

1.0 OBTEŽBA VETRA

(SIST EN 1991-1-4:2004)

Lokacija objekta (cona) :	CONA 1
Nadmorska višina lokacije objekta :	n.m.v. = 144 m
Kategorija terena :	III
Vpliv notranjega tlaka :	NE
Višina kandelabra:	h = l = 9,00 m
Srednji premer stebra:	b = 0,121 m
Referenčna površina stebra:	A _{ref} = 1,08 m ²
Srednji polmer stebra:	b ₁ = 0,06 m

Osnovna hitrost vetra:

(SIST EN 1991-1-4:2004, 4.2 (2)P)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 20,00 \text{ m/s}$$

$$v_{b,0} = 20,0 \text{ m/s} \quad (\text{temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra; n.v. < 800 m})$$

$$c_{dir} = 1,0 \quad (\text{smerni faktor vetra; priporočena vrednost je 1,0})$$

$$c_{season} = 1,0 \quad (\text{faktor letnega časa; priporočena vrednost je 1,0})$$

Osnovni tlak vetra:

(SIST EN 1991-1-4:2004, 4.5(1))

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 250,00 \text{ kg/ms}^2 \quad (\text{gostota zraka; priporočena vrednost je } 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

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

Srednja hitrost vetra:

(SIST EN 1991-1-4:2004, 4.3.1)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 14,65 \text{ m/s}$$

$$c_0(z) = 1,00 \quad (\text{faktor hribovitosti terena})$$

$$c_r(z) = \begin{cases} k_r \cdot \ln(z/z_0) & \text{za } z_{min} \leq z \leq z_{max} \\ c_r(z_{min}) & \text{za } z < z_{min} \end{cases} \rightarrow c_r(z) = 0,733 \quad (\text{faktor hrapavosti terena})$$

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,215 \quad (\text{faktor terena})$$

$$z_{min} = 5,00 \text{ m} \quad z_{max} = 200,00 \text{ m}$$

$$z_0 = 0,30 \text{ m} \quad z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

Tlak pri največji hitrosti ob sunkih vetra:

(SIST EN 1991-1-3:2004, 4.5 (1))

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = 0,41 \text{ kN/m}^2 \quad k_1 = 1,0 \quad (\text{turbulenčni faktor})$$

$$I_v(z_e) = \begin{cases} k_1 / (c_0(z_e) \cdot \ln(z/z_0)) & \text{za } z_{min} \leq z_e \leq z_{max} \\ I_v(z_{min}) & \text{za } z_e < z_{min} \end{cases} \rightarrow I_v(z_e) = 0,294 \quad (\text{intenziteta turbulence; 4.4})$$

Reynoldsovo število:

$$R_e = b_1 \cdot v / \nu = 1,03E+05 \quad (\text{Reynoldsovo število})$$

$$v = (2 \cdot q_p / \rho)^{0,5} = 25,62 \text{ m/s} \quad (\text{tipična vrednost hitrosti})$$

$$\nu = 1,50E-05 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{kinematična viskoznost zraka})$$

Efektivna vitkost in faktor vitkosti:

(SIST EN 1991-1-3:2004, 7.13)

$$\phi = A / A_c = 1,00 \quad (\text{zapolnjenost; } A = \text{vsota projiciranih elementov; } A_c = \text{ovojna površina})$$

$$\lambda = 0,7 \cdot l / b = 52,28 \quad (\text{efektivna vitkost}) \quad (\text{SIST EN 1991-1-3:2004, tabela 7.16})$$

$$\psi_\lambda = 0,865 \quad (\text{faktor vitkosti}) \quad (\text{SIST EN 1991-1-3:2004, slika 7.36})$$

Koeficient sile:

(SIST EN 1991-1-3:2004, 7.9.2)

$$c_f = c_{f0} \cdot \psi_\lambda = 1,038 \quad (\text{koeficient sile za krožni cilindar})$$

$$k/b = 0,20 / 120,50 = 1,66E-03$$

$$c_{f0} = 0,11 / (Re/10^6)^{1,4} = 2,654 > c_{f0} = 1,200 \rightarrow c_{f0} = 1,200 \quad (\text{koeficient sile za krožni cilindar brez upoštevanja vitkosti}) \quad (\text{SIST EN 1991-1-3:2004, slika 7.28})$$

Sila vetra, ki deluje na konstrukcijo:

(SIST EN 1991-1-3:2004, 5.3(2))

$$F_w = c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 0,46 \text{ kN} \quad (\text{sila vetra na kandelaber; vpremo jo v vrh kandelabra})$$

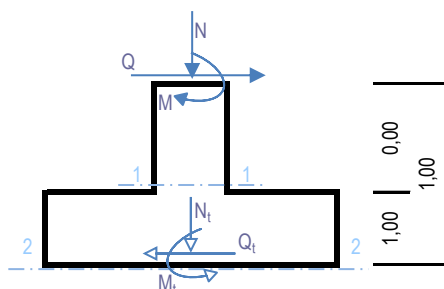
$$c_s \cdot c_d = 1,00 \quad (\text{konstrukcijski faktor}) \quad (\text{SIST EN 1991-1-3:2004, 6.2(1)})$$

2.0 TOČKOVNI TEMELJ KANDELABRA VIŠINE H=8-9 m

a/b/h = 100 / 100 / 100 cm

(6.5.2, 6.5.3, dodatek D, SIST EN 1997-1:2005)

GEOMETRIJA TEMELJEV



	B'	0,30	0,40	0,30
Zgoraj:			1,00	
Spodaj:		0,30	0,40	0,30

MATERIALNE KARAKTERISTIKE

Beton:	C 25 30	\rightarrow	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	(<i>tlačna trdnost betona</i>)
			$\gamma_c = 1,50$	(<i>varnostni faktor za beton</i>)
			$f_{cd} = 1,67E+04 \text{ kN/m}^2$	
			$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$	(<i>natezna trdnost betona</i>)
Jeklo:	S 500 B	\rightarrow	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	(<i>kar. Meja elastičnosti armature</i>)
			$\gamma_c = 1,15$	(<i>varnostni faktor za betonsko jeklo</i>)
			$f_{yd} = 43,48 \text{ kN/cm}^2$	
Temeljina tla in nasip:			$c_k = 0,00 \text{ kPa}$	(<i>kohezija</i>)
(<i>predpostavljene vrednosti</i>)			$\varphi_k = 30,00^\circ$	(<i>strižni kot zemljine</i>)
			$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$	(<i>specifična teža zemljine</i>)

Kontrola mejnih stani posilnost izvedem po projektnem pristopu 2 (PP2) za dva različna obtežna primeri:

~ PP2-I	...Upoštevam ugoden vpliv vertikalnih sil (lastna teža zidu, teža zasipa, obtežba na zaledju)			
Ugoden vpliv teže:	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_\varphi = 1,00$	$\gamma_c = 1,00$
	$\gamma_{R,v} = 1,40$	$\gamma_{R,h} = 1,10$		
~ PP2-II	...Upoštevam neugoden vpliv vertikalnih sil (lastna teža zidu, teža zasipa, obtežba na zaledju)			
Neugoden vpliv teže:	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_\varphi = 1,00$	$\gamma_c = 1,00$
	$\gamma_{R,v} = 1,40$	$\gamma_{R,h} = 1,10$		

x ...vzdolžna smer

y ...prečna smer

$$\gamma_{a.b.} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \quad \gamma_{zemljine.} = 20,00 \text{ kN/m}^3$$

$$H_{\text{istebra}} = 9,00 \text{ m} \quad (\text{višina kandelabra})$$

VERTIKALNA OBTEŽBA								
Opis	Izračun							Sila [kN]
Steber (105 kg)	105,00	x	9,81	/	1000			1,03
Svetilka (10 kg)	10,00 x 9,81 / 1000							0,10
Nasutje na temelju	1,00	x	1,00	x	0,00	x	20,00	0,00
Skupaj								1,13
HORIZONTALNA OBTEŽBA								
Opis	Izračun							Sila [kN]
Veter								0,46
Skupaj								0,46

1.1 KONTROLA NOSILNOSTI TEMELJNIH TAL - izračun PP2-I in PP2-II

(SIST EN 1997-1:2005, 6.5.2, dodatek D)

Projektne vrednosti brezdimenzijskih faktorjev za:

- | | | | |
|---|--|--|---|
| ~ Nosilnost tal: | $N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 (45 + \varphi'/2)$ | $N_c = (N_q - 1) \cot \varphi'$ | $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \varphi'$ |
| ~ Nagib temeljne ploskve: | $b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \tan \varphi')^2$ | $b_c = b_q - (1 - b_q)/N_c \times \tan \varphi'$ | |
| ~ Obliko temelja: | $s_q = 1 + (B'/L') \sin \varphi'$ | $s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L')$ | $s_c = (s_q N_q - 1) / (N_q - 1)$ |
| ~ Nagib obtežbe, ki ga povzroča vodoravna sila H: | | $m_B = [2 + (B'/L')] / [1 + (B'/L')]$ | <i>...ko H deluje v smeri B'</i> |
| | | $m_L = [2 + (L'/B')] / [1 + (L'/B')]$ | <i>...ko H deluje v smeri L'</i> |
| | $i_c = i_q - (1 - i_q)/N_c \times \tan \varphi'$ | $i_a = [1 - H/(V + A' c' \cot \varphi')]^m$ | $i_v = [1 - H/(V + A' c' \cot \varphi')]^{m+1}$ |

Kontrolo nosilnosti temeljnih tal izvedemo ob upoštevanju projektnih obtežb, dolžine temelja L in efektivne širine temeljne ploskve B' po enačbi:

$$V_d \leq R_d = B' L (c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q b_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma) / \gamma_{R:v}$$

Rezultati računa po projektnih pristopih PP2-I in PP2-II		
Projektna vrednost	Projektni pristop PP2	
	PP2-I (V deluje ugodno)	PP2-II (V deluje neugodno)
Velikost temelja [m ²]	1,00	1,00
Teža temelja [kN]	25,00	33,75
Navpična stalna obtežba [kN]	1,13	1,52
Navpična koristna obtežba [kN]	0,00	0,00
Vsota navpičnih obtežb [kN]	26,13	35,27
Vodoravna spremenljiva obtežba [kN]	0,69	0,69
Moment na temeljno ploskev: $H_d \times H_{\text{temelja+stebra}}$ [kNm]	6,93	6,93
$l = H_d / V_d$	0,027	0,020
$e_d = M_d / V_d$ [m]	0,265	0,196
$B' = B - 2 \times e_d$ [m]	0,47	0,61
$A' = B' \times L$ [m ²]	0,47	0,61
$q' = H_{\text{temelja}} \times \gamma_{\text{zemljine}}$ [kN/m ²]	20,00	20,00
$N_{q,d}$	18,40	18,40
$N_{\gamma,d}$	20,09	20,09
$S_{q,d}$	1,235	1,304
$S_{\gamma,d}$	0,86	0,82
m_B	1,68	1,62
$i_{q,d}$	0,96	0,97
$i_{\gamma,d}$	0,93	0,95
R_d [kN]	171,04	242,55
Kontrola: $R_d > V_d$	OK	OK

1.2 KONTROLA NOSILNOSTI TOČKOVNEGA TEMELJA NA ZDRS - izračun PP2-I in PP2-II

(SIST EN 1997-1:2005, 6.5.3)

Kjer obtežba deluje na temelj ne deluje pravokotno na temeljno ploskev, je potrebno temelje preveriti glede na porušitev zaradi zdrsa vzdolž temeljne ploskve. Zadoščeno mora biti pogoju: $H_d \leq R_d + R_{p,d}$

V dreniranih pogojih določimo projektno strižno odpornost z upora bo delnih faktorjev na odpornost tal: $R_d = V_d \cdot \tan \delta_k / \gamma_{R,h}$

~ Za projektni izračun PP2-I dobimo:

$$H_d = 0,69 \text{ kN/m} < R_d = \frac{26,13 \tan \varphi}{1,1} = 13,71 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Odpornost temelja ustreza}$$

~ Za projektni izračun PP2-II dobimo:

$$H_d = 0,69 \text{ kN/m} < R_d = \frac{35,27 \tan \varphi}{1,1} = 18,51 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Odpornost temelja ustreza}$$

1.3 KONTROLA KONTAKTNIH NAPETOSTI V PREREZU 2-2

Predpostavljena karakteristična nosilnost temeljnih tal znaša 300,00 kN/m², kjer dobimo ob upoštevanju faktorja varnosti $\gamma_{R,v} = 1,40$ računsko nosilnost temeljnih tal 214,29 kN/m². Pred izvedbo temeljev oz. ob izkopih mora nosilnost temeljnih tal preveriti geomehanik in ob neustreznosti predpostavljene vrednosti obvestiti projektanta za korekcijo dimenzij temeljev.

Obremenitve na zgornjem robu temeljnega nastavka					
N_d	1,35	x	1,13	=	1,52 kN
Q_d	1,50	x	0,46	=	0,69 kN
M_d	9,00	x	0,69	=	6,24 kNm
Obremenitve na spodnjem robu temeljne pete					
$N_{t,d}$	1,52	+	1,35	*	25,00 = 35,27 kN
$Q_{t,d}$	0,69 kN				
$M_{t,d}$	6,24	+	1,00	x	0,69 = 6,93 kNm

Kontaktna površina temelja znaša:

$$A = 1,00 \times 1,00 = 1,000 \text{ m}^2$$

Odpornostni momenti temelja:

$$W_x = 1,00 \times 1,00^2 / 6 = 0,167 \text{ m}^3$$

$$W_y = 1,00 \times 1,00^2 / 6 = 0,167 \text{ m}^3$$

Računska nosilnost tal:

$$R_d = 214,29 \text{ kN/m}^2 \text{ (predpostavljena vrednost)}$$

$$e = 6,93 / 35,27 = 0,20 \text{ m}$$

$$e_{\text{dop}} = 1,00 / 6 = 0,17 \text{ m}$$

Rezultanta pade izven
jedra prereza!!!

Kontaktne napetosti v vogalih točkovnega temelja določimo po enačbi:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{2 \cdot N_d}{3 \cdot x \cdot b} = \frac{2 \cdot 35,27}{3 \cdot 0,30 \cdot 1,00} = 77,46 \text{ kN/m}^2$$

$$x = 1,00 / 2 - 0,20 = 0,30 \text{ m} > 1,00 / 5 = 0,20 \text{ m} \quad \text{OK} \quad (\text{pogoj: } x \geq a/5)$$

DOLOČITEV ARMATURE V TEMELJNI PETI

(SIST EN 1992-1-1:2005)

$$M_k = \left| \frac{77,46 \cdot 0,50^2}{2} - \frac{1,00 \cdot 25,00 \cdot 0,30^2}{2} \right| \cdot 2 = 17,11 \text{ kNm}$$

$$M_d = 1,43 \cdot 17,115 = 24,47 \text{ kNm}$$

Geometrijske karakteristike

b =	100	cm	(upoštevana širina)
H =	100	cm	(višina tem. pete)
d =	95	cm	(statična višina tem. pete)
a =	5	cm	(zaščitni sloj betona)

$$k_d = M_{Eds} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 0,002 \rightarrow \epsilon_1 / \epsilon_s = -0,5 / 10,0 \text{ ‰} \rightarrow k_s = 1,017 ; k_x = 0,048$$

$$A_{s,\text{potr}} = k_s \cdot M_{Eds} / (d \cdot f_{yd}) = 0,60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 0,26 \cdot (f_{ctm} / f_{yk}) \cdot b_i \cdot d = 12,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_i \cdot d = 12,35 \text{ cm}^2$$

Φ	16	/	15	S 500B	SPODAJ	$A_{s,\text{dej}} = 13,40 \text{ cm}^2$
Φ	16	/	15	S 500B	ZGORAJ	$A_{s,\text{dej}} = 13,40 \text{ cm}^2$