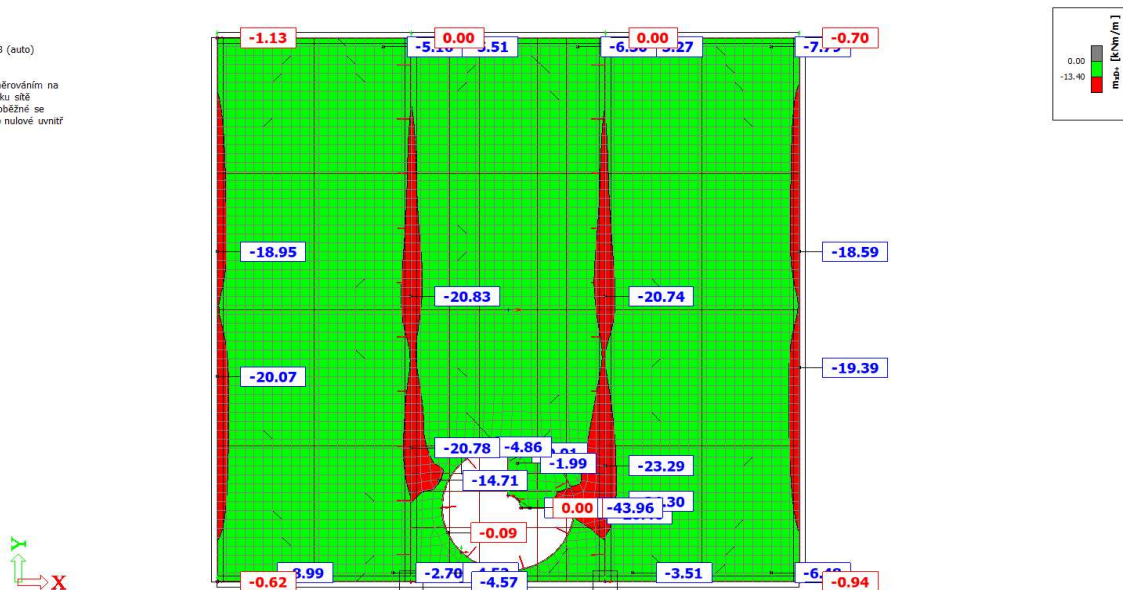
$$\epsilon_s = 50.31 > \epsilon_s = 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$



2D vnitřní síly

Hodnoty: m+0
Lineární výpočet
Kombinace: M0+Sadě B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

Zobrazení pokrytí hlavním rastrem



9.3.8 Návrh dovyztužení horního rastru pro kritická místa - nad podporou

Moment pro kritická místa

$$M_{ed,krit} = 20.83 \text{ kNm}$$

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 8 \quad po \quad 200 \quad A_{sodhad} = 251.33 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000251 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 = 126 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 396.51 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže pro dovyztužení

$$\Phi \quad 8 \quad po \quad 200 \quad A_{sprov} = 251.33 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000251 \text{ m}^2$$

Návrh výztuže základního rastru

$$\Phi \quad 8 \quad po \quad 200 \quad A_{sprov} = 251.33 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000251 \text{ m}^2$$

Celková plocha výztuže

$$A_{sprov} = 502.65 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000503 \text{ m}^2$$

$$A_{sprov} > A_{sreq} \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola únosnosti přidané výztuže

$$d = (A_{s,prov,1} * d_1 + A_{s,prov,2} * d_2) / (A_{s,prov,1} + A_{s,prov,2}) = 126 \text{ mm}$$

$$x = (A_{s1} * f_{yd}) / (b * \lambda * f_{cd}) = (0.0005 * 434.78) / (1 * 0.8 * 16.667) =$$

$$0.02 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} * f_{yd} * (d - \lambda x / 2) = 0.001 * 434.78 * 1000 * (0.126 - 0.8 * 0.016 / 2) =$$

$$26.10 \text{ kNm}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) * \epsilon_{cu3} / x = (0.13 - 0.016) * 3.5 / 0.016 = 23.41 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 23.4053$$

>

$$\epsilon_s = 2.17$$

VYHOVUJE

Posudek

$$M_{Ed} = 20.83$$

<

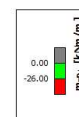
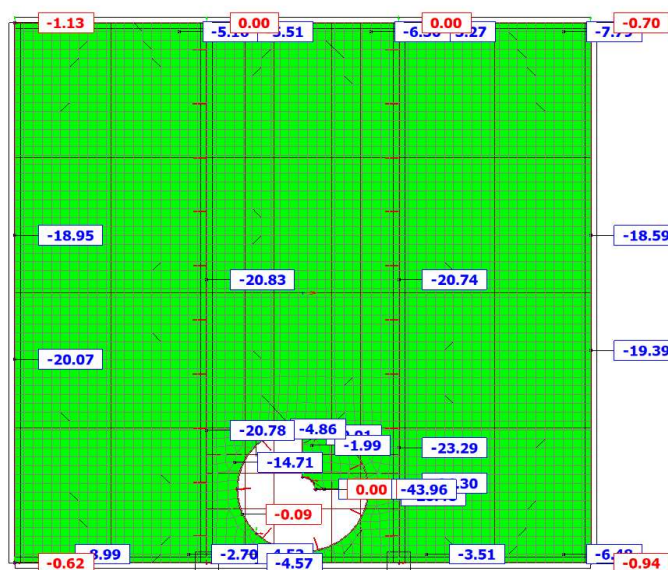
$$M_{Rd} = 26.10373 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití } (M_{Ed} / M_{Rd}) =$$

$$79.80\%$$

2D vnitřní síly

Hodnoty: m·s
Lineární výpočet
Kombinace: NSU-Sade B (auto)
Extrém: Dilc
Výběr: Vše
Položka: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS-průřez síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



9.3.9 Rozdělovací výztuž horní

$$A_{st,min} = 0.2 * A_s = 0.2 * 251.327 =$$

$$50.27 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

Φ	8	po	300
---	---	----	-----

$$A_{sprov} = 167.55 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000168 \text{ m}^2$$

$$A_{sprov} > A_{sreq} \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{sl,tpmax} = 3h = 480 \text{ mm} < 400 \text{ mm}$$

$$s_{sl,tprov} = 300$$

<

$$s_{sl,tpmax} = 400$$

VYHOVUJE

$$d = h_s - \Phi_x - \Phi_y / 2 - c_{nom} = 118 \text{ mm}$$

$$A_{smin} = 0.26 * f_{ctm} * b_t * d / f_{yk} = 0.26 * 2.6 * 1 * 118 / 500 =$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.00016 \text{ m}^2 = 159.54 \text{ mm}^2 \\
 A_{smin} &= 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 1 \cdot 118 / 1000 = 0.000153 \text{ m}^2 = 153.40 \text{ mm}^2 \\
 A_{smax} &= 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.16 = 0.0064 \text{ m}^2 = 6400 \text{ mm}^2 \\
 A_{smin} &= 159.536 < A_{sprov} = 167.5516 \text{ VYHOVUJE} \\
 A_{smax} &= 6400 > A_{sprov} = 167.5516 \text{ VYHOVUJE}
 \end{aligned}$$

9.3.10 Posouzení na smyk

$$\begin{aligned}
 h_s &= 160 \text{ mm} \\
 V_{Ed1} &= V_{ed} - f_d \cdot (a + d) = 33.47 - 16.667 \cdot (100 / 1000 + 160 / 1000) = 29.14 \text{ kN} \\
 a &= 100 \text{ mm} \quad (\text{půlka uložení}) \\
 d &= 160 \text{ mm} \\
 V_{Rdc} &= c_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 0.12 \cdot 2 \cdot ((100 \cdot 0.00199 \cdot 25)^{0.333}) \cdot 1 \cdot 126 = 51.66 \text{ kN} \\
 c_{Rdc} &= 0.18 / \gamma = 0.18 / 1.5 = 0.12 \\
 k &= 1 + \sqrt{200 / d} = 1 + \sqrt{200 / 126} = 2.26 < 2 \\
 k &= 2 \\
 \rho_l &= A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0.000251 / (1 \cdot 0.126) = 0.001995 \\
 V_{Rdc} &= v_{min} \cdot b_w \cdot d = 494.975 \cdot 1 \cdot 0.126 = 62.37 \text{ kN} \\
 v_{min} &= 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 494.9747 \\
 V_{Rdc} &= 62.37 > V_{Ed} = 29.14
 \end{aligned}$$

PRŮŘEZ VYHOVÍ BEZ SMYKOVÉ VÝZTUŽE

9.3.11 Kotevní délky výztuže - výztuž průměru 8

$$\begin{aligned}
 c_{nom} &= 35 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 100 \text{ mm} \\
 a &= 92 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 8 \text{ mm} \\
 f_{bd} &= 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ Mpa} \\
 \eta_1 &= 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky} \\
 \eta_2 &= 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm} \\
 l_{bd,req} &= (\Phi / 4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (8 / 4) \cdot (434.78 / 2.7) = 322.06 \text{ mm} \\
 \sigma_{sd} &= f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa} \\
 l_{bd} &= l_{bd,req} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 = 157.81 \text{ mm} \\
 \alpha_1 &= 1 \quad \text{tažený prut} \\
 \alpha_2 &= 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 \cdot (35 - 8) / 8 = 0.79 \\
 \alpha_2 &= 0.79375 \\
 c_d &= \min(a / 2; c_1; c) = \min(92 / 2; 35; 35) = 35 \text{ mm} \\
 \alpha_3 &= 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})
 \end{aligned}$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisítě})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.555625$ **VIZ DALŠÍ ŘÁDEK**

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.7 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 300 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 300 > l_{min} = 100 \text{ VYHOVUJE}$$

9.3.12 Stykování výztuže - výztuž průměru 8

$$c_{nom} = 35 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 100 \text{ mm}$$

$$a = 92 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 8 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (8/4) \cdot (434.78/2.7) = 322.0612 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{bd} = l_{bd,req} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 = 220.934 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi)/\Phi = 1 - 0.15 \cdot (35 - 8)/8 = 0.79375$$

$$\alpha_2 = 0.79375$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(92/2; 35; 35) = 35 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisítě})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.555625$ **VIZ DALŠÍ ŘÁDEK**

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.7 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

%stykovaných prurů 50 %

$$\alpha_6 = 1.4$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 100 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 300 \text{ mm}$$

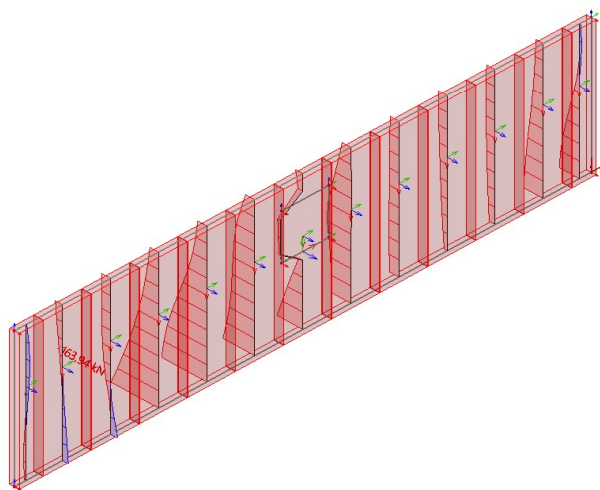
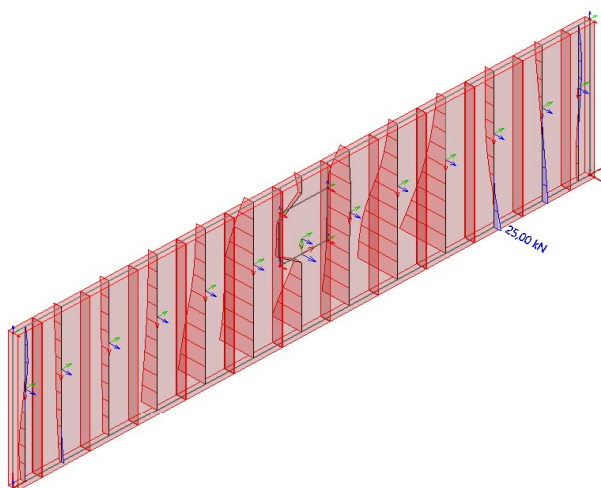
$$l_{bdprov} = 300 > l_{min} = 100 \text{ VYHOVUJE}$$

10. NÁVRH ŽB STĚNY VE 2NP - OHYB + NORMÁLOVÁ SÍLA

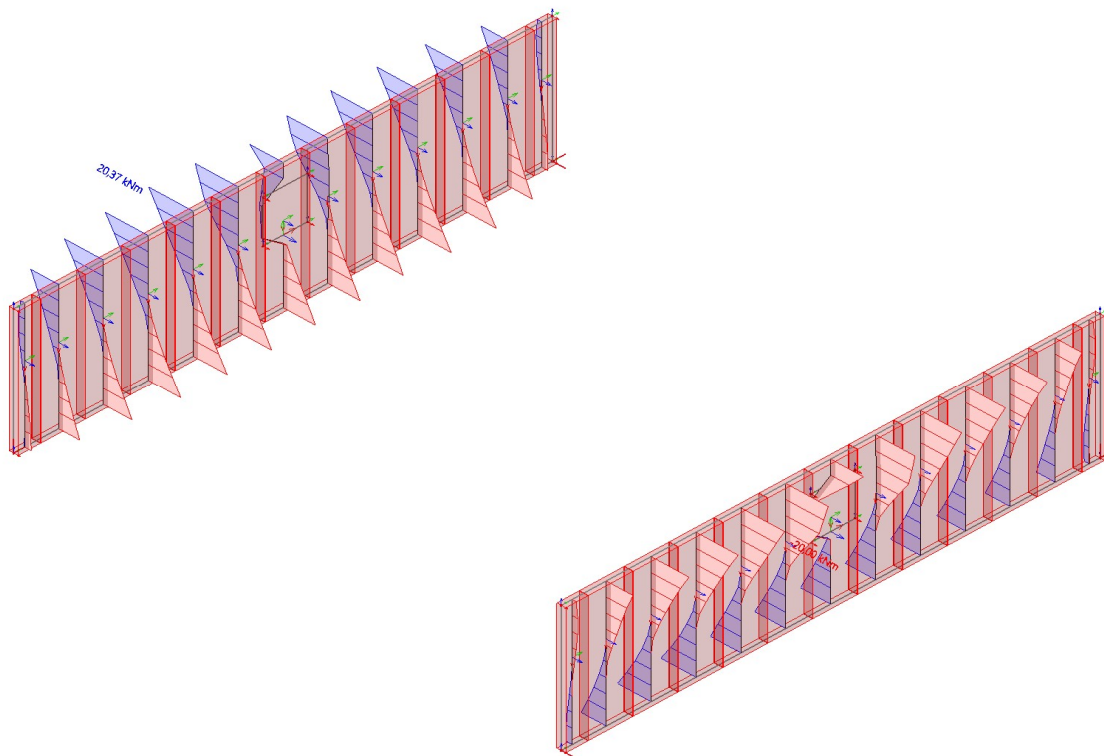
10.1 VNITŘNÍ SÍLY

Vnitřní síly byly stanoveny pomocí integračního pásu aplikovaného na jednotkovou šířku konstrukce (1 bm). Stěna byla následně posouzena jako rovinný prvek namáhaný kombinací ohybového momentu a normálové síly na délku jednoho běžného metru.

Normálové síly



Momenty M_y



10.2 VÝPOČET

10.2.1 Geometrie konstrukce

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\beta = 0.5$$

$$l_0 = \beta \cdot l = 3 \cdot 0.5 = 1.5 \text{ m}$$

10.2.2 Účinky prvního řádu

$$e_i = l_0 / 400 = 3.75 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

Kritérium štíhlosti

$$\lambda_{\text{lim}} = (20 \cdot A \cdot B \cdot C) / \sqrt{n} = \text{viz tabulka níže}$$

$$A = 0.7$$

$$B = 1.1$$

$$C = 0.7$$

$$n = N_{\text{ed}} / (A_c \cdot f_{\text{cd}}) = \text{viz tabulka níže}$$

SKUTEČNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda = l_0 / i = 25.98076$$

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 6.7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I = 1/12 \cdot h \cdot b^3 = 1.7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^4$$

$$A_c = 0.2 \text{ m}^2$$

$$i = \sqrt{I / A_c} = 0.057735$$



	M_x	N	V
max M + odp. N a V	20.37	-30.78	42
min M + odp. N a V	-20	-30.16	27

max N + odp. M a V	-15.3	25	-34.48
min N + odp. M a V	15.91	-163.94	99.94
max V + odp. N a M	11.29	-141.02	100.78
min V + odp. N a M	-10.97	-137.39	-98.03

	e_1	e_i	e_0	N_{ED}	M_{0Ed}	M_{ed}	$M_{ed}+M_{0ed}$	n
max M + odp. N a V	-0.661793	20	20.66179	-30.78	-0.63597	20.37	19.73403	0.009234
min M + odp. N a V	0.66313	20	20.66313	-30.16	-0.6232	-20	-20.6232	0.009048
max N + odp. M a V	-0.097048	20	20.09705	25	0.502426	-15.3	-14.79757	0.0075
min N + odp. M a V	-0.097048	20	20.09705	-163.94	-3.29471	15.91	12.61529	0.049181
max V + odp. N a M	-0.08006	20	20.08006	-141.02	-2.83169	11.29	8.45831	0.042305
min V + odp. N a M	0.079846	20	20.07985	-137.39	-2.75877	-10.97	-13.72877	0.041216

λ_{lim}	λ	POSUDEK
75	25.98076	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
75	25.98076	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
75	25.98076	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
48.60937	25.98076	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
52.41096	25.98076	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
53.09883	25.98076	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD

10.2.3 Geometrie stěny

b= 1000 mm

h= 200 mm

10.2.4 Materiály

Beton

f_{ck} = 25 Mpa

f_{cd} = 16.667 Mpa

ϵ_{cu3} = 3.5 ‰

ϵ_{s2} = 2 ‰

Ocel

f_{yk} = 500 Mpa

f_{yd} = 434.78 Mpa

ϵ_{yd} = 2.17 ‰

10.2.5 Návrh výztuže

směry		[mm]		[mm]		[mm ²]
$A_{sHORNÍ}$ =	Φ	8	PO	100	$A_{sHORNÍ}$ =	502.6548
$A_{sDOLNÍ}$ =	Φ	8	PO	100	$A_{sDOLNÍ}$ =	502.6548

Celkem výztuže

Horní: $A_{sHORNÍ}$ = 502.65 mm²

Dolní: $A_{sDOLNÍ}$ = 502.65 mm²

Průměr konstrukční výztuže: 8 mm

Rozmístění výztuže

Konstrukční zásady:

N_{ed} = 163.94 kN

$$A_{smin} = 0.1N_{ed}/f_{yd} = 0.1 \cdot 163.94/434.78 = 37.70643 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot (1000 \cdot 200) = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = \sum A_{sprov} = 1005.31 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} < A_{sprov} < A_{smax} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Nutnost spon

Minimálně 4 spony na m²

10.2.6 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC3

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 = 35 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$$

$$= \max(8; 25 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 25 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} \geq \Phi \rightarrow c_{min,b} = 8 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm} \quad \text{přídavná hodnota spolehlivosti}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u nerezavé oceli}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u dodatečné ochrany}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{přídavek pro návrhovou odchylku}$$

Pro ocel je:

$$\xi_{bal1} = 700/(700 + f_{yd}) = 700/(700 + 434.78) = 0.617$$

$$\xi_{bal2} = 700/(700 - f_{yd}) = 700/(700 - 434.78) = 2.639$$

10.2.7 Výpočet interačního diagramu pro směr y

Důležité rozměry

$$d = 145 \text{ mm}$$

$$d_1 = 47 \text{ mm}$$

$$d_2 = 47 \text{ mm}$$

$$z_1 = 53 \text{ mm}$$

$$z_2 = 53 \text{ mm}$$

$$A_{s1} = 502.65 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 502.65 \text{ mm}^2$$

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 218.5443 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 218.5443 \text{ kN}$$

BOD 0 - dostředný tlak

$$\sigma_s = \epsilon_{c2} \cdot E_s = 0.002 \cdot 200 \cdot 10^9 = 400 \text{ Mpa}$$

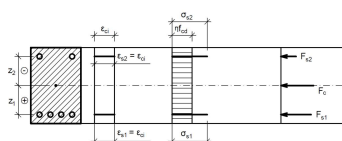
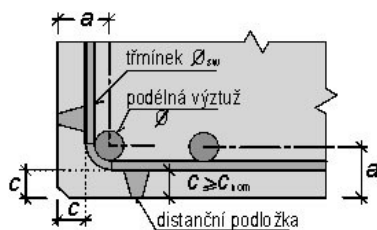
$$N_{rd0} = (b \cdot h \cdot f_{cd} + A_{sprov} \cdot \sigma_s) =$$

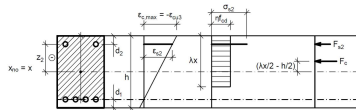
$$= 1000 \cdot 200 \cdot 16.667 + 1005.31 \cdot 400 = -3735.524 \text{ kN}$$

$$M_{rd0} = (A_{s2} z_{s2} - A_{s1} z_{s1}) \cdot \sigma_s =$$

$$= (502.65 \cdot 53 - 502.65 \cdot 53) \cdot 400 = 0 \text{ kNm}$$

BOD 1 - pomocný bod





$$N_{rd1} = -(b \cdot \lambda \cdot d \cdot f_{cd} + F_{s1}) =$$

$$= -(1000 \cdot 0.8 \cdot 145 \cdot 16.667 + 218.54) =$$

$$-2151.916 \text{ kN}$$

$$M_{rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0.5(h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_2 =$$

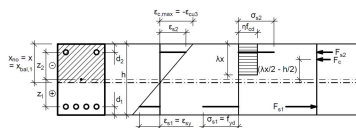
$$= (1000 \cdot 0.8 \cdot 145 \cdot 16.667 \cdot 0.5 \cdot (200 - 0.8 \cdot 145) + 502.65 \cdot 434.78 \cdot 53) / 10^6 =$$

$$92.78447 \text{ kNm}$$

$$d > \xi_{bal2} d_2 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$145 > 124 \rightarrow \sigma_{s2} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

BOD 2 - rozhraní mezi malou a velkou výstředností



$$N_{Rd,bal} = -(b \cdot \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot f_{cd} + \Delta F_s) =$$

$$= -(1 \cdot 0.8 \cdot 0.617 \cdot 0.145 \cdot 16.667 \cdot 1000) - 0 =$$

$$-1192.891 \text{ kN}$$

$$F_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 502.65 \cdot 434.78 / 1000 = 218.5443 \text{ kN}$$

$$F_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 502.65 \cdot 434.78 / 1000 = 218.5443 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = F_{s2} - F_{s1} = 0 \text{ kN}$$

$$M_{rd,bal} = b \cdot \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d \cdot f_{cd} \cdot 0.5(h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2 =$$

$$= 1 \cdot 0.8 \cdot 0.62 \cdot 0.15 \cdot 16.67 \cdot 1000 \cdot 0.5 \cdot (0.2 -$$

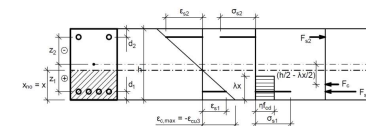
$$0.8 \cdot 0.62 \cdot 0.15) + 218.54 \cdot 0.053 + 218.54 \cdot 0.053 =$$

$$99.76596 \text{ kNm}$$

$$\xi_{bal,1} d > \xi_{bal,2} d_2 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$0.089465 > 0.124033 \rightarrow \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

BOD 3 - prostý ohyb



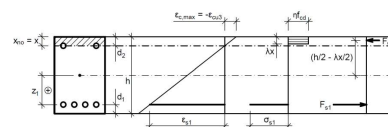
$$N_{Rd3} = 0 \text{ kN}$$

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = 0.000503 \cdot 434780 / (1 \cdot 0.8 \cdot 16.67 \cdot 1000) =$$

$$0.016 \text{ m}$$

$$z = d - 0.4 \cdot x = 0.145 - 0.4 \cdot 0.016 = 0.1386 \text{ m}$$

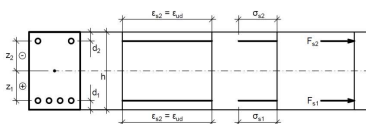
$$M_{Rd3} = F_{s1} \cdot z = 218.54 \cdot 0.1386 = 30.29 \text{ kNm}$$



BOD 4 - pomocný bod $\epsilon_{s2} = 0$

$$N_{Rtd,bal} = F_{s1} = 218.5443 \text{ kN}$$

$$M_{Rtd,bal} = F_{s1} \cdot z_1 = 218.54 \cdot 0.05 = 11.58285 \text{ kNm}$$



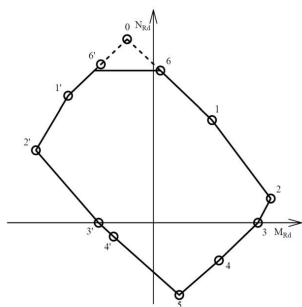
BOD 5 - dostředný tah

$$N_{Rdt0} = F_{s1} + F_{s2} = 218.54 + 218.54 = 437.0885 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt0} = F_{s1} \cdot z_1 - F_{s2} \cdot z_2 = 218.54 \cdot 0.05 - 218.54 \cdot 0.05 = 0 \text{ kN}$$

Přehled bodů pro směr y

Bod	N_{Rd}	M_{Rd}	M_{Rd}
0	-3735.52	0	0
1	-2151.916	92.78	-92.78
2	-1192.89	99.77	-99.77
3	0	30.29	-30.29
4	218.54	11.58	-11.58



5	437.09	0	0
---	--------	---	---

Hodnota excentricity

$$e_0 = \max(h/30; 20\text{mm}) = \max(200/30; 20) =$$

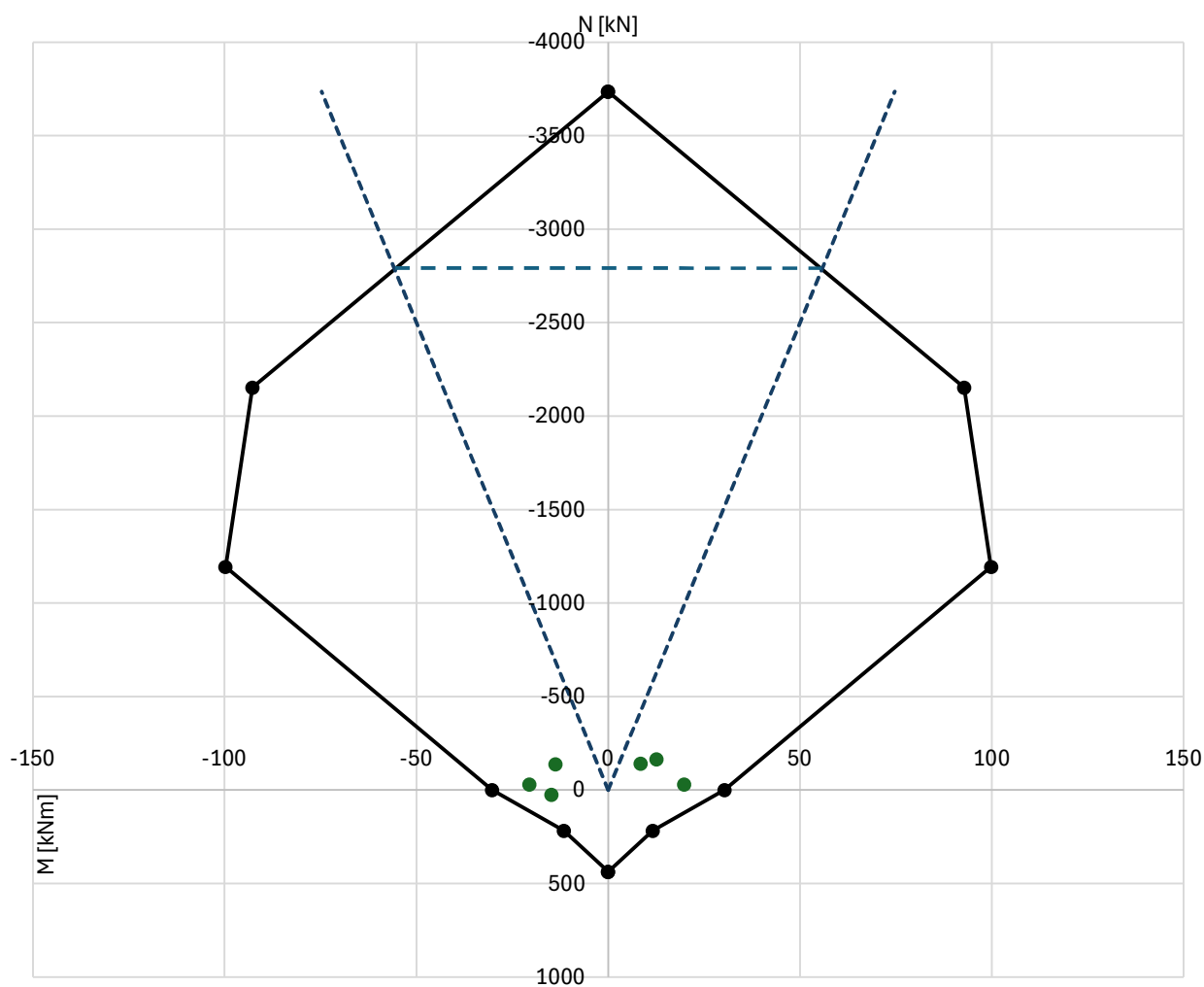
20 mm

Hodnoty zatížení

$N_{ed}[\text{kN}]$ $M_{ed}[\text{kNm}]$

-30.78	19.73403
-30.16	-20.6232
25	-14.79757
-163.94	12.61529
-141.02	8.45831
-137.39	-13.72877

Iterační diagram ve směru y

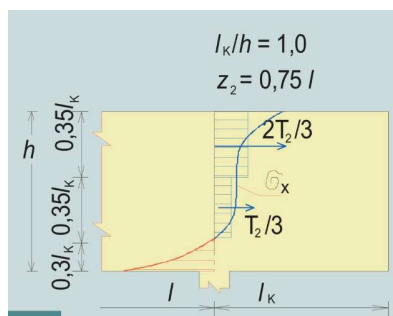
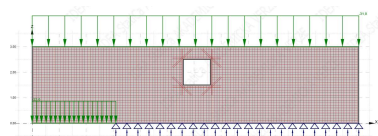


11. NÁVRH ŽB STĚNY VE 2.NP - V ROVINĚ STĚNY

Stěna ve 2. nadzemním podlaží je pouze částečně podepřena stěnou v podlaží nižším. Zbývající část stěny je konzolově vyložena a slouží k vynesení stropní konstrukce 1. nadzemního podlaží. Z tohoto důvodu byl proveden ruční posudek podle metodiky uvedené ve zdroji:

ŠMEJKAL, Jiří a PROCHÁZKA, Jaroslav. Navrhování stěnových nosníků s použitím modelů náhradní příhradoviny [online]. Beton, 2010, roč. 2010, č. 6, s. 8. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/clanky/2010-6-52-navrhovani-stenovych-nosniku-s-pouzitim-modelu-nahradni-prihradoviny/>. [cit. 2025-04-13].

Výsledky ručního výpočtu byly následně porovnány s výstupem z výpočetního softwaru IDEA StatiCa. Kompletní protokol z programu je přiložen v příloze bakalářské práce.



Ruční výpočet dle výše zmíněného zdroje

$l_k = 3 \text{ m}$ (délka konzoly)

$M_{ed} = 0.5 \cdot 30 \cdot 9 + 0.5 \cdot 31 \cdot 9 = 274.5 \text{ kNm}$

Poměr h/l_k

$h = 3 \text{ m}$ (výška stěny)

$l_k = 3 \text{ m}$ (vyložení konzoly)

$l = 9 \text{ m}$ (celková délka stěny)

Poměr $l_k/h = 1$

Rameno vnitřních sil

$z_2 = 0.75 \cdot l_k = 0.75 \cdot 3 = 2.25 \text{ m}$

Síly do výztuže

$T_2 = M_{ed}/z_2 = 122 \text{ kN}$

$1/3 T_2 = 40.66667 \text{ kN}$

$2/3 T_2 = 81.33333 \text{ kN}$

$0.3 l_k = 0.9 \text{ m}$ (tlačená oblast)

$0.35 l_k = 1.05 \text{ m}$ (tažená oblast)

Posudek v místě $0.35 l_k T_2/3$ (prostřední tažená část)

$A_{sHORNÍ} =$	Φ	8	PO	100	$A_{sHORNÍ} =$	502.6548
$A_{sDOLNÍ} =$	Φ	8	PO	100	$A_{sDOLNÍ} =$	502.6548

Celkem výztuže

Horní: $A_{sHORNÍ} = 502.65 \text{ mm}^2$

Dolní: $A_{sDOLNÍ} = 502.65 \text{ mm}^2$

$\Sigma A_{sprov} = 1005.31 \text{ mm}^2/\text{m}$

Přepočet na $0.35l_k$

$$\Sigma A_{sprov} = 1055.58 \text{ mm}^2/1.05m$$

Maximální napětí ve výztuži

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

Maximální síla ve výztuži

$$N_{Rd,steal} = A_{sprov} \cdot f_{yd} = 434.78 \cdot 1055.58/1000 = 458.943 \text{ kN}$$

Posudek

$$N_{Rd,steal} = 458.943 > 1/3T_2 = 40.66667 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití} = 8.861\%$$

Posudek v místě $0.35l_k$ $2T_2/3$ (horní tažená část)

	[mm]	[mm]	[mm ²]
$A_{sHORNÍ} =$	Φ	8	PO
$A_{sDOLNÍ} =$	Φ	8	PO
		100	100
$A_{sHORNÍ} =$			502.6548
$A_{sDOLNÍ} =$			502.6548

Celkem výztuže

$$\text{Horní: } A_{sHORNÍ} = 502.65 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dolní: } A_{sDOLNÍ} = 502.65 \text{ mm}^2$$

$$\Sigma A_{sprov} = 1005.31 \text{ mm}^2/m$$

Přepočet na $0.35l_k$

$$\Sigma A_{sprov} = 1055.58 \text{ mm}^2/1.05m$$

Maximální napětí ve výztuži

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

Maximální síla ve výztuži

$$N_{Rd,steal} = A_{sprov} \cdot f_{yd} = 434.78 \cdot 1055.58/1000 = 458.943 \text{ kN}$$

Posudek

$$N_{Rd,steal} = 458.943 > 2/3T_2 = 81.33333 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití} = 17.722\%$$

Posudek v místě $0.3l_k$ T_2 (spodní tlačená část)

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

$$f_{cd} = 16.667 \text{ Mpa}$$

$$N_{c,Rd} = 0.8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = 0.8 \cdot b \cdot 0.3 \cdot l_k \cdot f_{cd} =$$

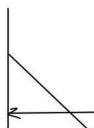
$$0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.9 \cdot 16.667 \cdot 1000 = 2400.048 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = 2400.048 > T_2 = 122 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití} = 5.083\%$$

$$N_{c,Rd} = N_{ed} = 122 \text{ kN}$$

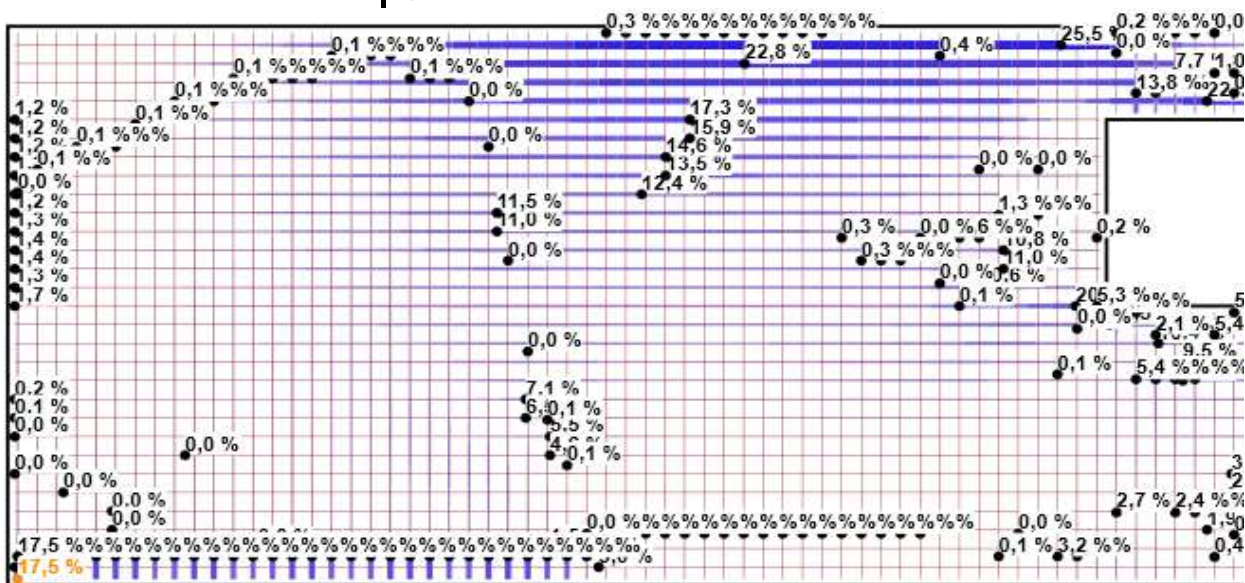
$$x = (2 \cdot F_s) / (0.8 \cdot b \cdot f_{cd}) = 91.49817 \text{ mm}$$



$$f_{cd} = \frac{1}{2} \cdot x \cdot 0.8 \cdot b \cdot f_{cd}$$

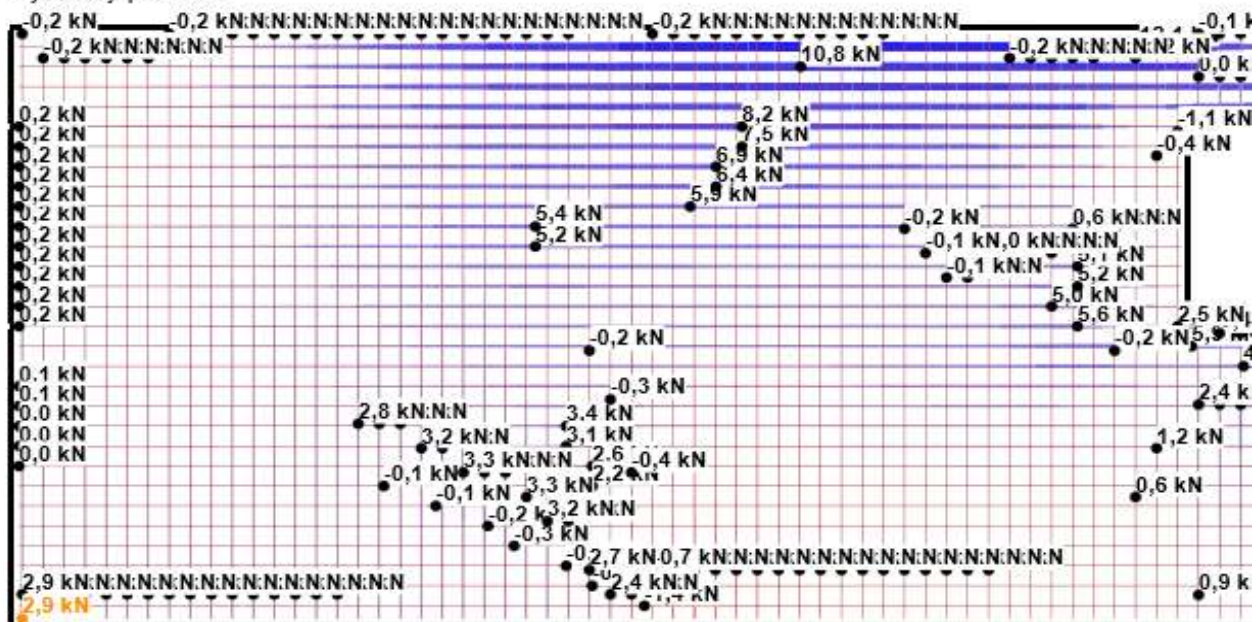
Porovnání výsledků s programem idea statica

F_{tot}/F_{lim} - využití výztuže



F_{tot} síly ve vložkách

Výsledky pro: WF1

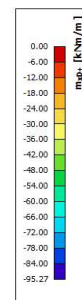
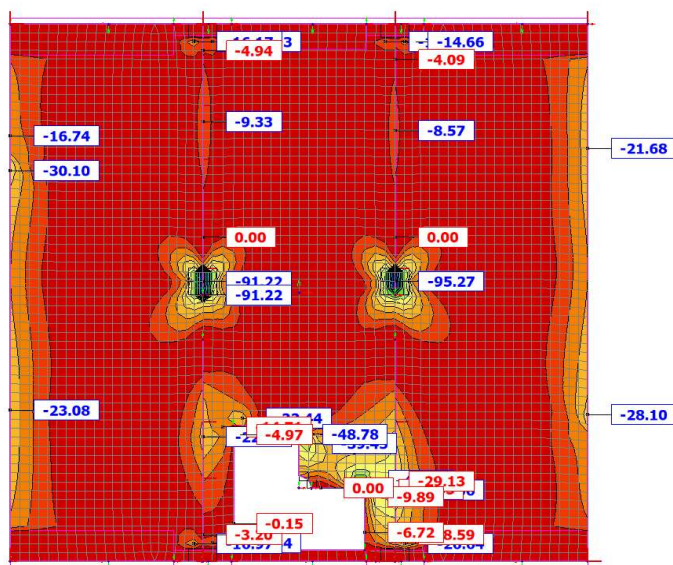


12. DESKA NAD 1. NP

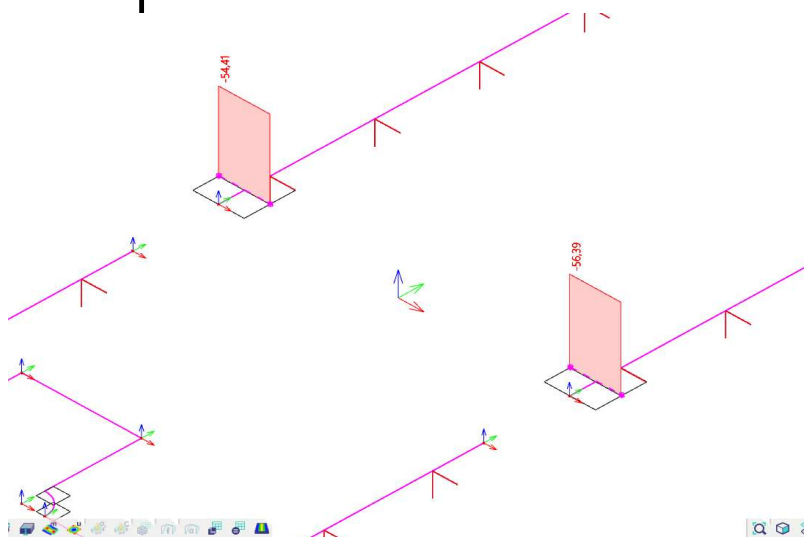
12.1 VNITŘNÍ SÍLY

M_{xd+} (horní momenty ve směru x)

2D vnitřní síly
 Hodnoty: m²
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Extrém: Dle
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektní šířky žebra.

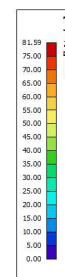
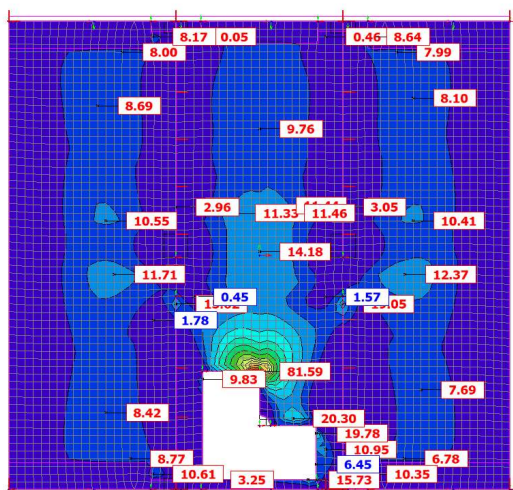


Redukce
 nadpodporového
 momentu) pomocí
 řezu s průměrem



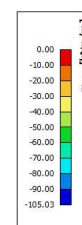
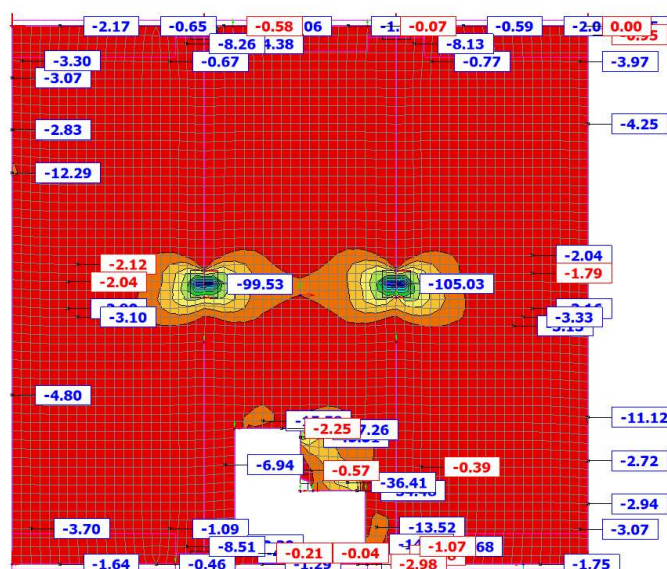
M_{xd-} (dolní momenty ve směru x)

2D vnitřní síly
 Hodnoty: $m \cdot g$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSJ-Sada B (auto)
 Extrém: Dilce
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

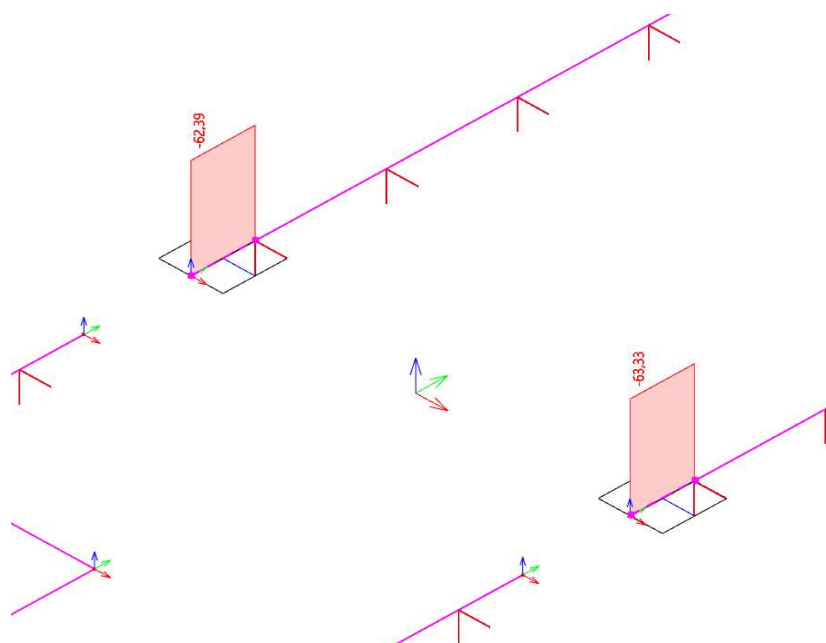


M_{yd+} (horní momenty ve směru y)

2D vnitřní síly
 Hodnoty: $m \cdot y$
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSJ-Sada B (auto)
 Extrém: Dilce
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.

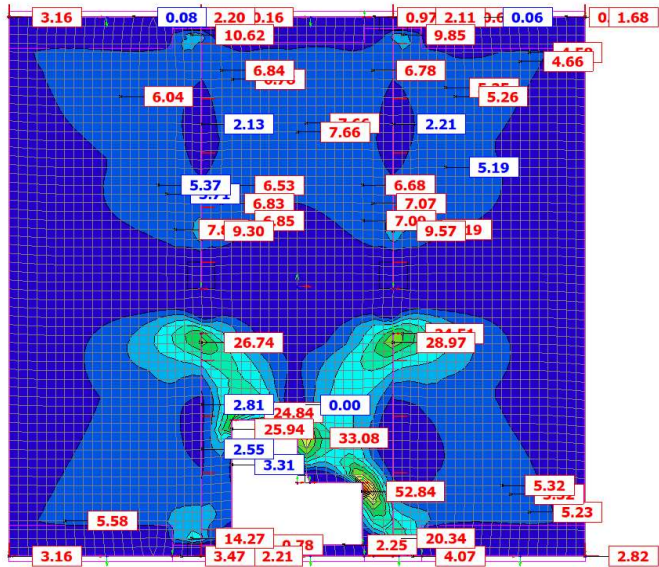


Redukce
 nadpodporového
 momentu) pomocí
 řezu s průměrem



M_{yd} - (dolní momenty ve směru y)

2D vnitřní síly
Hodnoty: m yo-
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se
žebrem se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní šířky žebra.



Vnitřní síly pro dolní výztuž

$M_{ed,x}= 81.59 \text{ kNm}$

$M_{ed,y}= 52.6 \text{ kNm}$

Vnitřní síly pro horní výztuž desky

$M_{ed,x}= 50.75 \text{ kNm}$

$M_{ed,y}= 55.9 \text{ kNm}$

Smyková síla

$V_{Ed}= 449 \text{ kN}$

12.2 VÝPOČET STROPU NAD 1.NP

12.2.1 Geometrie desky

$h_s= 200 \text{ mm}$

12.2.2 Materiály

Beton

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

$f_{cd}= 16.67 \text{ Mpa}$

$f_{ctm}= 2.6 \text{ MPa}$

$\epsilon_{cu3}= 3.5 \text{ ‰}$

$\epsilon_{s2}= 2 \text{ ‰}$

$f_{ctk0.05}= 1.8 \text{ MPa}$

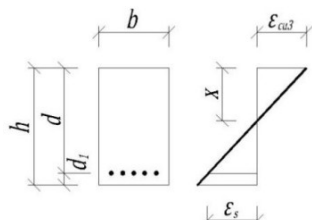
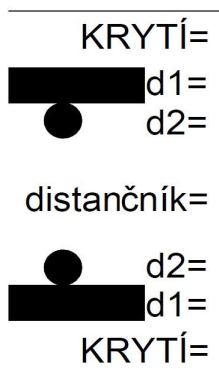
$f_{ctd}= 1.2 \text{ MPa}$

Ocel

$f_{yk}= 500 \text{ Mpa}$

$f_{yd}= 434.78 \text{ Mpa}$

$\epsilon_{yd}= 2.17 \text{ ‰}$



12.2.3 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC1

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 10 + 10 = 20 = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$$

$$= \max(10; 10 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} \geq \Phi \rightarrow c_{min,b} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm} \quad \text{přídavná hodnota spolehlivosti}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u nerezavé oceli}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u dodatečné ochrany}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{přídavek pro návrhovou odchylku}$$

12.2.4 Návrh hlavního rastru dolní výztuže desky ve směru x

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad \text{po} \quad 200 \quad A_{sodhad} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000393 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 = 175 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 392.6991 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad \text{po} \quad 200$$

$$A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000393 \text{ m}^2$$

$$A_{sprov} > A_{sreq}$$

VYHOVUJE

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.175 / 500 =$$

$$= 0.000237 \text{ m}^2 = 236.60 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 =$$

$$0.00026 \text{ m}^2 = 260.00 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.2 =$$

$$0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 392.6991 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 392.6991 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,pmax} = 2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

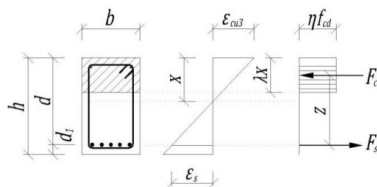
$$s_{sl,prov} = 200 < s_{sl,prov} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) =$$

$$21 \text{ mm}$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 200 \text{ VYHOVUJE}$$



Kontrola únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0004 \cdot 434.78) / (1 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.01 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.175 - 0.8 \cdot 0.013 / 2) = 29.00 \text{ kNm}$$

$$M_{ed, x} = 29.00 < M_{Rd} = 29.00 \text{ VYHOVUJE}$$

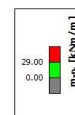
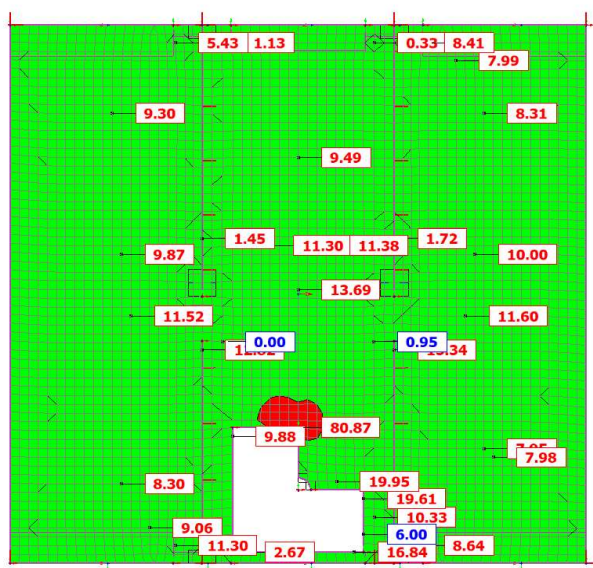
Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.175 - 0.013) \cdot 3.5 / 0.013 = 44.33 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 44.3317 > \epsilon_s = 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$

Zobrazení pokrytí hlavním rastrem

2D vnitřní síly
Hodnoty: m·m
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sade B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Položka: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



12.2.5 Návrh dovyztužení rastru dolní výztuže desky ve směru x

Návrh výztuže dovyztužení

Φ	10	po	66.66667
--------	----	----	----------

$$A_{sprov} = 1178.10 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.001178 \text{ m}^2$$

Výztuž základního rastru

Φ	10	po	200
--------	----	----	-----

$$A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000393 \text{ m}^2$$

Celková plocha výztuže

$$A_{sprov} = 1178.1 + 392.7 = 1570.796 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.001571 \text{ m}^2$$

Rozteč výztuží =

$$s_{sl, prov} = 50 \text{ mm}$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi / 2 = 175 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.175 / 500 =$$

$$= 0.000237 \text{ m}^2 = 236.60 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin}=0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 = 0.00026 \text{ m}^2 = 260.00 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax}=0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.2 = 0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 1570.796 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 1570.796 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,max}=2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 50 < s_{sl,max} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 50 \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola únosnosti

$$d = (A_{s,prov,1} \cdot d_1 + A_{s,prov,2} \cdot d_2) / (A_{s,prov,1} + A_{s,prov,2}) = 175 \text{ mm}$$

$$\chi = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0016 \cdot 434.78) / (1 \cdot 0.8 \cdot 0) = 0.051221 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda \chi / 2) = 0.002 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.175 - 0.8 \cdot 0.051 / 2) = 105.52 \text{ kNm}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - \chi) \cdot \epsilon_{cu3} / \chi = (0.175 - 0.051) \cdot 3.5 / 0.051 = 8.46 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 8.4579 > \epsilon_s = 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$

Posudek

$$Med, \chi = 81.59 < M_{Rd} = 105.52 \text{ VYHOVUJE}$$

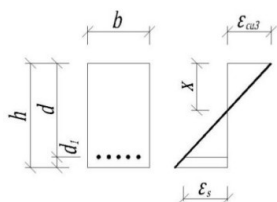
$$\text{Využití } (M_{ed} / M_{Rd}) = 77.32\%$$

2D vnitřní síly
Hodnoty: m a -
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku sítě
Složky vnitřních sil rovnoběžné se
žebrem se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní šířky žebra.



12.2.6 Návrh hlavního rastru dolní výztuže desky ve směru y

Předpoklad návrhu výztuže



Φ	10	po	200	$A_{sodhad} =$	392.70	mm ²
				$A_{sodhad} =$	0.000393	m ²

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 - \Phi = 200 - 20 - 10/2 - 10 = 165 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 392.6989 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

Φ	10	po	200	$A_{sprov} =$	392.70	mm ²
				$A_{sprov} =$	0.000393	m ²

$$A_{sprov} > A_{sreq} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.165 / 500 = 0.000223 \text{ m}^2 = 223.08 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 = 0.00026 \text{ m}^2 = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.2 = 0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 392.70 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 392.70 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl, pmax} = 2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl, prov} = 200 < s_{sl, prov} = 300 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl, min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{sl, min} = 21 < s_{sl, prov} = 200 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0004 \cdot) / (1 \cdot 0.8 \cdot 0.008) = 0.012805 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.165 - 0.8 \cdot 0.013 / 2) = 27.30 \text{ kNm}$$

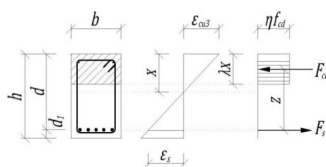
$$M_{ed, y} = 27.29718 < M_{Rd} = 27.29718 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola přetvoření výztuže

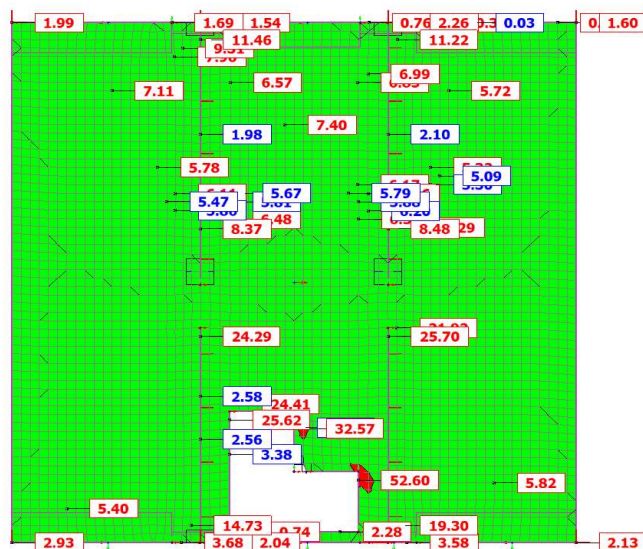
$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.165 - 0.013) \cdot 3.5 / 0.013 = 41.60 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 41.5984 > \epsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Zobrazení pokrytí hlavním rastrem



2D vnitřní síly
Hodnoty: mje-
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Dálec
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvků síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se
žebrem se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní šířky žebra.



12.2.7 Návrh dovyztužení rastru dolní výztuže desky ve směru y

Návrh výztuže dovyztužení

Φ	10	po	120
---	----	----	-----

$$A_{sprov} = 654.50 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000654 \text{ m}^2$$

Výztuž základního rastru

Φ	10	po	200
---	----	----	-----

$$A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000393 \text{ m}^2$$

Celková plocha výztuže

$$A_{sprov} = 654.5 + 392.7 = 1047.198 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.001047 \text{ m}^2$$

Rozteč výztuží =

$$s_{sl,prov} = 75 \text{ mm}$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 - \Phi = 165 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.165 / 500 =$$

$$= 0.000223 \text{ m}^2 = 223.08 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 =$$

$$0.00026 \text{ m}^2 = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.2 =$$

$$0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 1047.198 \text{ **vyhovuje**}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 1047.198 \text{ **vyhovuje**}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,pmax} = 2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 75 < s_{sl,pmax} = 300 \text{ **vyhovuje**}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 * \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 * 10; 16 + 5; 20) = 21$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 75 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola únosnosti přidané výztuže

$$d = (A_{s,prov,1} * d_1 + A_{s,prov,2} * d_2) / (A_{s,prov,1} + A_{s,prov,2}) = 165 \text{ mm}$$

$$\chi = (A_{s1} * f_{yd}) / (b * \lambda * f_{cd}) = (0.001 * 434.78) / (1 * 0.8 * 0) = 0.034148 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} * f_{yd} * (d - \lambda \chi / 2) = 0.001 * 434.78 * 1000 * (0.165 - 0.8 * 0.034 / 2) = 68.91 \text{ kNm}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - \chi) * \epsilon_{cu3} / \chi = (0.165 - 0.034) * 3.5 / 0.034 = 13.41 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 13.41 > \epsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

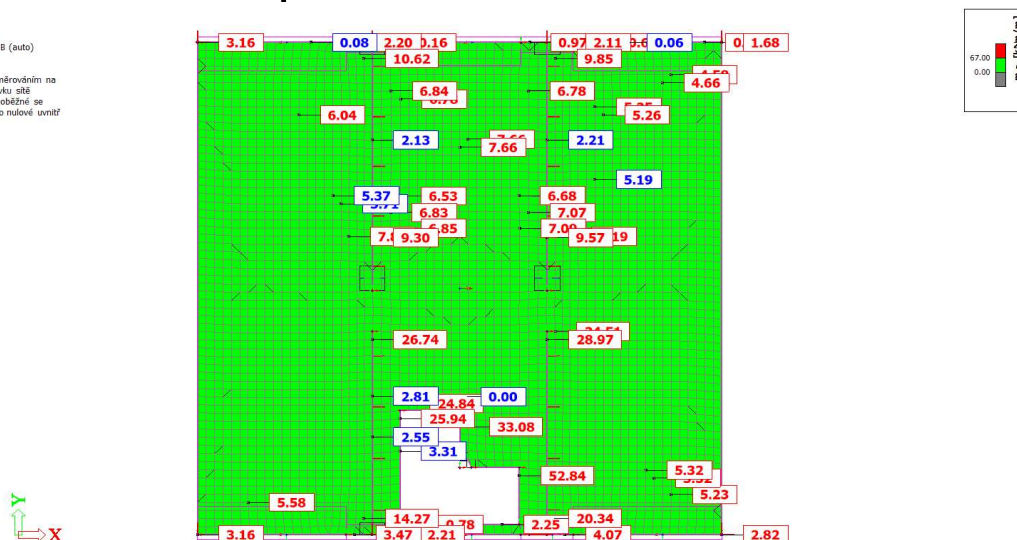
Posudek

$$M_{ed,y} = 52.6 < M_{Rd} = 68.91 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití } (M_{ed} / M_{Rd}) = 76.34\%$$

Zobrazení pokrytí

2D vnitřní síly
Hodnoty: mPa
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Dílce
Výběr: Vše
Poloha: V úzích s průměrováním na
mástru. Systém: LSS prvku síle
Složky vnitřních sil rovnoběžné se
žebrem se zohlední jako nulové uvnitř
efektivní šířky žebra.



12.2.8 Návrh hlavního horního rastru výztuže desky ve směru x

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad \text{po} \quad 200 \quad A_{sodhad} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000393 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi / 2 = 175 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b * d * f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}} \right) = 392.6991 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

Φ	10	po	200
A_{sprov}	392.70	mm ²	
A_{sprov}	0.000393	m ²	

$$A_{sprov} > A_{sreq} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.175 / 500 = 0.000237 \text{ m}^2 = 236.60 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 = 0.00026 \text{ m}^2 = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 200 = 0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 392.6991 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 392.6991 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl, pmax} = 2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl, prov} = 200 < s_{sl, prov} = 300 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl, min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{sl, min} = 21 < s_{sl, prov} = 200 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0004 \cdot 434.78) / (1 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.012805 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0.00039 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.175 - 0.8 \cdot 0.013 / 2) = 29.00456 \text{ kNm}$$

$$M_{ed, x} = 29.00456 < M_{Rd} = 29.00456 \quad \text{VYHOVUJE}$$

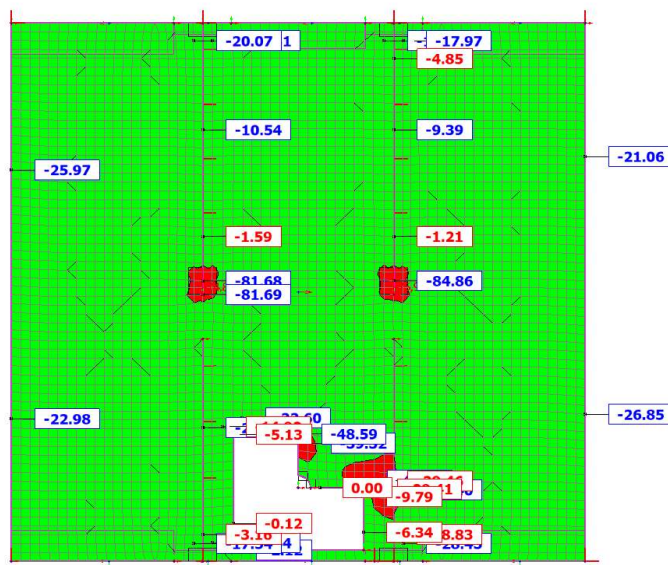
Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.175 - 0.013) \cdot 3.5 / 0.013 = 44.33 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 44.33 > \epsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Zobrazení pokrytí hlavním rastrem

2D vnitřní síly
Hodnoty: m x d
Lineární výpočet
Kombinace: MS1-Sada B (auto)
Průběh: Průměr
Extrém: Dilec
Výběr: S8, SE44, SE51
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



12.2.9 Návrh dovyztužení horního rastru výztuže desky ve směru x

Návrh výztuže dovyztužení

Φ 10 po 133.333

$$A_{sprov} = 589.0501 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000589 \text{ m}^2$$

Výztuž základního rastru

Φ 10 po 200

$$A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000393 \text{ m}^2$$

Celková plocha výztuže

$$A_{sprov} = 589.05 + 392.7 = 981.75 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000982 \text{ m}^2$$

Rozteč výztuží =

$s_{sl,prov} =$

80

mm

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 - \Phi = 175 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.175 / 500 =$$

$$= 0.000237 \text{ m}^2 = 236.60 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 =$$

$$0.00026 \text{ m}^2 = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.2 =$$

$$0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 981.7492 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 981.7492 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,pmax} = 2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 80 < s_{sl,pmax} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 16; 16 + 5; 20) = 21$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 80 \text{ VYHOVUJE}$$

Kontrola únosnosti přidané výztuže

$$d = (A_{s,prov,1} \cdot d_1 + A_{s,prov,2} \cdot d_2) / (A_{s,prov,1} + A_{s,prov,2}) = 175 \text{ mm}$$

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.001 \cdot 1) / (1 \cdot 0.8 \cdot 0) = 0.032013 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0.001 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.175 - 0.8 \cdot 0.032 / 2) =$$

$$69.23 \text{ kNm}$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.175 - 0.032) \cdot 3.5 / 0.032 = 15.63263 \text{ ‰}$$

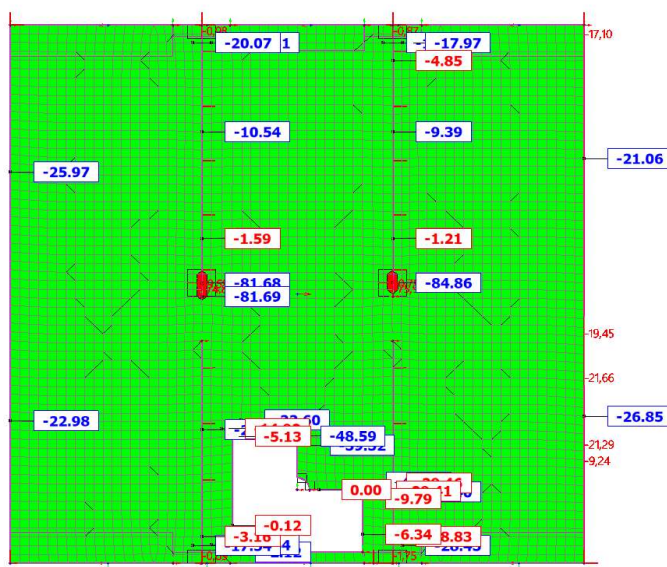
$$\epsilon_s = 15.6326 > \epsilon_s = 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$

Posudek

$$Med, x = 50.75 < M_{Rd} = 69.23 \text{ VYHOVUJE}$$

$$Využití (M_{ed}/M_{Rd}) = 73.30\%$$

2D vnitřní síly
 Hodnoty: m*o-
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSU-Sada B (auto)
 Průběh: Průměr
 Extrém: Dilec
 Výběr: Vše
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě
 Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Červeně zobrazené oblasti ve výstupech z MKP analýzy ve skutečnosti konstrukčně vyhovují. Jedná se o lokální špičky napětí, které vznikají numerickým charakterem modelu (např. koncentrací napětí v rozích nebo styčných plochách). Pro ověření byl proveden průměrný řez přes kritické oblasti, jehož výsledky potvrdily, že konstrukce vyhovuje z hlediska únosnosti. Návrh je tedy považován za bezpečný.

12.2.10 Návrh hlavního horního rastru výztuže desky ve směru y

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad po \quad 200 \quad A_{sodhad} = 392.70 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000393 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 - \Phi = 165 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 392.6991 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

Φ	10	po	200
A_{sprov}	392.70	mm ²	
A_{sprov}	0.000393	m ²	

$$A_{sprov} > A_{sreq} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 1 \cdot 0.175 / 500 = 0.000237 \text{ m}^2 = 236.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.02 \cdot A_c = 0.0013 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 = 0.00026 \text{ m}^2 = 260 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 200 / 1000 = 0.008 \text{ m}^2 = 8000 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 260 < A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2 \text{ **vyhovuje**}$$

$$A_{smax} = 8000 > A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2 \text{ **vyhovuje**}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,max} = 2h = 400 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 200 < s_{sl,prov} = 300 \text{ mm} \text{ **vyhovuje**}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 200 \text{ mm} \text{ **vyhovuje**}$$

Kontrola únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0004 \cdot 434.78) / (1 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.012805 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0.00039 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.165 - 0.8 \cdot 0.013 / 2) = 27.30 \text{ kNm}$$

$$M_{ed,y} = 27.29718 < M_{Rd} = 27.29718 \text{ kNm} \text{ **vyhovuje**}$$

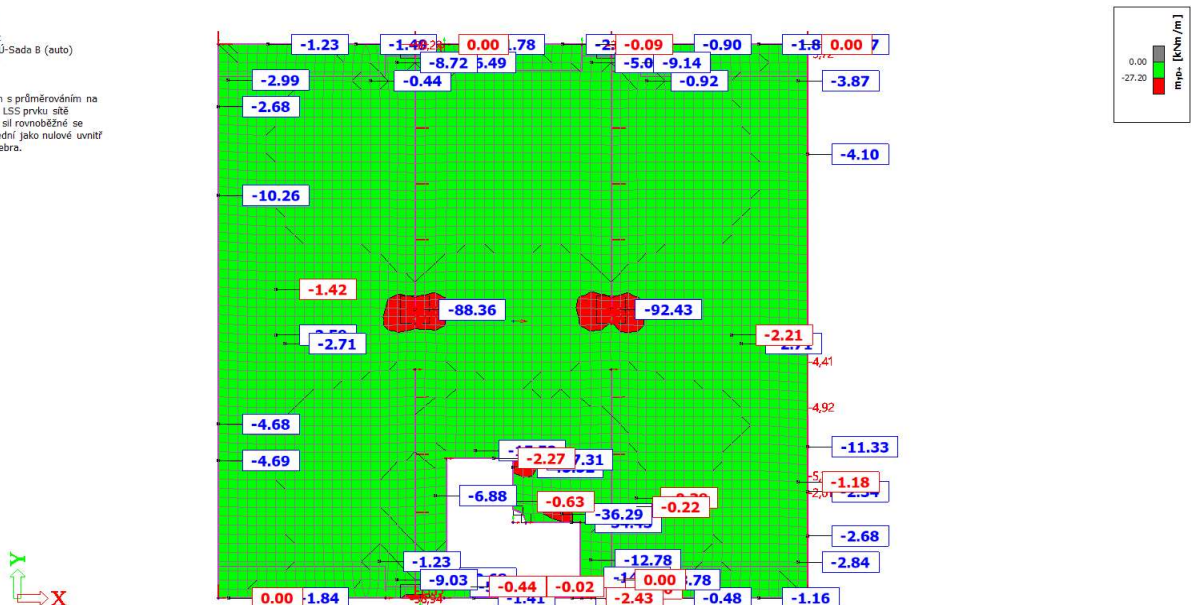
Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.165 - 0.013) \cdot 3.5 / 0.013 = 41.59842 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 41.5984 > \epsilon_s = 2.17 \text{ ‰} \text{ **vyhovuje**}$$

Zobrazení pokrytí hlavním rastrem

2D vnitřní síly
Hodnoty: mYo+
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Průběh: Průměr
Extrém: Dlece
Výběr: Vše
Položka: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



12.2.11 Návrh dovyztužení horního rastru výztuže desky ve směru y

Návrh výztuže dovyztužení

Φ	10	po	133.3333
---	----	----	----------

$$A_{sprov} = 589.05 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000589 \text{ m}^2$$

Výztuž základního rastru

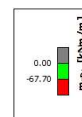
Φ	10	po	200
---	----	----	-----

$$A_{sprov} = 392.70 \text{ mm}^2$$

		$A_{sprov} = 0.000393 \text{ m}^2$
Celková plocha výztuže		
$A_{sprov} = 589.05 + 392.7 =$	981.7477 mm^2	
	$A_{sprov} = 0.000982 \text{ m}^2$	
Rozteč výztuží =	$s_{sl,prov} =$	80 mm
Minimální nutná plocha výztuže		
$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 - \Phi =$	165 mm	
$b =$	1 m	
Posouzení výztuže		
Konstrukční zásady		
$A_{smin} = 0.26 * f_{ctm} * b_t * d / f_{yk} =$	$0.26 * 2.6 * 1 * 0.165 / 500 =$	
	$= 0.000223 \text{ m}^2$	$= 223.08 \text{ mm}^2$
$A_{smin} = 0.02 * A_c =$	$0.0013 * 1 * 200 / 1000 =$	
	0.00026 m^2	$= 260 \text{ mm}^2$
$A_{smax} = 0.04 * A_c =$	$0.04 * 1 * 0.2 =$	
	0.008 m^2	$= 8000 \text{ mm}^2$
$A_{smin} = 260$	$<$	$A_{sprov} = 981.7477$ VYHOVUJE
$A_{smax} = 8000$	$>$	$A_{sprov} = 981.7477$ VYHOVUJE
Maximální osová vzdálenost nosné výztuže		
$s_{sl,pmax} = 2h =$	400 mm	$< 300 \text{ mm}$
$s_{sl,prov} = 80$	$<$	$s_{sl,pmax} = 300$ VYHOVUJE
Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže		
$s_{sl,min} = \max(1.2 * \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) =$	$\max(1.2 * 16; 5 + 20) =$	21
$s_{sl,min} = 21$	$<$	$s_{sl,prov} = 80$ VYHOVUJE
Kontrola únosnosti přidané výztuže		
$d = (A_{s,prov,1} * d_1 + A_{s,prov,2} * d_2) / (A_{s,prov,1} + A_{s,prov,2}) =$		165 mm
$x = (A_{s1} * f_{yd}) / (b * \lambda * f_{cd}) =$	$(0.001 * 1) / (1 * 0.8 * 0) =$	0.032013 m
$M_{Rd} = A_{sprov} * f_{yd} * (d - \lambda x / 2) =$	$0.001 * 434.78 * 1000 * (0.165 - 0.8 * 0.032 / 2) =$	64.96342 kNm
Kontrola přetvoření výztuže		
$\epsilon_s = (d - x) * \epsilon_{cu3} / x =$	$(0.165 - 0.032) * 3.5 / 0.032 =$	14.53937 ‰
$\epsilon_s = 14.5394$	$>$	$\epsilon_s = 2.17$ VYHOVUJE
Posudek		
$Med,y = 55.90$	$<$	$M_{Rd} = 64.96$ VYHOVUJE
Využití (M_{ed} / M_{Rd}) =		86.05%

2D vnitřní síly

Hodnoty: mPa
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Extrém: Dilec
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síle
Složky vnitřních sil rovnoběžné se žebrem se zohlední jako nulové uvnitř efektivní šířky žebra.



Červeně zobrazené oblasti ve výstupech z MKP analýzy ve skutečnosti konstrukčně vyhovují. Jedná se o lokální špičky napětí, které vznikají numerickým charakterem modelu (např. koncentrací napětí v rozích nebo styčných plochách). Pro ověření byl proveden průměrný řez přes kritické oblasti, jehož výsledky potvrdily, že konstrukce vyhovuje z hlediska únosnosti. Návrh je tedy považován za bezpečný.

12.2.12 Posouzení na smyk

$$V_{Rdc} = c_{Rdc} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} * b_w * d =$$
$$0.12 * 2 * ((100 * 0.00224 * 25)^{1/3}) * 1 * 175 = 74.63 \text{ kN}$$
$$c_{Rdc} = 0.18 / \gamma = 0.18 / 1.5 = 0.12$$
$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/175)} = 2.07 < 2$$
$$k = 2$$
$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0.00039 / (1 * 0.175) = 0.002244$$
$$V_{Rdc} = v_{min} * b_w * d = 494.975 * 1 * 0.175 = 86.62 \text{ kN}$$
$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 494.9747$$
$$V_{Rdc} = 86.62058 < V_{Ed} = 449$$

PRŮŘEZ NEVYHOVÍ BEZ SMYKOVÉ VÝZTUŽE - NÁVRH JE V PŘÍLOZE

12.2.13 Kotevní délky výztuže - výztuž průměru 10

$c_{nom} =$	20	mm	rozteče =	100	mm
$a =$	90	mm	průměr =	10	mm
$f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} =$	2.25 * 1 * 1 * 1.2 =			2.7	Mpa
$\eta_1 =$	1			dobré kotevní podmínky	

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req} = (\Phi/4) * (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (10/4) * (434.78/2.7) = 402.5765 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{bd} = l_{bd,req} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 = 226.8519 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 * (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 * (20 - 10) / 10 = 1.15$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(90/2; 20; 20) = 20 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisítě})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0,7 \rightarrow 0.805 \quad \text{VYHOVUJE}$

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.805 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 * l_{bd,req}; 10 * \Phi; 100 \text{ mm}] = 120.77 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 250 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 250 > l_{min} = 120.77 \text{ VYHOVUJE}$$

12.2.14 Stykování výztuže - výztuž průměru 10

$$c_{nom} = 20 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 100 \text{ mm}$$

$$a = 90 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2.25 * 1 * 1 * 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req} = (\Phi/4) * (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (10/4) * (434.78/2.7) = 402.58 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{bd} = l_{bd,req} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * \alpha_6 = 317.5926 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 * (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 * (20 - 10) / 10 = 1.15$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(90/2; 20; 20) = 20 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisítě})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0,7 \rightarrow 0.805 \quad \text{VYHOVUJE}$

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.805 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

%stykových prurů 50 %

$$\alpha_6 = 1.4$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 * l_{bd,req}; 10 * \Phi; 100 \text{ mm}] = 120.7729 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 350 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 350 > l_{min} = 120.7729 \text{ VYHOVUJE}$$

13. POROVNÁNÍ VNITŘNÍCH SIL NA DESCE S PRŮVLAKEM A DESCE BEZ PRŮVLAKU

V první variantě návrhu bylo uvažováno s přímým uložením stropní desky nad 1. NP na sloupy. Z důvodu nepříznivě vysoké smykové síly však nebylo možné tento návrh realizovat bez doplnění dalších konstrukčních prvků. Proto byl do návrhu doplněn průvlak, který zajišťuje přenos smykových sil. Pro vnitřní sloupy byly zároveň navrženy smykové lišty. Návrh byl proveden v programu PEIKKO a příslušný výstup je uveden v přílohách této práce.

Součástí dokumentace je také výsledek původní varianty bez průvlaku a alternativní návrh se zvětšeným průřezem sloupů a tloušťkou desky. Tato varianta by však byla z hlediska spotřeby materiálu a proveditelnosti velmi neekonomická a je proto uvedena pouze pro ilustraci konstrukčního vývoje návrhu.

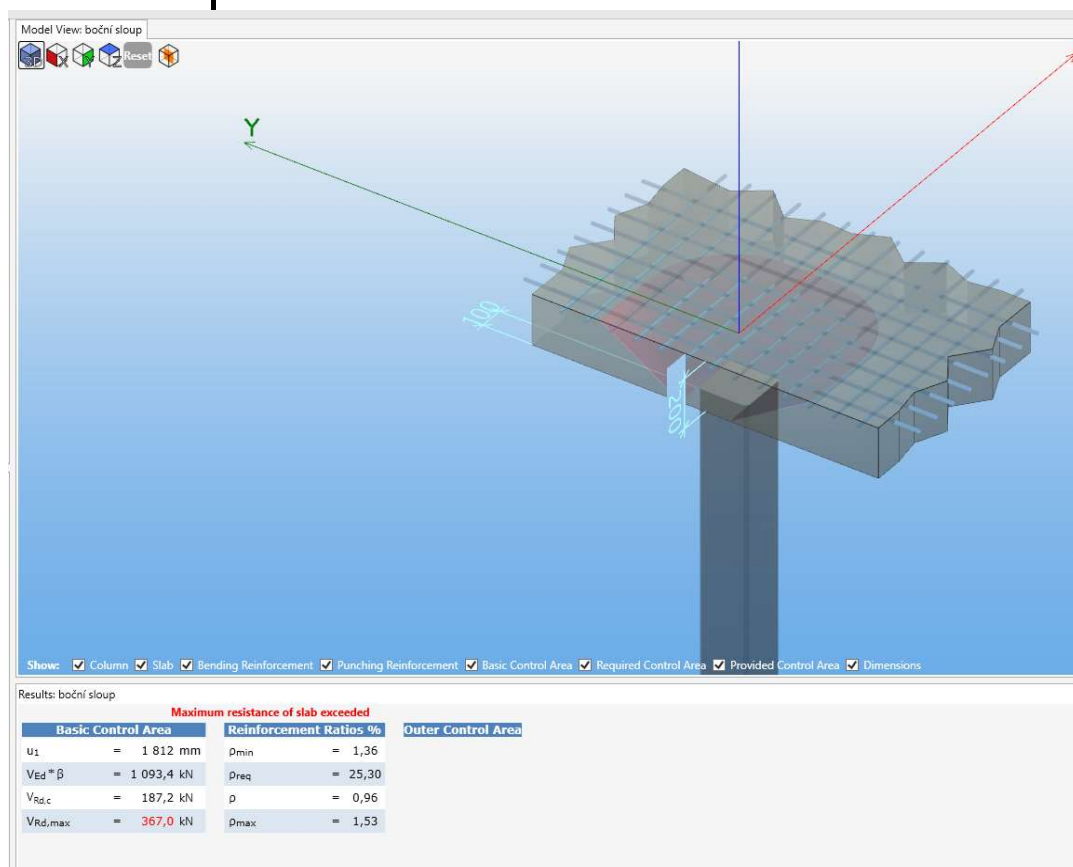
Základní geometrie

tloušťka desky 200 mm

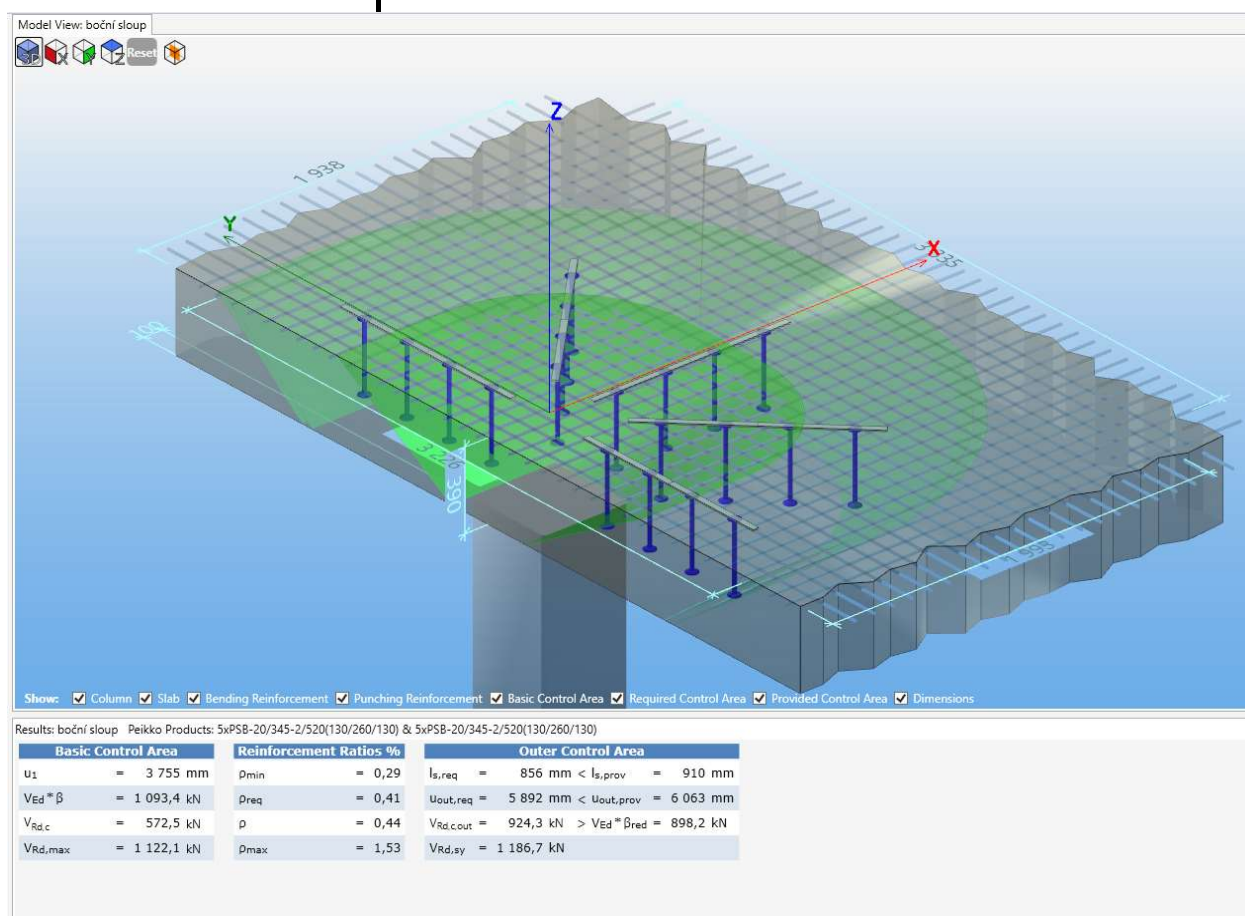
Půdorysné rozměry 12.2x12.2 m

Objem betonu 29.768 m³

Posouzení protlačení bočního sloupu (posouvající síla velikosti 781 kN)



Zvětšení průřezů, aby posudek vyhověl (sloup 450 mm, deska 390 mm)



Navýšení objemu betonu do desky:

$$12.2 \times 12.2 \times 0.39 = 58.0476 \text{ m}^3$$

Zvětšení objemu betonu oproti desce tl. 200 mm: 1.95 krát

Tato varianta je velmi neekonomická, tudíž je v dalším návrh uvažován železobetonový průvlak, který smykovou sílu přenesse pomocí třmínků.

Velikost průvlaku

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

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

$$\text{Délka} = 12.2 \text{ m}$$

$$\text{Objem} = 0.915 \text{ m}^3$$

$$\text{Počet průvlaků} = 2 \text{ ks}$$

$$\text{Objem celkem} = 1.83 \text{ m}^3$$

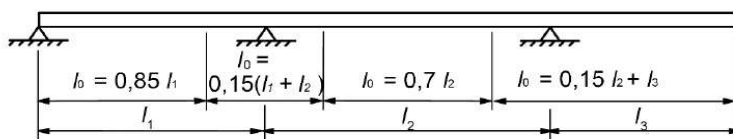
$$\text{Celkový objem (deska + průvlaky)} = 31.598 \text{ m}^3$$

Zvětšení objemu betonu oproti desce tl. 200 mm: 1.06 krát

14. Určení efektivní šířky žebra na desce nad 1.NP

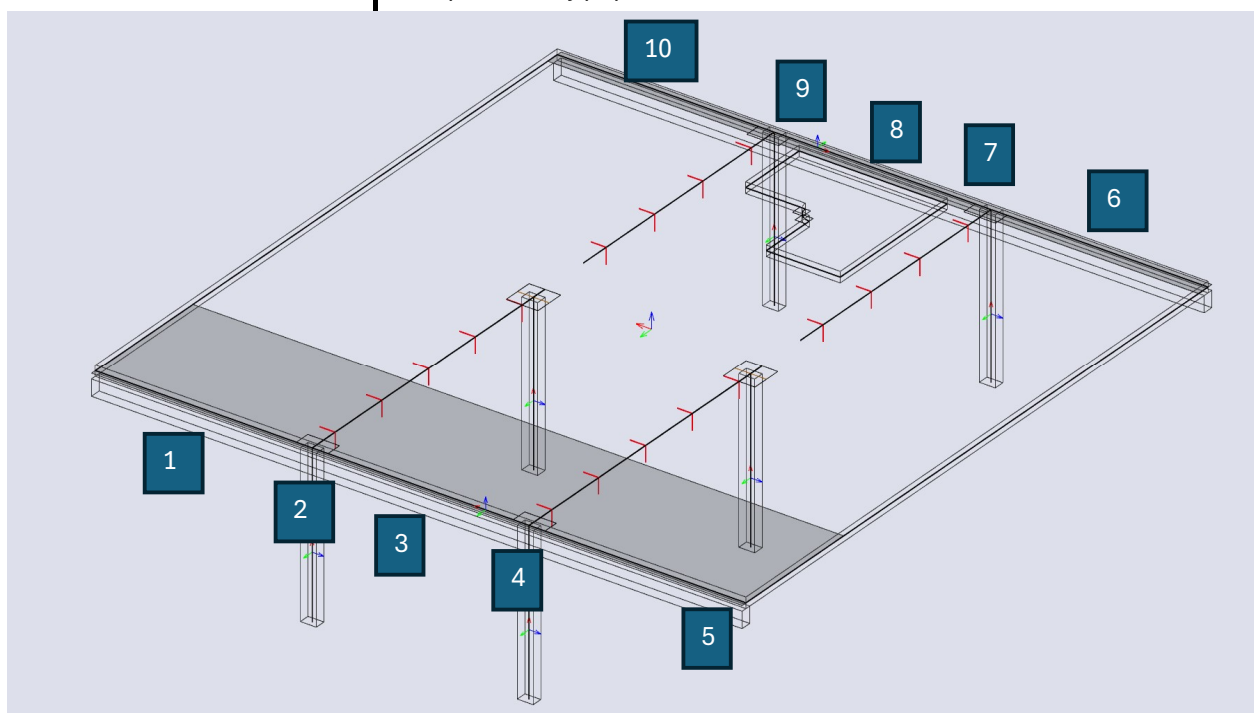
Průvlaky ve stropní desce byly v návrhu modelovány jako žebra. V první fázi návrhu byla efektivní šířka žebíř automaticky určena programem SCIA Engineer. Výsledné hodnoty však neodpovídaly očekávaným výsledkům ani normovým předpokladům, a proto byl výpočet efektivní šířky následně proveden ručně dle příslušných ustanovení ČSN EN 1992-1-1.

- (2) Spolupůsobící šířka desky závisí na vzdálenosti l_0 mezi body nulových momentů, které lze stanovit z obrázku 5.2.



Obrázek 5.2 – Definice l_0 pro výpočet spolupůsobící šířky desky

Mnou posuzovaný případ:



b_{eff} v úseku 1 a 10

$$l_0 = 0.85 l_1 = 0.85 \cdot 4.1 = 3.485 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.2b + 0.1l_0 = 0.2 \cdot 5.8 + 0.1 \cdot 4.715 = 1.6315 \text{ m}$$

$$\text{omezuující podmínka} \quad 0.2l_0 = 0.697 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.697 \text{ m}$$

b_{eff} v úseku 2 a 9

$$l_0 = 0.15(l_1 + l_2) = 0.15 \cdot (4.1 + 4.1) = 1.23 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.2b + 0.1l_0 = 0.2 \cdot 5.8 + 0.1 \cdot 2.87 = 1.447 \text{ m}$$

$$\text{omezuující podmínka} \quad 0.2l_0 = 0.246 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.246 \text{ m}$$

b_{eff} v úseku 3 a 7

$$l_0 = 0.7l_2 = 0.7 \cdot 4.1 = 2.87 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.2b + 0.1l_0 = 0.2 \cdot 5.8 + 0.1 \cdot 4.715 = 6.4715 \text{ m}$$

$$\text{omezuující podmínka} \quad 0.2l_0 = 0.574 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.574 \text{ m}$$

b_{eff} v úseku 4 a 6

$$l_0 = 0.15(l_1 + l_2) = 0.15 \cdot (4.1 + 4.1) = 1.23 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.2b + 0.1l_0 = 0.2 \cdot 5.8 + 0.1 \cdot 2.87 = 1.447 \text{ m}$$

$$\text{omezuující podmínka} \quad 0.2l_0 = 0.246 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.246 \text{ m}$$

b_{eff} v úseku 5 a 6

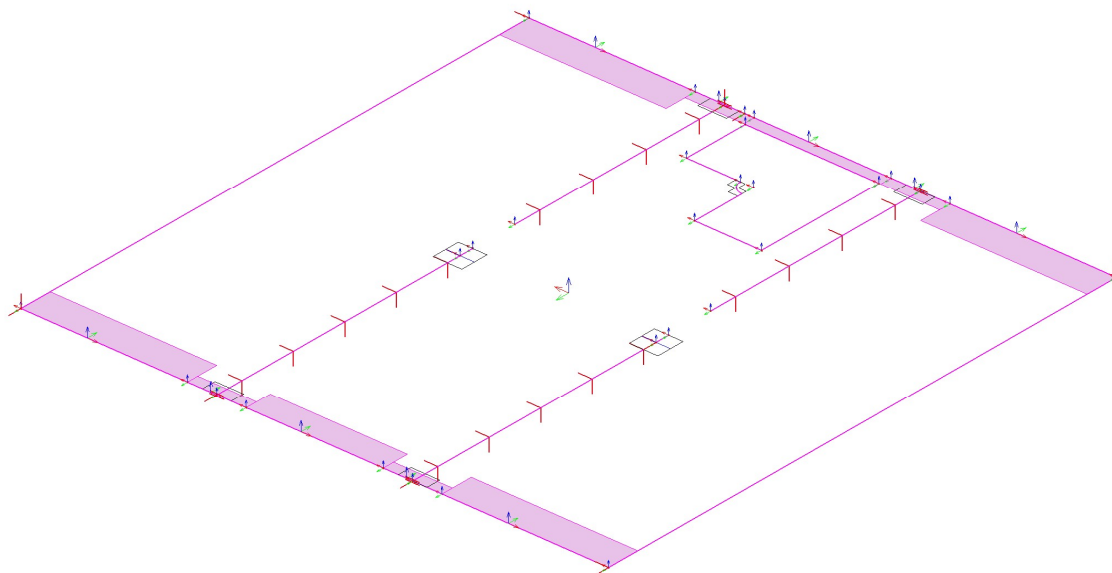
$$l_0 = 0.85l_1 = 0.85 \cdot 4.1 = 3.485 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.2b + 0.1l_0 = 0.2 \cdot 5.8 + 0.1 \cdot 4.715 = 1.6315 \text{ m}$$

$$\text{omezuující podmínka} \quad 0.2l_0 = 0.697 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 0.697 \text{ m}$$

Výsledný stav



14.1 KONTROLA ZATÍŽENÍ

Průvlak (modelovaný jako žebro) by měl přenášet minimálně vlastní tíhu stěny umístěné přímo nad ním. Z tohoto důvodu bylo provedeno orientační ověření, zda je tento předpoklad splněn a zda výsledky numerického modelu odpovídají očekávanému chování konstrukce. Toto ověření sloužilo jako kontrola správnosti

přenosu zatížení v rámci modelu.

Zatížení od stěny

$$g_{\text{stěna}} = 0.2 \cdot 1.8 \cdot 3.5 = 1.26 \text{ kN/m}$$

Tíha střešního pláště

Zatížení bude působit trojúhelníkově

$$\text{Plošné zatížení} = 3.6905 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Výška trojúhelníku zatíževací plochy} = 2.05 \text{ m}$$

$$\text{Maximální zatížení} = 7.565525 \text{ kN/m}$$

Stálé podlahy

$$\text{Plošné zatížení} = 1.257563 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Výška trojúhelníku zatíževací plochy} = 2.05 \text{ m}$$

$$\text{Maximální zatížení} = 2.578004 \text{ kN/m}$$

Proměnné - užité

$$\text{Plošné zatížení} = 2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Výška trojúhelníku zatíževací plochy} = 2.05 \text{ m}$$

$$\text{Maximální zatížení} = 4.1 \text{ kN/m}$$

Proměnné - sníh

$$\text{Plošné zatížení} = 0.99975 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Výška trojúhelníku zatíževací plochy} = 2.05 \text{ m}$$

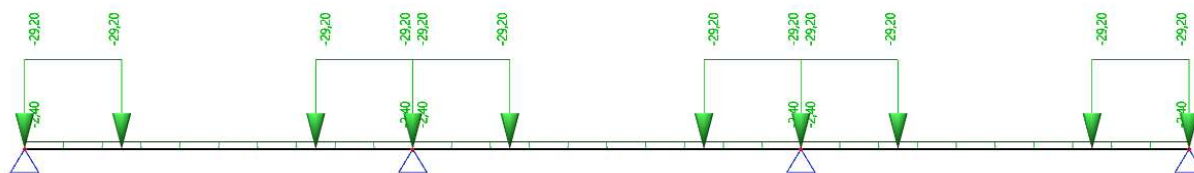
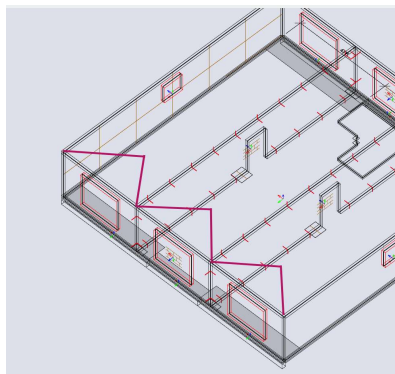
$$\text{Maximální zatížení} = 2.049488 \text{ kN/m}$$

Kombinace

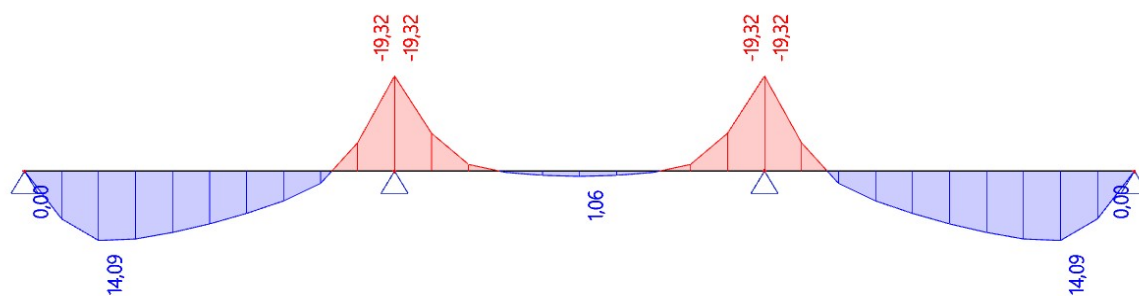
$$1.35 \cdot \text{stěna} = 1.701 \text{ kN/m}$$

$$1.35 \cdot \text{střešní plášť} + 2 \cdot 1.35 \cdot \text{podlaha} + 2 \cdot 1.5 \cdot \text{užité} + 1.5 \cdot 0.7 \cdot \text{sníh} = 31.62603 \text{ kN/m}$$

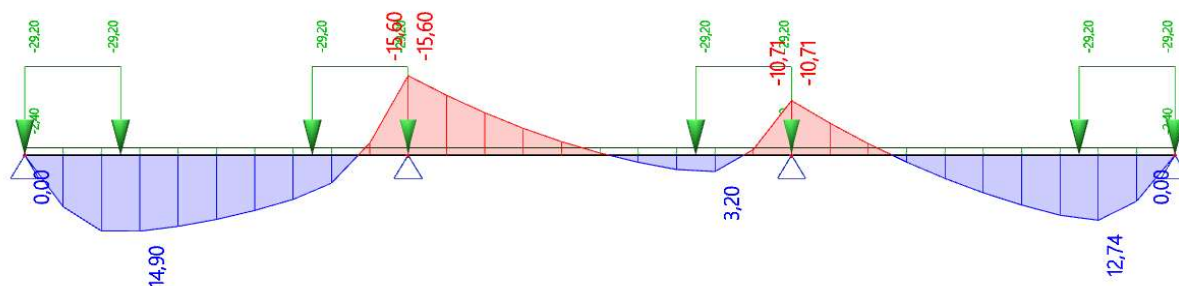
Očekává se "tok" zatížení zděnnými sloupky mezi okny proto výsledné zatížení vypadá takto:



Průběh momentů - zatížení všude



Průběh momentů - šachové zatížení



1D modely slouží k orientačnímu ověření extrémních případů podepření.

Vzhledem ke komplikovanému detailu napojení stěny a průvlaku je obtížné přesně určit skutečný způsob podepření v těchto místech. Výsledky z 3D modelu jsou následující:

kladný ohybový moment: 11.03 kNm

záporný ohybový moment: 21.17 kNm (po redukci)

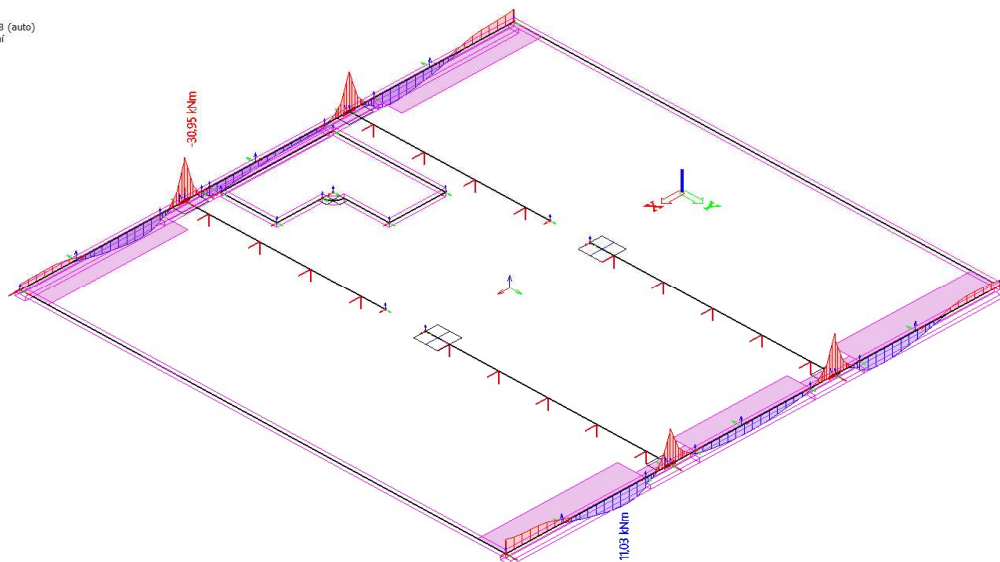
1D model ověřil správnost 3D modelu a vnitřní síly pro dimenzování průvlaku jsou brány z 3D modelu.

15. POSOUZENÍ PRŮVLAKU NAD 1NP

15.1 VNITŘNÍ SÍLY

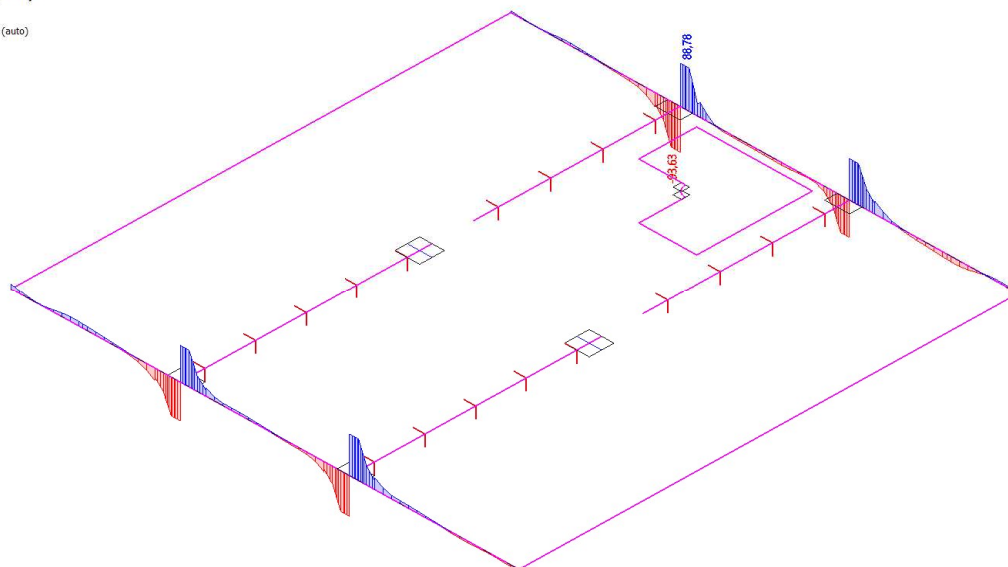
Momenty M_y

1D vnitřní síly
Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



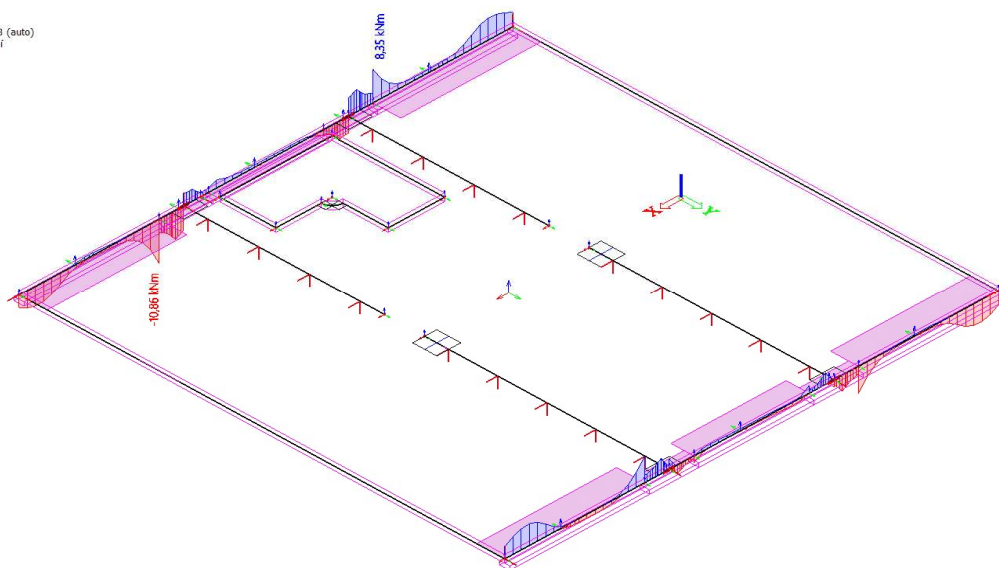
Posouvající síla V_z s nadpodporovou redukcí

Beton 1D vnitřní síly (návrh)
Hodnoty: V_{Ed}
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Dilec
Extrém 1D: Globální
Výběr: Vše



1D vnitřní síly
 Hodnoty: Mx
 Lineární výpočet
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
 Souřadný systém: Hlavní
 Extrém: 1D: Globální
 Výběr: Vše

Krouticí moment Mx



Moment

$$M_{Ed} = 11.7 \text{ kNm} \quad (\text{dolní momenty})$$

$$M_{Ed} = 32.84 \text{ kNm} \quad (\text{horní momenty})$$

Smyková síla

$$V_{Ed} = 96.63 \text{ kN}$$

Redukce nadpodporových momentů

$$M_{ed,rdk} = M_{ed} - \Delta M_{Ed} = 21.165 \text{ kNm}$$

$$F_{ed,sup} = 467 \text{ kN} \quad (\text{normálová síla ve sloupu})$$

$$\Delta M_{Ed} = F_{ed,sup} \cdot t/8 = 467 \cdot 200/8 = 11.675 \text{ kNm}$$

15.2 Návrh průvlaku

15.2.1 Geometrie trámu

$$h_s = 300 \text{ mm}$$

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

15.2.2 Materiály

Beton

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

$$f_{cd} = 16.66667 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3.5 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{s2} = 2 \text{ ‰}$$

$$f_{ctk0.05} = 1.5 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$$

Ocel

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2.17 \quad ‰$$

15.2.3 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC1

Kategorie návrhové životnosti S4 = 50 let

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 15 + 10 = 25 = 25 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$$

$$= \max(10; 15 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

$$c_{min,b} \geq \Phi \rightarrow c_{min,b} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm} \quad \text{přídavná hodnota spolehlivosti}$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u nerezavé oceli}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u dodatečné ochrany}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{přídavek pro návrhovou odchylku}$$

15.2.4 Návrh výztuže na horní momenty

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad \text{po} \quad 3 \quad A_{sodhad} = 235.6194 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.000236 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$\text{Výztuž desky nad třmínkem} = 16 \text{ mm}$$

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 - \Phi_{tr} = 244 \text{ mm}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 208.8325 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad x \quad 3$$

$$A_{sprov} = 235.6194 \text{ mm}^2$$

$$A_{sprov} = 0.000236 \text{ m}^2$$

$$A_{sprov} > A_{sreq}$$

VYHOVUJE

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 0.25 \cdot 0.244 / 500 =$$

$$= 8.25 \text{E-}05 \text{ m}^2 = 82.472 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 0.25 \cdot 300 / 1000 =$$

$$9.75 \text{E-}05 \text{ m}^2 = 97.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 0.25 \cdot 0.244 =$$

$$0.00244 \text{ m}^2 = 2440 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 97.5 < A_{sprov} = 235.6194 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 2440 > A_{sprov} = 235.6194 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

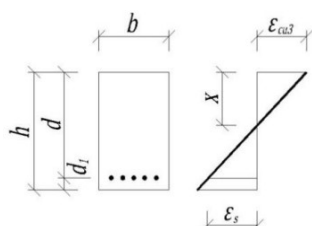
$$s_{max} \leq 200 \text{ mm}$$

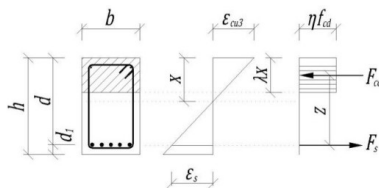
$$s_{sl,prov} = 100 < s_{max} = 200 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) =$$

$$21 \text{ mm}$$





$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 100 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti

$$\chi = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0002 \cdot 434.78) / (0.25 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.030733 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda \chi / 2) = 0 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.244 - 0.8 \cdot 0.031 / 2) = 23.73666 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 21.165 < M_{Rd} = 23.73666 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití} = 89.17\%$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - \chi) \cdot \epsilon_{cu3} / \chi = (0.244 - 0.031) \cdot 3.5 / 0.031 = 24.28791 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 24.2879 > \epsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

15.2.5 Návrh výztuže na dolní momenty

Předpoklad návrhu výztuže

$$\Phi \quad 10 \quad \text{po} \quad 2 \quad A_{sodhad} = 39269.91 \text{ mm}^2$$

$$A_{sodhad} = 0.03927 \text{ m}^2$$

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi / 2 - \Phi_{třímíněk} = 260 \text{ mm}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 120.4299 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže

Φ	10	x	2
			$A_{sprov} = 157.0796 \text{ mm}^2$
			$A_{sprov} = 0.000157 \text{ m}^2$

$$A_{sprov} > A_{sreq} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 0.25 \cdot 0.244 / 500 = 8.25 \text{E-}05 \text{ m}^2 = 82.472 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 0.25 \cdot 300 / 1000 = 9.75 \text{E-}05 \text{ m}^2 = 97.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 0.25 \cdot 0.244 = 0.00244 \text{ m}^2 = 2440 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 97.5 < A_{sprov} = 157.0796 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 2440 > A_{sprov} = 157.0796 \quad \text{VYHOVUJE}$$

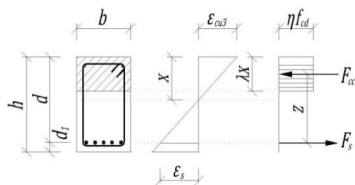
Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{max} \leq 200 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 200 < s_{max} = 200 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 10; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$



$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 200 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0002 \cdot 434.78) / (0.25 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.020489 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (0.26 - 0.8 \cdot 0.02 / 2) = 17.19702 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 11.7 < M_{Rd} = 17.19702 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Využití 68.04%

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (0.26 - 0.02) \cdot 3.5 / 0.02 = 40.91511 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 40.9151 > \epsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

15.2.6 Minimální nutná konstrukční výztuž na nevyužitý povrch

Návrh výztuže

Φ	10	x	2
$A_{sprov} = 157.0796 \text{ mm}^2$			
$A_{sprov} = 0.000157 \text{ m}^2$			

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.6 \cdot 0.25 \cdot 0.244 / 500 = 8.25E-05 \text{ m}^2 = 82.472 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 0.25 \cdot 300 / 1000 = 9.75E-05 \text{ m}^2 = 97.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 97.5 \text{ mm}^2$$

Psouzení

$$A_{sprov} = 157.0796 > A_{smin} = 97.5 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Výztuž desky nad třmínkem} = 16 \text{ mm}$$

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi / 2 = 260 \text{ mm}$$

Výpočet únosnosti

$$x = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0002 \cdot 434.78) / (0.25 \cdot 0.8 \cdot 16.667) = 0.020489 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda x / 2) = 0 \cdot 434.78 \cdot 1000 \cdot (260 - 0.8 \cdot 0.02 / 2) = 17.19702 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 17.19702 < M_{Rd} = 17.19702 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Využití 100.00%

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s = (d - x) \cdot \epsilon_{cu3} / x = (-0.02) \cdot 3.5 / 0.02 = 40.91511 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s = 40.9151 > \epsilon_s = 2.17 \quad \text{VYHOVUJE}$$

15.2.7 Posouzení na smyk

$$h_s = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{RDC} &= c_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = \\
 &0.12 \cdot 1.91 \cdot (100 \cdot 0.25)^{1/3} \cdot 0.25 \cdot 0.244 = \\
 &25.94563 \text{ kN} \\
 c_{Rdc} &= 0.18 / \gamma = 0.18 / 1.5 = 0.12 \\
 k &= 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/0.244)} = 1.905357 < 2 \\
 k &= 1.905357 \\
 \rho_l &= A_{sl} / (b_w \cdot d) = 0 / (0.3 \cdot 0.25) = 0.002575 \\
 V_{RDC} &= v_{min} \cdot b_w \cdot d = 460.259 \cdot 0.25 \cdot 0.244 = 28.07583 \text{ kN} \\
 v_{min} &= 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 460.2595 \\
 V_{RDC} &= 28.07583 < V_{Ed} = 96.63
 \end{aligned}$$

15.2.8 Návrh smykové výztuže

Konstrukční podmínky

$\alpha = 90^\circ$	(úhel třmíneků z podélnou výztuží)
$s_{l,max} = 0.75d \cdot (1 + \cot \alpha) =$	$0.75 \cdot 0.244 \cdot (1 + \cot 90) =$
	0.183 m 183 mm
$s_{l,max} =$	400 mm
$s_{l,max} = 183 \text{ mm}$	

$s_{\max} = \min(0.75d; 600\text{mm}) =$	$\min(0.75 \cdot 244; 600) =$	183 mm
$s_{\text{prov}} = 90$	$s_{\max} = 183$	VYHOVUJE

$$V_{rds} = (A_{sw}/s) * f_{yd} * z * \cot \theta = (0.00016/0.09 * 434.78) * 0.232 * 1000 = 175.8271 \text{ kN}$$

$V_{ed} = 96.63$ $V_{Rds} = 175.8271$ **VYHOVUJE**
Využití 54.96%

$$V_{Rd, \max} = a_{cw} \cdot v \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot (\cot \theta \cdot (1 + \cot^2 \theta) = 1 \cdot 0.54 \cdot 16.67 \cdot 1000 \cdot 0.25 \cdot 0.232 \cdot (1/(1+1^2)) = 261 \text{ kN}$$

$$z = 0.232 \quad \text{m}$$

$$\cot\theta = 1$$

$$V_{ed} = 96.63 < V_{Rd,max} = 261 \quad \text{VYHOVUJE}$$

15.2.9 Konstrukční návrh třmínků

Φ	10	x	2

$$A_{sw} = 157.0796 \text{ mm}^2$$

$$A_{sw} = 0.000157 \text{ m}^2$$

$$z = (d - \lambda x / 2) = 0.244 - 0.8 \cdot 0.031 / 2 = 0.231707 \text{ m}$$

$$s_{prov} = 130 \text{ mm}$$

Konstrukční podmínky

Max. podélná vzdálenost třmínků

$$\alpha = 90^\circ \quad (\text{úhel třmínků z podélnou výztuží})$$

$$s_{l,max} = 0.75d \cdot (1 + \cot\alpha) = 0.75 \cdot 0.244 \cdot (1 + \cot 90) = 0.183 \text{ m} = 183 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 183 \text{ mm}$$

Maximální příčná vzdálenost třmínků

$$s_{max} = \min(0.75d; 600 \text{ mm}) = \min(0.75 \cdot 244; 600) = 183 \text{ mm}$$

$$s_{prov} = 130 < s_{max} = 183 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ověření únosnosti

$$V_{rds} = (A_{sw} / s) \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot\theta = (0.00016 / 0.13 \cdot 0) \cdot 0.232 \cdot 1000 = 121.7265 \text{ kN}$$

Posudek

$$V_{ed} = 121.7265 < V_{Rds} = 121.7265 \quad \text{VYHOVUJE}$$

15.2.10 Kotevní délky výztuže - výztuž průměru 10

$$c_{nom} = 25 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 75 \text{ mm}$$

$$a = 65 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req} = (\Phi / 4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (10 / 4) \cdot (434.78 / 2.7) = 402.5765 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{bd} = l_{bd,req} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 = 212.0572 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 \cdot (25 - 10) / 10 = 1.075$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$c_d = \min(a / 2; c_1; c) = \min(65 / 2; 25; 25) = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisítě})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.7525 \quad \text{VYHOVUJE}$

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.7525 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 120.7729 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 250 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 250 > l_{min} = 120.7729 \text{ VYHOVUJE}$$

TLAČENÝ PRUT

$$l_{bd,min} = \max[0.6 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 241.5459 \text{ mm}$$

15.2.11 Stykování výztuže - výztuž průměru 10

$$c_{nom} = 25 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 75 \text{ mm}$$

$$a = 65 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (10/4) \cdot (434.78/2.7) = 402.5765 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{bd} = l_{bd,req} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 = 296.88 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 \cdot (25 - 10) / 10 = 1.075$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(65/2; 25; 25) = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisítě})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

$$\text{podmínka: } (\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.7525 \text{ VYHOVUJE}$$

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.7525 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

$$\% \text{ stykovaných prurů } 50 \%$$

$$\alpha_6 = 1.4$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 120.7729 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 300 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 300 > l_{min} = 120.7729 \text{ VYHOVUJE}$$

15.3 POSOUZENÍ PRŮVLAKU NAD 1NP - MAX KROUCENÍ A SMYK

Kombinace: maximální M_x (kroutící moment) s odpovídající posouvající silou a odpovídajícím momentem

$$T_{ed} = 10.6 \text{ kNm} \quad (\text{návrhový kroutící moment})$$

$$V_{ed} = 27.71 \text{ kN} \quad (\text{odpovídající návrhová smyková síla})$$

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

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

$$d = 258 \text{ mm}$$

$$z = 232.2 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

$$b_k = b - t_{ef} = 181.8182 \text{ mm}$$

$$h_k = h - t_{ef} = 231.8182 \text{ mm}$$

$$u = 2 \cdot (b + h) = 1100 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 75000 \text{ mm}^2$$

$$t_{ef} = A/u = 68.18182 \text{ mm}$$

$$A_k = b_k \cdot h_k = 42148.76 \text{ mm}^2$$

$$u_k = 2 \cdot (b_k + h_k) = 827.2727 \text{ mm}$$

$$z_{b(1)} = 113.6364 \text{ mm}$$

$$z_{h(2)} = 163.6364 \text{ mm}$$

MATERIÁLY

Beton

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

$$f_{cd} = 16.66667 \text{ Mpa}$$

$$v = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0.54 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctm} = 2.6 \text{ Mpa}$$

$$f_{ctd} = 1.733333 \text{ Mpa}$$

Ocel

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 434.7826 \text{ Mpa}$$

$$\theta = 45^\circ \quad (\text{sklon tlačných diagonál})$$

plocha výztuže v průřezu z návrhu ohybu- navržená $A_{prov;ohyb} = 392.6991 \text{ mm}^2$

$$M_{Ed} = 1.8 \text{ kNm} \quad (\text{v posuzovaném místě})$$

$$M_{Rd} = 17.19 \text{ kNm}$$

namáhaná výztuž: dolní

Podmínka únosnosti tlakové diagonály na kroucení

$$T_{Rdmax} = 2 \cdot V \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta = 25.86401 \text{ kNm}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{nepředepjatá konstrukce dle 6.11 aN})$$

$$T_{Ed} < T_{Rd,max}$$

$$10.6 < 25.86401$$

Posudek 0.409836 **VYHOVUJE**

Podmínka únosnosti tlakové diagonály na smyk

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z / (\cot\theta + \tan\theta) = 261.225 \text{ kN}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{nepředepjatá konstrukce dle 6.11 aN})$$

$$V_{Ed} < V_{Rdmax}$$

$$27.71 < 261.225$$

Posudek 0.106077 **VYHOVUJE**

Ověření únosnosti tlakových diagonál - iterační podmínka

$$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} < 1$$

$$10.6/25.86 + 27.71/261.23 = 0.515913 < 1$$

VYHOVUJE - NEDOCHÁZÍ K DRCENÍ TLAKOVÝCH DIAGONÁL

Únosnost prvku bez výztuže - kroucení

$$T_{Rd,c} = 2 * A_k * t_{ef,i} * f_{ctd} = 9.962434 \text{ kNm}$$

Posudek

$$T_{Rdc} < T_{Ed}$$

$$9.962434 < 10.6$$

Posudek 1.063997 **NEVYHOVUJE - NUTNÝ NÁVRH VÝZTUŽE**

Únosnost prvku bez výztuže - smyk

$$V_{RDc} = c_{Rdc} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} * b_w * d = 36.07 \text{ kN}$$

$$c_{Rdc} = 0.18 / \gamma = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/0.258)} = 1.8804509 < 2$$

$$k = 1.880451$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0 \quad 0.0061$$

$$V_{RDc} = v_{min} * b_w * d = 0 \quad 29.106552 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0.451264$$

$$V_{RDc} > V_{Ed}$$

$$36.07029 > 27.71$$

Posudek 0.768222 **VYHOVUJE**

Únosnost prvku bez výztuže iterační podmínka

$$T_{Ed}/T_{Rd,c} + V_{Ed}/V_{Rd,c} < 1$$

$$10.6/9.96 + 27.71/36.07 = 1.832219 < 1$$

NEVYHOVUJE - NÁVRH SMYKOVÉ A KROUTÍCÍ VÝZTUŽE

Návrh výztuže na kroucení v kombinace se smykem

Plocha jedné větve třmínků

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

$$A_{sw} = 78.53982 \text{ mm}^2$$

Interakční podmínka pro posouzení kroucení a spolupůsobícího smyku

$$T_{Rd,s}/T_{Ed} + V_{Rd,s}/V_{Ed} < 1$$

Kroutící únosnost třmínků

$$T_{Rd,s} = (A_{sw}/s_l) * 2 * A_k * f_{ywd} * \cot \theta$$

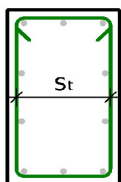
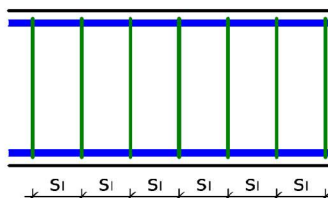
Smyková únosnost třmínků

$$V_{Rd,s} = (2 * A_{sw}/s) * f_{yd} * z * \cot \theta$$

Vyjádřením z předchozích vztahů dostaneme:

$$s_{req} = \frac{1}{\left(\frac{T_{Ed}}{2 A_{sw} A_k f_{yd} \cot \theta} + \frac{V_{Ed}}{2 A_{sw} f_{yd} z \cot \theta} \right)} = 184.1708 \text{ mm}$$

$$s_{prov} = 130 \text{ mm}$$



Ověření podmínky únosnosti

$$T_{Rd,s} = (A_{sw}/s_l) * 2 * A_k * f_{ywd} * \cot\theta = 22.14285 \text{ kNm}$$

$$V_{Rds} = (2 * A_{sw}/s) * f_{yd} * z * \cot\theta = 121.9863 \text{ kN}$$

Bez započítání vlivu podélné výztuže

$$T_{ED}/T_{Rd,s} + V_{Ed}/V_{Rd,s} = 10.6/22.14 + 27.71/121.99 = 70.6\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Maximální podélná osová vzdálenost třmínků - kroucení

$$\rho_{w,prov} = A_{sw}/(s * b * \sin(90)) = 0.004833$$

$$\rho_w = 0.08 * \sqrt{f_{ck}/f_{yk}} = 0.0008 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,2} = 0.75 * d = 193.5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,3} = 400 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,4} = u/8 = 137.5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,5} = \min(b; h) = 250 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Maximální podélná osová vzdálenost třmínkové výztuže

$$s_{tmax,1} = 0.75 * d = 200 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{tmax,2} = 600 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{tprov} = b - 2 * c_{nom} - \Phi_{třmínek}/2 = 200 \text{ mm}$$

Max. podélná vzdálenost třmínků - smyk

$$\alpha = 90^\circ \quad (\text{úhel třmínků z podélnou výztuží})$$

$$s_{l,max} = 0.75d * (1 + \cot\alpha) = 0.75 * 0.258 * (1 + \cot 90) =$$

$$0.1935 \text{ m} = 193.5 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 193.5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh podélné výztuže na kroucení

$$\Sigma A_{sl} = (T_{Ed} * u_k * \cot\theta) / (2 * A_k * f_{yd}) = 0.000239 \text{ m}^2 = 239.25863 \text{ mm}^2$$

Plocha na jednotku délky obvodu

$$\Sigma A_{sl}/u_k = 289.2137 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Plocha pro stěnu h= 300 mm (JEDEN krajní okraj)

$$\Sigma A_{sl,h} = \Sigma A_{sl} * h_k = 67.045 \text{ mm}^2$$

$$\text{Výztuž z návrhu ohybu } A_{s,prov} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Výztuž z návrhu ohybu } A_{s,prov} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{její využitelnost } A_{s,req,pro \text{ ohyb}} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{plocha využitelná na kroucení } A_{s,possible,kroucení} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{počet prutů} = 1 \text{ ks}$$

$$\Phi_{req} = 9.239283 \text{ mm}$$

$$\Phi_{prov} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{plocha nutná pro pokrytí kroucení } A_{sprov,bok,přidaná} = 78.53982 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)} = 78.53982 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)} = 67.045 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)} > A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$$

VYHOVUJE

Plocha pro stěnu b= 250 mm Dolní okraj

	$\Sigma A_{sl,b} = \Sigma A_{sl} \cdot b_k =$	52.58431	mm ²	
Výztuž z návrhu ohybu $A_{s,prov} =$	307.879	mm ²		
její využitelnost $A_{s,req,pro\ ohyb} =$	32.23864	mm ²		
plocha využitelná na kroucení $A_{s,possible,kroucení} =$	275.6404	mm ²		
	počet prutů	0	ks	
	$\Phi_{req} =$	0	mm	
	$\Phi_{prov} =$	0	mm	
plocha nutná pro pokrytí kroucení $A_{sprov,dole,přidaná} =$	0	mm ²		
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)} =$	307.879	mm ²	
	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)} =$	84.82295	mm ²	
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)}$	>	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$	
	VYHOVUJE			
	Plocha pro stěnu b=	163.6364	mm	Horní okraj
	$\Sigma A_{sl,b} = \Sigma A_{sl} \cdot b_k =$	52.58431	mm ²	
Výztuž z návrhu ohybu $A_{s,prov} =$	307.879	mm ²		
její využitelnost $A_{s,req,pro\ ohyb} =$	0	mm ²		
plocha využitelná na kroucení $A_{s,possible,kroucení} =$	307.879	mm ²		
	počet prutů	0	ks	
	$\Phi_{req} =$	0	mm	
	$\Phi_{prov} =$	0	mm	
plocha nutná pro pokrytí kroucení $A_{sprov,dole,přidaná} =$	0	mm ²		
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)} =$	307.879	mm ²	
	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)} =$	52.58431	mm ²	
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)}$	>	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$	
	VYHOVUJE			

15.4 POSOUZENÍ PRŮVLAKU NAD 1NP - KROUCENÍ A MAX SMYK

Kombinace: maximální smyk a odpovídající kroutící moment a odpovídající ohybový moment

$$\begin{aligned} T_{ed} &= 6.94 \text{ kNm} && (\text{odpovídající kroutící moment}) \\ V_{ed} &= 96.63 \text{ kN} && (\text{návrhová smyková síla}) \\ b &= 250 \text{ mm} \\ h &= 300 \text{ mm} \\ d &= 258 \text{ mm} \\ z &= 232.2 \text{ mm} \\ c_{nom} &= 25 \text{ mm} \\ b_k &= b - t_{ef} = 181.8182 \text{ mm} \\ h_k &= h - t_{ef} = 231.8182 \text{ mm} \\ u &= 2 \cdot (b + h) = 1100 \text{ mm} \\ A &= b \cdot h = 75000 \text{ mm}^2 \\ t_{ef} &= A/u = 68.18182 \text{ mm} \\ A_k &= b_k \cdot h_k = 42148.76 \text{ mm}^2 \\ u_k &= 2 \cdot (b_k + h_k) = 827.2727 \text{ mm} \\ z_{b(1)} &= 113.6364 \text{ mm} \\ z_{h(2)} &= 163.6364 \text{ mm} \end{aligned}$$

MATERIÁLY

Beton

$$\begin{aligned} f_{ck} &= 25 \text{ Mpa} \\ f_{cd} &= 16.66667 \text{ Mpa} \\ v &= 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250) = 0.54 \text{ Mpa} \\ f_{ctm} &= 2.6 \text{ Mpa} \\ f_{ctd} &= 1.733333 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Ocel

$$\begin{aligned} f_{yk} &= 500 \text{ Mpa} \\ f_{yd} &= 434.7826 \text{ Mpa} \\ \theta &= 45^\circ && (\text{sklon tlačných diagonál}) \end{aligned}$$

plocha výztuže v průřezu z návrhu ohybu- navržená $A_{prov; ohyb} = 392.6991 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= 18.59 \text{ kNm} && (\text{v posuzovaném místě}) \\ M_{Rd} &= 23.7 \text{ kNm} \\ \text{namáhaná výztuž:} &= \text{horní} \end{aligned}$$

Podmínka únosnosti tlakové diagonály na kroucení

$$\begin{aligned} T_{Rdmax} &= 2 \cdot V \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta = 25.86401 \text{ kNm} \\ \alpha_{cw} &= 1 && (\text{nepředepjatá konstrukce dle 6.11 aN}) \\ T_{Ed} &< T_{Rd,max} \\ 6.94 &< 25.86401 \end{aligned}$$

Posudek 0.268327 **VYHOVUJE**

Podmínka únosnosti tlakové diagonály na smyk

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z / (\cot \theta + \tan \theta) = 261.225 \text{ kN}$$

$$\alpha_{cw} = 1 \quad (\text{nepředepjatá konstrukce dle 6.11 aN})$$

$$V_{Ed} < V_{Rdmax}$$

$$96.63 < 261.225$$

Posudek 0.369911 **VYHOVUJE**

Ověření únosnosti tlakových diagonál - iterační podmínka

$$T_{Ed}/T_{Rd,max} + V_{Ed}/V_{Rd,max} < 1$$

$$6.94/25.86 + 96.63/261.23 = 0.638238 < 1$$

VYHOVUJE - NEDOCHÁZÍ K DRCENÍ TLAKOVÝCH DIAGONÁL

Únosnost prvku bez výztuže - kroucení

$$T_{Rd,c} = 2 * A_k * t_{ef,i} * f_{ctd} = 9.962434 \text{ kNm}$$

Posudek

$$T_{Rdc} > T_{Ed}$$

$$9.962434 > 6.94$$

Posudek 0.696617 **VYHOVUJE - NENÍ NUTNÝ NÁVRH DALŠÍ VÝZTUŽE**

Únosnost prvku bez výztuže - smyk

$$V_{RDc} = c_{Rdc} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} * b_w * d = 36.07 \text{ kN}$$

$$c_{Rdc} = 0.18 / \gamma = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/0.258)} = 1.8804509 < 2$$

$$k = 1.880451$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) = 0 \quad 0.0061$$

$$V_{RDc} = v_{min} * b_w * d = 0 \quad 29.106552 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0.451264$$

$$V_{RDc} < V_{Ed}$$

$$36.07029 < 96.63$$

Posudek 2.678936 **NEVYHOVUJE - NUTNÝ NÁVRH VÝZTUŽE**

Únosnost prvku bez výztuže iterační podmínka

$$T_{Ed}/T_{Rd,c} + V_{Ed}/V_{Rd,c} < 1$$

$$6.94/9.96 + 96.63/36.07 = 3.375553 < 1$$

NEVYHOVUJE - NÁVRH SMYKOVÉ A KROUTÍCÍ VÝZTUŽE

Návrh výztuže na kroucení v kombinace se smyem

Plocha jedné větve třmínků

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

$$A_{sw} = 78.53982 \text{ mm}^2$$

Interakční podmínka pro posouzení kroucení a spolupůsobícího smyku

$$T_{Rd,s}/T_{Ed} + V_{Rd,s}/V_{Ed} < 1$$

Kroutící únosnost třmínků

$$T_{Rd,s} = (A_{sw}/s_l) * 2 * A_k * f_{ywd} * \cot \theta$$

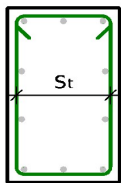
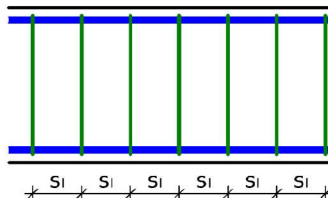
Smyková únosnost třmínků

$$V_{Rd,s} = (2 * A_{sw}/s) * f_{yd} * z * \cot \theta$$

Vyjádřením z předchozích vztahů dostaneme:

$$s_{req} = \frac{1}{\left(\frac{T_{Ed}}{2A_{sw}A_k f_{yd} \cot \theta} + \frac{V_{Ed}}{2A_{sw} f_{yd} z \cot \theta} \right)} = 117.5877 \text{ mm}$$

$$s_{prov} = 90 \text{ mm}$$



Ověření podmínky únosnosti

$$T_{Rd,s} = (A_{sw}/s_l) * 2 * A_k * f_{ywd} * \cot\theta = 31.98411 \text{ kNm}$$

$$V_{Rds} = (2 * A_{sw}/s) * f_{yd} * z * \cot\theta = 176.2024 \text{ kN}$$

Bez započítání vlivu podélné výztuže

$$T_{ED}/T_{Rd,s} + V_{Ed}/V_{Rd,s} = 6.94/31.98 + 96.63/176.2 = 76.5\% \quad \text{VYHOVUJE}$$

Maximální podélná osová vzdálenost třmínků - kroucení

$$\rho_{w,prov} = A_{sw}/(s * b * \sin(90)) = 0.006981$$

$$\rho_w = 0.08 * \sqrt{f_{ck}/f_{yk}} = 0.0008 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,2} = 0.75 * d = 193.5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,3} = 400 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,4} = u/8 = 137.5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{lmax,5} = \min(b; h) = 250 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Maximální podélná osová vzdálenost třmínkové výztuže

$$s_{tmax,1} = 0.75 * d = 200 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{tmax,2} = 600 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{tprov} = b - 2 * c_{nom} - \Phi_{třmínek}/2 = 200 \text{ mm}$$

Max. podélná vzdálenost třmínků - smyk

$$\alpha = 90^\circ \quad (\text{úhel třmínků z podélnou výztuží})$$

$$s_{l,max} = 0.75d * (1 + \cot\alpha) = 0.75 * 0.258 * (1 + \cot 90) =$$

$$0.1935 \text{ m} = 193.5 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 400 \text{ mm}$$

$$s_{l,max} = 193.5 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Návrh podélné výztuže na kroucení

$$\Sigma A_{sl} = (T_{Ed} * u_k * \cot\theta) / (2 * A_k * f_{yd}) = 0.000157 \text{ m}^2 = 156.64669 \text{ mm}^2$$

Plocha na jednotku délky obvodu

$$\Sigma A_{sl}/u_k = 189.3531 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Plocha pro stěnu h= 300 mm (JEDEN krajní okraj)

$$\Sigma A_{sl,h} = \Sigma A_{sl} * h_k = 43.8955 \text{ mm}^2$$

$$\text{Výztuž z návrhu ohybu } A_{s,prov} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{její využitelnost } A_{s,req,pro \text{ ohyb}} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{plocha využitelná na kroucení } A_{s,possible,kroucení} = 0 \text{ mm}^2$$

$$\text{počet prutů} = 1 \text{ ks}$$

$$\Phi_{req} = 7.475927 \text{ mm}$$

$$\Phi_{prov} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{plocha nutná pro pokrytí kroucení } A_{sprov,bok,přidaná} = 78.53982 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)} = 78.53982 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)} = 43.8955 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)} > A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$$

VYHOVUJE

Plocha pro stěnu b= 250 mm Dolní okraj

$$\Sigma A_{sl,b} = \Sigma A_{sl} * b_k = 34.42784 \text{ mm}^2$$

Výztuž z návrhu ohybu $A_{s,prov}$	=	307.879	mm ²	
její využitelnost $A_{s,req,pro\ ohyb}$	=	0	mm ²	
plocha využitelná na kroucení $A_{s,possible,kroucení}$	=	307.879	mm ²	
	počet prutů	0	ks	
	Φ_{req}	0	mm	
	Φ_{prov}	0	mm	
plocha nutná pro pokrytí kroucení $A_{sprov,dole,přidaná}$	=	0	mm ²	
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)}$	=	307.879	mm ²
	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$	=	34.42784	mm ²
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)}$	>	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$	
	VYHOVUJE			
	Plocha pro stěnu b	=	163.6364	mm
	$\Sigma A_{sl,b} = \Sigma A_{sl} \cdot b_k$	=	34.42784	mm ²
Výztuž z návrhu ohybu $A_{s,prov}$	=	307.879	mm ²	
její využitelnost $A_{s,req,pro\ ohyb}$	=	241.4967	mm ²	
plocha využitelná na kroucení $A_{s,possible,kroucení}$	=	66.38235	mm ²	
	počet prutů	0	ks	
	Φ_{req}	0	mm	
	Φ_{prov}	0	mm	
plocha nutná pro pokrytí kroucení $A_{sprov,dole,přidaná}$	=	0	mm ²	
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)}$	=	307.879	mm ²
	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$	=	275.9245	mm ²
	$A_{s,prov,celkem(ohyb+kroucení)}$	>	$A_{s,req,celkem(ohyb+kroucení)}$	
	VYHOVUJE			

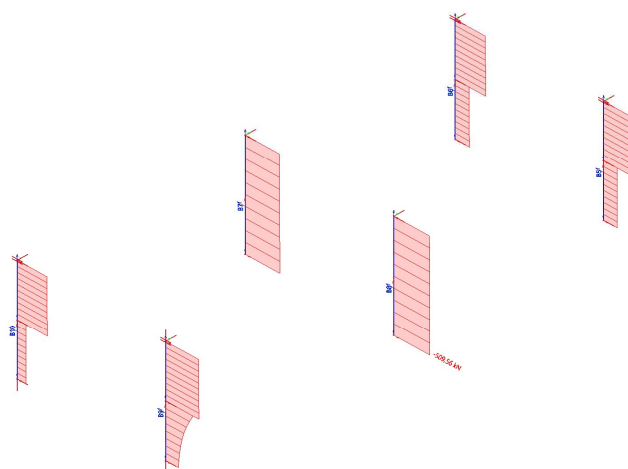
Horní okraj

16. NÁVRH SLOUPU V 1.NP

16.1 VNITŘNÍ SÍLY

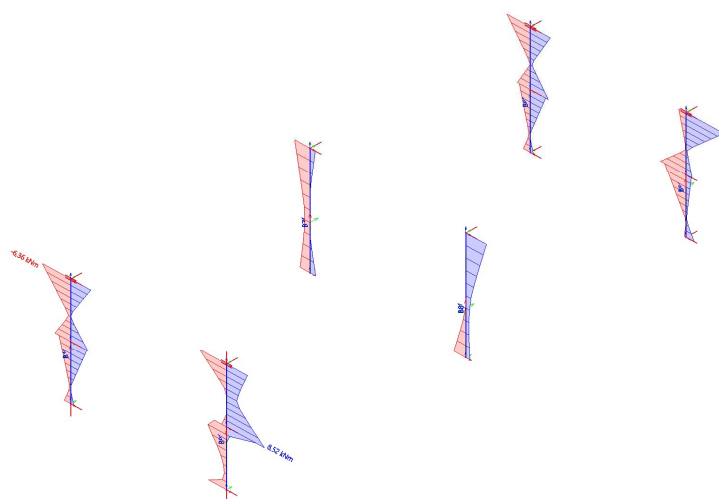
Normálové síly

3D vnitřní síly
Hodnota: N
Umístění: výpočet
Třída: Vše MG+MGSP
Souřadný systém: Hlavní
Zobrazení: 3D, Glabal
Výběr: Vše



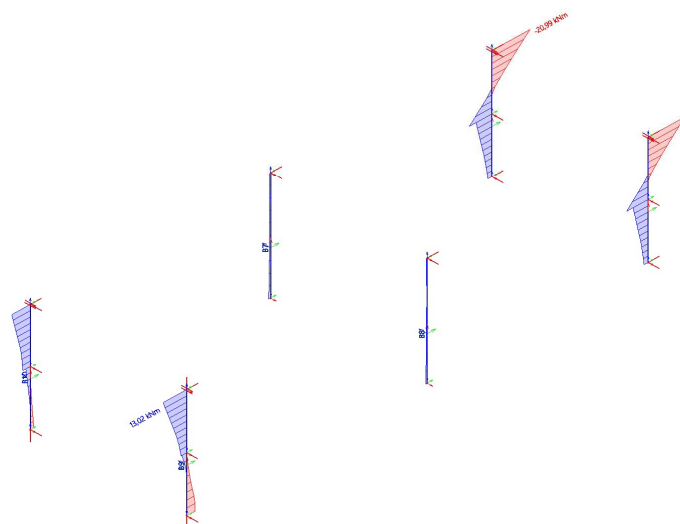
Momenty My

3D vnitřní síly
Hodnota: Nm
Umístění: výpočet
Třída: Vše MG+MGSP
Souřadný systém: Hlavní
Zobrazení: 3D, Glabal
Výběr: Vše



Momenty Mz

3D vnitřní síly
Hodnota: Nm
Umístění: výpočet
Třída: Vše MG+MGSP
Souřadný systém: Hlavní
Zobrazení: 3D, Glabal
Výběr: Vše



16.2 VÝPOČET SLOUPU V 1.NP

16.2.1 Geometrie konstrukce

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\beta = 0.7$$

$$l_0 = 2.1 \text{ m}$$

16.2.2 Účinky prvního a druhého řádu

$$e_i = l_0/400 = 5.25 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

Kritérium štíhlosti

$$\lambda_{lim} = (20 \cdot A \cdot B \cdot C) / \sqrt{n} =$$

$$A = 1 / (1 + 0.2 \cdot \phi_{ef}) = 1 / (1 + 0.2 \cdot 0.13) = 0.97561$$

$$\text{Uvažované } \phi_{ef} = 0.125 \text{ (nejmenší číslo pro směr "z" a "y")}$$

$$B = \sqrt{(1 + 2 \cdot \omega)} = \sqrt{(1 + 2 \cdot 0.4)} = 1.342814$$

$$C_z = 1.118182$$

$$C_y = 0.723952$$

$$n = N_{ed} / (A_c \cdot f_{cd}) =$$

SKUTEČNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_z = l_0 / i_z = 36.37307$$

$$\lambda_y = l_0 / i_y = 36.37307$$

$$I_y = 1/12 \cdot h \cdot b^3 = 1.3E-04 \text{ m}^4$$

$$I_z = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1.3E-04 \text{ m}^4$$

$$A_c = 0.04 \text{ m}^2$$

$$i_y = \sqrt{I/A_c} = 0.057735 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{I/A_c} = 0.057735 \text{ m}$$

Koncové momenty na sloupech Mz

Horní	Dolní	r _m	C=1.7-r _m
8.72	1.58	0.181193	1.518807
0.37	0.87	0.425287	1.274713
0.32	0.55	0.581818	1.118182
0.32	-0.05	-0.15625	1.85625
-0.16	0.55	-0.290909	1.990909
-0.16	-0.05	0.3125	1.3875
-19.57	2.04	-0.104241	1.804241
-18.78	2.13	-0.113419	1.813419
		max C	1.990909
		min C	1.118182

Koncové momenty na sloupech My

Horní	Dolní	r _m	C=1.7-r _m
-12.33	-5.26	0.426602	1.273398
-12.33	6.68	-0.541768	2.241768
6.52	-5.26	-0.806748	2.506748
6.52	6.68	0.976048	0.723952
-8.6	-5.3	0.616279	1.083721
-8.6	13.54	-0.635155	2.335155
8.43	-5.3	-0.628707	2.328707
8.43	13.54	0.6226	1.0774
-5.93	-4.02	0.677909	1.022091
-5.93	0.73	-0.123103	1.823103
1.32	-4.02	-0.328358	2.028358
1.32	0.73	0.55303	1.14697
7.73	-3.64	-0.470893	2.170893
7.73	1.32	0.170763	1.529237
-8.41	6.96	-0.827586	2.527586
-8.41	-4.18	0.497027	1.202973
7.5	6.96	0.928	0.772
7.5	-4.18	-0.557333	2.257333
-0.62	-10.65	0.058216	1.641784

-0.62	2.88	-0.215278	1.915278
16.67	-10.65	-0.638872	2.338872
16.67	2.88	0.172765	1.527235
max C			2.527586
min C			0.723952

Kombinace

	MSÚ KOMBINACE			KVAZISTÁLÁ KOMBINACE		
	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1	-571.97	-1.12	0.05	-384.08	-0.52	-0.11
2	-68.36	-3.12	2.2	-73.8	0.57	1.92
3	-346.72	3.83	1.96	-239.34	3.23	7.23
4	-295.62	-3.8	10.54	-239.63	1.27	2.02
5	-308.58	-7.66	-14.16	-233.86	3.14	7.02
6	-269.1	6.84	-15.97	-77.71	-0.38	-1
7	-341.03	-2.2	-18.5	-237	-3.59	-12.13
8	-430.16	1.66	13.58	-236.81	-3.57	-12.14

Směr z

	N [kN]	M _z [kNm]
1	-571.97	0.05
2	-68.36	2.2
3	-346.72	1.96
4	-295.62	10.54
5	-308.58	-14.16
6	-269.1	-15.97
7	-341.03	-18.5
8	-430.16	13.58

	e ₁	e _i	e ₀	N _{ED}	M _{0Ed}	M _{ed}	M _{ed} +M _{0ed}	n
1	-8.74E-05	20	20.00009	-571.97	-11.43945	0.05	11.48945	0.857955
2	-0.032183	20	20.03218	-68.36	-1.3694	2.2	3.5694	0.10254
3	-0.005653	20	20.00565	-346.72	-6.93636	1.96	8.89636	0.52008
4	-0.035654	20	20.03565	-295.62	-5.92294	10.54	16.46294	0.44343
5	0.045888	20	20.04589	-308.58	-6.18576	-14.16	-20.34576	0.46287
6	0.059346	20	20.05935	-269.1	-5.39797	-15.97	-21.36797	0.40365
7	0.054247	20	20.05425	-341.03	-6.8391	-18.5	-25.3391	0.511545
8	-0.03157	20	20.03157	-430.16	-8.61678	13.58	22.19678	0.64524

	λ _{lim}	λ _z	POSUDEK
1	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
2	75	36.37307	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
3	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
4	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
5	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
6	46.11392	36.37307	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
7	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
8	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD

$$\omega = A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) = (615.75 \cdot 434.78) / (0.2 \cdot 0.2 \cdot 16.67 \cdot 10^6) = 0.401575$$

$$\eta_u = 1 + \omega = 1.401575$$

$$K_r = (\eta_u - n) / (\eta_u - n_{bal}) < 1 \quad \text{výsledky jsou v tabulce}$$

$$n_{bal} = 0.4 \quad (\text{viz ČSN EN 1991-1-1 5.36})$$

$$K_\phi = 1 + \beta \cdot \phi_{ef} =$$

$$\beta_z = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda_z / 150 = 0.232513$$

$$\phi_{ef} = \phi_{(\infty, t_0)} * M_{0Eqp} / M_{0Ed} =$$

$$\phi_{(\infty, t_0)} = 2.25 \quad (\text{viz ČSN EN 1991-1-1 OBRÁZEK 3.1})$$

$$h_0 = 2 * A_c / u = 2 * A_c / (2 * h + 2 * b) = 2 * 0.2 * 0.2 / (2 * 0.2 + 2 * 0.2) * 1000 = 100$$

$$1/r = K_\phi * K_r * \varepsilon_{yd} / (0.45d)$$

$$e_2 = (1/r) l_0^2 / c$$

$$c = 10 \quad (\text{viz ČSN EN 1991-1-1} \rightarrow 5.8.8.2(4))$$

$$M_2 = N_{ed} * e_2$$

$$M_{0Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

	n	Kr	M _{0Ed}	M _{0Eqp}	φ _{ef}	K _φ	1/r	e ₂
1	0.857955	0.542765	0.05	0.11	4.95	2.150939	0.036088	0.015915
2	0.10254	1	2.2	1.92	1.963636	1.456571	0.045025	0
3	0.52008	0.880109	1.96	7.23	8.299745	2.929798	0.079707	0.035151
4	0.44343	0.956638	10.54	2.02	0.431214	1.100263	0.032536	0.014348
5	0.46287	0.937229	14.16	7.02	1.115466	1.25936	0.036485	0.01609
6	0.40365	0.996356	15.97	1	0.140889	1.032759	0.031808	0
7	0.511545	0.88863	18.5	12.13	1.47527	1.343019	0.036891	0.016269
8	0.64524	0.755146	13.58	12.14	2.011414	1.46768	0.03426	0.015109

Výsledná tabulka zatížení pro směr z

	M ₂	M _{0Ed}		N _{ed} [kN]	M _{ed} [kNm]
1	-9.102789	20.59224	1	-571.97	20.59224
2	0	3.5694	2	-68.36	3.5694
3	-12.18749	21.08385	3	-346.72	21.08385
4	-4.241693	20.70463	4	-295.62	20.70463
5	-4.965061	-25.31082	5	-308.58	-25.31082
6	0	-21.36797	6	-269.1	-21.36797
7	-5.548266	-30.88737	7	-341.03	-30.88737
8	-6.4991	28.69588	8	-430.16	28.69588

Směr y

	N	M _y
1	-571.97	-1.12
2	-68.36	-3.12
3	-346.72	3.83
4	-295.62	-3.8
5	-308.58	-7.66
6	-269.1	6.84
7	-341.03	-2.2
8	-430.16	1.66

	e ₁	e _i	e ₀	N _{ED}	M _{0Ed}	M _{ed}	M _{ed} +M _{0ed}	n
1	0.001958	20	20.00196	-571.97	-11.44052	-1.12	-12.56052	0.857955
2	0.045641	20	20.04564	-68.36	-1.37032	-3.12	-4.49032	0.10254
3	-0.011046	20	20.01105	-346.72	-6.93823	3.83	-10.76823	0.52008
4	0.012854	20	20.01285	-295.62	-5.9162	-3.8	-9.7162	0.44343
5	0.024823	20	20.02482	-308.58	-6.17926	-7.66	-13.83926	0.46287
6	-0.025418	20	20.02542	-269.1	-5.38884	6.84	-12.22884	0.40365
7	0.006451	20	20.00645	-341.03	-6.8228	-2.2	-9.0228	0.511545
8	-0.003859	20	20.00386	-430.16	-8.60486	1.66	-10.26486	0.64524

	λ _{lim}	λ _y	POSUDEK
1	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD

2	59.23594	36.37307	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
3	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
4	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
5	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
6	29.85585	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
7	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
8	25	36.37307	JE TŘEBA DRUHÝ ŘÁD

$$\beta_y = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda_y / 150 = 0.232513$$

	n	Kr	M _{0Ed}	M _{0Eqp}	Φ _{ef}	K _φ	1/r	e ₂
1	0.857955	0.542765	1.12	0.52	1.044643	1.242893	0.020853	0.009196
2	0.10254	1	3.12	0.57	0.411058	1.095576	0.033866	0
3	0.52008	0.880109	3.83	3.23	1.89752	1.441198	0.039209	0.017291
4	0.44343	0.956638	3.8	1.27	0.751974	1.174844	0.034742	0.015321
5	0.46287	0.937229	7.66	3.14	0.922324	1.214452	0.035184	0.015516
6	0.40365	0.996356	6.84	0.38	0.125	1.029064	0.031694	0.013977
7	0.511545	0.88863	2.2	3.59	3.671591	1.853692	0.050919	0.022455
8	0.64524	0.755146	1.66	3.57	4.838855	2.125096	0.049606	0.021876

Výsledná tabulka zatížení pro směr y

	M ₂	M _{0Ed}		N _{ed} [kN]	M _{ed} [kNm]
1	-5.259932	-17.82045	1	-571.97	-17.82045
2	0	-4.49032	2	-68.36	-4.49032
3	-5.99515	-16.76338	3	-346.72	-16.76338
4	-4.529214	-14.24541	4	-295.62	-14.24541
5	-4.78801	-18.62727	5	-308.58	-18.62727
6	-3.761246	-15.99009	6	-269.1	-15.99009
7	-7.657951	-16.68075	7	-341.03	-16.68075
8	-9.410237	-19.6751	8	-430.16	-19.6751

Ověření podmínky pro použití posouzení ve dvou hlavních směrech bez ohledu na dvojoosé namáhání ohybem

$$\lambda_y = 36.37307$$

$$\lambda_z = 36.37307$$

$$\lambda_y / \lambda_x = 1 < 2 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\lambda_x / \lambda_y = 1 < 2 \text{ VYHOVUJE}$$

$$M_{edy} = 19.6751 \text{ kNm}$$

$$M_{edz} = 30.88737 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 571.97 \text{ kN}$$

$$e_z = M_{edz} / N_{ed} = 0.054002 \text{ m}$$

$$e_y = M_{edy} / N_{ed} = 0.034399 \text{ m}$$

$$i_y = 0.057735 \text{ m}$$

$$i_z = 0.057735 \text{ m}$$

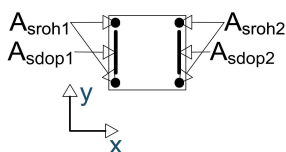
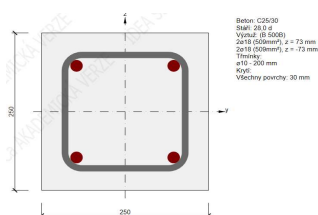
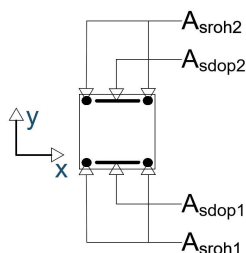
pro směr x

$$b_{eq} = i_y \cdot \sqrt{12} = 0.2000$$

$$h_{eq} = i_x \cdot \sqrt{12} = 0.2000$$

$$\frac{e_y}{h_{eq}} = \frac{e_x}{b_{eq}} = 0.636995 > 0.2 \quad \frac{e_x}{h_{eq}} = 1.569871 > 0.2$$

Podmínka poměrných výstředností nevyhovuje podmínce $< 0.2 \rightarrow$ nutno posoudit dvojoosé namáhání



16.2.3 Geometrie sloupu

b= 200 mm (šířka pro směr z; výška pro směr y)
h= 200 mm (výška pro směr z; šířka pro směr y)

16.2.4 Materiály

Beton

f_{ck} = 25 Mpa
 f_{cd} = 16.67 Mpa
 ϵ_{cu3} = 3.5 ‰
 ϵ_{s2} = 2 ‰

Ocel

f_{yk} = 500 Mpa
 f_{yd} = 434.78 Mpa
 ϵ_{yd} = 2.17 ‰

16.2.5 Návrh výztuže

směr y

[mm²]

A_{sroh1} =	Φ	14	x	2	A_{sprov} =	307.88
A_{sdop1} =	Φ	0	x	0	A_{sprov} =	0.00
A_{sroh2} =	Φ	14	x	2	A_{sprov} =	307.88
A_{sdop2} =	Φ	0	x	0	A_{sprov} =	0.00

Celkem výztuže

pro směr y v místě 1: A_{sprov2} = 307.88 mm²

pro směr y v místě 2: A_{sprov1} = 307.88 mm²

směr x

[mm²]

A_{sroh1} =	Φ	14	x	2	A_{sprov} =	307.88
A_{sdop1} =	Φ	0	x	0	A_{sprov} =	0.00
A_{sroh2} =	Φ	14	x	2	A_{sprov} =	307.88
A_{sdop2} =	Φ	0	x	0	A_{sprov} =	0.00

Celkem výztuže

pro směr x v místě 1: A_{sprov2} = 307.88 mm²

pro směr x v místě 2: A_{sprov1} = 307.88 mm²

Průměr třmínků 6 mm

Rozmístění výztuže

Konstrukční zásady:

A_{smin} = $0.1N_{ed}/f_{yd}$ = $0.1 \cdot 434.78$ = 131.5539 mm²

A_{smax} = $0.04 \cdot A_c$ = $0.04 \cdot (200 \cdot 200)$ = 1600 mm²

A_{sprov} = $\sum A_{sprov}$ = 615.75 mm²

A_{smin} < A_{sprov} < A_{smax} VYHOVUJE

Výztuž v rohu sloupu

Φ_{min} = 12 mm (sloup s minimálním rozměrem 200 mm)

Φ_{prov} = 14 mm

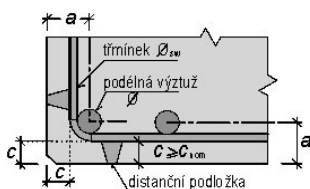
Φ_{min} < Φ_{prov} VYHOVUJE

16.2.6 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC1

c_{nom} = c_{min} + Δc_{dev} = 15+10= 25 = 25 mm

c_{min} =max($c_{min,b}$; $c_{min,dur}$ + $\Delta c_{dur,y}$ - $\Delta c_{dur,st}$ - $\Delta c_{dur,add}$; 10mm)=



$$= \max(14; 15 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

$$c_{\min, b} \geq \Phi \rightarrow c_{\min, b} = 14 \text{ mm}$$

$$c_{\min, \text{dur}} = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{\text{dur}, y} = 0 \text{ mm} \quad \text{přídavná hodnota spolehlivosti}$$

$$\Delta c_{\text{dur}, \text{st}} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u nerezavé oceli}$$

$$\Delta c_{\text{dur}, \text{add}} = 0 \text{ mm} \quad \text{redukce u dodatečné ochrany}$$

$$\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

16.2.7 Výpočet interačního diagramu pro směr y

Body diagramu pro směr y

$$d = 156 \text{ mm}$$

$$d_1 = 38 \text{ mm}$$

$$d_2 = 38 \text{ mm}$$

$$z_1 = 62 \text{ mm}$$

$$z_2 = 62 \text{ mm}$$

$$A_{s2} = 307.88 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1} = 307.88 \text{ mm}^2$$

Výpis použitých vzorců

x - je voleno

$$\varepsilon_{c, \max} = 3.50 \text{ ‰}$$

$$\sigma_c = f_{cd}$$

$$F_c = \sigma_c \cdot 0.8 \cdot x$$

$$\varepsilon_{s1} = (h - d_1 - x) \cdot \varepsilon_{c, \max} / x$$

$$\sigma_{s1} = \text{sing}(\varepsilon_{s1}) \cdot \min(|\varepsilon_{s1}| \cdot E_s; f_{yd})$$

$$F_{s1} = A_{s1} \cdot \sigma_{s1}$$

$$\varepsilon_{s2} = (h - d_2 - x) \cdot \varepsilon_{c, \max} / x$$

$$\sigma_{s2} = \text{sing}(\varepsilon_{s2}) \cdot \min(|\varepsilon_{s2}| \cdot E_s; f_{yd})$$

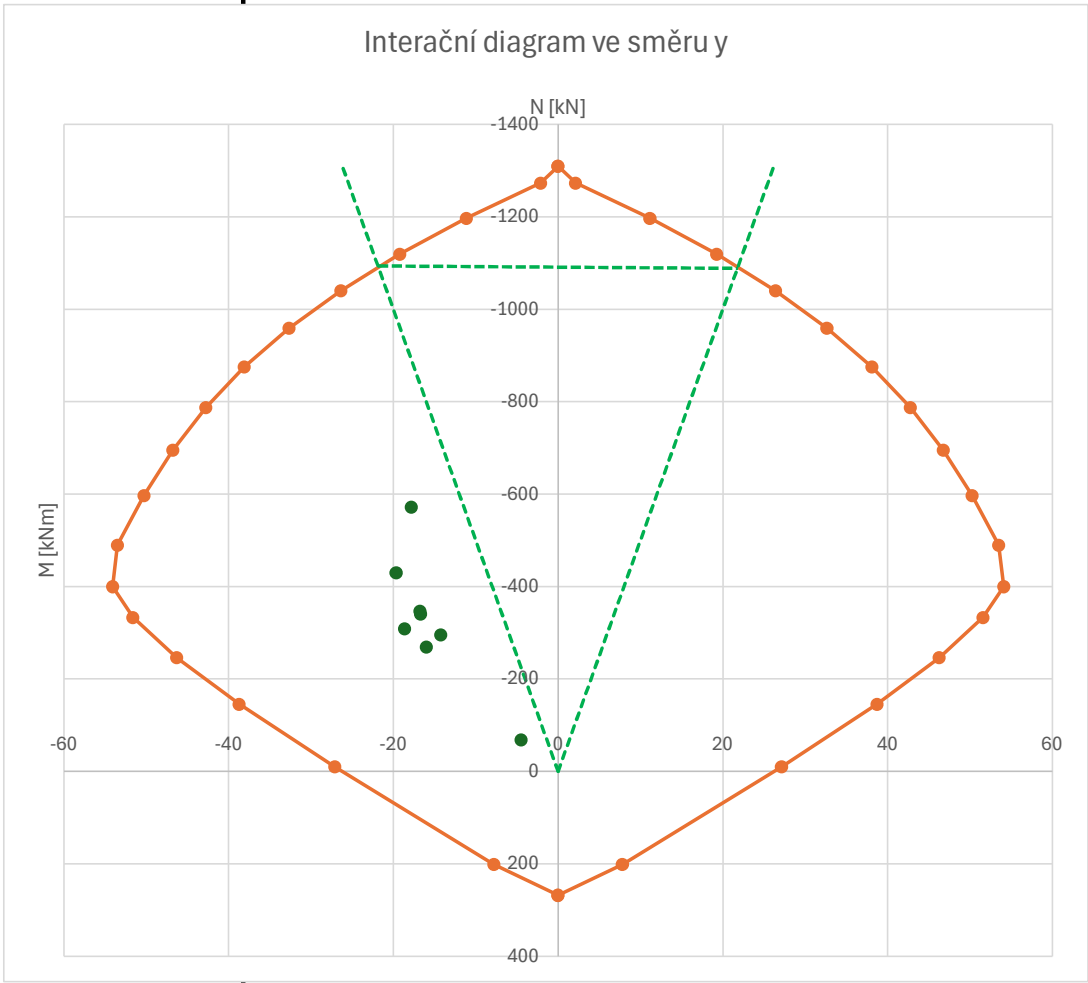
$$F_{s2} = A_{s2} \cdot \sigma_{s2}$$

x	F_c	ε_{s1}	σ_{s1}	F_{s1}	ε_{s2}	σ_{s2}	F_{s2}	N_{Rd}	M_{Rd}	M_{Rd}
max tah			434780	133.8601		434780	133.8601	267.7201	0	0
20	66.66667	0.0336	434780	133.8601	-0.00315	-434780	-133.8601	201.0535	7.8	-7.8
40	133.3333	0.01505	434780	133.8601	0.000175	35000	10.7758	-10.24907	27.11665	-27.11665
60	200	0.008867	434780	133.8601	0.001283	256666.7	79.02253	-145.1625	38.72079	-38.72079
80	266.6667	0.005775	434780	133.8601	0.001838	367500	113.1459	-245.9525	46.28952	-46.28952
100	333.3333	0.00392	434780	133.8601	0.00217	434000	133.6199	-333.0932	51.60409	-51.60409
120	400	0.002683	434780	133.8601	0.002392	434780	133.8601	-400	54.09165	-54.09165
140	466.6667	0.0018	360000	110.8368	0.00255	434780	133.8601	-489.6899	53.48863	-53.48863
160	533.3333	0.001138	227500	70.0427	0.002669	434780	133.8601	-597.1507	50.27287	-50.27287
180	600	0.000622	124444.4	38.31396	0.002761	434780	133.8601	-695.5461	46.77914	-46.77914
200	666.6667	0.00021	42000	12.93096	0.002835	434780	133.8601	-787.5958	42.77082	-42.77082
220	733.3333	-0.000127	-25454.55	-7.836945	0.002895	434780	133.8601	-875.0303	38.09734	-38.09734
240	800	-0.000408	-81666.67	-25.14353	0.002946	434780	133.8601	-959.0036	32.65834	-32.65834
260	866.6667	-0.000646	-129230.8	-39.78757	0.002988	434780	133.8601	-1040.314	26.38431	-26.38431
280	933.3333	-0.00085	-170000	-52.3396	0.003025	434780	133.8601	-1119.533	19.22561	-19.22561
300	1000	-0.001027	-205333.3	-63.21803	0.003057	434780	133.8601	-1197.078	11.14586	-11.14586
320	1066.667	-0.001181	-236250	-72.73665	0.003084	434780	133.8601	-1273.263	2.117737	-2.117737
max tlak	1041.667	2	434780	133.8601	2	434780	133.8601	-1309.387	0	0

Hodnota excentricity
 $e_0=\max(h/30;20\text{mm})=\max(200/30;20)=20\text{ mm}$

Hodnoty zatížení

	$N_{ed}[\text{kN}]$	$M_{ed}[\text{kNm}]$	$M_{Rd}[\text{kNm}]$	Posudek	Posudek
1	-571.97	-17.82045	51.07	0.35	VYHOVUJE
2	-68.36	-4.49032	32.25	0.14	VYHOVUJE
3	-346.72	-16.76338	52.21	0.32	VYHOVUJE
4	-295.62	-14.24541	49.48	0.29	VYHOVUJE
5	-308.58	-18.62727	50.24	0.37	VYHOVUJE
6	-269.1	-15.99009	47.83	0.33	VYHOVUJE
7	-341.03	-16.68075	51.96	0.32	VYHOVUJE
8	-430.16	-19.6751	54.86	0.36	VYHOVUJE



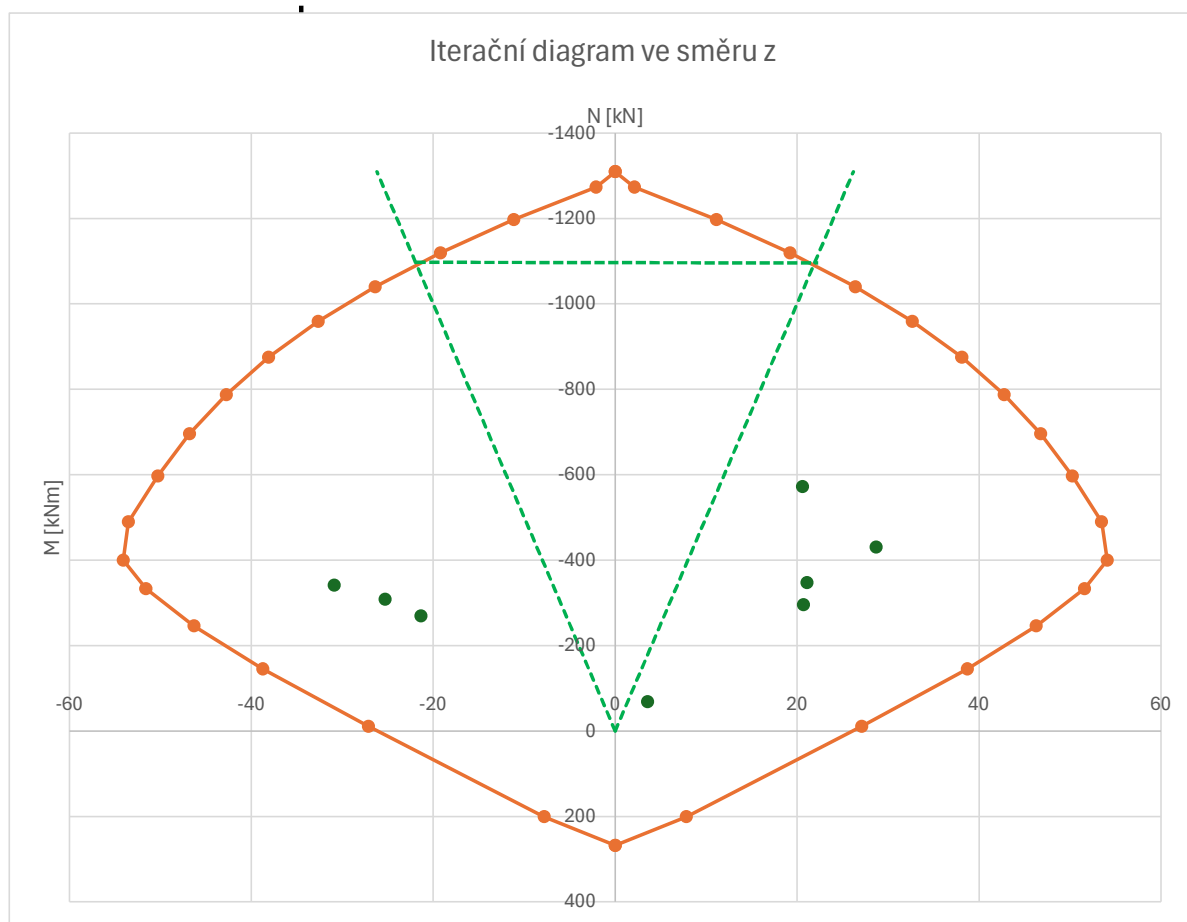
16.2.8 Výpočet interačního diagramu pro směr Z

Body diagramu pro směr z

$d = 156 \text{ mm}$
 $d_1 = 38 \text{ mm}$
 $d_2 = 38 \text{ mm}$
 $z_1 = 62 \text{ mm}$
 $z_2 = 62 \text{ mm}$
 $A_{s1} = 307.88 \text{ mm}^2$
 $A_{s2} = 307.88 \text{ mm}^2$

x	F_c	ε_{s1}	σ_{s1}	F_{s1}	ε_{s2}	σ_{s2}	F_{s2}	N_{Rd}	M_{Rd}	M_{Rd}
max tah			434780	133.8601		434780	133.8601	267.7201	0	0
20	66.66667	0.0336	434780	133.8601	-0.00315	-434780	-133.8601	201.0535	7.8	-7.8
40	133.3333	0.01505	434780	133.8601	0.000175	35000	10.7758	-10.24907	27.11665	-27.11665
60	200	0.008867	434780	133.8601	0.001283	256666.7	79.02253	-145.1625	38.72079	-38.72079
80	266.6667	0.005775	434780	133.8601	0.001838	367500	113.1459	-245.9525	46.28952	-46.28952
100	333.3333	0.00392	434780	133.8601	0.00217	434000	133.6199	-333.0932	51.60409	-51.60409
120	400	0.002683	434780	133.8601	0.002392	434780	133.8601	-400	54.09165	-54.09165
140	466.6667	0.0018	360000	110.8368	0.00255	434780	133.8601	-489.6899	53.48863	-53.48863
160	533.3333	0.001138	227500	70.0427	0.002669	434780	133.8601	-597.1507	50.27287	-50.27287
180	600	0.000622	124444.4	38.31396	0.002761	434780	133.8601	-695.5461	46.77914	-46.77914
200	666.6667	0.00021	42000	12.93096	0.002835	434780	133.8601	-787.5958	42.77082	-42.77082
220	733.3333	-0.000127	-25454.55	-7.836945	0.002895	434780	133.8601	-875.0303	38.09734	-38.09734
240	800	-0.000408	-81666.67	-25.14353	0.002946	434780	133.8601	-959.0036	32.65834	-32.65834
260	866.6667	-0.000646	-129230.8	-39.78757	0.002988	434780	133.8601	-1040.314	26.38431	-26.38431
280	933.3333	-0.00085	-170000	-52.3396	0.003025	434780	133.8601	-1119.533	19.22561	-19.22561
300	1000	-0.001027	-205333.3	-63.21803	0.003057	434780	133.8601	-1197.078	11.14586	-11.14586
320	1066.667	-0.001181	-236250	-72.73665	0.003084	434780	133.8601	-1273.263	2.117737	-2.117737
max tlak	1041.667	2	434780	133.8601	2	434780	133.8601	-1309.387	0	0

	$N_{ed}[kN]$	$M_{ed}[kNm]$	$M_{Rd}[kNm]$	Posudek	Posudek
1	-571.97	20.59224	51.07	0.40	VYHOVUJE
2	-68.36	3.5694	32.25	0.11	VYHOVUJE
3	-346.72	21.08385	52.21	0.40	VYHOVUJE
4	-295.62	20.70463	49.48	0.42	VYHOVUJE
5	-308.58	-25.31082	50.24	0.50	VYHOVUJE
6	-269.1	-21.36797	47.83	0.45	VYHOVUJE
7	-341.03	-30.88737	51.96	0.59	VYHOVUJE
8	-430.16	28.69588	54.86	0.52	VYHOVUJE



16.2.9 Ověření únosnosti na dvojoosé namáhání

Zatížení

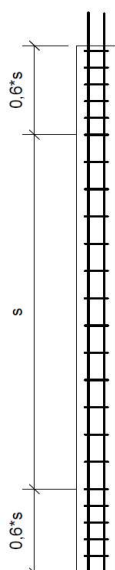
	N_{Ed} [kN]	M_{y} [kNm]	M_z [kNm]	N_{Rd} [kN]	M_{Ry} [kNm]	M_{Rz} [kNm]
1	-571.97	-17.82045	20.59224	-571.97	51.06933	51.06933
2	-68.36	-4.49032	3.5694	-68.36	32.24731	32.24731
3	-346.72	-16.76338	21.08385	-346.72	52.20588	52.20588
4	-295.62	-14.24541	20.70463	-295.62	49.47908	49.47908
5	-308.58	-18.62727	-25.31082	-308.58	50.24261	50.24261
6	-269.1	-15.99009	-21.36797	-269.1	47.82639	47.82639
7	-341.03	-16.68075	-30.88737	-341.03	51.96423	51.96423
8	-430.16	-19.6751	28.69588	-430.16	54.85714	54.85714

$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a \leq 1,0 \quad (\text{vzorec 5.39})$$

$$N_{rd} = A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 1041.667 \text{ kN}$$

N_{ed}/N_{Rd}	0.1	0.7	1
a=	1	1.5	2

	N_{ed}/N_{Rd}	a	výpočet	procenta	posudek
1	0.549091	1.374243	0.522335	52.23%	VYHOVUJE



2	0.065626	0.656256	0.5101	51.01%	VYHOVUJE
3	0.332851	1.194043	0.596284	59.63%	VYHOVUJE
4	0.283795	1.153163	0.604102	60.41%	VYHOVUJE
5	0.296237	1.163531	0.765555	76.56%	VYHOVUJE
6	0.258336	1.131947	0.691058	69.11%	VYHOVUJE
7	0.327389	1.189491	0.797421	79.74%	VYHOVUJE
8	0.412954	1.260795	0.716272	71.63%	VYHOVUJE

16.2.10 Návrh třmínků

Ověření průměru

$$\Phi_{\min} = (6; 25\% \text{ podélné výztuže}) = 3.5 \text{ mm}$$

$$\Phi_{\text{prov}} = 8 \text{ mm}$$

Osová vzdálenost třmínků

$$s_{\text{cl,prov}} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{\text{cl,max}} < 15 \cdot \Phi_{\text{nejmenší prut}} = 210 \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{\text{cl,max}} < \text{menší rozměr sloupu} = 200 \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{\text{cl,max}} < 300 = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Zhuštění třmínků v místech styku s nosníkem nebo deskou; styků; změny prutů

$$0.6s_{\text{cl,prov}} = 120 \text{ mm}$$

Velikost zhuštěné oblasti

$$\text{výška sloupu} = 3 \text{ m}$$

$$s = 1.3 \text{ m}$$

$$0.6 \cdot s = 0.85 \text{ m}$$

16.2.11 Kotevní délky výztuže - výztuž průměru 14

$$c_{\text{nom}} = 25 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 186 \text{ mm}$$

$$a = 172 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 14 \text{ mm}$$

$$f_{\text{bd}} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{\text{ctd}} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \Phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{\text{bd,req}} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{\text{sd}}/f_{\text{bd}}) = (14/4) \cdot (434.78/2.7) = 563.6071 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{sd}} = f_{\text{yd}} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{\text{bd}} = l_{\text{bd,req}} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 = 326.4694 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi)/\Phi = 1 - 0.15 \cdot (25 - 14)/14 = 1.182143$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(172/2; 25; 25) = 25 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisité})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

$$\text{podmínka: } (\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.8275 \text{ VYHOVUJE}$$

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.8275 \quad (\text{dále je do výpočtu uvažován tento součin})$$

$$l_{\text{bd,min}} = \max[0.3 \cdot l_{\text{bdreq}}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 169.0821 \text{ mm}$$

$$l_{\text{bdprov}} = 350 \text{ mm}$$

$$l_{\text{bdprov}} = 350 > l_{\text{min}} = 169.0821 \text{ VYHOVUJE}$$

TLAČENÝ PRUT

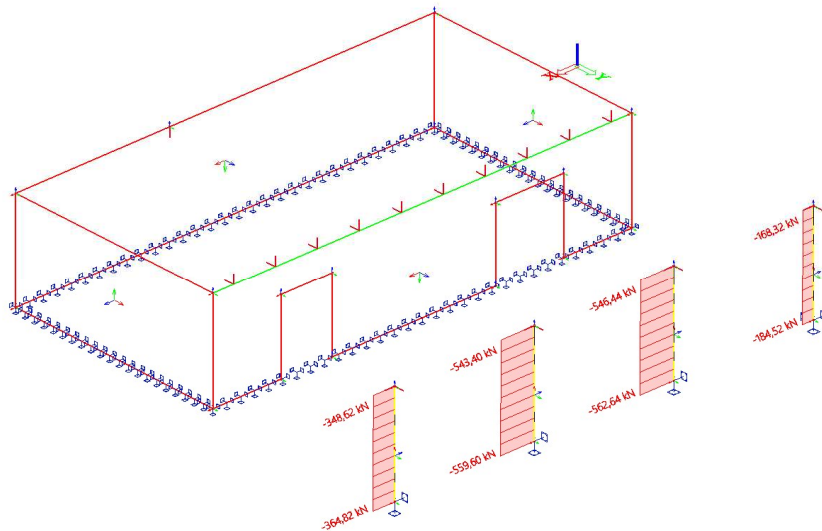
$$l_{\text{bd,min}} = \max[0.6 \cdot l_{\text{bdreq}}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 338.1643 \text{ mm}$$

17. NÁVRH SLOUPŮ V 1.PP

17.1 VNITŘNÍ SÍLY

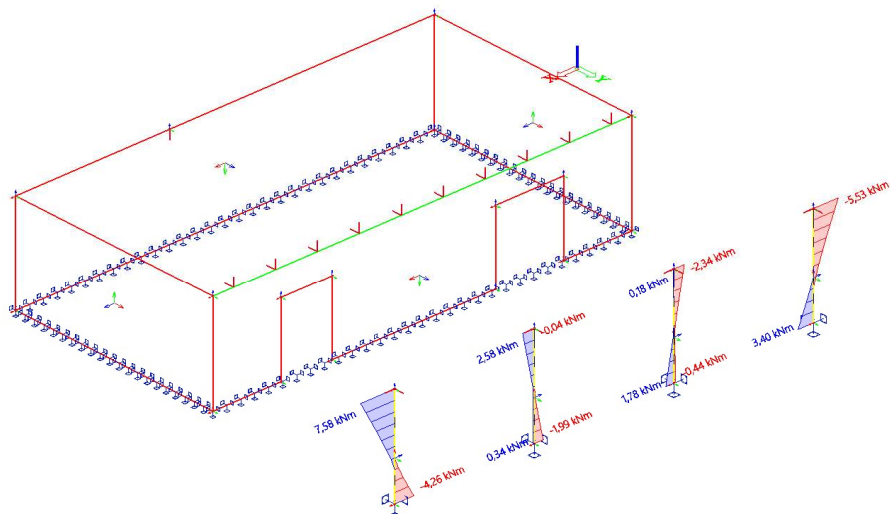
Normálová síla N

1D vnitřní síly
Hodnoty: N
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Lokální
Výběr: B1..B4



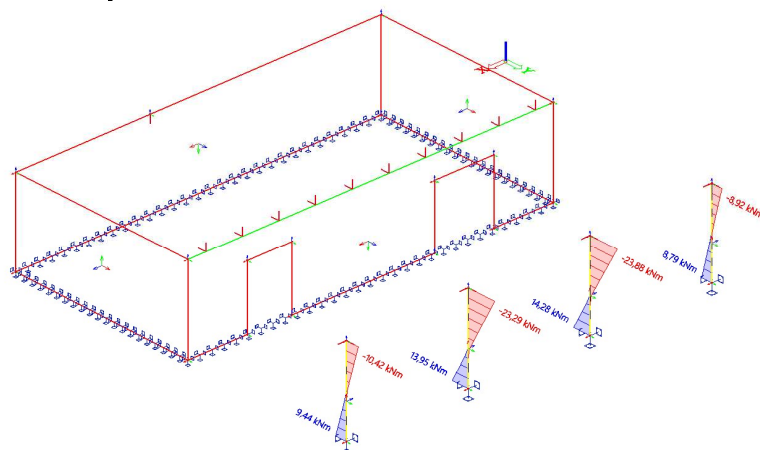
Moment M_y

1D vnitřní síly
Hodnoty: M_y
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Lokální
Výběr: Vše



Moment M_z

1D vnitřní síly
Hodnoty: M_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)
Souřadný systém: Hlavní
Extrém 1D: Lokální
Výběr: Vše



17.2 VÝPOČET SLOUPU V 1.PP

17.2.1 Geometrie konstrukce

$$l = 3 \text{ m}$$

$$\beta = 0.7$$

$$l_0 = 2.1 \text{ m}$$

17.2.2 Účinky prvního a druhého řádu

$$e_i = l_0/400 = 5.25 \text{ mm} < 20$$

Kritérium štíhlosti

$$\lambda_{lim} = (20 \cdot A \cdot B \cdot C) / \sqrt{n} =$$

$$A = 1/(1 + 0.2 \cdot \phi_{ef}) = 1/(1 + 0.2 \cdot 0.58) = 0.895916$$

Uvažované $\phi_{ef} = 0.580882$ (nejmenší číslo pro směr "x" a "y")

$$B = \sqrt{(1 + 2 \cdot \omega)} = \sqrt{(1 + 2 \cdot 0.3)} = 1.26098$$

$$C_x = 2.29799$$

$$C_y = 1.290909$$

$$n = N_{ed} / (A_c \cdot f_{cd}) =$$

SKUTEČNÁ ŠTÍHLOST

$$\lambda_z = l_0 / i_z = 24.24871$$

$$\lambda_y = l_0 / i_y = 24.24871$$

$$I_y = 1/12 \cdot h \cdot b^3 = 6.8E-04 \text{ m}^4$$

$$I_z = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 6.8E-04 \text{ m}^4$$

$$A_c = 0.09 \text{ m}^2$$

$$i_y = \sqrt{I/A_c} = 0.086603 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{I/A_c} = 0.086603 \text{ m}$$

Koncové momenty na sloupech M_z

Horní	Dolní	r_m	$C = 1.7 - r_m$
-10.42	9.44	-0.90595	2.60595
-23.29	13.95	-0.59897	2.29897
-23.88	14.28	-0.59799	2.29799
-8.92	8.79	-0.985426	2.685426
		max C	2.685426
		min C	2.29799

Koncové momenty na sloupech M_y

Horní	Dolní	r_m	$C = 1.7 - r_m$
7.58	-4.26	-0.562005	2.262005
2.58	-1.99	-0.771318	2.471318
2.58	0.34	0.131783	1.568217
-0.04	-1.99	0.020101	1.679899
-0.04	0.34	-0.117647	1.817647
0.18	1.78	0.101124	1.598876
0.18	0.44	0.409091	1.290909
-2.34	1.78	-0.760684	2.460684
-2.34	0.44	-0.188034	1.888034
-5.53	3.4	-0.614828	2.314828
		max C	2.471318
		min C	1.290909

Kombinace

	MSÚ KOMBINACE			KVAZISTÁLÁ KOMBINACE		
	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]
1	-562.64	1.62	13.91	-381.05	0.8	9.73
2	-96.73	-3.08	-5.31	-108.06	-3.48	-5.8
3	-179.76	3.06	8.47	-380.93	0.79	9.75
4	-168.32	-5.53	-8.92	-124.36	2.1	5.93
5	-348.62	7.58	-10.42	-112.41	-3.64	-6.01
6	-523.57	-0.97	-23.88	-230.99	5.06	-6.99
7	-549.32	0.46	14.28	-368.93	-1.2	-15.73

Směr z		
	N [kN]	M _z [kNm]
1	-562.64	13.91
2	-96.73	-5.31
3	-179.76	8.47
4	-168.32	-8.92
5	-348.62	-10.42
6	-523.57	-23.88
7	-549.32	14.28

	e ₁	e _i	e ₀	N _{ED}	M _{0Ed}	M _{ed}	M _{ed} +M _{0ed}	n
1	-0.024723	20	20.02472	-562.64	-11.26671	13.91	25.17671	0.375093
2	0.054895	20	20.0549	-96.73	-1.93991	-5.31	-7.24991	0.064487
3	-0.047118	20	20.04712	-179.76	-3.60367	8.47	12.07367	0.11984
4	0.052994	20	20.05299	-168.32	-3.37532	-8.92	-12.29532	0.112213
5	0.029889	20	20.02989	-348.62	-6.98282	-10.42	-17.40282	0.232413
6	0.04561	20	20.04561	-523.57	-10.49528	-23.88	-34.37528	0.349047
7	-0.025996	20	20.026	-549.32	-11.00068	14.28	25.28068	0.366213

	λ _{lim}	λ _z	POSUDEK
1	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
2	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
3	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
4	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
5	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
6	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
7	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD

$$\omega = A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot f_{cd}) = (1017.88 \cdot 434.78) / (0.3 \cdot 0.3 \cdot 16.67 \cdot 10^6) = 0.295035$$

$$n_u = 1 + \omega = 1.295035$$

$$K_r = (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) < 1 \quad \text{výsledky jsou v tabulce}$$

$$n_{bal} = 0.4 \quad (\text{viz ČSN EN 1991-1-1 5.36})$$

$$K_\phi = 1 + \beta \cdot \phi_{ef} =$$

$$\beta_z = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda_z / 150 = 0.313342$$

$$\phi_{ef} = \phi_{(\infty, t_0)} \cdot M_{0Eqp} / M_{0Ed} =$$

$$\phi_{(\infty, t_0)} = 2.25 \quad (\text{viz ČSN EN 1991-1-1 OBRÁZEK 3.1})$$

$$h_0 = 2 \cdot A_c / u = 2 \cdot A_c / (2 \cdot h + 2 \cdot b) = 2 \cdot 0.3 \cdot 0.3 / (2 \cdot 0.3 + 2 \cdot 0.3) \cdot 1000 = 150$$

$$1/r = K_\phi \cdot K_r \cdot \epsilon_{yd} / (0.45d)$$

$$e_2 = (1/r) / l_0^2 / c$$

$$c = 10 \quad (\text{viz ČSN EN 1991-1-1} \rightarrow 5.8.8.2(4))$$

$$M_2 = N_{ed} \cdot e_2$$

$$M_{0Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

	n	K _r	M _{0Ed}	M _{0Eqp}	φ _{ef}	K _φ	1/r	e ₂
1	0.375093	1	13.91	9.73	1.573868	1.493159	0.030127	0.013286
2	0.064487	1	5.31	5.8	2.457627	1.770078	0.035714	0.01575
3	0.11984	1	8.47	9.75	2.590024	1.811563	0.036551	0.016119
4	0.112213	1	8.92	5.93	1.495796	1.468696	0.029633	0.013068
5	0.232413	1	10.42	6.01	1.297745	1.406638	0.028381	0.012516
6	0.349047	1	23.88	6.99	0.658606	1.206369	0.02434	0.010734
7	0.366213	1	14.28	15.73	2.478466	1.776607	0.035846	0.015808

Výsledná tabulka zatížení pro směr z

M ₂	M _{0Ed}	N _{ed} [kN]	M _{ed} [kNm]
----------------	------------------	----------------------	-----------------------

1	0	25.17671	1	-562.64	25.17671
2	0	-7.24991	2	-96.73	-7.24991
3	0	12.07367	3	-179.76	12.07367
4	0	-12.29532	4	-168.32	-12.29532
5	0	-17.40282	5	-348.62	-17.40282
6	0	-34.37528	6	-523.57	-34.37528
7	0	25.28068	7	-549.32	25.28068

Směry

	N	M _y
1	-562.64	1.62
2	-96.73	-3.08
3	-179.76	3.06
4	-168.32	-5.53
5	-348.62	7.58
6	-523.57	-0.97
7	-549.32	0.46

	e ₁	e _i	e ₀	N _{ED}	M _{0Ed}	M _{ed}	M _{ed} +M _{0ed}	n
1	-0.002879	20	20.00288	-562.64	-11.25442	1.62	-12.87442	0.375093
2	0.031841	20	20.03184	-96.73	-1.93768	-3.08	-5.01768	0.064487
3	-0.017023	20	20.01702	-179.76	-3.59826	3.06	-6.65826	0.11984
4	0.032854	20	20.03285	-168.32	-3.37193	-5.53	-8.90193	0.112213
5	-0.021743	20	20.02174	-348.62	-6.97998	7.58	-14.55998	0.232413
6	0.001853	20	20.00185	-523.57	-10.47237	-0.97	-11.44237	0.349047
7	-0.000837	20	20.00084	-549.32	-10.98686	0.46	-11.44686	0.366213

	λ _{lim}	λ _y	POSUDEK
1	47.62458	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
2	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
3	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
4	75	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
5	60.50208	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
6	49.36954	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD
7	48.19853	24.24871	NENÍ TŘEBA DRUHÝ ŘÁD

$$\beta_y = 0.35 + f_{ck} / 200 - \lambda_y / 150 = 0.313342$$

	n	Kr	M _{0Ed}	M _{0Eqp}	φ _{ef}	K _φ	1/r	e ₂
1	0.375093	1	1.62	0.8	1.111111	1.348158	0.027201	0.011996
2	0.064487	1	3.08	3.48	2.542208	1.79658	0.036249	0.015986
3	0.11984	1	3.06	0.79	0.580882	1.182015	0.023849	0.010517
4	0.112213	1	5.53	2.1	0.85443	1.267729	0.025579	0.01128
5	0.232413	1	7.58	3.64	1.080475	1.338558	0.027008	0.01191
6	0.349047	1	0.97	5.06	11.73711	4.67773	0.094381	0.041622
7	0.366213	1	0.46	1.2	5.869565	2.839181	0.057285	0.025263

Výsledná tabulka zatížení pro směr y

	M ₂	M _{0Ed}		N _{ed} [kN]	M _{ed} [kNm]
1	0	-12.87442	1	-562.64	-12.87442
2	0	-5.01768	2	-96.73	-5.01768
3	0	-6.65826	3	-179.76	-6.65826
4	0	-8.90193	4	-168.32	-8.90193

5	0	-14.55998	5	-348.62	-14.55998
6	0	-11.44237	6	-523.57	-11.44237
7	0	-11.44686	7	-549.32	-11.44686

Ověření podmínky pro použití posouzení ve dvou hlavních směrech bez ohledu na dvojosé namáhání ohybem

$$\lambda_y = 24.24871$$

$$\lambda_z = 24.24871$$

$$\lambda_y/\lambda_x = 1 < 2 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\lambda_x/\lambda_y = 1 < 2 \text{ VYHOVUJE}$$

$$M_{edy} = 14.55998 \text{ kNm}$$

$$M_{edz} = 34.37528 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 562.64 \text{ kN}$$

$$e_z = M_{edz}/N_{ed} = 0.061096 \text{ m}$$

$$e_y = M_{edy}/N_{ed} = 0.025878 \text{ m}$$

$$i_y = 0.086603 \text{ m}$$

$$i_z = 0.086603 \text{ m}$$

pro směr x

$$b_{eq} = i_y \cdot \sqrt{12} = 0.3000$$

$$h_{eq} = i_x \cdot \sqrt{12} = 0.3000$$

$$\frac{\frac{e_y}{h_{eq}}}{\frac{e_x}{b_{eq}}} = 0.42356 > 0.2 \quad \frac{\frac{e_x}{b_{eq}}}{\frac{e_y}{h_{eq}}} = 2.360943 > 0.2$$

Podmínka poměrných výstředností nevyhovuje podmínce $< 0.2 \rightarrow$ nutno posoudit dvouosé namáhání

17.2.3 Geometrie sloupu

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

(šířka pro směr z; výška pro směr y)

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

(výška pro směr z; šířka pro směr y)

17.2.4 Materiály

Beton

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

$$f_{cd} = 16.67 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3.5 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{s2} = 2 \text{ ‰}$$

Ocel

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$\varepsilon_{yd} = 2.17 \text{ ‰}$$

17.2.5 Návrh výztuže

směr y

[mm²]

$A_{sroh1} =$	Φ	18	x	2	$A_{sprov} =$	508.94
$A_{sdop1} =$	Φ	0	x	0	$A_{sprov} =$	0.00
$A_{sroh2} =$	Φ	18	x	2	$A_{sprov} =$	508.94
$A_{sdop2} =$	Φ	0	x	0	$A_{sprov} =$	0.00

Celkem výztuže

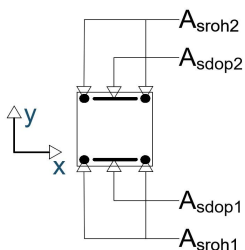
$$\text{pro směr y v místě 1: } A_{sprov2} = 508.94 \text{ mm}^2$$

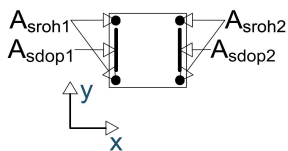
$$\text{pro směr y v místě 2: } A_{sprov1} = 508.94 \text{ mm}^2$$

směr x

[mm²]

$A_{sroh1} =$	Φ	18	x	2	$A_{sprov} =$	508.94
---------------	--------	----	---	---	---------------	--------





$A_{sdop1} =$	Φ	0	x	0	$A_{sprov} =$	0.00
$A_{sroh2} =$	Φ	18	x	2	$A_{sprov} =$	508.94
$A_{sdop2} =$	Φ	0	x	0	$A_{sprov} =$	0.00

Celkem výztuže

pro směr x v místě 1: $A_{sprov2} = 508.94 \text{ mm}^2$

pro směr x v místě 2: $A_{sprov1} = 508.94 \text{ mm}^2$

Průměr třmínků 6 mm

Rozmístění výztuže

Konstrukční zásady:

$A_{smin} = 0.1N_{ed}/f_{yd} = 0.1 \cdot 434.78 = 129.408 \text{ mm}^2$

$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot (300 \cdot 300) = 3600 \text{ mm}^2$

$A_{sprov} = \sum A_{sprov} = 1017.88 \text{ mm}^2$

$A_{smin} < A_{sprov} < A_{smax}$ VYHOVUJE

Výzutuž v rohu sloupu

$\Phi_{min} = 12 \text{ mm}$ (sloup s minimálním rozměrem 200 mm)

$\Phi_{prov} = 18 \text{ mm}$

$\Phi_{min} < \Phi_{prov}$ VYHOVUJE

17.2.6 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC4, XF1

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 = 40 \text{ mm}$

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$

$= \max(18; 30 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 30 \text{ mm}$

$c_{min,b} \geq \Phi \rightarrow c_{min,b} = 18 \text{ mm}$

$c_{min,dur} = 30 \text{ mm}$

$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$ přídatná hodnota spolehlivosti

$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$ redukce u nerezavé oceli

$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$ redukce u dodatečné ochrany

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Pro ocel je:

$\xi_{bal1} = 700 / (700 + f_{yd}) = 700 / (700 + 434.78) = 0.617$

$\xi_{bal2} = 700 / (700 - f_{yd}) = 700 / (700 - 434.78) = 2.639$

17.2.7 Výpočet interakčního diagramu pro směr Y

Body diagramu pro směr y

$d = 239 \text{ mm}$

$d_1 = 55 \text{ mm}$

$d_2 = 55 \text{ mm}$

$z_1 = 95 \text{ mm}$

$z_2 = 95 \text{ mm}$

$A_{s2} = 508.94 \text{ mm}^2$

$A_{s1} = 508.94 \text{ mm}^2$

Výpis použitých vzorců

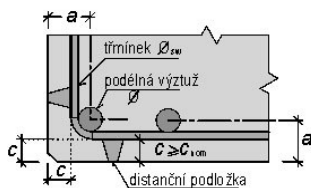
x - je voleno

$\epsilon_{c,max} =$

$\sigma_c = f_{cd}$

$F_c = \sigma_c \cdot 0.8 \cdot x$

$\epsilon_{s1} = (h - d_1 - x) \cdot \epsilon_{c,max} / x$



$$\sigma_{s1} = \text{sing}(\epsilon_{s1}) * \min(|\epsilon_{s1}| * E_s; f_{yd})$$

$$F_{s1} = A_{s1} * \sigma_{s1}$$

$$\epsilon_{s2} = (h - d_2 - x) * \epsilon_{c, \max} / x$$

$$\sigma_{s2} = \text{sing}(\epsilon_{s2}) * \min(|\epsilon_{s2}| * E_s; f_{yd})$$

$$F_{s2} = A_{s2} * \sigma_{s2}$$

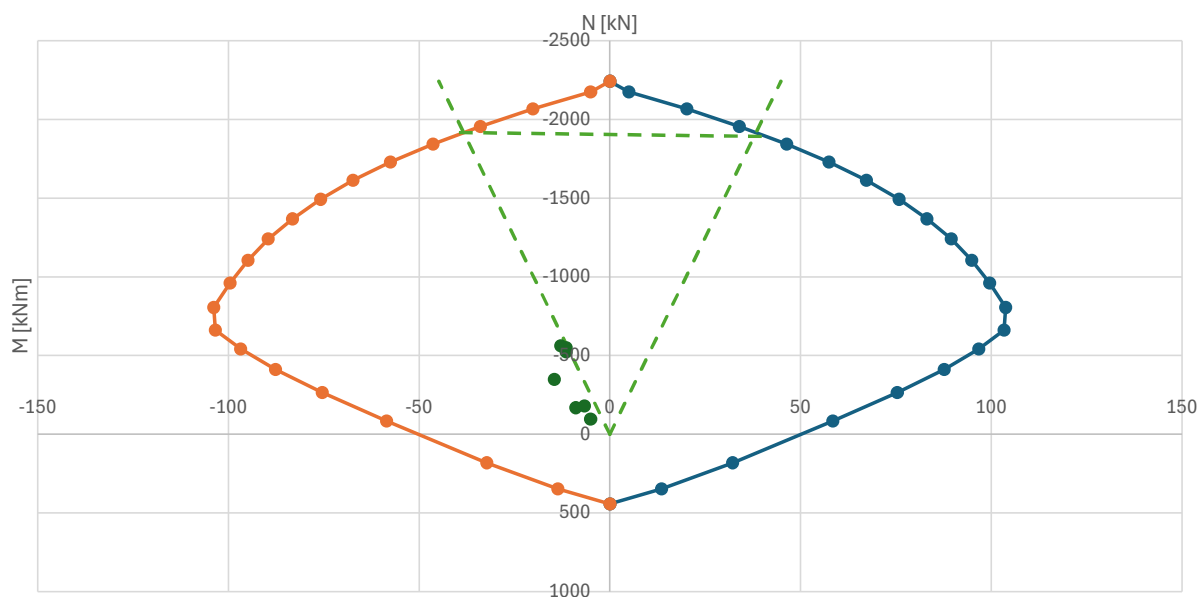
x	F _c	ε _{s1}	σ _{s1}	F _{s1}	ε _{s2}	σ _{s2}	F _{s2}	N _{Rd}	M _{Rd}	M _{Rd}
max tah			434780	221.2769		434780	221.2769	442.5539	0	0
20	96	0.039025	434780	221.2769	-0.006475	-434780	-221.2769	346.5539	13.632	-13.632
40	192	0.017763	434780	221.2769	-0.001488	-297500	-151.4097	180.6866	32.22566	-32.22566
60	288	0.010675	434780	221.2769	0.000175	35000	17.8129	-84.53597	58.52335	-58.52335
80	384	0.007131	434780	221.2769	0.001006	201250	102.4242	-265.1472	75.4162	-75.4162
100	480	0.005005	434780	221.2769	0.001505	301000	153.1909	-411.914	87.62551	-87.62551
120	576	0.003588	434780	221.2769	0.001838	367500	187.0355	-541.7585	96.72505	-96.72505
140	672	0.002575	434780	221.2769	0.002075	415000	211.2101	-661.9332	103.3893	-103.3893
160	768	0.001816	363125	184.8088	0.002253	434780	221.2769	-804.4681	103.814	-103.814
180	864	0.001225	245000	124.6903	0.002392	434780	221.2769	-960.5866	99.56695	-99.56695
200	960	0.000753	150500	76.59547	0.002503	434780	221.2769	-1104.681	94.90213	-94.90213
220	1056	0.000366	73181.82	37.24515	0.002593	434780	221.2769	-1240.032	89.51455	-89.51455
240	1152	4.38E-05	8750	4.453225	0.002669	434780	221.2769	-1368.824	83.2009	-83.2009
260	1248	-0.000229	-45769.23	-23.29379	0.002733	434780	221.2769	-1492.571	75.82043	-75.82043
280	1344	-0.000463	-92500	-47.07695	0.002788	434780	221.2769	-1612.354	67.2726	-67.2726
300	1440	-0.000665	-133000	-67.68902	0.002835	434780	221.2769	-1728.966	57.48368	-57.48368
320	1536	-0.000842	-168437.5	-85.72458	0.002877	434780	221.2769	-1843.002	46.39837	-46.39837
340	1632	-0.000999	-199705.9	-101.6383	0.002913	434780	221.2769	-1954.915	33.97439	-33.97439
360	1728	-0.001138	-227500	-115.7839	0.002946	434780	221.2769	-2065.061	20.17886	-20.17886
380	1824	-0.001262	-252368.4	-128.4404	0.002975	434780	221.2769	-2173.717	4.985799	-4.985799
max tlak	1800	2	434780	221.2769	2	434780	221.2769	-2242.554	0	0

Hodnota excentricity

Hodnoty zatížení

	N _{ed} [kN]	M _{edL} [kNm]
1	-562.64	-12.87442
2	-96.73	-5.01768
3	-179.76	-6.65826
4	-168.32	-8.90193
5	-348.62	-14.55998
6	-523.57	-11.44237
7	-549.32	-11.44686

Interační diagram ve směru y



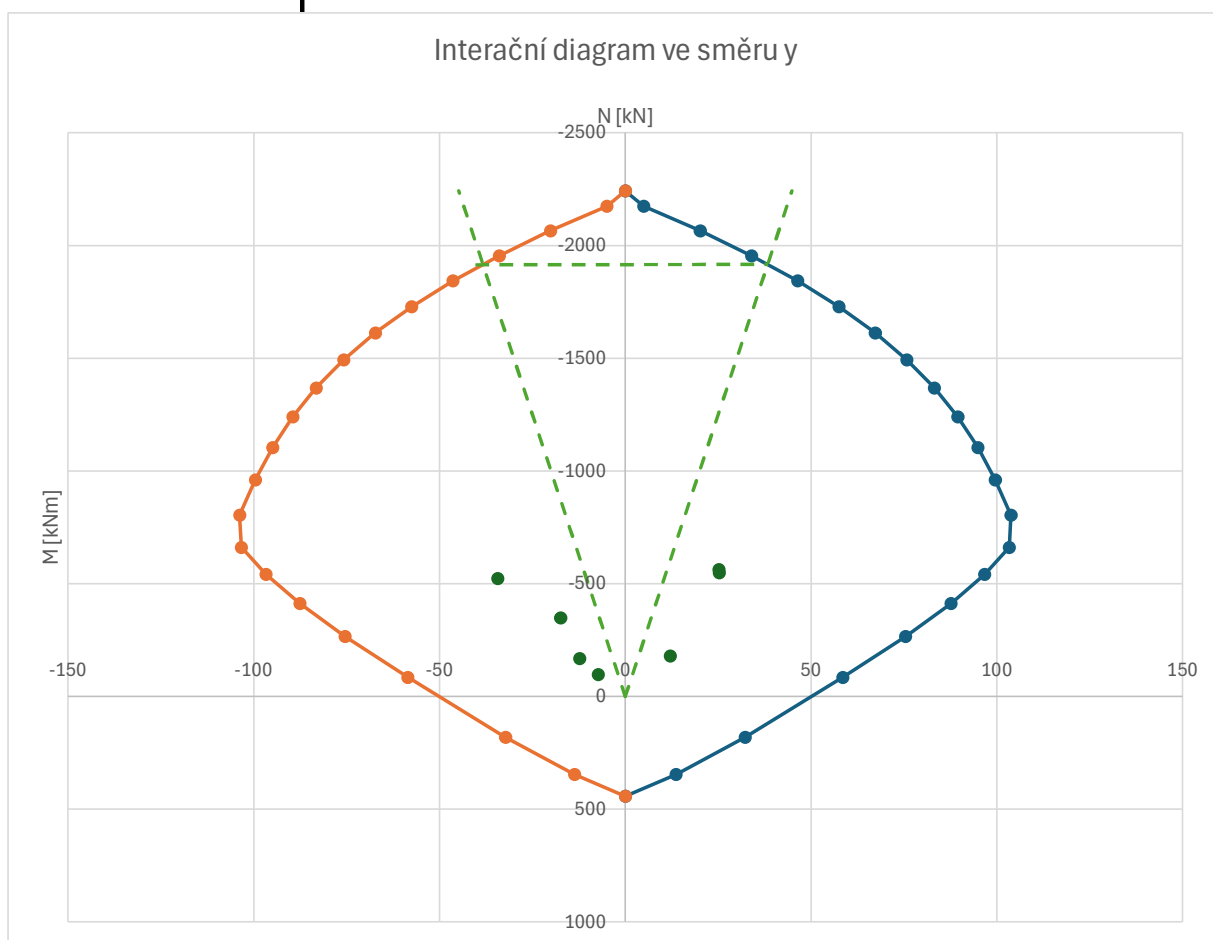
17.2.8 Výpočet interačního diagramu pro směr Z

Body diagramu pro směr z

$d = 239 \text{ mm}$
 $d_1 = 55 \text{ mm}$
 $d_2 = 55 \text{ mm}$
 $z_1 = 95 \text{ mm}$
 $z_2 = 95 \text{ mm}$
 $A_{s1} = 508.94 \text{ mm}^2$
 $A_{s2} = 508.94 \text{ mm}^2$

x	F_c	ε_{s1}	σ_{s1}	F_{s1}	ε_{s2}	σ_{s2}	F_{s2}	N_{Rd}	M_{Rd}	M_{Rd}
max tah			434780	221.2769		434780	221.2769	442.5539	0	0
20	96	0.039025	434780	221.2769	-0.006475	-434780	-221.2769	346.5539	13.632	-13.632
40	192	0.017763	434780	221.2769	-0.001488	-297500	-151.4097	180.6866	32.22566	-32.22566
60	288	0.010675	434780	221.2769	0.000175	35000	17.8129	-84.53597	58.52335	-58.52335
80	384	0.007131	434780	221.2769	0.001006	201250	102.4242	-265.1472	75.4162	-75.4162
100	480	0.005005	434780	221.2769	0.001505	301000	153.1909	-411.914	87.62551	-87.62551
120	576	0.003588	434780	221.2769	0.001838	367500	187.0355	-541.7585	96.72505	-96.72505
140	672	0.002575	434780	221.2769	0.002075	415000	211.2101	-661.9332	103.3893	-103.3893
160	768	0.001816	363125	184.8088	0.002253	434780	221.2769	-804.4681	103.814	-103.814
180	864	0.001225	245000	124.6903	0.002392	434780	221.2769	-960.5866	99.56695	-99.56695
200	960	0.000753	150500	76.59547	0.002503	434780	221.2769	-1104.681	94.90213	-94.90213
220	1056	0.000366	73181.82	37.24515	0.002593	434780	221.2769	-1240.032	89.51455	-89.51455
240	1152	4.38E-05	8750	4.453225	0.002669	434780	221.2769	-1368.824	83.2009	-83.2009
260	1248	-0.000229	-45769.23	-23.29379	0.002733	434780	221.2769	-1492.571	75.82043	-75.82043
280	1344	-0.000463	-92500	-47.07695	0.002788	434780	221.2769	-1612.354	67.2726	-67.2726
300	1440	-0.000665	-133000	-67.68902	0.002835	434780	221.2769	-1728.966	57.48368	-57.48368
320	1536	-0.000842	-168437.5	-85.72458	0.002877	434780	221.2769	-1843.002	46.39837	-46.39837
340	1632	-0.000999	-199705.9	-101.6383	0.002913	434780	221.2769	-1954.915	33.97439	-33.97439
360	1728	-0.001138	-227500	-115.7839	0.002946	434780	221.2769	-2065.061	20.17886	-20.17886
380	1824	-0.001262	-252368.4	-128.4404	0.002975	434780	221.2769	-2173.717	4.985799	-4.985799
max tlak	1800	2	434780	221.2769	2	434780	221.2769	-2242.554	0	0

	$N_{ed}[kN]$	$M_{ed}[kNm]$
1	-562.64	25.17671
2	-96.73	-7.24991
3	-179.76	12.07367
4	-168.32	-12.29532
5	-348.62	-17.40282
6	-523.57	-34.37528
7	-549.32	25.28068



17.2.9 Ověření únosnosti na dvojosé namáhání

Zatížení

	N_{Ed} [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	N_{Rd} [kN]	M_{Ry} [kNm]	M_{Rz} [kNm]
1	-562.64	-12.87442	25.17671	-562.64	98.01167	98.01167
2	-96.73	-5.01768	-7.24991	-96.73	59.70571	59.70571
3	-179.76	-6.65826	12.07367	-179.76	67.61856	67.61856
4	-168.32	-8.90193	-12.29532	-168.32	66.54487	66.54487
5	-348.62	-14.55998	-17.40282	-348.62	82.57736	82.57736
6	-523.57	-11.44237	-34.37528	-523.57	95.56243	95.56243
7	-549.32	-11.44686	25.28068	-549.32	97.19695	97.19695

$$\left(\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} \right)^a + \left(\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a \leq 1,0 \quad (\text{vzorec 5.39})$$

$$N_{rd} = A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} = 2242.554 \text{ kN}$$

N_{ed}/N_{Rd}	0.1	0.7	1
a=	1	1.5	2

	N_{ed}/N_{Rd}	a	výpočet	posudek
1	0.250893	1.125744	0.318285	VYHOVUJE
2	0.043134	0.431339	0.746374	VYHOVUJE
3	0.080159	0.801586	0.407292	VYHOVUJE
4	0.075057	0.750573	0.502487	VYHOVUJE
5	0.155457	1.046214	0.358844	VYHOVUJE
6	0.23347	1.111225	0.415608	VYHOVUJE
7	0.244953	1.120794	0.312002	VYHOVUJE

17.2.10 Návrh třmíneků

Ověření průměru

$$\Phi_{\min} = (6; 25\% \text{ podélné výztuže}) = 4.5 \text{ mm}$$

$$\Phi_{\text{prov}} = 8 \text{ mm}$$

Osová vzdálenost třmíneků

$$s_{cl, \text{prov}} = 200 \text{ mm}$$

$$s_{cl, \text{max}} < 15 * \Phi_{\text{nejmenší prut}} = 270 \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{cl, \text{max}} < \text{menší rozměr sloupu} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

$$s_{cl, \text{max}} < 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Zhuštění třmíneků v místech styku s nosníkem nebo deskou; styků; změny prutů

$$0.6 s_{cl, \text{prov}} = 120 \text{ mm}$$

Velikost zhuštěné oblasti

$$\text{výška sloupu} = 3 \text{ m}$$

$$s = 1.3 \text{ m}$$

$$0.6 * s = 0.85 \text{ m}$$

17.2.11 Kotevní délky výztuže - výztuž průměru 18

$$c_{\text{nom}} = 40 \text{ mm} \quad \text{rozteče} = 202 \text{ mm}$$

$$a = 134 \text{ mm} \quad \text{průměr} = 18 \text{ mm}$$

$$f_{bd} = 2.25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2.25 * 1 * 1 * 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \quad \text{dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \quad \text{pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd, \text{req}} = (\Phi/4) * (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (18/4) * (434.78/2.7) = 724.6377 \text{ mm}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$$

$$l_{bd} = l_{bd, \text{req}} * \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 = 396.4976 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \quad \text{tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 * (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 * (40 - 18) / 18 = 1.116667$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(134/2; 40; 40) = 40 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \quad (\text{nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0})$$

$$\alpha_4 = 0.7 \quad (\text{vliv přivařené výztuže - karisité})$$

$$\alpha_5 = 1 \quad (\text{vliv ovinutí příčným tlakem})$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0,7 \rightarrow 0.781667$ **VYHOVUJE**
 $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.781667$ (dále je do výpočtu uvažován tento součin)
 $l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 217.3913 \text{ mm}$
 $l_{bdprov} = 400 \text{ mm}$
 $l_{bdprov} = 400 > l_{min} = 217.3913$ **VYHOVUJE**

17.2.12 Stykování výztuže - výztuž průměru 18

$c_{nom} = 45 \text{ mm}$ rozteče = 100 mm
 $a = 82 \text{ mm}$ průměr = 18 mm
 $f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.2 = 2.7 \text{ Mpa}$
 $\eta_1 = 1$ dobré kotevní podmínky
 $\eta_2 = 1$ pro $\phi \leq 32 \text{ mm}$
 $l_{bd,req} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (18/4) \cdot (434.78/2.7) = 724.6377 \text{ mm}$
 $\sigma_{sd} = f_{yd} = 434.78 \text{ Mpa}$
 $l_{bd} = l_{bd,req} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 = 550.9541 \text{ mm}$
 $\alpha_1 = 1$ tažený prut
 $\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi)/\Phi = 1 - 0.15 \cdot (41 - 18)/18 = 1.108333$
 $\alpha_2 = 1$
 $c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(82/2; 45; 45) = 41 \text{ mm}$
 $\alpha_3 = 1$ (nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0)
 $\alpha_4 = 0.7$ (vliv přivařené výztuže - karisítě)
 $\alpha_5 = 1$ (vliv ovinutí příčným tlakem)
podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0,7 \rightarrow 0.775833$ **VYHOVUJE**
 $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.775833$ (dále je do výpočtu uvažován tento součin)
%stykových prurů 50 %
 $\alpha_6 = 1.4$
 $l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 217.3913 \text{ mm}$
 $l_{bdprov} = 600 \text{ mm}$
 $l_{bdprov} = 600 > l_{min} = 217.3913$ **VYHOVUJE**

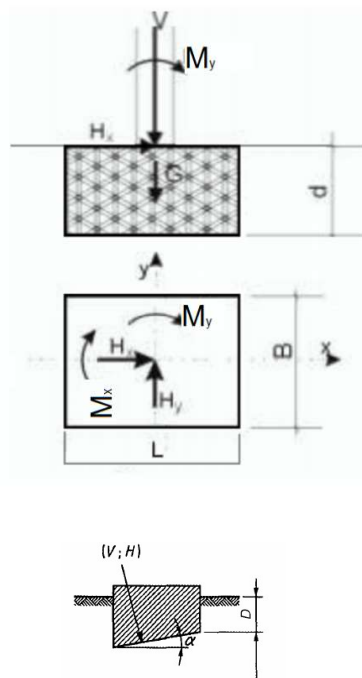
TLAČENÝ PRUT

$l_{bd,min} = \max[0.6 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 434.7826 \text{ mm}$

18. NÁVRH PATKY POD SLOUPY V 1.PP

18.1 ÚNOSNOST POD SLOUPY V 1.PP

18.1.1 Vstupní hodnoty



$E_d =$	8000	kPa	
$q_{ef} =$	20	kN/m ³	(tíha zeminy nad základovou spárou)
$\beta =$	0.47		
$\gamma_{ef} =$	25	kN/m ³	(tíha zeminy pod základovou spárou)
$c_u =$	60	kPa	(totální soudržnost)
$c =$	15	kPa	(soudržnost)
$\gamma_{cd} =$	1.25		
$c_{ef} = c/2 =$	12	kPa	(efektivní soudržnost)
$\phi_u =$	0	°	
$\phi_{ef} =$	21	°	(efektivní úhel vnitřního tření)
$\gamma_{m\phi} =$	1.235294		
$\phi_d =$	17	°	
$\alpha =$	0	°	(návrhová hodnota úhlu vnitřního tření)
Zatížení			
b (y rozměr) =	1.2	m	
l (x rozměr) =	1.2	m	
$d =$	0.4	m	(výška základu)
$\beta =$	0	°	(sklon terénu od horizontály)

18.1.2 Výpočet únosnosti dle EN 1997-1 Příloha D

Součinitelé únosnosti

$$N_q = e^{\pi \tan \phi_d} \tan^2(45^\circ + \phi_{ef}/2) = 7.070775$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi_{ef} = 15.81491$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q - 1) * \tan \phi_{ef} = 4.660704$$

Součinitel sklonu základové spáry

$$b_q = b_\gamma = 1 - (\alpha * \tan \phi_{ef})^2 = 1$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / N_c * \tan \phi_{ef} = 1$$

Součinitel tvaru základu

$$s_q = 1 + \sin \phi_{ef} = 1.358368 \quad \text{pro čtvercový nebo kruhový tvar}$$

$$s_\gamma = 0.7 \quad \text{pro čtvercový nebo kruhový tvar}$$

$$s_c = (s_q * N_q - 1) / (N_q - 1) = 1.4174$$

Součinitel šikmosti zatížení způsobeného vodorovným zatížením

Pro směr B (ve směru síly H_{yd})

$$m_B = (2 + (b_{ef}/l_{ef})) / (1 + (b_{ef}/l_{ef})) = 1.495484$$

$$i_q = (1 - H_{yd} / (V + A_{ef} * c_d * \cot \phi_{ef}))^m = 1.00872$$

$$i_\gamma = (1 - H_{yd} / (V + A_{ef} * c_d * \cot \phi_{ef}))^{m+1} = 1.014593$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * \tan \phi_{ef}) = 1.010156$$

Pro směr L (ve směru síly H_{xd})

$$m_L = (2 + (l_{ef}/b_{ef})) / (1 + (l_{ef}/b_{ef})) = 1.504516$$

$$i_q = (1 - H_{xd} / (V + A_{ef} * c_d * \cot \phi_{ef}))^m = 0.992593$$

$$i_v = (1 - H_{xd} / (V + A_{ef} * c_d * \cot \phi_{ef}))^{m+1} = 0.987701$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c * \tan \phi_{ef}) = 0.991373$$

Menší z předchozího

$$i_q = 0.992593$$

$$i_v = 0.987701$$

$$i_c = 0.991373$$

Návrhová únosnost (síla/efektivní plocha)

$$R/A_{ef} = c_{ef} * N_c * b_c * s_c * i_c + q_{ef} * N_q * b_q * s_q * i_q + 0.5 * \gamma_{ef} * b_{ef} * N_v * b_v * s_v * i_v =$$

497.6231 kPa

18.1.3 Stanovení napětí v základové spáře

Z_d kN/m²

Vlatní tíha 14.4 kN

Násyp 5.25 7.56 kN

Podkladní beton 5 7.2 kN

Podlaha 3.7 5.328 kN

Σ= 34.488 kN

Proměnné 1.5 2.16 kN

$$Z_{dmax} = 1.35 * \text{stálé} + 1.5 * \text{proměnné} = 49.7988 \text{ kN}$$

$$Z_{dmin} = 1.0 * \text{stálé} = 34.488 \text{ kN}$$

Použité vzorce

$$M_{ed,y} = M_y + H_x * d$$

$$M_{ed,x} = M_x + H_y * d$$

$$e_{l(y)} = (M_{ed,y} / (N_{ed} + Z_d))$$

$$e_{b(x)} = (M_{ed,x} / (N_{ed} + Z_d))$$

$$A_{eff} = (b - 2 * e_x) * (l - 2 * e_y)$$

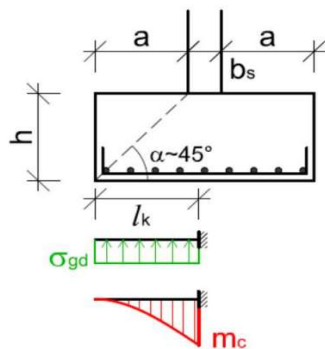
$$\sigma_z = N_{ed} / A_{eff}$$

$$p_d = \sigma_z - Z_d / A_{eff}$$

KOMB.	N [kN]	M _y [kNm]	M _x [kNm]	H _y [kN]	H _x [kN]	Z _d	M _{ed,y}	M _{ed,x}
max. N	562.64	1.62	13.91	-12	1.29	49.7988	2.136	18.71
						34.488		
min. N	108.73	1.28	5.26	-3.52	1.45	49.7988	1.86	1.86
						34.488		
max. M _y	179.76	3.06	8.47	-5.73	2.8	49.7988	4.18	4.18
						34.488		
min. M _y	364.82	-4.26	9.29	-6.57	-3.95	49.7988	-5.84	-5.84
						34.488		
max. H _y	108.73	1.28	5.26	-3.52	1.45	49.7988	1.86	1.86
						34.488		
min. H _y	539.77	0.44	14.28	-12.72	0.47	49.7988	0.628	0.628
						34.488		
max. M _x	549.32	0.46	14.28	-12.7	0.48	49.7988	0.652	0.652
						34.488		

min. M_x	108.73	1.28	5.26	-3.52	1.45	49.7988 34.488	1.86	1.86
max. H_x	184.52	3.4	8.79	-5.9	2.98	49.7988 34.488	4.592	4.592
min. H_x	364.82	-4.26	9.29	-6.57	-3.95	49.7988 34.488	-5.84	-5.84

KOMB.	$N_{ed}+Z_d$	e_x	e_y	A_{eff}	σ_z	R_{dt}	Posudek	p_d
max. N	612.4388	0.03055	0.003488	1.358736	450.7417	497.6231	VYHOVUJE	416.1592
	597.128	0.031333	0.003577	1.356663	440.1446		VYHOVUJE	416.1946
min. N	158.5288	0.011733	0.011733	1.384233	114.5247		VYHOVUJE	79.94217
	143.218	0.012987	0.012987	1.378336	103.9064		VYHOVUJE	79.95644
max. M_y	229.5588	0.018209	0.018209	1.353924	169.5508		VYHOVUJE	134.9683
	214.248	0.01951	0.01951	1.347874	158.9525		VYHOVUJE	135.0025
min. M_y	414.6188	0.014085	0.014085	1.373184	301.9396		VYHOVUJE	267.3571
	399.308	0.014625	0.014625	1.370654	291.3266		VYHOVUJE	267.3766
max. H_y	158.5288	0.011733	0.011733	1.384233	114.5247		VYHOVUJE	79.94217
	143.218	0.012987	0.012987	1.378336	103.9064		VYHOVUJE	79.95644
min. H_y	589.5688	0.001065	0.001065	1.434892	410.8804		VYHOVUJE	376.2979
	574.258	0.001094	0.001094	1.434756	400.248		VYHOVUJE	376.298
max. M_x	599.1188	0.001088	0.001088	1.434781	417.5681		VYHOVUJE	382.9856
	583.808	0.001117	0.001117	1.434644	406.9357		VYHOVUJE	382.9857
min. M_x	158.5288	0.011733	0.011733	1.384233	114.5247		VYHOVUJE	79.94217
	143.218	0.012987	0.012987	1.378336	103.9064		VYHOVUJE	79.95644
max. H_x	234.3188	0.019597	0.019597	1.347469	173.8954		VYHOVUJE	139.3129
	219.008	0.020967	0.020967	1.341116	163.3028		VYHOVUJE	139.3528
min. H_x	414.6188	0.014085	0.014085	1.373184	301.9396		VYHOVUJE	267.3571
	399.308	0.014625	0.014625	1.370654	291.3266		VYHOVUJE	267.3766



18.2 STANOVENÍ VNITŘNÍCH SIL V PATCE

rozměry sloupu

$$c_x = 0.3 \text{ m}$$

$$c_y = 0.3 \text{ m}$$

$$a_x = 0.5 \cdot (B - c_x) = 0.45 \text{ m}$$

$$a_y = 0.5 \cdot (L - c_y) = 0.45 \text{ m}$$

délka konzoly

$$l_{kx} = a_x + 0.15 \cdot c_x = 0.495 \text{ m}$$

$$l_{ky} = a_y + 0.15 \cdot c_y = 0.495 \text{ m}$$

Zatížení na konzolu

$$\sigma_{cd} = 416.1946 \text{ kPa}$$

Návrhový moment

$$m_{cx} = \sigma_{cd} \cdot l_{kx}^2 \cdot 0.5 \cdot 1 \text{ m} = 50.99 \text{ kNm}$$

$$m_{cy} = \sigma_{cd} \cdot l_{ky}^2 \cdot 0.5 \cdot 1 \text{ m} = 50.99 \text{ kNm}$$

18.2.1 Materiály

Beton

f_{ck}	20	Mpa
f_{cd}	13.33	Mpa
f_{ctm}	2.2	MPa
ε_{cu3}	3.5	‰
ε_{s2}	2	‰
$f_{ctk0.05}$	1.5	MPa
f_{ctd}	1	MPa

Ocel

f_{yk}	500	Mpa
f_{yd}	434.78	Mpa
ε_{yd}	2.17	‰

18.2.2 Krytí výztuže

Stupeň prostředí XC2

Kategorie návrhové životnosti S4 = 50 let

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 + 10 = 35 = 35 \text{ mm}$

nejméně však 45 mm!!

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}) =$

$= \max(10; 25 + 0 - 0 - 0; 10 \text{ mm}) = 25 \text{ mm}$

$c_{min,b} \geq \Phi \rightarrow c_{min,b} = 10 \text{ mm}$

$c_{min,dur} = 25 \text{ mm}$

$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$ přídavná hodnota spolehlivosti

$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$ redukce u nerezavé oceli

$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$ redukce u dodatečné ochrany

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

18.2.3 Návrh hlavního rastru ve směru x

$m_{cx} = 50.99 \text{ kNm}$

Předpoklad návrhu výztuže

Φ	12	po	200	$A_{sodhad} = 565.4867 \text{ mm}^2$
				$A_{sodhad} = 0.000565 \text{ m}^2$

Minimální nutná plocha výztuže

$d = h_s - c_{nom} - \Phi/2 = 400 - 45 - 12/2 = 349 \text{ mm}$

$b = 1 \text{ m}$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 341.4806 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže základního rastru

Φ	12	po	200	$A_{sprov} = 565.4867 \text{ mm}^2$
				$A_{sprov} = 0.000565 \text{ m}^2$

$A_{sprov} > A_{sreq}$ VYHOVUJE

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.2 \cdot 1 \cdot 0.349 / 434.78 = 0.000459 \text{ m}^2 = 459.1472 \text{ mm}^2$

$$A_{smin}=0.0013*b*d= 0.0013*1*349/1000= 0.000454 \text{ m}^2 = 453.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax}=0.04*A_c= 0.04*1*0.349= 0.01396 \text{ m}^2 = 13960 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin}= 459.15 < A_{sprov}= 565.49 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax}= 13960 > A_{sprov}= 565.49 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,pmax}=2h= 800 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov}= 200 < s_{sl,prov}= 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min}=\max(1.2*\Phi;d_g+5\text{mm};20\text{mm})= \max(1.2*12;16+5;20)= 21 \text{ mm}$$

$$s_{sl,min}= 21 < s_{sl,prov}= 200 \text{ VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti

$$\chi=(A_{s1}*f_{yd})/(b*\lambda*f_{cd})= (0.0006*2.17)/(1*0.8*2.2)= 0.02305 \text{ m}$$

$$M_{Rd}=A_{sprov}*f_{yd}*(d-\lambda\chi/2)= 0.001*2.17*1000*(0.349-0.8*0.023/2)= 83.54 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}= 50.99 < M_{Rd}= 83.54 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití}= 61\%$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\epsilon_s=(d-x)*\epsilon_{cu3}/\chi= (0.349-0.023)*3.5/0.023= 49.49 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_s= 49.4944 > \epsilon_s= 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$

18.2.4 Stanovení kotvení

$$\chi=h/2= 0.4/2= 0.2 \text{ m}$$

$$R=\chi*\sigma_{sd}*1bm= 83.23892 \text{ kN}$$

$$z_e=a-\chi/2+e= 0.381333 \text{ m}$$

$$z_i=h-(0.5*\lambda\chi+c_{nom}+\Phi/2)= 0.33978 \text{ m}$$

$$F_s=R*z_e/z_i= 93.41856 \text{ kN}$$

$$A_{s,prov}= 565.4867 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{sd,kotvení}= 0.17 \text{ MPA}$$

$$f_{bd}=2.25*\eta_1*\eta_2*f_{ctd}= 2.25*1*1*1= 2.25 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1= 1 \text{ dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2= 1 \text{ pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req}=(\Phi/4)*(\sigma_{sd}/f_{bd})= (12/4)*(0.17/2.25)= 0.22 \text{ mm}$$

$$l_{bd}=l_{bd,req}*a_1*a_2*a_3*a_4*a_5= 0.10928 \text{ mm}$$

$$a_1= 1 \text{ tažený prut}$$

$$a_2=1-0.15*(c_d-\Phi)/\Phi= 1-0.15*(35-12)/12= 1.0125$$

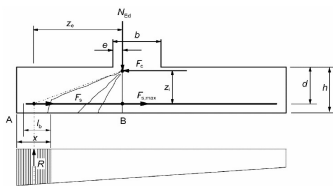
$$a_2= 1$$

$$c_d=\min(a/2;c_1;c)= \min(200/2;45;45)= 35 \text{ mm}$$

$$a_3= 1 \text{ (nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0)}$$

$$a_4= 0.7 \text{ (vliv přivařené výztuže - karisítě)}$$

$$a_5= 1 \text{ (vliv ovinutí příčným tlakem)}$$



podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.70875$ **VYHOVUJE**

$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.70875$ (dále je do výpočtu uvažován tento součin)

$$l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bdreq}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 120 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 150 \text{ mm}$$

$$l_{bdprov} = 150 > l_{min} = 120 \text{ VYHOVUJE}$$

18.2.5 Návrh hlavního rastru ve směru y

$$m_{cy} = 50.99 \text{ kNm}$$

Předpoklad návrhu výztuže

Φ	12	po	200	$A_{sodhad} =$	565.49 mm ²
				$A_{sodhad} =$	0.000565 m ²

Minimální nutná plocha výztuže

$$d = h_s - c_{nom} - \Phi - \Phi/2 = 400 - 45 - 12 - 12/2 = 337 \text{ mm}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$A_{s,req} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}} \right) = 354.06 \text{ mm}^2$$

Návrh výztuže základního rastru

Φ	12	po	200	$A_{sprov} =$	565.49 mm ²
				$A_{sprov} =$	0.000565 m ²

$$A_{sprov} > A_{sreq} \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení výztuže

Konstrukční zásady

$$A_{smin} = 0.26 \cdot f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk} = 0.26 \cdot 2.2 \cdot 1 \cdot 0.337 / 434.78 = 0.000443 \text{ m}^2 = 443.36 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 1 \cdot 337 / 1000 = 0.000438 \text{ m}^2 = 438.1 \text{ mm}^2$$

$$A_{smax} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 1 \cdot 0.337 = 0.01348 \text{ m}^2 = 13480 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 443.3599 < A_{sprov} = 565.4867 \text{ VYHOVUJE}$$

$$A_{smax} = 13480 > A_{sprov} = 565.4867 \text{ VYHOVUJE}$$

Maximální osová vzdálenost nosné výztuže

$$s_{sl,pmax} = 2h = 800 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

$$s_{sl,prov} = 200 < s_{sl,prov} = 300 \text{ VYHOVUJE}$$

Minimální světlost mezi pruty nosné výztuže

$$s_{sl,min} = \max(1.2 \cdot \Phi; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm}) = \max(1.2 \cdot 12; 16 + 5; 20) = 21 \text{ mm}$$

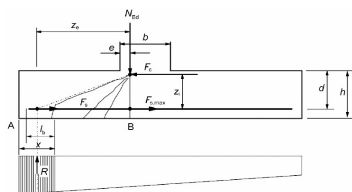
$$s_{sl,min} = 21 < s_{sl,prov} = 200 \text{ VYHOVUJE}$$

Výpočet únosnosti

$$\chi = (A_{s1} \cdot f_{yd}) / (b \cdot \lambda \cdot f_{cd}) = (0.0006 \cdot 2.17) / (1 \cdot 0.8 \cdot 2.2) = 0.02305 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{sprov} \cdot f_{yd} \cdot (d - \lambda \chi / 2) = 0.001 \cdot 2.17 \cdot 1000 \cdot (0.337 - 0.8 \cdot 0.023 / 2) =$$

$$80.59 \text{ kNm}$$



$$M_{Ed} = 50.99 < M_{Rd} = 80.59 \text{ VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití} = 63\%$$

Kontrola přetvoření výztuže

$$\varepsilon_s = (d-x) \cdot \varepsilon_{cu3} / x = (0.337 - 0.023) \cdot 0.01396 / 0.023 = 47.67228 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 47.6723 > \varepsilon_s = 2.17 \text{ VYHOVUJE}$$

18.2.6 Stanovení kotvení

$$x = h/2 = 0.4/2 = 0.2 \text{ m}$$

$$R = x \cdot \sigma_{sd} \cdot 1b = 83.23892 \text{ kN}$$

$$z_e = a - x/2 + e = 0.370967 \text{ m}$$

$$z_i = h - (0.5 \cdot \lambda x + c_{nom} + \Phi/2 - \Phi) = 0.35178 \text{ m}$$

$$F_s = R \cdot z_e / z_i = 87.77901 \text{ kN}$$

$$A_{s,prov} = 565.4867 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{sd,kotvení} = 0.16 \text{ MPA}$$

$$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2.25 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = 1 \text{ dobré kotevní podmínky}$$

$$\eta_2 = 1 \text{ pro } \phi \leq 32 \text{ mm}$$

$$l_{bd,req} = (\Phi/4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd}) = (12/4) \cdot (0.16 / 2.25) = 0.20697 \text{ mm}$$

$$l_{bd} = l_{bd,req} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 = 0.101415 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 1 \text{ tažený prut}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \cdot (c_d - \Phi) / \Phi = 1 - 0.15 \cdot (45 - 12) / 12 = 0.8875$$

$$\alpha_2 = 0.8875$$

$$c_d = \min(a/2; c_1; c) = \min(200/2; 45; 45) = 45 \text{ mm}$$

$$\alpha_3 = 1 \text{ (nepřivařená rozdělovací výztuž - K=0)}$$

$$\alpha_4 = 0.7 \text{ (vliv přivařené výztuže - karisítě)}$$

$$\alpha_5 = 1 \text{ (vliv ovinutí příčným tlakem)}$$

podmínka: $(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) \geq 0.7 \rightarrow 0.62125 \text{ VIZ DALŠÍ ŘÁDEK}$

$$(\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5) = 0.7 \text{ (dále je do výpočtu uvažován tento součin)}$$

$$l_{bd,min} = \max[0.3 \cdot l_{bd,req}; 10 \cdot \Phi; 100 \text{ mm}] = 120 \text{ mm}$$

$$l_{bd,prov} = 150 \text{ mm}$$

$$l_{bd,prov} = 150 > l_{min} = 120 \text{ VYHOVUJE}$$

18.2.7 Posouzení na smyk - těsně kolem sloupu

Zatížení

$$V_{ed,max} = \sigma_{sd} \cdot (A_c - c_x \cdot c_y) =$$

$$V_{ed,max} = \beta \cdot V_{ed,max} / (u_0 \cdot d) =$$

$$u_0 = 2 \cdot (c_x + c_y) = 1.2 \text{ m}$$

$$d = 0.343 \text{ m}$$

Vliv momentu

$$\beta_i = 1 + k \frac{M_{Ed} \cdot u_i}{V_{Ed,red}(u_i) \cdot W_i}$$

c1/c2	<0.5	1	2	>3
k	0.45	0.6	0.7	0.8

$$c_1/c_2 = 1$$

$$k = 0.6$$

$$W = c_1^2/2 + c_1 \cdot c_2 = 0.18 \text{ m}^2$$

KOMB.	$M_{ed,y}$	$M_{ed,x}$	u_0	σ_z	$V_{ed,max,1}$	β_y	β_x
max. N	2.136	18.71	1.2	450.7417	608.5012	1.014041	1.122991
				440.1446	594.1952	1.014379	1.125952
min. N	1.86	1.86	1.2	114.5247	154.6083	1.048122	1.048122
				103.9064	140.2737	1.053039	1.053039
max. M_y	4.18	4.18	1.2	169.5508	228.8935	1.073047	1.073047
				158.9525	214.5859	1.077918	1.077918
min. M_y	-5.84	-5.84	1.2	301.9396	407.6185	0.942692	0.942692
				291.3266	393.2909	0.940604	0.940604
max. H_y	1.86	1.86	1.2	114.5247	154.6083	1.048122	1.048122
				103.9064	140.2737	1.053039	1.053039
min. H_y	0.628	0.628	1.2	410.8804	554.6885	1.004529	1.004529
				400.248	540.3348	1.004649	1.004649
max. M_x	0.652	0.652	1.2	417.5681	563.7169	1.004626	1.004626
				406.9357	549.3632	1.004747	1.004747
min. M_x	1.86	1.86	1.2	114.5247	154.6083	1.048122	1.048122
				103.9064	140.2737	1.053039	1.053039
max. H_x	4.592	4.592	1.2	173.8954	234.7588	1.078242	1.078242
				163.3028	220.4588	1.083317	1.083317
min. H_x	-5.84	-5.84	1.2	301.9396	407.6185	0.942692	0.942692
				291.3266	393.2909	0.940604	0.940604

$V_{ed,max,y}$	$V_{ed,max,x}$	$V_{rd,max}$	POSUDEK
1499.138	1660.207	2773.333	VYHOVUJE
1464.381	1625.45	2773.333	VYHOVUJE
393.7034	393.7034	2773.333	VYHOVUJE
358.8768	358.8768	2773.333	VYHOVUJE
596.7287	596.7287	2773.333	VYHOVUJE
561.9677	561.9677	2773.333	VYHOVUJE
933.5726	933.5726	2773.333	VYHOVUJE
898.7631	898.7631	2773.333	VYHOVUJE
393.7034	393.7034	2773.333	VYHOVUJE
358.8768	358.8768	2773.333	VYHOVUJE
1353.743	1353.743	2773.333	VYHOVUJE
1318.87	1318.87	2773.333	VYHOVUJE
1375.911	1375.911	2773.333	VYHOVUJE
1341.038	1341.038	2773.333	VYHOVUJE
393.7034	393.7034	2773.333	VYHOVUJE
358.8768	358.8768	2773.333	VYHOVUJE
614.9826	614.9826	2773.333	VYHOVUJE
580.2402	580.2402	2773.333	VYHOVUJE
933.5726	933.5726	2773.333	VYHOVUJE
898.7631	898.7631	2773.333	VYHOVUJE

Únosnost

$$V_{rd,max}=0.4*(0.6*(1-f_{ck}/250))*f_{cd}=$$

2773.333 kPa

18.2.8 Posouzení na smyk - vzdálenost $0.5d < a < 2d$

$$\text{Max } M_{ed}= 18.71 \text{ kNm}$$

(největší moment, použit pro výpočet β_a)

$$C_{Rdc}=0.18/\gamma=0.18/1.5=$$

0.12

$$k=1+\sqrt{(200/d)}= 1+\sqrt{(200/343)}=$$

1.763604 < 2

$$k= 1.763604$$

$$\rho=\sqrt{\rho_x*\rho_y}=$$

0.000699 < 0.02

$$\rho_{lx}=A_{slx}/(d*(c_x+6*d))=$$

0.000677

$$\rho_{ly}=A_{sly}/(d*(c_y+6*d))=$$

0.000723

$$v_{l,min}=0.035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}=$$

366.5933 kPa

Seznam použitých vzorců

$$a=x*d$$

$$u_a=2*(c_1+c_2)+2*\pi*a$$

$$A_a=2*(a*c_1+a*c_2)+a^2*\pi$$

$$W_a=0.5c_1^2+c_1*c_2+2*c_2*a+4*a^2+a*\pi*c_1$$

$$V_{ed,red(a)}=\sigma_{cd}*(A_c-A_a)$$

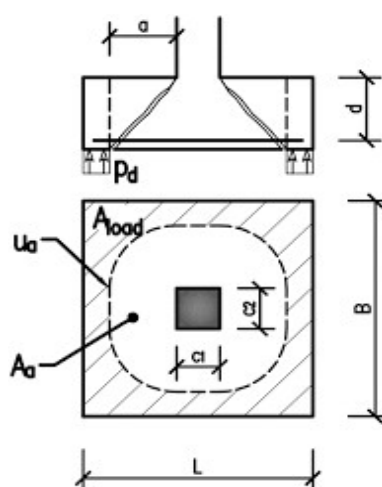
$$\beta_a=1+k*(M_{ed}*u_{(a)})/(V_{ed,red(a)}*W_a)$$

$$v_{ed(a)}=\beta_a*V_{ed,red(a)}/(d*u_{(a)})$$

$$v_{rd,c(a)}=2*d/a*c_{rd,c}*k*(100*\rho_l*f_{ck})^{1/3}$$

$$v_{l,min(a)}=2d/a*v_{l,min}$$

$$\text{max } a= 0.45 \text{ m}$$



xd	a	u_a [m]	A_a [m ²]	σ_{cd}	$V_{ed,red(a)}$	W_a	β_a
0.5d	0.1715	2.277566	0.298201	416.1946	475.2104	0.427184	1.125949
0.75d	0.25725	2.816349	0.516603	416.1946	384.3129	0.706513	1.116441
d	0.343	3.355133	0.781205	416.1946	274.1868	1.044666	1.131495
1.25d	0.42875	3.893916	1.092008	416.1946	144.8323	1.441644	1.209357
1.5d	0	0	0	0	0	0	0
1.75d	0	0	0	0	0	0	0
2d	0	0	0	0	0	0	0

V_{Ed} [kPa]	V_{Rdc} [kPa]	$v_{l,min(a)}$	$V_{Rd,c}$ [kPa]	Posudek
684.9196	946.7153	1466.373	1466.373	VYHOVUJE
444.1607	631.1435	977.5821	977.5821	VYHOVUJE
269.5849	473.3576	733.1865	733.1865	VYHOVUJE
131.1413	378.6861	586.5492	586.5492	VYHOVUJE
0	0	0	0	VYHOVUJE
0	0	0	0	VYHOVUJE
0	0	0	0	VYHOVUJE

Smykovou výztuž tedy není nutné navrhovat

19. ZÁVĚR

Všechny navžené konstrukce splňují podmínku MSÚ.

20. SEZNAM PŘÍLOH

P.3.1 Výstup z programu Peikko Designer

P.3.2 Výstup z programu IDEA StatiCa – posudek stěny

P.3.3 Výstup z programu IDEA StatiCa – posudek čtvercového sloupu

P.3.4 Výstup z programu IDEA StatiCa – posudek kruhového sloupu