

7. STABILNOSTNA ANALIZA

Stabilnostna analiza plazu Košnica je izdelana v 2D modelu s pomočjo programskega orodja Plaxis (verzija 2017). Geostatična analiza je izdelana na profilu P2. Uporabljen je Hardening soil model, ki je namenjen analiziranju inertnega materiala. Pri izračunu s programom so upoštevane nelinearne zveze med napetostmi in deformacijami. Materialne podatke zemljin za potrebe kontrolne analize smo določili po metodi povratne analize. Geometrijski prikaz je povzet glede na karakterističen prerez izdelan s pomočjo laserskega merilnika Leica DISTO S910.

Račun smo izvršili v skladu s SIST EN 1997-1 (EC-7) ob upoštevanju projektne geometrije in lastnosti konstrukcije, s projektom predvidenih gradbenih faz ter kontrolo mejnega stanja uporabnosti (MSU ; $\gamma_M=1,0$) in mejnega stanja nosilnosti (MSN ; $\gamma_M = \gamma_C = \gamma_\phi = 1,25$).

Razpredelnica 1: Geomehanske karakteristike materialnih lastnosti tal

| No. | Identification | γ_{unsat} [kN/m ³] | γ_{sat} [kN/m ³] | E_{eod}^{ref} [kN/m ²] | C_{ref} [kN/m ²] | ϕ [stopinje] |
|-----|-------------------|--|--|---|-----------------------------------|----------------------|
| 1. | Košnica_Lapor | 23,0 | 24,0 | 120.000 | 20,0 | 42,0 |
| 2. | Košnica_preperina | 18,5 | 19,5 | 30.000 | 2,0 | 38,0 |
| 3. | Košnica_nasip | 21,0 | 22,0 | 40.000 | 1,0 | 36,0 |
| 4. | Košnica_zložba | 23,0 | 23,0 | 80.000 | 5,0 | 38,0 |

Razpredelnica 2: Karakteristike konstrukcijskih elementov

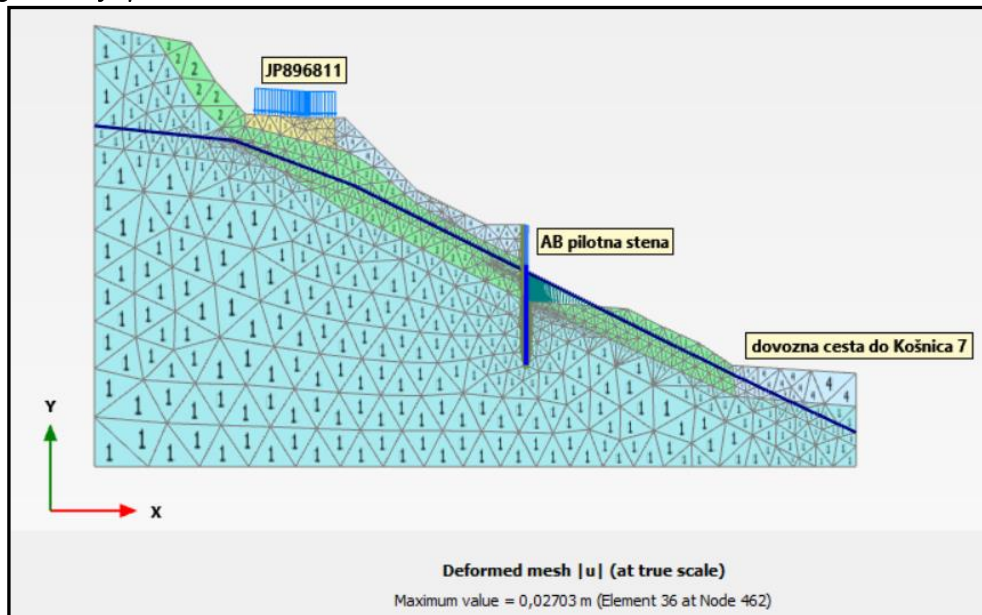
| No. | Identification | Type | EA [kN/m] | EI [kNm ² /m] | w [kN/m/m] |
|-----|-----------------------|---------|--------------|-----------------------------|---------------|
| 1. | Košnica_piloti_80_2m | Elastic | 7,916E6 | 316,6E3 | 6,28 |
| 2. | Košnica_greda_1 x 2 m | Elastic | 31,50E6 | 2,625E6 | 25,00 |

Faznost gradnje:

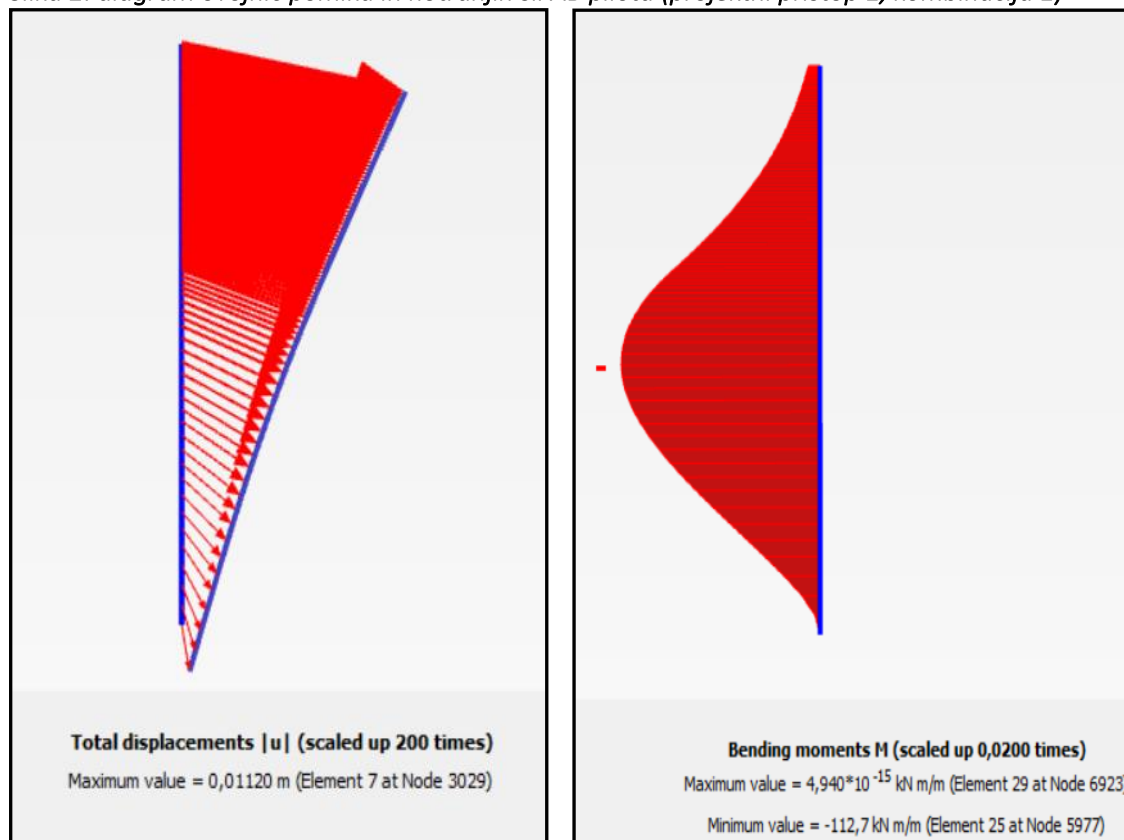
- faza = začetno napetostno stanje pred splazitvijo
- faza = začetno napetostno stanje po splazitvi
- faza = izkop za delovni plato
- faza = izvedba AB pilotov
- faza = izvedba kamnito betonske zložbe nad piloti
- faza = končno stanje
- faza = varnost končno stanje
- faza = faktorirana obtežba zaledja (F=1,11)
- faza = faktorirana obtežba zaledja (F=1,30)
- faza = Phi-c redukcija (F=1,25)

Diagram deformacij in diagrame ovojnic notranjih sil v konstrukciji prikazujemo le za 8. fazo izračuna (projektni pristop 1, kombinacija 1). Projektne vrednosti notranjih sil v konstrukciji so namreč v tej fazi največje.

Slika 1: geometrija prereza



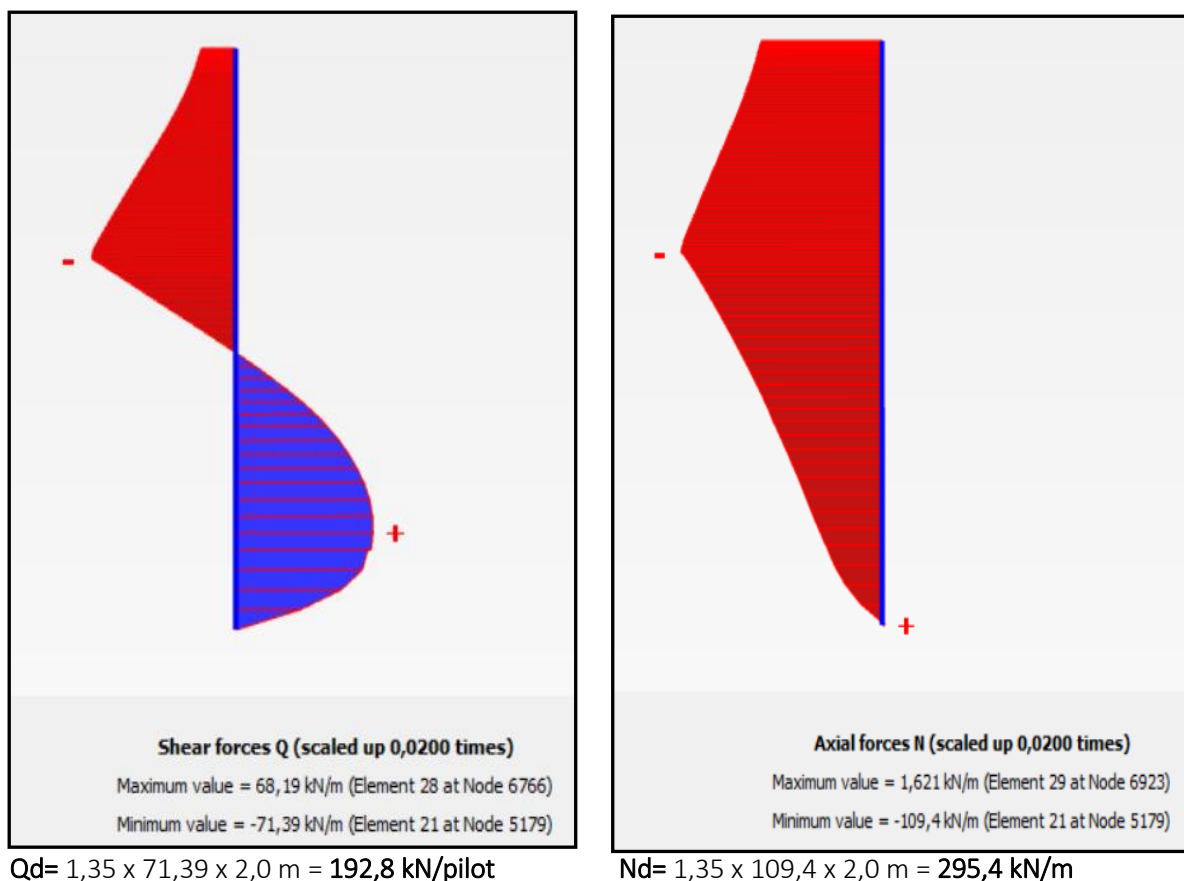
Slika 2: diagram ovojnic pomika in notranjih sil AB pilota (projektni pristop 1, kombinacija 1)



$$u = 1,12 \text{ cm}$$

$$Md = 1,35 \times 112,7 \times 2,0 \text{ m} = 304,3 \text{ kNm/pilot}$$

Slika 3: diagram ovojnic notranjih sil AB pilota (projektni pristop 1, kombinacija 1)



Izračuni kažejo pričakovane deformacije in napetosti v konstrukciji. Z izračunom je izvršena kontrola mejnega stanja nosilnosti, vertikalne stabilnosti, mejnega stanja uporabnosti, hidravličnega loma tal in globalne stabilnosti skladno z EN 1997-1.

V nadaljevanju podajamo še dimenzioniranje AB pilotne stene:

AB pilot 80cm/2,00m

Vrednosti vplivov

$$M_{\max} = 112,7 \cdot 1,35 \cdot 2,00 = 304,3 \text{ kNm/pilot}$$

$$V_{\max} = 71,4 \cdot 1,35 \cdot 2,00 = 192,8 \text{ kN/pilot}$$

$$N_{\max} = 109,4 \cdot 1,35 \cdot 2,00 = 295,4 \text{ kN/pilot}$$

Material

Beton C 25/30

$$f_{c,d} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{25}{1,50} = 16,67 \text{ MPa}$$

Jeklo S 500

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 d &= h - 2 \cdot c_{\text{nom}} - 2 \cdot \phi_{\text{str.arm.}} - \phi_{\text{vzd.arm.}} = \\
 &= 80,0 \text{ cm} - 2 \cdot 9,0 \text{ cm} - 2 \cdot 1,0 \text{ cm} - 2,0 \text{ cm} = \\
 &= 58,0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Normirana osna sila

$$v_{\text{Ed}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_c \cdot f_{c,d}} = \frac{295,4 \text{ kN} \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{\frac{\pi \cdot 0,8^2}{4} \text{ m}^2 \cdot 16,67 \text{ kN}} = 0,0353$$

Normiran upogibni moment

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{A_c \cdot f_{c,d} \cdot d} = \frac{304,3 \text{ kN} \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}{\frac{\pi \cdot 0,8^2}{4} \text{ m}^2 \cdot 16,67 \text{ kN} \cdot 0,58} = 0,0626$$

$$\omega \cong 0,17$$

$$A_s = \omega \cdot A_c \cdot \frac{f_{c,d}}{f_{y,d}} = 0,17 \cdot \frac{\pi \cdot 0,80^2}{4} \cdot \frac{16,67}{435} = 0,003275 \text{ m}^2 = 32,75 \text{ cm}^2$$

Izberemo vzdolžno armaturo 11 ϕ 20

$$A_{s,\text{dej}} = 34,54 \text{ cm}^2 \quad \text{- Procent armiranja } 0,69\%$$

$$A_{s,\text{pred.}} \approx 0,01 \cdot \frac{\pi \cdot 80^2}{4} = 50,27 \text{ cm}^2$$

$$A_e = \frac{\pi \cdot D_{\text{str}}^2}{4} = 2827,43 \text{ cm}^2$$

Mejna prečna sila

$$V_{\text{Rd,c}} = \left[C_{\text{Rd,c}} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{\text{ck}})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}} \right] \cdot A_e \geq (v_{\text{min}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}}) \cdot A_e$$

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

$$\rho_1 = \frac{A_{s,\text{pred.}}}{A_e} = \frac{50,27}{2827,43} = 0,0178 > 0,02$$

$$\sigma_{\text{cp}} = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_c} = \frac{295,4}{\frac{\pi \cdot 600^2}{4}} = 1,045 \text{ MPa} < 0,2 \cdot f_{\text{cd}} = 0,2 \cdot 16,67 = 3,334 \text{ MPa}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d[\text{mm}]}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{600}} = 1,577$$

$$v_{\text{min}} = 0,035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{1}{3}} = 0,035 \cdot 1,577^{\frac{2}{3}} \cdot 25^{\frac{1}{3}} = 0,1386$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{Rd,c}} &= \left[0,12 \cdot 1,577 \cdot (100 \cdot 0,02 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 1,045 \right] \cdot 0,2827 \\
 &\geq (0,1386 + 0,15 \cdot 1,045) \cdot 0,2827
 \end{aligned}$$

$$V_{\text{Rd,c}} = 0,2414 \geq 0,0835$$

$$V_{\text{max}} = 192,8 \text{ kN/pilot} < V_{\text{Rd,c}} = 241,40 \text{ kN/pilot}$$

Strižna armatura ni potrebna, izberemo špiralo $\phi 10/15,0 \text{ cm}$

Ljubljana, April 2018

Izračune izdelala:

Jernej Divjak,
dipl.inž.gradb. (UN)

in Milan Žerjal,
univ.dipl.inž.geol.