

UDK
62:502/504

ISSN 1849-4714 (Tisak)
ISSN 1849-5079 (Online)



INŽENJERSTVO OKOLIŠA

Scientific and professional journal in the area
of environmental engineering

GEOTEHNIČKI
FAKULTET,
SVEUČILIŠTE U
ZAGREBU
VARAŽDIN,
HRVATSKA



FACULTY OF
GEOTECHNICAL
ENGINEERING,
UNIVERSITY OF
ZAGREB
VARAŽDIN,
CROATIA

GODIŠTE / VOLUME 4
BROJ / NUMBER 2
PROSINAC / DECEMBER 2017

IMPRESSUM

Izdavač/Publisher:

GEOTEHNIČKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, Hallerova aleja 7, HR - 42000 Varaždin
Tel.: + 385 (0)42 408 900, Faks: + 385 (0)42 313 387
OIB: 16146181375, e - mail: ured.dekana@gfv.hr, URL: <http://www.gfv.unizg.hr>

Adresa uredništva/Editorial address:

GEOTEHNIČKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, Hallerova aleja 7, HR - 42000 Varaždin
Tel.: + 385 (0)42 408 900, Faks: + 385 (0)42 313 387
OIB: 16146181375, e - mail: casopis@gfv.hr, URL: <http://www.gfv.unizg.hr/hr/journalio.html>

Glavni urednik/Editor in Chief:

Izv. prof. dr. sc. Stjepan Strelec, stjepan.strelec@gfv.hr

Urednički odbor/Editorial board:

Izv. prof. dr. sc. Aleksandra Anić Vučinić, aav@gfv.hr
Prof. dr. sc. Andrea Bačani, andrea.bacani@rgn.hr
Prof. emeritus Božidar Biondić, bbiondic@gfv.hr
Prof. dr. sc. Ranko Biondić, rbiondic@gfv.hr
Prof. dr. sc. Mladen Božičević, mladen.bozicevic@gfv.hr
Doc. dr. sc. Sanja Kalambura, sanja.kalambura@vvg.hr
Prof. dr. sc. Sanja Kapelj, sanja.kapelj@gfv.hr
Doc. dr.sc. Boris Kavur, boris.kavur@gvf.hr
Prof. emeritus Natalija Koprivanac, nkopri@fkit.hr
Prof. dr. sc. Davorin Kovačić, kovacic.geoekspert@gmail.com
Prof. dr. sc. Urška Lavrenčić Štangar, urska.lavrencic@ung.si (Slovenia)
Prof. dr. sc. Jakob Likar, jakob.likar@ogr.ntf.uni-lj.si (Slovenia)
Doc. dr. sc. Snježana Markušić, markusic@irb.hr
Prof. dr. sc. Josip Mesec, jmesec@gfv.hr
Doc. dr.sc. Anita Ptiček Siročić, anitaps@gvf.hr
Doc. dr. sc. Milan Rezo, mrezo@gfv.hr
Izv.prof.dr. sc. Zvezdana Stančić, zvezdana.stancic@gfv.hr
Doc. dr. sc. Radmila Šalić, r_salic@pluto.iziis.ukim.edu.mk (Macedonia)
Dr. sc. Josip Terzić, josip.terzic@hgi-cgs.hr
Prof. emeritus Ivan Vrkljan, ivan.vrkljan@igh.hr
Prof. dr. sc. Sabid Zekan, sabid.zekan@untz.ba (Bosnia and Herzegovina)
Izv.prof.dr.sc. Mladen Zrinjski, mzrinjski@geof.hr
Doc. dr. sc. Željka Zgorelec, zzgorelec@agr.hr

Tehnički urednici/Technical board:

Doc. dr. sc. Hrvoje Meaški, hmeaski@gfv.hr
Doc. dr. sc. Bojan Đurin
Davor Stanko, mag. phys

Tisak/Printed by:

TISKARA ZELINA d.d., K.Krizmanić 1, HR-10380 Sveti Ivan Zelina, Hrvatska

Naklada/Edition:

200 primjeraka/200 copies

Časopis izlazi dva puta godišnje. Svi radovi objavljeni u časopisu su recenzirani od strane neovisnih recenzenata.

Journal is published biannually. All papers published in journal have been reviewed.

Časopis je referiran/Journal is referred in: Hrčak – Portal znanstvenih časopisa RH, Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI).

Časopis je objavljen uz financijsku potporu Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske te su svi cjeloviti radovi besplatni i dostupni na web stranici <http://www.gfv.unizg.hr/hr/journalio.html>

Journal is published with financial support of Ministry of science and education of the Republic of Croatia and the full text of all articles is available for free at the web site <http://www.gfv.unizg.hr/hr/journalio.html>

ISSN 1849-4714 (Tisak)

ISSN 1849-5079 (Online)

UDK 62:502/504

Naslovna slika / Journal cover photo: Otok Vis, uvala Pizdica, autor Marko Bradaš.

Poštovano čitateljstvo,

pred Vama je novi broj časopisa Inženjerstvo okoliša Vol. 4. No. 2. u kojem i dalje održavamo interdisciplinarnost kao i povezanost s inženjerstvom okoliša uz uključivanje studenata diplomskih studija u znanstveno - istraživački rad, na način da objavljuju radove u sinergiji s mentorima.

Tematikom u ovom broju obuhvaćeni su i radovi preuzeti s Treće regionalne konferencije o procjeni utjecaja na okoliš koja se održala u Vodicama od 13. do 16. rujna 2017. Organizator ove konferencije bila je Hrvatska udruga stručnjaka zaštite prirode i okoliša (HUSZPO); nevladina organizacija osnovana 2004. godine od strane renomiranih pravnih i fizičkih osoba koje se profesionalno bave zaštitom prirode i okoliša u Hrvatskoj. Veliko nam je zadovoljstvo što su autori prihvatili sudjelovati sa svojim radovima u našem časopisu.

Susrećemo se sa zanimljivim temama koje su bile prezentirane na konferenciji:

- Unrecognized conflicts among forestry, agriculture and the ecological network: easement of forests and forest land for the raising of perennial crops - case study Dubrovnik-Neretva County
- Uloga procjena utjecaja zahvata na okoliš u prenamjeni eksploatacijskih polja
- Mogućnosti ublažavanja utjecaja regulacijskih i zaštitnih vodenih građevina na vodene ekosustave
- Geokološko vrednovanje unutar studija o utjecaju na okoliš – primjer dosadašnje prakse: HE Kosinj / Senj 2

U ovom broju možete pronaći i sljedeće radove:

- Primjena Ménardovog presiometra za procjenu G- γ krivulje krutosti sitnozrnatog tla
- Mineraloška i fizička svojstva tipičnih tala podsljemenske zone grada Zagreba
- Energetska učinkovitost zgrada
- Geotehnička i geofizička istraživanja za potrebe izgradnje proizvodnog pogona cementa u Obrovcu

Časopis Inženjerstvo okoliša izlazi dva puta godišnje, sredinom i krajem kalendarske godine, a osim u tiskanom izdanju, časopis se izdaje i u elektroničkom obliku, online izdanju, koje se može preuzeti na mrežnoj stranici časopisa: www.gfv.unizg.hr/hr/hr/journalio.html.

Citat časopisa Inženjerstvo okoliša možete pronaći u Chemical Abstracts Service Source Indeks (CASSI) koja nudi bibliografske podatke o publikacijama citiranim u međunarodnoj Chemical Abstract bazi podataka.

Srdačno Vas pozivamo da nam se pridružite sa svojim radovima kako bi održali kontinuitet izdavanja i u narednim godinama te unaprijed zahvaljujemo svima koji će časopis INŽENJERSTVO OKOLIŠA prepoznati kao mjesto prezentiranja svojih rezultata istraživanja.

Želimo Vam čestit Božić te sve najbolje u nastupajućoj 2018. godini.

Uredništvo časopisa Inženjerstvo okoliša

FAKULTET S KOJIM ĆEŠ MIJENJATI SVIJET NA BOLJE



STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Geotehnički fakultet
Hallierova aleja 7, Varaždin



FAKULTET S KOJIM ĆEŠ MIJENJATI SVIJET NA BOLJE



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Geotehnički fakultet
Hallierova aleja 7, Varaždin



STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA

Zašto studirati Inženjerstvo okoliša na Geotehničkom fakultetu?

S našeg fakulteta izlaze Inženjeri zaštite okoliša. Kroz preddiplomski i diplomski studij Inženjerstva okoliša studenti stječu kompetencije iz područja gospodarenja otpada, zaštite okoliša, zaštite voda, geotehnike, zelene energije i cirkularne ekonomije te otvaraju vrata u područje tzv. zelenih poslova.

Sama nastava koncipirana je na bazičnim znanjima iz temeljnih prirodnih, tehničkih i informatičkih znanosti koja su preduvjet za razumijevanje osnovnih načela Inženjerstva okoliša; inovativnim rješenjima i završava obaveznom stručnom praksom u trajanju od 160 sati, čime studenti rano dolaze u priliku primijeniti naučeno.

U recenziju je upućen i doktorski studij Inženjerstvo okoliša (prvi takav u Hrvatskoj) koji nastoji interdisciplinarno povezati teme zaštite voda, tla, zraka, gospodarenje otpadom i energetike.

Preddiplomski studijski program Inženjerstvo okoliša

Preddiplomski sveučilišni studij Inženjerstva okoliša traje tri godine, tijekom kojih se stječu znanja iz temeljnih prirodnih, tehničkih i informatičkih znanosti kao preduvjet za razumijevanje osnovnih principa Inženjerstva okoliša, koji uključuju znanja iz zaštite okoliša, gospodarenja otpadom te ostalih mjera i postupaka u zaštiti okoliša.

Na taj način student tijekom studija razvija sposobnost prepoznavanja i opisivanja različitih problema u Inženjerstvu okoliša, sposobnost usvajanja najkvalitetnijih rješenja u struči, sposobnost korištenja laboratorijske i terenske opreme, promatranja, bilježenja i analize podataka dobivenih laboratorijskim i terenskim ispitivanjima.

Diplomski studijski program Inženjerstvo okoliša

Kroz diplomski studijski program studenti detaljnije ulaze u problematiku Inženjerstva okoliša kroz tri studentska usmjerenja:

- Geoinženjerstvo okoliša omogućava sudjelovanje u planiranju, projektiranju, organiziranju i izvođenju poslova na projektima i studijama: očuvanja, nadzora, zaštite i remedijacije okoliša, procjene utjecaja planiranih zahvata na okoliš, istraživanja terena u okolišne i geotehničke svrhe kao i stručnih poslova u niskogradnji i rudarstvu.
- Upravljanje vodama obrađuje problematiku vodnih resursa, gdje se podjednaka težina daje količini i kakvoći vode za piće, problematiku otpadnih voda, njihovoj dispoziciji i remedijaciji, složenom području energetskog iskorištavanja vodnih potencijala te melioracijskim sustavima i regulaciji vodotoka.
- Upravljanje okolišem Interdisciplinarni je smjer koji obuhvaća inženjerski pristup u identificiranju, sprječavanju i ublažavanju nepovoljnih utjecaja na okoliš. Širok spektar znanja omogućava rješavanje niza okolišnih izazova poput gospodarenja otpadom, energetske tranzicije, remedijacije tla, procjene životnog vijeka proizvoda, procjene utjecaja na okoliš, inspekcijskog nadzora u zaštiti okoliša i sl.



SADRŽAJ – CONTENT

Dario Čolja, Boris Kavur PRIMJENA MÉNARDOVOG PRESIOMETRA ZA PROCJENU G-γ KRIVULJE KRUTOSTI SITNOZRNATOG TLA USE OF MÉNARD PRESSUREMETER TO ASSESS G- γ STIFNESS CURVE OF FINE GRAINED SOIL	87
Jasmina Martinčević Lazar, Kosta Urumović, Snježana Mihalić Arbanas MINERALOŠKA I FIZIČKA SVOJSTVA TIPIČNIH TALA PODSLJEMENSKE ZONE GRADA ZAGREBA MINERALOGICAL AND PHYSICAL PROPERIES OF TYPICAL SOILS FROM ZAGREB PODSLJEME AREA	93
Konrad Kiš NEPREPOZNATI KONFLIKTI IZMEĐU ŠUMARSTVA, POLJOPRIVREDE I EKOLOŠKE MREŽE: OSNIVANJE PRAVA SLUŽNOSTI NA ŠUMI I ŠUMSKOM ZEMLJIŠTU RADI PODIZANJA VIŠEGODIŠNJIH NASADA - ANALIZA SLUČAJA DUBROVAČKO-NERETVANSKA ŽUPANIJA UNRECOGNIZED CONFLICTS AMONG FORESTRY, AGRICULTURE AND THE ECOLOGICAL NETWORK: EASEMENT OF FORESTS AND FOREST LAND FOR THE RAISING OF PERENNIAL CROPS - CASE STUDY DUBROVNIK-NERETVA COUNTY	101
Valentina Herega, Mirna Amadori ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADA ENERGY CERTIFICATION OF BUILDINGS	109
Aleksandra Anić Vučinić, Lana Krišto, Ivana Melnjak, Lucija Radetić ULOGA PROCJENE UTJECAJA ZAHVATA NA OKOLIŠ U PRENAMJENI EKSPLOATACIJSKIH POLJA THE ROLE OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN REHABILITATION AND CONVERSION OF EXPLOITATION FIELDS	115
Goran Lončar, Domagoj Vranješ, Ivana Tomašević, Katarina Čović, Ivana Buj, Goran Dašić, Lovorka Korica MOGUĆNOSTI UBLAŽAVANJA UTJECAJA REGULACIJSKIH I ZAŠTITNIH VODENIH GRAĐEVINA NA VODENE EKOSUSTAVE POSSIBILITIES OF INFLUENCING THE IMPACT OF REGULATORY AND PROTECTIVE WATER CONSTRUCTIONS IN THE WATER ECOSYSTEM	121
Valerija Butorac, Goran Lončar, Martina Cvitković, Domagoj Vranješ GEOEKOLOŠKO VREDNOVANJE UNUTAR STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ – PRIMJER DOSADAŠNJE PRAKSE: HE KOSINJ / SENJ 2 GEOECOLOGICAL EVALUATION WITHIN ENVIRONMENT IMPACT ASSESSMENT STUDIES-EXAM- PLE OF: HYDROPOWER PLANTS KOSINJ AND SENJ 2	129
Marko Bradaš, Jasmin Jug, Stjepan Strelec GEOTEHNIČKA I GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE IZGRADNJE PROIZVODNOG POGONA CEMENTA U OBROVCU GEOTECHNICAL AND GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS FOR CONSTRUCTION CEMENT PRODUCTION FACILITIES IN OBROVAC	139
Nikola Kranjčić, Davor Stanko, Mario Gazdek BESTSDI Project overview BESTSDI pregled projekta	153



STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA



Dan
otvorenih
vrata

TRAVANJ
2018



Geotehničkog
fakulteta



STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA

PRIMJENA MÉNARDOVOG PRESIOMETRA ZA PROCJENU G- γ KRIVULJE KRUTOSTI SITNOZRNATOG TLA

USE OF MÉNARD PRESSUREMETER TO ASSESS G- γ STIFFNESS CURVE OF FINE GRAINED SOIL

Dario Čolja¹, Boris Kavur^{1*}

¹ Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, Varaždin, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: bkavur@gfv.hr

Sažetak: U radu se prikazuje primjena Ménardovog presiometra u sitnozrnatom tlu u kombinaciji s geofizičkim seizmičkim in situ metodama ispitivanja brzine posmičnih valova radi procjene krivulja degradacije modula krutosti (G- γ). Opisan je pojednostavljeni postupak transformacije izmjerenih promjena volumena ispitne šupljine u posmičnu deformaciju iz rezultata nedreniranih pokusa Ménardovim presiometrom. Prikazani su parametri modeliranih krivulja krutosti i rezultati interpretacije Ménardovih presiometarskih pokusa u zagrebačkoj prekonsolidiranoj glini.

Cljučne riječi: Ménardov presiometar, krivulja krutosti sitnozrnato tlo.

Abstract: The paper presents a use of Ménard pressuremeter tests in fine grained soil together with geophysical seismic in situ methods for determination of shear wave velocities in order to estimate in situ decay curves of shear stiffness (G- γ). A simplified procedure for transformation of measured volume changes of the test cavity into shear deformations from the results of the undrained Ménard pressuremeter test is described. Parameters of modeled shear stiffness curves and interpreted results of Ménard pressuremeter tests in the Zagreb preconsolidated clay are presented.

Keywords: Ménard pressuremeter, shear stiffness curve of fine grained soil.

Received: 20.11.2017 / Accepted: 8.12.2017

Published online: 18.12.2017

Znanstveni rad / Scientific paper

1. UVOD

U novije vrijeme presiometar se relativno rijetko koristi u geotehničkoj praksi Republike Hrvatske (RH). Međutim, tijekom osamdesetih i devedesetih godina prošlog stoljeća presiometar je u RH češće korišten za projektiranje plitkih i dubokih temelja u tlu i mekšim stijenama. Rjeđe korištenje presiometra je vjerojatno posljedica intenzivnijeg korištenja različitih penetracijskih tehnika ispitivanja tla kao npr. statičkog penetracijskog pokusa (CPT/CPTU, SCPTU), pokusa plosnatim dilatometrom (DMT, SDMT), dinamičkih penetracija i drugih terenskih metoda, koje su tehnički ipak manje zahtjevne u pogledu implementacije. U navedenim penetracijskim tehnikama ispitivanja nije moguće kontrolirati uvjete pokusa ili dobiti naponsko-deformacijsku krivulju, kao što je to moguće u presiometarskom pokusu. Prednost presiometarskog pokusa leži upravo u činjenici da su rubni uvjeti pokusa kontrolirani i teoretski dobro definirani, kao i u mogućnosti istovremenog in situ mjerenja parametara krutosti i čvrstoće tla i mekših stijena (Mair i Wood, 1987). Osim toga, ispitivanja presiometrom je moguće obaviti u svim tipovima tla i stijena.

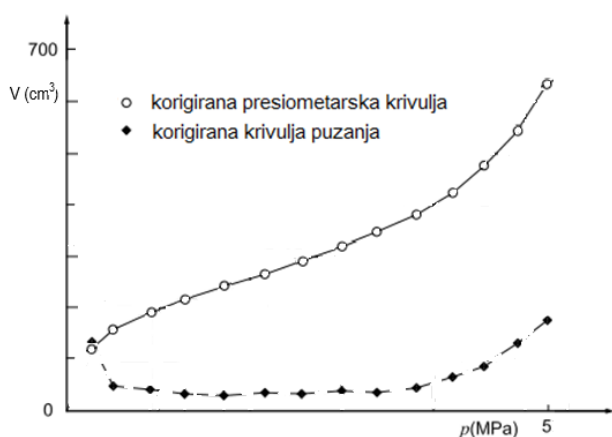
Presiometarski pokus se u osnovi sastoji u kontroliranom, radijalnom ekspaniranju sonde cilindričnog oblika (odnosno njene savitljive membrane), koja je

odgovarajućim postupkom prethodno ugrađena u tlo, ili stijenu.

S obzirom na način ugradnje sonde, kao i način mjerenja rezultirajuće deformacije ekspanirajuće šupljine, razvijene su različite konstrukcije ovakvog uređaja, koji se obično naziva presiometrom, ili u nekim verzijama, dilatometrom. Prve su razvijene verzije uređaja, koje podrazumijevaju prethodno bušenje ispitne bušotine u koju se ugrađuje sonda. Takav je tzv. Ménardov tip presiometra (MPM, Ménard pressuremeter), kao i različite verzije dilatometara fleksibilnog i krutog tipa za primjenu u stijenama (Vrkljan i dr. 2006). Kasnije je razvijena verzija tzv. samobušeceg presiometra (SBP, self-boring pressuremeter), koji se s dna prethodno izbušene bušotine sam ubuš u tlo poput mini krtice za iskop tunela. Ovakav postupak ugradnje sonde bi trebao rezultirati minimalnim poremećenjem tla ili stijene. Razvijene su i verzije presiometra, koje se ugrađuju utiskivanjem (penetracija) u tlo odnosno razmicanjem tla. Penetracijske verzije tzv. razmičućeg presiometra (FDP, full-displacement pressuremeter) najčešće se koriste zajedno sa statičkom penetracijom (CPTU) u istraživanjima morskog dna. U ovom radu prikazat će se mogući način primjene tzv. Ménardovog tipa presiometra u sitnozrnatom tlu.

Hrvatski zavod za normizaciju je prihvatio međunarodnu i europsku normu za ispitivanje Ménardovim presiometrom kao hrvatsku normu HRN EN ISO 22476-4: 2012.

Tipični rezultat pokusa Ménardovim presiometrom prikazan je na slici 1. Korigirana presiometarska krivulja predstavlja odnos opterećenja (p) na stijenske bušotine i rezultirajuće promjene volumena (V) ispitne šupljine. Podaci ispitivanja se korrigiraju s obzirom na krutost savitljive membrane presiometra kao i s obzirom na deformabilnost sustava za mjerenje promjene volumena. Krivulja puzanja se dobiva kao razlika promjene volumena između očitavanja provedenih nakon 60 odnosno 30 sekundi od aplikacije inkrementa opterećenja na stijenku bušotine.



Slika 1. Tipični rezultat ispitivanja Ménardovim tipom presiometra.

Prema usvojenoj normi, iz rezultata ispitivanja Ménard-ovim presiometrom interpretiraju se: presiometarski modul (E_M), granični tlak (p_{LM}) i tlak puzanja (p_M). Navedeni parametri koriste se zatim u empirijskom načinu projektiranja temelja (vidi Baguelin i dr. 1978).

Mair i Wood (1987) naglašavaju da generalno postoje dva pristupa korištenja presiometarskih rezultata, tzv. francuski, odnosno engleski pristup. Francuski pristup podrazumijeva da se parametri dobiveni presiometarskim ispitivanjem direktno koriste pri projektiranju temelja. Interpretirani parametri E_M i p_{LM} su empirijski dovedeni u vezu s uvjetima temeljenja, te se preko njih procjenjuju nosivost i slijeganja plitkih i dubokih temelja (Vrkljan i dr. 2006). Spomenuti pristup je vezan uz povijesni razvoj Ménardova presiometra u Francuskoj i njihovo gledište da ovaj pokus ne treba generalno razmatrati kao sredstvo za dobivanje temeljnih svojstava tla, već radije kao metodu kojom se koristi striktno empirijski (Mair i Wood 1987). Engleski pristup podrazumijeva uporabu presiometra tako da se njime procjene temeljna svojstva tla/stijena (krutost i čvrstoća), koja se onda rabe u uobičajenim metodama geotehničkog projektiranja.

Iako se na prvi pogled čini da je u presiometarskom ispitivanju tlo ili stijena opterećena tlačno, izazvana deformacija stijenki bušotine posljedica je isključivo posmičnih naprezanja (Mair i Wood 1987; Vrkljan i dr.

2006). Nagib naponsko-deformacijske krivulje ovisi o krutosti ispitivanog tla odnosno stijene i zbog toga presiometarsko ispitivanje omogućava interpretaciju posmičnog modula (G) odnosno krutosti. Općenito, jedno od fundamentalnih svojstava tla je postojanje nelinearne veze između posmičnih deformacija i odgovarajućih posmičnih naprezanja, odnosno modula posmika. Navedeno vrijedi i za relativno male vrijednosti posmičnih deformacija. Posljedica je postojanje potrebe za uporabom naprednijih i složenijih postupaka analiza i proračuna, u cilju dobivanja relevantnih, korektnih i interpretabilnih rezultata.

U svezi s navedenim, cilj rada je istražiti primjenu Ménard-ovog presiometra u sitnozrnatom tlu (nedrenirani pokus) u kombinaciji sa seizmičkim metodama ispitivanja brzine posmičnih valova radi definiranja krivulje degradacije modula krutosti (G - γ) tla. Problem ovakve primjene Ménard-ovog presiometra leži u činjenici da se interpretirani moduli (G) ne mogu izravno povezati s posmičnim deformacijama (γ) već promjenama volumena ispitne šupljine. U sklopu ovog zadatka analizirat će se rezultati istraživanja koje je uključilo različite metode ispitivanja u zagrebačkoj, čvrstoj, prekonsolidiranoj glini.

2. MODEL KRIVULJE DEGRADACIJSKE KRUTOSTI TLA

Hardin i Drnevich (1972) su dinamičkim ispitivanjima tla u laboratoriju pokazali da je odgovor tla na mehaničko opterećenje nelinearan počevši od vrlo malih posmičnih deformacija (γ). Kada dodatna naprezanja u tlu rezultiraju povećanjem deformacija preko granice od 10^{-6} , krutost tla odnosno odgovarajuće vrijednosti posmičnog modula (G) se nelinearno reduciraju s povećanjem posmičnih deformacija počevši od maksimalne vrijednosti (G_o). Model nelinearnog ponašanja tla odnosno tipičnu krivulju redukcije ili degradacije modula Hardin i Drnevich (1972) su predstavili preko modela hiperbole (1):

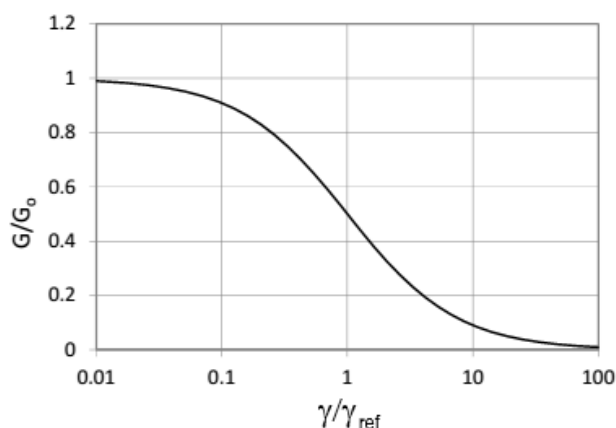
$$\frac{G}{G_o} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\gamma}{\gamma_{ref}}\right)} \quad (1)$$

gdje je γ_{ref} referentna posmična deformacija tla koju su definirali kao omjer maksimalnog posmičnog naprezanja (τ_{maks}) i maksimalnog posmičnog modula (G_o) koji vrijedi pri malim posmičnim deformacijama ($\gamma < 10^{-6}$) tla.

Na slici 2 je prikazana normalizirana krivulja degradacije krutosti (G/G_o) u odnosu na normaliziranu vrijednost posmične deformacije (γ/γ_{ref}).

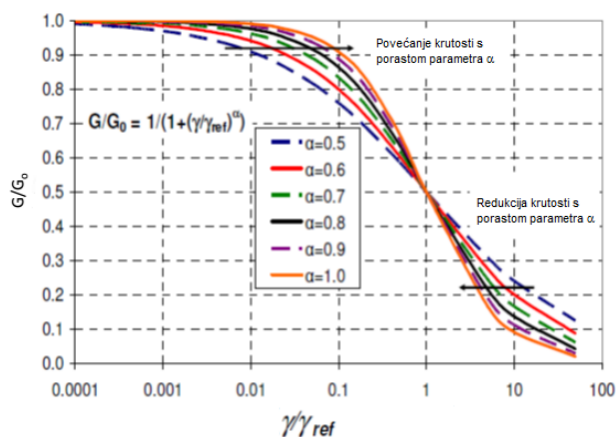
Varanega i Bolton (2011) su modificirali model hiperbole definiran izrazom (1) uključivanjem parametra α koji utječe na zakrivljenost krivulje prema sljedećoj relaciji (2):

$$\frac{G}{G_o} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\gamma}{\gamma_{ref}}\right)^\alpha} \quad (2)$$



Slika 2. Krivulja degradacije krutosti tla (Hardin i Drnevich 1972).

Na slici 3 prikazane su normalizirane krivulje degradacije modula (G/G_0) pri različitim vrijednostima α . Utjecaj parametra α na oblik krivulje vidljiv je na slici 3.



Slika 3. Krivulje degradacije krutosti (G/G_0) u ovisnosti o vrijednosti parametra zakrivljenosti α (modificirano iz Vardanega i Bolton 2011).

Vardanega i Bolton (2011) definiraju γ_{ref} kao vrijednost posmične deformacije pri kojoj je vrijednost sekantnog modula reducirana na 50% ($G/G_0 = 0,5$) njegove maksimalne vrijednosti. Za procjenu vrijednosti γ_{ref} Vardanega i Bolton (2011) predlažu korelaciju (3) koja koristi indeks plastičnosti tla:

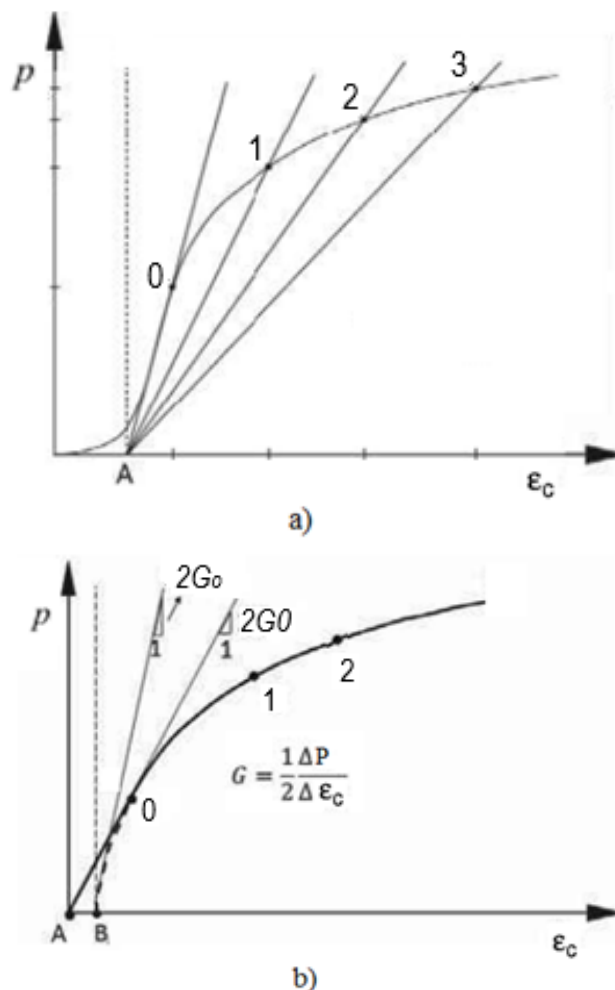
$$\gamma_{ref} = 2,17 \cdot (I_p) / 1000 \quad (3)$$

Na temelju analize podataka iz baze od 20 ispitanih sitnozrnatih tala Vardanega i Bolton (2011) pokazuju da je koeficijent određenja korelacije (3) relativno povoljan ($R^2 = 0,75$).

Za korištenje opisanog modela (2) potrebno je definirati barem dvije točke na krivulji tj. poznavati vrijednost maksimalnog modula G_0 i vrijednost G pri nekoj vrijednosti posmične deformacije γ npr. iz presiometarskog pokusa.

3. KRIVULJA DEGRADACIJE KRUTOSTI IZ PRESIOMETARSKOG POKUSA

U presiometarskom ispitivanju tlo je prividno opterećeno tlačnim naprezanjima po obodu ispitne bušotine, a deformacija stijenki bušotine zapravo je posljedica isključivo posmičnih naprezanja (Mair i Wood 1987; Vrkljan i dr. 2006). Nagib naponsko-deformacijske krivulje ovisi o krutosti ispitivanog tla odnosno stijene i zbog toga presiometarsko ispitivanje omogućava interpretaciju posmičnog modula (G) odnosno krutosti tla (slika 4).



Slika 4. Presiometarska krivulja (p - ϵ_c): a) kompletna krivulja; b) reducirana krivulja (ne uključuje fazu širenja sonde prije kontakta sa stijenkom bušotine).

Opterećenje p na slici 4 je prikazano u odnosu na deformaciju šupljine, ϵ_c , pri čemu se p pojavljuje na ordinati za razliku od prikaza na slici 1, zbog čega presiometarska krivulja ima vizualno drugačiji oblik. O načinu izračuna posmičnog modula (G) iz podataka opterećenja (p) i deformacije šupljine (ϵ_c) može se više naći u Mair i Wood (1987).

Cilj interpretacije pokusa Ménardovim presiometrom u ovom istraživanju je dobiti krivulju promjene krutosti tla (G) u odnosu na posmičnu deformaciju (γ).

Ménard-ovim presiometrom mjere se promjene volumena (ΔV) u odnosu na neki početni volumen šupljine (V) kako je prikazano na **slici 1**, a ne posmična deformacija. Radi transformacije promjena volumena u posmičnu deformaciju, promjene volumena se u prvom koraku mogu iskazati kao promjene deformacije šupljine ε_c preko izraza (4):

$$\varepsilon_c = (1 - \Delta V / V)^{-1/2} - 1 \quad (4)$$

Za prikaz krivulje p - ε_c , presiometarsku krivulju je potrebno reducirati tako da se ishodište koordinatnog sustava preseli u točku A koja odgovara kontaktu membrane sa stijenkom bušotine odnosno točku od koje se počinje mjeriti deformaciju šupljine ε_c . Za ovakav postupak interpretacije pokusa nužno je što preciznije odrediti kontakt membrane i stijenke bušotine. Zbog toga pokus treba započeti s malim inkrementima opterećenja. Iz reducirane presiometarske krivulje prikazane na **slici 4.b** moguće je interpretirati promjene vrijednosti sekantnog modula G počevši od neke maksimalne vrijednosti G_0 , koja odgovara ravnom (pseudo-elastičnom) dijelu krivulje i koja se postupno smanjuje porastom deformacije šupljine ($G1, G2, G3$ itd.) nakon pseudo-elastične faze. Treba primjetiti da je maksimalna vrijednost modula G_0 znatno niža od G_o koja odgovara stanju neporemećenog tla pri malim posmičnim deformacijama ($\gamma < 10^{-6}$), što je posljedica procesa bušenja i relaksacije naprezanja u tlu izradom bušotine, odnosno poremećenja tla, koje nije moguće izbjeći u ovakvom načinu ispitivanja. Na **slici 4.b** prikazan je i dio idealne presiometarske krivulje (crtkana krivulja $B-0$), koji je izgubljen uslijed poremećenja tla.

Za određivanje krivulje degradacije krutosti (**slika 2**) potrebno je promjene modula iskazati u odnosu na posmičnu deformaciju γ . Transformaciju deformacije šupljine ε_c u posmičnu deformaciju γ moguće je obaviti složenim matematičkim postupcima kao npr. [Palmer \(1972\)](#) ili [Muir Wood \(1990\)](#).

Ovdje je primjenjen pojednostavljeni postupak transformacije, koji je demonstrirao [Jardine \(1992\)](#). [Jardine \(1992\)](#) je uspoređivao presiometarske krivulje sekantnog posmičnog modula dobivene u različitim glinama s krivuljama sekantnog modula iz troosnih laboratorijskih pokusa na neporemećenim uzorcima istih glina, te pokazao da se deformacija šupljine ε_c i troosna posmična deformacija ε_s ispitnog uzorka mogu povezati približnim odnosom (5):

$$\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_s} = 1.2 + 0.8 \log_{10} \frac{\varepsilon_c}{10^{-5}} \quad (5)$$

pri čemu je inženjerska posmična deformacija (γ) 3/2 puta veća od troosne posmične deformacije (ε_s).

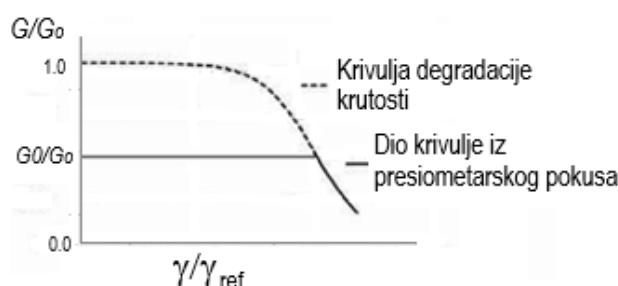
Za određivanje normalizirane krivulje degradacije modula (G/G_o) potrebno je odrediti i vrijednost maksimalnog modula G_o pri malim posmičnim deformacijama. Za određivanje G_o potrebno je odrediti gustoću tla (ρ) i izmjeriti brzinu posmičnih valova (v_s) (6):

$$G_o = \rho \cdot v_s^2 \quad (6)$$

Brzinu posmičnih valova u tlu moguće je odrediti različitim seizmičkim metodama, koje se danas uspješno koriste pri terenskim geotehničkim istraživanjima, kao npr. downhole i crosshole metode, SASW, MASW itd.

Glavna hipoteza ovog istraživanja je da se na temelju prethodno opisane interpretacije presiometarskog pokusa može dobiti korektan završni dio krivulje degradacije krutosti, kako je prikazano na **slici 5**, te da se kombinacijom presiometarskih pokusa i terenskih seizmičkih metoda može pouzdano konstruirati krivulja degradacije krutosti sitnozrnatog tla. Završni dio degradacijske krivulje koji se može dobiti ovakvom interpretacijom presiometarskog ispitivanja najčešće je relevantan samo za analize nosivosti i stabilnosti tla. Međutim, za deformacijske analize (npr. procjene slijeganja temelja) relevantan je prethodni, srednji dio degradacijske krivulje pri nižim vrijednostima posmičnih deformacija, koji je relativno teško odrediti terenskim metodama ispitivanja zbog neizbježnog poremećenja tla koje se javlja kao posljedica pripreme bušotine ili ugradnje ispitnog uređaja. U tom dijelu krivulje se mogu naći vrijednosti posmičnog modula interpretirane iz presiometarskog ciklusa rasterećenje-opterećenje ili iz pokusa plosnatim dilatometrom (DMT). Pretpostavka je da će se navedenim vrijednostima posmičnog modula moći pridružiti pripadajuće posmične deformacije preko konstruirane degradacijske krivulje, te tako omogućiti preciznije korištenje rezultata presiometarskog pokusa.

Za model krivulje krutosti (2) koji su predložili [Vardanega i Bolton \(2011\)](#) potrebno je procijeniti iznos referentne posmične deformacije γ_{ref} preko korelacije (3) te parametar zakrivljenosti α . Parametar α se planira odrediti u postupku prilagodbe modelske krivulje (2) tako da se ista preklopi sa završnim dijelom krivulje promjene modula iz presiometarskog pokusa kao na **slici 5**.

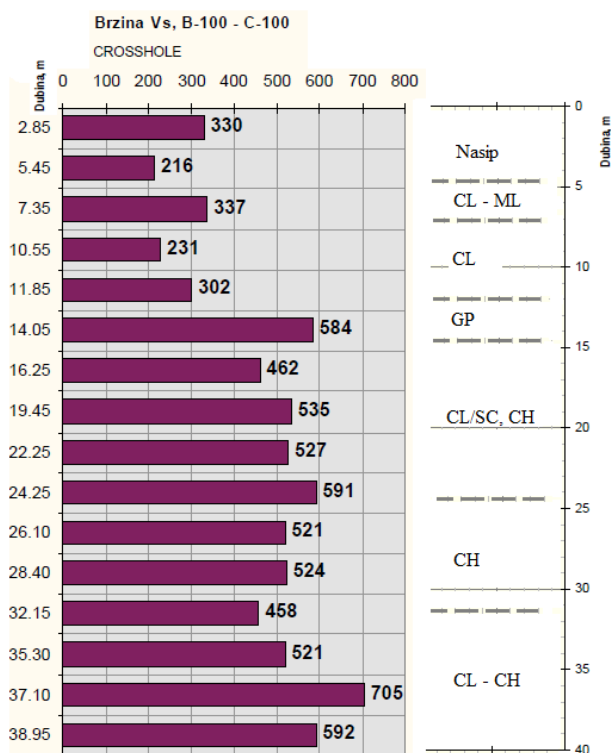


Slika 5. Krivulja degradacije krutosti s naznačenim dijelom iz presiometarskog pokusa.

Na lokaciji u Zagrebu, u blizini Trga bana Jelačića (Cesarčeva ulica), korišten je Ménardov presiometar u kombinaciji s više seizmičkih metoda i laboratorijskim ispitivanjima fizikalnih i mehaničkih svojstava tla. Presiometarski pokusi (7 kom) obavljani su u bušotini B-100 u prekonsolidiranoj, zagrebačkoj glini u intervalu od približno 20 do 40m dubine. Geotehnički profil tla i brzine posmičnih valova iz „crosshole“ seizmičke metode prikazani su na **slici 6**. Indeks konzistencije ispitivanih glina nalazi se u rasponu od 0,95 do 1,10, a indeks plastičnosti u rasponu od 0,20 do 0,25.

Na slici 7 prikazana je reducirana presiometarska krivulja (p - ϵ_c) i modelska krivulja krutosti koja je prilagođena odabirom vrijednosti koeficijenta α tako da se poklopi sa završnim dijelom krivulje promjene sekantnog modula iz presiometarskog pokusa.

Na slici 7 prikazani su i podaci sekantnog modula interpretiranog iz dva ciklusa rasterećenje-opterećenje. Vrijednost posmične deformacije koja odgovara modulu iz rasterećenja odabrana je tako da točka (G/G_0 ; γ) padne na modelsku krivulju krutosti.



Slika 6. Brzine posmičnih valova „crosshole“ metodom između bušotina B-100 i C-100 na lokaciji u Zagrebu.

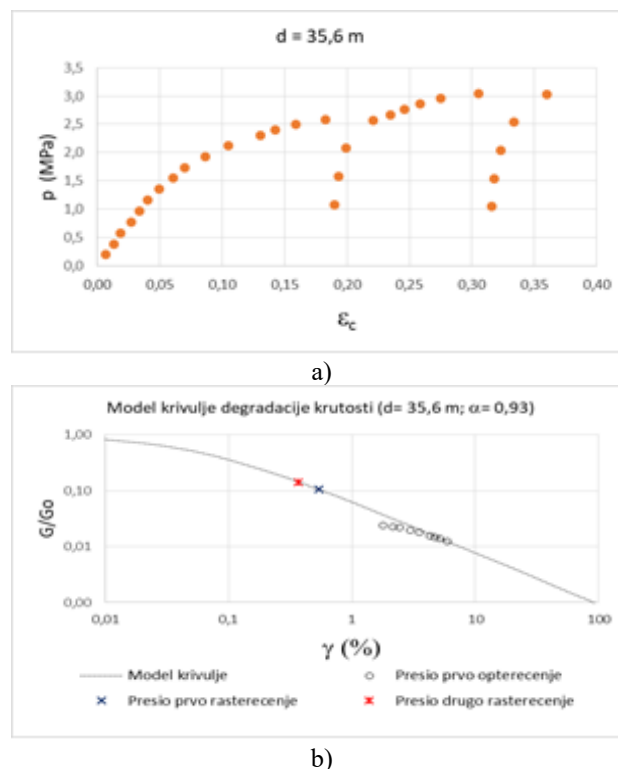
U tablici 1 prikazani su relevantni podaci dobiveni interpretacijom presiometarskih pokusa i konstrukcijom modelskih krivulja krutosti čvrste, prekonsolidirane, zagrebačke gline.

Poznato je da se u ciklusima rasterećenja dobiju znatno više vrijednosti Young-ovog i posmičnog modula od istih u prvom opterećenju tla. Problem koji naglašavaju protivnici provedbe ciklusa rasterećenje-opterećenje u presiometarskom pokusu (zagovornici tzv. francuskog pristupa) je da se rasterećenjem mogu dobiti različite vrijednosti modula (vidi sliku 7) u ovisnosti o amplitudi rasterećenja i stanju naprezanja, kod kojeg se rasterećenje započinje.

Briaud (2013) se protivi ideji korištenja modula iz ciklusa rasterećenje-opterećenje i naglašava da to nije standardni modul. Umjesto provedbe rasterećenja, Briaud (2013) preporuča korištenje hiperbolične ekstenzije presiometarske krivulje kako bi se odredila odgovarajuća vrijednost sekantnog modula pri očekivanom stupnju deformacije. Problem kod takvog pristupa se javlja kada je očekivani stupanj deformacije tla za odgovarajuće projektno rješenje niži od raspona deformacije dobivene u

presiometarskom pokusu, a ekstenzijom krivulje se ne mogu rekonstruirati njeni dijelovi koji su izgubljeni zbog poremećenja tla.

U svakom slučaju, tijekom presiometarskog pokusa treba nastojati ostvariti čim veću deformaciju šupljine jer je pouzdanost hiperbolične ekstenzije ovisna o veličini ostvarene deformacije nakon pseudoelastične faze. Ispitivač treba nastojati maksimalno iskoristiti kapacitet sonde u pogledu promjene volumena šupljine u pokusu (oko 700 cm³) što nažalost može rezultirati pucanjem membrane. Takav razvoj događaja ispitivači često nastoje izbjeći ranijim završetkom ispitivanja dok membrana nije maksimalno deformirana.



Slika 7. Reducirana presiometarska krivulja s dva ciklusa rasterećenja u pokusu na dubini 35,6 m (a); promjene sekantnog modula i pripadajuća krivulja degradacije krutosti (b).

Osim toga, vrlo je bitno da se bušenjem ispitne dionice (šupljine) ostvari minimalno poremećenje okolnog tla, koje će se podvrgnuti presiometarskom ispitivanju. To je moguće postići odabirom prikladne tehnike bušenja i bušačkih alatki s obzirom na geološke uvjete (vidi normu HRN EN ISO 22476-4: 2012, Dodatak C). Ispitnu dionicu bušotine se ne smije pročišćavati uzastopnim manevrima (gore-dolje) bušačkih alatki, kao što je to npr. slučaj kod pripreme dna bušotine za uzimanje neporemećenog uzorka. Ispitnu dionicu za presiometarski pokus je najbolje izbušiti jednim kontinuiranim manevrom i produbiti je 0,5-1 m dublje od dna ispitne zone, kako bi se dio krhotina nabušenog materijala, koji nije uspio izaći na površinu terena putem cirkulacije isplačnog fluida, mogao istaložiti ispod ispitne šupljine nakon vađenja bušačkih alatki. Presiometarsku sondu treba odmah zatim spustiti u ispitnu dionicu i započeti ispitivanje.

Tablica 1. Podaci interpretacije presiometarskih pokusa u prekonsolidiranoj zagrebačkoj glini.

Dubina presiometarskog pokusa (m)	Raspon vrijednosti posmičnog modula i deformacija iz presiometarskih pokusa		Maks. posmični modul ($\gamma < 10^{-6}$)	Referentna posmična deformacija	Brzina posmičnih valova	Indeks plastičnosti tla	Parametar zakrivljenosti krivulje
	G (MPa)	γ (%)	G_o (MPa)	γ_{ref} (%)	v_s (m/s)	I_p	α
22,7	13,1-9,7	1,8-4,6	578	0,051	527	0,235	0,90
24,4	9,1-7,5	2,8-6,2	723	0,051	591	0,235	0,95
26,7	5,6-3,5	4,3-9,7	565	0,044	521	0,200	0,95
30,2	15,2-8,1	1,5-5,4	565	0,048	521	0,220	0,90
33,7	7,8-5,9	2,7-7,2	503	0,054	500	0,250	0,91
35,6	12,6-7,1	1,8-6,0	570	0,054	521	0,250	0,93
37,5	63,3-17,2	0,1-1,4	1034	0,054	705	0,250	1,28

Provedena presiometarska ispitivanja u prekonsolidiranoj zagrebačkoj glini pokazala su znatne razlike u vrijednostima modula dobivenim pri opetovanim ciklusima rasterećenja (slika 7), što potvrđuje opisani nedostatak modula interpretiranog iz ciklusa rasterećenje-opterećenje. Iz podataka presiometarskog pokusa u rasterećenju nije moguće definirati razinu posmične deformacije, koja odgovara modulu krutosti dobivenom u rasterećenju.

Međutim, interpretacijom prema metodi opisanoj u trećem poglavlju, koja u kombinaciji sa seizmičkim metodama omogućava konstrukciju krivulje krutosti tla, moguće je procijeniti razine posmične deformacije, koje odgovaraju sekantnim modulima u rasterećenju.

U ovom istraživanju, vrijednosti posmičnog modula u rasterećenju kretale su se u rasponu od 5-15% maksimalnog modula (G_o), a odgovarajuće vrijednosti posmične deformacije od približno 0.4 – 2 %.

5. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih krivulja krutosti odnosno podataka prikazanih u tablici 1 zaključuje se da je hipoteza ovog istraživanja valjana. Moguće je zaključiti da je, na temelju prethodno opisane interpretacije presiometarskog pokusa Ménardovim tipom presiometra, moguće dobiti završni dio krivulje degradacije krutosti tla. Kombinacijom presiometarskih pokusa i terenskih seizmičkih metoda moguće je zadovoljavajuće konstruirati krivulje degradacije krutosti sitnozrnatog tla na temelju usvojenog modela.

Ipak, za potpunu potvrdu hipoteze uputno bi bilo izvršiti i dodatna istraživanja (npr. laboratorijski dinamički pokusi), kojima bi se dokazala valjanost konstruiranih krivulja u širokom rasponu između G_o i dijela krivulje, koji odgovara sekantnim vrijednostima modula iz presiometarskog pokusa.

Konstrukcijom kompletne krivulje degradacije krutosti sitnozrnatog tla uz pomoć Ménardovog presiometra i seizmičkih metoda pružena je mogućnost rješavanja složenih inženjerskih problema, koji zahtijevaju precizno poznavanje odnosa naprezanja i deformacija u tlu.

6. LITERATURA

- Mair, R.J., Wood, D.M. (1987). Pressuremeter Testing, Methods and Interpretation. CIRIA 1987.
- Vrkljan, I., Kavur, B., Fifer-Bizjak, K., (2006). Dilatometarska ispitivanja u inženjerskoj mehanici stijena. Građevinar 58 (2006) 3, 187-197.
- HRN EN ISO 22476-4 (2012). Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Terensko ispitivanje – 4. dio: Ispitivanje Ménardovim presiometrom (ISO 22476-4: 2012; EN ISO 22476-4: 2012)
- Baguelin, F.; Jezequel, J.F.; Shields, D.H. (1978). The Pressuremeter and Foundation Engineering, Trans Tech Publications.
- Hardin, B.O., Drnevich, V.P. (1972). Shear modulus and damping in soils: design equations and curves. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division (ASCE). Vol. 98, No. SM7, pp. 667-691.
- Vardanega, P.J., Bolton, M.D. (2011). Practical methods to estimate the non-linear shear stiffness of fine grained soils. Proc. of the Int. Symp. on Deformation Characteristics of Geomaterials. September 1-3, 2011, Seoul, Korea, pp. 372-378.
- Palmer, A.C. (1972). Undrained plane strain expansion of a cylindrical cavity in clay; a simple interpretation of the pressuremeter test. Geotechnique, 22: 451-457.
- Muir Wood, D. (1990). Strain dependent soil moduli and pressuremeter tests. Geotechnique, 40: 509-512.
- Jardine, R.J. (1992). Nonlinear stiffness parameters from undrained pressuremeter tests. Can. Geotech. Journal. 29: 436-447.
- Briaud, J.L. (2013). The pressuremeter test: Expanding its use. Proc. of the 18th Int. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. Honour Lectures. Paris, 2013. pp. 107-126.

MINERALOŠKA I FIZIČKA SVOJSTVA TIPIČNIH TALA PODSLJEMENSKE ZONE GRADA ZAGREBA

MINERALOGICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF TYPICAL SOILS FROM ZAGREB PODSLJEME AREA

Jasmina Martinčević Lazar^{1*}, Kosta Urumović¹, Snježana Mihalić Arbanas²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: jmartincevic@hgi-cgs.hr

Sažetak: Zbog specifične geomorfologije, složene geološke građe, te uslijed nagle i često neodgovarajuće izgradnje građevina, na području podsljemenske zone grada Zagreba prisutan je problem vezan uz stabilnost padina. Brojna klizišta predstavljaju prijetnju lokalnom stanovništvu i imovini. Na inženjerskogeološke uvjete u podsljemenskoj zoni najveći utjecaj imaju sitnozrnasta tla pleistocenske i gornjomiocenske starosti koja zauzimaju oko 70 % ukupne površine ovog područja. U okviru projekta „Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone M 1:5000 – FAZA I“ (skraćeno DIGK – FAZA I) provedena su istraživanja s ciljem utvrđivanja fizičko - mehaničkih svojstava tala u površinskom dijelu cijele podsljemenske zone do maksimalne dubine od 5 m, kao i dubljih profila tala na odabranim lokacijama. Istraživanja su obuhvaćala geomehanička ispitivanja i mineraloške analize. Analizom svih rezultata ispitivanja dobiven je uvid u vrste tala i njihovu relativnu zastupljenost u podsljemenskoj zoni s naglaskom na sitnozrnaste vrste tla te njihove sličnosti i razlike u odnosu na fizička svojstva, litostratigrafsku pripadnost ovisno o pripadnosti mineralni sastav.

Ključne riječi: podsljemenska zona, sitnozrnasta tla, fizička svojstva, mineralni sastav

Abstract: Due to the specific geomorphology, complex geological structures and as a consequence of quick and inadequate construction of buildings, there is a problem with the stability of the slopes in the Podsljeme area of Zagreb. The numerous landslides pose a threat to the local population and their property. The greatest influence on the engineering geological conditions in Podsljeme area have fine – grained soils which occupy about 70 % of total area. Within the framework of the project "Detailed engineering geological map of Zagreb Podsljeme area M 1: 5000 - PHASE I" (abbreviated DIGK – PHASE I), research was carried out to determine the engineering geological properties of soil in the surface area of the entire sub zone up to a maximum depth of 5 m as well as deeper profiles on selected locations. The investigations included geomechanical and mineralogical analyses. Based on the obtained data and their analyzes the authors represent a clear picture of the engineering soils in the Podsljeme area and their similarity and differences in relation to the physical and mechanical properties, the lithostratigraphic affiliation and the mineralogical composition.

Keywords: Podsljeme area, fine-grained soils, engineering properties, mineralogical composition

Received: 27.11.2017 / Accepted: 11.12.2017

Published online: 18.12.2017

Znanstveni rad / Scientific paper

1. UVOD

Područje podsljemenske zone geografski pripada južnim obroncima planine Medvednice i jedno je od glavnih rezidencijalnih područja grada Zagreba. Prostire se na površini od 172 km². Zbog specifične geomorfologije, karakteristične geološke građe, te uslijed i često neodgovarajuće izgradnje, ovo područje se već dugi niz godina suočava s različitim inženjerskogeološkim problemima. Jedan od dominantnijih problema na području podsljemenske zone je onaj vezan za stabilnost padina, odnosno prisutnost brojnih klizišta koja predstavljaju prijetnju lokalnom stanovništvu i imovini (Mihalić Arbanas i dr. 2016). Prema Osnovnoj geološkoj karti, list Zagreb (Šikić i dr. 1979) i Ivanić grad (Basch 1983), podsljemenska zona grada Zagreba izgrađena je od različitih vrsta tala neogenske i kvartarne starosti. Na inženjerskogeološke uvjete u podsljemenskoj zoni najveći utjecaj imaju sitnozrnasta tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti koje zauzimaju oko 70% ukupne površine podsljemenske zone i koje se međusobno razlikuju

prema porijeklu, a posljedično i sastavu, kako litološkom tako i mineralnom (Kovačić & Grizelj 2007; Grizelj i dr. 2017).

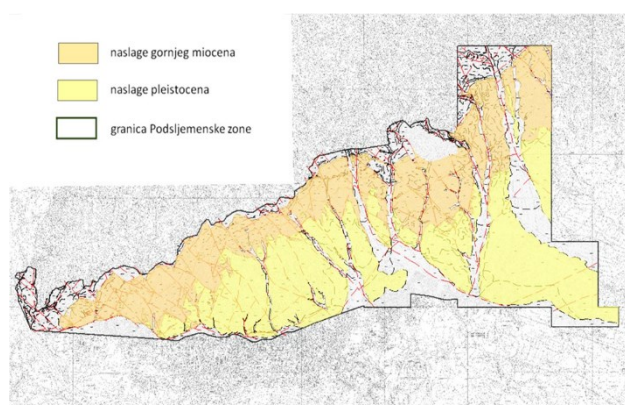
Problem sitnozrnastih tala u inženjerskoj geologiji vezan je uz njihova karakteristična mehanička svojstva kao što su izražena kompresibilnost, dugotrajno slijeganje, niska hidraulička vodljivost te niska vrijednost čvrstoće na smicanje. Mehanička svojstva tla prvenstveno ovise o osnovnim fizičko – kemijskim svojstvima tla te faktorima koji na njih utječu (Mitchell & Soga 2005). Jedni od faktora koji imaju veliki utjecaj na navedena svojstva sitnozrnastih tala su udio glinovite frakcije u tlu te prisutnost minerala glina koje glinovita frakcija sadrži. Naime, zbog karakteristične kristalne strukture i pločaste morfologije te velike specifične površine minerali glina imaju vrlo veliki utjecaj na fizička, a time i mehanička svojstva. Taj utjecaj se ponajprije odražava na interakciju voda – tlo izraženu

preko Atterbergovih granica. O mineralima glina u sitnozrnastim tlima i njihovom utjecaju na fizička i mehanička svojstva tla pisali su mnogi autori među kojima se ističu Farrar & Coleman (1967); Locat i dr. (1985); Cerato (2001); Schmitz i dr. (2004); Tiwari & Marui (2005); Polidori (2007); Olchawa & Goraczko (2012).

U skladu s navedenim, pretpostavlja se da je jedan od glavnih faktora koji kontrolira mehanička svojstva sitnozrnastih tala u podsljemenskoj zoni količina glinovite frakcije i vrsta minerala glina koje ona sadrži. Cilj ovog rada je bio klasificirati inženjerska tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti prema USCS (eng. *Unified Soil Classification System*) geomehaničkoj klasifikaciji (ASTM D 2487 – 06 2006) na temelju postojećih podataka o geomehaničkom ispitivanju uzoraka iz podsljemenske zone. Osim toga, njihova osnovna fizičko-mehanička svojstva uspoređena su s mineralnim sastavom, pri čemu je posebni naglasak stavljen na vrstu minerala glina u sitnozrnastim ili koherentnim tlima. Time je dobiven uvid u vrste inženjerskih tala koja su rasprostranjena u podsljemenskoj zoni, s naglaskom na sitnozrnaste vrste te njihove sličnosti i razlike ovisno o njihovoj litostratigrafskoj pripadnosti, osnovnim fizičkim svojstvima i mineralnom sastavu.

2. GEOLOŠKA OBILJEŽJA PODSLJEMENSKE ZONE

Prema Osnovnoj geološkoj karti – list Zagreb (Šikić i dr. 1979) i Ivanić grad (Basch 1983) podsljemenska zona grada Zagreba je prekrivena različitim vrstama sedimentata, različitog stupnja litificiranosti (vezanosti), uglavnom neogenske i kvartarne starosti. Najveći dio ovog područja prekriven je gornjomiocenskim i pleistocenskim sedimentima koji zauzimaju oko 70% ukupne površine Podsljemenske zone (Slika 1). Paleogeografski, ove naslage pripadaju krajnjem jugozapadnom dijelu Panonskog bazena, točnije rubnim dijelovima Savske depresije (Rögl 1998; Kovačić 2004) te se odlikuju različitim litofacijskim obilježjima.



Slika 1. Granice Podsljemenske zone s prikazom prostorne distribucije gornjomiocenskih i pleistocenskih naslaga; modificirano prema Hećimović i Šorša (2007)

Sedimentologijom gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena bavio se detaljnije Kovačić (2004) u svojoj istoimenoj doktorskoj disertaciji. Na temelju istraživanja provedenih na području Hrvatskog

Zagorja, Medvednice, Žumberka i Slavonskih planina, on je gornjomiocenske naslage podijelio u sedam neformalnih litostratigrafskih jedinica prema različitim litofacijskim obilježjima. Na području južnih padina Medvednice može se pratiti slijed naslaga izgrađenih od facijesa jedinice *Croatica*, *Medvedski Breg*, *Ozalj*, *Andraševac* i *Hum Zabočki*. U vrijeme pliocena i pleistocena, Parathetys se na području Hrvatske protezao na područjima južnije od Save i današnje Slavonije (Pavelić 2001; Mandić i dr. 2015), dok su Medvednica i njezino prigorje bili kopno (Šikić i dr. 1979). Zbog nedostatka provodnih fosila i ostataka polena vrlo je teško odvojiti pliocenske od pleistocenskih naslaga pa se često govori o tzv. *pliokvartarnim naslagama*. Zbog čestih vertikalnih i lateralnih izmjena različitih facijesa, litološki i prostorno ih se nije moglo odijeliti tako da su svi facijesi uvršteni u jednu neformalnu litostratigrafsku jedinicu pod nazivom Bistra (Avanić i dr. 2006).

Tablica 1. Opis litostratigrafskih jedinica prema Kovačić (2004)

LITOSTRAT. JEDINICA	STAROST	FACIJES I UVJETI TALOŽENJA
Croatica	donji panon	glinoviti vapnenci i lapori u izmjeni - Taloženi iz suspenzije karbonatnog glinovitog mulja u jezeru vrlo niskog saliniteta
Medvedski Breg	donji panon – gornji pont	masivni sivi lapori - topli jezerski, brakični okoliš, dublji od 50 m graduirani klastiti - riječnim transportom doneseni i istaloženi na rubu jezera te gravitacijskim tokovima preneseni u dublje dijelove bazena
Ozalj	donji panon – srednji panon	konglomerati - kratkim i jakim riječnim transportom istaloženi u jezersko priobalje
Andraševac	donji panon – gornji pont	lapori s proslojcima pijeska i praha tankouslojeni pijesci, prahovi i prahoviti lapori normalno graduirani prahovi - progradacijski slijed; taloženi u jezerskom okolišu na dubini > 50 m
Hum Zabočki	gornji pont	facijes masivnih pijesaka i prahova - taloženje u deltnom okolišu sa progradacijom u jezerski okoliš
Bistra	pliocen - pleistocen	facijes šljunaka s lećama pijesaka pijesci s lećama šljunaka glinoviti pijesci i pjeskovite gline glinoviti i pjeskoviti prahovi gline - šljunci upućuju na visoke energetske uvjete taloženja, pijesci su posljedica slabljenja toka vode, prahovi i gline su taloženi iz suspenzije stajaćih voda

3. INŽENJERSKOGEOLOŠKA OBILJEŽJA PODSLJEMENSKE ZONE

Osnovni inženjerskogeološki uvjeti podsljemenske zone vrlo su detaljno istraženi tijekom izrade „*Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske urbanizirane zone grada Zagreba, M 1:5.000 – faza I**“ (Miklin i dr. 2007) (u daljnjem tekstu DIGK). Prema navedenoj karti, na površini podsljemenske zone zastupljeno je inženjersko tlo (koherentno i nekoherentno), čvrsto tlo-meka stijena (laporovite naslage) te stijene.



Slika 2. Prostorna distribucija inženjerskih tipova naslaga na podsljemenskoj zoni prema DIGK 1:5000 (Miklin i dr. 2007)

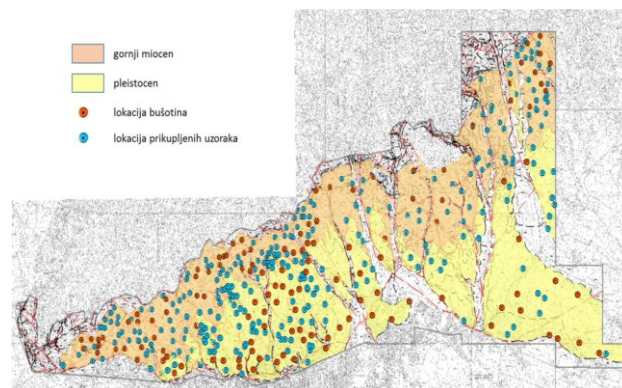
Inženjerska tla na DIGK su podijeljena u dvije glavne skupine: (1) krupnozrnasta ili nekoherentna tla koja su po svom granulometrijskom sastavu pjeskovita i šljunkovita, a podređeno sadrže gline i prahove; te (2) sitnozrnasta ili koherentna tla koja su po svom granulometrijskom sastavu uglavnom glinovita i prahovita, a u manjoj mjeri sadrže pijeske i šljunke. Na **Slici 2** vidljivo je da je područje podsljemenske zone u najvećoj mjeri prekriveno sitnozrnastim tlima.

Tijekom izrade DIGK prikupljeno je preko 1000 uzoraka stijena i tala. Dio uzoraka dobiven je iz jezgri bušotina (**Slika 4**), a dio je prikupljen iz otvorenih profila zasjeka, usjeka i građevinskih jama (**Slika 3**). Uzorkovanje se provodilo prema nekoliko različitih kriterija: (1) svaki uzorak morao je zadovoljiti standarde laboratorijske metode za koju je bio namijenjen, (2) uzorkovanjem je bilo nužno obuhvatiti sve inženjerskogeološke vrste tla unutar prepoznatih litostratigrafskih jedinica, (3) uzorci su uzimani po dubini na način da obuhvaćaju površinske naslage s trošnom zonom matičnog sedimenta i djelomično matični sediment, i (4) uzorkovano je na dubinama većim od 0,5 m kako bi se izbjegla zona humusa.

Geomehanička ispitivanja obuhvatila su opće standardizirane laboratorijske postupke za određivanje osnovnih fizičkih i mehaničkih svojstava inženjerskog tla na reprezentativnim poremećenim i neporemećenim uzorcima. Najveći broj ispitivanja odnosio se na određivanje granulometrijskog sastava (ASTM D422 – 63(2007)e2) i Atterbergovih granica (ASTM D 4318 - 10).

Na određenom broju uzoraka izvršena je kvalitativna i (semi)kvantitativna mineraloška analiza primjenom

metode rendgenske difrakcije na prahu pomoću rendgenskog difraktometra. Kao izvor zračenja u spomenutom uređaju koristi se bakrena cijev koja odašilje CuK α zračenje valne duljine $\lambda=1,54$ Å. Difrakcijske slike analizirane su korištenjem programskog paketa X'Pert HighScore Plus na koji je vezana baza podataka svih poznatih mineralnih vrsta. Kvalitativna mineraloška analiza je osim na cjelovitim uzorcima provedena i na frakciji manjoj od 2 μ m kako bi se odredilo koje vrste minerala glina su prisutne u uzorcima.



Slika 3. Prostorni prikaz lokacija na kojima su prikupljeni uzorci za laboratorijska istraživanja tijekom izrade DIGK 1:5000



Slika 4. Izgled jezgre nabušene u naslagama gornjomiocenske starosti

4. OBRADA I ANALIZA PODATAKA

Podaci dobiveni prethodno opisanim geomehaničkim i mineraloškim ispitivanjima analizirani su prema nekoliko kriterija. U prvom koraku izdvojeni su rezultati svih

ispitivanja provedenih na uzorcima gornjomiocenske i pleistocenske starosti kako bi se odredilo kojoj neformalnoj litostratigrafskoj jedinici pripadaju. Iz dobivene grupe uzoraka poznate stratigrafske pripadnosti izdvojeni su svi uzorci inženjerskog tla. Na taj način dobiveno je 870 reprezentativnih uzoraka inženjerskog tla svrstanih u četiri litostratigrafske jedinice. Svaki uzorak je na temelju podataka o granulometrijskom sastavu i granicama plastičnosti klasificiran prema USCS (eng. *Unified Soil Classification System*) geomehaničkoj klasifikaciji (ASTM D 2487 - 06 2006) te mu je dodijeljen odgovarajući geomehanički simbol. Iz posljednje skupine uzoraka izdvojeni su oni uzorci na kojima je uz geomehaničke analize provedena i mineraloška analiza. Od ukupno 22 uzorka izdvojeno je njih 17.

Uzorci tla gornjomiocenske starosti svrstani su u tri litostratigrafske jedinice, jedinica Medvedski Breg, jedinica Andraševac te jedinica Hum Zabočki. Prema USCS geomehaničkoj klasifikaciji prikupljeni uzorci tla se mogu svrstati u šest vrsta tala: elastični prahovi (MH),

prahovi (ML), pjeskoviti prahovi (sML), masne gline (CH), posne gline (CL) te prašnasti pijesci (SM). Navedene vrste tala prisutne su u svim litostratigrafskim jedinicama, osim grupe pjeskovitih prahova (sML) koja izostaje u jedinici Medvedski Breg. Iz ove grupe uzoraka izdvojeno je ukupno 7 uzoraka na kojima je izvršena mineraloška analiza.

Klasifikacijom uzoraka pleistocenske starosti utvrđeno je ukupno dvanaest vrsta tala: masne gline (MH), posne gline (CL), elastični prahovi (MH), prahovi (ML), šljunkoviti prahovi (gML), pjeskoviti prahovi (sML), glinoviti šljunci (GC), glinoviti šljunci s pijeskom (GCs), prahoviti šljunci (GM), prahoviti šljunci s pijeskom (GMs), slabo građirani šljunci s prahom (GP-GM) te prahoviti pijesci (SM). Iz ove grupe uzoraka izdvojeno je 10 uzoraka na kojima je izvršena mineraloška analiza. Najveći broj analiza provedeno je na uzorcima sitnozrnastih tala čija su osnovna svojstva prikazana u tablici 3.

Tablica 2. Vrste sitnozrnastih tala unutar litostratigrafskih jedinica podsljemenske zone s opisom glavnih svojstava; wl – granica tečenja, wp – granica plastičnosti, IP – indeks plastičnosti

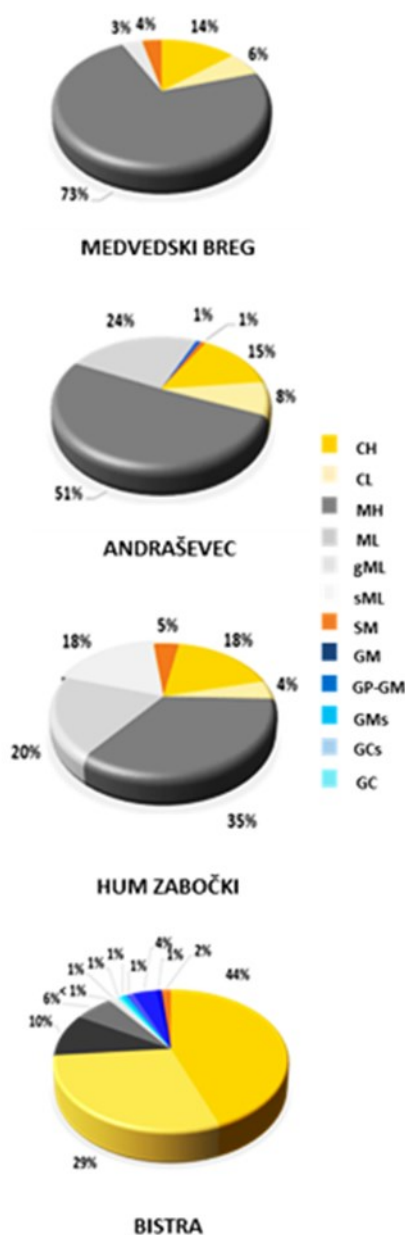
INŽENJERSKO TLO			GORNJI MIOCEN					
PUNI NAZIV		SIMBOL	MEDVEDSKI BREG		ANDRAŠEVEC	HUM ZABOČKI		
GLINE	MASNE GLINE	CH	55 < wl < 85 % 25 < wp < 35 % 25 < IP < 55%		50 < wl < 65 % 25 < wp < 30 % 25 < IP < 35%	55 < wl < 70 % 25 < wp < 30 % 25 < IP < 40%		
	POSNE GLINE	CL	30 < wl < 45 % 20 < wp < 25 % 10 < IP < 25%	šljunak 5 % pijesak 25 % prah 30 % glina 40 %	45 < wl < 50 % 25 < wp < 30 % 15 < IP < 20%	45 < wl < 50 % 20 < wp < 30 % 20 < IP < 25%		
PRAHOVI	ELASTIČNI PRAH	MH	50 < wl < 90 % 30 < wp < 45 % 15 < IP < 50%	pijesak 5 % prah 50-75 % glina 20-50 %	50 < wl < 80 % 30 < wp < 55 % 15 < IP < 45%	pijesak do 2 % prah 50 – 70 % glina 35 – 50 %	50 < wl < 60 % 25 < wp < 40 % 15 < IP < 30	pijesak 5 % prah 70 % glina 25 %
	PRAH	ML	40 < wl < 50 % 25 < wp < 30 % 15 < IP < 20		40 < wl < 50 % 25 < wp < 35 % 10 < IP < 20		45 < wl < 50 % 25 < wp < 40 % 10 < IP < 20	pijesak 20% prah 65 % glina 15 %
	PJESKOVITI PRAH	sML	--		pijesak ~ 40 % prah ~ 45 % glina ~ 15 %		35 < wl < 50 % 20 < wp < 35 % 10 < IP < 20	šljunak do 1 % pijesak 35 – 45% prah 45 – 60 % glina 5 – 25 %
INŽENJERSKO TLO			PLEISTOCEN					
PUNI NAZIV		SIMBOL	JEDINICA BISTRA					
GLINE	MASNE GLINE	CH	50 < wl < 105 % 20 < wp < 40 % 25 < IP < 70				šljunak do 1 % pijesak 2 – 10 % prah 35 – 60 % glina 40 – 60 %	
	POSNE GLINE	CL			30 < wl < 50 % 20 < wp < 30 % 7 < IP < 30			
PRAHOVI	ELASTIČNI PRAH	MH	50 < wl < 95 % 25 < wp < 45 % 10 < IP < 55				prah ~ 70 %, glina ~ 20 %, pijesak ~ 10 %	
	PRAHOVI	ML	35 < wl < 50 % 20 < wp < 35 % 5 < IP < 25				šljunak 0 – 10 % pijesak 5 – 30 % prah 50 – 75 % glina 10 – 30 %	
	ŠLJUNKOVITI PRAH	gML			šljunak ~ 30 % pijesak ~ 20 % prah ~ 40 % glina ~ 15 %			
	PJESKOVITI PRAH	sML			šljunak 0 – 20 % pijesak 20 – 40 % prah 40 – 60 % glina 5 – 20 %			

Tablica 3. Mineralni sastav i postotni udio pojedinih mineralnih vrsta u uzorcima tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti prema analizama iz Miklin i dr. (2007); Cal - kalcit, Dol – dolomit, Qtz – kvarc, Ms – muskovit, Kln – kaolinit, Ill – illit, Chl – klorit, Smc – smektit, Vrm – vermikulit, Fsp – feldspati, FeOx – željezoviti oksidi i hidroksidi, ostalo – amfiboli, rutil, pirit, ilmenit, (+) – mineral prisutan u uzorku, (-) – mineral odsutan iz uzorka

GORNJI MIOCEN											
(SEMI)KVANTITATIVNA ANALIZA CJELOKUPNOG UZORKA											
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA (U-SCS)	Cal	Dol	Qtz	Ms	Kln	Ill+Chl+Sm+Vrm	Fsp	FeOx	Ostalo
MEDVEDSKI BREG	288/ZG23	MH	69	-	10	6	3	3	1	3	5
	392/ZG22	MH	68	-	13	8	-	5	-	4	2
ANDRAŠEVEC	209/ZG22	CH	20	-	20	18	10	6	10	8	8
	645/ZG14	MH	59	-	13	8	4	5	2	4	5
HUM ZABOČKI	398/ZG32	sML	18	-	32	15	-	15	10	5	5
	495/ZG24	sML	17	8	34	13	-	10	5	5	8
	666C/ZG15	MH	-	6	35	20	-	10	15	7	7
KVALITATIVNA ANALIZA FRAKCIJE < 2 μm											
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA (U-SCS)	Sm	Vrm	Ill	Chl	Kln				
MEDVEDSKI BREG	288/ZG23	MH	+	-	+	+	+				
	392/ZG22	MH	+	-	+	+	-				
ANDRAŠEVEC	209/ZG22	CH	+	-	-	+	+				
	645/ZG14	MH	+	-	+	+	+				
HUM ZABOČKI	398/ZG32	sML	+	-	-	+	-				
	495/ZG24	sML	+	-	-	+	-				
	666C/ZG15	MH	+	+	-	+	-				
PLEISTOCEN											
(SEMI)KVANTITATIVNA ANALIZA CJELOKUPNOG UZORKA											
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA	Cal	Dol	Qtz	Ms	Kln	Ill+Chl+Mnt+Vrm	Fsp	FeOx	ostalo
BISTRA	658 d1 (crveni)	MH	-	-	10	-	20	5	38	16	11
	658 d2 (sivi)	MH	-	-	7	-	56	5	13	11	8
	728/ZG25	CH	-	-	30	20	20	7	10	8	5
	395C/ZG32	CL	-	-	40	20	10	5	10	6	9
	434/ZG24	CL	-	-	45	13	10	6	10	9	7
	1339a/ZG18	CL	-	-	34	20	15	8	10	7	6
	2006B/ZG23	CL	-	-	36	20	15	5	10	7	7
	415/ZG24	sML	-	-	34	20	15	5	10	8	8
	1366a/ZG17	ML	-	-	43	15	10	5	10	8	9
	1447a/ZG19	ML	-	-	29	20	20	5	10	8	8
	1447b/ZG20	ML	-	-	29	20	20	5	10	9	7
	KVALITATIVNA ANALIZA FRAKCIJE < 2 μm										
LITOSTRAT. PRIPADNOST	UZORAK	VRSTA TLA	Sm	Vrm	Ill	Chl	Kln				
BISTRA	658 d1 (crveni)	MH	-	+	-	-	+				
	658 d2 (sivi)	MH	-	+	-	-	+				
	728/ZG25	CH	-	+	-	-	+				
	395C/ZG32	CL	+	-	-	-	+				
	434/ZG24	CL	-	+	-	-	+				
	1339a/ZG18	CL	-	+	-	-	+				
	2006B/ZG23	CL	+	-	-	-	+				
	415/ZG24	sML	+	+	-	-	+				
	1366a/ZG17	ML	-	+	-	-	+				
	1447a/ZG19	ML	-	+	+	-	+				
	1447b/ZG20	ML	-	+	+	-	+				

5. MINERALNI SASTAV, VRSTE I OSNOVNA SVOJSTVA SITNOZRNASTIH TALA PODSLJEMENSKE ZONE

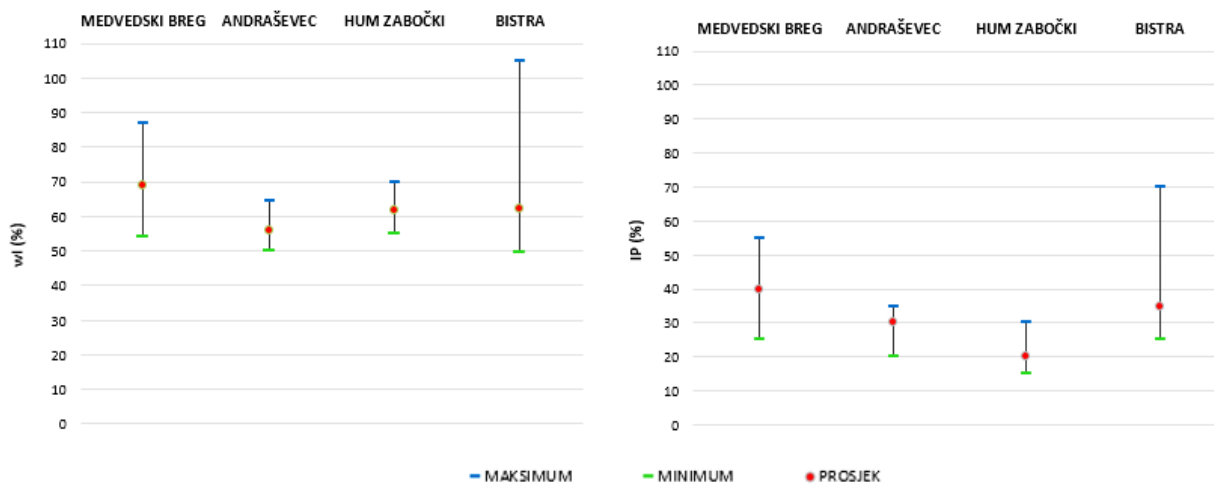
Na temelju podataka o granulometrijskom sastavu i granicama konzistencije načinjena je geomehanička klasifikacija tala (ASTM D 2487–06 2006) te je određena njihova relativna zastupljenost unutar litostratigrafskih jedinica. Obradom podataka dobiveno je da su prahovi najzastupljeniji unutar gornjomiocenskih naslaga (MH, ML, sML) između kojih dominiraju visokoplastični prahovi (MH) (Slika 4). Unutar pliokvartarnih naslaga u najvećoj mjeri su zastupljene visokoplastične (CH) i niskoplastične (posne) gline (CL) (Slika 4). Osnovna fizička svojstva kao i mineralni sastav ovih tala se razlikuju u odnosu na pripadnost litostratigrafskim jedinicama.



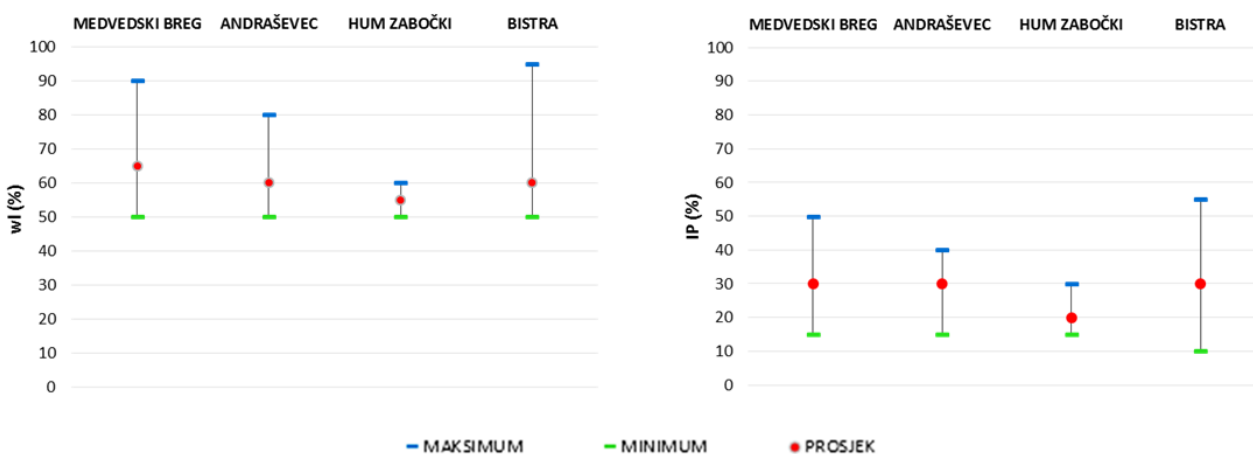
Slika 5. Vrste inženjerskih tala i njihova relativna zastupljenost prema litostratigrafskoj pripadnosti

GLINE su predstavljene s dvije grupe tala, masne gline (CH) i posne gline (CL). Obje grupe su prisutne unutar svih litostratigrafskih jedinica, međutim u najvećem udjelu dominiraju unutar jedinice Bistra. Glavna razlika između gornjomiocenskih glina i onih iz pleistocena je u okolišu taloženja. Naime, prema načinu postanka, gline gornjeg miocena su tzv. „primarne gline“ koje su nastale taloženjem iz suspenzije u jezerskom okolišu, dok su pleistocenske po svom postanku „sekundarne“ jer su nastale procesima razgradnje primarnih stijena. Obzirom na granice konzistencije (granica tečenja, granica plastičnosti), odnosno indeks plastičnosti, vrlo veliki raspon vrijednosti pokazuju masne gline jedinice Bistra i Medvedski Breg (Slika 5). Razlog tomu je vjerojatno prisutnost bubrivih minerala glina kao što su smektit, koji je prisutan u najvećoj mjeri unutar miocenskih naslaga i vermikulit koji je najzastupljeniji unutar pleistocenskih naslaga (Tablica 2). Osnovna obilježja posnih glina (CL) su prilično ujednačena kroz sve litostratigrafske jedinice. Iako posne gline u svom sastavu također sadrže bubrivne minerale, zbog povećanog udjela pijeska (do 25 %) vrijednosti granica tečenja ne prelaze 50 %.

PRAHOVI su klasifikacijom svrstani u nekoliko različitih grupa: elastični prahovi (MH), prahovi (ML), pjeskoviti prahovi (sML) i šljunkoviti prahovi (gML). Prema granicama konzistencije i indeksu plastičnosti veliki raspon vrijednosti, koje su gotovo u istom rangu s prethodno opisanim glinama, pokazuju prahovi iz jedinice Medvedski breg i jedinice Bistra, a nešto malo manji raspon vrijednosti pokazuju prahovi iz jedinice Andraševac (Slika 6). Pretpostavka je da na ovako visoke vrijednosti prvenstveno utječe količina glinovite komponente koja se u tim prahovima kreće od 20 – 50 % kao i njezin sastav. Tome u prilog idu i rezultati mineraloške analize koji su pokazali da uzorci gornjeg miocena u frakciji manjoj od 2 μm sadrže uglavnom smektit i klorit, dok uzorci praha iz pleistocena sadrže vermikulite i kaolinit.



Slika 6. Grafički prikaz promjena u vrijednostima granica tečenja i indeksa plastičnosti masnih glina (CH) prema pojedinim litostratigrafskim jedinicama



Slika 7. Grafički prikaz promjena u vrijednostima granica tečenja i indeksa plastičnosti elastičnih prahova (MH) prema pojedinim litostratigrafskim jedinicama

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio prema postojećim podacima laboratorijskih istraživanja uzoraka, preuzetih iz studije Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone grada Zagreba M 1:5000 – faza I, odrediti vrste tala unutar gornjomiocenskih i pleistocenskih naslaga te njihova osnovna fizička svojstva.

Na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti sljedeće:

- gornjomiocenske i pleistocenske naslage podsljemenske zone sastavljene su uglavnom od sitnozrnastih vrsta tala
- unutar gornjomiocenskih naslaga prevladavaju elastični prahovi (MH), a unutar pleistocenskih naslaga masne (CH) i posne gline (CH)
- osnovna inženjerskogeološka svojstva pojedinih grupa tala razlikuju se u odnosu na litostratigrafsku pripadnost pri čemu su najveće razlike vidljive u grupi sitnozrnastih tala, osobito uspoređujući njihove granice tečenja i indeksa plastičnosti

- navedene razlike su posljedica različitih uvjeta koji su vladali tijekom i nakon taloženja spomenutih litoloških vrsta, a tome u prilog idu i rezultati mineraloških analiza koji ukazuju na to da od minerala glina u gornjomiocenskim glinama i prahovima prevladavaju smektit i klorit, a u pleistocenskim kaolinit i vermikulit
- obzirom na veliki broj ispitanih uzoraka sitnozrnastih tala te na prilično gustu mrežu uzorkovanja, rezultati analize podataka o fizičkim svojstvima mogu se smatrati reprezentativnima za sve sitnozrnaste vrste tla gornjomiocenske i pleistocenske starosti
- iako rezultati mineraloških analiza pokazuju vrlo jasnu razliku između dvije stratigrafski različite vrste materijala, oni se ne mogu smatrati reprezentativnima zbog vrlo malog broja analiziranih uzoraka

Kako su inženjerskogeološki problemi na području podsljemenske zone u najvećoj mjeri vezani za sitnozrnasta tla preporuka je da se buduća istraživanja usmjere na određivanje utjecaja mineralnog sastava sitnozrnastih vrsta tala na njihova fizička (Atterbergove granice, specifična površina) i mehanička svojstva

(posmična čvrstoća, hidraulička vodljivost)., Primjena ovaih istraživanja bila bi korisna u inženjerskogeološkim i hidrogeološkim istraživanjima, kako na području podsljemenske zone, tako i u sličnim geomorfološkim okolišima izgrađenim od tala pliokvartarne i gornjomiocenske starosti.

6. ZAHVALA

Ovaj je rad proizašao iz istraživanja za potrebe rane faze izrade doktorske disertacije Jasmine Martinčević Lazar. Istraživanja su provedena u sklopu projekta Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske urbanizirane zone grada Zagreba, M 1:5.000 – faza I i iz projekta Izrade osnovne inženjerskogeološke karte Republike Hrvatske M 1:100.000, temeljnog znanstvenog projekta Hrvatskog geološkog instituta. Autori koriste ovu priliku zahvaliti se dragim kolegama Željku Miklinu i Laszlu Podolszkom iz Hrvatskog geološkog instituta na ustupanju svih podataka i na nesebičnoj pomoći tijekom ovog istraživanja, kao i dr. sc. Goranu Durnu, profesoru RGN fakulteta na pomoći i korisnim savjetima kod obrade i interpretacije mineraloških podataka.

7. LITERATURA

- ASTM D 2487 - 06. (2006): Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM International, West Conshohocken, US.
- ASTM D422 – 63(2007)e2, (2007): Standard test method for particle size analysis of soils. ASTM International, West Conshohocken, USA
- ASTM D4318 – 00 (2000): Standard test methods for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. ASTM International, West Conshohocken, USA.
- Avanić, R., Bakrač, K., Grizelj, A., Wacha, L., Šimić-Stanković, M., Hećimović, L.J., Tibljaš, D., Kruk, B. (2006): Ivošević Gaj ceramic clay deposit in the vicinity of Vojnić. 3rd Mid-European Clay Conference, Field Trip Guidebook. September 18-23, University of Zagreb, Faculty of Science & Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, 39-47, Opatija
- Basch, O. (1983): Osnovna geološka karta 1:100 000 - Tumač za list Ivanić Grad (L33-81). Savezni geološki zavod, Beograd.
- Cerato, A. (2001): Influence of specific surface area on geotechnical characteristics of fine - grained soils - Master of Science Project. University of Massachusetts, 298 p., Massachusetts
- Farrar, D., & Coleman, J. (1967): The Correlation of Surface Area with other properties of nineteen British Clay Soils. *Journal of Soil Science*, 18, 118-124
- Grizelj, A., Peh, Z., Tibljaš, D., Kovačić, M., & Kurečić, T. (2017): Mineralogical and geochemical characteristics of Miocene pelitic sedimentary rocks from the south-western part of the Pannonian Basin System (Croatia): Implication for provenance studies. *Geoscience frontiers*, 8,1,65-80
- Hećimović, I., & Šorša, A. (2007): Geološka karta Podsljemenske urbanizirane zone. Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone 1:5000 - Faza I, knjiga I - IV. Hrvatski geološki institut, Zagreb
- Kovačić, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela panonskog bazena - doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet, Zagreb
- Kovačić, M., & Grizelj, A. (2007): Mineralogical and geochemical characteristics and provenance of Upper Miocene sediments in the south-western part of the Pannonian basin. *Geologie und Paleontologie*, 9, 47-50
- Locat, J., Berube, M.A., Chagnon, J.Y. & Gelinat, P. (1985): The mineralogy of sensitive clays in relation to some engineering geology problems - an overview. *Applied Clay Science*, 1, 193-205
- Mandić, O., Kurečić, T., Neubauer, T., & Harzhauser, M. (2015): Stratigraphic and paleogeographic significans of lacustrine molluscs from the Pliocene Viviparus beds in Central Croatia. *Geologia Croatica*, 68, 3, 179-207
- Miklin, Ž., Mlinar, Ž., Brkić, Ž., Hećimović, I., & Dolić, M. (2007): Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone M 1:5000 (DIGK-FAZA I). Hrvatski geološki institut, Zagreb
- Olchawa, A., & Goraczko, A. (2012): The relationship between the liquid limit of clayey soils, external specific surface area and the composition of exchangeable cations. *Journal of Water and Land Development*, 17, 83-88
- Pavelić, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin. *Basin Research*, 3, 359-376
- Polidori, E. (2007): Relationship between the Atterberg limits and clay content. *Soils and Foundations*, 47, 5, 887-896
- Rogl, F. (1998): Paleogeographic considerations for Mediterranean and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 99, 279-310
- Schmitz, R., Schroeder, C., & Charlier, R. (2004): Chemo-mechanical interactions in clay; a correlation between clay mineralogy and Atterberg limits. *Applied Clay Science*, 26, 351-358.
- Šikić, K., Basch, O., & Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Zagreb (L33-80). Savezni geološki zavod, Beograd
- Tiwari, B., & Marui, H. (2005): A new method for the correlation of residual shear strength of the soil with mineralogical composition. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmentals Engineering*, 131, 1139-1150

UNRECOGNIZED CONFLICTS AMONG FORESTRY, AGRICULTURE AND THE ECOLOGICAL NETWORK: EASEMENT OF FORESTS AND FOREST LAND FOR THE RAISING OF PERENNIAL CROPS - CASE STUDY DUBROVNIK-NERETVA COUNTY

NEPREPOZNATI KONFLIKTI IZMEĐU ŠUMARSTVA, POLJOPRIVREDE I EKOLOŠKE MREŽE: OSNIVANJE PRAVA SLUŽNOSTI NA ŠUMI I ŠUMSKOM ZEMLJIŠTU RADI PODIZANJA VIŠEGODIŠNJIH NASADA - ANALIZA SLUČAJA DUBROVAČKO-NERETVANSKA ŽUPANIJA

Konrad Kiš^{1*}

¹Dvokut-ECRO Ltd., Trnjanska 37, Zagreb, Croatia

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: konrad.kis@dvokut-ecro.hr

Abstract: The Government of Croatia, greatly opposed by the forestry professionals decided to ease forest and forest land in the amount of 21,949,828 ha throughout the country for the raising of perennial crops (vineyards and olive yards). Apart from being professionally unjustified, since the recent study of the Faculty of Agriculture on Pollution of Ground and Surface Waters Caused by Agriculture from 2014 stated that approximately 52% of the agriculture land in the Dubrovnik-Neretva County is not being used, these areas are greatly conflictual since they overlap with the ecological network sites: firstly, with the National Ecological Network proclaimed in 2007 and later with NATURA 2000 proclaimed after the admission of Croatia to the EU in July 2013. Conservation goals of the ecological network sites are, in a great number of cases, forest habitat types which will be clear-cut if the Government's decisions are fully executed. However, since most of these decisions have not yet been implemented, there is still a chance to revoke them to preserve vast ecological network areas and thus avoid paying of substantial penalties to the EU due to the loss of habitat types - conservation goals (more than 1 %). By the utilization of the GIS and comparison of cadastral lots designated for easement with the ecological network areas from 2007 and 2013, the article analyses significant threats from the loss of vast ecological network areas and suggests means for avoiding of such a scenario.

Keywords: Government decisions, easement, perennial crops, ecological network, Dubrovnik-Neretva County.

Sažetak: Odlukama Vlade RH u razdoblju 2004. - 2013. godine, čemu se šumarska struka od početka žestoko protivila, ustanovljeno je pravo služnosti na šumi i šumskom zemljištu radi podizanja višegodišnjih nasada (vinograda i maslinika) na ukupnoj površini od 21.940,828 ha diljem države. Osim stručne neopravdanosti ovih odluka, budući da Studija o utjecaju poljoprivrede na onečišćenje površinskih i podzemnih voda Agronomskog fakulteta u Zagrebu iz 2014. godine ukazuje na to da je na području DNŽ neiskorišteno oko 52% poljoprivrednog zemljišta, uvelike je konfliktno preklapanje površina namijenjenih za prenamjenu s područjima nacionalne ekološke mreže proglašene 2007. godine te kasnije ekološkom mrežom NATURA 2000 proglašenom nakon pristupa Hrvatske EU u srpnju 2013. godine. Ciljevi očuvanja područja ekološke mreže su u velikom broju slučajeva šumski stanišni tipovi koje se predmetnim odlukama kani iskrčiti radi podizanja višegodišnjih nasada. Međutim, budući da većina ovih odluka nije sprovedena u djelo, još uvijek postoji mogućnost njihovog poništenja, čime bi se sačuvala velika područja ekološke mreže i spriječilo plaćanje penala Europskoj uniji zbog gubitka stanišnih tipova - ciljeva očuvanja (više od 1%). Uz primjenu GIS alata te usporedbom kastastarskih čestica namijenjenih za prenamjenu s područjima ekološke mreže iz 2007. i 2013. godine, članak analizira značajne moguće opasnosti gubitka velikih područja ekološke mreže te predlaže mjere sprječavanja ovakvog scenarija.

Gljučne riječi: Odluke Vlade, osnivanje služnosti, višegodišnji nasadi, ekološka mreža, Dubrovačko-neretvanska županija.

Received: 22.11.2017 / Accepted: 12.12.2017

Published online: 18.12.2017

Pregledni rad / Review paper

1. INTRODUCTION

In the period from 2004 till 2013, the Croatian Government issued 10 Decisions upon which a substantial amount of state-owned forests and forest land was designated for easement to third parties for the raising of perennial crops, namely vineyards and olive yards (Prpić 2004). Allegedly, the background for such decisions lies in the fact that there is insufficient land to be utilized for this purpose, since the utilization of privately owned agricultural land is greatly inhibited by the depopulation of rural areas and

unresolved proprietary and cadastre issues, and the sole Government's intention was to support agricultural development in rural Mediterranean areas. This article shall, however, not debate on the political aspect of this issue, but rather focus on the concrete consequences these decisions might have on nature and forests on a greater scale, analysing the case-study of the Dubrovnik-Neretva County. The basic conflict of this issue lies in the fact that,

exactly in the middle of the period during which these Decisions were issued, the first Regulation on the Ecological Network of Croatia was released - in 2007, proclaiming the first ecological network sites (Cro NEN, or the so-called Emerald Network, a predecessor of the today's Natura 2000). The network, like today, consisted of an array of sites, and for each of those sites conservation goals were determined - in this case, the focus shall be set on the so-called pSCI areas (proposed Sites of Community's Interest). Conservation goals of such areas can be either wild species or wild habitats. The main conflict arises when habitat types - conservation goals of such areas are also forests and forest land areas that are scheduled for clear-cutting to make room for the future perennial crops. The mistakes made during this process are two-fold: firstly, when the ecological network sites were proclaimed, no one paid attention to the fact that a large area of forests and forest land (determined by the Decisions from 2004 till 2007) are scheduled for clear-cutting, and secondly - after the ecological network sites were proclaimed - again, no one paid attention to the fact that forests designated for clear-cutting are conservation goals of some of the ecological network sites (Decisions issued in the later period, i. e. from 2007 till 2013). Although most of these decisions are not yet implemented due to the lack of interest from the entrepreneurs' side, i. e. easement contracts were not signed with the State, there is still a chance that the current ecological network might be affected if additional contracts are signed and executed. Although the amendments to the Forest Act from 2014 excluded the possibility of signing further easement contracts on forest and forest land, but the same document proclaimed all the land designated for easement in the respective Decisions as agricultural land, putting it under the direct jurisdiction of the Agricultural Land Agency. By the means of thorough GIS analyses and data acquired from the Dubrovnik-Neretva County, "Croatian Forests" Ltd. and the Croatian Agency for the Environment and Nature, the article analyses effects of these Decisions on the current ecological network (Natura 2000) sites and proposes means for the resolution of this obvious conflict.

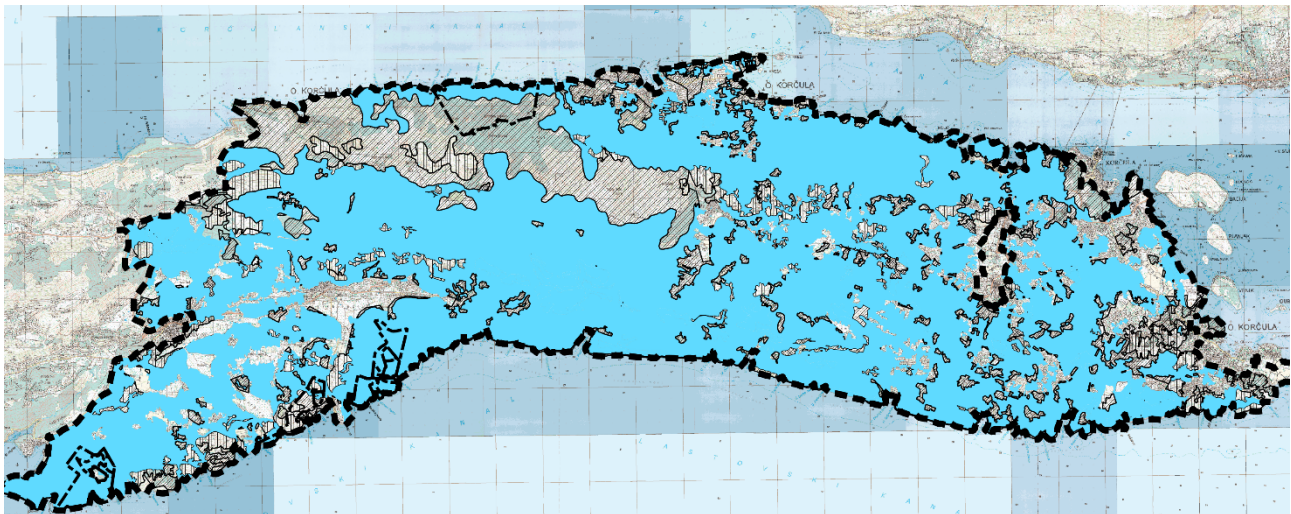
2. THEORETICAL BACKGROUND

The problems that arouse during the strategic environmental impact assessment process conducted for the amendments of the Dubrovnik-Neretva County spatial plan, namely during the public debate, were greatly (or, better to say, entirely) the consequence of miscommunication, i.e. the lack of proper communication among the parties involved. Due to the lack of means and time, it seemed rather pretentious to deep-dig into social theories that address the issue of miscommunication among parties in various societal processes, so this will be skipped and replaced by a brief explanation on what went on regarding this process.



Simply said, one of the many parties that provided the client (Dubrovnik-Neretva County, more precisely the Institute for Physical Planning who are the makers of the amendments to the current county spatial plan which is subject to the strategic environmental impact assessment process) with the vector data (.shp) of state-

owned forests and forest land surfaces designated for easement to third parties, i. e. for land use change (growing of perennial crops - vineyards and olive yards). This party ("Croatian Forests" Ltd.), however, forgot to mention that for some very large cadastral lots (100 hectares and more) only a PART of the lot is designated for easement, and not the whole lot, which is the core reason for the entire misunderstanding. If all the original lots' surfaces were to be clear-cut, that would - beyond doubt - cause the loss of more than 1 % of habitat types which are also conservation goals of the ecological network sites. By the generally accepted opinion of the EU experts, this is considered to be "...a significant adverse impact on an ecological network site" (CAEN)(n.d.)). Since this was not explained in the beginning (the .shp file received from the client was taken for granted), the whole surface was considered as designated for clear-cut. Although this issue is not a spatial planning category, it nevertheless causes a significant cumulative impact and therefore had to be addressed in the SEA Report. As expected, this led to a heated discussion during the public debate, namely raised by the beneficiaries of the easement rights who felt threatened by a simple measure prescribed in the Report to "...review the Government's decisions". Since this issue is not a physical planning category, the measure could not have been precisely defined - the only goal of the Practitioner was to avoid the most sinister scenario, i. e. the significant loss of habitat types - conservation goals of the ecological network.

After the public debate, pursuant to the comments and complaints received, the Practitioner conducted a review of the case and, after the detailed analysis of respective Government's decisions, came with the conclusion that a much lesser surface of forests was designated for easement, and that the problem which was originally considered to be huge maybe does not even exist. Pursuant to the Regulations on Procedure and Measures for the Easement of State-owned Forests and Forest Land for the Raising of Perennial Crops (from 2006 and 2008, now both null and void), the beneficiaries had the obligation to consume the easement (clear-cut the forest and plant vines or olive trees) during the two-year period. After the high pressure from the foresters' lobby who considered the clear-cutting of forests, especially in the Mediterranean areas, to be most unacceptable, the last amendments to the Forest Act (August 2014, OG 094/14) abated the possibility of such easement. But, since all the land designated for easement in the Decisions is now agricultural land, additional calls for contracts can be issued at any time, which still creates a possibility for the significant loss of habitat types - conservation goals of the ecological network. Since the Regulation from 2008 provided for the beneficiaries to consume the contract at any point in the future (there is, unlike in the Regulation from 2006, no timeframe within which the contract must be executed), the only issue that needs to be addressed is the way the execution of these contracts will be conducted, i. e. which measures to prescribe in the SEA Report for the mitigation or evasion of adverse impacts on the ecological network.



LEGEND

 ecological network site HR2001367 - First Part of Korčula
 cadastral plots designated for easement

habitat types - conservation goals





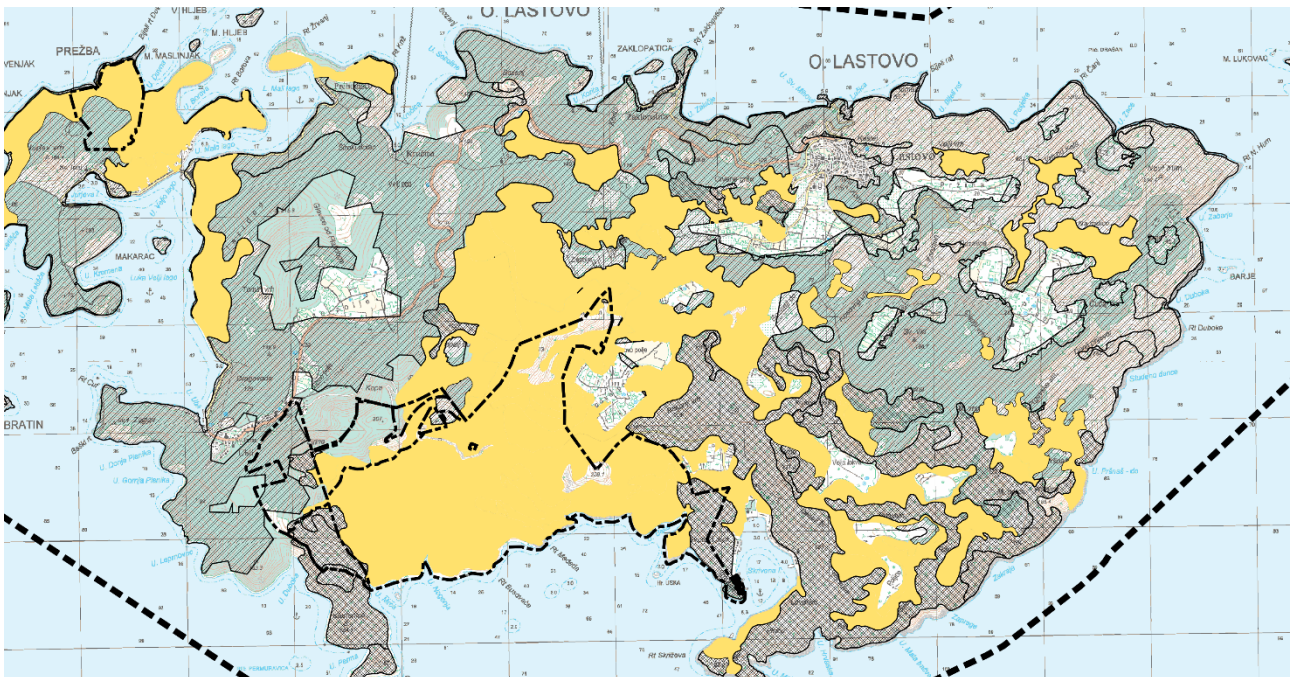


-  *6220 - Pseudo-steppe with grasses and annuals (Thero-Brachypodietea)
-  5210 - Arborescent matorral with Juniperus sp.
-  9340 - Quercus ilex and Quercus rotundifolia forests
-  9540 - (Sub-)Mediterranean pine forests with endemic black pines

Figure 1: Areas dedicated for easement against the forest habitat types - conservation goals within the ecological network site HR2001367 - First Part of Korčula



LEGEND

 ecological network site HR5000038 - Nature Park Lastovo Archipelago
 cadastral plots designated for easement

habitat types - conservation goals




-  *6220 - Pseudo-steppe with grasses and annuals (Thero-Brachypodietea)
-  5210 - Arborescent matorral with Juniperus spp.
-  9320 - Olea and Ceratonia forests

Figure 2: Areas dedicated for easement against the forest habitat types - conservation goals within the ecological network site HR5000038 - Nature Park Lastovo Archipelago

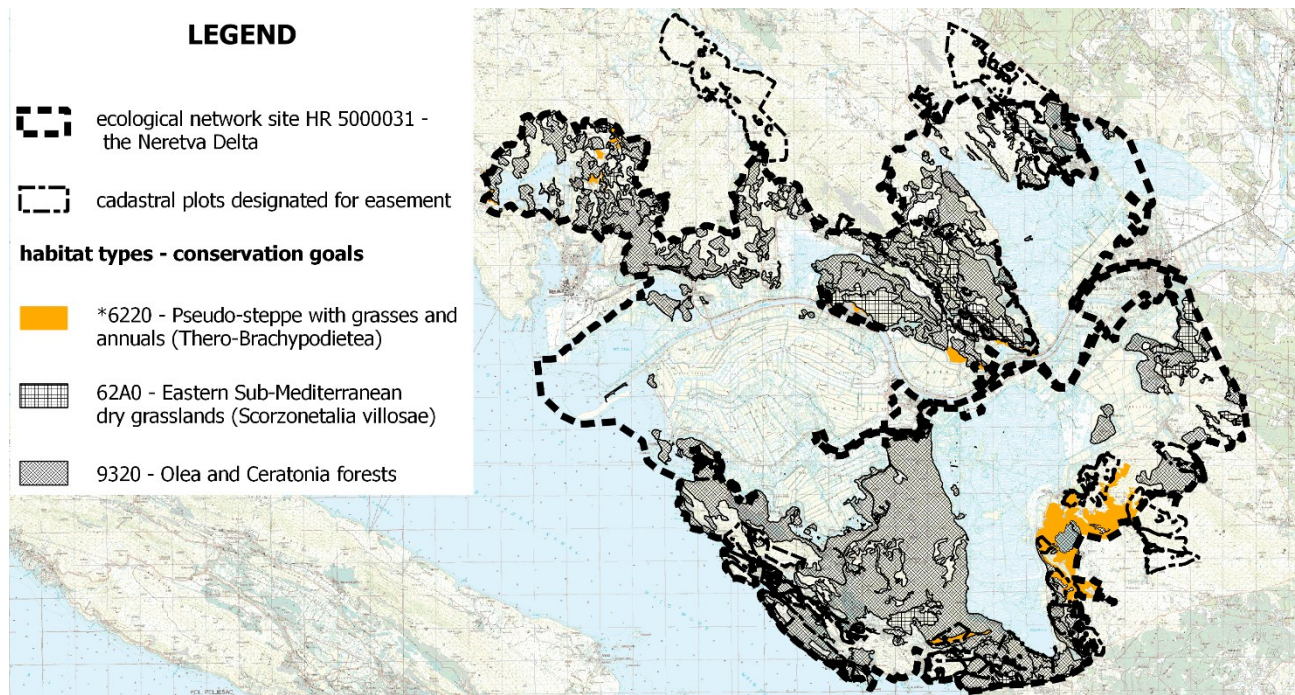


Figure 3: Areas dedicated for easement against the forest habitat types - conservation goals within the ecological network site HR5000031 - The Neretva Delta

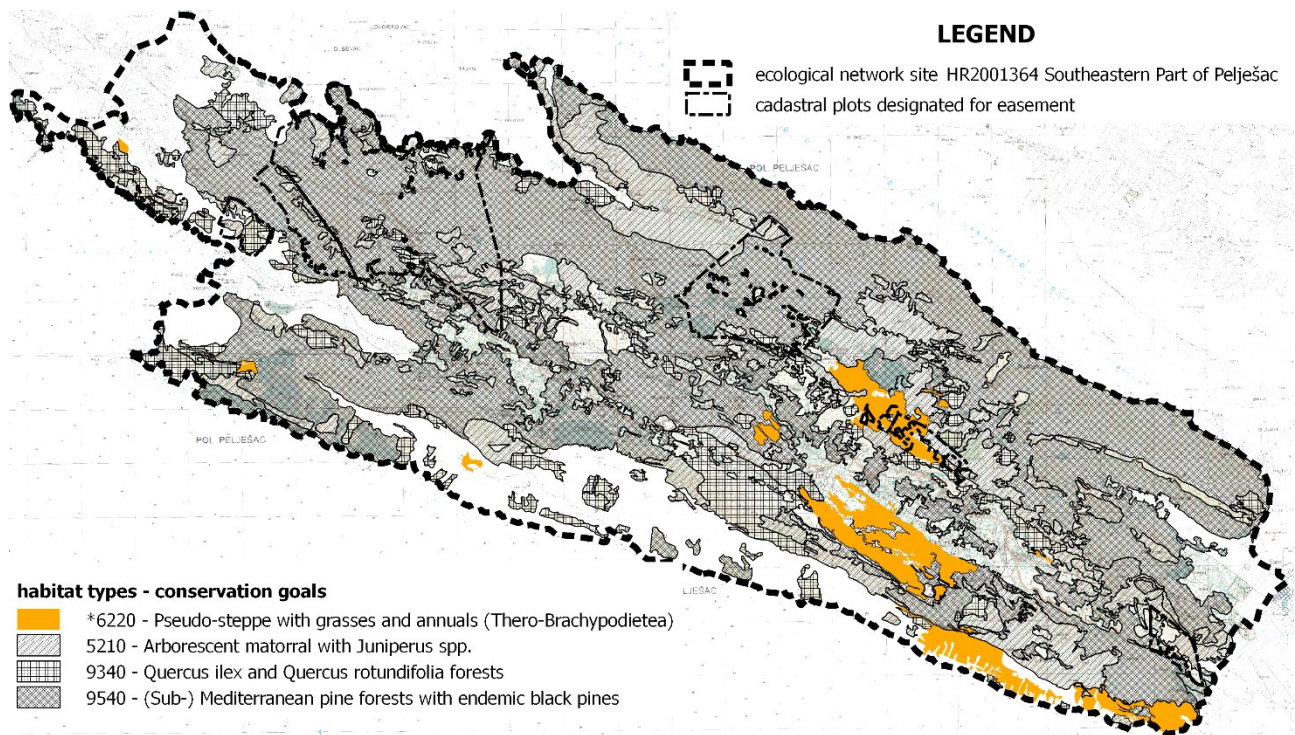


Figure 4: Areas dedicated for easement against the forest habitat types - conservation goals within the ecological network site HR2001364 - Southeastern Part of Pelješac

3. METHODOLOGICAL FRAMEWORK

Contingent adverse effect the easement might have on the ecological network sites was entirely assessed via GIS tools, namely by overlapping and intersecting of various vector layers (shape files) in the GIS application

(Quantum GIS). The initial steps in the GIS analysis consisted of the following:

- intersecting (clipping) layers with data on the ecological network sites with the map of habitat types, thus acquiring the potentially threatened areas (forest habitat types which are also conservation goals of the ecological network sites);

- clipping the map of forests and forest land designated for easement with the ecological network sites, thus acquiring the potentially threatened lots,
- clipping the latter with the first, thus acquiring the map of areas which will be harmed by the execution of (potential) easement contracts, i.e. forest lots designated for easement which are also at the same time conservation goals of a specific ecological network site.

Three types of data were used to establish the map of habitat types which are also conservation goals of the four ecological network sites which overlap with the areas designated for easement: old vector data on terrestrial habitat types (minimum map unit: 9 ha), new vector data on terrestrial habitat types (minimum map unit 1,5 ha) and vector data on state forests acquired from "Croatian Forests" Ltd. All three sources had to be used for the following reasons: although the new map of habitat types is much more precise than the old one (minimum map unit 1,5 ha compared to 9 ha), it however does not contain data on forest habitat types (all forest areas are simply marked as "forests"). Therefore, precision of the new map will be combined with forest habitat types of the old map in order to generate a relatively precise forest habitat types map. On the other hand, many areas on both habitat types maps are marked as a combination, or a mosaic, of certain habitat types (it would be practically impossible to mark the exact surface for all habitat types) which leaves a researcher with a high level of uncertainty (e. g. if some area is marked as a combination of three various habitat types and only one of them is a forest, we cannot determine its exact location). Therefore, a highly accurate digital map of state forests was used to eliminate these uncertainties, because it reflects the data on actual forest surfaces to the maximum. As a result, a sufficiently accurate digital map on forest habitat types which are also the conservation goals of respective ecological network sites was generated.

The next step was to calculate the surfaces of forest types - conservation goals of the ecological network sites which might be affected by the Government's Decisions and their relative amount in the whole area of the ecological network site, which answers the most important question raised by this article: do these surfaces amount less than 1 % of surface of a specific forest habitat type - conservation goal within the ecological network site? (Although this figure is not prescribed legally in any of the EU countries legislation, it is nevertheless an opinion based upon the EU experts' experience and therefore considered as relevant. Although the loss of a habitat type - conservation goal in the amount greater than 1 % is always considered to be "a significant adverse impact", the impact may be

significant if this loss is less than 1 %, depending on the situation. Therefore, it is essential to maintain the contingent losses of habitat types - EN site conservation goals on the rate lower than 1 % of this habitat type's surface within a specific EN site.)

The following images depict the areas dedicated for easement against the forest habitat types - conservation goals within the specific ecological network site.

4. ANALYSIS OF RESULTS

The analysis of results comprised of the following: determining the actual surface of habitat types - conservation goals which overlap with the lots dedicated for easement and the ecological network sites, calculating their relative surface in comparison to the site's surface of habitat type - conservation goal and - most important of all - determining the areas which will surely be clear-cut if the Decisions are executed (i. e. if the total plot's surface is equal to that designated for clear-cut) and the areas of lots which will only partially be clear-cut (for example, if a plot's surface is 200 ha and the designated surface for easement on that particular plot is only 10 ha). The issue of partially designated plots was the core reason for misunderstanding, but also the major uncertainty factor - it is not known which part of a certain large lot will be eased. To add to the uncertainties, most of the habitat types - conservation goals on the new habitat types' map are presented as combinations - therefore, it is impossible to state the exact surface of almost anything included in this story.

The comparative table of data is shown in **Table 1**. From the previous table, it is obvious that the area of lots which are certain for clear-cut if the Decisions are executed is, in most cases, much lesser than 1 % of the conservation goals' surfaces, except for the two ecological network sites HR5000031 the Neretva Delta and HR2001364 Southeastern Part of Pelješac where these figures will be reached immediately (2,01 % and 1,74 % of the total conservation goal's surface within the specific ecological network site). For all the other sites, the level of significant impact exclusively depends on where the designated easement areas will be situated. Therefore, to avoid such adverse impact on the ecological network sites HR5000031 the Neretva Delta and HR2001364 Southeastern Part of Pelješac, it is essential to prevent the signing and execution of any further contracts between the final beneficiaries and the state where designated areas to a great extent overlap with the habitat types - conservation goals.

Table 1. Overview of conservation goals surfaces against the ecological network sites and cadastral lots designated for easement

ECOLOGICAL NETWORK SITE	area of cadastral plots that overlap with forest habitat types - conservation goals	relative amount of the conservation goal's surface within the EN site	cadastral plots designated for total easement which overlap with conservation goals	relative amount of the EN CG surface	cadastral plots - partial easement	areas that overlap with CG
	ha	%	ha	%	ha	ha
HR5000031 The Neretva Delta	934,9513	4,2049	146,6025	2,01	3.732,1460	1001,3778
HR2001364 Southeastern Part of Pelješac	1.428,6888	12,3809	181,0672	1,74	1.526,8157	1740,5634
HR2001367 First Part of Korčula	540,6249	4,1520	40,0035	0,39	617,8243	577,9683
HR5000038 Nature Park Lastovo Archipelago	544,7327	2,2849	0,0000	0,00	657,1193	447,2087

5. CONCLUSIONS AND DEBATE

Although it is obvious that there is a great threat to the ecological network sites from the execution of easement contracts, so far there hasn't been any reaction to it and no attempts were made to prevent such a scenario – on the contrary, new easement calls for the area of Dubrovnik-Neretva County are being announced as we speak. Although there is, beyond any doubt, a political background to this issue, it falls beyond the scope of this work which particularly deals with any contingent solutions to the problem, if there are any. As the most obvious and, basically, the only possible mitigation measure of adverse impacts is to designate a part of a larger cadastral lot on a habitat type which is not a conservation goal of a specific ecological network site. However, it has to be noted that raising of vineyards (at least a high-quality ones) require certain conditions which have to be met such as inclination, exposition and soil type, and these are not always easy to find. Therefore, it is very likely that potential beneficiaries will look specifically for such turf and will not be satisfied with anything less. Although there is no more possibility of further designating of forests and forest land for easement, it has to be noted that pursuant to the latest amendments to the Forest Act from 2014 all forests and forest land dedicated for easement are being declared as agricultural land, so the Forest Act will not be violated by the additional easement contracts. This is probably the most absurd provision of the latest amendments to the Forest Act, because all these areas are being put under the direct jurisdiction of the Agency for Agricultural Land (Article 46. of the Law on Amendments to the Forest Act, Official Gazette 094/14). This situation is pointless due to several reasons: firstly, it is still unknown which exact area is being eased (in most cases, cadastral lot is much larger than the surface dedicated for easement), and the Agency has absolutely no idea what land that would be, whilst “Croatian Forests” Ltd. are, legally speaking, not a party to the

process any more. Secondly, there is a great shortage of interest of potential beneficiaries, which brings the state into the position of violating its own laws, i. e. its Governments' decisions are basically – illegal, since Article 4 of the Agricultural Land Act states that “...*agricultural land has to be maintained in order to serve its purpose*”, which means that woody perennials should be clear-cut from such surfaces.

However, there is another punchline to the story which clearly depicts all the tragedy withheld in it: according to the data acquired from “Croatian Waters”, the institution in charge of the management of Croatian waters and based on the recent study conducted by the [Faculty of Agriculture \(2014\)](#) entitled “The Impact of Agriculture on Pollution of Surface and Groundwater in the Republic of Croatia” approximately 52 % of the County's agricultural land is not being used. The only logical question to be asked is why is the state forest land being eased for agricultural purposes, while more than the half of the County's agricultural land is **not being used** at all? The answer is very simple: unresolved proprietary and cadastral issues prevent this land from appearing on the market. If it were otherwise, potential beneficiaries would most probably have invested into the purchase of common agricultural land and raise vineyards or olive yards without any legal impediments, but since this is not the case, the State decided to undertake such drastic and unjustified step, rather than trying to resolve the proprietary, cadastral and heritage issues which is, undoubtedly, too big a bite for any of the governments which ran this country so far. It is obviously much easier to clear-cut a tremendously valuable hectares of Mediterranean forest to make room for agricultural projects (most of which failed, by the way), than to take the hard path and resolve, either by a decree or through some other legal instrument – maybe even intervening into the very Constitution and redefining the term of “private property”, the issue that caused this country to gradually become overwhelmed

with weeds and whose entire agriculture sector is pretty close to the point of utter disintegration.

Although at least some of these problems could be easily resolved, for instance revoking the Decisions for those lots for which it is absolutely certain that they will never be eased, or simply by preventing any further easement, i. e. signing of additional contracts, one can only state the many times proven fact that politics is always, without exclusion, above expertise or common sense.

6. LITERATURE

Prpić, B. (Editor's Foreword): "Why is, pursuant to the Decisions of the Croatian Government, between 1,000 and 2,000 ha of Mediterranean forests with accentuated ecological and touristic functions taken away for the raising of vineyards and olive yards", Journal of the Forestry Society of Croatia, No. 1 - 2, 2004.

Agricultural Land Act (OG 39/13, 48/15)

Bardi, A.; Papini, P.; Quaglino, E.; Biondi, E.; Topić, J.; Milović, M.; Pandža, M.; Kaligarić, M.; Oriolo, G.; Roland, V.; Batina, A.; Kirin, T. (2016): Map of Natural and Semi-Natural Non-Forest Terrestrial and Freshwater Habitats of the Republic of Croatia. AGRISTUDIO s.r.l., TEMI S.r.l., TIMESIS S.r.l., HAOP.

Decisions of the Government of Croatia on the Easement of Forests and Forest Land for the Raising of Perennial Crops (2004 - 2013): Government of Croatia.

Faculty of Agriculture (2014): The Impact of Agriculture on Pollution of Surface and Groundwater in the Republic of Croatia, Zagreb.

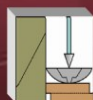
Forest Act (OG 140/05, 82/06, 129/08, 80/10, 124/10, 25/12, 68/12, 148/13, 94/14).

Manual for Ecological Network Impact Assessment (ENIA)(n.d.): Croatian Agency for the Environment and Nature.

Old digital map of habitat types (<http://services.iszp.hr/wfs>): State Institute for Nature Protection, 2002.

Ordinance on the List of Habitat Types, Habitat map and Endangered and Rare Habitat Types (2014): Official Gazette of the Republic of Croatia, No. 088/14.

Regulation on the Ecological Network (2013): Official Gazette of the Republic of Croatia, No. 124/13.



GEOTEHNIČKI LABORATORIJ

Tel: 042/408 909, 408 938 Fax: 042/313 587 E-mail: geolab@gfv.hr

- Oformljen 1974. god. u sastavu tadašnje Više geotehničke škole
- Godine 2006. potpuno obnovljen, moderniziran i proširen
- Član udruge Hrvatski laboratoriji CROLAB
- Akreditiran od HAA prema normi HRN EN ISO/IEC 17025

Sudjeluje u

- Znanstvenim projektima čiji su nositelji djelatnici Geotehničkog fakulteta
- Stručnim i gospodarskim projektima iz područja geoinženjerstva, inženjerstva okoliša i graditeljstva

- Opremljen za provođenje svih standardnih geomehaničkih ispitivanja tla prema zahtjevima nacionalnih i svjetskih normi
- Raspoloživo s modernom opremom za znanstvena istraživanja iz područja mehanike tla
- Razvija vlastite uređaje za specijalna ispitivanja

Opća fizikalna svojstva tla

- vlažnost
- gustoća ; vlažna, suha, najmanja, najveća, čvrstih čestica tla
- relativna zbijenost nekoherentnog tla
- poroznost
- zasićenost vodom

2. Klasifikacijski testovi

- Atterberg-ove granice koherentnog tla: tečenja, plastičnosti, stezanja
- granulometrijski sastav: metoda sijanja, metoda areometrija

3. Čvrstoća tla

- aksijalna čvrstoća sa slobodnim bočnim širenjem
- posmična čvrstoća; izravni posmik: UU, CD, reversni, po metodi Krey-Tiedemann
- troosni posmik: UU, CIU, CID
- nedrenirana čvrstoća: krilnom sondom, konusnim penetrometrom

4. Deformabilnost tla

ispitivanja u:

- standardnom edometarskom uređaju
- hidrauličkom edometarskom uređaju s mjerenjem purnog tlaka
- hidrauličkom edometarskom uređaju s ćelijom promjera 50 cm
- troosnom uređaju s dirigitiranim odnosima vertikalnih i horizontalnih deformacija ili opterećenja

5. Posebna svojstva tla

- koeficijent hidrauličke vodljivosti (vodopropusnost) u ćelijama tipa FH i CH
- optimalna vlažnost prema standardnoj ili modificiranoj energiji zbijanja
- sadržaj organskih i gorivih tvari
- sadržaj kalcij-karbonata
- kut trenja suhog, rahlo nasipanog tla
- pH vrijednost

OPĆENITO
LABORATORIJSKA ISPITIVANJA



ENERGETSKA UČINKOVITOST ZGRADA

ENERGY CERTIFICATION OF BUILDINGS

Valentina Herega¹, Mirna Amadori^{1*}¹Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Zavod za geotehniku, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: amadorim@gfv.hr

Sažetak: U ovom radu je objašnjena energetska učinkovitost u zgradama. Energetska certifikacija zgrada, odnosno klasifikacija i ocjenjivanje zgrada prema potrošnji energije, odnedavno je postala zakonska obveza za sve zgrade na tržištu nekretnina u Republici Hrvatskoj. Ona može odigrati i ključnu ulogu u povećanju kvalitete gradnje, integralnom razmatranju energetske koncepcije novih zgrada te pokretanju sustavne energetske obnove i moderniziranja postojećih zgrada. Prikazane su mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti u zgradama, odnosno smanjenje potrošnje energenata.

Ključne riječi: Energetska učinkovitost, energetska certifikacija, potrošnja energenata

Abstract: This paper explains energy efficiency of buildings. Energy certification of buildings, respectively classification and evaluation of buildings according to energy consumption, has recently become a legal obligation for all buildings in the real estate market in the Republic of Croatia. This can also play a key role in enhancing the quality of construction, integral consideration of the energy concept of new buildings and initiate systematic energy renewal and modernization of existing buildings. Measures for improving energy efficiency in buildings and reduction of energy consumption are present.

Keywords: Energy efficiency, energy certification, energy consumption

Received: 03.05.2017 / Accepted: 08.12.2017

Published online: 18.12.2017

Stručni rad / Technical paper

1. UVOD

Energetska učinkovitost je suma isplaniranih i provedenih mjera čiji je cilj korištenje minimalno moguće količine energije tako da razina udobnosti i stopa proizvodnje ostanu sačuvane. Pojednostavljeno, energetska učinkovitost znači uporabiti manju količinu energije (energenata) za obavljanje istog posla (grijanje ili hlađenje prostora, rasvjetu, proizvodnju raznih proizvoda, pogon vozila, i dr.). Pod pojmom energetska učinkovitost podrazumijevamo učinkovitu uporabu energije u svim sektorima krajnje potrošnje energije: industriji, prometu, uslužnim djelatnostima, poljoprivredi i u kućanstvima.

Važno je istaknuti da se energetska učinkovitost nikako ne smije promatrati kao štednja energija. Naime, štednja uvijek podrazumijeva određena odricanja, dok učinkovita uporaba energije nikada ne narušava uvjete rada i življenja. Nadalje, poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije ne podrazumijeva samo primjenu tehničkih rješenja. Štoviše, svaka tehnologija i tehnička oprema, bez obzira koliko učinkovita bila, gubi to svoje svojstvo ako ne postoje obrazovani ljudi koji će se njome znati služiti na najučinkovitiji mogući način. Prema tome, može se reći da je energetska učinkovitost prvenstveno stvar svijesti ljudi i njihove volje za promjenom ustaljenih navika prema energetske učinkovitijim rješenjima, nego je to stvar složenih tehničkih rješenja.

Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Većina zgrada ne zadovoljava ni Tehničke propise iz 1987.

i imaju velike gubitke topline, uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m² (prema fizici zgrade to je potrošnja za fasadni armirano-betonski zid debljine 25 cm koji ima s unutarnje strane žbuku debljine 2 cm i vanjsku žbuku debljine 3 cm), što ih svrstava u energetske razred E. Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO₂ u atmosferu te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata.

Energetska učinkovitost u zgradama uključuje niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije, uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano. Toplinska zaštita zgrada jedna je od najvažnijih tema, zbog velikog potencijala energetske uštede. Naime, poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 30 do 60 %.

Mjere energetske učinkovitosti u zgradarstvu:

- energetska pregled zgrade i energetska certifikacija, koji pokazuje energetska stanje pojedine zgrade ili njenog dijela;
 - povećanje toplinske zaštite zgrade (postavljanje toplinske izolacije te energetske učinkovite stolarije);
- povećanje učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije;

povećanje učinkovitosti sustava rasvjete i električnih uređaja;
korištenje obnovljivih izvora energije.

Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti u zgradi se smanjuje potrošnja energije, ali i povećava ugodnost boravka u prostoru te trajnost zgrade. Odabir mjera, naravno, ovisi o energetske stanju i vrsti zgrade, načinu njenog korištenja te o lokaciji, a idealno je primijeniti više mjera kako bi se osigurao njihov sinergijski učinak i kako bi uštede u potrošnji energije bile što značajnije.

2. PODJELA ZGRADA PREMA TEHNIČKOJ SLOŽENOSTI S OBZIROM NA ENERGETSKU UČINKOVITOST

Zgrada je građevina s krovom i zidovima, u kojoj se koristi energija radi ostvarivanja određenih klimatskih uvjeta, namijenjena boravku ljudi, odnosno smještaju životinja, biljaka i stvari, a sastoji se od:

- tijela zgrade
- instalacija,
- ugrađene opreme i
- prostora zgrade.

Zgrade se po namjeni dijele na stambene i nestambene ([Pravilnik o energetske pregledu građevine i energetske certificiranju zgrada 2014.](#)). Stambene zgrade su one kod kojih u cijelosti ili više od 90 % bruto podne površine je namijenjeno za stanovanje, odnosno da nema više od 50 m² ploštine neto podne površine u drugoj namjeni. Nestambene zgrade su sve ostale i u osnovi se mogu kategorizirati kao zgrade za gospodarske namjene i zgrade za javne namjene.

Zgrade se prema tehničkoj složenosti ([Zakon o gradnji 2013.](#)) dijele na:

- zgrade s jednostavnim tehničkim sustavom i
- zgrade sa složenim tehničkim sustavom.

2.1. Zgrade s jednostavnim tehničkim sustavom

Zgrade s jednostavnim tehničkim sustavom su stambene i nestambene zgrade, ukupne podne površine zgrade manje ili jednake 400 m² i koje su:

- s pojedinačnim uređajima za pripremu potrošne tople vode i koje nisu opremljene sustavima grijanja, hlađenja, ventilacije
- s lokalnim i centralnim izvorima topline za grijanje i pripremu potrošne tople vode nazivne snage kotla ili bojlera do 30 kW, bez posebnih sustava za povrat topline i bez korištenja alternativnih sustava
- s pojedinačnim rashladnim uređajima
- s lokalnim sustavima ventilacije bez dodatne obrade zraka i bez povrata topline
- posebni dijelovi zgrade koji imaju zasebno mjerilo za grijanje, etažno plinsko grijanje, priključak na zajedničku kotlovnicu ili priključak na daljinsko grijanje

2.2. Zgrade sa složenim tehničkim sustavom

Zgrade sa složenim tehničkim sustavom su sve ostale stambene i nestambene zgrade bilo koje površine, ako imaju:

- korištenje obnovljivih izvora energije,
- klimatizaciju s klima komorama,
- umjetnu ventilaciju,
- obradu zraka rekuperatorima,
- kotlovnicu s više cirkulacijskih tokova

3. MJERE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI U ZGRADAMA

Mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti u zgradama su sve radnje koje redovito vode provjerljivom poboljšanju energetske učinkovitosti, odnosno smanjenju potrošnje energije i vode. Poboljšanjem toplinske izolacijskih karakteristika zgrade, moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine prosječno za 30 do 80 %. Bitnu ulogu u tome imaju svi dijelovi ovojnice zgrade.

Valja naglasiti da su najveći gubici topline kroz prozore i vanjski zid te da se samo njihovom sanacijom postižu velike uštede. Sanacija krova iznad grijanog prostora, odnosno stropa zadnje etaže prema negrijanom tavanu, također smanjuje toplinske gubitke ([Herega V. 2016.](#)).

Jednostavne mjere povećanja energetske učinkovitosti, bez dodatnih troškova, uz trenutne uštede:

- ugasiti grijanje ili hlađenje noću,
- noću spustiti rolete,
- u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1 °C,
- u sezoni hlađenja podesiti hlađenje na minimalno 26 °C,
- koristiti prirodno osvjetljenje,
- isključiti rasvjetu u prostoriji kada nije potrebna,
- perlice za rublje i posuđe uključivati samo kad su pune, najbolje noću.

Mjere uz male troškove i brzi povrat investicije:

- brtvljenje prozora i vanjskih vrata te postavljanje dvostrukog IZO ostakljenja,
- reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta,
- toplinsko izoliranje postojećeg kosog krova,
- ugradnja termostatskih ventila na radijatore,
- redovito servisiranje i podešavanje sustava grijanja i hlađenja,
- ugradnja štednih žarulja u rasvjetna tijela,
- zamjena trošila energetske efikasnijima- energetskog razreda A.

Mjere uz veće troškove i duži period povrata investicije:

- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima,
- toplinsko izoliranje neizolirane zgrade,
- povećanje toplinske izolacije izoliranje zgrade,

- centraliziranje sustava grijanja i pripreme potrošnje tople vode,
- analiziranje sustava grijanja i hlađenja,
- ugradnja sunčevog sustava za zagrijavanje vode,
- ugradnja foto naponskog sustava za dobivanje električne energije.

3.1. Zamjena prozora i vrata

Prozor je element vanjske ovojnice zgrade koji omogućava dnevnu rasvjetu prostora, propuštanje sunčeve energije kroz zgradu i prozračivanje prostora. Istovremeno djeluje kao prijemnik koji propušta sunčevu energiju u prostor te kao zaštita od vanjskih utjecaja i toplinskih gubitaka.

Prozori i vanjski zidovi igraju važnu ulogu u toplinskim gubicima zgrade jer zajedno čine i preko 70 % ukupnih toplinskih gubitaka kroz ovojnicu zgrade. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke te na gubitke ventilacijom. Zbrajanjem transmisijskih gubitaka kroz prozore i gubitke ventilacijom, ukupni toplinski gubici predstavljaju više od 50 % toplinskih gubitaka zgrade. Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline (U-koeficijent) kroz prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama 2013.). Eurovska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti, a one se danas kreću oko $1,40\text{-}1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, dok se koeficijent U prozora na starijim zgradama kreće od $3,00\text{-}3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Tomšić Ž. 2014.).

U ukupnim toplinskim gubicima prozora sudjeluju staklo i prozorski profil. Prozorski profil, neovisno o vrsti materijala od kojeg se izrađuje mora osigurati dobro brtvljenje, prekinuti toplinski most u profilu, jednostavno otvaranje i nizak koeficijent prolaska topline. Stakla se izrađuju kao izolacijska stakla, dvoslojna ili troslojna (Slika 1), s različitim plinovitim punjenjem (argon, kripton, xenon) ili premazima koji poboljšavaju toplinske karakteristike. U-koeficijent može se smanjiti većim brojem međuprostora i što većom širinom tih međuprostora. Dakle, U-koeficijent se može smanjiti upotrebom dvoslojnih ili troslojnih izostakala, npr. $4+12+4+12+4 \text{ mm}$ što znači 3 stakla od 4 mm debljine na razmacima od 12 mm (Slika 2).

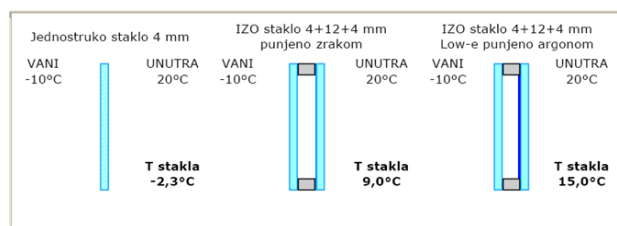
Prozorski okviri danas se najviše izrađuju od drveta, aluminijsa, PVC-a, čelika i kombinacijom navedenih materijala. U navedene okvire ugrađuje se dvostruko ili trostruko izostaklo, a daljnji razvoj prozorskih okvira ide u smjeru povećanja toplinske zaštite uključivanjem toplinsko-izolacijskih materijala u sam okvir. Ugradnjom dvostrukog ili trostrukog izostakla s plinovitim punjenjem, prozor dostiže vrijednost $U < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Poboljšanje toplinskih karakteristika prozora i drugih staklenih površina moguće je postići i na sljedeće načine:

- zabrtviti prozore i vanjska vrata,
- provjeriti i popraviti okove na prozorima i vratima,
- reducirati gubitke topline kroz prozore ugradnjom roleta,
- zamijeniti prozore i vanjska vrata toplinski kvalitetnijim prozorima.



Slika 1. Troslojno staklo



Slika 2. Temperature na unutarnjoj strani stakla ovisno o vrsti ostakljenja

3.2 Toplinska izolacija zidova vanjske obujnice

Toplinsku izolaciju u pravilu treba izvoditi dodavanjem novog toplinsko-izolacijskog sloja s vanjske strane zida, a iznimno s unutarnje strane zida. Izvedba toplinske izolacije s unutarnje strane zida nepovoljna je iz više razloga koji su kratko nabrojani u nastavku:

- Ne štiti zidove. Zidovi su podvrgnuti velikim temperaturnim razlikama i naprezanjima, koja s vremenom uzrokuju oštećenje zidova.
- Vлага neometano prolazi kroz zidove, kondenzira se i doprinosi razvoju korozije betona i čelika te potiče rast gljivica i plijesni. Rezultat svega je ubrzano trošenje objekta i vлага u unutrašnjosti objekta.
- Unutarnja izolacija sprečava da zidovi akumuliraju toplinu od grijanja prostorija te se tako nakon prestanka grijanja unutarnje prostorije vrlo brzo hlade, što pogoduje kondenzaciji vlage.
- Kod unutarnje izolacije ključan je nedostatak što ne dopušta akumulaciju topline i ne otklanja toplinske mostove. To u praksi znači da se prostor mora stalno obilno grijati da bi se održala prihvatljiva temperatura.

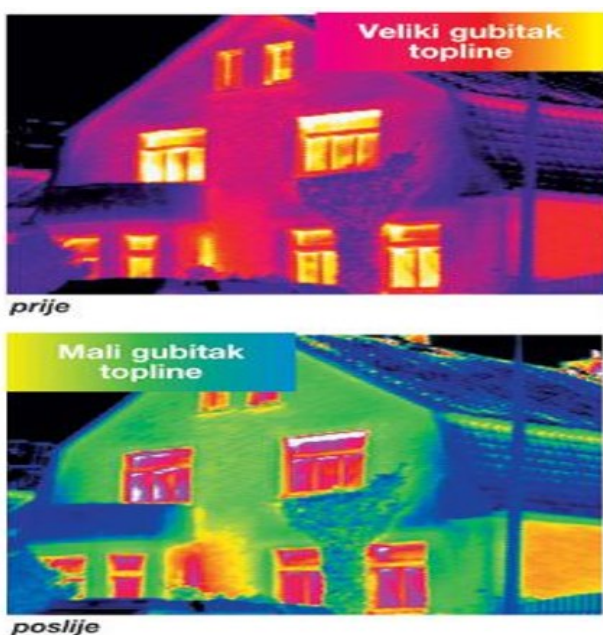
Vanjska izolacija objekta je povoljnija i tehnički ispravnija od unutarnje izolacije jer su tada zidovi zaštićeni od vanjskih utjecaja i naglih temperaturnih promjena. Vanjska izolacija pruža mogućnost kvalitetnije postave i uklanjanje toplinskih mostova, jer se oblaže kompletan objekt, a ne samo unutrašnji prostori kao kod izolacije postavljene iznutra. Štiti vanjske zidove, smanjuje opasnosti od kondenziranja vlage i omogućava akumulaciju topline (Herega V. 2016.). Kod vanjskih izolacija se razlikuje kontaktna fasada i ventilirana fasada. Kontaktna fasada je sistem u kojem se završni sloj nanosi direktno na izolaciju (Slika 3). Ventilirana fasada ima odvojene funkcije izolacije i završnog sloja fasade.



Slika 3. Kontaktna fasada

Kod analiza vanjske ovojnice potrebno je analizirati sve građevne konstrukcije prema vanjskom ili ne grijanom prostoru te prema tlu. Posebno treba obratiti pažnju na analizu i utvrđivanje postojanja toplinskih mostova, kao i eventualne vlage u konstrukciji.

Problemi koje je moguće otkriti termografskim snimanjem su nehomogenost materijala zida, neispravnosti ili nepostojanje toplinske izolacije, vlage u konstrukciji, problemi ravnih krovova, toplinski mostovi i otvoreni propusti za zrak (Slika 4). Veliki gubitak topline prikazan crveno, a smanjenje gubitaka vodi prema plavoj boji.



Slika 4. ►

► Slika 4. Usporedba termograma toplinski neizolirane zgrade i toplinski izolirane fasade (Bukarica V. 2008.)

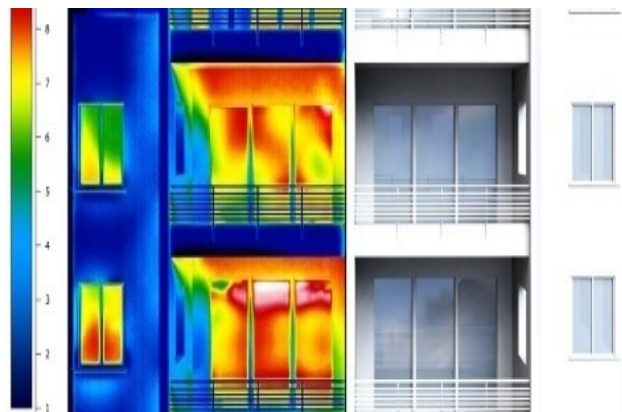
3.3. Toplinski mostovi

Energetska učinkovitost zgrade i potrošnja energije u zgradi, osim visokog nivoa toplinske zaštite, ovise i o izbjegavanju odnosno smanjenju toplinskih mostova na minimum. Toplinski most je manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela (Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama 2013.) (Slika 5). Zbog smanjenog otpora toplinskoj propustljivosti u odnosu na tipični presjek konstrukcije, temperatura unutarnje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini, što povećava opasnost od kondenziranja vodene pare.

Posljedice toplinskih mostova su promjene u toplinskim gubicima i promjene unutarnje površinske temperature. Najbolji način izbjegavanja toplinskih mostova je postavljanje toplinske izolacije s vanjske strane cijele vanjske ovojnice, bez prekida te dobro brtvljenje spojeva. Termografskim snimanjem zgrade mogu se lijepo uočiti tipični toplinski mostovi.

Jednoličan toplinski otpor vanjske ovojnice zgrade može se promijeniti uslijed:

- potpunog ili djelomičnog prodora ovojnice zgrade materijalima drugačijih svojstava toplinske provodljivosti,
- promjene debljine građe,
- razlike između unutarnje i vanjske površine, kao što se događa na spojevima zida, poda i stropa.



Slika 5. Toplinski most (Bukarica V. 2008.)

3.4. Toplinska izolacija krova

Krov je građevinski element koji je najizloženiji različitim vanjskim utjecajima. Ujedno je element omotača zgrade kroz kojeg prolazi veliki dio toplinske energije. Zato je vrlo važno da krov ima dostatnu toplinsku izolaciju i toplinsku stabilnost te zračnu nepropusnost.

Najčešći oblik krova na obiteljskim kućama i manjim stambenim objektima je kosi krov ispod kojeg je tavanski prostor često namijenjen za stanovanje. U mnogo slučajeva taj prostor nije adekvatno izoliran te zbog toga može doći do pregrijavanja ljeti, ali i značajnih toplinskih

gubitaka zimi koji mogu činiti i preko 30 % ukupnih gubitaka toplinske energije kroz toplinsku ovojnicu zgrade. Naknadna toplinska izolacija krova je jednostavna i ekonomski vrlo isplativa, jer je povratno razdoblje investicije od 1-5 godina. Za toplinsku izolaciju kosih krovova treba koristiti nezapaljive i paropropusne toplinske izolacijske materijale, npr. kamena vuna. Detalj spoja toplinske izolacije vanjskog zida i krova treba riješiti bez toplinskih mostova. Preporučljiva debljina toplinske izolacije na kosom krovu iznosi najmanje 16 do 20 cm.

Ako prostor ispod kosog krova nije grijan, toplinsku izolaciju treba postaviti na strop zadnje etaže prema negrijanom tavanu. Ravni krovovi su najviše izloženi atmosferskim utjecajima od svih vanjskih elemenata zgrade. Zato je važno kvalitetno ih izolirati i toplinskom i hidroizolacijom te pravilno riješiti odvodnju oborinskih voda. Ravni krov može biti riješen kao prohodni, neprohodni ili tzv. zeleni krov. U skladu s tim izvodi se završna obrada krova.

3.5. Toplinska izolacija poda

Toplinski gubici kroz pod čine 10 % od ukupnih toplinskih gubitaka, a postavljanjem toplinske izolacije moguće ih je smanjiti i za 60%. Pod na tlu potrebno je izolirati s minimalno 10 cm toplinske izolacije. Kod novogradnje se pod na terenu treba toplinski izolirati sa što većom debljinom toplinske izolacije, dok kod postojećih zgrada takva mjera uglavnom nije ekonomski isplativa, zbog većih građevinskih zahvata. Iako su gubici kroz pod na tlu relativno mali u usporedbi s gubicima drugih dijelova konstrukcije, temperatura podne plohe slična je temperaturi unutrašnjeg prostora i puno je ugodnija za boravak.

4. ENERGETSKI PREGLED I ENERGETSKO CERTIFICIRANJE ZGRADA

Postupak energetske certificiranja zgrade propisan je Pravilnikom, a sastoji se od:

- energetske pregleda zgrade
- završnog ocjenjivanja rezultata energetske pregleda zgrade
- izdavanje energetske certifikata zgrade

Prvi korak za izdavanje energetske certifikata postojeće ili nove zgrade je provođenje energetske pregleda zgrade. Energetski certifikat zgrade je dokument koji se provodi u cilju utvrđivanja energetske svojstava zgrade i stupnja ispunjenosti tih svojstava u odnosu na referentne vrijednosti te sadrži prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetske svojstava zgrade, a provodi ga ovlaštena osoba.

4.1. Energetski pregled

Suvremeno upravljanje energijom u zgradama uključuje široku analizu svih energetske sustava zgrade. Energetski pregled zgrade podrazumijeva analizu toplinskih karakteristika i energetske sustava zgrade s ciljem utvrđivanja učinkovitosti potrošnje energije te donošenje zaključaka i preporuka za povećanje energetske učinkovitosti. Energetski pregled utvrđuje način korištenja energije,

područja rasipanja energije i identificiranja mjere za povećanje energetske učinkovitosti.

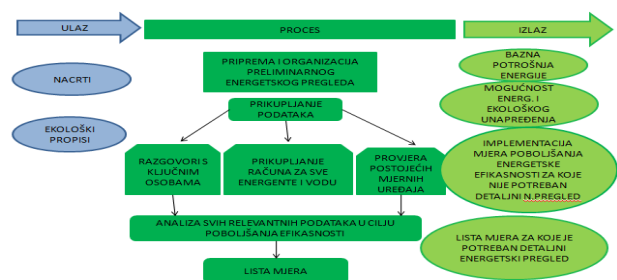
Osnovni cilj energetske pregleda je prikupljanjem i obradom niza parametara dobiti što točniji uvid u zatečeno energetske stanje zgrade s obzirom na kvalitetu sustava za grijanje, hlađenje, prozračivanje i rasvjetu, zastupljenost i kvalitetu energetske uređaja, građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite, strukturu upravljanja zgradom te pristup stanara ili zaposlenika energetske problematice.

Uz ustanovljenje budućeg energetske stanja, želja i realnih potreba za energijom, pristupa se odabiru provedivih varijanti povećanja energetske učinkovitosti objekta. Te se varijante odnose na:

- poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije,
- zamjenu ili poboljšanje sustava grijanja i povećanje učinkovitosti,
- zamjenu ili poboljšanje sustava klimatizacije i povećanje učinkovitosti,
- zamjenu ili poboljšanje sustava pripreme tople vode,
- promjenu energenata gdje je to ekonomski i ekološki isplativo,
- uvođenje obnovljivih izvora energije,
- poboljšanje učinkovitosti sustava električne rasvjete i električnih kućanskih aparata,
- racionalno korištenje vode.

U stručnoj se praksi razlikuju opći energetski pregled i detaljni energetski pregled, odnosno izrada investicijske studije.

Opći energetski pregled (Slika 6) predstavlja prikupljanje i obradu podataka kako bi razumjeli načine korištenja energije i vode u zgradi, identificirali potencijalne mjere poboljšanja energetske efikasnosti te stvorili podloge za eventualne promjene jednostavnih mjera ili pripremu i provedbu detaljnog energetske pregleda (Morvaj Z. i sur. 2010.).



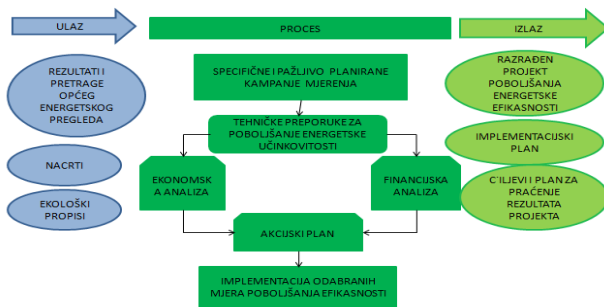
Slika 6. Shema općeg energetske pregleda (Morvaj Z. i sur. 2010)

Detaljni energetski pregled potrebno je provesti ukoliko rezultati općeg pregleda ukazuju na postojanje značajnog prostora za poboljšanje energetske efikasnosti, kako bi se mjerenjem na lokaciji potvrdili uočeni potencijalni nedostaci.

Osnovna je specifičnost detaljnog energetske pregleda (Slika 7) mjerenje na lokaciji, uobičajeno u trajanju od jednog do dva tjedna u sezoni grijanja i/ili hlađenja, kako bi se što je moguće točnije odredila potrošnja energije i potvrdili potencijali za uštede. Detaljnim se energetske pregledom ulazi u takozvanu dubinsku energetsku analizu

zgrade te se na temelju mjerenja vrednuju složenije mjere poboljšanja energetske efikasnosti koje su kao rezultat općeg energetskeg pregleda preporučene za dodatnu analizu (Morvaj Z. i sur. 2010.).

Završni dokument koji se nakon obavljenog detaljnog energetskeg pregleda isporučuje klijentu često se naziva i Investicijska studija. Samo ime završnog dokumenta sugerira da je ključni rezultat detaljnog energetskeg pregleda lista mjera poboljšanja energetske efikasnosti koje se podlažu za provedbu, odnosno investiranje.



Slika 7. Shema detaljnog energetskeg pregleda (Morvaj Z. i sur. 2010.)

$Q_{H,nd,rel}$	%	Izračun [%]
A+	≤ 15	49
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Slika 8. Primjer energetskeg certifikata

4.1. Energetski certifikat

Zakonom o gradnji („Narodne novine“ br.153/13, 20/17), uvodi se obavezna energetska certifikacija zgrada u Republici Hrvatskoj. Energetski certifikat zgrade je dokument kojim se predstavljaju energetska svojstva zgrade (Slika 8). Pravilnikom o energetskeg pregledu zgrade i energetskeg certificiranju („Narodne novine“ br.48/14, 150/14, 133/15, 22/16, 49/16, 17/17) propisan je sadržaj i izgled energetskeg certifikata, a izdaje ga osoba ovlaštena prema Pravilniku o osobama ovlaštenim za energetskeg certificiranje, energetskeg pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi („Narodne novine“ br. 73/15, 133/15). Na energetskeg certifikatu istaknute su vrijednosti koje odražavaju energetska svojstva zgrade i potrošnju energije izračunatu na temelju pretpostavljenog režima korištenja zgrade i ne moraju nužno izražavati realnu potrošnju u zgradi jer ona uključuje i ponašanje korisnika.

Energetski pregled je nezaobilazan korak na putu kontrole troškova i smanjenja potrošnje energenata kroz preporuke za promjene u radnom procesu. Obuhvaća znatno

široki krug aktivnosti za razliku od energetskeg certificiranja, dok se energetskeg certificiranje zgrada izvršava kako bi se kupcima i najmoćnijima omogućila usporedba i procjena energetskeg svojstava različitih zgrada.

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskeg razreda prema energetskeg ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetskeg najpovoljniji, a G energetskeg najnepovoljniji razred (Slika 4).

5. ZAKLJUČAK

Energetska učinkovitost, korištenje obnovljivih izvora energije i zaštita okoliša, danas su najaktualnije teme. Stalni porast cijene energenata i činjenica da su konvencionalni izvori energije ograničeni i iscrpivi te razvoj svijesti o uštedi energije i zaštiti okoliša, dovodi pitanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu i korištenja obnovljivih izvora energije u zgradama na vrlo značajno mjesto u razvijenom svijetu.

Korisnici stanova, kuća i poslovnih prostora danas sve više žele znati u kakvom prostoru žive, koliko troše energije za postizanje željenog standarda i kako se to sve odražava na zaštitu okoliša i klimatske promijene.

Izvedba odgovarajuće toplinske zaštite zgrada, najvažniji je element za postizanje suvremene energetske učinkovitosti. Takav način građenja, ulaskom u Europsku uniju postao je obveznim standardom. Kvalitetan sloj toplinske izolacije, zabrtvljeni prozori i vrata koji osiguravaju sprečavanje gubitka topline, neophodni su za ostvarivanje energetske učinkovitosti. Povratno razdoblje ulaganja u toplinsku zaštitu kao dio energetike zgrade, danas u Hrvatskoj zbog relativno niske cijene energije te visoke cijene materijala za toplinsku zaštitu, kreće se uglavnom od 5 do 10 godina, pa i više. Međutim, porastom cijene energenata te razvojem sustava poticaja energetske učinkovitosti, u budućnosti se može i očekivati znatno brži povrat ulaganja. Ono što je sigurno, to je značajan doprinos zaštiti okoliša i smanjenju emisija štetnih plinova u okoliš.

6. LITERATURA

- Herega V. (2016.) *Energetska učinkovitost zgrada*, Varaždin, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet
- Bukarica V. i sur. (2008.) *Priručnik za energetske savjetnike*. Zagreb, Hrvatska, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj
- Morvaj Z. i sur. (2010.) *Priručnik za provedbu energetskeg pregleda zgrada*. Zagreb, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj
- Pravilnik o energetskeg pregledu zgrade i energetskeg certificiranju (2014.) Narodne novine broj 48/14, 150/14, 133/15, 22/16, 49/16, 17/17
- Pravilnik o osobama ovlaštenim za energetskeg certificiranje, energetskeg pregled zgrade i redoviti pregled sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi (2015.) Narodne novine broj 73/15, 133/15
- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskeg zaštiti u zgradama (2013.) Narodne novine broj 90/13
- Tomšić Ž. (2014.) *Ciljevi energetske politike EU i energetska efikasnost u Europskoj uniji*. Zagreb, Hrvatska, Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj
- Zakon o gradnji (2013.) Narodne novine broj 153/13, 20/17
- Zakon o prostornom uređenju (2013.) Narodne novine broj 153/13

ULOGA PROCJENE UTJECAJA ZAHVATA NA OKOLIŠ U PRENAMJENI EKSPLOATACIJSKIH POLJA

THE ROLE OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN REHABILITATION AND CONVERSION OF EXPLOITATION FIELDS

Aleksandra Anić Vučinić¹, Lana Krišto^{2*}, Ivana Melnjak¹, Lucija Radetić¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska

²AAVA savjetovanje d.o.o., Ivana Cankara 21, 10 000 Zagreb, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: lana@aava-savjetovanje.hr

Sažetak: Prema postojećim važećim propisima za eksploataciju mineralnih sirovina potrebna je provedba procjene utjecaja zahvata na okoliš. Pri otvaranju eksploatacijskog polja projektna dokumentacija prema važećim propisima mora sadržavati i način sanacije prilikom zatvaranja. Međutim, dosadašnja praksa pokazuje da se sanaciji eksploatacijskih polja pristupa isključivo s tehničke strane koja podrazumijeva rudarske radove radi provedbe mjera osiguranja otkopanih prostora, kojima se isključuje mogućnost nastanka opasnosti za ljude i imovinu, kao i za prirodu i okoliš. Nerijetko se događa da se napuštena eksploatacijska polja ne saniraju, a prenamjena prostora se u sklopu tehničke sanacije niti ne uzima u obzir. Sa stajališta zaštite okoliša, iskorištavanje mineralnih sirovina ima daleko najveći negativni utjecaj, kako na krajobraznu tako i biološku raznolikost, najviše zbog devastiranog prostora koji ostaje nakon zatvaranja eksploatacijskog polja. U ovom radu prikazat će se mogućnosti provedbe prenamjene napuštenih eksploatacijskih polja te prepreke na koje se nailazi u pripremi projektne dokumentacije uključujući i postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš na nekoliko konkretnih primjera.

Ključne riječi: eksploatacijska polja, prenamjena prostora, devastirani prostor, sanacija

Abstract: According to existing regulations for the exploitation of mineral resources, it is necessary to carry out environmental impact assessment. When opening the exploitation field, the project documentation must, in accordance with the regulations in force, also contain the method of recovery for the closed exploitation field. However, the practice so far shows that recovery of the exploitation fields approaches exclusively from the technical point of view which implies mining works for the implementation of protection measures of the excavated areas and exclude the possibility of endangerment of people, property, nature and the environment. It often happens that the abandoned exploitation fields are not recovered and rehabilitation of the exploited field is not considered as part of the technical recovery. From the point of view of environmental protection, the exploitation of mineral resources has far the greatest negative impact, both on landscape and biodiversity, mostly due to the devastated space that remains after the exploitation field is closed. This paper will show the possibilities of rehabilitation and conversion of the abandoned exploitation fields and the obstacles encountered in the preparation of project documentation, including the environmental impact assessment procedure on several examples.

Keywords: exploitation fields, rehabilitation and conversion, devastation, recovery

Received: 15.11.2017 / Accepted: 13.12.2017

Published online: 18.12.2017

Stručni rad / Technical paper

1. UVOD

U današnjem svijetu osnovu suvremenog gospodarstva čini materijalna proizvodnja. Trendom o cirkularnoj ekonomiji i održivom gospodarenju otpadom potvrđuje se sve veća potreba za neobnovljivim resursima. Gospodarskim i tehnološkim napretkom uloga mineralnih sirovina se promijenila ali ne i smanjila. Razvojem današnjeg društva razvilo se i briga za okoliš. Međutim gotovo za sve se koriste proizvodi izrađeni od mineralnih sirovina. Čak i za dobivanje hrane i odjeće koriste se strojevi koji su izrađeni od mineralnih sirovina. Međutim 80% proizvodnje je reprodukcijски materijal za druge industrijske grane (graditeljstvo, prehrambenu, kemijsku i metaloprerađivačku industriju), a 20% je roba široke potrošnje. S obzirom da javnost prepoznaje samo gotove proizvode ili ono što odlazi izravno na tržište vrijednost

mineralnih sirovina se ne prepoznaje (RGN 2008.). Javno mišljenje i razvoj brige za okoliš stvara negativnu sliku rudarenja u javnosti uzrokovanu napuštenim i devastiranim područjima. Zbog nedovoljne i neusuglašene zakonske podloge ovakvi prostori nakon završetka eksploatacije najčešće ostaju kao tako zvane „rane“ u okolišu.

2. PRAVNA OSNOVA (ZAKONSKA REGULATIVA)

Problematika prenamjene prostora za eksploatacijska polja pokušava se riješiti zakonskim i podzakonskim aktima. Sanacijom eksploatiranog prostora u okviru Zakona u rudarstvu (NN 56/13, 14/14) smatraju se rudarski radovi koji osiguravaju takav prostor od

mogućih opasnosti kako za ljude i imovinu tako i za prirodu i okoliš. Tako Zakon nalaže da je svaki gospodarski subjekt dužan sanirati prostor na kojem je obavljao rudarske radove. Tijekom dobivanja koncesije gospodarski subjekt izrađuje rudarski projekt u kojem se nalazi i prijedlog sanacije prostora. U slučaju da gospodarski subjekt ne provede sanaciju prostora kao što mu je nalaže Zakon provodi se izvanredna sanacija prostora. Kada je radi potreba sanacije eksploativnog prostora potrebno provesti ograničenu eksploataciju zahtjeva se ishodaenje lokacijske dozvola, uvjeta ministarstva nadležnog za rudarstvo, te posebne odluke. Ograničena eksploatacija ne smije biti duža od 5 godina, a odluku o sanaciji uz eksploataciju donosi Vlada Republike Hrvatske ([Zakonu o rudarstvu \(NN 56/13, 14/14\)](#)).

Za dobivanje koncesije prema Zakonu potrebno je ishoditi lokacijsku dozvolu, izjavu Ministarstva nadležnog za rudarstvo o obavljenoj provjeri i prihvaćanju projektnih rješenja na glavni rudarski projekt i riješiti imovinskopravne odnose za zemljišne čestice unutar eksploatacijskog polja.

Zaštitu i upravljanje prostorom uređuje Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17) te se njime ostvaruju pretpostavke za društveni i gospodarski razvoj, zaštitu okoliša i prirode, vrsnoću gradnje i racionalno korištenje prirodnih i kulturnih dobara. Ovaj zakon uređuje i potrebu da se za eksploatacijsko polje, građenje rudarskih objekata i postrojenja izdaje lokacijska dozvola. Uz zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole podnositelj zahtjeva prilaže i primjerke idejnog projekta, izjavu projektanta da je idejni projekt usklađen s prostornim planom, posebno uvjete i rješenje o prihvatljivosti zahvata za okoliš [3].

Dakle, sve polazi od napravljenog glavnog rudarskog projekta i procjene utjecaja zahvata na okoliš (PUO). Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13 i 78/15) ne definira postupke sanacije i prenamjene eksploatacijskih polja u njihovom redovnom radu. Kao što se već objasnilo, sanacija je definirana Zakonom o rudarstvu (NN 56/13, 14/14).

Ministarstvo zaštite okoliša i energetike tako nema inicijativu za sanaciju ekploativnih prostora već samo provodi postupak na temelju zahtjeva nositelja zahvata u slučajevima određenim Uredbom o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 61/14, 3/17). Prilozima I. i II Uredbe Ministarstvo provodi postupke procjene utjecaja zahvata na okoliš u slučaju otvaranja novog eksploatacijskog polja čvrstih mineralnih sirovina prema točki 40. Priloga I, te ocjena o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš za točke 10.1, 10.2 i 10.3. Priloga II (Uredbom o procjeni utjecaja zahvata na okoliš (NN 61/14, 3/17)).

3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

U Republici Hrvatskoj eksploatacija mineralnih sirovina u potpunosti se sastoji od površinskih kopova, a podzemna eksploatacija je gotovo u potpunosti nestala izuzevši eksploatacijsko polje arhitektonsko – građevnog kamena „Kanfanar-jug“ u Istri. Rudarsko gospodarstvo i

njegov značaj ocjenjuje se prema broju rudarskih subjekata koji se neposredno bave istraživanjem i eksploatacijom mineralnih sirovina kojih je 2008. bilo registrirano 350 ([RGN 2008](#)). Međutim, to ne označava i broj eksploatacijskih polja jer jedan rudarski subjekt može gospodariti sa jednim ali i sa više eksploatacijskih polja. Prema dostupnim podacima iz Strategije Mineralnih sirovina iz 2008 godine u Republici Hrvatskoj je odobreno 584 (aktivnih) i 40 (neaktivnih) eksploatacijskih polja čvrstih mineralnih sirovina. Prema neslužbeni podacima dobiveni sa Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u 2016. godini ovaj broj se ipak penje na 603 odobrena eksploatacijska polja. S obzirom da rudarska djelatnost ovisi o mjestu pronalaska mineralnih sirovina često se eksploatacijska polja mogu naći i na danas zaštićenim područjima kao što su nacionalni parkovi, zaštićeni krajobrazi i parkovi prirode. Velik dio ovih eksploatacijskih polja je nelegalan. Prema podacima dobivenim iz izvješća Državnog inspektorata iz 2007. godine od ukupne proizvodnje tehničko – građevnog kamena u Republici Hrvatskoj nelegalna eksploatacija sudjeluje s oko 24%, a eksploatacija arhitektonsko građevnog kamena s oko 15%. Tek od 2004. godine se nelegalna eksploatacija počela sustavno pratiti i sprječavati. Analizirajući postojeće stanje u Republici Hrvatskoj Strategija mineralnih sirovina je prepoznala problem brojnih napuštenih površinskih kopova koja nisu uvijek i odobrena eksploatacijska polja. Društvenim napretkom i urbanizacijom mnoga od tih polja su se našla zahvaćena urbanom gradnjom ili su se zatekla u zaštićenom krajoliku. Kako je moguće vidjeti u [tablici 1](#). nalazi se popis aktivnih i neaktivnih eksploatacijskih polja koja se nalaze unutar zaštićenih područja Republike Hrvatske.

Velik dio evidentiranih kopova je u vlasništvu Hrvatskih šuma, dok za ostale nije utvrđen pravni slijednik. Prema Zakonu o rudarstvu većina njih nije evidentirana kao eksploatacijsko polje jer se nije ni radilo prema pravilima struke, a sada predstavljaju erodirana područja koja su često pogodna za ilegalnu eksploataciju.

Puno je primjera napuštenih otkopanih prostora koji su ostavljeni u devastiranom i nesređenom stanju pa je lokalno stanovništvo na te prostore počeo odlagati kojekakvi otpadni materijal. Prenamjena nije moguća bez ozbiljnih sanacije zbog nestabilnih kosina. Usljed dugog razdoblja nakon napuštanja eksploativnih polja priroda se sama pobrine za sebe pa se započne tako zvana „prirodna sanacija“ prekrivanjem samoniklim raslinjem ([DIRH 2003.](#)).

Tablica 1. Pregled aktivnih i neaktivnih kopova u zaštićenim područjima

Kategorija zaštite	Naziv	Broj evidentiranih kopova
1. Nacionalni park	Plitvička jezera	14
	Risnjak	2
	Sjeverni Velebit	1
2. Park prirode	Papuk	10
	Medvednica	14
	Žumberak– Samoborsko gorje	23
	Učka	12
	Velebit	14
3. Zaštićeni krajobraz	Saplunara – Mljet	1
	Kalnik	1
UKUPNO:		92

4. TIPOVI I MODELI SANACIJE I PRENAMJENE

Tijekom analize raznih primjera [Gašparović et al. \(2009\)](#) primijećeno je postojanje određenih obilježja presudnih za razlikovanje određenih tipova sanacije i prenamjene. Tako se razlikuju sanacije prema tipu eksploatacije, položaju kamenoloma u širem kontekstu, planiranje novog korištenja, prirodne vrijednosti i tip intervencije.

Prema vrsti i načinu eksploatacije ovise i mogućnosti sanacije i prenamjene, stoga sanacija zavisi iskorištava li se u kamenolomu arhitektonsko-građevni kamen (kamenolomi Cavae Romane u Vinkuraniu, s'Hostal, Pierres et vacances, ROM - St. Margarethen ili Žurkovo) ili se vadi materijal za proizvodnju građevinskog materijala kao što je tehničko-građevni kamen (Croschat, Hercegovac, Holderbank, Ljubešica i Zelenjak) ([Gašparović et al. 2009](#)).

Položaj kamenoloma se razvojem gradova i razvojem društva promijenio pa su se neki kamenolomi našli unutar gradova (Braga, Creueta del Coll, Kartal, Pierres et vacances, Max – Pula). Kod ovog tipa su mogućnosti za prenamjenu velike, od javnih ili komercijalnih svrha do građevnog zemljišta ([Gašparović et al. 2009](#)).

Pri planiranju novog korištenja kamenoloma uz tehničku sanaciju (osiguranje stabilnosti pokosa) važno je odrediti oblik i način novog korištenja kako bi se ostvario i preduvjet uspješnog oporavka pejzaža i uspostavljanje nove vrijednosti prostora ([Gašparović et al. 2009](#)).

Kamenolomi nakon zatvaranja gube na svojoj vrijednosti te se svakim oblikom sanacije i prenamjene u različitoj mjeri i obliku vraćaju nove ili početne vrijednosti ovog prostora. Vrijednosti koje se analiziraju obično su ekološka, estetska, funkcionalna, kulturna i povijesna ([Gašparović et al. 2009](#)).

Osnovni načini intervencije mogu se također razlikovati kao primarno-ekološka (Holderbank), arhitektonska (Braga), umjetnička (Mjontraker) i pejsažno-oblikovna (Crueta del Coll, Zelenjak).

[Gašparović et al. \(2009\)](#) su postavili četiri osnovna modela u rješavanju sanacije i prenamjene kamenoloma i to su: rekultivacija pejzaža („vratiti prirodi oduzeto“), perivojno oblikovanje, interpolacija arhitekturom i land art – umjetnička interpretacija.

Rekultivacija pejzaža jedan je od najčešće primjenjivanih modela koji je ujedno i vrlo zahtjevan, a osnovni mu je smisao „vratiti prirodi oduzeto“. Konačni rezultat i uspjeh je upitan zbog već osiromašenog terena s neplodnim tlom, velikim nagibima i ugroženom stabilnošću terena ([Pranjić & Mesec 1992](#)). Ideja da se na prostoru devastiranom dugogodišnjom eksploatacijom ponovno stvore prirodna flora i fauna zahtijeva dovođenje novih slojeva humusa, stabiliziranje trusnih područja, odabir i sadnju odgovarajućih biljnih vrsta.

Detaljna i multidisciplinarna analiza pojedinog kamenoloma omogućuje uklapanje novog pejzaža u okolni prirodni pejzaž i ubravanje prilagodbe te obogaćivanje ogoljenih površina. Cilj rekultivacije napuštenih eksploatacijskih polja nisu novo korištenje ili ekonomska korist ([Gašparović et al. 2009](#)). To su najčešće prostori udaljeni od urbanih sredina okruženi prirodom. Osnovni je cilj ovakve sanacije „zacjeljivanje rana“ u prostoru te što manjih razlika između devastiranog i prirodnog okruženja. Ovo je primjer modela prenamjene i sanacije koji se najčešće razmatra u studijama utjecaja na okoliš kao tehnička sanacija nakon završetka eksploatacije ([Denich 1996](#)). Primjeri su Holcimovi kamenolomi u Očuri i Koromačnom ([Perić et al. 2009](#)), a poznati primjer bi bio i kamenolom Holderbank blizu mjesta Schümel u Švicarskoj.

Budući da su ljudi svjesni da je prirodi teško vratiti oduzeto, čest je i model perivojnog oblikovanja. Ovom modelu bi pripadale sve sanacije postrudarskih pejzaža kojima se preoblikuje, to jest stvaraju potpuno nova prostorno-pejsažna obilježja i sadržaj. Ovakav način prenamjene opravdavaju nova namjena i ekonomska opravdanost ([Gašparović et al. 2009](#)). Pejzažni arhitekti i projektantima se dozvoljava originalnost i kreativnost te se upuštaju u izazov s oblikovnim predodžbama, tehničko-biološkim zahtjevima, ali i novim identitetom tog prostora. Odlični primjeri ovakvih modela su španjolski kamenolomi Centera del Croschat i s'Hostal, Ciutadella ([Gašparović et al. 2009](#)).

Kamenolomi, koji su se širenjem gradova našli kao dio strukture samog grada, najčešće se prenamjenjuju primjenom modela interpolacije arhitekturom. Ovo područje postaje zanimljivo građevno područje koje svojim neobičnim izgledom postaje izazov za gradsku strukturu. Ovakvi se prostori prenamjenjuju isključivo

arhitektonskim elementima te nekadašnji izdubljeni prostori postaje novi elementi grada. Ekonomski je ovaj model i više nego prihvatljiv jer se stvaraju nova prostorna žarišta i centri događanja unutar grada (Gašparović et al. 2009). Impresivni primjer ovakve sanacije jest nogometni stadion u gradu Braga, Portugal. Stadion je i poznat pod imenom „Kamenolom“, a smatra se jednim od najoriginalnijih i najljepših sportskih građevina ove vrste (Souto Moura Arquitectos 2004.). Odličan primjer bio bi i budući trgovački centar „Max Stoja“ u Puli koji je u fazi izgradnje, a nalazi se na području bivšeg kamenoloma „Max“.

Posljednji model sanacije i prenamjene kamenoloma jest land art ili umjetnička interpretacija. Ovim se modelom eksploatacija koristi kao „nesvjesna arhitektura“. Prostor se pretvara u otvorene galerije i parkove skulptura koji mogu biti privremenog ili trajnog karaktera, a savršeni su za stvaranje avangardne (pejsažne) umjetnosti. Korištenjem vegetacije, poigravanjem morfologijom terena i upotrebom zaostalih elemenata nekadašnjeg industrijskog doba, umjetnici stvaraju nove znakove u prostoru. Prirodne vrijednosti ovakvih prostora su estetske i kulturne jer iskorištavaju kontraste devastiranih prostora i njihove okoline (Gašparović et al. 2009). U Grčkoj, u kamenolomu u Attici, tako je nastao LAND art (environmental sculpture) park Dionyssos. U Hrvatskoj, na poluotoku Montraker, u Vrsaru se od 1991. godine organizira ljetna škola kiparstva, a kiparski radovi ostaju postavljeni u samom kamenolomu ili u Vrsaru i Funtani.

5. PRIMJERI DOBRE PRAKSE

Sanacija i prenamjena kamenoloma u smislu zaštite i očuvanja pejzaža može se uočiti već u povijesnim primjerima. U sjeveroistočnom dijelu Pariza tako se ističe jedan od najvećih i originalnih parkova Buttes-Chaumont na sveukupno 25 hektara zemljišta. Konstrukcija kamenoloma vidljiva je prema velikim promjenama katova i visina. Oblik daje svoj šarm špiljama i vodopadima (Fierro 1999).

U Hrvatskoj su se eksploatacijska polja većinom sanirala na klasičan rudarski način. Nakon takvih sanacija ostaju u prostoru pravilne geometrijske forme završnih etaža koje se ne uklapaju u okoliš ali su zamaskirane vegetacijom po završnim kosinama.

Dobri primjeri rješavanja problema sanacije mogu se naći na području grada Pule. Istarska županija već dugi niz godina u suradnji s koncesionarima kvalitetno rješava problem sanacije eksploatacijskih polja koja se nalaze unutar urbane cjeline grada Pule. Na slici 1. prikazane su lokacije eksploatacijskih polja na području grada Pule.

Kao što je vidljivo na slici 1 žutom brojkom jedan označen je nekadašnji kamenolom tehničko – građevnog kamena na predjelu Valkane u Puli. Napušteni kamenolom Valkane nalazi se neposredno uz morskobalu između uvale Valkane i uvale Gortan, na mjestu zvanom Monte Cane u jugozapadnom dijelu Pule. Danas se na dijelu ovog prostora nalaze nogometni tereni (glavni i pomoćni), teniski tereni, objekt sa svlačionicom, restoranom i uredima te neuređeno područje kamenoloma (iza nogometnog terena). U cilju unapređenja kvalitete navedenog prostora prijedlogom je predviđeno da se područje kamenoloma namijeni za izgradnju sport hotela

visoke kategorije s bazenom (4-5 zvjezdica) i 85 smještajnih jedinica, uz uređenje nogometnih i teniskih terena. Osim toga, planirana je izgradnja jednog manjeg sportskog objekta u kojemu bi se nalazile svlačionice i uredi te ugostiteljsko-poslovnog objekta s restoranom, kafićem i turističkom agencijom. Sve navedeno nalazilo bi se na prostoru današnjeg objekta gdje se nalaze restoran, ured i svlačionice (Grad Pula 2008).



Slika 1. Prikaz odnosa eksploatacijskih polja i grada Pule

Brojkom 2 označen je nekadašnji kamenolom „Max“ koji je otvoren 1943. godine, a vapnenac se koristio kao sirovina za proizvodnju cementa. Tijekom eksploatacije lokacija je maksimalno devastirana. Koncesiju za eksploataciju imala je tvrtka „Istra Cement“ d.o.o. Pula. Danas se na lokaciji više ne vrši eksploatacija, a dio eksploatacijskog polja se počeo sanirati. Eksploatacijsko polje brisano je iz registra eksploatacijskih polja te je izrađen Projekt krajobraznog uređenja. Donesen je urbanistički plan uređenja i planirana je izgradnja stambenih, trgovačkih, ugostiteljskih i turističkih objekata (IPZ UNIPROJEKT TERRA d.o.o. 2015). Krajem 2015. godine pokrenut je postupak ocjene o potrebi procjene utjecaja na okoliš. Rješenjem iz travnja 2016. godine nije bilo potrebno provesti postupak procjene utjecaja na okoliš kao ni postupak glavne ocjene prihvatljivosti za ekološku mrežu.

Ostale 3 pozicije na slici 1 planirane su za odlaganje inertnog građevinskog otpada.

Pred nekoliko godina je pokrenut postupak procjene utjecaja na okoliš za zahvat eksploatacije tehničko – građevnog kamena radi sanacije eksploatacijskog polja Antenal te izgradnje nautičkog turističkog kompleksa i luke otvorene za javni promet županijskog značaja „Antenal“. Eksploatacija tehničko - građevnog kamena na ušću Mirne odvija se još od 1965. godine i to duž cijele obale, naročito u Tarskom zaljevu. Područje eksploatacijskog polja prema prostornim planovima predviđeno je za prenamjenu za turističko razvojno područje s lukom nautičkog turizma.

Za zahvat je proveden postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš. Ograničenom eksploatacijom je planirano sanirati eksploatacijsko polje kako bi ga bilo moguće prenamijeniti. Zahvatom je planirana izgradnja luke otvorene za javni promet, luka nautičkog turizma, izgradnja turističke i rekreacijske zone (Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet 2015).

6. ZAKLJUČAK

Predmetna problematika u nadležnosti je nekoliko ministarstava (Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Ministarstva zaštite okoliša i energetike). Rješavanje problema zahtjeva multidisciplinarna i multisektorska suradnja kao i usklađivanje zakonskih i podzakonskih akata. Sanacija u pravilu zahtjeva sagledavanje svih podzakonskih akata u domeni zaštite prirode i okoliša te ostalih domena ovisno o budućoj namjeni prostora kao i o statusu i aktima donesenim na razini lokalne i regionalne samouprave. Međutim pravnom osnovom se ne stvaraju preduvjeti za nova korištenja prostora nakon završetka eksploatacije.

Tehničke poteškoće pri prenamjeni kopova polaze od neusklađenosti prostorno – planske dokumentacije na nižim (općine, gradovi) i višim (županije) razinama. Puno napuštenih i nesaniranih kopova ni ne postoji u prostornim planovima. Interes za sanaciju napuštenih i nesaniranih eksploatacijskih polja je višestruk: od javnog interesa (uređenost i funkcionalnog prostora) ekološkog (zaštita bližeg i daljeg okoliša) te tako i ekonomskog interesa koji bi mogao biti i veliki turistički potencijal.

7. LITERATURA

- Božić, N.; Gašparović, S. (2008.), Iba Emscher Park – Kreativni pristup industrijskom naslijeđu Regije Ruhr u Njemačkoj, „Informatica museologica“, 38: 6-21, Zagreb
- Denich, A. (1996.), Tehnička i biološka rekultivacija površinskih kopova mineralnih sirovina, Znanstveno-stručni skup Zaštita prirode i okoliša i eksploatacija mineralnih sirovina, 1996., Varaždin, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb
- Fierro, A. (1999.), „Buttes-Chaumont” Life and History of the 19th Arrondissement, „Paris: Editions Hervas” : 80-100, Paris
- Gašparović S., Mrđa A., Petrović L. (2009.) Modeli pejzažne sanacije i prenamjene kamenoloma Oporavak pejzaža, *Prostor*, br. 17, str. 372-385
- Perić, S.; Medak, J.; Pilaš, I.; Vrbek, B.; Tijardović, M. (2009.), Prvi rezultati istraživanja mogućnosti revitalizacije kamenoloma Očura i autohtonim vrstama drveća i grmlja, „Šumarški list” , 133 (5-6), Zagreb
- Pranjić, J.; Mesec, J. (1992.), Revitalizacija kamenoloma ‘Srednji Lipovac’, „Rudarsko-geološko-naftni zbornik“, 4: 99-104, Zagreb
- Souto Moura Arquitectos (2004.), Football Stadium in Braga, „Detail“, Roof structures, 7+8: 828-834, Munchen
- Grad Pula (2012.), Urbanistički plan uređenja Lungomare
- IPZ UNIPROJEKT TERRA d.o.o. (2015.), Zahtjev za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat Izgradnja trgovačkog centra Max Stoja, Pula
- Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet (2015), Studija o utjecaju na okoliš za zahvat Ograničena eksploatacija tehničko – građevnog kamena na eksploatacijskom polju Antenal radi sanacije i izgradnje nautičkog turističkog kompleksa i luke otvorene za javni promet županijskog značaja „Antenal“
- Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko – geološko – naftni fakultet (2008.), Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske,
- Zakona u rudarstvu (NN 56/13, 14/14),
- Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17),
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13 i 78/15),
- Državni inspektorat Republike Hrvatske – Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (2003), Izvješće Nadzori eksploatacije mineralnih sirovina u zaštićenim područjima,



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET
Hallerova aleja 7, 42 000 VARAŽDIN
tel.: 042 / 408 – 900
fax: 042 / 313 – 587
M.B. 03042316



GEOTEHNIČKI FAKULTET
Zavod za hidrotehniku
Laboratorij za geokemiju okoliša
tel.: 042 / 408 – 937
fax: 042 / 313 – 587



LABORATORIJ ZA GEOKEMIJU OKOLIŠA

- osnovan je 2006. godine sa znanstvenom, stručnom i obrazovnom svrhom
- opremljen instrumentima i pratećom opremom za prikupljanje uzoraka tala, sedimenata, prirodnih i otpadnih voda
- vrši terenske i laboratorijske analize prikupljenih uzoraka
- obavlja usluge agrokemijskih analiza tla za poljoprivrednike na temelju kojih se daje preporuka za gnojidbu

Zavod za hidrotehniku



LABORATORIJ ZA GEOKEMIJU OKOLIŠA

Tel.: 042 / 408 – 937
Fax: 042 / 313 – 587
E-mail: lgo@gfv.hr

LABORATORIJ ZA GEOKEMIJU OKOLIŠA

Laboratorij za geokemiju okoliša osnovan je u sklopu Zavoda za hidrotehniku Geotehničkog fakulteta u Varaždinu. Laboratorij sudjeluje u izvođenju praktične nastave iz kolegija preddiplomskog i diplomskog studija te Zdrženog međunarodnog doktorskog studija kao i u znanstvenim te stručnim projektima. Na taj način ispunjava svoju obrazovnu, znanstvenu i stručnu svrhu. Smješten je na 100 m² prostora i opremljen modernom opremom za provedbu geokemijskih terenskih i laboratorijskih ispitivanja, što uključuje prikupljanje uzoraka tla, sedimenata i vode. U laboratoriju se obavljaju i usluge agrokemijskih analiza tla.

Pokazatelji koje mjerimo u uzorcima voda, eluata tala i sedimenata:

- ~ atomskom apsorpcijskom spektrometrijom: Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Si, Sr, Ti, V, Zn
- ~ amonijak, nitriti, nitrati, ukupni dušik
- ~ bromidi, fenoli, fluoridi, fosfati, jodidi, kloridi
- ~ silikati, sulfidi, sulfati, sulfiti
- ~ suspendirana tvar, mutnoća, KPK
- ~ alkalitet, ukupna tvrdoća, karbonatna tvrdoća, nekarbonatna tvrdoća, kalcijeva tvrdoća, magnezijeva tvrdoća
- ~ slobodni CO₂, koncentracija otopljenog kisika i zasićenost kisikom
- ~ pH, električna vodljivost, ukupna otopljena tvar – TDS
- ~ trasiranje podzemnih tokova (koncentracija natrijevog fluoresceina)
- ~ ukupni organski ugljik i ukupni dušik – TOC/DOC/TN
- ~ razaranje tla zlatotopkom
- ~ ekstrakcija izmjenjivih kationa iz tla amonijevim acetatom i kalijevim kloridom



Ispitivanje fizikalnih i kemijskih svojstava prirodnih i otpadnih voda.



Provođenje agrokemijskih analiza tla u svrhu modernizacije poljoprivredne proizvodnje, racionalizacije gnojidbe, povećanja prinosa i zaštite prirodnih resursa.



Ispitivanje sastava eluata otpada.



Određivanje pH, pKCl, ukupnog CaCO₃, NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, fosfora i kalija, humusa, teških metala i drugih kemijskih svojstava tla.

Kontakti: doc.dr.sc. Anita Pticek Siročić
voditeljica laboratorija
tel: 042 / 408 – 957
e-mail: anita.pticek.sirocic@gfv.hr

Dragana Dogančić, dipl.ing.geol.
zamjenica voditeljice laboratorija
tel: 042 / 408 – 956 ili 042 / 408 – 937
e-mail: ddogan@gfv.hr

Saša Zavrtnik, dr.med.vet.
laborant
tel: 042 / 408 – 937
e-mail: lgo@gfv.hr

MOGUĆNOSTI UBLAŽAVANJA UTJECAJA REGULACIJSKIH I ZAŠTITNIH VODENIH GRAĐEVINA NA VODENE EKOSUSTAVE

POSSIBILITIES OF INFLUENCING THE IMPACT OF REGULATORY AND PROTECTIVE WATER CONSTRUCTIONS IN THE WATER ECOSYSTEM

Goran Lončar^{1*}, Domagoj Vranješ¹, Ivana Tomašević¹, Katarina Čović¹, Ivana Buj², Goran Dašić³, Lovorka Korica³

¹ Vita projekt d.o.o., Ilica 191c, Zagreb, Hrvatska

² Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

³ Geokon – Zagreb d.d., Starotrtnjanska 16/a, Zagreb, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: goran.loncar@vitaprojekt.hr

Sažetak: U dosadašnjoj praksi gradnje obaloutvrda najveći naglasak se stavlja na ispunjavanje njihovih primarnih funkcija - regulacijske i zaštitne. Za ove zahvate provode se postupci procjene utjecaja na okoliš i ekološku mrežu, no kako se s promišljanjem o mjerama zaštite i ublažavanja negativnih utjecaja najčešće kreće tek u fazi procjene utjecaja zahvata, dolazi do znatnog usporavanja realizacije projekata koji su od velike važnosti za zaštitu života i imovine ljudi. Ovim radom prikazat će se metode i primjeri dobre prakse u projektiranju i gradnji obaloutvrda s uključenim interdisciplinarnim pristupom – suradnjom građevinara, biologa i krajobraznih arhitekata. Predstavljene su i mjere ublažavanja negativnih utjecaja zahvata na ekološku mrežu na primjeru planirane izgradnje nasipa i obaloutvrda na lijevoj obali Kupe od naselja Selce do Rečice.

Ključne riječi: mjere ublažavanja, vodne građevine, Glavna ocjena, očuvanje bioraznolikosti

Abstract: In the standard practice of revetment building, the emphasis has been put on the fulfillment of their primary functions - regulatory and protective. Environmental and ecological network impact assessment procedures are being carried out for these projects. Due to the fact that consideration of measures for protection and mitigation of negative impacts usually starts at the stage of impact assessment, there is a significant slowdown in the implementation of projects of major importance for the protection of life and people's property. This paper presents examples of good practice in the design and construction of revetments with included integrated approach – collaboration of civil engineers, biologists and landscape architects. Measures for mitigation negative impact on ecological network for planned project of revetment and embankment construction on the left bank of Kupa River from Selce to Rečica are also presented.

Keywords: mitigation measures, flood control structures, Main assessment, biodiversity conservation

Received: 18.11.2017 / Accepted: 14.12.2017

Published online: 18.12.2017

Stručni rad / Technical paper

1. UVOD

U Republici Hrvatskoj, prema dokumentu Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu (Hrvatske vode 2011), definirano je 25 vrsta regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina. U ovom radu naglasak je stavljen na obaloutvrde koje predstavljaju jedne od najčešćih zaštitnih građevina. Obaloutvrde su građevine na obalama i u koritu vodnih tijela, najčešće tekućica, čija je glavna funkcija stabilizacija obala i zaštita od erozije, umirivanje vodnog toka, usmjeravanje uz obalu i postizanje geometrijski pravilnog oblika obale. Uobičajenim načinom gradnje obaloutvrda kao obloga najčešće se koriste čvrsti građevinski materijali, primjerice lomljeni kamen (rip-rap), gabionski madraci i razni betonski elementi. Izbor tipa obaloutvrde prvenstveno ovisi o hidrološkim, hidrauličkim i geomehaničkim uvjetima u koritu, ali i o dostupnosti materijala te raspoloživim sredstvima. Obaloutvrde se mogu podijeliti na kose i vertikalne, a najčešće se koriste i grade kose obaloutvrde.

2. RIPARIJSKA ZONA

Riparijska zona je prostor koji se nalazi na obalama i u koritu vodnih tijela. To je tranzicijski prostor između vodenih i kopnenih staništa s elementima oba, gdje su tlo i vegetacija pod stalnim utjecajem stajaće ili tekuće vode. Vegetacija koja čini riparijsku zonu ima veliki utjecaj na vodno tijelo uz koje se nalazi, budući da, ovisno o vrsti, površini i gustoći, osigurava neke od značajnih funkcija vodnog tijela:

(a) Riparijska vegetacija pruža stanište brojnim kopnenim i vodenim organizmima te ovu zonu u pravilu karakterizira velika raznolikost biljnog i životinjskog svijeta. Područja korita uz same obale za mnoge su riblje vrste vrlo važna hranilišta, mrjestilišta i/ili rastilišta tijekom čitavog životnog ciklusa i/ili tijekom pojedinih životnih stadija i vremenskih razdoblja. Uz ribe, brojni vodozemci koriste upravo ovaj prostor za mrijest i polaganje jajašaca na vegetaciju prisutnu u ovoj zoni. Vegetacija i korijenov sustav ispod razine vode bitna su staništa za brojne beskralježnjake.

(b) Riparijska vegetacija osigurava zasjenjenost vodnog tijela čime se ublažavaju temperaturni ekstremi, odnosno voda je relativno hladnija ljeti i toplija zimi. Zasjenjenost također smanjuje evaporaciju i sprječava porast primarne produkcije te pozitivno utječe na riblje vrste koje ne preferiraju izravnu izloženost suncu.

(c) Debla i veće grane koje završe u vodnom tijelu imaju višestruku ulogu – stvaraju mikrozone u kojima se zadržava sediment te osiguravaju zaklon i refugije za ribe, vodozemce i vodene beskraljeznjake. Na ovaj način poboljšavaju se stanišni uvjeti i dostupnost hrane za sve članove hranidbene mreže.

(d) Organski materijal poput lišća, kukaca i njihovih ličinka, kojeg obično ima u izobilju na vodnim tijelima uz koja je prisutna riparijska vegetacija, važan je izvor hrane za organizme viših trofičkih razina poput riba, vodozemaca i ptica.

(e) Riparijska vegetacija poboljšava kakvoću vode time što zadržava sediment odnosno sprječava ispiranje čestica tla, nutrijenata i polutanata s okolnih površina, prvenstveno poljoprivrednih. Također, povećava kapacitet infiltracije tla budući da djeluje kao spužva, upija vodu i polagano je ispušta u vodno tijelo, čime usporava otjecanje/ispiranje vode s površine. Korištenje vegetacije stabilizira obalu i korito čime smanjuje eroziju i sedimentaciju.

(f) Prisutna vegetacija osigurava hrapavost korita u tekućicama čime se usporava brzina toka tekućica. Također, utječe i na lokalno smanjenje brzine vjetra.

(g) Povećava krajobraznu vrijednost područja.

Budući da je za izgradnju obaloutvrda u pravilu nužno ukloniti prisutnu vegetaciju, dolazi do negativnih utjecaja na čitav ekosustav:

(a) Uklanjanjem vegetacije smanjuje se kvaliteta staništa, dostupnost hrane te posljedično i bioraznolikost područja. Velike promjene u staništu i uklanjanje prisutne vegetacije u pravilu stvaraju vrlo pogodna staništa za širenje invazivnih vrsta. Uslijed kompeticije s invazivnim vrstama, često dolazi do smanjenja populacija autohtonih vrsta. Rakušci su uz puževe i školjkaše jedna od skupina koja se potpomognuta ljudskim djelovanjem najuspješnije proširila slatkim i bočatim vodama diljem svijeta, što je u većini slučajeva rezultiralo osiromašenjem autohtone faune. Istraživanje širenja invazivnih rakušaca i njihovog utjecaja na zajednice beskraljeznjaka u bentosu rijeke Drave (Babić i Dekić 2012) pokazalo je da vrste *Dikerogammarus villosus* i *Chelicorophium curvispinum* razvijaju statistički značajno veće gustoće populacije na obaloutvrda u odnosu na prirodni supstrat, odnosno da ove građevine znatno pospješuju širenje i preživljavanje invazivnih vrsta rakušaca. Uz rakušce, promjene u riparijskoj zoni pospješuju širenje i niza drugih invazivnih vrsta, primjerice riječni glavočić (lat. *Neogobius fluviatilis*), signalni rak (lat. *Pacifastacus leniusculus*) te veliki broj neofita.

(b) Izgradnjom obaloutvrde dolazi do ubrzanog usijecanja rijeke i produbljanja riječnog korita čime posljedično dolazi i do sužavanja riječnog korita. Ovim procesom gube se visoko kvalitetna obalna staništa kao što su šljunčane/pješčane obale. Također, dolazi i do smanjenja riječne dinamike te smanjene mogućnosti

bočne erozije na vanjskim zavojima rijeke. Uslijed izostanka erozije ne stvaraju se nova staništa pogodna za gniježđenje ptica poput vodomara (lat. *Alcedo atthis*), pčelarice (lat. *Merops apiaster*) i bregunice (lat. *Riparia riparia*). Smanjeni unos šljunka s riječnih obala uzrokuje produbljanje riječnog korita nizvodno. Ujednačavanjem uvjeta u koritu dolazi do smanjenja varijabilnosti dubine uz riječne obale, čime se mijenja dostupnost različitih staništa tijekom razdoblja niskog i visokog vodostaja (Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Austrijska agencija za okoliš 2015).

(c) Postavljanjem geotekstila u nožici pokosa i koritu rijeke mijenja se riječno dno i trajno sprječava razvoj biljaka ispod površine geotekstila, a isto tako i naseljavanje životinja iznad geotekstila. Ovo je bitan utjecaj na organizme koji dio svog životnog ciklusa, ili cijeli život, provode zakopani u mulju te ovim zahvatima gube staništa.

3. BIOINŽENJERING

Bioinženjering je princip građenja regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina kojim se koriste žive biljke i dijelovi biljaka te anorganski prirodni materijali kako bi se stvorili živi funkcionalni sustavi za sprječavanje erozije, kontrolu sedimentacije i onečišćenja te za obnovu, stvaranje i/ili poboljšanje staništa. Ova metoda usklađuje građevinsku praksu s ekološkim principima te se njome mogu poboljšati ili potpuno zamijeniti standardni načini gradnje. Korištenje biljaka za stabilizaciju obala ima dugu tradiciju u Europi budući da su se još u srednjem vijeku u Francuskoj i Nizozemskoj vrbe koristile za stabilizaciju kanala. U novije vrijeme ove dugo poznate metode unaprjeđuju se novim saznanjima i modernim pristupom te ponovo ulaze u primjenu. U usporedbi s uobičajenim načinom gradnje obaloutvrda, primjena bioinženjeringa je okolišno prihvatljivija metoda iz više razloga, a ujedno se njome mogu zadovoljiti svi potrebni uvjeti i zahtjevi stabilnosti i sigurnosti građevine. U odnosu na standardne načine gradnje, prednosti primjene bioinženjeringa su sljedeće: Tehničke:

- Prisutna vegetacija povećava hrapavost obale što utječe na smanjenje brzine toka, a time i na stabilnost obale.

Ekološke:

- Očuvana vegetacija i omogućen njezin razvoj doprinosi povećanju kvalitete staništa i povećanju bioraznolikosti područja.

Ekonomske:

- Troškovi gradnje i održavanja bioinženjerskih građevina u pravilu su značajno manji u usporedbi s gradnjom i održavanjem uobičajenih obaloutvrda.

Estetske:

- Primjenom bioinženjeringa štite se krajobrazne vrijednosti područja, odnosno ne dolazi do narušavanja istih. Ovom metodom omogućava se razvoj prirodnog površinskog pokrova čime dolazi do očuvanja vizualnih i boravišnih kvaliteta prostora. Područja obala vodotoka, gledano sa aspekta rasta biljaka, specifičnih su i ograničavajućih uvjeta. Ovdje su naglašena velika kolebanja vlage u tlu, vegetacija je

često pod utjecajem razornog djelovanja vode, a ova područja karakteriziraju i pedološki nerazvijena tla koja su pod stalnim i izrazitim utjecajem vode (odnošenje i degradacija tla, permanentni nanosi riječnoga mulja, nanosi sjemena nepoželjnih vrsta koji se prenose vodom i sl.). Kako bi sadnja biljaka i stvaranje uvjeta za njihov rast na ovakvim površinama bila uspješna, potrebno je odabrati vrste specifičnih bioloških osobina koje najbolje odgovaraju navedenim uvjetima. To su vrste pionirskih osobina, vrlo široke ekološke valencije u pogledu zahtjeva za kvalitetom staništa, nutrijentima te klimatskim uvjetima. Osobine karakteristične za pionirske vrste su mali pedološki zahtjevi i toleriranje plićih, dreniranih tala i velikih kosina/nagiba, brzi rast u prvim godinama, velika otpornost na klimatske ekstreme, podnošenje velikog kolebanja vlažnosti tla, jaka izbojna i regenerativna snaga, razvoj razgranatog i gustog korijenskog sustava, duboko zakorjenjivanje i sl. Najčešće korištene vrste za primjenu bioinženjeringa su iz roda vrba (lat. *Salix*). Ove vrste zakorjenjuju iz male količine organske tvari, toleriraju brojne okolišne uvjete (zagađenje, loša kvaliteta tla), korijenov sustav se razvije unutar godine dana, razvijaju adventivno korijenje što omogućuje i opstanak na mjestima na kojima voda stagnira itd. Najčešće se koriste krhka vrba (lat. *Salix fragilis*), bijela (lat. *Salix alba*), rakita (lat. *Salix purpurea*), bademasta (lat. *Salix triandara*) i košaračka (lat. *Salix viminalis*). Krhka i bijela vrba obično služe za izradu stupova dok košaračka vrba najčešće služi kao izvor dugih, savitljivih grana.

Uz vrbe, česta je upotreba crne (lat. *Populus nigra*) i bijele topole (lat. *Populus alba*). Ove vrste nešto su drugačijih bioloških karakteristika i ekoloških zahtjeva od vrba, a preferiraju prostore uz stagnirajuću vodu nižeg vodostaja. Osim vrba i topola, od drvenastih biljaka još se koriste crna (lat. *Alnus glutinosa*) i bijela joha (lat. *Alnus incana*), poljski brijest (lat. *Ulmus minor*), brijest vez (lat. *Ulmus laevis*) te poljski jasen (lat. *Fraxinus angustifolia*). Od zeljastih vrsta, najčešće su vrste iz roda šaševa (lat. *Carex*) te vrste žuta perunika (lat. *Iris pseudacorus*), vučja noga (lat. *Lycopus europeus*), močvarna rebratica (lat. *Hottonia palustris*), močvarna kaljužnica (lat. *Caltha palustris*), obični provitak (lat. *Lysimachia vulgaris*) i dr. Od grmolikih vrsta najčešće se koriste vrste iz roda udikovina (lat. *Viburnum*), kupina (lat. *Rubus*) i glogova (lat. *Crataegus*).

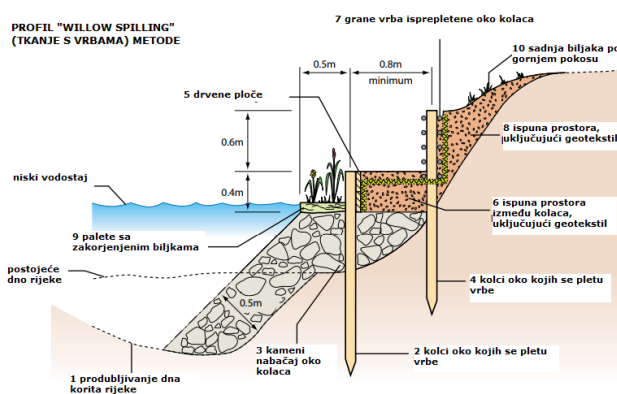
Temeljem navedenog, jasno je da je kod primjene bioinženjerskih metoda osnova multidisciplinarni pristup i to već u početnim fazama projektiranja. Projektni tim uz stručnjake građevinarske struke, koji će odrediti zahtjeve za stabilnost, čvrstoću, veličinu i oblik građevine itd., svakako treba sadržavati i stručnjake biologe te krajobrazne arhitekta, koji će znati odrediti i uskladiti biljni materijal potreban za izvođenje zahvata s ekološkim uvjetima i ograničenjima područja, kao i stanišnim specifičnostima i zahtjevima pojedinih vrsta koje na tom području obitavaju.

4. METODE BIOINŽENJERINGA

U ovom poglavlju dan je pregled nekoliko uobičajenih metoda bioinženjeringa, kao i kratak opis projekta gdje je navedena metoda primijenjena.

4.1. Tkanje s vrbama (eng. willow spiling)

Willow spiling jedna je od najčešće korištenih metoda bioinženjeringa. Metoda se bazira na drvenim stupovima, postavljenim u obalu, okomito na smjer vodotoka te pod kutom u odnosu na nagib obale. Između tako postavljenih stupova isprepleću se svježije odrezane grane vrbe iz kojih se kroz kratko vrijeme počnu razvijati mlade biljke. Za ovu metodu se najčešće koristi košaračka vrba (lat. *Salix viminalis*), budući da je karakteriziraju dugačke, tanke i savitljive grane, vrlo pogodne za isprepletanje. Na slici 1. prikazan je shematski prikaz ove metode (River restoration centre 2013).



Slika 1. Metoda willow spiling (tkanje s vrbama) (River restoration centre 2015)

Kao primjer za upotrebu willow spiling metode naveden je poslovni park u Engleskoj, u gradu Gloucester, gdje je planirana gradnja novog postrojenja čije su se otpadne vode planirale ispuštati u potok neposredno uz tvornicu (Salix River & Wetland Services Limited). Potok je već bio pod značajnim utjecajem erozije, zbog čega je bilo potrebno stabilizirati obale. Prvotno predloženo rješenje uključivalo je standardnu metodu građenja, s gabionskim madracima postavljenim u 3 reda (stepenice). Tijekom razvoja projekta radi smanjenja troškova gradnje i održavanja, odustalo se od gabionskih madraca i odlučilo se za primjenu bioinženjeringa. Na terase između dva reda isprepletanih vrba postavljene su tkanine od biorazgradivih kokosovih vlakana i ovdje su posađene zemljaste biljke, čime se dodatno stabilizirala obala. Kroz 2 godine se iz svježije posječenih i postavljenih vrbinih grana razvila bujna vegetacija. Na slici 2. prikazana je lokacija zahvata tijekom izvođenja radova i 2 godine nakon završetka radova.



Slika 2. Willow spiling (tkanje s vrbama) tijekom izvođenja radova (gore) i nakon 2 godine (dolje) (Salix River & Wetland Services Limited)

Monitoring područja prije i nakon izgradnje zahvata pokazao je povećanje bioraznolikosti, a kao posebnost ističe se pojava vretenaca uz potok, skupine organizama koji su bioindikator dobrog stanja okoliša.

Drugi primjer primjene ove metode je LIFE projekt koji je proveden u Irskoj, na NATURA2000 području Blackwater River (LIFE09 NAT/IE/000220 BLACKWATER SAMOK) (IRD Duhallow). Neke od ciljnih vrsta ovog područja su riječna bisernica (lat. *Margaritifera margaritifera*), atlantski losos (lat. *Salmo salar*), vidra (lat. *Lutra lutra*), bjelonogi rak (lat. *Austropotamobius pallipes*), morska paklara (lat. *Petromyzon marinus*), potočna paklara (lat. *Lampetra planeri*), riječna paklara (lat. *Lampetra fluviatilis*), vodomar (lat. *Alcedo atthis*), a ciljno stanište 91E0 Aluvijalne šume. Ovu rijeku ugrožavaju intenzivna poljoprivreda čime dolazi do pojačanog unosa nutrijenata i polutanata, hidromorfološke promjene i radovi na uređenju korita, uklanjanje riparijske vegetacije i pojava invazivnih biljnih vrsta, što je dovelo do smanjenja populacija ciljnih vrsta kao i do pojačane erozije obale i smanjenja njezine stabilnosti. Pojačano taloženje sedimenta uzrokovalo je smanjenje populacije školjkaša riječne bisernice i salmonidnih riba. LIFE projekt je uključivao nekoliko aktivnosti, a jedna od njih bila je sanacija 360 m erodirane obale primjenom bioinženjeringa. Na slici 3. prikazano je stanje obala prije i nakon provođenja projekta. Monitoring područja prije i nakon izgradnje zahvata pokazao je povećanje brojnosti riba, a najveći porast je bio upravo ciljne vrste atlantskog lososa.



April 2011



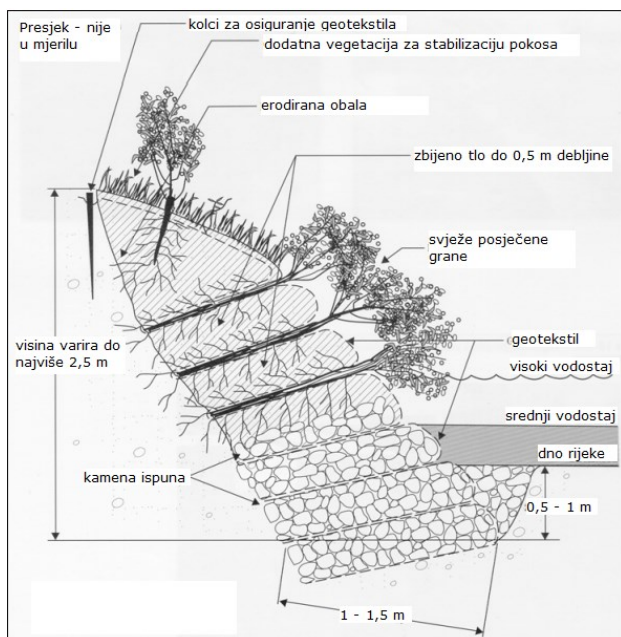
June 2015

Slika 3. Rijeka Allow prije (gore) i nakon (dolje) provođenja projekta (IRD Duhallow)

4.2. Vegetacijske geomreže (eng. vegetated geogrids)

Vegetated geogrids ili „vegetacijske geomreže“ metoda je koja uključuje prirodne ili sintetičke tkanine koje se ugrađuju u tlo, a između njih se postavljaju svježe odrezane grane, najčešće vrba (Iowa Department of Natural Resources 2006). Osnova ove metode je izmjena dvije vrste slojeva – jedan sloj čini zemljani materijal koji je omotan tkaninom koja ga čini kompaktnim, dok drugi sloj čine grane koje kroz kratko vrijeme počnu rasti i razvijati korijenov sustav, čime stabiliziraju i učvršćuju tlo. Na geomrežu se postavlja kamen radi stabilizacije dok se ne razvije vegetacija. Ova metoda se može koristiti na vrlo strmim padinama i može izdržati relativno velike brzine strujanja vode. Na slici 4. prikazan je shematski prikaz ove metode.

Primjer za ovu metodu je iz Arizone, SAD, gdje je bilo potrebno stabilizirati obalu na potoku Bassett Creek (City of Golden Valley). Potok se nalazi u urbaniziranom području te je brojnim zahtevima potok izmijenjen i velik dio riparijske vegetacije je uklonjen. Na slici 5. prikazana je lokacija zahvata izgledala tijekom izvođenja radova i nakon završetka radova.



Slika 4. Metoda vegetated geogrids (vegeacijske geomreže) (Iowa Department of Natural Resources 2006)

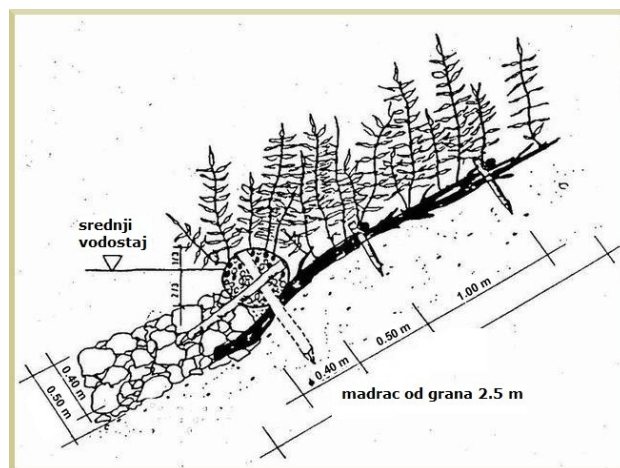


Slika 5. Vegetated geogrids (vegetacijske geomreže) tijekom izvođenja radova (gore) i nakon završetka (dolje) (City of Golden Valley)

4.3. Madraci od grana (eng. brush mattress)

Brush mattress je metoda koja se također bazira na svježe odrezanim odnosno živim granama, najčešće vrbe, koje se postavljaju na cijelu površinu obale koju je potrebno stabilizirati. Kao i kod prethodnih metoda, iz živih grana se kroz kratko vrijeme počnu razvijati mlade biljke. U nožicu obale se postavljaju drveni stupovi i

kamen čija je uloga sprječavanje otplavlivanja madraca. Na slici 6. prikazan je shematski prikaz ove metode.



Slika 6. Metoda brush mattress (madraci od grana) (http://groundwater.sdsu.edu/design_velocities_fig_12.html)

Primjer primjene ove metode je rijeka Rhiw u Walesu, gdje je bilo potrebno stabilizirati 300 metara erodirane obale rijeke kako bi se zaštitio postojeći plinski cjevovod (Salix River & Wetland Services Limited). Na slici 7. prikazana je lokacija zahvata tijekom izvođenja radova i 8 mjeseci nakon završetka radova. Ovdje su osim madraca korišteni i čitavi panjevi s korijenom koji su stavljeni u nožicu obale i koji su služili za dodatnu stabilizaciju obale, ali i stvaranje mikrostanista za vodene organizme.



Slika 7. Brush mattress (madraci od grana) tijekom izvođenja radova (gore) i nakon završetka (dolje) (Salix River & Wetland Services Limited)

4.4. Valjci od kokosovih vlakana (eng. coconut fiber roll)

Coconut fiber roll su dugačke, cilindrične strukture (valjci) konstruirane od vlakana kokosa ([Salix River & Wetland Services Limited](#)). Postoje dvije vrste - s unaprijed zakorjenjenim zeljastim biljkama ili bez njih. Na **slici 8.** prikazane su obje vrste valjaka. Nakon što su valjci postavljeni uz nožicu obale, biljke u njima vrlo brzo zakorjenjuju u tlo i stabiliziraju ga. Kokosova vlakna su biorazgradivi materijal kojem je potrebno 5 do 7 godina za potpunu razgradnju, što je dovoljno vremena da se biljke potpuno ukorijene u obalu. Valjci se uz obalu fiksiraju stupovima ili mrežama napunjenim kamenim materijalom manjih dimenzija (tzv. rock rolls).



Slika 8. Coconut fiber rolls (valjci od kokosovih vlakana) ([Salix River & Wetland Services Limited](#))

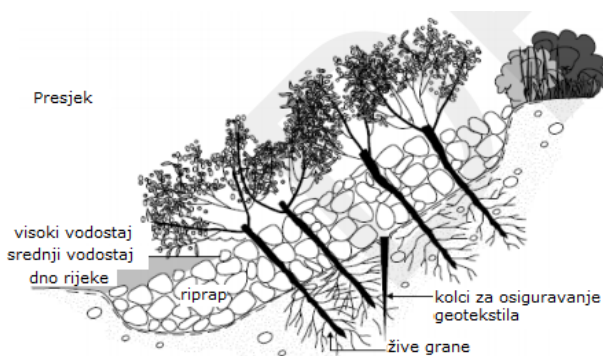
Kao primjer upotrebe valjaka od kokosovih vlakana navedena je rijeka Wey, koja se nalazi u Engleskoj, neposredno uz golf igralište ([Salix River & Wetland Services Limited](#)). U ovom projektu, osim coconut fiber rolls, primijenjena je i hidrosjetva za ozelenjivanje obale, a kao podloga su postavljene tkanine, također od kokosovih vlakana. Na **slici 9.** se može vidjeti stanje obala prije i nakon izvođenja radova.

4.5. Vegetacijski riprap (kamenomet) (eng. vegetated riprap)

Vegetated riprap je metoda vrlo slična standardnoj riprap metodi (kamenomet) te se i ovdje kao građevinski materijal koristi kamen različitih dimenzija. Razlika je u tome što se u ovoj metodi kamen polaže na način da se ostavlja prostor u koji se postavljaju svježe odrezane grane, na način da dođu do tla odnosno zemljanog materijala, u koji kroz kratko vrijeme zakorjenjuju. Na **slici 10.** prikazan je shematski prikaz ove metode.



Slika 9. Obale rijeke Wey prije (gore) i nakon (dolje) izvođenja radova ([Salix River & Wetland Services Limited](#))



Slika 10. Vegetated riprap (vegetacijski kamenomet) ([New York Department of Environmental Conservation](#))

Primjer za ovu metodu je rijeka North Saskatchewan River u Edmontonu, Kanada. Velike promjene razine vode u ovoj rijeci uzrokovale su jaku eroziju obale, što je dovelo do ugrožavanja ispusta oborinskih voda u rijeku. Biljne vrste koje su korištene u ovom zahvatu bile su vrbe (lat. *Salix bebbiana* / *exigua* / *scouleriana*), topola balzamovac (lat. *Populus balsamifera* ssp. *trichocarpa*) i drijen (lat. *Cornus stolonifera*) ([Terra Erosion Control Ltd.](#)). Na **slici 11.** prikazano je stanje obala tijekom izvođenja radova te 4 godine nakon završetka radova.



Slika 11. Lokacija zahvata tijekom izvođenja radova (gore) i nakon 4 godine (dolje) (Terra Erosion Control Ltd.)

5. PRIMJERI IZ HRVATSKE

5.1. Kupa – Brodarci

U mjestu Brodarci na Kupi kod Karlovca 2000. godine izgrađena je obaloutvrda duljine oko 600 m. Nožica obaloutvrde izvedena je od kamenog nabačaja, dok je obala iznad nožice nasuta zemljanom materijalom koji je zbijen radi što bolje kompaktnosti. Po završetku radova površina je humusirana i posadena je trava. Iako ovdje nije korištena ni jedna metoda bioinženjeringa, ovaj primjer naveden je iz razloga što je obala nakon izgradnje djelomično puštena sukcesiji, odnosno košnjom nije održavana cijela obala, što je rezultiralo time da se postupno kroz godine razvila i drvenasta vegetacija. Na **slici 12.** može se vidjeti kako obala danas izgleda te se mogu uočiti „zeleni otoci“ s drvenastom vegetacijom. Navedeni primjer je bitan iz razloga što pokazuje da se i bez korištenja bioinženjerskih metoda, odnosno samo usmjerenim održavanjem uspjela razviti drvenasta vegetacija čime dolazi do pozitivnog utjecaja na bioraznolikost područja. S druge strane, nije poznato da li je razvijena vegetacija utjecala na stabilnost obaloutvrde niti kako će na nju utjecati daljnji razvoj vegetacije. Da su projektom bile predviđene zone na obaloutvrđi za razvoj drvenaste vegetacije, njen razvoj

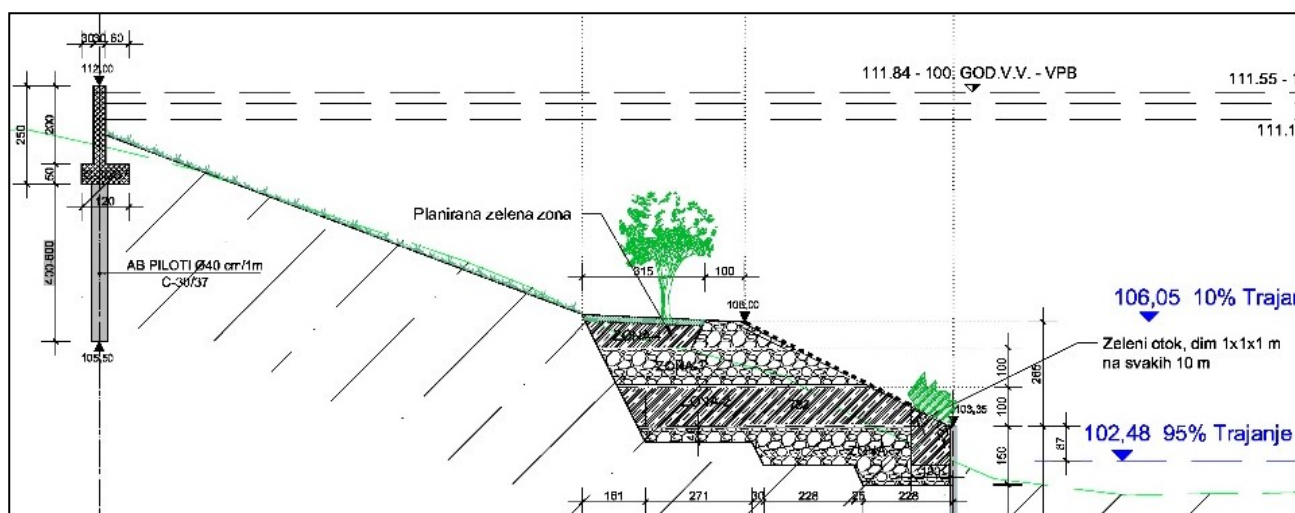
bio bi znatno brži te bi se u isto vrijeme osigurala dugoročna stabilnost građevine, omogućavajući nesmetan razvoj korijenovog sustava.



Slika 12. Obaloutvrda u mjestu Brodarci (Geokon-Zagreb d.d.)

5.2. Kupa - Vodostaj

Drugi primjer je također s rijeke Kupe, iz naselja Vodostaj kod Karlovca. Obaloutvrda ovdje još nije izgrađena, ali je proveden postupak glavne ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu. Zahvat uključuje izgradnju obaloutvrda i nasipa u duljini od 11 km. Nasipi su predviđeni u duljini od oko 7 km, dok tamo gdje zbog blizine prometnice i kuća nije bilo moguće projektirati nasip, predviđen je zaštitni zid i obaloutvrde, budući da je na tim djelovima obalu bilo potrebno i stabilizirati. Prvotno projektno rješenje uključivalo je izgradnju kamene obaloutvrde. U postupku glavne ocjene procijenjeno je da je moguć negativan utjecaj na vodomara (lat. *Alcedo atthis*) koji na području planiranih obaloutvrda ne gnijezdi ali taj prostor koristi kao hranilište. Također moguć je i negativan utjecaj na ciljne vrste riba, pogotovo na dijelu gdje je planirana obaloutvrda smještena nasuprot ušća Korane u Kupu. Kako bi se ublažili mogući negativni utjecaji na ciljne vrste, u suradnji s projektantima došlo se do rješenja koje uključuje krajobrazno projektiranje „zelenih otoka“ uz samu nožicu obaloutvrde, na svakih 10 m, čime će se zadržati mikrostaništa bitna za mrijest i hranjenje riba. Presjek obaloutvrde dan je na **slici 13.** Osim zelenih otoka, predviđen je i pojas zelene zone na blažim pokosima, čime će se osigurati dovoljno drvenaste vegetacije koja će omogućiti da vodomar i dalje nastavi koristiti ovaj prostor kao hranilište (Vita projekt 2017).



Slika 13. Presjek planirane obaloutvrde (Vita projekt 2017)

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je pokazati da se obaloutvrde, uz standardne načine gradnje, mogu graditi i na okolišno puno prihvatljiviji način, a bez narušavanja stabilnosti i ugrožavanja njihove primarne, zaštitne funkcije. Smatramo da bi već kod definiranja projektnih zadataka za projektiranje zaštitnih i regulacijskih vodenih građevina, razmatranje primjene bioinženjerskih metoda trebala postati uobičajena praksa. Primjenom bioinženjerskih metoda, kroz suradnju građevinaru s biološkom strukom i krajobraznim arhitektima, moguće je značajno smanjiti negativan utjecaj zahvata na okoliš i ekološku mrežu te ubrzati postupke procjene utjecaja na okoliš i ekološku mrežu.

7. LITERATURA

Hrvatske vode (2011) *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu. Knjiga 1 Gradnja i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracije*. Zagreb

Babić S., Dekić S. (2012) *Širenje invazivnih rakušaca i njihov utjecaj na zajednice beskralješnjaka u bentosu rijeke Drave*. Rad za Rektorovu nagradu. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet - Biološki odsjek

Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Austrijska agencija za okoliš (2015) *Stručne smjernice – upravljanje rijekama. IPA program Europske unije za Hrvatsku*. Twinnig Light projekt „Jačanje stručnih znanja i tehničkih kapaciteta svih relevantnih ustanova za Ocjenu prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (OPEM)“. Zagreb

The River Restoration Centre (2013) *The Manual of River Restoration Techniques*. Cranfield

Salix River & Wetland Services Limited, URL: <https://www.salixrw.com/> (2017-07-15)

IRD Duhallow, URL: <http://www.duhallowlife.com/> (2017-07-17)

Iowa Department of Natural Resources (2006) *How to Control Streambank Erosion*. Des Moines

City of Golden Valley, URL: <http://www.goldenvalleymn.gov/stormwater/stream-bank-stabilization.php> (2017-07-17)

New York State Department of Environmental Conservation (DEC), URL: <http://www.dec.ny.gov/permits/67096.html> (2017-07-17)

URL: http://groundwater.sdsu.edu/design_velocities_fig_12.html (2017-07-18)

Terra Erosion Control Ltd., URL: <http://www.terraerosion.com/CityofEdmonton-Outfall101.htm> (2017-07-19)

Privatna arhiva fotografija, Geokon-Zagreb d.d.

Vita projekt (2017) *Studija o ocjeni prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu: Izgradnja nasipa Kupe, obaloutvrde, zaštitnog zida i objekata sustava odvodnje zaobalja unutar trase nasipa, na lijevoj obali Kupe od naselja Selce do Rečice*. Zagreb

GEOEKOLOŠKO VREDNOVANJE UNUTAR STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ – PRIMJER DOSADAŠNJE PRAKSE: HE KOSINJ / SENJ 2

GEOECOLOGICAL EVALUATION WITHIN ENVIRONMENT IMPACT ASSESSMENT STUDIES—EXAMPLE OF: HYDROPOWER PLANTS KOSINJ AND SENJ 2

Valerija Butorac^{1*}, Goran Lončar¹, Martina Cvitković², Domagoj Vranješ³

¹ Vita-projekt d.o.o., Ilica 191 C, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Ekotop d.o.o., Hektorovićeve ulica 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

³ Vita-projekt d.o.o., Ilica 191 C, 10000 Zagreb, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: valerija.butorac@vitaprojekt.hr

Sažetak: U dosadašnjoj praksi izrade studija o utjecaju na okoliš u Republici Hrvatskoj primjetan je izostanak analize georaznolikosti kao abiotičke sastavnice okoliša. Cilj rada je prikazati važnost georaznolikosti i ulogu geomorfologije u geoekološkom vrednovanju i analizi mogućeg utjecaja na okoliš. Odabranim metodama kabinetskog i terenskog rada koje uključuju geomorfološku analizu, metodu relativnog vrednovanja reljefa i primjenu GIS alata, kvantificirana je intrinzična vrijednost reljefa. Rezultati navedenih analiza osnova su za interpretaciju georaznolikosti kao jedne od sastavnica okoliša. Navedeno je primijenjeno u izradi poglavlja „Georaznolikost“ unutar Studija o utjecaju na okoliš hidroelektrana Kosinj i Senj 2.

Ključne riječi: georaznolikost, geoekološko vrednovanje, GIS, holistički

Abstract: In the current practice of the study of environmental impact in the Republic of Croatia, there is a lack of geodiversity analysis as an abiotic component of the environment. The aim of the paper is to demonstrate the importance of geodiversity and the role of geomorphology in geoeological evaluation and analysis of possible environmental impacts. With the selected methods of cabinet and field work involving geomorphological analysis, the relative relief evaluation method and application of GIS tools, the intrinsic value of the relief is quantified. The results of these analyzes are the basis for interpreting geodiversity as one of the environmental components. This was applied in the elaboration of the chapter "Geodiversity" within the Environmental Impact Study of hydropower plants Kosinj and Senj 2.

Keywords: geodiversity, geoeological evaluation, GIS, holistic approach

Received: 27.11.2012 / Accepted: 11.12.2017

Published online: 18.12.2017

Stručni rad / Technical paper

1. UVOD

Georaznolikost je sveukupna raznolikost krajolika, oblika i procesa na površini Zemlje i u njejoj unutrašnjosti koja uključuje njihove značajke, odnose i sustave. Čine ju geološka, geomorfološka i pedološka raznolikost. Prema Zakonu o zaštiti prirode (Zakon o zaštiti prirode 2013), georaznolikost je definirana kao raznolikost tla, stijena, minerala, fosila, reljefnih oblika, podzemnih objekata i struktura te prirodnih procesa koji su ih stvarali kroz geološka razdoblja. Od srpnja ove godine temeljem Zakona o zaštiti prirode Hrvatski sabor donio je odluku o novoj Strategiji i akcijskom planu zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2025. godine (Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. – 2025. 2017). Unutar Strategije uključena je i georaznolikost koja je u odnosu na bioraznolikost i ostale sastavnice okoliša neobnovljiva, podložna oštećivanju i trajnom uništavanju, što često dovodi do njezinog nepovratnog gubitka. Najveća prijetnja georaznolikosti je antropogeni pritisak odnosno utjecaj ljudske djelatnosti, posebice prekomjernom eksploatacijom mineralnih sirovina, onečišćenjem voda, zahvatima na vodotocima, ilegalnim odlagalištima otpada,

širenjem građevinskih područja (ilegalna gradnja) te izgradnjom prometnica. S obzirom na to da je geosfera s abiotičkim dijelom okoliša jedna od temeljnih sastavnica okoliša te s naglaskom na holističkom pristupu u procjeni utjecaja zahvata na okoliš, cilj ovog rada je prikazati važnost georaznolikosti i ulogu geomorfologije u geoekološkom vrednovanju i analizi mogućeg utjecaja na okoliš. Integracija georaznolikosti te općenito vrednovanje i interpretacija dijelova geosfere unutar procjena utjecaja zahvata na okoliš dovela bi do unaprjeđenja postupaka procjene utjecaja na okoliš. Georaznolikost ne valja poistovjećivati s geološkom raznolikošću, koja je sastavni dio georaznolikosti. Pojam georaznolikosti nov je u zaštiti okoliša no među geolozima i geomorfolozima koristi se od 1990-ih kako bi se opisala raznolikost abiotičkog dijela prirode. Vrijednost koju neki prostor može nositi u vidu georaznolikosti dijeli se na: •Intrinzičnu/stvarnu vrijednost, •Kulturnu i estetsku vrijednost, •Ekonomsku vrijednost, •Znanstvenu i obrazovnu vrijednost. Postoji tendencija u razmišljanju o biološkom svijetu kao krhkom i ranjivom te da ga je zbog toga potrebno zaštititi, dok se na abiotički svijet planina i stijena gleda kao na stabilan,

statičan i plodan svijet koji je teško ugroziti. To je izrazito pojednostavljanje te su mnoge prijetnje georaznolikosti planeta ili lokalnih područja usporedive s onima s kojima se suočava bioraznolikost. Nadalje, geokonzervacija nije samo zaštita krajobraza. Radi se o tome da se dopusti rad dinamičkih procesa unutar vremenskog razdoblja po prirodnim stopama (Gray 2013). Prijetnje georaznolikosti generalno se dijele na antropogene (uzrokovane djelovanjem čovjeka) te one koje su uzrokovane prirodnim procesima (klimatske promjene, porast morske razine). Ponekad je teško razdvojiti spomenute utjecaje, no antropogeni se dijele na:

- potpuni gubitak elementa georaznolikosti,
- djelomični gubitak ili fizička šteta,
- fragmentacija interesa,
- gubitak vidljivosti ili vidljivosti elemenata uklopljenih u druge elemente,
- gubitak pristupa,
- prekid prirodnih procesa i udaljenih utjecaja procesa,
- onečišćenje,
- vizualni učinak (Gray 2013).

Georaznolikost je geoekološki koncept kojim se pokušava optimizirati korištenje prostora na način da se bitne prirodne (abiotičke) značajke prostora prepoznaju i zaštite. S druge strane cilj je geoekološkog vrednovanja da se uspostavi sustav zaštite prepoznatih vrijednosti ali s maksimalnom koristi za čovjeka i njegove djelatnosti.

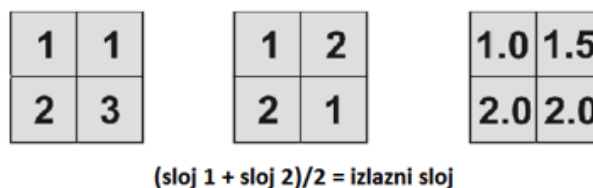
2. METODOLOGIJA

Metoda relativnog vrednovanja reljefa jedna je od praktičnih geoekoloških metoda za planiranje optimalnog gospodarenja prostorom odnosno krajolikom. Cilj te metode je utvrditi pogodnosti i ograničenja prostora za određenu društvenu aktivnost (Mamut 2010). Kod spomenute metode iznimno je bitan ulazni broj podataka kako bi se izbjegla subjektivnost. Temeljena je na dostupnim podacima prikupljenim tijekom terenskog istraživanja, digitalnom analizom reljefa i geomorfološkom analizom. S obzirom na svrhu izvođenja geoekološke analize koja je u ovom slučaju procjena utjecaja na okoliš vrednovana je intrinzična ili stvarna vrijednost reljefa. Intrinzična vrijednost reljefa odnosi se na etičko vjerovanje da neke stvari imaju vrijednost jednostavno zbog onoga što jesu, a ne zbog onoga za što bi ih čovjek mogao koristiti (utilitarna vrijednost) (Gray 2013). Obuhvat prostora za koji se izvodi analiza određen je obuhvatom predmetnog zahvata (prostor buduće akumulacije) te definirana buffer zona i prostor koji je optimalan za proučavanje geomorfoloških procesa. Nakon provedenog terenskog istraživanja, digitalne analize reljefa i geomorfološke analize, određuju se kriteriji vrednovanja i odabrana obilježja kriterija. Obilježja reljefa su primarna obilježja kriterija intrinzične vrijednosti reljefa. S obzirom na svrhu za koju provodimo analizu moguće je analizirati dodatne kriterije s dodatnim obilježjima (npr. kriterij fizičke pogodnosti i estetske vrijednosti). Nakon odabira obilježja pojedinog kriterija (u ovom slučaju geomorfološka obilježja), za njih je potrebno odrediti kategorije te vrijednosti i faktore koji utječu na georaznolikost. To su primjerice kategorije nagiba u kojima su geo-

morfološki procesi najaktivniji, područja aktivne morfogeneze, brojnost i koncentracija određenih geomorfoloških oblika itd. Kategorije u ovoj fazi mogu biti kvalitativne i kvantitativne. U digitalnoj fazi geoekološke analize sve se kategorije kodiraju i kvantificiraju kako bi se izveo kumulativni pokazatelj intrinzične vrijednosti reljefa. Nakon provedenih prethodnih koraka slijedi determinacija jediničnih površina za vrednovanje. Obzirom da se ostatak analize provodi u GIS okruženju jedinična površina jednaka je rezoluciji rastera (25x25 m). Kvantifikacija obilježja kriterija svojevrсно je bodovanje obilježja po prije određenim kategorijama (Tablica 1). Maksimalan broj bodova koji može biti dodijeljen određenoj kategoriji iznosi 10. Bodovi se dodjeljuju s obzirom na intenzitet procesa, gustoću određene pojave ili primjerice pogodnost kategorije nagiba za gravitacijske procese.

U izgrađenoj digitalnoj bazi podataka geomorfoloških, geoloških i pedoloških obilježja predmetnog područja, prema prethodno opisanom bodovanju dodaje se vrijednost od 1 – 10. U analizi reljefa kao kontinuirane površine svaka ćelija sadrži određeni podatak (u ovom slučaju dodijeljen broj bodova), a preklapanjem ćelija dobivaju se novi podaci.

Lokalnom funkcijom (aritmetički operator) analizira se više slojeva u kojima svaka ćelija ima dodijeljenu vrijednost koja je određena metodom relativnog vrednovanja reljefa. Rezultat takve analize je uvijek funkcija vrijednosti na lokaciji jedne ćelije u više slojeva (Slika 1).



Slika 1. Aritmetički operatori

2.1. Kosinj

Geomorfološka analiza predmetnog područja kao osnovni postupak primijenjene geomorfologije bitna je za pravilnu analizu i izradu geoekološkog vrednovanja reljefa. Pod pojmom geomorfološke analize podrazumijeva se primjena kvalitativnih i kvantitativnih analiza reljefa, odnosno utvrđivanje svojstava geomorfoloških procesa i oblika te različitih veličinskih parametara reljefa.

Orografski gledano, na širem području zahvata od negativnih morfografskih elemenata reljefa prostire se Kosinjsko polje na koje se spaja dolina potoka Bakovca te se skupa otvaraju u prostrano Lipovo polje. Prostor je raščlanjen manjim uzvisinama. Većinom su to rubna uzvišenja te poneko izdvojeno uzvišenje unutar zaravnjenih cjelina navedenih polja.

Tablica 1. Vrednovanje obilježja kriterija vrednovanja po određenim kategorijama

Kriterij vrednovanja	obilježja kriterija	kategorije obilježja	br. bodova
Intrinzična vrijednost	Visina (u m n.v.)	<450	5
		450 – 500	5
		500 – 550	5
		550 – 600	6
		600 – 650	7
		650 – 700	10
		700 – 750	8
		750 – 800	8
	Nagibi (°)	0 – 2	5
		2 – 5	5
		5 – 12	10
		12 – 32	9
		32 – 55	9
	Ekspozicija	S	6
		SI	5
		I	5
		JI	8
		J	10
		JZ	8
		Z	5
		SZ	6
		Ravno	1
	Vertikalna raščlanjenost reljefa (m/km ²)	0 – 5	3
5 – 30		5	
30 – 100		7	

Najizraženiji čimbenik oblikovanja prostora te polja koja dominiraju, je rijeka Lika s pritokom potokom Bakovac.

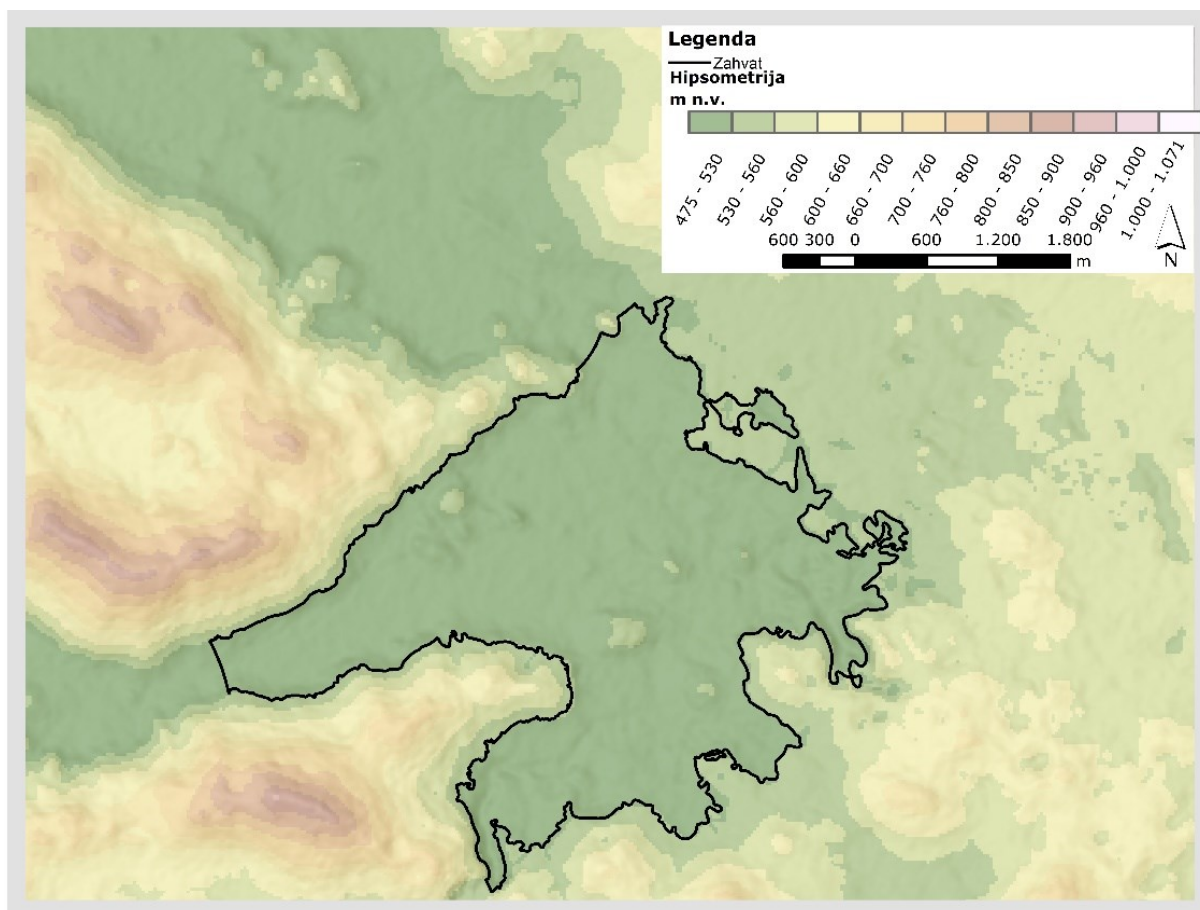
Odnos reljefa, strukture i geološke građe je relativno sukladan. Promatrano područje smješteno je u centralnom dijelu strukturne jedinice Ličko sredogorje (Bognar 2001). Ova jedinica je na J-JZ odijeljena uzdužnim Bakovačkim rasjedom od strukturne jedinice Velebit. S druge strane, na S i SI Ličko sredogorje omeđeno je strukturnom jedinicom Mala Kapela-Plješivica. Područje zahvata smješteno je u tektonske okolnosti u kojima se dominantno razvijala kolizija blokova i navlačenje. Glavne rasjedne zone su dinarskog pravca pružanja s izuzetkom u manjim rasjedima koji su posljedica recentne tektonike. Indikatori rasjeda promatranog područja su razvijene mnoge ponikve, škrape i speleološki objekti.

Od egzogenih geomorfoloških procesa na promatranom području najzastupljeniji su krški i fluviokrški procesi, dok su padinski procesi manje značajni i odnose se na oblikovanje grebena i vrhova te poneke jaruge. Promatrani prostor većinom je građen od karbonatnih stijena te su najizraženiji krški reljefni oblici. Najviše je ponikava. Na cijelom području, izuzev dna zavale polja u kršu i potoka Bakovca nema površinskog otjecanja već je razvijena krška hidrografija s karakterističnim podzemni otjecanjem. Od ostalih krških oblika uočljivi su manji humci i glavice na ravnoj površini zavale polja. Dno zavale polja prekriveno je aluvijalnim i proluvijalnim naslagama nanesenim radom tekućice. Ovdje su aktivni i fluviodenudacijski procesi. Dominanti

krški oblik promatranog područja je zavala polja u kršu odnosno Kosinjsko i Lipovo polje. Proces oblikovanja zavale Lipovog i Kosinjskog polja događao se u nekoliko faza. Prva faza, gledajući globalno, vezana je uz koliziju afričke i euroazijske litosferne ploče dok je daljnje oblikovanje postojećeg stanja zavale polja uvjetovano radom tekućice, rijeke Like, gdje se razvio akumulirani površinski sloj nepropusnog sedimenta koji omogućuju površinsko otjecanje do kraja zavale gdje voda ponire u podzemlje.

Različitim veličinskim parametrima reljefa prikazana su sljedeća morfometrijska obilježja šireg područja zahvata: analiza ekspozicije padina, hipsometrijska obilježja reljefa, analiza vertikalne raščlanjenosti i analiza nagiba padina.

Najniža vrijednost nadmorske visine šireg područja zahvata je 475 m n.v., a najviša je 1071 m n.v., dok prosječna visina iznosi 629 m n.v. Definirani visinski razredi pružaju se u dinarskom smjeru, osim manjih odstupanja na JZ i J dijelu šireg područja zahvata. Hipsometrijski razred <530 m n.v. određen je s posebnom namjerom pošto je najviša kota predviđene akumulacije 530 m n.v. U tom razredu nalazi se cijeli prostor Kosinjskog i Lipovog polja te Bakovačke doline. Najzastupljeniji hipsometrijski razred je od 530-610 m n.v. te zauzima 28,6 % ukupne površine (Slika 2).



Slika 2. Hipsometrijska obilježja područja zahvata Kosinj

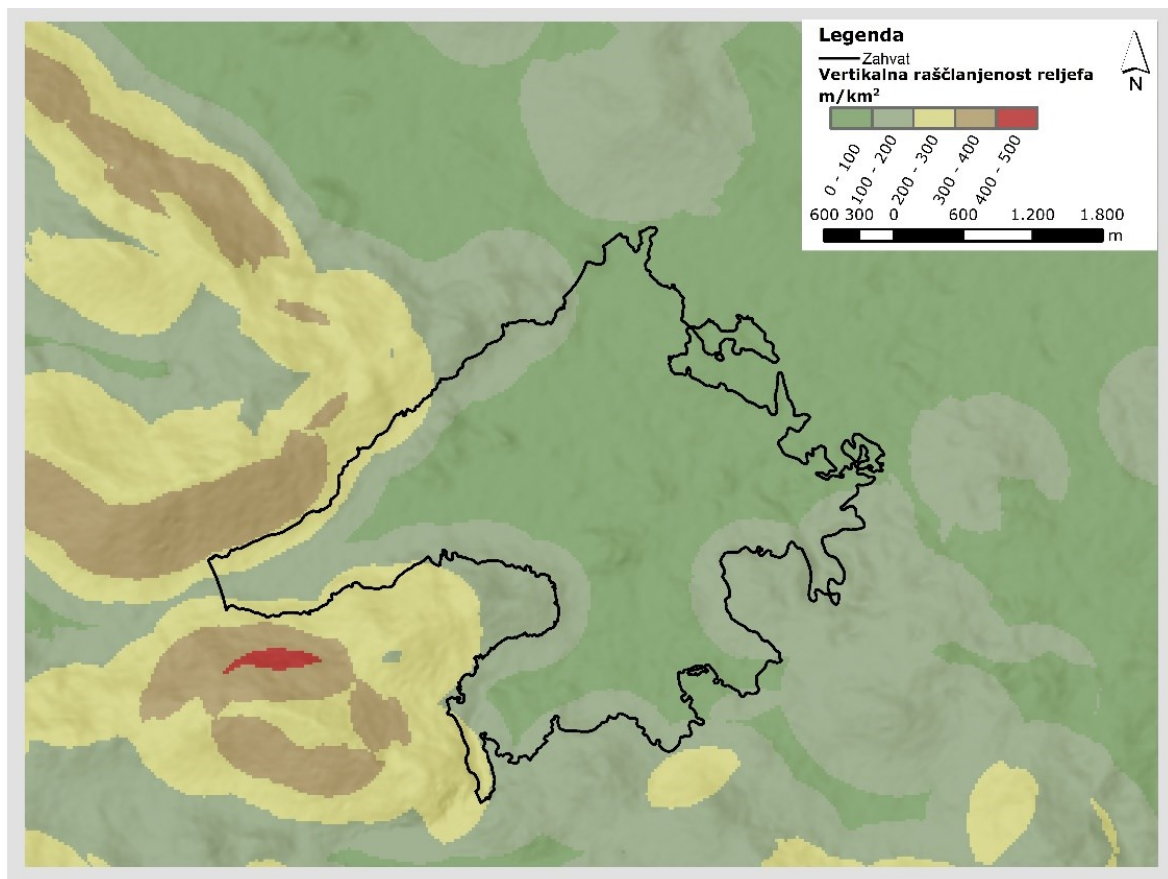
Vertikalna raščlanjenost reljefa definirana je visinskom razlikom između najviše i najniže točke unutar promatrane jedinične površine (Lozić 1995). Ovo obilježje reljefa predstavlja parametar intenziteta egzogenih procesa te je uvjetovana specifičnostima terena, odnosno litološkim sastavom, količinom vode itd., ako govorimo o lokalnim okvirima. Kategorije vertikalne raščlanjenosti reljefa određene su prema unaprijed utvrđenim kriterijima (Gams et al. 1985). Izdvojene su tri kategorije koje se nalaze i na širem području zahvata: zaravnjen reljef (0-5 m/km²), slabo raščlanjene ravnice (5-30 m/km²) i slabo raščlanjen reljef (100-300 m/km²) (Slika 3). Prva i druga kategorija karakteristična je za nizinske predjele i polja u kršu, što je i ovdje slučaj. Na ovom prostoru druga kategorija je i najzastupljenija sa 69,8 % ukupne površine.

Nagib padina u lokalnim okvirima predstavlja neposrednu posljednicu egzogenih procesa. Geomorfološka klasifikacija nagiba padina temeljena je na dominantnim morfološkim procesima koji se aktiviraju ovisno o vrijednosti inklinacije. Najzastupljeniji razred je od 12 do 32 ° s 41,6 % ukupne površine, dok je najmanje zastupljen razred vrijednosti nagiba od 32 do 55°. Zadnji razred s najvećim vrijednostima >55° ne postoji u promatranom području (Slika 4). Jako nagnuti tereni poprište su sljedećih geomorfoloških procesa: snažne erozije, spiranja i izrazitog kretanja masa. U ovom slučaju to su strme strane polja i doline potoka Bakovca te strme strane manjih uvala i ponikava.

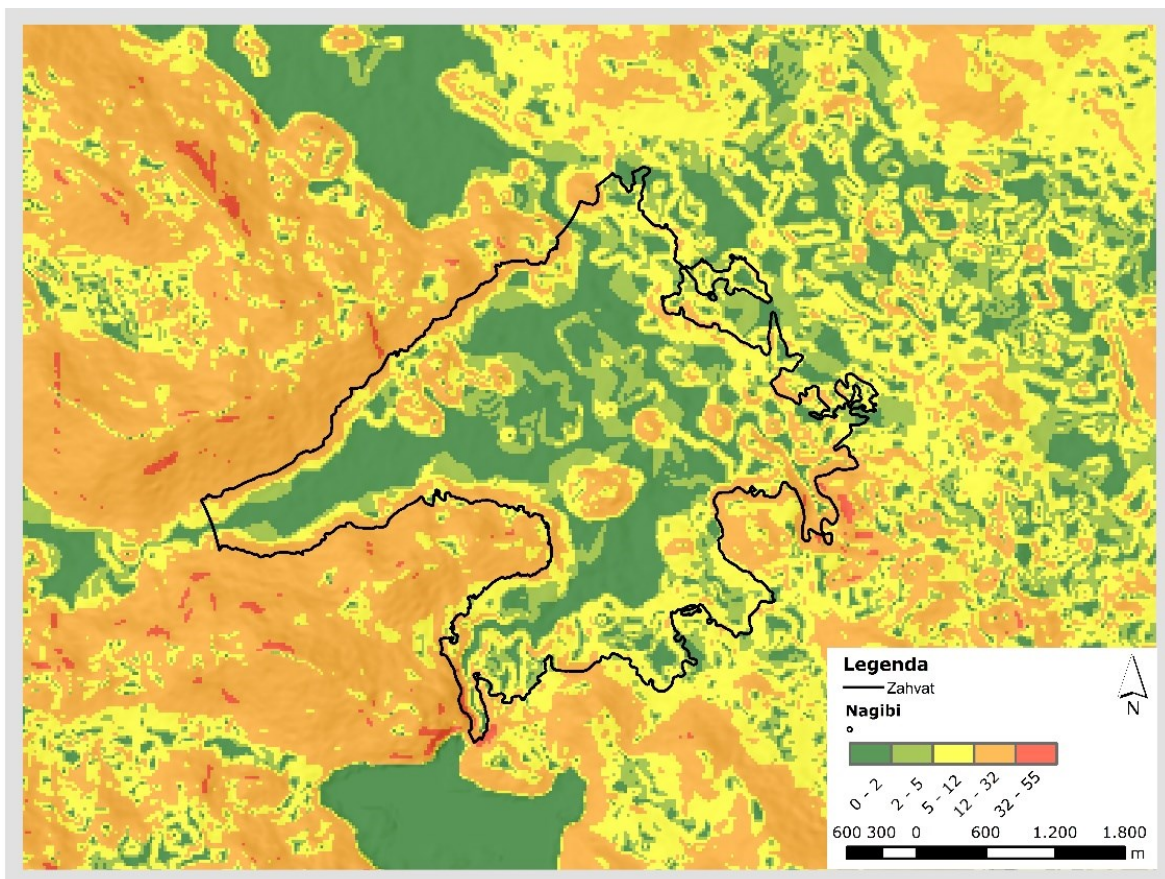
Ekspozicija odnosno izloženost padina suncu utječe na denudaciju, koroziju, sedimentaciju i hidrološke procese

na padinama. Dna polja, dolina i ponikvi su bez orijentacije te njihov udio u ukupnoj površini iznosi 2,74%. Najviše je SI orijentiranih padina te njihov udio iznosi 38%. Ukupan udio hladno i umjereno hladno orijentiranih padina je 59,9% (Slika 5). Prevladavanje hladno i umjereno hladno orijentiranih padina znači da se vlaga dulje zadržava u tlu, što omogućava razvoj vegetacije i stvaranje uvjeta za očuvanje tala. Zbog toga je proces denudacije sveden na minimum. Na SZ rubu promatranog područja predviđene akumulacije koji je ujedno i strma strana doline potoka Bakovca prevladava JI orijentacija padina čime se može predvidjeti jača denudacija uslijed povećanog sunčevog zračenja i time povećane evapotranspiracije te rjeđe vegetacije i bržeg isušivanja tla.

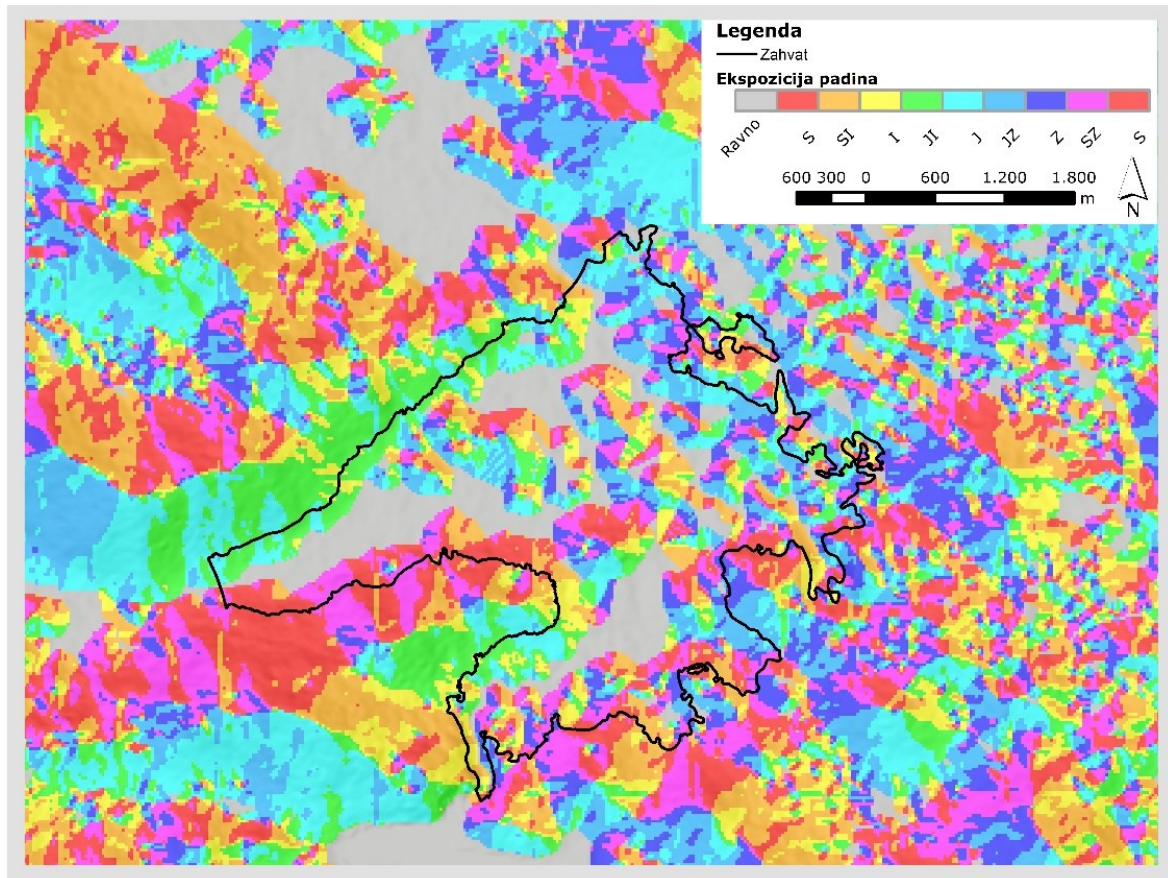
Prostor predviđene akumulacije ne zahvaća ni u jednom dijelu kategoriju najviše intrinzične vrijednosti reljefa (Slika 6). Na rubnim dijelovima predviđene akumulacije te lokalizirano unutar nje zastupljena je kategorija umjerene intrinzične vrijednosti. Jedan od važnih elemenata georazolikosti je važnost polja u kršu kao geomorfološkog oblika koji je zbog poligenetskog postanka te hidroloških značajki od iznimne vrijednosti u kontekstu Dinarskog krša i samog krša kao specifičnog okoliša općenito. Zavala polja u kršu kao egzogeomorfološki krški oblik odraz je klimatskih i okolišnih promjena kroz vremensko razdoblje koje nadilazi čovjekov vijek te se veže za vrijeme u geološkom smislu.



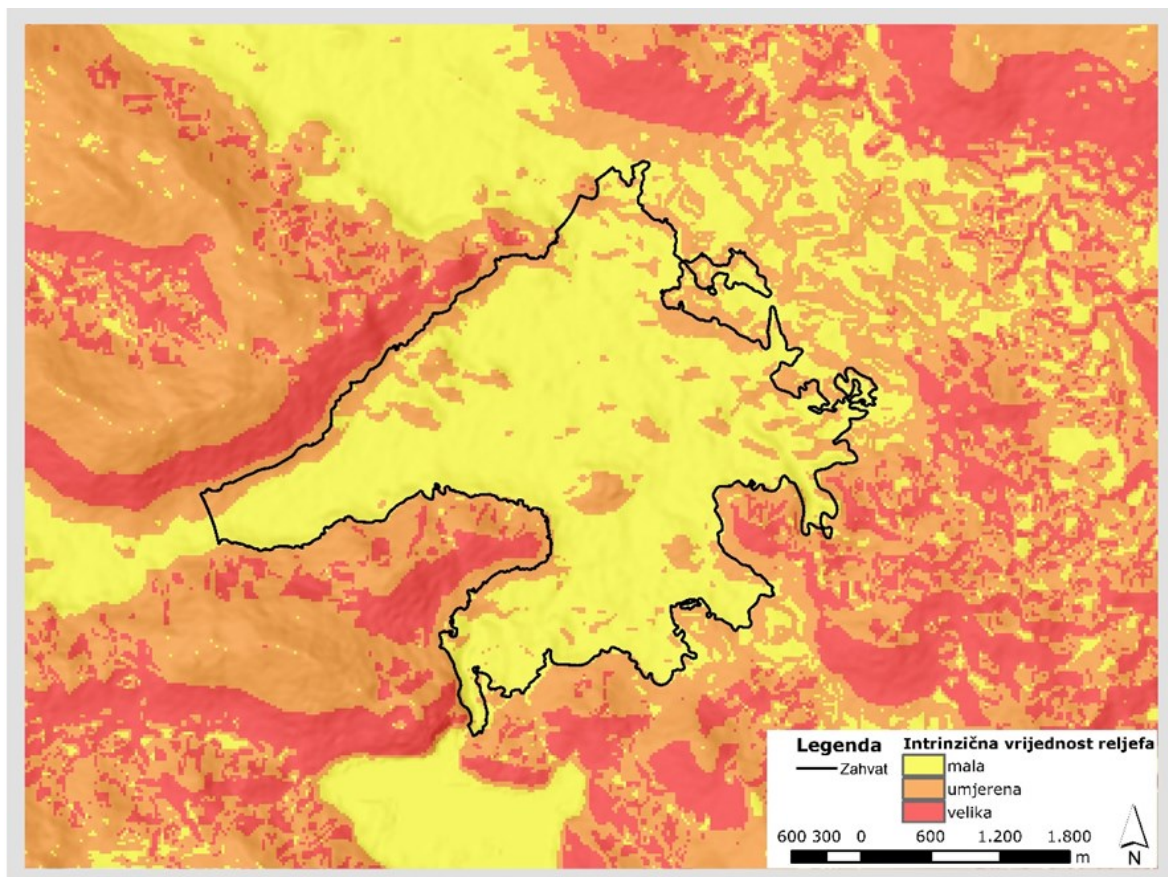
Slika 3. Vertikalna raščlanjenost reljefa područja zahvata Kosinj



Slika 4. Nagibi na području zahvata Kosinj



Slika 5. Ekspozicije na području zahvata Kosinj



Slika 6. Intrinzična vrijednost reljefa na području zahvata Kosinj

Prema listi potencijalno štetnih operacija (Gray 2013) one koje su prijetnja georaznolikosti a povezane su s promatranim zahtovom su:

- Modifikacija strukture vodotoka (npr. rijekama, potocima, izvorima, jarcima, odvodima) uključujući njihove obale i korita, kao i preusmjeravanje, pregrađivanje i jaružanje.
- Mijenjanje vodostaja i vodnog lica i korištenja voda (uključujući skladištenje i apstrakciju postojećih vodnih tijela)

Izgradnja velikih brana i akumulacija uglavnom se smatra jednim od glavnih uzroka gubitka georaznolikosti zbog inundacije geokaliteta. Osim negativnih učinaka može doći i do povoljnog učinka na georaznolikost stvaranjem novih hidroloških geokaliteta, no rijetki su slučajevi kompenzacije ukupnog gubitka georaznolikosti [8]. Najveći utjecaj bit će vidljiv u promjeni hidroloških uvjeta i stvaranju nove lokalne erozijske baze, što je vezano direktno za područje u neposrednoj blizini predviđene akumulacije.

Bitno je spomenuti tlo zavela polja u kršu jer je usko povezano s egzogeomorfološkim oblikom koji je dominantan u promatranom području. Reljef je bitan pedogenetski čimbenik jer je u promatranom području ograničavajući te se tla u kršu razvijaju u većim depresijskim oblicima kao što su Kosinjsko i Lipovo polje. S toga aspekta, gubitak obradivog tla inundacijom smatra se potpunim gubitkom dijela georaznolikosti i promatrane intrinzične vrijednosti promatranog prostora.

Može se očekivati prekid prirodnih procesa i potpuni gubitak georaznolikosti na prostoru predviđene akumulacije. Iako će dio georaznolikosti biti izgubljeno, najvrjedniji dijelovi (dijelovi područja s najvećom intrinzičnom vrijednosti) ostat će vidljivi, ali procesi na tim dijelovima područja bit će promijenjeni zbog stvaranja nove erozijske baze.

2.2. Senj 2

Orografski gledano na širem području zahvata najistaknutiji negativni orografski element je Gusić polje. Ono je dio veće morfostrukture Gackog polja. Od pozitivnih orografskih elemenata ističe se Senjsko bilo sa Z strane, greben s I te Kuterevsko pobrđe s J strane.

Šire promatrano područje pripada prostoru Vanjskih Dinarida. Područje zahvata smješteno je u rubnom, primorskom dijelu tektonske jedinice Velika Kapela unutar Dinarika. Glavna morfostruktura promatranog područja je Gusić polje koje je dio veće pull-apart strukture te se nalazi na rasjedu Brlog-Gacko polje-Ramljani, dinarskog pravca pružanja. Morfološki sklop uvjetovan je geološkom građom i tektonskim odnosima promatranog područja. Indikatori navedenog na površini terena su: škrape, duboke ponikve, uvale, istaknuti kukovi te drugi krški oblici.

Na širem promatranom području možemo izdvojiti dva morfofenetska tipa reljefa: krš i fluvioiokrš. Prevladavajući je krški reljef s razvijenom površinskom krškom morfologijom, dok je fluvioiokrški reljef razvijen na dnu dijela polja gdje je postojalo površinsko otjecanje rijeke Gacke čijim je radom nanesen nepropusni materijal, tj.

aluvij. Na promatranom prostoru može se izdvojiti pokriveni i ponikvasti krš. Pokriveni krš prevladava na strmijim padinama uzvišenja dok je ponikvasti razvijen na dijelovima dna polja. Osim navedena dva morfofenetska tipa reljefa na promatranom području nalazimo još fluvijalni reljef razvijen u koritu rijeke Gacke.

Najviša vrijednost nadmorske visine promatranog područja iznosi 780 m n.v., vrh Debelaš na krajnjem SI dok je najmanja visina 428 m n.v. te nije određena točkom već su to određene površine na sjeveru Gusić polja i na jugu prema Kompolju. Prosječna nadmorska visina cijelog promatranog područja je 533 m n.v. Hipsometrijski razredi pružaju se u smjeru SZ-JI s iznimkom na JI Gusić polja. Najzastupljenija kategorija razreda je od 450 do 500 m n.v. koji je zastupljen u Gusić polju te rubno u uvalama i dulibama. Navedeni razred zauzima 47,7% površine od ukupne površine promatranog područja. Najmanje zastupljene kategorije su najveće nadmorske visine te se odnose na prostor rubnih uzvišenja (700-750 m n.v. i 750-800 m n.v.).

Izdvojene su tri kategorije koje se i nalaze na širem području zahvata: zaravnjen reljef (0-5 m/km²), slabo raščlanjene ravnice (5-30 m/km²) i slabo raščlanjen reljef (100-300 m/km²). Na širem promatranom području najzastupljeniji je drugi razred vertikalne raščlanjenosti (slabo raščlanjene ravnice) i obuhvaća 63,7% ukupne površine. Obuhvaća strane ponikva, uvale i dulibe. Na samom području zahvata 100% prevladava najmanje raščlanjen prostor, tj. zaravnjen reljef. Treći razred zastupljen je rubno oko samog zahvata na JZ strani. Vertikalna raščlanjenost prvog i drugog razreda uvjetovana je okršenošću terena dok je treći razred uvjetovan litologijom.

Nagib padina u lokalnim okvirima predstavlja neposrednu posljedicu egzogenih procesa. Najzastupljeniji razred je od 12 do 32 ° s 30% ukupne površine i razred 5 do 12° s 33,3% ukupne površine, dok je najmanje zastupljen razred vrijednosti nagiba od 32 do 55°. Zadnji razred s najvećim vrijednostima >55° ne postoji u promatranom području. U kategoriji nagiba 5-12° (nagnuti teren) dolazi do pojačanog spiranja i kretanja masa te ta kategorija ujedno najpogodnija za genezu ponikvi što je i vidljivo u prostornoj raspodjeli.

Dna polja, dolina i ponikvi su bez orijentacije te njihov udio u ukupnoj površini iznosi 12%. Ukupan udio hladno i umjereno hladno orijentiranih padina iznosi 31% (hladne ekspozicije su S, SI i SZ). 60% promatranog prostora je orijentirano toplo i umjereno toplo. Rub predviđenog kompenzacijskog bazena nalazi se na padinama SI ekspozicije dok je ostatak površine predviđenog zahvata bez orijentacije.

Tako je na primjer hipsometrijski razred od 650-700 m n.v. bodovan s najviše bodova pošto se u njemu nalazi najviše ponikvi koje su indikatori krša te vrijedni geomorfološki oblici.

Elementi georaznolikosti koji su promatrani većinom su lokalnog značaja čime je ograničen i mogući utjecaj. U širem prostornom kontekstu (cijela Hrvatska), činjenica da je glavni geomorfološki proces koji oblikuje prostor okršavanje stavlja ovaj prostor visoko na ljestvici georaznolikosti. Posljedično, dijelovi terena koji su najokršeniji te na kojima je okršavanje najintenzivnije su

najvrjedniji te u ovom slučaju spadaju u kategoriju visoke intrinzične vrijednosti (Slika 7).

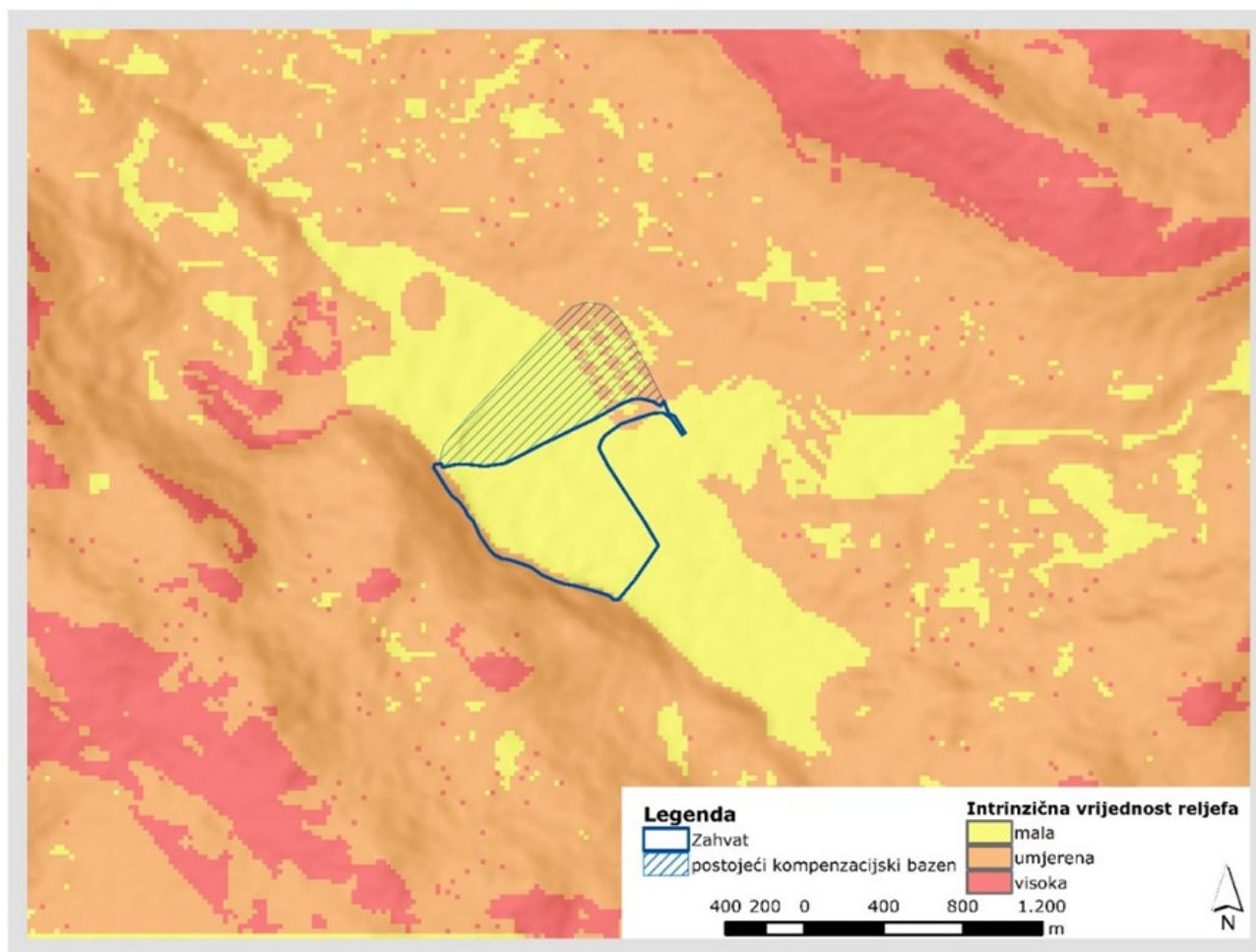
Još jedna važna značajka je da je promatrano područje dio velike zavale polja u kršu poligenetskog postanka te specifičnih hidroloških uvjeta. Recentni procesi koji prevladavaju na dnu polja su fluvijalno-erozijski i fluvijalno-akumulacijski procesi koji su na promatranom prostoru prekinuti preusmjeravanjem i reguliranjem vodotoka koji je bio glavni agens spomenutih procesa. Također promatrani dio dna polja se koristi kao poljoprivredna površina čime se gotovo u potpunosti prekidaju geomorfološki procesi dok antropogeni postaju primarni te stoga pri konačnom vrednovanju dna polja nema velik broj bodova. Dominira teren u kategoriji umjerene intrinzične vrijednosti reljefa. Postoje i točkasti

elementi koji imaju velik konačan broj bodova, a to su vrhovi uzvišenja, krške glavice, speleološki objekti, hidrogeološke pojave i dna ponikvi.

Prema listi potencijalno štetnih operacija (Gray 2013) one koje su prijetnja georaznosti a povezane su s promatranim zahvatom su:

Mijenjanje vodostaja i vodnog lica i korištenja voda (uključujući skladištenje i apstrakciju postojećih vodnih tijela).

S obzirom na to da će se samo proširiti površina koja će biti kontrolirano inundirana te da se radi o prostoru koji je izmijenjen ljudskim djelovanjem u kojem je već došlo do gubitka dijela georaznosti te gotovo i nema aktivnih geomorfoloških procesa, utjecaj na georaznost neće biti značajan.



Slika 7. Intrinzična vrijednost reljefa na području zahvata Senj 2

3. ZAKLJUČAK

Obzirom da se do sada ovakve vrste analiza nisu izvodile unutar PUO potrebno je ujednačiti pristup i metodologiju izrade same analize. Kako je osnova za proučavanje georaznosti geomorfološka analiza potrebno je na ispravan način analizirati i interpretirati geomorfološke značajke određenog područja.

Problem pri geoekološkom vrednovanju je nedostatak podataka o abiotičkom dijelu okoliša Republike Hrvatske. Nedostatak podataka koji sa sobom nosi i subjektivnost kompenzira se procjenom kriterija intrinzične vrijednosti.

Svaki zahvat te okolicu zahvata potrebno je sagledati s regionalnog aspekta (geomorfološke regije prema A. Bognaru) prije nego što započne proces geoekološkog vrednovanja. Primjerice, krš odmah u startu ima veću početnu vrijednost kao morfogenetski tip reljefa zbog svoje osjetljivosti i dinamičnosti procesa te je stoga potrebno puno detaljnije obraditi područje nego da se radi o području nekog zahvata koji nije smješten na krškoj podlozi.

Konačni rezultat korištenih metoda je identifikacija prostora koji su najvrjedniji i najdinamičniji s aspekta abiotičkog dijela okoliša. U odnosu na dobivene

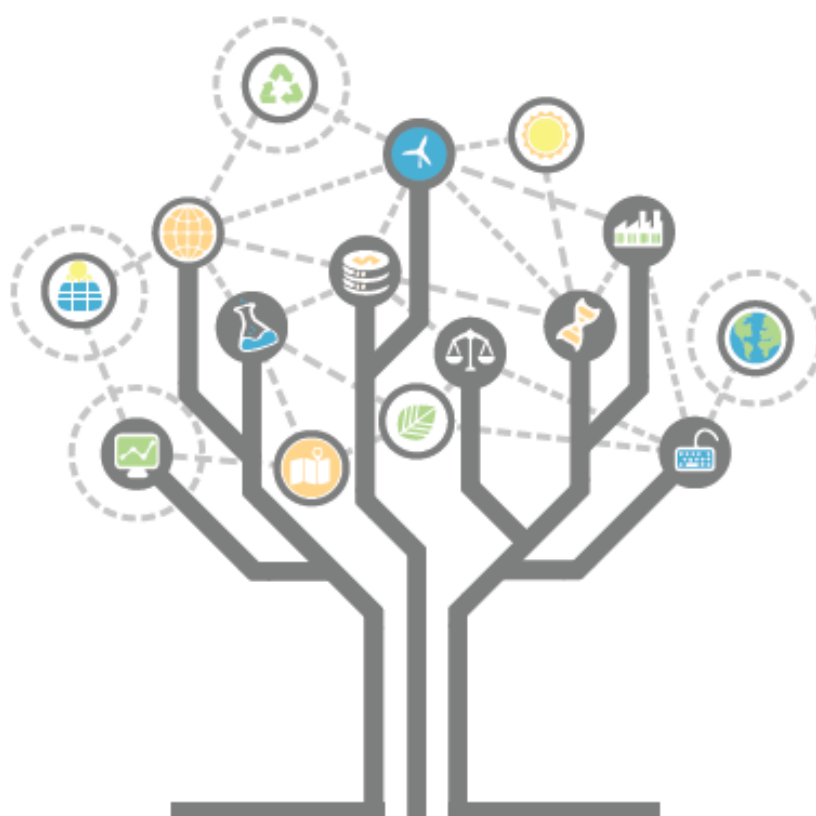
vrijednosti i prostornu distribuciju vrijednosti moguće je ocijeniti učinak zahvata na analizirano područje. S obzirom na povezanost geokosustava te bioekosustava, otvara se mogućnost poboljšanja procjene kumulativnih učinaka kao npr. Utjecaj gubitka određenog dijela georaznolikosti na bioraznolikost te obrnuto.

Važno je prepoznati i vrednovati abiotičke elemente prostora nekog zahvata jer detaljni prikaz svih sastavnica okoliša vrlo je bitan čimbenik u kvalitetnoj procjeni utjecaja zahvata na okoliš. Georaznolikosti sa svim svojim vrijednostima, intrinzičnom te onima koje nastaju u odnosu sa čovjekom (estetska, kulturna, ekonomska, znanstvena itd.) potrebno je pristupiti sa istom ozbiljnošću kao i bioraznolikosti.

4. LITERATURA

- Zakon o zaštiti prirode. NN 80/13
Strategija i akcijski plan zaštite prirode Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. – 2025. NN 72/17
Gray M. (2013.) Geodiversity, Valuing and Conserving Abiotic Nature. Second Edition. Wiley Blackwell: 0 – 495
Mamut M. (2010). Application of the Relative Relief Evaluation Method on the Example of the Rava Island (Croatia). Naše more. 57(5-6): 260 – 271
Bognar A. (2001). Geomorfološka regionalizacija Hrvatske. Acta Geographica Croatica. 34/1: 7 – 26
Lozić S. (1995). Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Republike Hrvatske. Acta Geographica Croatica. 30/1: 17 – 26
Gams I. Zeremski M. Marković M. Lisenko S. Bognar, A. (1985) Uputstvo za izradu detaljne geomorfološke karte SFRJ u razmeru 1:500.000. Odbor za geodinamiku srpske akademije nauka i umetnosti: 0 – 160
Rodrigues S.C., Silva T.I. (2012) Dam construction and loss of geodiversity in the Araguari river basin, Brazil. Land Degradation & Development. 23: 419 – 426.

FAKULTET
S KOJIM ĆEŠ
MIJENJATI SVIJET
NA
BOLJE



STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA

GEOTEHNIČKA I GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE IZGRADNJE PROIZVODNOG POGONA CEMENTA U OBROVCU

GEOTECHNICAL AND GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS FOR CONSTRUCTION CEMENT PRODUCTION FACILITIES IN OBROVAC

Marko Bradaš^{1*}, Jasmin Jug¹, Stjepan Strelec¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin, Republika Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: marko.bradas@gmail.com

Sažetak: Sastav i fizikalno-mehaničke značajke temeljnog tla su neophodne ulazne informacije potrebne za korektno projektiranje građevina. Istraživanje, obrađeno u radu, provedeno je u dvije faze: prva je bušenje sondažnih bušotina i geofizičko profiliranje metoda seizmičke refrakcije i višekanalne analize površinskih valova, druga je provedba terenskih i laboratorijskih ispitivanja jednoosne tlačne čvrstoće uzoraka stijene iz istražnih bušotina. Tijekom provedbe spomenutih istraživanja vodilo se računa o potencijalnom onečišćenju podzemnih voda tijekom eksploatacije planiranog objekta na način da je posebna pažnja posvećena ispitivanju vodopropusnosti podloge u sondažnim jamama. Vrijednosti geotehničkih parametara temeljnog tla određene su korištenjem RMR i GSI klasifikacija, te direktnim određivanjem jedinične težine, Poisson-ovog koeficijenta, kao i edometarskog, posmičnog i elastičnog modula tla.

Ključne riječi: Geotehnička i geofizička istraživanja, Jednoosna tlačna čvrstoća, RMR klasifikacija, Vodopropusnost, Geotehnički parametri.

Abstract: The composition and physical-mechanical properties of the foundation soil are indispensable inputs for buildings design. Investigations processed in paper was conducted in two phases: first is drilling the probes and geophysical profiling by seismic refraction and multichannel analysis of surface waves, second is field and laboratory testing uniaxial compressive strength rock samples from drilled probes. During the implementation of these investigations, consideration was given to the potential groundwater contamination during the exploitation of the planned facility, so special attention is paid to the testing of the water permeability in investigation pits. Geotechnical parameters of foundation soil were determined using the RMR and GSI classification, and by direct determination of unit weight, Poisson coefficient as well as oedometer, shear and elastic soil module.

Keywords: Geotechnical and geophysical investigations, Uniaxial compressive strength, RMR classification, Water permeability, Geotechnical parameters.

Received: 01.12.2017 / Accepted: 07.12.2017

Published online: 18.12.2017

Stručni rad / Technical paper

1. UVOD

Sastav i geotehničke značajke temeljne podloge predstavljaju ulazne podatke za određivanje načina i dubine temeljenja građevina, prema relevantnim kriterijima graničnih stanja temeljnog tla i konstrukcije. Za potrebe projektiranja, temeljenja i izgradnje proizvodnog pogona cementa u Obrovcu istraživanja su provedena u dvije faze. U idejnoj fazi 2006. godine provedena su preliminarna istraživanja: bušenje 10 istražnih bušotina i laboratorijska ispitivanja neporemećenih uzoraka stijene (jezgra iz bušotina). Glavna (projektna) istraživanja provedena su kombiniranjem geotehničkih i geofizičkih istražnih radova: bušenjem 22-ije istražne bušotine dubine 8 do 20 m, ispitivanjem 19 seizmičkih profila korištenjem plitke seizmičke refrakcije (RF) i višekanalne analize površinskih valova (MASW), te terenskim ispitivanjem jednoosne tlačne čvrstoće.

Općenito u cilju očuvanja kvalitete podzemne vode, u posljednje vrijeme sve se više pažnje posvećuje istraživanju i zaštiti njenih podzemnih zaliha, pogotovo na krškim područjima. Kao jedan od potencijalnih onečišćivača, koji

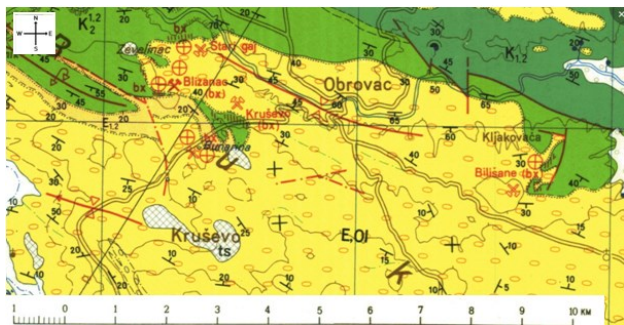
bi mogli imati značajan utjecaj na kakvoću podzemne vode, ističu se industrijska postrojenja, u koja pripadaju i pogoni za proizvodnju građevnog materijala (u ovom slučaju cementa). Iz tog razloga je izvan osnovnog programa istraživanja provedeno ispitivanje vodopropusnosti temeljnog tla/stijene u trima sondažnim jamama, mjerenjem padajuće razine vode kao rezultata procjeđivanja u promatrani medij.

Na temelju rezultata istraživanja izrađena je inženjersko-geološka karta. U razmatranja su uključeni i preliminarni istražni radovi iz 2006. godine. Jezgra iz istražnih bušotina detaljno je kartirana i analizirana prema geomehaničkoj RMR (Rock Mass Rating Sistem), te prema GSI (Geological Strength Index) klasifikaciji. Korelacijama preko brzina seizmičkih valova dobivenih geofizičkim istraživanjima, procijenjene su vrijednosti geomehaničkih parametara tla: jedinična težina, računaska otpornost, koeficijent reakcije. Vrijednost posmičnog modula je dobivena na osnovu izmjerene brzine posmičnih valova. Referencirani izrazi iz područja mehanike stijena iskorišteni su

za određivanje kriterija sloma, modula elastičnosti i granične nosivosti stijenske mase.

2. OPĆI GEOLOŠKI SMJEŠTAJ LOKACIJE

Istraženo područje dio je sjeverne Dalmacije, odnosno Ravnih Kotara, u predjelu između Obrovca i Benkovca. Ono je obuhvaćeno Osnovnom geološkom kartom, List Obrovac (Ivanović et al. 1976), prema kojoj stijene istraženog prostora pripadaju u sedimente iz razdoblja eocen - oligocen (E, Ol) (Slika 1). Istraženi lokalitet pripada konglomeratnoj jedinici Promina naslaga, s tim da se determinirani sedimenti razlikuju u okolišu taloženja. Determinirani konglomerati, kalkareniti i fino-zrnati sedimenti zapravo su aluvijalni sedimenti pridošli tekućicama, koje su tekle iz izdignutih Dinarida i pri tome erodirale sedimente karbonatne platforme, transportirale i odlagale materijal na kopnenom ili marinskom prostoru. Navedeni Promina sedimenti sjeverozapadnog ruba Ravnih Kotara upućuju na to da je sjeverna Dalmacija bila nisko položeno područje u čijoj su se blizini nalazile rane tvorbe Velebita.



Slika 1. Isječak osnovne geološke karte, list L 33-140 Obrovac (Ivanović et al. 1976)

3. GEOFIZIČKI ISTRAŽNI RADOVI

Razvoj seizmičkih metoda posljednjih desetljeća, osobito višekanalne analize površinskih valova (MASW - Multi-Channel Analysis of Surface Waves) omogućava određivanje brzine posmičnih valova podpovršinskih materijala. Plitkom seizmičkom refrakcijom (RF) mjere se vremena prvih nailazaka, koji se potom očitavaju sa snimljenih seizmograma. Prvi se nailasci odnose na uzdužne P ili poprečne S valove, što ovisi o načinu generiranja seizmičkog poremećaja. "Pikiranje" i korespondencija vremena odgovarajućim refraktorima najosjetljiviji je dio prilikom interpretacije. Princip CAD (computer aided tomography) daje korektnu sliku kad god se uvažavaju relevantni podaci geotehničkog profila. Na spomenuti se način ujedno umanjuje moguća više-smislenosti zbog inverzije brzina po dubini (Strelec 2016). Seizmički dispozitiv kod istraživanja iz ovog rada sastojao se od 24 vertikalna geofona frekvencije 4.5 Hz, koji su bili postavljeni na međusobnom razmaku od 2 m. Pri interpretaciji MASW mjerenja koristio se fundamentalni ili osnovni mod M0. Seizmička istraživanja izvedena su na ukupno 19 profila (na svakom profilu RF i MASW) (Tablica 1), a kao primjer rezultata na Slici 2 nalazi se interpretacija profila F-RF-1 (Grabar et al. 2016).

4. GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI

Na predmetnoj lokaciji geotehnički istražni radovi provedeni su bušenjem ukupno 32-ije istražne bušotine. Preliminarnim istraživanjem tijekom 2006. godine izbušeno je 10 bušotina, dubine 25 do 30 m. Po završetku bušenja provedena je terenska identifikacija i inženjersko-geološka klasifikacija nabušene jezgre, te su uzeti neporemećeni uzorci za provedbu laboratorijskih ispitivanja jednoosne tlačne čvrstoće. Podaci iz 2006. godine uključeni su u analizu rezultata iz glavne faze istraživanja.

Glavna faza izvedena je tijekom 2016. godine, pri čemu su izbušene 22 istražne bušotine dubine 8 do 20 m (Tablica 1). Bušenje je izvedeno rotacijskom metodom uz kontinuirano jezgrovanje, primjenom dvostrukih jezgrenih cijevi i cirkulacije vode. Za bušenje su korištene krune s dijamantima, srednje-zrnate gradacije. Po završetku bušenja, provedena je terenska identifikacija i inženjersko-geološka klasifikacija nabušene jezgre, te su izvršena terenska ispitivanja jednoosne tlačne čvrstoće na odabranim dijelovima jezgre.

Kao primjer rezultata istraživanja bušenjem u glavnoj fazi na Slici 3 prikazan je litološki profil bušotine BF-22. Na Slici 4 vidljiva je fotodokumentacija nabušene jezgre iz iste bušotine. Tlocrtni smještaj izvedenih bušotina u preliminarnoj i glavnoj fazi istraživanja nalazi se na inženjersko-geološkoj karti (Slika 5).

4.1. Interpretacija geološke građe istraženog područja prema litološkim podacima iz istraženih bušotina

Iz istražno-geoloških bušotina determinirani su konglomerati, kalkareniti i fino-zrnati sedimenti, koji se međusobno izmjenjuju u vertikalnom slijedu. Konglomerati zrnaste potpore, kod kojih prevladava šljunak i nedostatak sitnozrnatog sedimenta, upućuju na prepleteni karakter rijeke. Poluuglati do poluzaobljeni klasti koji se nalaze u konglomeratima transportiranim kratkim tokom, upućuju na blizinu tektonikom kontroliranog izvora sedimenta.

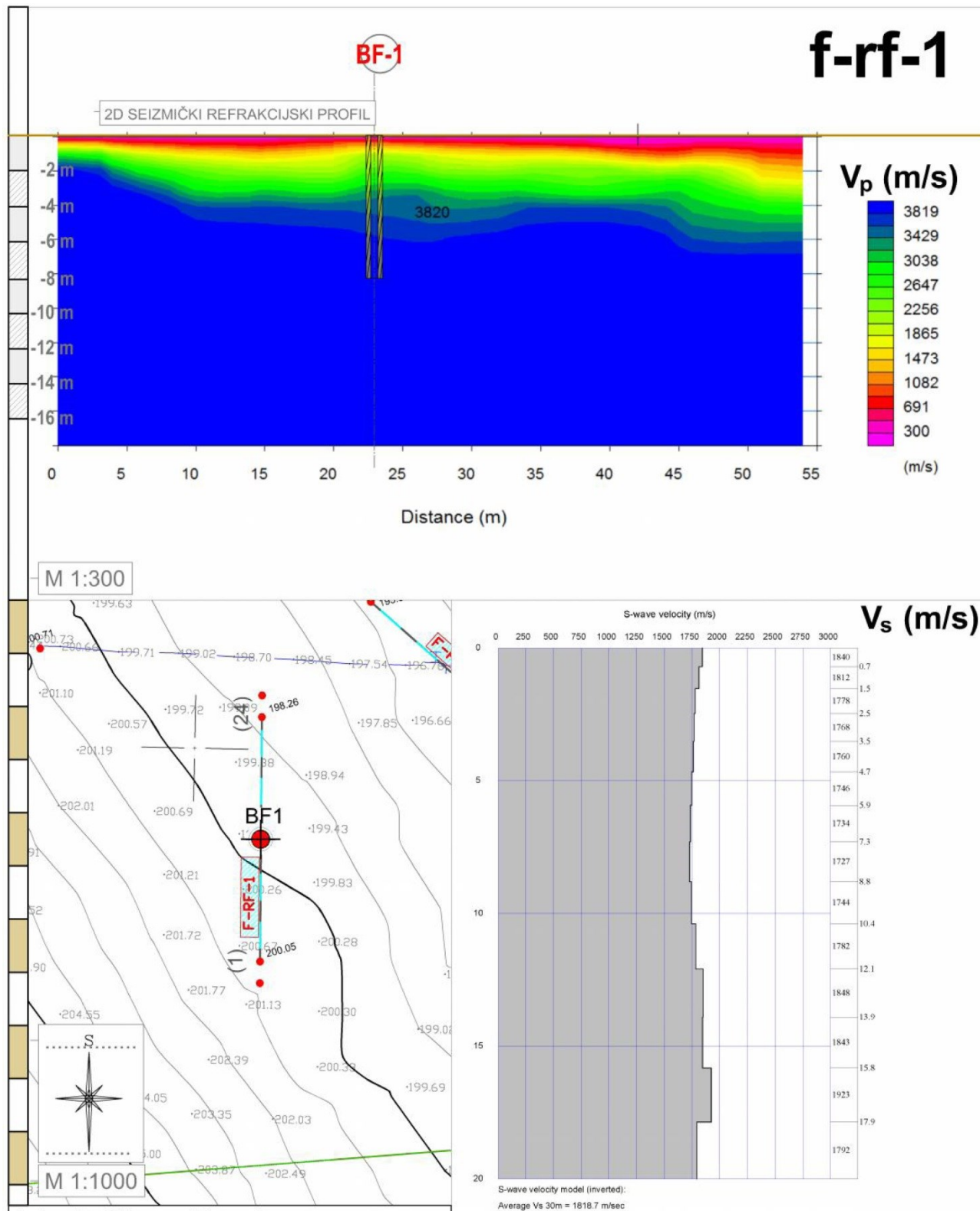
Valutice promjera 64 mm, te blokovi čije dimenzije prelaze dvadesetak centimetara (determinirane u konglomeratima) zapravo su sedimenti prudova i korita. Oni nastaju u riječnim sustavima, koji unutar glavnog imaju više međusobno prepletenih, manjih korita.

Determinirani sitnozrnati i pješčani matriks koji se nalazi u većini konglomerata nije mogao biti taložen zajedno s velikim klastima, nego je infiltriran, odnosno upućuju na razdoblje taloženja iz polaganih struja u napuštenim koritima. U te je kanale povremeno donošen pijesak ili sitnozrnati šljunak. Proslojci kalkarenita unutar konglomerata zapravo su erozijski ostaci pijesaka kakvi se talože na raznim šljunčanim formama za vrijeme niskih voda (Babić & Zupanić 1988).

Finozrnati sedimenti dokumentiraju razdoblje taloženja mulja iz polaganih struja. On je taložen u zaštićenim depresijama ili različitim napuštenim kanalima u koje je povremeno donošen sitnozrnati šljunak ili pijesak. Ta područja bila su duže vrijeme pod vodom, te se slični sedimenti nalaze i na poplavnoj ravnici.

Pravilna izmjena konglomerata i kalkarenita, te kalkarenita i fino-zrnatog sedimenta upućuju na neprestano obnavljanje izvora tog detritusa. Tako velika količina sedimenta morala je dolaziti jakim planinskim rijekama iz neposredne blizine, osim jakih planinskih rijeka, u tom taložnom okolišu nalazile su se strme i stjenovite planinske padine i sipari.

Na to nam ukazuje konglomerat koji sadrži uglate do poluzaobljene klaste, koji su vrlo kratkim tokom bili transportirani od sipara do mjesta taloženja (Grabar et al. 2016). Inženjersko-geološka karta nastala predmetnim istraživanjem nalazi se na Slici 5.



Slika 2. Prikaz rezultata i interpretacije seizmičkog profila F-RF-1 (Grabar et al. 2016)

Apsolutna visina / dubina (m)	Oznaka	OPIS SLOJEVA	Dubina (m)	CR (%)	RQD (%)	FF (br/m)	Odskok skleromet. / Schmidt (H)	JRC10 (0-20)	Stupanj tvrdose (R0-R6)	Stupanj trošnosti	RIPV	UZDRAK	LABORATORIJSKI REZULTATI - tlačna čvrstoća UCS (MPa)	RMR / GSI
0		Površina terena	0											
189.3		Nasip Nasuti teren od kamena iz iskopa, oštrobridni fragmenti širokog raspona dimenzija, ispunjena od gline i pjeskovitog praha.	100	-	-	-								
	1		100	-	-	-								
	2		100	-	-	-								
3			3											
186.3		šupljina	20	-	-	-								
185.5		Nasip	100	-	-	-								
	5		100	70	34	-								
5.8			6											
183.5		Konglomerat Izuzetno trošni i raspucali konglomerat, loše sortiran, raspada se pod pritiskom ruke. Prisutna potpora matriksa koja je izuzetno trošna. Rubovi zrna su trošni, oštri. Od 5,8-6,0 vertikalna pukotina ispunjena sekundarnim kalcitom, okršavanje. Od 6,0-6,7 nekoliko pukotina pod 45°.	100	56	19	44	8 ÷ 10						19/14	
6.7			7	100	100	5	42	12 ÷ 14				(35)	65,00	
182.6		Konglomerat Izuzetno loše sortirani konglomerat. Većinom zrske potpore. U pojedinim intervalima razmrvljen i ispucale pukotine su ispunjene glinovitim komponentama crvene boje. U intervalu 7,4 i na 8,6 pukotine su pod 45°. Od 9,4-9,5 vertikalne pukotine u kojoj je razmrvljeni trošni materijal.	100	92	8	44	12 ÷ 14	R3	III			(36)	34/29	
	9		100	78	13	32	12 ÷ 14					(37)	81,08	
10.3			10	100	62	21	34							
179		Trošna zona Trošna zona s fragmentima konglomerata duljine do 30-ak cm. U toj zoni je konglomerat izuzetno trošan, rasut, raspucali, pod pritiskom ruke se drobi i mirvi. Pukotine pod 45°: 10,6-10,7 ; 12,3-12,4 ; 14,5 m Pod 90°: 11,1-11,2 ; 13,4-14,0 ; 14,8-15 m	11	100	49	9	-							
	12		100	54	12	42	-	-	V					
	13		100	30	16	-								
15			14	100	-	18	-							
174.3		Kraj bušotine	15											

Slika 3. Sondazni prikaz istražne bušotine BF-22 (Grabar et al. 2016)

Tablica 1. Prikaz izvedenih radova u glavnoj fazi istraživanja, u ovisnosti o pojedinim objektima pogona

OBJEKT		BUŠOTINE	DUBINA BUŠOTINE (m)	UKUPNO BUŠENJA (m)	GEOFIZIČKI PROFILI L=55 m
G-01 P2	Spremište vapnenca	BF - 1	8.0	32.0	F-RF-1
		BF - 2	8.0		F-RF-2
		BF - 3	8.0		F-RF-3
		BF - 4	8.0		F-RF-4
G-01 P3	Spremište gline	BF - 5	8.0	8.0	F-RF-5
G-01 P4	Spremište gipsa i aditiva	BF - 6	8.0	8.0	F-RF-6
G-01 P5	Spremište ugljena	BF - 7	15.0	23.0	F-RF-7
		BF - 8	8.0		F-RF-8
G-01 P7	Doziranje sirovina	BF - 9	15.0	15.	F-RF-9
G-01 P8	Drobljenje sirovina u vertikalnom mlinu	BF - 10	8.0	8.0	F-RF-10
G-01 P9	Silos sirovinskog brašna s transporterom	BF - 11	15.0	15.0	F-RF-11
G-01 P10	Predgrijač	BF - 12	15.0	35.0	F-RF-12
		BF - 13	20.		F-RF-13
G-01 P15	Mlin za mljevenje i transport ugljena	BF - 14	8.0	8.0	-
					F-RF-14
G-01 P16	Transport i skladištenje klinkera	BF - 15	8.0	51.0	F-RF-15
		BF - 16	15.0		F-RF-16
		BF - 17	20.0		-
		BF - 18	8.0		-
G-01 P18	Mljevenje cementa i doziranje sastojaka	BF - 19	8.0	8.0	F-RF-17
G-01 P20	Transport i skladištenje cementa	BF - 20	15.0	50.0	F-RF-18
		BF - 21	20.0		F-RF-19
		BF - 22	15.0		-
UKUPNO ISPITIVANJA		22 BUŠOTINE		261.0m	19 PROFILA

4.2. Geomehanička klasifikacija jezgre iz istraženih bušotina (RMR)

Prilikom determinacije jezgre iz bušotina, uz detaljan inženjersko-geološki opis, korištena je geomehanička klasifikacija poznata pod nazivom RMR sustav (Rock Mass Rating Sistem), koju je 1973. godine razvio Bieniawski. Posljednje promjene u RMR sustavu nastale su 1989. godine (RMR89) (Bieniawski 1989), te je u takvom obliku korištena prilikom istraživanja iz ovog rada. Klasifikacija je bila pogodna jer prvenstveno namijenjena rješavanju inženjerskih problema u mehanici stijena, a temelji se na pridavanju bodova, odnosno bezdimenzionalnih koeficijenata za stanje stijenske mase. Prilikom postupka klasificiranja, boduje se sljedećih šest parametara (Tablica 2) (Bieniawski 1989):

1. Jednoosna tlačna čvrstoća (intaktne stijene),
2. Indeks kvalitete jezgre (RQD),
3. Razmak diskontinuiteta (učestalost),
4. Stanje pukotina (svojstva),
5. Stanje podzemne vode,
6. Orijentacija pukotina u odnosu na objekt.

Svi ovi parametri dobiveni su na terenu izravnim motrenjem i pregledom jezgre. Jednoosna tlačna čvrstoća mjerena je pomoću Schmitovog čekića, uz korištenje **Tablice 3** koja je korisna kod terenske procjene jednoosne tlačne čvrstoće, jer zahtijeva jednostavne pokuse na terenu.

Kod bodovanja u RMR sustavu primijenjena je korekcija bodova, pošto se bodovanje koristilo za potrebe temeljenja (svakom rezultatu dobivenom RMR89 klasifikacijom oduzeto je 15 bodova) (Grabar et al. 2016).

Koncept GSI (Geological Strength Indeks) klasifikacije je jednostavniji od RMR klasifikacije. Tim se numeričkim indeksom procjenjuje veličina redukcije jednoosne tlačne čvrstoće stijenske mase u različitim geološkim uvjetima. GSI klasifikacija uključuje novije verzije originalne RMR klasifikacije (Bieniawski 1976, 1989), te je na osnovu toga uspostavljen odnos između GSI i RMR (Hoek et al. 1995), koji vrijedi za stijenske mase s ocjenom $RMR_{89} > 23$. Prema tom odnosu GSI vrijednost dobiva se oduzimanjem vrijednosti 5 od dobivene RMR89 ocjene. Primjer kalkulacije RMR, odnosno GSI indeksa prikazan je u **Tablici 4**.



Slika 4. Prikaz jezgre istražne bušotine BF-22 (Grabar et al. 2016)

5. ISPITIVANJE VODOPROPUSNOSTI TERENA

Krš dinarskog područja ima specifična hidrogeološka obilježja: mnoštvo krških geomorfoloških oblika, nepostojanje zaštitnih pokrovnih naslaga, koncentrirano poniranje površinskih vodnih tokova, velike brzine tečenja kroz kanale i pukotine u podzemlju što podrazumijeva kratko vrijeme zadržavanja tijekom njihova poniranja. Sve to pogoduje preživljavanju mikroorganizama i omogućuje širenje potencijalnog onečišćenja s površine u kratkom vremenu na velike udaljenosti, a otopljene otpadne tvari ne mogu se pročistiti na prirodan način (Biondić B. & Biondić R. 2014). Navedene spoznaje uzete su u obzir prilikom glavnih istražnih radova 2016. godine, pošto se industrijska postrojenja, u koja pripadaju i pogoni za proizvodnju građevnog materijala (u ovom slučaju cementa), ubrajaju u potencijalne onečišćivače koji bi mogli imati značajan utjecaj na kakvoću podzemne vode. Zato je uz osnovni program istraživanja provedeno i ispitivanje vodopropusnosti terena u sondažnim jamama, mjerenjem padajuće razine vode kao rezultata procjeđivanja u tlo, odnosno stijensku masu.

Vodopropusnost terena ispitana je u tri sondažne jame (SJ-1, SJ-2 i SJ-3) na sjevernom dijelu istražnog prostora. Lokacije su odabrane od strane investitora, a odgovaraju prostoru koji je tehnološki predviđen za obradu otpadnih industrijskih voda. Položaj SJ-3 (Slika 6) pokazao je veliku vodopropusnost s izmjerenom upojnošću od 8757 l/h (Slika 8), što je nepovoljno s aspekta zaštite podzemnih vodonosnika. S druge strane lokacije SJ-1 i SJ-2 (Slika 7)

imaju zanemarivu vodopropusnost (izmjerena vodoupojnost na SJ-2 iznosi 75 l/h, Slika 9).

Prema rezultatima ispitivanja vodoupojnosti može se reći kako se sondažne jame SJ-1 i SJ-2 položajno nalaze na prostoru debelog glinovitog pokrivača. Na lokaciji SJ-1 u podini je determiniran i karbonatni prah (silt), koji je gotovo vodonepropustan. Na ovom prostoru je i formirano jezerce, a sve zbog položaja nepropusnog pokrivača. Na lokaciji SJ-3 otkrivena je značajna vodopropusnost, što upućuje na nepostojanje nepropusnog pokrivača iznad raspucane sedimentne stijene (Slika 6). Zbog toga je preporučeno da se postrojenje za obradu otpadnih voda ne smješta na prostoru SJ-3.

6. GEOTEHNIČKE ZNAČAJKE TEMELJNE PODLOGE

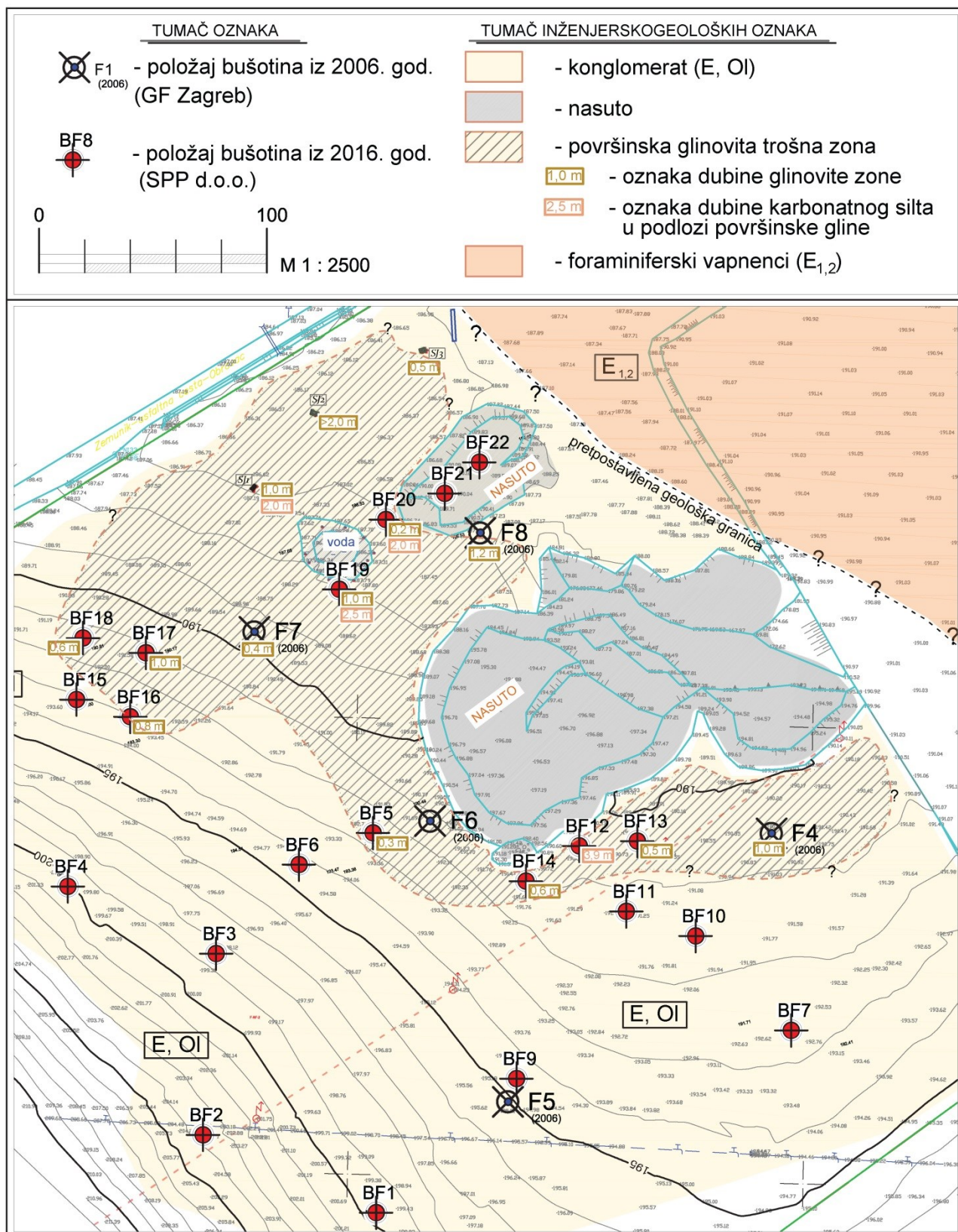
Analizom podataka dobivenih istražnim bušenjem, klasifikacijom stijenske mase (RMR89 i GSI) i seizmičkim istraživanjem, za izradu geostatičkih proračuna utvrđeni su litološki članovi, te su usvojeni njihovi geomehnički parametri, mjerodavni za predmetnu istražnu lokaciju.

Površinska litološka jedinica u obliku pokrivača sastoji se od viskoplastične gline s kršjem stijene, a mjestimice je to i zaglinjeno kršje. Ovaj materijal uglavnom će se uklanjati kod pripreme i uređenja temeljnog tla.

Površinska litološka jedinica u obliku pokrivača sastoji se od viskoplastične gline s kršjem stijene, a mjestimice je to i zaglinjeno kršje. Ovaj materijal uglavnom će se uklanjati kod pripreme i uređenja temeljnog tla.

Konglomerat je glavna stijena istražnog prostora. Isti je izrazito nesortiran i promjenjive trošnosti, pa se jednoosna tlačna čvrstoća uzoraka kreće u širokim granicama. Ispitana je tlačna čvrstoća na ukupno 41 intaktnom uzorku jezgre iz bušotina. Maksimalna izmjerena tlačna čvrstoća iznosi $\sigma_c = 116$ MPa, dok je minimalna čvrstoća na sitnozrnatom uzorku (karbonatni pješčenjak do silt) $\sigma_c = 15$ MPa, no to su vrijednosti koje predstavljaju ekstreme. Prosječna tlačna čvrstoća stijene konglomerata može se usvojiti $\sigma_c = 50-55$ MPa za kompaktnu stijenu na većim dubinama, odnosno $\sigma_c = 20-25$ MPa za pliće trošne dijelove stijene.

Kvaliteta stijenske mase klasificirana je sukladno RMR i GSI sustavu, za svaki interval jezgre iz bušotina. Postupkom klasificiranja koji je opisan u poglavlju 4.2. dobivene su maksimalne vrijednosti, prema kojima je najveći dobiveni RMR indeks jednak 36, iz čega slijedi da je GSI = 31. S druge strane, minimalne dobivene vrijednosti su 10 za RMR, odnosno 5 za GSI. Prosječna kvaliteta kompaktnog dijela stijene ocijenjena je sa RMR / GSI = 29 / 24, a trošnog dijela stijene iznosi RMR / GSI = 17 / 12.



Slika 5. Inženjersko-geološka karta istraživanog područja (Grabar et al. 2016)

Tablica 2. Sistem bodovanja kod RMR klasifikacije (Bieniawski 1989)

Parametri			Vrijednosti parametra						
1	Čvrstoća intaktne stijene (MPa)	Indeks čvrstoće u točki	>10	4-10	2-4	1-2	Preporuča se ispitati jednoosnu tlačnu čvrstoću		
		Jednoosna tlačna čvrstoća	250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
	Bodovi	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Bodovi		20	17	13	8	3		
3	Razmak diskontinuiteta		>2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	Bodovi		20	15	10	8	5		
4	Stanje diskontinuiteta		Vrlo hrapave površine Nisu kontinuirani Zijev=0 mm Zidovi nisu rastrošni	Neznatno hrapave površine Zijev <1 mm Stijena u zidovima neznatno rastrošna	Neznatno hrapave površine Zijev <1 mm Stijena u zidovima jako rastrošna	Skliski ili ispuna <5 mm debljine Zijev 1-5 mm Kontinuirani	Mekana ispuna > 5mm debljine ili Zijev >5 mm Kontinuirani		
	Bodovi		30	22	13	6	0		
5	Podzemna voda	Dotok na 10 m duljine tunela (l/m)	nema	<10	10-25	25-125	>125		
		Odnos tlaka pukotinske vode i većeg glavnog naprezanja	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Općeniti uvjeti	kompletno suho	vlažno	mokro	kapanje	tečenje		
	Bodovi		15	10	7	4	0		



Slika 6. Sondažna jama SJ-3



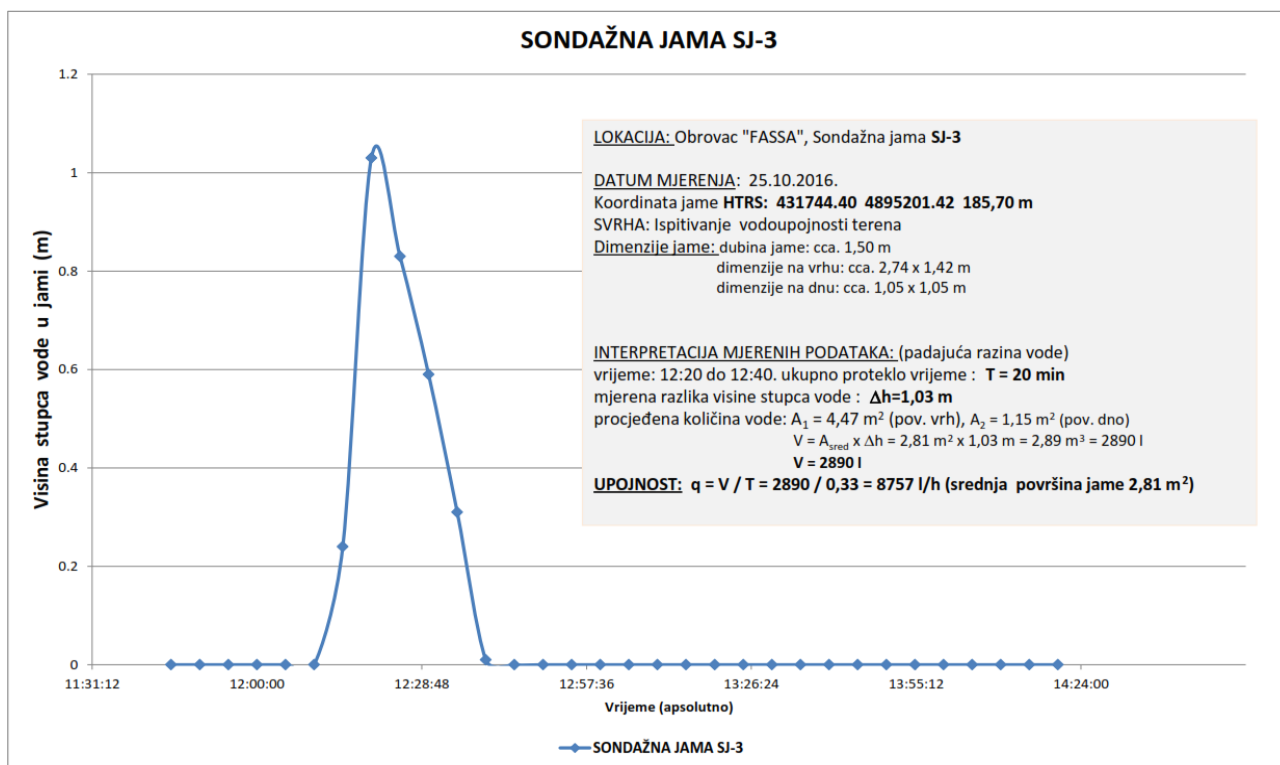
Slika 7. Sondažna jama SJ-2

Tablica 3. Procjena jednoosne čvrstoće jednostavnim pokusima na terenu (ISRM 1978)

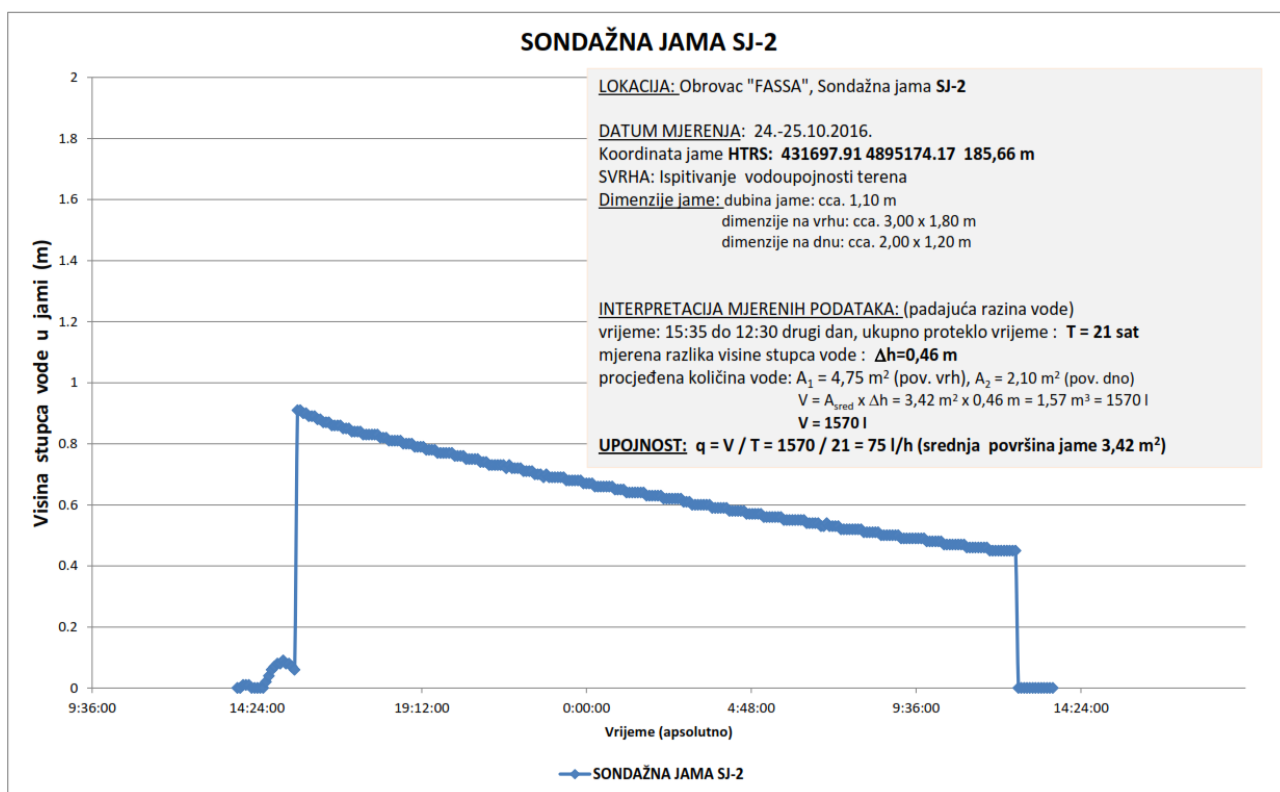
Opis	Terenska identifikacija	Stupanj tvrdoće	Aproks. Područje čvrst. Na pritisak (mpa)
Ekstremno slaba stijena	Para se noktom	R0	0,25 - 1,0
Vrlo slaba stijena	Mrvi se pri jačem udarcu geološkim čekićem, može se rezati nožićem	R1	1,0 - 5,0
Slaba stijena	Može se rezati nožićem	R2	5,0 - 25,0
Srednje čvrsta stijena	Ne može se rezati nožićem, uzorak se može razbiti udarcem geološkog čekića	R3	25,0 - 50,0
Čvrsta stijena	Uzorak zahtjeva više od jednog udarca geološkim čekićem	R4	50,0 - 100,0
Vrlo čvrsta stijena	Uzorak zahtjeva mnogo udaraca geološkim čekićem da bi bio razbijen	R5	100,0 - 250,0
Ekstremno čvrsta stijena	Uzorak se može samo odlamati pomoću geološkog čekića	R6	>250

Tablica 4. Primjer kalkulacije u RMR klasifikacijskom sustavu

	Vrijednosti parametara	Dodijeljeni bodovi
Jednoosna tlačna čvrstoća (MPa)	0,2,4,7,12,15	4
Indeks kvalitete jezgre (RQD)	3,8,13,17,20	13
Razmak diskontinuiteta (m)	5,8,10,15,20	8
Duljina diskontinuiteta (m)	0,1,2,4,6	0
Zijev diskontinuiteta (mm)	0,1,4,5,6	1
Hrapavost diskontinuiteta	0,1,3,5,6	5
Ispuna diskontinuiteta	0,2,2,4,6	6
Rastrošnost zidova	0,1,2,4,6	2
Korekcija bodova - temelji	-15	-15
UKUPNO RMR		24
OZNAKA KATEGORIJE	I-V	IV
KOHEZIJA (kPa)	<100-400>	
KUT TRENJA (stupnjevi)	<15-45>	
GSi VRIJEDNOSTI		19



Slika 8. Mjerenje vodopropusnosti terena SJ-3 (Grabar et al. 2016)



Slika 9. Mjerenje vodopropusnosti terena SJ-2 (Grabar et al. 2016)

6.1. Karakteristike temeljne podloge iz seizmičkih istraživanja

Jedinična težina (γ) dobivena je **Izrazom 1**, računaska otpornost temeljnog tla (q_a) **Izrazom 2**, koeficijent reakcije tla (k_s) **Izrazom 3**, a radi se o korelacijskim izrazima iz literature (Tezcan et al. 2009). Na temelju rezultata provedenih seizmičkih geofizičkih istraživanja (**Slika 2**) usvojene su vrijednosti brzina primarnih ($v_p = 2000 - 4200$ m/s) i posmičnih valova ($v_s = 700-2200$ m/s).

$$\gamma = 18 + 0,002 * v_p \quad (1)$$

$$q_a = 0,1 * \gamma * v_s * \frac{1}{n} \quad (2)$$

$$k_s = 4 * \gamma * v_s \quad (3)$$

Posmični modul (G_0) dobiven je na osnovi brzine posmičnih valova prema **Izrazu 4**, u kojem alfa koeficijent (α) kvadra odnosa brzine primarnih i posmičnih valova prema **Izrazu 5**. Poisson-ov koeficijent tla (ϑ) također je dobiven pomoću alfa koeficijenta (**Izraz 6**). Edometarski modul tla (E_{oed}) dobiven je **Izrazom 8**, iz veze s posmičnim modulom prema **Izrazu 7**. Modul elastičnosti tla (E) proračunat je na temelju dobivenih vrijednosti Poisson-ovog koeficijenta i edometarskog modula, prema **Izrazu 9**. Proračunate vrijednosti prikazane su u **Tablici 5**.

$$G_0 = \rho * V_s^2 \quad (4)$$

$$\alpha = \left(\frac{v_p}{v_s}\right)^2 \quad (5)$$

$$\vartheta = \frac{\alpha - 2}{2(\alpha - 1)} \quad (6)$$

$$E_0 = \frac{(3\alpha - 4) * G_0}{\alpha - 1} \quad (7)$$

$$E_{oed} = \frac{\alpha * E_0}{2 * (3\alpha - 4)} \quad (8)$$

$$E = \frac{E_{oed} * (1 + \vartheta) * (1 - 2\vartheta)}{(1 - \vartheta)} \quad (9)$$

Tablica 5. Geomehanički parametri temeljne podloge dobiveni korelacijama iz rezultata seizmičkih istraživanja

Karakteristike tla iz seizmičkih istraživanja	min.	maks.
Jedinična težina	22 [kN/m ³]	26 [kN/m ³]
Računska otpornost	380 [kPa]	2045 [kPa]
Koeficijent reakcije	61600 [kN/m ³]	232300 [kN/m ³]
Alfa koeficijent	2	3.64
Poisson-ov koeficijent	0.31	0.38
Posmični modul	1176000 [kN/m ²]	11616000 [kN/m ²]
Edometarski modul	530 [kN/m ²]	2650 [kN/m ²]
Modul elastičnosti	384 [kN/m ²]	1915 [kN/m ²]

6.2. Karakteristike temeljne podloge iz klasifikacijskih analiza

Modul elastičnosti stijenske mase u temeljnoj podlozi proračunat je korištenjem **Izraza 10** (Hoek & Diederich 2006), pri čemu je za proračun usvojena jednoaksijalna tlačna čvrstoća za trošnu stijenu 25 MPa, a za kompaktnu 50 MPa. Za proračun je usvojena vrijednost 0 za faktor poremećenosti stijenske mase (D) (Hoek & Brown 1980). Modul elastičnosti za prosječne vrijednosti mjerenih vrijednosti kvalitete stijenske mase prikazan je u **Tablici 6**.

$$E_m = 100000 * \left(\frac{1 - D/2}{1 + e^{\left(\frac{(75 + 25 * D - GSI)}{11} \right)}} \right) \quad (10)$$

Tablica 6. Moduli elastičnosti temeljne podloge dobiveni na temelju rezultata klasifikacijskih analiza

			E_m (MPa)
RMR	29	Kompaktna stijena	960
GSI	24		
RMR	17	Trošna stijena	330
GSI	12		

Kriterij sloma stijenske mase definiran je generaliziranim Hoek-Brown-ovim kriterijem čvrstoće prema **Izrazu 11** (Hoek et al. 2002).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c * \left(m_b * \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a \quad (11)$$

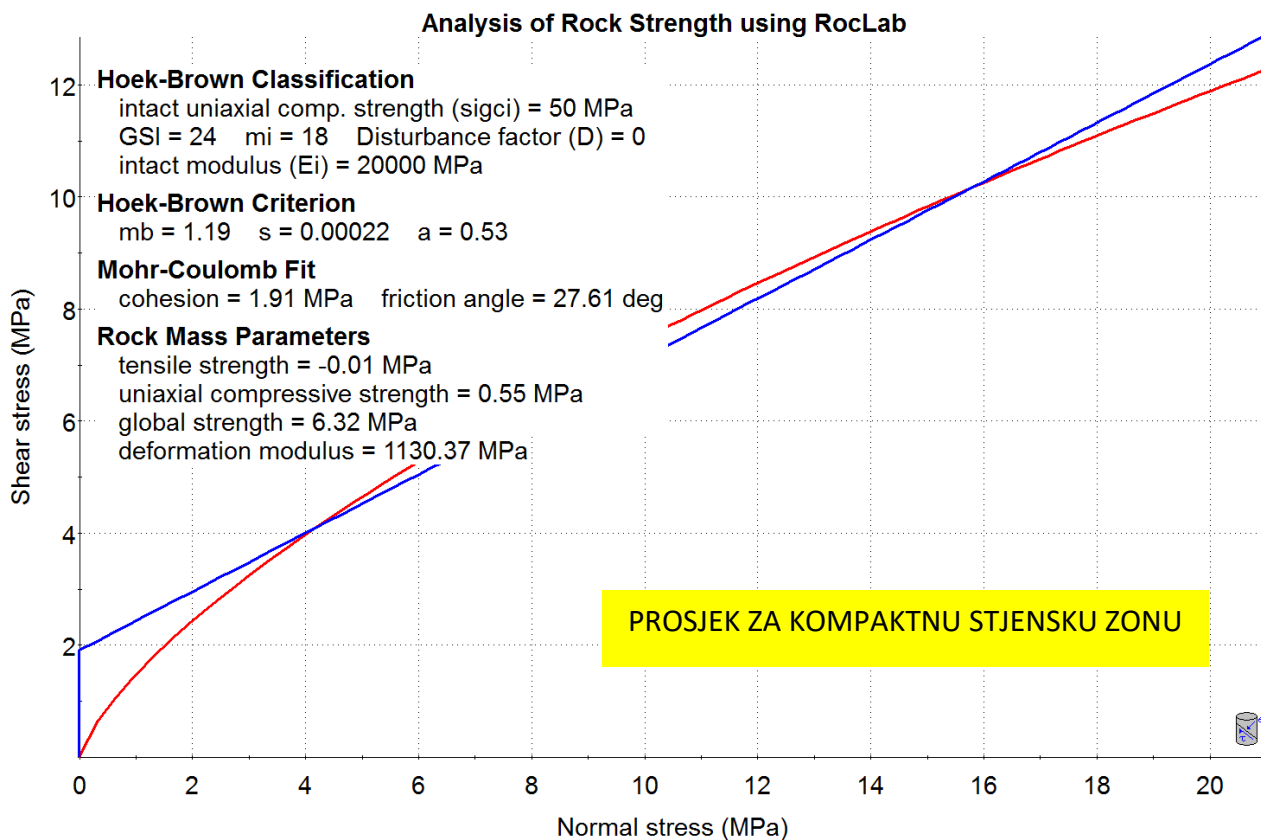
gdje su:

σ_c – jednoosna tlačna čvrstoća homogenog uzorka stijene
 σ'_1 i σ'_3 – veće i manje efektivno naprezanje
 m_b , a , s – iskustveni parametri stijenske mase definirani prema Hoek et al. 2002.

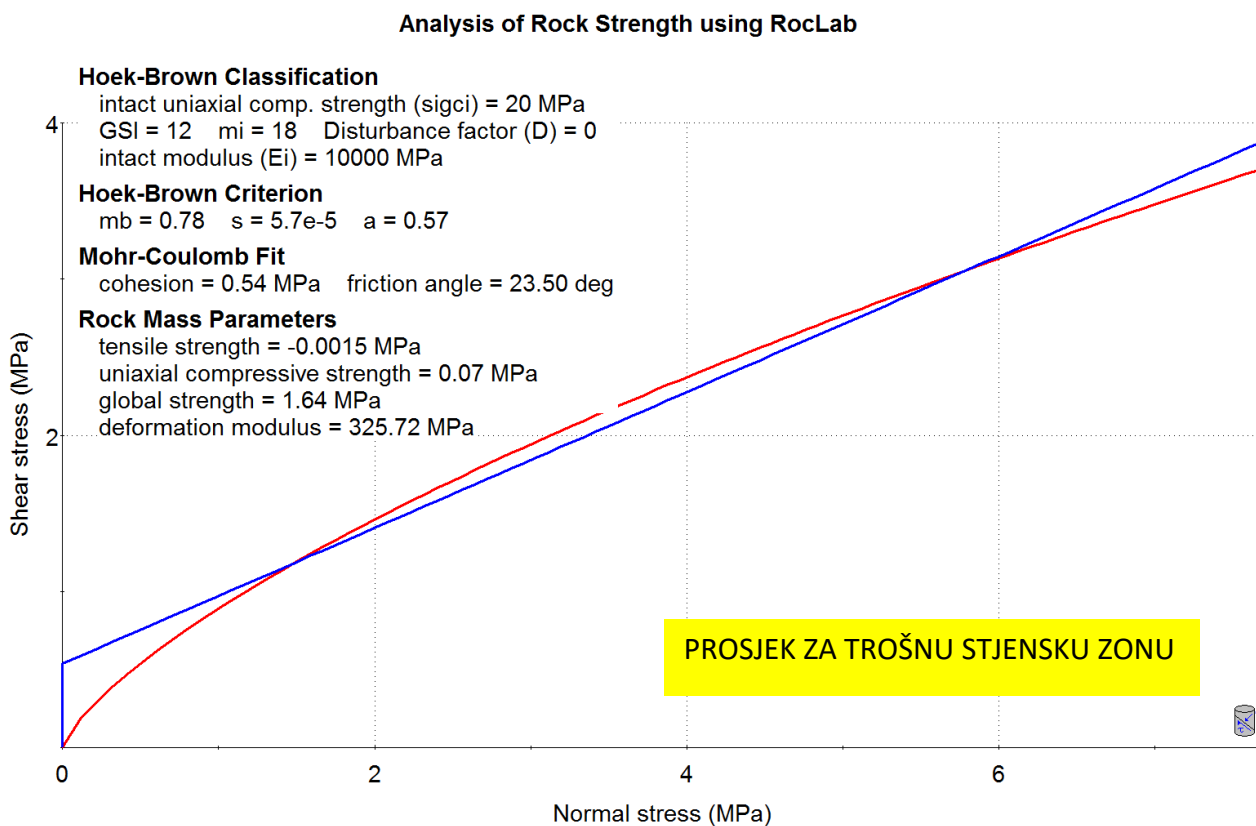
Analiza čvrstoća stijenske mase prema Hoek-Brown-ovom kriteriju za prosječnu kompaktnu zonu i prosječnu trošnu zonu izvedena je računalnim programom RocLab (Rocscience Inc. 2005) i prikazana na **Slikama 10** i **11**.

Granična nosivost stijenske mase za prethodno odabrane čvrstoće stijenske mase prema Hoek-Brown-ovom kriteriju određena je prema **Izrazu 12** (Mišević 2004). Tako je proračunato kako je minimalna vrijednost nosivosti temeljne podloge 810 kPa, a maksimalna 4990 kPa.

$$q_{ult} = \left[m_b * \sigma_c * \left(s * \sigma_c^{1/a} \right)^a + s * \sigma_c^{1/a} \right]^a + \left(s * \sigma_c^{1/a} \right)^a \quad (12)$$



Slika 10. Čvrstoća kompaktne stijenske mase prema Hoek-Brown-ovom kriteriju



Slika 11. Čvrstoća trošne stijenske mase prema Hoek-Brown-ovom kriteriju

7. ZAKLJUČAK

Ovaj rad daje prikaz praktičnog povezivanja rezultata geofizičkih seizmičkih istraživanja sa znanjima i zakonitostima iz geotehničkog inženjerstva i mehanike stijena. Korištenjem korelacijskih izraza, preko izmjerenih brzina primarnih i posmičnih seizmičkih valova, procijenjene su vrijednosti posmičnog modula, Poisson-ovog koeficijenta, modula elastičnosti i dr.

Detaljno kartiranje i analiziranje jezgre iz istražnih bušotina, te laboratorijsko i terensko ispitivanje odabranih uzoraka poslužilo je za svrstavanje istraživanog medija u neki od važećih klasifikacijskih sustava, kao i izradu inženjersko-geološke karte. Iz rezultata klasifikacijskih analiza moguće je također odrediti geomehaničke parametre stijenske mase u temeljnoj podlozi.

Već u fazi istraživanja nekog područja namijenjenog za gradnju moguće je provesti ispitivanja čiji je cilj zaštita okoliša. To je pokazano u ovom radu, tako što su ispitivanjem vodopropusnosti u sondažnim jamama određene zone visoke vodoupojnosti, koje su potencijalna mjesta ulaska onečišćivača u podzemne vodonosnike, što bi u konačnici moglo imati značajan utjecaj na kvalitetu podzemne vode.

Dobiveni rezultati istraživanja, prikazani u ovom radu predstavljaju korektnu podlogu za izradu tehničke dokumentacije - glavni projekt, odnosno dimenzioniranje temelja. Prikazani program istražnih radova u radu može poslužiti kao ogledni obrazac za izradu programa istraživanja kod budućih projekata sličnih relevantnih karakteristika.

8. LITERATURA

Bieniawski, Z.T. (1976): Rock Mass Classification in Rock Engineering, In: Exploration for Rock Engineering, Proc. of the Symp.

Bieniawski, Z.T. (1989): Engineering Rock Mass Classification, New York: John Wiley & Sons.

Biondić, B., Biondić, R. (2014): Hidrogeologija dinarskog krša u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu Geotehnički fakultet, Varaždin.

Hoek, E. and Brown, E.T. (1980): Empirical strength criterion for rock masses.

Hoek E., Kaiser P.K., Bawden W.F. (1995): Support of Underground Excavations in Hard Rock, Rotterdam: A.A. Balkema.

Hoek, E.; Carranza-Torres, C.T.; Corkum, B. (2002): Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition. In: Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symp., Toronto, Canada, 2002: 1: 267-73.

Hoek & Diederich (2006): International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.

Grabar, K.; Gizdavec, Pažur, I.; Filipović, A.; Samolec, I.; Marićuš, M. (2016): Geotehnički elaborat za potrebe izgradnje proizvodnog pogona Fass u Obrovcu. SPP d.o.o., Varaždin.

ISRM (1978): Quantitative description of discontinuities in rock masses, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanical Abstract.

Ivanović, A., Sakač, K., Sokač, B., Vrsalović – Carević, I. & Zupanić, J. (1976 b) : Tumač za list Obrovac, Osnovna geološka karta, 1:100 000, Savezni geološki institut, Beograd.

Miščević, P. (2004): Uvod u inženjersku mehaniku stijena.

Nonveiller, E. (1979): Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga, Zagreb.

Strelec, S.; Stanko, D.; Gazdek, M. (2016): Empirical correlation between the shear-wave velocity and the dynamic probing heavy test : case study Varaždin, Croatia, Acta Geotechnica Slovenica, volume 13, number 1, 2016.

Rocscience Inc. (2005): RocLab 1.0, Rock Mass Strength Analysis.

Tezcan, S.S., Ozdemir, Z., Kececi, A. (2009): Seismic technique to Determine the Allowable Bearing Pressure for Shallow Foundation in Soils and Rock, Acta Geophysica, volume 57, Number 2, June 2009.



BESTSDI Project Objectives

The wider objectives of the BESTSDI project is to improve the quality of higher education in Geographical Science and Technology field, SDI and geodesy, enhance its relevance for the labour market and society and to improve the level of competences and skills in HEI's by developing new and innovative education programmes within the field of SDI. These wider objectives are fully compliant with the priorities of the Capacity Building projects within the Erasmus+ program. The specific project objectives are to develop, test and adapt new curricula, courses, learning

BESTSDI Expected Results

To develop appropriate curricula, courses and their content for both target groups (SDI providers and SDI users) of academic institutions. This includes the development of:

- SDI compulsory course for undergraduate study programs in geodesy
- SDI modules for graduate study programs in geodesy and geoinformatics
- SDI user course components for undergraduate study programs of partner faculties
- SDI elective courses for graduate study program of partner faculties (SDI users)
- Development of sustainable training courses (life-long education) of broad scope of professionals.

Additional benefits:

- New level of communication and cooperation among the partner universities with the emphasis on SDI but expanding it on institutional and project cooperation.
- Exchange of students and staff will be fostered through the project activities and information about activities conducted by the partners communicated among the partner universities.

BESTSDI Partners

Coordinator: **University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Croatia**

Partner: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering, Croatia**

Other Partners:

Katholieke Universiteit Leuven (Catholic University of Leuven), Belgium

Sveučilište u Splitu (University of Split), Croatia

Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij" Skopje (Ss. Cyril and Methodius University in Skopje), Macedonia

Hochschule Bochum (Bochum University of Applied Sciences), Germany

Universiteti Politekniki i Tiranës (Polytechnic University of Tirana), Albania

Universiteti Bujqësor i Tiranës (Agricultural University of Tirana), Albania

Univerzitet u Banjoj Luci (University of Banja Luka), Bosnia and Herzegovina

Sveučilište u Mostaru (University of Mostar), Bosnia and Herzegovina

Univerzitet u Sarajevu (University of Sarajevo), Bosnia and Herzegovina

Javna Ustanova Univerzitet u Tuzli Universitas Studiorum Tuzla (University of Tuzla), Bosnia and Herzegovina

Universiteti Nderkombetar per Biznes dhe Tehnologji UBT (University for Business and Technology), Kosovo

Javna ustanova Univerzitet Crne Gore Podgorica (University of Montenegro), Montenegro

Unvierzitet u Beogradu (University of Belgrade), Serbia

Univerzitet u Novom Sadu (University of Novi Sad), Serbia

Universiteti "Ukshin Hoti" ne Prizren (University of "Ukshin Hoti" in Prizren), Kosovo

Associated Partners:

Republic Administration for Geodetic and Property Affairs of Republika Srpska, BiH

Federal Administration for Geodetic and Property Affairs of Federation of Bosnia and Herzegovina, BiH

Agency for Real Estate Cadastre, Macedonia

Subcontractors:

Lantmäteriet (Swedish National Mapping and Cadastre Authority), Sweden

Novogit AB, Sweden

BESTSDI Project overview

BESTSDI pregled projekta

Nikola Kranjčić¹, Davor Stanko¹, Mario Gazdek¹

¹ Faculty of Geotechnical Engineering Department, University of Zagreb, Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin, Croatia

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: nkranjcic@gfv.hr

Abstract: A Spatial Data Infrastructure (SDI) is a framework to share and re-use spatial data amongst public authorities, private sector and citizens. SDI are based on a series of agreements on technology standards, institutional settings and policies to unlock geospatial resources for a wide range of applications: environmental monitoring, transportation planning, health care, urban planning, etc. Since they are based on complex and permanently evolving technologies, and require innovative organisational, legal and institutional settings, the academic education related to SDI is challenging. No single university can provide education covering the complete geospatial field, so joint efforts are necessary. A successful SDI requires an active participation by all national and local governments within a country, its private sector and citizens. This active participation is impossible without appropriate SDI knowledge and skills. Thus, education on SDI must be properly introduced in higher education study programs for future professionals and life-long learning courses for present professionals. An SDI comes to life, if published geospatial data is widely being (re-)used. BESTSDI covers both spatial data provision as well as its (re-)usage. Data (re-)usage scenarios cover requirements arising in the regional priority domains agriculture, forestry and fisheries. All BESTSDI partner countries are either candidate or potential candidate countries of joining the European Union and have the obligation to implement EU Directives and policies. Faculty of Geotechnical Engineering is one of the partners on BESTSDI project working on developing life-long learning modules.

Keywords: spatial data infrastructure, BESTSDI, education, life-long learning

Abstract: Infrastruktura prostornih podataka (IPP) je okvir za dijeljenje i ponovno korištenje prostornih podataka između javnih tijela, privatnog sektora i građanstva. IPP se temelji na nizu sporazuma o tehnološkim standardima, postavkama unutar različitih organizacija i različitim politikama dostupnosti geoprostornih resursa širokom rasponu primjena: kod praćenja stanja okoliša, kod planiranja prometa, kod zdravstvene zaštite, kod urbanizma i slično. Budući da se IPP temelji na složenim tehnologijama u neprekidnom razvoju i budući da su potrebne inovativne organizacijske, pravne i institucionalne postavke za upotrebu IPPa, akademsko obrazovanje vezano uz IPP je veoma izazovno. Ni jedno sveučilište ne može omogućiti obrazovanje koje pokriva cjelokupno područje primjene geoprostornih podataka stoga je potreban zajednički rad kako bi se isto omogućilo. Uspješna IPP zahtijeva aktivno sudjelovanje svih nacionalnih i lokalnih vlasti unutar države, privatnog sektora i građanstva. Aktivno sudjelovanje nije moguće bez odgovarajućih znanja i vještina vezanih uz IPP. Dakle, obrazovanje o IPP mora biti uvedeno u i studijske programe visokog obrazovanja za buduće stručnjake i u tečajeve cijeloživotnog učenja za postojeće stručnjake. IPP ima smisla samo ako se objavljeni geoprostorni podaci višekratno koriste. BESTSDI pokriva pružanje prostornih podataka, kao i njihovu višekratnu upotrebu. Višekratno korišteni podaci zadovoljavaju potrebu različitih zahtjeva u područjima od regionalne važnosti poput poljoprivrede, šumarstva i ribarstva. Sve države partneri BESTSDI projekta su ili članice ili potencijalne članice za ulazak u Europsku uniju i samim time su obavezne provoditi direktive i politike Europske unije. Geotehnički fakultet je jedan od partnera na BESTSDI projektu, te je zadužen za razvoj modula cijeloživotnog učenja.

Keywords: infrastruktura prostornih podataka, BESTSDI, obrazovanje, cijeloživotno učenje

Received: 29.11.2017

Published online: 18.12.2017

Informative article / Informativni članak

1. INTRODUCTION

A Spatial Data infrastructure (SDI) is a framework to share and re-use spatial data amongst public authorities, private sector and citizens. SDI are based on a series of agreements on technology standards, institutional settings and policies to unlock geospatial resources for a wide range of applications: environmental monitoring, transportation planning, health care, urban planning, etc. Due to wide coverage area and fast growing complex technologies joint efforts in educating professionals is a must. Western Balkans Academic Education Evolution and Professional's sustainable training for Spatial Data Infrastructures (BESTSDI) is a project within Erasmus+ KA2 Capacity Building in the field of Higher Education Programme with main goal to develop new study programs on SDI for future professionals and life-long learning courses for present professionals. Partners on project are from 9 participating countries and 15 universities (21 Faculty) with Faculty of Geodesy - University of Zagreb as project coordinator. Project leader is prof. dr. sc. Željko Bačić from Faculty of Geodesy, Zagreb. Faculty of Geotechnical Engineering is partner in BESTSDI project as actively user of Spatial Data.



Figure 1. BESTSDI Project and Erasmus+ Programme logo

2. COURSE CATEGORIES

BESTSDI project is divided into several work packages (WP):

- **WP1 – PREPARATION:** The goal of this work package is to specify the content of the curricula to be developed (project curriculum and adapted curricula). The project curriculum is a general curriculum addressing the needs of the consortium as a whole (it is a sort of baseline curriculum based on existing Best Practices). Each partner university may then select appropriate parts of the project curriculum and include it in their own adapted curricula.
- **WP2a – DEVELOPMENT:** The goal of the first part of WP2 “Development of curriculum” is to develop the learning material to be included in the project curriculum as specified and to prepare the partner universities in providing courses according to their needs. This work will address both the data management students/faculties and the SDI user students/faculties
- **WP2b – IMPLEMENTATION:** The goal of second part of WP2 “Implementation of curriculum” is that each partner university implement, review and enhance a modified version of the project curriculum develop in the first part of WP2 in its own curricula.
- **WP3 – QUALITY:** The main objective of WP3 is to define and implement quality assurance measures which ensure that the project meets its goals in the given timeframe and that the results will have an expected impact.
- **WP4 – DISSEMINATION:** The goal of this work package is efficient dissemination of project results and information about SDI in partner countries but also in the whole region and outside of it. The dissemination should raise general knowledge about SDI in the target sectors (data management and SDI users), to increase awareness of the project and its results within its main target groups (students, institutions professionals and external universities) and to assure that the project results will be maintained and further developed after the completion of the project.
- **WP5 – MANAGEMENT:** Work package 5 aims to ensure a correct and smooth run of the project, both among the partners between the project partnership and the EACEA. This is done with the establishment of a Project Office at UNIZG at Faculty of Geodesy, in charge for the administrative duties/commitments and with the creation of the proper tools for an efficient management and monitoring of the project. Official e-mail of the BESTSDI Project Office is office@bestsdi.eu.

Each work package contains several task group. Work package WP2a contains three task groups, and the most interesting task group for Faculty of Geotechnical engineering is task group 2.2. Development of LLL courses. Initial members of TG2.2. are doc. dr. sc. Dražen Tutić from Faculty of Geodesy, doc. dr. sc. Mario Gazdek, Davor Stanko, mag. phys., Nikola Kranjčić, mag. ing. geod. et geoinf. and Iva Majer, univ. bacc. oec.

3. LIFE-LONG LEARNING

The main objective of task group 2.2. is to develop three different life-long learning (LLL) courses for each sub-group in accordance to their study program. Sub-groups are defined inside the project and they are divided based on whether the study program is Geodesy and Geoinformatics, or the study program uses geoinformations for special research areas (forestry, agriculture, geology, mining, environmental monitoring). LLL courses will be produced using training material developed in the LINKVIT project. Small research has been taken on participating members where they should express the most needed life-long learning courses. Research has shown that most of non-geodetic professionals have the need for basic lectures on cartography, spatial databases and legal aspects considering spatial data. Since this topics are covered in basic geodetic studies in life-long learning will be only partly covered (pre-requisites, necessary concepts for SDI topics). Each group should have three different levels, basic, advanced and extended. At 5th BESTSDI workshop held in Mostar first ideas on LLL courses were proposed. The first module being developed should have learning outcomes as listed below:

- Understand and explain the concepts and components of a SDI
- Define and summarize the main chapters of the INSPIRE Directive

- Identify and describe the principles, concepts and characteristics of web services
- List and describe the specifications of the OGC standard for a Catalogue Service for the Web (CSW), a Web Map Service (WMS) and a Web Feature Service (WFS) and provide examples for each of them
- Use web services for data retrieval into GIS or web-map

Some of the new life-long learning modules should be presented at 6th workshop held in Banja Luka in April 2018.

4. ACKNOWLEDGMENTS

Western Balkans Academic Education Evolution and Professional's sustainable training for Spatial Data Infrastructures (BESTSDI) is a project within Erasmus + Programme with main goal to develop new study programs on SDI for future professionals and life-long learning courses for present professionals. Faculty of Geotechnical Engineering is one of the partners on the project. Main task for members from Faculty of Geotechnical Engineering is to develop life-long learning courses which are currently developed. First and initial results of life-learning modules should be presented at Banja Luka in April 2018. Until then best regards and greetings from Mostar.



Figure 2. Participants of the 5th BESTSDI Workshop held in Mostar

6. REFERENCES

URL1 – BESTSDI project, <http://bestsdi.eu/>

URL2 - BESTSDI project – working platform; <http://science.geof.unizg.hr/moodle/>



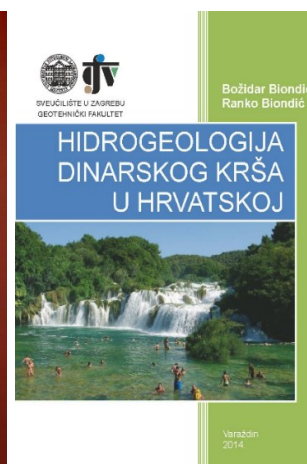
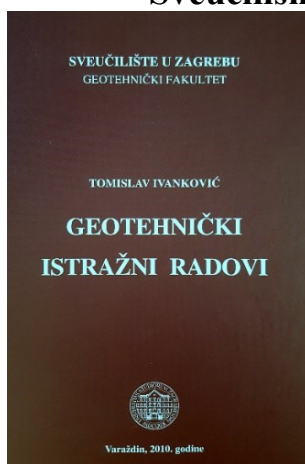
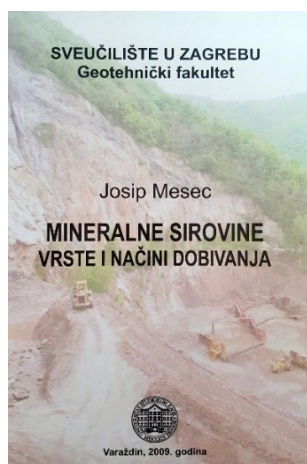
STUDIJ
INŽENJERSTVA
OKOLIŠA



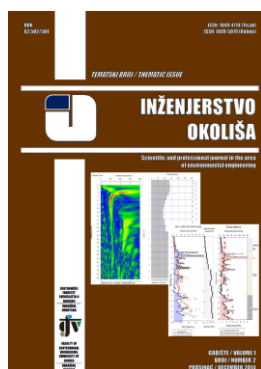
Knjižnica Geotehničkog fakulteta



Izdavačka djelatnost Sveučilišni udžbenici



Časopis „Inženjerstvo okoliša“



UPUTE AUTORIMA

Časopis Inženjerstva okoliša objavljuje znanstvene i stručne radove te ostale priloge iz interdisciplinarnog područja inženjerstva okoliša. Znanstvena tematika časopisa uključuje geoinženjerstvo, upravljanje vodnim resursima, tehničke aspekte zaštite okoliša i srodna područja. Radovi se prihvaćaju za objavljivanje nakon pozitivne recenzije te se kategoriziraju kao izvorni znanstveni radovi, prethodna priopćenja, pregledni radovi ili stručni radovi.

Časopis objavljuje radove na hrvatskom ili engleskom jeziku. Naslov rada, sažetak i ključne riječi pišu se na hrvatskom i engleskom jeziku.

Časopis izlazi dva puta godišnje. Tiskanje rada se ne naplaćuje. Opseg rada u pravilu nije ograničen, ali preporuka je da sa svim priložima ne bude veći od 15 stranica A4 formata jednostrukog proreda.

Prilozi se tiskaju u greyscale formatu (sivo) i autori o tome trebaju voditi računa prilikom pripreme rukopisa. Ipak, autori mogu u dogovoru s uredništvom pripremiti i priloge u boji kada smatraju da je to neophodno za razumijevanje prikazanog. Prilozi u boji odobreni od strane uredništva dodatno se ne naplaćuju.

Dostava rada u postupak recenzije podrazumijeva da rad nije prethodno objavljen te da nije u postupku recenzije u drugom časopisu. Autor je odgovoran za sadržaj rada te za dobivanje mogućih suglasnosti vezanih za objavljivanje pojedinih podataka.

Prva stranica rada treba sadržavati naslov rada, imena autora, institucije zaposlenja i e-mail adrese autora, sažetak i ključne riječi. Preporuka je da naslov rada bude ilustrativan te da jasno odražava sadržaj rada. Ako naslov rada sadrži lokalne nazive tada treba navesti i opće prepoznatljivo ime šire regije. Sažetak rada treba sadržavati najviše 300 riječi, a ključne riječi 4 do 6 pojmova. Ako niti jedan od autora nije naveden kao vodeći, uredništvo će kontaktirati isključivo s prvim navedenim autorom.

Autori dostavljaju rad elektroničkom poštom na e-mail adresu: casopis@gfv.hr. Rad treba biti pripremljen u Microsoft Wordu, na A4 formatu stranice, s marginama od 25mm i proredom 1.5, u jednom stupcu s obostranim poravnanjem. Tekst se piše u Times New Roman fontu veličine 10pt, a stranice imaju automatsku numeraciju u desnom donjem kutu. Ovisno o sadržaju tekst se dijeli u nekoliko poglavlja čiji naslovi su pisani podebljano veličine 11pt i poravnani ulijevo. Rad se piše u

trećem licu jednine i mora biti terminološki usklađen s važećim zakonskim propisima i međunarodnim sustavom jedinica (SI). Sve jednadžbe moraju biti numerirane, a tablice i slikovni prilozi numerirani s naslovom i uključeni na odgovarajuće mjesto u članku. **Navoditi jednadžbe, slike i tablice u tekstu podebljanim fontom.** Svi slikovni prilozi (crteži, dijagrami, fotografije) trebaju biti pripremljeni za grafičku reprodukciju s minimalnom rezolucijom od 300 dpi i treba ih dostaviti u zasebnoj mapi.

Prilikom **citiranja radova u tekstu plavom bojom** navode se samo ranije objavljeni radovi. Ako autori smatraju potrebnim, tada se u radu mogu navesti i osobne komunikacije i neobjavljeni radovi, ali na prikladan način kao dio teksta ili u zahvalama na kraju rada. **Popis literature (References)** sadrži abecedni popis objavljenih radova citiranih u tekstu. Koristi se harvardski stil citiranja literature i popisa referenci.

U slučaju prihvaćanja rada za objavu autori imaju obavezu uskladiti rad s uputama recenzentata/uredništva. Ako autori ne prihvate primjedbe recenzentata/uredništva ili ako ne vrate ispravljenu verziju rada u roku od tri mjeseca, uredništvo će smatrati da su autori povukli rad iz procedure te da ga ne žele objaviti.

Autori će rad u obliku u kojem će biti objavljen prije same objave dobiti na uvid i završnu provjeru.

Rad koji je prošao sve faze pripreme teksta, najprije se objavljuje online, a nakon toga i u tiskanom izdanju. Autori dobivaju separat u .pdf obliku i jedan primjerak časopisa u kojem je rad objavljen.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

The journal „Inženjerstvo okoliša“ (eng. Environmental Engineering) publishes scientific and technical papers and other articles in the interdisciplinary area of environmental engineering. The scientific topics covered by the magazine include geo-engineering, water resources management, technical aspects of environmental protection and similar areas. Papers are accepted for publication after they have received a positive review and are categorized as an original scientific paper, previous announcement, review paper or technical paper.

The journal publishes papers in Croatian or English. The title of the paper, the abstract and keywords are written in both Croatian and English.

The journal is published biannually. There are no charges for printing the paper. As a rule, the length of the paper is not limited. However, it is recommended that it should not be longer than 15 single-spaced A4 pages, all figures included.

Figures are printed in greyscale, and authors should take it into account when preparing their manuscript. However, authors may, in agreement with the editorial board, prepare figures in colour when they deem it necessary for the understanding of what the figure shows. The figures in colour approved by the editorial board will not be additionally charged.

When a paper is submitted for review, this implies that the paper has not been previously published or that it is not being reviewed by another journal. The author is responsible for the content of the paper and for obtaining consent, where applicable, to publish particular data.

The first page should contain the title of the paper, the authors' names, the institution of employment, the authors' email addresses, the abstract and keywords. It is recommended that the title of the paper should be illustrative and clearly reflect the content of the paper. If the title contains local names, then a generally recognizable name in a wider region should be included. The abstract should not exceed 300 words, and there should be 4 to 6 keywords. If none of the authors has been specified as lead author, the editors will exclusively contact the first mentioned author.

Authors should submit their paper by e-mail to: **casopis@gfv.hr**. The paper should be prepared in Microsoft Word in A4 page format, with 25mm margins and 1.5 line spacing, in one column aligned to both sides. The text should be written in 10pt Times New Roman, and the pages should have automatic numbering in the bottom right corner. Depending on the content, the text should be divided into several sections whose headings are in 11 pt

bold and aligned to the left. The paper should be written in the third person singular and has to be terminologically harmonized with legal regulations in force and the international system of units (SI). All equations have to be numbered; tables and figures should also be numbered with a heading and inserted in the appropriate place in the article. **For citation of equations, figures and table in text use bold font.** All figures (images, diagrams, photographs) have to be prepared for graphic reproduction at a minimum resolution of 300 dpi and submitted in a separate map.

When **citing papers in the text** with **blue colour**, only previously published papers should be mentioned. If authors consider it necessary, personal communication and unpublished papers may be cited in the paper, but in an appropriate manner, either as part of the text or in acknowledgements at the end of the paper. **References** include an alphabetical list of published papers that have been cited in the text. The Harvard citation and referencing style should be used.

If the paper is accepted for publication, the authors are obliged to harmonize the paper with the instructions given by the reviewers/editors. If the authors do not accept the reviewers'/editors' remarks or if they do not submit the corrected version of the paper within three months, the editorial board will deem that the authors have withdrawn their paper from the procedure and no longer wish to have it published.

Prior to its publication, the authors will receive the paper for inspection and final revision.

The paper which has been through all the phases of text preparation will first be published online, and then in the printed edition. Authors will receive a separate in pdf format as well as one copy of the journal in which the paper was published.