



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

zak. číslo: 24 005

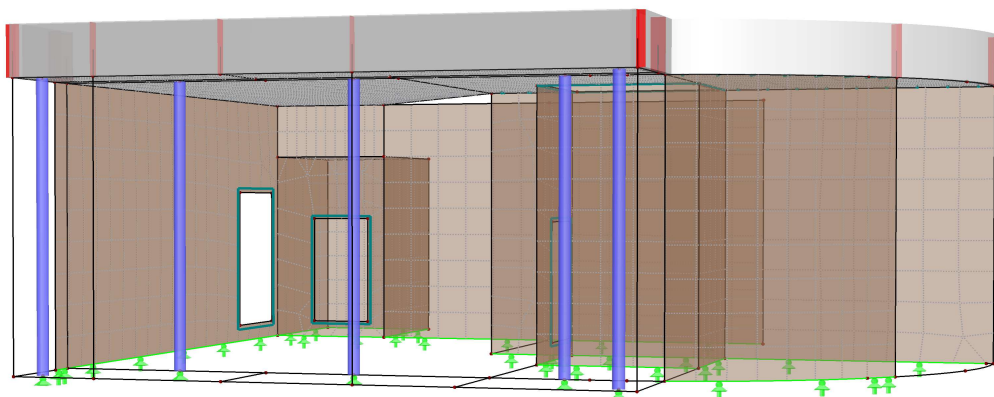
## Statický výpočet

Objednatel

**HEXAPLAN INTERNATIONAL**  
Jílkova 1537/124  
615 00 Brno

Projekt

**UPOL FTK Olomouc**  
Úprava vstupu a haly pro OTP



V Bučovicích

23.02.2024



## Obsah

strana

Úvod, zadání	3
Zatížení sněhem, zatížení větrem	4
Tíha konstrukce střechy	5
Tíha atiky	6
Model, zatížení a výpočet vnitřních sil	7
<b>Posouzení dimenzí</b>	
Ocelové sloupy	18
Požární odolnost ocelových sloupů	19
Charakteristiky betonu	20
Stropní deska v poli	21
Stropní deska nad podporou - extrém	22
Posouzení druhého mezního stavu	23
Protlačení sloupu deskou	27
Trám - Atika	28
Ocelové sloupy stávající	30

## Poznámka

**Stávající ocelové sloupy byly zaměřeny pouze na vnějším průměru (150 mm). Před jejich dalším použitím je třeba ověřit, zda je tloušťka jejich stěny minimálně 6 mm. V případě, že bude dimenze menší, bude nutné sloupy posílit nebo nahradit.**

## Poznámka

**Projek předpokládá využití některých stávajících konstrukcí a dobudování konstrukcí nových. V průběhu realizace mohou být detekovány rozdíly mezi předpoklady v projektu a skutečností nebo disproporce na liniích styku stávajících a nových konstrukcí. V takovém případě doporučuji přizvání statika ke spolupráci na rozhodnutí o dalším postupu.**



## ÚVOD

### Zadání

Objednatel požaduje návrh a posouzení nosných konstrukcí objektu UPOL FTK (vstupní objekt) a vypracování dokumentace konstrukční části v rozsahu DPS.

### Podklady

Podkladem pro výpočet je rozpracovaná stavební část projektové dokumentace a dokumentace pro stavební řízení. Nedílnou součástí podkladů je statický výpočet č. 23 050 vypracovaný v rozsahu dokumentace pro stavební řízení.

### Poznámka

Nové konstrukce v mnoha částech navazují na stávající nosné konstrukce vedlejších objektů. Stávající návrh vychází ze zjištěných skutečností a také z předpokladů, které nebylo možné ověřit. Je pravděpodobné, že v některých případech nebude předpoklad v souladu se skutečností a bude nutné provedení drobných úprav nebo korekcí navržených konstrukcí.

### Použitý software

RFEM5 - výpočet prostorových konstrukcí metodou konečných prvků  
RF-SOILIN - interakce podloží a konstrukce  
GEO 5 - program pro výpočet opěrných zdí.  
Programy pro řešení stavebních konstrukcí a jejich dimenzování

(ing. Software Dlubal)  
(ing. Software Dlubal)  
( Fine, spol. s r.o.)  
(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

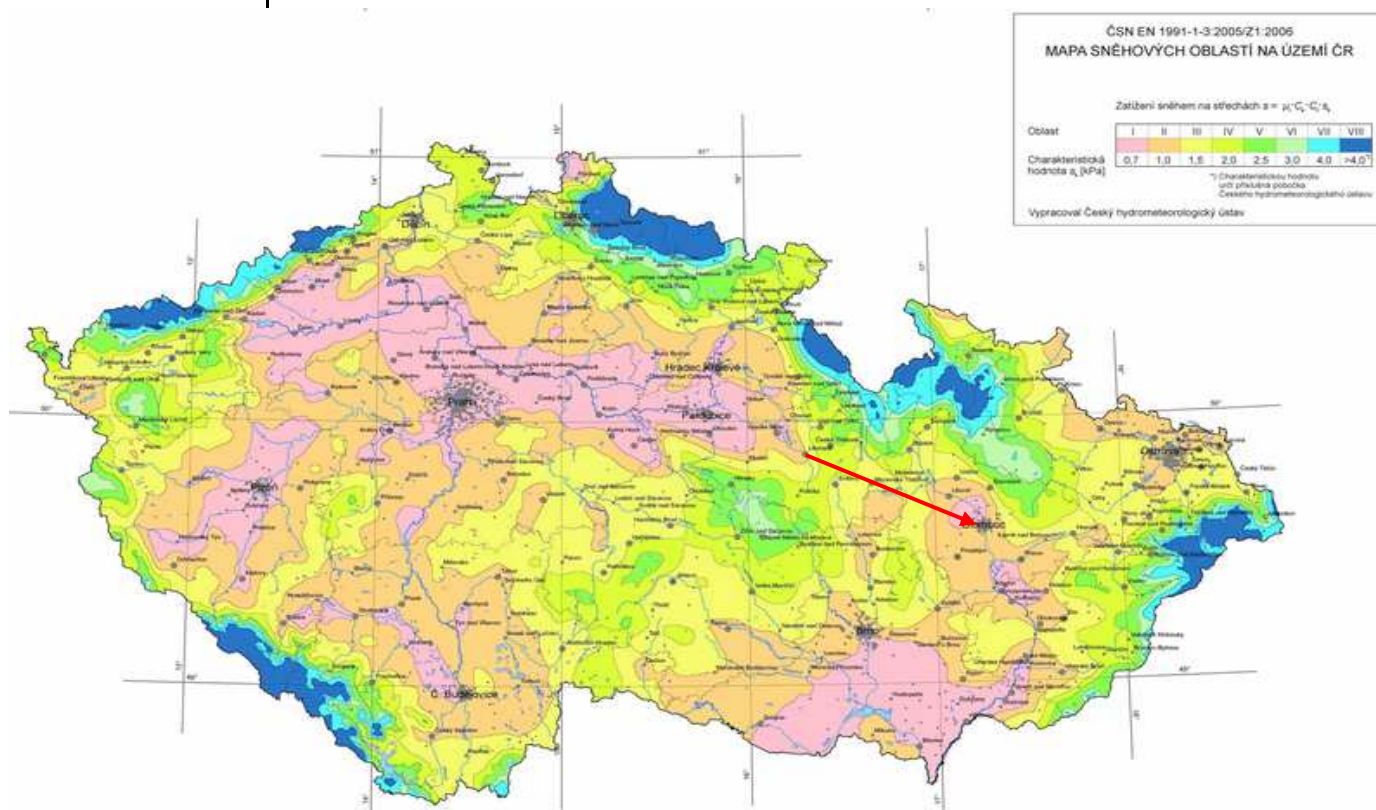


**Sněhová oblast - zatížení sněhem**

**oblast II**

**1,0**

**kN/m<sup>2</sup>**

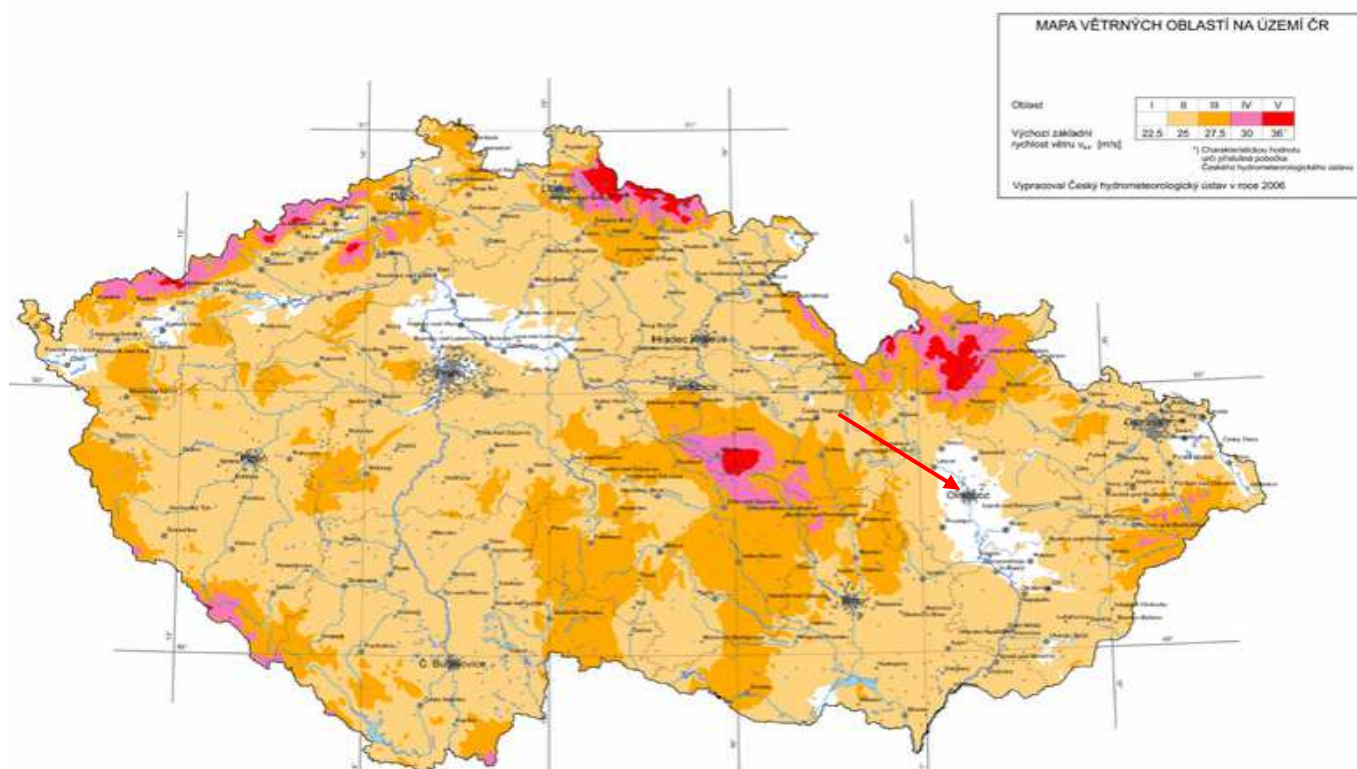


**Větrná oblast - zatížení větrem**

**oblast I**

**22,5**

**m/s**





## Svislé zatížení od horizontálních konstrukcí

Název prvku:

Konstrukce střechy nad vstupem

Tíha konstrukcí

	kN/m <sup>3</sup>	tloušťka	kN/m <sup>2</sup>
1 Extenzivní substrát+ dren + separace	20	0,100	2,00
2 Hydroizolační souvrství	0,15	1	0,15
3 Tepelná izolace	0,3	0,400	0,12
4 Betonová deska dle tloušťky v modelu	25	0,000	0,00
5 Trapézový plech Vikam + pijistná fólie	0,2	1	0,20
6 Sádrokarton včetně profilů	0,14	2	0,28

CELKEM

2,75

ve vodorovném průmětu

2,75

2,75

Úhel sklonu střechy

 $\alpha_1 = 0$  stupňů $\alpha_2 = 0$  stupňů $\alpha_1 = 0$  radiánů $\alpha_2 = 0$  radiánů $\cos \alpha_1 = 1$  $\cos \alpha_2 = 1$  $\sin \alpha_1 = 0$  $\sin \alpha_2 = 0$ 

Zatížení sněhem

sněhová oblast 2

 $s_0 = 1,00$  kN/m<sup>2</sup> $s_0 = 1,00$  kN/m<sup>2</sup> $\mu_1 = 0,80$  $\mu_1 = 0,80$  $C_e = 1,0$  $C_e = 1,0$  $C_t = 1,0$  $C_t = 1,0$  $s_n = s_0 * \mu_1 * C_e * C_t$  $s_n = 0,80$  kN/m<sup>2</sup> $s_n = 0,80$  kN/m<sup>2</sup>

Užitné zatížení

Užitné kN/m<sup>2</sup>

Osamělé břemeno

 $F_k =$  kN

Liniové zatížení prutových prvků v závislosti na jejich osové vzdálenosti

osová vzdálenost prvků (m)		liniové zatížení v kN/m				užitné
		od konstrukce	od sněhu			
			sníh 1		sníh 2	
1,00	m	2,75 kN/m	0,80	kN/m	0,80	0,00
2,00	m	5,50 kN/m	1,60	kN/m	1,60	0,00
3,00	m	8,25 kN/m	2,40	kN/m	2,40	0,00
4,00	m	11,00 kN/m	3,20	kN/m	3,20	0,00
5,00	m	13,75 kN/m	4,00	kN/m	4,00	0,00
6.00	m	16.50 kN/m	4.80	kN/m	4.80	0.00



### Svislé zatížení od vertikálních konstrukcí

Název prvku: **Atika - beton 200 mm**

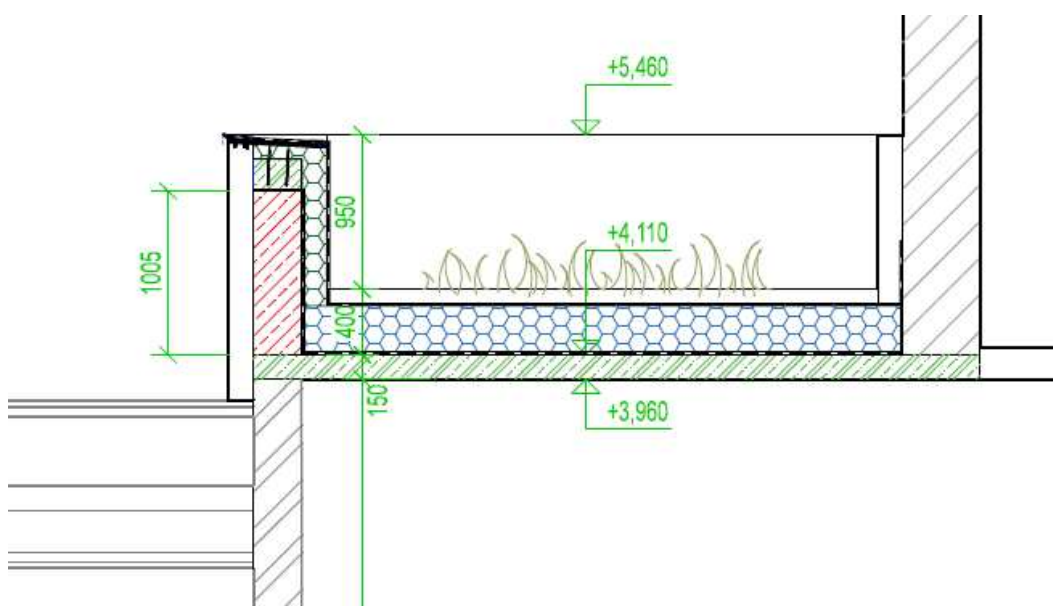
Tíha konstrukcí

	kN/m <sup>3</sup>	tloušťka	kN/m <sup>2</sup>
1 Omítka	18	0,015	0,27
2 Beton	25	0,200	5,00
3 Tepelná izolace	0,3	0,300	0,09
4 Omítka	18	0,015	0,27

**CELKEM 5,63**

Liniové zatížení v patě konstrukce v závislosti na výšce konstrukce

výška konstrukce	hodnota zatížení q
1,00 m	5,63 kN/m
m	0,00 kN/m
m	0,00 kN/m
m	0,00 kN/m
m	0,00 kN/m
m	0,00 kN/m





Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MODELU

Obecné	Název modelu	: 24 005 UPOL FTK vstup
	Název projektu	: 24 005 UPOL FTK vstup
	Typ modelu	: 3D
	Kladný směr globální osy Z	: Dolů
	Klasifikace zatěžovacích stavů a kombinací	: Podle normy: EN 1990 Národní příloha: ČSN - Česká Republika
Možnosti	<input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Hledání počátečních rovnovážných tvarů membránových a lanových konstrukcí	
	<input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN	
	<input type="checkbox"/> Analýza potrubí	
	<input type="checkbox"/> Použít pravidlo CQC	
	<input type="checkbox"/> Umožnit CAD/BIM model	
	Tíhové zrychlení g	: 10.00 m/s <sup>2</sup>

## NASTAVENÍ SÍTĚ PRVKŮ

Obecné	Požadovaná délka konečných prvků	$l_{FE}$	: 0.500 m
	Maximální vzdálenost mezi uzlem a linií pro integrování do linie	$\epsilon$	: 0.001 m
	Maximální počet uzlů sítě KP v tisících		: 500
Pruty	Počet dělení lanových prutů, prutů s pružným podložením, s náběhy nebo plastickými vlastnostmi:		: 10
	<input checked="" type="checkbox"/> Aktivovat dělení prutů pro analýzu velkých deformací resp. postkritickou analýzu		
	<input checked="" type="checkbox"/> Dělit pruty na nich ležícím uzlem		
Plochy	Maximální poměr diagonál obdélníku KP	$\Delta_D$	: 1.800
	Maximální přípustný odklon 2 prvků sítě od roviny	$\alpha$	: 0.50 °
	Tvar konečných prvků:		: Trojúhelníky a čtyřúhelníky
			<input checked="" type="checkbox"/> Generovat stejné čtverce, kde je to možné

## 1.3 MATERIÁLY

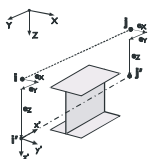
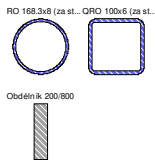
Mat. č.	Modul E [MPa]	Modul G [MPa]	Poissonův souč. $\nu$ [-]	Objem. tíha $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Souč. tepl. roz. $\alpha$ [1/K]	Souč. spolehlivosti $\gamma_M$ [-]	Materiálový model
1	Beton C25/30   EN 1992-1-1:2004/A1:2014 31000.000	12916.700	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
2	Beton C25/30   EN 1992-1-1:2004/A1:2014 31000.000	12916.700	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
3	Ocel S 235   DIN EN 1993-1-1:2010-12 210000.000	80769.200	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Izotropní lineárně elastický
4	Zdivo (Cihla, Skupina 2, Standardní malta, M2.5 - M9, <= 0.5 - 3 mm)   EN 1996-1-1 4070.000	1850.000	0.100	12.26	6.00E-06	1.00	Izotropní lineárně elastický
Uživatelsky zadaný materiál							

## 1.13 PRŮŘEZY

Průřez č.	Mater. č.	$I_T$ [mm <sup>4</sup> ]	$I_y$ [mm <sup>4</sup> ]	$I_z$ [mm <sup>4</sup> ]	Hlavní osy $\alpha$ [°]	Natočení $\alpha'$ [°]	Celkové rozměry [mm]	
		A [mm <sup>2</sup> ]	$A_y$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_z$ [mm <sup>2</sup> ]			Šířka b	Výška h
1	RO 168.3x8 (kaltgefertigt) 3	25950000.0 4030.0	12970000.0 2010.1	12970000.0 2010.1	0.00	0.00	168.3	168.3
2	QRO 100x6 (kaltgefertigt) 3	5140000.0 2160.0	3110000.0 954.5	3110000.0 954.5	0.00	0.00	100.0	100.0
3	Obdélník 200/800 1	1797441664.0 160000.0	8533333504.0 133333.3	533333344.0 133333.3	0.00	0.00	200.0	800.0

## 1.15/1 EXCENTRICITY PRUTU - ABSOLUTNÍ

Exc. č.	Vztahný systém	Začátek prutu - excentricita [mm]			Konec prutu - excentricita [mm]			Poloha kloubu na konci prutu	
		$e_{i,x}$	$e_{i,y}$	$e_{i,z}$	$e_{j,x}$	$e_{j,y}$	$e_{j,z}$	Začátek prutu	Konec prutu
1	Globální	0.0	0.0	-400.0	0.0	0.0	-400.0	na prutu	na prutu





Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## 1.15/2 EXCENTRICITY PRUTU - RELATIVNÍ

Exc. č.	Uspořádání průřezu		Příčné odsazení od průřezu jiného objektu				Axiál. odsazení od sousedního začátku prutu	
	Osa y	Osa z	Typ objektu	Objekt č.	Osa y	Osa z		
1	Střed	Střed	Žádná	0	Střed	Střed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 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	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
ZS2	Sníh	Sníh ( $H \leq 1000$ m n.m.)	<input type="checkbox"/>			

## 2.1.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY - PARAMETRY VÝPOČTU

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Parametry výpočtu			
ZS1	Vlastní tíha	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet)		
		Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson		
		Aktivovat součinitele tuhosti:	: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ )		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )		
ZS2	Sníh	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet)		
		Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson		
		Aktivovat součinitele tuhosti:	: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ )		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )		

## 2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Kombin. zatížení	Kombinace zatížení		č.	Součinitel	Zatěžovací stav	
	NS	Označení				
KZ1		Charakteristické hodnoty	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh
KZ2		Rozhodující kombinace zatížení	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Sníh

## 2.5.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ - PARAMETRY VÝPOČTU

Kombin. zatížení	Označení	Parametry výpočtu			
KZ1	Charakteristické hodnoty	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Analýza podle II. řádu (P-Delta)		
		Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic	: <input checked="" type="radio"/> Picard		
		Možnosti	: <input checked="" type="checkbox"/> Zohlednit příznivé tahové účinky		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Vztáhnout vnitřní síly na přetvořený systém pro:		
KZ2	Rozhodující kombinace zatížení	Možnosti	: <input checked="" type="checkbox"/> Normálové síly $N$		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Smykové síly $V_y$ a $V_z$		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Momenty $M_y, M_z$ a $M_T$		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Materiály (dílcí souč. spolehlivosti $\gamma_M$ )		
KZ2	Rozhodující kombinace zatížení	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Analýza podle II. řádu (P-Delta)		
		Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic	: <input checked="" type="radio"/> Picard		
		Možnosti	: <input checked="" type="checkbox"/> Zohlednit příznivé tahové účinky		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Vztáhnout vnitřní síly na přetvořený systém pro:		
KZ2	Rozhodující kombinace zatížení	Možnosti	: <input checked="" type="checkbox"/> Normálové síly $N$		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Smykové síly $V_y$ a $V_z$		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Momenty $M_y, M_z$ a $M_T$		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Materiály (dílcí souč. spolehlivosti $\gamma_M$ )		
KZ2	Rozhodující kombinace zatížení	Možnosti	: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ )		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )		
			: <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )		

## 3.3 ZATÍŽENÍ NA LINII

ZS1: Vlastní tíha

č.	Vztaženo na	Na liniích č.	Zatížení typ	Zatížení průběh	Zatížení směr	Parametry zatížení		
						Symbol	Hodnota	Jednotka
1	Linie	28,32,33,36,64	Síla	Konstant.	ZL	p	5.630	kN/m
2	atika	23,25,86,94	Síla	Konstant.	ZL	p	5.630	kN/m

ZS1

Vlastní tíha



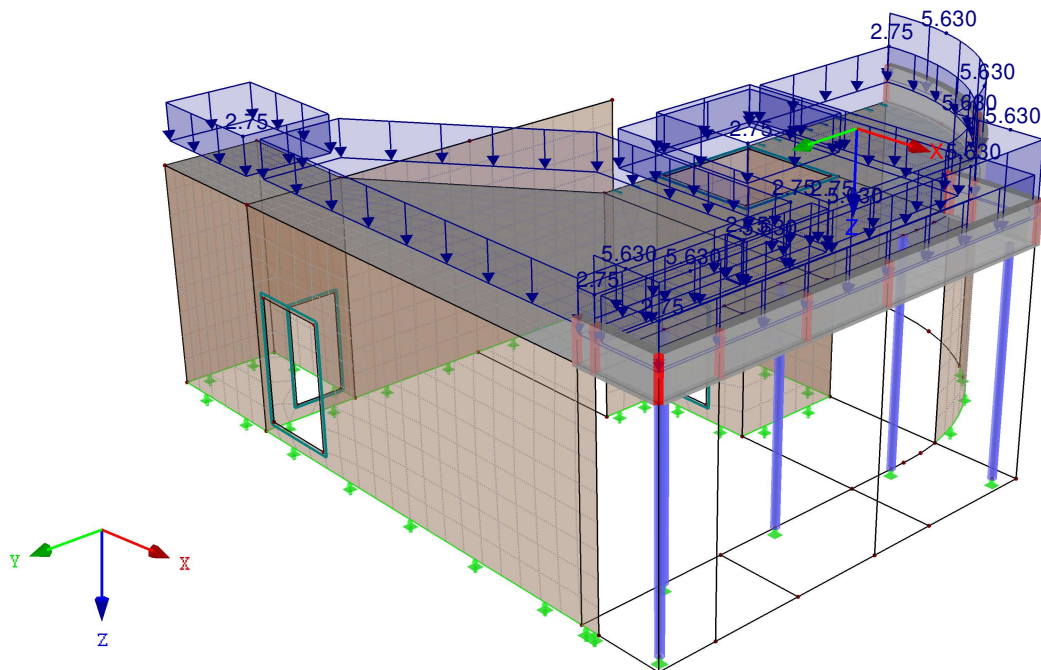
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## ■ ZS1: VLASTNÍ TÍHA

ZS1 : Vlastní tíha  
Zatížení [kN/m], [kN/m<sup>2</sup>]

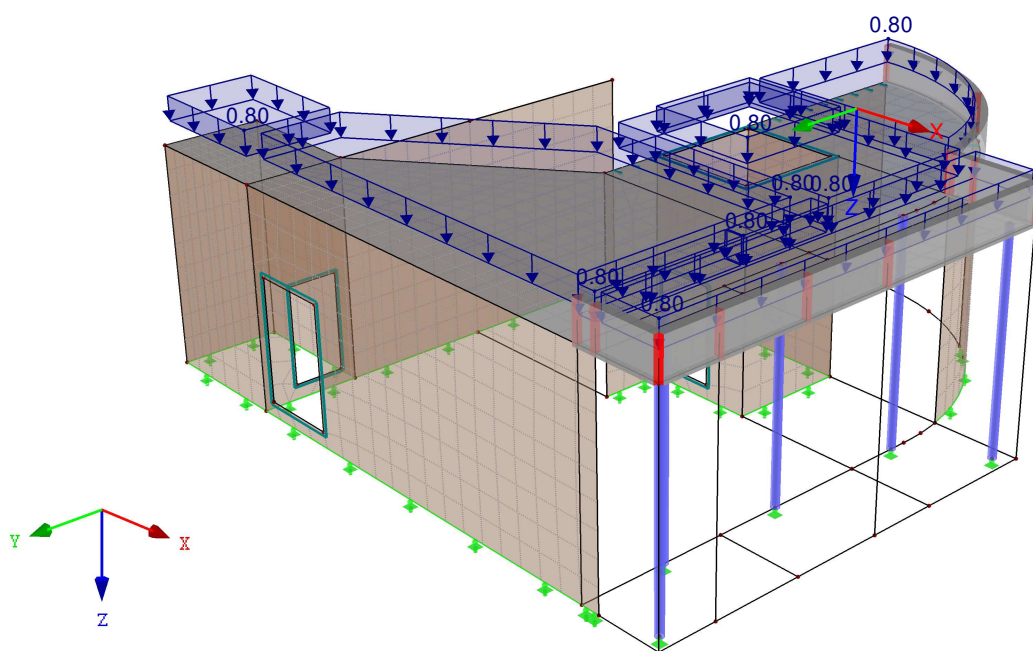
Perspektiva



## ■ ZS2: SNÍH

ZS2 : Sníh  
Zatížení [kN/m<sup>2</sup>]

Perspektiva





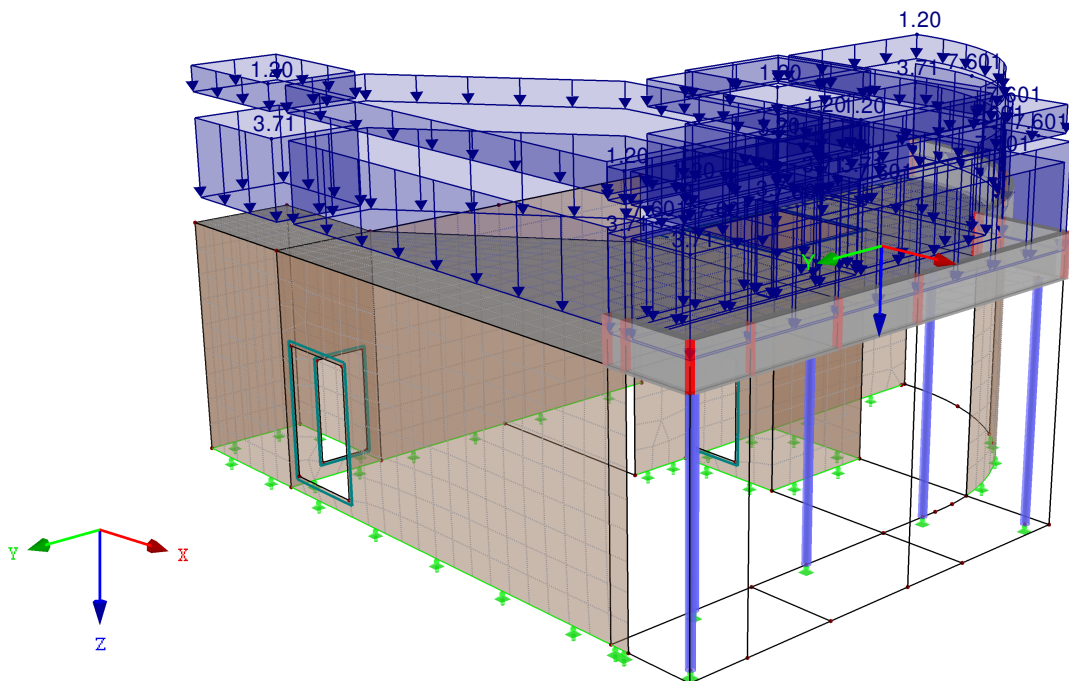
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## ■ KZ2: ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE ZATÍŽENÍ

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Zatížení [kN/m], [kN/m<sup>2</sup>]

Perspektiva





Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## ■ 4.0 VÝSLEDKY - SOUHRN

	Označení	Hodnota	Jednot	Komentář
Zatěžovací stav ZS1 - Vlastní tíha	Součet zatížení ve směru X	0.000	kN	
	Součet reakcí v X	0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Y	0.000	kN	
	Součet reakcí v Y	0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Z	1564.010	kN	
	Součet reakcí v Z	1564.010	kN	
	Výslednice reakcí okolo X	-180.244	kNm	Odchylka 0.00%
	Výslednice reakcí okolo Y	-842.924	kNm	V těžišti modelu (X:8.400, Y:16.200, Z:-3.252 m)
	Výslednice reakcí okolo Z	0.000	kNm	V těžišti modelu
	Max. posun ve směru X	0.2	mm	Prut č. 8, x: 1.388 m
	Max. posun ve směru Y	0.7	mm	Uzel č. 381 sítě KP (X: 8.895, Y: 21.000, Z: -2.500 m)
	Max. posun ve směru Z	1.8	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. posun vektorový	1.8	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo X	0.0010	rad	Uzel č. 1411 sítě KP (X: 7.413, Y: 16.375, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Y	-0.0007	rad	Uzel č. 1405 sítě KP (X: 4.488, Y: 18.625, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Z	0.0003	rad	Uzel č. 314 sítě KP (X: 4.833, Y: 21.000, Z: -2.800 m)
	Maximální přetvoření plochy	0.00000	-	Uzel sítě KP č. 0 (X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
	Způsob výpočtu	I. řád		Teorie I. řádu (geometricky lineární výpočet)
	Redukce tuhosti			Průřezy, Pruty, Plochy
	Počet přírůstků zatížení	1		
	Počet iterací	1		
	Maximální hodnota prvků matice tuhosti na diagonále	2.211E+13		
	Minimální hodnota prvků matice tuhosti na diagonále	1.E+04		
	Determinant matice tuhosti	5.045E+7182		
		5		
	Nekonečná norma	5.463E+13		
Zatěžovací stav ZS2 - Sníh	Součet zatížení ve směru X	0.000	kN	
	Součet reakcí v X	0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Y	0.000	kN	
	Součet reakcí v Y	0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Z	70.407	kN	
	Součet reakcí v Z	70.407	kN	
	Výslednice reakcí okolo X	14.973	kNm	Odchylka 0.00%
	Výslednice reakcí okolo Y	-100.556	kNm	V těžišti modelu (X:8.400, Y:16.200, Z:-3.252 m)
	Výslednice reakcí okolo Z	0.000	kNm	V těžišti modelu
	Max. posun ve směru X	0.0	mm	Prut č. 2, x: 2.700 m
	Max. posun ve směru Y	0.1	mm	Uzel č. 381 sítě KP (X: 8.895, Y: 21.000, Z: -2.500 m)
	Max. posun ve směru Z	0.2	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. posun vektorový	0.2	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo X	0.0001	rad	Uzel č. 1411 sítě KP (X: 7.413, Y: 16.375, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Y	-0.0001	rad	Uzel č. 1405 sítě KP (X: 4.488, Y: 18.625, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Z	0.0000	rad	Uzel č. 314 sítě KP (X: 4.833, Y: 21.000, Z: -2.800 m)
	Maximální přetvoření plochy	0.00000	-	Uzel sítě KP č. 0 (X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
	Způsob výpočtu	I. řád		Teorie I. řádu (geometricky lineární výpočet)
	Redukce tuhosti			Průřezy, Pruty, Plochy
	Počet přírůstků zatížení	1		
	Počet iterací	1		
	Maximální hodnota prvků matice tuhosti na diagonále	2.211E+13		
	Minimální hodnota prvků matice tuhosti na diagonále	1.E+04		
	Determinant matice tuhosti	5.045E+7182		
		5		
	Nekonečná norma	5.463E+13		
Kombinace zatížení KZ1 - Charakteristické hodnoty	Součet zatížení ve směru X	0.000	kN	
	Součet reakcí v X	-0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Y	0.000	kN	
	Součet reakcí v Y	-0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Z	1634.410	kN	
	Součet reakcí v Z	1634.410	kN	
	Výslednice reakcí okolo X	-165.1860	kNm	Odchylka -0.00%
	Výslednice reakcí okolo Y	-943.5060	kNm	V těžišti modelu (X:8.3998, Y:16.2000, Z:-3.2519 m)
	Výslednice reakcí okolo Z	0.0026	kNm	V těžišti modelu
	Max. posun ve směru X	0.2	mm	Prut č. 8, x: 1.388 m
	Max. posun ve směru Y	0.8	mm	Uzel č. 381 sítě KP (X: 8.895, Y: 21.000, Z: -2.500 m)
	Max. posun ve směru Z	2.0	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. posun vektorový	2.0	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo X	0.0011	rad	Uzel č. 1411 sítě KP (X: 7.413, Y: 16.375, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Y	-0.0008	rad	Uzel č. 1405 sítě KP (X: 4.488, Y: 18.625, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Z	0.0003	rad	Uzel č. 314 sítě KP (X: 4.833, Y: 21.000, Z: -2.800 m)
	Maximální přetvoření plochy	0.00000	-	Uzel sítě KP č. 0 (X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
	Způsob výpočtu	II. řád		Teorie II. řádu (nelineární výpočet podle Timoshenka)
	Vnitřní síly vztažené na deformovaný systém pro...	<input checked="" type="checkbox"/>		N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub>
	Redukce tuhosti			
	Zohlednit příznivé působení tahových sil	<input checked="" type="checkbox"/>		Materiály, Průřezy, Pruty, Plochy
	Zpětné dělení výsledků součinitelem KZ	<input type="checkbox"/>		
	Počet přírůstků zatížení	1		
	Počet iterací	2		
	Maximální hodnota prvků matice tuhosti na diagonále	2.211E+13		
	Minimální hodnota prvků matice tuhosti na diagonále	1.E+04		
	Determinant matice tuhosti	3.739E+7182		
		5		
	Nekonečná norma	5.463E+13		
Kombinace zatížení KZ2 - Rozhodující kombinace zatížení				



Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## ■ 4.0 VÝSLEDKY - SOUHRN

	Označení	Hodnota	Jednot	Komentář
	Součet zatížení ve směru X	0.000	kN	
	Součet reakcí v X	-0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Y	0.000	kN	
	Součet reakcí v Y	-0.000	kN	
	Součet zatížení ve směru Z	2217.020	kN	
	Součet reakcí v Z	2217.020	kN	Odchylka 0.00%
	Výslednice reakcí okolo X	-220.7110	kNm	V těžišti modelu (X:8.3998, Y:16.2000, Z:-3.2519 m)
	Výslednice reakcí okolo Y	-1.29E+03	kNm	V těžišti modelu
	Výslednice reakcí okolo Z	0.0048	kNm	V těžišti modelu
	Max. posun ve směru X	0.2	mm	Prut č. 8, x: 1.388 m
	Max. posun ve směru Y	1.0	mm	Uzel č. 381 sítě KP (X: 8.895, Y: 21.000, Z: -2.500 m)
	Max. posun ve směru Z	2.7	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. posun vektorový	2.7	mm	Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo X	0.0015	rad	Uzel č. 1411 sítě KP (X: 7.413, Y: 16.375, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Y	-0.0010	rad	Uzel č. 1405 sítě KP (X: 4.488, Y: 18.625, Z: -4.500 m)
	Max. pootočení okolo Z	0.0004	rad	Uzel č. 314 sítě KP (X: 4.833, Y: 21.000, Z: -2.800 m)
	Maximální přetožení plochy	0.00000	-	Uzel sítě KP č. 0 (X: 0.000, Y: 0.000, Z: 0.000 m)
	Způsob výpočtu	II. řád		Teorie II. řádu (nelineární výpočet podle Timoshenka)
	Vnitřní síly vztažené na deformovaný systém pro...	<input checked="" type="checkbox"/>		N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub>
	Redukce tuhosti			Materiály, Průřezy, Pruty, Plochy
	Zohlednit příznivé působení tahových sil	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Zpětné dělení výsledků součinitelem KZ	<input type="checkbox"/>		
	Počet přírůstků zatížení	1		
	Počet iterací	2		
	Maximální hodnota prvku matice tuhosti na diagonále	2.211E+13		
	Minimální hodnota prvku matice tuhosti na diagonále	1.E+04		
	Determinant matice tuhosti	3.355E+7182		
		5		
	Nekonečná norma	5.463E+13		

## Celkem

Max. posun ve směru X	0.2	mm	KZ2, Prut č. 8, x: 1.388 m
Max. posun ve směru Y	1.0	mm	KZ2, Uzel č. 381 sítě KP (X: 8.895, Y: 21.000, Z: -2.500 m)
Max. posun ve směru Z	2.7	mm	KZ2, Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
Max. posun vektorový	2.7	mm	KZ2, Uzel č. 1326 sítě KP (X: 8.921, Y: 18.334, Z: -4.500 m)
Max. pootočení okolo X	0.0015	rad	KZ2, Uzel č. 1411 sítě KP (X: 7.413, Y: 16.375, Z: -4.500 m)
Max. pootočení okolo Y	-0.0010	rad	KZ2, Uzel č. 1405 sítě KP (X: 4.488, Y: 18.625, Z: -4.500 m)
Max. pootočení okolo Z	0.0004	rad	KZ2, Uzel č. 314 sítě KP (X: 4.833, Y: 21.000, Z: -2.800 m)

## Ostatní nastavení:

Počet konečných prvků 1D	49	
Počet konečných prvků 2D	1370	
Počet konečných prvků 3D	0	
Počet uzlů sítě KP	1438	
Počet rovnic	8628	
Vnitřní síly vztažené na deformovaný systém pro...		
Maximální počet iterací	100	
Počet dělení prutu pro průběhy výsledků	10	
Dělení prutů typu lano, prutů s náběhem a na podloží	10	
Počet dělení prutů pro hledání maximálních hodnot	10	
Rozdělení sítě KP pro grafické výsledky	0	
Procentuální počet iterací Picardovy metody v kombinaci s metodou Newton-Raphsonovou	5	%

## Možnosti:

Aktivovat smykovou tuhost prutů (Ay, Az)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aktivovat dělení prutů pro analýzu velkých deformací nebo poskritickou analýzu	<input checked="" type="checkbox"/>	
Aktivovat zadání změny tuhosti	<input checked="" type="checkbox"/>	
Ignorovat rotační stupně volnosti	<input type="checkbox"/>	
Kontrola kritických sil prutů	<input checked="" type="checkbox"/>	
Nesymetrický přímý řešič, pokud vyžadováno nelineárním modelem	<input type="checkbox"/>	
Metoda pro systém rovnic	Přímá	
Ohybová teorie desek	Mindlinova	
Verze řešiče	64-bit	

Přesnost a tolerance:  
Změnit standardní nastavení☐



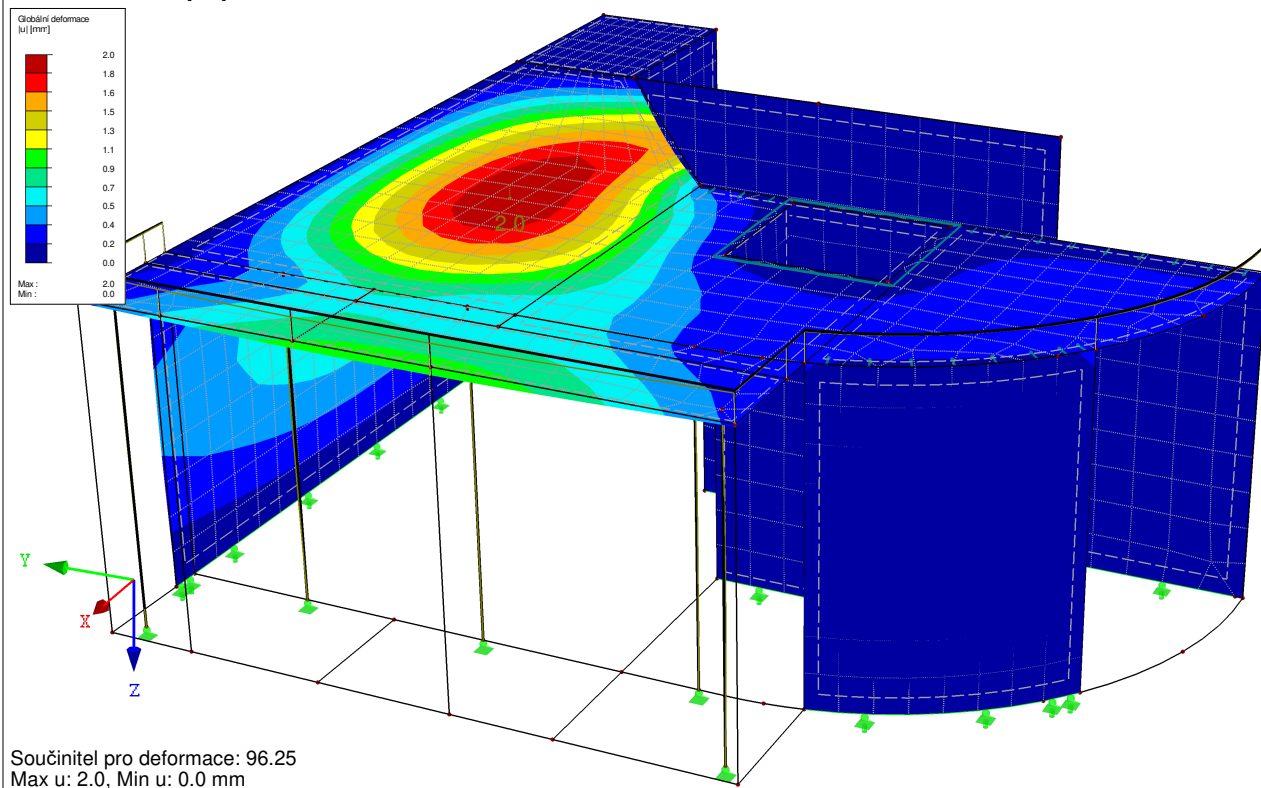
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## ■ GLOBÁLNÍ DEFORMACE $u$

KZ1 : Charakteristické hodnoty  
Globální deformace  $u$  [mm]

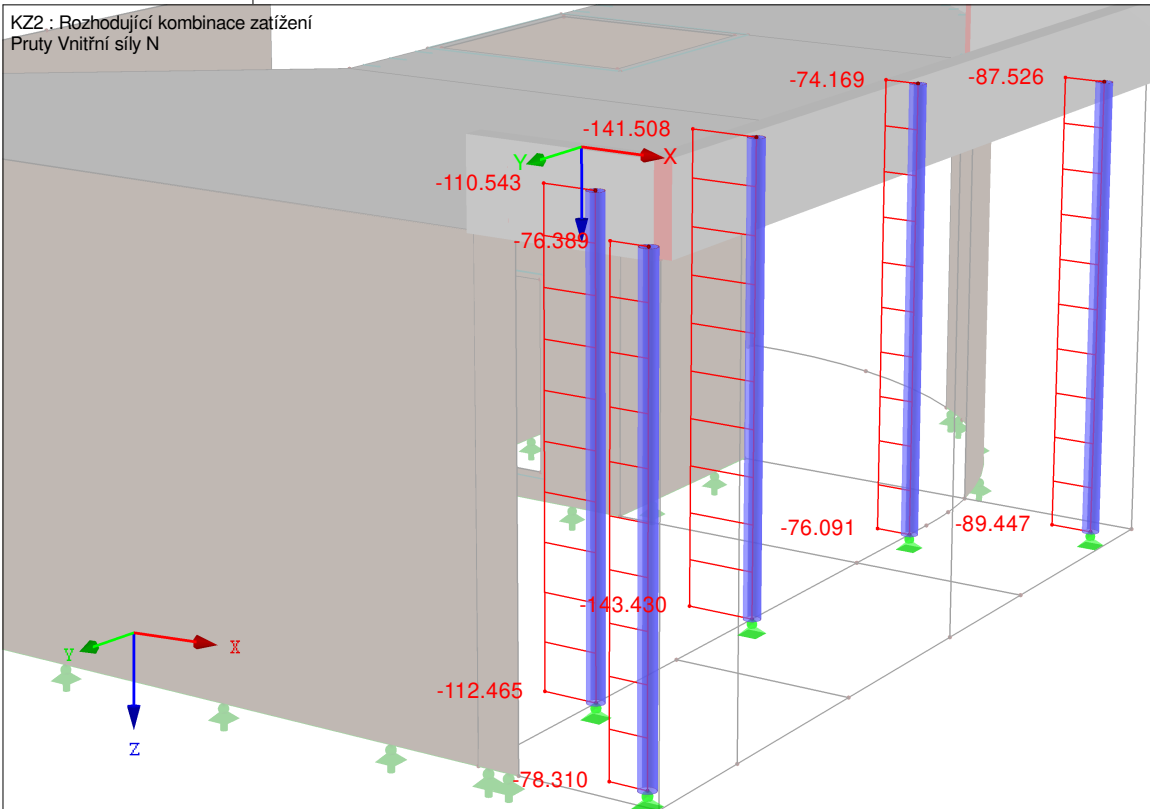
Perspektiva



## ■ VNITŘNÍ SÍLY $N$

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Pruty Vnitřní síly  $N$

Perspektiva





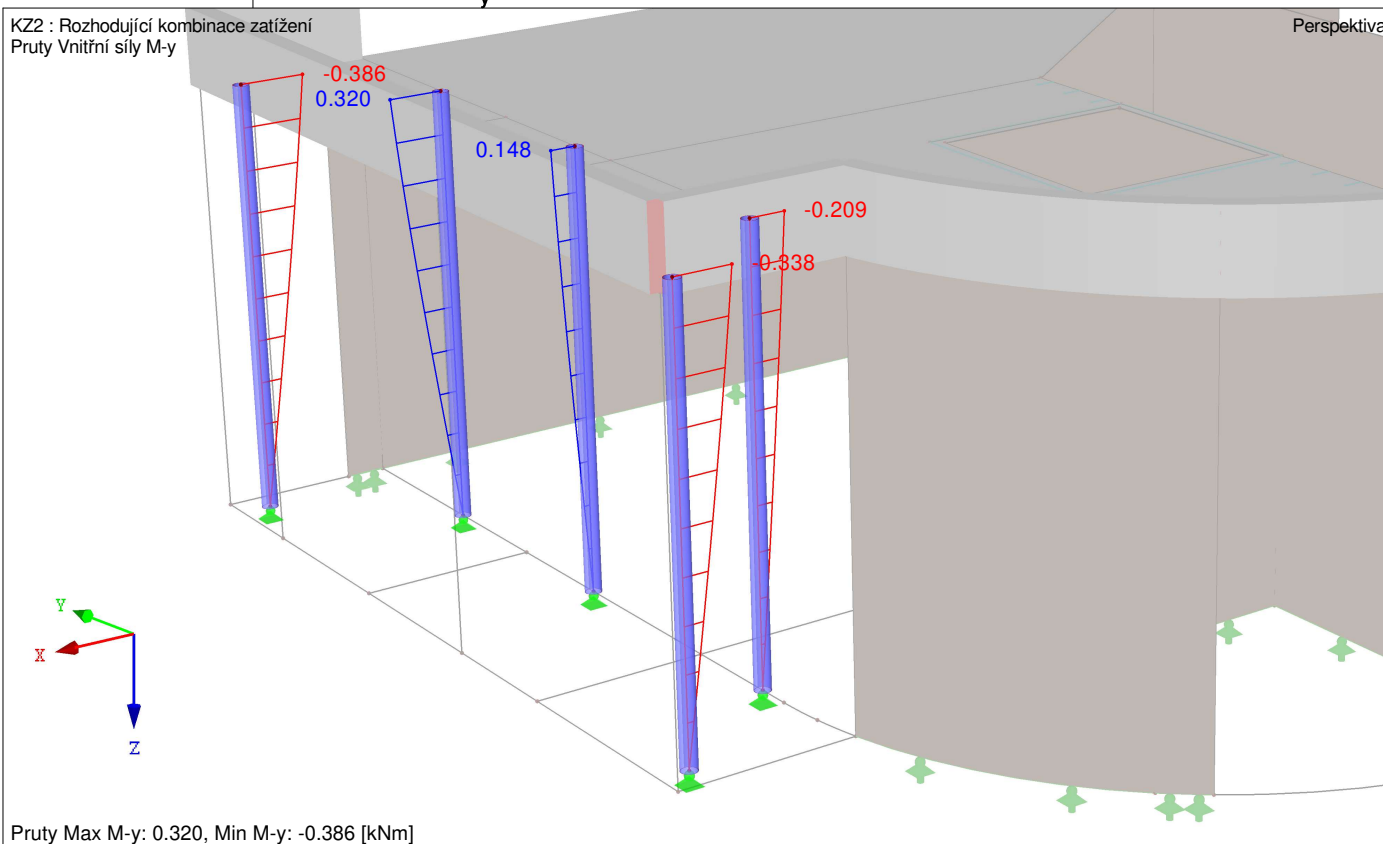
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

### ■ VNITŘNÍ SÍLY $M_y$

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Pruty Vnitřní síly  $M_y$

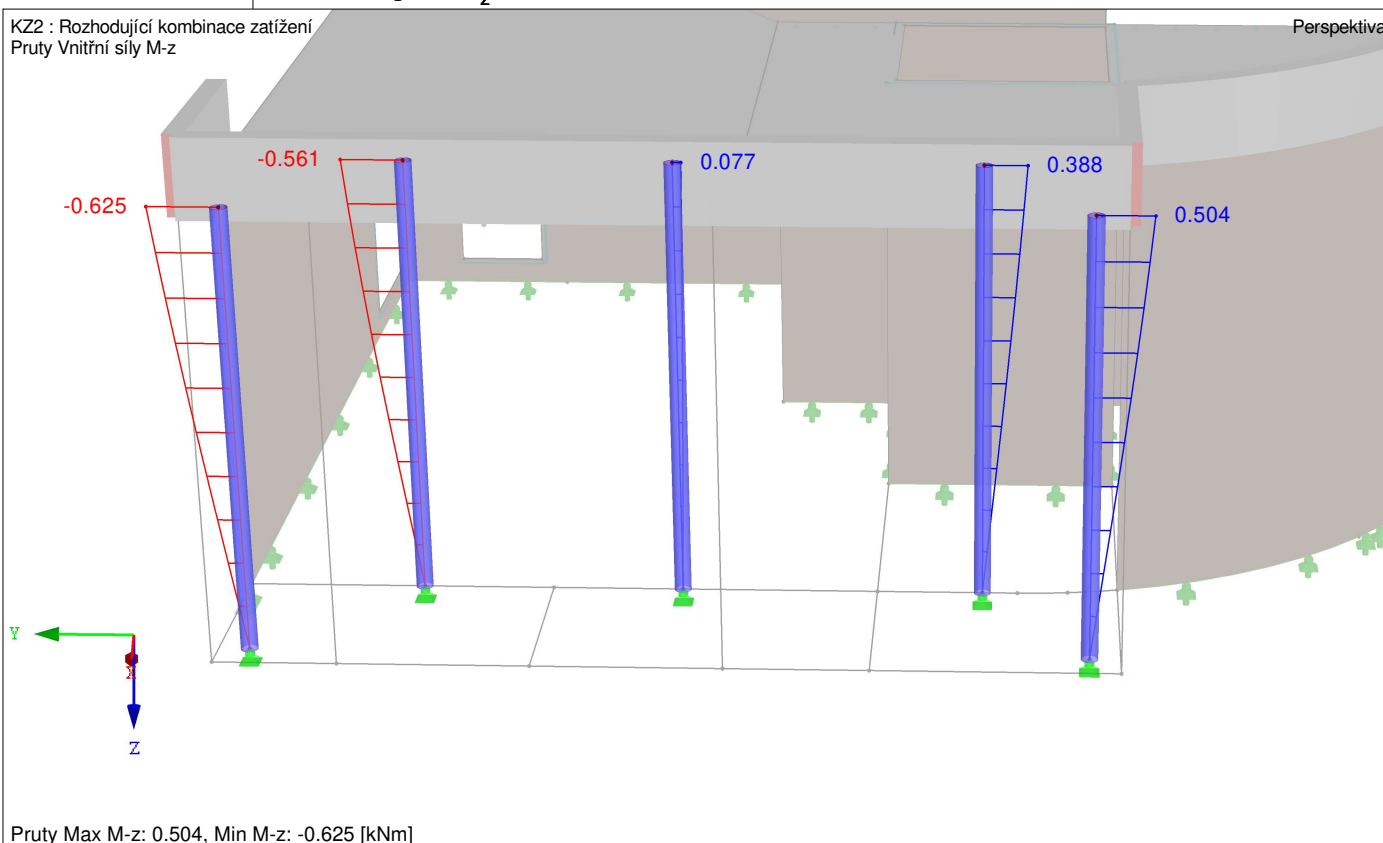
Perspektiva



### ■ VNITŘNÍ SÍLY $M_z$

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Pruty Vnitřní síly  $M_z$

Perspektiva





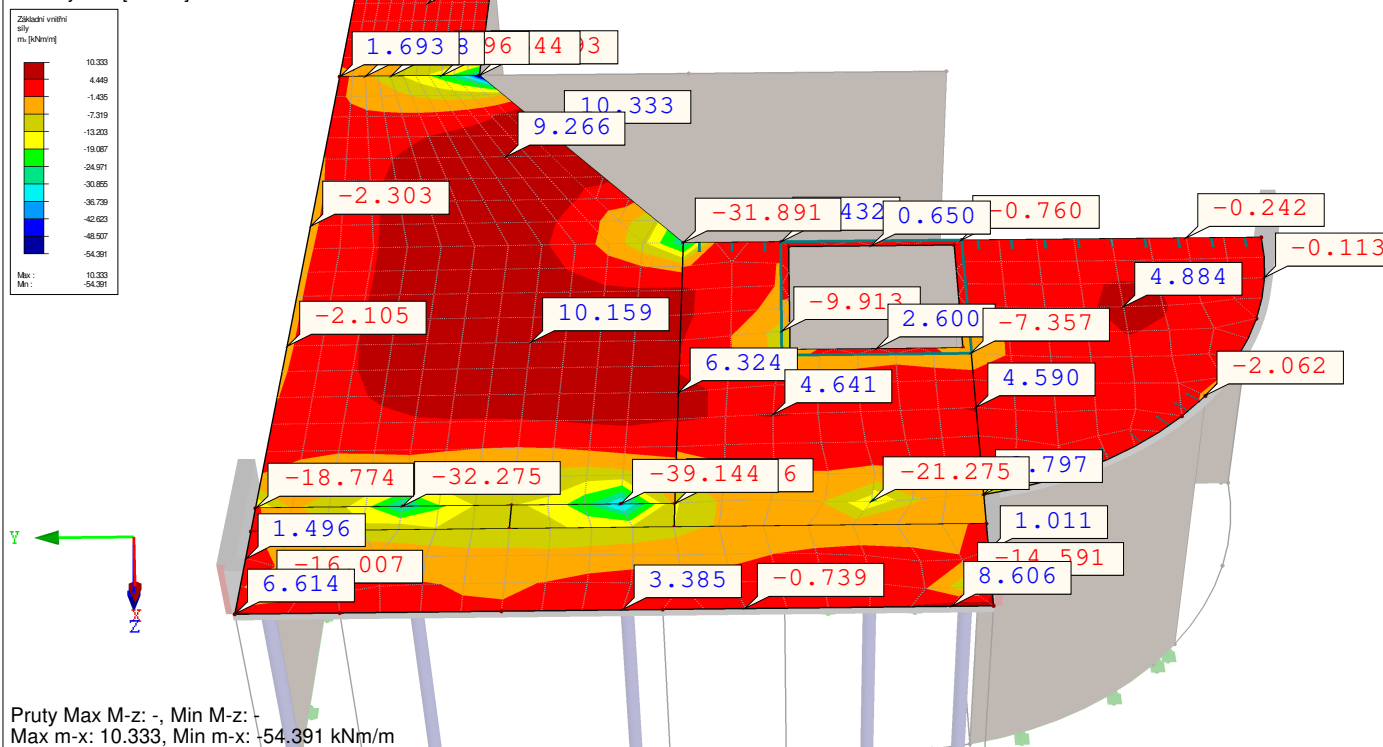
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

■ VNITŘNÍ SÍLY  $M_z$ ; ZÁKLADNÍ VNITŘNÍ SÍLY  $m_x$ 

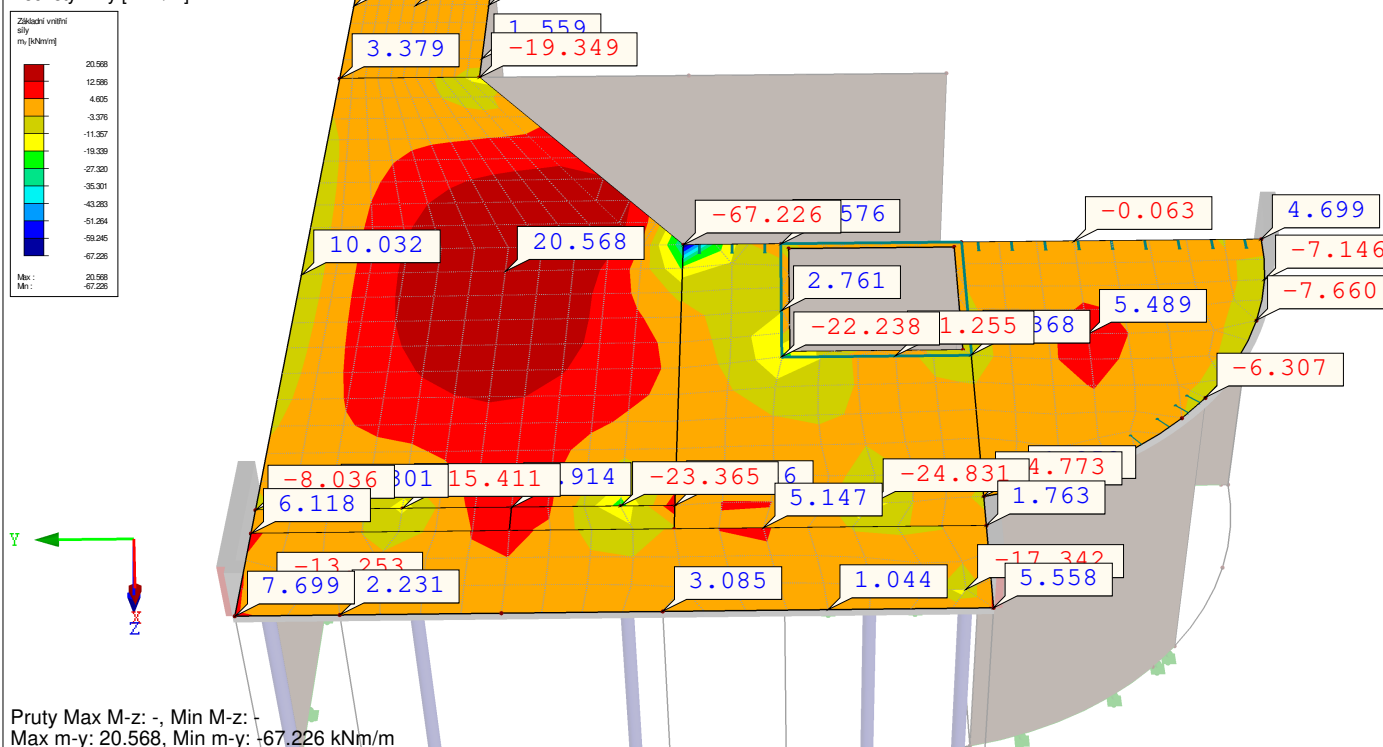
KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Plochy Základní vnitřní síly  $m_x$  [kNm/m]  
Pruty Vnitřní síly  $M_z$   
Hodnoty:  $m_x$  [kNm/m]

Perspektiva

■ VNITŘNÍ SÍLY  $M_z$ ; ZÁKLADNÍ VNITŘNÍ SÍLY  $m_y$ 

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Plochy Základní vnitřní síly  $m_y$  [kNm/m]  
Pruty Vnitřní síly  $M_z$   
Hodnoty:  $m_y$  [kNm/m]

Perspektiva





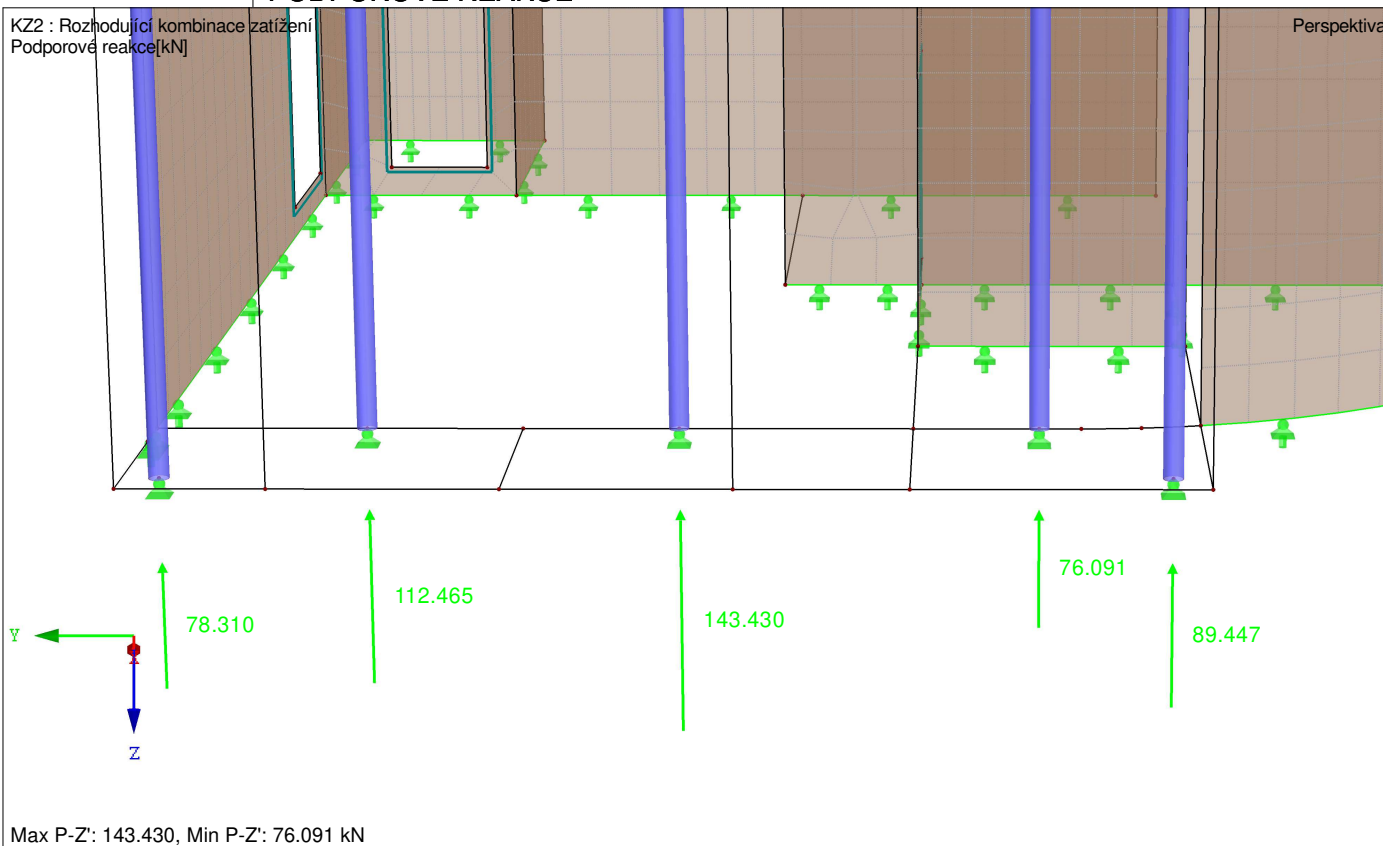
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

## PODPOROVÉ REAKCE

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Podporové reakce[kN]

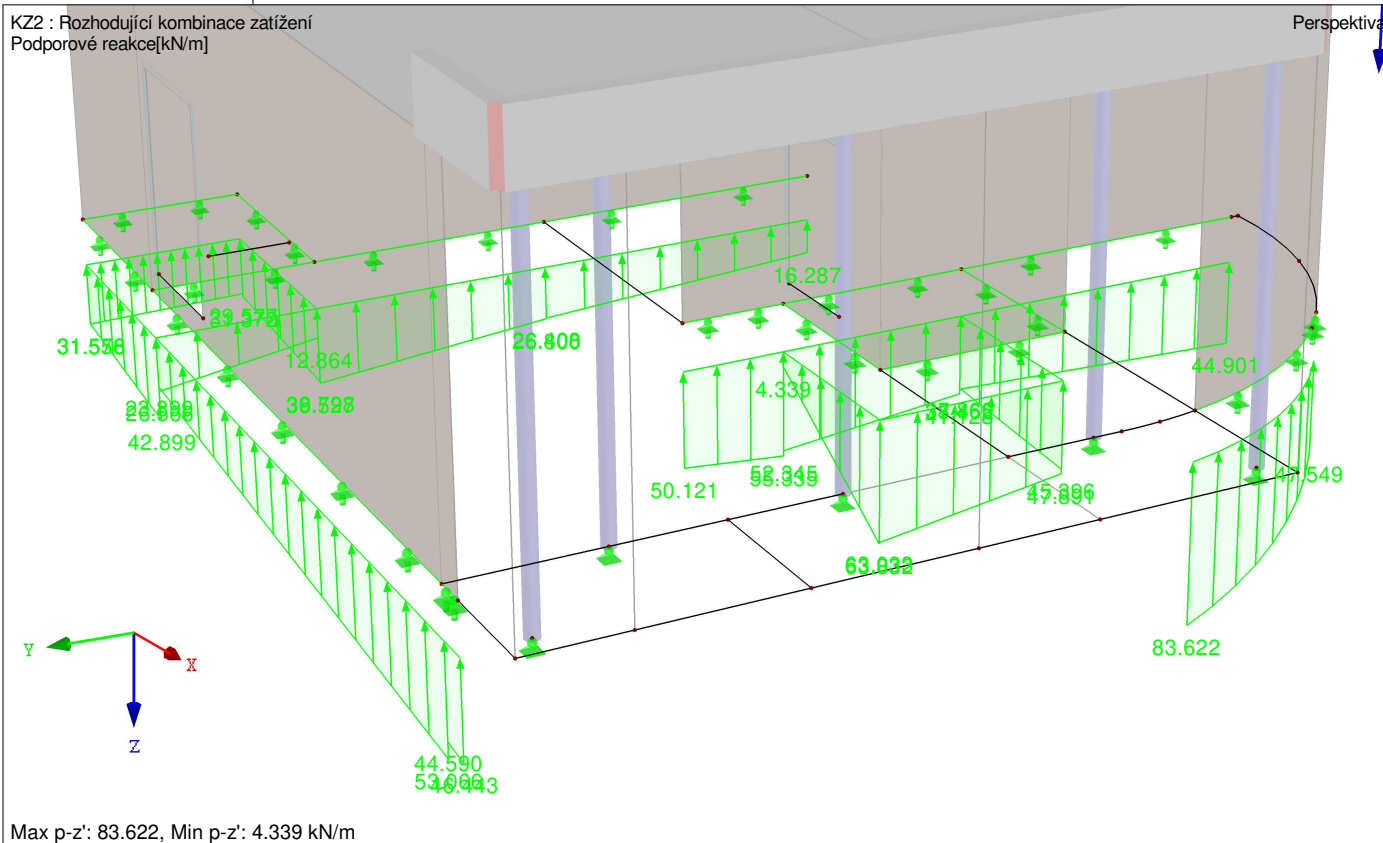
Perspektiva



## PODPOROVÉ REAKCE

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Podporové reakce[kN/m]

Perspektiva





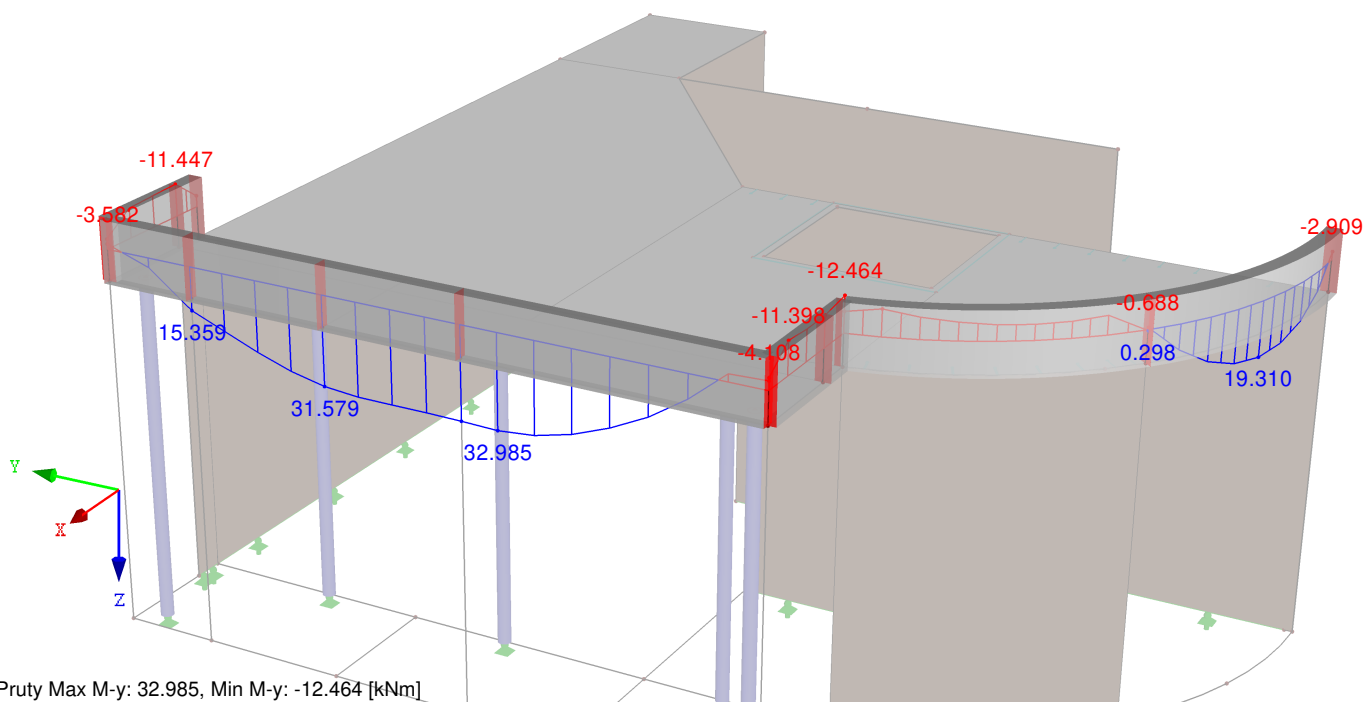
Projekt: 24 005 UPOL FTK vstup

Model: 24 005 UPOL FTK vstup

### ■ VNITŘNÍ SÍLY $M_y$

KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Pruty Vnitřní síly  $M_y$

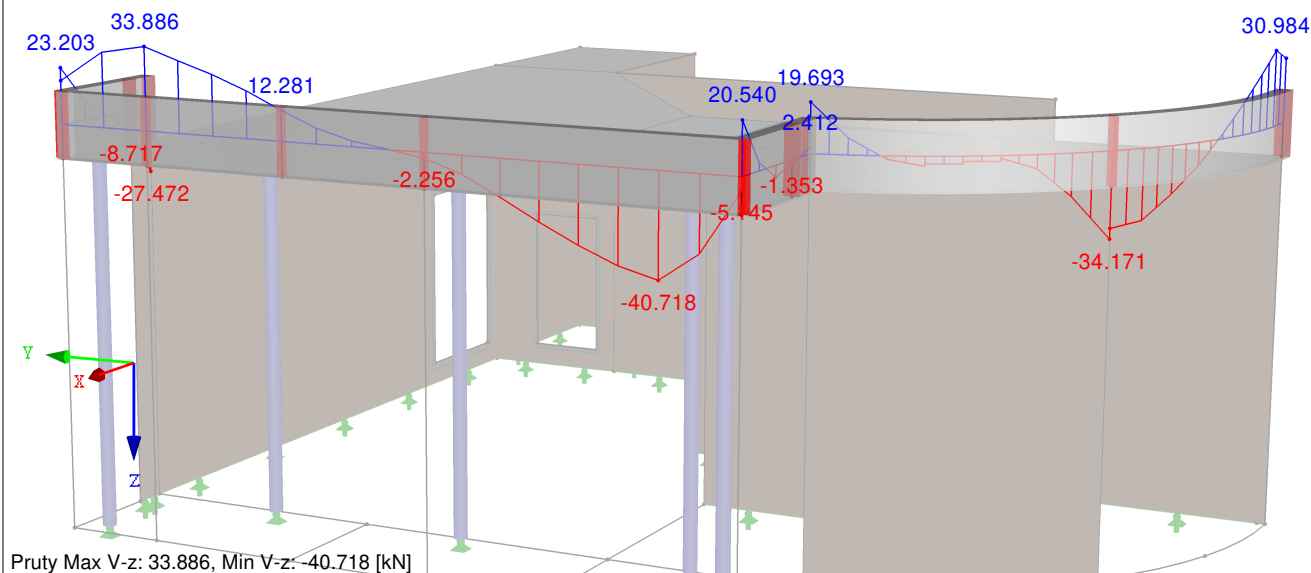
Perspektiva

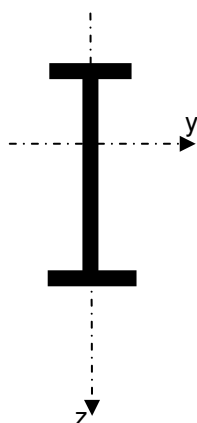


### ■ VNITŘNÍ SÍLY $V_z$

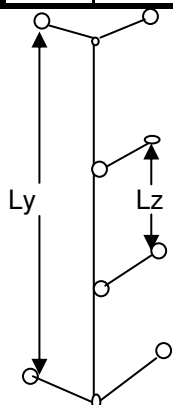
KZ2 : Rozhodující kombinace zatížení  
Pruty Vnitřní síly  $V_z$

Perspektiva





Hmotnost v kg	
1 m	nosník
ocel: 7850 kg/m <sup>3</sup>	
25,20	105,83
Jiný materiál	
kg/m <sup>3</sup>	
0,00	0



vzpěrné křivky  
součinitel imperfekce

$$\alpha_y = 0,49$$
$$\alpha_z = 0,49$$

křivka	$\alpha$
a <sub>0</sub>	0,13
a	0,21
b	0,34
c	0,49
d	0,76

**Prvek: Ocelové sloupy**

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

Dimenzační hodnoty:	délka prvku	$L = 4,20$ m	pro 2. mezní stav
	max. moment	$M_{y,Ed} = 0,37$ kNm	0,30
		$M_{z,Ed} = 0,63$ kNm	
	normálová síla	$N_{Ed} = 143,43$ kN	
Vzpěrná délka prutu	$L_y = 4,20$ m		
v uvažované rovině vybočení	$L_z = 4,20$ m		

**Profil: RO 168,3x6,3 kusů: 1**

průřezová plocha	$A = 32,10$ cm <sup>2</sup>	pro 1 kus
průřezový modul	$W_y = 125,00$ cm <sup>3</sup>	tř. 1a2 plastický, tř. 3 elastický $W_{el}$ $W_{pl}$
	$W_z = 125,00$ cm <sup>3</sup>	
moment setrvačnosti	$I_y = 1053,00$ cm <sup>4</sup>	
	$I_z = 1053,00$ cm <sup>4</sup>	
<b>Předpoklad:</b>	<b>neoslabený průřez, pružnostní výpočet</b>	$\beta_A = 1$
		pro průřez 4.tř $\beta_A = (A_{eff}/A)^{1/2}$

**Materiál:** S 355 Mez kluzu  $f_y = 355$  Mpa m  
ocel: (tepelná roztažnost  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/K$  příčná deformace  $\nu = 0,3$ )  
Dílní součinitel spolehlivosti materiálu  $\gamma_{M0} = 1$   
 $E = 210$  Gpa

Poloměr setrvačnosti, štíhlost

$i_y = 5,73$ cm	$\lambda_y = 73,3$	$\lambda_{y1} = 0,96$
$i_z = 5,73$ cm	$\lambda_z = 73,3$	$\lambda_{z1} = 0,96$
$\lambda_1 = 93,9 \cdot (235/f_y)^{1/2}$	$\lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 \cdot (\beta_A)^{1/2}$	$\lambda_1 = 76,4$
$\phi = 0,5(1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2)$	$\phi_y = 1,147$	$\chi_y = 0,56$
$\chi = 1/(\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{1/2})$	$\phi_z = 1,147$	$\chi_z = 0,56$
		$\chi_{min} = 0,56$

rozhoduje

Moment únosnosti průřezu třídy 1,2,3

$$M_{y(z),Rd} = (W_{y(z)} \cdot f_y) / \gamma_{M0}$$

**Návrhová vzpěrná únosnost prutu**

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

**Návrhová podmínka:**

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

$$0,22 + 0,01 + 0,01 = 0,25 \leq 1$$

**Vyhovuje****2. mezní stav**

Požadovaná hodnota průhybu

$$L / 500 = 0,008 \text{ m}$$

$$\text{Průhyb } y = (5,8 \cdot M_y \cdot L^2) / (384 \cdot E \cdot I_y)$$

$$y = 0,000 \text{ m}$$

**Vyhovuje**



## Požární odolnost ocelových nechráněných sloupů a nosníků

**Tabulka 3.1.** (Publikace PAVUS a.s.)

Požární odolnost ocelových nechráněných sloupů a nosníků v závislosti na

· stupni využití  $\mu_0$

- součiniteli průřezu  $A_m/V$

pro tři základní hodnoty kritické teploty oceli podle ČSN 73 0810 (500°C, 560°C a 620°C) a další tři doplňující hodnoty (680°C, 720°C a 740°C)

Poznámka: \*) Podle ČSN EN 1993-1-2 lze odvodit kritickou teplotu oceli přesně podle stupně využití průřezu  $\mu_0$ .

pro zákl. kombinaci

$\eta_{fi}$	
beton	0,7
ocel	0,65 (0,7)
ocelobet.	0,65 (0,7)
dřevo	0,6

Název prvku:

Ocelové sloupy RO 168,3x6,3

stup. využití průřezu pro **základní** kombinaci zatížení **nebo mimořádnou**

redukční součinitel úrovně zatížení při požáru **pro mimořádnou = 1**

stupeň využití průřezu:

$$\mu = 0,25$$

$$\eta_{fi} = 0,7$$

$$\mu_0 = 0,175$$

$$\mu_0 = \eta_{fi} \cdot \mu$$

**Kritická teplota**

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln((1/(0,9674\mu_0^{3,833}) - 1) + 482$$

$$\theta_{a,cr} = 745 \text{ °C}$$

Průřezová plocha:

$$V = 32,1 \text{ cm}^2$$

$$0,0032 \text{ m}^2$$

Obvod vystavený účinkům požáru:

$$A_m = 52,8 \text{ cm}$$

$$0,528 \text{ m}$$

**Součinitel průřezu**

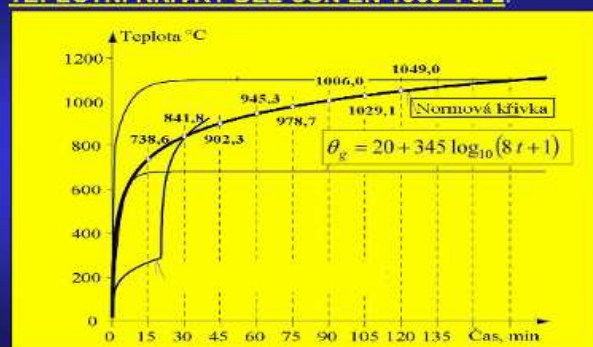
$$A_m/V = 164,49 \text{ m}^{-1}$$

Kritická teplota oceli $\theta_{a,cr}$ *)	Stupeň využití průřezu $\mu_0$	Požární odolnost R (minuty)							
		Součinitel průřezu $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500 °C	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560 °C	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620 °C	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680 °C	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720 °C	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740 °C	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

Požární odolnost konstrukce je

20 minut (údaj z tabulky)

### POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA TEPLOTNÍ KŘIVKY DLE ČSN EN 1363-1 a 2.





**Posouzení dimenzí desky** Deska v poli

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 20,57 \text{ kNm/m}$$

**Materiálové charakteristiky****OCEL B500** charakteristická hodnota meze kluzu

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

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

**BETON C25/30** charakteristická hodnota pevnosti

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

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

**Rozdělovací**

$$A_{s,roz,n} = 78,5$$

$$\phi = 6$$

$$a_{s,roz} = 150$$

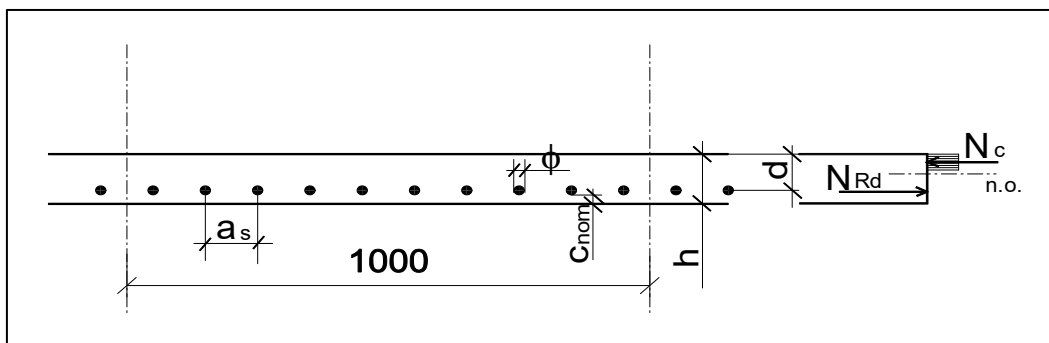
$$A_{s,roz} = 188,4$$

O.K.

max. vzdálenost

$$a_{s,roz} = 600$$

$$3 \cdot h = 400$$

**GEOMETRIE DESKY**

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

**KRYTÍ**

$$c_{výztuže} = 25 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$\Delta c = \text{mm}$$

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

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

**VÝZTUŽ**

profil A

$$\phi = 10 \text{ mm}$$

$$a_s = 200 \text{ mm}$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$a_s = 150 \text{ mm}$$

plocha 1 ks

$$A_{st,1} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1B} =$$

$$0 \text{ mm}^2$$

$$A_{st,1A} = 78,5 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st} = A_{st,1} \cdot (1/a_s)$$

$$A_{st} = 392,5 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na šířku desky b

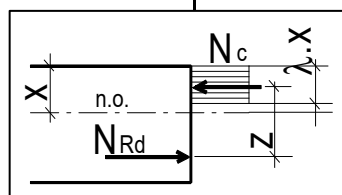
$$A_{stb} = A_{st} \cdot b$$

$$A_{stb} = 392,5 \text{ mm}^3$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 170,65 \text{ kN/m}$$

**VÝPOČET TLACENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE**

součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlacené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlacené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 12,80 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 164,88 \text{ mm}$$

**OHYBOVÁ ÚNOSNOST**

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 28,14 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$20,57 \text{ kNm/m} \leq$$

$$28,14 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} =$$

$$8000 \text{ mm}^2$$

 $A_{st}$ 

$$392,5$$

Vyhovuje

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} =$$

$$229,84 \text{ mm}^2$$

$$392,5$$

Vyhovuje

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi =$$

$$0,07528772$$

Podmínka

$$\xi_{bal,1} \geq \xi$$

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

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

$$0,61685824$$

Vyhovuje

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

$$\epsilon_{yd} =$$

$$0,00217391$$

$$\epsilon_{cu3} =$$

$$3,5$$

$$E_s =$$

$$200$$

$$\text{GPa}$$



## Posouzení dimenzí desky

## Deska nad podporou

Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 40,00 \text{ kNm/m}$$

## Materiálové charakteristiky

OCEL B500 charakteristická hodnota meze kluzu

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

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

BETON C25/30 charakteristická hodnota pevnosti

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

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

## Rozdělovací

$$A_{s,roz,n} = 157$$

$$\phi = 6$$

$$a_{s,roz} = 150$$

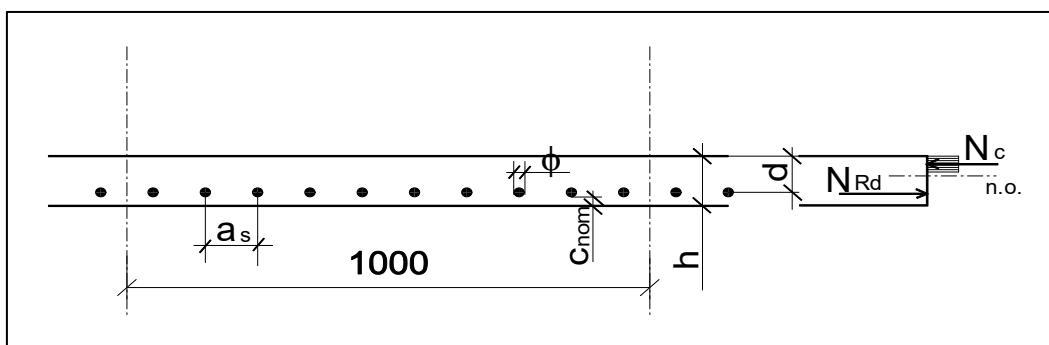
$$A_{s,roz} = 188,4$$

O.K.

max. vzdálenost

$$a_{s,roz} = 600$$

$$3 \cdot h = 400$$



## GEOMETRIE DESKY

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

## KRYTÍ

$$c_{výztuže} = 25 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

$$\Delta c = \text{mm}$$

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

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

## VÝZTUŽ

profil A

$$\phi = 10 \text{ mm}$$

$$a_s = 100 \text{ mm}$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$a_s = 150 \text{ mm}$$

plocha 1 ks

$$A_{st,1} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1B} =$$

$$0 \text{ mm}^2$$

$$A_{st,1A} = 78,5 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st} = A_{st,1} \cdot (1/a_s)$$

$$A_{st} = 785 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže na šířku desky b

$$A_{stb} = A_{st} \cdot b$$

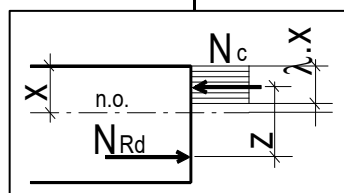
$$A_{stb} = 785 \text{ mm}^3$$

maximální únosnost výztuže

$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 341,30 \text{ kN/m}$$

## VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti

$$x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$$

$$x = 25,60 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 159,76 \text{ mm}$$

## OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 54,53 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$40,00 \text{ kNm/m} \leq$$

$$54,53 \text{ kNm/m}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

Ověření maximální a minimální plochy výztuže na 1 m šířky desky

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} =$$

$$8000 \text{ mm}^2$$

 $A_{st}$ 

$$785$$

Vyhovuje

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} =$$

$$229,84 \text{ mm}^2$$

$$785$$

Vyhovuje

Ověření započitatelnosti výztuže

$$\xi = x/d$$

$$\xi =$$

$$0,15057545$$

Podmínka

$$\xi_{bal,1} \geq \xi$$

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

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

$$0,61685824$$

Vyhovuje

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

$$\epsilon_{yd} =$$

$$0,00217391$$

$$\epsilon_{cu3} =$$

$$3,5$$

$$E_s =$$

$$200$$

$$GPa$$



## CHARAKTERISTIKY BETONU V ZÁVISLOSTI NA STÁŘÍ

pro teplotu 20°C

Deska stropu nad vstupem

BETON

C 25 / 30

$f_{ck}$	25
$f_{ck,cube}$	30
$f_{cm}$	33
$f_{ctm}$	2,6
$f_{ctk,0,05}$	1,8
$f_{ctk,0,95}$	3,3
$E_{cm}$	31
$\epsilon_{c1}$	2,07
$\epsilon_{cu1}$	3,50
$\epsilon_{c2}$	2,00
$\epsilon_{cu2}$	3,50
$n$	2,00
$\epsilon_{c3}$	1,75
$\epsilon_{cu3}$	3,50

průměrná pevnost betonu v tlaku

$$f_{cm} = 33 \text{ Mpa}$$

průměrná pevnost betonu v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ Mpa}$$

stáří betonu v uvažovaném okamžiku

$$t = 18250 \text{ dní}$$

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

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) * f_{cm}$$

$$f_{cm}(t) = 41,96 \text{ Mpa}$$

Pevnost v tahu ve stáří  $t$  dní

$$\alpha = 0,667$$

 $\alpha = 1$  pro  $t < 28$  dní $\alpha = 2/3$  pro  $t > 28$  dní

$$f_{ctm}(t) = \beta_{cc}(t)^{\alpha} * f_{ctm}$$

$$f_{ctm}(t) = 3,01 \text{ Mpa}$$

Modul pružnosti bet. ve stáří  $t$  dní

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t)/f_{cm})^{0,3} E_{cm}$$

$$E_{cm}(t) = 33,83 \text{ Gpa}$$

## Poměrné přetvoření od dotvarování a smršťování

Geometrie prvku

celková výška příčného řezu

$$h = 200 \text{ mm}$$

celková šířka příčného řezu

$$b = 1000 \text{ mm}$$

průřezová plocha

$$A_c = 200000 \text{ mm}^2$$

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

$$u_A = 2400 \text{ mm}$$

obvod prvku vystavený okolnímu prostředí

$$u = 2000 \text{ mm}$$

náhradní rozměr prvku  $h_0 = 2A_c/u$ 

$$h_0 = 200 \text{ mm}$$

Relativní vlhkost okolního prostředí

vnitřní 50%, vnější 80%

$$RH = 50 \%$$

součinitel vystihující vliv relativní vlhkosti

$$\phi_{RH} = 1,8550$$

pro  $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$ 

$$\phi_{RH} = 1 + ((1 - RH/100)/(0,1 * (h_0)^{1/3}))$$

$$1,854988$$

pro  $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$ 

$$\phi_{RH} = (1 + ((1 - RH/100)/(0,1 * (h_0)^{1/3})) * \alpha_1) * \alpha_2$$

$$1,913323$$

$$\beta_H = 550,03$$

pro  $f_{cm} \leq 35 \text{ MPa}$ 

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250 \leq 1500$$

$$550,0$$

pro  $f_{cm} > 35 \text{ MPa}$ 

$$\beta_H = 1,5(1 + (0,012RH)^{18})h_0 + 250\alpha_3 \leq 1501\alpha_3$$

$$557,5$$

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

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

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

$$\phi_0 = \phi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0)$$

$$\phi_0 = 2,64980015$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/(\beta_H + t - t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,99111817$$

součinitel dotvarování v čase

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t, t_0)$$

$$\phi(t, t_0) = 2,62626507$$

součinitel dotvarování v čase  $t = \infty$ 

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\phi(\infty, t_0) = 2,64980015$$

součinitele vlivu pevnosti betonu	
$\alpha_1 = (35/f_{cm})^{0,7}$	
$\alpha_2 = (35/f_{cm})^{0,2}$	
$\alpha_3 = (35/f_{cm})^{0,5}$	
$\alpha_1 =$	1,042048
$\alpha_2 =$	1,011838
$\alpha_3 =$	1,029857

550,03

557,49

vliv cementu	
cement	N
$\alpha =$	0



$RH_0 =$	100 %
$f_{cm0} =$	10 Mpa

vliv cementu

cement	N
$\alpha_{ds1} =$	4
$\alpha_{ds2} =$	0,12

## Poměrné přetvoření od smršťování vysycháním

$$\beta_{RH} = 1,55(1 - (RH/RH_0)^3)$$

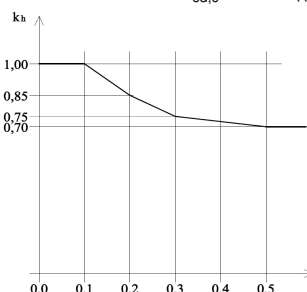
$$\beta_{RH} = 1,356$$

$$\exp = -\alpha_{ds2} * (f_{cm}/f_{cm0})$$

$$\exp = -0,396$$

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

$$\epsilon_{cd,0} = 0,00051206$$



$$h_0 = 0,200 \text{ m} \longrightarrow k_h = 0,85$$

konečná hodnota smrštění vyvozeného vysycháním

$$\epsilon_{cd}(\infty, t_s) = \epsilon_{cd,0} k_h \quad \epsilon_{cd}(\infty, t_s) = 0,0004353$$

stáří betonu na začátku vysychání

(konec ošetřování betonu)

$$t_s = 28 \text{ dní}$$

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

$$\beta_{ds}(t, t_s) = 0,99999980$$

poměrné smrštění v čase

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \epsilon_{cd}(\infty, t_0)$$

$$\epsilon_{cd}(t) = 0,00043525$$

## Autogenní smršťování

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

$$\exp2 = -27,0$$

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

$$\beta_{as}(t) = 1$$

$$\epsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10)10^{-6}$$

$$\epsilon_{ca}(\infty) = 0,0000375$$

$$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \epsilon_{ca}(\infty)$$

$$\epsilon_{ca}(t) = 0,0000375$$

## Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

$$\epsilon_{cs} = 0,0004728$$

vliv cementu

cement	N
$\alpha =$	0

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

$$\beta(f_{cm}) = 2,92450462$$

stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení

$$t_0 = 28 \text{ dní}$$

$$t_0 = t_{0,T} * ((9/(2 + t_{0,T}^{1,2})) + 1)^\alpha$$

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

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta(f_{cm}) * \beta(t_0)$$

$$\varphi_0 = 2,64980015$$

souč. časového průběhu dotvarování

$$\beta_c(t, t_0) = ((t - t_0)/(\beta_H + t - t_0))^{0,3}$$

$$\beta_c(t, t_0) = 0,99111817$$

## součinitel dotvarování v čase

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t, t_0)$$

$$\varphi_{cs}(t, t_0) = 2,62626507$$

## součinitel dotvarování v čase t = ∞

$$\beta_c(\infty, t_0) = 1$$

$$\varphi_{cs}(\infty, t_0) = 2,64980015$$



## Výpočet přetvoření - průřez s trhlinou - dlouhodobě působící zatížení

## Účinky zatížení

ohybový moment od kvazistálého zatížení v kritickém průřezu

$$M_k = 14,50 \text{ kNm}$$

## OCEL

B 500

## Materiálové charakteristiky

charakteristická hodnota meze kluzu

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

dílič součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

návrhová hodnota meze kluzu

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

modul pružnosti betonářské výztuže

$$E_s = 200 \text{ Gpa}$$

## BETON

C 25 / 30

charakteristická hodnota pevnosti

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

dílič součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

návrhová hodnota pevnosti

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

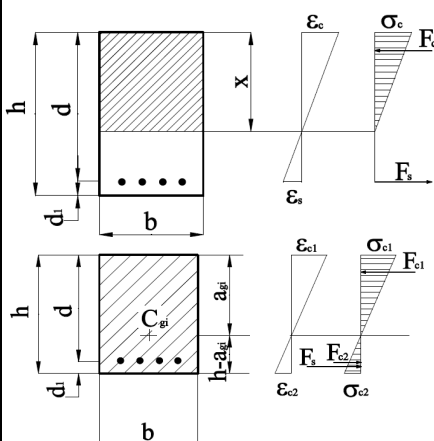
střední hodnota pevnosti v tahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

střední hodnota sečnového modulu pružnosti

$$E_{cm} = 31 \text{ Gpa}$$

## Průřez s trhlinou a bez trhliny



## Geometrie prvku

výška

$$h = 200 \text{ mm}$$

šířka

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_1 = 30 \text{ mm}$$

$$d = 170 \text{ mm}$$

## Výztuž

průměr prutu

$$\phi = 10 \text{ mm}$$

počet kusů

$$n = 5 \text{ kusů}$$

krytí

$$c = 25 \text{ mm}$$

plocha výztuže

$$A_s = 393 \text{ mm}^2$$

součinitel dotvarování

$$\varphi(\infty, t_0) = 2,650$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \varphi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 8,62 \text{ Gpa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 23,19$$

$$\alpha_e - 1 = 22,19$$

## Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa

$$x = (\alpha_e / b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2)))^{1/2}$$

$$x = 47,3 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 47278 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$$

$$I_{ir} = 172381192 \text{ mm}^4$$

## "náhradní plocha výztuže"

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

$$A_{s,c} = 8714 \text{ mm}^2$$

## Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu

$$A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$$

$$A_c = b * h = 200000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 208714 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu

$$a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$$

$$a_{gi} = 103 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu

$$I_c = (b * h^3) / 12$$

$$I_c = 666666667 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.

$$I_i = I_c + A_c(a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c}(d - a_{gi})^2$$

$$I_i = 707583395,5 \text{ mm}^4$$

ohybový moment na hranici vzniku trhliny

$$M_{cr} = 18,70 \text{ kNm}$$

Ohybová poddajnost průřezu bez trhliny  $C_I = 1 / (E_{c,eff} * I_i)$ 

$$C_I = 0,000164 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Ohybová poddajnost průřezu s trhlinou  $C_{II} = 1 / (E_{c,eff} * I_{ir})$ 

$$C_{II} = 0,000673 \text{ kN}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

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



součinitel trvání zatížení  $\beta = 1 \dots$  jednorázové, krátkodobé  
 $\beta = 0,5 \dots$  dlouhodobé nebo opakované

$$\beta = 0,5$$

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

$$\zeta = 0,1688$$

**ohybová křivost**  $(1/r_m) = (1 - \zeta) * (M_k/E_{c,eff} * l_i) + \zeta * (M_k/E_{c,eff} * l_{ir})$

$$(1/r_m) = 0,003621 \text{ m}^{-1}$$

rozpětí prvku

$$l = 5 \text{ m}$$

součinitel závislí na průběhu ohybového momentu

$$k = 0,104$$

### Průhyb od zatížení a dotvarování

$$f_{g,lt} = k * l^2 * (1/r_m)$$

$$f_{g,lt} = 0,009 \text{ m}$$

### Poměrné přetvoření od smršťování

Poměrné smrštění betonu v čase t

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

$$\epsilon_{cs} = 0,0004728$$

součinitel dotvarování

$$\phi(\infty, t_0) = 2,650$$

efektivní modul pružnosti betonu

$$E_{c,eff} = E_{cm} / (1 + \phi(\infty, t_0))$$

$$E_{c,eff} = 8,62 \text{ GPa}$$

poměr modulů pružnosti betonu a oceli

$$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$$

$$\alpha_e = 23,19$$

$$\alpha_e - 1 = 22,19$$

### Charakteristiky ideálního průřezu s trhlinou

neutrálná osa  $x = (\alpha_e/b) * A_s * (-1 + (1 + (2b * A_s * d) / (\alpha_e * A_s^2)))^{1/2}$

$$x = 47,3 \text{ mm}$$

plocha tlačené části betonového průřezu

$$A_{cc} = b * x = 47278 \text{ mm}^2$$

mom. setrv. ideál. průř.  $I_{ir} = (b * x^3) / 3 + \alpha_e * A_s * (d - x)^2$

$$I_{ir} = 172381192 \text{ mm}^4$$

### "náhradní plocha výztuže"

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

$$A_{s,c} = 8714 \text{ mm}$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_{ir} = A_s(d - x)$$

$$S_{ir} = 48191,33257 \text{ mm}^3$$

### Charakteristiky ideálního průřezu bez trhliny

plocha ideálního průřezu  $A_i = A_c + (\alpha_e - 1) * A_s$

$$A_c = b * h = 200000 \text{ mm}^2$$

$$A_i = 208714 \text{ mm}^2$$

těžiště ideálního průřezu  $a_{gi} = (A_c * (h/2) + A_{s,c} * d) / A_i$

$$a_{gi} = 103 \text{ mm}$$

moment setrvačnosti betonu  $I_c = (b * h^3) / 12$

$$I_c = 666666667 \text{ mm}^4$$

mom. setrv. ideál. průř.  $I_i = I_c + A_c(a_{gi} - (h/2))^2 + A_{s,c} * (d - a_{gi})^2$

$$I_i = 707583395,5 \text{ mm}^4$$

statický moment průřezové plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu

$$S_i = A_s(d - a_{gi})$$

$$S_i = 26340,44729 \text{ mm}^3$$

**ohybová křivost**  $(1/r_{cs}) = (1 - \zeta) * \epsilon_{cs} * \alpha_e (S_i/I_i) + \zeta * \epsilon_{cs} * \alpha_e (S_{ir}/I_{ir})$

$$(1/r_{cs}) = 0,000857 \text{ m}^{-1}$$

### Průhyb od smršťování a dotvarování

$$f_{cs} = 0,125 * l^2 * (1/r_{cs})$$

$$f_{g,lt} = 0,003 \text{ m}$$

### Posouzení dlouhodobého průhybu od zatížení a smršťování včetně dotvarování

Celkový průhyb

$$f_{lt} = f_{lt,g} + f_{cs}$$

$$f_{lt} = 0,0121 \text{ m}$$

Požadovaná  
hodnota průhybu

$$f_{lim} = L / 350$$

$$f_{lim} = 0,014 \text{ m}$$

doporučená hodnota  
L/250

průhyb po zabudování  
prvku L/500

**Podmínka:**

$$f_{lt} \leq f_{lim}$$

$$0,0121$$

$$\leq$$

$$0,0143$$

splněna



## PROTLAČENÍ SLOUPU DESKOU BEZ SMYKOVÉ VÝZTUŽE

### Sloup pod deskou - vnitřní

Reakce v podpoře  
Nevyrovaný moment vnášený do podpěry

$$R_{Ed} = 143,50 \text{ kN}$$
$$M_{Ed} = 0,15 \text{ kNm}$$

### Materiálové charakteristiky

**OCEL B 500** charakteristická hodnota meze kluzu  
dílčí součinitel spolehlivosti  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

$$f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$$
$$\gamma_s = 1,15$$

**BETON C 25/30** charakteristická hodnota pevnosti  
dílčí součinitel spolehlivosti  
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$   
 $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$
$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$$
$$\gamma_c = 1,5$$
$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$
$$C_{Rd,c} = 0,12$$

### GEOMETRIE PRVKU

$$d = (d_y + d_z) / 2$$
$$d = 165 \text{ mm}$$

$$d_y = 170 \text{ mm}$$
$$d_z = 160 \text{ mm}$$

$$u_1 = \pi * (D + 4 * d)$$

$$u_1 = 2600 \text{ mm}$$

$$A_{load} = (\pi * D^2) / 4$$

$$A_{load} = 22155,84 \text{ mm}^2$$

$$W_1 = 0,5c_1^2 + c_1c_2 + 4c_2d + 16d^2 + 2\pi dc_1$$

$$W_1 = 623793,6 \text{ mm}^3$$

$$A_1 = \pi * (D + 4 * d)^2 / 4$$

$$A_1 = 538183,4 \text{ mm}^2$$

$$V_{Ed} = R_{Ed} - f_d * A_1$$

$$V_{Ed} = 141 \text{ kN}$$

$$e = M_{Ed} / V_{Ed}$$

$$e = 1 \text{ mm}$$

$$\beta = 1 + 0,6\pi * e / (D + 4d)$$

$$\beta = 1,002$$

### Ověření maximální smykové odolnosti prvku v otláčení

$$v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$$

$$v = 0,54$$

$$v_{Rd,max} = 0,5(v * f_{cd})$$

$$v_{Rd,max} = 4,5 \text{ Mpa}$$

$$v_{Ed,max} = \beta * V_{Ed,max} / (u_0 * d)$$

$$v_{Ed,max} = 1,6 \text{ Mpa}$$

Podmínka:

$$v_{Ed,max} \leq v_{Rd,max} \text{ splněna}$$

plocha započítatelné výztuže

$$A_{sy} = 471$$

$$A_{sz} = 471 \text{ mm}^2$$

geometrický stupeň vyztužení

$$\rho_{sy} = 0,004618$$

$$\rho_{sz} = 0,004906$$

$$\rho_{sy} = A_{sy} / (b * d_y)$$

$$0,004618$$

maximálně 0,02

$$\rho_{sz} = A_{sz} / (b * d_z)$$

$$0,004906$$

$$\rho_l = (r_{sy} + r_{sz})^{1/2}$$

$$\rho_l = 0,00476$$

### Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$$v_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k_h (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}$$

$$v_{Rd,c} = 0,548 \text{ Mpa}$$

Minimální smyková únosnost

$$v_{l,min} = 0,035 * k_h^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)}$$

$$v_{l,min} = 0,495 \text{ Mpa}$$

$$v_{Rd,cm} = 0,548 \text{ Mpa}$$

### Ověření smykové odolnosti v základním kontrolovaném obvodu

$$v_{Ed} = \beta * V_{Ed} / (u_1 * d)$$

$$v_{Ed} = 0,330 \text{ Mpa}$$

Podmínka:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c} \text{ splněna}$$

rovnoměrné zatížení  
na desce (v kN/m<sup>2</sup>)

$$f_d = 4,5$$

$$k_h = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně k = 2

$$2,10096$$

2

$$k_h = 2$$

Přodorys prvku

$$\text{průměr } D = 168 \text{ mm}$$

$$u_0 = \pi * \text{průměr}$$

$$u_0 = 527,52 \text{ mm}$$

$$b = c_1 + 3d \text{ (přibližně)}$$

mm

$$c_1 + 3d = 663$$

$$c_2 + 3d = 495$$

$$\text{šířka } b = 600$$

Výpočet  $A_{sx,y}$

profil ks / šířku b

$$10 \text{ } 6$$

$$10 \text{ } 6$$

$$\text{plocha } y = 471$$

$$\text{plocha } z = 471$$



## Posouzení dimenzí trámu Trám - atika

## Účinky zatížení - ohybový moment

$$M_{Ed} = 32,98 \text{ kNm}$$

## Materiálové charakteristiky

Modul pružn. v GPa

$$E_s = 200$$

**VÝZTUŽ B500** charakteristická hodnota meze kluzu  
dílčí součinitel spolehlivosti  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

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

$$\gamma_s = 1,15$$

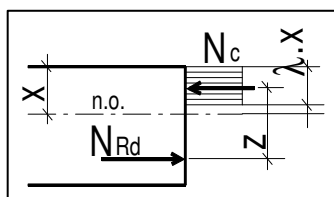
$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

**BETON C 25/30** charakteristická hodnota pevnosti  
dílčí součinitel spolehlivosti  
 $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$

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

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$



## GEOMETRIE TRÁMU

$$b = 200 \text{ mm}$$

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

## KRYTÍ

$$c_{výztuže} = 25 \text{ mm}$$

$$d = h - c_{nom} - \phi / 2$$

$$d = 770 \text{ mm}$$

$$\Delta c = \text{mm}$$

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

$$c_{nom} = 25 \text{ mm}$$

## VÝZTUŽ

profil A

$$\phi = 10 \text{ mm}$$

$$\text{kusů} = 3$$

profil B

$$\phi = \text{mm}$$

$$\text{kusů} =$$

plocha 1 ks A

$$A_{st,1A} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 78,5 \text{ mm}^2$$

plocha 1 ks B

$$A_{st,1B} = \pi \cdot \phi^2 / 4$$

$$A_{st,1} = 0 \text{ mm}^2$$

pl. výztuže celkem

$$A_{st} = A_{st,1A} \cdot \text{kusů A} + A_{st,1B} \cdot \text{kusů B}$$

$$A_{st} = 235,5 \text{ mm}^2$$

maximální únosnost výztuže

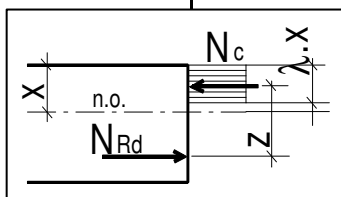
$$N_{Rd} = A_{st} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd} = 102,39 \text{ kN}$$

Vyztužení

0,15 %

## VÝPOČET TLAČENÉ OBLASTI BETONU A POSOUZENÍ VÝZTUŽE



součinitel tlakové pevnosti betonu

$$\eta = 1$$

souč. efektivní výšky tlačené zóny

$$\lambda = 0,8$$

výška tlačené oblasti  $x = N_{Rd} / (\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd})$ 

$$x = 38,40 \text{ mm}$$

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda \cdot x) / 2$$

$$z = 754,64 \text{ mm}$$

## OHYBOVÁ ÚNOSNOST

$$M_{Rd} = N_{Rd} \cdot z$$

$$M_{Rd} = 77,27 \text{ kNm/m}$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$32,98 \text{ kNm} \leq$$

$$77,27 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

pevnost bet. v tahu

$$f_{ctm} = 2,6$$

Mpa

$$A_{st,max} = 0,04 A_c$$

$$A_{st,max} = 6400 \text{ mm}^2$$

 $A_{st}$ 

$$235,5$$

Vyhovuje

$$A_{st,min} = 0,26 f_{ctm} \cdot b_t \cdot d / f_{yk}$$

$$A_{st,min} = 208,208 \text{ mm}^2$$

$$235,5$$

Vyhovuje

## Ověření započitatelnosti výztuže

$$\epsilon_{cu3} = 3,5$$

$$E_s = 200$$

GPa

$$\xi = x/d$$

$$\xi = 0,049866$$

Podmínka  $\xi_{bal,1} \geq \xi$ 

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

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

Vyhovuje

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

$$\epsilon_{yd} = 0,002174$$

**Posouzení smyku Trám - atika**

Návrhová hodnota působící posouvající síly

$$V_{Ed} = 41,00 \text{ kN}$$

**Materiálové charakteristiky****OCEL B500** charakteristická hodnota meze kluzu

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

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 434,78 \text{ Mpa}$$

**BETON C 25/30** charakteristická hodnota pevnosti

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

dílčí součinitel spolehlivosti

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

$$f_{cd} = 16,67 \text{ Mpa}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

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

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

maximálně  $k = 2$ 

$$1,50965$$

2

$$k = 1,5096$$

**GEOMETRIE PRVKU**

šířka

$$b_w = 200 \text{ mm}$$

účinná výška

$$d = 770 \text{ mm}$$

plocha započítatelné podélné výztuže

$$A_{sl} = 471 \text{ mm}^2$$

geometrický stupeň vyztužení započítatelnou podélnou výztuží

$$\rho_l = 0,003058$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w * d) \quad 0,003058 \quad \text{maximálně } 0,02$$

**Smyková únosnost prvku bez smykové výztuže**

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} * k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 54,96 \text{ kN}$$

Minimální smyková únosnost

$$\min V_{Rd,cm} = 49,99 \text{ kN}$$

$$\min V_{Rd,cm} = 0,035 * k^{(1,5)} * f_{ck}^{(0,5)} * b_w * d$$

$$V_{Rd,cm} = 54,96 \text{ kN}$$

**Třmínky**

profil stříhů

$$6 \quad 2$$

$$\text{plocha} = 57$$

$$\cotg \theta = 2,48$$

$$\cotg^2 \theta = 6,13$$

$$\theta(\text{rad}) = 0,383778$$

vzdálenost větví trm.

$$s_t = 577,5$$

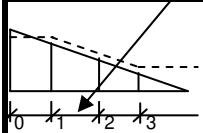
$$0,75d = 577,5$$

$$\text{max} = 600$$

rozhodující průřezy

pro návrh  $\Delta I$ 

$$z * \cotg \theta = 1867$$

**Smyková únosnost prvků se třmínky** třmínky svislé:  $\cotg \alpha = 0$ 

průřezová plocha jednoho třmínku

$$A_{sw} = 57 \text{ mm}^2$$

vzdálenost třmínků  $\min 0,75d(1 + \cotg \alpha)$ 

$$577,5$$

(max 400)

úhel který svírá tlaková diagonála s podélnou osou prvku  $22^\circ - 45^\circ$ 

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

rameno vnitřních sil

$$z = d - (\lambda * x) / 2$$

$$\theta = 22 \text{ deg}$$

redukce pevnosti betonu v diagonálách  $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$ 

$$z = 754 \text{ mm}$$

$$v = 0,54$$

**Únosnost svislých třmínků**

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} * f_{yd} * z * \cotg \theta) / s$$

$$V_{Rd,s} = 152,95 \text{ kN}$$

**Únosnost tlačných betonových diagonál**

$$V_{Rd,max} = (v * f_{cd} * z * b_w * \cotg \theta) / (\cotg^2 \theta + 1)$$

$$V_{Rd,max} = 471,21 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} > V_{Rd,s} > V_{Ed}$$

vyhovuje

**Ověření splnění požadavků normy**

$$\min \rho_w = 0,08 * f_{ck}^{1/2} / f_{yk}$$

$$\min \rho_w = 0,0008$$

$$\rho_w = A_{sw} / (b_w * s)$$

$$\rho_w = 0,000942$$

$$\min \rho_w < \rho_w$$

splněno

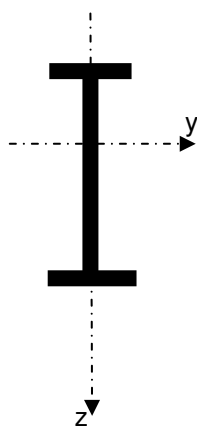
$$A_{sw} * f_{yd} / (b_w * s) = 0,410 \text{ (a)}$$

$$0,5 * v * f_{cd} = 4,500 \text{ (b)}$$

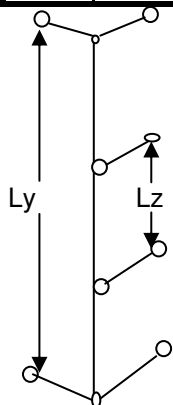
$$(a) < (b)$$

splněno

stupeň smykového  
vyztuženílimit smykového  
napětí (duktilita)



Hmotnost v kg	
1 m	nosník
ocel: 7850 kg/m <sup>3</sup>	
21,59	90,67
Jiný materiál	
kg/m <sup>3</sup>	
0,00	0



vzpěrné křivky

součinitel imperfekce

$$\alpha_y = 0,49$$

$$\alpha_z = 0,49$$

křivka	$\alpha$
a <sub>0</sub>	0,13
a	0,21
b	0,34
c	0,49
d	0,76

Prvek: **Ocelové sloupky stávající** dle zaměření vnější průměr 152mm

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

Dimenzační hodnoty:	délka prvku	$L = 4,20$ m	pro 2. mezní stav
	max. moment	$M_{y,Ed} = 0,37$ kNm	0,30
		$M_{z,Ed} = 0,63$ kNm	
	normálová síla	$N_{Ed} = 143,43$ kN	
Vzpěrná délka prutu	$L_y = 4,20$ m		
v uvažované rovině vybočení	$L_z = 4,20$ m		

Profil: **Trubka 152/6** kusů: **1**

průřezová plocha	$A = 27,50$ cm <sup>2</sup>	pro 1 kus
průřezový modul	$W_y = 96,60$ cm <sup>3</sup>	tř. 1a2 plastický, tř. 3 elastický $W_{el}$ $W_{pl}$
	$W_z = 96,60$ cm <sup>3</sup>	
moment setrvačnosti	$I_y = 735,00$ cm <sup>4</sup>	
	$I_z = 735,00$ cm <sup>4</sup>	

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 mocel: (tepelná roztažnost  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/K$  příčná deformace  $\nu = 0,3$ )  $E = 210$  GpaDílní součinitel spolehlivosti materiálu  $\gamma_{M0} = 1$ 

Poloměr setrvačnosti, štíhlost

$i_y = 5,17$ cm	$\lambda_y = 81,2$	$\lambda_{y1} = 0,87$
$i_z = 5,17$ cm	$\lambda_z = 81,2$	$\lambda_{z1} = 0,87$
$\lambda_1 = 93,9$ ( $235/f_y$ ) <sup>1/2</sup>	$\lambda_1 = 93,9$	

$\phi = 0,5(1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2)$	$\phi_y = 1,037$	$\chi_y = 0,62$	$\chi \leq 1$
$\chi = 1/(\phi + (\phi^2 - \lambda^2)^{1/2})$	$\phi_z = 1,037$	$\chi_z = 0,62$	$\chi_{min} = 0,62$

rozhoduje

Moment únosnosti průřezu třídy 1,2,3

$$M_{y(z),Rd} = (W_{y(z)} \cdot f_y) / \gamma_{M0}$$

$$M_{y,Rd} = 22,70 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = 22,70 \text{ kNm}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu

$$N_{b,Rd} = 401,56 \text{ kN}$$

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

Návrhová podmínka:

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

$$0,36 + 0,02 + 0,03 = 0,40 \leq 1$$

Vyhovuje

2. mezní stav

Požadovaná hodnota průhybu

$$L / 500 = 0,008 \text{ m}$$

$$\text{Průhyb } y = (5,8 \cdot M_y \cdot L^2) / (384 \cdot E \cdot I_y)$$

$$y = 0,000 \text{ m}$$

Vyhovuje

**Požární odolnost ocelových nechráněných sloupů a nosníků****Tabulka 3.1.** (Publikace PAVUS a.s.)

Požární odolnost ocelových nechráněných sloupů a nosníků v závislosti na

. stupni využití  $\mu_0$ - součiniteli průřezu  $A_m/V$ pro tři základní hodnoty kritické teploty oceli podle ČSN 73 0810 (500°C, 560°C a 620°C)  
a další tři doplňující hodnoty (680°C, 720°C a 740°C)*Poznámka: \*) Podle ČSN EN 1993-1-2 lze odvodit kritickou teplotu oceli přesně podle stupně využití průřezu  $\mu_0$ .*

pro zákl. kombinaci

$\eta_{fi}$	
beton	0,7
ocel	0,65 (0,7)
ocelobet.	0,65 (0,7)
dřevo	0,6

Název prvku:

Stávající ocelový sloup 152/6

stup. využití průřezu pro **základní** kombinaci zatížení **nebo mimořádnou**redukční součinitel úrovně zatížení při požáru **pro mimořádnou = 1**

stupeň využití průřezu:

$$\mu = 0,4$$

$$\eta_{fi} = 0,7$$

$$\mu_0 = 0,28$$

$$\mu_0 = \eta_{fi} \cdot \mu$$

**Kritická teplota**

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln((1/(0,9674\mu_0^{3,833}) - 1) + 482$$

$$\theta_{a,cr} = 674 \text{ °C}$$

Průřezová plocha:

$$V = 27,5 \text{ cm}^2$$

$$0,0028 \text{ m}^2$$

Obvod vystavený účinkům požáru:

$$A_m = 47,7 \text{ cm}$$

$$0,477 \text{ m}$$

**Součinitel průřezu**

$$A_m/V = 173,45 \text{ m}^{-1}$$

Kritická teplota oceli $\theta_{a,cr}$ *)	Stupeň využití průřezu $\mu_0$	Požární odolnost R (minuty)							
		Součinitel průřezu $A_m/V$ (m <sup>-1</sup> )							
		50	75	100	125	150	200	300	450
500 °C	0,78	20	16	14	12	11	9	8	6
560 °C	0,58	24	18	15	14	12	11	9	7
620 °C	0,40	27	21	18	16	14	12	11	9
680 °C	0,27	30	24	21	18	17	15	13	12
720 °C	0,21	32	26	23	21	19	18	16	15
740 °C	0,18	34	28	24	22	21	19	18	17

Požární odolnost konstrukce je

16 minut (údaj z tabulky)

**POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA  
TEPLOTNÍ KŘIVKY DLE ČSN EN 1363-1 a 2.**