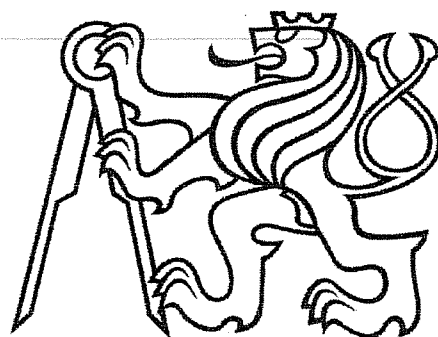


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA DŘEVĚNÝCH A OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ**



**SPORTOVNÍ HALA ZÁBĚHLICE**

Student: Bc. Jan Zacharda

Vedoucí práce: Ing. Michal Jandera, Ph.D.

# Technická zpráva

## Úvod

Cílem práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce sportovní haly v Záběhlicích.

## Použité předpisy, literatura, software

- [1] ČSN EN 1993 – 1 – 1 : Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí -  
Část 1 – 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [2] ČSN EN 1993 – 1 – 8 : Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí -  
Část 1 - 8: Navrhování styčníků
- [3] Studnička J.: Ocelové konstrukce 2 – Zatížení, ČVUT Praha, ISBN 978-80-01-03768-3
- [4] Vraný - Eliášová - Jandera: Ocelové konstrukce 2 - Cvičení, ČVUT Praha 2009,  
ISBN 978-80-01-04368-4
- [5] Vraný – Wald: Ocelové konstrukce – Tabulky, ČVUT Praha 2009,  
ISBN 978-80-01-03140-7
- [6] Rotter – Studnička – Kuklík: Ocelové a dřevěné konstrukce - Navrhování podle  
evropských norem, PRAHA 2006, ISBN 80-01-03545-X
- [8] SCIA ENGINEER 2010.1
- [9] MS WORD 2007

## Popis objektu

Objekt sportovní haly stadionu má půdorysné rozměry 60x57 m a výšku ve vrcholu 18 m. Komplex je tvořen třemi dílčími částmi. Každá část plní svou vnitřní funkci. Nejmenší část – objekt „A“ obsahuje hlavní vstup. Navazující část – objekt „B“ poskytuje šatny, ubytování pro sportovce a vstup na hrací plochu. Největší část – objekt „C“ obsahuje vlastní sportovní hřiště, tribuny pro diváky, zázemí restaurace a veškeré prostory spojené s provozem sportovní haly.

## Konstrukční řešení

### Konstrukce zastřešení a vnitřní nosná konstrukce

Jednotlivé části – objekty se liší v konstrukčním řešení zastřešení. Dohromady tvoří jeden kompaktní celek

Konstrukční řešení vstupního objektu „A“ je vytvořeno ze 4 podélných vazníků profilu HEB 260 v osových vzdálenostech 4 m. Ty jsou

v přední a zadní části tvořeny půlobloukem, který je určujícím tvarem celé konstrukce. Vazníky jsou trojkloubové. V prostřední části jsou uloženy na příčném průvlaku probíhajícím přes celou šířku objektu „A“.

Vnitřní dispozice je tvořena sloupovým systémem s průvlaky z IPE 270, IPE 300 a stropnicemi IPE 200, IPE 270.

Zastřešení objektu „B“ je tvořeno plnostěnnými vaznicemi z profilu HEB 180 probíhající v podélném směru v osových vzdálenostech 3,5 m a 3,6 m. Vaznice tvoří tvar objektu. Jsou kloubově uloženy na průvlacích IPE. Vzdálenost příčných vazeb je 7 m.

Vnitřní dispozice je sloupová. Sloupy jsou kruhového průřezu z TR 245/8,0. Průvlaky IPE 270 jsou na rozpětí 6,3 m a 4,3 m v osových vzdálenostech 7 m. Stropnice IPE 180 jsou navrženy na rozpětí 7 m s osovou vzdáleností 2,1 m.

Hlavním nosným prvkem objektu „C“ je v příčném směru nosník HEB 340 na rozpětí 30 m. Ten tvoří s táhly Macalloy 460 – M42 a M48 a trubkami TR 82,5/8,0 vzpínadlový (vzpěradlový) vazník. Příčné vazby jsou od sebe vzdáleny 7 m. Na vazník jsou kloubově uloženy plnostěnné vaznice z profilu HEB 200 ve vzdálenosti 6 m.

Nosník je uložen na kruhových sloupech. Krajní fasádový sloup TR 324/5,0 je doplněn o systém vzpěradel z trubek TR 108/10.

## **Ztužení**

Ztužení je navrženo v příčném i podélném směru, dále je navrženo střešní ztužení v rovině střechy.

Svislé ztužení v podélném směru je navrženo z trubek TR 114/6,3 a přenáší zatížení od příčného větru a příčného ztužidla ve střešní rovině. Ztužidlo je umístěno mezi fasádové sloupy.

Příčné ztužení je z táhel Macalloy 460 – M 30, které je umístěno v mezibytových příčkách.

Ztužení konstrukce v rovině střechy je navrženo z táhel Macalloy 460–M24.

## Opláštění

Opláštění je tvořeno skládaným typem střechy. Na plnostěných vaznicích je uložen trapézový plech TR 160/250/1,0. Ten tvoří nosný podklad pro tepelnou izolaci ORSIL tl. 200 mm. Vrchní krytina je tvořena plechovou krytinou Vertikal Zip s finálním barevným odstínem.

Opláštění obvodových stěn bude provedeno ze smonosného lehkého obvodového pláště, který bude pouze kotven na sloupy pro přenos vodorovného zatížení od větru.

## Zatížení konstrukce

Výpočet je proveden dle ČSN EN 1991. Součinitel pro stále zatížení  $\gamma_G = 1,35$  a součinitel pro nahodilé zatížení  $\gamma_Q = 1,5$ .

## Zatížení sněhem

Zatížení je uvažováno jako nahodilé krátkodobé a je stanoveno dle normy EN 1991-1-3. Pro posouzení konstrukce je uvažováno se dvěma zatěžovacími stavy:

- rovnoměrné zatížení,
- nerovnoměrné zatížení.

## Zatížení větrem

Je vypočteno dle EN 1991-1-4. Kde základní tlak větru byl vypočten na základě charakteristické rychlosti větru  $v_b = 25 \text{ ms}^{-1}$ , která je zjištěna z mapy větných oblastí ČR. Základní tlak větru je:  $q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$ .

Protože je objekt pravidelného tvaru, jsou uvažovány dva směry působení větru. Vítr podélný pro směr větru  $\Theta = 0^\circ$  a vítr příčný pro směr větru  $\Theta = 180^\circ$ .

## Zatížení stálé

Je určeno na základě skladby střešního pláště, skladeb podlah a vlastní tíhy ocelové konstrukce.

## **Zatěžovací stavy**

Pro návrh ocelové konstrukce jsou uvažovány tyto zatěžovací stavy:

ZS1 - Stálé

ZS2 - Sníh (rovnoměrné zatížení)

ZS3 - Sníh (nerovnoměrné zatížení)

ZS4 - Vítr příčný

ZS5 - Vítr podélný

## **Kombinace zatěžovacích stavů**

CO1 - Stálé (ZS1) + Sníh (ZS2)

CO2 - Stálé (ZS1) + Sníh (ZS3)

CO3 - Stálé (ZS1) +  $\psi$  Sníh (ZS2) + Vítr příčný (ZS4)

CO4 - Stálé (ZS1) +  $\psi$  Sníh (ZS2) + Vítr podélný (ZS5)

CO5 - Stálé (ZS1) + Vítr příčný (ZS4)

CO6 - Stálé (ZS1) + Vítr podélný (ZS5)

## **Materiály**

V projektu byly použity tři typy oceli. Ocel S460 NL byla použita pro táhlo. Ocel S355 byla použita pro všechny části vazníku a ostatní prvky. Ocel S235 byla použita pro spřahovací trny.

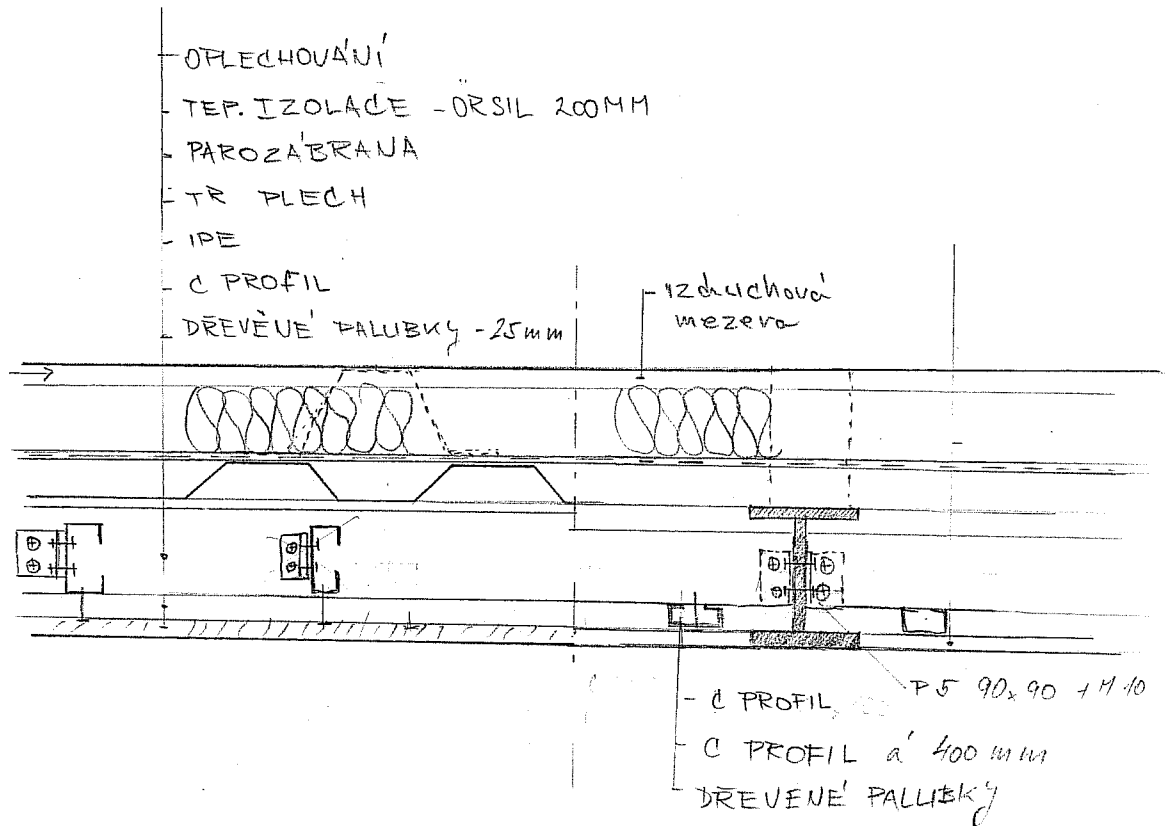
## **Protikorozní ochrana**

Konstrukce sportovní haly je navržena do prostředí s běžným stupněm vlhkosti. Jednotlivé části konstrukce budou opatřeny nátěrem. Který bude trvale konstrukci chránit před korozí. Místa, porušená při montáži, budou přetřena po dokončení.

## **Ochrana konstrukce proti požáru**

U objektu se počítá s nízkou požární odolností. Pro návrh konstrukce za požáru, se předpokládá vypracování dokumentace pro požární zabezpečení.

# STŘEŠNÍ PLOŠT -

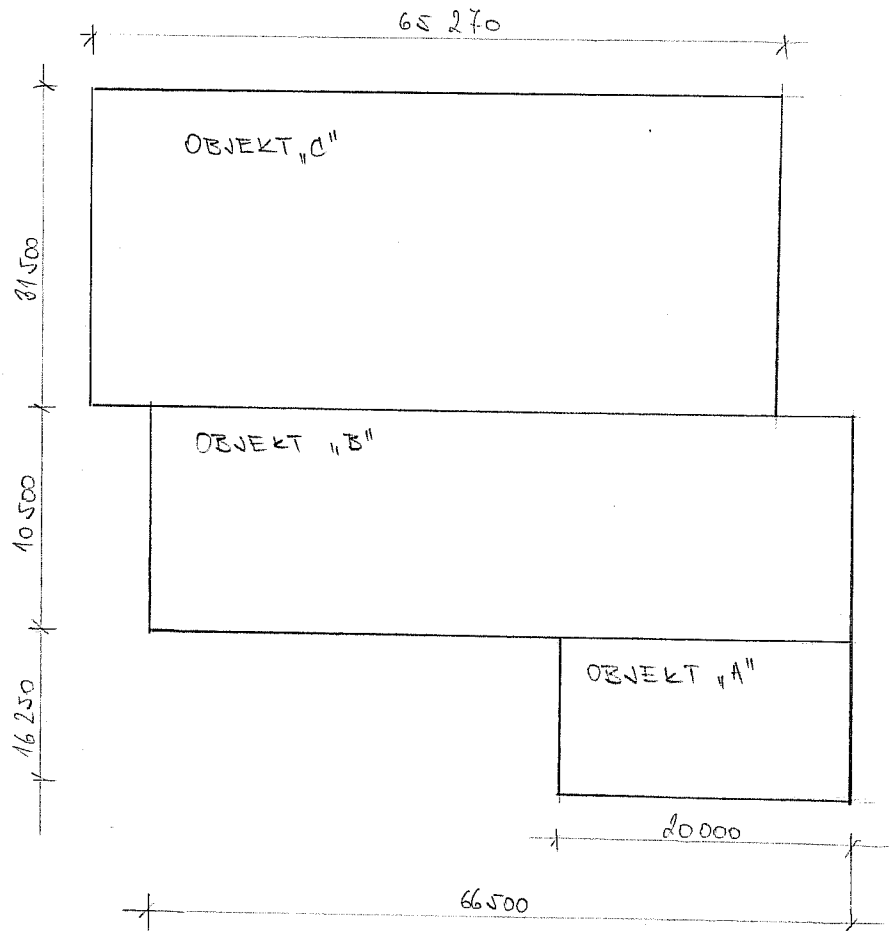
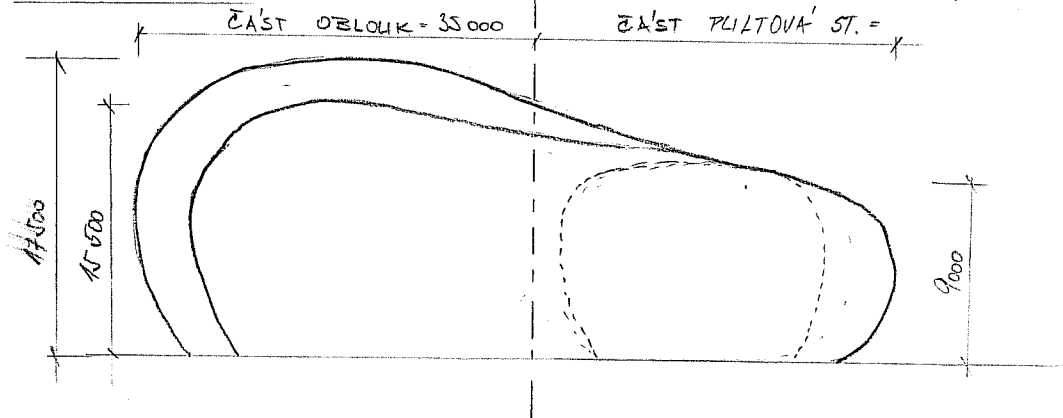


## STAĚ ZATÍŽENÍ

	$G_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G$	$G_D$ [kN/m <sup>2</sup> ]
- OPLECHOVÁNÍ	0,15		0,20
- TEP. IZOLACE	0,06		0,081
- TRAP. PLECH	0,15		0,20
- IPE SOFTWARE		1,35	
- SYSTÉM C-PROFIL - DŘEVĚNÉ PALUBKY	0,25		0,34
	$G_k = 0,61 \text{ kN/m}^2$		$G_D = 0,82 \text{ kN/m}^2$

# ZATÍŽENÍ VÍTR - EXTERNÍ TLAK

Schéma kce:



- ZÁKLADNÍ RYCHLOST VĚTRU:  $V_b = 25 \text{ m/s}$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

- ZÁKL. TLAK VĚTRU :  $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot V_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$

- UMIŠTĚNÍ: PRAHA - ZÁBEHLICE

- IV. KATEGORIE TERENU

=> SOUČINITEL EXPOZICE PRO  $z = 17,5 \text{ m} = C_e(z) = 1,6$

$$W_{e,k} = q_b \cdot C_e(z) \cdot C_{pe} = 0,39 \cdot 1,6 \cdot C_{pe} = \underline{0,624 C_{pe} \text{ kN/m}^2}$$

### VĚTR PODELNÝ - SVISLÉ STĚNY

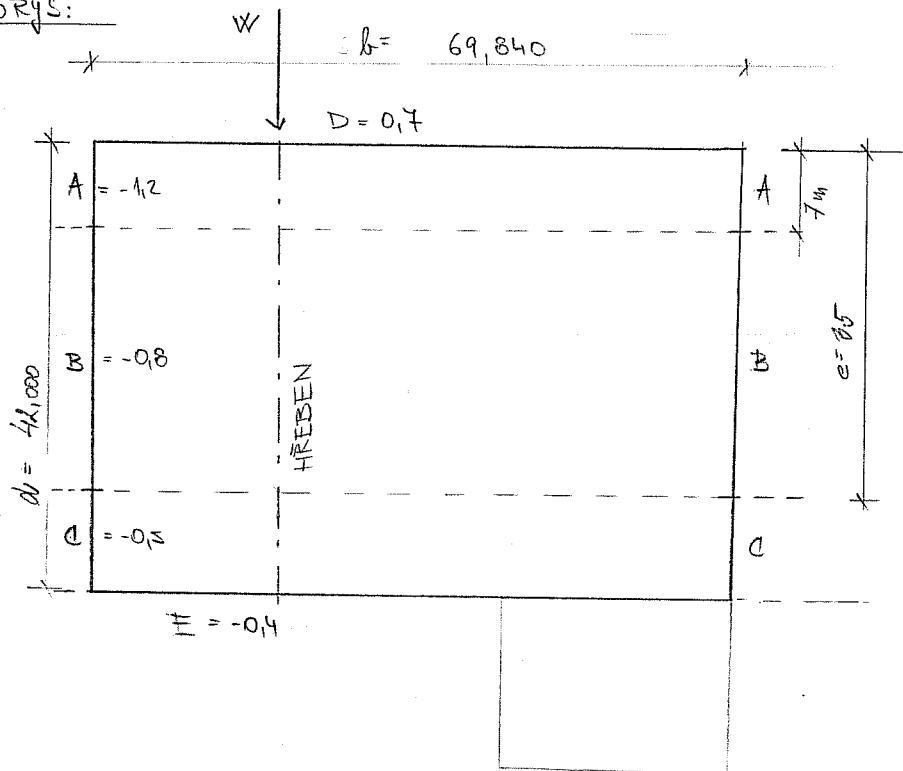
- ZJEDNODUŠENÍ: - OBJEKT "C" A OBJEKT "B" - BRÁNO JAKO JEDEN

- CELEK ROZDĚLEN NA 2 ČÁSTI - 1) ČÁST S OBLOUKEM  
2) ČÁST S PULTEM

PLIDORS:

PARAMETRY KČE:

$$h = 17,5 \text{ m}$$



- POČET ZATĚZOVACÍCH PLOCH

$$e = \min(b; 2h) = (69,84; 35) \Rightarrow e = 35 \text{ m}$$

$e < d \Rightarrow$  PLOCHY A, B, C

$$\frac{h}{d} = \frac{17,5}{42} = 0,42$$

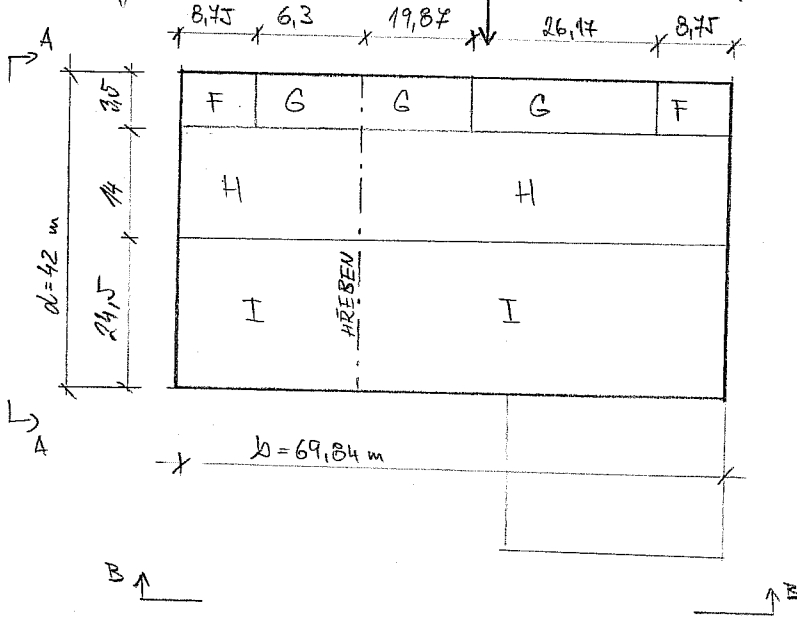
$$\frac{e}{5} = \frac{35}{5} = 7 \text{ m}$$



# VÍTR PODELNÝ - STŘECHA

PARAMETRY KČE:  $b = 69,84 \text{ m}$   
 $d = 42 \text{ m}$   
 $h = 12 \text{ m}$   
 $f = 5,5 \text{ m}$

PŮDORYS:

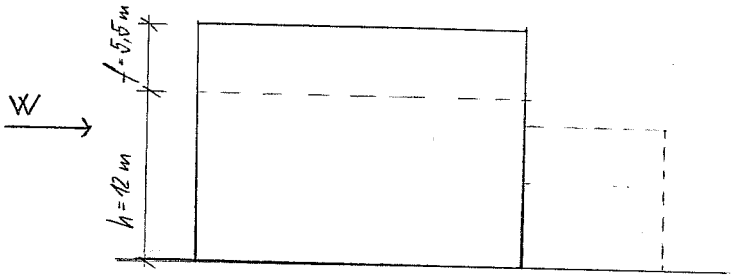


$$c/4 = \frac{35}{4} = 8,75 \text{ m}$$

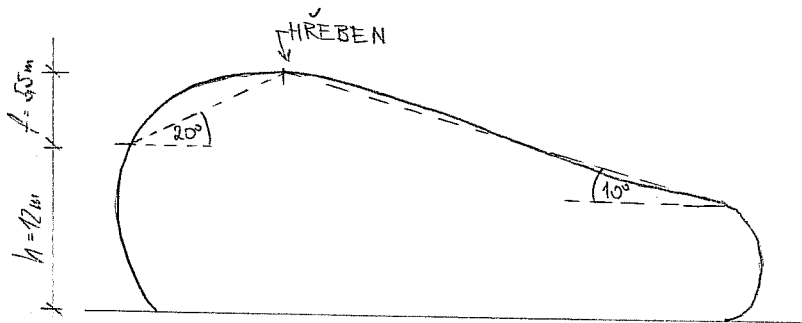
$$c/10 = \frac{35}{10} = 3,5 \text{ m}$$

$$c/2 = 3,5 = 14 \text{ m}$$

POHLED: A:



POHLED: B - ZJEDNODUŠENÍ - SEDLOVA' STŘECHA



ÚHEL 20°

$$C_{pe,F} = -1,2$$

$$C_{pe,H} = -0,7$$

$$C_{pe,G} = -1,35$$

$$C_{pe,I} = -0,5$$

ÚHEL 10°

$$C_{pe,F} = -1,4$$

$$C_{pe,H} = -0,65$$

$$C_{pe,G} = -1,3$$

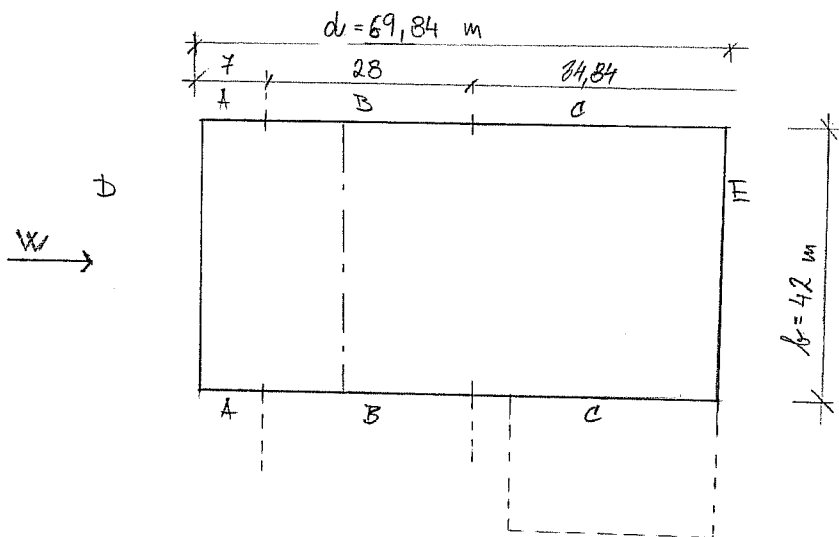
$$C_{pe,I} = -0,5$$

WIND 3

# VÍTR PŘÍČNÝ - SVISLÉ STĚNY

PLÁNOVÝS :

$$h = 17,5 \text{ m}$$



• POČET ZATĚZOVANÝCH PLOCH

$$e = \min(b; 2h) = \min(42; 35) \Rightarrow e = 35 \text{ m}$$

$e < d \Rightarrow$  PLOCHY A, B, C

$$h/d = \frac{17,5}{69,84} = 0,25$$

$$e/5 = \frac{35}{5} = 7 \text{ m}$$

• PRO VŠECHNY PLOCHY PLATI:  $A \geq 10 \text{ m}^2 \rightarrow C_{pe} = C_{pe,10}$

$$C_{pe,A} = -1,2$$

$$C_{pe,B} = -0,8$$

$$C_{pe,C} = -0,5$$

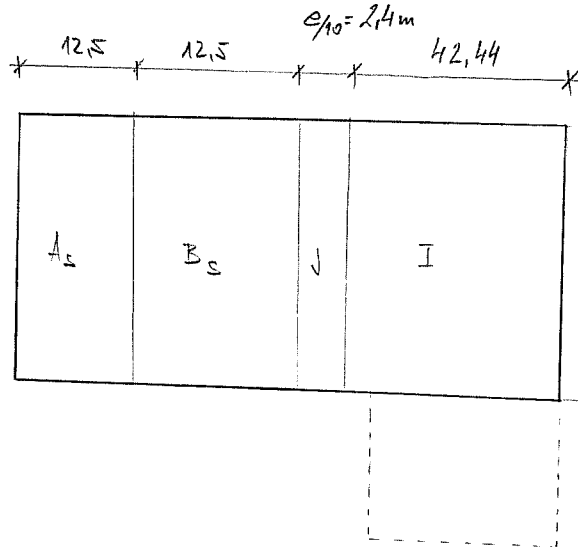
$$C_{pe,D} = 0,7$$

$$C_{pe,E} = -0,3$$

# VĚTR PŘÍČNÝ - STŘECHA - VARIANTA - 1

PŮDORYS

PARAMETRY KGE:  $f = 5,5 \text{ m}$   
 $h = 12 \text{ m}$   
 $b = 42 \text{ m}$   
 $d = 69,84 \text{ m}$



POZNÁMKA:

$$0 < \frac{h}{d} < 0,5$$

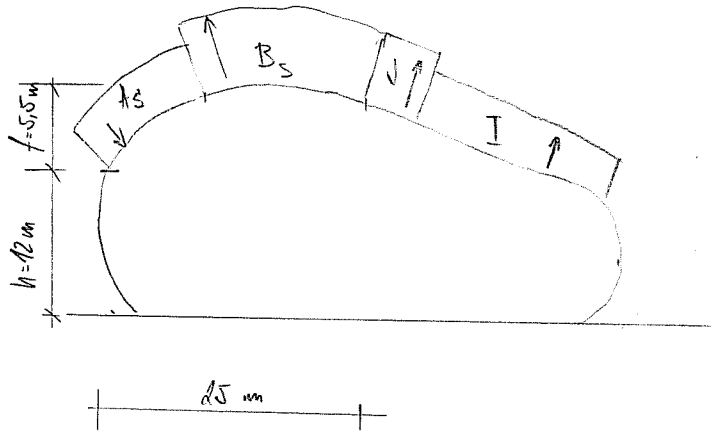
$C_{pe}$  - ZÍSKÁNO  
 LIN. INTERPOL.

$$\frac{f}{d} = \frac{5,5}{69,84} = 0,08$$

$$\frac{h}{d} = \frac{12}{69,84} = 0,17$$

$$e = \min(b; 2h) = 24 \text{ m}$$

POHLED:



$$C_{pe, A_s} = 0,1$$

$$C_{pe, B_s} = -0,7$$

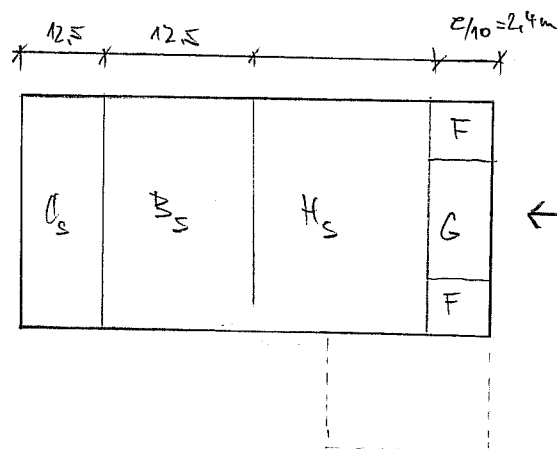
$$C_{pe, J} = -0,7$$

$$C_{pe, I} = -0,5$$

WIND S

# VÍTR PŘÍČNÝ - STŘECHA - VARIANTA -2

PŮDORYS:



PARAMETRY KČE:

$$f = 5,5 \text{ m}$$

$$h = 12 \text{ m}$$

$$b = 42 \text{ m}$$

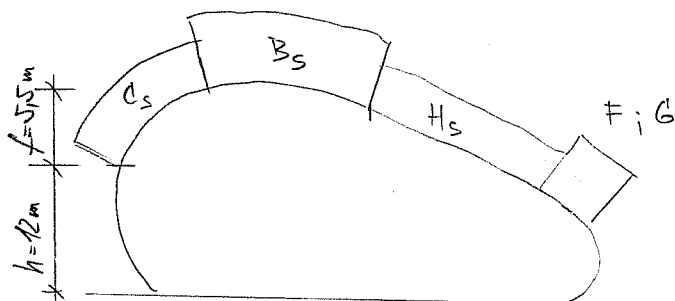
$$d = 69,84 \text{ m}$$

$$e = \min(b; 2h) = 24 \text{ m}$$

$$f/d = \frac{5,5}{69,84} = 0,08$$

$$h/d = \frac{12}{69,84} = 0,17$$

POHLED:



$$C_{pe, C_s} = -0,5$$

$$C_{pe, B_s} = -0,7$$

$$C_{pe, H_s} = -0,15$$

$$C_{pe, F,} = -0,45$$

$$C_{pe, G} = -0,4$$

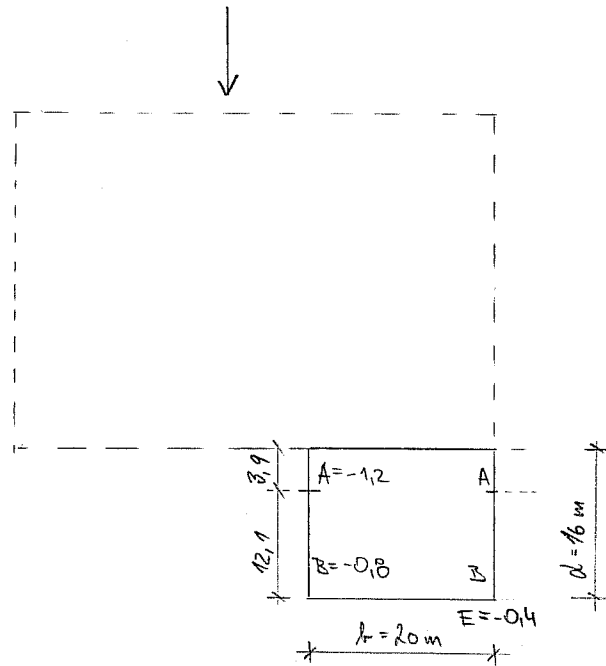
# ZATÍŽENÍ VÍTR - OBJEKT „A“

## VÍTR PODELNÝ - SVISLÉ STĚNY

• PŮDORYS:

PARAMETRY KCE:

$$h = 9,8 \text{ m}$$



- POČET ZATÍŽOVACÍCH PLOCH:

$$e = \min(b, 2h) =$$

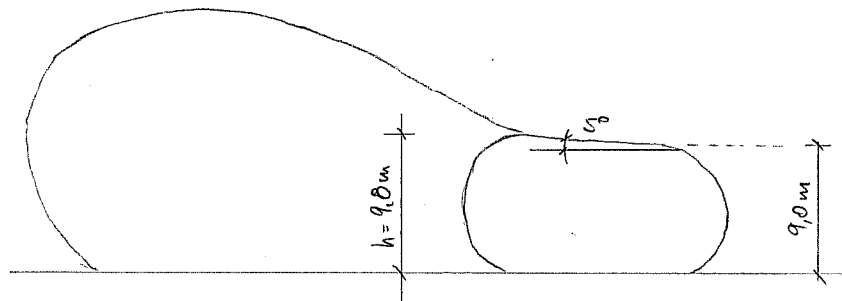
$$= \min(20 \text{ m}, 19,6) = 19,6 \text{ m}$$

$e > d \Rightarrow$  PLOCHY A, B

$$h/d_u = \frac{9,8}{16} = 0,61$$

$$c/5 = \frac{19,6}{5} = 3,9 \text{ m}$$

• POHLED



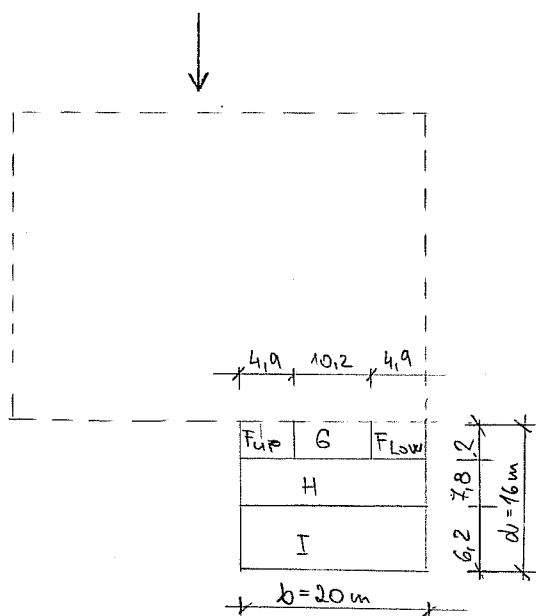
## VĚTR PODEĹNÝ - STŘECHA

### PARAMETRY KČE:

$$b = 20 \text{ m}$$

$$d = 16 \text{ m}$$

$$h = 9,8 \text{ m}$$



$$e/4 = \frac{19,6}{4} = 4,9 \text{ m}$$

$$e/10 = \frac{19,6}{10} = 1,96 \text{ m}$$

$$e/2 = \frac{19,6}{2} = 9,8 \text{ m}$$

$$C_{pe, F_{up}} = -2,1$$

$$C_{pe, H} = -0,6$$

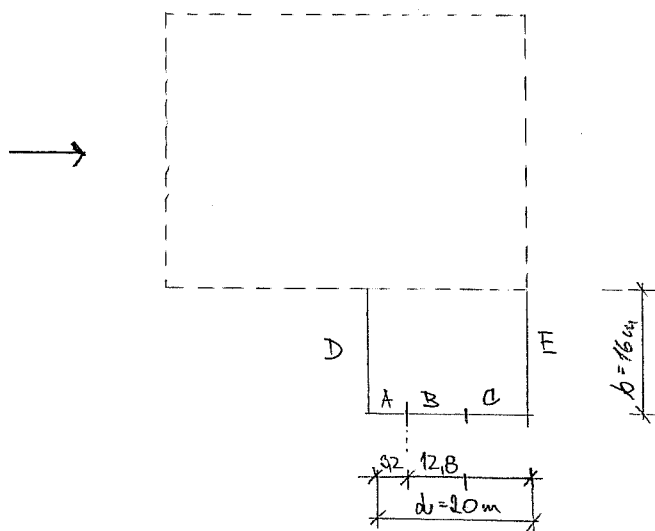
$$C_{pe, F_{low}} = -2,1$$

$$C_{pe, I} = -0,5$$

$$C_{pe, c} = -1,8$$

## VĚTR PŘÍČNÝ - SVISLÉ STĚNY

### • PŮDORYS



### • POČET ZATĚŽOVACÍCH PLOCH

$$e = \min(b; 2h) = (16; 19,6) = 16$$

$$e < d \rightarrow \text{plochy A, B, C}$$

$$h/d = \frac{9,8}{20} = 0,49$$

$$e/5 = \frac{16}{5} = 3,2$$

$$C_{pe, A} = -1,2$$

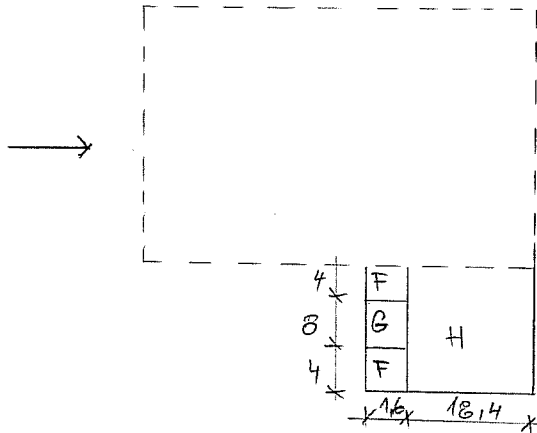
$$C_{pe, D} = 0,7$$

$$C_{pe, B} = -0,8$$

$$C_{pe, E} = -0,3$$

$$C_{pe, C} = -0,5$$

# VĚTR PŘÍČNÝ - STŘECHA



$$e/4 = \frac{16}{4} = 4 \text{ m}$$

$$e/10 = \frac{16}{10} = 1,6 \text{ m}$$

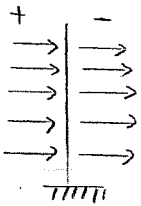
$$C_{pe, F} = -2,3$$

$$C_{pe, G} = -1,3$$

$$C_{pe, H} = -0,8$$

• PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ VĚTREM - BUDOVA "B + C"

TOZNAŤKA:



$$W_{ek} = q_b \cdot C_c(z) \cdot C_{pe}$$

OBLAST	VĚTR PŘÍČNÝ		VĚTR PODELNÝ			
	$C_{pe}$	$W_{ek}$	$C_{pe}$	$W_{ek}$		
A	-1,2	-0,75	-1,2	-0,75		
B	-0,8	-0,5	-0,8	-0,5		
C	-0,5	-0,31	-0,5	-0,31		
D	0,7	0,44	0,7	0,44		
E	-0,3	-0,19	-0,4	0,25		
STŘECHA			20° - Oblouk		10° - Sedlová	
F	-0,45	-0,28	-1,2	-0,25	-1,4	-0,87
G	-0,4	-0,25	-1,35	0,84	-1,3	-0,81
H	-0,15	-0,1	-0,7	-0,44	-0,65	-0,41
I	-0,5	-0,31	-0,5	-0,31	-0,5	-0,31
J	-0,7	-0,44				
A <sub>s</sub>	0,1	0,06				
B <sub>s</sub>	-0,7	-0,44				
C <sub>s</sub>	-0,5	-0,31				

PLOŠNÉ ZATÍŽENÍ VĚTRU - BUDOVA "A"

$$W_{ek} = q_p \cdot C_e(z) \cdot C_{pe} = 0,39 \cdot 1,2 \cdot C_{pe} = 0,47 \cdot C_{pe}$$

$$C_e(z) = 1,2$$

OBLAST	VĚTR PŘÍČNÝ		VĚTR PODELNÝ	
	$C_{pe}$	$W_{ek}$	$C_{pe}$	$W_{ek}$
A	-1,2	-0,56	-1,2	-0,56
B	-0,8	-0,38	-0,8	-0,38
C	-0,5	-0,24	—	
F	-2,3	-1,1	-2,1	-1
G	-1,3	-0,62	-1,8	-0,85
H	-0,8	-0,38	-0,6	-0,28
I	—		-0,5	-0,24
D	0,7	0,33		
E	-0,3	-0,15	-0,4	-0,2



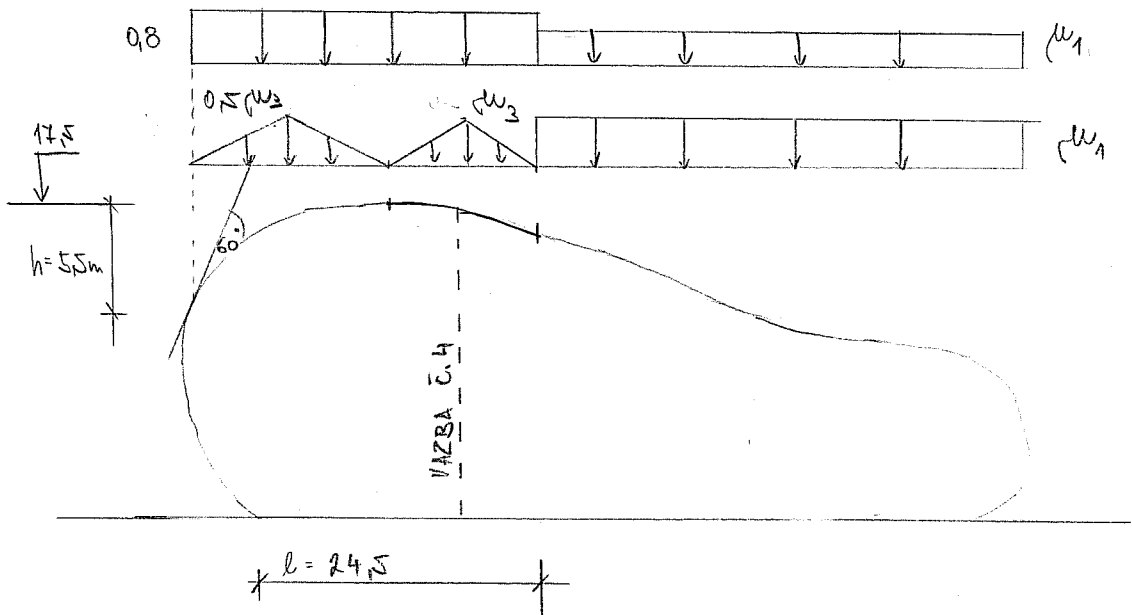
# ZATÍŽENÍ SNĚHEM

- LOKALITA: PRAHA ZÁBĚHLICE

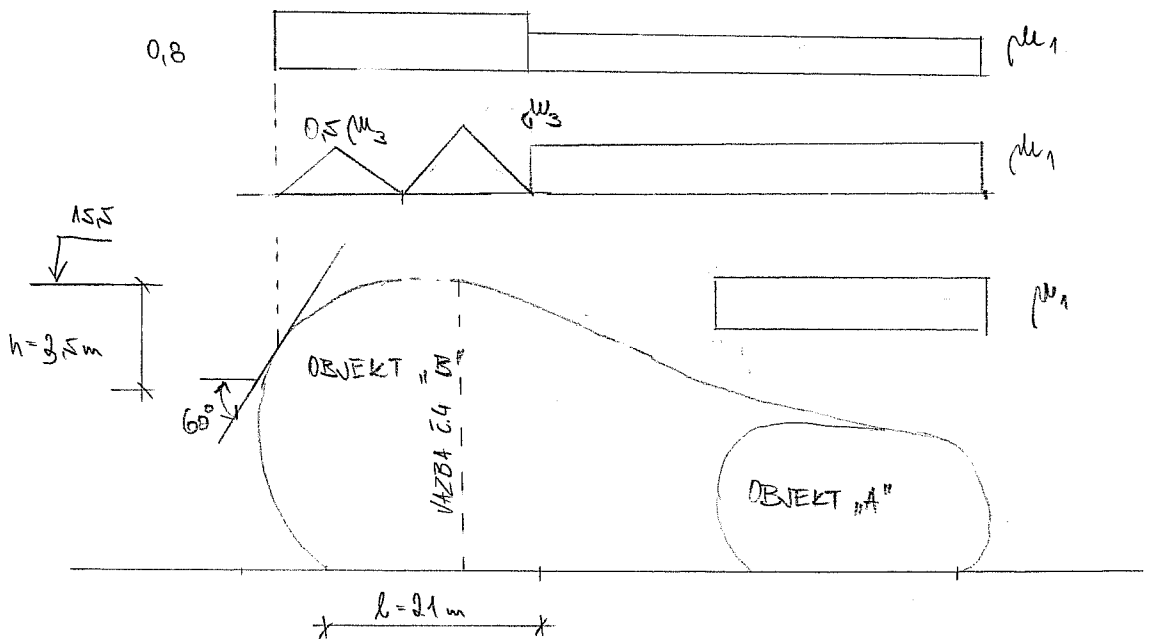
I. SNĚHOVÁ OBLAST -  $S_k = 0,7$

- PARAMETRY:
- SOUČINITEL EXPOZICE -  $C_e = 1,0$
  - SOUČINITEL TEPLA -  $C_{te} = 1,0$

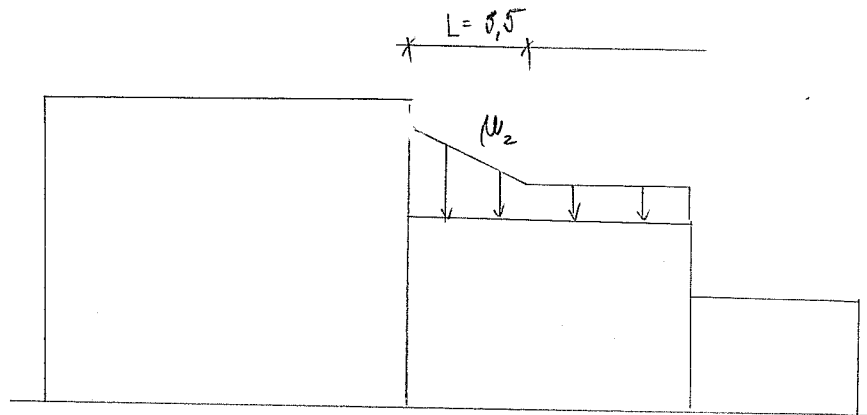
## • SCHEMA KONSTRUKCE - OBJEKT "C" -



## • SCHEMA KCE - OBJEKT "B" + OBJEKT "A"



• NAVEJE



• TVAROVÝ SOUČINITEL

$\mu_1 = 0,8$  (SKLON STŘECHY  $0^\circ < \alpha < 30^\circ$ )

$\mu_2 \Rightarrow$  OBJEKT "C"  $\eta/L = \frac{8,5}{24,5} = 0,22 \rightarrow \mu_3 = 2$

OBJEKT "B"  $\eta/L = \frac{3,5}{2,1} = 0,16 \rightarrow \mu_3 = 0,2 \cdot \left(\frac{8,5}{2,1}\right) \cdot 10 = 1,9$

$S_i = \mu_i \cdot C_e \cdot C_{te} \cdot S_{kz}$

$S_1 = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ KN/m}^2$

$S_{3,C1} = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ KN/m}^2$

$S_{3,C2} = 0,7 \text{ KN/m}^2 \rightarrow$  Budova "C"

$S_{3,B} = 1,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 = 1,33 \text{ KN/m}^2$

$\Rightarrow$  Budova "B"

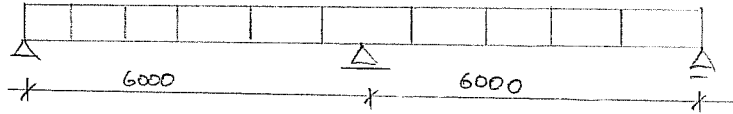
$\Rightarrow$  POZNÁMKA:

- BUDOVA "C" - NEJVÍCE ZATÍŽENA VAZBA Č.4 + PŘILEHLÉ PLNOSTĚNÉ VAZNICE

- BUDOVA "B" - NEJVÍCE ZATÍŽENA VAZBA Č.4

## STŘEŠNÍ TRAPEZOVÝ PLECH - OBJEKT "C"

### - STATICKÉ SCHEMA:



NÁVRH TR 160/250/1,00

$$- f_{jt} = 320 \text{ MPa}$$

• ÚNOSNOST :  $q_{rd} = 3,38 \text{ kN/m}^2$

$$q_{rk} = 5,34 \text{ kN/m}^2$$

- POSOUZENÍ MSP  $\sigma = \frac{L}{200}$

(HODNOTY - KOUPROF)

### - ZATÍŽENÍ

- rozhoduje kombinace stá'le' + sně'h

$$q_k = 0,6 + 1,4 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 0,82 + 2,1 = 2,92 \text{ kN/m}^2$$

### - POSOUZENÍ MSÚ

$$q_d = 2,92 \text{ kN/m}^2 < q_{rd} = 3,38 \text{ kN/m}^2$$

### - POSOUZENÍ MSP

$$q_k = 1,4 \text{ kN/m}^2 < q_{rk} = 5,34 \text{ kN/m}^2$$

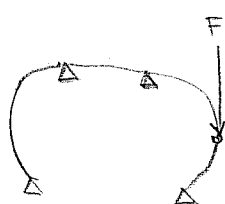
- PRŮMĚRNÉ ZATÍŽENÍ OD SNĚHY

# STŘEŠNÍ VAZNÍK - OBJEKT "A"

## ZS1 - STĚLE

### • STŘEŠNÍ PLOŠT

OZNAČENÍ	B [m]	$g_k$ [kN/m]	$f_k$ [kN/m]	$\gamma_G$	$f_{Ed}$ [kN/m]
- SPOJITÉ ZATÍŽENÍ $f_g$	4	0,61	2,44	1,35	3,3



- VL.TÍHA - VÝPOČET SOFTWARE

- OSAMĚLÉ BŘEMENO - ZAT. PLOCHA:  $A = 4 \cdot \frac{7000}{2} = 14 \text{ m}^2$

$F = 14 \cdot 4,07 = 57 \text{ kN}$  (charakter. hodnota)

- Od stropnice

## ZS2 - SNÍH ROVNOMĚRNĚ

ZATĚZ. STAV	B [m]	$s_{k,1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$s_{k,1}$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$s_{d,1}$ [kN/m]
S1	4	0,56	2,24	1,5	3,36

## ZS4 - VÍTR PŘÍČNĚ

$w_{F,G} = \frac{w_{F,2} + w_{G,2}}{4}$   
 $w_{F,G} = -0,86$

		B [m]	$w_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$w_k$ [kN/m]	$\gamma_Q$	$w_d$ [kN/m]
VAZNICE - STŘECHA	$w_{F,G}$	4	-0,86	-3,44	1,5	-5,16
	$w_H$	4	-0,38	-1,52	1,5	2,28
VAZNICE - STĚNA	$w_D$	4	0,33	1,32	1,5	2
	$w_E$	4	-0,15	-0,6	1,5	-0,9

# ZSS - VĚTR PODELNĚ

		B [m]	$w_{EK}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$w_k$ [kN/m]	$\rho_q$	$w_p$ [kN/m]
VĚZVICE - STŘECHA	$w_{F,H}$	4	-0,64	-2,56	1,5	-3,84
	$w_{F,G}$	4	-0,57	-2,28	1,5	-3,42
VĚZVICE - STĚNA	$w_{A,B}$	4	-1	-4	1,5	-6

$$w_{F,H} = \frac{F \cdot 2 + H \cdot 2}{4}$$

$$w_{F,H} = -0,64$$

$$w_{F,G} = \frac{G \cdot 2 + H \cdot 2}{4}$$

$$w_{F,G} = -0,57$$

$$w_{A,B} = \frac{w_{A,2} + w_{B,2}}{4}$$

$$w_{A,B} = -1$$

KOMBINACE:

$$C01 = ZS1 + ZS2$$

$$C02 = ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS4$$

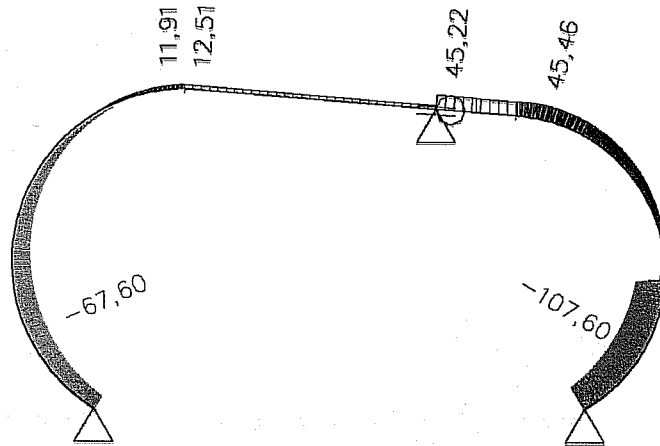
$$C03 = ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS5$$

$$C05 = ZS1 + ZS4$$

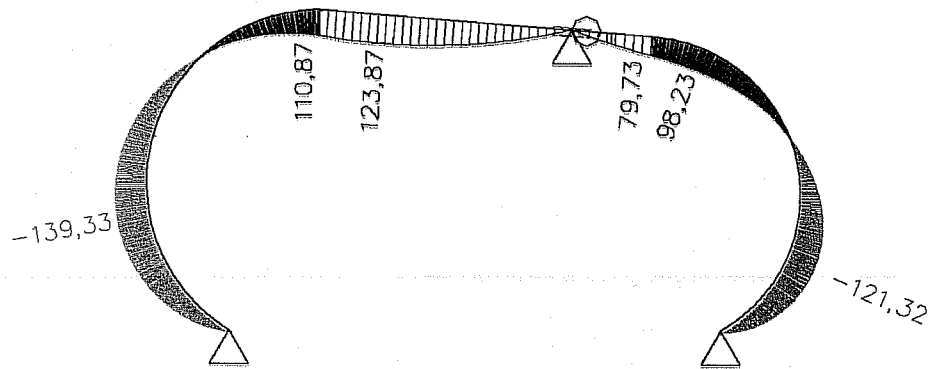
$$C06 = ZS1 + ZS5$$

KOMBINACE CO1 – ZS1 + ZS2

CO1 - N (kN)

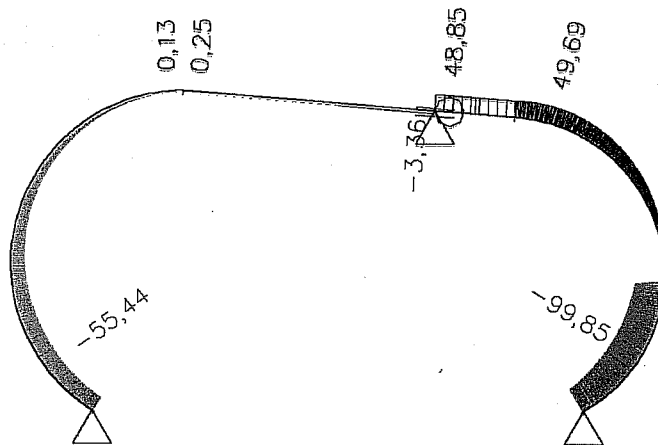


CO1 - My (kNm)

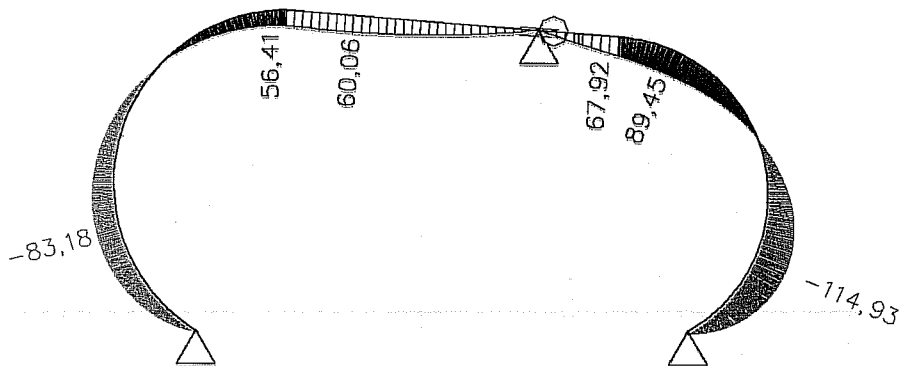


KOMBINACE CO2 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS4

CO2 - N (kN)

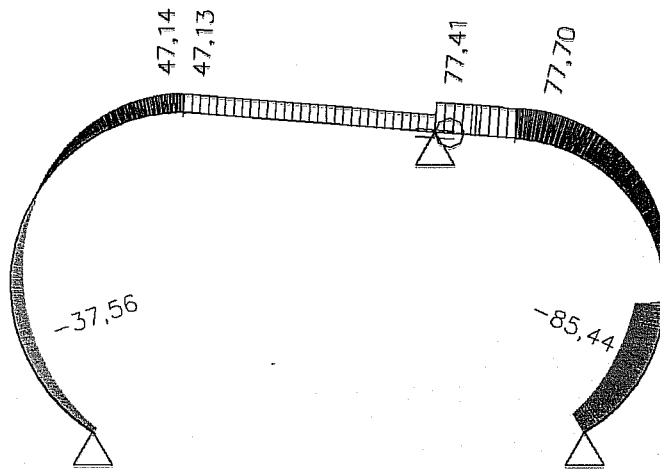


CO2 - My (kNm)

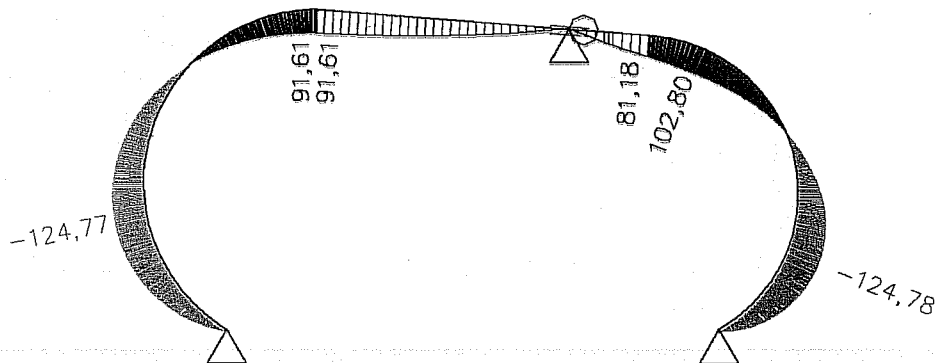


KOMBINACE CO3 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS5

CO3 - N (kN)



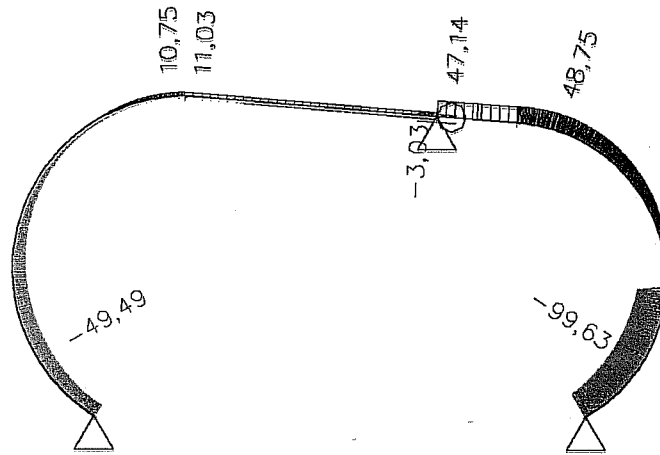
CO3 - My (kNm)



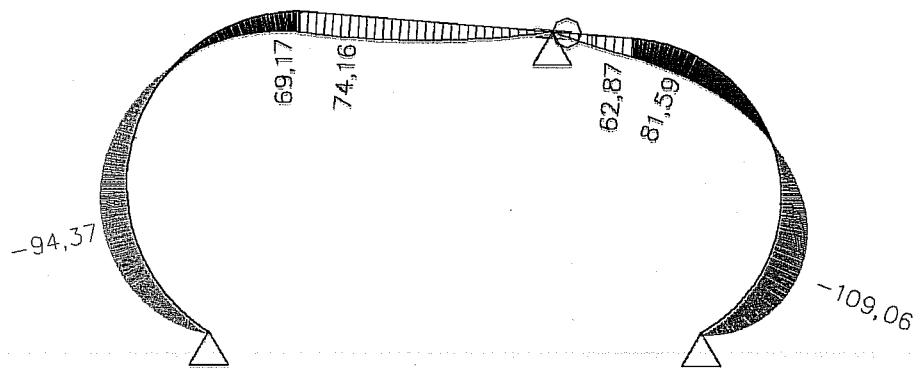


KOMBINACE CO5 – ZS1 + ZS4

CO5 - N (kN)

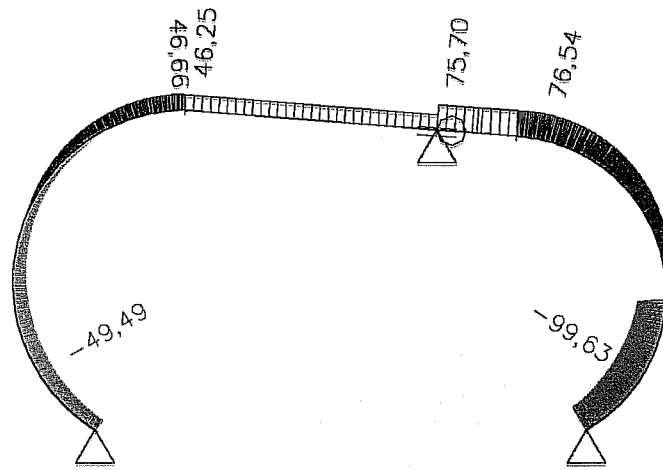


CO5 - My (kNm)

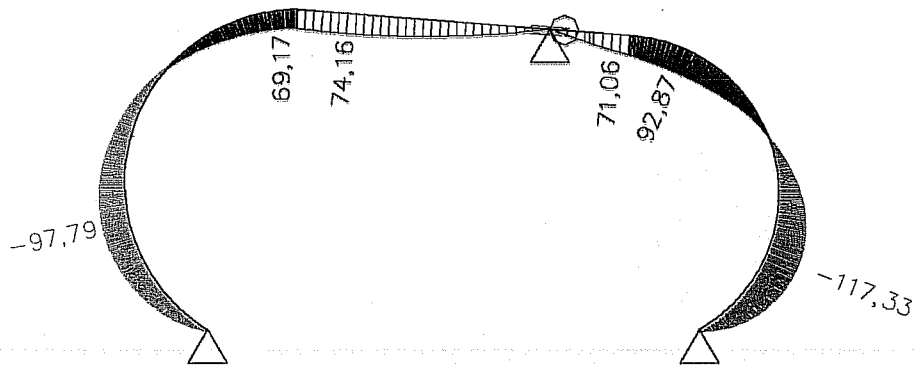


KOMBINACE CO6 – ZS1 + ZS5

CO6 - N (kN)

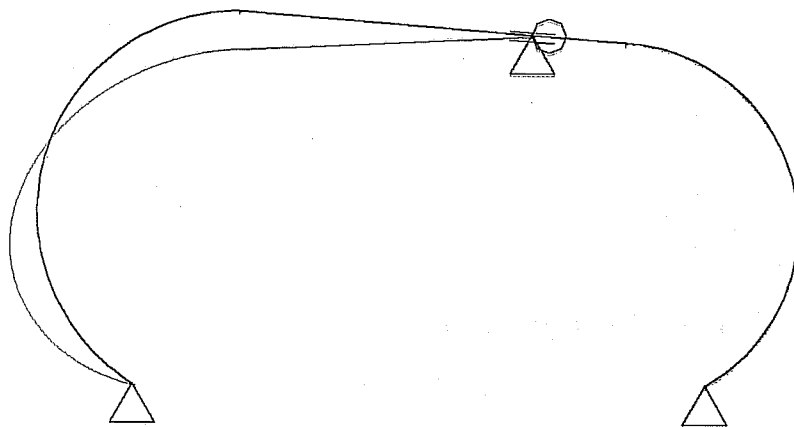


CO6 - My (kNm)



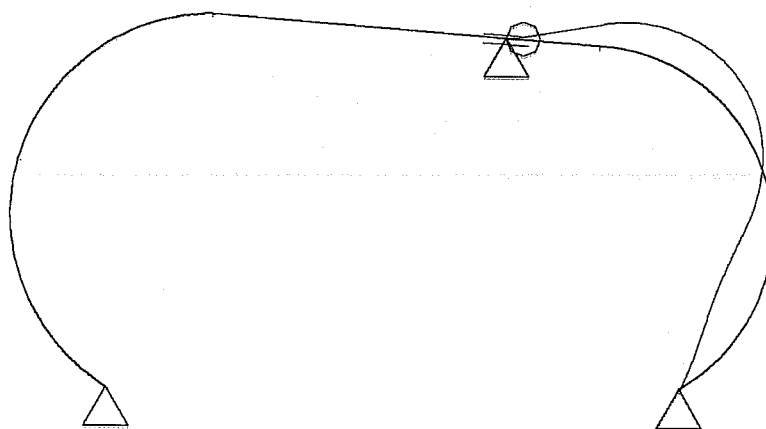
### C01 – výpočet stability – 1. vlastní tvar

$\alpha_{cr} = 68,55$  (součinitel kritického zatížení)



### C01 – výpočet stability – 2. vlastní tvar

$\alpha_{cr} = 101,16$  (součinitel kritického zatížení)



## NAVRH STŘEŠNÍHO VAZNIKU - OBJEKT "A"

- ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE : C01 :

- PRAVÁ ČÁST :  $N_{Ed} = -67,6 \text{ kN}$   $N_{cr} = 68,55$  (1. vl. tvar)  
 $M_{yEd} = -139,33 \text{ kNm}$

- LEVÁ ČÁST :  $N_{Ed} = -107,6 \text{ kN}$   $N_{cr} = 101,16$  (2. vl. tvar)  
 $M_{yEd} = -121,32 \text{ kNm}$

### NAVRH HEB 260

$$A = 11,84 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 149,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,PL} = 1283 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{\pm} = 1238 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 753,7 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$i_y = 112,3 \text{ mm}$$

$$I_2 = 51,35 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

TŘÍDA PRŮŘEZU

OHYB - 1

TLAK - 1

### POSOUZENÍ PRAVÉ ČÁSTI :

- VÝPOČET STABILITY: 1. VL. TVAR -  $N_{cr} = 68,55$

$$-\bar{\chi}_y = \sqrt{\frac{N_{cr}}{k_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot f_d}{k_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{11,84 \cdot 10^3 \cdot 355}{68,55 \cdot 67,6 \cdot 10^3}} = 0,95 \Rightarrow \chi_y = 0,629$$

-  $L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$  (vzdálenost příčné vazby)

-  $L_{LT} = 21,400 \text{ m}$

### KLOPENÍ

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_{\pm}}} = \frac{\pi}{1 \cdot 21400} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 753,7 \cdot 10^9}{80,7 \cdot 10^3 \cdot 1238 \cdot 10^3}} = 0,185$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{wt} = 1,13 + 0 = 1,13$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{1,13}{1} \cdot \sqrt{1 + 0,185^2} = 1,15$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_{\pm}}}{L} = 1,15 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 51,35 \cdot 10^6 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 1238 \cdot 10^3}}{21400} = 175,23 \text{ kNm}$$

$$\bar{\chi}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,PL} \cdot f_d}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1283 \cdot 10^3 \cdot 355}{175,23 \cdot 10^6}} = 1,61$$

$\Rightarrow$  KŘIVKA KLOPENÍ "a"  $\Rightarrow \chi_{LT} = 0,33$

$$c_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_{in} = 0,95$$

$$N_{RK} = A \cdot f_d$$

$$= 11,84 \cdot 10^3 \cdot 355$$

$$= 4203,2 \text{ kN}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} \cdot (1 + (\bar{\alpha}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\sigma_y \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} = 0,95 \cdot \left( 1 + (0,95 - 0,2) \cdot \frac{67,6}{0,629 \cdot 4203,2} \right) = 0,97 \\ c_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\sigma_y \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,95 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{67,6}{0,629 \cdot 4203,2} \right) = 0,97 \end{array} \right.$$

$$M_{RK} = W_{y,pl} \cdot f_d$$

$$= 1283 \cdot 10^3 \cdot 355$$

$$= 455,46 \text{ kNm}$$

### PODMĚNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed}}{\sigma_y \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{j,Ed}}{\sigma_{LT} \cdot \frac{M_{j,RK}}{\gamma_{M1}}} < 1$$

$$\frac{67,6}{0,629 \cdot 4203,2} + 0,97 \cdot \frac{139,33}{0,33 \cdot 455,46} = 0,026 + 0,89 = \underline{\underline{0,916}} < 1$$

Vyhovuje

- Normálová síla nerozhoduje, rozhodující je moment a klopení  $\Rightarrow$  O NÁVRHU ROZHODUJE PRAVÁ ČÁST

### MSP

$$j_{Lim} = \frac{L}{250} = \frac{21400}{250} = 85,6 \text{ mm}$$

- SNÍH:  $j_{max} = 25,8 \text{ mm}$

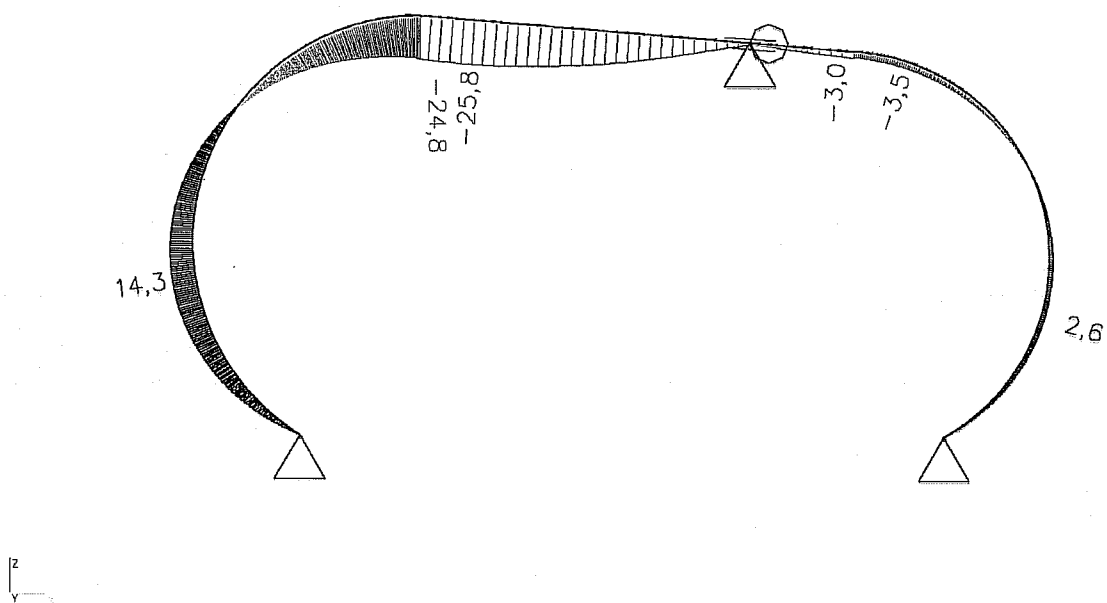
- VĚTR PŘÍTVY:  $j_{max} = 22,2 \text{ mm}$

- DEFORMACE VIZ PŘÍLOHA

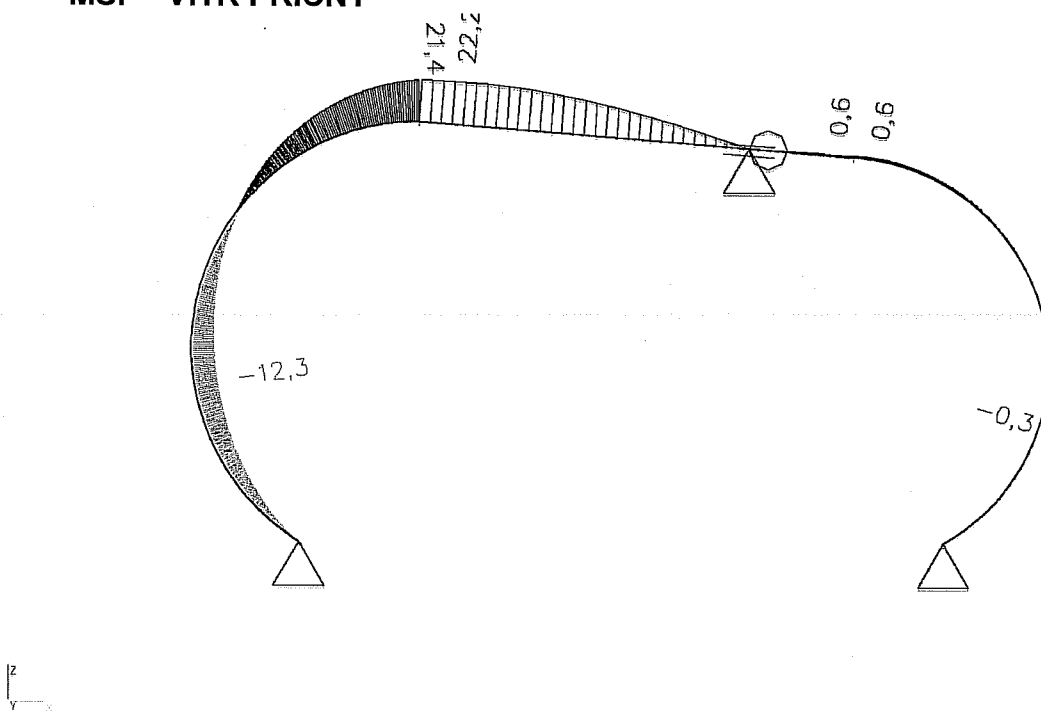
## MSP – OMEZENÍ DEFORMACÍ

Poznámka: Pro určení deformací je rozhodující zatížení od sněhu. Deformace je určena od charakteristického zatížení ( $g_r = 1,0$ ). Výpočet deformací byl spočten v programu Scia engineer 2010.1. Deformace od větru je připojena pro přehlednost.

### MSP - SNÍH



### MSP - VÍTR PŘÍČNÝ



PLNOSTĚNÁ VAZNICE - OBJEKT „B“

ZS1 - STAĽE

OZNAČENÍ	B [m]	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_k$ [kN/m]	$\rho_g$	$f_D$ [kN/m]
- SPOJITE ZAT - f <sub>1</sub>	3,55	0,61	2,17	1,35	2,93

ZS2 - SNÍH ROVNOMĚRNĚ

OZNAČENÍ	B [m]	$S_{k,1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$S_{k,1}$ [kN/m]	$\rho_Q$	$S_{D,1}$ [kN/m]
S <sub>1</sub>	3,55	0,56	2	1,5	3

ZS3 - SNÍH NEROVNOMĚRNĚ

OZNAČENÍ	B [m]	$S_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$S_k$ [kN/m]	$\rho_Q$	$S_D$ [kN/m]
S <sub>3,B1</sub>	3,55	0,7	2,5	1,5	3,75
S <sub>3,B2</sub>	3,55	1,4	5	1,5	7,5

## ZS4 - VÍTR PŘÍČNÝ

		B [m]	$W_{EK}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_K$ [kN/m]	$\mu_Q$	$W_D$ [kN/m]
STROPNICE	$W_{OS}$	3,55	-0,31	-1,1	1,5	-1,65
- STŘECHA	$W_{BS}$	3,55	-0,44	-1,56	1,5	-2,34
	$W_{HS}$	3,55	-0,1	-0,355	1,5	-0,53
STROPNICE	$W_D$	3,55	0,44	1,56	1,5	2,34
- STĚNA	$W_E$	3,55	-0,2	-0,71	1,5	-1,07

## ZS5 - VÍTR PODELNÝ

		B [m]	$W_{EK}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_K$ [kN/m]	$\mu_Q$	$W_D$ [kN/m]
STROPNICE	$W_{I,10^\circ}$	3,55	-0,31	-1,1	1,5	-1,65
STŘECHA	$W_{I,20^\circ}$	3,55	-0,31	-1,1	1,5	-1,65
STROPNICE STĚNA	$W_B$	3,55	-0,5	-1,8	1,5	-2,7

KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

$$C01 = ZS1 + ZS2$$

$$C02 = ZS1 + ZS3$$

$$C03 = ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS4$$

$$C04 = ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS5$$

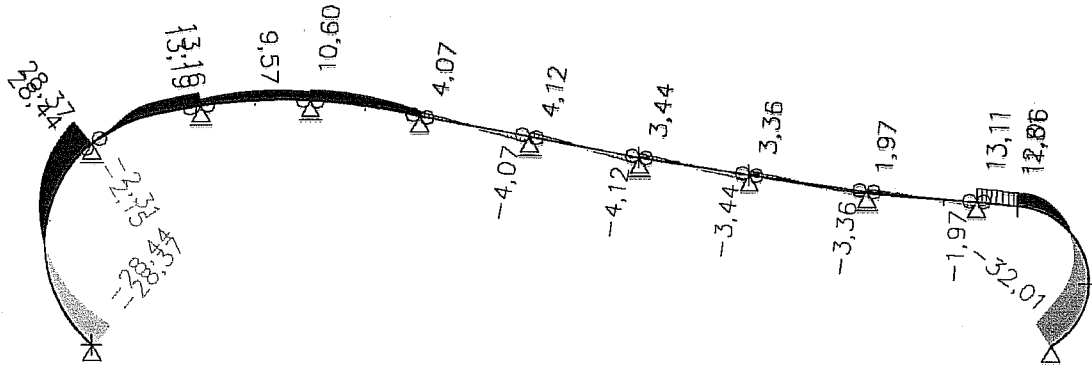
$$C05 = ZS1 + ZS4$$

$$C06 = ZS1 + ZS5$$

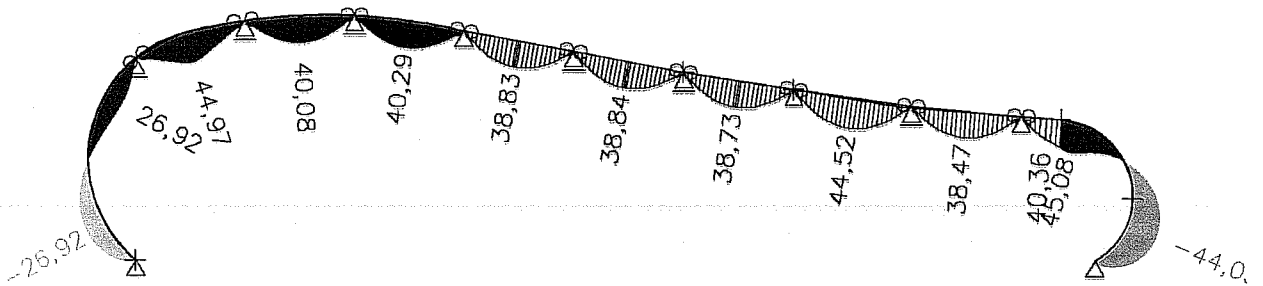


**KOMBINACE CO1 – ZS1 + ZS2**

**CO1 - N (kN)**

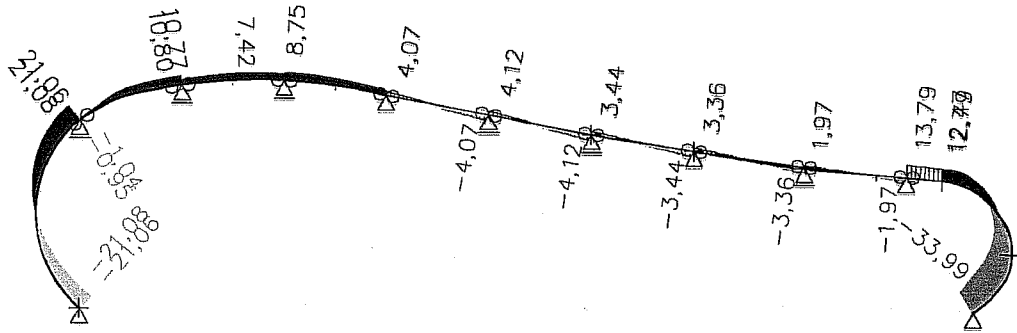


**CO1 - My (kN)**

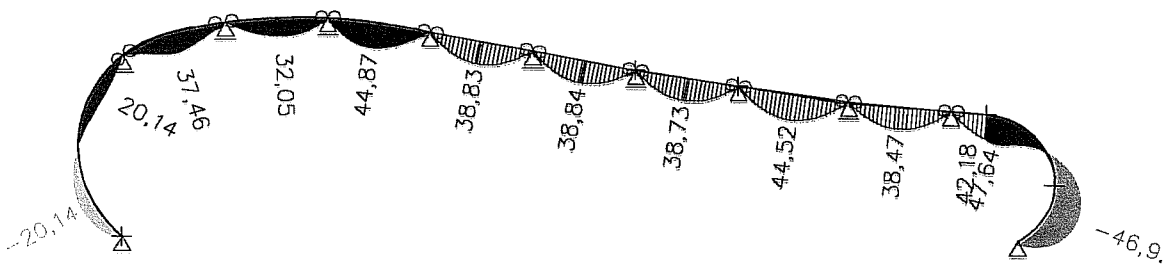


**KOMBINACE CO2 – ZS1 + ZS3 – (rozhodující kombinace pro pravý oblouk)**

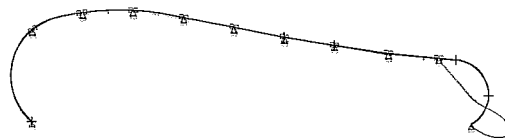
**CO2 - N (kN)**



**CO2 - My (kN)**

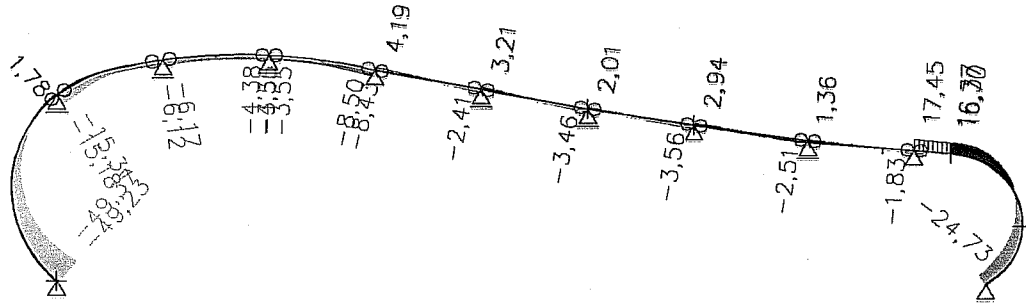


**CO2 – výpočet stability – 1. vlastní tvar -  $\alpha_{cr} = 64,31$  (součinitel kritického zatížení)**

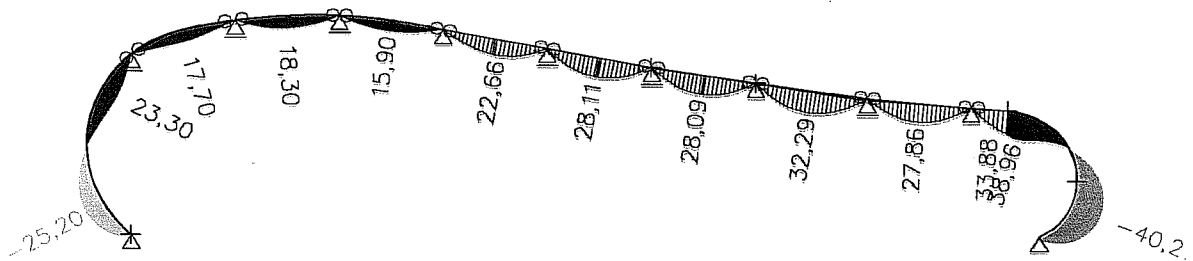


**KOMBINACE CO3 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS4 – (rozhodující kombinace pro levý oblouk)**

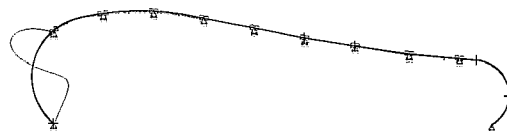
**CO3 - N (kN)**



**CO3 - My (kN)**

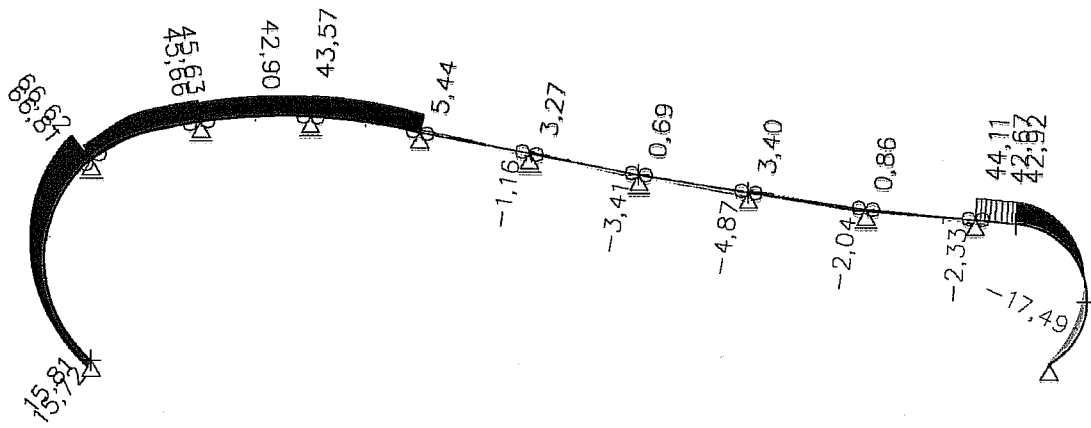


**CO3 – výpočet stability – 1. vlastní tvar -  $\alpha_{cr} = 43,7$  (součinitel kritického zatížení)**

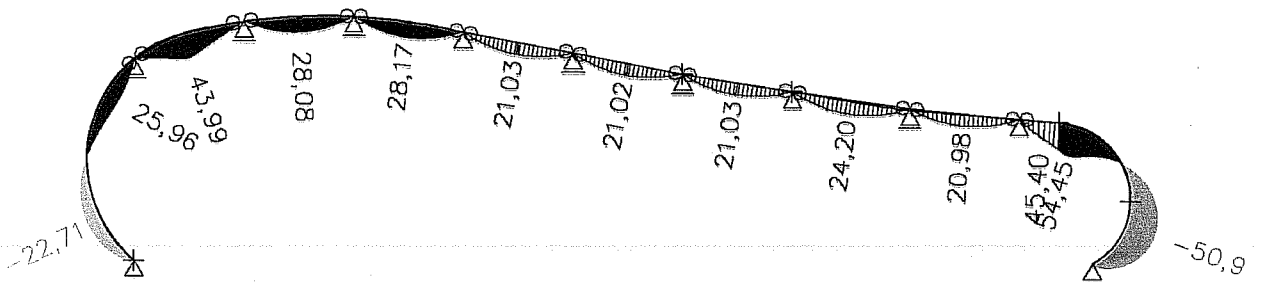


KOMBINACE CO4 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS5

CO4 - N (kN)

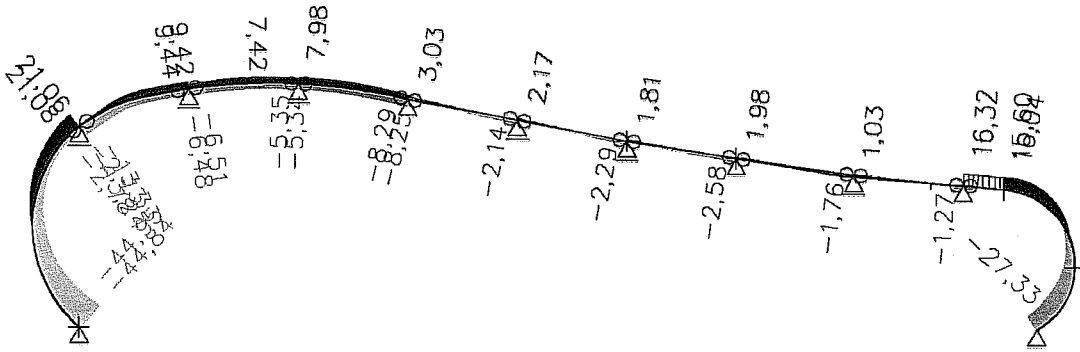


CO4 - My (kN)

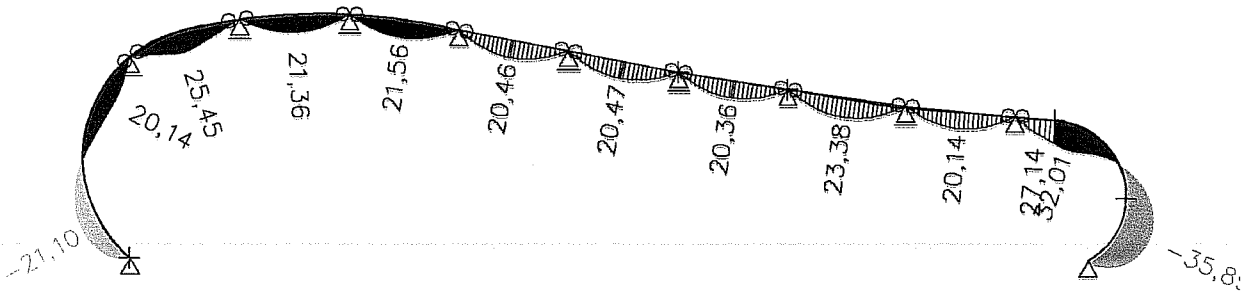


KOMBINACE CO5 – ZS1 + ZS4

CO5 - N (kN)

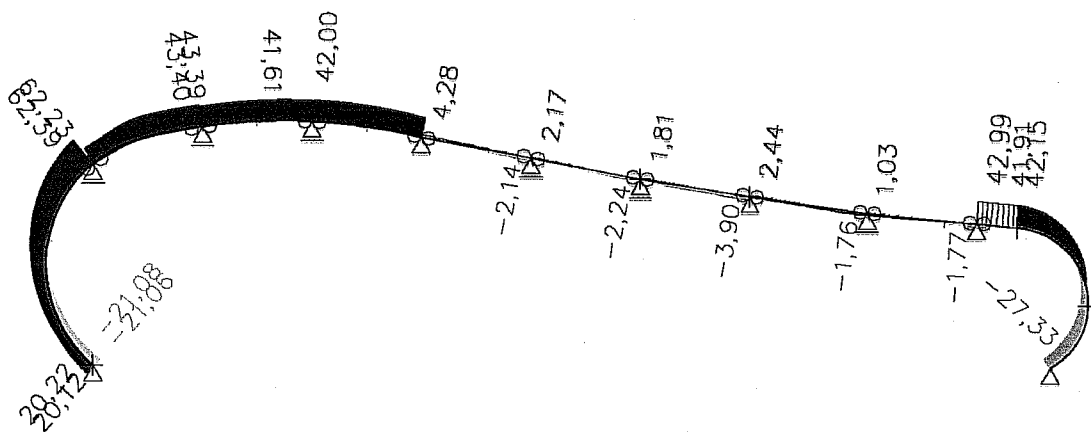


CO5 - My (kN)

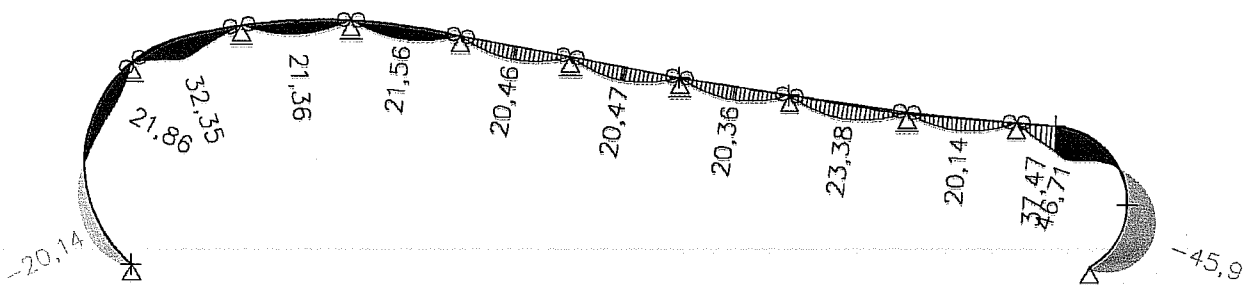


KOMBINACE CO6 – ZS1 + ZS5

CO6 - N (kN)



CO6 - My (kN)



## NÁVRH STŘEŠNÍ VAZUICE - OBJEKT "B"

ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE:

- PŘEDNÍ OBLOUK: CO3 -  $N_{Ed} = -49,23 \text{ kN}$

-  $M_{Ed} = -25,2 \text{ kNm}$

- ZADNÍ OBLOUK: CO2 -  $N_{Ed} = -33,99 \text{ kN}$

-  $M_{Ed} = -46,92 \text{ kNm}$

$\lambda_{cr} = 64,31$

### NÁVRH HEB 180

$A = 6,525 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

$I_y = 38,31 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$I_z = 13,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$W_{y,pl} = 481,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$I_{\pm} = 421,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$

$I_w = 93,75 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$

$\lambda_y = 76,6 \text{ mm}$

$\lambda_z = 45,7 \text{ mm}$

### POSOUZENÍ - PŘEDNÍ OBLOUK

- výpočet stability: 1. vlastní tvar  $\lambda_{cr} = 43,7$

$$\bar{\chi} = \sqrt{\frac{N_{Rk}}{\lambda_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{6,525 \cdot 10^3 \cdot 355}{43,7 \cdot 49,23 \cdot 10^3}} = 1,04 \quad \beta_{cr} = 0,572$$

$L_{crz} = 7000 \text{ mm}$  (ztláčení tahly + převě výztuh)

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{7000}{43,7 \cdot 939,981} = 2,01 \quad \beta_{z,c} = 0,18$$

$L_{LT} = 14600 \text{ mm}$  (veliká oblouk)

KLOPENÍ:

$k_z = 1$

$k_w = 1$

$$k_{w\pm} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_{\pm}}} = \frac{\pi}{1 \cdot 14600} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 93,75 \cdot 10^9}{80,7 \cdot 10^5 \cdot 421,6 \cdot 10^3}} = 0,164$$

$c_1 = c_{1,0} + (c_{1,10} - c_{1,0}) \cdot k_{w\pm} = 1,13$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{w\pm}^2} = \frac{1,13}{1} \cdot \sqrt{1 + 0,164^2} = 1,15$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi^2 \sqrt{EI_z \cdot G \cdot I_{\pm}}}{L} = 1,15 \cdot \frac{\pi^2 \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 13,63 \cdot 10^6 \cdot 80,7 \cdot 10^5 \cdot 421,6 \cdot 10^3}}{14600} = 77,22 \text{ kNm}$$

$$\bar{\chi}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,pl} \cdot f_d}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{481,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{77,22 \cdot 10^6}} = 1,48$$

$\Rightarrow$  kritika klopení "b"  $\Rightarrow \lambda_{LT} = 9,35$

$$C_{MLT} = 0,6 + 0,4 \psi$$

$$= 0,6$$

$$N_{RK} = 6,525 \cdot 10^3 \cdot 355$$

$$= 2316,4 \text{ kN}$$

$$M_{RK} = 481,4 \cdot 10^3 \cdot 355$$

$$= 170,9 \text{ kNm}$$

$$C_{My} = 0,95 + 0,05 \cdot \psi_{y1} = 0,95$$

$$k_{y1} = \min \left\{ \begin{aligned} & C_{My} \cdot \left( 1 + (\bar{x}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{k_{y1} \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,95 \cdot \left( 1 + (1,04 - 0,2) \cdot \frac{49,23 \cdot 10^3}{0,572 \cdot 2316,4 \cdot 10^3} \right) = 0,98 \\ & C_{My} \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{k_{y1} \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,95 \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{49,23 \cdot 10^3}{0,572 \cdot 2316,4 \cdot 10^3} \right) = 0,98 \end{aligned} \right.$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{aligned} & 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{z}_z}{(C_{MLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{k_{z1} \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 2,01}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{49,23 \cdot 10^3}{0,18 \cdot 2316,4 \cdot 10^3} = 0,93 \\ & 1 - \frac{0,1}{(C_{MLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{k_{z2} \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} = 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{49,23 \cdot 10^3}{0,18 \cdot 2316,4 \cdot 10^3} = 0,966 \end{aligned} \right.$$

### PODMĚRY SPOLEHLIVOSTI

$$\bullet \frac{N_{Ed}}{k_{y1} \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + k_{y1} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{N_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} < 1$$

$$\frac{49,23 \cdot 10^3}{0,572 \cdot 2316,4 \cdot 10^3} + 0,98 \cdot \frac{252}{0,35 \cdot 170,9} = 0,087 + 0,41 = 0,497 < 1$$

vhovuje

$$\bullet \frac{N_{Ed}}{k_{z1} \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{N_{LT} \cdot \frac{M_{z,RK}}{\gamma_{M1}}} < 1$$

$$\frac{49,23 \cdot 10^3}{0,18 \cdot 2316,4} + 0,966 \cdot \frac{252}{0,35 \cdot 170,9} = 0,12 + 0,42 = 0,54 < 1$$

vhovuje



## POSOUZENÍ ZADNÍ OBLOUK

$$N_{Ed} = 33,99 \text{ kN} \quad - \text{KOMBINACE COZ}$$

$$M_{j,Ed} = 46,92 \text{ kNm} \quad - \text{STABILITA : } \lambda_{cr} = 64,31 \text{ (1. v.l. tvar)}$$

$$\bar{\lambda}_0 = \sqrt{\frac{N_{Ed}}{\lambda_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{4203,2}{64,31 \cdot 33,99}} = 1,88 \quad \mu_{y,0} = 0,428$$

$$L_{cr,z} = 3500 \text{ mm (tráva drážka)} \quad \bar{\lambda}_{z,cr} = 1,0 \quad \Rightarrow \mu_{z,0} = 0,54$$

$$L_{LT} = 14900 \text{ mm}$$

## KLOPENÍ

$$k_z = 1$$

$$k_w = 1$$

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

$$c_{1,1} = 1,13$$

$$k_{\omega z} = \frac{\eta}{1,14900} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 93,75 \cdot 10^9}{80,7 \cdot 10^3 \cdot 421,6 \cdot 10^3}} = 0,16$$

$$c_1 = 1,13$$

$$\mu_{cr} = \frac{1,13}{1} \cdot \sqrt{1 + 0,16^2} = 1,14$$

$$M_{cr} = 1,14 \cdot \frac{\eta \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 1363 \cdot 10^6 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 421,6 \cdot 10^3}}{14900} = 75 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{481,4 \cdot 10^3 \cdot 355}{75}} = 1,50$$

$$\Rightarrow \mu_{LT,0} = 0,342$$

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

$$c_{mLT} = 0,6$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,95 \cdot \left( 1 + (1,138 - 0,2) \cdot \frac{33,99}{0,428 \cdot 2316,4} \right) = 0,988 \\ 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{33,99}{0,428 \cdot 2316,4}) = 0,976 \end{array} \right.$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 \cdot 1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{33,99}{0,54 \cdot 2316,4} = 0,99 \\ 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{33,99}{0,54 \cdot 2316,4} = 0,99 \end{array} \right.$$

## Podmínky SPOLEHLIVOSTI

- OSA "y"

$$N_{EK} = 2316,4 \text{ kN}$$

$$M_{EK} = 170,9 \text{ kNm}$$

$$\frac{33,99}{0,428 \cdot 2316,4} + 0,976 \cdot \frac{46,92}{0,342 \cdot 170,9} = 0,034 + 0,784 = 0,818 < 1$$

Vyhovuje

- OSA "z"

$$\frac{33,99}{0,54 \cdot 2316,4} + 0,99 \cdot \frac{46,92}{0,342 \cdot 170,9} = 0,027 + 0,795 = 0,822 < 1$$

Vyhovuje



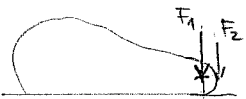
# PLUOSTĚNÁ VAZNICE - OBJEKT "C"

## ZS1 - STÁLE'

### • STŘEŠNÍ PLOŠT'

OZNAČENÍ	B [m]	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_k$ [kN/m]	$\rho_Q$	$f_D$ [kN/m]
-SPOJITĚ ZATÍŽENÍ $f_d$	6	0,61	3,86	1,35	4,941

-OSAMĚL. BŘEMENO



= VLASTNÍ TÍHA - VÝPOČET SOFTWARE

• OSAMĚLÉ BŘEMENO - STROPUICE + PRŮVLAK ; ZAT. PLOCHA =  $6 \times 4,725 = 28,35 \text{ m}^2$

$$F_1 = 28,35 \cdot 4,07 = 115,4 \text{ kN (char. hodnota)}$$

$$F_2 = \left(\frac{2 \cdot 4,7}{2} \cdot 6\right) \cdot 4,07 = 29,92 \text{ kN (char. hodnota)}$$

### ZS2 - SNÍH ROVNOMĚRNĚ

ZATĚŽOVACÍ STAV	B [m]	$s_{k,1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$s_{k,1} \cdot B$ [kN/m]	$\rho_Q$	$s_{D,1}$ [kN/m]
S <sub>1</sub>	6	0,56	3,36	1,5	5,04

### ZS3 - SNÍH NEROVNOMĚRNĚ

ZATĚŽOVACÍ STAV	B [m]	$s_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$s_k \cdot B$ [kN/m]	$\rho_Q$	$s_D$ [kN/m]
S <sub>3,01</sub>	6	0,7	4,2	1,5	6,3
S <sub>3,02</sub>	6	1,4	8,4		12,6

## ZSH - VĚTR PŘÍČNÝ

		B [m]	$W_{EK}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_K$ [kN/m]	$f_{Q}$	$W_D$ [kN/m]
STROPNICE - STŘECHA	$W_{CS}$	6	-0,31	-1,86	1,5	2,8
	$W_{BS}$	6	-0,44	-2,64	1,5	-3,96
STROPNICE - STĚNA	$W_D$	6	0,44	2,64	1,5	3,96
	$W_E$	6	-0,2	-1,2	1,5	-1,8

## ZSJ - VĚTR PODELNÝ

		B [m]	$W_{E,K}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_K$ [kN/m]	$f_{Q}$	$W_D$ [kN/m]
STROPNICE - STŘECHA	$W_{H,20}$	6	-0,44	-2,64	1,5	-3,96
	$W_{H,10}$	6	-0,44	-2,46	1,5	-3,69
- STROPNICE - STĚNA	$W_A$	6	-1,07	-6,4	1,5	-9,6
		6			1,5	

- NEJVÍCE ZATÍŽENA! STROPNICE-STĚNA - ROZMEZI PLOCH A + B

$$W_A = \frac{W_{E,A} \cdot 4 + W_{E,B} \cdot 2}{B} = \frac{-1,2 \cdot 4 + (-0,8) \cdot 2}{6} = -1,07 \text{ kN/m}^2$$

• KOMBINACE ZAT. STAVŮ

---

$$C01 = ZS1 + ZS2$$

$$C02 = ZS1 + ZS3$$

$$C03 = ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS4$$

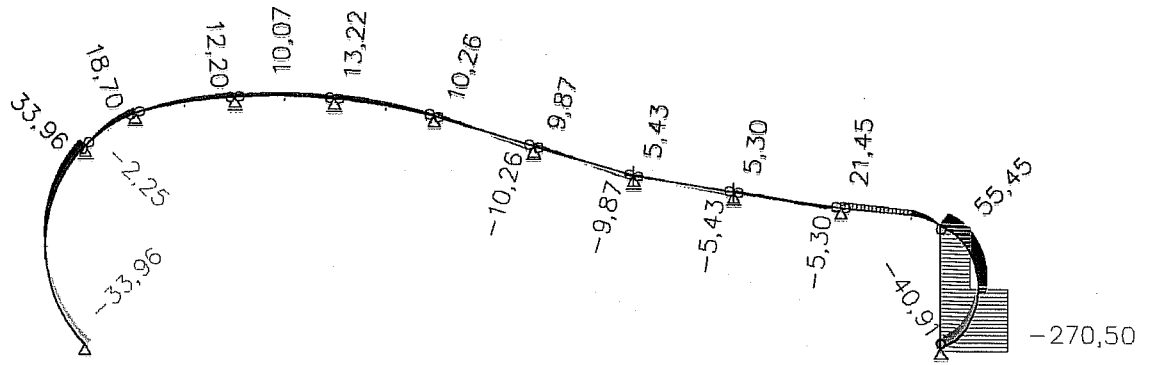
$$C04 = ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS5$$

$$C05 = ZS1 + ZS4$$

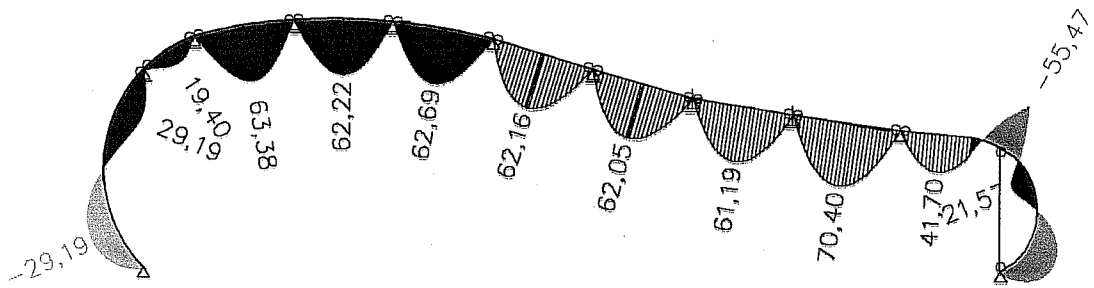
$$C06 = ZS1 + ZS5$$

KOMBINACE CO1 – ZS1 + ZS2

CO1 - N (kN)

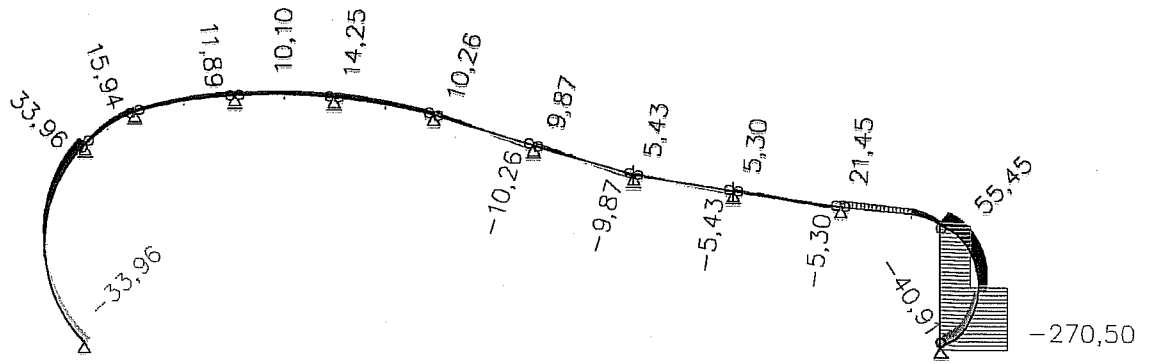


CO1 - My (kNm)

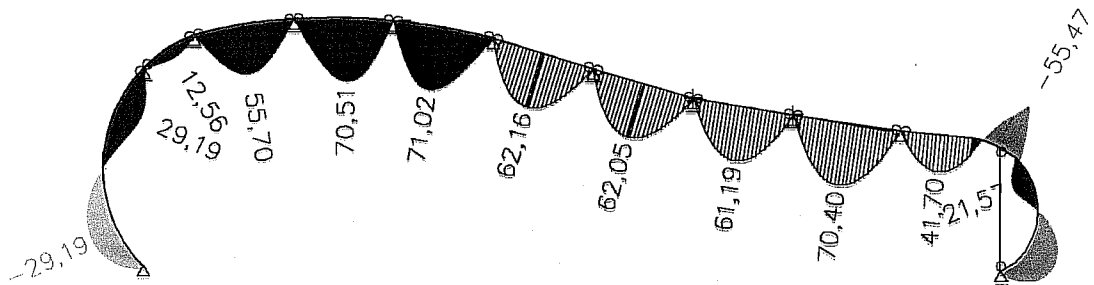


**KOMBINACE CO2 – ZS1 + ZS3 – (rozhodující kombinace pro pravý oblouk)**

**CO2 - N (kN)**



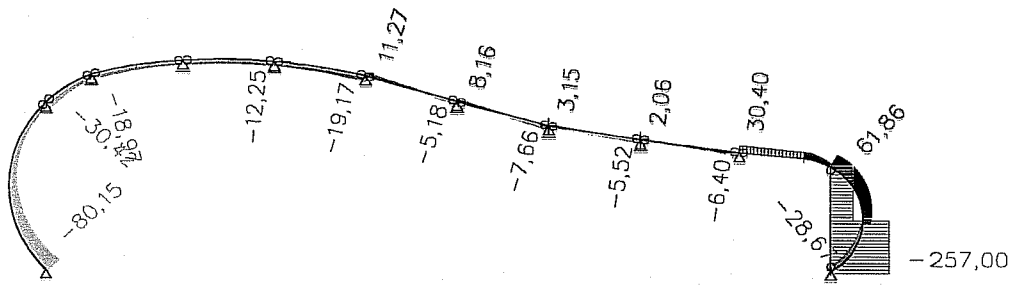
**CO2 - My (kNm)**



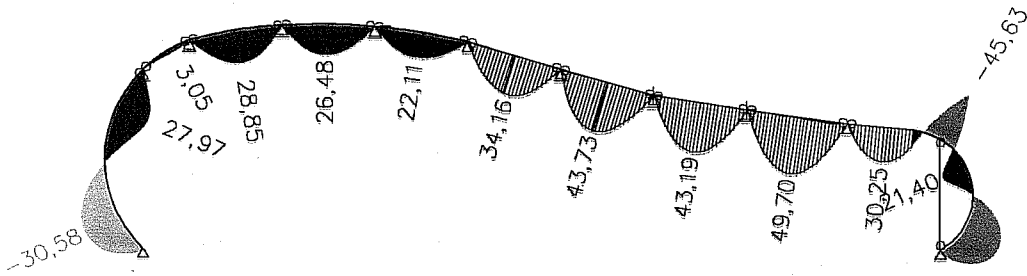


**KOMBINACE CO3 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS4 – (rozhodující kombinace pro levý oblouk)**

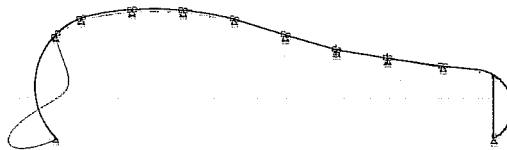
**CO3 - N (kN)**



**CO3 - My (kNm)**

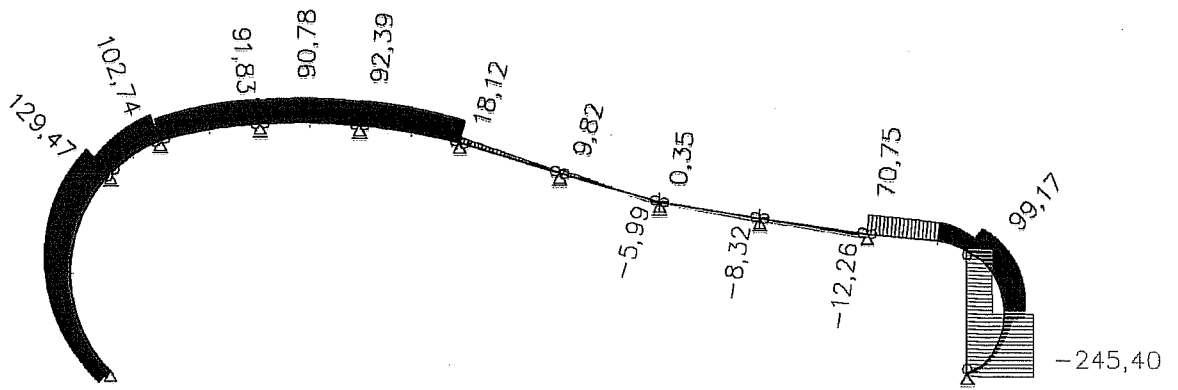


**C03 – výpočet stability – 1. vlastní tvar -  $\alpha_{cr} = 21,76$  (součinitel kritického zatížení)**

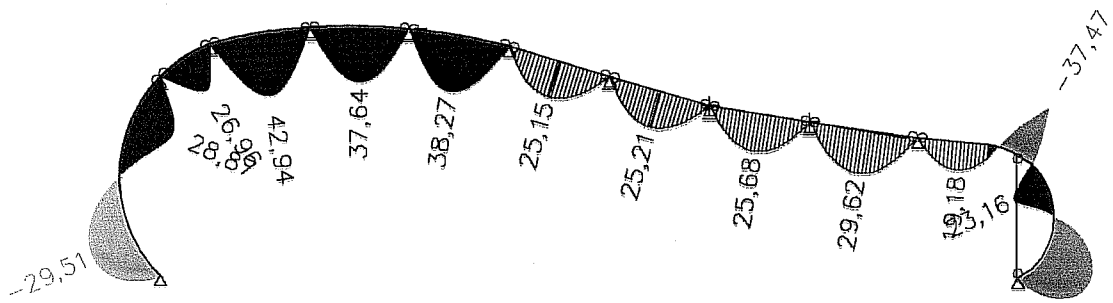


KOMBINACE CO4 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS5

CO4 - N (kN)

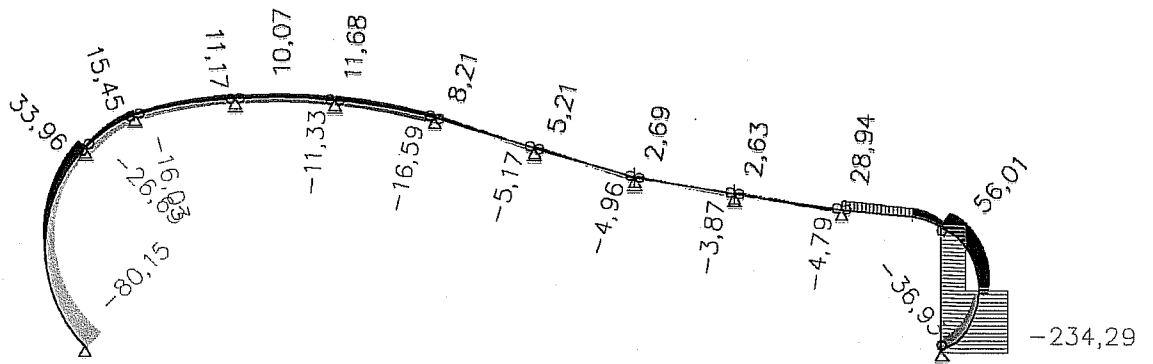


CO4 - My (kNm)

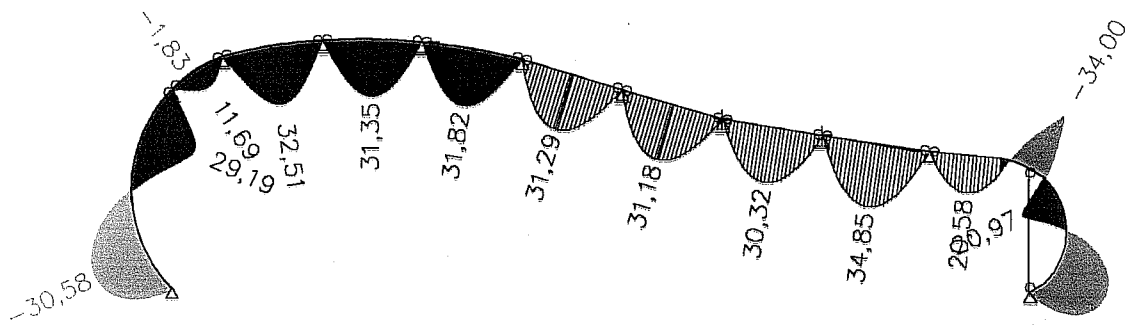


KOMBINACE CO5 – ZS1 + ZS4

CO5 - N (kN)

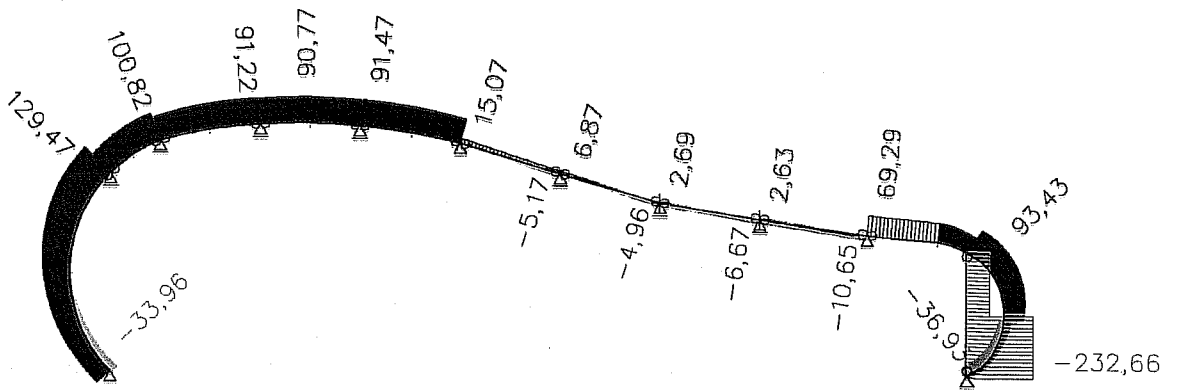


CO5 - My (kNm)

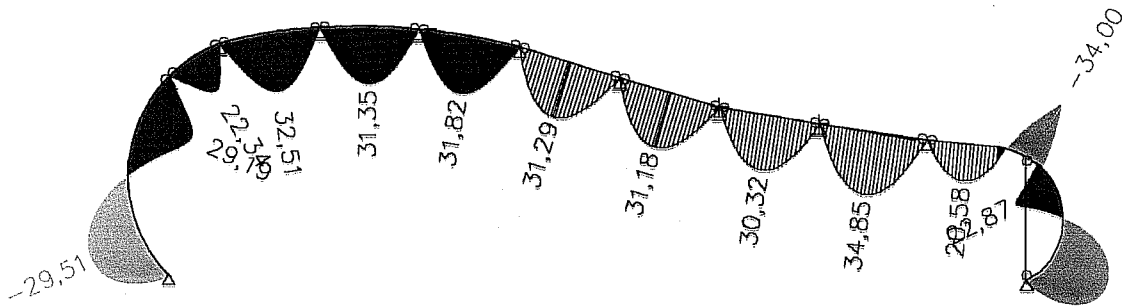


KOMBINACE CO6 – ZS1 + ZS5

CO6 - N (kN)



CO6 - My (kNm)



# NÁVRH STŘEŠNÍ VAZNICE - OBJEKT "C"

ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE:

- PŘEDNÍ OBLOUK: C03  $N_{ed} = -80,15 \text{ kN}$

$M_{y,ed} = -30,58 \text{ kNm}$

- ZADNÍ OBLOUK: C02  $N_{ed} = -40,91 \text{ kN}$

$M_{y,ed} = +55,45 \text{ kNm}$

## POSOUZENÍ PŘEDNÍ OBLOUK

- Výpočet stability - 1. v. l. tvar -  $\alpha_{br} = 21,76$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{N_{RE}}{N_{cr, Ned}} = \frac{\sqrt{2771,34}}{21,76 \cdot 80,15} = 1,26 \Rightarrow \beta_{y,b} = 0,447$$

$L_{br,z} = 7000 \text{ mm}$  (ztužení tahty)

$$\bar{\lambda}_z = 1,81 \Rightarrow \beta_{z,c} = 0,232$$

$$L_{LT} = 15400 \text{ mm}$$

## KLOPENÍ

$$N_{RE} = A \cdot f_f \\ = 7,808 \cdot 10^3 \cdot 355 \\ = 2771,84 \text{ kN}$$

$$k_{WE} = \frac{\eta}{1,15400} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 171,1 \cdot 10^9}{80,7 \cdot 10^3 \cdot 592,6 \cdot 10^3}} = 0,177$$

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

$$c_{br} = \frac{1,13}{1} \cdot \sqrt{1 + 0,177^2} = 1,148$$

$$M_{cr} = 1,148 \cdot \frac{\eta \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 20,03 \cdot 10^6 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 592,6 \cdot 10^3}}{15400} = 105,05 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{d,PL} \cdot f_f}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{642,5 \cdot 10^3 \cdot 355}{105,05 \cdot 10^6}} = 1,47$$

$\Rightarrow$  KŘIVKA KLOPENÍ "b"  $\Rightarrow \beta_{LT} = 0,354$

c - 1/

## NÁVRH HEB 200

$$A = 7,808 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 57,0 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 20,03 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{d,PL} = 642,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{\pm} = 592,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 171,1 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$i_y = 85,4 \text{ mm}$$

$$i_z = 50,6 \text{ mm}$$

$$c_{mj} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_n = 0,95$$

$$c_{mLT} = 0,6 + 4 \cdot 0,4 = 0,6$$

$$N_{EK} = 2771,84 \text{ kN}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,95 \cdot (1 + (1,26 - 0,2) \cdot \frac{80,15}{0,447 \cdot 2771,84}) = 0,99 \\ 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{80,15}{0,447 \cdot 2771,84}) = 0,99 \end{array} \right.$$

$$M_{EK} = W_{j,pl} \cdot f_d \\ = 228,09 \text{ kNm}$$

$$k_{zj} = \max \left\{ \begin{array}{l} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,51}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{80,15}{0,232 \cdot 2771,84} = 0,99 \\ = 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{80,15}{0,232 \cdot 2771,84} = 0,97 \end{array} \right.$$

### PODMI'UKY SPOLEHLIVOSTI

- k ose "y"

$$\frac{80,15}{0,447 \cdot 2771,84} + 0,99 \cdot \frac{30,58}{0,354 \cdot 228,09} = 0,061 + 0,375 = 0,436 < 1$$

Vyhovuje

• k ose "z"

$$\frac{80,15}{0,232 \cdot 2771,84} + 0,97 \cdot \frac{30,58}{0,254 \cdot 228,09} = 0,125 + 0,367 = 0,492 < 1$$

Vyhovuje

POSOUZENÍ ZADNÍ OBLOK - BUDOVA

VNITŘNÍ SILY:  $N_{Ed} = -40,91 \text{ kN}$

$M_{j,Ed} = +55,45 \text{ kNm}$

$L_{dV,y} = 10200 \text{ mm}$

$\bar{\lambda}_y = \frac{10200}{\frac{85,4}{93,9 \cdot 0,81}} = 1,57 \rightarrow \chi_{y,0} = 0,318$

$L_{dV,z} = 5600 \text{ mm}$

$\bar{\lambda}_z = \frac{5600}{\frac{59,6}{93,9 \cdot 0,81}} = 1,45 \rightarrow \chi_{z,0} = 0,331$

KLOPENÍ

$L_{LT} = 10200 \text{ mm}$

$k_{\omega, \pm} = \frac{\uparrow}{10200} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 171,1 \cdot 10^9}{80,7 \cdot 10^2 \cdot 592,8 \cdot 10^3}} = 0,267$

$C_1 = 1,13$

$M_{\text{av}} = \frac{1,13}{1} \cdot \sqrt{1 + 0,267^2} = 1,17$

$M_{\text{av}} = 1,17 \cdot \frac{\uparrow \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 20,03 \cdot 10^6 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 592,8 \cdot 10^3}}{10200} = 161,65 \text{ kNm}$

$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{RK}}{M_{\text{av}}}} = \sqrt{\frac{228,09}{161,65}} = 1,18$

$\rightarrow$  kvůli klopení „b“  $\Rightarrow \chi_{LT} = 0,443$

$N_{RK} = 2771,84 \text{ kN}$

$M_{RK} = 228,09 \text{ kNm}$

$C_{1,10} = 1,13$

$C_{1,11} = 1,13$

$C_{m,y} = 0,95$

$C_{m,LT} = 0,6$

$k_{yy} = \min \begin{cases} 0,95 \cdot (1 + (1,57 - 0,2) \cdot \frac{40,91}{0,318 \cdot 2771,84}) = 1,0 \\ 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{40,91}{0,318 \cdot 2771,84}) = 0,985 \end{cases}$

$k_{zy} = \max \begin{cases} 1 - \frac{0,1 \cdot 1,45}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{40,91}{0,331 \cdot 2771,84} = 0,98 \\ 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{40,91}{0,331 \cdot 2771,84} = 0,98 \end{cases}$

## PODHÍNKY SPOLEHLIVOSTI

- k ose  $y'$

$$\frac{40,91}{0,318 \cdot 2771,84} + 0,985 \cdot \frac{55,45}{0,443 \cdot 228,09} = 0,046 + 0,541 = 0,587 < 1$$

Vyhovuje

- k ose  $z''$

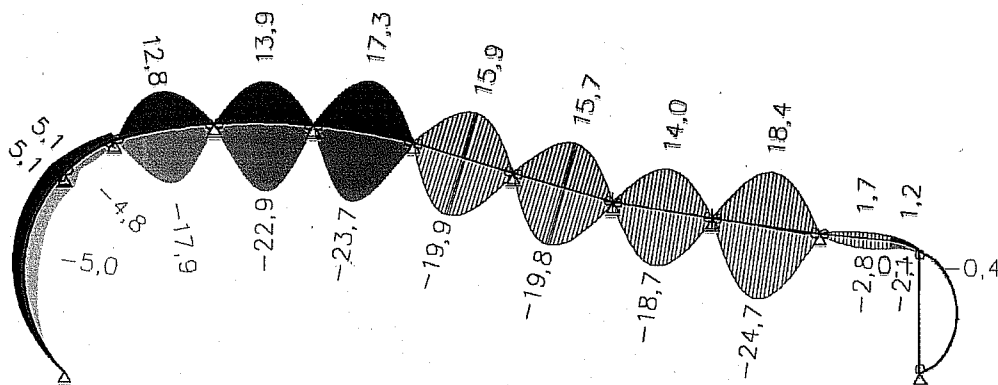
$$\frac{40,91}{0,331 \cdot 2771,84} + 0,98 \cdot \frac{55,45}{0,443 \cdot 228,09} = 0,044 + 0,537 = 0,581 < 1$$

Vyhovuje



## MSP – OMEZENÍ DEFORMACÍ

Poznámka: Pro určení deformací je rozhodující ZS2 (sníh rovnoměrně). Deformace je určena od charakteristického zatížení ( $g_f = 1,0$ ). Výpočet deformací byl spočten v programu Scia engineer 2010.1. Deformace od ZS4 (vítr příčný), ZS5 (vítr podélný) – kladný směr deformace. Jsou přiloženy pro přehlednost.



$$\text{PŘEDNÍ OBLOUK. } J_{\text{Lim}} = \frac{15360}{250} = 61,44 \text{ mm}$$

$$\text{Pole: } J_{\text{Lim}} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

## PŘÍČNÁ VAZBA -

- ZS1 - ZSS => REAKCE DO PŘÍHRADOVÉHO NOSNÍKU

### ZSH - VÍTR PŘÍČNÝ

• ZATÍŽENÍ STĚNA

OZNAČENÍ	B [m]	$w_{EK}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$w_k$ [kN/m]	$\rho_R$	$w_D$ [kN/m]
② $w_{A,B}$	7	-0,625	-4,375	1,5	6,56

$$w_{A,B} = \frac{w_{A,3,5} + w_{B,3,5}}{B}$$

$$w_{A,B} = -0,625$$

② - ŘADA SLOUPŮ

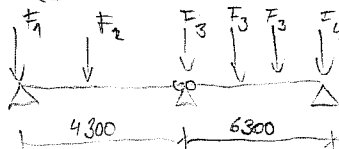
### ZSS - VÍTR PODELVÁ

• ZATÍŽENÍ STĚNA

OZNAČENÍ	B [m]	$w_{EK}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$w_k$ [kN/m]	$\rho_R$	$w_D$ [kN/m]
$w_D$	7	0,44	3,1	1,5	4,65
$w_E$	7	-0,25	-1,75	1,5	-2,63

• OBJEKT "B"

REAKCE OD STŘEPNÍC:



• Stěže!

$$F_1 = 4,07 \cdot 7 \cdot \frac{2,15}{2} = 30,63 \text{ kN}$$

$$F_2 = 4,07 \cdot 7 \cdot 2,15 = 61,25 \text{ kN}$$

$$F_3 = 4,07 \cdot 7 \cdot 2,1 = 59,83 \text{ kN}$$

$$F_4 = 4,07 \cdot 7 \cdot \frac{2,1}{2} = 29,92 \text{ kN}$$

• UŽITNÉ!

$$F_{1,Q} = 2,3 \cdot 7 \cdot \frac{2,15}{2} = 17,3 \text{ kN}$$

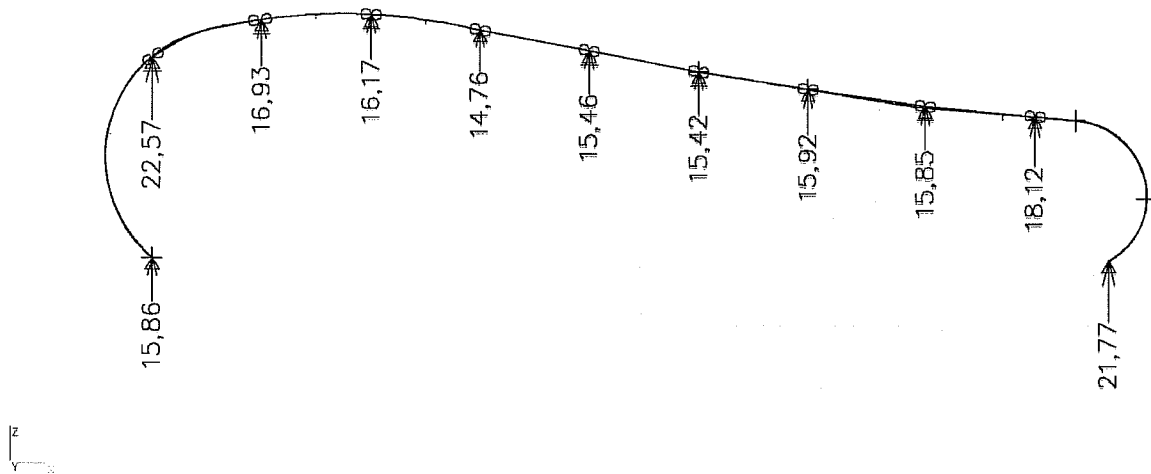
$$F_{2,Q} = 2,3 \cdot 7 \cdot 2,15 = 34,62 \text{ kN}$$

$$F_{3,Q} = 2,3 \cdot 7 \cdot 2,1 = 33,81 \text{ kN}$$

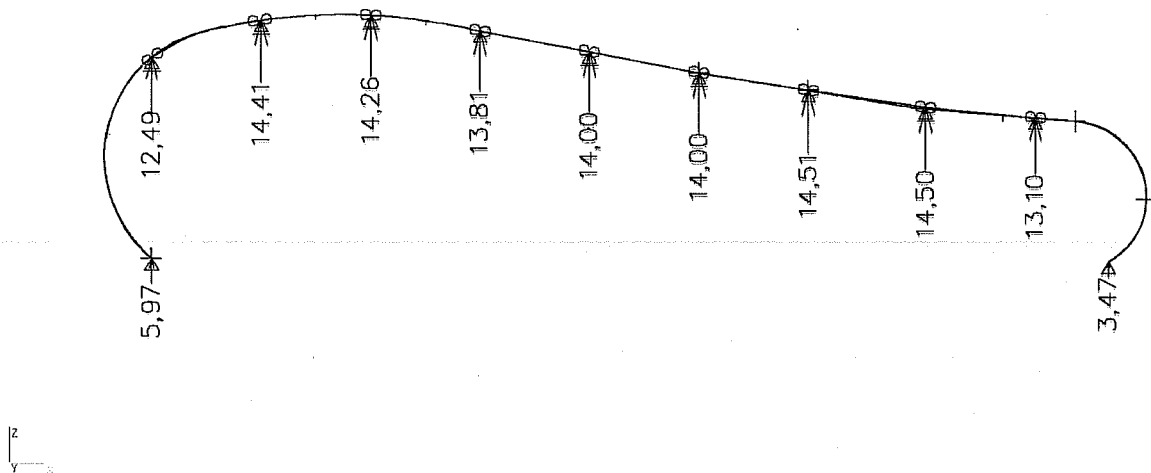
$$F_{4,Q} = 2,3 \cdot 7 \cdot \frac{2,1}{2} = 16,9 \text{ kN}$$

REAKCE ZATÍŽENÍ - OBJEKT "B" (char. hodnoty)

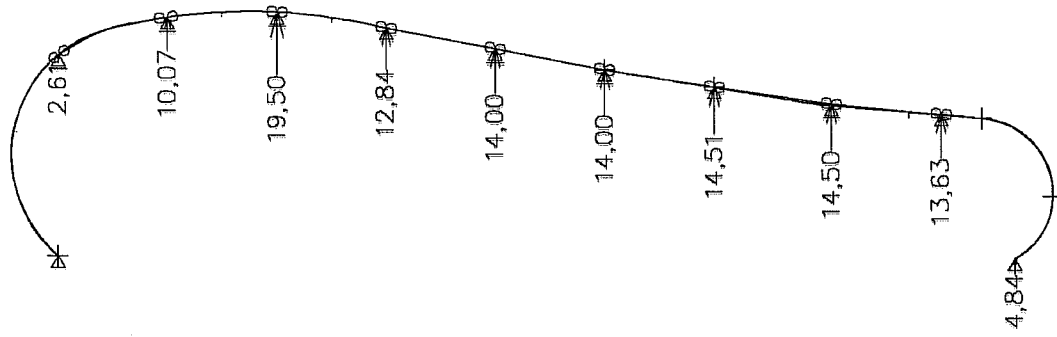
ZS1 - Rz,k (kN)



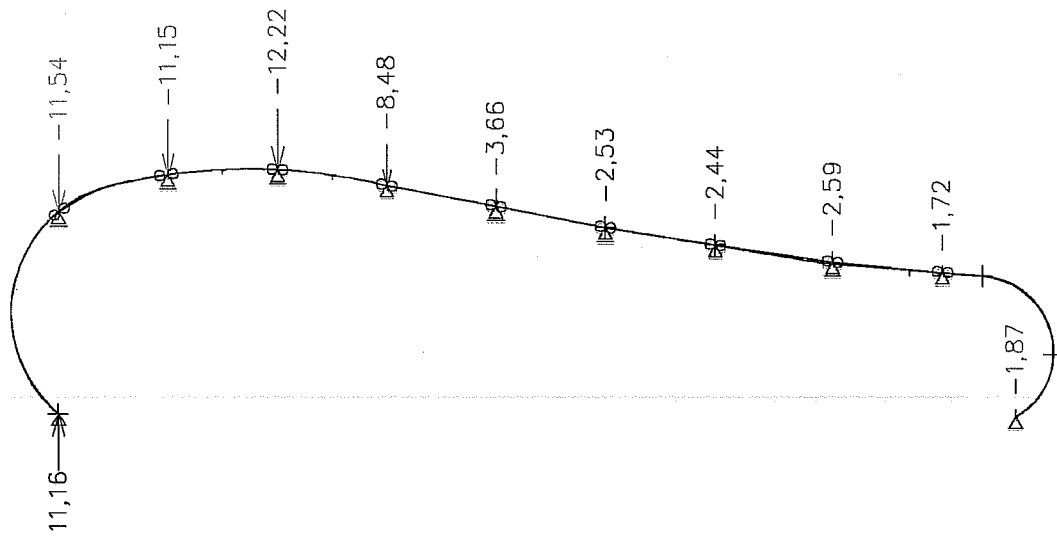
ZS2 - Rz,k (kN)



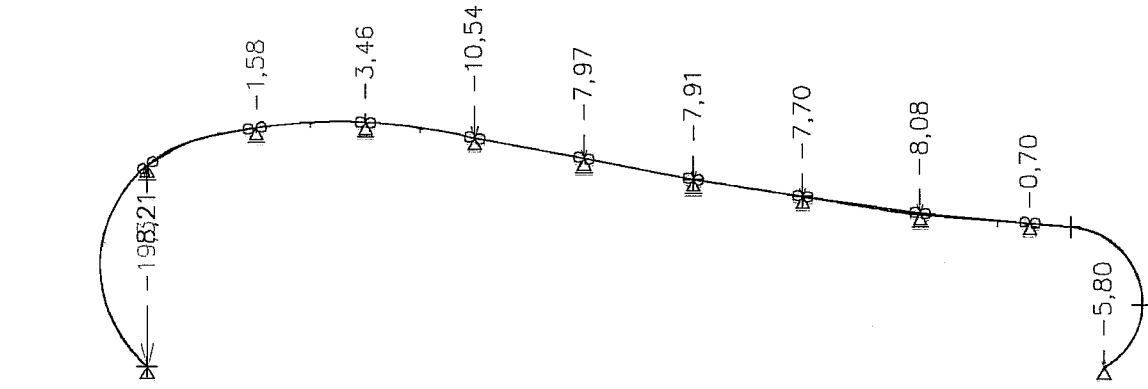
### ZS3 - Rz,k (kN)



### ZS4 - Rz,k (kN)

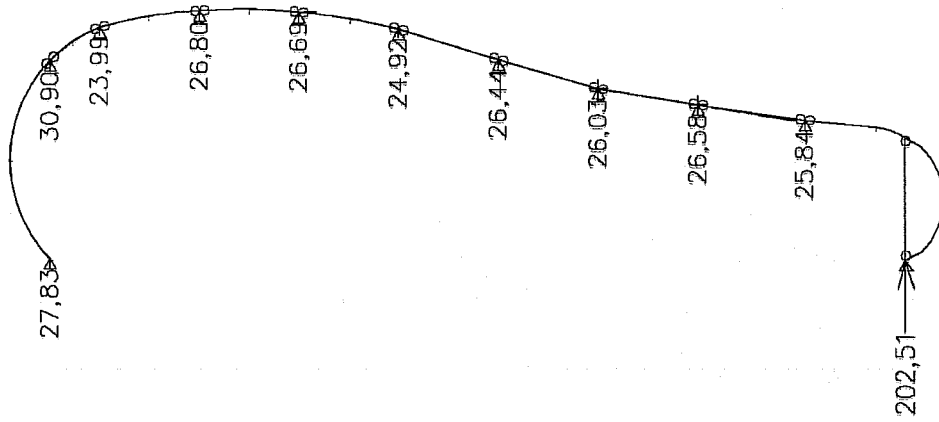


ZS5 - Rz,k (kN)

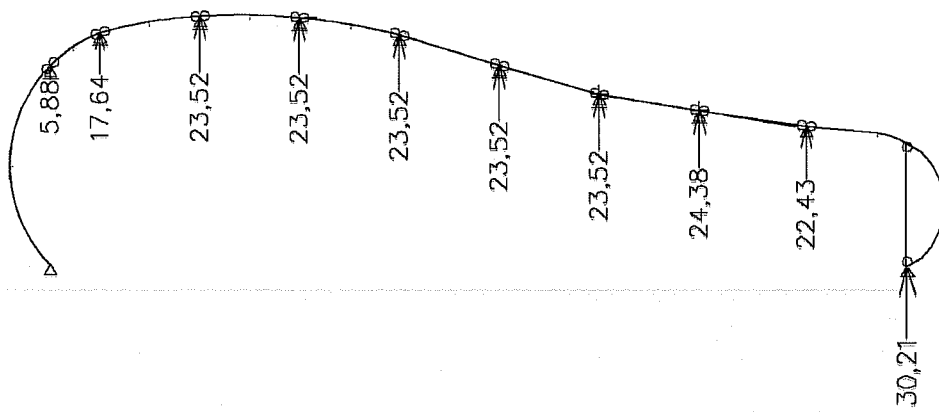


REAKCE ZATÍŽENÍ - OBJEKT "C" (char. hodnoty)

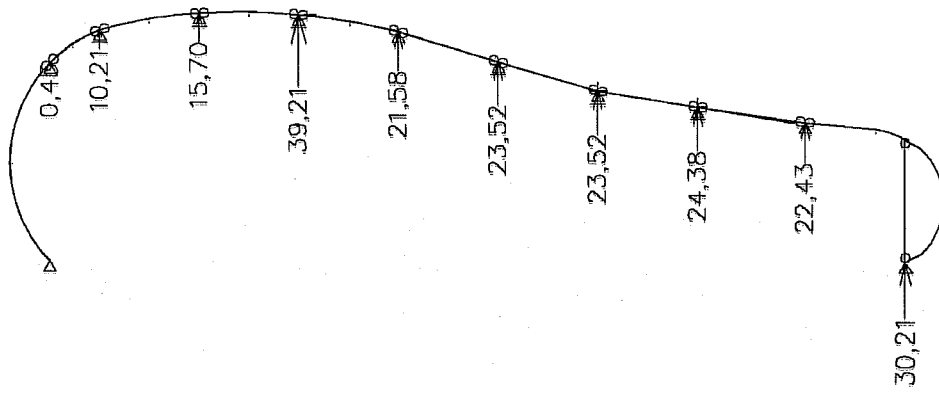
ZS1 - Rz,k



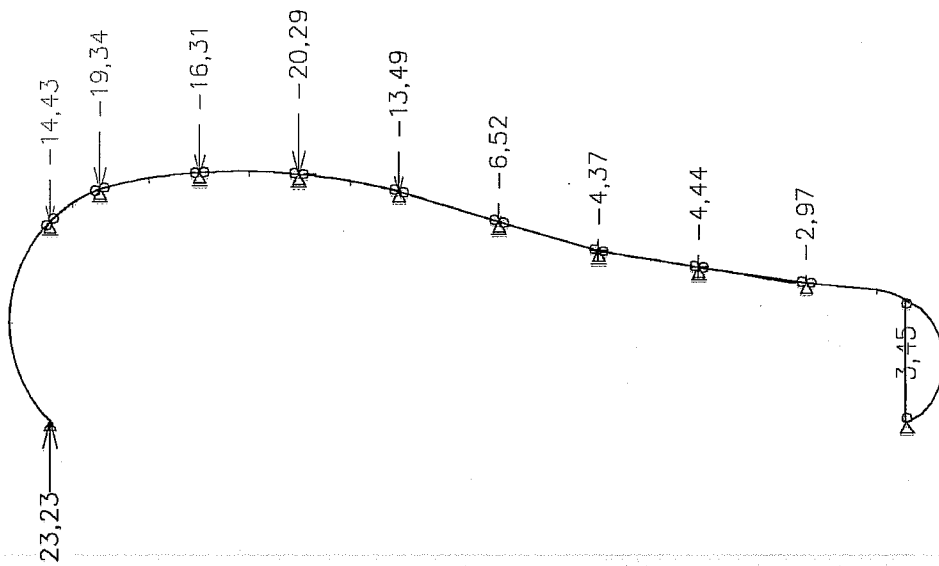
ZS2 - Rz,k



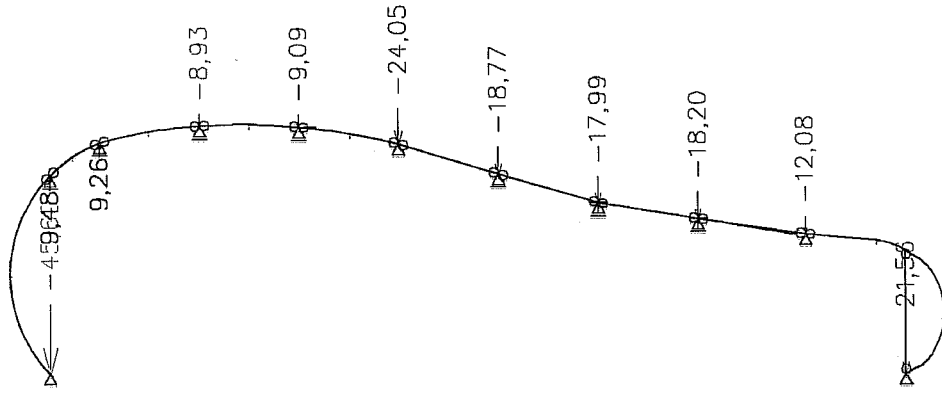
ZS3 - Rz,k



ZS4 - Rz,k



ZS5 - Rz,k





KOMBINACE PŘÍČNÁ VAZBA

$$C01 - ZS1 + ZS2$$

$$C02 - ZS1 + ZS3$$

$$C03 - ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS4$$

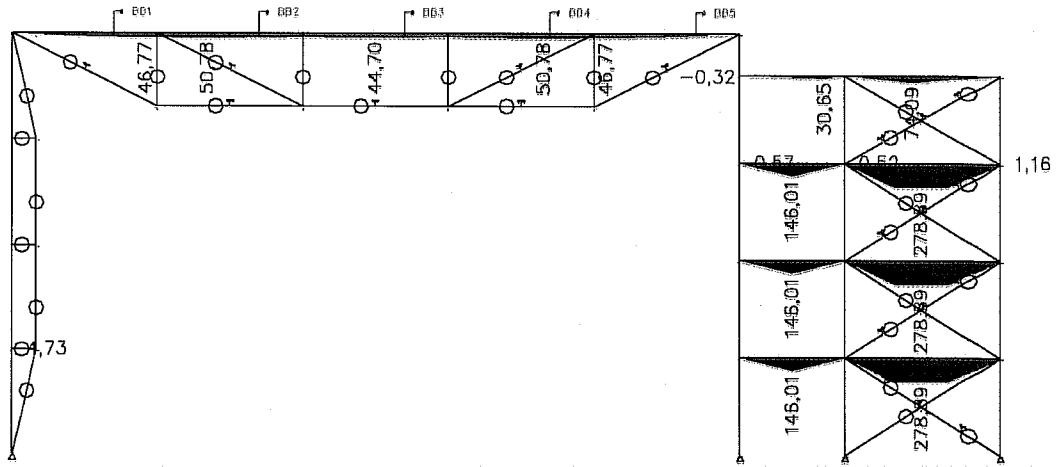
$$C04 - ZS1 + 0,9 \cdot ZS2 + ZS5$$

$$C05 - ZS1 + ZS4$$

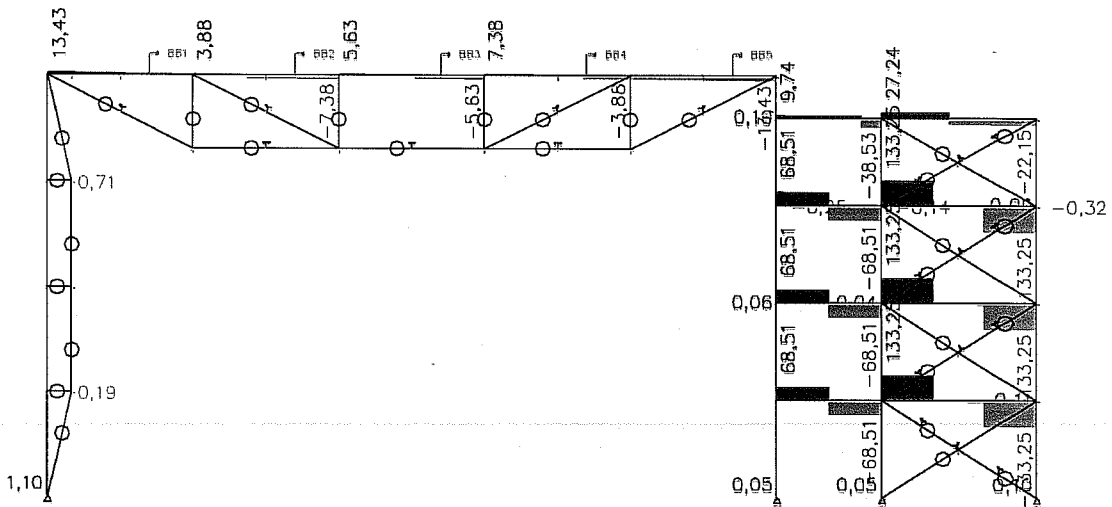
$$C06 - ZS1 + ZS5$$

# KOMBINACE CO1 – ZS1 + ZS2

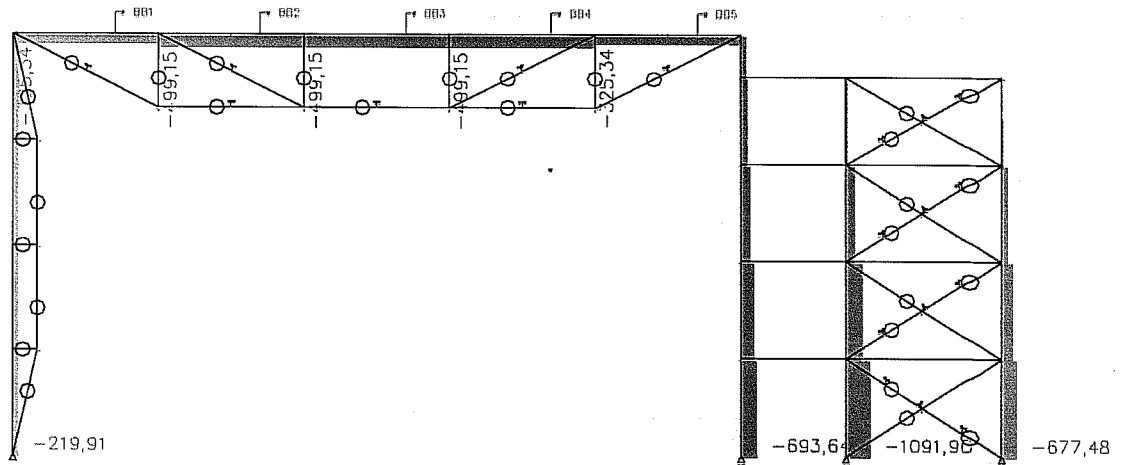
## CO1 – My (kNm)



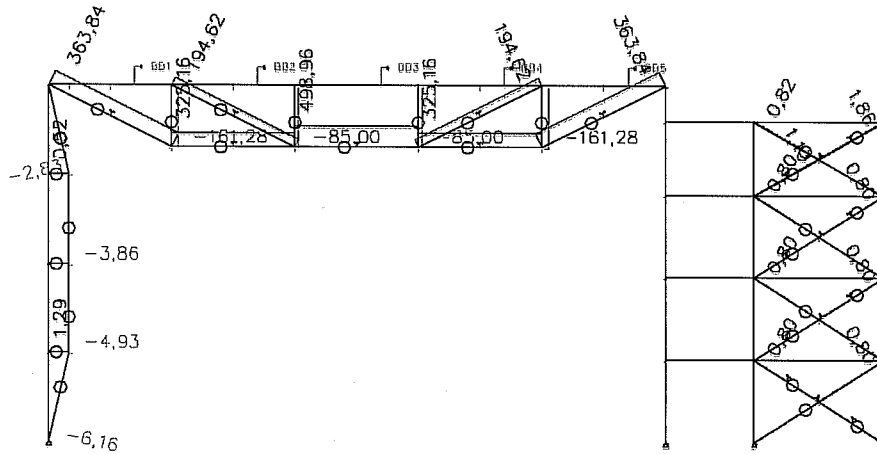
## CO1 – Vz (kN)



CO1 – Na (kN)

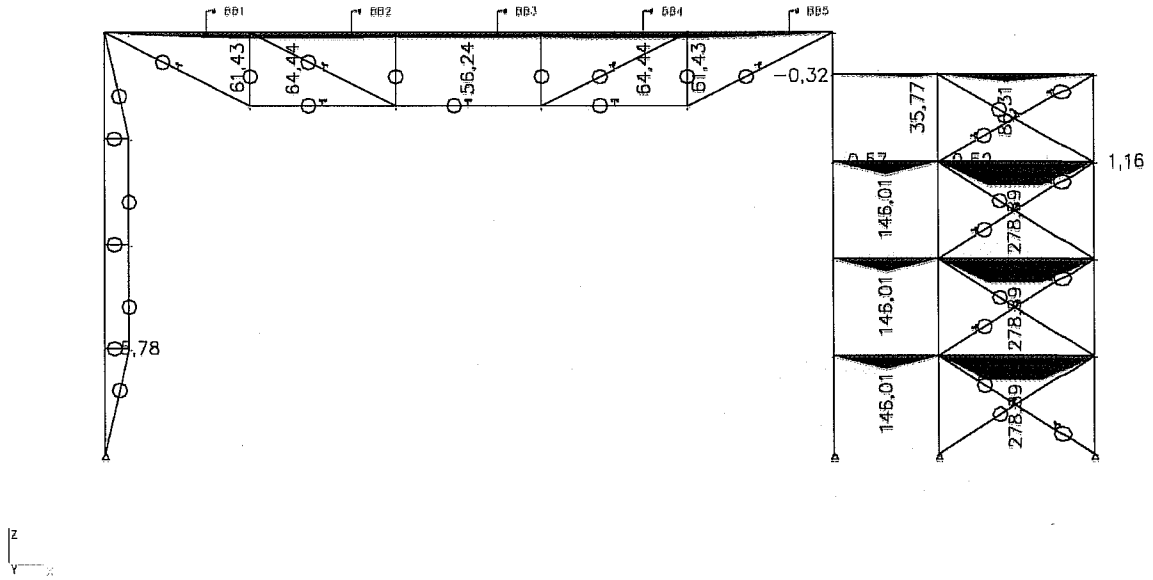


CO1 – Nb (kN)

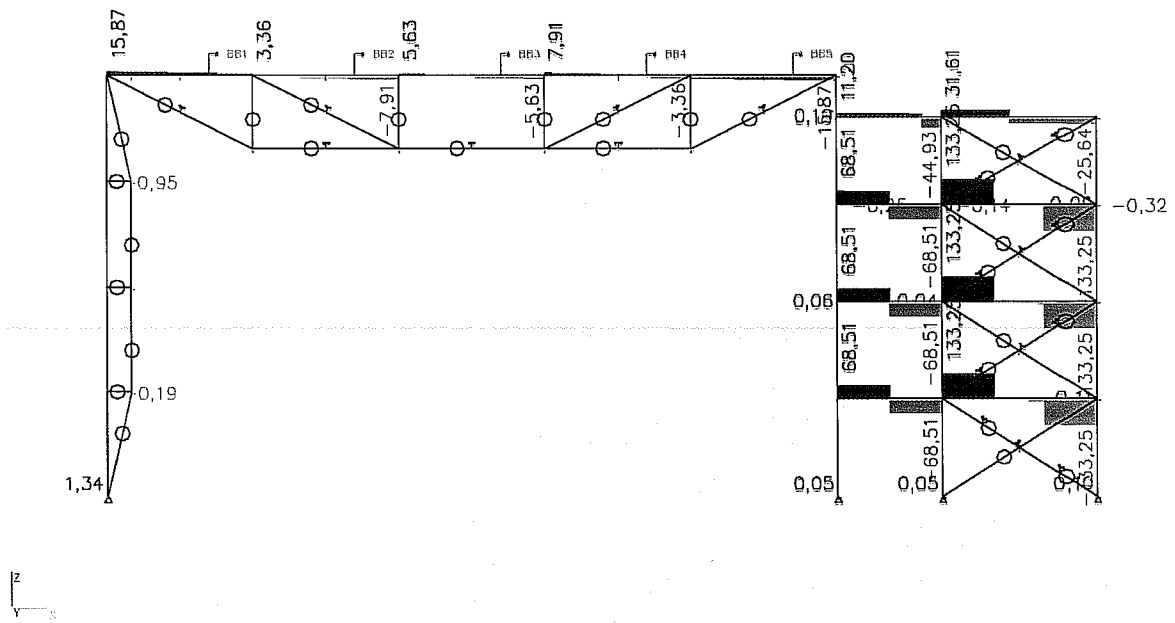


**KOMBINACE CO2 – ZS1 + ZS3 – max zatížení vazníku –  $N_{Ed} + M_y$**   
 -stabilitní posouzení -  $\alpha_{cr} = 30,81$  (součinitel kritického zatížení)  
 -vzpěradlo vazníku -  $N_{Ed,max}$   
 -táhlo -  $N_{Ed,max}$

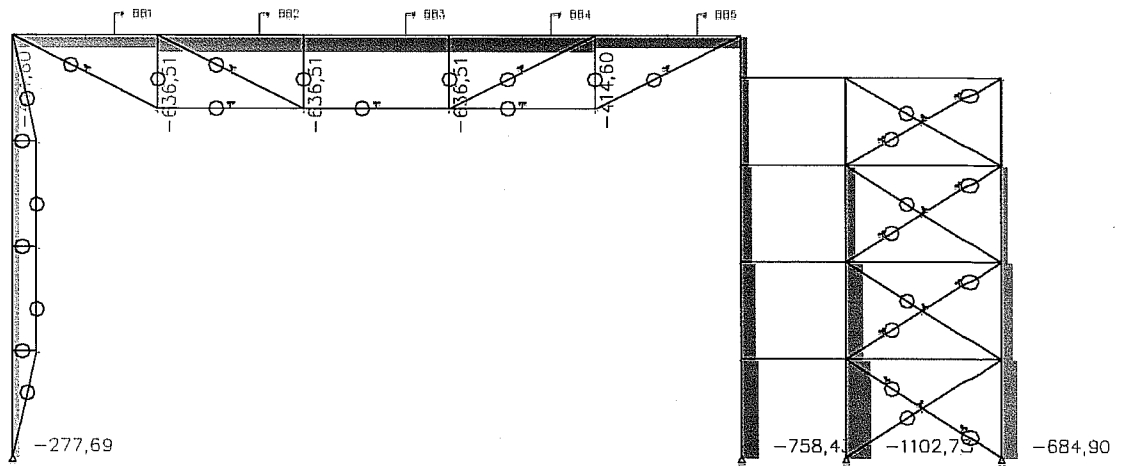
**CO2 –  $M_y$  (kNm)**



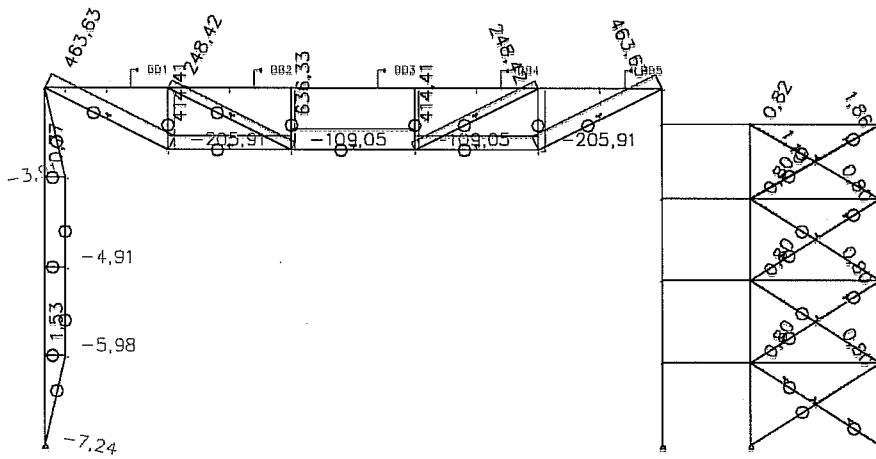
**CO2 –  $V_z$  (kN)**



CO2 – Na (kN)

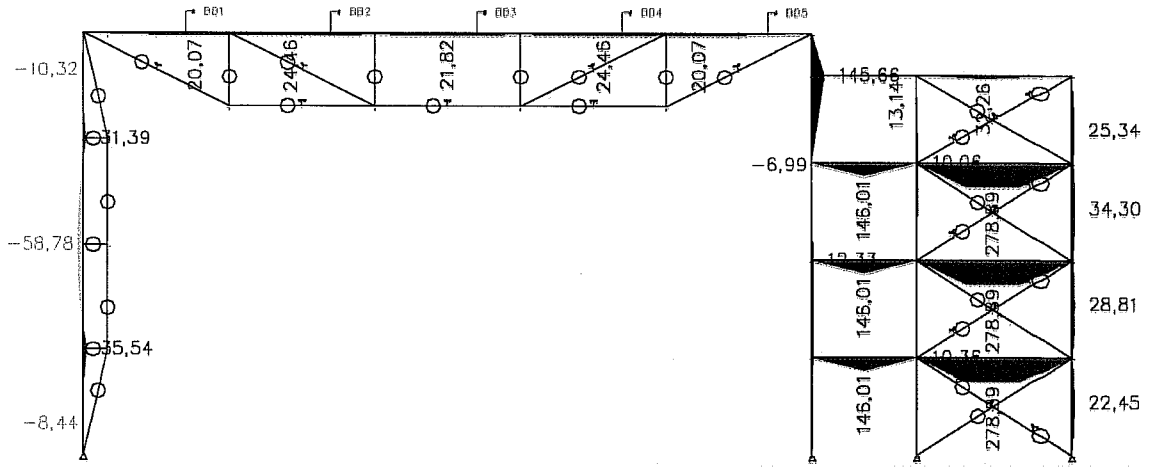


CO2 – Nb (kN)

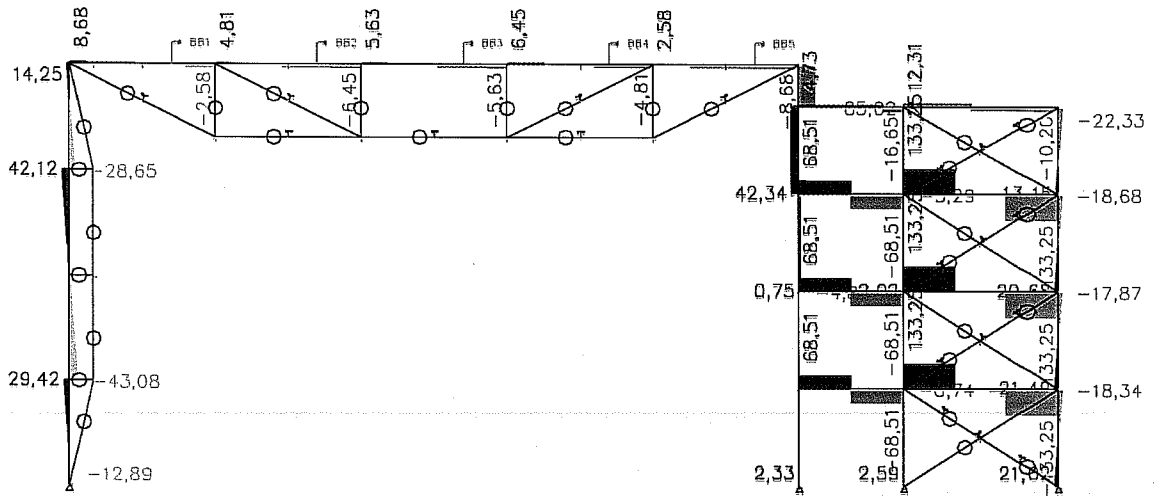


**KOMBINACE CO3 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS4 -vzperadlo sloupu -  $N_{Ed,max}$**

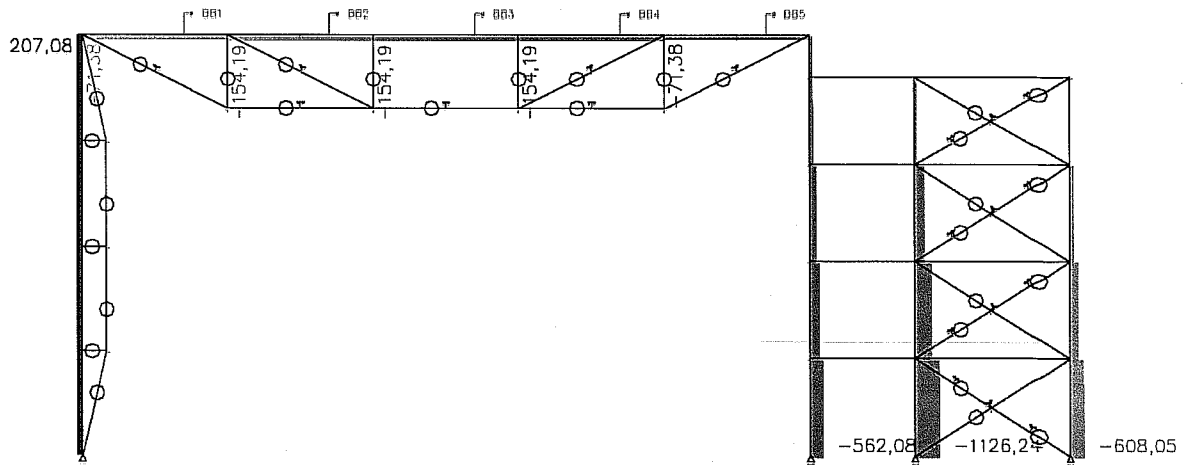
**CO3 –  $M_y$  (kNm)**



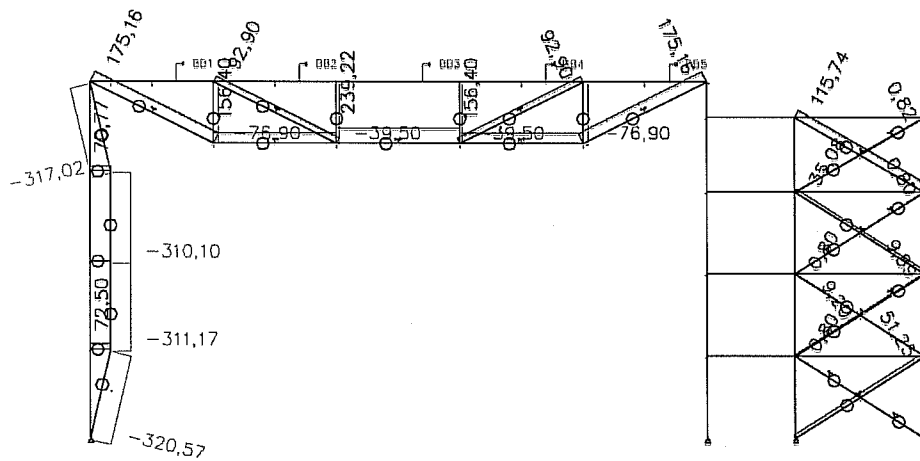
**CO3 –  $V_z$  (kN)**



**CO3 – Na (kN)**



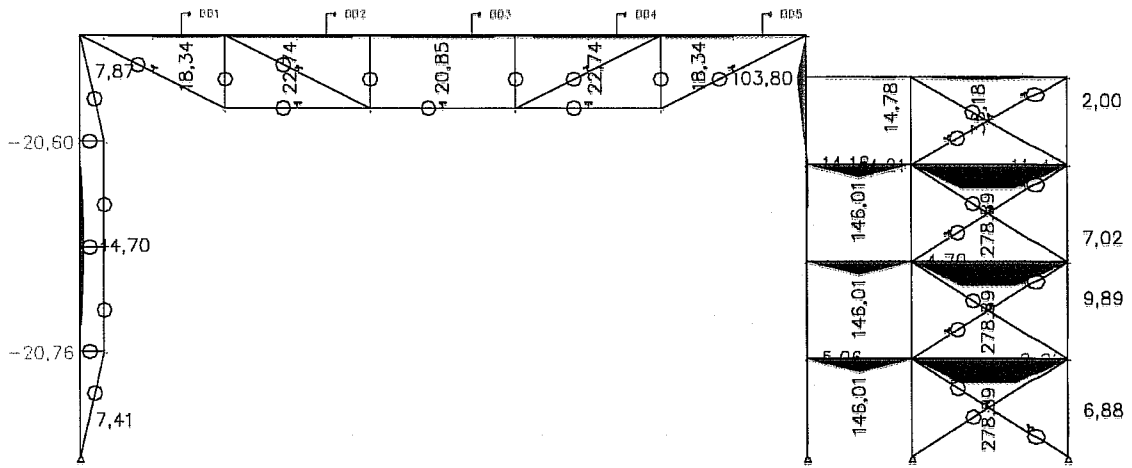
**CO3 – Nb (kN)**



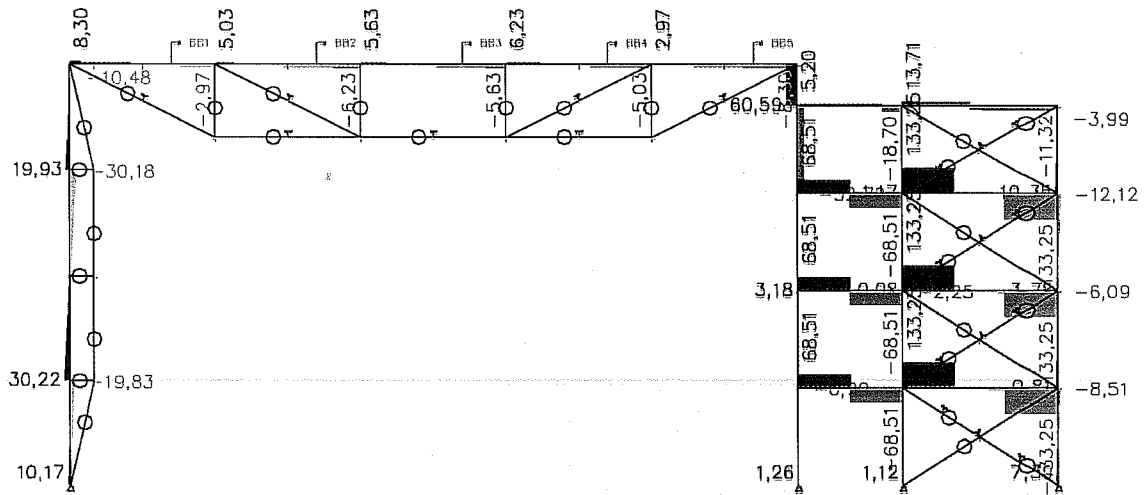
KOMBINACE CO4 – ZS1 + 0,9 ZS2 + ZS5 – sloup -  $N_{Ed} + M_y$

-stabilitní posouzení -  $\alpha_{cr} = 36,55$

CO4 –  $M_y$  (kNm)

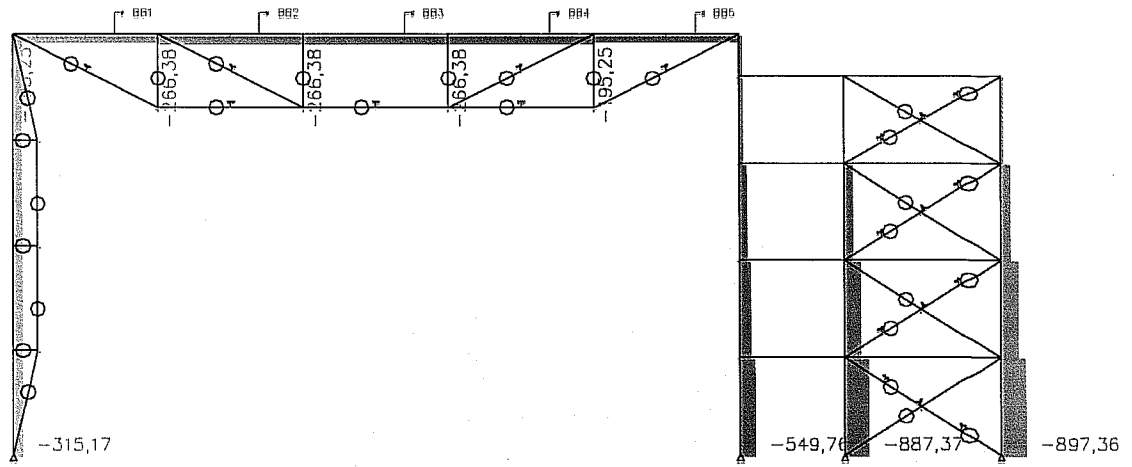


CO4 –  $V_z$  (kN)

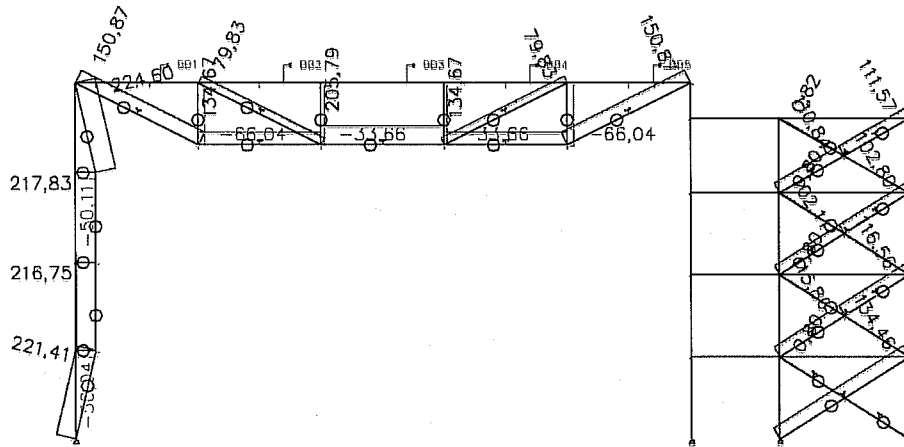




**CO4 – Na (kN)**

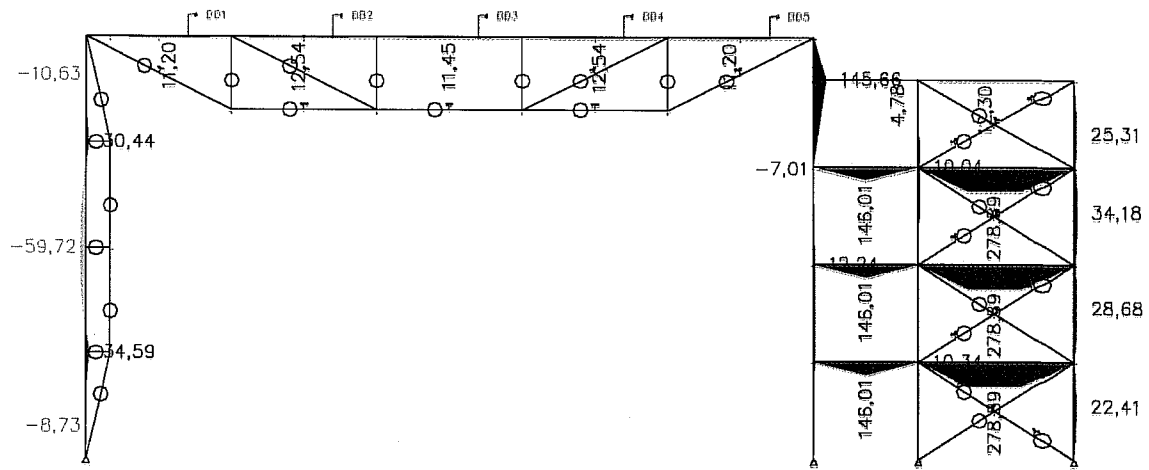


**CO4 – Nb (kN)**

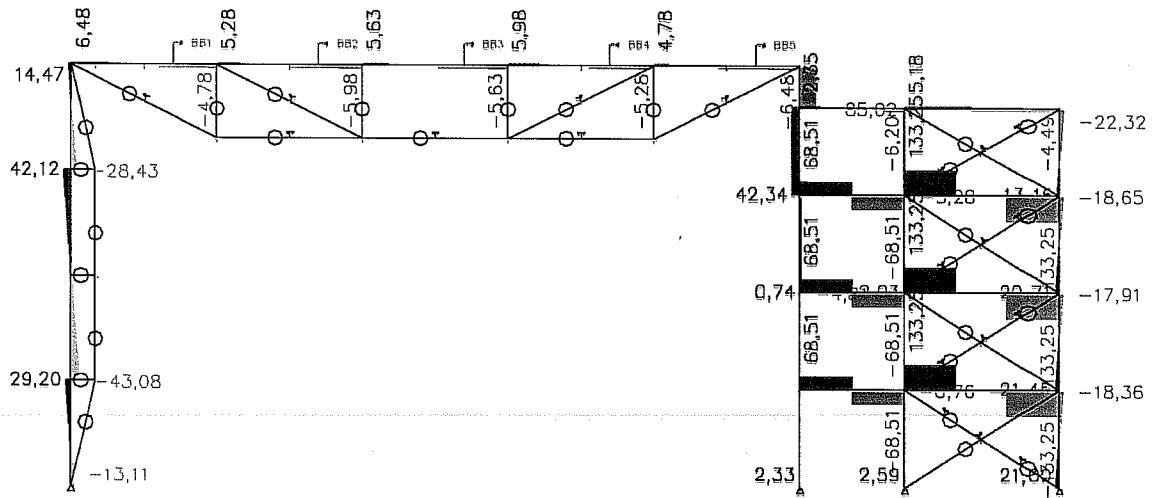


# KOMBINACE CO5 – ZS1 + ZS4

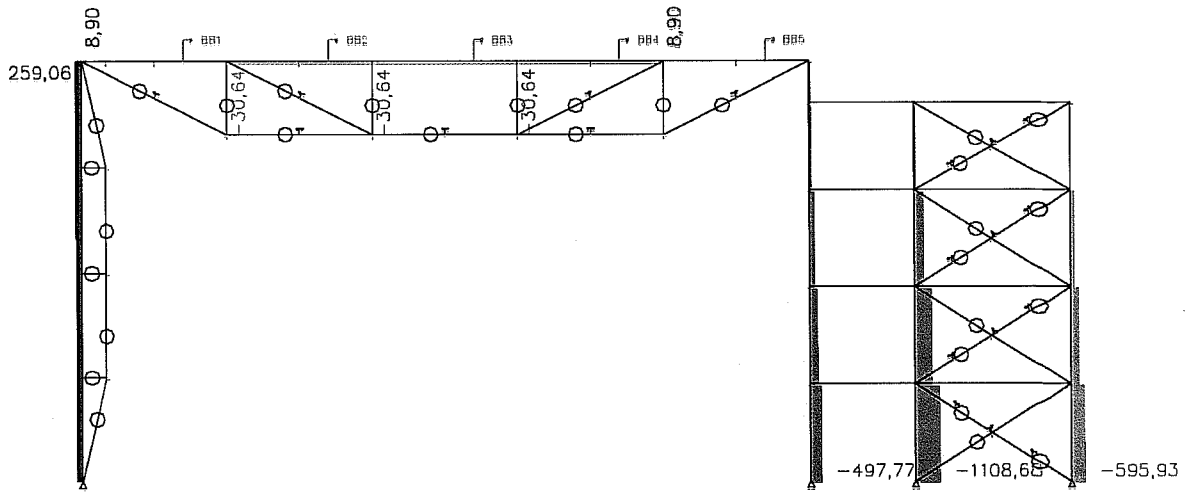
## CO5 – My (kNm)



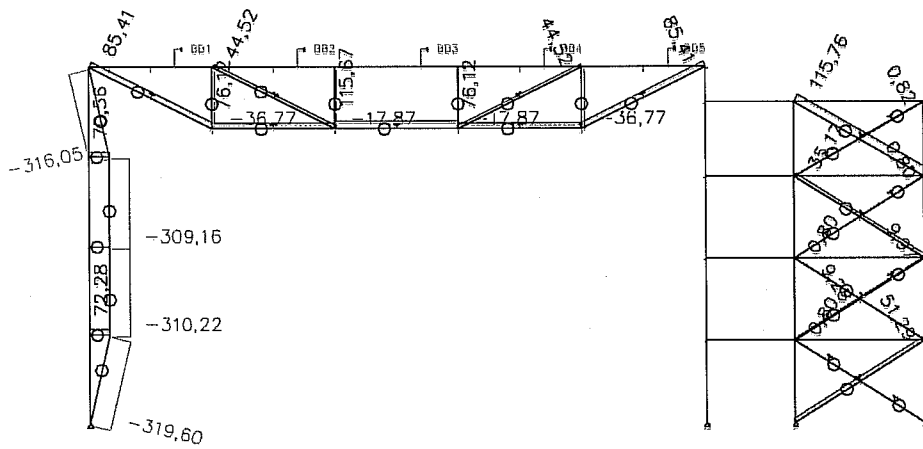
## CO5 – Vz (kN)



**CO5 – Na (kN)**

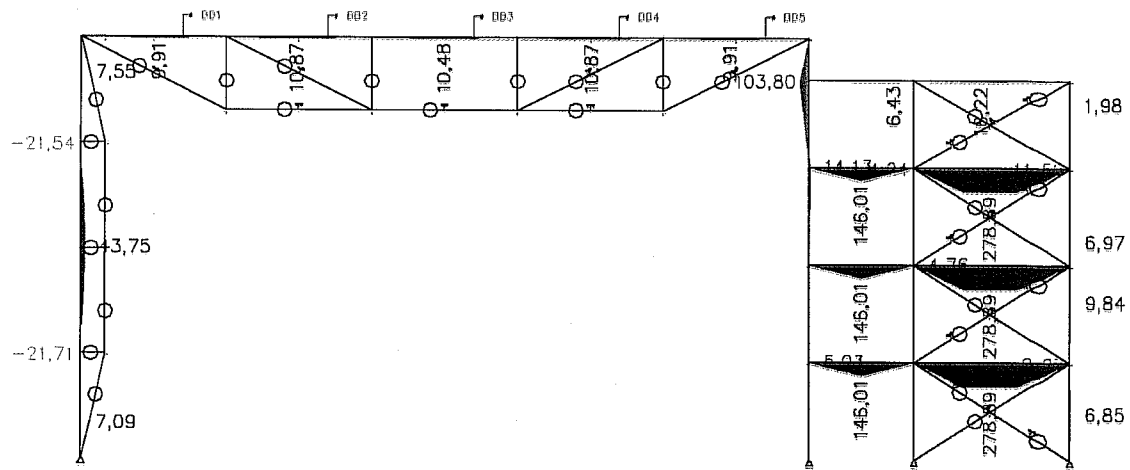


**CO5 – Nb (kN)**

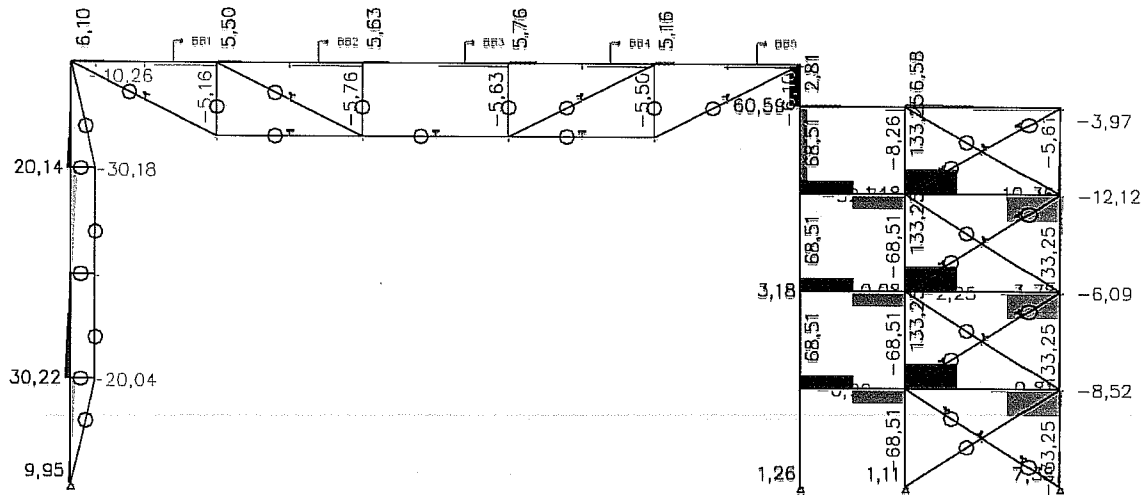


# KOMBINACE CO6 – ZS1 + ZS5

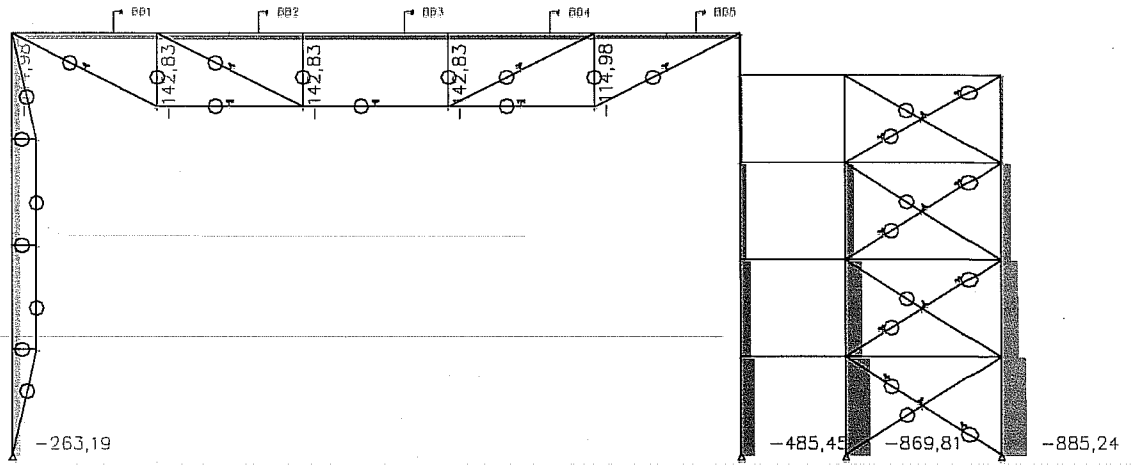
## CO6 – My (kNm)



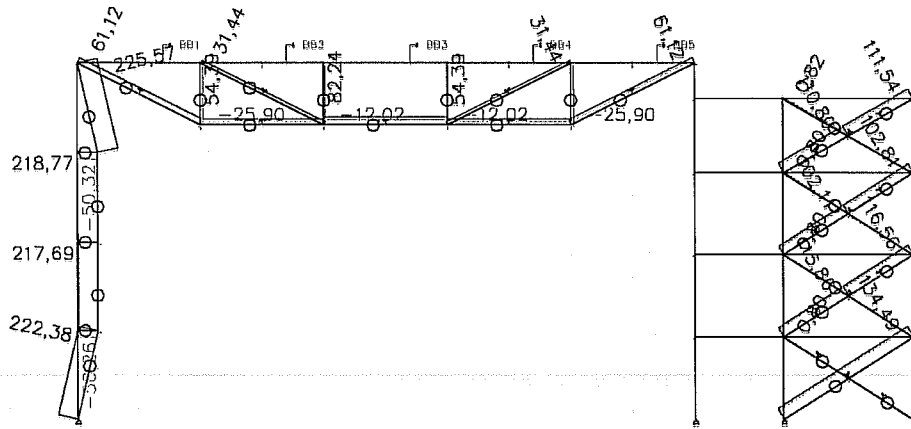
## CO6 – Vz (kN)



**CO6 – Na (kN)**



**CO6 – Nb (kN)**



# NÁVRH VAZNIKU - PŘÍČNÁ VAZBA - OBJEKT "C"

## ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE CO2

$$N_{Ed} = 626,51 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 64,44 \text{ kNm}$$

$$k_{cr} = 30,81$$

### PROFIL HEB 340

$$A = 17,09 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 366,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 96,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,PL} = 2408 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{\pm} = 2572 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 2454 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

$$i_y = 146,5 \text{ mm}$$

$$i_z = 75,3 \text{ mm}$$

### - STABILITNÍ VÝPOČET

$$\bar{\chi}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_t}{k_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{17,09 \cdot 10^3 \cdot 255}{30,81 \cdot 626,51 \cdot 10^3}} = 0,56 \quad \Rightarrow \chi_{y,b} = 0,887$$

$$L_{cr,y} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{k_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 366,6 \cdot 10^6}{30,81 \cdot 626,51 \cdot 10^3}} = 6200 \text{ mm} \quad (\text{přibližná vzdálenost příčných vazeb})$$

$$L_{cr,z} = 6000 \text{ mm} \quad (\text{vzdálenost příčných vazeb})$$

$$\bar{\chi}_z = \frac{z}{z_1} = \frac{6000}{93,9 \cdot 0,81} = 1,04 \quad \Rightarrow \chi_{z,c} = 0,517$$

$$L_{LT} = 6000 \text{ mm}$$

### KLOPENÍ

$$k_w = 1$$

$$k_z = 1$$

$$k_{w\pm} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_{\pm}}} = \frac{\pi}{1 \cdot 6000} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3 \cdot 2454 \cdot 10^9}{80,7 \cdot 10^3 \cdot 2572 \cdot 10^3}} = 0,825$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{w\pm} = 1,13$$

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

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

$$w_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \sqrt{1 + k_{w\pm}^2} = \frac{1,13}{1} \sqrt{1 + 0,825^2} = 1,465$$

$$M_{dv} = w_{dv} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_{\pm}}}{L} = 1,465 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^3 \cdot 96,9 \cdot 10^6 \cdot 80,7 \cdot 10^3 \cdot 2572 \cdot 10^3}}{6000} = 1576,45 \text{ kNm}$$

$$\bar{\chi}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,PL} \cdot f_t}{M_{dv}}} = \sqrt{\frac{2408 \cdot 10^3 \cdot 255}{1576,45 \cdot 10^6}} = 0,736 \quad \Rightarrow \chi_{LT,a} = 0,83$$

$$C_{mj} = 0,95 + 0,05 \cdot k_m = 0,95$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6$$

$$N_{RK} = A \cdot f_f \\ = 6066,95 \text{ KN}$$

$$k_{jy} = \min \begin{cases} C_{mj} \cdot (1 + (\bar{z}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\alpha_y \cdot N_{RK}}) = 0,95 \cdot (1 + (0,56 - 0,2) \cdot \frac{636,51}{0,857 \cdot 6066,95}) = 0,99 \\ C_{mj} (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\alpha_z \cdot N_{RK}}) = 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{636,51}{0,857 \cdot 6066,95}) = 1,04 \end{cases}$$

$$M_{RE} = W_{y,pl} \cdot f_f \\ = 854,8 \text{ KNm}$$

$$k_{zy} = \max \begin{cases} 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{z}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \cdot \alpha_z \cdot N_{RK}} \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{RK}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 1,04}{(0,6 - 0,25) \cdot 0,517 \cdot 6066,95} = 0,99 \\ 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \cdot \alpha_z \cdot N_{RK}} \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{RK}} = 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25) \cdot 0,517 \cdot 6066,95} = 0,99 \end{cases}$$

### PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed}}{\alpha_y \cdot N_{RK}} + k_{jy} \cdot \frac{M_{j,Ed}}{\alpha_{LT} \cdot \frac{M_{j,RK}}{j_{M1}}} < 1$$

$$\frac{636,51}{0,857 \cdot 6066,95} + 0,99 \cdot \frac{64,44}{0,83 \cdot 854,8} = 0,122 + 0,089 = 0,211 < 1$$

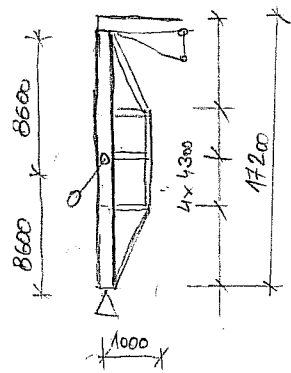
Vyhovuje.

$$\frac{N_{Ed}}{\alpha_z \cdot N_{RK}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{j,Ed}}{\alpha_{LT} \cdot \frac{M_{j,RK}}{j_{M1}}} < 1$$

$$\frac{636,51}{0,517 \cdot 6066,95} + 0,99 \cdot \frac{64,44}{0,83 \cdot 854,8} = 0,2 + 0,085 = 0,285 < 1$$

Vyhovuje

# PŘÍČNÁ VAZBA - KRÁVNÍ SLOUP - BUDOVA "B"



- rozhodující kombinace: CO4

$$N_{Ed} = -315,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 44,7 \text{ kNm}$$

NÁVRH: TR 324/50

$$A = 5011 \text{ mm}^2$$

$$I = 63,75 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,PL} = 508,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i = 112,8 \text{ mm}$$

STABILITNÍ VÝPOČET:  $\lambda_{cr} = 12,74$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_d}{k_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{5011 \cdot 455}{12,74 \cdot 306,56 \cdot 10^3}} = 0,67 \Rightarrow \mu_a = 0,666$$

$$L_{cr,y} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{k_{cr} \cdot N_{Ed}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 63,75 \cdot 10^6}{12,74 \cdot 306,56 \cdot 10^3}} = 5820 \text{ mm}$$

$$L_{cr,z} = 8600 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{8600}{112,8} = 76,3 \Rightarrow \mu_a = 0,666 \quad \text{Rozhoduje}$$

$$\mu_{LT} = 1 \quad (\text{TRUBKA VĚKLOPI})$$

$$N_{RK} = A \cdot f_d = 1778,9 \text{ kN}$$

$$C_{m,LT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{aligned} &= 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{m,LT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\mu_z \cdot N_{RK}} = 1 - \frac{0,1 \cdot 0,666}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{306,56}{0,666 \cdot 1778,9} = 0,95 \\ &= 1 - \frac{0,1}{(C_{m,LT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\mu_z \cdot N_{RK}} = 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} \cdot \frac{306,56}{0,666 \cdot 1778,9} = 0,93 \end{aligned} \right.$$

$$M_{RK} = W_{y,PL} \cdot f_d = 180,62 \text{ kNm}$$

PODMÍNKY SPOLEHLIVOSTI

$$\frac{N_{Ed}}{\mu \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\mu_{LT} \cdot \frac{M_{y,RK}}{\gamma_{M1}}} < 1$$

$$\frac{315,7}{0,666 \cdot 1778,9} + 0,93 \cdot \frac{44,7}{1 \cdot 180,62} = 0,259 + 0,366 = 0,625 < 1$$

Vyhovuje



## KRAJNÍ SLOUP - NÁVRH VZPĚRADLA

ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE : C05

$$N_{Ed} = 319,6 \text{ KN (TLAK)}$$

: C06

$$N_{Ed} = 222,4 \text{ KN (TAH)}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4450 \text{ mm}$$

$$\sum \lambda_{1z} = \frac{\frac{4450}{34,8}}{93,9 \cdot 0,81} = 1,68 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 0,308$$

PROFIL : TR 108x10

$$A = 3079 \text{ mm}^2$$

$$i = 24,8 \text{ mm}$$

POSOUZENÍ : TLAK

$$N_{Rk} = \lambda \cdot A \cdot f_d = 0,308 \cdot 3079 \cdot 355 = 336,6 \text{ KN}$$

$$N_{Rk} = 336,6 \text{ KN} > N_{Ed} = 319,6 \text{ KN}$$

*vhovuje*

POSOUZENÍ : TAH

$$N_{Rk} = A \cdot f_d = 3079 \cdot 355 = 1093,4 \text{ KN} > N_{Ed} = 222,4 \text{ KN}$$

*vhovuje*

## VAZNIK - VZPĚRY + TAHLA

### • VZPĚRA

- ROZHODUJÍCÍ KOMBINACE: C02

$$N_{Ed} = 205,91 \text{ kN (TLAK)}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3000 \text{ mm}$$

PROFIL: TR 82,5 x 8  
 $A = 1872 \text{ mm}^2$

$$i = 26,5 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{3000}{26,5} = 1149 \quad \Rightarrow \quad \beta = 0,377$$

### POSOUZENÍ

$$N_{Rd} = \beta \cdot f \cdot A = 0,377 \cdot 1872 \cdot 355 = \underline{250,54 \text{ kN}} > N_{Ed} = 205,91 \text{ kN}$$

Vyhovuje

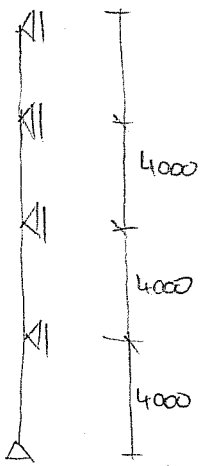
### • TAHLA

- KRAJNÍ POLE: C02

$$N_{Ed} = 463,63 \text{ kN} \quad \underline{\text{- MACALLOY 460 - M42}}$$

- STŘEDNÍ POLE: C02

$$N_{Ed} = 636,33 \text{ kN} \quad \underline{\text{- MACALLOY 460 - M48}}$$



SLOUP BUDOVY "B" - PŘÍČNÁ VÁZBA

- STŘEDNÍ SLOUP - (SLOUP ZTAŽIDLA)

Rozhodující kombinace  $N_{d3}$

$$N_{Ed} = 1126,04 \text{ kN} \quad (\text{viz SCIA})$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 4000 \text{ mm}$$

PROFIL: TR 245/80

$$A = 1956 \text{ mm}^2$$

$$I = 41,87 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i_y = 83,8 \text{ mm}$$

S 255

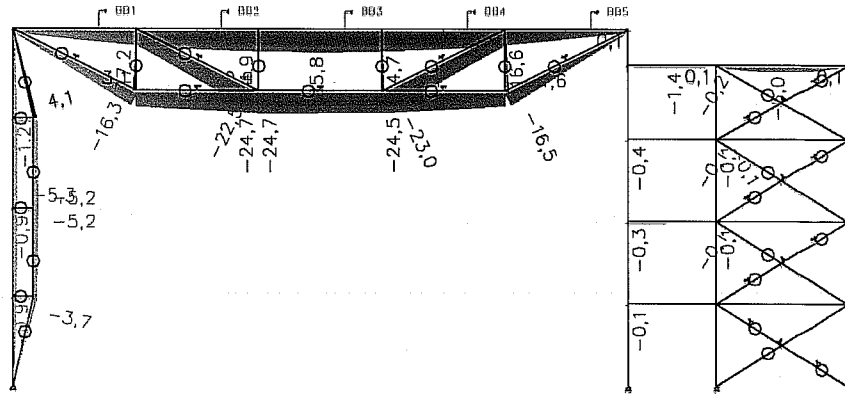
$$\bar{\lambda} = \frac{\frac{4000}{83,8}}{93,9 \cdot 0,81} = 0,62 \quad \Rightarrow \quad \alpha_a = 0,882$$

$$N_{Rd} = \alpha_a \cdot A_a \cdot f_d = 0,882 \cdot 1956 \cdot 355 = 1864,8 \text{ kN} > N_{Ed} = 1126 \text{ kN}$$

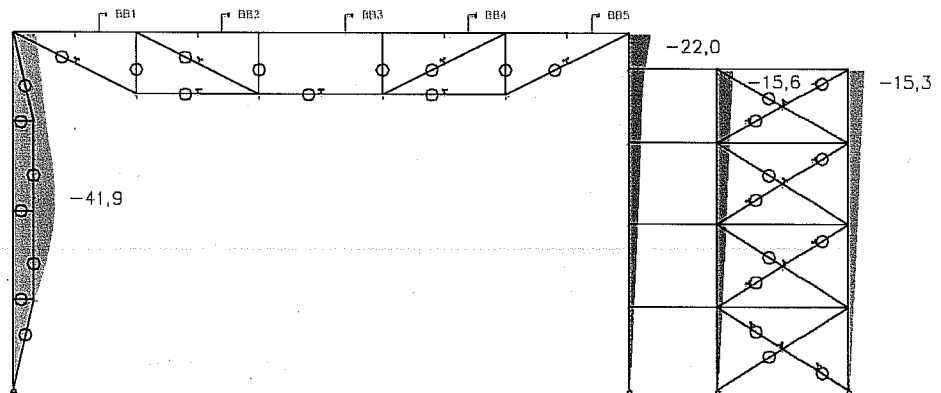
Vyhovuje

## MSP – OMEZENÍ DEFORMACÍ

Poznámka: Pro určení deformací vazníku je rozhodující ZS3 (sníh nerovnoměrně). Deformace sloupu je od ZS5 (vítr podélný). Deformace je určena od charakteristického zatížení ( $g_f = 1,0$ ). Výpočet deformací byl spočten v programu Scia engineer 2010.1. Deformace od ZS4 (vítr příčný) je připojena pro přehlednost.



$$\text{VAZNIK: } J_{LIM} = \frac{30000}{300} = 100 \text{ mm}^4$$



SLOUP - KRAJNÍ SE VZPĚRADLEM.

$$J_{LIM} = \frac{17300}{150} = 115 \text{ mm}^4$$

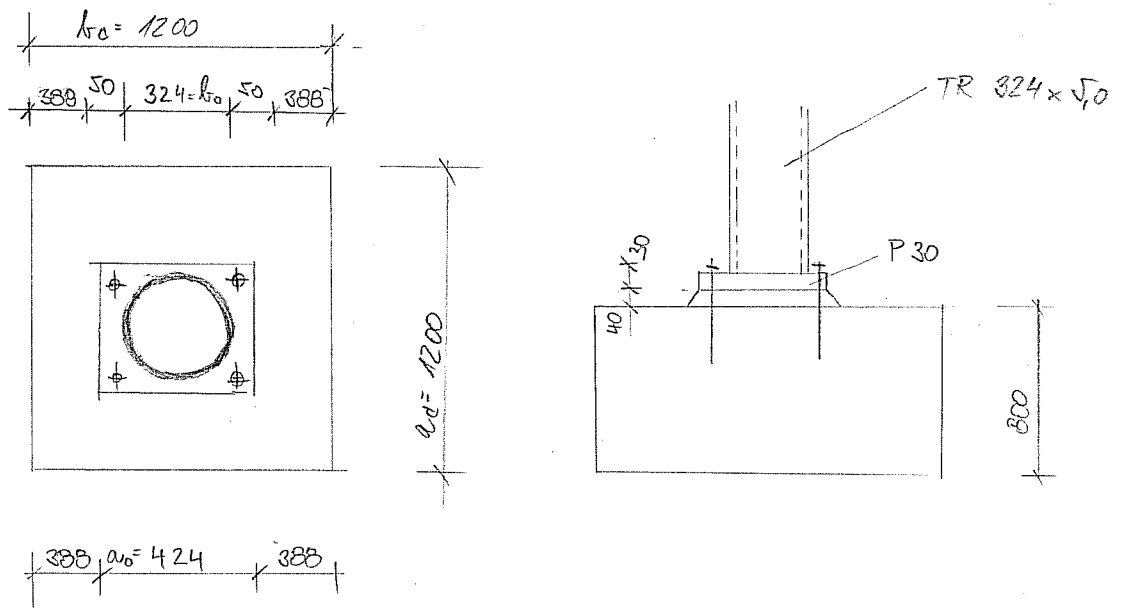


## Patka SLOUPU - SLOUP FASÁDY - OBJEKT "C"

- Patka nadržena jako kloubová z nevyztuženého patního plechu.

BETON C 16/20

$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$



$$a_1 = \min(3 \cdot a_0; a_0 + h; a_c) = (3 \cdot 424; 424 + 800; 1200) = 1200 \text{ mm}$$

$$a_1 = b_1 = 1200 \text{ mm}$$

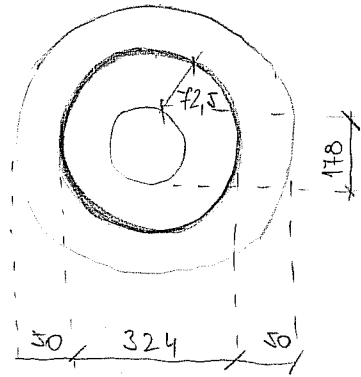
$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a_0 \cdot b_0}} = \sqrt{\frac{1200 \cdot 1200}{424 \cdot 424}} = 2,83$$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,83 \cdot 16}{1,5} = 20,12 \text{ MPa}$$

$$c = \pm p \cdot \sqrt{\frac{f_{jd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 20,12}} = 72,75 \text{ mm}$$

- účinná šířka  $c = 72,75 \text{ mm}$  přesahuje rozměr patky.
- účinná šířka započítána pouze ve středu sloupů.
- z vnější strany bude redukována na 50 mm.

$$f_{eff} = \frac{\pi \cdot 424^2}{4} - \frac{\pi \cdot 178^2}{4} = 116\,311 \text{ mm}^2$$



$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 116\,311 \cdot 20,12 = 2340 \text{ kN} > N_{Ed, max} = 284,77 \text{ kN}$$

Vyhovuje

### SMYKOVÁ ZARAŽKA:

- návrh proveden pro nejne příznivější poměr smykové a normálové síly = NC6

$$N_{Ed} = 47,55 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 60,21 \text{ kN}$$

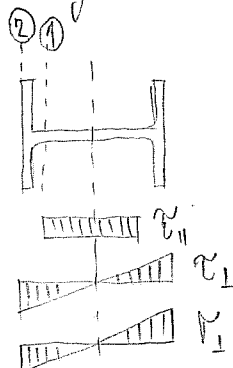
- stanovení síly pro návrh smykové zaražky

$$F_{V,Ed} = V_{Ed} - C_{t,d} \cdot N_{Ed} = 60,21 - 0,2 \cdot 47,55 = 50,7 \text{ kN}$$

Výška smyk. zaražky:

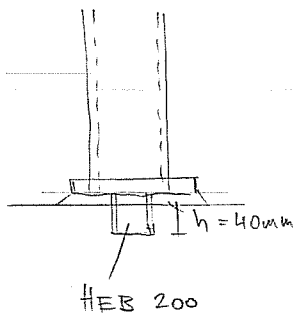
$$h > \frac{F_{V,Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = \frac{50,7 \cdot 10^3}{200 \cdot \frac{16}{1,5}} = 23,8 \text{ mm} \Rightarrow h = 40 \text{ mm}$$

SVAROVÝ PŘÍPOJ ZARAŽKY K PATNÍMU PLECHU



SVAROVÁ NAPĚTÍ

$$I_w = 27,65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



Posouzení v bodě ①

$$\sigma_{||} = \frac{F_{V,Ed}}{2 \cdot a \cdot L} = \frac{50,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 134} = 47,3 \text{ MPa}$$

$$\tilde{\sigma}_I = \sigma_I = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_{V,Ed} \cdot e}{\frac{I_w}{Z_1}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{50,7 \cdot 10^3 \cdot \left(40 + \frac{40}{2}\right)}{\frac{27,65 \cdot 10^6}{134}} = 5,21 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_I^2 + 3 \cdot (\tilde{\sigma}_I^2 + \tilde{\sigma}_{II}^2)} = \sqrt{47,3^2 + 3 \cdot (5,21^2 + 47,3^2)} = 82,6 \text{ MPa} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 125} = 453,3 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

Posouzení v bodě ②

$$\tau_{||} = 0$$

$$\tilde{\sigma}_I = \sigma_I = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_{V,Ed} \cdot e}{\frac{I_w}{Z_2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{50,7 \cdot 10^3 \cdot \left(40 + \frac{40}{2}\right)}{\frac{27,65 \cdot 10^6}{200}} = 7,8 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{7,8^2 + 3 \cdot (7,8^2 + 0)} = 15,6 \text{ MPa} \leq 453,3 \text{ MPa}$$

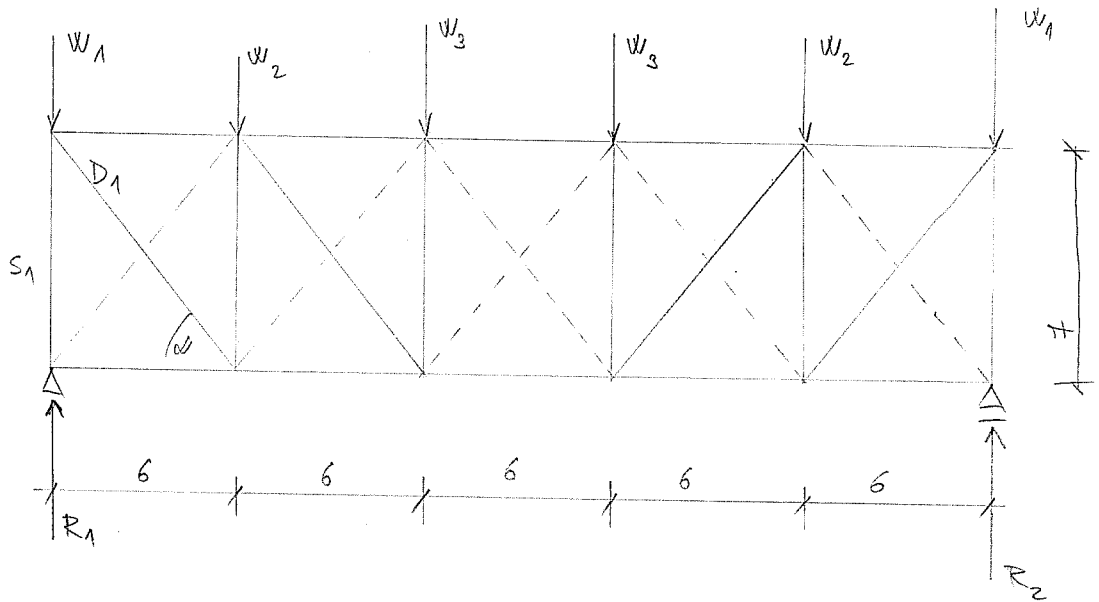
Vyhovuje

- ŠROUBY : 4 × M20

# ZTUŽENÍ

## PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO VE STŘEŠNÍ ROVINĚ - OBJEKT "C"

### GEOMETRIE:



--- = TLAK. DIAG.  
 ——— = TAH. DIAG.

$\alpha = 49,3^\circ$

- ROZHODUJÍCÍ SMĚR VĚTRU: VÍTR PODELNÝ
- ZJEDNODUŠENÝ PŘEDPOKLAD: KONSTANTNÍ SMĚR NA CELE PLOŠE

$C_{pe} = -0,8$

$W_{ed} = \rho_a \cdot 0,624 \cdot C_{pe} = 15 \cdot 0,624 \cdot (-0,8) = 0,75 \text{ kN/m}^2$

$W_{1,d} = 3 \cdot \frac{17,5}{2} \cdot 0,75 = 19,7 \text{ kN}$

$W_{2,d} = 6 \cdot \frac{17,5}{2} \cdot 0,75 = 39,4 \text{ kN}$

$W_{3,d} = 6 \cdot \frac{17,5}{2} \cdot 0,75 = 39,4 \text{ kN}$

$h = 12 \text{ m}$   
 (výška stěny)  
 $h_2 = 5,5 \text{ m}$   
 (stěna - hřebec)

- PŘEDPOKLAD: POČÍTAT BUDEME JEN S TAŽENÝMI DIAGONÁLAMI
- ZTUŽIDLA UVRŽENA Z TAHEL; TLAK. DIAGONÁLY VYBOČÍ.



## VNITŘNÍ SILY

Reakce:  $R_{Ed} = 19,7 + 89,4 + 89,4 = 98,5 \text{ kN}$

DIAGONÁLA:  $D_1 = \frac{(98,5 - 19,7)}{\sin 49,3} = 104 \text{ kN}$

SVISLICE:  $S_1 = R_{Ed} = 98,5 \text{ kN}$

## NÁVRH DIAGONÁLY ŽTUŽIDLA

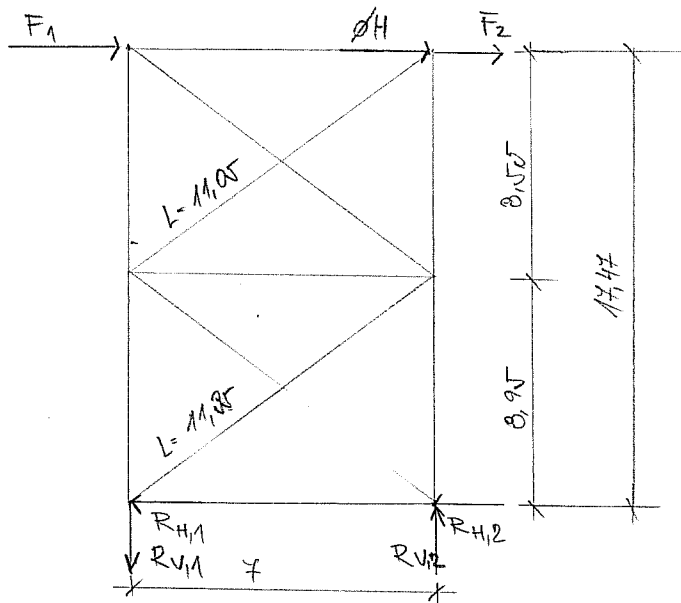
- NÁVRH TAHLA MACALLOY 460 M 24  $\Rightarrow F_{t,Rd} = 174,8 \text{ kN}$
- JE POTŘEBA POSODIT CELKOVOU STABILITU KCE S TAHLY - MSÚ - VÝHOVÍ; MSP ZVOLIT TAHLA TAK ABY POVOLENÉ DEFORMACE BYLI V SOULADU S NORMAMI.

## SVISLICE:

- SVISLICE je tvořena PROFILEM HEB.

# PODÉLNÉ ZTUŽENÍ - OBUKOVÁ STĚNA - OBJEKT 1C''

## GEOMETRIE:



### ZATIŽENÍ VĚTREM NA STĚNY OD PŘÍČNÉHO VĚTRU

• Na větrná strana:  $F_{1,Ed} = 98,5 \cdot \frac{C_{pe}(\text{příčný}, D)}{0,8} =$   
 $= 98,5 \cdot \frac{0,7}{0,8} = \underline{86,19 \text{ kN}}$

• Za větrná strana:  $F_{2,Ed} = 86,19 \cdot \frac{C_{pe}(\text{příčný}, E)}{C_{pe}(\text{příčný}, D)} =$   
 $= 86,19 \cdot \frac{0,3}{0,7} = \underline{36,9 \text{ kN}}$

### Rámcové imperfekce:

$N_{Ed, \max} = 277,7 \text{ kN}$  (max  $N_{Ed}$  bez větru)

$d_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{17,47}} = 0,48 < d_h = \frac{2}{3} \Rightarrow d_h = \frac{2}{3}$

$d_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{6}\right)} = 1,3$

$$\phi = \phi_0 \cdot d_m \cdot d_H = \frac{1}{200} \cdot 1,3 \cdot \frac{2}{3} = 4,33 \cdot 10^{-3}$$

$$H_\phi = \phi \cdot \sum N = 10 \cdot 277,7 \cdot 4,33 \cdot 10^{-3} = 12,0 \text{ kN}$$

REAKCE + Vnitřní síly v diagonále  $\rightarrow$  viz scia ENG.

$$R_{H,Ed} = 67,42 \text{ kN}$$

$$R_{V,Ed} = \pm 337,75 \text{ kN}$$

DIAGONÁLA:

$$N_{Ed} = 110,03 \text{ kN}$$

$$N_{a'v'v'h} : TR \quad 114 > 6,3$$

$$A = 2132 \text{ mm}^2$$

$$i = 38,1 \text{ mm}$$

- PŘEDPOKLAD: Tažená diagonála stabilizuje tláčenou diagonálu proti vybočení  $\Rightarrow L_{cr} = \frac{1}{2} L$ .

$$L_{cr,z} = \frac{11350}{2} = 5675 \text{ mm}$$

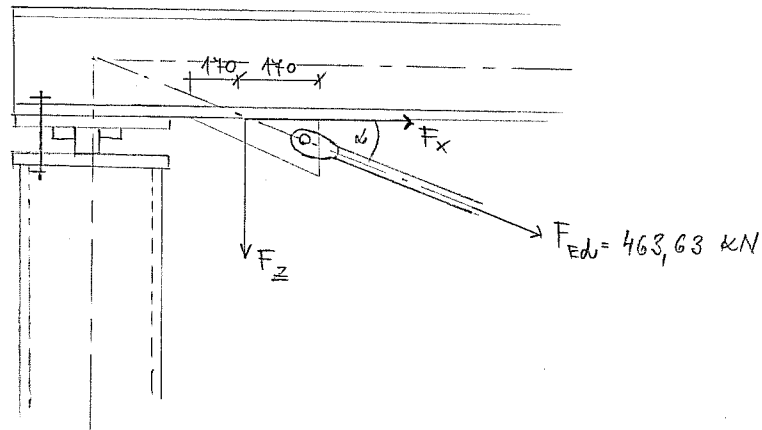
$$L_{cr,y} = 0,9 \cdot 5675 = 5110 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\frac{5675}{38,1}}{93,9 \cdot 0,81} = 1,95 \quad \rightarrow \quad \lambda_{a'} = 0,234$$

$$N_{b,Ed} = \lambda_{a'} \cdot A \cdot \frac{f_d}{\gamma_d} = 0,234 \cdot 2132 \cdot \frac{355}{1,1} = \underline{177,1 \text{ kN}} > 110,03 \text{ kN}$$

vyhovuje

# SVAROVÝ SPOJ - VAZNIK - TAHLA - STYČNÍKOVÝ PLECH



## MATERIÁL PRO STYČNÍKOVÉ PLECHY

OCEĽ S 355 -  $t_p = 40 \text{ mm}$

Namaňavani koutového svaru:

$$\alpha = 27^\circ$$

$$F_z = F_{Ed} \cdot \sin \alpha = 463,63 \cdot \sin 27^\circ = 210,5 \text{ kN}$$

$$F_x = F_{Ed} \cdot \cos \alpha = 463,63 \cdot \cos 27^\circ = 413,1 \text{ kN}$$

- výška svaru:  $a_w = 6 \text{ mm}$

$$a_w \cdot \sqrt{2} = 6 \cdot \sqrt{2} = 8,48 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad (\text{t.p. plechu})$$

- Deľka svaru:  $L = 340 \text{ mm}$

Posouzení:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\sigma_{\parallel}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_w}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\tilde{\sigma}_{II} = \frac{F_x}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{413,1 \cdot 10^3}{2 \cdot 6 \cdot 340} = 101,25 \text{ MPa}$$

$$\tilde{\sigma}_I = \tilde{\nu}_I = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{F_z}{2 \cdot a_w \cdot L} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{210,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 6 \cdot 340} = 36,5 \text{ MPa}$$

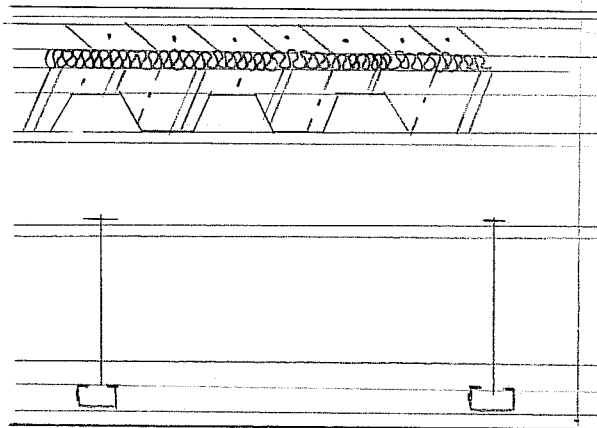
$$\sqrt{36,5^2 + 3 \cdot (36,5^2 + 101,25^2)} = 189,95 \text{ MPa} \approx \frac{190}{0,8 \cdot 1,25} = 490 \text{ MPa}$$

---

SVAR VYHOVI'

# STROPNÍ KONSTRUKCE

- DLAŽBA + LEPIDLO
- BET. MAZANINA C12/15  $\pm$  L. 50 mm
- KROČ. IZOLACE TL. 30 mm
- TR PLECH TR 50/250/0,88
- IPE
- SDK PODHLED + ROŠT



## • STAĚLÉ ZATÍŽENÍ

		$G_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\rho_G$	$G_D$ [kN/m <sup>2</sup> ]
- KERAMICKÁ DLAŽBA	- 0,01 · 22	0,22	1,35	0,3
- LEPIDLO	- 0,01 · 24	0,24		0,324
- BET. MAZANINA	- 0,05 · 25	1,25		1,7
- KROČ. IZOLACE	- 0,03 · 1,2	0,36		0,49
- BETONOVÁ DESKA	- 0,066 · 25	1,65		2,23
- TR PLECH		0,15		0,203
- SDK PODHLED + ROŠT		0,2		0,27

$$G_w = 4,04 \text{ kN/m}^2$$

$$G_D = 5,52 \text{ kN/m}^2$$

## • NAHODILÉ ZATÍŽENÍ - UBYTOVNY; SATNY

	$Q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\rho_Q$	$Q_D$ [kN/m <sup>2</sup> ]
- UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - KATEGORIE C1	1,5	1,5	2,25
- PŘEMÍŠTĚLNE PŘÍČKY	0,8		1,2

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

$$Q_D = 3,45 \text{ kN/m}^2$$

## • NAHODILÉ ZAT. - RESTAURACE; KONFER.

- UŽITNÉ ZATÍŽENÍ - KATEGORIE A	3,0		4,5
- PŘEMÍŠTĚLNE PŘÍČKY	0,8	1,5	1,2

$$Q_k = 3,8 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_D = 5,7 \text{ kN/m}^2$$

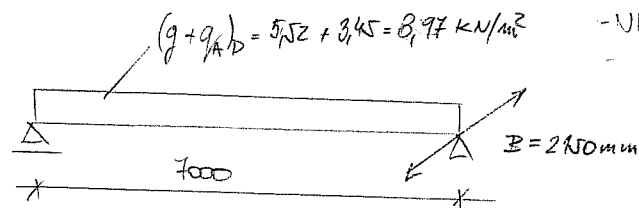
BET. DESKA -  
- SROV. ROVINA

$$\pm = 50 + 50 \cdot \frac{50 + 30,5}{250}$$

$$\pm = 66 \text{ mm}$$

# STROPNÍ KONSTRUKCE - 2. NP

## STROPNICE - BUDOVA "B"



- VAHODILE ZAT. - UBYTOVA' NI', ŠATNY

$$(g + q_{aD}) = 5,52 + 3,45 = 8,97 \text{ kN/m}^2$$

$$(g + q_{aD}) = 8,97 \cdot 2,150 + 0,3 = 19,6 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} f \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 19,6 \cdot 7^2 = 120,05 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} f \cdot L = \frac{1}{2} \cdot 19,6 \cdot 7 = 68,6 \text{ kN}$$

## NAVRH IPE 180

$$m = 18,8 \text{ kg}$$

$$A = 2,395 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 13,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,PL} = 166,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{V2} = 1,125 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

- UČINNÁ ŠÍŘKA BET. DESKY :  $b_{eff} = 2 \cdot b_{e1} = \frac{L}{4} = \frac{7000}{4} = 1750 \text{ mm}$

$$b_{eff} < B$$

- UVAŽUJI  $B_{eff} = 1750 \text{ mm}$

BETON C 25/30

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

$$f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{f_{ak}}{1,15} = 0,85 \cdot \frac{25}{1,15} = 14,16 \text{ MPa}$$

- POSOČZENÍ MSÚ

$$N_a = N_c$$

$$A_a \cdot f_{td} = x \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}$$

$$x = \frac{A_a \cdot f_{td}}{b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{2,395 \cdot 10^3 \cdot 355}{1750 \cdot 14,16} = 34,3 \text{ mm}$$

N.O. LEŽÍ V BET. DESCE

$$r = \frac{180}{2} + 50 + 50 - \frac{34,3}{2} = 172,85 \text{ mm}$$

$$M_{PL,Rd} = N_a \cdot r = A_{sc} \cdot f_{jd} \cdot r = 2,395 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 172,85 = 146,96 \text{ kNm}$$

• SMYK

$$V_{PL,Rd} = 4 \cdot \frac{1}{13} \cdot \frac{f_{jd} \cdot d}{13} = 1,125 \cdot 10^3 \cdot \frac{355}{13} = 230,58 \text{ kN} > V_{Ed} = 68,6 \text{ kN}$$

Vyhovuje

SPRAŽENÍ:

trn 22/F5

$d = 22 \text{ mm}$

$S = 235 \text{ MPa}$

$h_{sc} = 75 \text{ mm}$

$f_y = 360 \text{ MPa}$

- ÚČINOST JEDNOHO TRNU

$$P_{Rd,1} = 0,8 \cdot f_y \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{\gamma_{sv}} = 0,8 \cdot 360 \cdot \frac{\pi \cdot 22^2}{4} \cdot \frac{1}{1,25} = 87,58 \text{ kN}$$

$$P_{Rd,2} = 0,29 \cdot k \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{yk} \cdot E_{cm}} \cdot \frac{1}{\gamma_{sv}} = 0,29 \cdot 0,88 \cdot 22^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 31000} \cdot \frac{1}{1,25} = 86,99 \text{ kN}$$

rozhoduje

$$k = 0,2 \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) = 0,2 \left( \frac{75}{22} + 1 \right) = 0,88 \quad \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} < 4$$

$$k_{\pm} = 0,75 \quad (d > 20 \text{ mm})$$

$$P_{Rd} = P_{Rd,2} \cdot k_{\pm} = 86,99 \cdot 0,75 = 65,24 \text{ kN}$$

$$F_{ct} = N_c = N_a = 2,395 \cdot 10^3 \cdot 355 = 850,225 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_{ct}}{P_{Rd}} = \frac{850,225}{65,24} = 13,02 \Rightarrow 14 \text{ trnů na } \frac{1}{2} \text{ rozpětí}$$

$$\frac{7000}{250} = 14 \quad (\text{max počet trnů na } \frac{1}{2})$$



# POSOUZENÍ - MSP

$$(g+q)_k = (4,07 + 2,3) \cdot 2,15 + 0,25 = 13,95 \text{ kN/m}$$

$$M_{EK} = \frac{1}{8} \cdot 13,95 \cdot 7^2 = 85,44 \text{ kNm}$$

$$E_c' = \frac{I_{cm}}{2} = \frac{31\,000}{2} = 15\,500 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210\,000}{15\,500} = 13,55$$

$$I_i = 2395 + \frac{50 \cdot 1750}{13,55} = 8853 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{2395 \cdot 180/2 + 50 \cdot 1750/13,55 \cdot (180 + 50 + \frac{50}{2})}{8853} = 210,35 \text{ mm}$$

N.O. - VTR PLECHU

$$I_i = 13,17 \cdot 10^6 + 2395 \cdot (210 - 90)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left( \frac{1750 \cdot 50^3}{12} + 1750 \cdot 50 \cdot (210 - 180 - 50 - \frac{50}{2})^2 \right) = 62,08 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

• Napětí v ocel. nosníku

$$\sigma_{a,max} = \frac{M_{EK}}{I_i} \cdot z_a = \frac{85,44}{62,08} \cdot 210 = 284,02 \text{ MPa} < f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

• Napětí v bet. desce

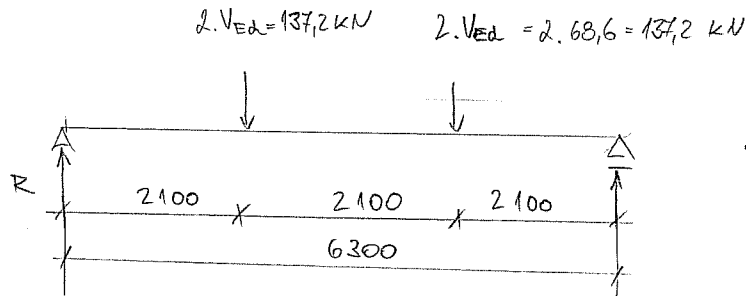
$$\sigma_{c,max} = \frac{M_{EK}}{\eta \cdot I_i} \cdot z_c = \frac{85,44}{13,55 \cdot 62,08} \cdot (280 - 210) = 7,1 \text{ MPa} < 0,85 \cdot f_{ck} = 0,85 \cdot 25 = 21,25 \text{ MPa}$$

CELKOVÝ PRŮHYB

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,3 \cdot 2,15 \cdot 7000^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 62,08 \cdot 10^6} = 11,85 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28 \text{ mm}$$

Průhyb vřhovi

# PRŮVLAK - BUDOVA "B"



• V. tíha Průvlaku  
 $g_k = 0,4 \text{ kN/m}$   
 $g_D = 0,54 \text{ kN/m}$

Reakce:  $R = 137,2 + 0,54 \cdot \frac{6,3}{2} = 138,9 \text{ kN}$

•  $M_{Ed} = 138,9 \cdot 2,1 + \frac{1}{8} \cdot 0,54 \cdot 6,3^2 = 294,37 \text{ kNm}$

PROFIL: IPE 240

- $m = 36,1 \text{ kg}$
- $A = 4594 \text{ mm}^2$
- $I_y = 57,9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
- $W_{y, IPE} = 484 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
- $I_{yz} = 2214 \text{ mm}^2$

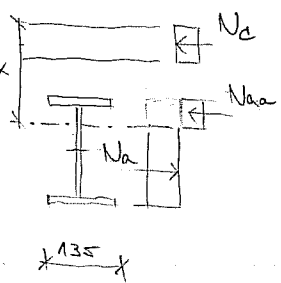
Beton  $c_2 = 130$   
 $f_{ak} = 25 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 14,16 \text{ MPa}$

•  $b_{eff} = \min(B; L/4) = (7000; 1575 \text{ mm}) = 1575 \text{ mm}$

• PŘEDPOKLAD. N.O. leží v bet. desce

$N_a = N_c$   
 $x = \frac{f_{ak} \cdot f_t}{b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{4594 \cdot 355}{1575 \cdot 14,16} = 73 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$

N.O. leží v ocelovém průřezu



$N_a = N_c + 2 N_{aa}$   
 $N_{aa} = \frac{N_a - N_c}{2}$

$N_{aa} = x \cdot b \cdot f_{yd}$   
 $N_c = \dots \cdot t_d \cdot f_{cd}$

$x \cdot b \cdot f_{yd} = \frac{A_a \cdot f_{yd} - b_{eff} \cdot t_d \cdot f_{cd}}{2}$   
 $x = \frac{f_{ak} \cdot f_t - b_{eff} \cdot t_d \cdot f_{cd}}{2 \cdot b \cdot f_{yd}}$   
 $x = \frac{4594 \cdot 355 - 1575 \cdot 50 \cdot 14,16}{2 \cdot 135 \cdot 355} = 538 \text{ mm} < t_f = 10,2 \text{ mm}$

N.O. PROCHÁZÍ PÁSMÍCI

$$r_{a1} = \frac{h_a}{2} + h_p + \frac{t_d}{2}$$

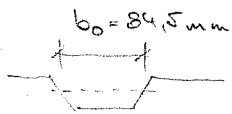
$$= \frac{270}{2} + 50 + \frac{50}{2}$$

$$= 210 \text{ mm}$$

$$r_{a2} = \frac{x}{2} + h_p + \frac{t_d}{2}$$

$$= \frac{538}{2} + 50 + \frac{50}{2}$$

$$= 777 \text{ mm}$$



$$M_{PL,Rd} = N_{a1} \cdot r_{a1} - 2 \cdot N_{a2} = A_a \cdot f_{yd} \cdot r_{a1} - 2 \cdot x \cdot b \cdot f_{yd} \cdot r_{a2}$$

$$= 4594 \cdot 355 \cdot 210 - 2 \cdot 538 \cdot 135 \cdot 355 \cdot 777 = \underline{902,4 \text{ kNm}}$$

$$M_{PL,Rd} = 902,4 \text{ kNm} > M_{Ed} = 294,37 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

### SPRAŽENÍ

TRN: 22/75

- ÚČINNOST TRNU  $P_{dr}$  je shodná jako u stropnice

$$P_{de,11} = 86,99 \text{ kN}$$

$$k_e = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left( \frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \cdot \frac{84,5}{50} \cdot \left( \frac{75}{50} - 1 \right) = 0,51$$

$$P_{dx} = P_{dx,11} \cdot k_e = 86,99 \cdot 0,51 = \underline{44,4 \text{ kN}}$$

$$F_{cf} = N_a - 2 \cdot N_{a2} = A_a \cdot f_f - 2 \cdot f_f \cdot b \cdot x =$$

$$= 4594 \cdot 355 - 2 \cdot 355 \cdot 135 \cdot 538 = 1115,2 \text{ kN}$$

• Počet trnů:

$$n = \frac{F_{cf}}{P_{dx}} = \frac{1115,2}{44,4} = 25,1 \text{ ks} \approx 26 \text{ ks}$$

- vzdálenost trnů na  $\frac{1}{2}$  rozpětí

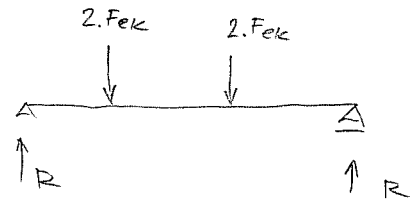
$$\frac{\frac{l}{2}}{n} = \frac{\frac{6300}{2}}{26} = 120 \text{ mm}$$

$$\bullet \text{ min. vzdálenost} = 5 \cdot d = 5 \cdot 22 = 110 \text{ mm}$$

# POSOUZENÍ MSP

$$f_k = s_k \cdot 3$$

$$F_{EK} = \frac{1}{2} f_k \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 12,95 \cdot 7 = 48,8 \text{ kN}$$



$$R_k = 2 \cdot 48,8 + 0,4 \cdot \frac{6,3}{2} = 98,9 \text{ kN}$$

$$M_{EK} = 98,9 \cdot 2,1 + \frac{1}{8} \cdot 0,4 \cdot 6,3^2 = 209,7 \text{ kNm}$$

$$\eta = \frac{E_a}{E_c} = \frac{210\,000}{\frac{31\,000}{2}} = 13,55$$

$$I_i = 4594 + \frac{50 \cdot 1575}{13,55} = 10\,405,8 \text{ mm}^2$$

$$e_i = \frac{4594 \cdot \frac{270}{2} + \frac{50 \cdot 1575}{13,55} \cdot \left(270 + 50 + \frac{50}{2}\right)}{10\,405,8} = 252,3 \text{ mm}$$

$$I_i = 57,9 \cdot 10^6 + 4594 \cdot \left(252,3 - \frac{270}{2}\right)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{1575 \cdot 50^3}{12} + 1575 \cdot 50 \cdot \left(252,3 - 270 - 50 - \frac{50}{2}\right)^2\right) = 172,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

• Napětí v oceli

$$\sigma_{a,max} = \frac{209,7}{172,2} \cdot 252,3 = 307,2 \text{ MPa} < f_y = 355 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

• Napětí v betonu

$$\sigma_{c,max} = \frac{209,7}{13,55 \cdot 172,2} \cdot \left(270 + 50 + 50 - 252,3\right) = 10,6 \text{ MPa} < f_{ok} = 14,16 \text{ MPa}$$

• CELKOVÝ PRŮHYB

$F_k$  - pouze vzhled.  
zatížen!

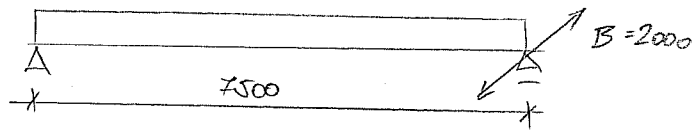
$$J_z = \frac{23}{648} \cdot \frac{F_k \cdot l^3}{E \cdot I_i} = \frac{23}{648} \cdot \frac{34,6 \cdot 10^3 \cdot 6300^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 172,2 \cdot 10^6} = 8,5 \text{ mm} < \frac{l}{400} = \frac{6300}{400} = 15,75 \text{ mm}$$

$$F_k = (2,3 \cdot 2,15) \cdot 7 = 34,6 \text{ kN}$$

Průhyb vzhled!

## STROPNICE - BUDOVA, C''

- Nahodite' zatíží.
- $C_1$  - konf. sa'L



$$(q + q_{dl})_L = (4,07 + 3,8) \cdot 2 + 0,3 = 16,04 \text{ kN/m}$$

$$(q + q_{dl})_D = (5,52 + 5,7) \cdot 2 + 0,41 = 22,85 \text{ kN/m}$$

$$\bullet M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 22,85 \cdot 7,5^2 = 160,65 \text{ kNm}$$

$$\bullet V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 22,85 \cdot 7,5 = 85,69 \text{ kN}$$

$$\bullet b_{eff} = \min\left(\frac{l}{4}; B\right) = (1875; 2000) = 1875 \text{ mm}$$

MSL'

$$N_a = N_c$$

$$x = \frac{2848 \cdot 355}{1875 \cdot 14,16} = 38,0 \text{ mm}$$

N.O. v bet. desce

$$v = \frac{200}{2} + 50 + 50 - \frac{38}{2} = 181 \text{ mm}$$

$$\bullet M_{PL,Rd} = N_a \cdot v = 2848 \cdot 355 \cdot 181 = 183 \text{ kNm} > M_{Ed} = 160,65 \text{ kNm}$$

$$\bullet V_{PL,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_t}{\sqrt{3}} = \frac{1400 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 497 \text{ kN} > V_{Ed} = 85,69 \text{ kN}$$

Yhovuje

Yhovuje

# SPŘAŽENÍ

$$T_{rn} \quad 22/75$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

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

$$h_{sd} = 75 \text{ mm}$$

$$f_m = 360 \text{ MPa}$$

• ÚNOSNOST TRNŮ - viz předchozí výpočet

$$P_{rd} = 65,24 \text{ kN}$$

$$F_{ct} = N_a = N_c = 2,848 \cdot 10^3 \cdot 355 = 1011,04 \text{ kN}$$

$$n_f = \frac{F_{ct}}{P_{rd}} = \frac{1011,04}{65,24} = 15,5 \Rightarrow 16 \text{ TRNŮ}^\circ$$

$$\frac{7500}{2} = 15 \text{ (max počet trnů na } \frac{1}{2})$$

• NÁVRH NEÚPLNĚHO SPŘAŽENÍ

$$F_c = \frac{M_{ed} - M_{a,PL,Ed}}{M_{PL,rd} - M_{a,PL,Ed}} \cdot F_{ct} = \frac{160,65 - 78,38}{183 - 78,38} \cdot 1011,04 = 795,05 \text{ kN}$$

$$M_{a,PL,Ed} = W_{y,PL} \cdot f_d = 220,8 \cdot 10^3 \cdot 355 = 78,38 \text{ kNm}$$

$$n_f = \frac{F_c}{P_{rd}} = \frac{795,05}{65,24} = 12,19 \Rightarrow 13 \text{ TRNŮ}^\circ$$

- Návrh 13 trnů do každé vlny

## MSP

$$M_{EK} = \frac{1}{8} \cdot 16,04 \cdot 7,5^2 = 112,78 \text{ kNm}$$

$$E_c' = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

$$A_i = 2848 + \frac{50 \cdot 1875}{13,55} = 9767 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{2848 \cdot \frac{200}{2} + \frac{50 \cdot 1875}{13,55} \cdot (200 + 50 + \frac{50}{2})}{9767} = 224 \text{ mm}$$

N.O. s TR PLECHU

$$I_i = 19,43 \cdot 10^6 + 2848 \cdot \left(224 - \frac{200}{2}\right)^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left(\frac{1875 \cdot 50^3}{12} + 1875 \cdot 50 \cdot \left(224 - 200 - 50 - \frac{50}{2}\right)^2\right) =$$

$$= 82,66 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

• napětí v ocel. nosníku

$$\sigma_a = \frac{M_{EK}}{I_i} \cdot z_d = \frac{112,78}{82,66} \cdot 224 = 305,62 \text{ MPa} < f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

Vyhovuje

• napětí v desce

$$\sigma_d = \frac{M_{EK}}{I_i \cdot n} \cdot z_h = \frac{112,78}{82,66 \cdot 13,55} \cdot (300 - 224) = 7,65 \text{ MPa} < 0,85 f_{yk} = 29,25 \text{ MPa}$$

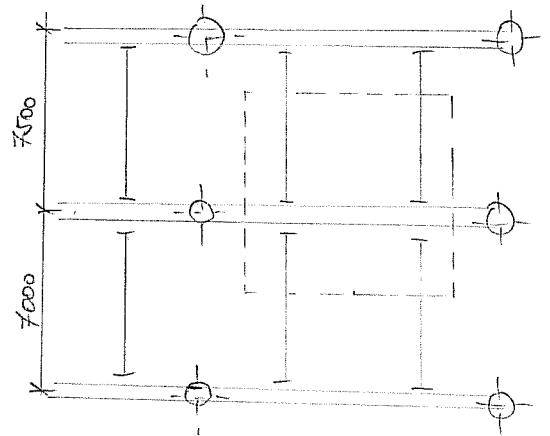
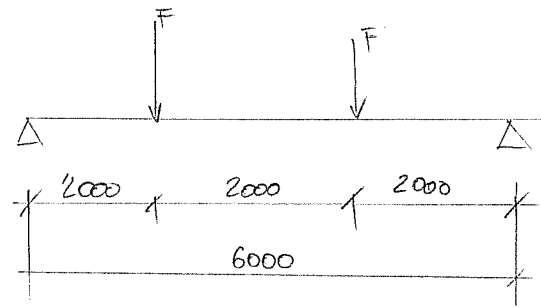
Vyhovuje

• celkový průhyb

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,82 \cdot 7500^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 82,66 \cdot 10^6} = 18,04 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{7500}{250} = 30 \text{ mm}$$

Vyhovuje

PRŮVLAK - BUDOVA, C<sup>4</sup>



$$F_{EK} = ((4,07 + 3,8) \cdot 2 + 0,3) \cdot \frac{7,5 + 7}{2} = 116,29 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = ((5,52 + 5,7) \cdot 2 + 0,41) \cdot \frac{7,5 + 7}{2} = 165,6 \text{ kN}$$

PROFIL: IPE 300

$$A = 5381 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 83,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,PL} = 628,4 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_{yz} = 2568 \text{ mm}^2$$

• VL. tíka :  $g_k = 0,4 \text{ kN/m}$

$$g_d = 0,4 \cdot 1,35 = 0,54 \text{ kN/m}$$

•  $Q = 165,6 + 0,54 \cdot \frac{6}{2} = 167,22 \text{ kN}$

•  $M_{Ed} = 167,22 \cdot 2 + \frac{1}{8} \cdot 0,54 \cdot 6^2 = 336,87 \text{ kNm}$

•  $b_{eff} = \min\left(\frac{7,5 + 7}{2} = 7,25; \frac{6000}{4} = 1,5\right) = 1,5 \text{ m}$

BETON C25/20

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

$$f_{cd} = 14,16 \text{ MPa}$$

- PŘEDPOKLAD: N.O. Leží v bet. desce

$$N_a = N_c$$

$$x = \frac{5381 \cdot 355}{1500 \cdot 14,16} = 89 \text{ mm}$$

N.O. Leží v OKL. PROFILY

•  $N_a = N_c + N_{a,a}$

$$x = \frac{A_s \cdot f_{sd} - b_{eff} \cdot t_d \cdot f_{cd}}{2 \cdot b \cdot f_{jd}}$$

$$x = \frac{5381 \cdot 355 - 1500 \cdot 50 \cdot 14,16}{2 \cdot 150 \cdot 355} = 7,96 \text{ mm} < \frac{t_d}{f_j} = 10,7 \text{ mm}$$

OK

N.O. prodráží pasivní



$$M_{PL,Ed} = 5381 \cdot 355 \cdot \left( \frac{300}{2} + 50 + \frac{50}{2} \right) - 2 \cdot 796 \cdot 150 \cdot 355 \cdot \left( \frac{796}{2} + 50 + \frac{50}{2} \right)$$

$$= 362,9 \text{ kNm}$$

$$M_{PL,Ed} = 362,9 \text{ kNm} > M_{Ed} = 336,8 \text{ kNm}$$

Yhovuje

$$V_{PL,Ed} = \frac{A \cdot v_2}{\sqrt{3}} = \frac{2568 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 526,3 \text{ kN} > d.R. = 334,4 \text{ kN}$$

SMJK YHOVI

### SPĚAŽENÍ - TRN 22/75

- ÚNOSNOST TRNŮ = ÚNOSNOSTI TRNŮ U STROPNICE

$$P_{d1} = 86,99$$

$$k_L = 0,6 \cdot \frac{84,5}{50} \cdot \left( \frac{75}{50} - 1 \right) = 0,51$$

$$P_{d2} = k_L \cdot P_{d1} = 44,4$$

$$F_{af} = N_a - 2 N_{aa} = 5381 \cdot 355 - 2 \cdot 796 \cdot 150 \cdot 355 = 1062,52 \text{ kN}$$

• Počet trnů:

$$n = \frac{F_{af}}{P_{d2}} = \frac{1062,52}{44,4} \approx 24 \text{ ks}$$

- vzdálenost trnů na 1/2 rozpěří

$$\frac{\frac{6000}{2}}{24} = 125 \text{ mm} > \text{min vzdálenost } s.d. = 110 \text{ mm}$$

## Posouzení MSP

$$R_{EK} = 116,29 + \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot \frac{6}{2} = 116,89 \text{ kN}$$

$$M_{EK} = 116,89 \cdot 2 + \frac{1}{8} \cdot 0,4 \cdot 6^2 = 235,6 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{E_a}{E_c} = 13,55$$

$$A_i = 5381 + \frac{50 \cdot 1500}{13,55} = 10916 \text{ mm}^2$$

$$e_i = \frac{5381 \cdot \frac{300}{2} + \frac{50 \cdot 1500}{13,55} \cdot (300 + 50 + \frac{50}{2})}{10916} = 264,1 \text{ mm}$$

$$I_i = 83,56 \cdot 10^6 + 5381 \cdot (264,1 - \frac{300}{2})^2 + \frac{1}{13,55} \cdot \left( \frac{1500 \cdot 50^3}{12} + 1500 \cdot 50 \cdot (264,1 - 300 - 50 - \frac{50}{2})^2 \right) = 222,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

• Napětí v oceli

$$\sigma_{a,max} = \frac{235,6}{222,6} \cdot 264,1 = 279,6 \text{ MPa} < f_{fy} = 355 \text{ MPa}$$

vyhovuje

• Napětí v betonu:

$$\sigma_{c,max} = \frac{235,6}{222,6 \cdot 13,55} \cdot (300 + 50 + 50 - 264,1) = 10,61 \text{ MPa} < f_{ck} = 14,16 \text{ MPa}$$

vyhovuje

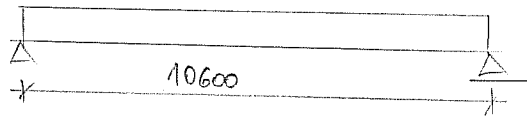
• celkový průhyb

$$F_k = 3,8 \cdot 2 \cdot 7,25 = 55,1 \text{ kN}$$

$$f = \frac{23}{648} \cdot \frac{55,1 \cdot 6000^3 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^3 \cdot 222,6 \cdot 10^6} = 9,04 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{6000}{400} = 15 \text{ mm}$$

Průhyb vyhoví

# STROPNICE - BUDOVA "B"



$$(g+q_{d1})_k = (4,03+3,8) \cdot 2 + 0,35 = 16,09 \text{ kN/m}^2$$

$$(g+q_{d1})_D = (5,52+5,7) \cdot 2 + 0,44 = 22,91 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 22,91 \cdot 10,6^2 = 321,77 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot 22,91 \cdot 10,6 = 121,422 \text{ kNm}$$

$$s_{\text{beef}} = \min\left(\frac{10600}{4} = 2650; 2000\right) = 2000 \text{ mm}$$

- Dřev. poklad. N.O. - v OK

$$N_a = N_d + 2 N_{da}$$

$$N_{da} = \frac{N_a - N_d}{2}$$

$$x = \frac{4594 \cdot 355 - 2000 \cdot 50 \cdot 14,16}{2 \cdot 135 \cdot 355} = 2,24 \text{ mm} < t_a = 10,2 \text{ mm}$$

N.O. v pr. sm. CI

$$M_{PL,Ed} = 4594 \cdot 355 \cdot \left(\frac{2,24}{2} + 50 + \frac{50}{2}\right) - 2 \cdot 2,24 \cdot 135 \cdot 355 \cdot \left(\frac{2,24}{2} + 50 + \frac{50}{2}\right)$$

$$= 326,14 \text{ kNm} > M_{Ed} = 321,77 \text{ kNm} \quad \checkmark \text{hovuje}$$

$$V_{PL,Ed} = \frac{A_{vz} \cdot f_{fd}}{\sqrt{3}} = \frac{2214 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 453,8 \text{ kN} > 2 \cdot V_{Ed} = 242,8 \text{ kN}$$

$\checkmark$ hovuje.

• SPŘAŽENÍ TRU 22/45

$$Pr_{d,1} = 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{1}{\gamma_{fv}} = 0,8 \cdot 360 \cdot \frac{\pi \cdot 22^2}{4} \cdot \frac{1}{1,25} = 87,58 \text{ kN}$$

$$Pr_{d,2} = 0,29 \cdot L \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{u2} \cdot E_{cm}} \cdot \frac{1}{\gamma_{fv}} = 0,29 \cdot 0,8 \cdot 22^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 21000} = 86,99 \text{ kN} > Pr_{d,1} \text{ } \checkmark \text{hovuje}$$

$$d = 0,2 \cdot \left(\frac{H_{50}}{d} + 1\right) = 0,2 \cdot \left(\frac{75}{22} + 1\right) = 0,88$$

PROFIL IPE 270

$$A = 4594 \text{ mm}^2$$

$$I_f = 57,90 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,IPR} = 484 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$A_{vz} = 2214 \text{ mm}^2$$

$$k_{\pm} = 0,45$$

$$P_{rd} = k_{\pm} \cdot P_{rd,1} = 0,45 \cdot 86,99 = 65,24 \text{ kN}$$

$$F_{d\pm} = N_{a,1} - 2 N_{a,2} = (4594 - 2 \cdot 2,24 \cdot 135) \cdot 355 = 1416,2 \text{ kNm}$$

• Počet trnů:

$$n = \frac{F_{d\pm}}{P_{rd}} = \frac{1416,2}{65,24} = 21 \text{ trnů}$$

$$\text{vzdálenost trnů na } \frac{1}{2} \text{ rozpětí} \rightarrow \frac{10600}{2} = 21 \text{ trnů}$$

HSP

$$(g+q)_k = 16,09 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot 16,09 \cdot 10,6^2 = 225,99 \text{ kNm}$$

$$E_c' = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{31000}{2} = 15500 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{E_a}{E_c'} = \frac{210000}{15500} = 13,55$$

$$I_i = 4594 + \frac{50 \cdot 2000^3}{12 \cdot 13,55} = 11974,1 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{4594 \cdot \frac{270}{2} + \frac{50 \cdot 2000^3}{12 \cdot 13,55} \cdot \left(270 + 50 + \frac{50}{2}\right)}{11974,1} = 264,43 \text{ mm}$$

$$I_i = 579 \cdot 10^6 + 4594 \cdot \left(264,43 - \frac{270}{2}\right)^2 + \frac{1}{12 \cdot 13,55} \cdot \left(\frac{2000 \cdot 50^3}{12} + 2000 \cdot 50 \cdot \left(270 + 50 + \frac{50}{2} - 264,43\right)^2\right) = 183,8 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

• Napětí v oceli

$$\sigma_{s,max} = \frac{225,99}{183,8} \cdot 264,43 = 325,13 \text{ MPa} < f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

• Napětí v betonu

$$\sigma_{b,max} = \frac{225,99}{183,8 \cdot 13,55} \cdot (270 + 50 + 50 - 264,43) = 9,6 \text{ MPa} < f_{td} = 14,16 \text{ MPa}$$

• CELKOVÝ PRŮHYB

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,8 \cdot 2 \cdot 10600^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 183,8 \cdot 10^6} = 32,4 \text{ mm} < \frac{L}{250} = \frac{10600}{250} = 42,4 \text{ mm}$$

Průhyb y hovi