



Петти симпозиум на ДГМ

Специјализирана конференција на ISRM

Втора конференција на регионалните геотехнички друштва

Инженерски проблеми во меки карпи

Зборник на трудови - 2. дел

Zbornik radova - 2. deo

Inženjerski problemi u mekim stenama

Druga konferencija regionalnih geotehničkih društava

Specijalizovana konferencija ISRM-a

Peti simpozijum DGM-a

5th Symposium of the Macedonian Association for Geotechnics
ISRM Specialized Conference
2nd Conference of regional geotechnical societies
Engineering problems in soft rocks



Петти симпозиум на ДГМ

Специјализирана конференција на ISRM

Втора конференција на регионалните геотехнички друштва

Инженерски проблеми во меки карпи

Зборник на трудови - 2. дел

Proceedings - Vol. 2

Engineering problems in soft rocks

2nd Conference of regional geotechnical societies

ISRM Specialized Conference

5th Symposium of the



Ohrid, 23-25.6.2022

Зборник на трудови од Петтиот симпозиум на Друштвото за геотехника на Македонија,
Специјализирана конференција на ISRM, Втора конференција на регионалните
геотехнички друштва
23-25.6.2022, Охрид, Р. С. Македонија

ИНЖЕНЕРСКИ ПРОБЛЕМИ ВО МЕКИ КАРПИ

Уредници

Слободан Ќориќ

Универзитет во Белград, Рударско-геолошки факултет

Јован Бр. Папиќ

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Градежен факултет

Претседател на Друштво за геотехника на Македонија

Proceedings of the 5th Symposium of the Macedonian association for geotechnics,
an ISRM Specialized Conference, 2nd Conference of regional geotechnical societies
23-25.6.2022, Ohrid, R. N. Macedonia

ENGINEERING PROBLEMS IN SOFT ROCKS

Editors

Slobodan Ćorić

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology

Jovan Br. Papić

Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Civil Engineering

President of the Macedonian association for geotechnics

Петтиот симпозиум на Друштвото за геотехника на Македонија (ДГМ), Специјализирана конференција на Меѓународното друштво за механика на карпи и инженерство во карпи (ISRM) и Втора конференција на регионалните геотехнички друштва, е организирана од ДГМ, под покровителство на ISRM и поддржано од Меѓународното друштво за механика на почви и геотехничко инженерство (ISSMGE).

The 5th Symposium of the Macedonian association for geotechnics (MAG), Specialized Conference of the International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM) and 2nd Conference of the regional geotechnical societies is organized by the MAG, under auspices of ISRM and supported by the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).

© 2022 Друштво за геотехника на Македонија, Скопје, Р. С. Македонија

© 2022 Macedonian Association for Geotechnics, Skopje, R. N. Macedonia

Сите права се заштитени. Ниту еден дел од ова издание не смее да биде препечатувач, копиран или објавуван во која било форма или на кој било начин во електронските или печатените медиуми, без писмена согласност од издавачот.

All rights reserved. No part of this publication or the information contained herein may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by means, electronic, mechanical, by photocopying, recording otherwise, without written prior permission from the publishers.

Издавач: Друштво за геотехника на Македонија

Published by: Macedonian association for geotechnics

Тираж / Copies 150

ISBN: 978-9989-2053-5-4

СОДРЖИНА / CONTENTS / SADRŽAJ

VOLUME 2

ГЕОТЕХНИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ НА ПОЧВИ И КАРПИ / GEOTECHNICAL MODELING OF SOILS AND ROCKS / GEOTEHNIČKO MODELOVANJE TLA I STENA

Investigation of three dimensional numerical analysis and slope stability performance at open coal mining in Deniz-Soma, Turkey AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar, KUCUK Kerim	483
Pillar Design with Numerical Modeling for Underground Marble Quarries of Future AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	491
Hypersurface of Rocks to Stability Control on Constant Load AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	502
Analytical and numerical investigation of the critical height of vertical slope BESHARATINEZHAD Ali, KHODABANDEH Mohammad Ali, NARIMANI Samad, DAVARPANAH Seyed Morteza, TARIFARD Abolfazl, TÓRÓK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	512
Monitoring Subsidence in Tuzla (BiH) by DInSAR and GNSS during 2004-2019 GRUJIĆ Bojana, PARWATA I Nyoman Sudi, SHIMIZU Norikazu, ĆELIKOVIĆ Ruža, IMAMOVIĆ Edis, ZEKAN Sabid, VRKLJAN Ivan	521
Идентификување на свлечишта во Полошкиот регион преку анализа на просторни модели со висока резолуција МАЛИЈАНСКА Наташа, ЃОРЃИЕВ Ѓорѓи, ПЕШЕВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКИ Милорад, ЃОРЃИЕВ Ванчо	530
Methodology of estimation of rock material input parameters for tunnels on a highway e-80 Niš – Merdare in Serbia MARINKOVIĆ Nemanja, JOVANOVSKI Milorad	540
Assessment of rainfall-induced landslide reactivation through hypo-plastic material model NIKOLOVSKI Done, BOJADZIEV Jordan, EDIP Kemal	549
Нумеричко моделирање на стабилност на косини при интензивни врнежи ЈОСИФОВСКИ Јосиф, СУСИНОВ Бојан	559
Importance of numerical algorithm for stress integration in the application of elastoplastic soil models for geotechnical problems VUKIĆEVIĆ Mirjana, JOCKOVIĆ Sanja	564

ПРОЦЕНА И НАМАЛУВАЊЕ НА ГЕО-ХАЗАРДИ / ASSESSMENT AND REDUCTION OF GEO-HAZARDS / PROCENA I SMANJIVANJE GEOHAZARDA	575
Weather Conditions and Application of Additives in Complex Geotechnical Objects ABAZI Sead, SULOODJA Bulent	
Real time geotechnical monitoring systems for an open pit coal mine. Thresholds for the alarm systems and the increase of safety of operations BONCI Gheroghe, KLAPPSTEIN Brian	582
Proposal for remediation of the landslide "Duboka dolina" in Bunuševac (Vranje) BONIĆ Zoran, DAVIDOVIĆ Nebojša, ZLATANOVIĆ Elefterija, ROMIĆ Nikola, MARINKOVIĆ Nemanja, STANKOVIĆ Branimir	595
Structural reinforcement of geo-mat by high-tensile steel wire meshes BUDIMIR Vjekoslav, RODUNER Armin	603
Metodologija proračuna sanacije klizišta šipovima ĆORIĆ Slobodan, RAKIĆ Dragoslav, ĆORIĆ Stanko, BERISAVLJEVIĆ Dušan	612
Неколку случаи на измени во тек на градба на геотехнички конструкции ДИМИТРИЕВСКИ Теодор, БОГОЕВСКИ Борис, АТАНАСОСКИ Младен, СТРАШЕСКИ Атанас	621
Пристап за проценка и картирање на потенцијалот за развој на течишта, студија на случај за Полошки плански регион ДИМИТРОВСКА Симона, ПЕШЕВСКИ Игор, ПАПИЌ Јован Бр., ЈОВАНОВСКИ Милорад, ЃОРЃИЕВ Ѓорѓи	631
Приод кон дефинирање на сопствени периоди и форми на флексибилно спрегнат систем ЈАКИМОВСКИ Горан, МИРЧЕВСКА Виолета, НАСТЕВ Мирослав	639
Stabilization of loess with fly ash KRSTIĆ Marija, BOŽOVIĆ Nikola, ĐOKOVIĆ Ksenija	648
Application of colloidal silica in tunnelling LUKIĆ Dragan, ZLATANOVIĆ Elefterija	654
Заштита од одрони на регионалниот пат Р1202, Косоврасти СТРАШЕСКИ Атанас, ДИМИТРИЕВСКИ Теодор, АТАНАСОСКИ Младен, ТАСЕВСКА Катерина	662
Нестабилност на косини предизвикана од атмосферски влијанија СУСИНОВ Бојан, ЈОСИФОВСКИ Јосиф	669
ЕВРОКОДОВИ И РЕЛЕВАНТНА РЕГУЛАТИВА ЗА ГЕОТЕХНИКАТА / EUROCODES AND RELEVANT GEOTECHNICAL REGULATION / EVROKODOVI I RELEVANTNA GEOTEHNIČA REGULATIVA	
Landslide rehabilitation with retaining structure, JUS vs. Eurocodes JANEVSKI Bojan, SMILJANOVSKA Mila, BOZHINOVSKI Lazar	679
Втора генерација на Еврокод 7 - главни предизвици и клучни промени ЈОСИФОВСКИ Јосиф	686

Analysis of ULSD theory – Spread foundations KOUDELKA Petr	703
„Перестројка“ на еврокодони и верификација на стабилност на косини со примена на пресметковни методи од Еврокод 7:202х АНДОНОВ САРЕВ Александар, ПАПИЌ Јован Бр.	712
Геотехниката како важна предиспозиција за здрава урбанизација СУЛООЏА Булент	719
Димензионирање на темел самец според Еврокод 7 ТОМЕСКИ Антонио, ЃОРЃИОСКИ Марко, ЈАНЕВ Петар, АБАЗИ Сеад, ПАРТИКОВ Миле	728
ЗЕМЈОТРЕСНО ГЕОТЕХНИЧКО ИНЖЕНЕРСТВО / EARTHQUAKE GEOTECHNICAL ENGINEERING / ZEMLJOTRESNO GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO	
Experimental research of soil - steel frame system on shaking table BRANDIS Adriana, ĆEH Nina, JAGODNIK Vedran, KRAUS Ivan, BRANDIS Denis	737
Numerical simulation of wave propagation in multiphase soil medium EDIP Kemal, SHESHOV Vlatko, BOJADJIEVA Julijana, KITANOVSKI Toni, IVANOVSKI Dejan	744
Ефект на сеизмичко дејство во стабилноста на потпорни сидови и компарација меѓу македонска регулатива и Еврокодони ИВАНОВСКИ Дејан, ЕДИП Кемал, БОЈАЦИЈЕВА Јулијана, ШЕШОВ Влатко, КИТАНОВСКИ Тони	748
Design considerations and earthquake analysis for embankment dams in high seismic regions KRSTIĆ PERIĆ Sanja., SMESNIK Mathias, FREUIS Anna	759
Pojednostavljeni postupak analize nosivosti vertikalnih AB šipova pod dejstvom horizontalnih seizmičkih sila u uslovima pojave likvefakcije u tlu MILADINOVIĆ Borko, ŽIVALJEVIĆ Slobodan, TOMANOVIĆ Zvonko, BUJIŠIĆ Miodrag	766
Harmonized earthquake-induced landslide hazard assessment in cross-border region – CRISIS project SHESHOV Vlatko, BOJADJIEVA Julijana, EDIP Kemal, SHALIC Radmila, STOJMANOVSKA Marta, APOSTOLSKA Roberta, FOTOPOULOU Stavroula, PITILAKIS Dimitris, SHKODRANI Neritan, BABALEKU Markel, BOZZONI Francesca, DI MEO Antonella	776
ГЕОТЕХНИКА И ДОСТИГНУВАЊА ВО ПРИЛОГ НА ОДРЖЛИВО ОПШТЕСТВО / GEOTECHNICS AND ACHIEVEMENTS IN SUPPORT OF A SUSTAINABLE SOCIETY / GEOTEHNIKA I POSTIGNUĆA U PRILOG ODRŽLJIVOG DRUŠTVA	
Utilization of fly ash from power plants in geotechnics and civil engineering ANGELOVA Elena, SHESHOV Vlatko	784
Биополимерна стабилизација на косини од површинска ерозија НИКОЛОВСКА АТАНАСОВСКА Александра, ЈОСИФОВСКИ Јосиф	792
Uticaј starosti i sastava komunalnog otpada na zbijanje JANKOVIĆ PANTIĆ Jovana, RAKIĆ Dragoslav, BASARIĆ IKODINOVIĆ Irena, ĐURIĆ Tina	800

Steps towards digital-based environmental civil engineering in developing countries MICKOVSKI Slobodan B., PAPIĆ Jovan Br.	806
Determination of the apparent specific gravity of a biodried municipal solid waste by “gas pycnometry” PETROVIC Igor, KANINSKI Nikola, HRNCIC Nikola, HIP Ivan	813
Web data mining of landslide information, an experimental study for Macedonia STOJANOV Riste, PESHEVSKI Igor	821
Могућност примене приручних апарата за одређивања отпорности земљишта на ерозионе процесе шумских екосистема ЖИВАНОВИЋ Никола, РОНЧЕВИЋ Вукашин, ЧЕБАШЕК Владимир, РУПАР Вељко, ЂОРЛУКА Стеван, ПОЛОВИНА Синиша	829
СПЕЦИФИЧНИ ПРОБЛЕМИ ВО МЕКИ КАРПИ / SPECIFIC PROBLEMS IN SOFT ROCKS / SPECIFIČNI PROBLEMI U MEKIM STENAMA	
Charpy impact test to sedimentary rocks LÓGÓ A. Benedict., VÁSÁRHELYI Balázs	839
Карактеристични појави и форми како резултат на суфозија во чакалесто-песокливи средини ПЕТКОВСКИ Орце, АНГЕЛОВ Ванчо, ИВАНОВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВА Елена	845
Stabilizacija useka na autoputu E-763 izvedenog u stenskoj masi sa nepovoljno orijentisanim diskontinuitetima PISAREVIĆ Miodrag, SLAVKOVIĆ Dragana, FILIPOVIĆ Vladimir	851

Index of authors

ОДБОРИ / BOARDS / ODBORI

ПОЧЕСЕН ОДБОР / HONORARY BOARD / POČASNI ODBOR

Reşat Ulusay – president of ISRM and honorary member of MAG,
Vojkan Jovičić – vice president of ISRM,
Lyesse Laloui – vice president of ISSMGE for Europe,
Ivan Vrkljan – former vice president of ISRM and honorary member of MAG,
Heinz Brandl – former vice president of ISSMGE and honorary member of MAG,
Ahmet Sağlamer – honorary member of MAG,
Radomir Folić – honorary member of MAG,
Husamedin Dželadin – deserving member of MAG,
Nikola Jankulovski – Rector of University “Ss. Cyril and Methodius” – Skopje,
Milorad Jovanovski – immediate-past president of MAG,
Zlatko Srbinoski – Faculty of Civil Engineering – Skopje,
Vlatko Šešov – Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology – Skopje (IZIIS),
Andrea Serafimovski – Granit AD,
Zlatan Đurić – Strabag.

НАУЧЕН ОДБОР / SCIENTIFIC BOARD / NAUČNI ODBOR

Slobodan Ćorić, president, Serbia	Josif Josifovski, Macedonia
Jovan Br. Papić, co-president, Macedonia	Violeta Mirčevska, Macedonia
Ljuljeta Bozo, Albania	Igor Peševski, Macedonia
Dietmar Adam, Austria	Ljupčo Petkovski, Macedonia
Wulf Schubert, Austria	Aco Veleviski, Macedonia
Azra Špago, Bosnia and Herzegovina	Slobodan Živaljević, Montenegro
Mato Uljarević, Bosnia and Herzegovina	Miško Čubrinovski, New Zealand
Sabid Zekan, Bosnia and Herzegovina	Ernest Olinic, Romania
Andrej Tocev, Bulgaria	Slobodan B. Mickovski, Scotland
Leo Matešić, Croatia	Zoran Bonić, Serbia
Krunoslav Minažek, Croatia	Dragoslav Rakić, Serbia
Predrag Mišćević, Croatia	Nenad Šušić, Serbia
Igor Sokolić, Croatia	Mirjana Vukićević, Serbia
Norikazu Shimizu, Japan	Janko Logar, Slovenia
Julijana Bojadžieva, Macedonia	Matej Maček, Slovenia
Kemal Edip, Macedonia	Mojca Ravnikar Turk, Slovenia
Spasen Gjorgjevski, Macedonia	Özer Çinicioğlu, Turkey
Zlatko Ilijovski, Macedonia	

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР / ORGANIZING BOARD / ORGANIZACIONI ODBOR

Jovan Br. Papić, chairman	Darko Nakov	Sead Abazi
Dragan Dimitrievski, core	Elena Angelova	Stevčo Mitovski
Igor Peševski, core	Josif Josifovski	Stojanče Nikolov
Milorad Jovanovski, core	Kemal Edip	Tamara Jovanovska
Bojan Janevski	Kiril Lazarov	Toni Kitanovski
Bojan Susinov	Lazar Božinovski	Vase Vitanov
Boris Bogoevski	Mila Smiljanovska	Zlatko Zafirovski

Могућност примене приручних апарата за одређивања отпорности земљишта на ерозионе процесе шумских екосистема

Никола Живановић^а, Вукашин Рончевић^а, Владимир Чебашек^б, Вељко Рупар^б, Стеван Ђорлука^в, Сениша Половина^а

^аУниверзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд, Србија

^бУниверзитет у Београду, Рударско геолошки факултет, Београд, Србија

^вРударски институт, Београд, Србија

АПСТРАКТ

Ерозија земљишта је најзаступљенији облик деградације земљишта како у свету тако и у Србији. Деградирани шумски екосистеми не пружају довољну заштиту земљишта те су често велике површине захваћене ерозионим процесима. Важну улогу при оцени отпорности земљишта на ерозионе процесе има напон смицања. Истраживано подручје лоцирано је у југозападном делу Београда чије су површине под шумом изложене интензивним ерозионим процесима. Читава површина испресецана је јаругама и плитким клизиштима. Одабрано је 13 профила на јаругама на којима је извршено мерење отпорности земљишта приручним апаратима на три тачке дуж профила (лева обала, јаруга, десна обала) и по две дубине. За теренска мерења изабрани су приручни апарати: цепна крилна сонда (Eijkelkamp модел M1.14.10.E) и цепни (ручни) статички пенетрометар (Eijkelkamp модел M1.06.03.E). У раду су приказани механички параметри мерени приручним апаратима са опсегом вредности чврстоће земљишта на смицање $\tau = 11,58 - 172,42 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ и отпора при продору игле $R = 159,36 - 441,30 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$. Утврђена је статистичка зависност између вредности добијених мерењима крилном сондом и пенетрометром, са коефицијентом корелације $r = 0,65$ и коефицијентом детерминације $r^2 = 0,42$. Утврђене разлике у вредностима отпорности земљишта на смицање, на изабраним мерним тачкама, као и утврђена зависност указују на могућу примену приручних апарата за одређивање отпорности земљишта шумских екосистема на ерозионе процесе.

КЉУЧНЕ РЕЧИ

Теренско мерење; Ерозија земљишта; Јаруга; Цепна крилна сонда; Цепни пенетрометар.

1. УВОД

Деградиране површине шумских подручја, услед деловања ерозионих процеса, имају редукован капацитет за вршење екосистемских услуга и смањен производни потенцијал дрвне масе. Како би се дошло до одговарајућег решења за санацију, неопходно је дефинисати механизам настанка ерозионог процеса. Недовољна изученост отежава идентификацију ерозионог процеса, предвиђање даљег правца развоја и утврђивање интензитета. Такође, има великог утицаја на резултате прорачуна продукције ерозионог материјала, затим на процене угрожености земљишта од ерозионих процеса као и на одређивање приоритета за санирање.

Кохерентна земљишта у Србији су углавном угрожена водном ерозијом која агресивно делује на земљиште својим током по површини, или кроз матрикс земљишта (унутрашња ерозија). Способност земљишта да се одупре ерозионим процесима првенствено зависи од отпорности земљишта која се

дефинише физичко-механичким параметрима земљишта (Sun et al., 2016). Кохерентна земљишта свој отпор ерозионим силама пружају комплексним односом гранулометријског састава, структуре агрегата и минералošких својстава глине. Отпорност земљишта на ерозионе процесе се може дефинисати преко чврстоће земљишта на смицање, која директно зависи од тренутне влажности и збијености земљишта (Jie et al., 2018). На вредности чврстоће земљишта на смицање значајно утичу промене тренутне влажности земљишта (Zimbone et al., 1996; Bachmann et al., 2005; Zhang et al., 2018). Значај параметра чврстоће земљишта на смицање, у погледу отпорности земљишта на ерозију, је у томе што представља физички параметар који обједињује ефекте физичких, хемијских и минералošких особина земљишта у један мерљив параметар (Agassi and Bradford, 1999). Утврђивање вредности чврстоће земљишта на смицање значајано је код дефинисања еродибилности кохерентних земљишта (Morgan et al., 1998; Goudie, 2004). Fattet et al. (2011) су истакли да водна ерозија, као и појава плитких клизишта зависи од стабилности агрегата и чврстоће земљишта на смицање. Чврстоћа земљишта на смицање има јаку корелациону везу са критичним напоном смицања потребним за настанак ерозионог процеса (Misra and Rose, 1995; Leonard and Richard, 2004; Fell et al., 2013). Heimsath и Whipple (2019) истичу да је познавање јачине веза у земљишту, што се може изразити чврстоћом на смицање (напоном смицања), предуслов за очување земљишта. У својим истраживањима привремених (краткотрајних) јаруга (енг. ephemeral gully) Wilson et al. (2019) су истакли да су мерења чврстоће земљишта на смицање и мерења отпора при продору игле, на самој површини земљишта, важна за детерминисање индикатора физичког квалитета земљишта. Agassi и Bradford (1999) наводе да је отпорност земљишта једини параметар, навођен у литератури, који има поуздану корелацију са продукцијом наноса проузрокованом ерозионим дејством кише.

Отпор при продору игле је значајан индикатор при утврђивању збијености земљишта. Misra и Rose (1995) и Uusitalo et al. (2019) су истакли значај мерења отпорности земљишта преносивим уређајима (крилна сонда, џепни пенетрометар) у шумским подручјима, нарочито за одређивање збијености земљишта настале преласком тешке механизације. На основу изнетих закључака у прегледном раду Alaoui et al. (2018), повећање збијености земљишта има значајан утицај на формирање интензивнијег површинског отицаја и појаву поплава. Такође, познавање овог параметра даје могућност процене потенцијала раста и развоја кореновог система (Materchera and Mloza-Banda, 1997; Gajić et al., 2005; Shah et al., 2017), што може бити од великог значаја при пошумљавању.

Watson и Lafren (1985), Govers et al. (1990), Misra и Rose (1995), Bachmann et al. (2005), Nadal-Romero et al. (2007), Torri et al. (2013), Verachtert et al. (2013), Vahedifard et al. (2016), Ding и Loehr (2019) су користили ручну крилну сонду и/или џепни пенетрометар за анализу отпорности земљишта на ерозионе процесе. Brunori et al. (1989) сматрају да су апарати на принципу крилне сонде најприкладнији међу тестираним инструментима за мерење отпорности земљишта на ерозију. Govers et al. (1990) су указали на то да примена ручне крилне сонде за мерење чврстоће земљишта на смицање није увек поуздана, у погледу одређивања критичног прага за настанак ерозионог процеса, нарочито када се ради о растреситом или сувом земљишту. Ипак, ова мерења се могу користити за процену угрожености од настанка ерозионог процеса. Amacher и O'Neill (2004) су истакли да се коришћењем џепног пенетрометра обезбеђују квантитативни подаци о збијености земљишта. Watson и Lafren (1985) су открили да се теренска мерења отпорности земљишта могу користити за прибављање информација потребних за предвиђање ерозије земљишта. Примарни циљ овог рада је да се утврди могућност примене приручних апарата, за одређивање чврстоће земљишта на смицање, за потребе дефинисања отпорности земљишта на ерозионе процесе. Секундарни циљ је утврђивање разлика отпорности земљишта на смицање пратећи хипотезу: „Постоји разлика између механичких параметара земљишта које је захваћено ерозионим процесима и земљишта на коме нема видљивих показатеља деловања ових процеса“.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД

2.1. Материјал

Подручје на коме је спроведено истраживање налази се у југозападном руралном делу Београда., непосредно изнад великог чеоног одсека клизишта „Дубоко“. Експериментално истраживање спроведено је у 47. одељењу, одсек д, Газдинске јединице „Кошутњачке шуме“, којом газдује Шумска управа „Липовица“. У геолошком смислу, испод квартарног покривача у коме доминирају лес и делувијална глина, налазе се панонски глиновито-лапоровити и песковити седименти. Читаво подручје је захваћено ерозионим процесима о чему сведоче бројне јаруге као и површинска клизишта. Механизам настанка ерозионог процеса на истраживаном подручју је процес унутрашње линијске ерозије. Земљишни материјал може се описати следећим физичким карактеристикама приказаних у табели 1 према Живановић, 2021. Гранулометријском анализом земљишта истраживаног подручја утврђена је заступљеност три групе фракција, са четири текстурне класе, од којих је најзаступљенија лака прашинаста глина. Према Атерберговим границама конзистенције, земљишта истраживаног подручја припадају трима групама пластичности, од којих је најзаступљенија група неорганске глине средње пластичности (CI).

Табела 1. Статистички индикатори физичких карактеристика земљишта испитиваног подручја

Статистички индикатори	Запреминска тежина [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$]			Влажност [%]	Атербергове границе конзистенције [%]		Гранулометријски састав [%]		
	γ_s	γ	γ_d		w_p	w_L	глина	прашина	песак
Средња	24,23	16,30	13,14	24,20	42,16	19,78	25,84	34,97	39,19
Медијана	24,09	16,56	13,14	24,25	41,09	19,56	26,50	34,50	39,00
Максимална	26,24	18,82	15,35	38,89	57,30	25,31	37,90	40,00	51,70
Минимална	21,96	12,41	10,06	13,37	32,30	13,75	15,90	28,00	27,00
Стандардна варијација	1,28	1,69	1,41	5,61	6,04	2,32	4,64	2,64	5,15
Коефицијент варијације	5,30	10,40	10,75	23,16	14,32	11,72	17,98	7,54	13,14

2.2. Метод

Одабир места за теренска мерења је извршен применом методе систематичног узорковања на основу три критеријума заступљености и степена развоја ерозионог процеса и то: ерозиони процес је у фази настанка (дубина највише до 1 m); процес је развијен у једном литолошком слоју земљишта; нагиб терена је уједначен. Постављено је 13 профила на јаругама, дуж чијих праваца су одређене три позиције (тачке) за теренско мерење: Јаруга – површина захваћена ерозионим процесом, узорковање се врши у дну корита јаруге; Лева обала и Десна обала – површине непосредно уз обале јаруге без видљивих облика ерозионих процеса. За сваку од позиција мерење је обављено на две дубине: прва зона - на површини; и друга зона - на дубини од 20-25 cm.

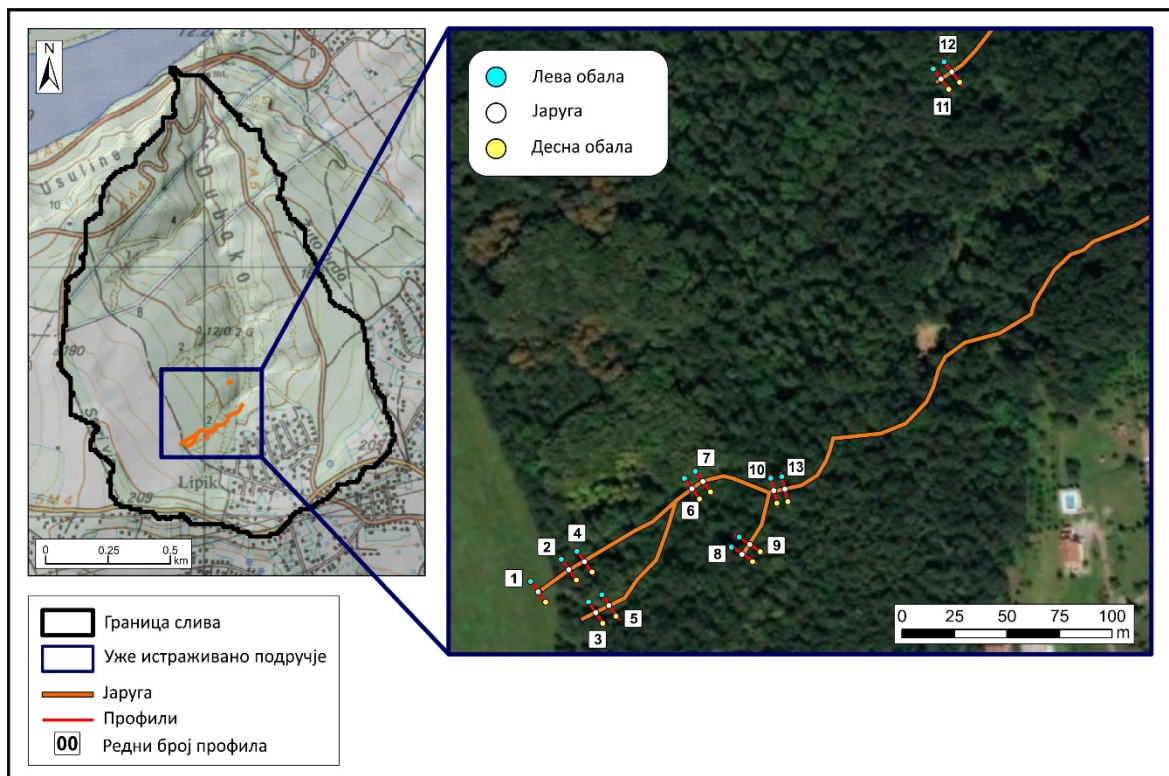
Одређивање чврстоће земљишта на смицање (τ) обављено је коришћењем цепне крилне сонде (Pocket vane tester – Eijkelkamp модел M1.14.10.E), која је дизајнирана за брзо одређивање чврстоћа земљишта на смицање, како на терену тако и у лабораторијским условима (слика 2). Овај модел поседује три крила различитог пречника, са одређеним опсегом могућности мерења:

- CL101: 0 – 0,2 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$
- CL100: 0 – 1,0 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$

- CL102: $0 - 2,5 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$

Опсег очитавања на бројчанику износи од 0,0-10,0 подеока. Најмања подела на бројчанику је $0,05 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ што дозвољава визуелну интерпретацију очитавања прецизности од $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. Испитивање тренутне чврстоће на смицање на терену вршено је према упутствима произвођача и утврђеном методом (Liu et al., 2003) на следећи начин:

- одабрана површина за мерење мора бити релативно равна без присуства корена или остатака вегетације;
- џепна крилна сонда се убада у земљиште, док крила сонде не уђу цела у земљиште;
- апарат се окреће удесно, равномерним покретом, до слома структуре земљишта. Уколико вредности очитане на апарату приликом лома прелазе 8,0 користи се крило мањег пречника, а ако су вредности испод 2,0, користи се сонда већег пречника;
- врши се по пет опита на свакој позицији испитивања - како у првој зони, тако и у другој зони узорковања;
- очитане вредности множе се са датим коефицијентима (које је дефинисао произвођач), за сваку од сонди. Прорачунава се аритметичка средина вредности добијених мерењима на свакој позицији, која се усваја као чврстоћа земљишта на смицање за посматрану позицију.



Слика 1. Распоред постављених профила на јаругама

Отпор при продору (цилиндра) игле (R) испитиваног земљишта, мерен је помоћу џепног (ручног) статичког пенетрометра (произвођача Eijkelkamp модел M1.06.03.E) (слика 2). Опит је извршен према упутствима произвођача и утврђеном поступку (Amacher and O'Neill, 2004), на следећи начин:

- одабрана површина за мерење мора бити релативно равна, без присуства корена или остатака вегетације;
- игла ручног џепног пенетрометра утискује се у земљу до назначене линије на игли;
- очитава се максимална вредност означена гуменим прстеном;
- врши се по пет продора иглом за свако место испитивања;

- на свакој позицији, изведено је по пет продора игле пенетрометра, да би се за усвојену вредност отпора земљишта, при продору игле, узимала аритметичка средина добијених вредности.



Слика 2. Апаратура за одређивање механичких особина земљишта
(фото: Живановић)

Обрада података је спроведена у програму Microsoft Excel, док је утврђивање статистичких зависности између анализираних параметара вршено у програму Statgraphics centurion XVIII (StatPoint Technologies, Inc. 2019).

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Механички параметри земљишта одређивани на терену приручним апаратима, чврстоћа земљишта на смицање (τ) и отпор при продору игле (R), дали су увид у отпорне карактеристике земљишта анализираниог подручја (табела 2). На основу распона и мера централне тенденције (средња вредност, медијана) запажа се да су вредности чврстоћа земљишта на смицање и отпора при продору игле ниже код узорака прве зоне у односу на узорке друге зоне, што указује на већи степен отпорност земљишта друге зоне на ерозионе процесе. Hosseini et al. (2016) су утврдили да је чврстоћа земљишта на смицање мања у слоју дубине од 0 – 8 cm, него у слоју на дубини од 8 – 16 cm. Такође, Wilson et al. (2019) су показали да чврстоћа земљишта на смицање расте од површине до дубине од 20,0 cm. Веће вредности пенетрационог отпора земљишта друге зоне, указују на већи степен збијености. Unger и Jones (1998) и Bogunović et al. (2018) су утврдили да са порастом дубине пенетрациона отпорност земљишта има тенденцију раста. Nan et al. (2009) су указали на повећање пенетрационог отпора земљишта са дубином (7,15 cm; 15,0 cm; 22,5 cm), на шумском земљишту. На основу коефицијента варијације утврђена је већа варијација вредности мерених параметара узорака прве зоне, у односу на узорке друге зоне. Fattet et al. (2011) су утврдили постојање веће варијације у вредностима мерених параметара код површинског слоја. Вредности коефицијента варијације параметара отпор при продору игле, указују да узорци друге зоне имају мању варијацију у односу на узорке прве зоне. До сличних запажања дошли су Materechera и Mloza-Banda (1997).

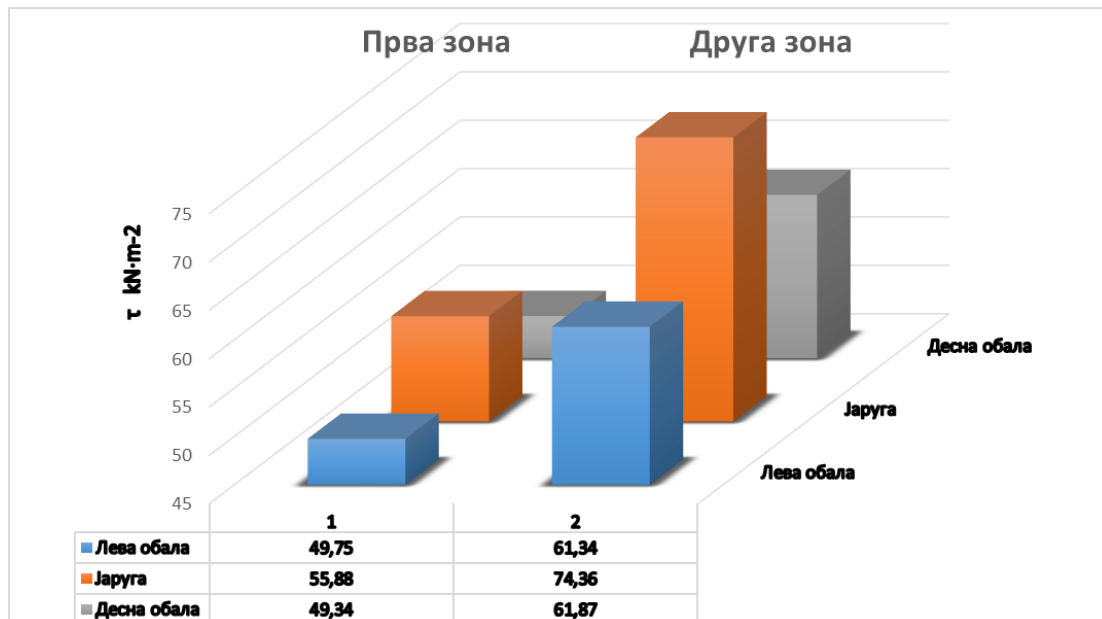
Распони вредности чврстоћа земљишта на смицање су релативно велики на шта указује коефицијент варијације чије вредности прелазе 30% код узорака обе зоне, што указује на систематски утицај неопаженог фактора. На овако велики степен варијабилности података вероватно су утицали различити временски термини током којих су узимани узорци што је условило различите вредности тренутне влажности земљишта (табела 1). Zimbone et al. (1996) су у својим истраживањима дошли до сличних опажања.

Генерално посматрано, забележене су веће вредности чврстоће земљишта на смицање добијене пенетрометром од вредности установљених крилном сондом, што су утврдили и Vahedifard et al. (2016).

Овакво запажање изнели су у свом раду и Zimbone et al. (1996) образложивши да се применом ручне крилне сонде на танки површински слој земљишта, који одговара висини крила (3-4 mm), отпорна сила земљишта манифестује током торзионог кретања крила, док се код ручног пенетрометра, дејством вертикалног притиска на подлогу, детектује компресиона и смичућа сила истовремено. Посматрајући коефицијент варијације уочава се да су вредности добијене пенетрометром уједначеније у односу на вредности добијене крилном сондом, што су у својим истраживањима установили и Ding и Loehr (2019).

Табела 2. Статистички индикатори мерених параметара

Статистички индикатори	Прва зона		Друга зона	
	τ [kN·m ⁻²]	R [kN·m ⁻²]	τ [kN·m ⁻²]	R [kN·m ⁻²]
Средња	51,66	292,15	66,10	324,60
Медијана	48,26	283,39	63,99	313,81
Максимална	97,86	419,72	172,49	441,30
Минимална	11,58	159,36	13,51	215,75
Стандардна варијација	18,87	67,12	23,93	69,66
Коефицијент варијације	36,53	22,98	36,20	21,46

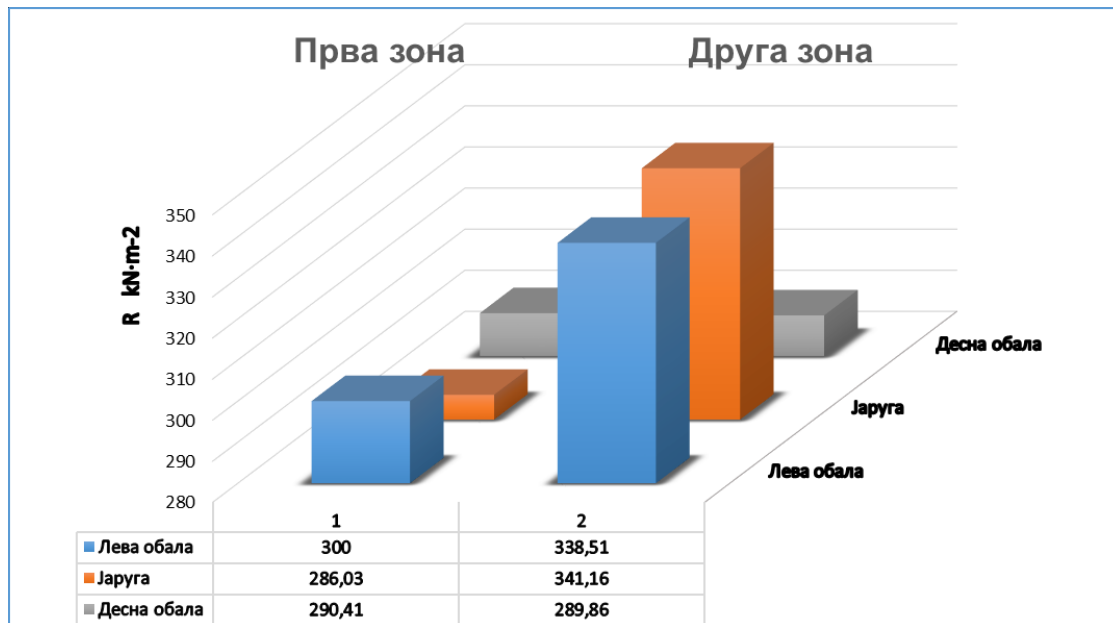


Слика 3. Средње вредности τ прве и друге зоне

На основу средњих вредности напона смицања узорка прве зоне и друге зоне, приказаних на слици 3, уочава се да су више вредности код узорка из јаруга у односу на узорке из обала. Ово се може објаснити утицајем више фактора на вредности чврстоће земљишта на смицање и отпора при продору игле. У литератури се, као фактори са највише утицаја, истичу тренутна влажност земљишта и запреминска маса (Zimbone et al., 1996; Materechera and Mloza-Banda, 1997; Unger and Jones, 1998; Amacher and O'Neill, 2004; Knäpen et al., 2007; Vanapalli and Oh, 2011; Da Silva et al., 2016; Paul et al., 2018; Jie et al., 2018).

На слици 4 приказане су средње вредности параметра добијених применом цепног пенетрометра. Код групе узорка прва зона вредности су ниже у јаруги у односу на вредности на обалама. У другој зони ситуација обрнута, те се бележе веће вредности у јаруги у односу на обалу. Такође, уочава се да су

вредности код узорака леве обале (обе зоне) веће у односу на вредности узорака десне обале. Код вредности напона смицања (слика 3) обале имају готово идентичне вредности у обе зоне. Анализиране вредности приказане на сликама 3 и 4, указују да је земљиште јаруга отпорније на ерозионе процесе у односу на обале. Ово се може објаснити тиме што се при деловању ерозионих процеса у јарузи, односе слабо везане честице, чиме се изнова долази до „здравице“ односно слојева земљишта који нису деградирани и поседују већу отпорност земљишта на смицање. Земљиште обала је осетљивије на ерозионе процесе нарочито уколико се угрози (деградира) биљни покривач.



Слика 4. Средње вредности R прве и друге зоне

Спроведеном нелинеарном регресионом анализом добијен је модел који најбоље описује статистичку зависност између променљивих чврстоће земљишта на смицање и отпор при продору игле свих посматраних узорака (једанчина 1).

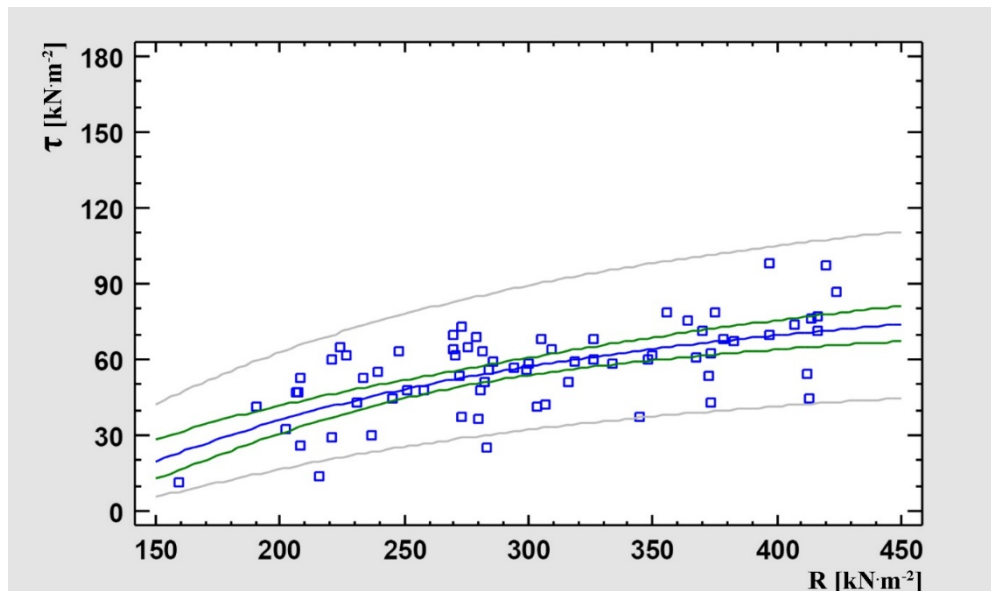
$$\tau = (10,682 - \frac{935,38}{R})^2 \quad (1)$$

где је τ зависна променљива, R независна променљива.

Коефицијент корелације приказаног модела износи $r = 0,65$, што указује на постојање значајне везе између варијабли. Коефицијент детерминације $r^2 = 0,42$ указује да је 42,00% варијансе две променљиве заједничко (слика 5). Vachmann et al. (2005) су утврдили високе статистичке зависности изражене линеарним једначинама, између променљивих чврстоћа земљишта на смицање и пенетрационог отпора, са коефицијентом корелације од $r = 0,57$ до чак $r = 0,95$, у зависности од типа земљишта.

Предности коришћења ручне крилне сонде и џепног пенетрометра, за утврђивање отпорности земљишта на смицање, огледа се у могућности примене на тешко приступачним теренима, затим код површинских слојева земљишта који се због присуства вегетације тешко узоркују, као и кроз призму једноставности и брзине вршења мерења. Знатно је брже коришћење ручног пенетрометра, док се приликом коришћења ручне крилне сонде доста времена „губи“ на чишћење крила после сваког извршеног мерења (око 2 min), на шта су указали и Zimbone et al. (1996). Предности коришћења ових апарата у геотехници, у специфичним условима, истакао је и Sarsby (2013). Повезивање механичких параметара, са могућношћу настанка ерозионих процеса, је у потпуности оправдано када се ради о испитивањима на узорцима мање величине (површине), што се постиже применом ручне крилне сонде и ручног пенетрометра (Misra and

Rose, 1995). Чврстоћа земљишта на смицање је кључни параметар у формирању браздасте ерозије (Zimbone et al., 1996). Значај ручних апарата за мерење чврстоће земљишта на смицање и пенетрациону отпорност земљишта истакли су Bachmann et al. (2005) и Vaz et al. (2011).



Слика 5. Статистичка зависност параметара чврстоће земљишта на смицање и отпора при продору игле укупног броја узорка

4. ЗАКЉУЧАК

Механички параметри мерени помоћу ручне крилне сонде и џепног пенетрометра имају опсег вредности чврстоће земљишта на смицање $\tau = 11,58 - 172,42 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ и отпора при продору игле $R = 159,36 - 441,30 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$. На основу добијених резултата може се закључити да су узорци земљишта из јаруга (обе зоне) показали већу отпорност на смицање од узорка са обала, сем код узорка прве зоне мерених џепним пенетрометром, што указује да су узорци из јаруга отпорнији на ерозионе процесе у односу на узорке обала. Значај коришћења приручних апарата огледа се кроз могућност једноставне и брзе карактеризације стања земљишта и оцене отпорности на ерозионе процесе, на шта указује добијена статистичка зависност између вредности добијених мерењима помоћу ручне крилне сонде и џепног пенетрометра са коефицијентом корелације $r = 0,65$ и коефицијентом детерминације $r^2 = 0,42$. Теренска мерења приручним апаратима дају задовољавајуће вредности које се могу користити за процену тренутног стања земљишта као и његове отпорности на ерозионе процесе (еродибилност земљишта). Такође, ови приручни апарати се могу користити и за процену осетљивости земљишта на друге облике механичке деградације као што је збијање, појава колотрага и заптивање земљишта.

ЛИТЕРАТУРА

- Agassi, M., Bradford, J.M. (1999). Methodologies for interrill soil erosion studies. *Soil & Tillage Research*; Vol. 49; p. 277 – 287
- Alaoui, A., Rogger, M., Peth, S., and Blöschl, G. (2018). Does soil compaction increase floods? A review. *Journal of Hydrology*, Vol. 557; p. 631 – 642. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.052>

- Amacher, M.C., O'Neill, K.P., (2004). Assessing Soil Compaction on Forest Inventory & Analysis Phase 3 Field Plots Using a Pocket Penetrometer. *Research Paper RMRS-RP-46WWW*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 7
- Bachmann, J., Contreras, K., Hartge, K.H., MacDonald, R. (2005). Comparison of soil strength data obtained in situ with penetrometer and with vane shear test. *Soil & Tillage Research* Vol. 87; p. 112 – 118; doi:10.1016/j.still.2005.03.001
- Bogunovic, I., Pereira, P., Kistic, I., Sajko, K., Sraka, M. (2018). Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). *Catena*. Vol. 160; p. 376 -384; http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2017.10.009
- Da Silva, W., Bianchini, A., Da Cunha C.A., (2016). Modeling and correction of soil penetration resistance for variations in soil moisture and soil bulk density. *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*. Vol. 36; no. 3; p. 449-459. ISSN: 1809-4430 (on- line) Doi:http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n3p449-459/2016
- Ding, D., and Loehr, J.E. (2019). Variability and Bias in Undrained Shear Strength from Different Sampling and Testing Methods. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. Vol. 145 (10): 04019082 DOI: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002121
- Fattet, M., Fu, Y., Ghestem, M., Ma, W., Foulonneau, M., Nespoulous, J., Le Bissonnais, Y., Stokes, A. (2011). Effects of vegetation type on soil resistance to erosion: Relationship between aggregate stability and shear strength. *Catena*. Vol. 87; p. 60 - 69; doi:10.1016/j.catena.2011.05.006
- Fell, R., Hanson, G., Herrier, G., Marot, D., Wahl, T., (2013). Relationship between the erosion properties of soils and other parameters. *Erosion in Geomechanics Applied to Dams and Levees*; 10.1002/9781118577165.ch5.
- Gajić, B., Milivojević, J., Bošnjaković, G., Matović, G. (2005). Zbijenost zemljišta različitih teksturnih klasa u zasadima maline ariljskog malinogorja. *Poljoprivredna tehnika, Broj 2*; str. 25 – 30; UDK: 631.312:669.8
- Goudie, A. (2004). Encyclopedia of Geomorphology. Vol. 1 A–I. *International Association of Geomorphologists*; ISBN 0–415–32737–7
- Govers, G., Everaert, W., Poesen, J., Rauws, G., De Ploey, J., and Lantier, J.P. (1990). A Long Flume Study of the Dynamic Factors Affecting the Resistance of a Loamy Soil to Concentrated Flow Erosion. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 15, p. 313 – 328; 0197-9337/90/040313-16\$08.00
- Han, S., Han, H., Page-Dumroese, D.S. and Johnson, L.R. (2009). Soil compaction associated with cut-to-length and whole-tree harvesting of a coniferous forest. *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 39; p. 976 – 989; doi:10.1139/X09-027
- Heimsath, A.M., Whipple, K.X. (2019). Strength matters: Resisting erosion across upland landscapes. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 44; Issue 9; p. 1748 – 1754; https://doi.org/10.1002/esp.4609
- Hosseini, M., Naeini, S.A.M., Dehghani, A., Khaledian, Y. (2016). Estimation of soil mechanical resistance parameter by using particle swarm optimization, genetic algorithm and multiple regression methods. *Soil & Tillage Research*. Vol. 157; p. 32 - 42; http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2015.11.004
- Jie, W., Binglin, S., Jinlin, L., Shasha, L., Xiubin, H. (2018). Shear strength of purple soil bunds under different soil water contents and dry densities: A case study in the Three Gorges Reservoir Area, China. *Catena*. Vol. 166 p. 124 – 133; https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.03.021
- Knapen, A., Poesen, J., Govers, G., Gyssels G., Nachtergaele, J. (2007). Resistance of soils to concentrated flow erosion: A review. *Earth-Science Reviews*. Vol. 80; p. 75 – 109; doi:10.1016/j.earscirev.2006.08.001
- Leonard, J., Richard, G. (2004). Estimation of runoff critical shear stress for soil erosion from soil shear strength. *Catena*. Vol. 57; p. 233–249
- Liu, G., Xu, M., Ritsema, C. (2003). A study of soil surface characteristics in a small watershed in the hilly, gullied area on the Chinese Loess Plateau. *Catena*. Vol. 54; p.31–44
- Materechera, S.A., Molza-Banda, H.R. (1997). Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. *Soil & Tillage Research*. Vol. 41; p. 13 – 24
- Misra, R.K., Rose, C.W. (1995). An Examination of the Relationship between Erodibility Parameters and Soil Strength. *Aust. J. Soil Res.*, Vol. 33; p. 715 – 732

- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerswald, K., Chisci, G., Torri, D., Styczen, M.E., Folly, A.J.V (1998). The European Soil Erosion Model (EUROSEM): *documentation and user guide*. Silsoe College, Cranfield University
- Nadal-Romero, E., Regues, D., Marti-Bono, C., and Serrano-Muela, P. (2007). Badland dynamics in the Central Pyrenees: temporal and spatial patterns of weathering processes. *Earth Surface Processes and Landforms*. Vol. 32; p. 888 – 904; DOI: 10.1002/esp.1458
- Paul, O.K., Mao, H., Li, L. and Ma, G. (2018). Relationship Between Soil Moisture Content and Penetration Resistance on Verisols. *ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Detroit, Michigan; Paper Number: 1800017; p. 13; DOI: https://doi.org/10.13031/aim.201800017*
- Sarsby, R.W. (2013). Environmental Geotechnics. *Second edition, ICE Publishing, ISBN 978-0-7277-4187-5, http://dx.doi.org/10.1680/eg.41875.001*
- Shah, A. N., Tanveer, M., Shahzad, B., Yang, G., Fahad, S., Ali, S., Bukhari, M.A., Tung, S.A., Hefeez, A., Souliyanonh, B. (2017). Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 24 (11); p. 10056 – 10067; doi:10.1007/s11356-017-8421-y
- Sun, L., Zhang, G., Luan, L., Liu, F. (2016). Temporal variation in soil resistance to flowing water erosion for soil incorporated with plant litters in the Loess Plateau of China. *Catena*. Vol. 145; p. 239 – 245; http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2016.06.016
- Torri, D., Santi, E., Marignani, M., Rossi, M., Borselli, L., Maccherini, S. (2013). The recurring cycles of biancana badlands: Erosion, vegetation and human impact. *Catena*. Vol. 106; p. 22 – 30; doi:10.1016/j.catena.2012.07.001
- Unger, P.W., Jones, O.R. (1998). Long-term tillage and cropping systems affect bulk density and penetration resistance of soil cropped to dryland wheat and grain sorghum. *Soil & Tillage Research*. Vol. 45; p. 39 – 57; PII S0167-1987 97. 00068-8
- Uusitalo J., Ala-Ilomäki J., Lindeman H., Toivio J., Siren M. (2019). Modelling soil moisture – soil strength relationship of fine-grained upland forest soils. *Silva Fennica*. vol. 53; no. 1 article 10050. https://doi.org/10.14214/sf.10050
- Vahedifard, F., Howard, I.L., Badran, W.H., Carruth, W.D., Hamlehdari, M., Jordan, B.D. (2016). Strength indices of high-moisture soils using handheld gauges. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Ground Improvement*. Vol. 169; Issue GI3; p. 167 – 181; http://dx.doi.org/10.1680/jgrim.14.00033
- Vanapalli, S.K., Oh, W.T. (2011). A Simple Technique for Estimating Matric Suction of Unsaturated Fine-Grained Soils Using Pocket Penetrometer. *Advances in Unsaturated Soil, Geo-Hazard, and Geo-Environmental Engineering. Geotechnical Special Publication No. 217 ASCE*
- Vaz, C.M.P., Manieri, J.M., de Maria, I.C., Tuller, M. (2011). Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. *Geoderma*. Vol. 166; p. 92-101; doi:10.1016/j.geoderma.2011.07.016
- Verachtert, E., Van Den Eeckhaut, M., MArtinez-Murillo, J.F., Nadal-Romero, E., Poesen, J., Devoldere, S., Wijnants, N., Deckers, J. (2013). Impact of soil characteristics and land use on pipe erosion in a temperate humid climate: Field studies in Belgium. *Geomorphology*. Vol. 192; p. 1 – 14; http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.02.019
- Watson, D.A., Laflen, J.M. (1985). Soil Strength, Slope, and Rainfall Intensity Effects on Interrill Erosion. *Transactions of the ASAE* Vol. 29 (1); p. 0098 – 0102; doi: 10.13031/2013.30109
- Wilson, G.V., Wells, R.R., Dabney, S.M., Zhang, T. (2019). Filling an ephemeral gully channel: Impacts on physical soil quality. *Catena*. Vol. 172; p. 164 – 173; https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.006
- Zhang, C., Wang, X., Zou, X., Tian, J., Liu, B., Li, J., Kang, L., Chen, H., Wu, Y. (2018). Estimation of surface shear strength of undisturbed soils in the eastern part of northern China's wind erosion area. *Soil & Tillage Research*. Vol. 178; p. 1–10; https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.014
- Zimbone, S.M., Vickers, A., Morgan, R.P.C., Vella, P. (1996). Field investigations of different techniques for measuring surface soil shear strength. *Soil Technology*. Vol. 9; p. 101 – 111.
- Живановић, Н. (2021). *Отпорност земљишта као индикатор механизма настанка ерозионог процеса*. Докторска дисертација одбрањена на Универзитету у Београду Шумарском факултету.

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

624.131.25(062)

ДРУШТВО за геотехника на Македонија. Симпозиум (5 ; 2022 ; Охрид)
Инженерски проблеми во меки карпи : зборник на трудови од Петтиот симпозиум на Друштвото за геотехника на Македонија, Специјализирана конференција на ISRM, Втора конференција на регионалните геотехнички друштва 23-25.6.2022, Охрид, Р. С. Македонија / уредници Слободан Ќориќ, Јован Бр. Папиќ = Engineering problems in soft rocks : proceedings of the 5 th Symposium of the Macedonian association for geotechnics, an ISRM Specialized Conference, 2 nd Conference of regional geotechnical societies 23-25.6.2022, Ohrid, R. N. Macedonia / editors Slobodan Ćorić, Jovan Br. Papić. - Скопје : Друштво за геотехника на Македонија = Skopje: Macedonian association for geotechnics, 2022. - 2 св. (500 ; 392 стр.): илустр. ; 25 см

Текст на мак. англ. и срп. јазик. - Библиографија кон трудовите

ISBN 978-9989-2053-4-7 (Кн. 1)

ISBN 978-9989-2053-5-4 (Кн. 2)

а) Геотехника -- Механика на почви -- Меки карпи -- Собири

COBISS.MK-ID 57598725