Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb
tel. 776 565 161, email: i.ko@atlas.cz

zak. číslo: 19_050

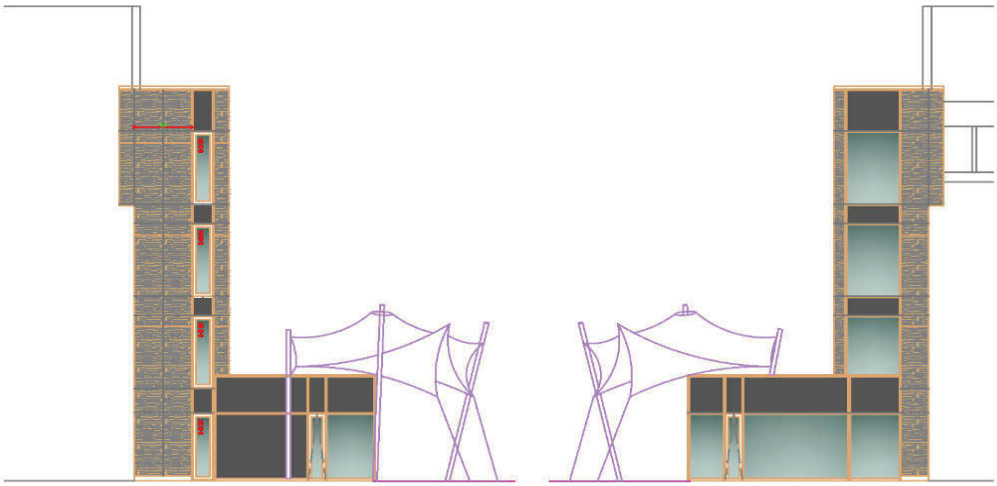
Statický výpočet - PROVÁDĚCÍ DOKUMENTACE

Objednatel

Hexaplan International spol. s.r.o.
Šámalova 72
615 00 Brno

Projekt

UPOL FTK - vstupní objekt
Tř. míru 117
779 00 Olomouc



Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.

V Bučovicích 19.12.2019

Obsah

	strana
Úvod, zadání	3
Sněhová oblast, zatížení sněhem	4
Tíha střechy ozeleněné	5
Tíha střechy nad 4.NP	6
Tíha konstrukcí podlahy	7
Model konstrukce, zatížení a výpočet vnitřních sil	8
Charakteristiky betonu	22
Dimenze	
Základová deska	23
Stropní desky u výtahu	24
Stropní deska nad 1.NP v poli	26
charakteristiky betonu v závislosti na stáří	28
přetvořrní průřezu (dotvarování, smršťování)	30
napjatost, trhliny - vznik a šíře	32
Sloup v nároží u výtahu	35
Ocelové sloupy u vrátnice	37
Protlačení rohového sloupu deskou	38
Protlačení středního sloupu deskou	40
Kotevní délky výztuže	42

Poznámka

Při zpracování výpočtu nebyly k dispozici informace o základových poměrech. V další fázi projektování bude nutné porovnat zjištěné charakteristiky základových půd s charakteristikami použitými ve výpočtu a rozhodnout o definitivním řešení založení objektu. Dále doporučuji optimapizaci tlouštky betonových konstrukcí, což s jistotou povede k hospodárnějšímu návrhu.

ÚVOD

Zadání

Objednatel pozaduje návrh a posouzení nosných konstrukcí a založení objektu přístavby vstupní haly s výtahem budovy Univerzity Palackého v Olomouci, Třída Mítu 117

Podklady

Podkladem pro výpočet je rozpracovaná stavební část projektové dokumentace poskytnutá odběratelem a další informace sdělené při předání..

Poznámka

Výsledky inženýrsko geologického průzkumu nebyly k dispozici. Předpokládané charakteristiky základové půdy jsou uvedeny ve výpočtu. V další fázi projektoývh prací bude nutné porovnat předpoklady se skutečným stavem geologických poměrů a v případě nutnosti zajistit nezbytné úpravy založení.

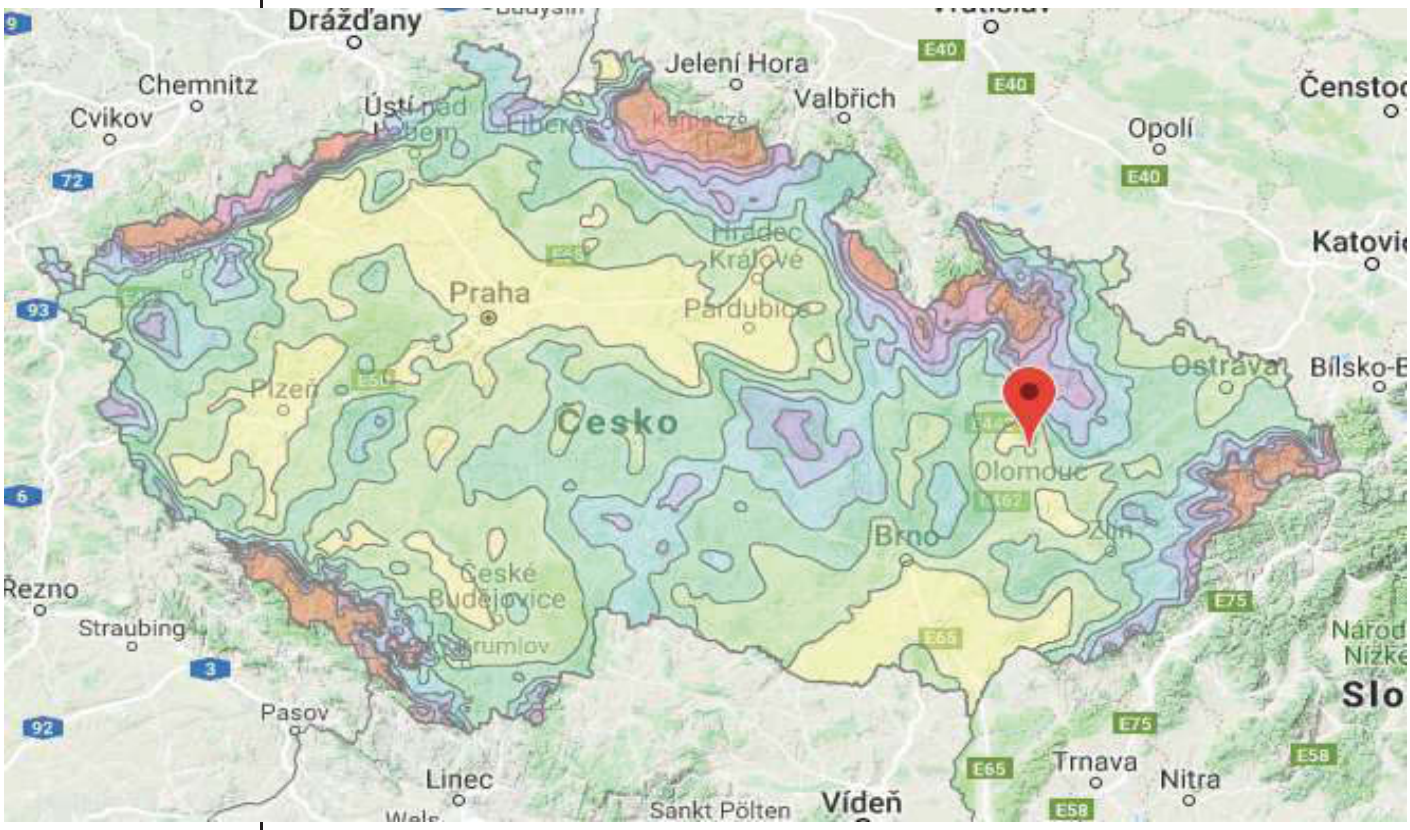
Použitý software

RFEM4 - výpočet prostorových konstrukcí metodou konečných prvků	(ing. Software Dlubal)
RF-SOILIN - interakce podloží a konstrukce	(ing. Software Dlubal)
FIN 10 - program pro výpočet prutových konstrukcí	(Fine, spol. s r.o.)
GEO 5 - program pro výpočet opěrných zdí.	(Fine, spol. s r.o.)
Programy pro řešení stavebních konstrukcí a jejich dimenzování	(ing. Ivan Koudelka, Ph.D.)

Použité normy a literatura

*	**EUROKÓD 1990**	**Zásady navrhování konstrukcí**	**ČSN EN 1990**
*	**EUROKÓD 1 1991**	**Zatížení konstrukcí**	
*	**EUROKÓD 2 1992**	**Navrhování betonových konstrukcí**	
*	**EUROKÓD 3 1993**	**Navrhování ocelových konstrukcí**	
*	**EUROKÓD 5 1995**	**Navrhování dřevěných konstrukcí**	ČSN EN 1995-1,2
*	**EUROKÓD 6 1996**	**Navrhování zděných konstrukcí**	ČSN EN 1996-1,2,3

Sněhová oblast - zatížení sněhem



MÍSTO

Ulice	Horní náměstí 583
PSČ	779 11
Obec	Olomouc
Zeměpisná šířka	49.594°
Zeměpisná délka	17.251°
Nadmořská výška	220 m

Oblast zatížení sněhem II

Charakteristická hodnota zatížení sněhem

$s_k = 1.00\ kN/m^2$

Svislé zatížení od horizontálních konstrukcí

Název prvku: **Střecha** ozeleněná

Tíha konstrukcí

		kN/m^3	tloušťka	kN/m^2
1	Extenzivní substrát+ dren + separace	20	0,100	2,00
2	Hydroizolační fólie (FATRFOL)	0,02	1	0,02
3	Minerální vata + separační folie	0,3	0,300	0,09
4	Betonová deska dle tlouštky v modelu	25	0,000	0,00
5	Omítka	18	0,020	0,36

CELKEM	**2,47**	
ve vodorovném průmětu	**2,47**	**2,47**

Úhel sklonu střechy

α_1 =	0	stupňů	α_2 =	0	stupňů
α_1 =	0	radiánů	α_2 =	0	radiánů
cos α_1 =	1		cos α_2 =	1	
sin α_1 =	0		sin α_2 =	0	

Zatížení sněhem sněhová oblast 2

s_0 =	1,00	kN/m^2	s_0 =	1,00	kN/m^2
μ_1 =	0,80		μ_1 =	0,80	
C_e =	1,0		C_e =	1,0	
C_t =	1,0		C_t =	1,0	

$s_n = s_0 * m_1 * C_e * C_t$

s_n =	**0,80**	**kN/m^2**	**s_n =**	**0,80**	**kN/m^2**

Užitné zatížení

Užitné kN/m^2

Osamělé břemeno **F_k = kN**

Liniové zatížení prutových prvků v závislosti na jejich osové vzdálenosti

osová vzdálenost prvků (m)		liniové zatíženi v kN/m						
		od konstrukce		od sněhu				užitné
				sníh 1		sníh 2		
1,00	m	2,47	kN/m	0,80	kN/m	0,80		0,00
2,00	m	4,94	kN/m	1,60	kN/m	1,60		0,00
3,00	m	7,41	kN/m	2,40	kN/m	2,40		0,00
4,00	m	9,88	kN/m	3,20	kN/m	3,20		0,00
5,00	m	12,35	kN/m	4,00	kN/m	4,00		0,00
6,00	m	14,82	kN/m	4,80	kN/m	4,80		0,00

Svislé zatížení od horizontálních konstrukcí

Název prvku: **Střecha**

Tíha konstrukcí

			kN/m^3	tloušťka	kN/m^2
1	Hydroizolace		0,15	1	0,15
2	Tepelná izolace		0,3	0,250	0,08
3	Betonová deska	dle tlouštky v modelu	25	0,000	0,00
4	Omítka		18	0,020	0,36

CELKEM		**0,59**	
	ve vodorovném průmětu	**0,59**	**0,59**

Úhel sklonu střechy

α_1 =	0	stupňů	α_2 =	0	stupňů
α_1 =	0	radiánů	α_2 =	0	radiánů
cos α_1 =	1		cos α_2 =	1	
sin α_1 =	0		sin α_2 =	0	

Zatížení sněhem sněhová oblast 2

s_0 =	1,00	kN/m^2	s_0 =	1,00	kN/m^2
μ_1 =	0,80		μ_1 =	0,80	
C_e =	1,0		C_e =	1,0	
C_t =	1,0		C_t =	1,0	

$s_n = s_0 * m_1 * C_e * C_t$

s_n =	**0,80**	**kN/m^2**	**s_n =**	**0,80**	**kN/m^2**

Užitné zatížení

Užitné	kN/m^2

Osamělé břemeno **F_k = kN**

Liniové zatížení prutových prvků v závislosti na jejich osové vzdálenosti

osová vzdálenost prvků (m)		liniové zatíženi v kN/m						užitné
		od konstrukce		od sněhu				
				sníh 1		sníh 2		
1,00	m	0,59	kN/m	0,80	kN/m	0,80		0,00
2,00	m	1,17	kN/m	1,60	kN/m	1,60		0,00
3,00	m	1,76	kN/m	2,40	kN/m	2,40		0,00
4,00	m	2,34	kN/m	3,20	kN/m	3,20		0,00
5,00	m	2,93	kN/m	4,00	kN/m	4,00		0,00
6,00	m	3,51	kN/m	4,80	kN/m	4,80		0,00

Svislé zatížení od horizontálních konstrukcí

Název prvku: **Podlaha**

Zatížení:

			kN/m^3	tloušťka	kN/m^2
1	Keramická dlažba + lepidlo		22	0,015	0,33
2	Betonový potěr		23	0,050	1,15
3	Kročejová izolace		0,3	0,030	0,01
4	Betonová deska stropu	dle modelu	25	0,000	0,00
5	Omítka		18	0,015	0,27
	CELKEM				1,76

Užitné	byt	2,00	kN/m^2

Užitné - přemístitelné příčky		1,20	kN/m^2

Tíha příček

1,0 kN/ m	náhradní zatíž.	q_k =	0,5	kN/m^2
2,0 kN/ m	náhradní zatíž.	q_k =	0,8	kN/m^2
3,0 kN/ m	náhradní zatíž.	q_k =	1,2	kN/m^2

Informace z poskytnuté dokumentace

Liniové zatížení prutových prvků v závislosti na jejich osové vzdálenosti

osová vzdálenost prvků (m)		liniové zatíženi v kN/m				
		od stropu		od užitného		
				užitné	příčky	
1,00	m	1,76	kN/m	2,00	1,20	kN/m
2,00	m	3,52	kN/m	4,00	2,40	kN/m
3,00	m	5,28	kN/m	6,00	3,60	kN/m
4,00	m	7,04	kN/m	8,00	4,80	kN/m
5,00	m	8,80	kN/m	10,00	6,00	kN/m
6,00	m	10,55	kN/m	12,00	7,20	kN/m

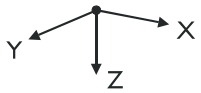
MODEL - ZÁKLADNÍ ÚDAJE

	Obecné	Název modelu	:	18 042 Vstup + výtah
		Název projektu	:	18 042 - Olomouc
		Typ modelu	:	3D
		Kladný směr globální osy Z	:	Dolů
		Klasifikace zatěžovacích stavů a kombinací	:	Podle normy: EN 1990 Národní příloha: ČSN - Česká Republika
	Možnosti	☐ RF-FORM-FINDING - Hledání počátečních rovnovážných tvarů membránových a lanových konstrukcí		
		☐ RF-CUTTING-PATTERN		
		☐ Analýza potrubí		
		☐ Použít pravidlo CQC		
		☐ Umožnit CAD/BIM model		
		Tíhové zrychlení		
		g	:	10.00 m/s²

1.3 MATERIÁLY

Mat. č.	Modul E [MPa]	Modul G [MPa]	Poissonův souč. ν [-]	Objem. tíha γ [kN/m³]	Souč. tepl. rozt. α [1/K]	Souč. spolehlivosti γ_M [-]	Materiálový model
1	Beton C30/37 | DIN 1045-1:2008-08						
	28300.000	11791.700	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
2	Ocel S 235 | DIN 18800:1990-11						
	210000.000	81000.000	0.296	78.50	1.20E-05	1.10	Izotropní lineárně elastický
3	Beton C20/25 | EN 1992-1-1:2004/A1:2014						
	30000.000	12500.000	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický

1.9 PLOŠNÉ PODPORY



Podloží č.	Plochy č.	Konstanta tuhosti v RF-SOILIN	Translační tuhost [MN/m³] u_x	u_y	u_z	Smyková tuhost [kN/m] v_{xz}	v_{yz}
1	12,16-20	-	10.000	10.000	20.000	10.000	10.000

1.13 PRŮŘEZY

Průřez č.	Mater. č.	I_T [mm⁴] A [mm²]	I_y [mm⁴] A_y [mm²]	I_z [mm⁴] A_z [mm²]	Hlavní osy α [°]	Natočení α' [°]	Celkové rozměry [mm] Šířka b	Výška h
1	RO 193.7x8.0 (warmgefertigt)							
	2	40310000.0 4670.0	20160000.0 2316.6	20160000.0 2316.6	0.00	0.00	193.7	193.7
2	RO 193.7x5.0 (warmgefertigt)							
	2	26400000.0 2960.0	13200000.0 1470.1	13200000.0 1470.1	0.00	0.00	193.7	193.7

2.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	EN 1990 | ČSN Kategorie účinků	Vlastní tíha - Součinitel ve směru Aktivní	X	Y	Z
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	☒	0.000	0.000	1.000
ZS2	Užitné zatížení	Užitná zatížení - kategorie C: shromažďovací plochy	☐			
ZS3	Sníh	Sníh (H ≤ 1000 m n.m.)	☐			
ZS4	Vítr	Vítr	☐			

2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Kombin. zatížení	Kombinace zatížení NS	Označení	č.	Součinitel	Zatěžovací stav	
KZ1		Charakteristické hodnoty	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.75	ZS3	Sníh
			4	0.90	ZS4	Vítr
KZ2		Rozhodující kombinace zatížení	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Užitné zatížení
			3	0.75	ZS3	Sníh
			4	0.90	ZS4	Vítr

ZS1: VLASTNÍ TÍHA

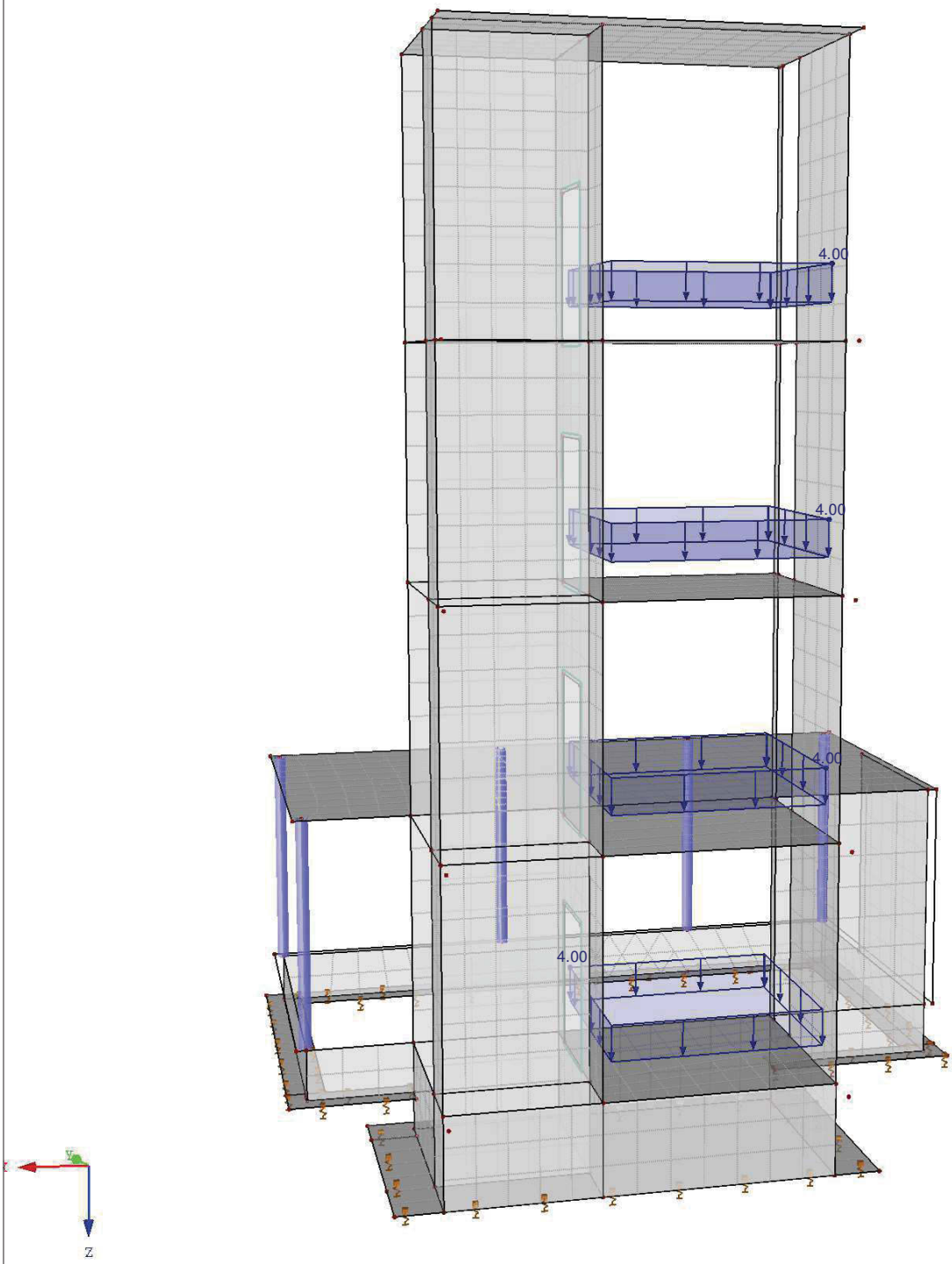
ZS 1: Vlastní tíha
Zatížení [kN/m^2]

Izometrie

ZS2: UŽITNÉ ZATÍŽENÍ

ZS 2: Užitné zatížení
Zatížení [kN/m^2]

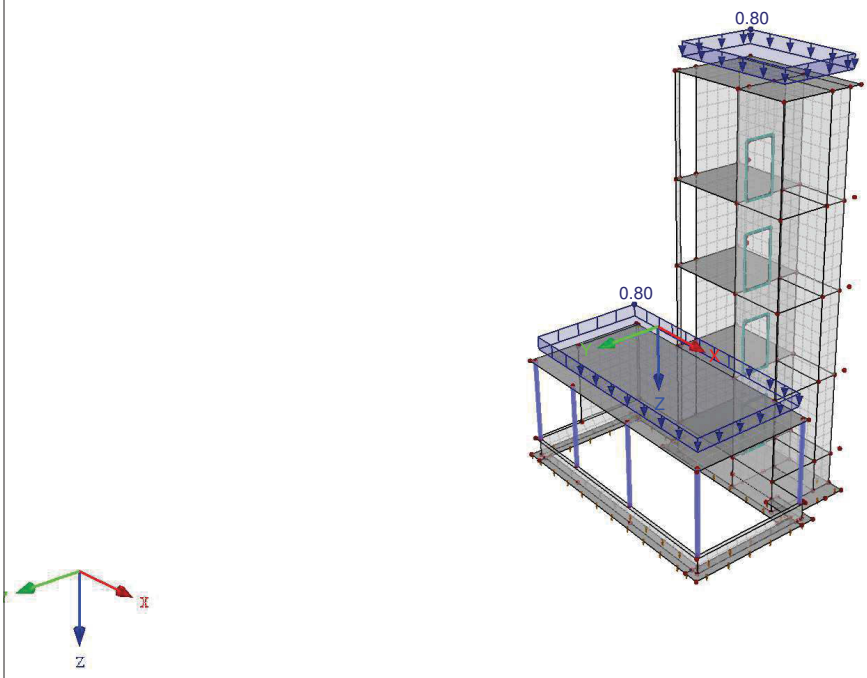
Izometrie



ZS3: SNÍH

ZS 3: Sníh
Zatížení [kN/m^2]

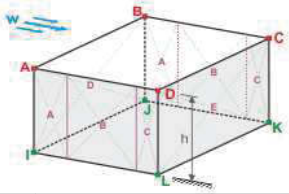
Izometrie



ZS4
Vítr

3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ

ZS4: Vítr

č.	Popis zatížení					
1	**Ze zatížení větrem (svislé stěny)**					
						
	Dynamický tlak	Podle normy		:	EN 1991-1-4	
		Národní příloha		:	Česká republika	
		Větrová oblast		:	I	
		Kategorie terénu		:	Kategorie III	
		Výška konstrukce	h	:	2.800	m
		Základní rychlost větru	$v_{b,0}$	:	22.5	m/s
	Geometrie základny	Uzel	I	:	16	
			J	:	2	
			K	:	1	
			L	:	15	
	Typ a geometrie střechy	Typ		:	⦿ Plochá/pultová střecha	
		Uzel	A	:	39	
			B	:	25	
			C	:	24	
			D	:	38	
	Vygenerovat ZS	☒ ZS w		:	ZS4	
	Zadat vítr na stranu	⦿ A - B				
	Vytvořit typ zatížení	⦿ Zatížení na plochu				
	Generovat zatížení větrem na plochy č.			:	28,30	
	Rozměry stěn	h		:	2.800	m
		b		:	10.400	m
		d		:	5.300	m
		e		:	5.600	m

3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ

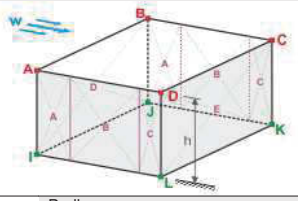
ZS4: Vítr

č.	Popis zatížení				
		A	:	113.040	m²
		d_A	:	1.120	m
		d_B	:	4.180	m
		d_C	:	0.000	m

Oblast	Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$	Vnější tlak w_e [kN/m²]
A	-1.200	-0.49
B	-0.800	-0.32
C	-0.500	-0.20
D	0.737	0.25
E	-0.374	-0.13

Vygenerovaná celková zatížení	ΣP_{Plochy}	:	14.333	kN
	ΣP	:	2.297	kN
Celkový moment k počátku	ΣM_{Plochy}	:	148.457	kNm
	ΣM	:	21.650	kNm

2 **Ze zatížení větrem (svislé stěny)**



Dynamický tlak	Podle normy		:	EN 1991-1-4	
	Národní příloha		:	Česká republika	
	Větrová oblast		:	I	
	Kategorie terénu		:	Kategorie III	
	Výška konstrukce	h	:	15.000	m
	Základní rychlost větru	$v_{b,0}$	:	22.5	m/s
Geometrie základny	Uzel	I	:	12	
		J	:	3	
		K	:	17	
		L	:	18	
Typ a geometrie střechy	Typ		:	⦿ Plochá/pultová střecha	
	Uzel	A	:	84	
		B	:	75	
		C	:	87	
		D	:	88	
Vygenerovat ZS	☒ ZS w		:	ZS4	
Zadat vítr na stranu	⦿ A - B				
Vytvořit typ zatížení	⦿ Zatížení na plochu				
Generovat zatížení větrem na plochy č.			:	23,24,26-28,35,37,39, 40,42,44,45,47,49-51	
Rozměry stěn	h		:	15.000	m
	b		:	5.800	m
	d		:	3.750	m
	e		:	5.800	m
	A		:	286.500	m²
	d_A		:	1.160	m
	d_B		:	2.590	m
	d_C		:	0.000	m

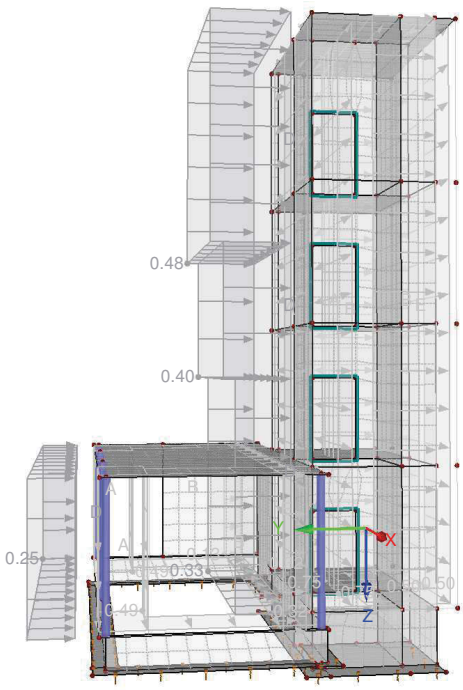
Oblast	Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$	Vnější tlak w_e [kN/m²]
A	-1.200	-0.75
B	-0.800	-0.50
C	-0.500	-0.31
D	0.800	0.48
E	-0.650	-0.39

Vygenerovaná celková zatížení	ΣP_{Plochy}	:	69.509	kN
	ΣP	:	18.886	kN
Celkový moment k počátku	ΣM_{Plochy}	:	921.681	kNm
	ΣM	:	266.247	kNm

ZS4: VÍTR

ZS 4: Vítr
Zatížení [kN/m^2]

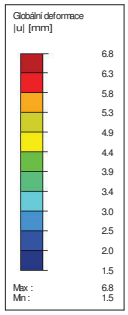
Izometrie

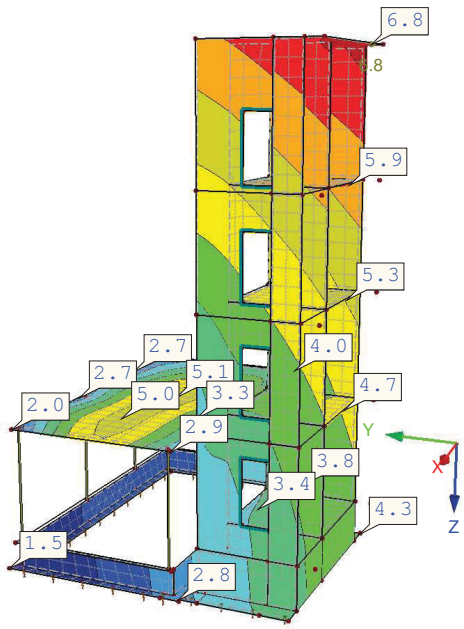


GLOBÁLNÍ DEFORMACE u

KZ 1: Charakteristické hodnoty
Globální deformace u
Hodnoty: u [mm]

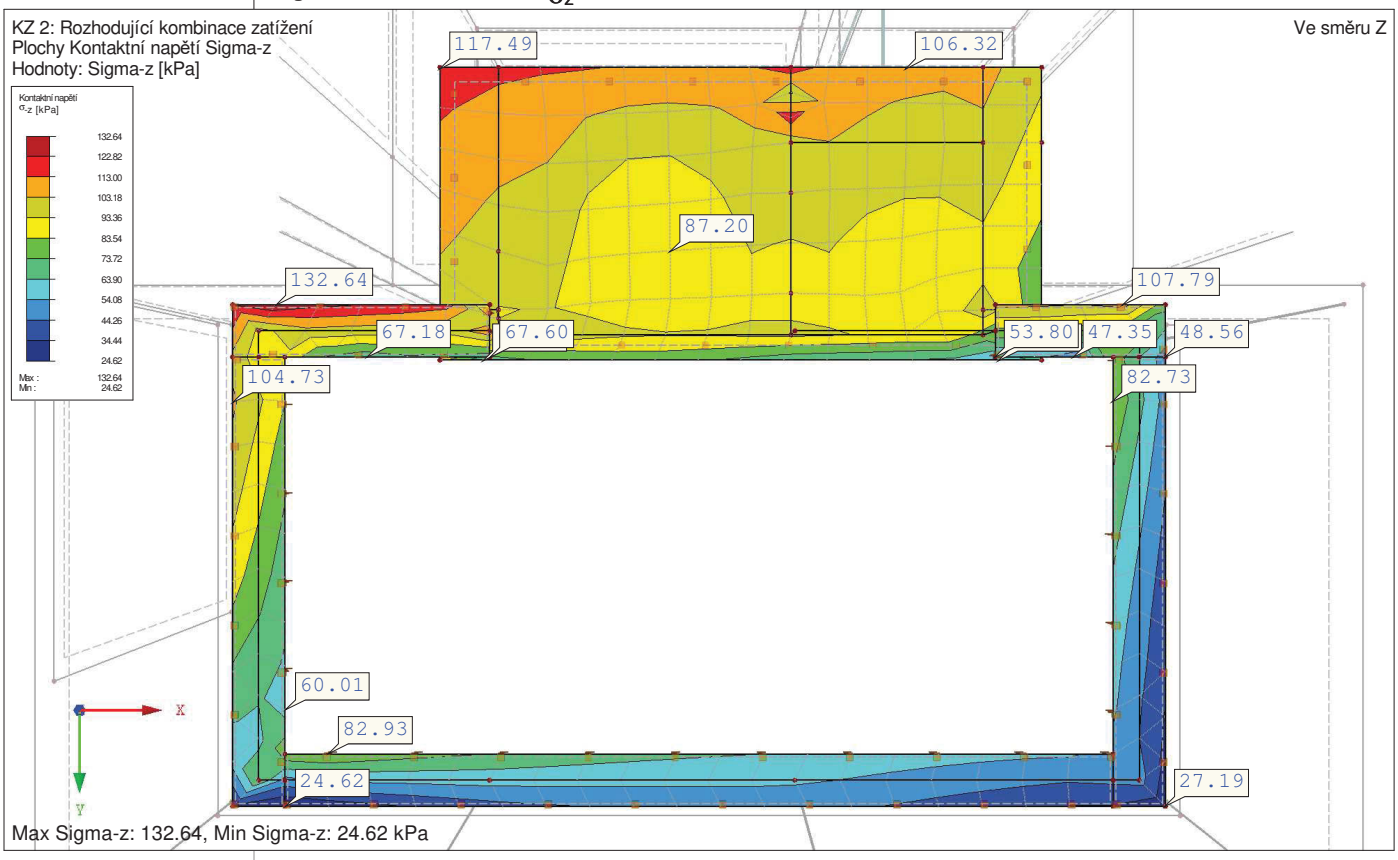
Izometrie





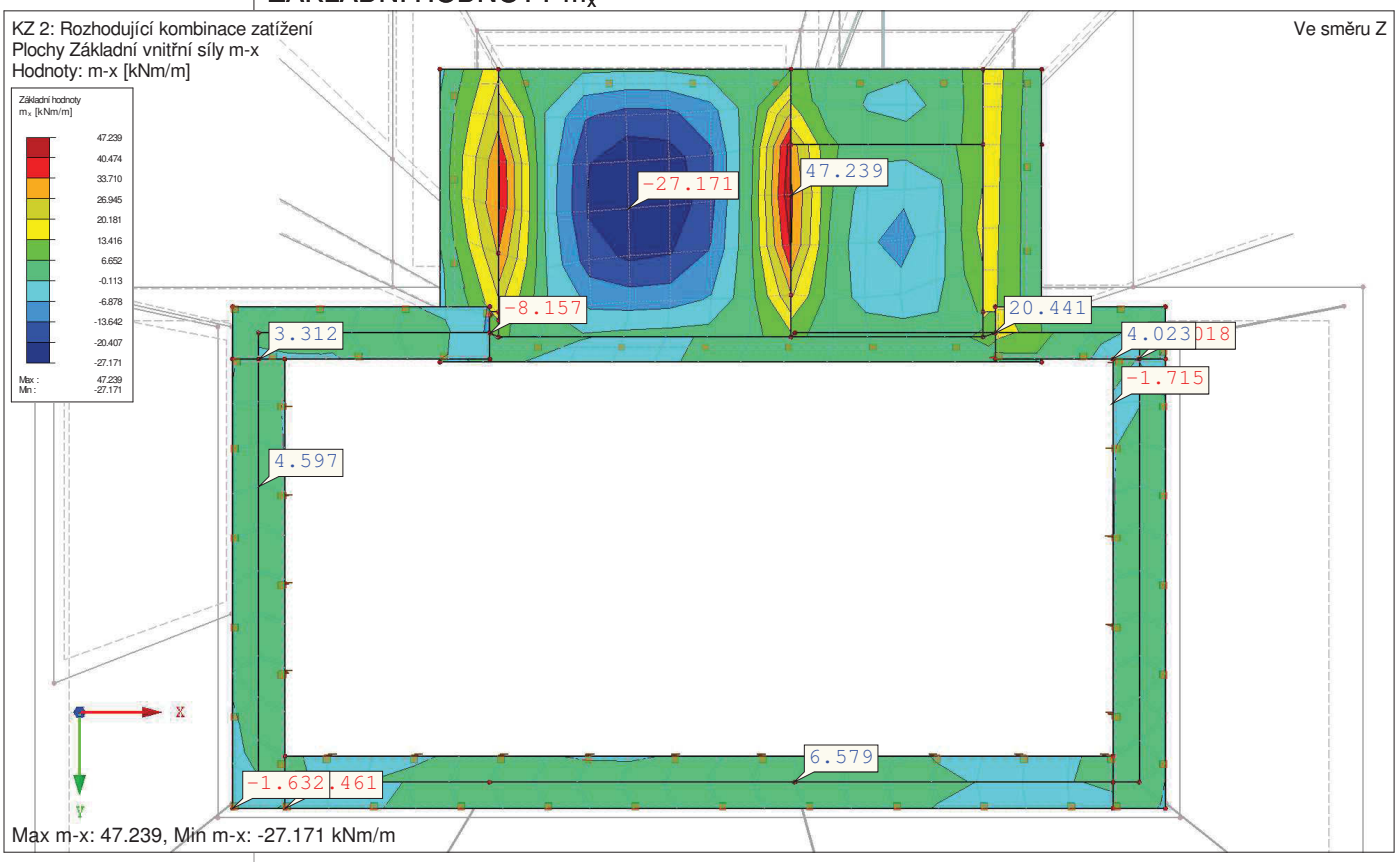
Max u: 6.8, Min u: 1.5 mm
Součinitel pro deformace: 9.69

■ KONTAKTNÍ NAPĚTÍ σ_z



Max Sigma-z: 132.64, Min Sigma-z: 24.62 kPa

■ ZÁKLADNÍ HODNOTY m_x

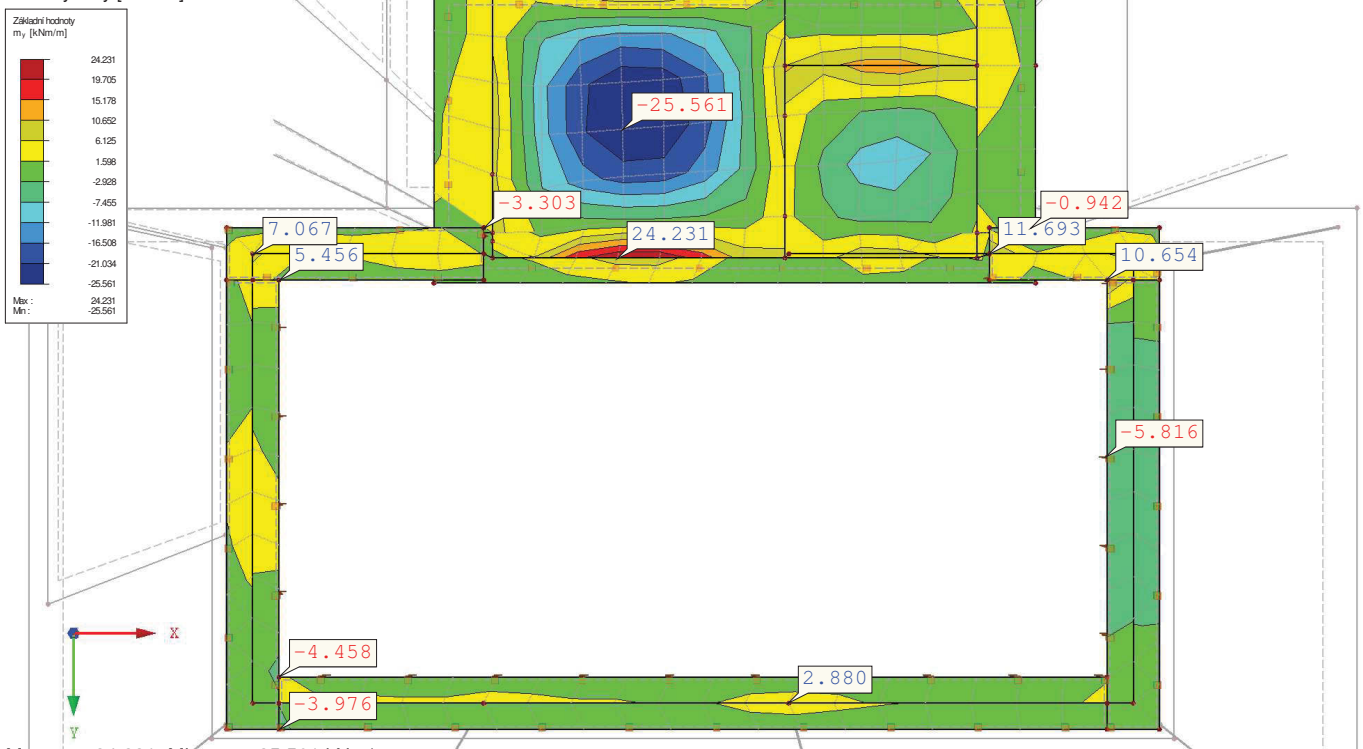


Max m-x: 47.239, Min m-x: -27.171 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-y
Hodnoty: m-y [kNm/m]

Ve směru Z

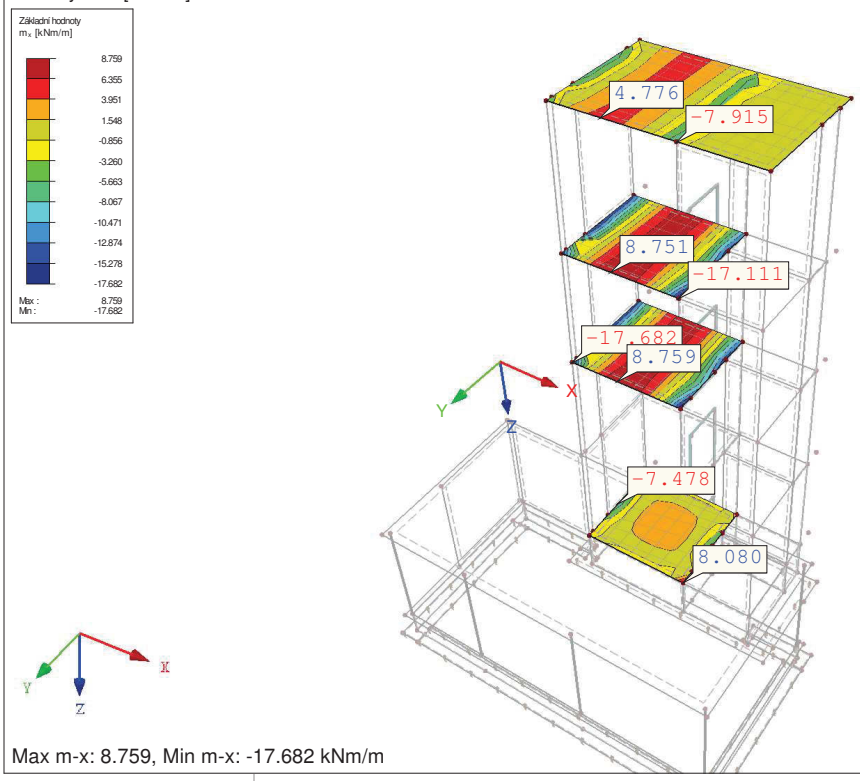


Max m-y: 24.231, Min m-y: -25.561 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_x

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-x
Hodnoty: m-x [kNm/m]

Izometrie

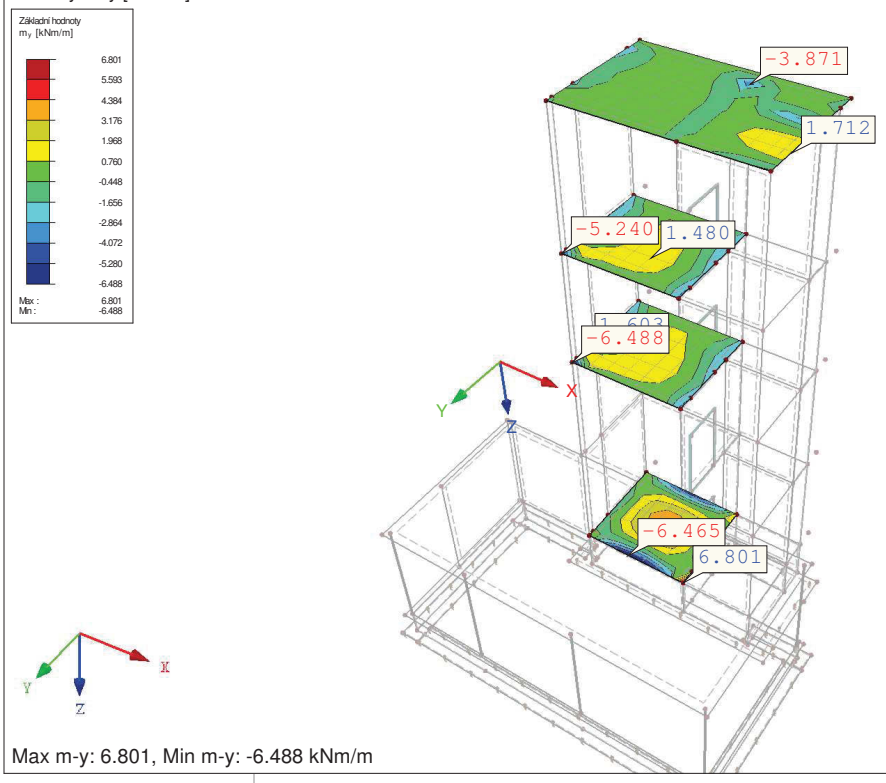


Max m-x: 8.759, Min m-x: -17.682 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-y
Hodnoty: m-y [kNm/m]

Izometrie

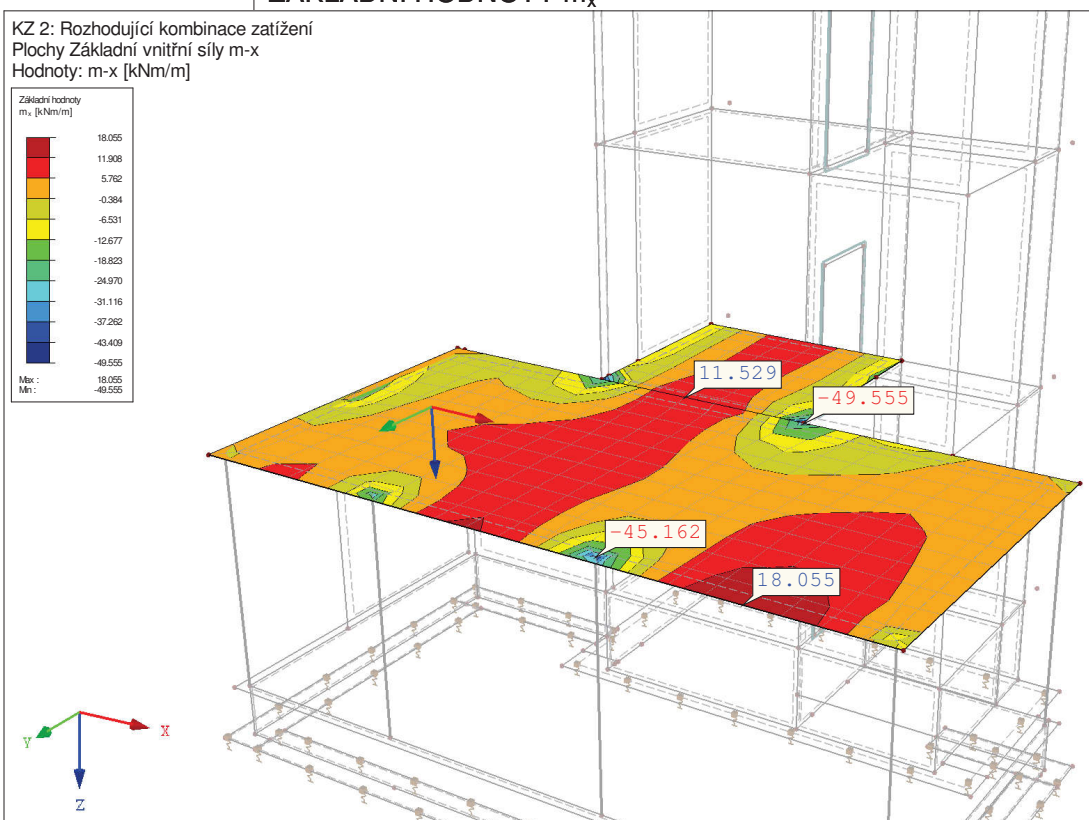


Max m-y: 6.801, Min m-y: -6.488 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_x

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-x
Hodnoty: m-x [kNm/m]

Izometrie

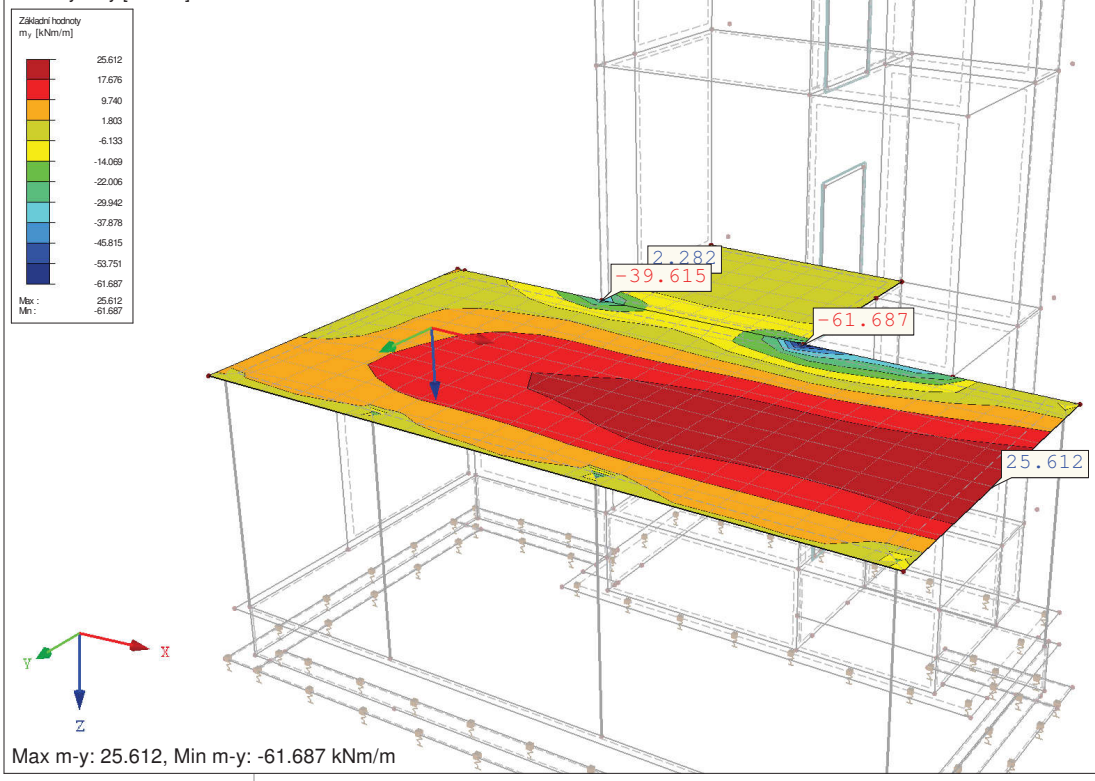


Max m-x: 18.055, Min m-x: -49.555 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-y
Hodnoty: m-y [kNm/m]

Izometrie

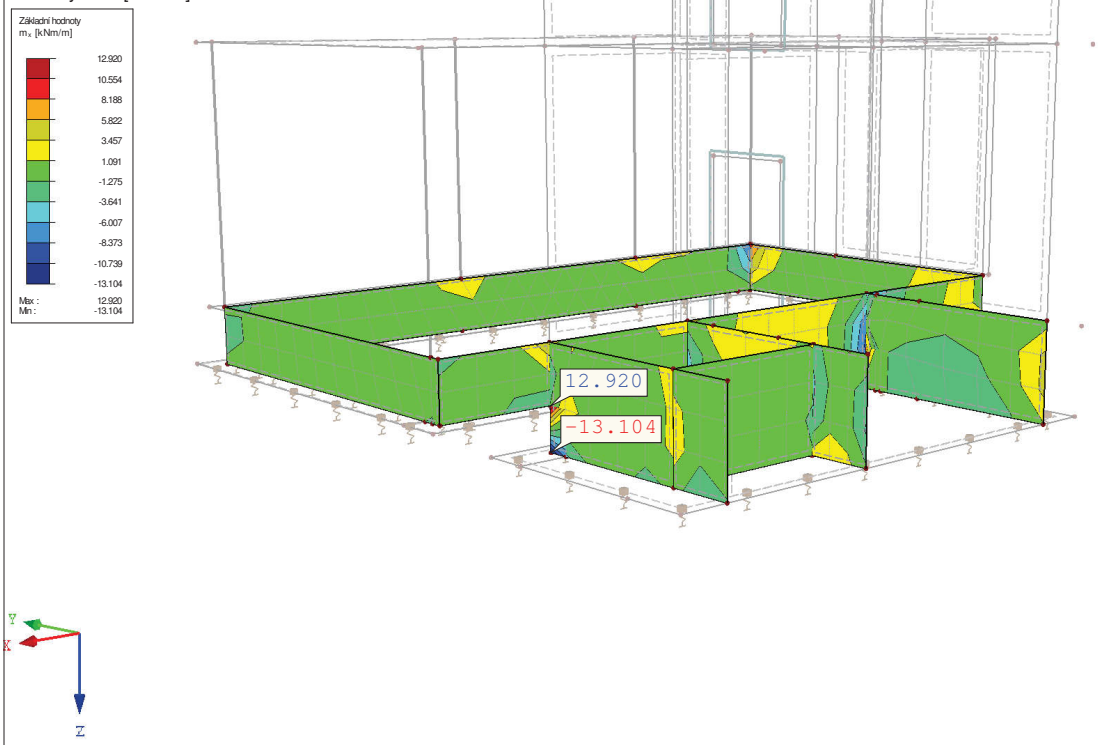


Max m-y: 25.612, Min m-y: -61.687 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_x

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-x
Hodnoty: m-x [kNm/m]

Izometrie

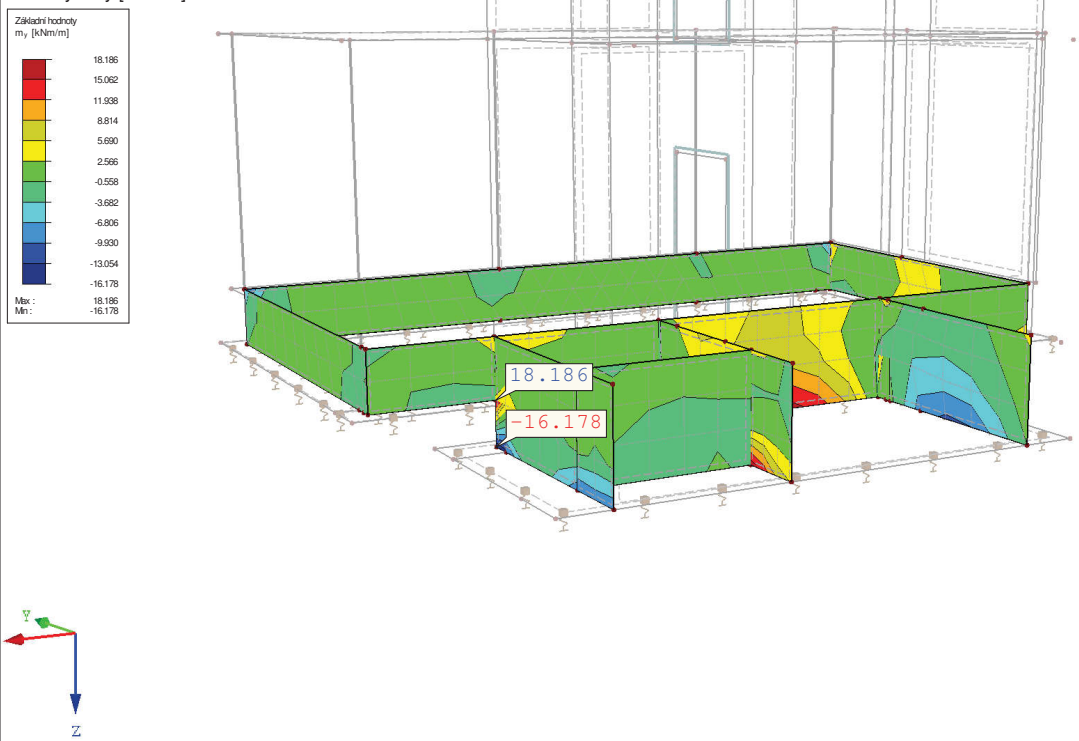


Max m-x: 12.920, Min m-x: -13.104 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-y
Hodnoty: m-y [kNm/m]

Izometrie



Max m-y: 18.186, Min m-y: -16.178 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_x

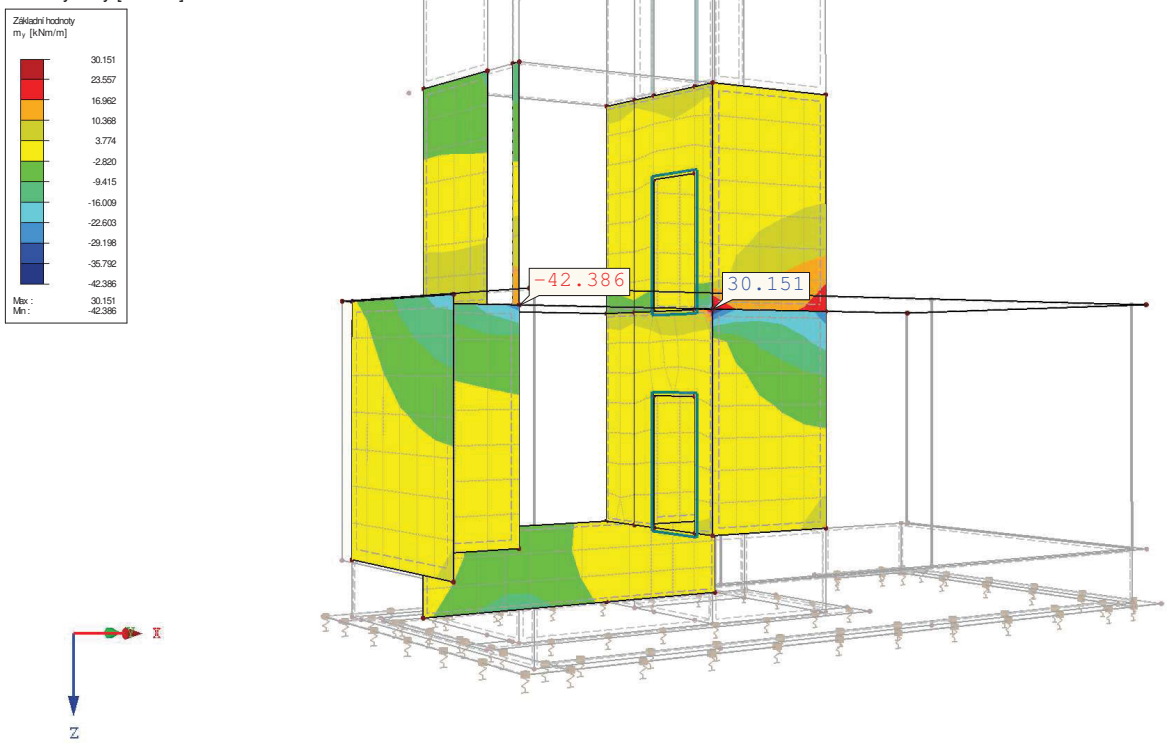
KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-x
Hodnoty: m-x [kNm/m]

Izometrie

Max m-x: 15.087, Min m-x: -32.430 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY m_y

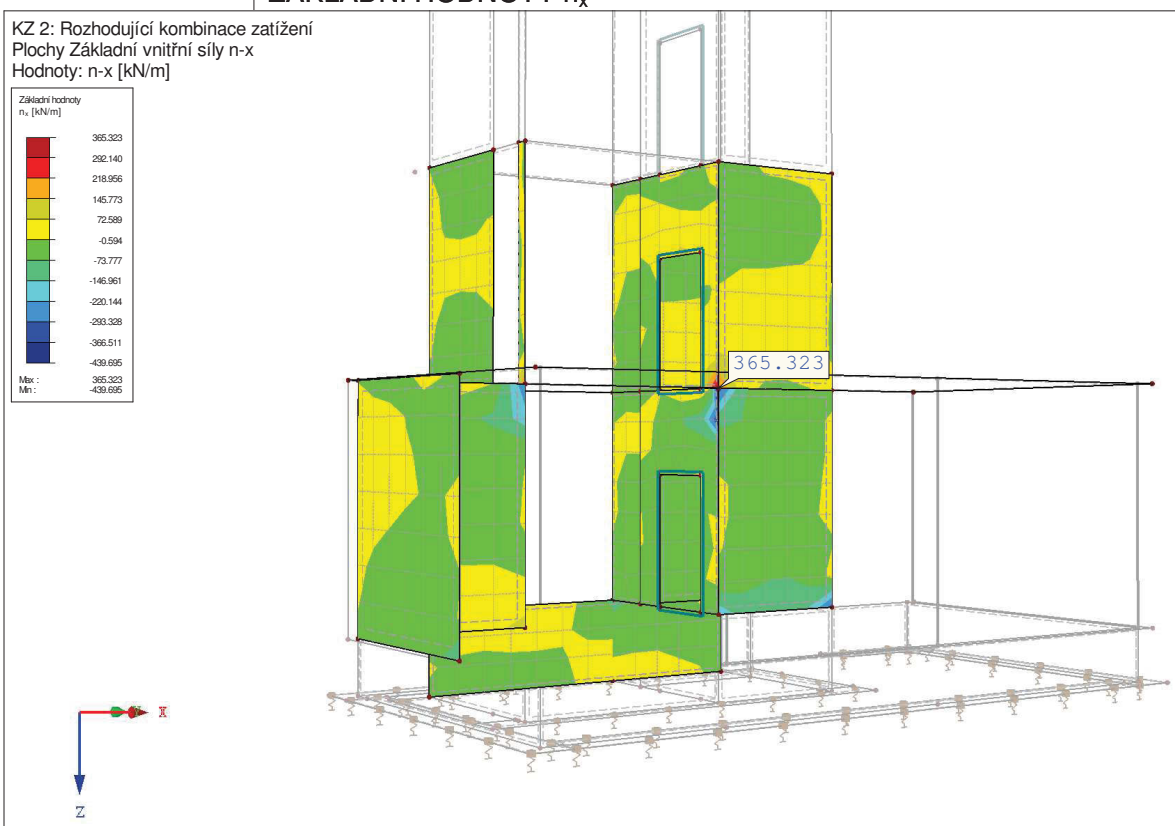
KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly m-y
Hodnoty: m-y [kNm/m]



Max m-y: 30.151, Min m-y: -42.386 kNm/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY n_x

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly n-x
Hodnoty: n-x [kN/m]

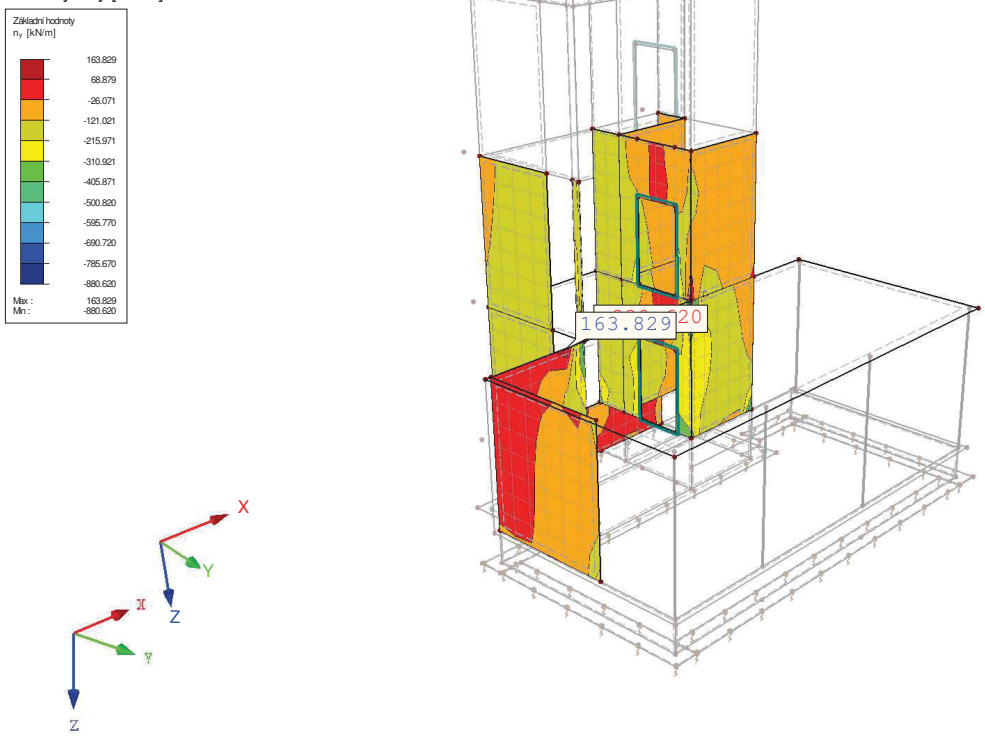


Max n-x: 365.323, Min n-x: -439.695 kN/m

ZÁKLADNÍ HODNOTY n_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly n-y
Hodnoty: n-y [kN/m]

Izometrie

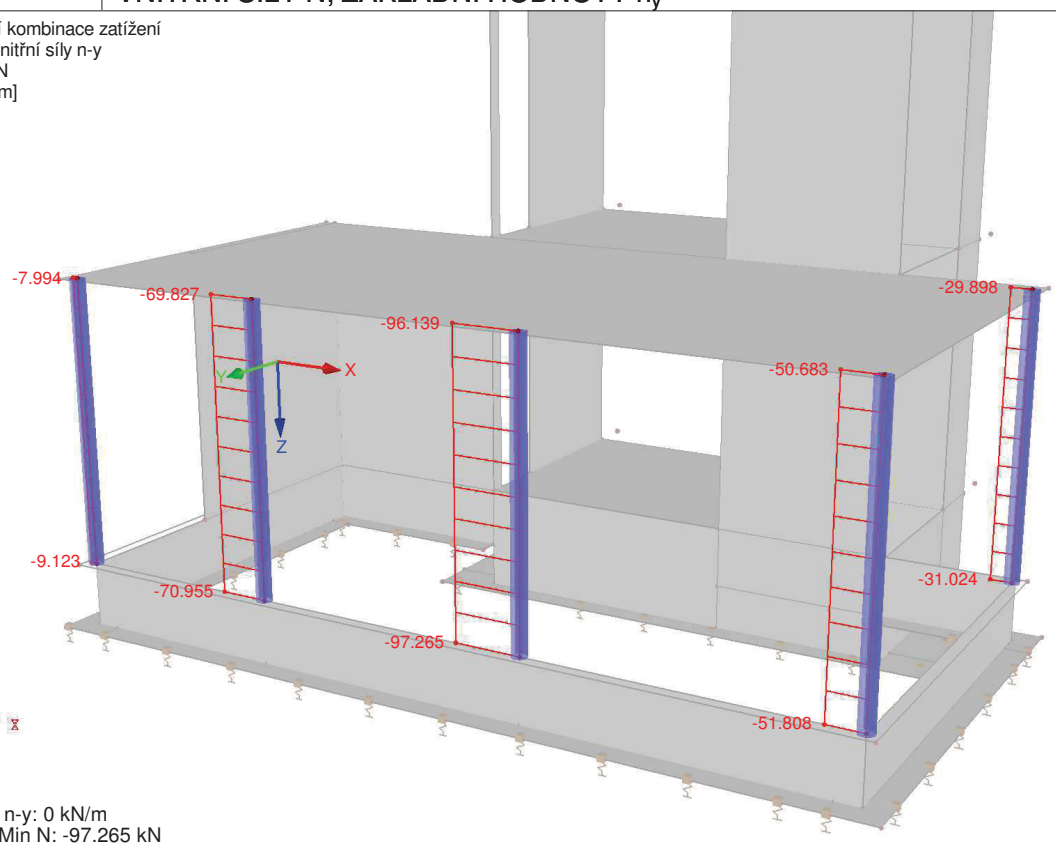


Max n-y: 163.829, Min n-y: -880.620 kN/m

VNITŘNÍ SÍLY N; ZÁKLADNÍ HODNOTY n_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly n-y
Pruty Vnitřní síly N
Hodnoty: n-y [kN/m]

Izometrie

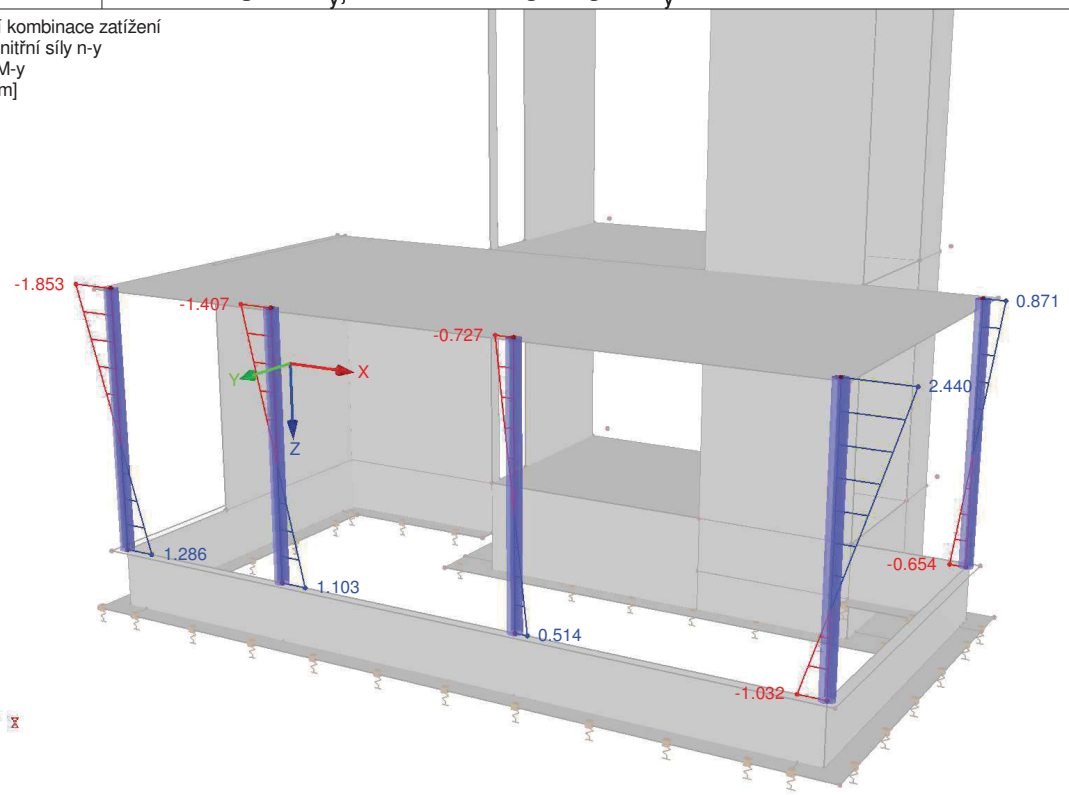


Max n-y: 0, Min n-y: 0 kN/m
Max N: -7.994, Min N: -97.265 kN

VNITŘNÍ SÍLY M_y; ZÁKLADNÍ HODNOTY n_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly n-y
Pruty Vnitřní síly M-y
Hodnoty: n-y [kN/m]

Izometrie

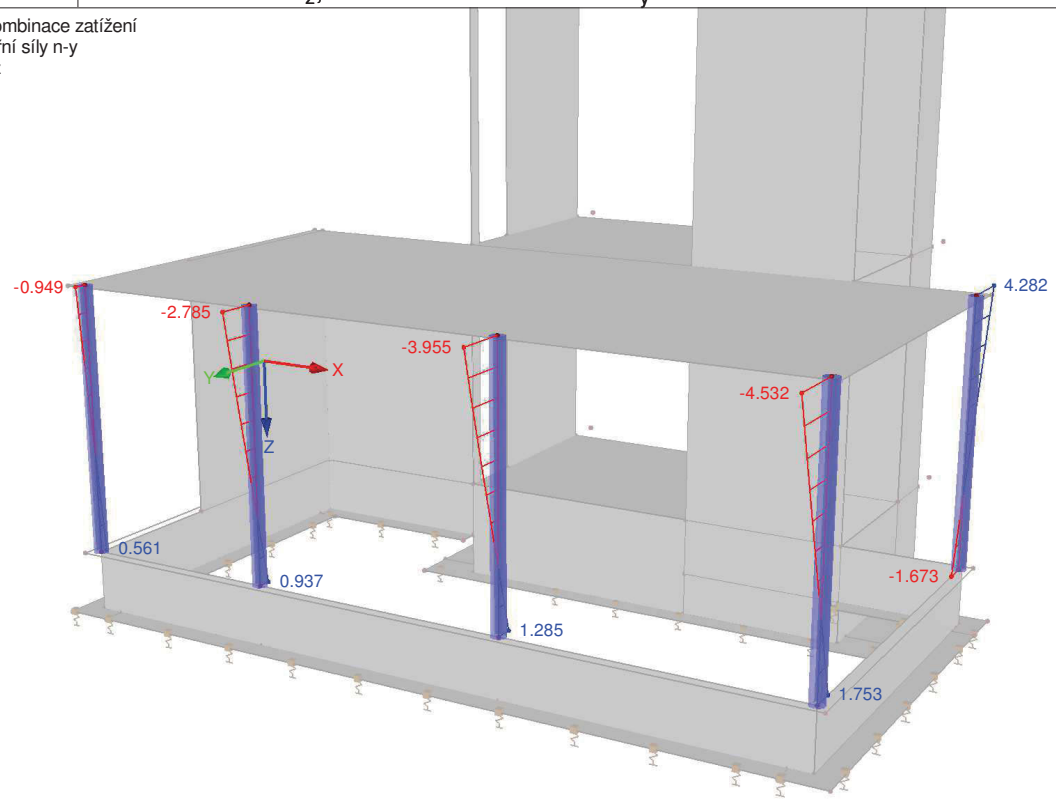


Max n-y: 0, Min n-y: 0 kN/m
Max M-y: 2.440, Min M-y: -1.853 kNm

VNITŘNÍ SÍLY M_z; ZÁKLADNÍ HODNOTY n_y

KZ 2: Rozhodující kombinace zatížení
Plochy Základní vnitřní síly n-y
Pruty Vnitřní síly M-z
Hodnoty: n-y [kN/m]

Izometrie



Max n-y: 0, Min n-y: 0 kN/m
Max M-z: 4.282, Min M-z: -4.532 kNm

Třídy betonu a jejich charakteristiky dle ČSN EN 1992-1-1

BETON C 20 / 25

Betony pevnosti	
normální	vysokopevn.
C 12/15	C 55/67
C 16/20	C 60/75
C 20/25	C 70/85
C 25/30	C 80/95
C 30/37	C 90/105
C 35/45	
C 40/50	
C 45/55	
C 50/60	

pevnost v tlaku (Mpa)	f_{ck}	20
	$f_{ck,cube}$	25
	f_{cm}	28
pevnost v tahu (Mpa)	f_{ctm}	2,2
	$f_{ctk,0,05}$	1,5
	$f_{ctk,0,95}$	2,9
modul prožnosti (Gpa)	E_{cm}	30
přetvoření betonu (‰)	ε_{c1}	1,97
	ε_{cu1}	3,50
	ε_{c2}	2,00
	ε_{cu2}	3,50
	n	2,00
	ε_{c3}	1,75
	ε_{cu3}	3,50

Klasifikace prostředí - stupně vlivu prostř.

1. Bez rizika poškození	
X0	beton bez výztuže, s výztuží v suchém prostředí
2. Koroze způsobená karbonatací	
XC1	suché nebo stále mokré prostředí
XC2	mokré občas suché (základy)
XC3	středně vlhké (uvnitř, venkovní chráněný)
XC4	střídavě mokré a suché (styk s vodou)
3. Koroze způsobená chloridy	
XD1	středně vlhké (chloridy rozptýlené ve vzd.)
XD2	mokré, zřídka suché (plavecké bazény)
XD3	střídavě mokré a suché (mosty, parkoviště)
4. Koroze způsob. chloridy z mořské vody	
5. Střídavé působení mrazu a rozmrz.	
XF1	mírně nasycen vodou bez rozmraz. prostř.
XF2	mírně nasycen vodou s rozmraz. prostř.
XF3	značně nasycen vodou bez rozmraz. prostř.
XF4	značně nasycen vodou s rozmraz. prostř.
6. Chemické napadení	
XA1	slabě agr.zemina nebo spodní voda
XA2	středně agr.zemina nebo spodní voda
XA3	silně agr.zemina nebo spodní voda

Krytí výztuže betonem

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

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\ mm)$ 10

největší jmenovitý rozměr zrna kameniva $d_g =$ 16 mm

průměr výztužného prutu $\phi =$ 12 mm

průměr výztuže třmínku $\phi_{sw} =$ 6 mm

$c_{min,b} = \phi$ (pro d_g>32: ϕ+5) prut $c_{min,b} =$ 12 mm třmínek $c_{min,b} =$ 6 mm

stupeň vlivu prostředí XC1

$c_{min,dur} =$ 10 mm

$c_{min} =$ 12 mm prut

$c_{min} =$ 10 mm třmínek

$c_{nom} =$	25	mm	prut
$c_{nom} =$	20	mm	třmínek

26

19

20

rozhoduje třmínek

Hodnoty c min,dur v závislosti na konstrukční třídě a vlivu prostředí							
konstr. třída	stupeň prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
1	10	10	10	15	20	25	30
2	10	10	15	20	25	30	35
3	10	10	20	25	30	35	40
4	**10**	**15**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**
5	15	20	30	35	40	45	50
6	20	25	35	40	45	50	55

Výsledné krytí		c≥c_{nom}
DESKA		
$c_{výztuže}$ =	25	mm
TRÁM		
$c_{třmínku}$ =	**20**	**mm**
$c_{výztuže}$ =	26	mm

Doporučená výchozí třída pro návrh.životnost 50 let je tř.4							
kritérium	stupeň prostředí						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2,3
životnost 100 let	zvětšení o 2 konstrukční třídy						
Pevnost. Tř. betonu	≥C30/37	≥C30/37	≥C35/45	≥C40/50	≥C40/50	≥C40/50	≥C45/55
	zmenšení o 1 konstrukční třídu						
prvky s geom.desek	zmenšení o 1 konstrukční třídu						
zvl. kontrola kvality	zmenšení o 1 konstrukční třídu						

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

Posouzení dimenzí desky — Základová deska

Účinky zatížení - ohybový moment

M_{Ed} = 47,30 kNm/m

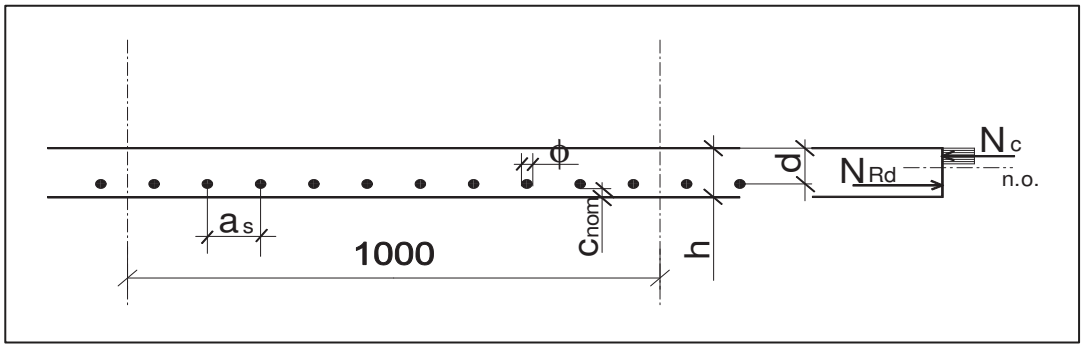
Materiálové charakteristiky

OCEL	**B 500**	charakteristická hodnota meze kluzu	f_{yk} =	500 Mpa
		dílčí součinitel spolehlivosti	γ_s =	1,15
		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	**f_{yd} =**	**434,78 Mpa**
BETON	**C 20/25**	charakteristická hodnota pevnosti	f_{ck} =	20 Mpa
		dílčí součinitel spolehlivosti	γ_c =	1,5
		$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	**f_{cd} =**	**13,33 Mpa**

Rozdělovací	
$A_{s,roz,n}$ =	100,48
ϕ =	8
$a_{s,roz}$ =	200
$A_{s,roz}$ =	251,2
	O.K.

max. vzdálenost

$a_{s,roz}$ =	900
3. h	400

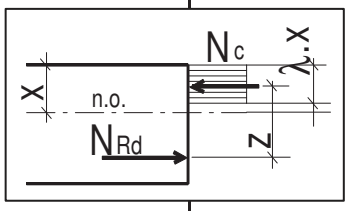


GEOMETRIE DESKY	b =	1000	mm		**h =**	**300 mm**
KRYTÍ	$c_{výztuže}$ =	50	mm	$d=h-c_{nom}-\phi/2$	**d =**	**246 mm**
	Δc =		mm	$c_{nom}=c_{min}+\Delta c_{dev}$	**c_{nom} =**	**50 mm**
VÝZTUŽ	profil A	ϕ =	8	mm	a_s =	200 mm
	profil B	ϕ =	8	mm	a_s =	200 mm
plocha 1 ks	$A_{st,1} = \pi * \phi^2 / 4$	$A_{st,1B}$ =	50,24	mm^2	$A_{st,1A}$ =	50,24 mm^2
	pl. výztuže na 1 m šířky desky			$A_{st} = A_{st,1} * (1/a_s)$	A_{st} =	502,4 mm^2
	pl. výztuže na šířku desky b			$A_{stb} = A_{st}*b$	A_{stb} =	502,4 mm^3
	maximální únosnost výztuže			$N_{Rd} = A_{st} * f_{yd}$	**N_{Rd} =**	**218,43 kN/m**

max. vzdálenost

$a_{s,max}$ =	600
2. h	300

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu		η =	1
souč. efektivní výšky tlačené zóny		λ =	0,8
výška tlačené oblasti	$x = N_{Rd} /(\lambda.b.\eta.f_{cd})$	**x =**	**20,48 mm**
rameno vnitřních sil	$z = d - (\lambda.x)/2$	**z =**	**237,81 mm**

OHYBOVÁ ÚNOSNOST $M_{Rd} = N_{Rd} . z$ **M_{Rd} = 51,95 kNm/m**

$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ 47,30 kNm/m ≤ 51,95 kNm/m Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

f_{ctm} = 2,2 Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

				A_{st}	
$A_{st,max} = 0,04 A_c$	$A_{st,max}$ =	12000	mm^2	502,4	**Vyhovuje**
$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm}.b_t.d/f_{yk}$	$A_{st,min}$ =	281,424	mm^2	502,4	**Vyhovuje**

Ověření započítatelnosti výztuže

ε_{cu3} = 3,5	$\xi = x/d$	**ξ =**	**0,08324496**	Podmínka $\xi_{bal,1} \geq \xi$
E_s = 200 GPa	$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3}/(\varepsilon_{cu3}+\varepsilon_{yd})$	**$\xi_{bal,1}$ =**	**0,61685824**	**Vyhovuje**
	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$	ε_{yd} =	0,00217391	

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

Posouzení dimenzí desky

Stropní desky u výtahu

Účinky zatížení - ohybový moment

M_{Ed} = 17,70 kNm/m

Materiálové charakteristiky

OCEL **B 500** charakteristická hodnota meze kluzu f_{yk} = 500 Mpa

dílčí součinitel spolehlivosti γ_s = 1,1

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ **f_{yd} = 434,78 Mpa**

BETON **C 20/25** charakteristická hodnota pevnosti f_{ck} = 20 Mpa

dílčí součinitel spolehlivosti γ_c = 1,5

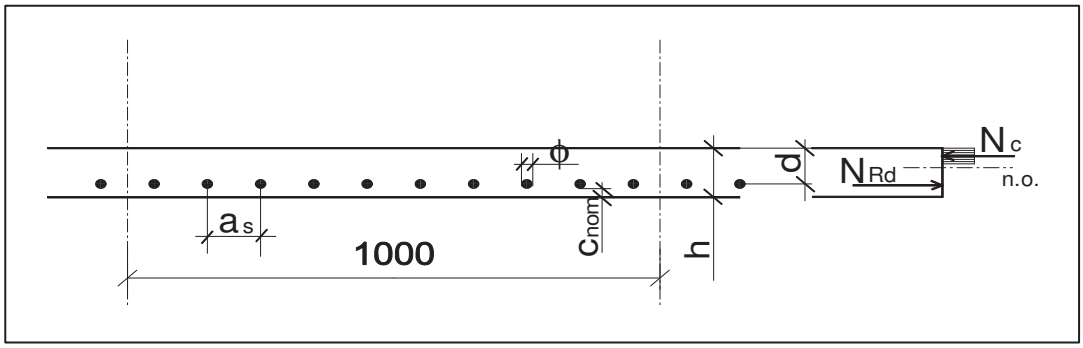
$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$ **f_{cd} = 13,33 Mpa**

Rozdělovací	
$A_{s,roz,n}$ =	66,98667
ϕ =	8
$a_{s,roz}$ =	150
$A_{s,roz}$ =	334,93

O.K.

max. vzdálenost

$a_{s,roz}$ =	480
3. h	400



GEOMETRIE DESKY b = 1000 mm **h = 160 mm**

KRYTÍ $c_{výztuže}$ = 20 mm $d=h-c_{nom}-\phi/2$ **d = 136 mm**

Δc = mm $c_{nom}=c_{min}+\Delta c_{dev}$ **c_{nom} = 20 mm**

max. vzdálenost

$a_{s,max}$ =	320
2. h	300

VÝZTUŽ profil A ϕ = 8 mm a_s = 150 mm

profil B ϕ = mm a_s = 250 mm

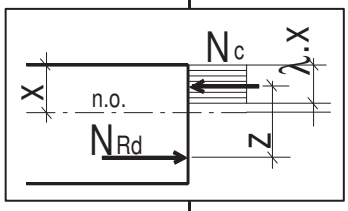
plocha 1 ks $A_{st,1} = \pi * \phi^2 / 4$ $A_{st,1B}$ = 0 mm^2 $A_{st,1A}$ = 50,24 mm^2

pl. výztuže na 1 m šířky desky $A_{st} = A_{st,1} * (1/a_s)$ A_{st} = 334,9333 mm^2

pl. výztuže na šířku desky b $A_{stb} = A_{st}*b$ A_{stb} = 334,9333 mm^3

maximální únosnost výztuže $N_{Rd} = A_{st} * f_{yd}$ **N_{Rd} = 145,62 kN/m**

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu η = 1

souč. efektivní výšky tlačené zóny λ = 0,8

výška tlačené oblasti $x = N_{Rd} /(\lambda.b.\eta.f_{cd})$ **x = 13,65 mm**

rameno vnitřních sil $z = d - (\lambda.x)/2$ **z = 130,54 mm**

OHYBOVÁ ÚNOSNOST $M_{Rd} = N_{Rd} . z$ **M_{Rd} = 19,01 kNm/m**

$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ 17,70 kNm/m ≤ 19,01 kNm/m Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

f_{ctm} = 2,2 Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

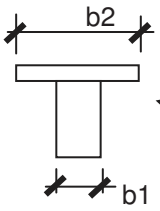
				A_{st}	
$A_{st,max} = 0,04\ A_c$	$A_{st,max}$ =	6400 mm^2	334,9333	**Vyhovuje**
$A_{st,min} = 0,26\ f_{ctm}.b_t.d/f_{yk}$	$A_{st,min}$ =	155,584 mm^2	334,9333	**Vyhovuje**

Ověření započítatelnosti výztuže

ε_{cu3} = 3,5	$\xi = x/d$	ξ =	**0,10038363**	Podmínka $\xi_{bal,1} \geq \xi$
E_s = 200 GPa	$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3}/(\varepsilon_{cu3}+\varepsilon_{yd})$	$\xi_{bal,1}$ =	**0,61685824**	**Vyhovuje**
	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$	ε_{yd} =	0,00217391	

Kontrola průhybu

	Mpa
$(f_{ck})^{1/2}$ =	4,472136



rozpětí prvku — l = 3,50 m

mezní poměr rozpětí / účinná výška — **l/d = 25,7**

referenční stupeň vyztužení — $\rho_o = (f_{ck})^{1/2} * 10^{-3}$ — ρ_o = 0,00447

geometrický stupeň vyztužení — $\rho = A_{st}/(b*d)$ — ρ = 0,00246

součinitel závislý na tvaru průřezu — κ_{c1} = 1

pro poměr b2/b1 ≥ 3	$\kappa_{c1} = 0{,}8$	v ostatních případech	$\kappa_{c1} = 1$

součinitel závislý na rozpětí — κ_{c2} = 1

$\kappa_{c2} = 1$ pro $l \le 7$	$\kappa_{c2} = 7/l$ pro $l > 7$

součinitel napětí tahové výztuže — $\kappa_{c3} = (500/f_{yk})*M_{Rd}/M_{Ed}$ — κ_{c3} = 1,07

koeficient zohleňující konstrukční systémy — K = 1

prostě podepřený nosník (deska)	K=1,0
krajní pole spojitého nosníku (desky)	K=1,3
vnitřní pole nosníku nebo desky	K=1,5
deska lokálně podepřená	K=1,2
konzola	K=0,4

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží — ρ' = 0

pro $\rho \le \rho o$ — $\lambda = K*(11+1{,}5(f_{ck})^{1/2} * (\rho_o/\rho) + 3{,}2(f_{ck})^{1/2} * ((\rho_o/\rho)-1))^{3/2})$ — 33,73

pro $\rho > \rho o$ — $\lambda = K*(11+1{,}5(f_{ck})^{1/2} * (\rho_o/(\rho-\rho') + (1/12)*(f_{ck})^{1/2} * (\rho'/\rho_o)^{1/2})$ — 23,18

$\rho \le \rho_o$ — λ = 33,73

Vymezující ohybová štíhlost — $\lambda_d = \kappa_{c1}*\kappa_{c2}*\kappa_{c3}*\lambda$ — **λ_d = 36,22**

$l/d \le \lambda_d$ — není nutné počítat průhyb

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

Posouzení dimenzí desky

Stropní deska nad 1.NP v poli

Účinky zatížení - ohybový moment

M_{Ed} = 25,60 kNm/m

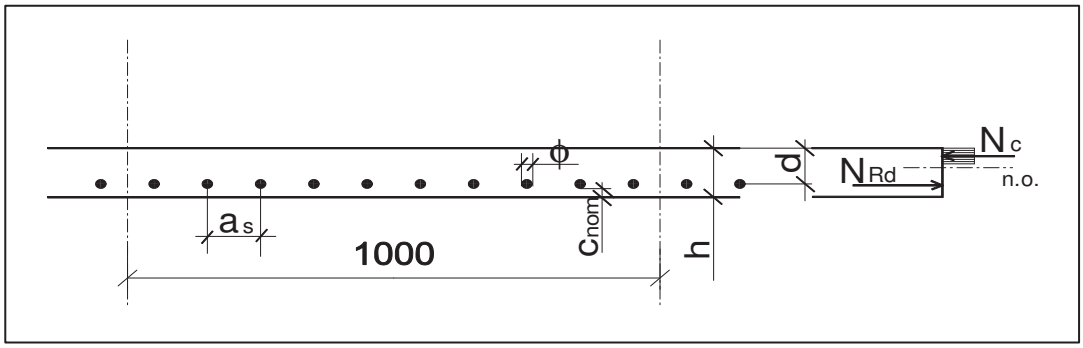
Materiálové charakteristiky

OCEL	**B 500**	charakteristická hodnota meze kluzu	f_{yk} =	500 Mpa
		dílčí součinitel spolehlivosti	γ_s =	1,15
		$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	**f_{yd} =**	**434,78 Mpa**
BETON	**C 20/25**	charakteristická hodnota pevnosti	f_{ck} =	20 Mpa
		dílčí součinitel spolehlivosti	γ_c =	1,5
		$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	**f_{cd} =**	**13,33 Mpa**

Rozdělovací	
$A_{s,roz,n}$ =	90,432
ϕ =	12
$a_{s,roz}$ =	250
$A_{s,roz}$ =	452,16
	O.K.

max. vzdálenost

$a_{s,roz}$ =	600
3. h	400

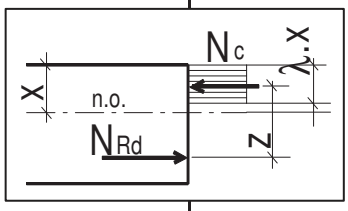


GEOMETRIE DESKY	b =	1000	mm		**h =**	**200 mm**
KRYTÍ	$c_{výztuže}$ =	25	mm	$d=h-c_{nom}-\phi/2$	**d =**	**157 mm**
	Δc =	12	mm	$c_{nom}=c_{min}+\Delta c_{dev}$	**c_{nom} =**	**37 mm**
VÝZTUŽ	profil A	ϕ =	12	mm	a_s =	250 mm
	profil B	ϕ =		mm	a_s =	250 mm
plocha 1 ks	$A_{st,1} = \pi * \phi^2 / 4$	$A_{st,1B}$ =	0	mm^2	$A_{st,1A}$ =	113,04 mm^2
	pl. výztuže na 1 m šířky desky			$A_{st} = A_{st,1} * (1/a_s)$	A_{st} =	452,16 mm^2
	pl. výztuže na šířku desky b			$A_{stb} = A_{st}*b$	A_{stb} =	452,16 mm^3
	maximální únosnost výztuže			$N_{Rd} = A_{st} * f_{yd}$	**N_{Rd} =**	**196,59 kN/m**

max. vzdálenost

$a_{s,max}$ =	400
2. h	300

VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu		η =	1
souč. efektivní výšky tlačené zóny		λ =	0,8
výška tlačené oblasti	$x = N_{Rd} /(\lambda.b.\eta.f_{cd})$	**x =**	**18,43 mm**
rameno vnitřních sil	$z = d - (\lambda.x)/2$	**z =**	**149,63 mm**

OHYBOVÁ ÚNOSNOST $M_{Rd} = N_{Rd} . z$ **M_{Rd} = 29,42 kNm/m**

$M_{Ed} \leq M_{Rd}$ 25,60 kNm/m ≤ 29,42 kNm/m Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

f_{ctm} = 2,2 Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

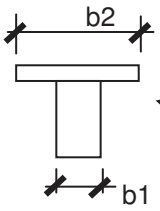
				A_{st}	
$A_{st,max} = 0,04 A_c$	$A_{st,max}$ =	8000	mm^2	452,16	**Vyhovuje**
$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm}.b_t.d/f_{yk}$	$A_{st,min}$ =	179,608	mm^2	452,16	**Vyhovuje**

Ověření započítatelnosti výztuže

ε_{cu3} = 3,5	$\xi = x/d$	**ξ =**	**0,1173913**	Podmínka	**$\xi_{bal,1} \geq \xi$**
E_s = 200 GPa	$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3}/(\varepsilon_{cu3}+\varepsilon_{yd})$	**$\xi_{bal,1}$ =**	**0,61685824**		**Vyhovuje**
	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$	ε_{yd} =	0,00217391		

Kontrola průhybu

	Mpa
$(f_{ck})^{1/2}$ =	4,472136



rozpětí prvku — l = 5,30 m

mezní poměr rozpětí / účinná výška — **l/d = 33,8**

referenční stupeň vyztužení — $\rho_o = (f_{ck})^{1/2} * 10^{-3}$ — ρ_o = 0,00447

geometrický stupeň vyztužení — $\rho = A_{st}/(b*d)$ — ρ = 0,00288

součinitel závislý na tvaru průřezu — κ_{c1} = 1

pro poměr b2/b1 ≥ 3	$\kappa_{c1} = 0{,}8$	v ostatních případech	$\kappa_{c1} = 1$

součinitel závislý na rozpětí — κ_{c2} = 1

$\kappa_{c2} = 1$ pro $l \le 7$	$\kappa_{c2} = 7/l$ pro $l > 7$

součinitel napětí tahové výztuže — $\kappa_{c3} = (500/f_{yk})*M_{Rd}/M_{Ed}$ — κ_{c3} = 1,15

koeficient zohleňující konstrukční systémy — K = 1

prostě podepřený nosník (deska)	K=1,0
krajní pole spojitého nosníku (desky)	K=1,3
vnitřní pole nosníku nebo desky	K=1,5
deska lokálně podepřená	K=1,2
konzola	K=0,4

požadovaný stupeň vyztužení tlakovou výztuží — ρ' = 0

pro $\rho \le \rho o$ — $\lambda = K*(11+1{,}5(f_{ck})^{1/2} * (\rho_o/\rho) + 3{,}2(f_{ck})^{1/2} * ((\rho_o/\rho)-1))^{3/2})$ — 27,30

pro $\rho > \rho o$ — $\lambda = K*(11+1{,}5(f_{ck})^{1/2} * (\rho_o/(\rho-\rho') + (1/12)*(f_{ck})^{1/2} * (\rho'/\rho_o)^{1/2})$ — 21,42

$\rho \le \rho_o$ — λ = 27,30

Vymezující ohybová štíhlost — $\lambda_d = \kappa_{c1}*\kappa_{c2}*\kappa_{c3}*\lambda$ — **λ_d = 31,37**

$l/d > \lambda_d$ — je vhodné posoudit průhyb

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

CHARAKTERISTIKY BETONU V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ

pro teplotu 20°C

Deska nad vrátnicí

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

BETON C 20 / 25

průměrná pevnost betonu v tlaku f_{cm} = 28 Mpa

průměrná pevnost betonu v tahu f_{ctm} = 2,2 Mpa

stáří betonu v uvažovaném okamžiku t = 18250 dní

Použitý druh cementu R,N,S druh = N

s = 0,20 pro rychle tuhnoucí vysokopevnostní cementy (R

s = 0,25 pro normální a rychle tuhnoucí cementy (N)

s = 0,38 pro pomalu tuhnoucí cementy (S)

koeficient závislý na druhu cementu s = 0,25

$\exp = s(1-(28/t)^{1/2})$ exp = 0,24020764

$\beta_{cc}(t) = e^{\exp}$ $\beta_{cc}(t)$ = 1,27151293

Pevnost v tlaku ve stáří t dní $f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t)*f_{cm}$ **$f_{cm}(t)$ = 35,60 Mpa**

Pevnost v tahu ve stáří t dní α = 0,667

α=1pro t<28 dní α=2/3pro >28 dní $f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t)^{\alpha}*f_{ctm}$ **$f_{ctm}(t)$ = 2,59 Mpa**

Modul pružnosti bet. ve stáří t dní $E_{cm}(t)=(f_{cm}(t)/f_{cm})^{0,3}E_{cm}$ **$E_{cm}(t)$ = 32,20 Gpa**

Poměrné přetvoření od dotvarování a smršťování

Geometrie prvku

celková výška příčného řezu h = 220 mm

celková šířka příčného řezu b = 1000 mm

průřezová plocha A_c = 220000 mm^2

obvod prvku $u_A = 2*(h+b)$ u_A = 2440 mm

obvod prvku vystavený okolnímu prostředí u = 2000 mm

náhradní rozměr prvku $h_0 = 2A_c/u$ h_0 = 220 mm

Relativní vlhkost okolního prostředí vnitřní 50%, vnější 80% RH = 50 %

součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti φ_{RH} = 1,8283

pro f_{cm}≤35MPa $\varphi_{RH}=1+((1-RH/100)/(0,1*(h_0)^{1/3}))$ 1,828252

pro f_{cm}>35MPa $\varphi_{RH}=(1+((1-RH/100)/(0,1*(h_0)^{1/3}))*\alpha_1)*\alpha_2$ 2,058108

β_H = 580,03

pro f_{cm}≤35MPa $\beta_H=1,5(1+(0,012RH)^{18})h_0+250\leq1500$ 580,0

pro f_{cm}>35MPa $\beta_H=1,5(1+(0,012RH)^{18})h_0+250\alpha_3\leq1501\alpha_3$ 609,5

580,03	
609,54	

součinitele vlivu pevnosti betonu	
$\alpha_1=(35/f_{cm})^{0,7}$	
$\alpha_2=(35/f_{cm})^{0,2}$	
$\alpha_3=(35/f_{cm})^{0,5}$	
α_1=	1,169061
α_2=	1,04564
α_3=	1,118034

vliv cementu	
cement	N
α =	0

součinitel vystihující vliv pevnosti betonu $\beta(f_{cm}) = 16,8/f_{cm}^{1/2}$ $\beta(f_{cm})$ = 3,17490157

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení t_0 = 28 dní

$t_0 = t_{0,T}*((9/(2+t_{0,T}^{1,2}))+1)^{\alpha}$ upravený hodnota v závislosti na cementu t_0 = 28

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení $\beta(t_0)$ = 0,48844955

$\beta(t_0) = 1/(0,1+t_0^{0,20})$

základní součinitel dotvarování $\varphi_0 = \varphi_{RH}*\beta(f_{cm})*\beta(t_0)$ φ_0 = 2,83521508

souč. časového průběhu dotvarování $\beta_c(t,t_0) = ((t-t_0)/(\beta_H+t-t_0))^{0,3}$ $\beta_c(t,t_0)$ = 0,99064344

součinitel dotvarování v čase $\varphi(t,t_0) = \varphi_0\,\beta_c(t,t_0)$ **$\varphi(t,t_0)$ = 2,80868721**

součinitel dotvarování v čase t = ∞ **$\beta_c(\infty,t_0)$ = 1**

$\varphi(\infty,t_0)$ = 2,83521508

RH_o =	100 %
f_{cmo} =	10 Mpa

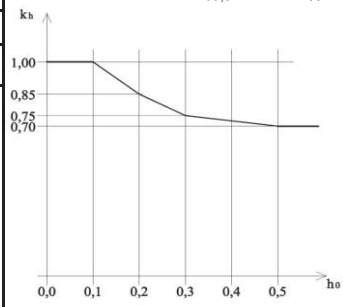
vliv cementu	
cement	N
α_{ds1} =	4
α_{ds2} =	0,12

Poměrné přetvoření od smršťování vysycháním

$\beta_{RH} = 1{,}55(1-(RH/RH_o)^3)$ — β_{RH} = 1,356

$\exp = -\alpha_{ds2}*(f_{cm}/f_{cmo})$ — exp = -0,336

$\varepsilon_{cd,0} = 0{,}85*((220+110\alpha_{ds1})*e^{exp})*\beta_{RH}*10^{-6}$ — $\varepsilon_{cd,0}$ = 0,00054373



h_0 = 0,220 m → k_h = 0,83

konečná hodnota smrštění vyvozeného vysycháním

$\varepsilon_{cd}(\infty,t_s) = \varepsilon_{cd,0}k_h$ — $\varepsilon_{cd}(\infty,t_s)$ = 0,0004513

stáří betonu na začátku vysychání
(konec ošetřování betonu) — t_s = 28 dní

$\beta_{ds}(t,t_s) = (t-t_s)/((t-t_s)+0{,}04(h_0^{3/2}))$ — $\beta_{ds}(t,t_s)$ = 0,99999977

poměrné smrštění v čase — $\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t,t_s)\varepsilon_{cd}(\infty,t_0)$ — $\varepsilon_{cd}(t)$ = 0,00045129

Autogenní smršťování

$\exp2 = (-0{,}2t^{0,5})$ — exp2 = -27,0

$\beta_{as}(t) = 1-e^{exp2}$ — $\beta_{as}(t)$ = 1

$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2{,}5(f_{ck}-10)10^{-6}$ — $\varepsilon_{ca}(\infty)$ = 0,0000250

$\varepsilon_{ca}(t) = \beta as(t)\ \varepsilon_{ca}(\infty)$ — $\varepsilon_{ca}(t)$ = 0,0000250

Poměrné smrštění betonu v čase t — $\varepsilon_{cs}=\varepsilon_{cd}+\varepsilon_{ca}$ — **ε_{cs}= 0,0004763**

vliv cementu	
cement	N
α =	0

součinitel vystihující vliv pevnosti betonu — $\beta(f_{cm}) = 16{,}8/f_{cm}^{1/2}$ — $\beta(f_{cm})$ = 3,17490157

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení — t_0 = 28 dní

$t_0 = t_{0,T}*((9/(2+t_{0,T}^{1,2}))+1)^{\alpha}$ — upravený hodnota v závislosti na cementu — t_0 = 28

souč. vlivu stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení — $\beta(t_0)$ = 0,48844955

$\beta(t_0) = 1/(0{,}1+t_0^{0,20})$

základní součinitel dotvarování — $\varphi_0 = \varphi_{RH}*\beta(f_{cm})*\beta(t_0)$ — φ_0 = 2,83521508

souč. časového průběhu dotvarování — $\beta_c(t,t_0) = ((t-t_0)/(\beta_H+t-t_0))^{0,3}$ — $\beta_c(t,t_0)$ = 0,99064344

součinitel dotvarování v čase — $\varphi\ (t,t_0) = \varphi_0\ \beta_c(t,t_0)$ — **$\varphi_{cs}\ (t,t_0)$ = 2,80868721**

součinitel dotvarování v čase t = ∞ — **$\beta_c(\infty,t_0)$ = 1**

$\varphi_{cs}\ (\infty,t_0)$ = 2,83521508

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

Výpočet přetvoření - průřez s trhlinou - dlouhodobě působící zatížení

Účinky zatížení

ohybový moment od kvazistálého zatížení v kritickém průřezu		M_k =	**18,20 kNm**

Materiálové charakteristiky

OCEL

B 500

charakteristická hodnota meze kluzu		f_{yk} =	500 Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti		γ_s =	1,15
návrhová hodnota meze kluzu	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	f_{yd} =	**434,78 Mpa**
modul pružnosti betonářské výztuže		E_s =	**200 Gpa**

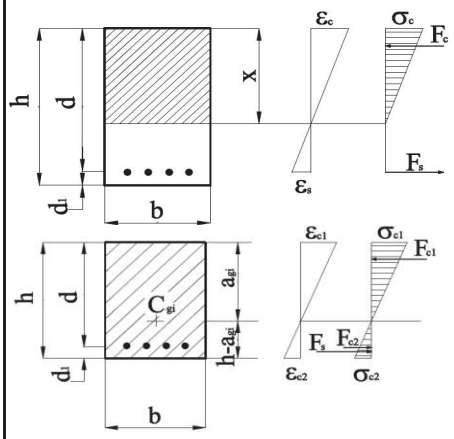
BETON

C 20 / 25

charakteristická hodnota pevnosti		f_{ck} =	20 Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti		γ_c =	1,5
návrhová hodnota pevnosti	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	f_{cd} =	**13,33 Mpa**
střední hodnota pevnosti v tahu		f_{ctm} =	**2,2 MPa**
střední hodnota sečnového modulu pružnosti		E_{cm} =	**30 Gpa**

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

Průřez s trhlinou a bez trhliny



Geometrie prvku

výška	h =	220	mm
šířka	b =	1000	mm
	d_1 =	43	mm
	d =	177	mm

Výztuž

průměr prutu	ϕ =	12	mm
počet kusů	n =	6	kusů
krytí	c =	37	mm
plocha výztuže	A_s =	679	mm^2
součinitel dotvarování	$\varphi(\infty,t_0)$ =	2,835	

efektivní modul pružnosti betonu	$E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\varphi(\infty,t_0))$	$E_{c,eff}$ =	7,81	Gpa
poměr modulů pružnosti betonu a oceli	$\alpha_e = E_s/E_{c,eff}$	α_e =	25,60	
		α_e -1 =	24,60	

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa	$x = (\alpha_e/b)*A_s*(-1+(1+(2b*A_s*d)/(\alpha_e*A_s^2))^{1/2})$	x =	62,9	mm
plocha tlačené části betonového průřezu		$A_{cc} = b*x$ =	62949	mm^2
mom. setrv. ideál. průř.	$I_{ir}=(b*x^3)/3+\alpha_e*A_s*(d-x)^2$	I_{ir} =	309110126	mm^4

"náhradní plocha výztuže"

$A_{s,c} = (a_e - 1) * A_s$

$A_{s,c}$ = **16693** mm

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

		$A_c = b*h$ =	220000	mm^2
plocha ideálního průřezu	$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$	A_i =	236693	mm^2
těžiště ideálního průřezu	$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$	a_{gi} =	115	mm
moment setrvačnosti betonu	$I_c = (b*h^3)/12$	I_c =	887333333	mm^4
mom. setrv. ideál. průř.	$I_i=I_c+A_c(a_{gi}-(h/2))^2+A_{s,c}*(d-a_{gi})^2$	I_i =	956983503,7	mm^4
ohybový moment na hranici vzniku trhlin		M_{cr} =	**20,09**	**kNm**

$\sigma_{c2} = M_{cr} * (h-a_{gi})/I_i$

Ohybová poddajnost průřezu bez trhliny $C_I = 1/(E_{c,eff} \cdot I_i)$	C_I =	**0,000134**	**$kN^{-1}m^{-2}$**
Ohybová poddajnost průřezu s trhlinou $C_{II} = 1/(E_{c,eff} \cdot I_{ir})$	C_{II} =	**0,000414**	**$kN^{-1}m^{-2}$**

součinitel trvání zatížení β = 1 …jednorázové, krátkodobé
β = 0,5..dlouhodobé nebo opakované β = 0,5

spolupůsobení betonu mezi trhlinami $\zeta = 1-\beta(M_{cr}/M_k)^2$ ζ = 0,3906

ohybová křivost $(1/r_m) = (1-\zeta)*(M_k/E_{c,eff}*I_i)+\zeta*(M_k/E_{c,eff}*I_{ir})$ **$(1/r_m)$ = 0,004427 m^{-1}**

rozpětí prvku l = 5,3 m
součinitel závislí na průběhu ohybového momentu k = 0,105

Průhyb od zatížení a dotvarování
$f_{g,lt} = k*l^2*(1/r_m)$ **$f_{g,lt}$ = 0,013 m**

Poměrné přetvoření od smršťování

Poměrné smrštění betonu v čase t $\varepsilon_{cs}=\varepsilon_{cd}+\varepsilon_{ca}$ ε_{cs}= 0,0004763
součinitel dotvarování $\varphi(\infty,t_0)$ = 2,835
efektivní modul pružnosti betonu $E_{c,eff} = E_{cm}/(1+\varphi(\infty,t_0))$ $E_{c,eff}$ = 7,81 Gpa
poměr modulů pružnosti betonu a oceli $\alpha_e = E_s/E_{c,eff}$ α_e = 25,60
α_e -1 = 24,60

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou
neutrálná osa $x = (\alpha_e/b)*A_s*(-1+(1+(2b*A_s*d)/(\alpha_e*A_s^2))^{1/2})$ x = 62,9 mm
plocha tlačené části betonového průřezu $A_{cc} = b*x$ = 62948 mm^2
mom. setrv. ideál. průř. $I_{ir}=(b*x^3)/3+\alpha_e*A_s*(d-x)^2$ I_{ir} = 309109537 mm^4

"náhradní plocha výztuže"
$A_{s,c} = (a_e - 1) * A_s$
$A_{s,c}$ = **16693** mm

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu
$S_{ir} = A_s(d-x)$ S_{ir} = 77391,28202 mm^3

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

$A_c = b*h$ = 220000 mm^2
plocha ideálního průřezu $A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$ A_i = 236693 mm^2
těžiště ideálního průřezu $a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$ a_{gi} = 115 mm
moment setrvačnosti betonu $I_c = (b*h^3)/12$ I_c = 887333333 mm^4
mom. setrv. ideál. průř. $I_i=I_c+A_c(a_{gi}-(h/2))^2+A_{s,c}*(d-a_{gi})^2$ I_i = 956983328,1 mm^4
statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu
$S_i = A_s(d-a_{gi})$ S_i = 42257,41222 mm^3

ohybová křivost $(1/r_{cs}) = (1-\zeta)*\varepsilon_{cs}*\alpha_e(S_i/I_i)+\zeta*\varepsilon_{cs}*\alpha_e(S_{ir}/I_{ir})$ **$(1/r_{cs})$ = 0,001520 m^{-1}**

Průhyb od smršťování a dotvarování
$f_{cs} = 0,125*l^2*(1/r_{cs})$ **$f_{g,lt}$ = 0,005 m**

Požadovaná hodnota průhybu	
f_{lim} = L /	250

f_{lim} = 0,021 m

doporučená hodnota
L/250
průhyb po zabudování prvku L/500

Posouzení dlouhodobého průhybu od zatížení a smršťování včetně dotvarování

Celkový průhyb $f_{lt} = f_{lt,g} + f_{cs}$ **f_{lt} = 0,0184 m**

Podmínka: **$f_{lt} \le f_{lim}$** **0,0184 ≤ 0,0212** **splněna**

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

Výpočet napjatosti - vznik trhlin

Deska u otvoru

Účinky zatížení

ohybový moment od charakteristického zatížení — M_k = **18,50** kNm/m

Materiálové charakteristiky

OCEL

B	500

charakteristická hodnota meze kluzu		f_{yk} =	500 Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti		γ_s =	1,15
návrhová hodnota meze kluzu	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	f_{yd} =	**434,78 Mpa**
modul pružnosti betonářské výztuže		E_s =	**200 Gpa**

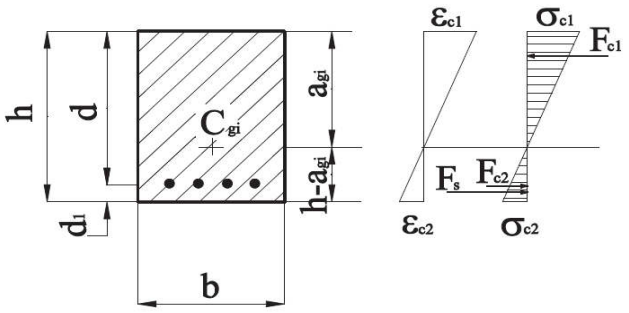
BETON

C	20	/	25

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

charakteristická hodnota pevnosti		f_{ck} =	20 Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti		γ_c =	1,5
návrhová hodnota pevnosti	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	f_{cd} =	**13,33 Mpa**
střední hodnota pevnosti v tahu		f_{ctm} =	**2,2 MPa**
střední hodnota sečnového modulu pružnosti		E_{cm} =	**30 Gpa**

Průřez bez trhliny



Geometrie prvku

h =	220	mm
b =	1000	mm
$A_c = b*h$ =	220000	mm^2
d_1 =	43	mm
d =	177	mm
plocha výztuže		
A_s =	565	mm^2

poměr modulů pružnosti betonu a oceli	$\alpha_e = E_s/E_{cm}$	α_e =	6,68	
		α_e -1 =	5,68	
plocha ideálního průřezu	$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$	A_i =	223206	mm^2
těžiště ideálního průřezu	$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$	a_{gi} =	111	mm

"náhradní plocha výztuže"

$A_{s,c} = (a_e - 1) * A_s$

$A_{s,c}$ = 3206,4 mm

Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

moment setrvačnosti betonu	$I_c = (b*h^3)/12$	I_c =	887333333	mm^4
mom. setrv. ideál. průř.	$I_i=I_c+A_c(a_{gi}-(h/2))^2+A_{s,c}*(d-a_{gi})^2$	I_i =	901520315,3	mm^4

$\sigma_{c2} = M_{cr} * (h-a_{gi})/I_i$

ohybový moment na hranici vzniku trhlin — M_{cr} = **18,28 kNm**

Kruhový průřez - plocha			
ϕ =	12		kusů
poloměr	6		5
A =	113		565

$M_k \leq M_{cr}$ 18,50 kNm ≤ 18,28 kNm trhliny vznikají

Napětí v průřezu bez trhlin

tlakové napětí v betonu	$\sigma_{c1} = M_{Ed}*a_{gi}/I_i$	σ_{c1} =	2,28	Mpa
tahové napětí v betonu	$\sigma_{c2} = M_{Ed} * (h-a_{gi})/I_i$	σ_{c2} =	2,24	Mpa
tahové napětí ve výztuži	$\sigma_s = M_{Ed} * (d-a_{gi})*\alpha_e/I_i$	σ_s =	9,05	Mpa

Výpočet napjatosti - průřez s trhlinou

Stropní deska nad vrátnicí

Účinky zatížení

ohybový moment od kvazistálé kombinace zatížení — M_k = **18,50 kNm**

Materiálové charakteristiky

OCEL

B	500

charakteristická hodnota meze kluzu		f_{yk} =	500 Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti		γ_s =	1,15
návrhová hodnota meze kluzu	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	f_{yd} =	**434,78 Mpa**
modul pružnosti betonářské výztuže		E_s =	**200 Gpa**

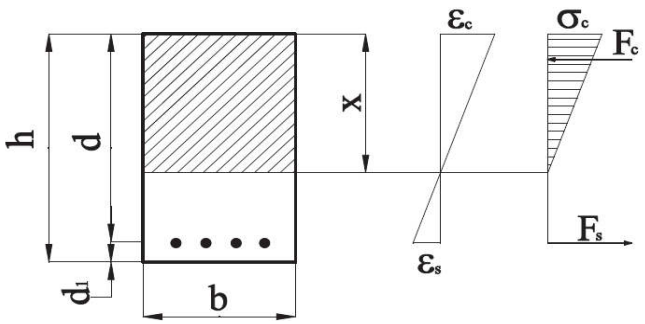
BETON

C	20	/ 25

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

charakteristická hodnota pevnosti		f_{ck} =	20 Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti		γ_c =	1,5
návrhová hodnota pevnosti	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$	f_{cd} =	**13,33 Mpa**
střední hodnota pevnosti v tahu		f_{ctm} =	**2,2 MPa**
střední hodnota sečnového modulu pružnosti		E_{cm} =	**30 Gpa**

Průřez s trhlinou



Geometrie prvku

h =	220	mm
b =	1000	mm
d_1 =	43	mm
d =	177	mm

Výztuž

průměr prutu	ϕ =	12	mm
počet kusů	n =	5	kusů
krycí vrstva podélné výztuže	c =	37	mm

plocha výztuže		A_s =	565 mm^2
poměr modulů pružnosti betonu a oceli	$\alpha_e = E_s/E_{cm}$	α_e =	6,68

Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa	$x = (\alpha_e/b)*A_s*(-1+(1+(2b*A_s*d)/(\alpha_e*A_s^2))^{1/2})$	x =	33,0 mm
plocha tlačené části betonového průřezu		$A_{cc} = b*x$ =	32974 mm^2
mom. setrv. ideál. průř.	$I_{ir}=(b*x^3)/3+\alpha_e*A_s*(d-x)^2$	I_{ir} =	90248817 mm^4

Napětí extrémě namáhaných vláken

tlakové napětí v betonu	$\sigma_c = M_{Ed}*x/I_{ir}$	σ_c =	**6,76 Mpa**
tahové napětí ve výztuži	$\sigma_s = M_{Ed} * (d-x)*\alpha_e/I_{ir}$	σ_s =	**197,07 Mpa**

OMEZENÍ NAPĚTÍ

		hodnoty v Mpa	
pro třídy prostředí XD,XF aXS	podmínka $\sigma_c \le 0{,}6f_{ck}$ =	12,0	**splněno**
pro lineární dotvarování	podmínka $\sigma_c \le 0{,}45f_{ck}$ =	9	**splněno**
pro tahové napětí ve výztuži	podmínka $\sigma_s \le 0{,}8f_{yk}$ =	400	**splněno**

Výpočet charakteristické šířky trhlin

hladký povrch jsou např. předpínací vložky

součinitel soudržnosti (velká soudržnost =0,8, hladký povrch=1,6)	k_1 =	0,8
souč. rozdělení poměrného přetvoření (ohyb = 0,5, prostý tah =1)	k_2 =	0,5
	k_3 =	3,40
	k_4 =	0,425
vzdálenost soudržné výztuže $s = b/n$	s =	200,0 mm

5(c+ϕ/2)	OK
215 mm	> s

plocha betonu obklopující	2,5(h-d) = 107,5	min →	$h_{c,eff}$ =	62,34 mm
taženou výztuž	(h-x)/3 = 62,3		$A_{c,eff}$ =	62342 mm^2
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * b$	h/2 = 110			

$\rho_{p,eff} = A_s/A_{c,eff}$ $\rho_{p,eff}$ = 0,009

maximální vzdálenost trhlin $s_{r,max} = k_3c + k_1k_2k_4\phi/\rho_{p,ef}$ **$s_{r,max}$ = 350,71 mm**

součinitel doby trvání (krátkodobá zatíž = 0,6, dlouhodobá = 0,4) k_t = 0,4

pro beton stáří 28 dni
$f_{ct,eff} = f_{ctm}$
$f_{ct,eff}$ = 2,2 Mpa

rozdíl průměrných hodnot poměrného přetvoření výztuže a betonu mezi trhlinami

$\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm} = (\sigma_s-k_t(f_{ct,eff}/\rho_{p,eff})*(1+\alpha_e\rho_{p,eff}))/E_s$ $\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}$ = 0,47 . 10^{-3}

podmínka - minimálně → $0,6*\sigma_s/E_s$ = 0,59 . 10^{-3}

0,59 . 10^{-3}

Charakteristická šířka trhlin $w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm})$ **w_k = 0,21 mm**

doporučená šířka trhlin w_{max}

Třída prostředí	Prvky železobetonové, předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazistálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4*)	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2**)
XD1, XD2, XS1 až XS3	0,3	dekomprese

*) V prostředí X0 a XC1 nemá šířka trhlin vliv na trvanlivost konstrukce; tato limitní hodnota má vést k obecně přijatelnému vzhledu. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, není nutné šířku kontrolovat.
**) Pro tyto stupně vlivu prostředí má být též posouzena dekomprese při kvazistálé kombinaci zatížení.

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

Posouzení dimenzí štíhlého tlačeného sloupu (metoda jmenovité křivosti)

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

$(f_{ck}-50)/200=$	-0,15

Es = 200 Mpa

"SLOUP" v nároží výtahu

Účinky zatížení

normálová síla (tlak)	N_{Ed} =	43,10	kN
ohybový moment v halvě sloupu (max)	M_{top} =	2,00	kNm
ohybový moment v patě sloupu (min)	M_{bot} =	-2,00	kNm

BETON C 20 / 25

charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku	f_{ck} =	20	Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti (1,2 mimořádnou sit. 1,5 pro trvalou a dočas.)	γ_c =	1,5	
součinitel betonu	α_{cc} =	1	
pro fck ≤50 $\lambda = 0,8$ $\eta = 1,0$	λ =	0,8	
pro 50<fck ≤90 $\lambda = 0,8-(f_{ck}-50)/200$ $\eta = 1,0-(f_{ck}/50)/200$	η =	1	
návrhová pevnost betonu v tlaku $f_{cd,pl} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$f_{cd,pl}$ =	13,33	Mpa

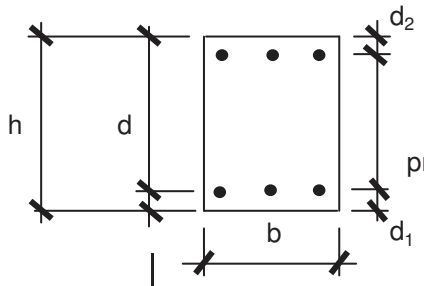
OCEL B 500

charakteristická hodnota meze kluzu	f_{yk} =	500	Mpa
dílčí součinitel spolehlivosti	γ_s =	1,15	
návrhová hodnota $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	f_{yd} =	434,78	Mpa

Účinná délka sloupu

světlá výška sloupu	l =	3,600	m
součinitel uložení	β =	1	
$l_0 = \beta * l$ účinná délka sloupu	l_0 =	3,6	m
Štíhlost sloupu $\lambda = l_0/(h/(12)^{1/2})$ (maximálně = 75)	λ =	62,4	OK

Geometrie prvku a výztuž



celková výška příčného řezu ($h_{w,min}$=120 mm)	h =	200	mm
celková šířka příčného řezu	b =	200	mm
krytí hlavní výztuže	$c_{výztuže}$ =	33	mm
profil A ϕ = 12 mm	kusů	2	u jedn. p.
	kusů	4	celkem
plocha 1 ks A $A_{st,1A} = \pi * \phi^2 / 4$	$A_{st,1}$ =	113	mm^2
pl. výzt. u jedn. povrchu $A_{st} = A_{st,1A}$ * kusů	A_{st} =	226	mm^2
plocha výztuže celkem	A_s =	452	mm^2
$d_1 = 39$ $d=h-c_{nom}-\phi/2$	d =	161	mm
$z_1 = z_2 = 0,5h-d_1$	z_1 =	61	mm

Ac =	40000
$0,26 f_{ctm} A_c / f_{yk}$	46
$0,1 N_{Ed}/f_{yd}$=	10
0,002Ac =	80

Kontrola vyztužení

$A_{s,max} = 0,04\ A_c$	$A_{s,max}$ =	1600	mm^2	452	**Vyhovuje**
$A_{s,min} = 0,1\ N_{Ed}/f_{yd} : 0,002A_c$	$A_{s,min}$ =	80	mm^2	452	**Vyhovuje**

$l_0/400$ =	9
b/30 =	6,666667

$e_i * N_{Ed}$ = 0,862

Výštřednost vyjadřující účinek imerfekce e_i = 20 mm

$e_i = \max(l_0/400, b/30, 20)$

Momenty 1. řádu bez vlivu imperfekce	M_2 =	2,00	kNm
	M_1 =	-2,00	kNm
Momenty 1. řádu s vlivem imperfekce	M_{02} =	2,862	kNm
abs M_{01} = 2,862	M_{01} =	-2,862	kNm
$M_{0e} = \max(0,6\ M_2+0,4M_1,\ 0,4\ M_2)+e_i/N_{Ed}/$	M_{0e} =	1,662	kNm

účinný souč. dotv.

ϕ_{ef} = 0,87

n_{bal} = 0,4

upřesnění momentu 2.řádu

$n = N_{Ed}/A_c f_{cd}$	n =	0,0808
$n_u = 1 + A_s{*}f_{yd}/(A_c{*}f_{cd})$	n_u =	1,369
$K_r = (n_u-n)/(n_u-n_{bal})$	K_r =	1,330
$\beta = 0{,}35+(f_{ck}/200-\lambda/150)$	β =	0,034
$K\phi = 1 + \beta\,\phi_{ef}$	$K\phi$ =	1,030
$e_2 = 0{,}1(K_r K_\phi f_{yd} l_0^2)/(0{,}45d\ E_s)$	e_2 =	0,053 m
$M_{e2} = N_{Ed}{*}e_2$	M_{e2} =	2,3 kNm

Dimenzační moment

$M_{Ed} = \max(M_{02}, M_{0e}+M_{e2}, M_{01}+0{,}5M_{e2})$

M_{Ed} = 4,0 kNm

$\sigma_s = \varepsilon_{c3}E_s$

Es = 200 Mpa

	Mpa
σ_s =	350

INTERAKČNÍ DIAGRAM

bod 0 $N_{Rd0} = b{*}h{*}\eta{*}f_{cd} + \Sigma A_s\sigma_s$ — N_{Rd0} = 692 kN

M_{Rd0} = 0 kNm

bod 1 $N_{Rd1} = b{*}\lambda{*}d{*}\eta{*}f_{cd} + A_{st}{*}f_{yd}$ — N_{Rd1} = 442 kN

$M_{Rd1} = b{*}\lambda{*}d{*}\eta{*}f_{cd}{*}0{,}5{*}(h-\lambda{*}d) + A_{st}{*}f_{yd}{*}z_2$ — M_{Rd1} = 18 kNm

$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$

	‰
ε_{yd} =	2,174

bod 2 $N_{Rd2} = b{*}\lambda{*}\xi_{bal1}{*}d{*}\eta{*}f_{cd}$ — N_{Rd2} = 212 kN

$M_{Rd2} = b{*}\lambda{*}\xi_{bal,1}{*}d{*}\eta{*}f_{cd}{*}0{,}5{*}(h-\lambda{*}\xi_{bal,1}{*}d) + 2{*}A_{st}{*}f_{yd}{*}z_2$ — M_{Rd2} = 25 kNm

$\xi_{bal,1} = \varepsilon_{cu3}/(\varepsilon_{cu3}+\varepsilon_{yd})$

$\xi_{bal,1}$ =	0,616858

bod 3 $N_{Rd3} = 0$ — N_{Rd3} = 0 kN

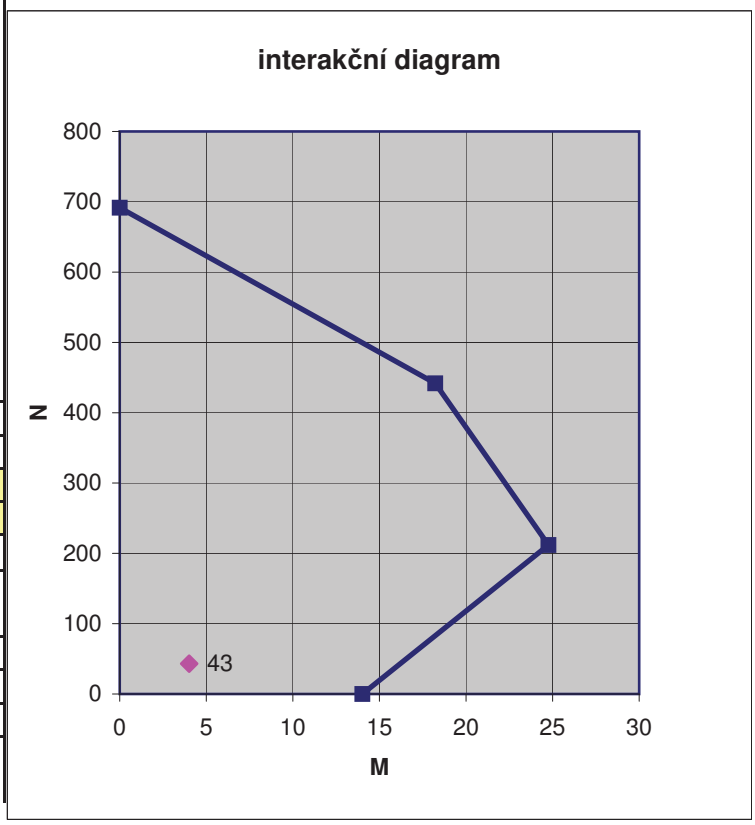
$M_{Rd3} = A_{st}{*}f_{yd}{*}(d-0{,}5{*}\lambda{*}x)$ — M_{Rd2} = 14 kNm

$x = A_{st}{*}f_{yd}/(\lambda{*}b{*}\eta{*}f_{cd})$

$A_{st}{*}f_{yd}$ = 98,29565 kN

x = 0,046

bod	M	N
0	0	692
1	18	442
2	25	212
3	14	0
F	4	43



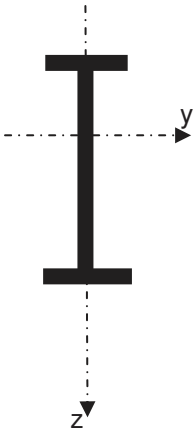
Třmínky - ovinutí	
$A_{s,roz,n}$ =	90,432
ϕ =	6
$a_{s,roz}$ =	150
$A_{s,roz}$ =	188,4

O.K.

max. vzdálenost

b	200
15 ϕ	180
	300

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb



Prvek: **Ocelový sloupek - vrátnice**

namáhání osovou silou (vzpěr) a ohybovým momentem ve dvou rovinách.

Dimenzační hodnoty:	délka prvku	$L =$	3,60	m	pro 2. mezní stav
	max. moment	$M_{y,Ed} =$	4,00	kNm	3,00
		$M_{z,Ed} =$	0,80	kNm	
	normálová síla	$N_{Ed} =$	97,50	kN	
Vzpěrná délka prutu		$L_y =$	3,60	m	
v uvažované rovině vybočení		$L_z =$	3,60	m	

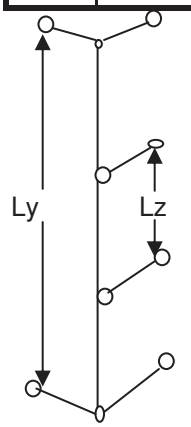
Profil: **RO 193,7x5,0 (za tepla)** **kusů:** 1

Hmotnost v kg	
1 m	nosník
ocel: 7850 kg/m³	
23,24	83,65
Jiný materiál	
kg/m³	
0,00	0

		pro 1 kus		
pruřezová plocha	$A=$	29,60	29,60	cm^2
průřezový modul (tř. 1a2 plastický, tř. 3 elastický W_{el} W_{pl})	$W_y =$	136,00	136,00	cm^3
	$W_z =$	136,00	136,00	cm^3
moment setrvačnosti	$I_y =$	1320,00	1320,00	cm^4
	$I_z =$	1320,00	1320,00	cm^4

Předpoklad: **neoslabený průřez, pružnostní výpočet** $\beta_A =$ 1

pro průřez 4.tř $\beta_A = (A_{eff}/A)^{1/2}$



Materiál: S 235 Mez kluzu $f_y =$ 235 Mpa m

ocel: (tepelná roztažnost $\alpha = 12*10^{-6}/K$ příčná deformace $\nu = 0,3$) $E=$ 210 Gpa

Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_{M0} =$ 1

Poloměr setrvačnosti, štíhlost

$i = (I/A)^{1/2}$ $\lambda = L_{cr}/i$

$\lambda_1 = 93,9*(235/f_y)^{1/2}$ $\bar{\lambda}_y = \lambda_y/\lambda_1 *(\beta_A)^{\wedge 1/2}$

$i_y=$	6,68 cm	$\lambda_y =$	53,9	$\bar{\lambda}_y =$	0,57
$i_z=$	6,68 cm	$\lambda_z =$	53,9	$\bar{\lambda}_z =$	0,57
		$\lambda_1 =$	93,9		

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

$\chi = 1/(\phi+(\phi^2-\bar{\lambda}^2)^{1/2})$

vzpěrné křivky

součinitel imperfekce

$\phi_y =$	0,704	$\chi_y =$	0,90	$\chi \leq$	1
$\phi_z =$	0,704	$\chi_z =$	0,90	$\chi_{min} =$	**0,90**

rozhoduje

$\alpha_y =$ 0,21

$\alpha_z =$ 0,21

křivka	α
a_0	0,13
a	0,21
b	0,34
c	0,49
d	0,76

Moment únosnosti průřezu třídy 1,2,3 **$M_{y,Rd} =$ 31,96 kNm**

$M_{y(z),Rd} = (W_{y(z)} * f_y)/\gamma_{M0}$ **$M_{z,Rd} =$ 31,96 kNm**

Návrhová vzpěrná únosnost prutu **$N_{b,Rd} =$ 625,72 kN**

$N_{b,Rd} = (\chi_{min} * A * f_y) / \gamma_{M1}$

Návrhová podmínka:

$(N_{Ed}/N_{Rd})+(M_{y,Ed}/M_{y,Rd})+(M_{z,Ed}/M_{z,Rd}) \leq 1$

0,16 0,13 0,03 = **0,31 ≤ 1** **Vyhovuje**

2. mezní stav

Požadovaná hodnota průhybu L / 500 = 0,007 m

Průhyb $y = (5.8.My.L^2)/(384.E.I_y)$ **y = 0,001 m** **Vyhovuje**

Protlačení rohového sloupu deskou

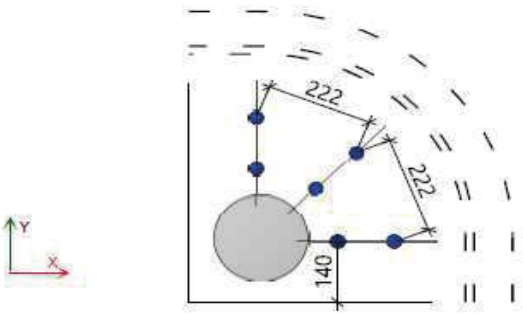
Dizajnér:
Spoločnosť: Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Adresa:
Telefón:
E-Mail:
Meno:

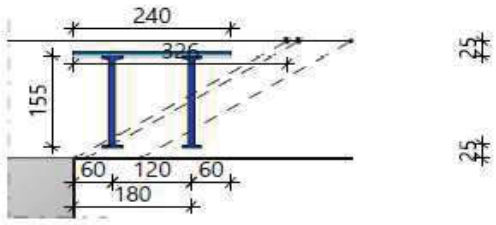
Projekt:
Názov: Olomouc - Sloup rohový
Umiestnenie:
Kontaktná osoba:
Komentáre::
Norma dizajnu: ETA 13/0151 - Recommended Values
Unit system: SI

Návrh je určen specielně pro výrobky Peikko a nemůže být použit pro ověření vlastností výrobků třetí strany, i když by se mohly jevit identické

Stĺp 1

Počet stejných sloupů: 1





3xPSB-10/155-2/240(60/120/60)

Materiály

Trieda betónu	C20/25	$f_{cd} = \alpha_{cc}\frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	13,3 MPa	EN 206-1
Ohybová výstuž	B500B	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$	434,8 MPa	EN 10080

Geometria

Hrúbka dosky	$h_d =$	200 mm		
Účinná výška dosky	$d_x =$	157 mm	$d_y =$	169 mm
Krytie výstuže	$c_u =$	25 mm	$c_o =$	25 mm
Průřezová plocha výztuže/m	$A_{sx} =$	565 mm²	$A_{sy} =$	565 mm²
Výztuž trámu	$Ø_x =$	12/200 mm	$Ø_y =$	12/200 mm
Stupeň výstuženia	$\rho_x =$	0,36 %	$\rho_y =$	0,33 %
Kruhový otvor	$d_s =$	197 mm		
Umiestnenie	Spodný ľavý roh			
Vzdialenosť od okraja	$r_a =$	52 mm	$r_b =$	52 mm
Vzdálenosti mezi sloupy	$l_x =$	5300 mm	$l_y =$	4000 mm

Zaťaženia

Zaťaženie pretlačenia	$V_{Ed} =$	52,0 kN			
Dynamická sila	$V_{dyn} =$	0,0 kN	$V_{Ed}*\beta =$	94,6 kN	
Faktor zvýšenia zaťaženia	$\beta =$	1,819			EN 1992-1-1: 6.4.3(6)

Základný kontrolný obvod

Základná dĺžka	$u_1 =$	967 mm	EN 1992-1-1: 6.4.2

Návrhová hodnota napětí při protlačení

Protlačení rohového sloupu deskou

$v_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot \beta}{u_1 \cdot d} =$ 600,3 kN/m² — EN 1992-1-1: 6.4.3

Únosnosť bez výstuže proti pretlačeniu

$v_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k_d \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}] \cdot 1000 \cdot f =$ 448,6 kN/m² < v_{Ed} = 600,3 kN/m² — EN 1992-1-1: 6.4.4

$C_{Rd,c} = \frac{C_{Rk,c}}{\gamma_C} \cdot (0,1 \cdot \frac{u_0}{d} + 0,6) =$ 0,1176 — ETA 13-0151

$v_{min} = (\frac{0,0525}{\gamma_C}) \cdot k_d^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} =$ 0,4427 kN/m²

Únosnosť s výstužou proti pretlačeniu

$v_{Rd,max} = \frac{\rho_{max} \cdot f_{yd,bar} \cdot 0,9 \cdot d^2}{\omega \cdot u \cdot d \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-5} \cdot \beta =$ 817,7 kN/m² > v_{Ed} = 600,3 kN/m² — ETA 13-0151 A8/A10

$C_{Rd,c,max} = \frac{C_{Rk,c,max}}{\gamma_C} \cdot (0,1 \cdot \frac{u_0}{d} + 0,6) =$ 0,1176 — ETA 13-0151

k_{Max} = 1,823

Vonkajší kontrolný obvod

Vzdialenosť $l_{s,req}$ = 100 mm < $l_{s,prov}$ = 180 mm

Požadovaná dĺžka vonkajšieho kontrolného obvodu $u_{out,req}$ = 995 mm < $u_{out,prov}$ = 1 122 mm

$C_{Rd,c,out}$ = 0,12

Faktor zvýšenia zaťaženia β_{red} = 1,36

Návrhová hodnota napětí při protlačení

$v_{Ed,out} = \frac{\beta_{red} \cdot V_{Ed}}{(u_{out,prov} - \Delta u_{out,prov}) \cdot d_{out}} \cdot 10^6 =$ 387,9 kN/m²

Únosnosť na vonkajšom obvode

$v_{Rd,c,out} = [C_{Rd,c,out} \cdot k_d \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}] \cdot 1000 =$ 457,9 kN/m² > $v_{Ed,out}$ = 387,9 kN/m²

Šmyková Výstuž proti pretlačeniu

Navrhutá výstuž

1. lišta, tyč — 3xPSB-10/155-2/240(60/120/60)

Únosnosť výstuže

$V_{Rd,sy} = m_c \cdot n_c \cdot A_{si} \cdot f_{yd}/(\eta \cdot 1000) =$ 204,9 kN > V_{Ed}*β = 94,6 kN

Protlačení středního sloupu deskou

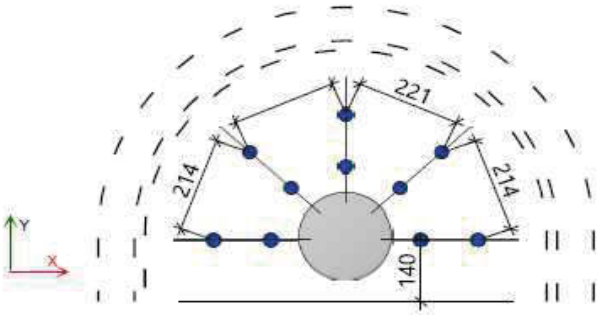
Dizajnér:
Spoločnosť: Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Adresa:
Telefón:
E-Mail:
Meno:

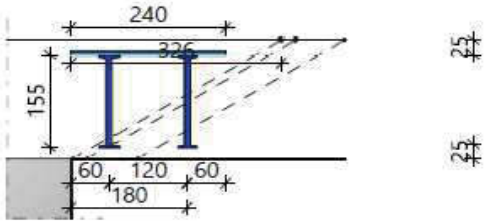
Projekt:
Názov: Sloup střední.pddbx
Umiestnenie:
Kontaktná osoba:
Komentáre::
Norma dizajnu: ETA 13/0151 - Recommended Values
Unit system: SI

Návrh je určen specielně pro výrobky Peikko a nemůže být použit pro ověření vlastností výrobků třetí strany, i když by se mohly jevit identické

Stĺp 1

Počet stejných sloupů: 1





5xPSB-10/155-2/240(60/120/60)

Materiály

Trieda betónu	C20/25	$f_{cd} = \alpha_{cc}\frac{f_{ck}}{\gamma_c} =$	13,3 MPa	EN 206-1
Ohybová výstuž	B500B	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} =$	434,8 MPa	EN 10080

Geometria

Hrúbka dosky	h_d =	200 mm		
Účinná výška dosky	d_x =	157 mm	d_y =	169 mm
Krytie výstuže	c_u =	25 mm	c_o =	25 mm
Průřezová plocha výztuže/m	A_{sx} =	565 mm²	A_{sy} =	565 mm²
Výztuž trámu	$Ø_x$ =	12/200 mm	$Ø_y$ =	12/200 mm
Stupeň výstuženia	ρ_x =	0,36 %	ρ_y =	0,33 %
Kruhový otvor	d_s =	197 mm		
Umiestnenie	Spodná hrana stred			
Vzdialenosť od okraja			r_b =	52 mm

Zaťaženia

Zaťaženie pretlačenia	V_{Ed} =	98,0 kN			
Dynamická sila	V_{dyn} =	0,0 kN	$V_{Ed}*\beta$ =	158,9 kN	
Ohybové momenty	M_{Edy} =	4,5 kNm	M_{Edx} =	4,5 kNm	EN 1992-1-1: 6.4.3

Faktor zvýšenia zaťaženia

$$\beta = 1 + \sqrt{(0,6 \cdot \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{\pi}{d_c + 2.c_1} \cdot 1000)^2 + (0,6 \cdot \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{\pi}{d_c + 2.c_1} \cdot 1000)^2} =$$ 1,622 EN 1992-1-1: 6.4.3

Základný kontrolný obvod

Základná dĺžka	u_1 =	1 634 mm	EN 1992-1-1: 6.4.2

Protlačení středního sloupu deskou

Návrhová hodnota napětí při protlačení

$v_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot \beta}{u_1 \cdot d} =$ 596,9 kN/m² — EN 1992-1-1: 6.4.3

Únosnosť bez výstuže proti pretlačeniu

$v_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k_d \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}] \cdot 1000 \cdot f =$ 448,6 kN/m² < v_{Ed} = 596,9 kN/m² — EN 1992-1-1: 6.4.4

$C_{Rd,c} = \frac{C_{Rk,c}}{\gamma_C} \cdot (0,1 \cdot \frac{u_0}{d} + 0,6) =$ 0,1176 — ETA 13-0151

$v_{min} = (\frac{0,0525}{\gamma_C}) \cdot k_d^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} =$ 0,4427 kN/m²

Únosnosť s výstužou proti pretlačeniu

$v_{Rd,max} = \frac{\rho_{max} \cdot f_{yd,bar} \cdot 0,9 \cdot d^2}{\omega \cdot u \cdot d \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-5} \cdot \beta =$ 879,2 kN/m² > v_{Ed} = 596,9 kN/m² — ETA 13-0151 A8/A10

$C_{Rd,c,max} = \frac{C_{Rk,c,max}}{\gamma_C} \cdot (0,1 \cdot \frac{u_0}{d} + 0,6) =$ 0,1176 — ETA 13-0151

k_{Max} = 1,96

Vonkajší kontrolný obvod

Vzdialenosť	$l_{s,req}$ =	104 mm	<	$l_{s,prov}$ =	180 mm
Požadovaná dĺžka vonkajšieho kontrolného obvodu	$u_{out,req}$ =	1 703 mm	<	$u_{out,prov}$ =	1 943 mm
	$C_{Rd,c,out}$ =	0,12			
Faktor zvýšenia zaťaženia	β_{red} =	1,26			

Návrhová hodnota napětí při protlačení

$v_{Ed,out} = \frac{\beta_{red} \cdot V_{Ed}}{(u_{out,prov} - \Delta u_{out,prov}) \cdot d_{out}} \cdot 10^6 =$ 389,2 kN/m²

Únosnosť na vonkajšom obvode

$v_{Rd,c,out} = [C_{Rd,c,out} \cdot k_d \cdot (\rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}] \cdot 1000 =$ 457,9 kN/m² > $v_{Ed,out}$ = 389,2 kN/m²

Šmyková Výstuž proti pretlačeniu

Navrhutá výstuž

1. lišta, tyč — 5xPSB-10/155-2/240(60/120/60)

Únosnosť výstuže

$V_{Rd,sy} = m_c \cdot n_c \cdot A_{si} \cdot f_{yd}/(\eta \cdot 1000) =$ 341,5 kN > V_{Ed}*β = 158,9 kN

KOTEVNÍ DÉLKA VÝZTUŽE

Olomouc výtah

BETON C	
20	25

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

Průměr kotveného prutu $\phi =$ 8 mm

součinitel závislý na průměru prutu $\eta_2 =$ 1

Součinitel (závislý na kvalitě podmínek a poloze) $\eta_1 =$ 1 (dobré = 1, ostatní = 0,7)

Napětí v prutu (v místě od kterého se měří kotevní délka) $\sigma_{sd} =$ 435 Mpa ($\sigma_{sd} = f_{yd}$)

Pevnost betonu v tahu $f_{ctk,0,05} =$ 1,5 Mpa

(omezeno hodnotou udanou pro beton C60/75 3,0 Mpa)

Dílčí součinitel spolehlivosti betonu $\gamma_c =$ 1,5

Návrhová hodnota pevnosti betonu $f_{ctd} =$ 1,0315 Mpa ($f_{ctd} = f_{ctk,\,0,05}/\gamma c$)

Návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti $f_{bd} =$ 2,32094 Mpa

$f_{bd} = 2{,}25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$

Základní kotevní délka

$l_{b,rqd} = (\phi/4)*(\sigma_{sd}/f_{bd})$ **$l_{b,rqd}$ = 375 mm**

Minimální kotevní délka

tah - $l_{b,min} > \max(0{,}3 l_{b,rqd}, 10\phi, 100mm)$	112	80	100	**$l_{b,min}$ =**	**112 mm**
tlak - $l_{b,min} > \max(0{,}6 l_{b,rqd}, 10\phi, 100mm)$	225	80	100	**$l_{b,min}$ =**	**225 mm**

Hodnoty součinitelů α

pro tlačený prut $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=$ 1

$c_d =$ 20 mm

		přímý prut		ostatní	
0,78	1,08	$\alpha_1 =$	1	$\alpha_1 =$	1
0,78	1,00	$\alpha_2 =$	0,78	$\alpha_2 =$	1,00
				$\alpha_3 =$	1

ovinutí přivařenou výztuží $\alpha_4 =$ 1 ano= 0,7, ne=1

podmínka: $(\alpha_2*\alpha_3*\alpha_5) \geq 0{,}7$

0,775 1,00 $\alpha_2*\alpha_3=$ 0,775 $\alpha_2*\alpha_3=$ 1,00

přímý prut	$\alpha_1*\alpha_2*\alpha_3*\alpha_4 =$	0,775
ostatní	$\alpha_1*\alpha_2*\alpha_3*\alpha_4 =$	1,00

NÁVRHOVÉ KOTEVNÍ DÉLKY

tlačený prut **l_{bd} = 375 mm**

tažený prut přímý **l_{bd} = 291 mm**

tažený prut ostatní **l_{bd} = 375 mm**

Ing. Ivan Koudelka, Ph.D.
Úlehla 1000, 68501 Bučovice
autorizovaný inženýr pro statiku a dynamiku staveb

KOTEVNÍ DÉLKA VÝZTUŽE

Olomouc výtah

BETON C	
20	25

f_{ck}	20
$f_{ck,cube}$	25
f_{cm}	28
f_{ctm}	2,2
$f_{ctk,0,05}$	1,5
$f_{ctk,0,95}$	2,9
E_{cm}	30
ε_{c1}	1,97
ε_{cu1}	3,50
ε_{c2}	2,00
ε_{cu2}	3,50
n	2,00
ε_{c3}	1,75
ε_{cu3}	3,50

Průměr kotveného prutu $\phi =$ 12 mm

součinitel závislý na průměru prutu $\eta_2 =$ 1

Součinitel (závislý na kvalitě podmínek a poloze) $\eta_1 =$ 1 (dobré = 1, ostatní = 0,7)

Napětí v prutu (v místě od kterého se měří kotevní délka) $\sigma_{sd} =$ 435 Mpa ($\sigma_{sd} = f_{yd}$)

Pevnost betonu v tahu $f_{ctk,0,05} =$ 1,5 Mpa

(omezeno hodnotou udanou pro beton C60/75 3,0 Mpa)

Dílčí součinitel spolehlivosti betonu $\gamma_c =$ 1,5

Návrhová hodnota pevnosti betonu $f_{ctd} =$ 1,0315 Mpa ($f_{ctd} = f_{ctk,\,0,05}/\gamma c$)

Návrhová hodnota mezního napětí v soudržnosti $f_{bd} =$ 2,32094 Mpa

$f_{bd} = 2{,}25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd}$

Základní kotevní délka

$l_{b,rqd} = (\phi/4)*(\sigma_{sd}/f_{bd})$ **$l_{b,rqd} =$ 562 mm**

Minimální kotevní délka

tah - $l_{b,min} > \max(0{,}3 l_{b,rqd}, 10\phi, 100mm)$	169	120	100	**$l_{b,min} =$**	**169 mm**
tlak - $l_{b,min} > \max(0{,}6 l_{b,rqd}, 10\phi, 100mm)$	337	120	100	**$l_{b,min} =$**	**337 mm**

Hodnoty součinitelů α

pro tlačený prut	$\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=$ 1

$c_d =$ 25 mm

		přímý prut		ostatní	
0,84	1,14	$\alpha_1 =$	1	$\alpha_1 =$	1
0,84	1,00	$\alpha_2 =$	0,84	$\alpha_2 =$	1,00
				$\alpha_3 =$	1

ovinutí přivařenou výztuží $\alpha_4 =$ 1 ano= 0,7, ne=1

podmínka: $(\alpha_2*\alpha_3*\alpha_5) \geq 0{,}7$

0,8375 1,00 $\alpha_2*\alpha_3=$ 0,8375 $\alpha_2*\alpha_3=$ 1,00

přímý prut	$\alpha_1*\alpha_2*\alpha_3*\alpha_4 =$	0,838
ostatní	$\alpha_1*\alpha_2*\alpha_3*\alpha_4 =$	1,00

NÁVRHOVÉ KOTEVNÍ DÉLKY

tlačený prut **$l_{bd} =$ 562 mm**

tažený prut přímý **$l_{bd} =$ 471 mm**

tažený prut ostatní **$l_{bd} =$ 562 mm**