



## Proračun gabionskog zida s armiranim zasipom na primjeru potporne konstrukcije za potrebe odmorišta „Vidikovac“ na otoku Braču

*Stručni rad/ Professional paper  
Primljen/Received: 12. 2. 2018.;  
Prihvaćen/Accepted: 2. 3. 2018.*

prof.dr.sc. **Predrag Mišćević**, dipl.ing.građ.

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, redoviti profesor  
dr.sc. **Goran Vlastelica**, dipl.ing.građ.

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, poslijedoktorand  
**Marino Babić**, mag. ing. aedif.

Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu, student

**Sažetak:** Za potrebe izgradnje odmorišta „Vidikovac“ uz državnu cestu D115 Humac – Bol, nedaleko od Bola na otoku Braču, ukazala se potreba za savladavanje denivelacije ukupne visine od 9 m. Zbog malog raspoloživog prostora uvjetovanog imovinskih odnosima, te zbog zahtjeva uporabnog prostora odmorišta, razmotrene su opcije izgradnje klasičnog armirano-betonskog zida i gabionskog zida ukupne duljine 160 m. U konačnici je odabrana izgradnja gabionskog zida s armiranim zasipom, te su slijed proračuna, prednosti i nedostaci ovog tipa konstrukcije prikazani u ovom radu.

**Ključne riječi:** gabion, armirani zasip, potporni zid, proračun, vidikovac

## Design of reinforced gabion wall: example of retaining wall for "Vidikovac" rest area on the island of Brač

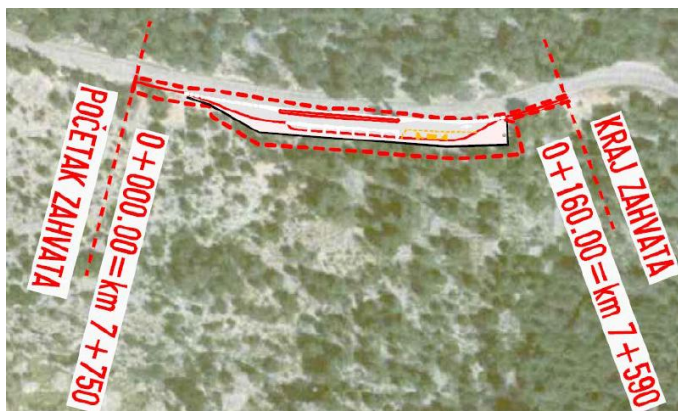
**Abstract:** For purpose of constructing the "Vidikovac" rest area on the state road D115 Humac - Bol, not far from town of Bol on the island of Brač, a 9m retaining wall was necessary to form a plateau. Since the denivelation could not be formed as cascading, due to the request space for rest area, options for the construction of a 160 m long classically reinforced concrete wall and a gabion wall were investigated. The gabion wall with reinforced backfill was selected. Calculation sequence, as well as advantages and disadvantages of this type of construction are presented in this paper.

**Key words:** gabion, reinforced backfill, retaining wall, design, rest area



## 1. UVOD

Za potrebe izgradnje odmorišta na dijelu državne ceste D115, dionica 1, G. Humac – Bol na stacionaži km 7+750 nedaleko Bola na otoku Braču, zatražen je prijedlog tipa potporne konstrukcije uz odgovarajući geotehnički proračun. Budući bi odmorište u pravilu koristila vozila koja su na odlasku iz Bola, te nastavljaju put prema Gornjem Humcu i nadalje prema trajektnim lukama u Supetru ili Sumartinu, idejnim rješenjem je predviđena izgradnja podužnog odmorišta koje prati državnu cestu na ukupnoj duljini od 160 metara (Slika 1).



Slika 1. Položaj odmorišta na D115

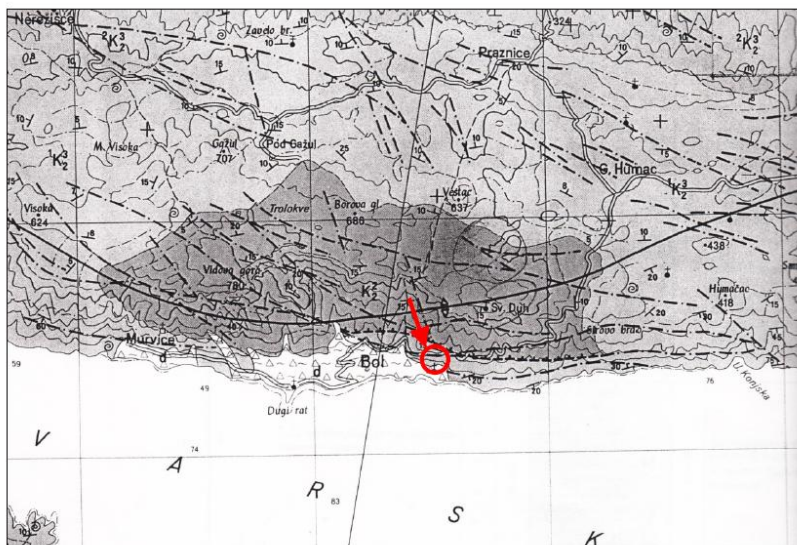
Priključak na planirano odmorište je „desno-desno“ što znači da je ulaz moguć isključivo iz smjera zapada (Bola), a izlaz u smjeru istoka (G. Humac). Pristup platou sa državne ceste ostvaruje se preko traka za isključivanje tzv. „klinastog izljeva“ ukupne dužine 40 m, dok se s odmorišta vozila uključuju na državnu cestu direktno primjenom priključnog izlaznog radijusa  $R=20$  metara. Tijek prolaza vozila u tlocrtnom smislu omogućuje nesmetan prolaz svih interventnih vozila (vatrogasci, prva pomoć i sl.) i autobusa.

S obzirom na konfiguraciju terena, nakon preliminarnе analize troškova izgradnje klasičnog armirano-betonskog zida i gabionskog zida, odabrana izgradnja gabionskog zida s armiranim zasipom s južne strane odmorišta. Zbog jednostavnosti izgradnje, kao i potrebe za armiranjem zasipa zbog značajne visine konstrukcije, zid je izrađen od tipskih elemenata armiranog Terramesh sustava promjenljive visine od 1.0-9.0 m, budući isti uključuju gabion i vezanu armaturu od pocinčane plastificirane žice. [1]

### 1.1 Geotehnička svojstva lokacije

Prema geološkoj karti (Jelsa 1:100 000) predmetnu lokaciju izgrađuju vapnenci s lećama dolomita ( ${}^3K_2^3$ ) i uslojeni vapnenci ( $K_2^2$ ) u izmjeni (Slika 2). [2] Pojava istih potvrđena je na izdancima stijenske mase na terenu, kao i u zasjecima u na lokaciji. Osnovna stijenska masa javlja se na lokaciji na površini terena ili je na površini mjestimično prekrivena slojem prašinaste gline tamno smeđe do crvenkasto smeđe boje, s komadima kršja matične stijene. Taj sloj je u početnom dijelu do 20-50 cm dubine mjestimično organski onečišćen (korijenje biljaka).

Na samoj padini uz prometnicu (s južne strane), na mjestu predviđenom za gradnju proširenja za plato vidikovca, na površini se nalazi nasip debljine 0.5 – 2.0 m. Nasip je od kamenog materijala iz iskopa zasjeka prometnice. Nasip sadrži sitni šljunak, ali i veće blokove kamena.



Slika 2. Geološka karta šireg područja Bole (otok Brač)

U početnom dijelu do dubine oko 2.0-3.0 m, stijenska masa je izrazito okršena i razlomljena s nekoliko pukotinskih sustava. Međuslojne pukotine su na razmaku od nekoliko centimetara do nekoliko desetaka centimetara, imaju nagib od oko  $40^{\circ}$ - $50^{\circ}$ , sa smjerom nagiba približno prema sjever-sjeveroistoku. Međuslojne pukotine su većinom zatvorene, dok su ostale pukotine zijeva od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara. U pravilu su ispunjene sa srednje do visoko plastičnim, glinovitim prahom smeđe-crvene do tamno smeđe boje. Stijenke pukotina su nerastrošene, hrapave i presvučene sa narančasto smeđom kalcitičnom prevlakom.

Na zasjeku uz postojeću prometnicu determinirana su dva sekundarna pukotinska sustava. Jedan s nagibom od oko  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  i smjerom nagiba približno prema zapadu, te drugi s subvertikalnim nagibom i smjerom pružanja približno istok-zapad. Zbog okršenosti stijenske mase, pravilnost pojave sekundarnih pukotina se nije mogla potvrditi na cijeloj lokaciji prije iskopa za temelje objekta (te je naknadno vršena kontrola iskopa).

S povećanjem dubine (na dubinama 2.0-3.0 m od prvobitne površine terena), raspucalost stijenske mase je generalno manja, pukotine su uže, odnosno stijenska masa je čvršća i kompaktnija. U hidrogeološkom smislu raspucale i okršene vapnenačke naslage imaju pukotinsku i moguću kaveroznu poroznost, te se oborinske vode kroz njih relativno brzo procjeđuju u podzemlje. Iz tog razloga potrebno je voditi računa o zaštiti podzemlja od onečišćenja.

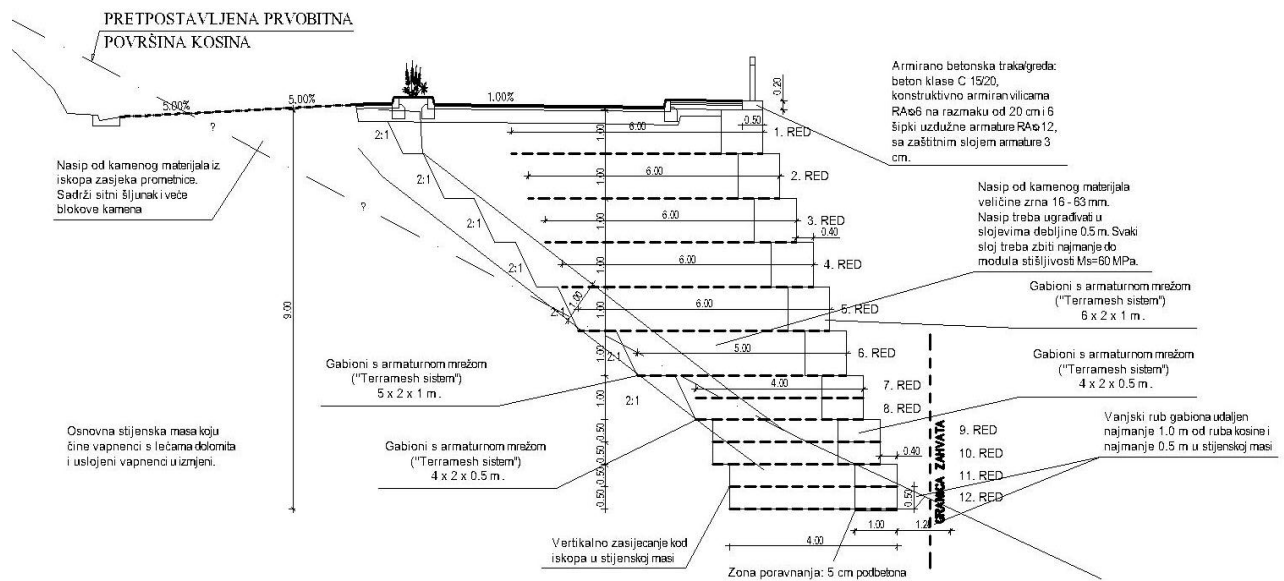
Prema Seizmološkoj karti (HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Državna geodetska uprava-republika Hrvatska – karta potresnih područja) istražena se lokacija nalazi na području za koje se predviđa maksimalno horizontalno ubrzanje u veličini od 0.21 g. Za seizmički proračun konstrukcije, kod određivanja lokalnih uvjeta tla računati da se radi o tlu razreda A (vapnenačka stijenska masa). [3]

## 2. ODABIR KONSTRUKCIJE

Odabrana potporna konstrukcija je tlo armirano Terramesh sustavom (tip mreže 8 x 10 cm; promjer žice 2.7 mm; GALMAC + PVC premaz) [4]. Terramesh sustav se sastoji od gabiona i vezanog "repa" za armiranje tla. Oba dijela su izrađena od pocinčane i PVC zaštićene žice. Odabrane dimenzije sustava su 6 x 2 x 1.0 m te 4 odnosno 5 x 2 x 1.0 m do visine 6.0 m od gornjeg dijela konstrukcije, tj. prvih šest redova konstrukcije.



Od sedmog do dvanaestog reda, tj. za visine od 6 do 9 m mjereno od vrha konstrukcije, odabrane su dimenzije 4 x 2 x 0.5 m (Slika 3).



Slika 3. Normalni poprečni presjek potporne konstrukcije

U početnom dijelu konstrukcije (priključak odmorišta na postojeću prometnicu), postavljeni su gabioni dimenzija 1 x 1 x 2 m (do visine zaštite od 3.0 m). Mreža za izradu gabiona je izrađena od pocinčane žice promjera ne manjeg od 3.0 mm, te otvora mreže ne većeg od 8 x 10 cm. Zasip je od kamenog materijala veličine zrna 16-63 mm. Kameni materijal je od lomljenog kamena oštrobriđnih zrna, kako bi se mogao postići traženi karakteristični kut unutarnjeg trenja nasipa najmanje od  $\phi_k = 35^\circ$ . Generalno, kameni materijal za koji se ne može utvrditi da ima traženo unutarnje trenje ne smije se ugrađivati. Nasip je izrađen u slojevima debljine 0.5 m uz zbijanje svakog sloja vibro nabijačima. Svaki sloj je zbijen do modula stišljivosti od  $M_s = 60$  MPa, što je za svaki sloj utvrđeno ispitivanjem probnom pločom.





Temeljna površina potporne konstrukcije uzdužno prati nagib nivelete ceste (nagib od 5%). Temeljna podloga za potpornu konstrukciju formirana je zasijecanjem u kosinu s južne strane postojeće prometnice. Dio te kosine formiran je kao nasip izrađen za postojeću prometnicu, a dio je prirodna padina u stijenskoj masi. Za potrebe temeljenja konstrukcije izvršeno je zasijecanje do stijenske mase, odnosno cijela temeljna površina najnižeg reda Terramesh sustava i gabiona na početku konstrukcije, je na stijenskoj masi i to na način da je "vanjski" rub sustava i gabiona najmanje 1.0 m udaljen od ruba kosine i najmanje 0.5 m "u" stijenskoj masi. Kota temeljenja je određena kao dno najnižeg reda spuštenu za 5 cm. Ovih 5 cm je zona poravnanja iskopa u stijeni koja se popunjava podbetonom, ali samo u zoni ispod gabionskog dijela.

Zasijecanje u padinu za potrebe izrade potporne konstrukcije izvršeno je kaskadno. Visina pojedine kaskade je 1.0 m (Slika 3). U stijenskoj masi zasijecanje svake kaskade je izvršeno je vertikalno, a u postojećem nasipu za cestu s nagibom od 2:1. U dijelu postavljanja uz postojeći nasip ceste, zasijecanje je izvršeno na način da se kraj mreže "repa" Terramesh sustava postavi najmanje 1.0 m u postojeći nasip, odnosno površinski sloj postojećeg nasipa u debljini od 1.0 m od prethodne površine kosine je uklonjen. Na taj način postiže se kvalitetniji spoj novog i postojećeg nasipa. Radi što boljeg ostvarivanja sidrenja "repa" Terramesh sustava, mreža je najmanje duljine 2.0 m od ruba gabiona prednjeg lica. Kraj mreže ide do ruba kaskadnog zasijecanja, na način da je sami kraj mreže na stijenskoj masi u dijelu gdje se zasijecanjem dolazi do stijenske mase.

Kod izrade gabionskog dijela (prednje "lice" konstrukcije), ispunjena je od kamenog materijala promjera 60-80 mm, a prednje lice gabiona je ručno složeno od krupnijeg lomljenog kamena kako bi se dobila struktura suhozida karakteristična za ovo područje (Slika 4). Nakon izrađene ispune košare su zatvorene poklopcima, te povezane okomitim i kutnim vezovima. Postupak se sukcesivno ponavljao na isti način i u sljedećim slojevima.



Slika 4. Izvedeno stanje

### 3. METODOLOGIJA PRORAČUNA

Proračuni stabilnosti potporne konstrukcije na kosini izvršeni su na osnovu raspoloživih podataka o geometriji kosine i geološkoj građi terena. Proračuni su izvršeni prema normama



HRN EN 1997-1:2012, HRN EN 1997-1:2012/A1:2014, HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 (Eurokod 7 - Geotehničko projektiranje + nacionalni aneks). [5]

Seizmički proračun je izvršen prema normi HRN EN 1998-5:2011 (Eurokod 8 - Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija; Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja). [6]

Prema HRN EN 1997-1:2012 (Eurokod 7), sve geotehničke građevine se tretiraju kao trajne tako da će se u sve proračune uključiti utjecaj seizmičkog djelovanja. Proračun je izvršen za povratni period 475 godina.

Prema HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 navedena geotehnička konstrukcija pripada geotehničkoj kategoriji građevine: GC2 (iskopi, sidra, uobičajene vrste konstrukcije i temelja), za koje geotehnička istraživanja obuhvaćaju: rutinska istraživanja, uključujući bušenja, terenska i laboratorijska ispitivanja, a procedure proračuna: rutinski proračuni stabilizacije i deformacija temeljeni na projektnim postupcima iz EC7. Korišten je proračunski pristup PP3, te se proračunske vrijednosti materijala za analize graničnog stanja nosivosti izvode se iz karakterističnih vrijednosti uz primjenu parcijalnih koeficijenata.

Proračun stabilnosti izvršen je za kombinaciju opterećenja koja je najkritičnija:

I - izvanredna situacija: vlastita težina + potres + prometno opterećenje

### 3.1 Prometno opterećenje

Prema HRN EN 1991-2:2012 [7] (djelovanja na konstrukcije/ prometna opterećenja mostova) prometne površine potrebno je opteretiti opterećenjem prema Slici 5. Prvi prometni trak širine 3 m opterećuje se s dva osovinska tereta  $Q_{ik} = 300$  kN i kontinuiranim opterećenjem  $q_{ik} = 9$  kN/m<sup>2</sup>, pri čemu se koncentrirano opterećenje zamjenjuje s jednolikim opterećenjem raspodijeljenim na površinu vozila  $3 \times 5 = 15$  m<sup>2</sup>. Prema stručnom izvještaju DIN Fachbericht 101 [8], preporučuje se korekcijski faktor u iznosu 0.8 za koncentrirano opterećenje. Iz navedenog se dobiva:

$$q_k = 0.8 * (2 \times 300 / 15) = 32 \text{ kN/m}^2 \text{ – zamjenjujuće jednoliko raspodijeljeno opterećenje}$$

$$q_{ik} = 9 \text{ kN/m}^2 \text{ – kontinuirano opterećenje}$$

$$p_{k1} = 32 + 9 = 41.0 \text{ kN/m}^2 \text{ – ukupno kontinuirano opterećenje}$$

$$p_{d1} = p_{k1} * \gamma_Q = 41 * 1.5 = 61.5 \text{ kN/m}^2 \text{ – proračunsko kontinuirano opterećenje za PP3}$$

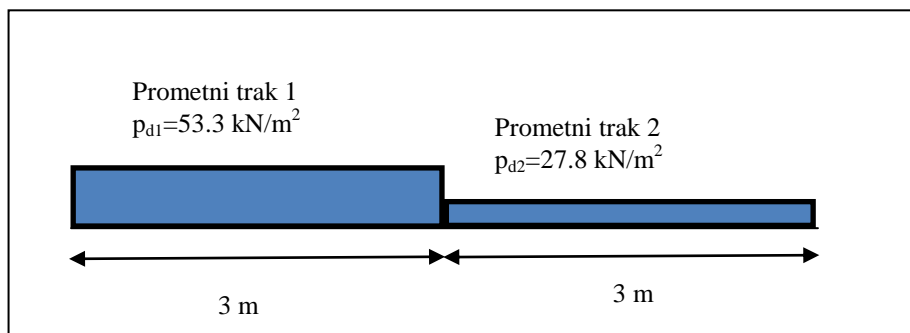
Drugi prometni trak širine 3 m opterećuje se s dva osovinska tereta  $Q_{ik} = 200$  kN i kontinuiranim opterećenjem  $q_{ik} = 2.5$  kN/m<sup>2</sup>. Iz navedenog se dobiva:

$$q_k = 0.8 * (2 \times 200 / 15) = 21.4 \text{ kN/m}^2 \text{ – zamjenjujuće jednoliko raspodijeljeno opterećenje}$$

$$q_{ik} = 2.5 \text{ kN/m}^2 \text{ – kontinuirano opterećenje}$$

$$p_{k2} = 21.4 + 2.5 = 23.9 \text{ kN/m}^2 \text{ – ukupno kontinuirano opterećenje}$$

$$p_{d2} = p_{k2} * \gamma_Q = 23.9 * 1.5 = 35.9 \text{ kN/m}^2 \text{ – proračunsko kontinuirano opterećenje za PP3}$$



Slika 5. Skica prometnog opterećenja



U računskom modelu (programski paket Rocscience Slide, [9]) sva opterećenja se programski valoriziraju s pripadajućim parcijalnim faktorom sigurnosti. Iz tog razloga u model su unošene karakteristične vrijednosti opterećenja.

### 3.2 Seizmičko opterećenje

Predmetna lokacija se nalazi na području za koje se predviđa maksimalno horizontalno ubrzanje u veličini od  $\alpha = 0.21$  g, uz napomenu da se radi o tlu razreda A (vapnenačka stijenska masa). Za nazovistatičke metode inercijske sile u horizontalnom smjeru na svaki dio mase tla se izračunavaju prema (1):

$$F_H = 0.5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W \quad (1)$$

Prema HRN EN 1998-1:2011/NA:2011 [3] za određivanje S koristi se elastični spektar Tipa 1, te je za Tip tla A korišten  $S=1.0$ . Prema tome proračun inercijalnih sila vrši se prema (2):

$$F_H = 0.5 \cdot 0.21 \cdot 1 \cdot W = 0.11 \cdot W \quad (2)$$

## 4. DEFINIRANJE PARAMETARA ČVRSTOĆE

Na promatranoj kosini definirane su dvije geotehničke sredine s kojima se ulazi u numerički proračun. To su područje osnovne stijene (geotehnička sredina 1 – GS1) i zona nasipa od kamenog materijala (geotehnička sredina 2 – GS2).

### 4.1. Definiranje parametara čvrstoće osnovne stijenske mase (GS 1)

Parametri čvrstoće stijenske mase proračunati su pomoću teorije empirijskog kriterija čvrstoće po Hoek & Brown-u i ekvivalentnog Mohr-Coulombovog kriterija sloma, na osnovu jednoosne čvrstoće (GSI - Geological Strength Index). Na temelju rezultata dobivenih geološkim kartiranjem te iskustvenih podataka, određena je vrijednost geološkog indeksa čvrstoće GSI za stijensku masu na predmetnoj lokaciji.

Klasifikacijski parametri i pripadajuća vrijednost bodova (RMR) za GS1 prikazani su u tablici 1. Proračun parametara stijenske mase vrši se programskim paketom RocLab [10]. Slijed proračuna i rezultati prikazani su u tablici 2.

Tablica 1. Klasifikacijski parametri i pripadajuća vrijednost bodova (RMR) za GS1

Parametar	Područje vrijednosti	Broj bodova	
Jednoosna tlačna čvrstoća	40 MPa		5
Indeks kakvoće jezgre RQD	25% - 50%		8
Razmak diskontinuiteta	0.06 -0.2 cm		8
Stanje diskontinuiteta:			
- duljina diskontinuiteta	> 20 m	0	
- zijev	0.1 - 1.0 mm	4	
- hrapavost	hrapave	5	
- ispuna	tvrdi <5mm	5	
- rastrošenost	blago rastrošeni	5	
Uvjeti stanja podzemne vode	vlažno		8
Popravak za orijentaciju pukotina (povoljno)			-5

Za promatranu stijensku masu → RMR=43 bodova → GSI=RMR-5=43-5=38



Tablica 2. Proračun parametara stijenske mase [10].

Hoek-Brown-ov kriterij	Određivanje raspona anvelope sloma	Parametri stijenske mase
GSI = 38	$\sigma_{3,max} = 0.46$ MPa	$\sigma_c = 1.422$ MPa
$\sigma_{ci} = 40$ MPa	Primjena: kosine	$\sigma_t = 0.061$ MPa
D = 0.1	$\gamma = 0.026$ MN/m <sup>3</sup>	$\sigma_{cm} = 5.063$ MPa
mi = 8	Visina kosine: 20 m	$E_m = 6084.44$ MPa
<b>Hoek-Brown-ovi parametri</b>	<b>Mohr-Coulomb-ovi parametri</b>	
s = 0.00143	c = 0.272 MPa	
m <sub>b</sub> = 0.938	$\varphi = 50.07^\circ$	
a = 0.509		

Za potrebe proračuna globalne stabilnosti, odabrani su parametri kohezije i kuta unutarnjeg trenja sloja:  $c'_k = 270$  kPa,  $\varphi'_k = 50^\circ$  i  $\gamma = 26$  kN/m<sup>3</sup>.

#### 4.2. Definiranje parametara čvrstoće nasipa (GS 2)

U vršnom dijelu javlja se zona *nasipnog materijala postojeće prometnice*. Za potrebe proračuna globalne stabilnosti, odabrani su parametri kohezije i kuta unutarnjeg trenja sloja [11]:  $c'_k = 1$  kPa,  $\varphi'_k = 35^\circ$  i  $\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup>.

Za potrebe proračuna globalne stabilnosti, odabrani su parametri kohezije i kuta unutarnjeg trenja nasipa od kamenog materijala:  $c'_k = 0$  kPa,  $\varphi'_k = 35^\circ$  i  $\gamma = 20$  kN/m<sup>3</sup>.

### 5. POTREBNA DULJINA SIDRENJA I VLAČNA ČVRSTOĆA ARMATURE ZASIPA

Za nasip od armiranog tla, prema normalnom poprečnom presjeku (Slika 3.), u nastavku je dan proračun svojstava potrebnih za odabir i postavu Terramesh sustava – duljine sidrenja i zadovoljavanja uvjeta vlačne čvrstoće.

- (i) ULAZNI PODACI za nasip od armiranog tla  
 $\gamma = 20.0$  kN/m<sup>3</sup>;  $c = c_k = 0$  kPa;  
 $\varphi = \varphi_k = 35^\circ$ ;  $\delta \approx \varphi_k = 35^\circ$  (uklještenje – u mrežu) ;  
 $K_A = \text{tg}^2 (45^\circ - \varphi_k/2) = 0.27$
- (ii) PRORAČUN ZA ZID VISINE H = 9 m, izveden u 6 slojeva visine po 1 m + 6 slojeva visine po 0.5 m

Prema navodima proizvođača [4] proračunska vlačna čvrstoća mreže Terramesh sustava iznosi  $T_{v,d} = 26$  kN/m'. Opterećenje koje prihvaća armatura svakog reda treba biti manja od proračunske nosivosti. Vlačna sila u svakom redu armature je određena prema:

$$T_i = (z_i + z_{i-1}) \cdot 0.5 \cdot \gamma \cdot K_A \cdot (z_i - z_{i-1}) \quad (3)$$

a izračun po svim visinama je prikazan u tablici 3.





Tablica 3. Vlačna sila u svakom redu armature

z (m)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
$T_i$ (kN/m')	2,70	8,10	13,50	18,90	23,30	28,70*	16,88	18,23	19,58	20,93	22,28	23,63

\* - vrijednost je prihvaćena jer je razlika do proračunske nosivosti do 10% što faktor sigurnosti može pokriti, a opterećenje je izračunato za konzervativno prihvaćene parametre zasipa.

Najveće opterećenje javlja se u najdonjem sloju i za gabion visine 0.5 m iznosi:

$$T = H_{max} \cdot \gamma \cdot K_A \cdot h_i = 8.75 \cdot 20 \cdot 0.27 \cdot 0.5 = 23.6 \text{ kN/m}' < T_{v,d} = 26 \text{ kN/m}' \quad (4)$$

Duljina sidrenja armature izvan plohe loma/aktivnog klina -  $l_{ei}$ , duž gornjeg ruba sloja  $i$ , potrebna da se ostvarenim obostranim trenjem  $2 \cdot N \cdot \tan \delta$  prihvatiti sila  $T$ :

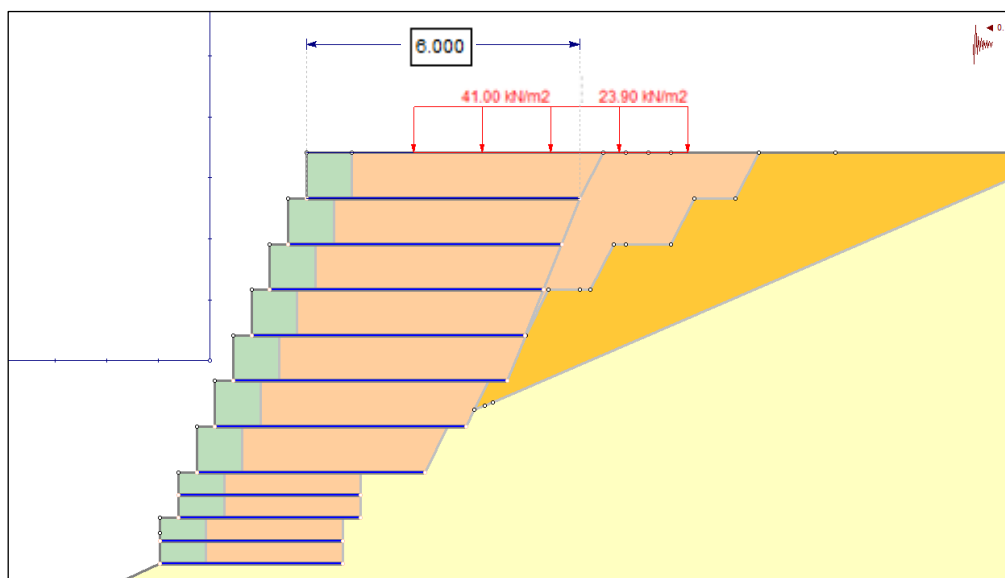
$$l_{ei} \geq \frac{T \cdot \gamma_{G;dst}}{2N \cdot \tan \delta \cdot \gamma_{G;stb} \frac{1}{\gamma_{R;h}}} = \frac{23.6 \cdot 1.0}{2 \cdot 9 \cdot 20 \cdot \tan 35^\circ} = 0.09 \text{ m} \quad (5)$$

(iii) USVOJENA UKUPNA DULJINA ARMATURE (geomreže)

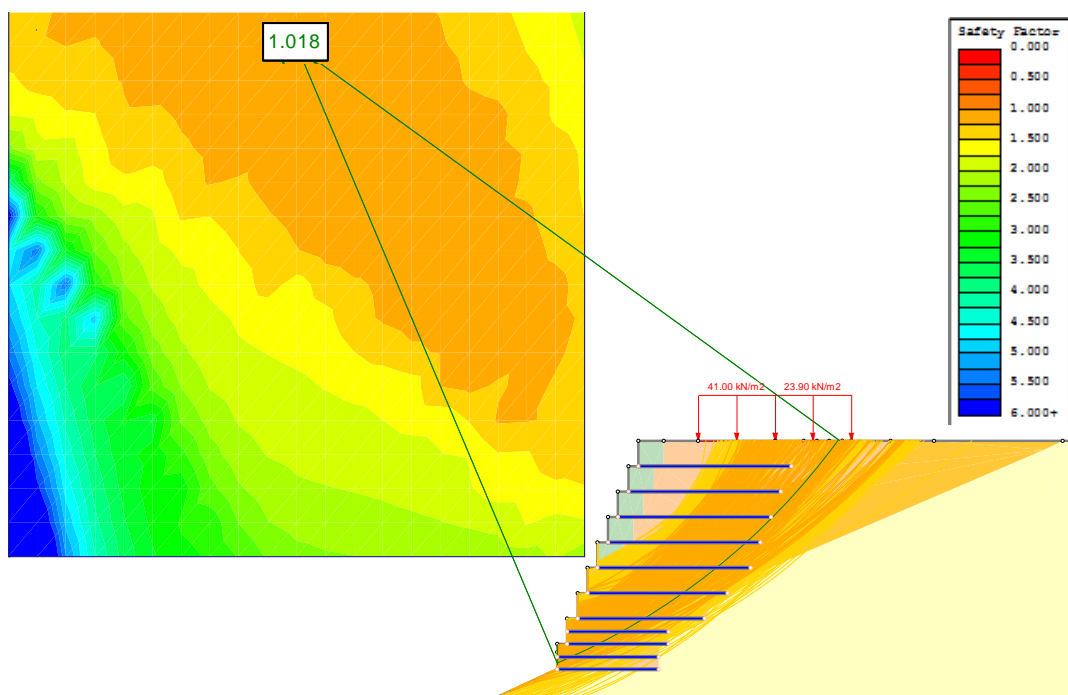
usvojeno:  $l_{ui} = 2.0 \text{ m}$  u svim presjecima,  $i = 1 - 11$

## 6. PRORAČUN GLOBALNE STABILNOSTI

Analiza stabilnosti potporne konstrukcije izvršena programskim paketom Rocscience Slide 7.0 [9] na modelu prikazanom na slici 6. U proračunu je pretpostavljen kružni lom, također u okviru metode granične ravnoteže, uz usvajanje metode Bishopa. Proračun je proveden uz automatsko traženje kritične klizne plohe (s najmanjim faktorom sigurnosti) za definirane rubne uvjete.



Slika 6. Geometrija konstrukcije nasipa od armiranog tla korištenog u modelu analize globalne stabilnosti



Slika 7. Kontrola stabilnosti konstrukcije nasipa od armiranog tla s Terramesh sustavom (kritična kombinacija opterećenja: vlastita težina + prometno + potres)

U analizama su korištene proračunske vrijednosti kohezije i kuta unutarnjeg trenja, reducirajući karakteristične vrijednosti parametara tla prema PP3.

Za definiranje stabilnih zasjeka i usjeka u stijenama koriste se dva pristupa. Prema prvom, analiziraju se potencijalni lomovi po kartiranim sustavima pukotina. Prema drugom pristupu, stijena se promatra kao kvazihomogena sredina s parametrima čvrstoće ovisnim o vrsti stijene i stanju stijenske mase te normalnom naprezanju.

Analizom globalne stabilnosti (Slika 7.) za izvanrednu situaciju opterećenja (vlastita težina + prometno opterećenje + potres), dobiven je faktor sigurnosti  $F_s=1.018 > F_{smin}=1.0$ , stoga je uvjet stabilnosti zadovoljen.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana su glavna razmatranja i slijed proračuna gabionskog zida s armiranim zasipom. Iako se na području Dalmacije još uvijek preferiraju armirano betonske potporne konstrukcije, na ovom primjeru, odabirom gabionskog zida i usporedbom s razmotrenim betonskim zidom, uočene su sljedeće prednosti:

- po cijeni je oko 30% jeftiniji od betonskog armirano-betonskog zida iste visine,
- logistički manje zahtjevna izgradnja (sve se radi „u suho“ bez oplata),
- nije potrebno raditi drenažni sustav jer je sam zid vodopropustan,
- opterećenje na padini je manje zbog manje težine konstrukcije od armiranog tla,
- veća je sigurnost na klizanje same padine (temeljne podloge).

U kontekstu Dalmatinskog podneblja s tradicionalnom suhozidskom izgradnjom [12], nije zanemarivo istaknuti autohtonost i izvrsno uklapanje u okoliš mediteranskog krajobraza.



## LITERATURA

- [1] Babić, M.: *Potporna konstrukcija s Terramesh sistemom*, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2015.
- [2] Marinčić, S., Korolija, B., Majcen, Ž.: *Osnovna geološka karta - Tumač za list Omiš*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1969.
- [3] HRN EN 1998-1: 2011/NA: 2011. Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade - Nacionalni dodatak
- [4] Werkos d.o.o.: *Terramesh sustav – specifikacije i ugradnja*, Werkos d.o.o., Osijek, 2003
- [5] HRN EN 1997-1:2012/NA:2016. Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila -- Nacionalni dodatak
- [6] HRN EN 1998-5: 2011/NA: 2011. Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja - Nacionalni dodatak
- [7] HRN EN 1991-2:2012. Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - 2. dio: Prometna opterećenja mostova (EN 1991-2:2003+AC:2010)
- [8] DIN-Fachbericht 101:2009-03, Einwirkungen auf Brücken.
- [9] Rocscience, Inc., Slide 7.0, *2-Dimensional Limit Equilibrium Slope Stability Analysis Software*, Toronto, Ontario, 2017.
- [10] Hoek, E., Carranza-Torres, C., Corkum, B.: *Hoek–Brown Failure Criterion—2002 Edition*, Rocscience, 2002.
- [11] Vlastelica, G., Mišćević, P., Pavić, N.: *Testing the shear strength of soft rock at different stages of laboratory simulated weathering*, Građevinar, 2016, 68 (12), 955-966.
- [12] Roje-Bonacci, T., Mišćević, P.: *Sanacija odrona na padini kod Živogošća*, Građevinar, 1999, 51(7), str. 459-463.