Doi broj: 10.5937/rudarstvo26137J

EKOLOŠKI ASPEKTI UPOTREBE HIBRIDNIH GEOMREŽA

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF HYBRID GEOGRIDS

Milenko Jovanović[1], Daniel Kržanović[1], Radmilo Rajković[1], Stefan Trujić[1], Miomir Mikić[1]

[1] Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Zeleni bulevar 35, Bor, Serbia, E-mail: institut@irmbor.co.rs

IZVOD

Geomreže, sa svim svojim specifičnostima i vrsti namene, razlikuju se, prevashodno, po vrsti materijala od kojeg se izradjuju i načinu same izrade. Postoje geomreže koje su izrađene od sintetičkih materijala, geomreže napravljene od prirodnih materijala i hibridni tip geomreža, koji kombinuje materijale i karakteristike prva dva tipa.Hibridne geomreže, koje kombinuju sintetičke i prirodne materijale (poput kokosa ili jute), predstavljaju ekološki naprednije rešenje u savremenom inženjerstvu zbog svoje sposobnosti da balansiraju između trenutne stabilnosti i dugoročne integracije sa prirodom.Poseban deo ove naučne oblasti koja se bavi upotrebom novih materijala, mogućnošću njihovog kombinovanja, vrstom izrade i upotrebnom vrednošću odnosi se na geomreže i geotekstile sačinjene od kombinovanih gradivnih materijala. Ovakav tip geomreža bi se dobio ukrštanjem snopova prirodnih materijala (organskih) i snopa sintetičkih vlakana (koji se koristi u geosintetici).Geomreže od organskog materijala, inače imaju jedinstvene karakteristike, sastoje se od biološki i hemijski razgradivih prirodnih vlakana. One su dizajnirane da zadrže zemljište u mestu dok se ne uspostavi prirodna vegetacija. Sa druge strane geomreže i geotekstili izradjeni od sintetičkih materijala imaju mnogo veću čvrstinu, elastičnost i trajnost.Ukrštanjem (kombinovanjem) ovih tipova (upotrebnih materijala) geomreža (i geotekstila) u vidu svojevrsne hibridne tehnologije izrade ovih proizvoda, dobijamo upotrebne parametre pogodne i u domenu očuvanja prirodne sredine i potrebnu mehaničku i vremensku upotrebljivost.U ovom radu, takav tip geomreža nazvaćemo hibridne geomreže.Naizgled kontradiktorni zahtevi, primenom ovih "hibridnih geomaterijala", mogu biti efikasno ispunjeni.

Klučne reči: *Geomreže, geosintetika, hibridne geomreže, prirodna vlakna i sintetički (veštački) materijali*

ABSTRACT

Geogrids, with all their specificities in the production itself, their basic division and purpose of use - purpose, is based on the type of material from which they are made and the method of production itself. There are geogrids that are made of synthetic materials, geogrids made of natural materials, and a hybrid type of geogrid, which combines the materials and characteristics of the first two types.A special part of this scientific field that deals with the use of new materials, the possibility of combining them, the type of production and the value of use refers to geogrids and geotextiles made of combined building materials. This type of geogrid would be obtained by crossing bundles of natural materials (organic) and bundles of synthetic fibers (used in geosynthetics).By combining these types (materials) of geogrids and geotextiles in the form of a kind of hybrid technology for the production of these products, we obtain useful parameters suitable for the preservation of the natural environment and the required mechanical and temporal usability.Geogrids made of organic material, otherwise have unique characteristics, consist of biologically and chemically degradable natural fibers. They are designed to hold the soil in place until natural vegetation is established. On the other hand, geogrids and geotextiles made of synthetic materials have much greater strength, elasticity and durability.By combining these types (consumable material) of geogrids (and geotextiles) in the form of a kind of hybrid technology for the production of these products, we obtain useful parameters suitable in the field of environmental protection and the required mechanical and temporal usability.In this paper, we will call such type of geogrids hybrid geogrids.Seemingly contradictory requirements, by applying these "hybrid geomaterials", can be effectively fulfilled.

Keywords: *Geogrids, geosynthetics, hybrid geogrids, hybrid materials, natural fibers and synthetic (artificial) materials*

1. Uvod

Geomreže obezbeđuju zatezanje za: razne vrste odlagališta, temelje, temelje železničkih linija i puteva, strme bočne zemljane nasipe, zemljana ojačanja zemljanih nasipa, prenošenje tereta na terenu ekstremne mase, uređenje dubokih rupa i područja nepravilnih profila, pokrivanje rovova i struga i dr…Svojom zateznom snagom geomreže su pogodne za različite vrste zahtevnih projekata. Ovaj vid geo-rešetki predstavlja sjajne elemente za ojačavanje, jer podnose velika opterećenja na zatezanje sa vrlo malim izduženjem. To rezultira neposrednom vezom i spajanjem sila koje geomreža razvija na nasip bez osnovne deformacije.

Ravne monolitne polimerne ploče koje se koriste za pravljenje geomreža su izuzetno čvrste i imaju odličnu hemijsku otpornost. Projektna, inženjerska rešenja koja uključuju upotrebu geomreža mogu sačuvati prirodne mineralne sirovine smanjenjem debljine dna puta i potrebom velikih količina tla za stabilizaciju strmih padina.Geomrežama je relativno lako upravljati, velike količine ovog materijala se mogu brzo instalirati uz minimalnu radnu snagu i niže troškove instalacije. Geomreža se može postaviti u svim vremenskim uslovima bez zahtevne opreme ili bez posebnih tehnika gradnje.Ukrštanjem (kombinovanjem) vrsta (materijala) geomreža (geotekstila) u vidu određene hibridne tehnologije izrade ovih proizvoda, dobijamo upotrebljive parametre pogodne u oblasti zaštite životne sredine te neophodnu mehaničku i vremensku upotrebljivost (dugotrajnost).Osnovna podela prema vrsti materijala od kog su izrađene geomreže je na sintetičke i prirodne (organske). Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike koje se sastoje od biološki i hemijski razgradivih prirodnih vlakana. Dizajnirani su da održavaju zemlju na mestu dok se ne uspostavi prirodna vegetacija. S druge strane, geomreže i geotekstili od sintetičkih materijala imaju mnogo veću čvrstoću, elastičnost i izdržljivost. **[1,2, 3, 4]**

Geomreže se najčešće koriste u pokrovnom zaštitnom sastavu odlagališta kako bi pokrovna konstrukcija mogla preuzeti zatezanja do kojih može doći zbog diferencijalnih sleganja odloženog otpada. A kako se odlagališta ponekad smeštaju u napuštene kamenolome, često je potrebno urediti strme stenske padine kako bi se što bolje iskoristio prostor za odlaganje otpada
Na odlagalištima otpada najčešće se koriste geomreže za ojačanje bočnih strana - rubova ispod otpada kao i za ojačanje pokrova u zonama iznad geomembrane (po potrebi) (*Sl.1.*). U geotehničkom inženjerstvu one se najčešće upotrebljavaju za ojačanje i stabilizaciju slabo nosivog tla. **[1,3,9,10,11]**



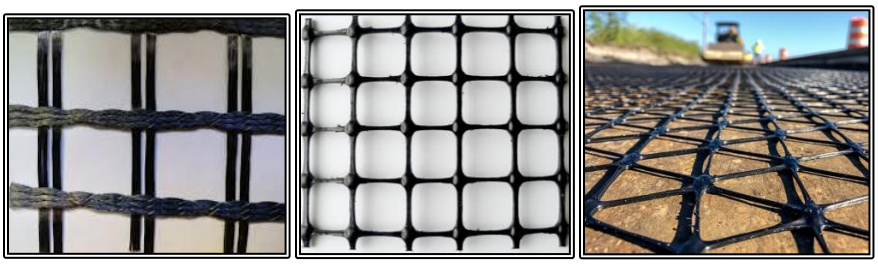
Slika 1. *Prikaz oblaganja (pokrivanja) kosina odlagališta geomtrežom*

2. Geomreže - materijali, tipovi i razlike

Geomreže su izrađene od polimernih materijala kao što su polietilen, poliester i polipropilen i odlikuju se velikom zateznom čvrstoćom. Prvobitne geomreže pravljene su bušenjem rupa u plahti materijala. Danas se takve geomreže rade takozvanim postupkom ekstruzije. Sada imamo geomreže od poliesterskih vlakana obloženih polietilenom. Mnoštvo neprekinutih vlakana spaja se u nit, koja se tada tka u uzdužnom i poprečnom smeru sa određenim razmakom između rebara a preklopi se dodatno učvršćuju i tada se vrši oblaganje vlakana.

Geomreže (*Sl. 2./ a., b. i c.*) se najčešće upotrebljavaju za ojačanje i stabilizaciju slabonosivog tla. U nekim slučajevima material, čija je veličina frakcije veća od otvora oka mreže, se nasipa na geomrežu te dolazi do uklještenja materijala u otvorima geomreže i nastaje sistem otporan na spoljne sile. Osim za stabilizaciju i ojačanje slabonosivog tla, geomreže se koriste i za ojačanje asfalta na način da se između slojeva asfalta ugradi geomreža (i pri sanaciji puteva), u svrhu sprečavanja reflektovanja eventualnih postojećih pukotina na novi sloj asfalta. Geomreža preuzima delovanje sila i sprečava nastajanje pukotina na novougrađenom sloju asfalta. Treća važna namena geomreža je za zaštitu od erozije tla. Za ovu namenu postoje dvodimenzionalne geomreže koje imaju male otvore oka te trodimenzionalne geomreže. Zavisno od proizvođača, geomreže se mogu razlikovati, ali je njihova primarna funkcija i način delovanja isti.

- apsorbuju kinetičku energiju erozivnih elemenata (kiša, vetar) i stabilizuju površinu zemljišta, stvarajući preko nje brojne mikro-brane,
- čuva seme i materijala hidrosetve na mestu, čak i na strmoj padini zemljišta, što dovodi do uspešnog klijanja semena
- pomaže prodiranju vode kroz zemljište i zadržavanje vlage, što dovodi do boljeg klijanja semena i dobrog rasta trave.



a) ***b)*** ***c)***

Slika 2. *– Primeri (izgled) različitih tipova geomreža* ***(a., b.*** *i* ***c.)***

Primena protiverozionih geotekstila, može povećati i podržati efekat kontrole erozije u oblastima sa posebno strmim padinama ili kod podloge podložne eroziji. **[1,3,4,7]**

2.1. Organske geomreže

Najveća uloga vegetacije u zaštiti kosina od erozije i njena stabilizacija, obezbeđena je kada njena površina omogućava uspostavljanje date vegetacije i omogućava da voda teče određenom brzinom i intenzitetom po površini i time onemogućava degradaciju vegetativnog pokrivača.

Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike, sastoje se od biološki i hemijski foto degradabilnih prirodnih vlakana. One su dizajnirane da zadrže zemljište u mestu dok se ne uspostavi vegetacija.

Organska geomreža ima sledeće uloge:

- Da apsorbuje kinetičku energije erozivnih elemenata (kiša, vetar)
- Da olakša prodiranje kiše u zemlju
- Da zadrži vlagu od kiše: Pored toga što su eko-podobne, one mogu da apsorbuju vodu oko pet puta u odnosu na suvu masu

- Omogućava izbegavanje gubitka ili disperziju semena neophodnih za revegetaciju
- Obezbeđuje korenito uspostavljenje biljnih vrsta
- Omogućava kontrolu temperature zemljišta ublažavanjem njenih prirodnih oscilacija: tako da mogu da ublaže ekstremne temperature i stvorite ugodnu mikro-klimu za rast vegetacije.
- Omogućava smanjenje gubitka vlage tla

Organske geomreže su fleksibilnije od većine tipova sintetičkih geomreža.To im omogućava da lako slede konturu površine zemljišta. Sposobnost da naprave direktran kontakt između vlakana i zemljišta i omogući razvijanje veze između njih, omogućava smanjenje gubitka zemljišta za 90 % ili više.
Pored gore navedenog organske geomreže deluju kao „malč“ i time poboljšavaju uspostavljanje vegetacije. Nakon degradacije, oni ne ostavljaju nikakav toksični materijal. [5,7,10]

“Geo-Juta” – Geomreža od Jute

Juta je jednogodišnja biljka koja zahteva izrazito toplu klimu i mnogo vlage. Stabla jute prerađuju se na način sličan lanu. Gaji se u Indiji, Pakistanu, Alžiru, Kini i tropskim predelima Amerike.



Slika 3. – Geomreža od jute

Geomreža od jute (*sl 3.*) se koristi za pokrivanje padina i zaštitu od erozije. Prediva jute su debela sa izraženim 3D karakteristikama i pružaju niz mini barijera, čime se

smanjuje brzina oticanja vode. Otvori jutene mreže zadržavaju izmeštanje čistica zemljišta.Geomreža satkana od jute ima odličnu sposobnost da se oblikuje i prati konture zemljišta na kojima je postavljena. Upija vodu do skoro 4-5 puta suve težine,skladištenjem vode od kiše i sprečava odvajanje zemljšta. U vlažnim uslovima njena fleksibilnost se povećava zbog apsorpcije vode.Jutana geomreža obezbeđuje površinsku stabilnost na strmim padinama i padinama sa uglom oko 45 stepeni. Kada vegetacija počne da raste preuzima ulogu jutane geomreže. Za biorazgradnju jutane mreže potrebno je oko 2 godine. Geomreža od jute ima factor "C" = Gubitak zemljišta zaštićene površine podeljen sa gubitkom zemljišta nezaštićene površine, od 0,005 I sa rastom gustog vegetativnog pokrivača može zaštititi 99.0 do 99.9 % od gubitka zemljišta sa "C" faktorom 0,001 do 0,01.

Geomreža od kokosa

Geotekstil od organskog materijala (kokos) predstavlja prirodno i 100 % biorazgradivo rešenje za kontrolu erozije pomoću geotekstilne prostirke od kokosovih vlakana. Propusni geotekstil pruža prirodan sistem pomoći (poboljšanja karakteristika) zemljištu (tlu) i vegetaciji.

Kokosova vlakna dobijaju se iz ljuske kokosa. Prirodno su snažna, izdržljiva i biorazgradiva.



Slika 4. *- Geomreža od kokosa*

Geomreža od kokosa (*sl. 4.*) je veoma jaka i izdržljiva mreža. Otvoreno tkanje omogućava sadnju semena i vegetacije i pre i nakon instaliranja prostireke, i nudi

snažnu podršku vegetaciji.Životni vek prostirke od kokosovih vlakana je četiri do šest godina. Tokom ovog perioda, sama zemlja jača konsolidacijom. Nakon tog vremena, prostirka se polako biodegradira. Ova geomreža ima visoku zateznu čvrstoću (35 kn/m) i elastičnost i može se instalirati čak na veoma strmim padinama oko 70 stepeni.Na strmim padinama, koje su sklonije eroziji, organska geomreža može biti postavljena u kombinaciji sa metalnim mrežama. Organske geomreže su njbolje za zaštitu od erozije kroz vegetativni rast. Kada se vegetacija uspostvi organske geomreže više ne služe kao zaštita. Metalna mreža ostaje trajno kao aktivna ili pasivna zaštita kosina. Geomreža se može postaviti do 60 stepeni, sa podrškom metalne mreže, dok se kokosova geomreža u kombinaciji sa metalnom može postaviti i na vertikalnim nagibima.Kao što je prikazano, organski geotekstili su veoma korisno sredstvo za zaštitu strme padine dok vegetacije ne preuzme tu ulogu i zaštiti je trajno.

2.2. Sintetičke geomreže

Sintetičke geomreže su sintetički proizvodi (geosintetici) koji se koriste za stabilizaciju terena. Polimerna priroda proizvoda čini ih pogodnim za upotrebu u zemlji gde su potrebni visoki nivoi trajnosti. Ova vrsta geomreža je dostupna u širokom rasponu oblika i (sintetičkog) materijala.U teškim uslovima (kao što su: padine sa kritičnim uglom, kanalima sa velikim protokom itd) vegetativni pokrivač, čak i kada je dobro postavljen, neće moći da opstane pod erozivnom snagom vode.

2.3. Glavni ekološki aspekti njihove primene uključuju:

a. Smanjenje eksploatacije prirodnih resursa
Korišćenjem hibridnih geomreža značajno se smanjuje potreba za prirodnim agregatima (pesak, šljunak). One omogućavaju stabilizaciju tla sa tanjim slojevima materijala, što direktno smanjuje potrebu za iskopavanjem i transportom sirovina.
b. Podrška razvoju vegetacije.Za razliku od potpuno sintetičkih mreža, hibridne varijante sa prirodnim vlaknima deluju kao "malč" – zadržavaju vlagu, regulišu temperaturu zemljišta i pružaju stabilnu osnovu za rast biljaka.

• Biorazgradivost: Prirodni delovi mreže se vremenom razgrađuju bez toksičnih ostataka, ostavljajući za sobom razvijen korenski sistem koji preuzima funkciju stabilizacije.

• Očuvanje ekosistema: Sprečavaju eroziju i degradaciju staništa tokom trajanja građevinskih radova. **[4,5,6,11]**

3. Materijali i izrada geomreža

3.1. Vrste materijala - vlakna

3.1.1. Primarna svojstva vlakana

Da bi se vlakna dalje prerađivala u složeniji tekstil (materijale) i da bi konačni proizvodi zadovoljavali predviđenu namenu, vlakna moraju ispunjavati određene zahteve. Neke karakteristike odražavaju ponašanje vlakana pod dejstvom spoljnih sila i uticaja. Mehanička svojstva (karakteristike) opisuju ponašanje vlakana pod dejstvom različitih vrsta sila i opterećenja. Da bi se saznala čvrstoća vlakana, meri se najveća sila koju vlakno može podneti tzv. prekidna sila [cN]. Različite vrste vlakana značajno se razlikuju po čvrstoći. U tabeli 1 date su vrednosti čvrstoće vlakana – gradivnog materijala (geomreža) u normalnom uslovima (okolni uticaj).

Tabela 1: Čvrstoća vlakana u normalnim uslovima

Vlakno	**Čvrstoća [cN/dtex]**	**Vlakna**	**Čvrstoća [cN/dtex]**
Sirovi	3 – 4,9	Viskozna – standardni	0,7 – 3,2
Laneno	2,6 – 7,7	Viskozna – HWM tip	2,5 – 5
Konopljino	5,8 – 6,8	Poliesterska (PES)	4,6 – 9,5
Jutino	3 – 5,8	Poliamidna (PA)	2,5 – 8,3
Ramijino	5,5	Akrilna (PAN)	2 – 4,5
Svila	2,4 – 5,1	Modakrilna (MAC)	2,5 – 3,5
Vuna	1 – 1,7	Polipropilenska (PP)	3 – 7,5
Azbestno	2,5 – 3,1	Staklena	6,3 – 7,2

Fizička svojstva predstavljaju odgovor vlakana na različite spoljne fizičke uticaje, kao što su dejstvo toplote, razne vrste zračenja, atmosfera itd. Druga vrsta karakteristika povezana je sa izgledom vlakna, njegovim dimenzijama i površinskim karakteristikama. Ova svojstva su vrlo specifična za vlakna - kao oblik materijala, ali

takođe različita i karakteristična za određene vrste vlakana. Karakteristike ove grupe takođe su važne za obradivost i na osnovu njih proizlaze brojne razlike u ponašanju tekstilnih proizvoda u primeni. Ponašanje tokom delovanja hemijskih sredstava je važno za sprovođenje različitih fizičko-hemijskih procesa, a otpornost na određene hemikalije je važna karakteristika. Uobičajeno je da se brojne karakteristike vlakana, od kojih zavisi mogućnost njihove obrade i pogodnost za određenu namenu, svrstavaju u dve grupe: primarna i sekundarna svojstva. **[4,6,7]**

3.1.2. Poreklo vlakana

Prema poreklu, sva vlakna mogu se svrstati u dve grupe - u grupu prirodnih i u grupu veštačkih vlakana. U okviru svoje grupe prirodna vlakna se dele prema vrsti prirodnog izvora u kojem se vlakno formira, a u grupi veštačkih vlakana razlikujemo vlakna od organskih polimera i vlakana koja su napravljena od neorganskog materijala. Vlakna iz organskih polimera se obično dalje klasifikuju prema poreklu polimera, gde je važno razlikovati veštačka vlakna od prirodnih polimera i veštačka vlakna od sintetičkih polimera. **[4,7]**

• Prirodna vlakna: - Biljna vlakna: vlakna iz semena, voća, kore i lišća; - životinja: dlaka, vuna i svila i - mineral: azbest. Glavni sastojak biljnih vlakana je celuloza.
• Veštačka vlakna: veštačka svila: viskozni bakar nitrat i nitrat, bakar, acetat; - celulozna vuna i - proteinska vlakna: životinjska i biljna.
• Sintetička vlakna: polimerizacija i polikondenzacija.

3.1.3. Primena i trajnost hibridnih vrsta geomreža
Površinska erozija može izazvati oštećenja i nestabilnosti koja mogu dovesti do sloma/klizanja pokrova odlagališta. Erozija može nastati zbog delovanja atmosferilija i vetra. Za situacije gde je manja opasnost od erozije, i vegetativni pokrov je sam po sebi dovoljan kao zaštita. Geosintetici se mogu koristiti da potpomognu razvoju vegetacije takve vrste, u vidu sintetičkih ili prirodnih materijala koji se postavljaju na ili ispod površine na odlagalištima (rudarskog) otpada. Prirodan (organski) tip upotrebnih vlakana omogućava sadnju semena i vegetacije i pre i posle postavljanja geomreže i nudi snažnu potporu vegetaciji.
Kada se uspostavi vegetacija, organske geomreže više ne služe kao zaštita. Tu nastupaju sintetički materijali u geomrežama, koji u znatnoj meri pospešuju zateznu čvrstoću i trajnu aktivnu i pasivnu zaštitu – utvrdu kosina odlagališta.

Životni vek organskih – biljnih vlakana u geomreži varira, uglavnom, u rasponu od 3-4 do 10 godina. Vek trajanja sintetičkih vlakana je veoma dug i uglavnom prelazi 100 godina. **[4,6,7]**

4. Zaključak

Geomreže i geotekstili od organskog materijala su prirodno i 100% biorazgradivo rešenje za kontrolu erozije pomoću geomaterijalnih prostirki od kokosovih vlakana. Organske geomreže imaju jedinstvene karakteristike koje se sastoje od biološki i hemijski fotodegradabilnih prirodnih vlakana. Dizajnirani su da drže zemljani materijal na mestu dok se ne uspostavi vegetacija.Ugradnja ovih efikasnih sistema (geomreže, geotekstili, geomembrane ...) u razne grane primene u rudarstvu, građevinarstvu i raznim vidovima industrije, čini neraskidivu vezu sa ekološkim parametrima i njihova svrsishodnost direktno zavisi od materijala od kojih su napravljeni. Primena i izbor vrsta i materijala u izgradnji puteva važni su za (uštedu) poboljšanja na polju brže, sigurnije i efikasnije izgradnje puta. Takođe se odnosi na zaštitu i stabilizaciju (ojačavanje) površina (padina) deponija (odlagališta) i drugih rudarskih objekata, gde pokrivni sloj takođe zavisi od nataloženog materijala, veličine i oblika. [3,4,6,7,11]Kao moguće rešenje za uštedu u mnogim slučajevima, gde se zahteva efikasan rezultat, kako na ekološkom, tako i na planu građevine, bezbednosti, zaštite na terenu, postoji hibridni pristup upotrebi građevinskog materijala. Naime, korišćenjem (unakrsnih hibridnih) različitih vrsta materijala, organskog i sintetičkog porekla u proizvodnji geomreža ili geotekstila možemo rešiti naizgled kontradiktorne zahteve u njihovoj primeni. [4,5,11]Posebnu pažnju u daljem razvoju treba posvetiti upotrebi novih prirodnih materijala i hibridne tehnologije izrade geomaterijala.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor u 2024. godini, evidencioni broj: 451-03-33/2026-03/ 200052.

Literatura

1. Mladen Bogićević (03.12.2008.g) - „Gradjevinarstvo“ .rs / „Građevinarstvo“, Beograd, Srbija

2. SRPS EN ISO 10318: (2015 ’) - „Geosintetika“/ „Geosintetika“- Termini i definicije (ISO 10318: 2015’)
3. Milenko Jovanović (jun, 2019’), Studijsko istraživanje II (doktorska disertacija): „Geosintetika - svrha i primena (u rudarstvu)“, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru
4. Milenko Jovanović (jul, 2019 ’), Studijsko istraživanje III (doktorska disertacija): „Organske geomreže“, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru
5. Milenko Jovanović, R. Rajković, D. Kržanović, M. Mikić, E. Požega; “Primena geomreža za osiguranje i zaštitu odlagališta”. „Rudarstvo 2025“- 16. simpozijum sa međunarodnim učešćem (27.–30. maj 2025), Vrnjačka banja, Srbija. p.p. 116-121. ISBN 978-86-80420-29-5. DOI: 10.30544/rudar12
6. Veinović, Ž., Kvasnička, P. (2007’): „Površinske deponije“, Interna skripta, Rudarsko – geološko - naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
7. Zidar M. (2009’): „Metode sanacije klizišta“, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin
8. Sandra Lenček (2009’): Završni rad (doktorski rad): „Primjena geosintetike u uređenju krajobraza“ - Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin [k 3 6]
9. Lukavečki Iva (2010./2011.g.): „O geosintetici i primeni u sanaciji deponija“; Završni rad; (str. 1821)
10. Mihaela Juras (2017’): „Primjena geosintetika u odlagalištu otpada“, Završni rad; Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.
11. Milenko Jovanović, D. Kržanović, R. Rajković, M. Mikić, M. Maksimović: Application of geogrids in recultivation measures against land degradation. XV International Mineral Processing and Recycling Conference, 17-19 Maj 2023.god., Belgrade, Serbia, pp. 435-440. ISBN 978-86-6305-133-1.

Milenko Jovanović milenko.jovanovic@irmbor.co.rs
ORCID:0000-0002-6757-4143
Danijel Kržanović danijel.krzanovic@irmbor.co.rs
ORCID:0000-0003-3841-8667
Radmilo Rajković radmilo.rajkovic@irmbor.co.rs
ORCID 0000-0001-5905-6613
Stefan Trujić stefan.trujic@irmbor.co.rs
Miomir Mikić miomir.mikic@irmbor.co.rs
ORCID:0000-0001-7659-769x