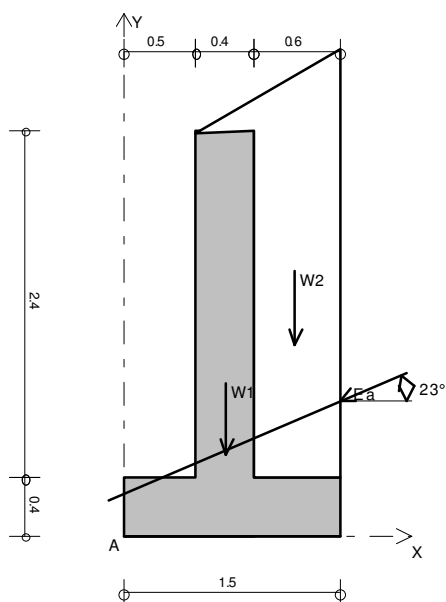


STATIČNO POROČILO za objekt oporni zid višine do 1,90 m nad terenom

1. SPLOŠNO

Izvedba podpornega zidu se izvaja v sklopu projekta »**UREDITEV PLOČNIKA V NASELJU VELIKA DOLINA**«. Zid se izvede kot AB toga konstrukcija.

Novi zid je sestavljen iz AB temeljne pete in AB stene. Zid se izvede s klasičnim opažem in betoniranjem kontaktno na temeljna tla. Dimenzije prereza zidu so prikazane na sliki 1.



Slika 1: Oblika in dimenzije za statični izračun.

Zid se bo izvajal v kampadah dolžine cca 4.00 - 6.00 m.

Karakteristike zasipnega materiala in temeljnih tal (pred izvedbo jih mora preveriti geomehanik) !!!

Zasipni material: gruščnat material (granulacije 0/63 mm)

- strižni kot: $\varphi=35^\circ$, $\beta=0^\circ$, $\delta=\frac{2}{3}\varphi=23^\circ$ (stik beton-zemljina)
- koeficient aktivnega zemeljskega pritiska: $K_a=0.244$, $K_0=0.426$
- specifična teža: $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$
- kohezija $c=0 \text{ kPa}$

Temeljna tla – karakteristike so predpostavljene in jih je potrebno pred betoniranjem temeljev preveriti !

- strižni kot: $\varphi=36^\circ$,
- kot trenja (temeljna peta-tla): $\varphi=23^\circ$,
- specifična teža: $\gamma=21 \text{ kN/m}^3$
- kohezija $c=0 \text{ kPa}$
- projektna nosilnost znaša 200 kPa

2. OBTEŽBA

2.1 LASTNA TEŽA

Lastna teža je upoštevana po dejanskem prečnem prerezu z upoštevanjem specifične teže $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$.

2.2 ZEMELJSKI PRITISKI

Za račun obremenitev vsled aktivnega zemeljskega pritiska je upoštevana zemljina (zasipni material) po enačbi:

$$p_a = \gamma \cdot h \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Izračun je prikazan v nadaljevanju (program POZ 4)

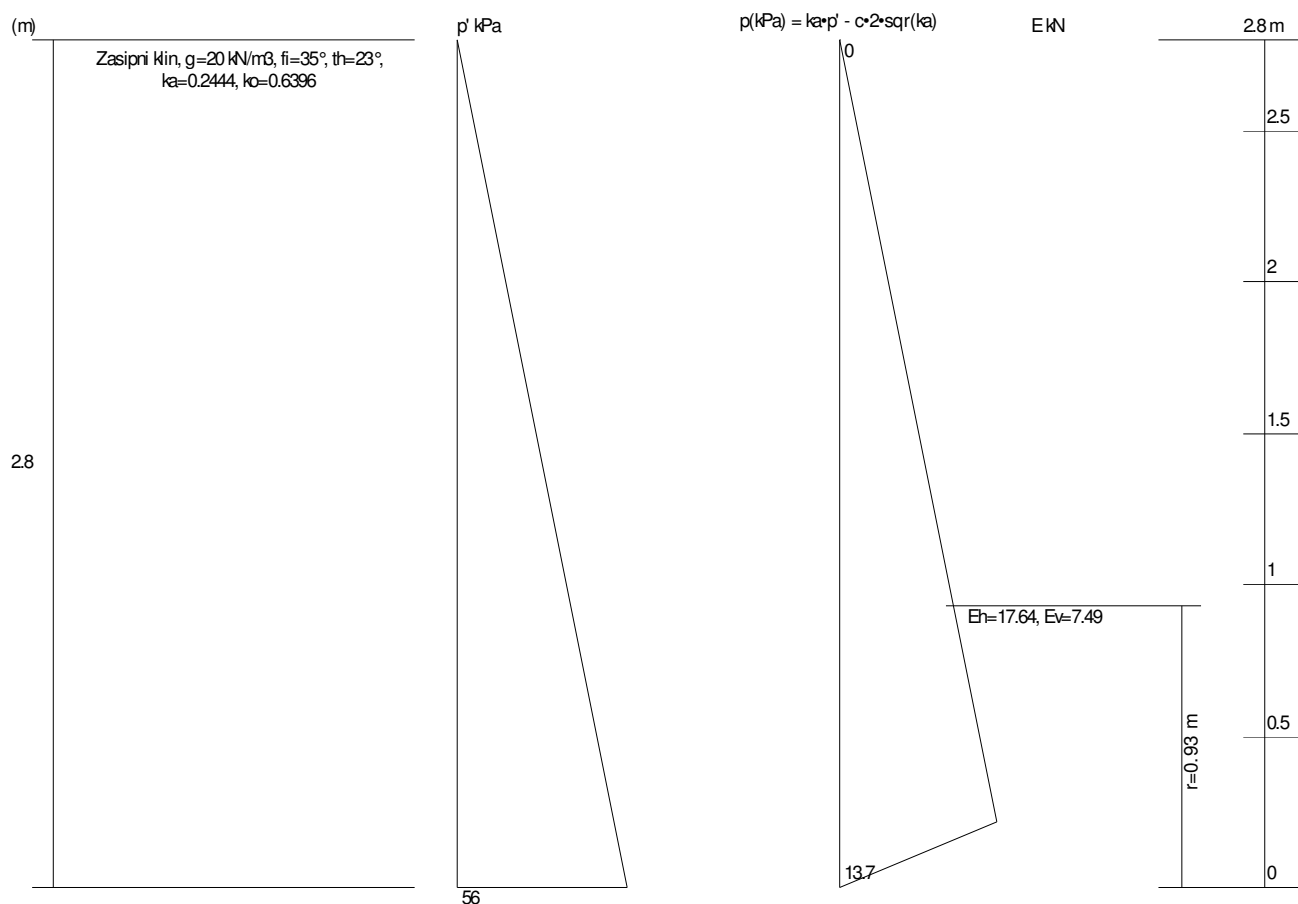
2.3 OBTEŽBA VOZIL

Za zidom ni prometne obtežbe.

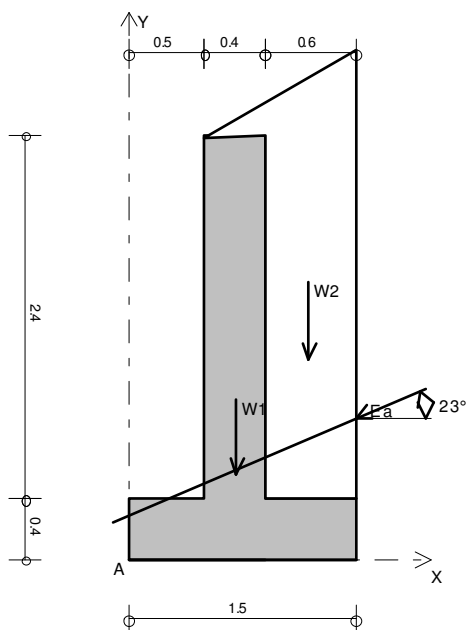
3. STATIČNI IZRAČUN Z DIMENZIONIRANJEM

Računska preverba stabilnosti opornega zidu je izvedena s programom POZ 4 (stabilnostna analiza podpornih zidov) po EC7 in EC2. Dokazana je stabilnost zidu po MSN (varnost na prevrnitev, varnost na zdrs, kontrola nosilnosti tal) in MSU (varnost na prevernitev, kontrola napetosti pod temeljem opornega zidu, kontrola lege rezultante v temelju ter kontrola posedka temeljnih tal in zasuk zidu).

Sila zemeljskega pritiska $E_a=19.16$ kN, kot= 23°



STATIČNA PRESOJA ZIDU PO EC7-PP2



PODATKI (na m'):

| | | |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| E_{ak} | = 19.16 kN | |
| g_1 | = 25 kN/m ³ | g_2 = 20 kN/m ³ |
| $\beta_{zaledja}$ | = 30 ° | γ_{tal} = 21 kN/m ³ |
| $c_{k,t}$ | = 0 kPa | $\phi_{k,t}$ = 33 ° |
| Modul reakcije tal K | | = 30 MN/m ³ |
| Kot trenja tal δ_d | | = 33 ° |
| Kot trenja zid/zaledje θ | | = 23 ° |

Koeficienti varnosti:

| | |
|------------------|--|
| γ_G | = 1.35, γ_{Gi} = 1, γ_Q = 1.5, γ_ϕ = 1, GEO/STR |
| γ_c | = 1, $\gamma_{R,v}$ = 1.4, $\gamma_{R,h}$ = 1.1, $\gamma_{R,e}$ = 1.4 |
| $\gamma_{G,dst}$ | = 1.1, $\gamma_{G,stb}$ = 0.9, $\gamma_{Q,dst}$ = 1.5, $\gamma_{Q,stb}$ = 0, EQU |

TEŽE ZIDU:

| | | |
|-------|----------------|---------------|
| W_1 | = 1.56 • 25.00 | = 39.00 kN/m' |
| W_2 | = 1.72 • 20.00 | = 34.41 kN/m' |

W = 73.41 kN/m'

ROČICE SIL:

$$x = x' \cdot \cos(\alpha) + y' \cdot \sin(\alpha) \quad y = -x' \cdot \sin(\alpha) + y' \cdot \cos(\alpha)$$

$$\begin{aligned} W1: & \quad y = 1.06 \text{ m} & x = r1 = 0.72 \text{ m} \\ W2: & \quad y = 1.83 \text{ m} & x = r2 = 1.19 \text{ m} \\ Ea: & \quad y = 0.93 \text{ m} & x = 1.50 \text{ m} \\ re = & (Ea \cdot \cos(23^\circ) \cdot y - Ea \cdot \sin(23^\circ) \cdot x) / Ea = 0.27 \text{ m} \end{aligned}$$

1. MEJNO STANJE NOSILNOSTI (ULS)**1.1. VARNOST NA PREVRNITEV - EQU (glede na točko A)****- MOMENT ODPORA**

$$\begin{aligned} M_{oEQU} &= \gamma_{G:stb} \cdot W1 \cdot r1 + \gamma_{G:stb} \cdot W2 \cdot r2 = \\ &= 0.9 \cdot 39 \cdot 0.72 + 0.9 \cdot 34.41 \cdot 1.19 = \mathbf{62.25 \text{ kNm/m'}} \quad (69.17 \text{ brez } \gamma) \end{aligned}$$

- MOMENT PREVRNITVE

$$M_{aEQU} = \gamma_{G:dst} \cdot Ea \cdot re = 1.1 \cdot 19.16 \cdot 0.27 = \mathbf{5.69 \text{ kNm/m'}} \quad (5.17 \text{ brez } \gamma)$$

$$\text{Pogoj } E_d \leq R_d : \quad 5.69 < 62.25 \quad \mathbf{JE \text{ izpolnjen}}$$

1.2. VARNOST NA ZDRS**- Analiza UGODNO/NEUGODNO**

Pogoj je v kotu α delovanja posamezne sile:

neugodno: $\beta > \alpha > 180 + \beta$

ugodno: $\beta < \alpha < 180 + \beta$

$$\text{Mejni kot } \beta = \arctan(\gamma_{R;h} / \tan \delta_d) = \arctan(1.1 / \tan(33^\circ)) = 59.4^\circ$$

Ugodno delovanje: W(1)

Neugodno delovanje: E(1.35)

- STRIŽNA SILA POD TEMELJEM

$$\begin{aligned} H_d &= -\gamma_{Ginf} \cdot W \cdot \sin(0^\circ) + \gamma_G \cdot Ea \cdot \cos(0^\circ + 23^\circ) = \\ &= -1 \cdot 73.41 \cdot \sin(0^\circ) + 1.35 \cdot 19.16 \cdot \cos(23^\circ) = \\ &= \mathbf{23.81 \text{ kN/m'}} \end{aligned}$$

- STRIŽNA ODPORNOST POD TEMELJEM

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_{Ginf} \cdot W \cdot \cos(0^\circ) + \gamma_G \cdot Ea \cdot \sin(0^\circ + 23^\circ) = \\ &= 1 \cdot 73.41 \cdot \cos(0^\circ) + 1.35 \cdot 19.16 \cdot \sin(23^\circ) = \\ &= \mathbf{83.52 \text{ kN/m'}} \end{aligned}$$

$$R_d = V_d \cdot \tan \delta_d / \gamma_{R;h} = 83.52 \cdot \tan(33^\circ) / 1.1 = \mathbf{49.31 \text{ kN/m'}}$$

$$\text{Pogoj } H_d \leq R_d : \quad 23.81 < 49.31 \quad \mathbf{JE \text{ izpolnjen}}$$

1.3. KONTROLA NOSILNOSTI TAL (drenirani pogoji)

$c = 0 \text{ kPa}$, $\varphi = 33^\circ$, $g_z = 21 \text{ kN/m}^3$, $D = 0.9 \text{ m}$, $\alpha = 0^\circ$, L_{temelja} nedefinirana

$$R_d = B_{ef} \cdot (c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + D \cdot g_z \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot g_z \cdot B_{ef} \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) / \gamma_{R;v} \text{ kN/m'}$$

$$\text{Nosilnost tal: } N_q = e^{\pi \tan \varphi} \cdot \tan^2(45 + \varphi/2) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

$$\text{Oblika temelja: } s_q = 1 + (B_{ef}/L) \cdot \sin \varphi \quad s_c = (s_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot (B_{ef}/L)$$

$$\text{Nagib temeljne ploskve: } b_q = (1 - \alpha \cdot \tan \varphi)^2 \quad b_c = b_q \cdot (1 - b_q) / N_c \cdot \tan \varphi \quad b_\gamma = b_q$$

$$\text{Nagib zaradi H: } i_q = (1 - H / (V + A' \cdot c \cdot \cot \varphi))^m \quad i_c = i_q \cdot (1 - i_q) / (N_q - 1) \quad i_\gamma = (1 - H / (V + A' \cdot c \cdot \cot \varphi))^{(m+1)}$$

$$m = (2 + B_{ef}/L) / (1 + B_{ef}/L) \quad A' = B_{ef} \cdot L$$

- MOMENT na točko A

$$M_{Ad} = \gamma_G \cdot E_a \cdot r_e = 1.35 \cdot 19.16 \cdot 0.27 = \mathbf{6.98 \text{ kNm/m'}}$$

- HORIZONTALNA SILA

$$\begin{aligned} H_d &= \gamma_G \cdot E_a \cdot \cos(23^\circ) = \\ &= 1.35 \cdot 19.16 \cdot \cos(23^\circ) = \\ &= \mathbf{23.81 \text{ kN/m'}} \end{aligned}$$

- UGODNO DELOVANJE W**- VERTIKALNA SILA**

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_{Ginf} \cdot W + \gamma_G \cdot E_a \cdot \sin(23^\circ) = \\ &= 1 \cdot 73.41 + 1.35 \cdot 19.16 \cdot \sin(23^\circ) = \\ &= \mathbf{83.52 \text{ kN/m'}} \end{aligned}$$

- MOMENT NA TEŽIŠČE TEMELJNE PLOSKVE

$$\begin{aligned} M_d &= M_{Ad} + V_d \cdot 1.5/2 - M_o \cdot \gamma_{Ginf} = \\ &= 6.98 + 83.52 \cdot 0.75 - 69.17 \cdot 1 = \\ &= \mathbf{0.45 \text{ kNm/m'}} \end{aligned}$$

- Ekscentričnost: $e = M_d / V_d = 0.45 / 83.52 = 0.01 \text{ m}$

- Efektivna širina temelja: $B_{ef} = B - 2e = 1.5 - 2 \cdot 0.01 = 1.49 \text{ m}$

$$N_q = 26.09, \quad N_c = 38.64, \quad N_\gamma = 32.59$$

$$b_q = 1, \quad b_c = 1, \quad b_\gamma = b_q$$

$$i_q = 1, \quad i_c = 1, \quad i_\gamma = 1, \quad m = 2$$

$$s_q = 1, \quad s_c = 1, \quad s_\gamma = 1$$

$$R_d = 1.49 \cdot 1002.72 / 1.4 = \mathbf{1066.57 \text{ kN/m'}}$$

Pogoj $V_d \leq R_d$: $83.52 < 1066.57$ JE izpolnjen

- NEUGODNO DELOVANJE W**- VERTIKALNA SILA**

$$\begin{aligned}
 V_d &= \gamma_G \cdot W + \gamma_G \cdot E_a \cdot \sin(23^\circ) = \\
 &= 1.35 \cdot 73.41 + 1.35 \cdot 19.16 \cdot \sin(23^\circ) = \\
 &= \mathbf{109.21 \text{ kN/m}'}
 \end{aligned}$$

- MOMENT NA TEŽIŠČE TEMELJNE PLOSKVE

$$\begin{aligned}
 M_d &= M_{ad} + V_d \cdot 1.5/2 - M_o \cdot \gamma_G = \\
 &= 6.98 + 109.21 \cdot 0.75 - 69.17 \cdot 1.35 = \\
 &= \mathbf{-4.49 \text{ kNm/m}'}
 \end{aligned}$$

- Ekscentričnost: $e = M_d/V_d = -4.49/109.21 = 0.04 \text{ m}$
- Efektivna širina temelja: $B_{ef} = B - 2e = 1.5 - 2 \cdot 0.04 = 1.42 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 N_q &= 26.09, \quad N_c = 38.64, \quad N_\gamma = 32.59 \\
 b_q &= 1, \quad b_c = 1, \quad b_\gamma = b_q \\
 i_q &= 1, \quad i_c = 1, \quad i_\gamma = 1, \quad m = 2 \\
 s_q &= 1, \quad s_c = 1, \quad s_\gamma = 1
 \end{aligned}$$

$$R_d = 1.42 \cdot 978.32 / 1.4 = \mathbf{990.79 \text{ kN/m}'}$$

Pogoj $V_d \leq R_d$: $109.21 < 990.79$ JE izpolnjen

1.4 DIMENZIONIRANJE ARMATURE EC2**- PODATKI**

beton C25/30 $\Rightarrow f_{cd} = 16.67 \text{ MPa}$, $\alpha = 1$, $\gamma_c = 1.5$
 armatura S500 $\Rightarrow f_{sd} = 434.78 \text{ MPa}$, $\gamma_s = 1.15$
 prerez pravokoten: 40x100 cm, $D = 5 \text{ cm}$

- MOMENT V T1: $x = 0.7 \text{ m}$, $y = 0.4 \text{ m}$

$$E_a = 19.16 \text{ kN}, \quad x = 1.5 \text{ m}, \quad y = 0.93 \text{ m}, \quad 23^\circ$$

$$\begin{aligned}
 M_{d,1-1} &= \gamma_G \cdot (E_a \cdot \cos(23^\circ) \cdot (0.93 - 0.4) - E_a \cdot \sin(23^\circ) \cdot (1.5 - 0.7)) = \\
 &= 1.35 \cdot (17.64 \cdot 0.53 - 7.49 \cdot 0.8) = \\
 &= \mathbf{4.61 \text{ kNm/m}'}
 \end{aligned}$$

- NORMALNA SILA

$$\begin{aligned}
 N_{d,1-1} &= \gamma_G \cdot E_a \cdot \sin(23^\circ) + \gamma_{G1} \cdot W_1 = \\
 &= 1.35 \cdot 7.49 + 1 \cdot 23.9 = \\
 &= \mathbf{34.01 \text{ kN/m}'}
 \end{aligned}$$

- Izračun potrebne upogibne armature

$$\varepsilon_b = 0.32\text{‰}, \quad \varepsilon_a = 10\text{‰}, \quad \sigma_b = 4.85 \text{ MPa}, \quad \sigma_a = 434.78 \text{ MPa}, \quad Z = 34.63 \text{ cm}, \quad X_{os} = 1.1 \text{ cm}$$

$$A_a = -0.14 \text{ cm}^2/\text{m}' (\mu = -0.00\%)$$

- Kontrola strižne armature

$$\tau_{cd} = 0.299 \text{ MPa}, f_{sd} = 434.78 \text{ MPa}, \text{strižnost} = 2$$

$$\text{Strižna odpornost betona } V_{rd1} = 161.23 \text{ kN/m}'$$

$$k = 1.6 - 0.4 - 0.05 (>=1) = 1.25$$

- STRIŽNA SILA

$$V_{d,1-1} = \gamma_g \cdot E_a \cdot \cos(23^\circ) =$$

$$= 1.35 \cdot 17.64 =$$

$$= 23.81 \text{ kN/m}'$$

- pogoj $R_d \geq E_d$: $161.23 > 23.81$ JE izpolnjen

2. MEJNO STANJE UPORABNOSTI (SLS)

$$\text{Aktivni zemeljski pritisk } K_{ah,k}(\text{ULS}) = 0.225$$

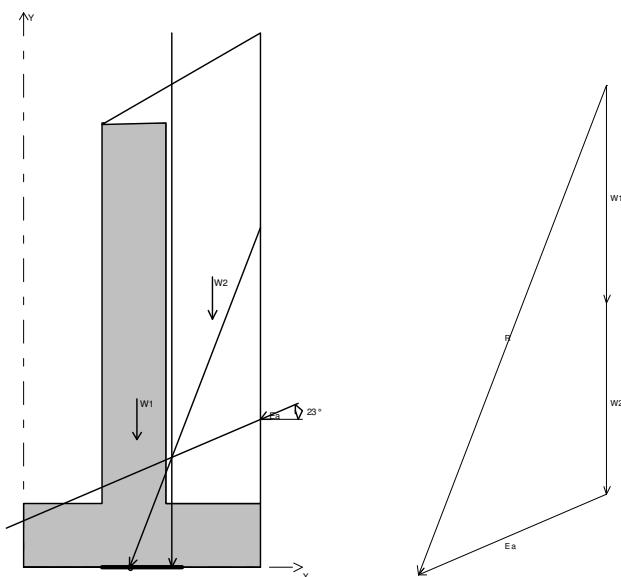
$$\text{Mirni zemeljski pritisk } K_{o,\beta} = (1 - \sin\phi) \cdot (1 + \sin\beta) = 0.6396$$

$$\text{Privzamemo } K_{ah,k}(\text{SLS}) = (K_{ah} + K_{o,\beta}) / 2 = 0.4323$$

$$\text{Faktor za } E_a \text{ in } Q_a: K_{ah,k}(\text{SLS}) / K_{ah,k}(\text{ULS}) = 1.921$$

$$E_{ak} = 1.921 \cdot 19.16 = 36.81 \text{ kN}$$

GRAFIČNA REŠITEV



- MOMENT ODPORA

$$\begin{aligned} M_{oK} &= W_1 \cdot r_1 + W_2 \cdot r_2 = \\ &= 39 \cdot 0.72 + 34.41 \cdot 1.19 = \mathbf{69.17 \text{ kNm/m}'} \end{aligned}$$

- MOMENT PREVRNITVE

$$M_{aK} = E_{aK} \cdot r_e = 36.81 \cdot 0.27 = \mathbf{9.94 \text{ kNm/m}'}$$

- VERTIKALNA SILA

$$\begin{aligned} V_K &= W + E_{aK} \cdot \sin(23^\circ) = \\ &= 73.41 + 36.81 \cdot \sin(23^\circ) = \\ &= \mathbf{87.8 \text{ kN/m}'} \end{aligned}$$

- MOMENT NA TEŽIŠČE TEMELJNE PLOSKVE

$$\begin{aligned} M_K &= M_{aK} + V_K \cdot 1.5/2 - M_{oK} = \\ &= 9.94 + 87.8 \cdot 0.75 - 69.17 = \\ &= \mathbf{6.61 \text{ kNm/m}'} \end{aligned}$$

2.1 NAPETOSTI POD TEMELJEM (tlak + nateg -)

$$\sigma_{1,2} = N/At \pm Mt/Wt$$

- Odpornostni moment in površina temeljne ploskve

$$\begin{aligned} Wt &= (1 \cdot 1.5^2)/6 = 0.38 \text{ m}^3 \\ At &= 1 \cdot 1.5 = 1.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Ekscentričnost: $e = M_K/V_K = 6.61/87.8 = 0.08 \text{ m} < j = \mathbf{0.25 \text{ m}}$

REZULTANTA PADE V JEDRO PREREZA TEMELJNE PLOSKVE!**- NAPETOSTI:**

$$\begin{aligned} \sigma_{1,2} &= 87.8/1.5 \pm 6.61/0.38 = \\ &= 58.53 \pm 17.64 = \\ \sigma_1 &= \mathbf{76.17 \text{ kN/m}^2} \quad \sigma_2 = \mathbf{40.89 \text{ kN/m}^2}, B_{\text{tlač}} = 1.5 \text{ m} \end{aligned}$$

2.2 PREMIK in ZASUK (ocena)**- Račun z modulom reakcije tal**

$$w = \sigma / K = 76.17 / 30000 = \mathbf{0.0025 \text{ m} = 0.25 \text{ cm}}$$

$$\text{zasuk} = 0.0025 / 1.5 = \mathbf{0.17 \%} \text{ (rahla tla 0.4-0.5\%, gosta tla 0.1-0.2\%)}$$

Računal: Matjaž Jakopin, univ.dipl.inž.grad.