

# САНАЦИЈА ОДРОНА У МЕСТУ РАЛЕНОВИЋИ НА РЕГИОНАЛНОМ ПУТУ Р-116, УШЋЕ-ИВАЊИЦА, ДЕОНИЦА: САВОШНИЦА - РИБЊАК

Петар Митровић, Ненад Басурић, Милован Јотић, Ведрана Лазић, Владан Влајковић

*Институт за ишће, а.г., Београд, Србија*

Слободан Недељковић,

*Geo - In International, Beograd*

**Резиме:** У раду је приказано пројектно решење великог одрона у клисури реке Студенице у лето 2006. г. Одрон је потпуно уништен и закривао пут Р-116, Ушће - Ивањица на дужину од око 190 м и угрозио ток реке. Предвиђа се, по први пут код нас, санирање одрона изградом геотехничке конструкције од анкераних габиона по систему „Terramesh“. Геотехничка конструкција изградена и узрок настанка одрона описују се у чланку. Технологија изградње геотехничке конструкције и принципи прорачуна стабилности дају се у раду.

**Кључне речи:** одрон, санација, клизиште, габиони, „Terramesh“

## REHABILITATION OF SLUMPIN SETTLEMENT RALENOVIĆI ON REGIONAL ROAD R-116, UŠĆE –IVANJICA, SECTION: SAVOŠNICA - RIBNJAK

**Abstract:** This paper presents design solution of large slump in the gorge over river Studenica in summer 2006. Slump completely destroyed and buried road R-116, Ušće - Ivanjica in length of 200 m and jeopardized river flow. Rehabilitation of land slide by construction of supporting structure made of anchored gabions under the system „Terramesh“ is forecast for the first time in Serbia. Geotechnical structure of the field and cause of landslide are described in the article. Construction technology of supporting structure and principle of calculation of stability are also presented in this paper.

**Key words:** slump, rehabilitation, land slide, gabions, „Terramesh“

### 1. УВОД

На регионалном путу Р-116, Ушће – Ивањица, деоница: Савошница – Рибњак у месту Раленовићи, почетком јула 2006. год. је дошло до одрона велике количине стенских маса, затрпавања наведеног пута на потезу дужине 190 м и потпуног прекида саобраћаја између наведених места, јер алтернативни путни праваци не постоје. Том приликом се у зони десне долинске стране реке Студенице оформио одрон димензија 190x170 м, површине око 3.5 ha, са реалном могућношћу његовог проширења и продубљења на околне делове терена, сличне геолошке грађе. Цео процес одроњавања се обавио за неколико сати, при чему су хоризонтална померања у зони пута била реда величине 20 - 30m. Рачунски добијена запремина покренутих стенских маса износи око 400.000 m<sup>3</sup>, а евентуалним проширењем и продубљењем процеса одроњавања на делове терена потенцијалне угрожености истоветне или сличне геолошке грађе у подлози или непосредном окружењу, запремина покренутих стенских маса могла би се повећати за још око 200.000 m<sup>3</sup>. То значи да би укупна количина покренутих маса у одређеним неповољним условима могла да износи око 600.000 m<sup>3</sup>. Одроњеним и нагомиланим материјалом корито реке Студенице је на простору одрона сужено и делимично затрпано, тако да је на два места њен ток скоро пресечен, а корито реке се свело на ширину 3 - 4 м.

Прекид саобраћаја је изазвао велике проблеме становништву у том региону. Потпуно су заустављене привредне, друштвене, културне и социолошке активности. Да би се наведени проблеми бар делимично ублажили и да би се обезбедио макар и отежани саобраћај наведеним потезом, током јесени 2006. год. је урађено привремено решење успостављања саобраћаја. Привремени пут је постављен преко тела одрона, без већих стабилносних осигурања, са ограниченом употребом. Пут је урађен као привремено решење, без поштовања прописа о градњи путева. Рок коришћења привременог решења пута је ограничен до септембра 2007. год.

Панорамски изглед одрона одмах по његовом формирању, као и размере стенских маса обрушених на пут, могу се сагледати сликама бр. 1 и 2.

Из наведених разлога санација одрона треба да се што хитније обави, успостави нормалан ток реке и омогући природни развој фауне и флоре реке, што је и еколошка обавеза.

Санација одрона, према пројектном задатку, треба да обухвати стабилизацију новонасталог терена, изради пут десном долином страном реке преко одрона и реци поврати ток, који је имала пре формирања одрона.

Пре израде главних грађевинских пројеката санације одрона Пројектант је, на захтев Инвеститора, урадио три Идејна решења као могућности санације одрона. Прво санационо решење је предвиђало за главну санациону меру израду потпорне конструкције од анкерованих габиона. Друго санационо решење је могућност израде АБ потпорне конструкције анкероване пластичном арматуром. Треће санационо решење је могућност израде потпорне АБ конструкције постављене на АБ шиповима. На основу урађених идејних решења, предрачунске вредности радова, повољније технологије рада, итд. Инвеститор је одлучио и наложио Пројектанту да уради два Главна грађевинска пројекта санације одрона. Први пројекат би обрадио санационо решење са израдом потпорне конструкције од анкерованих габиона по систему *"Terramesh"*. Други пројекат се односи на израду потпорне конструкције од АБ (армираног бетона). У овом раду се даје приказ решења санације одрона израдом потпорне конструкције од анкерованих габиона.

## 2. ГЕОТЕХНИЧКА СВОЈСТВА ОДРОНА

### – Методологија истраживања

На простору оформљеног одрона претходних истраживања није било. Због изразите неприступачности терена, пошумљености, врло стрмих нагиба падина и немогућности израде прилазних путева на одрону, који и даље „ради“, а који би иницирали нове покрете стенских маса несагледивих последица и размера, одлучено је да се приступи истраживањима, која не угрожавају већ нарушену стабилност терена. У ту сврху је предложено детаљно инжењерскогеолошко картирања терена, на топографској основи 1:500, а потом спровођење геофизичких геоелектричних испитивања, методом геоелектричног сондирања терена.

### – Морфолошка својства и геолошка грађа простора одрона

У морфолошком погледу терен шире околине одрона припада високим планинама динарског појаса, односно северним обронцима планине Радочело. Преовлађују стрме падине, изнад којих доминира врх „Крст“ са надморском висином 1079 m н.в. Нагиби падина, које су северне експозиције, на простору одрона и његовог окружења варирају у границама 35 - 40° и спадају у стрме, а терен у планински. Апсолутне коте ножице и чела одрона износе 525 - 650 m н.в. Локално су падине, на мањим потезима, блаже или стрмије, местимично субвертикалне. Чеони оживљак одрона је јасно изражен са скоком од 28 - 30 m, нагиба 55 - 60°, а местимично је он блажи или стрмији, у зависности од геолошке грађе микролокације.



*Слика 1. – Панорамски изглед одрона, одмах по његовом насипанку*



*Слика 2. – Размере стѐнских маса обрушених на њуѝ*

Општи поглед на геолошку грађу ширег простора одрона на подручју места Раленовићи, односно на десну долињску страну реке Студенице, одражава дојам изузетне разноврсности стенских маса, које граде наведени простор. Оне припадају нижем делу „Радочелске свите“, као дела „Студеничке серије“.

Нижа „Радочелска свита“ студеничке серије, пружања од југоистока ка северозападу, је изграђена од шкриљаца, представљених филитима и аргилошистима, са подређеним појавама актинолит - хлорит - епидотских шкриљаца. Лежи између серпентинита у подини и карбонатске групе, представљене мермерастим кречњацима у повлати, чија дебљина према литературним подацима, износи око 20 m. Мермерасти кречњаци се прослојавају са шкриљцима, тако да испод и преко карбонатног уклопка, леже поново шкриљци.

Шкриљци су углавном без трагова ситног борања, најчешће приближно хоризонтални или нагињу према југоистоку. Интензивно су испрскали и испуцали, на појединим деловима одрона, са констатована 3 - 4 система пукотина различитог зева, од стиснутих до зјапећих, без испуне, са глиновитом или глиновито - дробинском испуном. Према степену испрскалости и испуцалости стенске масе, подељени су у две зоне - интензивно испрскалу и испуцалу ( $S''$ ), односно ослабљену зону ( $S'$ ).

*Прва зона ( $S''$ )*, је прслинама и пукотинама, односно процесима површинске дезинтеграције стенских маса, издељена на монолите (cm) до (dm) димензија, уз присуство глиновито - прашинасто - песковитих честица. Интергрануларне је до пукотинске порозности, слабо водопрпусна до водонепрпусна. Констатована је, како у повлатним деловима терена тако и у подини одрона и представља, напред поменућу зону, на коју је могуће продубљење процеса одроњавања, тј зону потенцијалног одрона, односно потенцијалног клизног тела ( $K_p$ ).

*Друга зона ( $S'$ )*, геоелектричним сондирањем и инжењерскогеолошким картирањем терена констатована непосредно испод зоне ( $S''$ ), је релативно свежија, мање испуцала, најчешће блоковски издељена, са пукотинама мањег зева, са или без испуне. Пукотинске је порозности, врло мале водопрпусности до практично водонепрпусна са улогом хидрогеолошког изолатора.

Контакт прве и друге зоне представља потенцијалну површину одроњавања - клижења ( $K_p$ ), до које је евентуално могуће продубљење одрона.

Мермерасти кречњаци су заступљени у челу и боковима одрона или у повлатним деловима терена у његовом окружењу. То су стенске масе настале метаморфозом чистих и лапоровитих кречњака, масивне структуре, претежно беле боје, прслинско - пукотински издељене на монолите сантиметарских, дециметарских до метарских димензија. Према степену испрскалости и испуцалости стенске масе, такође су сврстане у две зоне, различитих геотехничких карактеристика - интензивно испрскалу и испуцалу ( $K''$ ), односно ослабљену зону ( $K'$ ).

*Прва зона ( $K''$ )*, је претежно издељена на монолите (cm) до (dm) димензија ређе крупно блоковски. Пукотине су стиснуте до зјапеће, хрпаве, без оријентисане правилности у начину појављивања, без испуне, са глиновитом или глиновито - дробинском испуном. У природним условима средина је условно стабилна до нестабилна, јер су падине на којима је образована, местимично стрмих нагиба, предиспониране за појаву осулина и одрона на њима.

Са порастом дубине и смањењем испуцалости стенске масе, интензивно ослабљена зона мермерастих кречњака постепено прелази у релативно свежију – ослабљену зону ( $K'$ ). Средина је у природним условима углавном стабилна, а у условима високих и стрмих усецања су могуће нестабилности у виду откидања, дробине, самаца и блокова. Обе зоне су пукотинске порозности, добре водопрпусности, са могућношћу формирања издани само на већим дубинама.

*Тело активної одрона ( $K_a$ )* чине дробина, самци и блокови шкриљаца, односно мермерастих кречњака, са присуством глиновите компоненте до око 15-20% у маси. Стенске масе су хаотично измешане, различитих димензија, које варирају од честица глине, преко дробине и самаца, до блокова запремине неколико ( $m^3$ ) до неколико десетина ( $m^3$ ). Петрографски састав одрона углавном одговара саставу стенских маса из подлоге терена, а својим мањим делом стенска маса је транспортована из хипсометријски виших делова терена. Према хидрогеолошкој функцији средина је интергрануларне порозности са функцијом хидрогеолошког колектора - спроводника.

Површинске делове терена на простору непосредног окружења одрона чине дробина, самци и блокови шкриљаца и мермерастих кречњака делувилалног генетског прекла ( $d^{dr.g}$ ), измешани са прашинасто - песковитом глином. Средина је различите дебљине слоја, која варира у широким границама, од 1 па до око 20 m. интергрануларне порозности са функцијом хидрогеолошког колектора - спроводника. Представља делове терена на које је могуће проширење процеса одроњавања.

Непосредни поводи настанка одрона - клизишта су вишеструки:

- Велика разноврсност геолошке грађе и тектонизираност стенске масе.
- Дебеле наслаге дробине, самаца и блокова разнородних шкриљаца и мермерастих кречњака, измешаних са глиновитим материјалом.
- Стрми до врло стрми нагиби падина.
- Дуг период кишних падавина у садејству са топљењем снега, одмрзавањем и замрзавањем, нарочито изражени током 2005 – 2006. год..
- Утицај подземних вода процедурног карактера.
- Водозасићење стенских маса одрона површинским водама из сеоских домаћинстава у залеђу, које гравитирају ка клизном телу и засићују га.

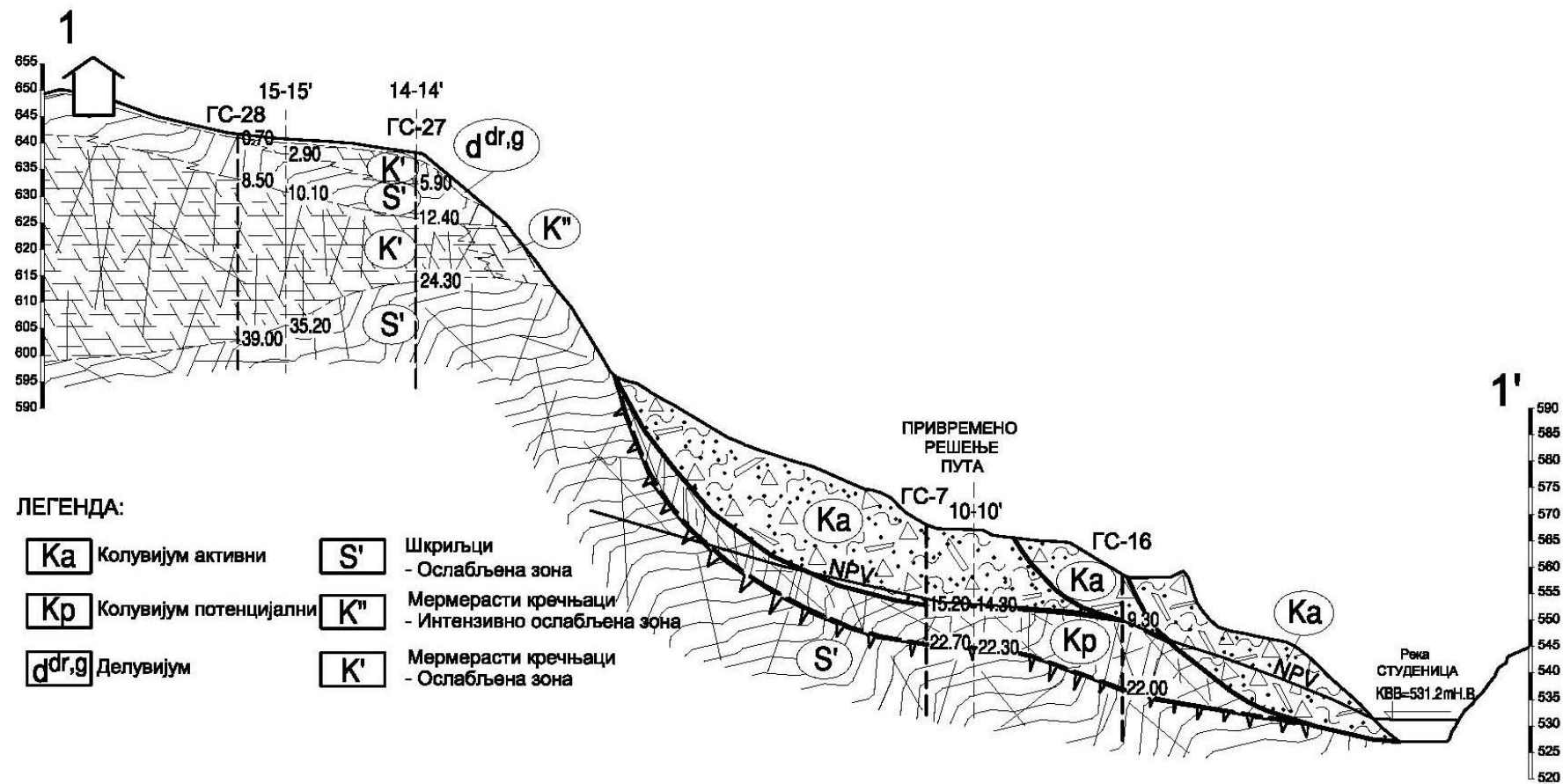
Просечна дебљина покренутих стенских маса ( $K_a$ ), утврђена на основу геоелектричног сондирања, варира у границама 12 - 15 m, при чему треба имати у виду могућност продубљења процеса одроњавања - клижења, на потенцијално угрожене делове терена ( $K_p$ ) у подлози, просечне дебљине 10 - 12 m, што даје укупну дебљину нестабилног - лабилног терена до око 30 m.

Сликом бр. 3 је приказан карактеристичан геотехнички пресек терена 1 - 1' кроз тело одрона, у правцу највећег пада, док је сликом бр. 4 (поглавље „Санационе мере“) приказана ситуација одрона са положајем габионске потпорне конструкције и карактеристичним геотехничким пресеком терена 1 - 1'.

### 3. САНАЦИОНЕ МЕРЕ

Одроњене масе стене и ситнијих минералних творевина запремине око 400.000  $m^3$ , односно пукотински издељена и здробљена стенска маса потенцијалне угрожености, запремине око 200.000  $m^3$ , (што укупно чини количину од око 600.000  $m^3$ ), просечне просечне дебљине око 25 m<sup>1</sup>, која, цени се, садржи око 60-70% стенске масе, док других ситнијих творевина има око 30-40%, заузела је после одроњавања стабилан морфолошки положај. Прорачунима стабилности, на најкритичнијим пресецима одрона, најкритичнијим површинама клижења слојевима и најнеповољнијем нивоу реке Студенице, утврђено је да се при граничној равнотежи (фактору сигурности  $F_s = 1,000$ ) добија условни угао унутрашње отпорности од 34°. Геоелектричним методама и експертском проценом, рекогносцирањем терена, утврђено је да одрон поседује чврсту стенску масу 60-70 %, што указује да одроњена маса у свом телу поседује min. просечан угао унутрашње отпорности око 45°, што је веће од условног угла унутрашње отпорности 34°, тј. фактор сигурности је:

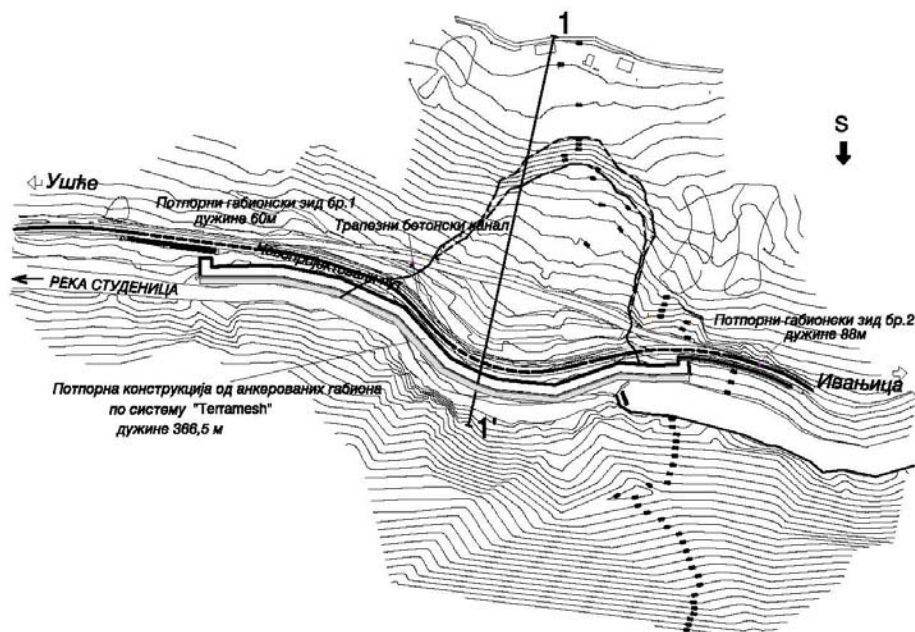
$$F_s = \frac{45^\circ}{34^\circ} = 1,323$$



Слика 3. – Карактеристичан геотехнички пресек терена кроз шело одрона

На основу наведене анализе стабилности утврдили смо да се одроњена стенска маса налази у равнотежи и може примити и поднети терет пута и саобраћаја уз додатне сигурносне мере. Те мере се односе на постављање новог пута преко одрона са што мањим земљаним радовима, односно, што нижим насипима и што плићим усецима. Ножица одрона треба бити осигурана потпорном конструкцијом, која ће подину одрона штитити од ерозије и суфозије реке Студенице и обезбедити тражену ширину реке на делу одрона - клизишта, која је сада угрожена и недовољна. Планирање и равнање површине одрона је такође потребна мера стабилизације, као и израда отвореног канала за прихват површинских вода.

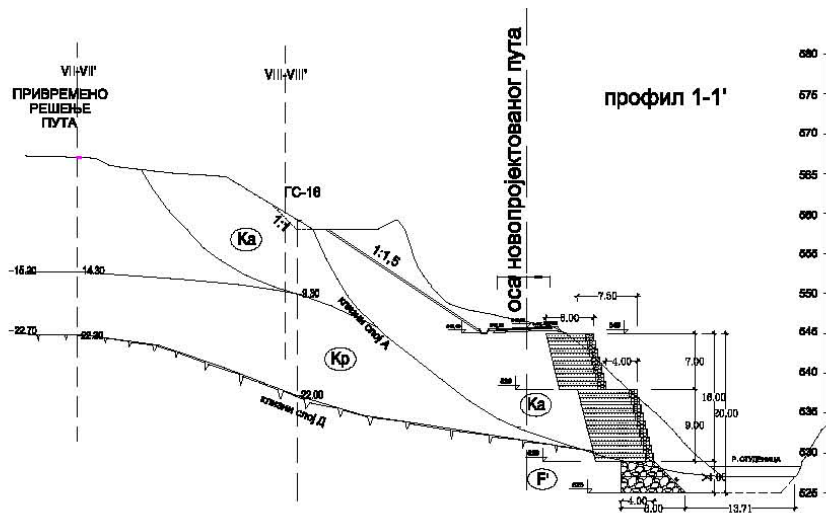
На основу горе изнетог прва и основна санациона мера је израда потпорне конструкције. Предвиђа се да се она уради од анкерованих габиона по систему „Terramesh“. Ситуациони положај габионске потпорне конструкције одређен је захтевом Хидротехничке анализе тока реке Студенице на делу одрона, урађене од Института „Јарослав Черни“. У анализи се захтева да корито реке Студенице у дну буде ширине 12 m`. Дужина потпорне конструкције је 366,5 m` (слика 4). Висина конструкције је од 12 до 16 m`.



Слика 4. – Ситуација одрона са положајем габионске потпорне конструкције и геотехничким пресеком ширена 1 – 1`

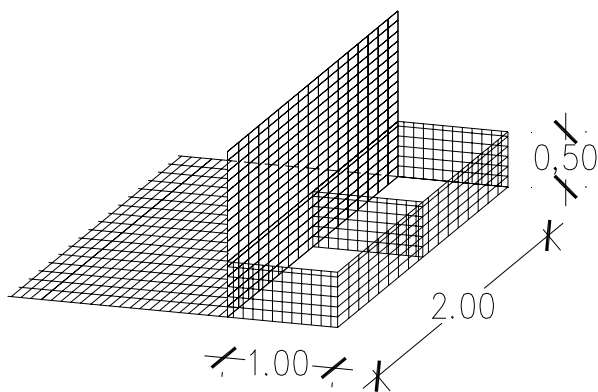
Потпорна конструкција, у висинском смислу, је одређена да хипсометриски покрије ископану косину одрона, па је зато морала бити израђена је у два дела. Први, доњи део је висине 9 m`, а други, тј. горњи висине 3 – 7 m`. Између два дела пројектована је берма ширине 4 m`, ( Сл. 5. Попречни пресек потпорне конструкције).

Анкеровани габиони представљају систем од габиона димензија 0,50×1,00×2,00 m`, који се анкерују челичном жичаном мрежом у масу новоизрађеног тла иза габионске облоге, (Сл.6. - Детаљ габиона). Анкери су спојени са габионима и они одржавају габионску облогу у равнотежи. Дужине анкера у доњем делу потпорне конструкције је 7,50 m`, а у горњем 6,00 m`. Она се дели на слободни део, који трпи затезање и део који се сидри. Сидрени део од слободног дела дели се *Coulomb*-овом линијом. Слободни део је ка габионској облози, а сидрени део је ка брду и сидри се у маси новог насипа. Сидрење се постиже трећем између жичане мреже и новоизграђеног насипа. Насип се гради од континуално гранулираног дробљеног минералног агрегата, величине зрна од 10 - 80 mm.



Слика 5. - Појречни пресек и појорне конструије

Кошеви габиона праве се од шестостране или квадратне челичне мреже, са двоструким завојем, од челичних жица затезне чврстоће  $550 \text{ N/mm}^2$ , дилатације при истежању 10%. Жице су пречника 3,0 mm. поцинковане са 290 gr цинка по  $\text{m}^2$ , или челичне жице галванизиране легуром *Galfan* (95% цинк, 5% алуминијум и мишметал). Ободи габионских кошева се ојачавају поцинкованом челичном жицом већег пречника од жице мреже. Стране габионских кошева, као и кошеви између себе, било хоризонтално или вертикално, повезују се прстеновима од нерђајућег или поцинкованог челика. Пречник прстена је 3,05 mm, а поцинкован је са 280  $\text{gr/m}^2$  цинка. Прстенови се постављају, на хоризонталном или вертикалном размаку од 20 cm, ручно механичком или хидрауличком справом, специјално израђеном за ову врсту посла. Анкери се раде од исте челичне мреже од које се граде и кошеви са истим димензијама отвора окаца и начином повезивања.



Слика 6. – Дејал габиона - габионски кош (аксонометрија)

Ломљен камен који се примењује као испуна габиона треба да поседује следећа својства:

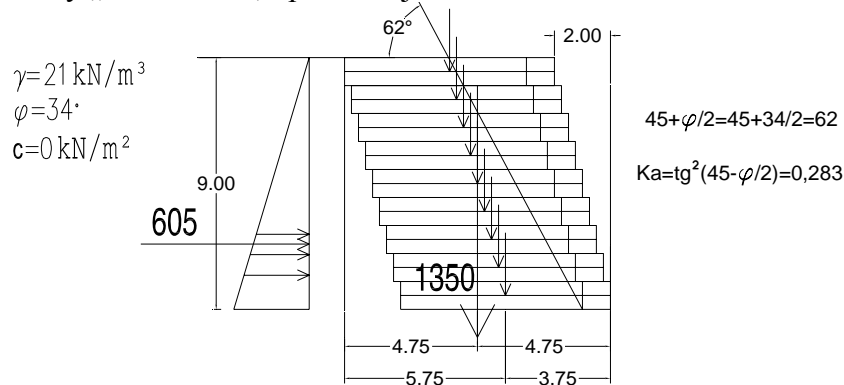
- величину зрна 10 - 25 cm, пожељна је континуална гранулација;
- запреминску масу са шупљинама  $22 \text{ kN/m}^3$ ;
- упијање воде min. 1%;
- чврстоћу на притисак у водозасићеном стању min. 100 MPa;
- отпорност на провлажавање и дејство мрза М-50, према једном од светски признатих стандарда.

Туцаник од кога се ради насип иза габионске облоге и у кога се постављају анкери треба да поседује следећа својства:

- величине зрна 0 – 80 mm;
- континуалну гранулацију, са коефицијентом једноличности  $C_U > 4$  и коефицијентом закривљености 1 - 3;
- опит CBR-а  $> 25\%$ ;
- модул стишљивости  $M_v > 50.000$  kPa;
- запреминску масу у збијеном и сувом стању, преко  $18 \text{ kN/m}^3$
- муљевитих честица мање од 3%.

Габиони се ређају два по два један на други са размаком од 25 cm. Они се континуално сидре у насипу, који се континуално гради пратећи израду габионске облоге.

Функција габионске сидрене потпорне конструкције је да прими оптерећења притиска тла и стена са стране брда и прнесе их на некретане делове терена, испод клизног слоја. Модел за обављање геостатичког прорачун стабилности потпорне конструкције од габиона по систему „Terramesh“, приказан је на слици 7.



Слика 7. – Модел за геостатички прорачун стабилности потпорне конструкције

Максимална сила која делује на потпорну конструкцију је добијена анализом стабилности за две критичне површине клижења у критичном попречном профилу, за два нивоа воде,  $\max$  и  $\min$ , реке Студенице, по методи *Janbu*-а и методи по *Coulomb*-у. Добијена је  $\max$  сила притиска тла од  $E = 600 \text{ kN/m}^2$ . За наведену силу прорачуната је стабилност потпорне конструкције на спољне утицаје (стабилност на translацију, стабилност на ротацију, контрола напона на споју потпорне конструкције са хидротехничком паралелном грађевином). Екстерна контрола стабилности на спојници потпорне конструкције са хидротехничком грађевином дала је следеће резултате:

- стабилност на translацију:  $F_S^{TR} = 1,57$
- стабилност на ротацију:  $F_S^{RT} = 3,69$
- контрола напона на спојници потпорне конструкције и паралелне хидротехничке грађевине:  
 $\sigma_1 = 221,6 \text{ kPa}$ ,  $\sigma_2 = 138,4 \text{ kPa} < \sigma_{DOZ} = 450 \text{ kPa}$

Унутрашња стабилност потпорне конструкције проверена је на однос сила трења створена између анкера и насипа и силе носивости мреже за анкеровање у односу на силу притиска тла  $E = 600 \text{ kPa}$ . Добијени су резултати:

- стабилност носивости мреже  $F_{S.NOS.MR.} = 1,45$
- стабилност у односу трења и силе притиска тла  $F_{S.TRENJ.} = 17,3$

Из наведених приказа види се да је потпорна конструкција од анкерованих габиона стабилна на спољне и унутрашње утицаје.

Потпорна конструкција се темељи на новоизрађеној хидротехничкој паралелној грађевини од ломљеног камена величине комада 100 до 800 mm. Хидротехничка грађевина је облика правоугаоног трапеза, висине 4-4,50 m, ширине страна 4 и 8 m. Она се ради уместо ископаног аутохтоног тла и стенске масе, недовољног квалитета. Ископ се обавља до самоникле стене у кориту реке. Кад се ископ, некавалитетног аутохтоног тла обави, уместо њега, ставља се маса квалитетног ломљеног камена, како је техничким условима предвиђено. Камен се производи на градилишту од стена прикупљених на одрону. Хидротехничку грађевину радити насипањем камена, без збијања.

Контрола стабилности потпорне конструкције и паралелне хидротехничке грађевине обављена је на транслацију и ротацију. Добијени су резултати:

– стабилност на транслацију:  $F_s^{TR} = 1,58$

Из наведених приказа закључује се да је потпорна конструкција на споју са паралелном хидротехничком грађевином и на споју са аутохтоним тлом заједно са хидротехничком грађевином стабилна.

При изради потпорне конструкције нарочиту пажњу потребно је посветити широком ископу тла и одроњених комада стене на косини и ископу самониклог терена за израду хидротехничке грађевине. Поштујући захтев у хидротехничкој анализи да корито реке Студенице, у дну мора минимално бити 12 m, изазива велике ископе на десној косини реке. Зато се ископ треба радити синхронизовано са осталим санационим радовима. Он се не сме извршавати брже од радова који га прате (израда хидротехничке грађевине, израда потпорне конструкције, анкеровања, израде насипа иза габиона, итд.). Несмотрен ископ може изазвати нове одроне и угрозити средства рада и повреде радника. Зато је потребно поклонити пажњу ископу.

Следећа санациона мера је равнање и планирање површине одрона. Ова мера има циљ да поравна површину терена, да избочине и депресије на терену изнивелише, тако да спречи неравномерно оптерећење на одрону, које би могло изазвати неједнако деформисање површине одрона и евентуална секундарна кретања стенских маса. Поравнате површине одрона правилније ће спроводити површинску воду низ косину одрона до отвореног канала и смањити количину воде која понире у тело одрона и изазива притиске.

При планирању површине одрона потребно је крупне комаде стена (величине преко 0,50 m<sup>3</sup>) батарисати, тј. разбијати у ситније комаде механичким путем или лаким минирањем.

Израда отвореног бетонског канала је санациона мера која има циљ да површинске воде, које се сливају низ падину одрона прихвати и одведе ван тела одрона. Овим се спречава продор већих количина воде у тело одрона.

Радове на изради доњег строја пута треба радити паралелно са планирањем и батарисањем на површини одрона.

#### РЕФЕРЕНЦЕ:

1. ОГК 1:100 000, *лист Ивањица и Тумач за лист*
2. Симић В.: *Геолошке прилике у области Студенице*
3. Рокић Ј., Вујанић В.: *Падине*
4. *Елаборација о геоелектричном сондирању терена*, „Гео - Ин Интернационал“ – Београд, 2006. год.
5. Прокић С.: *Хидраулички прорачун речног тока Студенице у зони клизишта*
6. Подаци из документационог центра Института за путеве
7. Проспекти фирме „MACAFERI“
8. Проспекти фирме „WERKOS“ – Осиек
9. Пројектна документација са изградње аутопута Карловац – Сплит