

Borut MACUH  
asist.mag., dipl.gradb.inž. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

Bojan ŽLENDER  
prof.dr., dipl.gradb.inž. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

## ANALIZA PILOTNIH STEN PO PREDSTANDARDU EUROCODE 7

POVZETEK: V prispevku je prikazana izvedba geotehničnih analiz pilotne stene skladno s predstandardom Eurocode 7, ki lahko služi kot vzorec za praktično uporabo. Analizirani sta bili dve varianti pilotne stene: konzolna in enkrat sidrana. Za obe varianti so zaradi lažje primerjave geometrijski, stratigrafski in ostali podatki (razen sidra) enaki. Izvedene so bile naslednje variante analiz: peš izračun in z računalniškim programom Larix; po Blumovi metodi in metodi popolne plastifikacije; s polnim vpetjem ali s prostim vznožnim delom; z ali brez trenja med zemljino in steno; z ali brez strujanja podtalnice. V preglednicah je podana primerjava rezultatov. Zaradi omejenega prostora je priložen samo en primer izračuna, t.j. analiza enkrat sidrane pilotne stene, s prostim vznožnim delom, po Blumu.

## PILE WALL ANALYSIS ACCORDING TO EUROCODE 7 PRESTANDARD

SUMMARY: The paper presents geotechnical analysis of pile wall according to Eurocode 7 prestandard, which can serve as an example for practical application. Two variants of pile wall, i.e. cantilevered and anchored, have been analysed. Geometry, stratigraphy and other data (except anchor) were the same in both variants. The following variants of analyses have been performed: manual and computer calculation (programme Larix); Blum's method and method of full plasticification; fixed end or free to rotate end; with or without friction between soil and wall; with or without water seepage. Comparison of results is given in tables. Due to limited space, only one case of calculation is enclosed, i.e. analysis of one anchored pile wall with free to rotate end according to Blum.

## UVOD

V članku je prikazan primer geotehnične analize sidrane ali konzolne pilotne stene skladno s predstandardom Eurocode 7. Ta vpeljuje uporabo izračuna po mejnih stanjih s principom parcialnih faktorjev varnosti. Po mejnih stanjih morajo biti vrednosti računskih vplivov manjše od vrednosti računskih odporov reduciranih za modelni faktor. Računske vplive je potrebno povečati (pomnožiti) s pripadajočimi faktorji varnosti, računske odpore pa dobimo z zmanjšanjem (deljenjem) strižnih karakteristik s pripadajočimi faktorji varnosti. Kvocient med računskimi vplivi in računskimi odpori nam predstavlja stopnjo izkoriščenosti obravnavanega mejnega stanja modela, njegova obratna vrednost pa nam pove kolikšna je dodatna varnost. V analizah je potrebno po Eurocode izvesti izračun za tri primere A, B in C. Primer A (problemi vzgona) za pilotne stene praviloma ni relevanten. Primer B je pogosto kritičen pri dokazu nosilnosti konstrukcije in konstrukcijskih elementov. Primer C je na splošno kritičen, kjer je bistvena trdnost tal. V primeru podpornih konstrukcij je to slučaj pri določitvi globine vpetja. Pri preračunu konstrukcijskih elementov je potrebno preveriti oba primera (B in C), merodajen je tisti, ki je bolj neugoden.

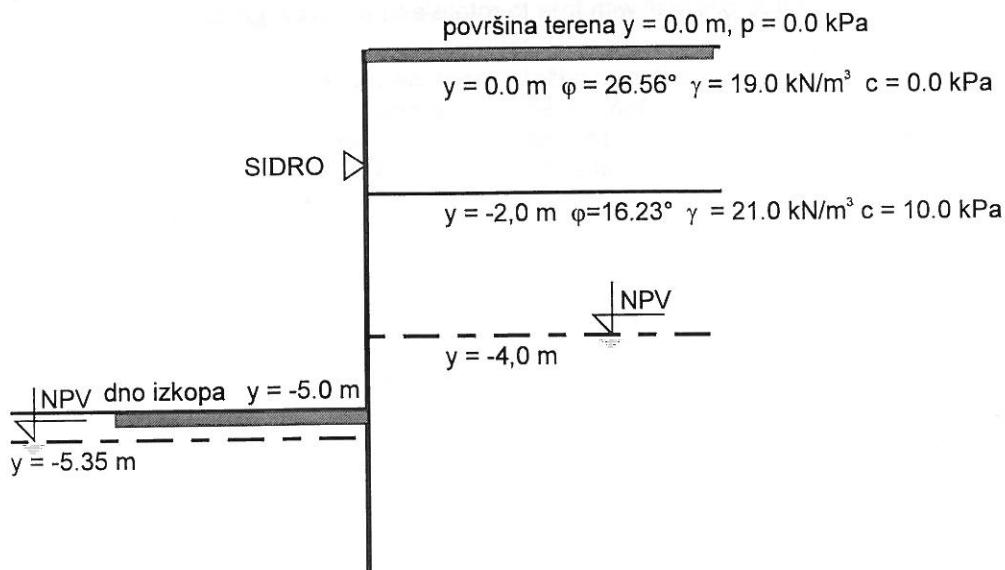
Za pilotne stene je potrebno obravnavati najmanj naslednja mejna stanja:

- izguba globalne stabilnosti
- porušitev konstrukcijskega elementa
- kombinirano porušitev v tleh in konstrukcijskem elementu
- nedopustni pomiki, ki lahko vplivajo na porušitev ali uporabnost
- nedopustno prepuščanje skozi steno ali pod njo
- nedopustno izpiranje zrn zemljine
- nedopustna sprememba toka podtalnice

V nadaljevanju podani primer prikazuje obravnavo mejnih stanj iz druge in tretje alinee.

## ANALIZA

Analizirano je pilotna stena v tleh z dvema horizontalnima zemljinskima slojema, zgornji je nekoherenten z visokim strižnim kotom, spodnji je koherenten. V spodnjem sloju je podtalnica, ki ga deli na delno zasičen in potopljeni del. Pilotna stena varuje gradbeno jamo, ki sega v potopljeni del. Nivo podtalnice je znižan pod koto dna gradbene jame. Zaradi nizke vodoprepustnosti spodnjega sloja in majhnega hidravličnega gradiента v analizi ni upoštevano precejanje. Geometrijski podatki in ostali podatki za analizo so podani na sliki 1. Analizirani sta bili dve varianti izvedbe pilotne stene: konzolna in enkrat sidrana. Za obe varianti so vsi podatki enaki, razen sidra. Trenje med konstrukcijo in zemljine še ni upoštevano, namen primera je zaenkrat samo informativen (za diskusijo o EC), v članku bo trenje upoštevano.



Slika 1: Analizirani model

Izvedene so bile naslednje variante analiz:

- konzolna ali sidrana pilotna stena
- peš izračun in z računalniškim programom Larix
- po Blumovi metodi in metodi popolne plastifikacije
- s polnim vpetjem ali s prostim vznožnim delom
- z ali brez trenja med zemljino in steno
- z ali brez strujanja podtalnice

Vse analize so bile izvedene za primera B in C po Eurocode 7, analize z računalniškim programom LARIX pa so bile izvedene tudi po SIA priporočilih. Nekaj rezultatov omenjenih analiz je prikazanih v preglednicah. Preglednica 1 vsebuje rezultate analiz za konzolno pilotno steno, preglednica 2 rezultate analiz za enkrat sidrano pilotno steno, preglednica 3 pa upoštevanje trenja in strujanja.

Izračun s komentarji v nadaljevanju prikazuje analizo peš po Blumu za prosti vznožni del brez trenja in strujanja (primera B in C po EC 7/1).

Preglednica 1: Rezultati analiz konzolne pilotne stene brez trenja in strujanja

	primer po EC 7	globina vpetja (m)	skupna višina stene (m)	maksimalni moment (kNm/m)
peš (metoda popolne plastifikacije)	B	8.45	13.45	439.9
	C	12.41	17.41	904.0
peš (Blumova metoda)	B	9.54	14.54	439.9
	C	13.74	18.74	903.5
LARIX	B	9.36	14.36	411.5
	C	13.75	18.75	903.3
	SIA	13.74	18.74	582.1

Preglednica 2: Rezultati analiz enkrat sidrane pilotne stene brez trenja in strujanja

	primer po EC 7	globina vpetja (m)	skupna višina stene (m)	maksimalni moment (kNm/m)	sidrna sila (kN/m)
peš po Blumu (prosti vznožni del)	B	2.87	7.87	77.8	52.7
	C	4.87	9.87	157.8	84.0
peš po Blumu (polno vpetje)	B	5.10	10.10	61.5	46.9
	C	7.77	12.77	130.5	75.6
LARIX (prosti vznožni del)	B	2.82	7.82	75.3	56.3
	C	4.86	9.86	156.7	85.9
	SIA	6.43	11.43	161.6	85.9
LARIX (polno vpetje)	B	5.19	10.19	55.8	49.8
	C	7.89	12.89	126.0	76.7
	SIA	10.11	15.11	136.6	78.7

Preglednica 3: Rezultati peš analiz enkrat sidrane pilotne stene z upoštevanjem trenja in strujanja

primer po EC 7	B			C		
	globina vpetja (m)	skupna višina stene (m)	sidrna sila (kN/m)	globina vpetja (m)	skupna višina stene (m)	sidrna sila (kN/m)
brez trenja in strujanja	2.87	7.87	52.7	4.87	9.87	84.0
s trenjem in brez strujanja	1.77	6.77	40.1	3.33	8.33	62.3
s trenjem in strujanjem	2.14	7.14	43.0	3.87	8.87	67.0
brez trenja s strujanjem	3.49	8.49	57.4	5.58	10.58	90.9

## Enkrat sidrana pilotna stena

Vhodni podatki:

Geometrija stene

$$\begin{aligned} H_1 &= 2.00 \text{ m} & H_s &= 1.50 \text{ m} \\ H_2 &= 3.00 \text{ m} \\ H &= 5.00 \text{ m} \\ z_0 &= 0.35 \text{ m} \\ H_w &= 4.00 \text{ m} \\ \alpha &= 0.00^\circ & 0 \text{ rad} \end{aligned}$$

Naklon zaledja

$$\beta = 0.00^\circ & 0 \text{ rad}$$

Enakomerna obtežba

$$p = 0.00 \text{ kPa}$$

Karakteristike tal

1. sloj

$$\begin{aligned} \gamma &= 19.00 \text{ kN/m}^3 \\ c &= 0.00 \text{ kPa} \\ \varphi &= 32.00^\circ & 0.559 \text{ rad} \end{aligned}$$

2. sloj

$$\begin{aligned} \gamma &= 21.00 \text{ kN/m}^3 \\ c &= 16.00 \text{ kPa} \\ \varphi &= 20.00^\circ & 0.349 \text{ rad} \end{aligned}$$

3. sloj

$$\begin{aligned} \gamma &= 21.00 \text{ kN/m}^3 \\ c &= 16.00 \text{ kPa} \\ \varphi &= 20.00^\circ & 0.349 \text{ rad} \end{aligned}$$

Trenje med steno in zemljino

$$\delta_a = 0.000 * \varphi_d \quad \delta_p = 0.00 * \varphi_d \quad i_a = \frac{0.7 \cdot u}{h_w + \sqrt{h_w \cdot d}} \quad i_p = \frac{0.7 \cdot u}{d + \sqrt{h_w \cdot d}}$$

Voda

$$\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3 \quad \underline{\text{Strujanje: ne}} \quad \gamma'_a = \gamma' + i_a \cdot \gamma_w \quad \gamma'_p = \gamma' - i_p \cdot \gamma_w$$

Tabela 2.1 iz EC7/1

Karakteristike tal

primer	Vplivi		tan φ'	c'	c_u	q_u <sup>1)</sup>
	stalni	spremenljivi				
	neugodni	ugodni	neugodni			
A	1.00	0.95	1.50	1.10	1.30	1.20
B	1.35	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00
C	1.00	1.00	1.30	1.25	1.60	1.40

<sup>1)</sup> Enosna tlačna trdnost

Koeficienti zemeljskih pritiskov

$$K_{agh,pgh} = \frac{\cos^2(\varphi \pm \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[ 1 \pm \sqrt{\frac{\sin(\varphi \pm \delta_{a,p}) \sin(\varphi \mp \beta)}{\cos(\alpha - \delta_{a,p}) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{ach,pch} = \frac{2 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot (1 - \tan \alpha \cdot \tan \beta) \cdot \cos(\alpha - \delta_{a,p})}{1 \pm \sin(\varphi \pm \delta_{a,p} \mp \alpha \mp \beta)}$$

$$K_{ogh} = \frac{\sin \varphi - \sin^2 \varphi}{\sin \varphi - \sin^2 \beta} \cos^2 \beta$$

Karakteristične vrednosti koeficientov zemeljskih pritiskov

1. sloj	$K_{aqh} = 0.307$	$K_{0qh} = 0.470$	
2. sloj	$K_{aqh} = 0.490$	$K_{0qh} = 0.658$	
3. sloj	$K_{aqh} = 0.490$	$K_{0qh} = 0.658$	$K_{pqh} = 2.040$

1. sloj	$K_{ach} = 1.109$	
2. sloj	$K_{ach} = 1.400$	
3. sloj	$K_{ach} = 1.400$	$K_{pch} = 2.856$

### Primer C

Računske vrednosti strižnih parametrov

1. sloj	$c = 0 \text{ kPa}$	$\varphi_d = 26.56^\circ$	$0.464 \text{ rad}$
		$\delta_{ad} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$
2. sloj	$c = 10 \text{ kPa}$	$\varphi_d = 16.23^\circ$	$0.283 \text{ rad}$
		$\delta_{ad} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$
3. sloj	$c = 10 \text{ kPa}$	$\varphi_d = 16.23^\circ$	$0.283 \text{ rad}$
		$\delta_{ad} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$
		$\delta_{pd} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$

Računske vrednosti koeficientov zemeljskih pritiskov

1. sloj	$K_{aqh} = 0.382$	$K_{0qh} = 0.553$	
2. sloj	$K_{aqh} = 0.563$	$K_{0qh} = 0.720$	
3. sloj	$K_{aqh} = 0.563$	$K_{0qh} = 0.720$	$K_{pqh} = 1.776$
1. sloj	$K_{ach} = 1.236$		
2. sloj	$K_{ach} = 1.501$		
3. sloj	$K_{ach} = 1.501$		$K_{pch} = 2.665$

Vertikalne napetosti

$\sigma_0 = 0.00 \text{ kPa}$		
$\sigma_{01} = 38.00 \text{ kPa}$	$h_{10} = 2.00 \text{ m}$	$i_a = 0.000$
$\sigma_1 = 38.00 \text{ kPa}$	$h_{11} = 0.00 \text{ m}$	$i_p = 0.000$
$\sigma_{12} = 80.00 \text{ kPa}$	$h_{21} = 2.00 \text{ m}$	
$\sigma_2 = 91.00 \text{ kPa}$	$h_{22} = 1.00 \text{ m}$	
$\sigma_{23} = 91.00 \text{ kPa}$	$h_{32} = 0.00 \text{ m}$	
$\sigma_3 = 94.85 \text{ kPa}$	$h_{33} = 0.35 \text{ m}$	
$\sigma_{34} = 94.85 \text{ kPa}$	$h_{43} = 0.00 \text{ m}$	
$\sigma_4 = 144.59 \text{ kPa}$	$h_{44} = 4.52 \text{ m}$	
	$\sigma_3 = 0.00 \text{ kPa}$	Faktor predpostavljene globine
	$\sigma_{34} = 0.00 \text{ kPa}$	stene
	$\sigma_4 = 49.74 \text{ kPa}$	$f_s = 1.974 (H_s = f * H)$

Aktivni in pasivni zemeljski pritiski		Hidrostatični tlaki	Skupni pritiski (+ --->)
$p_{a0} = 0.00 \text{ kPa}$		$p_{w0} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_0 = 0.00 \text{ kPa}$
$p_{a01} = 14.52 \text{ kPa}$		$p_{w01} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{01} = 14.52 \text{ kPa}$
$p_{a1z} = 14.52 \text{ kPa}$		$p_{w1z} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{1z} = 14.52 \text{ kPa}$
$p_{a1s} = 6.39 \text{ kPa}$		$p_{w1s} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{1s} = 6.39 \text{ kPa}$
$p_{a12} = 30.04 \text{ kPa}$		$p_{w12} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{12} = 30.04 \text{ kPa}$
$p_{a2z} = 36.23 \text{ kPa}$		$p_{w2z} = 10.00 \text{ kPa}$	$p_{2z} = 46.23 \text{ kPa}$
$p_{a2s} = 36.23 \text{ kPa}$		$p_{w2s} = 10.00 \text{ kPa}$	$p_{2s} = 46.23 \text{ kPa}$
$p_{a23} = 36.23 \text{ kPa}$		$p_{w23} = 10.00 \text{ kPa}$	$p_{23} = 46.23 \text{ kPa}$
$p_{a3z} = 38.40 \text{ kPa}$		$p_{w3z} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{3z} = 51.90 \text{ kPa}$
$p_{a3s} = 38.40 \text{ kPa}$	$p_{p3} = 26.65 \text{ kPa}$	$p_{w3s} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{3s} = 25.24 \text{ kPa}$
$p_{a34} = 38.40 \text{ kPa}$	$p_{p34} = 26.65 \text{ kPa}$	$p_{w34} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{34} = 25.24 \text{ kPa}$
$p_{a4z} = 66.40 \text{ kPa}$	$p_{p4z} = 115.00 \text{ kPa}$	$p_{w4z} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{4z} = -35.10 \text{ kPa}$

Rezultante skupnih pritiskov	Ročice do sidra	Momenti
$E_{10p} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{10p} = -0.50 \text{ m}$	$M_{10p} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{10t} = 14.52 \text{ kN/m'}$	$r_{10t} = -0.17 \text{ m}$	$M_{10t} = -2.42 \text{ kNm/m'}$
$E_{11p} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{11p} = 0.50 \text{ m}$	$M_{11p} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{11t} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{11t} = 0.50 \text{ m}$	$M_{11t} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{21p} = 12.78 \text{ kN/m'}$	$r_{21p} = 1.50 \text{ m}$	$M_{21p} = 19.16 \text{ kNm/m'}$
$E_{21t} = 23.65 \text{ kN/m'}$	$r_{21t} = 1.83 \text{ m}$	$M_{21t} = 43.35 \text{ kNm/m'}$
$E_{22p} = 30.04 \text{ kN/m'}$	$r_{22p} = 3.00 \text{ m}$	$M_{22p} = 90.11 \text{ kNm/m'}$
$E_{22t} = 8.10 \text{ kN/m'}$	$r_{22t} = 3.17 \text{ m}$	$M_{22t} = 25.64 \text{ kNm/m'}$
$E_{32p} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{32p} = 3.50 \text{ m}$	$M_{32p} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{32t} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{32t} = 3.50 \text{ m}$	$M_{32t} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{33p} = 16.18 \text{ kN/m'}$	$r_{33p} = 3.68 \text{ m}$	$M_{33p} = 59.46 \text{ kNm/m'}$
$E_{33t} = 0.99 \text{ kN/m'}$	$r_{33t} = 3.73 \text{ m}$	$M_{33t} = 3.70 \text{ kNm/m'}$
$E_{43p} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{43p} = 3.85 \text{ m}$	$M_{43p} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{43t} = 0.00 \text{ kN/m'}$	$r_{43t} = 3.85 \text{ m}$	$M_{43t} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{44p} = 114.15 \text{ kN/m'}$	$r_{44p} = 6.11 \text{ m}$	$M_{44p} = 697.54 \text{ kNm/m'}$
$E_{44t} = -136.43 \text{ kN/m'}$	$r_{44t} = 6.86 \text{ m}$	$M_{44t} = -936.55 \text{ kNm/m'}$
$E_{54p} = \text{kN/m'}$	$r_{54p} = \text{m}$	$M_{54p} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$E_{54t} = \text{kN/m'}$	$r_{54t} = \text{m}$	$M_{54t} = 0.00 \text{ kNm/m'}$
$\Sigma E = 83.96 \text{ kN/m'}$		$\Sigma M^{(4)} = 0.00 \text{ kNm/m'}$

$$\underline{\text{Primer C:}} \quad z_1 = 4.52 \text{ m} \quad f_1 = 1.974$$

**Potrebna globina vpetja: 4.87 m**

**Skupna višina stene: 9.87 m**

**Sidrna sila = 84.0 kN**

Maksimalni upogibni moment: 157.8 kNm/m'

Od vrha stene: 4.90 m

### Primer B

Računske vrednosti strižnih parametrov

1. sloj	$c = 0 \text{ kPa}$	$\varphi_d = 32.00^\circ$	$0.559 \text{ rad}$
		$\delta_{ad} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$
2. sloj	$c = 16 \text{ kPa}$	$\varphi_d = 20.00^\circ$	$0.349 \text{ rad}$
		$\delta_{ad} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$
3. sloj	$c = 16 \text{ kPa}$	$\varphi_d = 20.00^\circ$	$0.349 \text{ rad}$
		$\delta_{ad} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$
		$\delta_{pd} = 0.00^\circ$	$0.000 \text{ rad}$

Računske vrednosti koeficientov zemeljskih pritiskov

1. sloj	$K_{agh} = 0.307$	$K_{0gh} = 0.470$	
2. sloj	$K_{agh} = 0.490$	$K_{0gh} = 0.658$	
3. sloj	$K_{agh} = 0.490$	$K_{0gh} = 0.658$	$K_{pgh} = 2.040$
1. sloj	$K_{ach} = 1.109$		
2. sloj	$K_{ach} = 1.400$		
3. sloj	$K_{ach} = 1.400$		$K_{pch} = 2.856$

Vertikalne napetosti

$\sigma_0 = 0.00 \text{ kPa}$			
$\sigma_{01} = 38.00 \text{ kPa}$	$h_{10} = 2.00 \text{ m}$	$i_a = 0.000$	
$\sigma_1 = 38.00 \text{ kPa}$	$h_{11} = 0.00 \text{ m}$	$i_p = 0.000$	
$\sigma_{12} = 80.00 \text{ kPa}$	$h_{21} = 2.00 \text{ m}$		
$\sigma_2 = 91.00 \text{ kPa}$	$h_{22} = 1.00 \text{ m}$		
$\sigma_{23} = 91.00 \text{ kPa}$	$h_{32} = 0.00 \text{ m}$		
$\sigma_3 = 94.85 \text{ kPa}$	$h_{33} = 0.35 \text{ m}$		
$\sigma_{34} = 94.85 \text{ kPa}$	$h_{43} = 0.00 \text{ m}$		
$\sigma_4 = 122.55 \text{ kPa}$	$h_{44} = 2.52 \text{ m}$		
$\sigma_3 = 0.00 \text{ kPa}$			Faktor predpostavljene globine
$\sigma_{34} = 0.00 \text{ kPa}$			stene
$\sigma_4 = 27.70 \text{ kPa}$			$f_s = 1.574 (H_s = f * H)$

Aktivni in pasivni zemeljski pritiski		Hidrostatični tlaki	Skupni pritiski (+ -->)
$p_{a0} = 0.00 \text{ kPa}$		$p_{w0} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_0 = 0.00 \text{ kPa}$
$p_{a01} = 15.76 \text{ kPa}$		$p_{w01} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{01} = 15.76 \text{ kPa}$
$p_{a1z} = 15.76 \text{ kPa}$		$p_{w1z} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{1z} = 15.76 \text{ kPa}$
$p_{a1s} = 0.00 \text{ kPa}$		$p_{w1s} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{1s} = 0.00 \text{ kPa}$
$p_{a12} = 22.70 \text{ kPa}$		$p_{w12} = 0.00 \text{ kPa}$	$p_{12} = 22.70 \text{ kPa}$
$p_{a2z} = 29.98 \text{ kPa}$		$p_{w2z} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{2z} = 43.48 \text{ kPa}$
$p_{a2s} = 29.98 \text{ kPa}$		$p_{w2s} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{2s} = 43.48 \text{ kPa}$
$p_{a23} = 29.98 \text{ kPa}$		$p_{w23} = 13.50 \text{ kPa}$	$p_{23} = 43.48 \text{ kPa}$
$p_{a3z} = 32.53 \text{ kPa}$		$p_{w3z} = 18.23 \text{ kPa}$	$p_{3z} = 50.76 \text{ kPa}$
$p_{a3s} = 32.53 \text{ kPa}$	$p_{p3} = 45.70 \text{ kPa}$	$p_{w3s} = 18.23 \text{ kPa}$	$p_{3s} = 5.06 \text{ kPa}$
$p_{a34} = 32.53 \text{ kPa}$	$p_{p34} = 45.70 \text{ kPa}$	$p_{w34} = 18.23 \text{ kPa}$	$p_{34} = 5.06 \text{ kPa}$
$p_{a4z} = 50.87 \text{ kPa}$	$p_{p4z} = 102.21 \text{ kPa}$	$p_{w4z} = 18.23 \text{ kPa}$	$p_{4z} = -33.11 \text{ kPa}$

Rezultante skupnih pritiskov	Ročice do sidra	Momenti
$E_{10p} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{10p} = -0.50 \text{ m}$	$M_{10p} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{10t} = 15.76 \text{ kN/m}'$	$r_{10t} = -0.17 \text{ m}$	$M_{10t} = -2.63 \text{ kNm/m}'$
$E_{11p} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{11p} = 0.50 \text{ m}$	$M_{11p} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{11t} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{11t} = 0.50 \text{ m}$	$M_{11t} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{21p} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{21p} = 1.50 \text{ m}$	$M_{21p} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{21t} = 22.70 \text{ kN/m}'$	$r_{21t} = 1.83 \text{ m}$	$M_{21t} = 41.62 \text{ kNm/m}'$
$E_{22p} = 22.70 \text{ kN/m}'$	$r_{22p} = 3.00 \text{ m}$	$M_{22p} = 68.11 \text{ kNm/m}'$
$E_{22t} = 10.39 \text{ kN/m}'$	$r_{22t} = 3.17 \text{ m}$	$M_{22t} = 32.90 \text{ kNm/m}'$
$E_{32p} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{32p} = 3.50 \text{ m}$	$M_{32p} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{32t} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{32t} = 3.50 \text{ m}$	$M_{32t} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{33p} = 15.22 \text{ kN/m}'$	$r_{33p} = 3.68 \text{ m}$	$M_{33p} = 55.93 \text{ kNm/m}'$
$E_{33t} = 1.27 \text{ kN/m}'$	$r_{33t} = 3.73 \text{ m}$	$M_{33t} = 4.75 \text{ kNm/m}'$
$E_{43p} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{43p} = 3.85 \text{ m}$	$M_{43p} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{43t} = 0.00 \text{ kN/m}'$	$r_{43t} = 3.85 \text{ m}$	$M_{43t} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{44p} = 12.73 \text{ kN/m}'$	$r_{44p} = 5.11 \text{ m}$	$M_{44p} = 65.06 \text{ kNm/m}'$
$E_{44t} = -48.06 \text{ kN/m}'$	$r_{44t} = 5.53 \text{ m}$	$M_{44t} = -265.74 \text{ kNm/m}'$
$E_{54p} = \text{kN/m}'$	$r_{54p} = \text{m}$	$M_{54p} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$E_{54t} = \text{kN/m}'$	$r_{54t} = \text{m}$	$M_{54t} = 0.00 \text{ kNm/m}'$
$\Sigma E = 52.72 \text{ kN/m}'$		$\Sigma M^{(4)} = 0.00 \text{ kNm/m}'$

Primer B:  $z_1 = 2.52 \text{ m}$   $f_1 = 1.574$

**Potrebna globina vpetja: 2.87 m**

**Skupna višina stene: 7.87 m**

**Sidrna sila = 52.7 kN**

Maksimalni upogibni moment: 77.8 kNm/m'

Od vrha stene: 4.49 m

## ZAKLJUČEK

V prispevku je prikazana izvedba geotehničnih analiz pilotne stene skladno s predstandardom Eurocode 7, ki lahko služi kot vzorec za praktično uporabo. Zajeti so samo nekateri vplivi (lastna teža, hidrostatični tlak vode, strujanje podtalnice, trenje med zemljino in steno). Vplive stalne in spremenljive obtežbe je v posameznih računskih primerih potrebno povečati za pripadajoči parcialni faktor varnosti. V analizah je potrebno obravnavati vse možne projektne situacije in na njih vezane možne scenarije variant obtežb (pravilna izbira glavnih, dodatnih in nezgodnih vplivov).

## LITERATURA

- [1] CEN (1994). Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules. Bruselj