




VYPRACOVAL		ZODP. PROJEKTANT		KONTROLOVAL		<div> PROXIMA projekt, s.r.o., Lidická 19, 602 00, Brno IČ:28273231, DIČ:CZ28273231, Tel. : 604 349 357 web : www.proximaprojekt.cz</div>	
PROXIMA projekt, s.r.o.		Ing. Martin Špička		Ing. Horák			
KRAJ	JIHOMORAVSKÝ		K.Ú.	LEŠNÁ		ZAK.ČÍSLO	120–2020
OBJEDNATEL		vodohospodářský atelier s.r.o., Růženec 54, 644 00, Brno				DATUM	12/2020
STAVBA AKCE  OBJEKT		PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ Stavebně–konstrukční řešení				STUPEŇ	DSP, DPS
						FORMÁT	
						MĚŘÍTKO	
OBSAH		SDRUŽENÝ OBJEKT–STATICKÝ VÝPOČET				PŘÍLOHA Č.	PARÉ Č.

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
 Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





## **POUŽITÁ LITERATURA, SOFTWARE :**

### **Seznam použitých podkladů**

ČSN EN 1990                    ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ

ČSN EN 1991-1-1            ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ - ČÁST 1-1: OBECNÁ ZATÍŽENÍ - OBJEMOVÉ TÍHY, VLASTNÍ TÍHA A UŽITNÁ ZATÍŽENÍ POZEMNÍCH STAVEB

EUROKÓD 2 – NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

ČSN EN 1997-1            EUROKÓD 7: NAVRHOVÁNÍ GEOTECHNICKÝCH KONSTRUKCÍ – ČÁST 1-1: OBECNÁ PRAVIDLA

ČSN EN 206-1            BETON – ČÁST 1: SPECIFIKACE, VLASTNOSTI VÝROBA A SHODA

ZATÍŽENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ, PŘÍRUČKA K ČSN EN 1991 – HOLICKÝ, MARKOVÁ, SÝKORA

STATICKÉ TABULKY

PŘÍRUČKA PRO STAVEBNÍ INŽENÝRY 1÷4

TECHNICKÝ PRŮVODCE 4

ING. ST. NOVÁK – STAVITELSKÁ STATIKA

ING. BAŽANT – ZAKLÁDÁNÍ STAVEB

BAŽANT – STAVEBNÁ MECHANIKA 1÷3

ING. BRADÁČ – ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

ZAKLADANIE STAVIEB – P. TURČEK, J. HULLA

ING. S. KRISTKOVÁ – ZAKLÁDÁNÍ STAVEB

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ KONFERENCE ZAKLÁDÁNÍ STAVEB 1998-2019

L. HOBST, J. ZAJÍC – KOTVENÍ DO HORNIN

ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ – HOLICKÝ, MARKOVÁ

NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ, PŘÍRUČKA K ČSN EN 1992-1-1 A ČSN EN 1992-1-2

SOFTWARE FINE od společnosti FINE, spol. s r.o.

Projektová dokumentace – zpracovaná objednatelem





## Průvodní zpráva

### **Objednatel :**

vodohospodářský atelier s.r.o., Růženec 54, 644 00, Brno,  
IČ: 27724905, DIČ : CZ27724905

### **1.1 Zpracovatel projektové dokumentace**



Lidická 700/19

602 00, Brno - Veveří

IČ : 28273231, DIČ : CZ28273231

Bankovní spojení : 219593875 / 0300

mail : [spicka@proximaprojekt.cz](mailto:spicka@proximaprojekt.cz)

web : [www.proximaprojekt.cz](http://www.proximaprojekt.cz)

Zodpovědná osoba : Ing. Martin Špička

Tel.: +420 604 349 357

Autorizace : 1004084 – Statika a dynamika staveb, Geotechnika

autorizace v oboru statika a dynamika staveb, č. 29191, v oboru geotechnika, č. 26129

živnostenské oprávnění: Živnostenský list čj. ZUMB/4863/2008/Bal/4 Projektová činnost ve výstavbě

### **1.2 Základní charakteristika stavby**

Společnost PROXIMA projekt, s.r.o. byla Objednatelem požádána dle o zpracování statického výpočtu pro sdružený železobetonový monolitický objekt na suché nádrži SN. Střelnice.

Výpočty byly provedeny s tím, že se nejedná o poddolované území ani území nespádá do žádné z kategorií poddolování.

Konstrukce byly početně prověřeny na maximální možná zatížení.

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





## Zatížení

Stálé :

Stěny objektu ...  $4.87 \times 0.5 \times 25 = 61 \text{ kN/m'}$

Zemní tlak ...  $3.5 \times 19 \times 0.666 = 44.3 \text{ kN/m}^2$

$S_k = 0.40 / (1 - 0.4) = 0.666$

Moment od zemního tlaku :  $M_{Ed1} = 44.3 \times 3.50 / 3 = 51.7 \text{ kNm}$

Proměnné :

Tlak vody ...  $5.0 \times 10 = 50 \text{ kN/m}^2$

Moment od tlaku vody :  $M_{Ed2} = 50 \times 5.0 / 3 = 83.3 \text{ kNm}$

Návrhová zatížení :

$N = 61 \times 1.35 = 82.4 \text{ kN/m'}$

$M_{Ed} = 83.3 \times 1.5 = 125 \text{ kNm}$

$V_{Ed} = 50 \times 1.5 = 75 \text{ kNm}$

## Stěna obvodová tloušťky 950mm v kotvení

Datum : 25.11.2020

### Norma

Norma **EN 1992-1-1/Česko.**

Únosnost betonu - základní kombinace zatížení :  $\gamma_C = 1,500$

Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení :  $\gamma_S = 1,150$

Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_C = 1,200$

Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_S = 1,000$

Modul pružnosti betonu :  $\gamma_{cE} = 1,200$

Tlaková pevnost betonu :  $\alpha_{cc} = 1,000$

Minimální stupeň vyztužení desky dle ČSN 73 1201

## 1 Stěny 950mm

### 1.1 Vstupní data

Typ prvku: stěna

Prostředí: XC4, XF3, XA1

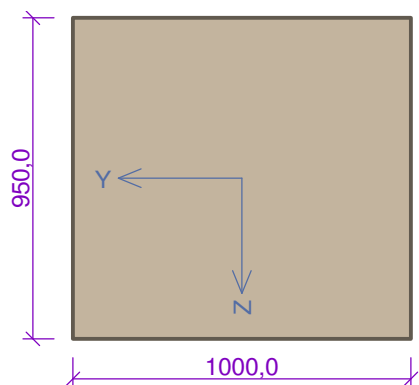
Délka dílce: 5,00m

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





## Průřez



## Materiály

### Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku  $f_{ck}$  = 30,0 MPa

Pevnost v tahu  $f_{ctm}$  = 2,9 MPa

Modul pružnosti  $E_{cm}$  = 33000 MPa

### Ocel podélná: 10505 (R)B

Mez kluzu  $f_{yk}$  = 500,0 MPa

Modul pružnosti  $E_s$  = 200000 MPa

### Ocel příčná: 10505 (R)

Mez kluzu  $f_{yk}$  = 500,0 MPa

Modul pružnosti  $E_s$  = 200000 MPa

## Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

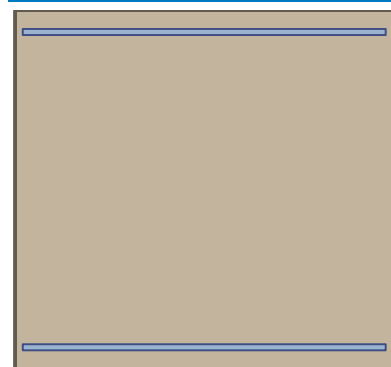
č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Návrhové	82,40	125,00	0,00	0,00	75,00	0,00	1,000

## Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	84,20	125,00	0,00	1,000

## Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
8	16	50,0	horní výztuž
8	16	50,0	dolní výztuž



8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

## Podélná výztuž - podrobnosti

Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
1	58,0	892,0	16
2	942,0	892,0	16
3	184,3	892,0	16
4	815,7	892,0	16
5	310,6	892,0	16





Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
6	689,4	892,0	16
7	436,9	892,0	16
8	563,1	892,0	16
9	58,0	58,0	16
10	942,0	58,0	16
11	184,3	58,0	16
12	815,7	58,0	16
13	310,6	58,0	16
14	689,4	58,0	16
15	436,9	58,0	16
16	563,1	58,0	16

Počátek souřadného systému je v levém dolním rohu obálky průřezu

S tlačnou výztuží je počítáno.

### Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

### Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(16; 30; 10) = 30 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

## 1.2 Výsledky

### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 969,10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 475 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 74,8,10^9 \text{ mm}^4; I_z = 80,8,10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

1: **Návrhové** - základní návrhová (MSÚ)

$$N=82,40\text{kN}; M_y=125,00 \rightarrow 126,03\text{kNm}; M_z=0,00\text{kNm}; V_z=0,00\text{kN}; V_y=75,00\text{kN}; T=0,00\text{kNm}$$

### Podrobné posouzení TAH A OHYB: Návrhové

### Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 125 + 0,0125 \times |82,4| = 126 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = 0 \text{ kNm}$$

### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 950,10^3 = 0,00339$$

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 950,10^3 = 0,00339$$

$$\rho_{s,\min} = 0,002$$



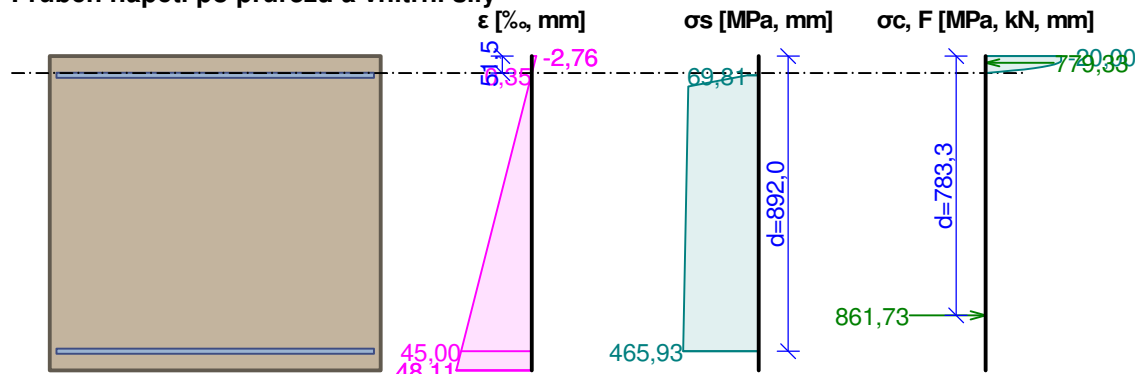


$$\rho_s = 0,00339 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00339 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 950 \text{ mm}^2$

### Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



### Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -2,76 ‰

Největší deformace v betonu: 48,11 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: 0,35 ‰

Největší deformace ve výztuži: 45,00 ‰

Směr neutrální osy: 0,00 °

$$N_{Ed} = 82,40 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 1498,89 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 125,00 \rightarrow 126,03 \leq M_{Rdy} = 619,91 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 0,00 \leq M_{Rdz} = 0,00 \text{ kNm}$$

**Posouzení průřezu na tah a ohyb Vyhovuje**

Využití: 20,3 %

### Podrobné posouzení SMYK: Návrhové

Použit model náhradní příhradoviny

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 752,6)}; 2) = \min(1,516; 2) = 1,516$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,608 / (950 \times 752,6); 0,02) = \min(0,00225; 0,02) = 0,00225$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,516^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,358 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-82,4 / 950 \cdot 10^3; 0,2 \times 20) = \min(-0,0867; 4) = -0,0867 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,516 \times \sqrt{(100 \times 0,00225 \times 30)}; 0,358) + 0,15 \times (-0,0867)) \times 950 \times 752,6 = 246,4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 75 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 246,4 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

**Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje**

Využití: 30,4 %

### Podrobné posouzení KROUCENÍ: Návrhové

Průřez není namáhán kroucením.





## 2: Zat. případ 2 - kvazistálá (MSP)

$N=84,20\text{ kN}$ ;  $M_y=125,00\text{ kNm}$ ;  $M_z=0,00 \rightarrow 1,05\text{ kNm}$

### Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: Zat. případ 2

#### Výpočet imperfekce

$$M_{0Edy} = 125 \text{ kNm}$$

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edz} = M_z - e_i \times |N_{Ed}| = 0 - 0,0125 \times |84,2| = -1,053 \text{ kNm}$$

#### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 969.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

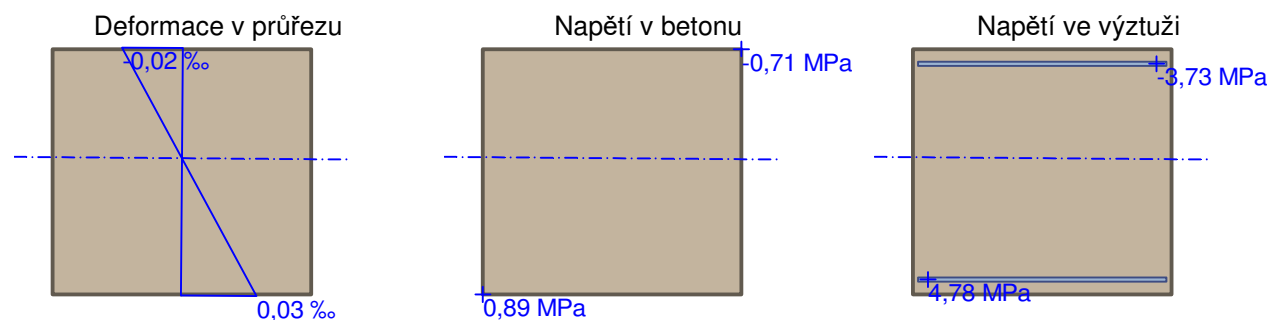
$$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 475 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 74,8.10^9 \text{ mm}^4; I_z = 80,8.10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$



#### Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha:  $A = 109.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 503,6 \text{ mm}; z_t = 828,3 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

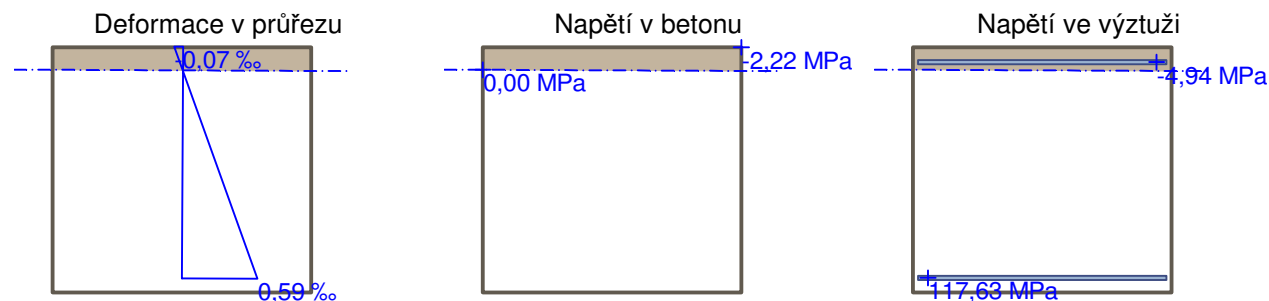
$$I_y = 6,41.10^9 \text{ mm}^4; I_z = 9,11.10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -1,14.10^9 \text{ mm}^4; S_{z,s} = -11,7.10^6 \text{ mm}^4$$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$$N = 84,2 \text{ kN}; M_y = 154,8 \text{ kNm}; M_z = 1,36 \text{ kNm}$$





Trhliny jsou počítány pouze při horním/spodním povrchu průřezu.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,00161 / 0,149 = 0,0108$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200.10^3 / 33\,000 = 6,061$$

$$\epsilon_s - \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) = \max(0,6 \times 117,3 / 200.10^3; [117,3 - 0,4 \times 2,9 / 0,0108 \times (1 + 6,061 \times 0,0108)] / 200.10^3) = \max(0,000352; 15,7.10^{-6}) = 0,000352$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 50)^{0,667}; 3,4) = \min(2,142; 3,4) = 2,142$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 2,142 \times 50 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 16 / 0,0108 = 358,4 \text{ mm}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 0,000352 \times 358,4 = 0,126 \text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,200mm (Vlastní hodnota)

Výška tlačené části průřezu:  $h=92,1\text{mm}$

Využití průřezu: 63,1 %

**Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje**

#### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,00339 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00339 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 950 \text{ mm}^2$

#### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Návrhové	82,40 1498,89	125,00 → 126,03 619,91	0,00 0,00	0,00 0,00	75,00 246,40	30,4	Vyhovuje

**Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 30,4 %**

#### Posouzení mezního stavu použitelnosti

##### Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$\Delta\epsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	$w$ [mm]	Využití [%]	Posouzení
2	Zat. případ 2	84,20	125,00	0,00 → 1,05	$352.10^{-6}$	0,358	0,126	63,1	Vyhovuje
Maximální povolená šířka $w_{max}$							0,200		

**Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 63,1 %**

#### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

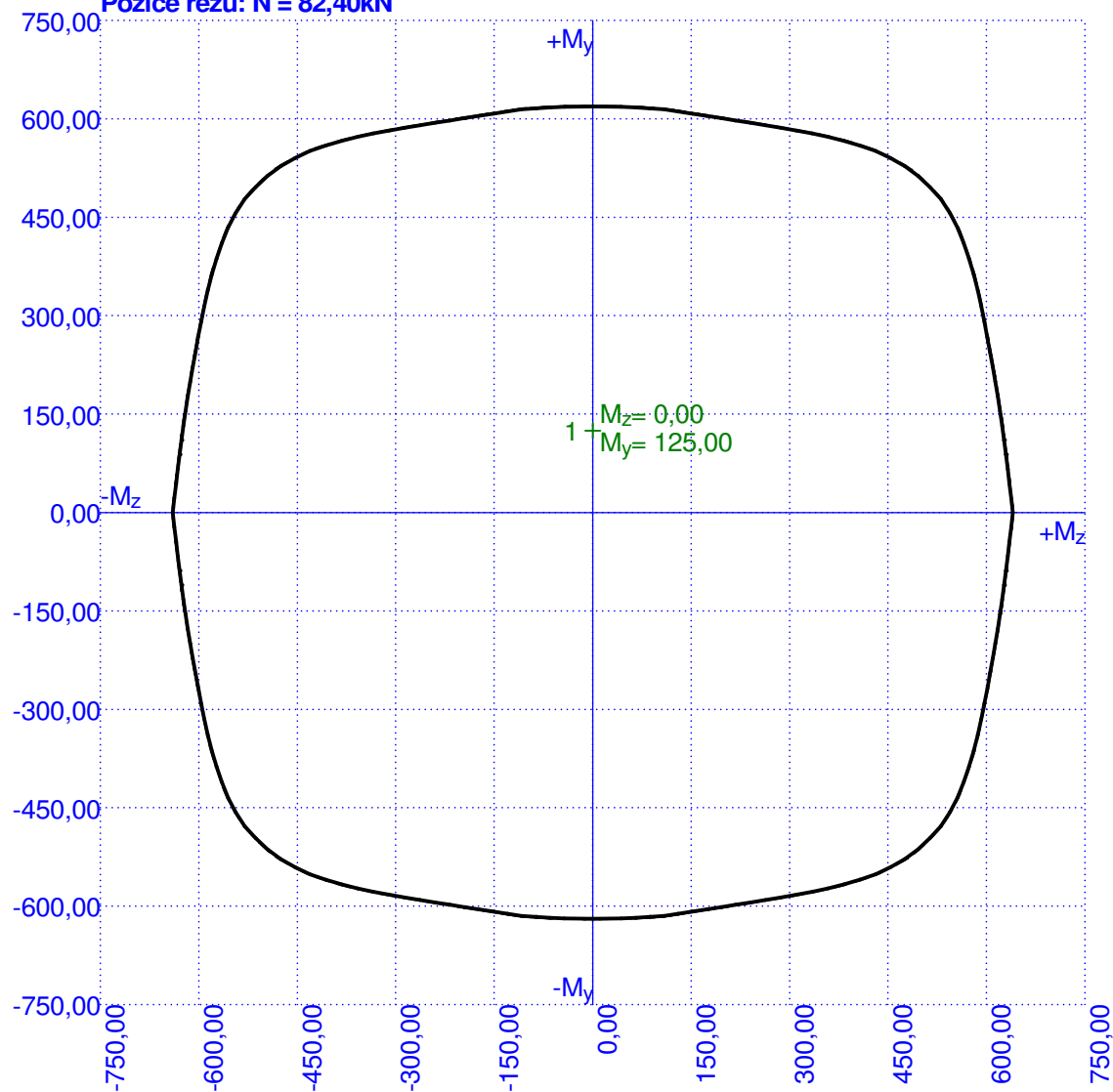
Využití: 63,1 %





### Interakční diagram $M_y$ - $M_z$

Pozice řezu:  $N = 82,40\text{kN}$



PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





## Stěna obvodová tloušťky 500mm v kotvení

Datum : 25.11.2020

### Norma

Norma **EN 1992-1-1/Česko.**

Únosnost betonu - základní kombinace zatížení	: $\gamma_C = 1,500$
Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení	: $\gamma_S = 1,150$
Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení	: $\gamma_C = 1,200$
Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení	: $\gamma_S = 1,000$
Modul pružnosti betonu	: $\gamma_{CE} = 1,200$
Tlaková pevnost betonu	: $\alpha_{cc} = 1,000$

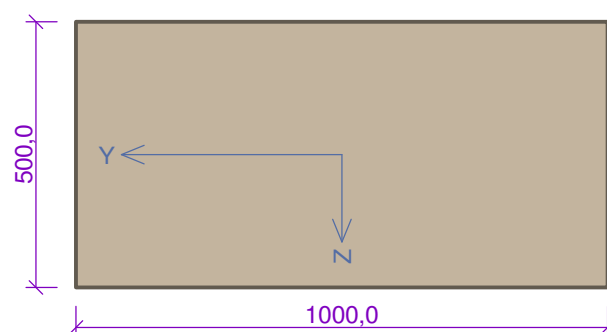
Minimální stupeň vyztužení desky dle ČSN 73 1201

## 1 Stěna 500mm

### 1.1 Vstupní data

Typ prvku: stěna  
Prostředí: XC4, XF3, XA1  
Délka dílce: 5,00m

#### Průřez



#### Materiály

##### Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30,0$ MPa
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,9$ MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} = 33000$ MPa

##### Ocel podélná: 10505 (R)B

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,0$ MPa
Modul pružnosti	$E_s = 200000$ MPa

##### Ocel příčná: 10505 (R)

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,0$ MPa
Modul pružnosti	$E_s = 200000$ MPa

#### Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Návrhové	82,40	125,00	0,00	0,00	75,00	0,00	1,000

#### Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	82,40	89,30	0,00	1,000

#### Podélná výztuž

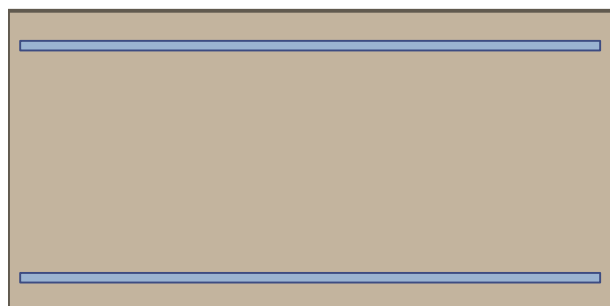
Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
8	16	50,0	horní výztuž

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
8	16	50,0	dolní výztuž



8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

#### Podélná výztuž - podrobnosti

Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
1	58,0	442,0	16
2	942,0	442,0	16
3	184,3	442,0	16
4	815,7	442,0	16
5	310,6	442,0	16
6	689,4	442,0	16
7	436,9	442,0	16
8	563,1	442,0	16
9	58,0	58,0	16
10	942,0	58,0	16
11	184,3	58,0	16
12	815,7	58,0	16
13	310,6	58,0	16
14	689,4	58,0	16
15	436,9	58,0	16
16	563,1	58,0	16

Počátek souřadného systému je v levém dolním rohu obálky průřezu

S tlacenou výztuží je počítáno.

#### Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

#### Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(16; 30; 10) = 30 \text{ mm}$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$

## 1.2 Výsledky

#### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 519.10^3 \text{ mm}^2$





Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 250 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 11,1 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 43,3 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

1: **Návrhové** - základní návrhová (MSÚ)

$$N=82,40\text{kN}; M_y=125,00 \rightarrow 126,03\text{kNm}; M_z=0,00\text{kNm}; V_z=0,00\text{kN}; V_y=75,00\text{kN}; T=0,00\text{kNm}$$

**Podrobné posouzení TAH A OHYB: Návrhové**

**Výpočet imperfekce**

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 125 + 0,0125 \times |82,4| = 126 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = 0 \text{ kNm}$$

**Posouzení min. a max. stupně vyztužení**

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 500 \cdot 10^3 = 0,00643$$

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 500 \cdot 10^3 = 0,00643$$

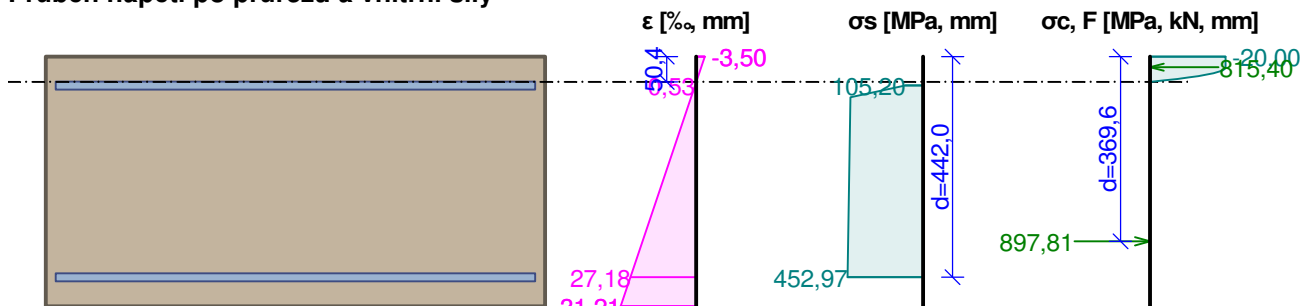
$$\rho_{s,min} = 0,002$$

$$\rho_s = 0,00643 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00643 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 804,2 \text{ mm}^2$

**Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly**



**Deformace v krajních vláknech průřezu**

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 31,21 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: 0,53 ‰

Největší deformace ve výztuži: 27,18 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

$$N_{Ed} = 82,40 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 1498,89 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 125,00 \rightarrow 126,03 \leq M_{Rdy} = 294,17 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 0,00 \leq M_{Rdz} = 0,00 \text{ kNm}$$

**Posouzení průřezu na tah a ohyb Vyhovuje**

Využití: 42,8 %

**Podrobné posouzení SMYK: Návrhové**

Použit model náhradní příhradoviny





$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 752,6)}; 2) = \min(1,516; 2) = 1,516$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,608 / (500 \times 752,6); 0,02) = \min(0,00427; 0,02) = 0,00427$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,516^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,358 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-82,4 / 500 \cdot 10^3; 0,2 \times 20) = \min(-0,165; 4) = -0,165 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{min}}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,516 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,00427 \times 30)}; 0,358) + 0,15 \times (-0,165)) \times 500 \times 752,6 = 150,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 75 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 150,9 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

**Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje**

Využití: 49,7 %

#### Podrobné posouzení KROUCENÍ: Návrhové

Průřez není namáhán kroucením.

2: **Zat. případ 2** - kvazistálá (MSP)

$N=82,40\text{kN}$ ;  $M_y=89,30 \rightarrow 90,03\text{kNm}$ ;  $M_z=0,00 \rightarrow 0,73\text{kNm}$

#### Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: Zat. případ 2

##### Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| \times 0,707 = 89,3 + 0,0125 \times |82,4| \times 0,707 = 90,03 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = M_z + e_i \times |N_{Ed}| \times (-0,707) = 0 + 0,0125 \times |82,4| \times (-0,707) = -0,728 \text{ kNm}$$

##### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 519 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

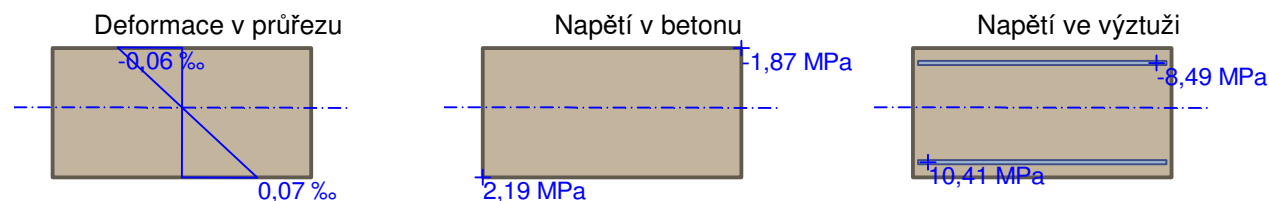
$y_t = 500 \text{ mm}$ ;  $z_t = 250 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 11,1 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$ ;  $I_z = 43,3 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$ ;  $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$



##### Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha:  $A = 88\,866 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 501,3 \text{ mm}$ ;  $z_t = 418,1 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 1,45 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$ ;  $I_z = 7,41 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$



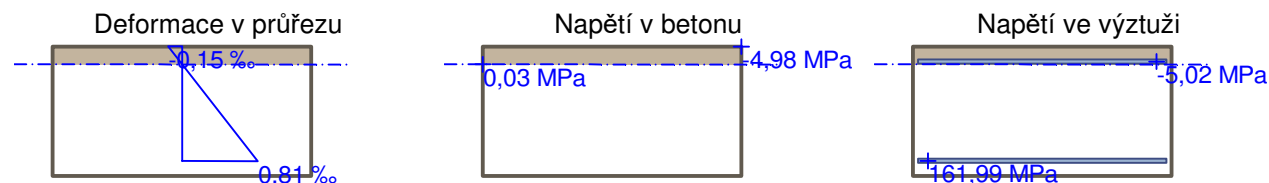


Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -541.10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = -4,14.10^6 \text{ mm}^4$$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$$N = 82,4 \text{ kN}; M_y = 103,9 \text{ kNm}; M_z = 0,834 \text{ kNm}$$



Trhliny jsou počítány pouze při horním/spodním povrchu průřezu.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,00161 / 0,146 = 0,011$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200.10^3 / 33\,000 = 6,061$$

$$\epsilon_s - \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) = \max(0,6 \times 161,7 / 200.10^3; [161,7 - 0,4 \times 2,9 / 0,011 \times (1 + 6,061 \times 0,011)] / 200.10^3) = \max(0,000485; 0,000247) = 0,000485$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 50)^{0,667}; 3,4) = \min(2,142; 3,4) = 2,142$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 2,142 \times 50 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 16 / 0,011 = 354 \text{ mm}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 0,000485 \times 354 = 0,172 \text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,200mm (Vlastní hodnota)

Výška tlačené části průřezu:  $h=69,7\text{mm}$

Využití průřezu: 85,9 %

**Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje**

## Posouzení min. a max. stupně výztužení

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,00643 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00643 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 804,2 \text{ mm}^2$

## Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Návrhové	82,40 1498,89	125,00 → 126,03 294,17	0,00 0,00	0,00 0,00	75,00 150,88	49,7	Vyhovuje

**Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 49,7 %**

## Posouzení mezního stavu použitelnosti

**Mezní stav omezení šířky trhlin**



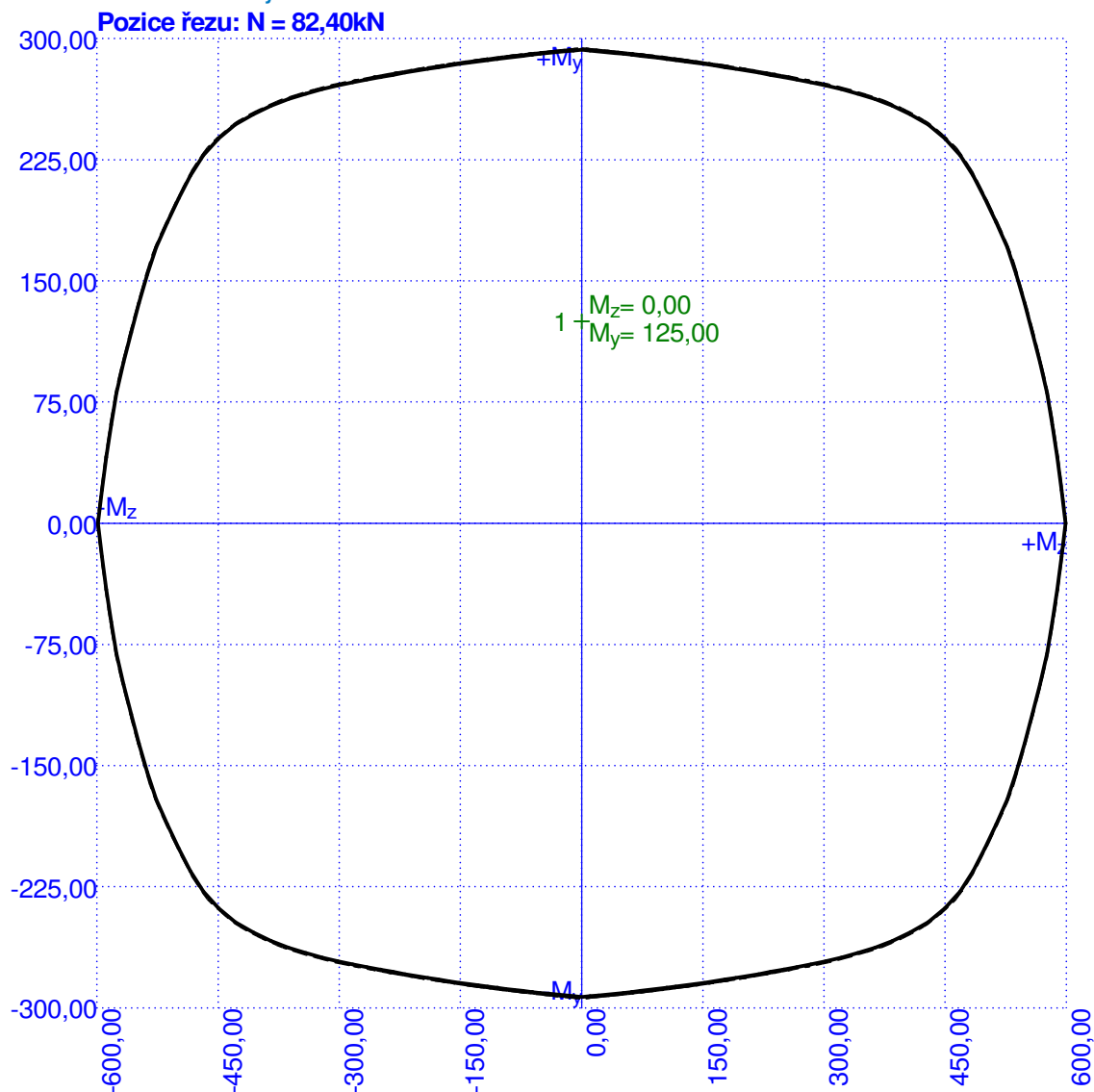
č.	Název	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$\Delta\epsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	$w$ [mm]	Využití [%]	Posouzení
2	Zat. případ 2	82,40	89,30 → 90,03	0,00 → 0,73	$485 \cdot 10^{-6}$	0,354	0,172	85,9	Vyhovuje
Maximální povolená šířka $w_{max}$							0,200		

**Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 85,9 %**

**Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE**

Využití: 85,9 %

**Interakční diagram  $M_y$ - $M_z$**



PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





## Stěny tloušťky 300mm pro dluže

Moment od tlaku vody s ledem :  $M_{Ed2} = 50 \times 5.0/3 \times 1.0 = 83.3 \text{ kNm}$

Datum : 25.11.2020

### Norma

Norma **EN 1992-1-1/Česko.**

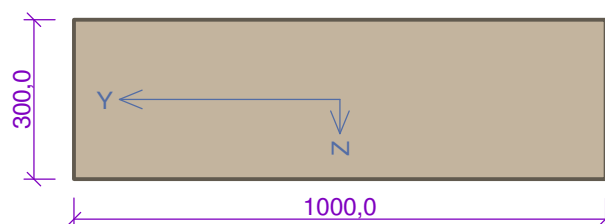
Únosnost betonu - základní kombinace zatížení	: $\gamma_C = 1,500$
Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení	: $\gamma_S = 1,150$
Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení	: $\gamma_C = 1,200$
Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení	: $\gamma_S = 1,000$
Modul pružnosti betonu	: $\gamma_{cE} = 1,200$
Tlaková pevnost betonu	: $\alpha_{cc} = 1,000$
Minimální stupeň vyztužení desky dle ČSN 73 1201	

## 1 Stěna 500mm

### 1.1 Vstupní data

Typ prvku: stěna  
Prostředí: XC4, XF3, XA1  
Délka dílce: 5,00m

#### Průřez



#### Materiály

##### Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$

##### Ocel podélná: 10505 (R)B

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_s = 200000 \text{ MPa}$

##### Ocel příčná: 10505 (R)

Mez kluzu	$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_s = 200000 \text{ MPa}$

#### Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Návrhové	50,60	83,30	0,00	0,00	75,00	0,00	1,000

#### Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

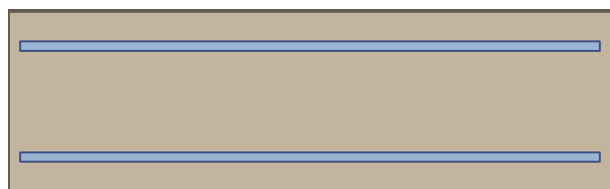
č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	50,60	59,50	0,00	1,000





## Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
8	16	50,0	horní výztuž
8	16	50,0	dolní výztuž



8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

## Podélná výztuž - podrobnosti

Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
1	58,0	242,0	16
2	942,0	242,0	16
3	184,3	242,0	16
4	815,7	242,0	16
5	310,6	242,0	16
6	689,4	242,0	16
7	436,9	242,0	16
8	563,1	242,0	16
9	58,0	58,0	16
10	942,0	58,0	16
11	184,3	58,0	16
12	815,7	58,0	16
13	310,6	58,0	16
14	689,4	58,0	16
15	436,9	58,0	16
16	563,1	58,0	16

Počátek souřadného systému je v levém dolním rohu obálky průřezu

S tlačnou výztuží je počítáno.

## Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

## Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(16; 30; 10) = 30 \text{ mm}$

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$

## 1.2 Výsledky

### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 319 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 150 \text{ mm}$



Moment setrvačnosti:

$$I_y = 2,42 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 26,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

1: **Návrhové** - základní návrhová (MSÚ)

$$N=50,60 \text{ kN}; M_y=83,30 \rightarrow 83,93 \text{ kNm}; M_z=0,00 \text{ kNm}; V_z=0,00 \text{ kN}; V_y=75,00 \text{ kN}; T=0,00 \text{ kNm}$$

**Podrobné posouzení TAH A OHYB: Návrhové**

**Výpočet imperfekce**

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 83,3 + 0,0125 \times |50,6| = 83,93 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = 0 \text{ kNm}$$

**Posouzení min. a max. stupně vyztužení**

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 300 \cdot 10^3 = 0,0107$$

$$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 300 \cdot 10^3 = 0,0107$$

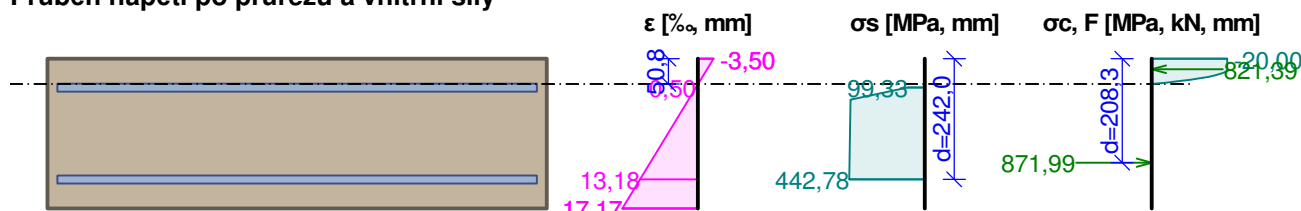
$$\rho_{s,min} = 0,002$$

$$\rho_s = 0,0107 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0107 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 804,2 \text{ mm}^2$

**Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly**



**Deformace v krajních vláknech průřezu**

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 17,17 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: 0,50 ‰

Největší deformace ve výztuži: 13,18 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

$$N_{Ed} = 50,60 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 1498,89 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 83,30 \rightarrow 83,93 \leq M_{Rdy} = 156,69 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 0,00 \leq M_{Rdz} = 0,00 \text{ kNm}$$

**Posouzení průřezu na tah a ohyb Vyhovuje**

Využití: 53,6 %

**Podrobné posouzení SMYK: Návrhové**

Použití model náhradní příhradoviny

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 752,6)}; 2) = \min(1,516; 2) = 1,516$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,608 / (300 \times 752,6); 0,02) = \min(0,00712; 0,02) = 0,00712$$



$$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,516^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,358 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-50,6 / 300 \cdot 10^3; 0,2 \times 20) = \min(-0,169; 4) = -0,169 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck}); v_{\min}}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,516 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,00712 \times 30); 0,358) + 0,15 \times (-0,169)}) \times 300 \times 752,6 = 108,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 75 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 108,2 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

**Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje**

Využití: 69,3 %

### Podrobné posouzení KROUCENÍ: Návrhové

Průřez není namáhán kroucením.

2: **Zat. případ 2** - kvazistálá (MSP)

$N=50,60 \text{ kN}$ ;  $M_y=59,50 \rightarrow 60,13 \text{ kNm}$ ;  $M_z=0,00 \text{ kNm}$

### Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: Zat. případ 2

#### Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 59,5 + 0,0125 \times |50,6| = 60,13 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = 0 \text{ kNm}$$

#### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 319 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

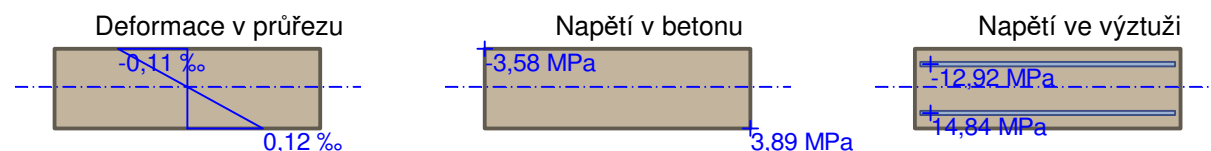
$$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 150 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 2,42 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 26,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$



#### Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha:  $A = 74 \cdot 959 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 240,5 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 395 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; I_z = 6,25 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -291 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

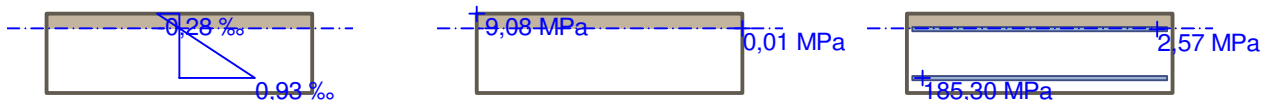
$$N = 50,6 \text{ kN}; M_y = 64,71 \text{ kNm}; M_z = 0 \text{ kNm}$$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži





Trhliny jsou počítány pouze při horním/spodním povrchu průřezu.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,00161 / 0,145 = 0,0111$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200.10^3 / 33\,000 = 6,061$$

$$\epsilon_s - \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) = \max(0,6 \times 185,3 / 200.10^3; [185,3 - 0,4 \times 2,9 / 0,0111 \times (1 + 6,061 \times 0,0111)] / 200.10^3) = \max(0,000556; 0,000369) = 0,000556$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 50)^{0,667}; 3,4) = \min(2,142; 3,4) = 2,142$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 2,142 \times 50 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 16 / 0,0111 = 352,3 \text{ mm}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 0,000556 \times 352,3 = 0,196 \text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,200mm (Vlastní hodnota)

Výška tlačené části průřezu: h=55,4mm

Využití průřezu: 97,9 %

**Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje**

#### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,0107 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0107 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 804,2 \text{ mm}^2$

#### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Návrhové	50,60 1498,89	83,30 → 83,93 156,69	0,00 0,00	0,00 0,00	75,00 108,23	69,3	Vyhovuje

**Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 69,3 %**

#### Posouzení mezního stavu použitelnosti

##### Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$\Delta\epsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
2	Zat. případ 2	50,60	59,50 → 60,13	0,00	556.10 <sup>-6</sup>	0,352	0,196	97,9	Vyhovuje
Maximální povolená šířka $w_{max}$							0,200		

**Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 97,9 %**

#### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

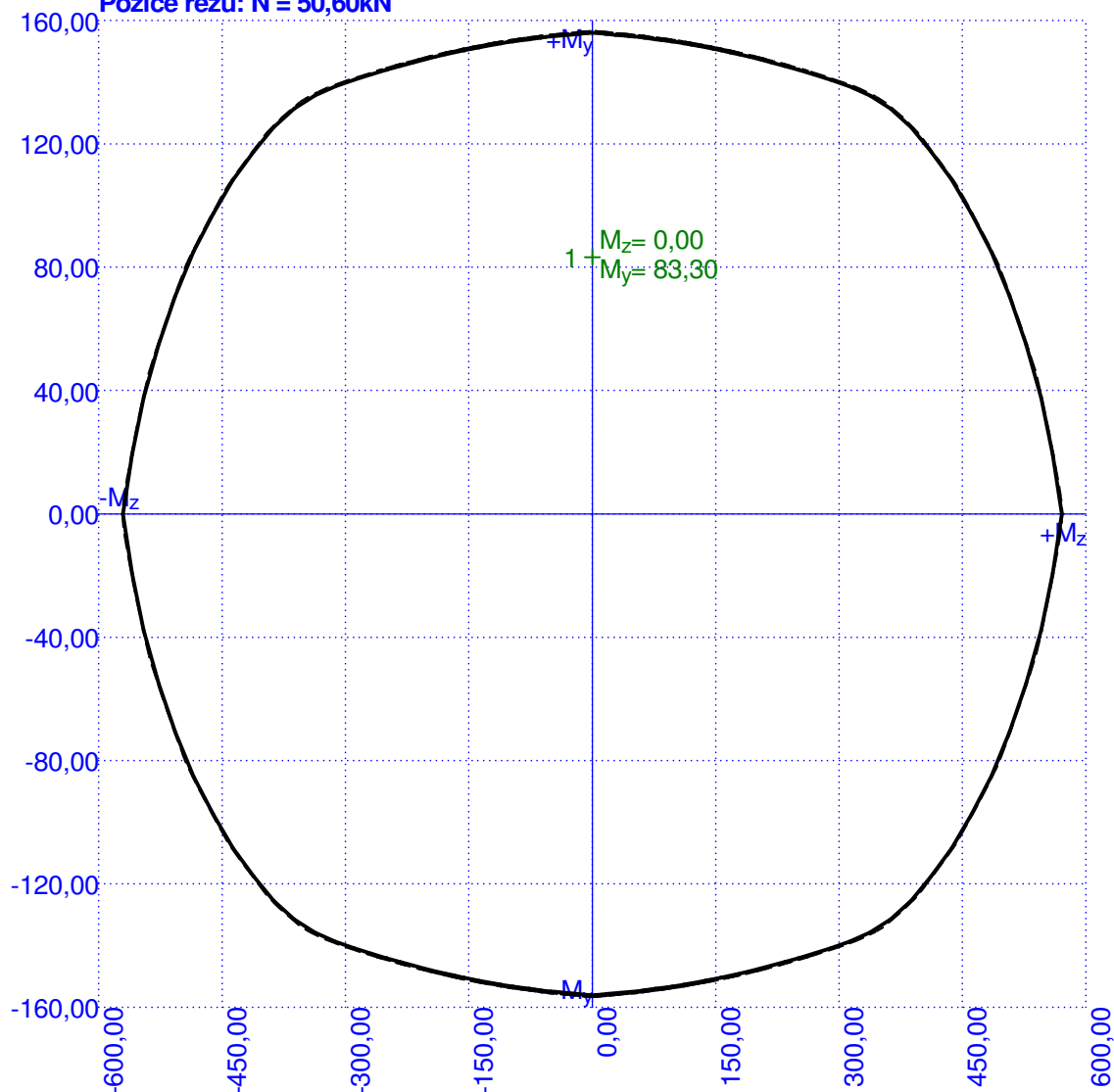
Využití: 97,9 %





## Interakční diagram $M_y-M_z$

Pozice řezu:  $N = 50,60\text{kN}$



PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET





## Základová deska tloušťky 600mm

Datum : 25.11.2020

### Norma

Norma **EN 1992-1-1/Česko.**

Únosnost betonu - základní kombinace zatížení :  $\gamma_C = 1,500$   
 Únosnost výztuže - základní kombinace zatížení :  $\gamma_S = 1,150$   
 Únosnost betonu - mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_C = 1,200$   
 Únosnost výztuže - mimořádná kombinace zatížení :  $\gamma_S = 1,000$   
 Modul pružnosti betonu :  $\gamma_{CE} = 1,200$   
 Tlaková pevnost betonu :  $\alpha_{cc} = 1,000$   
 Minimální stupeň vyztužení desky dle ČSN 73 1201

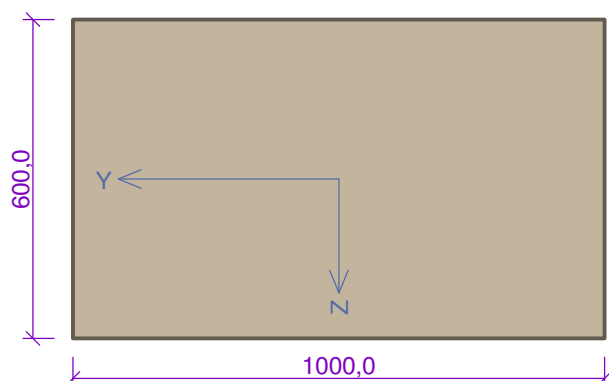
## 1 Základová deska 600mm

### 1.1 Vstupní data

Typ prvku: stěna  
 Prostředí: XC4, XF3, XA1  
 Délka dílce: 5,00m

#### Průřez

#### Materiály



**Beton: C 30/37**  
 Válcová pevnost v tlaku  $f_{ck} = 30,0$  MPa  
 Pevnost v tahu  $f_{ctm} = 2,9$  MPa  
 Modul pružnosti  $E_{cm} = 33000$  MPa  
**Ocel podélná: 10505 (R)B**  
 Mez kluzu  $f_{yk} = 500,0$  MPa  
 Modul pružnosti  $E_s = 200000$  MPa  
**Ocel příčná: 10505 (R)**  
 Mez kluzu  $f_{yk} = 500,0$  MPa  
 Modul pružnosti  $E_s = 200000$  MPa

#### Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Návrhové	132,30	125,00	0,00	0,00	75,00	0,00	1,000

#### Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

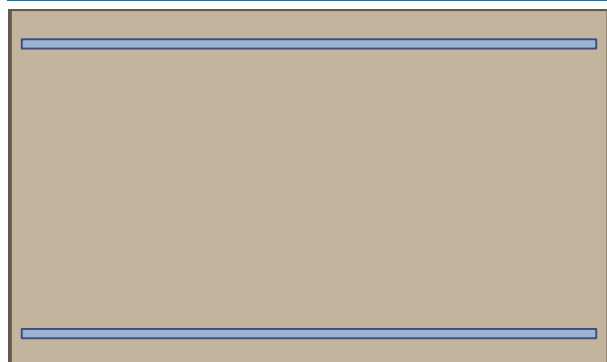
č.	Název zatěžovacího případu	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	132,30	89,30	0,00	1,000





## Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
8	16	50,0	horní výztuž
8	16	50,0	dolní výztuž



8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

8x16(po 125,0mm) kr. 50,0

## Podélná výztuž - podrobnosti

Číslo	Y [mm]	Z [mm]	Profil [mm]
1	58,0	542,0	16
2	942,0	542,0	16
3	184,3	542,0	16
4	815,7	542,0	16
5	310,6	542,0	16
6	689,4	542,0	16
7	436,9	542,0	16
8	563,1	542,0	16
9	58,0	58,0	16
10	942,0	58,0	16
11	184,3	58,0	16
12	815,7	58,0	16
13	310,6	58,0	16
14	689,4	58,0	16
15	436,9	58,0	16
16	563,1	58,0	16

Počátek souřadného systému je v levém dolním rohu obálky průřezu

S tlacenou výztuží je počítáno.

## Smyková výztuž

Průřez bez smykové výztuže.

## Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min,b}; c_{\min,dur}; 10) = \max(16; 30; 10) = 30 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$



## 1.2 Výsledky

### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 619 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 500 \text{ mm}$ ;  $z_t = 300 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 19,1 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$ ;  $I_z = 51,6 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$ ;  $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

1: **Návrhové** - základní návrhová (MSÚ)

$N = 132,30 \text{ kN}$ ;  $M_y = 125,00 \rightarrow 126,65 \text{ kNm}$ ;  $M_z = 0,00 \text{ kNm}$ ;  $V_z = 0,00 \text{ kN}$ ;  $V_y = 75,00 \text{ kN}$ ;  $T = 0,00 \text{ kNm}$

### Podrobné posouzení TAH A OHYB: Návrhové

#### Výpočet imperfekce

$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$

$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 125 + 0,0125 \times |132,3| = 126,7 \text{ kNm}$

$M_{0Edz} = 0 \text{ kNm}$

#### Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Stěna (celková výztuž):

$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 600 \cdot 10^3 = 0,00536$

$\rho_s = A_s / A_c = 3\,217 / 600 \cdot 10^3 = 0,00536$

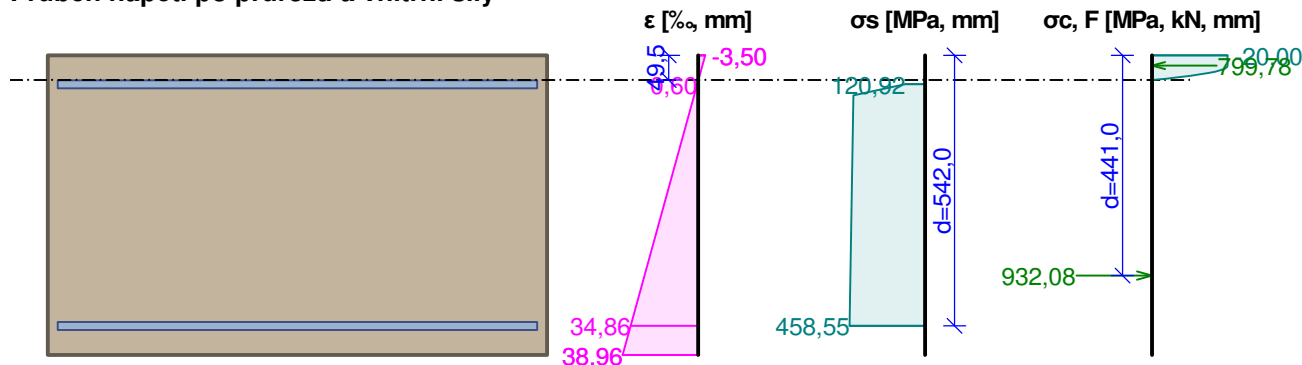
$\rho_{s,min} = 0,002$

$\rho_s = 0,00536 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow$  **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,00536 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$  **Vyhovuje**

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 804,2 \text{ mm}^2$

#### Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



#### Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu:  $-3,50 \text{ ‰}$

Největší deformace v betonu:  $38,96 \text{ ‰}$

Nejmenší deformace ve výztuži:  $0,60 \text{ ‰}$

Největší deformace ve výztuži:  $34,86 \text{ ‰}$

Směr neutrálné osy:  $0,00^\circ$

$N_{Ed} = 132,30 \text{ kN} \leq N_{Rd} = 1498,89 \text{ kN}$

$M_{Edy} = 125,00 \rightarrow 126,65 \leq M_{Rdy} = 354,92 \text{ kNm}$



$$M_{Edz} = 0,00 \leq M_{Rdz} = 0,00 \text{ kNm}$$

**Posouzení průřezu na tah a ohyb Vyhovuje**

Využití: 35,7 %

#### Podrobné posouzení SMYK: Návrhové

Použit model náhradní příhradoviny

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 752,6)}; 2) = \min(1,516; 2) = 1,516$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,608 / (600 \times 752,6); 0,02) = \min(0,00356; 0,02) = 0,00356$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,516^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,358 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-132,3 / 600.10^3; 0,2 \times 20) = \min(-0,221; 4) = -0,221 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,516 \times \sqrt{(100 \times 0,00356 \times 30)}; 0,358) + 0,15 \times (-0,221)) \times 600 \times 752,6 = 165,9 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 75 \text{ kN} \leq V_{Rdc} = 165,9 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

**Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje**

Využití: 45,2 %

#### Podrobné posouzení KROUCENÍ: Návrhové

Průřez není namáhán kroucením.

2: **Zat. případ 2** - kvazistálá (MSP)

$$N=132,30\text{kN}; M_y=89,30 \rightarrow 90,47\text{kNm}; M_z=0,00 \rightarrow -1,17\text{kNm}$$

**Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: Zat. případ 2**

#### Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 5 / 400 = 0,0125 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| \times 0,707 = 89,3 + 0,0125 \times |132,3| \times 0,707 = 90,47 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = M_z + e_i \times |N_{Ed}| \times 0,707 = 0 + 0,0125 \times |132,3| \times 0,707 = 1,169 \text{ kNm}$$

#### Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu:  $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha:  $A = 619.10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 500 \text{ mm}; z_t = 300 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 19,1.10^9 \text{ mm}^4; I_z = 51,6.10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

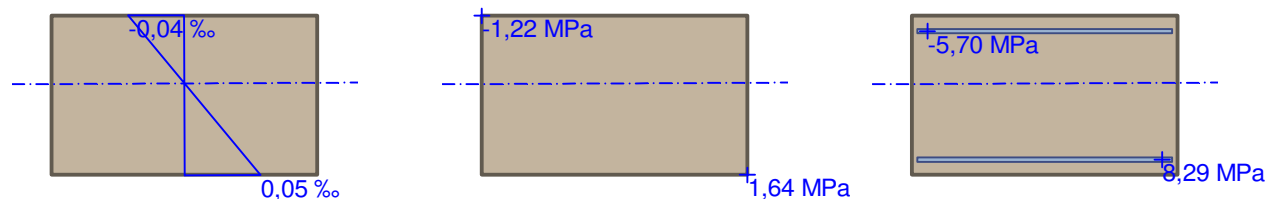
$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži





## Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha:  $A = 84\,832\text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 496,9\text{ mm}$ ;  $z_t = 505,9\text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

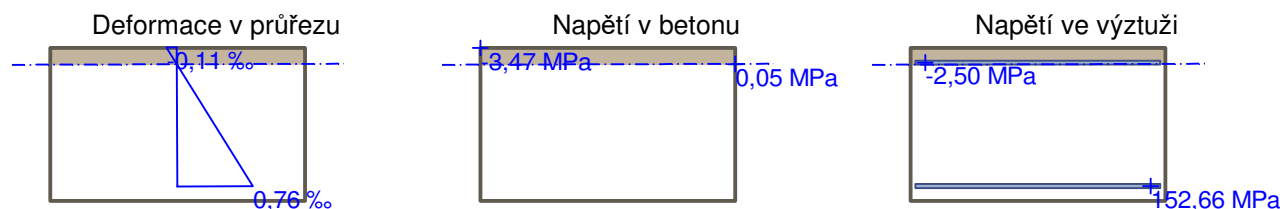
$I_y = 2,24 \cdot 10^9\text{ mm}^4$ ;  $I_z = 7,08 \cdot 10^9\text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -662 \cdot 10^6\text{ mm}^4$ ;  $S_{z,s} = 9,89 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = 132,3\text{ kN}$ ;  $M_y = 117,7\text{ kNm}$ ;  $M_z = -1,576\text{ kNm}$



Trhliny jsou počítány pouze při horním/spodním povrchu průřezu.

$$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff} = 0,00161 / 0,147 = 0,0109$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200 \cdot 10^3 / 33\,000 = 6,061$$

$$\epsilon_s - \epsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})] / E_s) = \max(0,6 \times 152,2 / 200 \cdot 10^3; [152,2 - 0,4 \times 2,9 / 0,0109 \times (1 + 6,061 \times 0,0109)] / 200 \cdot 10^3) = \max(0,000457; 0,000194) = 0,000457$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 50)^{0,667}; 3,4) = \min(2,142; 3,4) = 2,142$$

$$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,eff} = 2,142 \times 50 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 16 / 0,0109 = 356,3\text{ mm}$$

$$w = \epsilon_s - \epsilon_{cm} \times s_{r,max} = 0,000457 \times 356,3 = 0,163\text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,200mm (Vlastní hodnota)

Výška tlačené části průřezu:  $h = 66,0\text{ mm}$

Využití průřezu: 81,4 %

**Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje**

## Posouzení min. a max. stupně výztužení

Stěna (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,00536 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00536 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Minimální plocha vodorovné výztuže:  $A_{sh,min} = 804,2\text{ mm}^2$





### Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Návrhové	132,30	125,00 → 126,65	0,00	0,00	75,00	45,2	Vyhovuje
		1498,89	354,92	0,00	0,00	165,94		

**Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 45,2 %**

### Posouzení mezního stavu použitelnosti

#### Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$\Delta\varepsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	$w$ [mm]	Využití [%]	Posouzení
2	Zat. případ 2	132,30	89,30 → 90,47	0,00 → -1,17	457.10 <sup>-6</sup>	0,356	0,163	81,4	Vyhovuje
Maximální povolená šířka $w_{max}$							0,200		

**Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 81,4 %**

### Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

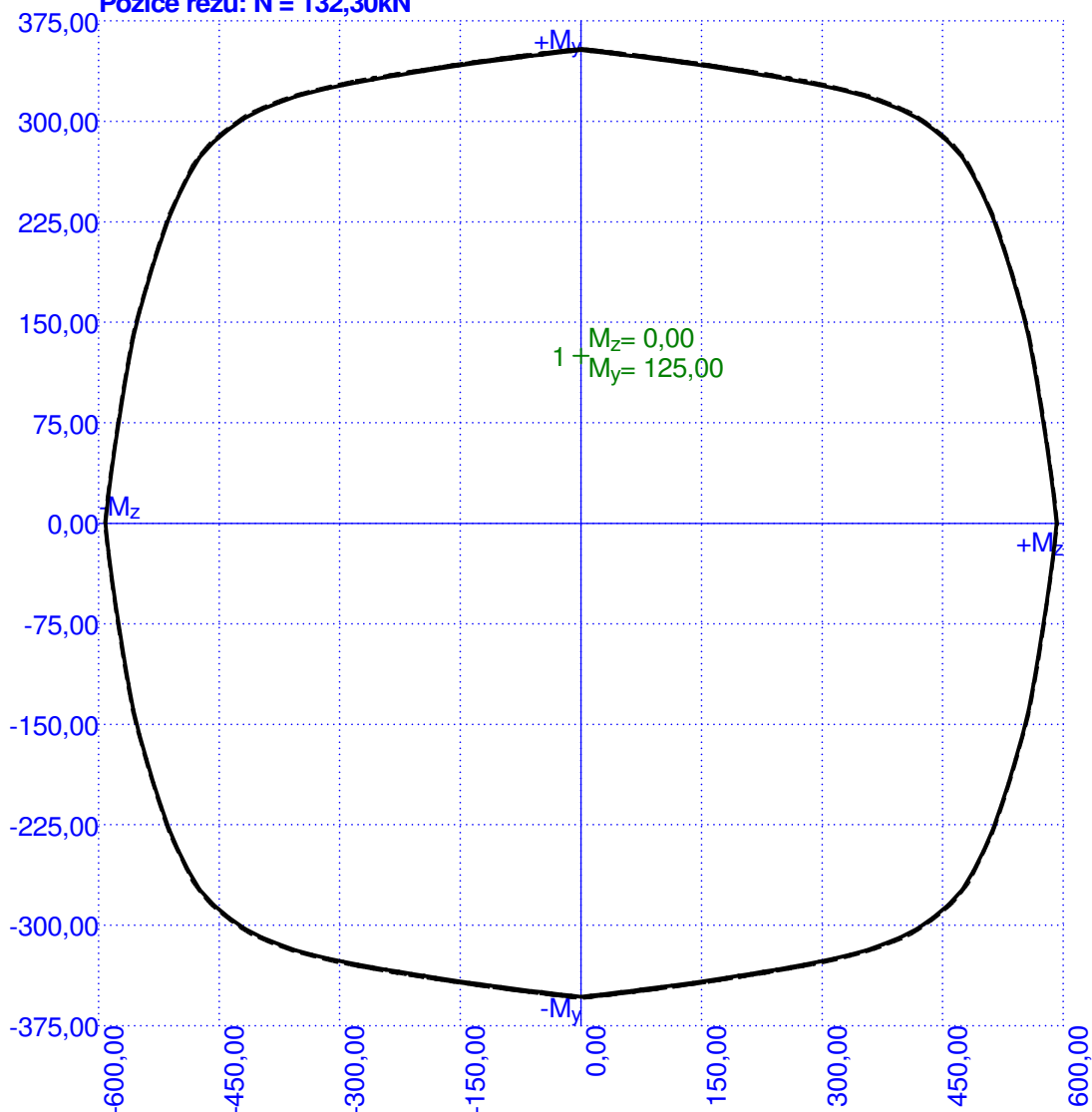
Využití: 81,4 %





### Interakční diagram $M_y$ - $M_z$

Pozice řezu:  $N = 132,30\text{kN}$



**Jako hlavní nosné výztuže a výztuže pro omezení šířky trhlin budou použity R16/125mm.**

V Brně dne 25.11.2020.

Ing. Martin Špička

*Martin Špička*

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO SUCHOU NÁDRŽ SN1 STŘELNICE V K.Ú. LEŠNÁ  
Stavebně-konstrukční řešení - SDRUŽENÝ OBJEKT-STATICKÝ VÝPOČET

