

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ГАБИОНА НА ШУМСКИМ ПУТЕВИМА

МИЛОРАД ЗЛАТАНОВИЋ¹

ДУШАН СТОЈНИЋ²

БОГДАН СТЕФАНОВИЋ³

Извод: У раду је приказана могућност примене габиона као подужних геотехничких конструкција за потребе заштите косина усека и насипа на шумским путевима, као и економска и еколошка оправданост њихове примене. Габиони су жичани кошеви од хексагоналне мреже који се најчешће пуне каменитим материјалом доступним на месту уградње. Поред значаја у заштити нестабилних косина, габиони се могу користити и као заштита насипа од подлокавања, заштита обалних ослонаца мостова и као прелази преко потока и плитких река на шумским путевима где уградња цевастих пропуста није економски оправдана.

Кључне речи: габиони, шумски путеви, заштита косина, потпорни зидови.

APPLICABILITY OF GABIONS ON FOREST ROADS

Abstract: This paper presents the possibility of using gabions as longitudinal geotechnical structures for the protection of cut slopes and embankments on forest roads, as well as the economic and ecological justification of gabions. Gabions are wire baskets made of hexagonal mesh, usually filled with stone material available *in situ*. Besides the importance of the protection of unstable slopes, gabions can also be used to protect the embankments from undercutting, as bridge abutment protection, and as crossings over the streams and shallow rivers on forest roads where the installation of culverts is not economically justified.

Key words: gabions, forest roads, slope protection, retaining walls

1. УВОД

Шумски комплекси који су до данас остали неотворени, често су лоцирани на изузетно тешким и неприступачним теренима са великим попречним нагибима. Изградња шумских путева на овим теренима захтева вођење трасе претежно у усеку, што за последицу има високе косине усека. Овакве косине су на шумским путевима нестабилне најчешће, због појаве ерозивних процеса који се манифестују кроз клизање и обурвавање. На основу ранијих истраживања у САД-у, као главни узрочници појаве ерозије у шумама означени су управо шумски путеви (Г р а с е III, Ј., 2000). Ерозивни процеси нарочито долазе до изражаја на стрмим теренима, где површина вештачки створених косина чини преко 50% површине трупца пута.

- 1 др Милорад Златановић, ред. проф., Грађевинско-архитектонски факултет Универзитета у Нишу
- 2 Душан Стојнић, дипл. инж., Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- 3 мр Богдан Стефановић, ЈП „Србијашуме“, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

У практичним решењима геотехничких радова користи се велики број поступака за противерозивну заштиту косина. Према врсти примењеног материјала и технологији извођења, они се генерално групишу у *техничке* и *биолошке* поступке, мада се у пракси често користе и комбинована - *биотехничка* решења (С т е - ф а н о в и ћ , Б. *et al.*, 2009). Циљ примене мера заштите косина није само осигурање њихове стабилности, него и смањење количине земљаних радова, а тиме и смањење непродуктивне шумске површине. Пун ефекат заштите косина постиже се применом потпорних зидова различитих конструкција. Осим за спречавање клизања и обурвавања усека, потпорни зидови се користе и за осигурање косина насипа на стрмим теренима, где је косина насипа приближно паралелна косини терена. Посебну врсту потпорних зидова чине габионски зидови израђени од камена сложеног у жичане кошеве.

Најчешће примењиване мере техничке заштите косина на јавним путевима су градња подужних геотехничких конструкција. На шумским путевима у Србији подизање оваквих конструкција се често избегава због њихове високе цене. Управо са тог, економског, аспекта треба размотрити могућност примене габионских зидова у заштити косина. С обзиром на доступност материјала, посебно у планинским пределима, брзину градње без претходних припремних радова и могућност ангажовања неквалификоване радне снаге, габионски зидови се сматрају једним од најјефтинијих геотехничких конструкција.

У раду је посебна пажња посвећена могућностима примене габионских зидова за заштиту косина на шумским путевима и осигурању њихове стабилности, као и економској и еколошкој оправданости примене габиона. Поред тога, описан је и значај габиона у заштити обалних ослонаца мостова на шумским путевима као и прелаза преко водотока где постављање цевастих пропуста није економски оправдано.

2. ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ГАБИОНА

Габиони, као гравитационе потпорне конструкције, одавно су нашли широку примену у спречавању појаве ерозије на нестабилним теренима, заштити обала и дна водотока, санацији хидротехничких грађевина, санацији клизишта, уређењу лука и др. и представљају економски и еколошки прихватљива решења.

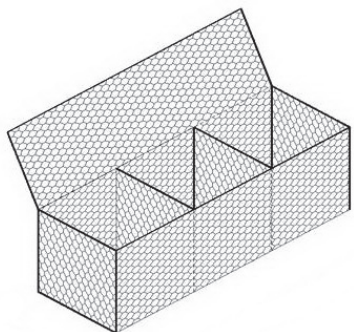
У форми у којој се и данас користе, су први пут употребљени 1893. године за осигурање реке Рено код Болоње у Италији и од тада је њихова употреба временом расла и опадала. Крајем XIX и почетком XX века, габиони су имали широку примену у градњи путева, да би средином XX века били скоро потпуно заборављени и замењени бетонским конструкцијама. Разлог напуштања габиона био је велико учешће физичког рада потребног за формирање жичаних корпи и њихово пуњење каменом. Међутим, крајем XX века уочени су поједини недостаци бетонских потпорних зидова, од којих је најбитнији његова нефлексибилност, тј. немогућност праћења деформација нагиба земљишта, при чему они престају да обављају своју функцију (О s i р о v , А., 1996). То је условило поновно враћање габионским зидовима, чија је производња данас механизована.

Габиони се производе у три основне форме: кошеви, душеци (матраци) и вреће. Кошеви, који се примењују при формирању потпорних зидова, могу бити облика коцке или квадрата. Кошеви и душеци се испоручују расклопљени, у бунтовима или балама, па се на месту уградње монтирају и пуне, док су габионске вреће унапред напуњене и затворене, а на месту уградње допремају се камионима и постављају ауто-дизалицама.

2.1. Конструктивни елементи габиона

Габионски кошеви су структуре израђене од хексагоналне мреже од тешко цинковане жице (260-290 g/m² цинка) или жице галванизоване галфаном (95% цинк, 5% алуминијум), пречника 2,4 mm, 2,7 mm или 3,0 mm, која може бити са PVC облогом као додатном заштитом. Оквири жичаних корпи направљени су од жице истих својстава као и мрежа, али нешто већег пречника. Димензије жичаних кошева варирају у границама од 1×0,5×0,5 m до 4×2×1 m, тј. запремина кошева је од 0,25 m³ до 8,0 m³. Димензије окца жичаног плетива варирају у интервалу од 5×7 cm до 10×12 cm. Сигурност од парања мреже обезбеђују двоструки завоји жице, тако да евентуалним пуцањем жице настају оштећења на габиону локалног карактера, без могућности даљег ширења и пуцања целог габионског коша.

Густина испуњености габиона приближно одговара 60% густине крутих материјала. Тежина једног габиона димензија 1×1 m зависи од врсте каменог материјала којим се габионски кош пуни. Уколико се пуни базалтом, тежина пуног габионског коша је 2.900 kg, тврдим кречњаком 2.600 kg, пешчаром 2.300 kg, меким кречњаком 2.200 kg, туфом 1.700 kg (***, 2007).



Слика 1. Габионски жичани кош
Figure 1. Gabion wire basket



Слика 2. Габионски потпорни зид на шумском путу
Figure 2. Gabions retaining wall on forest road

За пуњење габиона може се употребити било који материјал који обезбеђује дуготрајност габионског зида. Најчешће се примењује крупнији шљунак или ломљени камен. Материјал је дуготрајан уколико је отпоран на временске прилике, није трошан, нерастворљив је и уколико има одговарајућу тежину. Пуњење габионских кошева каменом чији је пречник приближно 1-1,5 величине окца жичане мреже, добија се највећи ефекат и економски најприхватљивији габион (***, 2007).

2.2. Век трајања габиона

Век трајања габионских зидова зависи од спецификације жице, својстава каменог материјала којим се габионски кошеви пуне и утицаја којима ће зид бити изложен током времена.

Досадашња искуства показују да габионске структуре добро подносе све деформације (сабијање, издужење, торзију, смицање...), тако да је тешко наћи оне који су пропали, чак и ако су слабо изграђени (M a t i ć , V., 2009).

На основу спецификација производа које дају произвођачи, а у којима се позивају на сертификате *British Board of Agreement* (BBA), габионски кошеви са жицом поцинкованом легуром галфана и обложеном PVC-ом, имају очекивани век трајања од 120 година (***, 2011). Ова дуготрајност се постиже уколико се габионски кошеви користе као потпорни зидови суве земље.

Габионски зидови код којих је жица само тешко поцинкована, у истим условима имају очекивани век трајања од преко 60 година.

Међутим, П а в л о в и ћ , А. (2007) наводи да се габионским кошевима поцинкованим легуром галфан продужава трајност и до 4 пута у односу на кошеве са обичним поцинчањем.

Ипак, Ђ и н ђ и ћ , М. *et al.* (1995) су скромнији када је у питању век трајања габиона од поцинковане жице и наводе да је његова трајност у нормалним условима 20 година.

Ако упоредимо експлоатациони век шумских путева, који обично износи 20 година (IPС, 1998), и век трајања габионских конструкција, можемо закључити да је, са аспекта трајности, примена габионских конструкција на шумским путевима потпуно оправдана.

2.3. Типови габионских потпорних зидова

При постављању габионских зидова, тежи се да једна страна зида буде равна, а друга степенаста или да обе стране буду степенасте. У зависности од тога имамо три основна начина постављања габионских зидова:

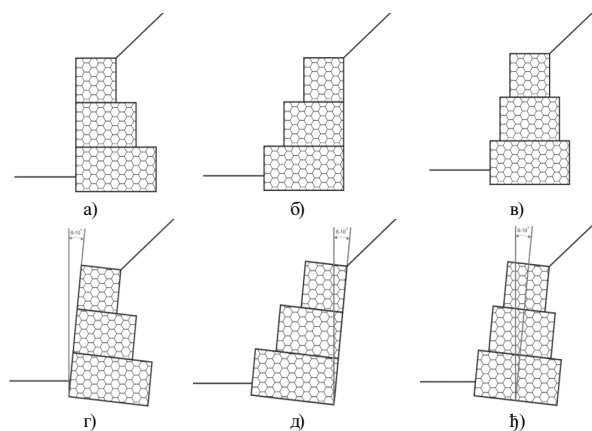
1. зид је са чеоне стране раван, а са леђне степенаст (слика 3 - а и г),
2. зид је са чеоне стране степенаст, а са леђне раван (слика 3 - б и д) и
3. зид је и са чеоне и са леђне стране степенаст (слика 3 - в и ђ).

Зидови се могу постављати вертикално или под одређеним нагибом ка шарпени усека, који обично износи 6° до 10°.

Без обзира на тип зида, димензионисање габионских потпорних зидова се заснива на истим принципима, а процедура се врши у четири корака:

1. детерминација сила које делују на зид;
2. испитивање стабилности зида на превртање (провера да ли резултанта сила „пада“ у средњу трећину основе зида);
3. испитивање стабилности зида на клизање;
4. провера дозвољених напона у тлу.

Ови кораци се итеративно понављају док се не испуни критеријум стабилности зида.



Слика 3. Начини постављања габионских зидова
 Figure 3. Gabion wall installation methods

2.4. Уградња габионских потпорних зидова

Габиони се најчешће пуне директно на месту уградње, тзв. *In-situ пуњени габиони*. Вађењем из бунтова, габиони се слажу на чврсту подлогу, а затим им се подижу бочне стране у усправан положај како би се формирао кош. Ивице коша се међусобно спајају прстеновима или жицом, почевши од врха према доле. Уколико се користе прстенови, спајање се обавља ручном или пнеуматском спајалицом. С обзиром на то да су жичани кошчеви често дужине два и више метара, унутар коша се на сваком метру поставља дијафрагма која спаја дно, предњу и задњу страну габиона. На тај начин се повећава чврстоћа конструкције.

Пре пуњења каменом, габиони се постављају у низу на равну, унапред припремљену подлогу и међусобно се спајају жицом или прстеновима. Након спајања приступа се пуњењу габиона каменом од 5,0 cm до 7,5 cm изнад врха коша како би се омогућило слегање услед сопствене тежине. Када је габион напуњен затвара се поклопцем који се спаја са предњом, задњом и бочним странама и дијафрагмама.

Уколико на месту уградње нема довољно погодног камена за пуњење жичаних кошчева, они се могу напунити на неком другом, погодном месту, а затим донети на место уградње. Тада је реч о *пред-пуњеним габионима*. Овакви габиони постављају се ауто-дизалицама (ауто-крановима) са посебним оквиром и сајлама за подизање.

Габиони се на место уградње испоручују у бунтовима. Један бунт садржи од 20 до 50 габионских кошчева, у зависности од њихове величине.

2.5. Цена изградње габионских зидова

Цена габионских кошчева варира у зависности од тога да ли су само поцинковани или су поцинковани галфаном. На основу анкете спроведене у неколико фирми у Србији које се баве производњом и продајом жичаних плетива, долази се до оквирне цене од око 15-18 € за жичани кош димензија 1×1×1 m уколико је само поцинкован, односно 22-25 € за кош истих димензија поцинкован галфаном.

Уколико се постављање габионских зидова обавља ручно, потребно је обезбедити до четири радника (једног техничара и 3 физичка радника). Норма за форми-

рање једног габионског коша димензија $1 \times 1 \times 1$ m, његово пуњење, везивање за суседне габионе и затварање износи $1,9$ радник часова/ m^3 (FAO, 1998).

За послове постављања габионских зидова корисно је ангажовање малих до средњих багера, уколико је то потребно и економски оправдано. Багер може да замени раднике у процесу пуњења габионских кошева каменим материјалом, као и у засипању простора иза леђа габиона.

2.6. Естетска улога габиона

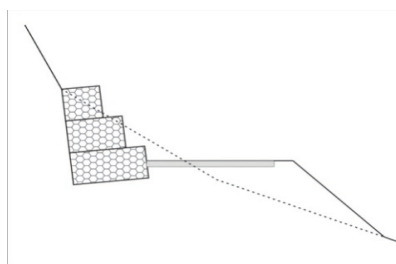
За савремено газдовање шумским екосистемима неопходна је правилно планирана и изграђена мрежа шумских путева. Међутим, градњом шумских путева нарушавају се естетске карактеристике шума, што је посебно изражено на стрмим теренима. Негативан утицај шумских путева на естетска својства може се смањити применом материјала карактеристичних за дато подручје. Са тог аспекта, примена габиона као подужних геотехничких конструкција има предност у односу на бетонске конструкције.

Такође, предност габиона у односу на бетонске и конструкције од камена у цементном малтеру је у томе што временом долази до накупљања земљаног материјала у шупљинама габиона и њиховог обрастања вегетацијом. Резултат тога је потпуно уклапање габиона у постојећи амбијент неколико година након њихове изградње.

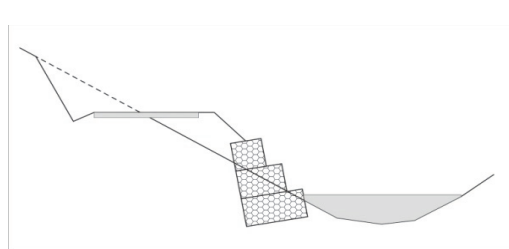
3. МОГУЋНОСТ КОРИШЋЕЊА ГАБИОНА НА ШУМСКИМ ПУТЕВИМА

На шумским путевима, габиони се могу користити као:

- гравитациони потпорни зидови (слика 4),
- заштита насипа од подлокавања (слика 5),
- заштита обалних ослонаца мостова (слика 6),
- обложни зидови (слика 7),
- прелази преко потока и плитких река (слика 8),
- заштита цевастих пропуста (слика 9) и др.



Слика 4. Гравитациони габионски зид
Figure 4. Gabion gravity wall



Слика 5. Заштита насипа од подлокавања
Figure 5. Embankment protection from undercutting

Потпорни зидови су релативно скупе конструкције, али је њихова примена понекад неопходна. Потпорни зидови могу бити гравитациони, армирано бетонски, монтажни и зидови од армираног тла (Лукић и др., 2010). На шумским

путевима најчешће се употребљавају гравитациони потпорни зидови, пре свега због доступности материјала за њихову изградњу. Име су добили према узроку њихове стабилности, а то је тежина самог зида. Гравитациони потпорни зидови могу бити изграђени од ломљеног камена, бетона или армираног бетона. Посебну врсту гравитационих зидова чине габионски зидови.

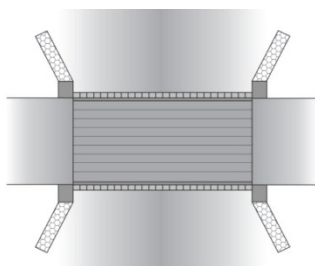
Габионски зидови, као потпорне гравитационе конструкције, имају низ предности у односу на друге потпорне конструкције. Једна од битних особина габионских зидова је водопропустљивост. Водопропустљивошћу габиона изостаје стварање високог хидростатичког притиска који повећава активан притисак земље и прети превртању зида. Самим тим, при градњи габионског потпорног зида није потребна камена наслага иза зида (дренажа), што је код зидова од камена у цементном малтеру и бетонских зидова неопходно уколико се они граде у условима са доста влаге.

Флексибилност, тј. прилагођавање габионских потпорних зидова деформацијама нагиба земљишта још је једна предност у односу на зидане камене и бетонске зидове. Габиони се изузетно лако прилагођавају променама услова и активних сила у клизиштима јер су еластични и не постоји опасност за стабилност и функционалност целокупног решења, за разлику од бетонских и камених зидова који пуцају или се распадају (M a t i ć , V., 2009).

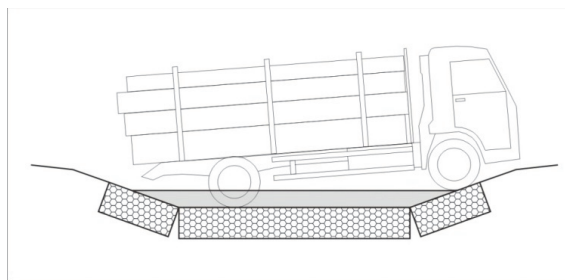
Недостатак габионских потпорних зидова је у ограниченој висини. Висина ових зидова не би требало да прелази 6 метара, док се висина од 8 метара у литератури сматра граничном. Са аспекта примене габиона на шумским путевима ова максимална висина је прихватљива. Висине усека на шумским путевима су ретко толике јер се при пројектовању тежи да се траса налази што више у засеку како би и трошкови градње били што нижи.

Попут осталих потпорних зидова, габионски зидови пружају добру заштиту од подлокавања насипа и спречавају његове деформације. До појаве подлокавања долази на местима где се насип пута налази непосредно уз водоток (слика 5).

Габионски зидови могу послужити као добра заштита обалних ослонаца мостова. У периодима када су количина воде у водотоку и њена брзина повећани, габионски зидови ублажују негативан утицај снаге воде на обалне ослонаце и тиме их чине стабилнијим и дуготрајнијим (слика 6).



Слика 6. Заштита обалних ослонаца моста
Figure 6. Bridge abutment protection



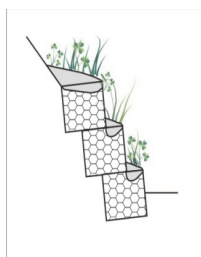
Слика 7. Регулисање газа на прелазу преко водотока
Figure 7. Low-level (low-water) crossing

На споредним шумским путевима, најчешће сезонског карактера, при преласку преко потока и плитких речица, понекад није економски оправдано постављање цевстих пропуста. На оваквим путевима, прелаз преко водотока може се постићи регулисањем газа за прелаз преко водотока. Примена регулисаних газова могућа је код водотока са бујичним режимом тока, који повремено пресушују или већи део године имају врло низак водостај (Ђековић, В. *et al.*, 2002). Један од начина уређења и јачања дна водотока јесте постављање габионских кошева или душека који омогућују несметан пролаз возилима смањеном брзином у периодима ниског водостаја (слика 7). Висина габиона зависи од карактеристика дна водотока и очекиваних пролазних оптерећења.

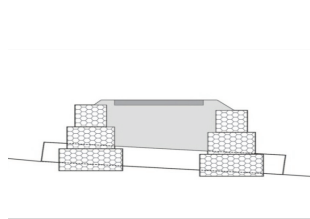
Поред потпорних, габионски зидови могу послужити и као обложни зидови косина на шумским путевима. Некада се, приликом пуњења габионских кошева, горњи чеони део габиона, тзв. „вегетацијски џеп“, попуњава земљом и семеном биљака (слика 8). На овај начин габионски зид брзо обраста вегетацијом чиме се побољшавају естетска својства.

На шумским путевима габионски зидови се могу успешно применити за осигурање стабилности насипа при преласку преко водотока када нивелета пута знатно одступа од линије терена (слике 9 и 10). Поред боље стабилности, на овај начин се смањује обим земљаних радова на изградњи насипа. Габионске зидове могуће је поставити са једне или са обе стране пута, при чему се између њих насипа земља. Кроз габионске зидове, између кошева, поставља се један или више цевстих пропуста.

Треба напоменути и значајну улогу габионских зидова у ванредним ситуацијама. Габионски зидови у комбинацији са геотекстилом могу бити ефикасно решење у спречавању изливања река и заштити од поплава. С обзиром на брзу градњу и потпун ефекат одмах након постављања, габионски зидови могу се успешно примењивати у санацији покренутих клизишта и спречавању њиховог даљег ширења. За санацију клизишта на јавном путу *Звоначка бања - Одоровци*, које је изазвало рушење бетонског потпорног зида, као најповољније и најјекономичније решење усвојена је израда габиона са испуном од ломљеног камена (Ђинђић, М. *et al.*, 1995).



Слика 8. Обложни габионски зид са вегетацијским џеповима
Figure 8. Coating gabion wall with vegetation pockets



Слика 9. Осигурање стабилности насипа на прелазу преко водотока
Figure 9. Fill slope protection at watercourse crossing



Слика 10. Заштита цевстих пропуста
Figure 10. Protection of culverts

4. ЗАКЉУЧАК

С обзиром на добре конструктивне особине и релативно ниску цену, габиони могу заузети значајно место у шумском грађевинарству, пре свега као потпорне конструкције. У наредном периоду требало би детаљно анализирати економску оправданост примене габиона и евентуалну замену потпорних зидова од камена у цементном малтеру који су до сада највише коришћени. Њихова примена може бити посебно значајна у областима која се све више окрећу развоју туризма, као што су национални паркови, где је естетска улога пута од изузетне важности.

На крају, треба још једном истаћи значајне особине габиона које оправдавају њихову употребу у шумском грађевинарству:

- једноставна конструкција са провереном снагом, флексибилношћу и добром водопропустљивошћу, без стварања хидростатичког притиска на леђима габиона;
- еколошки су прихватљиви, са добрим естетским карактеристикама, јер имају способност да се временом уклопе у постојећи амбијент;
- век трајања габиона често је дужи од пројектованог експлоатационог века шумског пута;
- лако се транспортују у виду бунтова или бала и на месту уградње се брзо монтирају;
- погодни су за употребу и на мекшим земљиштима без великих припремних радова;
- омогућају заштиту одмах након постављања;
- ниска цена уз могућност ангажовања неквалификоване радне снаге;
- могућност коришћења материјала доступних на месту градње, укључујући и камење мањих димензија.

ЛИТЕРАТУРА

- Г р а с е III, J.M. (2000): Forest road sideslopes and soil conservation techniques. Journal of Soil and Water Conversation, Vol. 55, No. 1, pg. 96-101.
- Ђ е к о в и ћ, В., С т е ф а н о в и ћ, Б. (2002): Пројектовање регулисаног газа на путевима ниског интензитета саобраћаја при прелазу бујичних водотока. Гласник шумарског факултета, Београд, бр. 85, стр. 59-68.
- Ђ и н ђ и ћ, М., З л а т а н о в и ћ, М. (1995): Санација клизишта применом габиона. Зборник радова грађевинског факултета, Ниш, No. 15-16, стр. 155-158.
- Информативно пословни центар (1998): Жута књига, финансијски прописи. Београд, стр. 162.
- Л у к и ћ, Д.Ч., А н а г н о с т и, П.В. (2010): Геотехника саобраћајница. Грађевински факултет Суботица, стр. 337.
- М а т и ć, V. (2009): Use of gabions and vegetation in erosion-control works. Archives of Biological Sciences, Belgrade, 61 (2), pg. 317-322.
- О s i p o v, A.D. (1996): Protection of Slopes of Earth Structures by Gabions. Hydrotechnical Construction, Vol. 30, No. 5, pg. 255-264.
- П а в л о в и ћ, А., М и л о р а д о в, М. (2007): Примена неких нових савремених материјала, технологија и опрема у процесу планирања, пројектовања и извођења радова на путној

- мрежи. Научно-стручни скуп *Рехабилитација и реконструкција путева*, Златибор 20-22. јун 2007. године.
- Стефановић, Б., Ставровић, Н. (2009): Биолошка заштита косина путева - Технике заснивања противерозионих травњака сетвом. Зборник радова Грађевинско-архитектонског факултета, Ниш, бр. 25, стр. 215-222.
- FAO (1998): A Manual for the Planning, Design and Construction of Forest Roads in Steep Terrain. <http://www.fao.org/docrep/W8297E/w8297e00.htm>
- *** (2007): Gabion Retaining Walls - Technical Manual, Maccaferri Inc, Canada, pg. 12.
- *** (2011): British Board of Agrement - Agrement Certificate 00/3693, Watford, United Kingdom, pg. 12.

APPLICABILITY OF GABIONS ON FOREST ROADS

Milorad Zlatanović
Dušan Stojnić
Bogdan Stefanović

S u m m a r y

Forest areas that have remained unopened until today are often located in extremely difficult and inaccessible terrains with large transverse gradients. Construction of forest roads in these areas requires planning of the road route into the cut, resulting in high cut slopes, which are often unstable. The aim of slope protection measures is not only to ensure its stability, but also to reduce the amount of earth works, and thereby to reduce non-productive forest areas. Most commonly applied measures of technical protection of slopes on public roads are the construction of longitudinal geotechnical structures. The construction of such structures on forest roads in Serbia is often avoided because of their high prices.

Gabions are rectangular baskets fabricated from a hexagonal mesh of heavily galvanized steel wire or Galfan galvanized wire. Dimensions of wire baskets vary from $1 \times 0.5 \times 0.5$ m up to $4 \times 2 \times 1$ m. The lifespan of gabion structures is from 20 to 120 years, depending on environmental conditions, wire characteristics, and stone features.

The price of gabion baskets in Serbia is around € 15-18 for wire basket measuring $1 \times 1 \times 1$ m if only galvanized, or € 22-25 for the same size if Galfan galvanized.

On forest roads, gabions can be used as: gravity retaining walls, protection of embankments from undercutting, bridge abutment protection, wall coating, the crossing over the streams and shallow rivers, protection of culverts, etc.

Significant features of gabions, which justify their use in forest construction, are: 1. simple, flexible and permeable construction; 2. environmentally friendly, with good aesthetic properties, 3. easily transportable in the form of bundles or bales, and quickly mountable *in situ*; 4. suitable for use on soft soils without many preparatory works; 5. protection immediately after installation; 6. low price with the possibility of hiring unskilled labor; 7. ability to use the materials available on the construction site.