

## RASPODELA NAPONA I PRORAČUN SLEGANJA

### I METODOLOGIJA PRORAČUNA SLEGANJA

#### 1. GEOSTATIČKI ILI POČETNI NAPONI U TLU.

- Totalni i efektivni naponi u tlu. Porni pritisak.

#### 2. PRIRAŠTAJ NAPONA USLED OPTEREĆENJA

- približni postupak,
- metode izvedene iz Boussinesq-ovog rešenja
  - a) metoda Steinbrenner-a i metoda Kany-ja.
  - b) metoda Newmark-a.

2.1. STEINBRENNER-ov dijagram, fleksibilna opterećena površina.

2.2. KANY-jev dijagram, kruta opterećena površina i ekvivalentna tačka.

#### 3. PRORAČUN PRIRAŠTAJA DEFORMACIJA U SITNOZRNOM TLU

- proračun specifičnih deformacija:

\* iz dijagrama relativne kompresije  $\frac{\Delta h}{h} (\sigma \div \frac{\Delta h}{h})$  (vidi vežbu br. 5)

\* iz modula stišljivosti  $M_v$ :  $M_v = \frac{\Delta \sigma'_z}{\Delta \varepsilon_z} \Rightarrow \Delta \varepsilon_z = \frac{\Delta \sigma'_z}{M_v}$

\* iz dijagrama promene koeficijenta poroznosti  $e (\sigma \div e)$ ,  $\Delta \varepsilon_v = \frac{\Delta e}{1+e}$  (vidi vežbu br. 5)

\* iz konstante stišljivosti  $C$ :  $\Delta \varepsilon_z = \frac{1}{C} \ln \left( \frac{p'_0 + \Delta \sigma'_z}{p'_0} \right)$

\* iz indeksa stišljivosti  $C_c$  i indeksa rekompresije  $C_r$ .

$\varepsilon_z = \frac{C_c}{1+e_0} \log \left( \frac{p'_0 + \Delta \sigma'_z}{p'_0} \right)$  - NC tla

$$\left. \begin{aligned} p'_0 + \Delta \sigma'_z \leq p'_c \quad \varepsilon_z &= \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{p'_0 + \Delta \sigma'_z}{p'_0} \\ p'_0 + \Delta \sigma'_z > p'_c \quad \varepsilon_z &= \frac{C_r}{1+e_0} \log \frac{p'_c}{p'_0} + \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{p'_0 + \Delta \sigma'_z}{p'_c} \end{aligned} \right\} \text{ OC tla}$$

#### 4. Proračun sleganja (numerička integracija deformacija po dubini).

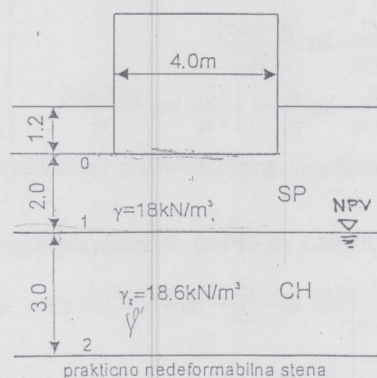
\* trapezno pravilo.

#### 5. Metoda BUISMAN DE BEER-a. (iz CPT-a) - Proračun sleganja u krupnozrnom tlu

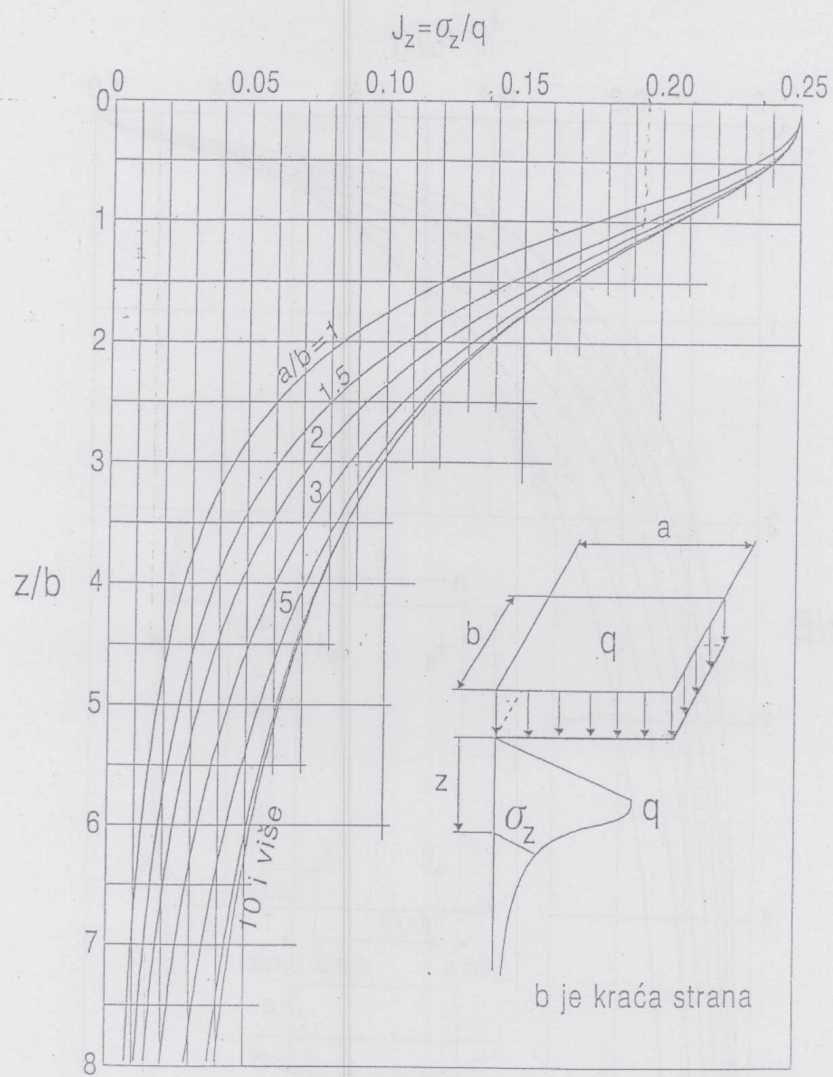
$$s = \int_0^H \varepsilon_z \Delta z = \int_0^H \frac{1}{C} \ln \frac{p'_0 + \Delta \sigma_z}{p'_0} dz = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C} \ln \frac{p'_0 + \Delta \sigma_z}{p'_0} \Delta z \quad C = 1.5 \frac{q_c}{p'_0}$$

## II SLEGANJE PRAVOUGAONOG TEMELJA

- SB 1. Fleksibilna temeljna stopa dimenzija 4x6m, kao na skici, opterećena je koncentrisanom silom  $Q = 3600$  kN. Izračunati:
- TC 1.1. naprezanja od sopstvene težine tla u tačkama 0, 1, 2.  
 1.2. naprezanja od objekta u tačkama 0, 1, 2 na vertikali kroz centralnu tačku.  
 1.3. na osnovu izvršenih proračuna pod 1.1 i 1.2 nacrtati dijagrame promene napona po dubini u tačkama 0, 1, 2.  
 1.4. specifične deformacije  $\epsilon$  u tačkama 0, 1, 2 i nacrtati dijagrame promene specifičnih deformacija po dubini.  
 1.5. Izračunati veličinu sleganja središnje tačke G temeljne stope približnom integracijom specifičnih deformacija  $\epsilon$ , dobijenih pod 1.4.  
 Dati su moduli stižljivosti koji su konstantni za sloj peska (SP)  $M_v = 15000 \text{ kN/m}^2$  i sloj jako prekonsolidovane gline (CH)  $M_v = 4500 \text{ kN/m}^2$ .
- KAY 2. Kruta temeljna stopa dimenzija 4x6m, kao na skici, opterećena je koncentrisanom silom  $Q = 3600$  kN. Izračunati:  
 2.1 sleganje ekvivalentne tačke opterećene površine računajući napone i specifične deformacije u tačkama 0, 1 i 2.  
 2.2 dodatno sleganje temelja usled spuštanja nivoa podzemne vode za 5m izazvanog crpljenjem vode za potrebe vodosnabdevanja.  
 Parametri tla su:  
 - sloj 1: SP,  $z = 0 \dots q_s = 3000 \text{ kN/m}^2$   
 $z = H_1 \dots q_s = 5000 \text{ kN/m}^2$   
 - sloj 2: CH - lako prekonsolidovana glina,  $C_c = 0.45$ ,  $C_r = C_c/5$ ,  $G_s = 2.7$   
 Imati u vidu da je teren pre građenja objekta bio opterećen širokim peščanim nasipom visine 2 m i  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ .  
 Skicirati dijagrame vertikalnih napona i deformacija.

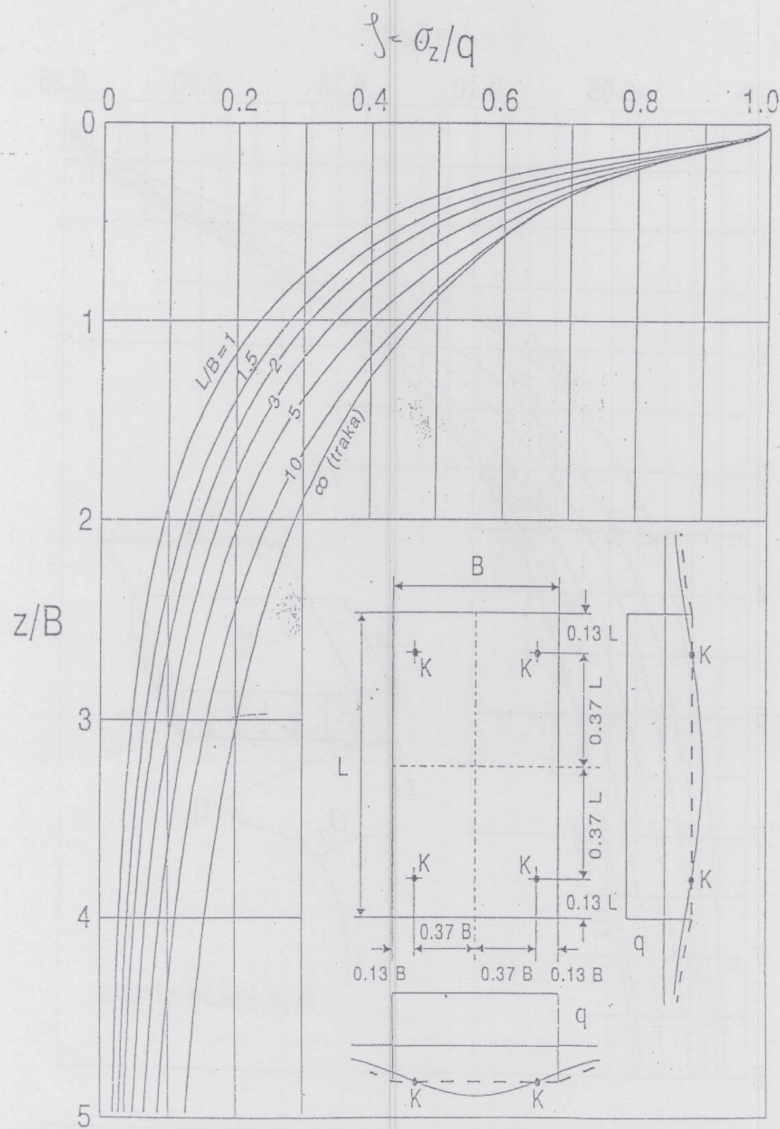


## ŠTAJNBRENEROV DIJAGRAM ZA ODREĐIVANJE VERTIKALNIH NAPONA





## RASPODELA VERTIKALNIH NAPONA ISPOD KARAKTERISTIČNE TAČKE



ЗАДАЧА 1

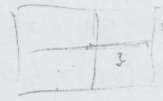
$4 \times 6 \text{ м}; Q = 3600 \text{ кН}$

1.1.

ТАЧКА 0:  $\sigma' = \gamma \cdot z_1 = 18,0 \cdot 1,2 = 21,6 \text{ кПа}$

ТАЧКА 1:  $\sigma' = \gamma \cdot z_2 = 18,0 \cdot 3,2 = 57,6 \text{ кПа}$

ТАЧКА 2:  $\sigma' = \gamma \cdot z_2 + \gamma' \cdot h = 57,6 + (18,6 - 9,807) \cdot 3 = 83,8 \text{ кПа}$



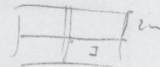
1.2.

$q_n = \frac{Q}{b \cdot l} - \gamma \cdot D_f = \frac{3600}{4 \times 6} - 18 \cdot 1,2 = 128,4 \text{ кН/м}^2$  НЕТО КОНТАКТНИ НАПОР

$\Delta \sigma_{zi} = q_n \cdot 4 J_{zi}$

$b = 2 \text{ м}$

$a/b = 1,5$

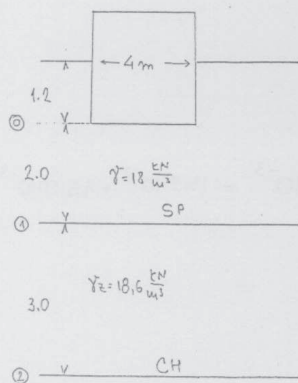


ТАЧКА 1  $\Delta \sigma_{zi} = q_n \cdot 4 J_z(1) = q_n \cdot 0,194 \cdot 4 = 99,64 \text{ кПа}$

ТАЧКА 2  $\Delta \sigma_z = q_n \cdot 4 J_z(2,5) = 4 q_n \cdot 0,08 = 41,09 \text{ кПа}$

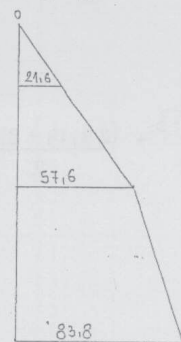
ТАЧКА 0  $\Delta \sigma_z = 4 q_n \cdot J_z(0) = 4 q_n \cdot 0,125 = 128,4 \text{ кПа}$

1.3

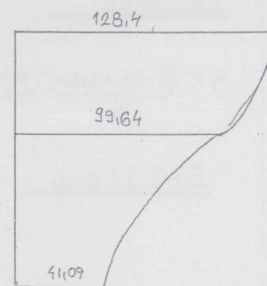


$\sigma'$

$[\text{кПа}]$



$\Delta \sigma_z [\text{кПа}]$



1.4

$$M_v(SP) = 15 \text{ MPa}$$

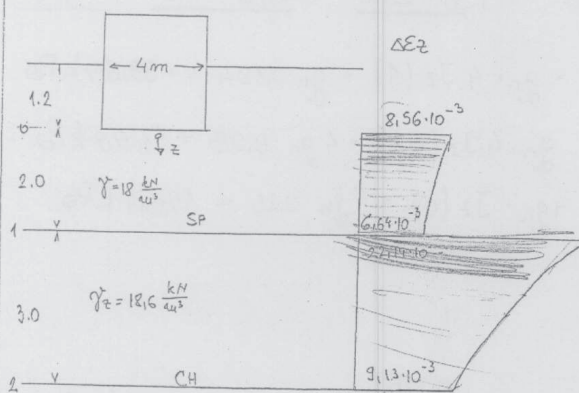
$$M_v(CH) = 4,5 \text{ MPa}$$

ТАЧКА 0  $\Delta \varepsilon_{z,0} = \frac{\Delta \sigma_{z,0}}{M_v(SP)} = \frac{128,4 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6} = 0,00856 = 8,56 \cdot 10^{-3}$

ТАЧКА 1  $\Delta \varepsilon_{z,1}^{\text{gore}} = \frac{\Delta \sigma_{z,1}}{M_v(SP)} = \frac{99,64 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6} = 0,00664 = 6,64 \cdot 10^{-3}$

$$\Delta \varepsilon_{z,1}^{\text{dole}} = \frac{\Delta \sigma_{z,1}}{M_v(CH)} = \frac{99,64 \cdot 10^3}{4,5 \cdot 10^6} = 0,02214 = 22,14 \cdot 10^{-3}$$

ТАЧКА 2  $\Delta \varepsilon_{z,2} = \frac{\Delta \sigma_{z,2}}{M_v(CH)} = \frac{41,09 \cdot 10^3}{4,5 \cdot 10^6} = 0,00913 = 9,13 \cdot 10^{-3}$



СЛЕГАЊЕ

$$S = \frac{(8,56 + 6,64) \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{2} + \frac{(22,14 + 9,13) \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{2} = 15,2 \cdot 10^{-3} + 15,9 \cdot 10^{-3}$$

$$S = 6,21 \text{ cm}$$

## 2. ЗАДАЧА

$$q_n = \frac{Q}{B \cdot L} - \gamma \cdot D_f = \frac{3600}{4 \times 6} - 18 \cdot 1,2 \Rightarrow q_n = 128,4 \text{ kN/m}^2$$

ТАЧКА 0:  $\Delta \sigma_z = q_n \cdot J = q_n \cdot J(0) = 128,4 \text{ kPa}$

ТАЧКА 1:  $\Delta \sigma_z = q_n \cdot J(0,5) = q_n \cdot 0,465 = 59,71 \text{ kPa}$

ТАЧКА 2:  $\Delta \sigma_z = q_n \cdot J(1,25) = q_n \cdot 0,25 = 32,1 \text{ kPa}$

ДЕФОРМАЦИЈЕ ТАЧКА 0:  $C = 1,5 \cdot \frac{z_{c,0}}{p_{o'}} = \frac{1,5 \cdot 3000}{21,6} = 208,33$

$$\Delta \varepsilon_{z,0} = \frac{1}{C} \cdot \ln \frac{p_{o'} + \Delta \sigma_z'}{p_{o'}} = \frac{1}{208,33} \cdot \ln \frac{21,6 + 128,4}{21,6}$$

$$\Delta \varepsilon_{z,0} = 9,30 \cdot 10^{-3}$$

ТАЧКА 1:  $C = 1,5 \cdot \frac{z_{c,1}}{p_{o'}} = 1,5 \cdot \frac{5000}{57,60} = 130,21$

$$\Delta \varepsilon_{z,1} = \frac{1}{C} \cdot \ln \frac{p_{o'} + \Delta \sigma_z'}{p_{o'}} = \frac{1}{130,21} \cdot \ln \frac{59,71 + 57,6}{57,60}$$

$$\Delta \varepsilon_{z,1} = 5,46 \cdot 10^{-3}$$

$$p_c' = p_{o'} + \gamma_H \cdot h_H = p_{o'} + 36 \text{ kPa} \rightarrow \text{дијаграм } p_c'$$

ГЛО ЈЕ ПРЕКОНСОЛИДОВАНО

$$\Delta \varepsilon_{z,2} = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \log \frac{p_c'}{p_{o'}} + \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \log \frac{p_{o'} + \Delta \sigma_z'}{p_c'}$$

$$\frac{G_s + e_0}{1+e_0} = \frac{\gamma_z}{\gamma_w} \Rightarrow \frac{2,7 + e_0}{1+e_0} = \frac{18,6}{9,807} \Rightarrow 2,7 + e_0 = 1,8366 + 1,8366 e_0$$

$$e_0 = 0,8034 / 0,8366$$

$$e_0 = 0,190$$

$$\Delta \varepsilon_{z,2} = \frac{0,09}{1,9} \cdot \log \frac{83,8 + 36}{83,8} + \frac{0,45}{1,9} \cdot \log \frac{83,8 + 32,1}{83,8 + 36} = 3,95 \cdot 10^{-3}$$

$$e_0 = 0,09 \quad 57,6 + 36 = 93,6 \quad 0,45 \quad 83,8 + 59,71 = 143,51 \quad 22,2 \cdot 10^{-3}$$



$$S = \frac{9,30 + 5,46}{2} \cdot 2 + \frac{33,2 + 3,95}{2} \cdot 3 = 7$$

$$S = 7,05 \text{ см}$$

2.2

- НИВО ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ СЕ СПУСТИО ЗА 5m

$$\Delta \sigma_z = \gamma_w \cdot H = 9,807 \cdot 3 = 29,421 \text{ kPa}$$

ТАЧКА 0:  $\Delta \sigma = 0 \Rightarrow$  НЕМА ДОДАТНЕ ДЕФОРМАЦИЈЕ

ТАЧКА 1 горе:  $\Delta \sigma = 0$

ТАЧКА 1 доле:  ~~$\Delta \sigma = 29,421 \text{ kPa}$~~

$$p_0' = 117,31 \text{ kPa}$$

$$p_c' = 36 \text{ kPa} + 117,31 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_{z,1} &= \frac{0,09}{1,9} \cdot \log \frac{36 + 117,31}{117,31} + \frac{0,45}{1,9} \log \frac{117,31 + 29,42}{36 + 117,31} \\ &= 0,9937 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

ТАЧКА 2:  $\Delta \sigma = 29,42$

$$p_0' = 115,9$$

[kPa]

$$p_c' = 36 + 115,9 = 151,9$$

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon_{z,2} &= \frac{0,09}{1,9} \cdot \log \frac{151,9}{115,9} + \frac{0,45}{1,9} \log \frac{115,9 + 29,42}{151,9} \\ &= 1,0095 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

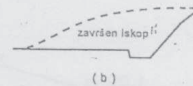
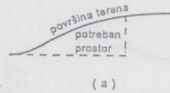
$$S = \frac{0,9937 + 1,0095}{2} \cdot 3 = 0,3 \text{ см}$$



## ZEMLJANI PRITISCI

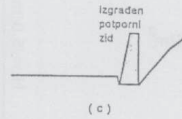
## 1. UVOD

- pritisak tla u stanju mirovanja,
- aktivni pritisak tla,
- pasivni otpor tla.



## 2. RAČUNSKE METODE.

- metoda *RANKIN*-a,
- metoda *COULOMB*-a.



## 3. Analiza stabilnosti zida i određivanje ivičnih napona u temeljnoj spojnici.

## 3.1. Sigurnost protiv klizanja u temeljnoj spojnici

$$F_k = \frac{N \tan \phi}{T}$$

## 3.2. Ivični naponi u temeljnoj spojnici

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{N}{F} \pm \frac{M}{W}$$

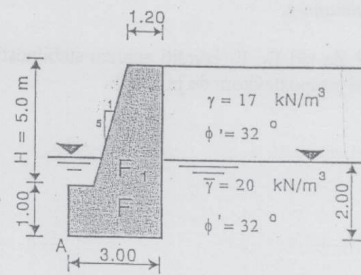
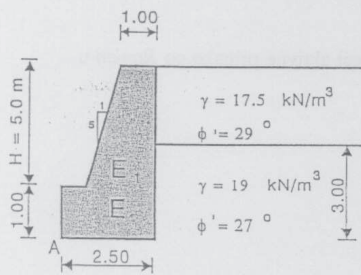
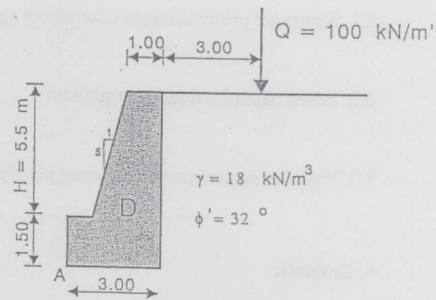
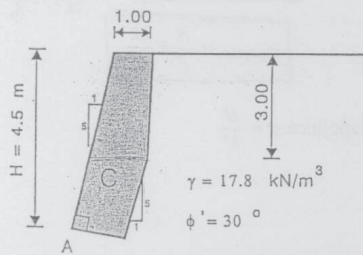
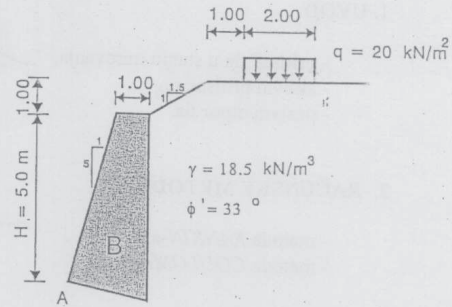
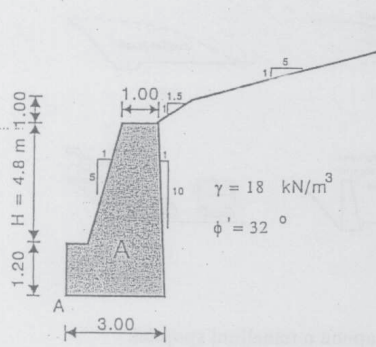
$$W = \frac{b^2 l}{6}$$

3.3. Prosečni naponi na redukovanoj površini temeljne spojnice  $\sigma = \frac{N}{b''}$ 

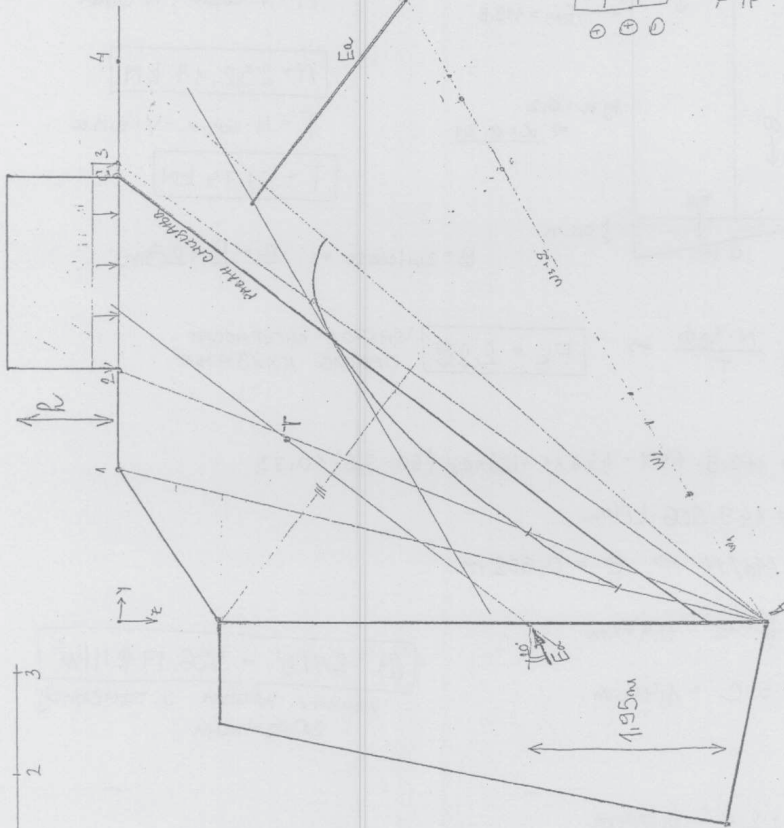
## 4. Zadatak

4.1 Dat je potporni zid A, B, C, D, E, F. Izvršiti analizu stabilnosti zida. Odrediti prosečni napon na redukovanoj površini temeljne spojnice. Intenzitet, pravac i napadnu tačku sile aktivnog pritiska tla odrediti grafičkom metodom *Rebhann-Poncelet*-a ili *Culmann*-a.

4.2 Za zid E<sub>1</sub>, F<sub>1</sub> izvršiti analizu stabilnosti zida koristeći aktivne pritiske po *Rankin*-u pod pretpostavkom da je  $\delta = 0$ .



ОКЛАДКА ...  
[mm] 0 1 2 3  
100mm = 5cm



$$W = 189,6 \text{ kN}$$

$$h = \frac{g}{\gamma} = \frac{20}{18,5} = 1,08 \text{ m}$$

Точка  
в центре  
плиты  
трех  
матриц

$$\gamma = 18,5$$

$$\phi' = 32$$

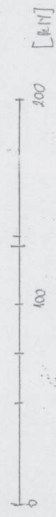
$$\delta = 20$$

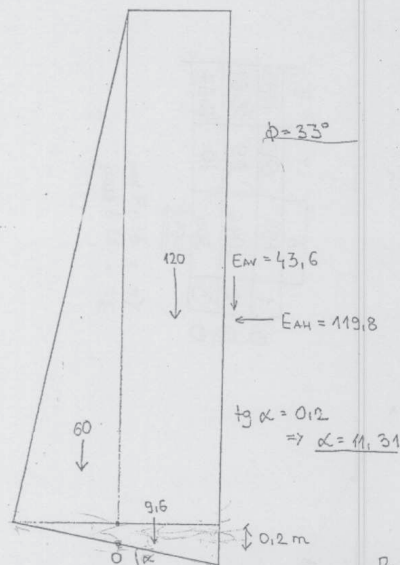
$$E_0 = 12,7 \text{ ГПа}$$

	N	Y	Z
1	795	685	-10,15
2	5046	29	38,67
3	300	10	6,67
	5541		

$$\gamma_T = 35,7 \text{ мм}$$

$$\gamma_T = 33,3 \text{ мм}$$





$$V = 189.6 + 43.6 = 233.2 \text{ kN}$$

$$H = 119.8 \text{ kN}$$

$$N = V \cdot \cos \alpha + H \cdot \sin \alpha$$

$$N = 252.17 \text{ kN}$$

$$T = H \cdot \cos \alpha - V \cdot \sin \alpha$$

$$T = 71.74 \text{ kN}$$

$$B = 2u / \cos 20 \Rightarrow B = 2.128 \text{ m}$$

$$\textcircled{1} F_k = \frac{N \cdot \tan \phi}{T} \Rightarrow$$

$$F_k = 2.28$$

ФАКТОР СИГУРНОСТИ  
ПРОТИВ КЛИЗАЊА

$$\textcircled{2} M_0 = 119.8 \cdot 1.97 - 43.6 \times 1 - (20 \times 0.5 + (60 - 9.6) \times 0.33)$$

$$M_0 = 149.206 \text{ kNm}$$

$$e_0 = M_0 / N \Rightarrow e = 0.592 \text{ m}$$

$$c = \frac{B}{2} - e = 0.472 \text{ m}$$

$$B' = 3 \cdot c = 1.416 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = 2N / B' = 356.17 \text{ kN/m}^2$$

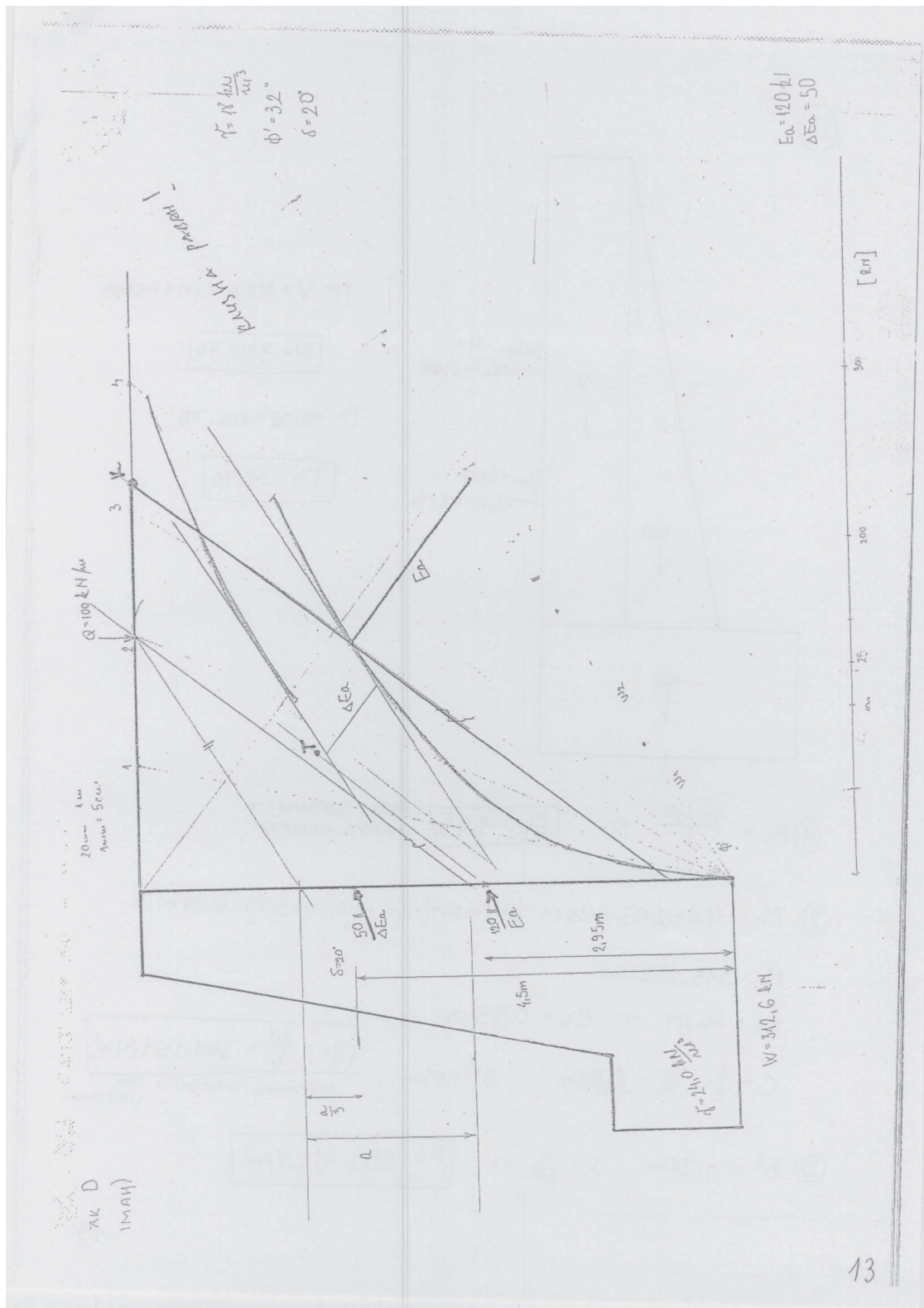
ИВИЧНИ НАПОН У ТОЧЕЊНОЈ  
СПОЈНИЦИ

$$\textcircled{3} B^* = 2 \cdot c = 0.944 \text{ m}$$

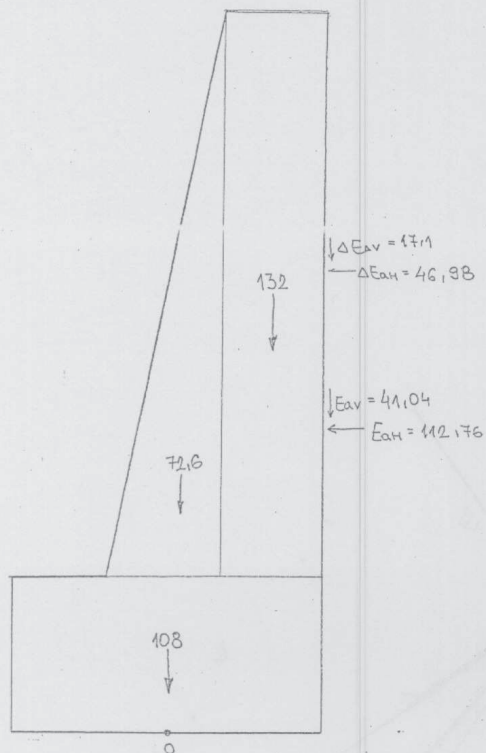
$$p = \frac{N}{B^*} = 267.13 \text{ kN/m}^2$$

ПРОСЕЧНИ НАПОН НА  
РЕЗУКОВАНОЈ ПОВРШИНИ  
ТОЧЕЊНЕ СПОЈНИЦЕ





①



$$N = V = 312,6 + 17,1 + 41,04$$

$$N = 370,74$$

$$T = 46,98 + 112,76$$

$$T = 159,74$$

$$① F_k = \frac{N \cdot \tan \phi}{T} \Rightarrow$$

$$F_k = 1,45$$

коэф. сигурности  
проти́в клиза́жа

$$② M_0 = -72,6 \times 0,133 - 132 \times 1 - (17,1 + 41,04) \times 1,15 + 112,76 \times 2,35 + 46,98 \times 4,5$$

$$M_0 = 315,19 \text{ kNm}$$

$$e_b = M_0 / N \rightarrow e_b = 0,85 \text{ m}$$

$$c = \frac{B}{2} - e = 0,65 \text{ m}$$

$$B' = 1,95 \text{ m}$$

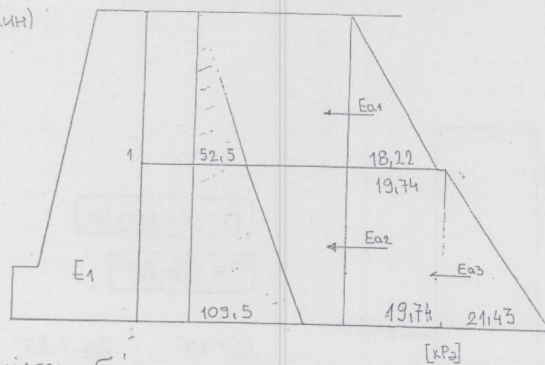
$$q_1 = \frac{2N}{B'} = 380,25 \text{ kN/m}^2$$

ли́шний на́пор у тем  
сподни́ци

$$③ B^* = 1,30 \text{ m} \quad p = \frac{N}{B^*} \Rightarrow$$

$$P = 285,18 \text{ kN/m}^2$$

(РАНКИН)



$$\gamma_1 = 17.5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\phi_1 = 23^\circ$$

$$\gamma_2 = 19 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\phi_2 = 27^\circ$$

$$\delta = 0$$

ДИАГРАМ  $\sigma_v'$

ТАЧКА 1  $\sigma_v' = \gamma_1 \cdot 3\text{м} = 52.5 \text{ кПа}$

ТАЧКА 2  $\sigma_v' = \sigma_{v1} + 19 \cdot 3 = 109.5 \text{ кПа}$

$$K_{a1} = \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} = 0.347$$

$$K_{a2} = \frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} = 0.376$$

ДИАГРАМ  $P_a = \sigma_v' \cdot K_a$

ТАЧКА 1: ГОРЕ  $\rightarrow P_a = 52.5 \cdot 0.347 = 18.22 \text{ кПа}$

ДОЛЕ  $\rightarrow P_a = 52.5 \cdot 0.376 = 19.74 \text{ кПа}$

ТАЧКА 2  $P_a = 109.5 \cdot 0.376 = 41.17 \text{ кПа}$

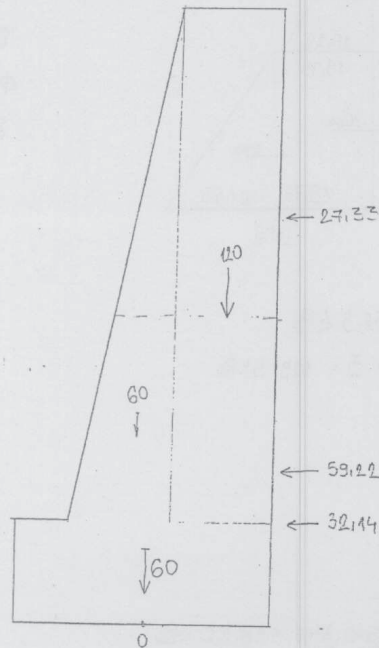
$E_{a1} = 18.22 \times 3/2 \rightarrow E_{a1} = 27.33 \text{ кН}$ , на висини 4 m

$E_{a2} = 19.74 \times 3 \rightarrow E_{a2} = 59.22 \text{ кН}$ , на висини 1.5 m

$E_{a3} = 21.43 \times 3/2 \rightarrow E_{a3} = 32.14 \text{ кН}$ , на висини 1 m

$W = 240 \text{ кН}$

Е1



$$N = V = 240 \text{ kN}$$

$$T = 118.69$$

$$\phi_1' = 29^\circ \quad \phi_2' = 27^\circ$$

$$\textcircled{1} F_k = \frac{(1+1.6) \cdot 3 \cdot 24 \cdot \tan 29^\circ + \left( \frac{1.6+2.5}{2} \cdot 2.5 \right) \cdot 24 \cdot \tan 27^\circ}{118.69} \Rightarrow F_k = 1.07$$

коэффициент  
сигурности  
против  
капсаля

$$\textcircled{2} M_o = 60 \cdot 0.67 - 120 \cdot 0.75 + 32.14 + 59.22 \cdot 1.5 + 27.33 \cdot 4$$

$$M_o = 180.37$$

$$e_b = M_o / N \Rightarrow e_b = 0.752 \text{ m}$$

$$c = b/2 - e \Rightarrow c = 0.498 \text{ m}$$

$$b' = 3 \cdot c = 1.494 \text{ m}$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{2N}{b'} = 321.29 \text{ kN/m}^2$$

исични напон у  
темелној слојници

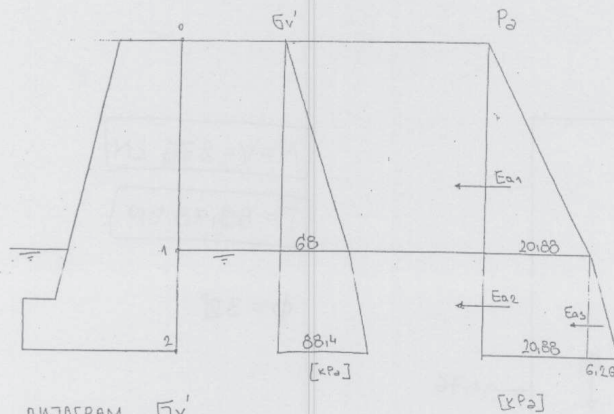
$$\textcircled{3} b^* = 2 \cdot c = 0.996 \text{ m}$$

$$p = N / b^* = 240.96 \text{ kN/m}^2$$

просечни напон на резукуваној  
површини темелне слојнице



(RANKIN)



$$\gamma_1 = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi_1 = 32^\circ$$

$$\gamma_2 = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi_2 = 32^\circ$$

ДИЈАГРАМ  $B_v$

ТАЧКА 1  $B_v = \gamma_1 \cdot 4\text{m} = 68 \text{ kPa}$

ТАЧКА 2  $B_v = B_{v1} + (\gamma_2 - \gamma_w) \cdot 2\text{m} = 68,4 \text{ kPa}$

$$K_{a12} = \frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} = 0,307$$

ДИЈАГРАМ  $P_a$

ТАЧКА 1:  $P_a = 68 \cdot 0,307 = 20,88 \text{ kPa}$

ТАЧКА 2:  $P_a = 68,4 \cdot 0,307 = 20,88 \text{ kPa}$

$$E_{a1} = 20,88 \cdot 4/2 \Rightarrow$$

$$E_{a2} = 20,88 \cdot 2 \Rightarrow$$

$$E_{a3} = 6,26 \cdot 2/2$$

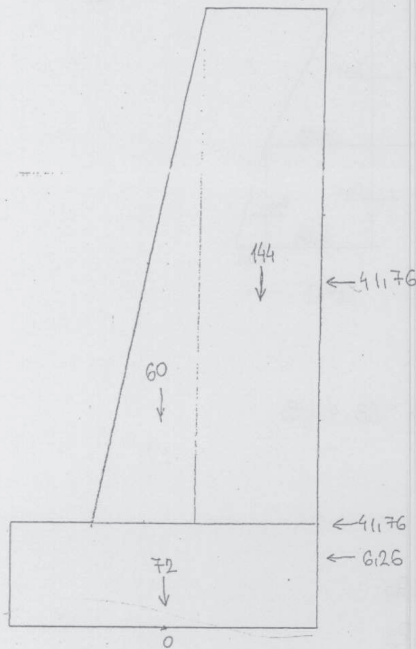
$$E_{a1} = 41,76 \text{ kN, на висини } 3,33\text{m}$$

$$E_{a2} = 41,76 \text{ kN, на висини } 1\text{m}$$

$$E_{a3} = 6,26 \text{ kN, на висини } 0,67\text{m}$$

$$W = 270 \text{ kN}$$

(F1)



$$N = V = 276 \text{ kN}$$

$$T = 89.78 \text{ kN}$$

$$\phi = 32^\circ$$

$$① F_k = \frac{N \cdot \tan \phi}{T}$$

$$F_k = 1.92$$

коэф. сигурности  
ПРОТИВ КЛИЗАЊА

$$② M_0 = 60 \times 0.033 - 144 \times 0.9 + 41.76 \cdot 4.33 + 6.26 \cdot 0.67$$

$$M_0 = 57.395 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow e_s = M_0 / N \Rightarrow e_s = 0.208 \text{ m}$$

$$\frac{B}{6} = 0.5 \text{ m} \Rightarrow q_{\max/\min} = \frac{N}{B} \left( 1 \pm \frac{6 \cdot e_s}{B} \right) \Rightarrow$$

$$q_{\max} = 130.27 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\min} = 53.73 \text{ kN/m}^2$$

извични напони у  
темелној  
спојници

$$③ C = \frac{B}{2} - e \Rightarrow C = 1.292 \text{ m}$$

$$B^* = 2.584 \text{ m}$$

$$P = \frac{N}{B^*} \Rightarrow$$

$$P = 106.81 \text{ kN/m}^2$$

просечни напон на  
редукованој површини  
темелне спојнице

## NOSIVOST TLA

## 1. PROJEKTOVANJE TEMELJA OBJEKATA U GEOTEHNICI

Kriterijumi nosivosti:

- \* kriterijum granične nosivosti tla
- \* kriterijum sleganja tla

$$q \leq q_a$$

$$s \leq s_{doz}$$

## 2. PLITKO FUNDIRANJE. Kriterijumi:

2.1 Granična nosivost (granično opterećenje) tla ( $q_d$ ).2.2 Dozvoljena nosivost (dozvoljeno opterećenje) tla ( $q_a$ ).

- \* teorija granične ravnoteže
- \* teorija dozvoljene nosivosti tla

## 3. PRAVILNIK O TEHNIČKIM NORMATIVIMA ZA TEMELJENJE GRADJEVINSKIH OBJEKATA

Dozvoljena nosivost tla:

$$q_a = \frac{V}{A'} = \frac{\gamma'}{2} B' (N_\gamma s_\gamma i_\gamma) + (c_m + q_0 \tan \phi_m) N_c s_c i_c d_c + q_0$$

- V      ukupno vertikalno opterećenje temelja
- A'      korisna (aktivna) površina temelja, tj. deo ukupne površine osnove temelja koji je rezultantnom silom centrično opterećen,  $A' = B' \times L'$
- $\gamma'$       efektivna zapreminska težina tla ispod nivoa temeljne spojnice tj. zapreminska težina umanjena za veličinu uzgona, ukoliko postoji
- ✓ -  $N_\gamma, N_c$       faktori nosivosti dobijeni iz dijagrama na osnovu mobilisanog ugla otpornosti na smicanje
- $s_\gamma, s_c$       faktori oblika temelja,
- $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B'}{L'}$        $s_c = 1 + 0.2 \frac{B'}{L'}$
- ✓ -  $i_\gamma, i_c$       faktori nagiba sile zavise od odnosa,  $\lambda = \frac{H}{A' c_m + V \tan \phi_m}$
- $c_m$       dozvoljena mobilisana kohezija,  $c_m = \frac{c}{F_c}$
- V, H      vertikalna i horizontalna komponenta rezultantne sile koja deluje na temeljnu spojnicu
- $\phi_m$       dozvoljeni mobilisani ugao otpornosti na smicanje,
- $\tan \phi_m = \frac{\tan \phi}{F_\phi}$
- $d_c$       faktor dubine,
- $d_c = 1 + 0.35 \frac{D_f}{B'} \leq 1.35$
- $q_0$       najmanje vertikalno opterećenje u nivou temeljne spojnice,  $q_0 = \gamma D_f$

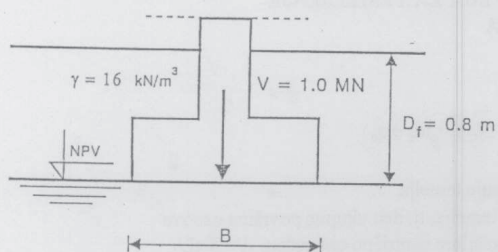
#### 4. ZADATAK

a) Odrediti dimenzije osnove pravougaonog temelja prikazanog na skici prema Pravilniku o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata, koja je opterećena:

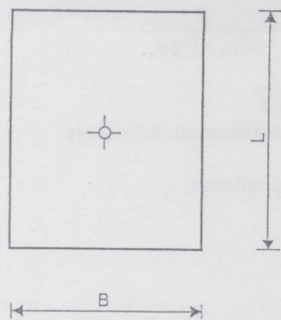
- vertikalnom i centričnom silom (skica 1),
- kosom i ekscentričnom silom (skica 2).

Proporcije dužina ivica temelja, veličine sila i parametri tla su u oba slučaja isti. U proračunima koristiti parcijalne faktore sigurnosti  $F_\phi = 1.5$  i  $F_c = 2.5$ .

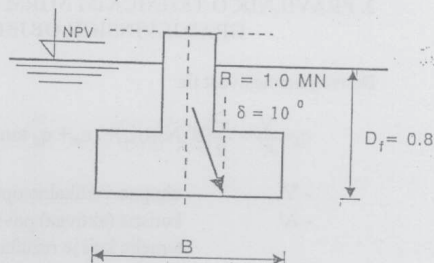
b) za određene dimenzije temelja u oba slučaja odrediti dopuštenu nosivost tla prema EUROCODU-7.



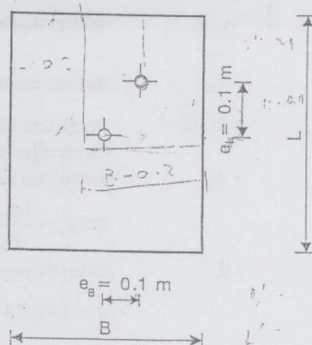
$$\begin{aligned} \gamma_z &= 17 \text{ kN/m}^3 \\ \phi' &= 30^\circ \\ c' &= 4.0 \text{ kN/m}^2 \\ L/B &= 2.0 \end{aligned}$$



Skica 1



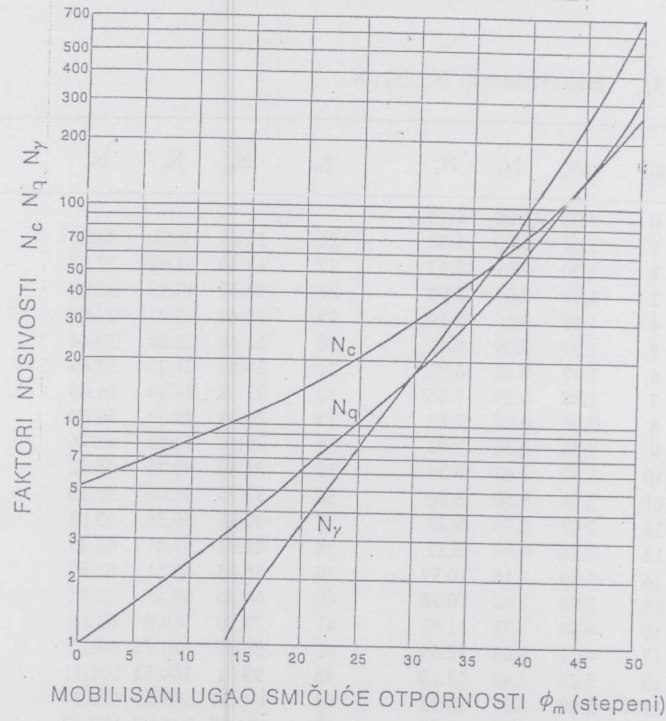
$$\begin{aligned} \gamma_z &= 17 \text{ kN/m}^3 \\ \phi' &= 30^\circ \\ c' &= 4.0 \text{ kN/m}^2 \\ L/B &= 2.0 \end{aligned}$$



Skica 2



DIJAGRAM FAKTORA NOSIVOSTI TLA



DIJAGRAM FAKTORA ZAKOŠENOSTI SILE

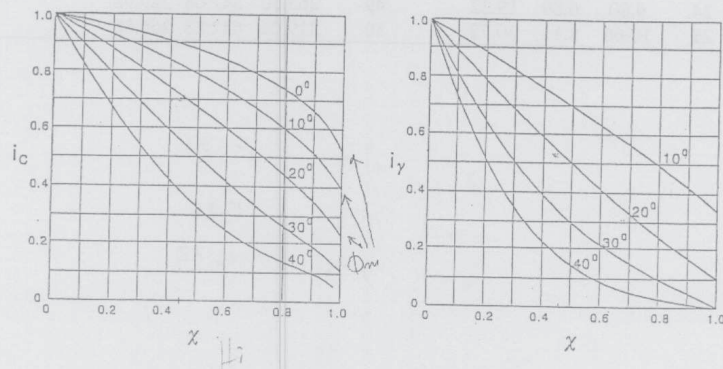


Tabela 1. Faktori nosivosti  $N_q$ ,  $N_\gamma$ ,  $N_c$ 

$\phi_m$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$	$\phi_m$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c$
0	1.00	0.00	5.14	26	11.85	9.53	22.25
1	1.09	0.00	5.38	27	13.20	11.19	23.94
2	1.20	0.01	5.63	28	14.72	13.13	25.80
3	1.31	0.03	5.90	29	16.44	15.41	27.86
4	1.43	0.05	6.19	30	18.40	18.08	30.14
5	1.57	0.09	6.49	31	20.63	21.23	32.67
6	1.72	0.14	6.81	32	23.18	24.94	35.49
7	1.88	0.19	7.16	33	26.09	29.33	38.64
8	2.06	0.27	7.53	34	29.44	34.53	42.16
9	2.25	0.36	7.92	35	33.30	40.71	46.12
10	2.47	0.47	8.34	36	37.75	48.06	50.59
11	2.71	0.60	8.80	37	42.92	56.86	55.63
12	2.97	0.76	9.28	38	48.93	67.41	61.35
13	3.26	0.94	9.81	39	55.96	80.11	67.87
14	3.59	1.16	10.37	40	64.20	95.45	75.31
15	3.94	1.42	10.98	41	73.90	114.0	83.86
16	4.34	1.72	11.63	42	85.37	136.75	93.71
17	4.77	2.08	12.34	43	99.01	164.52	105.11
18	5.26	2.49	13.10	44	115.31	198.69	118.37
19	5.80	2.97	13.93	45	134.87	240.97	133.87
20	6.40	3.54	14.83	46	158.50	293.58	152.10
21	7.07	4.19	15.81	47	187.21	359.43	173.64
22	7.82	4.96	16.88	48	222.30	442.40	199.26
23	8.66	5.85	18.05	49	265.50	547.68	229.92
24	9.60	6.89	19.32	50	319.06	682.28	266.88
25	10.66	8.11	20.72				

# NOSIVOST PREMA PREDLOGU EVROCODA 7 (EC7, verzija 1997)

Evropski komitet za standardizaciju 1997 godine, objavljuje novu, radnu verziju nacrtu Evropskog predstandarda EC7, a u godini 2000 i njegovu korigovanu radnu verziju Opštih pravila. U prilogu te verzije nalazi se i primer predloga analitičke metode za proračun granične nosivosti. Razlikuju se nedrenirani i drenirani uslovi, a karakteristično je da se faktor dubine ne pominje. Iako se uvodi faktor nagiba osnove temelja u odnosu na horizontalu, ova korekcija će se ovde izostaviti i nosivost dati za horizontalnu temeljnu spojnicu.

Granična nosivost temeljnog tla, kada je smičuća čvrstoća data nedreniranom kohezijom u nedreniranim uslovima, izračunava se po formuli:

$$A' = (2 + \pi) c_u s_c i_c + q \quad (9.58)$$

gde su korektivni faktori:

$$s_c = 1 + 0.2 (B'/L') \quad (9.59)$$

$$i_c = 0.5 \left( 1 + \sqrt{1 - H/A' c_u} \right) \text{ uz uslov da je } H \leq A' c_u \quad (9.60)$$

Preporučeni parcijalni faktor sigurnosti za nedreniranu koheziju  $c_u$  je 1.4.

Granična nosivost temeljnog tla u dreniranim uslovima, kada su parametri smičuće čvrstoće definisani preko efektivnih napona, izračunava se po formuli:

$$A' = 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma + c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q \quad (9.61)$$

Gde su faktori nosivosti:

$$N_q = \tan^2 (45^\circ + \phi/2) e^{\pi \tan \phi} \quad (9.6)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (9.7)$$

$$N_\gamma = 2.0 (N_q - 1) \tan \phi \quad (9.15)$$

$$\phi, c \rightarrow R_\phi$$

$$c_u, c_u \rightarrow R_\Delta$$

Faktori oblika su:

$$s_r = 1 - 0.3 (B'/L') \quad (9.62)$$

$$s_v = (s_q N_q - 1) / (N_q - 1) \quad (9.63)$$

$$s_q = 1 + (B'/L') \sin \phi' \quad (9.64)$$

Faktori nagiba u slučaju da je horizontalno opterećenje  $H$  paralelno sa  $B'$ , su:

$$i_r = [1 - H / (V + A' c' \cot \phi')]^{m+1} \quad (9.65)$$

$$i_v = i_q - (1 - i_q) / N_q \tan \phi' \quad (9.66)$$

$$i_q = [1 - H / (V + A' c' \cot \phi')]^m \quad (9.67)$$

gde je

$$m = m_H = (2 + B' / L') / (1 + B' / L') \quad (9.68)$$

Kada  $H$  deluje u pravcu  $L'$ , koeficijent  $m$  je:

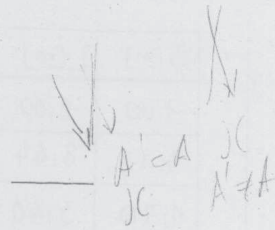
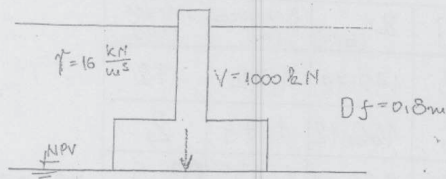
$$m = m_L = (2 + L' / B') / (1 + L' / B') \quad (9.69)$$

U slučajevima kada horizontalna komponenta opterećenja  $H$  deluje pod uglom  $\theta$  u odnosu na pravac  $L'$ , koeficijent  $m$  se može izračunati primenom formule:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_H \sin^2 \theta \quad (9.70)$$

U navedenim izrazima parametre smičuće otpornosti treba redukovati parcijalnim faktorima sigurnosti da bi se odredilo dopušteno opterećenje temelja. Za objekte uobičajenih dimenzija i drenirane uslove za ugao smičuće otpornosti  $\phi'$  je 1.25, za koheziju  $c'$  parcijalni faktor je 1.6 a za nedreniranu koheziju  $c_u$  je 1.4.





$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3 \Rightarrow \gamma' = 7.193 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 30^\circ ; c' = 4 \text{ kN/m}^2$$

$$L/B = 2.0$$

$$F_\phi = 1.5$$

$$F_c = 2.5$$

$$\Rightarrow \phi_w = \arctan\left(\frac{\tan \phi}{F_\phi}\right) = 21.052^\circ$$

МОБИЛИСАНИ  
УГАО ОТПОРНОСТИ  
НА СМИЦАЊЕ

↓ ИЗ ТАБЕЛЕ, ЛИН. ИНТЕРПОЛАЦИЈОМ

$$N_\gamma = 4.23$$

ФАКТОРИ

$$N_c = 15.86$$

НОСИВОСТИ

$$H=0 \Rightarrow i_\gamma, i_c = 1$$

ФАКТОРИ НАГИБА

$$s_\gamma = 1 - 0.4 B/L = 0.8$$

ФАКТОРИ ОБЛИКА  
ТЕМЕЛА

$$s_c = 1 + 0.12 B/L = 1.1$$

$$C_m = c'/F_c = 1.6$$

ДОЗВОЉЕНА МОБИЛИСАНА КОХЕЗИЈА

$$q_0 = \gamma \cdot D_f = 12.8 \text{ kN/m}^2$$

$$d_c = 1 + 0.35 \times \frac{D_f}{B}$$

→ ФАКТОР ДУБИНЕ

$$q_A = \frac{\gamma'}{2} \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma + (C_m + q_0 \cdot \tan \phi_w) \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + q_0$$

$$\Rightarrow \underline{q_A = q_A(B)} ; q_A = \frac{V}{A} = \frac{V}{B \cdot L} = \frac{V}{2B^2}$$

$$\Rightarrow \underline{B = \sqrt{\frac{V}{2q_A}}} \quad (\text{БРАЧУНСКО})$$

$$m_2 < 0.05 \text{ m}$$

-ВАРИРАМО B, ДОК НЕ ДОБИЈЕМО БРАЧУНСКО  $\approx B$  (5cm ТАЧНОСТ)

B [m]	L [m]	dc [-]	q <sub>A</sub> [kN/m]	ВРАШЊИСО [cm]	РАЗЛИКА [cm]
1,00	2,00	1,28	170,72	1,72	72
1,72	3,44	1,76	166,12	1,74	2
1,70	3,40	1,165	166,11	1,735	0,5

УСВОЈЕНО

$$\underline{B = 1,70 \text{ m}}$$

$$\underline{L = 3,40 \text{ m}}$$

$$\underline{q_A = 166,11 \text{ kN/m}^2}$$

ДОЗВОЉЕНА  
НОСИВОСТ ТЛА

ПРОВЕРА ПО EUROCODE-7 ( $F_\phi = 1,25$ ;  $F_c = 1,6$ )

ФАКТОРИ НОСИВОСТИ

$$\phi_m = \alpha \tan \left( \frac{\tan \phi}{1,25} \right)$$

$$N_q = \gamma^2 (45 + \phi_m/2) \cdot e^{\pi \tan \phi_m} = 10,43^\circ$$

$$= 24,79^\circ$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \phi_m = 20,42$$

$$c_m = c / 1,6 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \phi_m = 8,71$$

ФАКТОРИ ОБЛИКА

$$s_\gamma = 1 - 0,13 (B/L) = 0,85$$

$$s_c = (s_q N_q - 1) / (N_q - 1) = 1,23$$

$$s_q = 1 + (B/L) \cdot \sin \phi_m = 1,21$$

ФАКТОРИ НАГИБА = 1 ( $H=0$ )

$$V/A = 0,5 \gamma B N_\gamma s_\gamma + c_m / 1,6 s_c i_c + q' N_q s_q i_q$$

$$\frac{V}{A} = 100,69 + 62,79 + q' \cdot 12,62$$

$$= 100,69 + 62,79 + \gamma \cdot 0,5 \cdot 12,62$$

$$q_A = 325,02 \text{ kN/m}^2$$

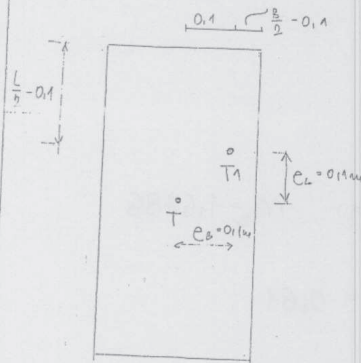
$$\Rightarrow \underline{V_{\max} = 1878,6 \text{ kN}}, \text{ ЗА ДАТУ ДИСПОЗИЦИЈУ И}$$

ПРОЈЕКТОМ ПОНУДЕНИМ ПОЛИРАКЕ

Сила  $R$  под углом  $\delta = 10^\circ$  к нормали

$$H = 173,65 \text{ кН} \quad V = 984,81 \text{ кН}$$

$$q_0 = \gamma \cdot D \cdot f = 13,6 \text{ кН/м}^2$$



$$B' = B - 0,2 = f(B)$$

$$L' = L - 0,2 = f(L)$$

Вводим факторы кривизны сил:  $i_r, i_c = f(X)$

$$X = \frac{H}{A' \cdot c_m + V \cdot \tan \phi_m}$$

$i_r, i_c$  считаем по диаграмме  $(= f(X) \Rightarrow = f(B', L')) = f(B, L)$

Повторно варьировать  $B$ .

$B$ [м]	$L$ [м]	$B'$ [м]	$L'$ [м]	$d_c$ [м]	$A'$ [м <sup>2</sup> ]	$i_r$ [м]	$i_c$ [м]	$q_A$ [кН/м <sup>2</sup> ]	Вращ. [м]	Размер [см]
1	2	0,8	1,8	1,28	1,44	0,55	0,7	125,79	1,98	98
1,98	3,96	1,78	3,76	1,14	6,69	0,53	0,69	118,99	2,03	5
2,03	4,06	1,83	3,86	1,14	7,06	0,52	0,69	118,80	2,04	1
2,00	4,00	1,8	3,8	1,14	6,84	0,52	0,69	118,78	2,036	3,6

$$B = 2 \text{ м}$$

$$L = 4 \text{ м}$$

$$B' = 1,8 \text{ м}$$

$$L' = 3,8 \text{ м}$$

$$q_A = 118,78 \text{ кН/м}^2$$

ЛОЗБОБЕНА НОСИВОСТ  
ТЛА

EURCODE +

$$\Phi_m = 24,79^\circ$$

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

$$S_r = 0,85$$

$$S_c = 1,23$$

$$S_g = 1,21$$

$$N_2 = 10,43$$

$$N_c = 20,42$$

$$N_r = 8,71$$

ФАКТОРИ НАГИБА

$$m = m_b = (2 + b'/l') / (1 + b'/l') \Rightarrow m_b = 1,6786$$

$$i_r = [1 - H / (V + A' \cdot c_w \cdot \text{ctg} \Phi_m)]^{m+1} = 0,61$$

$$i_c = i_g - (1 - i_g) / N_c \cdot \text{tg} \Phi_m = 0,99$$

$$i_g = [1 - H / (V + A' \cdot c_w \cdot \text{ctg} \Phi_m)]^m = 0,73$$

$$\frac{R}{A'} = 0,5 \gamma_b N_r s_r i_r + c_w N_c s_c i_c + g' N_g s_g i_g$$

$$\frac{R}{A'} = 76,77 + 62,16 + g' \cdot 9,21$$

$$= 76,77 + 62,16 + \gamma' \cdot D_f \cdot 9,21$$

$$\frac{R}{A'} = 191,93 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow R_{\max} = 1342,8 \text{ kN}$$

ЗА УСВОЈЕНЕ ДИМЕНЗИЈЕ У

ЛАТУ ДИСТАНЦИЈУ