

**AC ŠENTVID – KOSEZE**

**Polni priključek na Celovški cesti**

**Faza: PZI**

**STATIČNI RAČUN  
PILOTNE STENE**

**Odgovorni projektant: Leon Gradnik, u.d.i.g.**

**Računala: Lara Humar, d.i.g.**

**Ljubljana, september 2013**

# VSEBINA STATIČNEGA RAČUNA

|  | <i>stran</i> |
|--|--------------|
| <b>1. ZASNOVA</b>  | <b>4</b>     |
| 1.1 SPLOŠNO  | 4            |
| 1.2 SESTAVA TAL  | 4            |
| 1.3 ZASNOVA KONSTRUKCIJE   | 5            |
| 1.4 ZUNANJA OBTEŽBA  | 6            |
| <b>2. ANALIZA V PROFILU P16</b>                                    | <b>7</b>     |
| 2.1 RAČUNSKI MODEL   | 8            |
| 2.2 MATERIALNE KARAKTERISTIKE                                      | 8            |
| 2.3 RAČUNSKÉ FAZE  | 10           |
| 2.4 MEJNO STANJE UPORABNOSTI                                       | 10           |
| 2.4.1 Deformacijska mreža za končno stanje                         | 10           |
| 2.4.2 Pomiki konstrukcije  | 11           |
| 2.5 MEJNO STANJE NOSILNOSTI – kombinacija 1 ( $F = 1,0$ )          | 12           |
| 2.5.1 Notranje statične količine za pilote                         | 12           |
| 2.5.2 Notranje statične količine za AB zid                         | 13           |
| 2.5.3 Sidrne sile  | 14           |
| 2.6 MEJNO STANJE NOSILNOSTI – kombinacija 2 ( $F = 1,25$ )         | 15           |
| 2.6.1 Notranje statične količine za pilote                         | 15           |
| 2.6.2 Notranje statične količine za AB zid                         | 16           |
| 2.6.3 Sidrne sile  | 17           |
| 2.7 RAČUNSKA VARNOST IN DOLOČITEV RAČUNSKEGA KORAKA PRI $F = 1,25$ | 17           |

|           |                                |           |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| <b>4.</b> | <b>POVZETEK REZULTATOV</b>     | <b>27</b> |
| 4.1       | POMIKI KONSTRUKCIJE            | 27        |
| 4.2       | OBREMENITEV PILOTOV in AB ZIDU | 27        |
| 4.3       | KONTROLA SIDRNIH SIL           | 28        |
| 4.4       | RAČUN VARNOSTI                 | 28        |
| <b>5.</b> | <b>DIMENZIONIRANJE</b>         | <b>29</b> |
| 5.1       | DIMENZIONIRANJE PILOTOV        | 29        |
| 5.2       | DIMENZIONIRANJE AB ZIDU        | 31        |
| 5.3       | DIMENZIONIRANJE AB GREDE       | 32        |

## 1. ZASNOVA

### 1.1 SPLOŠNO

V sklopu izgradnje avtoceste Šentvid – Koseze je na priključku na Celovško cesto ob kolesarski stezi predvideno varovanje vkopa s pilotno steno na dolžini cca. 85 m (področje prečnih profilov P16 do P18), s katero se varuje stanovanjska hiša in hlev »Babnik«. Oporna konstrukcija je zasnovana kot sidrana pilotna stena, AB greda širine 1,2 m in višine 1,15 / 1,0 m pa je nadvišana z AB zidom. Svetla višina konstrukcije vključno z AB zidom bo cca. 4,7 – 6,5 m. Višina AB zidu nad vezno gredo je 1,25 – 2,30 m.

Statični račun je izveden v dveh tipičnih profilih:

- P16 na področju stanovanjskega objekta,
- P18 na področju gospodarskega objekta (hlev).

V profilu P16 je svetla višina konstrukcije cca. 5,0 m, od tega AB zid nad vezno gredo višine cca. 2,0 m. V profilu P18 je svetla višina konstrukcije višja – cca. 6,5 m, AB zid pa ima višino 1,25 m.

Analize so izdelane s programom Plaxis 8.0 po metodi končnih elementov v skladu s standardom SIST EN 1997. Mejno stanje nosilnosti je preverjeno z delnimi faktorji po projektnem pristopu 1 (uporaba projektnega pristopa 2 za analizo po MKE ni možna), ki zahteva račun z dvema kombinacijama varnostnih faktorjev:

- kombinacija 1; uporaba delnih faktorjev »A1« + »M1« + »R1«
- kombinacija 2; uporaba delnih faktorjev »A2« + »M2« + »R1«

Vsi delni faktorji za odpore »R1« so enaki 1,0, izjema je le faktor odpornosti za prednapeta sidra, ki je  $\gamma_R = 1,1$ . Delni faktorji za vplive oziroma učinke vplivov (niz »A«) in delni faktorji za parametre zemljin (niz »M«) so podani v spodnjih razpredelnicah.

Delni faktorji za vplive ( $\gamma_F$ ) ali učinke vplivov ( $\gamma_E$ )

| Vpliv        |          | Oznaka     | NIZ  |     |
|--------------|----------|------------|------|-----|
|              |          |            | A1   | A2  |
| Stalni       | Neugodni | $\gamma_G$ | 1,35 | 1,0 |
|              | Ugodni   |            | 1,0  | 1,0 |
| Spremenljivi | Neugodni | $\gamma_Q$ | 1,5  | 1,3 |
|              | Ugodni   |            | 0,0  | 0,0 |

Delni faktorji za parametre zemljin ( $\gamma_M$ )

| Parameter zemljine   | Oznaka          | NIZ |      |
|----------------------|-----------------|-----|------|
|                      |                 | M1  | M2   |
| Kot strižne trdnosti | $\gamma_\phi$   | 1,0 | 1,25 |
| Efektivna kohezija   | $\gamma_c$      | 1,0 | 1,25 |
| Prostorninska teža   | $\gamma_\gamma$ | 1,0 | 1,0  |

Na grafičnih prilogah so prikazani vhodni podatki (geometrija, karakteristike zemljin in hribin, karakteristike konstrukcije, faze gradnje), deformacijska mreža in pomiki konstrukcije (mejno stanje uporabnosti), notranje statične količine in sidrne sile (mejno stanje nosilnosti, 2 kombinaciji) in varnost končnega stanja. Za AB zid so prikazani rezultati le za profil P16, kjer je AB zid višji.

## 1.2 SESTAVA TAL

Sestava tal in karakteristike zemljin oziroma hribin so povzete po geotehničnem poročilu (izdelal Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.). V osi predvidene konstrukcije je debelina nasipa v obeh analiziranih profilih P16 in P18 približno enaka cca. 2,5 m, debelina pobočnega grušča z glino pa je v profilu P16 cca. 5,5 m, do profila P18 pa se zmanjša na cca. 2,0 m. Hribinska podlaga se tako v profilu P16 pojavi cca. 8 – 9 m pod obstoječim terenom, to je cca. 3 m pod niveleto kolesarske steze, v profilu P18 pa višje – nekoliko nad niveleto kolesarske steze.

Nivo vode je upoštevan približno na meji med nasipom in pobočnim gruščem.

Upoštevane strižne in deformacijske karakteristike zemljin in hribin so povzete v spodnji razpredelnici.

| Sloj   | Prostorninska<br>teža $\gamma$ | Strižni kot<br>$\varphi$ | Kohezija<br>$c$ | Obremenilni<br>modul $E_{oed}$ | Razbremenilni<br>modul $E_{ur}$ |
|--|--------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|
|  | kN/m <sup>3</sup>              | °                        | kPa             | kPa                            | kPa                             |
| Obstoječi nasip                                | 20,0                           | 32                       | 1               | 5.000                          | 15.000                          |
| Pobočni grušč z glino                          | 20,0                           | 30                       | 1               | 9.000                          | 27.000                          |
| Glinast skrilavec in<br>meljevec s peščenjakom | 23,0                           | 30                       | 1               | 100.000                        | 300.000                         |

## 1.3 ZASNOVA KONSTRUKCIJE

**Material:**  $E_{\text{jeklo}} = 1,98 \cdot 10^8 \text{ kPa}$   
 $E_{\text{beton}} = 2,0 \cdot 10^7 \text{ kPa}$   
 $\gamma_{\text{beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$

**Piloti:** Premer:  $D = 0,8 \text{ m}$   
Prerez:  $A = 0,503 \text{ m}^2$   
Raster:  $r = 1,2 \text{ m}$   
Upogibna togost  $E \cdot I = 3,3 \cdot 10^5 \text{ kNm}^2 / \text{m}'$   
Osna togost  $E \cdot A = 8,3 \cdot 10^6 \text{ kN} / \text{m}'$



**AB zid nad gredo :**

|                 |  |
|-----------------|--|
| Debelina:       | $d = 0,3 \text{ m}$                                    |
| Prerez:         | $A = 0,3 \text{ m}^2 / \text{m}'$                      |
| Upogibna togost | $E \cdot I = 4,5 \cdot 10^5 \text{ kNm}^2 / \text{m}'$ |
| Osna togost     | $E \cdot A = 6,0 \cdot 10^6 \text{ kN} / \text{m}'$    |

**Sidra:** 3 vrvna prednapeta geotehnična sidra; vezni del dolžine 6 m v hribinski osnovi

|                     |  |
|---------------------|--|
| Kot sidranja:       | $25^\circ$                                     |
| Raster sider:       | 3,6 m  |
| Notranja nosilnost: | $P_{tk} = 743 \text{ kN}$                      |
| Zunanja nosilnost:  | se ugotovi s preizkusi nosilnosti sider        |
| Prednapetje:        | $P_0 = 350 \text{ kN}$                         |
| Osna togost:        | $E \cdot A = 88.620 \text{ kN} / \text{sidro}$ |

**1.4 ZUNANJA OBTEŽBA**

V obeh računskih profilih je v zaledju pilotne stene na širini 3 m upoštevana prometna obtežba  $p = 10 \text{ kPa}$  (predviden le promet za potrebe stanovanjskega objekta – osebna vozila in kmetijska mehanizacija).

V profilu P16 je upoštevana ocenjena obtežba objekta z dvema etažama tlorisne površine 13 x 10 m na pasovni temelj širine 80 cm:

$$p = 2 \text{ etaži} \cdot 13 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 8 \text{ kPa} / \text{etažo} = 2080 \text{ kN}$$

$$\rightarrow \text{obtežba na temelj dolžine 40 m (po obodu objekta):}$$

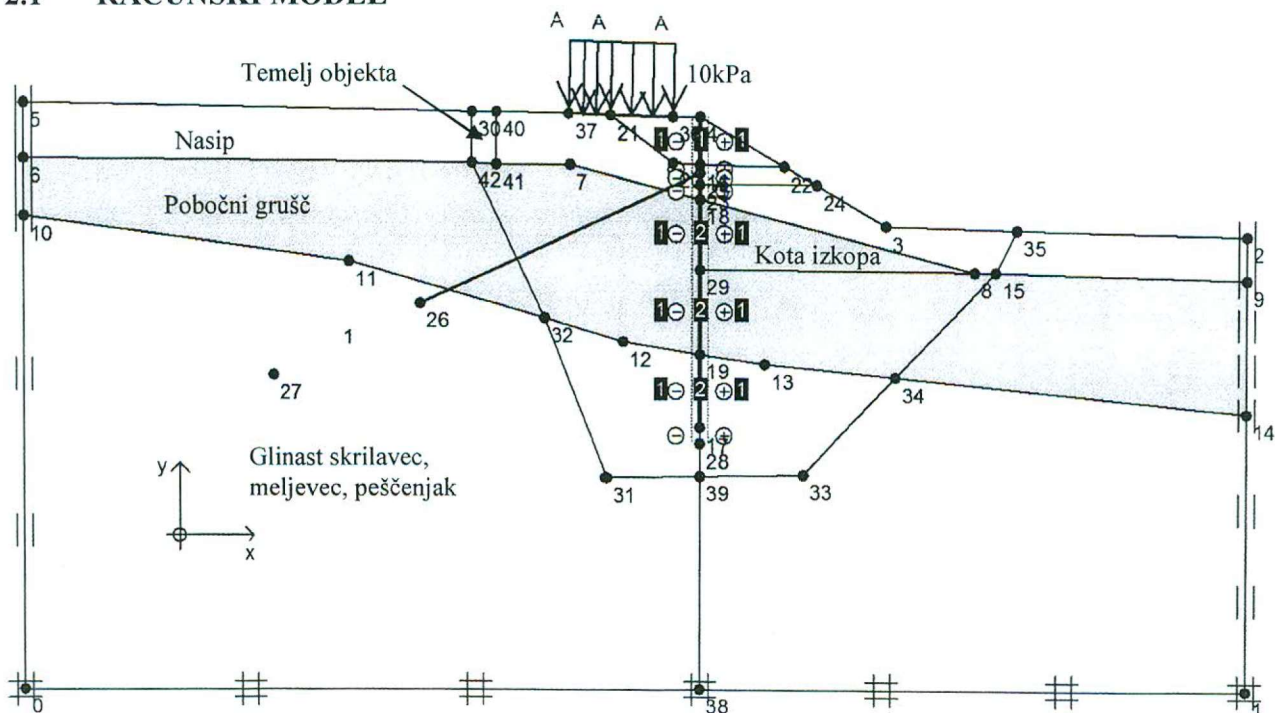
$$p_{\text{tem}} = 2080 \text{ kN} / (40 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m}) = 65 \text{ kPa}$$

V analizi je obtežba modelirana z nadomestno zemljino prereza 0,8 m x 1,7 m s prostorninsko težo:

|  |                              |
|--|------------------------------|
| $\gamma_{\text{obj}} = 65 \text{ kPa} / 1,7 \text{ m} = 38 \text{ kN} / \text{m}^3$  | obtežba objekta,             |
| $\gamma_{\text{tem}} = 25 \text{ kN} / \text{m}^3$                                   | obtežba temelja,             |
| $\gamma = 1,35 \cdot (38 + 25) \text{ kN} / \text{m}^3 = 86 \text{ kN} / \text{m}^3$ | skupaj (projektna vrednost). |

## **2. ANALIZA V PROFILU P16**

## 2.1 RAČUNSKI MODEL



## 2.2 MATERIALNE KARAKTERISTIKE

Karakteristike zemljin in hribin

| Hardening Soil                  |                      | 1<br>Nasip | 2<br>Pobočni grušč z<br>glino | 3<br>Glinast skrilavec,<br>meljevec, pesčenjak |
|---------------------------------|----------------------|------------|-------------------------------|--|
| Type                            |                      | Drained    | Drained                       | Drained  |
| $\gamma_{\text{unsat}}$         | [kN/m <sup>3</sup> ] | 20,00      | 20,00                         | 23,00  |
| $\gamma_{\text{sat}}$           | [kN/m <sup>3</sup> ] | 20,50      | 20,50                         | 23,50  |
| $k_x$                           | [m/day]              | 1,000      | 1,000                         | 1,000  |
| $k_y$                           | [m/day]              | 1,000      | 1,000                         | 1,000  |
| $e_{\text{init}}$               | [-]                  | 0,50       | 0,50                          | 0,50   |
| $e_{\text{min}}$                | [-]                  | 0,00       | 0,00                          | 0,00   |
| $e_{\text{max}}$                | [-]                  | 999,00     | 999,00                        | 999,00   |
| $c_k$                           | [-]                  | 1E15       | 1E15                          | 1E15   |
| $E_{50}^{\text{ref}}$           | [kN/m <sup>2</sup> ] | 5000,00    | 9000,00                       | 100000,00                                      |
| $E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$   | [kN/m <sup>2</sup> ] | 5000,00    | 9000,00                       | 100000,00                                      |
| power (m)                       | [-]                  | 0,50       | 0,50                          | 0,50   |
| $c_{\text{ref}}$                | [kN/m <sup>2</sup> ] | 1,00       | 1,00                          | 1,00   |
| $\phi$                          | [°]                  | 32,00      | 30,00                         | 30,00  |
| $\psi$                          | [°]                  | 2,00       | 0,00                          | 0,00   |
| $E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$    | [kN/m <sup>2</sup> ] | 15000,00   | 27000,00                      | 300000,00                                      |
| $\nu_{\text{ur}}^{(\text{nu})}$ | [-]                  | 0,200      | 0,200                         | 0,200  |
| $p^{\text{ref}}$                | [kN/m <sup>2</sup> ] | 100,00     | 100,00                        | 100,00   |
| $c_{\text{increment}}$          | [kN/m <sup>2</sup> ] | 0,00       | 0,00                          | 0,00   |
| $y_{\text{ref}}$                | [m]                  | 0,00       | 0,00                          | 0,00   |
| $R_f$                           | [-]                  | 0,90       | 0,90                          | 0,90   |
| $T_{\text{strength}}$           | [kN/m <sup>2</sup> ] | 0,00       | 0,00                          | 0,00   |
| $R_{\text{inter}}$              | [-]                  | 0,80       | 0,80                          | 0,80   |
| $\delta_{\text{inter}}$         | [m]                  | 0,00       | 0,00                          | 0,00   |
| Interface permeability          |                      | Neutral    | Neutral                       | Neutral  |



| Linear Elastic         |                        | 4              |
|------------------------|------------------------|----------------|
| Type                   |                        | Temelj objekta |
|                        |                        | Drained        |
| $\gamma_{unsat}$       | [kN/m <sup>3</sup> ]   | 86,00          |
| $\gamma_{sat}$         | [kN/m <sup>3</sup> ]   | 86,00          |
| $k_x$                  | [m/day]                | 0,000          |
| $k_y$                  | [m/day]                | 0,000          |
| $e_{init}$             | [-]                    | 0,500          |
| $c_k$                  | [-]                    | 1E15           |
| $E_{ref}$              | [kN/m <sup>2</sup> ]   | 100000,00      |
| $\nu$                  | [-]                    | 0,200          |
| $G_{ref}$              | [kN/m <sup>2</sup> ]   | 41666,667      |
| $E_{oed}$              | [kN/m <sup>2</sup> ]   | 111111,111     |
| $E_{incr}$             | [kN/m <sup>2</sup> /m] | 0,00           |
| $y_{ref}$              | [m]                    | 0,000          |
| $R_{inter}$            | [-]                    | 1,000          |
| Interface permeability |                        | Neutral        |

#### Karakteristike konstrukcij

| No. | Identification | EA<br>[kN/m] | EI<br>[kNm <sup>2</sup> /m] | w<br>[kN/m/m] | $\nu$<br>[-] | Mp<br>[kNm/m] | Np<br>[kN/m] |
|-----|----------------|--------------|-----------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 1   | Piloti 80/1,2m | 8,3E6        | 3,3E5                       | 15,00         | 0,15         | 1E15          | 1E15         |
| 2   | AB zid         | 6E6          | 4,5E5                       | 25,00         | 0,15         | 1E15          | 1E15         |

| No. | Identification         | EA<br>[kN/m] | $\nu$<br>[-] |
|-----|------------------------|--------------|--------------|
| 1   | Sidra 3x0,6"-vezni del | 25000,00     | 0,00         |

| No. | Identification | EA<br>[kN] | Fmax,com<br>p <br>[kN] | Fmax,tens <br>[kN] | L spacing<br>[m] |
|-----|----------------|------------|------------------------|--------------------|------------------|
| 1   | Sidra 3x0,6"   | 88600,00   | 1E15                   | 1E15               | 3,60             |

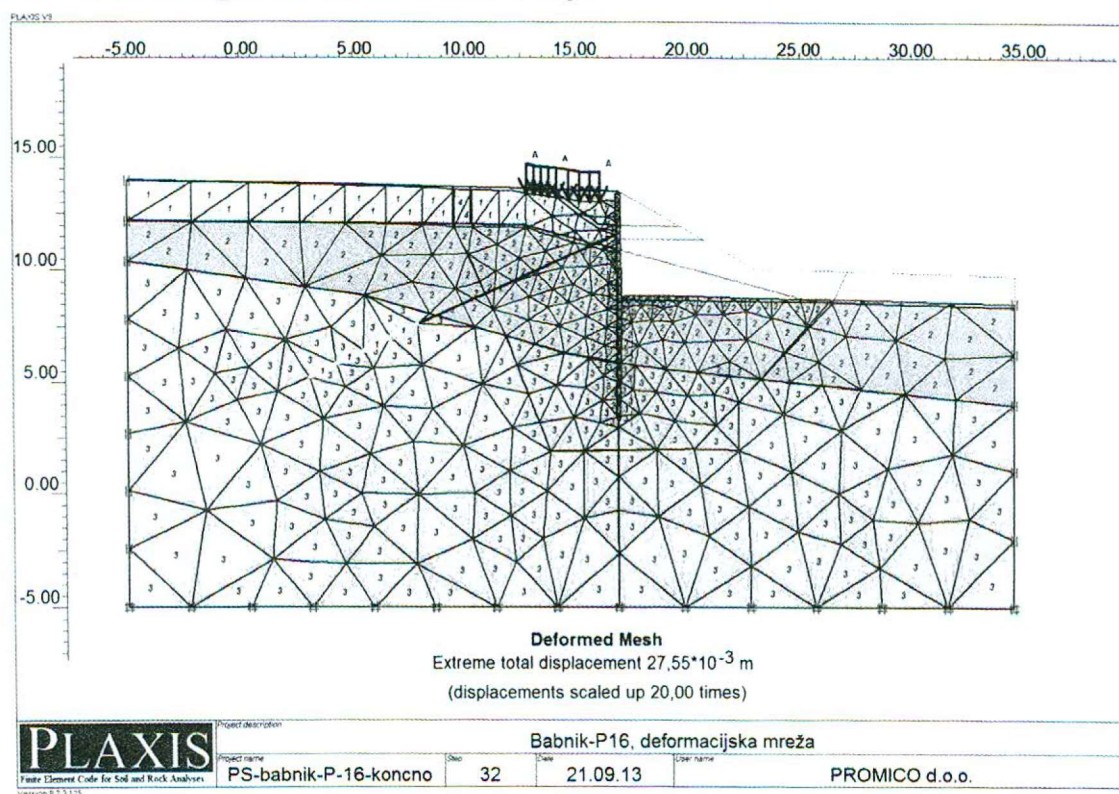
## 2.3 RAČUNSKÉ FAZE

| Phase                    | Ph-No. | Start phase | Calculation type | Load input              | First step | Last step |
|--------------------------|--------|-------------|------------------|-------------------------|------------|-----------|
| Initial phase            | 0      | 0           |                  | -                       | 0          | 0         |
| F1                       | 1      | 0           | Plastic          | Staged construction     | 1          | 8         |
| Izkop za izvedbo pilotov | 2      | 1           | Plastic          | Staged construction     | 9          | 10        |
| Piloti 80cm/1,2 m        | 3      | 2           | Plastic          | Staged construction     | 11         | 13        |
| Izkop za sidra           | 4      | 3           | Plastic          | Staged construction     | 14         | 15        |
| Sidranje P0=350/3,6 m    | 5      | 4           | Plastic          | Staged construction     | 16         | 17        |
| Izvedba zidu             | 6      | 5           | Plastic          | Staged construction     | 18         | 22        |
| Promet                   | 7      | 6           | Plastic          | Staged construction     | 23         | 26        |
| Izkop                    | 8      | 7           | Plastic          | Staged construction     | 27         | 32        |
| Varnost                  | 9      | 8           | Phi/c reduction  | Incremental multipliers | 33         | 132       |

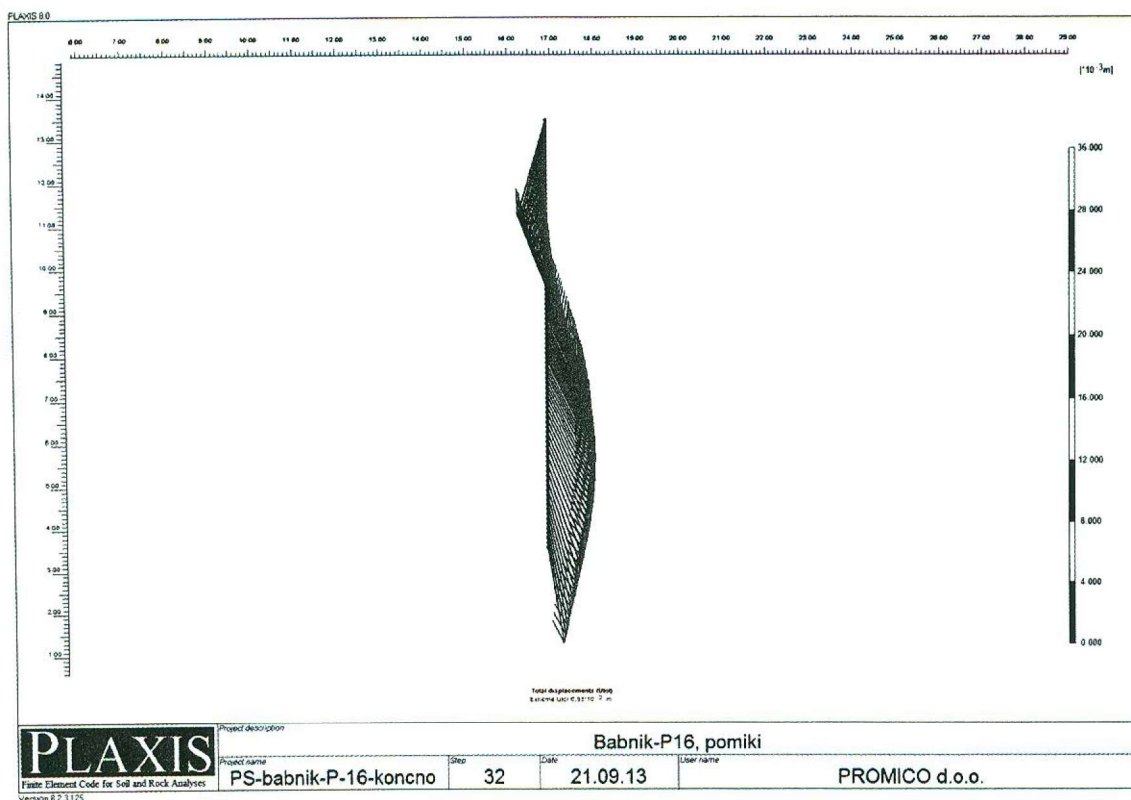
| Ph-No. | Displ. | Load A | Load B | Weight | Accel  | Time   | s-f    |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 1      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 2      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 3      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 4      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 5      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 6      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 7      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 8      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 9      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,6486 |

## 2.4 MEJNO STANJE UPORABNOSTI

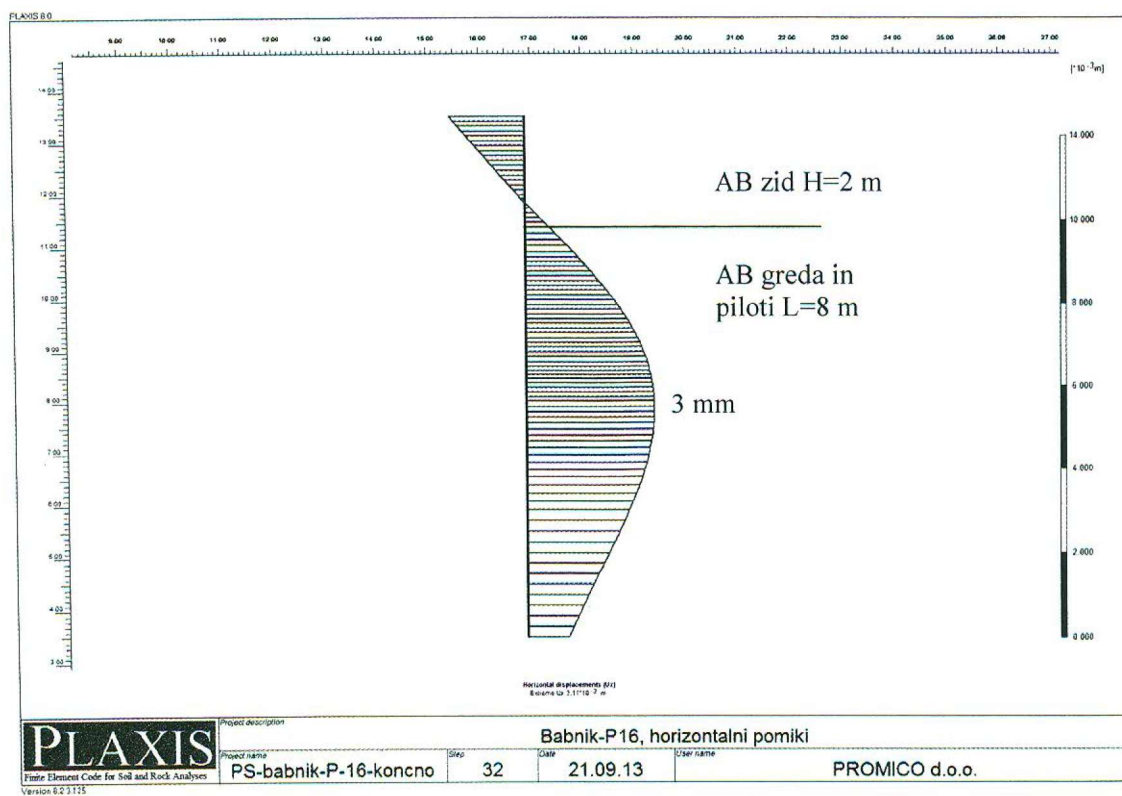
### 2.4.1 Deformacijska mreža za končno stanje



## 2.4.2 Pomiki konstrukcije



Največji pomik  $u_{\max}=7$  mm

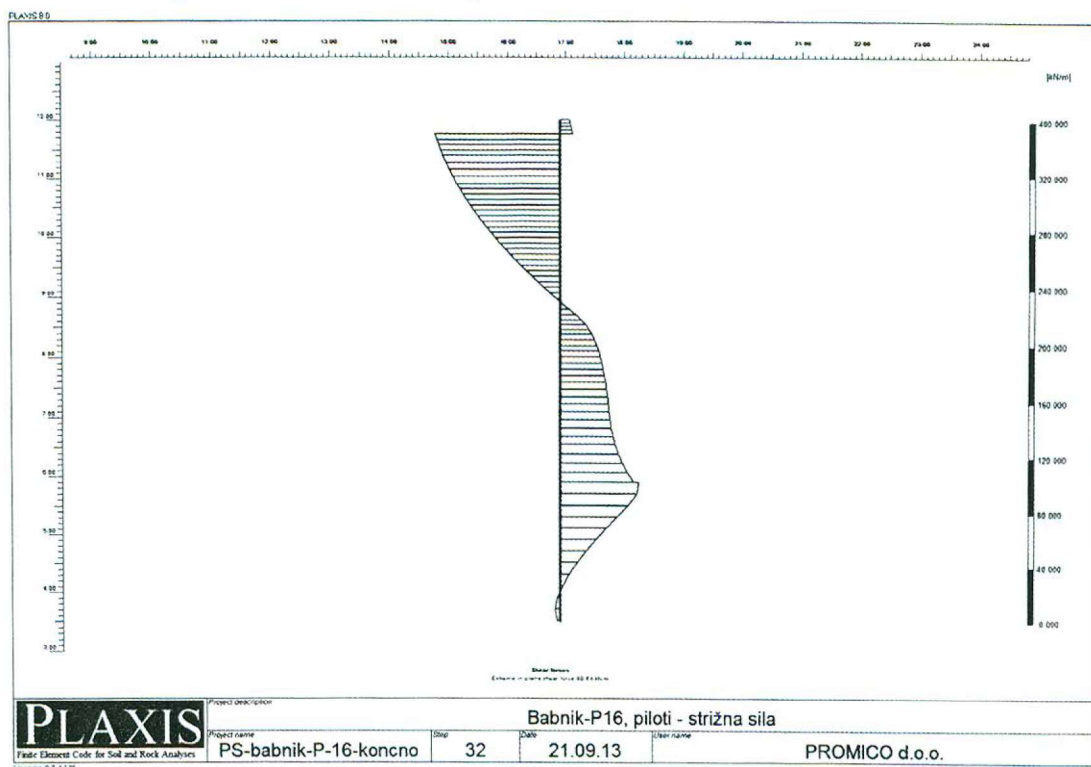


Največji horizontalni pomik  $u_{\max}=3$  mm

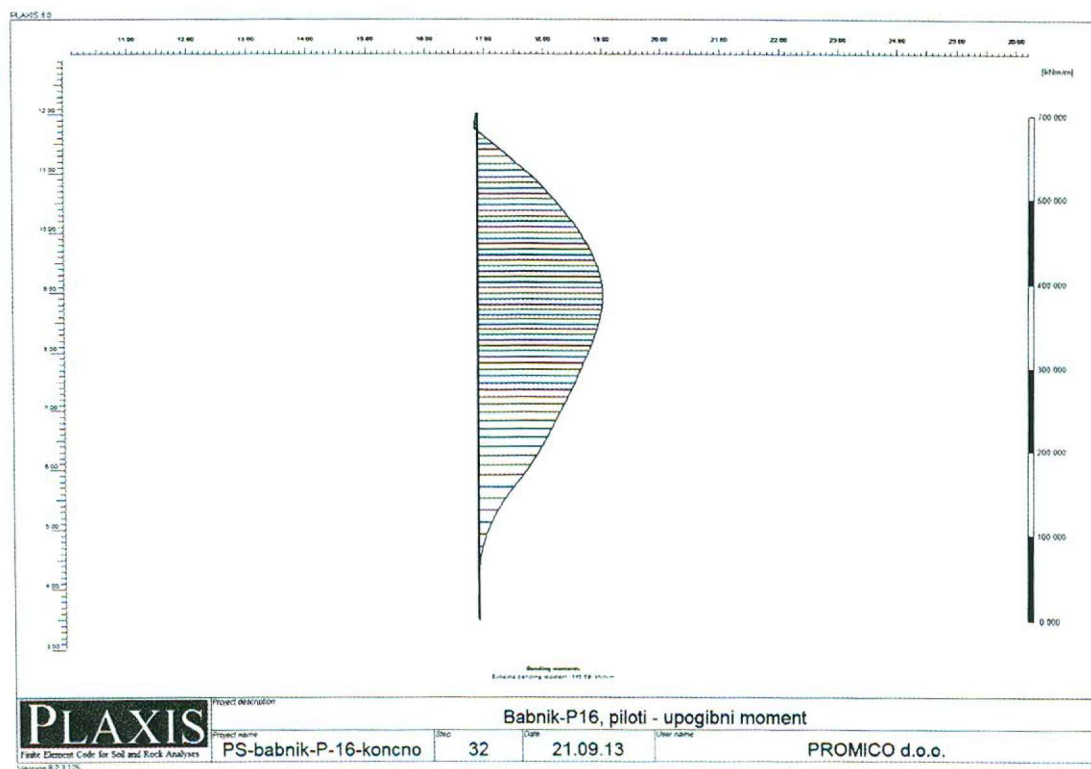


## 2.5 MEJNO STANJE NOSILNOSTI – kombinacija 1 (F = 1,0)

### 2.5.1 Notranje statične količine za pilote

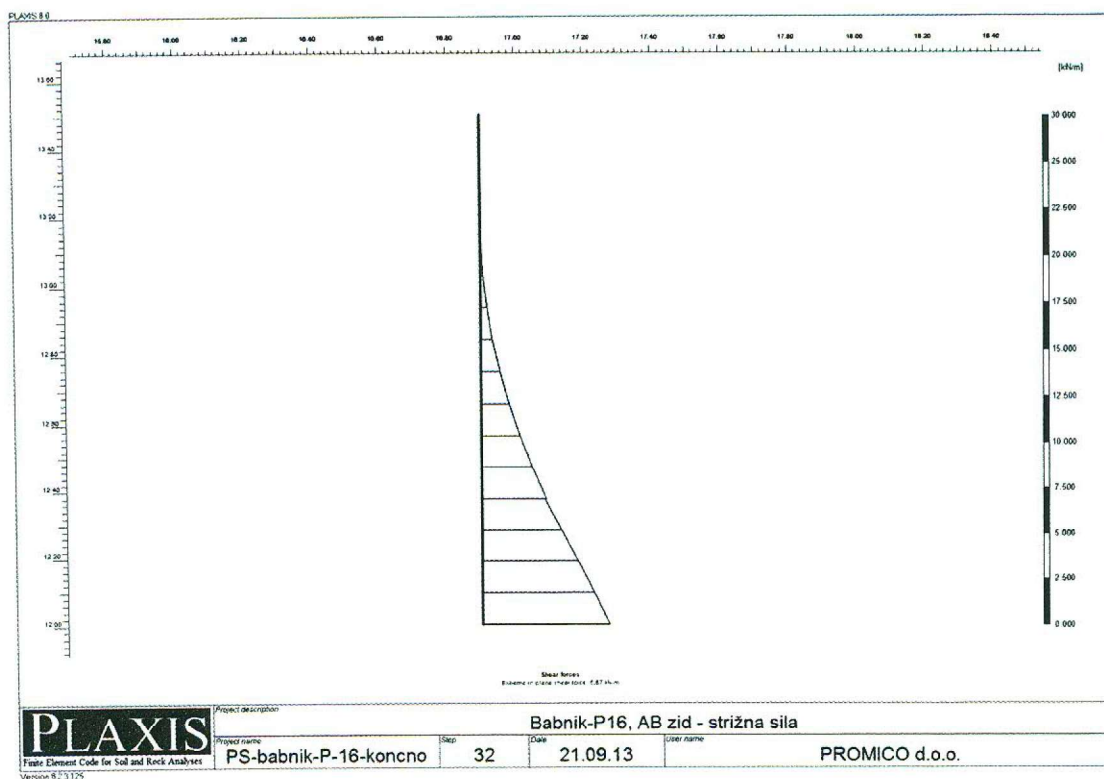


Največja strižna sila  $Q_{\max} = 91 \text{ kN / m'}$

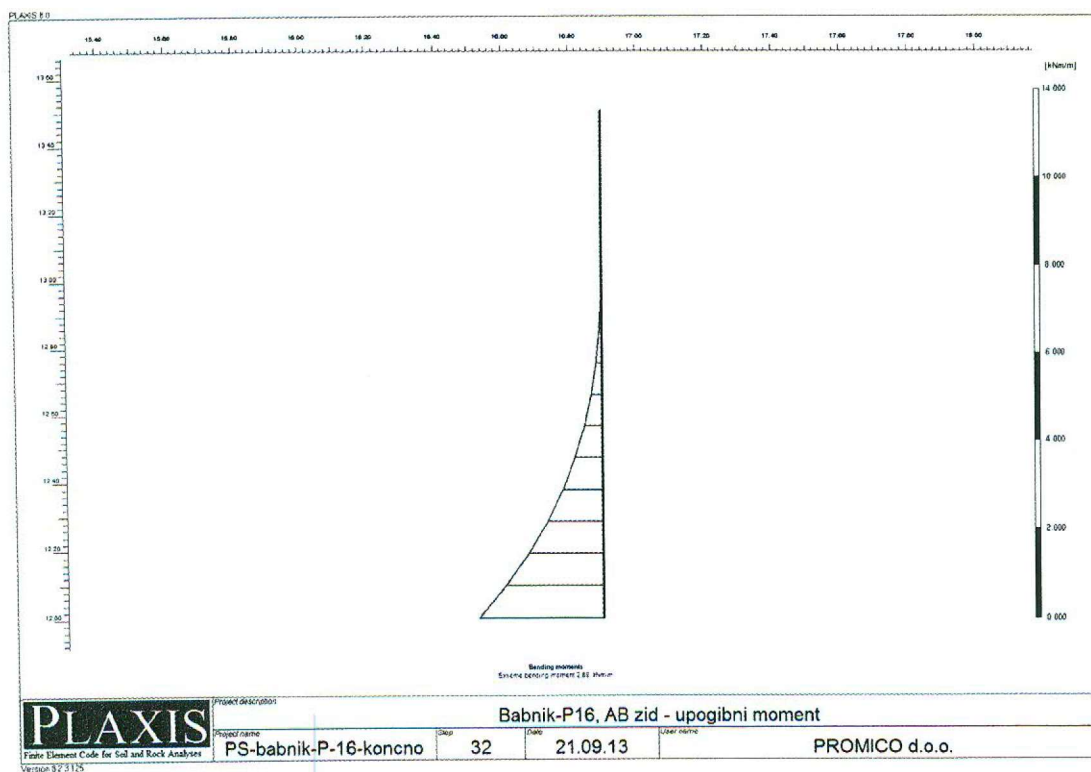


Največji upogibni moment  $M_{\max} = 150 \text{ kNm / m'}$

## 2.5.2 Notranje statične količine za AB zid



Največja strižna sila  $Q_{\max} = 7 \text{ kN / m'}$



Največji upogibni moment  $M_{\max} = 3 \text{ kNm / m'}$

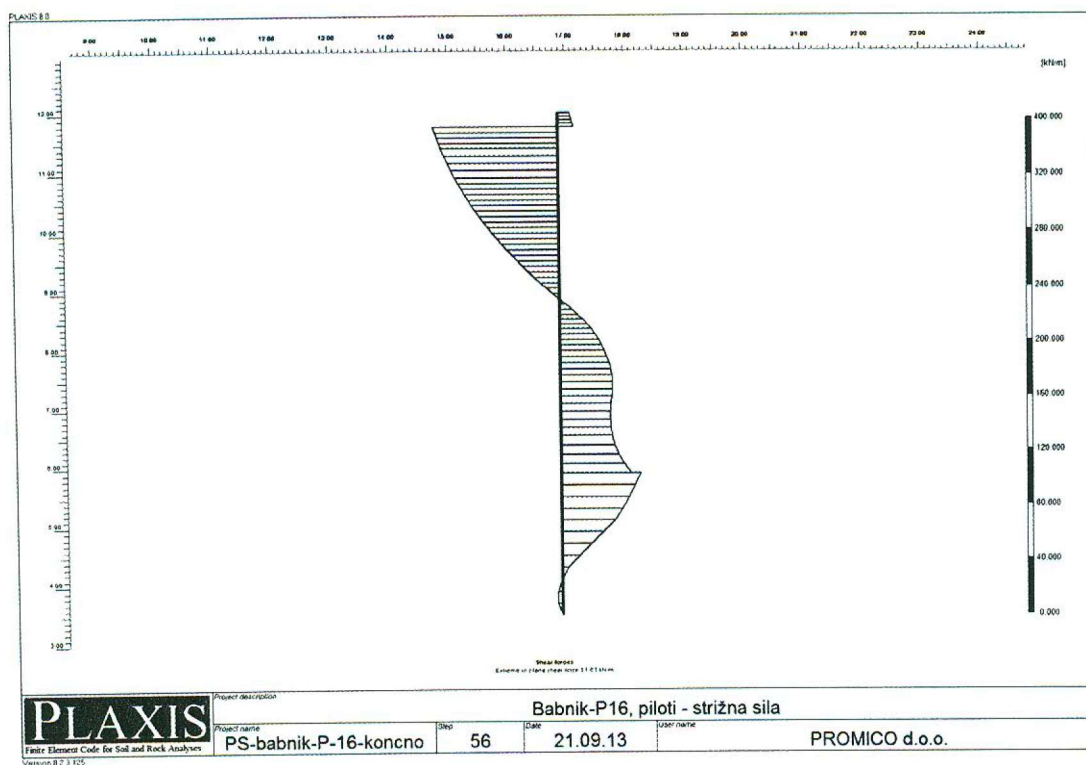


### 2.5.3 Sidrne sile

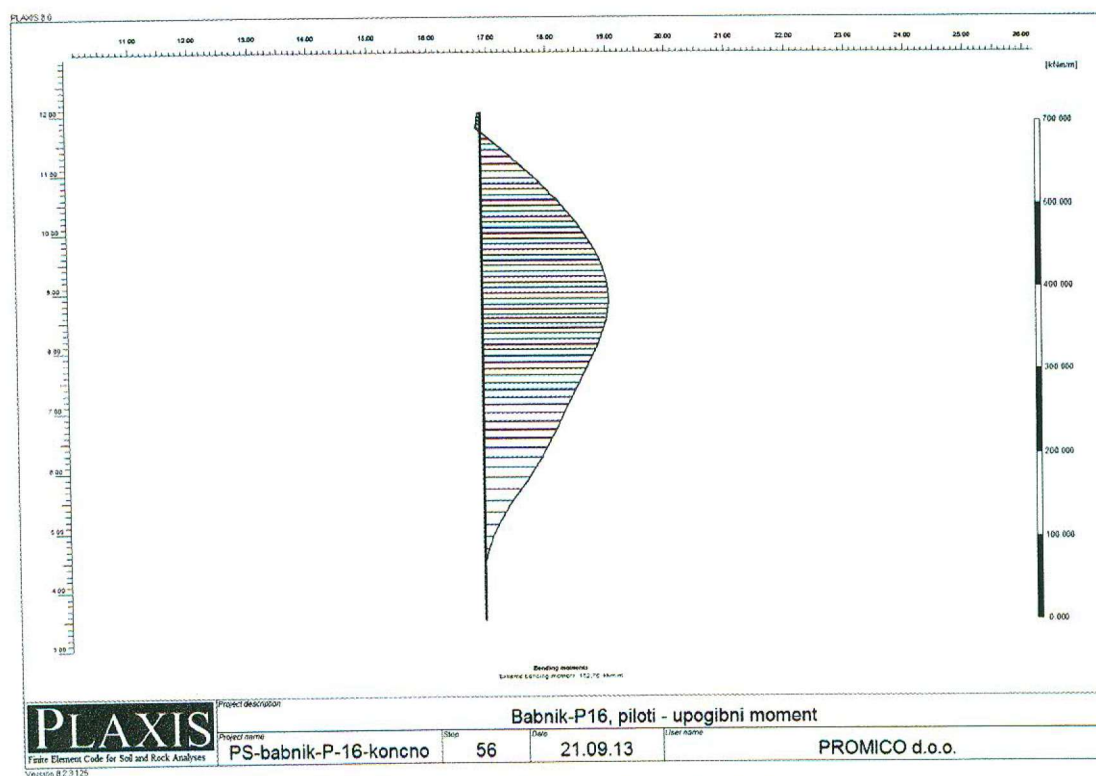
| Node-to-node<br>Anchor | Node | X<br>[m] | Y<br>[m] | F<br>[kN/m] | $ F_{\max, \text{comp}} $<br>[10 <sup>12</sup> kN/m] | $ F_{\max, \text{tens}} $<br>[10 <sup>12</sup> kN/m] | EA<br>[10 <sup>3</sup> kN/m] | Is<br>[m] |
|------------------------|------|----------|----------|-------------|--|--|------------------------------|-----------|
| 1                      | 3703 | 16,900   | 11,753   | 110,166     | 277,778  | 277,778  | 24,611                       | 3,600     |
|                        | 993  | 7,837    | 7,597    | 110,166     | 277,778  | 277,778  | 24,611                       | 3,600     |

## 2.6 MEJNO STANJE NOSILNOSTI – kombinacija 2 (F = 1,25)

### 2.6.1 Notranje statične količine za pilote

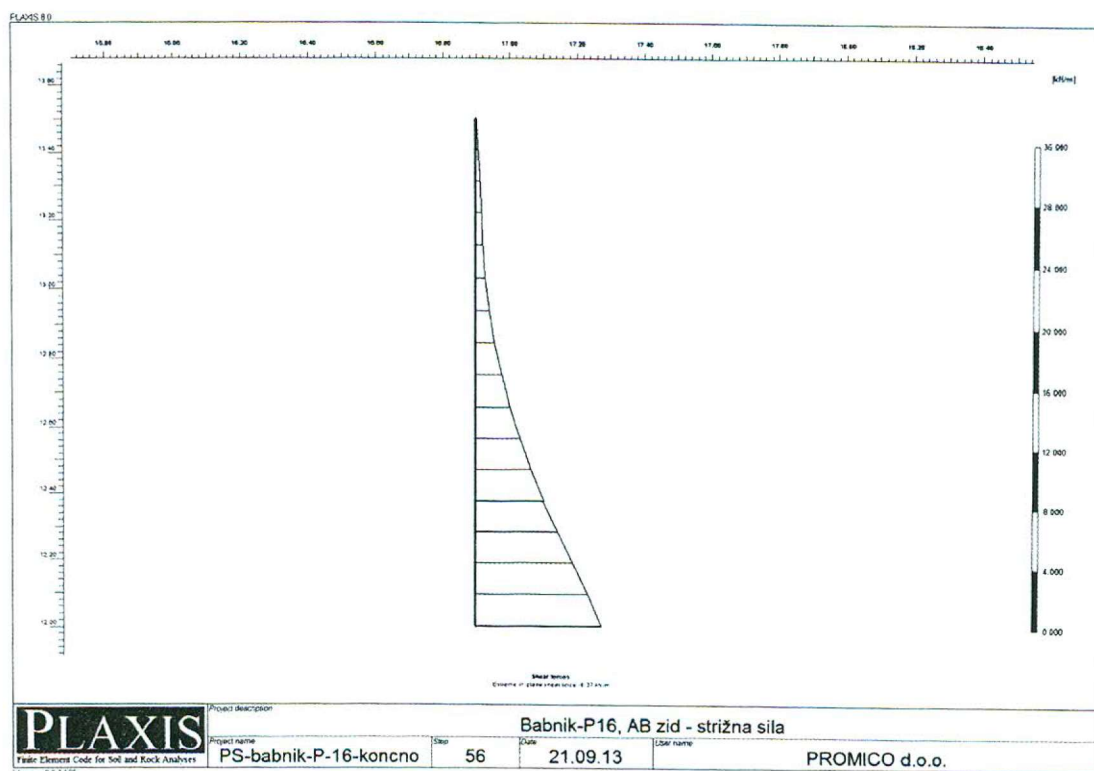


Največja strižna sila  $Q_{\max} = 92 \text{ kN / m'}$

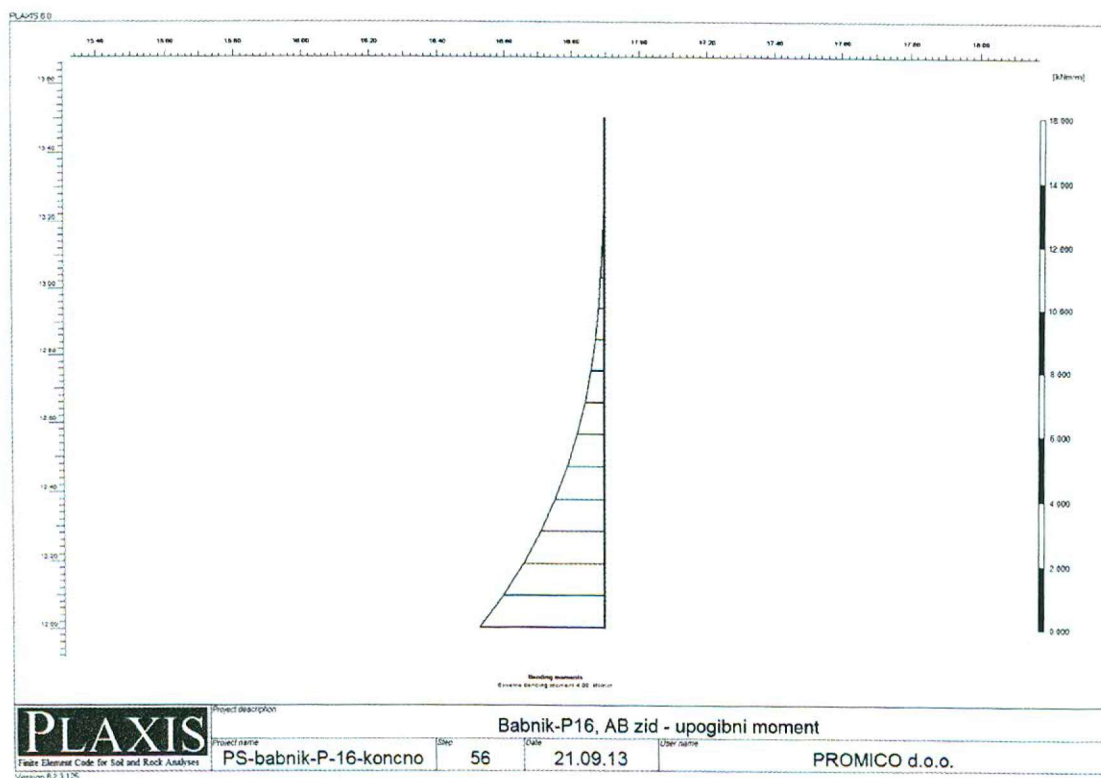


Največji upogibni moment  $M_{\max} = 153 \text{ kN / m'}$

## 2.6.2 Notranje statične količine za AB zid



Največja strižna sila  $Q_{\max} = 9 \text{ kN / m'}$

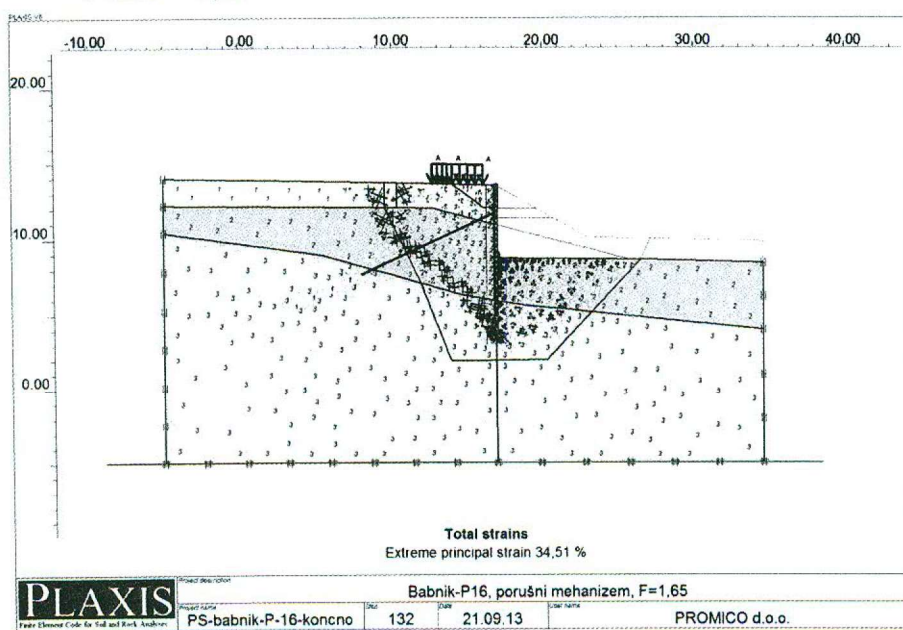


Največji upogibni moment  $M_{\max} = 4 \text{ kNm / m'}$

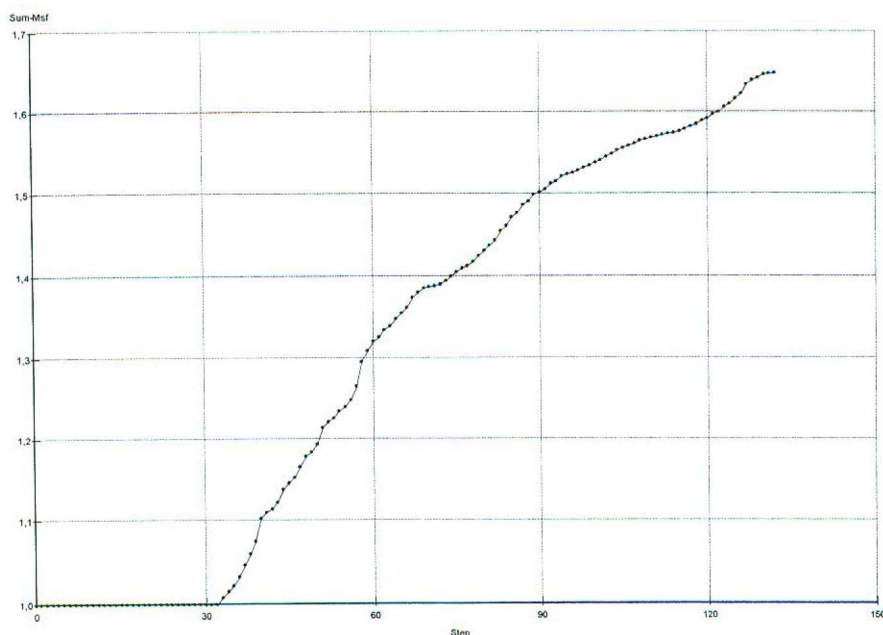
### 2.6.3 Sidrne sile

| Node-to-node<br>Anchor | Node | X<br>[m] | Y<br>[m] | F<br>[kN/m] | $ F_{\max, \text{comp}} $<br>[10 <sup>12</sup> kN/m] | $ F_{\max, \text{tens}} $<br>[10 <sup>12</sup> kN/m] | EA<br>[10 <sup>3</sup> kN/m] | Ls<br>[m] |
|------------------------|------|----------|----------|-------------|--|--|------------------------------|-----------|
| 1                      | 3703 | 16,900   | 11,753   | 113,139     | 277,778  | 277,778  | 24,611                       | 3,600     |
|                        | 993  | 7,837    | 7,597    | 113,139     | 277,778  | 277,778  | 24,611                       | 3,600     |

## 2.7 RAČUNSKA VARNOST IN DOLOČITEV RAČUNSKEGA KORAKA PRI $F = 1,25$



Porušni mehanizem



Končna varnost  $F = 1,65$   
Računski korak pri  $F = 1,25 \rightarrow 56$



#### 4. POVZETEK REZULTATOV

V nadaljevanju so povzeti pomiki konstrukcije in projektne vrednosti maksimalne strižne sile ( $Q_{d,max}$ ), upogibnega momenta ( $M_{d,max}$ ) in sidrnih sil ( $P_d$ ) za obe kombinaciji. Upoštevani delni faktorji so podani v točki 1.

Piloti so razporejeni na medosni razdalji 1,2 m, sidra pa na 3,6 m. Sila zaklinjenja je 350 kN. Piloti morajo segati vsaj 3 m v hribinsko osnovo in hkrati 4 m pod niveleto kolesarske steze.

##### 4.1 POMIKI KONSTRUKCIJE

S sidranjem pilotne stene na rastru 3,6 m s silo zaklinjenja 350 kN pri vpetju pilotov vsaj 3,0 m v hribinsko osnovo in hkrati vsaj 4,0 m pod niveleto kolesarske steze so pomiki velikostnega reda  $< 1$  cm.

Profil P16: Maksimalen pomik je 7 mm, od tega horizontalni pomik 3 mm, največje vrednosti pa so približno na sredini pilotov.

Profil P18: Maksimalen pomik je 8 mm, večji del predstavlja horizontalna komponenta (7 mm), največje vrednosti pa se prav tako kažejo približno na sredini pilotov. Na vrhu AB zidu so pomiki zanemarljivi (cca. 2 mm).

##### 4.2 OBREMENITEV PILOTOV in AB ZIDU

Raster pilotov:  $r_{pilotov} = 1,2$  m

| Profil | Kombinacija | Faktor varnosti<br>$\gamma_G$ | $Q_{max}$<br>(kN/m') | $M_{max}$<br>(kNm/m') | $Q_{d,max}$<br>(kN/pilot) | $M_{d,max}$<br>(kNm/pilot) |
|--------|-------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| P16    | 1           | 1,35                          | 91                   | 150                   | <b>148</b>                | <b>243</b>                 |
|        | 2           | 1,0                           | 92                   | 153                   | 111                       | 184                        |

V profilu P16 je kritična kombinacija 1, v profilu P18 pa kombinacija 2. Vrednosti, merodajne za dimenzioniranje, so izpisane s poudarjenim tekstom.

Obremenitve AB zidu so minimalne, kritična pa je kombinacija 1:

- $Q_{d,max} = 7,0 \cdot 1,35 = 9,5$  kN / m',
- $M_{d,max} = 3,0 \cdot 1,35 = 4,0$  kNm/m'.



### 4.3 KONTROLA SIDRNIH SIL

- raster sider  $r = 3,6 \text{ m}$
- 3-pramenska sidra, pretržna sila  $P_{tk} = 743 \text{ kN}$

| Profil | Kombinacija | Faktor varnosti<br>$\gamma_G$ | $P_{\max}$<br>(kN/m') | $P_{k,\max}$<br>(kN/sidro) | $P_{d,\max}$<br>(kN/sidro) |
|--------|-------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| P16    | 1           | 1,35                          | 111                   | 400                        | <b>540</b>                 |
|        | 2           | 1,0                           | 114                   |                            | 411                        |

V obeh računskih profilih je za kontrolo sidrnih sil kritična kombinacija 1:

- kontrola notranje nosilnosti:  $P_d = 550 \text{ kN} < R_{d,n} = 743 \text{ kN} / 1,1 = 675 \text{ kN}$ ,
- zunanja nosilnost, ugotovljena s preizkusi nosilnosti sider, mora biti minimalno:  
 $R_{d,z} = 550 \cdot 1,1 = 605 \text{ kN}$ .

Karakteristična sidrna sila je v končnem stanju v intervalu cca. 400 – 410 kN, kar je v mejah priporočljive vrednosti  $0,3 - 0,7 P_{tk} = 223 - 520 \text{ kN}$ .

Sila prednapetja  $P_0 = 350 \text{ kN}$  je manjša od priporočene maksimalne sile prednapetja  $P_{0,\max} = 0,6 P_{tk} = 446 \text{ kN}$ .

### 4.4 RAČUN VARNOSTI

Končna varnost konstrukcije je v obeh profilih zadostna  $\gamma_R > \gamma_{R,\min} = 1,25$ :

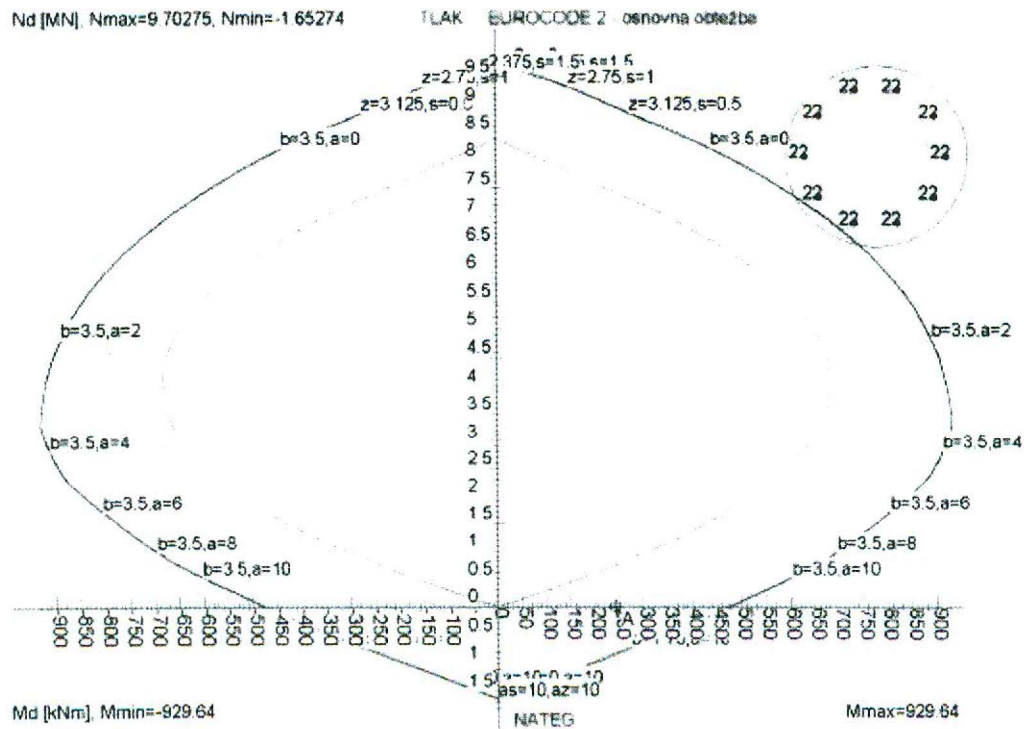
- Profil P16:  $\gamma_{R,\min} = 1,65$ ,

## 5. DIMENZIONIRANJE

### 5.1 DIMENZIONIRANJE PILOTOV

#### Profil P16

- upogibni moment  $M_d = 243 \text{ kNm / pilot}$
- strižna sila  $Q_d = 148 \text{ kN / pilot}$



Beton C25/30,  $\alpha_{ft}=1$ ,  $\rho_{s,0.500}$   
 $\sigma_a$  [N] ..... 10  
 $H$  [cm] ..... 80  
 $B$  [cm] ..... 80  
 $A_s$  [cm<sup>2</sup>] ..... 38.0  
 $A_s'$  [cm<sup>2</sup>] ..... 18.0  
 $f_{ct}$  [MPa] ..... 16.67  
 $f_{ct}$  [MPa] ..... 434.30

Izpis dovoljic  $B_d$  [kNm]/Nd [kN]:

$A_s = 38.0$

Vzdolžna armatura:  $10 \Phi 22 \rightarrow A_s = 38,0 \text{ cm}^2$

#### \* Strižna nosilnost - EC2 6.2 \*

$V_{Ed}=148 \text{ kN}$ ,  $f_{ck}=25$ ,  $A_{sl}=19 \text{ cm}^2$ ,  $b_w=0.8 \text{ m}$ ,  $d=0.591 \text{ m}$

$\rho_1=0,00402$ ,  $\sigma_{cp}=0 \text{ MPa}$ ,  $\theta=45^\circ$

$V_{Rd,c}=193.64 \text{ kN}$ ,  $V_{Rd,max}=1914.84 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed}/V_{Rd,max}=0,08$

$V_{Rd,c} > V_{Ed}$  - strižna armatura računsko ni potrebna

## 5.2 DIMENZIONIRANJE AB ZIDU

- upogibni moment  $M_d = 4,0 \text{ kNm / m'}$
- strižna sila  $Q_d = 9,5 \text{ kN / m'}$

### \* Upogibno-osna mejna nosilnost - EUROCODE 2 \*

Materiali: - beton C25/30 =>  $f_{cd}=16.67 \text{ MPa}$ ,  $f_{ctm}=2,6 \text{ MPa}$ ;  $\alpha=1$ ,  $\gamma_c=1.5$   
- armatura S500 =>  $f_{yd}=434.78 \text{ MPa}$ ,  $\gamma_s=1.15$

Prerez - pravokoten

H = 45 cm  
B = 100 cm  
a = 5 cm  
a' = 5 cm

$M_{Ed}=4 \text{ kNm}$ ,  $N_{Ed}=0 \text{ kN}$

Prerez armature ..... :  $0.23 \text{ cm}^2$  ( $\mu = 0.01\%$ )  
 $\epsilon_c$  ..... :  $0.18 \text{ ‰}$   
 $f_c$  ..... :  $2.77 \text{ MPa}$   
 $\epsilon_s$  ..... :  $10.00 \text{ ‰}$   
 $f_s$  ..... :  $434.78 \text{ MPa}$   
Z ..... :  $39.76 \text{ cm}$   
x ..... :  $0.70 \text{ cm}$  ( $0.02d$ )  
 $M_c$  ..... :  $499.58 \text{ kNm}$ ,  $k_{dc}=0.187$ ,  $k_d=0.001$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min,1} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,6 / 500) \cdot 100 \cdot 40 = 5,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min,2} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 40 = 5,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \text{MIN} (A_{s,min,1}; A_{s,min,2}) = 5,5 \text{ cm}^2$$

### \* Strižna nosilnost - EC2 6.2 \*

$V_{Ed}=9.5 \text{ kN}$ ,  $f_{ck}=25$ ,  $A_{sl}=29,46 \text{ cm}^2$ ,  $b_w=1\text{m}$ ,  $d=0.4\text{m}$   
 $\rho_1=0,00737$ ,  $\sigma_{cp}=0 \text{ MPa}$ ,  $\theta=45^\circ$

$V_{Rd,c}=216.37 \text{ kN}$ ,  $V_{Rd,max}=1620 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed}/V_{Rd,max}=0,01$

$V_{Rd,c} > V_{Ed}$  - strižna armatura računsko ni potrebna

### 5.3 DIMENZIONIRANJE AB GREDE

V izračunu so sidra upoštevana kot horizontalne podpore, projektna obtežba zaledja pa kot linijska obtežba  $q_d$  (sidrne sile, preračunane na m').

- prerez grede  $b / h = 120 / 100 \text{ cm}$ ,
- raster sider  $l = 3,6 \text{ m}$ ,
- projektna sidrna sila  $P_d = 550 \text{ kN}$ ,
- $q_d = P_d / l = 550 \text{ kN} / 3,6 \text{ m} = 152,8 \text{ kN} / \text{m}$ ,
- upogibni moment (vmesna vrednost med vrednostjo za prostoležeči in zvezni nosilec):  
 $M_{sd} = q_d \cdot l^2 / 10 = 152,8 \text{ kN} / \text{m} \cdot 3,6^2 \text{ m}^2 / 10 = 198,0 \text{ kNm}$ ,
- strižna sila:  $V_{sd} = P_d / 2 = 550 \text{ kN} / 2 = 275 \text{ kN}$ .

#### \* Upogibno-osna mejna nosilnost - EUROCODE 2 \*

Materiali: - beton C25/30 =>  $f_{cd}=16.67 \text{ MPa}$ ,  $f_{ctm}=2,6 \text{ MPa}$ ;  $\alpha=1$ ,  $\gamma_c=1.5$   
- armatura S500 =>  $f_{yd}=434.78 \text{ MPa}$ ,  $\gamma_s=1.15$

Prerez - pravokoten

H = 100 cm  
B = 120 cm  
a = 5 cm  
a' = 5 cm

$M_{Ed}=198 \text{ kNm}$ ,  $N_{Ed}=0 \text{ kN}$

Prerez armature ..... :  $4.87 \text{ cm}^2$  ( $\mu = 0.04\%$ )  
 $\epsilon_c$  ..... :  $0.51 \text{ ‰}$   
 $f_c$  ..... :  $7.21 \text{ MPa}$   
 $\epsilon_s$  ..... :  $10.00 \text{ ‰}$   
 $f_s$  ..... :  $434.78 \text{ MPa}$   
Z ..... :  $93.44 \text{ cm}$   
x ..... :  $4.57 \text{ cm}$  ( $0.05d$ )  
 $M_e$  ..... :  $3381.53 \text{ kNm}$ ,  $k_{dc}=0.187$ ,  $k_d=0.011$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min,1} = 0,26 \cdot (f_{ctm}/f_{yk}) \cdot b \cdot d = 0,26 \cdot (2,6 / 500) \cdot 100 \cdot 105 = 14,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min,2} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 105 = 13,7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \text{MIN} (A_{s,min,1}; A_{s,min,2}) = 14,2 \text{ cm}^2$$

#### \* Strižna nosilnost - EC2 6.2 \*

$V_{Ed}=275 \text{ kN}$ ,  $f_{ck}=25$ ,  $A_{sl}=29,46 \text{ cm}^2$ ,  $b_w=1.2 \text{ m}$ ,  $d=0.95 \text{ m}$   
 $\rho_1=0,00258$ ,  $\sigma_{cp}=0 \text{ MPa}$ ,  $\theta=45^\circ$

$V_{Rd,c}=371.69 \text{ kN}$ ,  $V_{Rd,max}=4617 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed}/V_{Rd,max}=0,06$

$V_{Rd,c} > V_{Ed}$  - strižna armatura računsko ni potrebna