

UDK 678.06:630\*38

## MOGUĆNOST PRIMENE GEO-SINTETIČKIH MATERIJALA U ŠUMSKOM PUTNOM INŽENJERSTVU

Bogdan Stefanović<sup>1</sup>, Milorad Janić<sup>2</sup>, Vjačeslava Matić<sup>3</sup>, Dušan Stojnić<sup>4</sup>

**Rezime:** U radu su predstavljene vrste, funkcije i tehnologija korišćenja geo-sintetičkih materijala sa analizom mogućnosti njihove primene pri gradnji, rehabilitaciji, rekonstrukciji, supstituciji, sanaciji i održavanju šumskih puteva. Geo-sintetici su svi građevinski materijali sintetičkog porekla u obliku polimera (polipropilen, polietilen, polivinil hlorid i poliester) koji se upotrebljavaju u različitim geotehničkim konstrukcijama u građevinarstvu uopšte, pa i u šumskom građevinarstvu. Iako postoji velika mogućnost za njihovu primenu, ovi materijali se do sada nisu koristili u šumskom putnom inženjerstvu Srbije.

**Ključne reči:** šumski putevi, geosintetički materijali, šumsko građevinarstvo

## POTENTIAL FOR IMPLEMENTATION OF GEO-SYNTHETIC MATERIAL IN FORRESTRY ROAD ENGINEERING

**Abstract:** This paper presents the types, functions and technologies using geo-synthetic material with an analysis of their use in the construction, rehabilitation, reconstruction, substitution, repair and maintenance of forest roads. Geo-synthetics are all building materials in the form of synthetic origin polymers (polypropylene, polyethylene, polyvinyl chloride, polyester) that are used in a variety of geotechnical structures in the construction industry in general, and in the forest construction. Although there is great potential for their application, these materials have not been used in engineering of forest roads in Serbia.

**Key words:** forest roads, geosynthetics, forest construction

---

<sup>1</sup> mr, rukovodilac Odeljenja za šumske puteve, Generalna direkcija JP „Srbijašume“, Beograd i stručni saradnik, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>2</sup> dr, docent, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>3</sup> dr, redovni profesor, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>4</sup> mast. inž., asistent, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu

## 1 UVOD

Šumski putevi su, po veličini i obimu, najveći, po vrednosti investicija, najskuplji, a po uticaju na labilni šumski eko-sistem, najdestruktivniji građevinski objekti u šumarstvu. Naime, šumski putevi su objekti izgrađeni u specifičnim i veoma nestabilnim šumskim eko-sistemima tako da njihova izgradnja i korišćenje ima povećan stepen negativnog uticaja na životnu sredinu [2]. Zbog toga je neophodno da aktivnosti na planiranju i izgradnji, ali i korišćenju šumskih puteva budu svrsishodno i stručno planirane, analizirane, realizovane i kontrolisane [12].

Obzirom na specifične orografske i mikroklimatske, ali i geološke i pedološke uslove u kojima se planiraju, projektuju i grade šumski putevi u Srbiji [11] glavni uzrok deformacija i razgradnje elemenata njihove konstrukcije je voda. Postoji veliki broj tehničkih i bioloških metoda borbe protiv uticaja površinskih i podzemnih voda na trup šumskog puta, ali se najčešće koriste kombinovane metode [15]. U kombinovane metode kontrole erozionih procesa i zaštite građevinskih objekata, kakvi su šumski putevi, spada i primena geo-sintetičkih materijala.

Geosintetici su svi građevinski materijali sintetičkog porekla sastavljeni od polimera (polipropilen, polietilen, polivinil hlorid i poliester) koji se upotrebljavaju u različitim geo-tehničkim konstrukcijama, pre svega kod zemljanih radova, ali i u hidrauličkim, ekološkim i drugim građevinskim radovima.

### 1.1 ISTORIJAT PRIMENE GEO-SINTETIKA

Posle velikih poplava koje su se dogodile u Holandiji pedesetih godina prošlog veka, pri čemu je uništeno oko 150.000 ha najplodnijeg poljoprivrednog zemljišta na jugozapadu ove zemlje, počela je realizacija tzv. „Delta plana”. Jedan od segmenata njegove realizacije je bila primena geo-sintetičkih materijala, tačnije geo-tekstila, kao zamena za zrnaste filtere koji su se nalazili na potpornim zidovima u moru ispod krupnog nabacanog kamenja. Dakle, pre 60 godina je po prvi put upotrebljen tekstil tkan od sintetičkih vlakana čija je osnovna namena bila filtriranje vode sa istovremenim propuštanjem i zadržavanjem čestica odgovarajuće granulacije.

Tekstilni materijali su se i pre toga upotrebljavali u građevinarstvu kod zemljanih radova. Međutim, zbog

prirodnih sirovina od kojih su bili napravljeni nisu imali dovoljno dobra mehanička svojstva ni potrebnu trajnost, što je ograničavalo područja njihove primene. Izradom tekstilnih materijala od sintetičkih vlakana poboljšana su mehanička svojstva i trajnost, jer su sintetički materijali postojaniji prema mikroorganizmima koji su razrađivali prirodne materijale.

Masovna primena geo-sintetičkih materijala počinje sedamdesetih godina prošlog veka sa naglim razvojem tehnologije proizvodnje polimera. Danas postoji stalna tendencija povećanja područja upotrebe i količina geo-sintetika, a u skladu sa raznolikošću konkretnih inženjerskih problema i adekvatnih konstruktivnih rešenja. Tendencija je da se postojeće metode konstrukcije u građevinarstvu koje upotrebljavaju mineralne resurse zamenjuju metodama i tehnikama primene geo-sintetičkih materijala.

### 1.2 ISKUSTVA PRIMENE GEO-SINTETIKA U ŠUMSKOM INŽENJERSTVU

Prema [3] primena geo-sintetika u gradnji i zaštiti šumskih puteva je, takođe, počela sedamdesetih godina prošlog veka u zemljama sa razvijenim šumarstvom Severne Evrope (Norveška, Švedska i Finska) i Severne Amerike (Kanada i SAD). U ovim zemljama danas postoji regulatorna obaveza [6] upotrebe geo-sintetika pri gradnji konstrukcija sa većim stepenom uticaja na životnu sredinu, kakvi i jesu šumski putevi [4].

Kako navode [9] US Department of Agriculture, Forest Service (USFS), koji upravlja sa oko 250.000 km prevashodno šumskih puteva malog intenziteta saobraćaja lociranih u ruralnim krajevima SAD, ima u celom svetu najveće praktično iskustvo primene geo-sintetika u šumskom građevinarstvu kroz veliki broj korisnih, kreativnih, aplikativnih i jeftinih inženjerskih rešenja. Geo-sintetici se najčešće koriste pri izradi mehaničke stabilizacije tla, armiranja zemljišta na kosinama puteva, filtriranje, drenaže, armiranje posteljice kolovoza i zaštitu od erozije. Slična iskustva imaju u Britanskoj Kolumbiji u Kanadi, gde se, prema [5], preporučuje primena geo-sintetika u svim projektima šumskog građevinarstva zbog jednostavnosti postavljanja, kraćeg vremena ugradnje, ušteda mineralnih resursa i nižih troškova izgradnje.

Pored toga u svetu su vrlo aktuelna istraživanja o primeni geo-sintetika u šumskog putnom inženjerstvu.

Tako se ispitivanjem graničnih deformacija kolovoza došlo do uticaja geo-tekstila na debljinu gornjeg stroja šumskog puta uz zaključak da se postavljanjem geo-tekstila na posteljicu kolovoza debljina nosećeg kolovoznog sloja smanjuje za 40%, a habajućeg za 35% [1]. Pored toga, [8] su demonstrirali rezultate uporedne analize eksperimentalne deonice puta na kojoj je rađena rehabilitacija kolovoza korišćenjem geo-tekstila sa test deonicom. Tom prilikom je ispitivana nosivost kolovoza i efekti popunjavanja kolotruga, kao najčešće deformacije kolovoza na šumskim putevima, efekti rada mašina, ali i stanje kolovoza posle eksploatacije. U poređenju sa test deonicom, na kojoj nije korišćen geo-tekstil, svi rezultati su bolji, a vreme i troškovi rehabilitacije kolovoza su manji, što u potpunosti opravdava upotrebu geo-tekstila.

Iako geo-sintetički materijali imaju dobre karakteristike i širok spektar primene u šumskom građevinarstvu, oni do sada nisu korišćeni pri gradnji šumskih puteva kod nas [7].

## 2 POSTAVKA PROBLEMA

Osnovna namena šumskih puteva je obezbeđenje infrastrukturne osnove za obavljanje svih poslova gazdovanja šumama [16]. Šumskim putevima upravljaju preduzeća kojima je državna šuma poverena na gazdovanje, odnosno sopstvenici šuma, kod privatnog ili nekog drugog vlasništva nad šumama. Zbog ekonomičnosti i renatabilnosti proizvodnje i poslovanja u šumarstvu, relativno malog obima saobraćaja, sezonskog karaktera i neravnomernosti transporta po vremenu i prostoru, relativno malih količina radova na gradnji, šumski putevi se grade od lokalnog materijala. Donji stroj se gradi od zemljanog lokalnog materijala različite granulacije bez prethodnih geomehaničkih radova i stabilizacije tla. Kolovoz se gradi od lokalno pripremljenog granulanog ili negranulanog, tj. lomljenog stenskog materijala odgovarajućih mehaničkih i fizičkih karakteristika [10].

Aktivnosti na kontroli negativnog dejstva površinskih i podzemnih voda pri gradnji i zaštiti šumskih puteva se svode na izgradnju podužnih (odvodni kanali) i poprečnih (cevasti propusti i mostovi malih raspona) elemenata za transport površinske vode u otvorene vodene tokove. Na mestima povećanog rizika i ugroženosti trupa puta od podzemnih voda veoma retko se radi drenaža.

Obzirom na uobičajenu tehnologiju gradnje šumskih puteva koja se ogleda u korišćenju lokalnog materijala za gradnju, bez geomehaničkih radova i veoma retke zaštite od podzemnih voda, povećan je rizik od nastanka erozionih procesa i povećana ugroženost šumskog puta od razornog dejstva vode. Zbog toga je potrebno, koristeći se praktičnim iskustvima zemalja sa razvijenim šumarstvom, početi sa uvođenjem geo-sintetika u izgradnju šumskih puteva u Srbiji. U ovom radu su predstavljene karakteristike geo-sintetičkih materijala sa analizom mogućnosti njihove primene u šumskom putnom inženjerstvu Srbije.

## 3 KARAKTERISTIKE GEO-SINTETIKA

U radu je ukazano na osnovne karakteristike geo-sintetičkih materijala sa aspekta mogućnosti njihove primene u šumskom putnom inženjerstvu, pri čemu su predstavljene njihove osobine, vrste i funkcije.

### 3.1 OSOBINE GEO-SINTETIKA

Raznolikost primene, jednostavnost ugradnje, smanjenje troškova izgradnje, ušteda resursa, trajnost objekata i dr. pozitivne osobine ukazuju na stalni rast korišćenja geo-sintetičkih materijala. Razlozi takvog trenda se ogledaju u osobinama ovih materijala jer:

- geo-sintetici, generalno uzevši, mogu da zamene mnoge druge materijale koji se kao resursi angažuju i koriste u izgradnji objekata, pri čemu su
- ukupni troškovi njihove ugradnje i korišćenja niži od alternativnih inženjerskih rešenja, i pri tom
- različiti oblici jednostavne primene geo-sintetika u velikom broju slučajeva mogu da zamene teško izvodljiva rešenja projektovana na bazi primene samo prirodnih materijala, te su već
- uspostavljeni jednostavni i pouzdani metodi projektovanja zasnovani na standardnom kvalitetu ovih veštačkih materijala, jer je
- trajnost geo-sintetika za najveći broj načina primene u različitim inženjerskim rešenjima je dokazana, tako da se
- preporučuje obavezno korišćenje geo-sintetika u šumskom inženjerstvu.

### 3.2 VRSTE GEO-SINTETIKA

Podela geo-sintetičkih materijala u građevinarstvu se vrši u odnosu na propustljivost vode kroz njihovu konstrukciju. U skladu sa tim geo-sintetici se dele na dve osnovne grupe: vodopropusne i vodonepropusne. Vodopropusni geo-sintetici koje se koriste u zemljanim građevinskim konstrukcijama su geotekstili, geo-mreže, geo-rešetke, geo-kompoziti i geo-ćelije, dok su geo-membrane vodonepropusni geo-sintetički materijala.

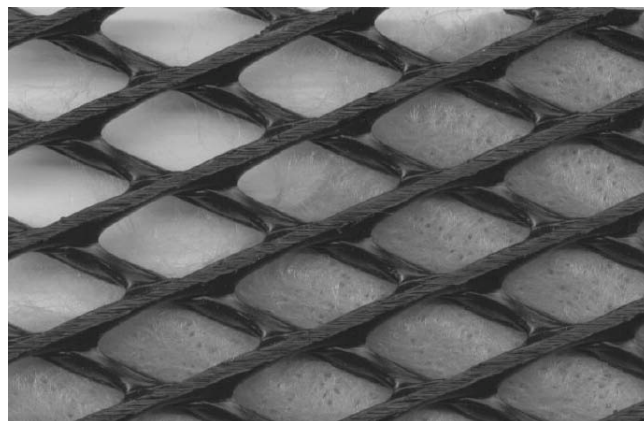
Geo-tekstili su polimerni vrlo propustljivi tekstilni materijali koji se proizvode u tri verzije kao tkani, netkani i pleteni.



*Slika 1 – Geo-tekstil*

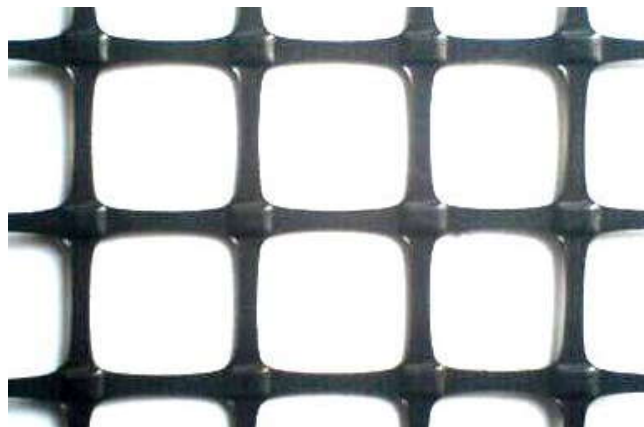
Geo-tekstili su svi tekstilni materijali koji se upotrebljavaju kao integralni deo građevinskih struktura od zemlje, kamena i drugih konstruktivnih materijala za filtracije, drenažu, razdvajanje, ojačavanje i stabilizaciju.

Geo-rešetke su polimerni materijali spojeni u pravilnu mrežu dobijenu kontinuiranim ekstrudiranjem rebara, njihovim vezivanjem ili tkanjem. Na taj način se dobija struktura rešetke čija su polja veća od polja geo-mreže i koriste se za armiranje kompaktnog materijala sa više krupnih frakcija.



*Slika 2 – Geo-rešetka*

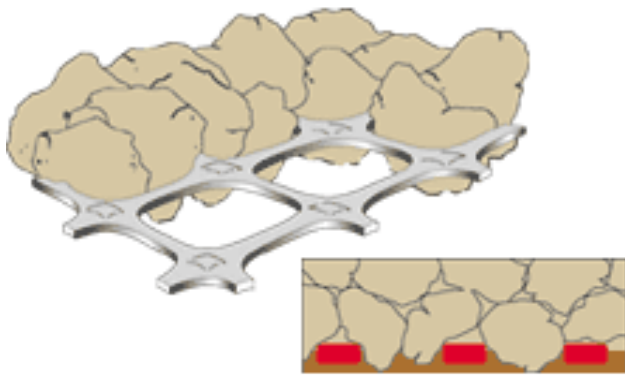
Geo-mreže su geo-sintetički materijali koji se, između ostalog, koriste i za armiranje nasipa od koherentnog ili nekoherentnog materijala, izradu armiranih i potpornih konstrukcija bez posebne obrade lica kosine kao i u različitim kombinacijama od prefabrikovanih geo-sintetičkih elemenata.



*Slika 3 – Geo-mreža*

Konstrukciju monolitne geo-mreže čine rebra oštih ivica pravougaonog poprečnog preseka. Ovakvom konstrukcijom se postiže efekat uklještenja agregata u otvore, gde rebra i čvorovi preuzimaju opterećenje i sprečavaju bočno pomeranje i prodiranje čestica zrnastog tla u dublje slojeve.





*Slika 4 – Geo-mreža (način rada)*

Geo-kompoziti su geo-sintetici koji nastaju kao spojevi polimernih materijala drugih grupa geo-sintetika, kao i kombinacijom polimera i drugih materijala. Obično se sastoje od raznih kombinacija geo-mreža i netkanih geo-tekstila, gde geo-mreža služi kao armatura, tj. daje čvrstoću geo-tekstilu. Zbog toga se geo-kompoziti definišu kao proizvodi izrađeni kombinacijom dve ili više bliskih diskretnih fizičkih faza obično tvrde matrice i vlaknastih materijala, koji se upotrebljavaju prilikom zemljanih radova u građevinarstvu.



*Slika 5 – Geo-kompozit*



*Slika 6 – Geo-kompozit*

Geo-ćelije su pravilne otvorene 3D mreže, polimerne ćelijske strukture, čije su strane sastavljene od spojenih traka i služe za trajnu stabilizaciju-ozelenjavanje kosina pošto se prvo napune zemljom i zaseju travom [13].



*Slika 7 – Geo-ćelije*



*Slika 8 – Geo-ćelije (zatravljivanje)*

Geo-membrane su nepropusni materijali koji se, prema prirodi osnovne komponente, dele na sintetičke i bitumenske. Pri tome sintetičke geo-membrane imaju primat u odnosu na bitumenske. Koriste se u slučajevima kada se traži vodonepropusnost, pri izgradnji hidro-akumulacija, raznih sanitarnih deponija i odlagališta otpada kod površinskih separacija rudnika. Njihova osnovna funkcija je da spreče prodor štetnih materija u okolno zemljište i vodotoke, kao i gubitke vode iz hidro-akumulacija.



Slika 9 – Geo-membrane

### 3.3 FUNKCIJE GEO-SINTETIKA

Geo-sintetički materijali imaju nekoliko osnovnih funkcija koje zavise od namene, načina i mesta primene pri gradnji i zaštiti šumskih puteva, a to su:

- **separacija materijala** podrazumeva razdvajanje slojeva zemljišta različite konsistencije i strukture kako bi se sprečilo međusobno mešanje i promena pojedinačnih svojstava. Uglavnom se u te svrhe upotrebljavaju dosta izdržljivi i otporni geotekstilni materijali, geo-mreže ili geo-kompoziti koji mogu podneti velika opterećenja do kojih dolazi pri gradnji i korišćenju šumskih puteva.
- **ojačanje** podrazumeva povećanje nosivosti posteljice kolovoza i donjeg stroja šumskog puta korišćenjem geo-mreža, geo-tekstila i geo-kompozitnih materijala, dok se za ojačanje gornjeg stroja puta uglavnom koriste geo-mreže. Ovi materijali se ugrađuju ispod ili između pojedinih slojeva zemlje i preuzimaju i pravilno raspoređuju sile opterećenja, čime poboljšavaju mehanička svojstva čitavog kolovoznog sistema. Najčešće se upotrebljavaju u ojačanju nosivosti zemljišta ili za stabilizaciju zemljanih padina.
- **filtracija** podrazumeva upotrebu geo-tekstila i geo-kompozita koji imaju filtrirajući efekat, posebno kod zaštite obala rečnih tokova i stopa nasipa šumskih puteva koji su u kontaktu sa otvorenim vodotokom. Ovi materijali zadržavaju

čvrstu komponentu nanosa dok voda nesmetano prolazi kroz njih.

- **drenaža** se primenjuje na močvarnim i veoma vlažnim zemljištima, pri čemu se upotrebljavaju geo-tekstili, geo-kompoziti i geo-membrane. Geotekstili i geo-kompoziti služe kao filteri kroz koje prodire voda, dok se čestice gline zadržavaju, a geo-membrana služi za usmeravanje drenirane vode u drenažne cevi i kanale.
- **onemogućavanje kretanja vode** podrazumeva upotrebu geo-membrana koje su vodonepropusne i koriste se kod hidrograđevinskih radova prilikom gradnje akumulacija za vodosnabdevanje, deponije otpada, separacionih akumulacija i dr. Osnovni funkcija je sprečavanje gubitaka vode iz akumulacija ili prodora štetnih materija iz deponija u okolno zemljište.

### 4 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Primena geo-sintetika omogućava uštede **mineralnih resursa** (količine zemlje i drugih građevinskih materijala koje zamenjuju geo-sintetici) i **troškova gradnje** (cena geo-tekstila u odnosu na druge građevinske materijale, transport do mesta ugrađivanja, brzina i jednostavnost ugrađivanja), a dobijaju se **sistemi poboljšanih karakteristika** (bolja i efikasnija drenaža, izolacija, bolje mehaničke karakteristike celog sistema) i veliki broj različitih **praktičnih konstruktivnih rešenja i novih tehnologija gradnje** (separacija materijala različitih geomehaničkih osobina, povećanje nosivosti zemljišta, selektivno filtriranje vodenog taloga, dreniranje podzemnih voda, omogućavanje oticanja vode u željenom smeru) i postižu se određene **ekološke prednosti** (smanjuje se potrebna površina, omogućavaju se konstruktivna rešenja za smanjenje buke, smanjuju se promene u prirodnim ekosistemima, smanjuje transport materijala u vreme gradnje, smanjuje upotreba materijala kojih nema u okolini i nisu prirodno obnovljivi).

Sa aspekta gradnje šumskih puteva najbitnija funkcija je povećanje nosivosti slabonosivog zemljišta i stabilizacija rastresitih materijala u nasipu i kosinama useka. Geo-sintetici povećavaju nosivost kako donjeg tako i gornjeg stroja šumskog puta, sprečavaju prodiranje nosećeg sloja šumskog puta u dublje slojeve, posebno na močvarnim i vlažnim

terenima kao i terenima gde su zastupljena duboka i jako duboka zemljišta bez prisustva matičnog stenovitog supstrata. Povećanje nosivosti šumskog puta se postiže uz smanjenje troškova gradnje i produženje veka trajanje šumskog puta.

Na teritoriji Srbije postoji velika potreba za primenom geo-sintetika u izgradnji šumskih puteva. Posebno u ravničarskim terenima i pored velikih reka gde je visok nivo podzemnih voda i povećana vlažnost supstrata i zemljišta. U tim područjima je veliki problem obezbediti kameni agregat za nasipanje šumskih puteva zbog visoke cene transporta. Upotrebom geo-sintetika smanjuje se količina potrebnog materijala za nasipanje trupa puta i gornjeg stroja i povećava se trajnost šumskih saobraćajnica, što je, dugoročno posmatrano, veoma isplativo bez obzira što je cena izgradnje visoka. Ovde treba uzeti u obzir i činjenicu da zbog puteva bez kolovoza koji su locirani u plavnom delu kompleksa šuma često propadne velika količina drveta, jer nije mogla biti izvezena iz šume. To se uglavnom dešava posle obilnih padavina kada se zemljani kolovoz toliko raskvasi da je onemogućeno korišćenje mehanizacije za transport drveta. Ovakvo stanje ukazuje da je neophodno uraditi supstituciju postojećih puteva sa zemljanim kolovozom u puteve sa tucaničkim kolovozom uz upotrebu geo-sintetika.

Potreba za primenom geo-sintetika se javlja i u ostalim delovima Srbije, pogotovo na terenima gde je zastupljeno duboko zemljište slabe nosivosti. U brdsko-planinskim terenima se javlja potreba za geo-sintetičkim materijalima koji se koriste za stabilizaciju kosina, izradu propusta i drenažnih sistema, ali i za povećanje nosivosti trupa i kolovoza šumskog puta. Obzirom da se veliki broj šumskih puteva nalazi u veoma lošem stanju [14] postoji potreba za povećanjem stabilnosti i nosivosti postojećih šumskih puteva korišćenjem geo-sintetičkih materijala prilikom rekonstrukcije tehničkih i konstruktivnih elemenata, sanacije usled elementarnih nepogoda i tekućeg i investicionog održavanja šumskih puteva.

Šumski putevi povezuju šumske komplekse sa putevima javnog saobraćaja. Obzirom da su u Srbiji najčešće na obodu šumskih kompleksa locirana seoska naselja i zaseoci, šumski putevi imaju karakter, ne samo privrednih, već i javnih saobraćajnica, jer povezuju naselja sa sistemom nekategorisanih i državnih puteva. Stanje ovih pristupnih puteva je veoma loše i potrebno je da preduzeća koja gazduju šumama i lokalne samouprave zajednički investiraju u

rehabilitaciju kolovoza i sanaciju ovih puteva uz primenu geo-sintetika.

Koristeći se praktičnim iskustvima zemalja sa razvijenim šumarstvom, potrebno je početi sa uvođenjem geo-sintetika u izgradnji šumskih puteva u Srbiji i u budućim istraživanjima ispitati aspekte njihove primene u šumskom putnom inženjerstvu.

## ZAHVALNOST

Prezentovani rad je rezultat istraživanja sprovedenih u okviru projekta BT37002: „Novi bio-inženjerski materijali za zaštitu zemljišta i voda” finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije u periodu 2011.-2014. godina.

## LITERATURA

- [1] Bereziuc, R., Alexandru, V., Ciobanu, V. (2009): *Regarding the Sizing of Flexible Road System Equipped with Geosynthetics, used in Forest Roads*, Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Vol. 2 (51), Series II, (1-6);
- [2] Coffin, A.W. (2007): *From Roadkill to Road Ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads*, Journal of Transport Geography № 15, (396-406);
- [3] Fannin, R.J. (2000): *Basic Geosynthetics: A Guide to Best Practices*, BiTech Publishers Ltd., Richmond, British Columbia, Canada, 85 p.;
- [4] Fannin, R.J. (2001): *Basic Geosynthetics: A Guide to Best Practices in Forest Engineering*, Proceedings of the International Mountain Logging and 11<sup>th</sup> Pacific Northwest Skyline Symposium, Seattle, Washington, USA, December 10-12, 2001, (145-151);
- [5] Fannin, R.J., Lorbach, J. (2007): *Guide to Forest Road Engineering in Mountainous Terrain*, Forest Harvesting and Engineering Working Paper 2, Rome, Italy, 88 p.;
- [6] Gabr, M.A., Robinson, B., Collin, J.G., Berg, R.R. (2006): *Promoting Geosynthetics Use on Federal Lands Highway Projects*, Publication No. FHWA-CFL/TD-06-009, North Carolina State University, Department of Civil, Construction and Environmental Engineering, Raleigh, North Carolina; U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 116 p.;
- [7] Matic V., Stefanovic B. (2012): *The Possibility of Combinations of Geo-Synthetics and Phyto-materials in the Construction and Protection of Forest Roads*, International Conference „Land Conservation -LANDCON 1209”, 2012, accepted in press;
- [8] Naskovets, M.T., Korin, G.S., Drachilovski A.I. (2012): *Experimental Forest Road Construction with Geotextile Materials in Telekhany Forestry State Forestry Institution*,

- Proceedings of BSTU, Issue 2, Wood and Woodworking Industry, (24-26);
- [9] Powell, W., Keller, G.R., Brunette, B. (1999): *Applications for Geosynthetics on Forest Service Low-Volume Roads*, Transportation Research Record 2 (1652), (113-120);
- [10] Stefanović B. (2000): *Analiza faza planiranja gradnje šumskog puta*, IV internacionalni simpozijum iz project management-a YUPMA 2000: „Upravljanje projektima u Jugoslaviji na početku novog milenijuma”, Zlatibor, 24-26. aprila 2000., Zbornik radova, (258-263);
- [11] Стефанович Б.Ж. (2004): *Специфика планирования дорожной инфраструктуры в лесных областях Сербии*, „Труды Белорусского государственного технологического университета”, Серия II, Выпуск XII, Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь, (151-156);
- [12] Стефанович, Б.Ж. (2006): *Фазы проектирования лесных дорог в Сербии*, VI международная научно-техническая конференция „Лесной комплекс: состояние и перспективы развития”, Брянская государственная инженерно-технологическая академия, Брянск, Россия, 1.-30. ноября 2006., Сборник научных трудов, (51-53);
- [13] Stefanović, B., Stavretović, N. (2009): *Biološka zaštita kosina puteva - Tehnike zasnivanja protiverozionih travnjaka setvom*, Zbornik radova Građevinsko-arhitektonskog fakulteta № 25, Niš, (215-222);
- [14] \*\*\*, (2006): *Strategija razvoja šumarstva Republike Srbije*, Službeni glasnik Republike Srbije № 59/06, Beograd, (4-19);
- [15] Zlatanović, M., Stojnić, D., Stefanović, B. (2011): *Mogućnost primene gabiona na šumskim putevima*, Šumarstvo № 3-4, Beograd, (107-117);
- [16] \*\*\*, (2010): *Zakon o šumama*, Službeni glasnik Republike Srbije № 30/10, Beograd, (61-80);