

Часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије
Journal of erosion and torrent control

ЕРОЗИЈА

Број 48

UDK 626

ISSN 0350-9648



ISSN 0350-9648



9 770350 964000 >

Београд, 2022. година

ЕРОЗИЈА

Научно-стручни часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије

Scientific Journal of erosion and torrent control

Главни и одговорни уредник

Проф.др Станимир Костадинов

Уређивачки одбор

Проф.др Станимир Костадинов, проф.др Нада Драговић, проф.др Миодраг Златић, проф.др
Снежана Белановић Симић, Универзитет у Београду-Шумарски факултет, Београд
Мр Милутин Стефановић, дипл.инж, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ Београд
Prof. Ivan Blinkov, University of SV. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry, Skopje, Macedonia
Prof. Johannes Huebl, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria Prof.
Ivan C. Marinov, Forest Research Institute - BAS, Sofia, Bulgaria
Prof. Panagiotis Stefanidis, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Технички уредници

Милутин Стефановић, дипл. инж. шум.

Иван Миладиновић, арт директор

Издавач

Удружење бујичара Србије и Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд

Тел: + 381-11-3053-851; + 381-11-3906-461;

Адреса е-поште: bujicari@gmail.com

Интернет презентација: www.udruzenjebujicara.com

Тираж: 250

Штампа

Тукан принт

садржај

contents

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА WORD OF THE EDITOR	7
---	---

I ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАДОВИ ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER

Иван Блинков, Иван Минчев, Божин Трендафилов Рачунање R – фактора (фактор ерозивне енергије кише) за потребе моделирања губитака земљишта помоћу RUSLE методе на основу годишњих падавина Calculation of the R-factor (the rainfall erosivity factor) for the needs of modeling soil losses using the RUSLE method, based on annual precipitation	8
---	---

Ана Паравиња, Сениша Половина, Ратко Ристић Анализа интензитета ерозионих процеса и површинског отицаја на сливу реке Камешине Analysis of the intensity of erosion processes and surface runoff in the Kamešina river watershed	18
---	----

Милан Станимировић, Драган Вучићевић, Филип Васић Примена илофилтерских појасева у заштити акумулација: Идејно решење Application of ilofilter belts in the protection of reservoirs: Conceptual solution	38
--	----

Филип Васић, Милан Станимировић, Никола Јовановић Избор материјала за терасирање земљишта: Процена карактеристика и економичности Selection of materials for soil terracing: Assessment of characteristics and economics	45
---	----

II IN MEMORIAM

ПРОФ. ДР РАДЕНКО ЛАЗАРЕВИЋ	56
ПРОФ. ДР ГРИГОРИЈЕ МАЦАН	59
ПРОФ. ДР. ЉУБОМИР ЛЕТИЋ	61

III УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF "EROZIJA"	63
--	----

ЕРОЗИЈА

Scientific Journal of erosion and torrent control

Научно-стручни часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије

Editor in Chief

Prof. Stanimir Kostadinov

Advisory Board

Prof. Stanimir Kostadinov, Prof. Nada Dragović, Prof. Miodrag Zlatić,
Prof. Snežana Belanović Simić, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade
Mr Milutin Stefanović, B Sc, Institute for water management „Jaroslav Černi“ Belgrade.
Prof. Ivan Blinkov, University of SV. Kiril and Metodij, Faculty of Forestry, Skopje, Macedonia
Prof. Johannes Huebl, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria
Prof. Ivan C. Marinov, Forest Research Institute - BAS, Sofia, Bulgaria
Prof. Panagiotis Stefanidis, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Technical editors

Milutin Stefanović, dipl. ing.
Ivan Miladinović, art director

Publisher

Association of graduate engineers in torrent control of Serbia and University of Belgrade,
Faculty of Forestry, Belgrade, Kneza Visaslava 1, 11030 Belgrade
Phone: +381-11-3053-851; +381-11-3906-461;
E-mail address: bujicari@gmail.com
Web site: www.udruzenjebujicara.com

Circulation: 250 copies

Print

Tukan Print

Штампање часописа за уређење бујица и заштиту од ерозије
„Ерозија“ бр. 48 омогућила је:



**ИНЖЕЊЕРСКА
КОМОРА
СРБИЈЕ**

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Поштовани читаоци,

Србија је често, скоро сваке године, суочена са бујичним поплавама, које наносе огромне штете привреди и друштву у целини, праћене и људским жртвама.

Ове године у другој половини новембра у Србији смо имали велике бујичне поплаве у општинама Рашка, Нови Пазар и Тутин. Прве процене штета су око 420 милиона динара. Такве штете су нотирани у медијима, али врло брзо су их затрпале друге актуелности и све то нам говори да смо се на то навикли.

Ове године је такође била велика суша која се одразила на приносе у пољопривреди али и на повећање броја шумских пожара.

Ерозија земљишта, бујични токови и бујичне поплаве представљају велики проблем и лимитирајући фактор привредног и друштваног развоја Србије. Опште је познато да интензивни процеси ерозије изазивају појаву бујичних токова и бујичних поплава, а после њих следе дуги периоди суше. То је познати „ланац стихијски сила“ како је говорио и писао проф. Слободан Гавриловић.

Због тога, мислим да, је време да ми „бујичари“, на неки начин још једном скренемо пажњу нашег друштва на ове катастрофалне појаве. Треба да укажемо на потребу да се том проблему мора приступити енергичније са већим финансијским улагањима у противерозионе радове. Ови нежељене појаве ће бити све чешће имајући у виду климатске промене с једне стране и неадекватни одговор друштва са друге стране.

То „скретање пажње“, може да се реализује на разне начине: наступи у медијима, организацијом неког симпозијума са том темом, лобирањем и др. О томе треба да размишљају сви из наше струке наравно организовано преко Удружења бујичара Србије, Шумарског факултета Универзитета у Београду, Института за шумарство у Београду, Института „Јарослав Черни“ у Београду, Географског факултета Универзитета у Београду и других заинтересованих. Најбоље би била нека заједничка акција ових институција.

Ове године смо остали без три наша еминентна професора, који су предавали на Шумарском факултету, на Одсеку за ерозију и бујице (некада), а сада Одсек за еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса. Преминули су: проф. др. Раденко Лазаревић, проф. др. Григирије Мацан и проф. др. Љубомир Летић. Наравно увек ћемо се сећати њих и њиховог преданог рада у настави на факултету, научном раду као и у практичном раду на изради студија и пројеката.

Главни уредник
Др Станимир Костадинов, ред. проф. у пензији

РАЧУНАЊЕ R - ФАКТОРА (ФАКТОР ЕРОЗИВНЕ ЕНЕГИЈЕ КИШЕ) ЗА ПОТРЕБЕ МОДЕЛИРАЊА ГУБИТАКА ЗЕМЉИШТА ПОМОЋУ РУСЛЕ МЕТОДЕ НА ОСНОВУ ГОДИШЊИХ ПАДАВИНА

Иван Блинков¹, Иван Минчев¹, Божин Трендафилов¹

¹Универзитет “Св.Кирил и Методиј Скопје” – Факултет за шумарски науки, пејзажна архитектура и екоинженеринг “Ханс Ем” – Скопје, Катедра за земјиште и вода

ИЗВОД: УСЛЕ/РУСЛЕ метода је најкоришћенија метода у свету за рачунање интензитета ерозије изражено као губитак земљишта. Последњих година урађена је карта губитака земљишта ЕУ по овој методи. Један од кључних параметра за примену РУСЛЕ методе је R – фактор ерозивне енергије кише за ког је направљена и глобална светска карта-модел. У Републици Северна Македонија нису доступни подаци да би се користио оригинални приступ за прорачун овог фактора. Зато је коришћен приступ на основу годишњих падавина. Анализиране су више доступних једначина из различитих крајева света. Прорачун је израђен за 17 плувиометриских станица у држави, а затим је извршено моделирање за целу државу на основу надморске висиине. Просечна вредност R – фактора у држави износи 533 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), а креће се од 437 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) у околини Криволака у централном делу државе, па до 835 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) на југозападном делу Шар Планине и Кораба. Компарација добијених вредности са резултатима за пограничне делове и високе планине у Грчкој и Бугарској, показала је да су реални и омогућавају њихову даљу примену у финалном моделирању за израду карте губитака земљишта у Републици Северној Македонија помоћу РУСЛЕ методе.

Кључне речи: ерозија, губици земљишта, РУСЛЕ, R - фактор

CALCULATION OF THE R - FACTOR (THE RAINFALL EROSION FACTOR) FOR THE NEEDS OF MODELING SOIL LOSSES USING THE RUSLE METHOD, BASED ON ANNUAL PRECIPITATION

ABSTRACT: The USLE / RUSLE method is the most widely used method in the world for calculating erosion intensity expressed as soil loss. IN the latest period, a map of soil loss EU was made by this method. IN the latest period, a map of soil loss EU was made by this method. One of the key parameters for applying the RUSLE method is the R - erosive energy factor for which a global world map model has been created too. In the Republic of North Macedonia there are no available data to use original access for calculation this factor. That is why the approach is based on the annual precipitations. Several equations developed in different parts of the world were analyzed. Calculation was done for data from 17 gauges stations in the country, and at the same time modeling has been done for the whole country on the basis of altitude. Comparison of the obtained values with the results for the border areas and high mountains in Greece and Bulgaria, showed that they are realistic and enable o be further applied in the final modeling for creation of Soil Loss map in the Republic of North Macedonia using RUSLE method. Average R - factor in states amounts to 533 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), and rises from 437 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) in Krivolaka district in the central part of the country, to 835 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) in the southwestern part of Shar Planina and Korab mountains.

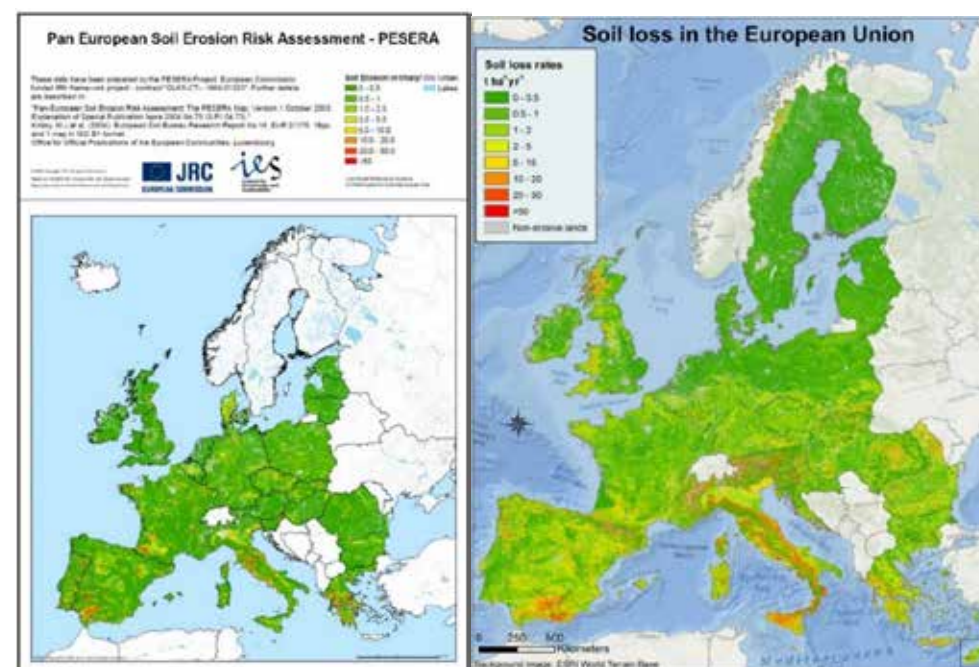
Keywords: erosion, soil losses, RUSLE, R-factor

1. УВОД

Постоје различите методе за оцену интензитета ерозије у свету. Све ове методе се разликују по својим карактеристикама и применљивости. Све већ развијене методе и приступи унапређени су у последњем периоду коришћењем геопросторних база података развијених коришћењем ГИС технологије. У свету најраширенија метода са рачунање интензитета ерозије(губици земљишта) је УСЛЕ (Universal Soil Loss Equation) са варијантама РУСЛЕ и МУСЛЕ.

Постоје 2 карте ерозије Европске уније:

- 2003 - Киркби и сарадници, ПЕСЕРА пројекат (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment) користећи УСЛЕ метод I
- 2015 – Панагос и сарадници, користећи RUSLE.



Слика 1. Карта губитака земљишта ЕУ, Киркби 2003 и Панагос 2015
Figure 1. Map of soil loss in EU, Kirkby 2003 and Panagos 2015

Ко што се види на овим картама недостају подаци за земље Западног Балкана. Обе карте су израђене на основу моделирања помоћу УСЛЕ/РУСЛЕ методе. Основна једначина је

$$E = R K C L S P$$

E: просечни годишњи губици земљишта ($\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$),
R: фактор ерозивности кише ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$),

K: фактор еродибилности семљишта ($t\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$),
 C: фактор покривности и управљања земљиштем (бездимензионалан),
 LS: топографски фактор -дужина и нагиб падина (бездимензионалан)) и
 P: фактор противероционих радова (бездимензионалан).

Панагос и сар. (2014-15) развили су приступ за моделирање ерозије земљишта ЕУ користећи РУСЛЕ методу. Идеја је била да се користе већ развијене неопходне базе података на европском нивоу (Corine LCU, подаци о земљишту, климатски подаци, топографски подаци) и да се вредности сваког параметра усвоје у класификације у поменути базу података.

Теоретски осврт

R factor - оригинално рачунање

R - фактор је производ кинетичке енергије падавина (E) и максимални 30 минутни интензитет (I_{30}) (Brown and Foster, 1987):

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (EI30)k$$

R - просечна годишња ерозивност падавина ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ yr^{-1}$),

n - број година за које су коришћени подаци,

m_j – број ерозивних случајева у некој години (j)

EI30 - ерозивни индекс јединичног догађаја (k)

$$EI30 = \left(\sum_{r=1}^0 e_r v_r \right) I_{30}$$

где је :

e_r – јединична енергија кише ($MJ\ ha^{-1}\ mm^{-1}$)

v_r - количина пале кише (mm) за време периода одређеног -r - ,

I_{30} - максимални интензитет кише за време 30-минутног кишног догађаја ($mm\ h^{-1}$).

Вредност јединичне енергије кише рачуна се за сваки временски интервал

(Brown and Foster, 1987). $e_r = 0,29 [1 - 0,722 \exp(-0,05i_r)]$ где је

i_r - интензитет кише у одређеном периоду [$mm\ h^{-1}$]

Рачунање R - фактора захтева идентификацију ерозивне енергије кише за сваки јединични догађај посебно и на свим метеоролошким станицама. Три критеријума за идентификацију ерозивног кишног догађаја дају Renard et al. (1997):

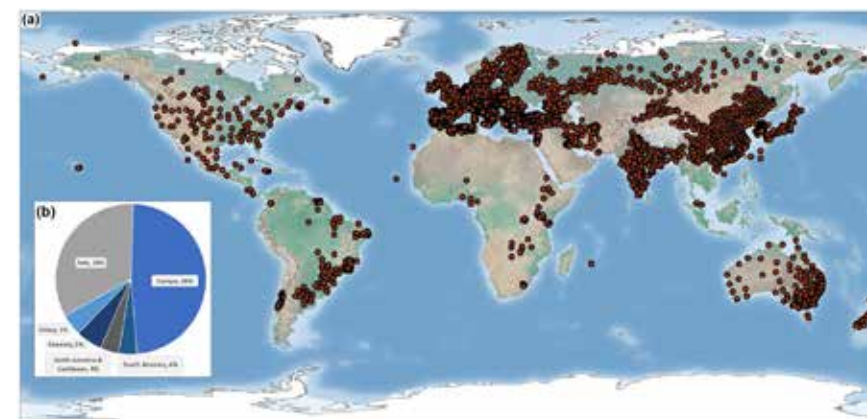
а) кумулативне падавине догађаја већи од 12,7 mm, или

б) догађај који има најмање један пик већи од 6,35 mm током периода од 15 минута или в) 12,7 mm у периоду од 30 мин.

Акумулација падавина мање од 1,27 mm током периода од 6 часа дели дужи период олује на две олује. Праг од 12,7 mm дефинише падавине које имају ерозивну моћ. Постоји и софтверска алатка за сумирање интензитета падавина (RIST software), USDA 2014.

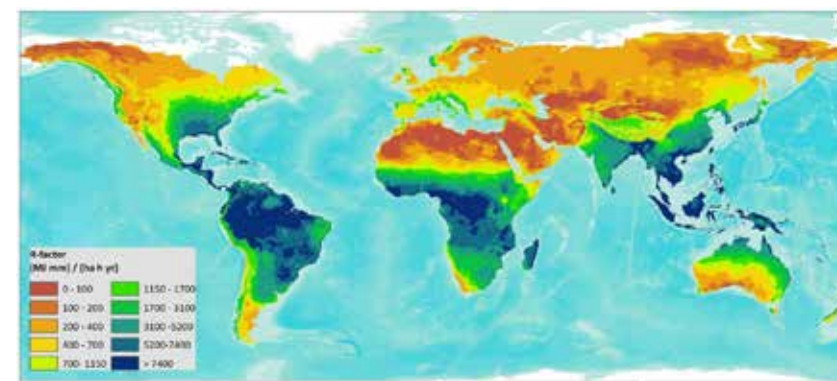
Подаци о R - фактору на глобалном нивоу

Панагос и сарадници (2017) су израдили глобални светски модел ерозивне енергије кише – глобални светски R - фактор. За тај циљ су користили доступне податке са 3,625 плувиометријских станица у 63 државе раширене по целом свету, а највише у Европи.



Слика 2. Распоред кишомерних станица коришћених за израду глобалног модела
 Figure 2. Distribution of rainfall stations used to create global model

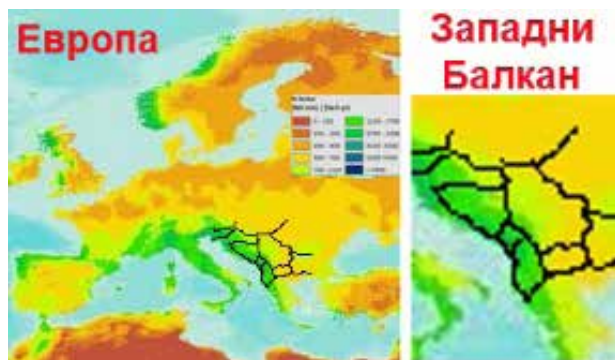
Прецизност модела износи 30 arc.sec и (~1 km) на основу Гаусовог регресионог модела, а карта је генерирана у ESRI ArcGIS ver. 10.4. Балканске државе у које има података за рачунање R – фактора су: Турска, Грчка, Бугарска, Румунија, Мађарска, Хрватска и Словенија, док за Северну Македонију, Србију, Црну Гору, БиХ и Албанију нема релевантних података.



Слика 3. Карта глобалне ерозивне енергије падавина (Панагос П., и сар. 2017)
 Figure 3. Global R-factor map (Panagos et al, 2017)

Глобално, средња ерозивна енергија падавина износи 2.190 ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ yr^{-1}$), са највишим вредностима у Јужној Америци и земљама Кариба, Централној и источној Африци и југоисточној Азији. Најниже вредности се углавном налазе у Канади, Руској Федерацији, Северној Европи, Северна Африка и Блиски исток.

Средња вредност фактора ерозивне енергије кише за ЕУ са Швајцарском износи 722 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), са највећим вредностима у Медитерану од 1000 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) а најнижим у Нордиским земљама од 500 ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ yr}^{-1}$).



Слика 4. Карта ерозивне енергије падавина (R-фактор) Европе и Западног Балкана (Панагос П., и сар. 2017)
Figure 4. Map of rainfall erosivity (R-factor) of Europe and Western Balkan (Panagos et al. 2017)

За земље ЕУ има и националних вредности за остале нема. Са карте на слици 5 за Западни Балкан, оцењује се да се вредности R-фактор крећу:

- Северна Македонија - генерално 400-700 а у западном планинском делу државе дуж границе са Албанијом су највише и у распону 700- 1150 ,
- Србија - јужна, југоисточна и источна Србија као и око границе са Румунијом и Мађарском 400-700, централна Србији и већи део Војводине 700-1150, док у Западној Србији су вредности највише иду и преко 1150.
- Албанија и Црна Гора – генерално 1150- 1700 а на одређеним деловима поред мора и до 3000
- Босна и Херцеговина – североисточни део 700 -1150, западни део од 1150-1700, а југоисточни део углавном Херцеговина и до 3150.

Треба да се узме у обзир да су ове вредности непрецизне и служе само оријентационо и за глобално моделирање.

2. ЦИЉ И МЕТОДОЛОГИЈА РАДА

У оквиру GEF – UNEP пројеката “Preparation of soil erosion and drought vulnerability map, and identification of high-risk zones and their impact to biodiversity”, један од задатака је био израда Карте ерозије Северне Македоније помоћу RUSLE методе. Приликом рада, пројектни тим се је суочио са проблемом око одређивања неколико фактора за које најлакше пронађено решење, али најсложеније је било како одредити R – фактор.

R фактор је најпроблематичнији и можда је кључни фактор у прорачуну губитка земљишта по RUSLE методи у земљама у свету, које још увек немају доступне детаљне податке о интензитету падавина.

С обзиром да не постоје релевантни подаци са кишомерних станица у држави, које могу да се користе за моделирање овог R фактора приступљено је алтернативним методом.

Разни научници су спровели многе студије како би проценили R-фактор на основу доступних података о годишњим или месечним падавинама.

Методологија рада састојила се од неколико поступака:

- Анализа литературних података о методама и формулама за одређивање R – фактора на основу годишњих падавина,
- Сакупљање података од месечним и годишњим падавинама за вишегодишњи период за све плувиометриске станице у држави,
- Рачунање R- фактора по свим пронађеним формулама,
- Компарација добијених резултата са оријентационим из глобалне карте,
- Селекција тзв. “подобних” формула и резултата и рачунање аритметичке средине од вредности добијених користећи “подобне” формуле, на свим станицама,
- Моделирање - интерполација R фактора на нивоу државе користећу линиску регресију за корелацију $R = f(H)$ где је H -надморска висина и
- Контрола добијених резултата са оријентационим резултатима из глобалне карте света за R – фактор (Панагос и сар. 2017) као и са детаљнијом картом израђена за ЕУ (Панагос и сар.2015), а као оријентир су узете вредности региона у Грчкој и Бугарској које граниче са Северном Македонијом.

Моделирање је урађено у ГИС окружењу користећи Q GIS.

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У Републици Северна Македонија постоје 144 кишомерних станица. Већи део су у моменту нефункционалне. Поред тога, има и доста прекида мерења и празнина у нивовима података, а за велики део станица постоје само подаци на папиру. После разговора и препорука колега из хидрометеоролошке управе фокусирали смо се на 17 плувиометриских станица за које су одређене суме годишњих падавина као и сума падавина у вегетацијском периоду (мај-октобар) за период 1951-2018. Ови резултати су приказани у табели 1

Табела 1. Сума годишњих падавина и падавина у вегетацијском периоду на 17 плувиометриских станица у Северној Македонији за период 1951-2018
Table 1. Mean annual precipitations and precipitations in vegetative period on 17 pluviometric stations in North Macedonia for the period 1951-2018

Станица	Годишња сума падавина P - mm	Падавине у вегетацијском периоду Pv - mm
Штип	455,1	287,0
Скопје	478,6	287,9
Прилеп	510,1	307,6
Демир Капија	554,8	281,5
Струмица	564,4	311,4
Претор	594,1	304,4

Берово	611,1	378,1
Битола	619,9	321,6
Крива Паланка	624,7	395,0
Гевгелија	678,6	334,1
Охрид	689,9	335,6
Н. Дојран	700,0	393,5
Солунска Глава	838,6	485,6
Крушево	881,3	457,9
Попова Шапка	883,4	530,1
Маврово	993,5	467,7
Лазарополе	1060,4	504,6

Следећи корак је рачунање R – фактора по свим пронађеним расположивим формулама, и компарација са вредностима за Северну Македонију са глобалне карте.

Све формуле су проверене на свим станицама у Северној Македонији али неке дају по мишљењу тима нереалне вредности - Bols (153-360), Roswell (919 – 3589), Mihalik (269-4341), Torn (1520-4178) итд., које се значајно раликују од оних оријентационих. Зато су одбачене за даље рачунање.

У следећој табели су представљене прихваћене формуле за прорачун R-фактора на основу годишњих падавина (P) или падавина у вегетативном периоду (Ps) пронађених у различитим студијама.

Табела 2. Формуле за рачунање ерозивне енергије кише на основу годишњих падавина
Table 2. Equations for calculation R factor based on mean annual precipitations

Аутор	Y Година	Формула	Регион
Bois	1978	$R = 2.5 P^2 / 100 (0.073P+0.73)$	
Mikhailova, Bryant, Schwager, Smith	1997	$R = -3172 + 7.562P$	Honduras
Torri et al	2006	$R = -944 + 3.08P$	USA (continental)
Renard, Fremund,	1994	$R = 0.04830 P^{1.51}$	
Yu and Rosewell	1996	$R = 0.0438 P^{1.61}$	Australia
Torri et all	2006	$R = -944 + 3.08P$	Malaysia
Zacchi		$R = (1,1 - 1,5) P$	Italia - Tuscany
Hurni	1985	$R = 0,55*P-24,7$	Ethiopia, Egypt
Sung	1981	$R = 79+0,363*P$	Entire India
Rambabu	1979	$R = 81,5+0,375*P$	India
Eltaif	2010	$R = 23,61 * e^{(0,048*P)}$	Jordan
Harper	1987	$R = 38,5+0,35*P$	Thailand
Rogler & Schwertmann	1981	$R = 10 (-1,48+1,48*Ps)$	Germany - Bavaria

R - ерозивна енергија кише,

P – сума годишњих падавина Ps – сума падавина у вегетациском периоду ,

e - Неперов број

Формуле из табеле 2 су прихваћене за рачунање R - фактора на основу просечних вредности на 17 плувиометрских станица у држави за период 1951-2018.

Након прерачунавања R – фактора на свакој станици по свим прихватљивиим формулама, једноставно је израчуната и аритметичка средина овог фактора за сваку станицу.

Табела 3. R – фактор за све плувиометријске станице

Table 3. R-factor for all pluviometric stations

Плувиометриска Станица	Падавине [mm]		R - фактор [MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ yr ⁻¹]			
	P	Ps	Просечни	min	max	StDev
Штип	455,1	287	389	198	693	205
Скопје	478,6	287,9	403	206	695	209
Прилеп	510,1	307,6	428	217	744	225
Демир Капија	554,8	281,5	445	233	721	219
Струмица	564,4	311,4	461	236	753	235
Претор	594,1	304,4	476	246	772	238
Берово	611,1	378,1	511	252	918	280
Битола	619,9	321,6	497	255	806	251
Крива Паланка	624,7	395	525	257	960	292
Гевгелија	678,6	334,1	535	276	882	270
Охрид	689,9	335,6	542	280	897	273
Н. Дојран	700,0	393,5	569	284	956	302
Солунска Глава	838,6	485,6	682	332	1183	375
Крушево	881,3	457,9	697	347	1146	369

Следећи корак је моделирање на нивоу државе.

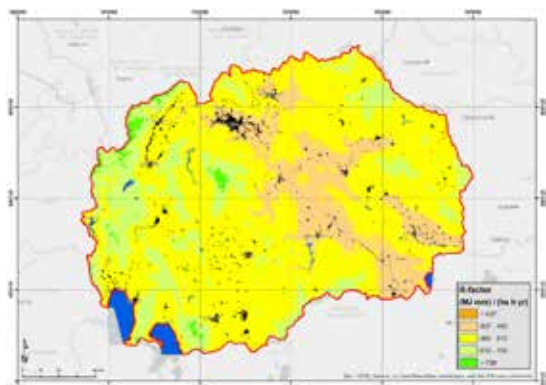
Главни улаз за модел била су надморска висина плувиометриске станице и вредност за R-фактор . Затим је направљена линеарна регресија и квалитет модела је оцењен коришћењем r – (кофицијента корелације).

Излаз модела је била једначина линеарне регресије као функција R-фактора и надморске висине т.ј.

$$y = 0,1471x + 431,57 \text{ или } R = 0,1471H + 431,57$$

Вредност коефицијента корелације – r = 0,72 – јака линеарна корелација узбрдо. Следећи корак је био имплементација добијене функције у континуалну карту. Користећи растерски калкулатор у ГИС окружењу, добијене једначине су коришћене за израчунавање растерских континуираних слојева за целу државу.

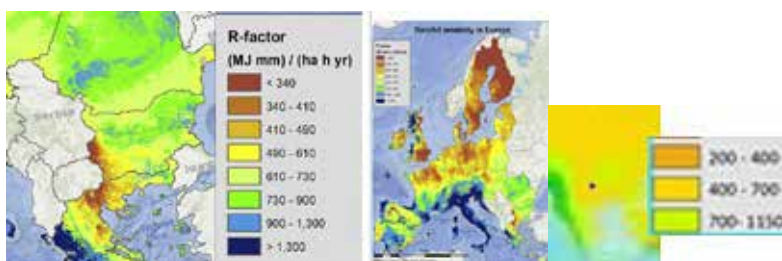
Добијен је следећи модел за R – фактор на нивоу државе.



Слика 5. R- фактор Северне Македоније
Figure 5. R-factor in North Macedonia

Просечна вредност R–фактора у држави износи 533, а креће се од 437 у околини Криволака у централном делу државе, па до 835 на југозападном делу Шар Планиане и Кораба.

Следећи корак је компарација резултата са оним са глобалне карте као и са резултатима из Грчке и Бугарске.



Слика 6. Вредности R фактора – Панагос и сар. (2014,2015) и Панагос и сар. (2017)
Figure 6. Value of R factor (Panagos et al 2014,2015) and Panagos et al (2017)

Према Панагосу и сар. (2014, 2015), у Грчкој дуж границе, у западном делу вредности за R су између 400 и 600, док су у централном и источном делу између 340 – 490. Дуж Бугарске границе вредности су углавном између 410-490 и 490-610 док је у северном делу 340-410. На високим планинама ове вредности су веће. Према Глобалној R -карти (Панагос и сар., 2017), вредности у Северној Македонији су углавном између 400 -700, док су у западном делу земље > 700. За планинске делове у западном делу државе поред Албанске границе (где надморска висина достиже 2764 m – врх Кораб), као оријентир су узете вредности за планине: Рила - Бугарска (2935 m нв), као и Олимп – Грчка (2917 m нв), где је R – фактор 730-900 (по карти из 2014-5) или 700-1130 по карти из 2017.

Кад се упореде Панагосеви резултати са резултатима нашег модела може се утврдити да је модел карта за R –фактор Северне Македоније у складу са осталим резултатима.

4. ЗАКЉУЧАК

Овај рад је био први покушај моделирања R - фактора ерозивне енергије кише у Северној Македонији.

Добијени резултати после компарације са оним из глобалне карте израђене од Панагоса и сар., су усвојени као веродостојни и коришћени су за израду модела –карте губитака земљишта због ерозије (E), Северне Македоније по РУСЛЕ методу.

Овај приступ могу да користе и друге земље које немају податке о интензитету кише потребне за рачунање R - фактора по формулама Brown and Foster, 1987.

Признање –

Овај рад је израђен у оквиру пројекта “Preparation of soil erosion and drought vulnerability map, and identification of high-risk zones and their impact to biodiversity”, финансиран од стране GEF-a (Global Environment Facility), а имплементиран преко UNEP-a (United Nation Environmental Programme).

5. ЛИТЕРАТУРА

Blinkov I., Trendafilov A., Muaketov D., Monevska Alcinova S., Stevkova S., Stevkov A., MIncev I., Trendafilov B., Пројекат “Preparation of soil erosion and drought vulnerability map, and identification of high-risk zones and their impact to biodiversity”, GEF-UNEP, 2021,

Brown, L. C. & Foster, G. R. Storm Erosivity Using Idealized Intensity Distributions. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* **30**, 379–386 (1987).

Kirkby, M. J., Gobin, A., & Irvine, B. 2003. Pan European Soil Erosion Risk Assessment. Deliverable 5: PESERA Model Strategy, Land Use and Vegetation Growth, European Soil Bureau. *eu soils. jrc. It.*

Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., et al., 2015a. Rainfall erosivity in Europe. *Science of Total Environment* 511, 801–814.

Panagos, P., Borrelli, P., POesen, J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella, L., Alewell, C. (2015) The new assessment of soil loss by water erosion in Europe, *Environmental Science & Policy* 54 (2015) 438–447

Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Yu B., Klik A., Lim K.J., Yang J.E, Ni J., Miao C., Chattopadhyay N., Sadeghi S.H., Hazbavi Z., Zabihi M., Larionov G.A., Krasnov S.F., Garobets A., Levi Y., Erpul G., Birkel C., Hoyos N., Naipal V., Oliveira P.T.S., Bonilla C.A., Meddi M., Nel W., Dashti H., Boni M., Diodato N., Van Oost K., Nearing M.A., Ballabio C., 2017. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific Reports* 7: 4175. DOI: 10.1038/s41598-017-04282-8.

Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K. & Yoder, D. C. *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. **703**, (US Government Printing Office Washington, DC, 1997).

АНАЛИЗА ИНТЕНЗИТЕТА ЕРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА И ПОВРШИНСКОГ ОТИЦАЈА НА СЛИВУ РЕКЕ КАМЕШИНЕ

ANALYSIS OF THE INTENSITY OF EROSION PROCESSES AND SURFACE RUNOFF IN THE KAMEŠINA RIVER WATERSHED

Ана Паравиња¹, Синиша Половина², Ратко Ристић²

¹ Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд

² Шумарски факултет, Универзитет у Београду

e-mail: ana.paravinja@imsi.bg.ac.rs

Извод: Земљиште је један од природних ресурса који представља основни услов за опстанак и развој човечанства. Један од најчешћих видова деградације земљишта је ерозија, која зависи од великог броја физичко–географских фактора и деловања човека. Како би се проценила ерозија земљишта и продукција наноса у употреби су различити модели. У овом раду је вршено одређивање физичко–географских карактеристика слива и анализа интензитета ерозије и проноса наноса на сливу реке Камешине. Река Камешина се налази у западном делу Републике Србије и позиционирана је на подручју Златиборског управног округа. Ова река је сврстана у хидролошку класу бујичних токова, а током 2007. и 2009. године десиле су се две велике поплаве. Река Камешина и њене притоке се сврставају у карактеристичне бујичне токове велике снаге. Процена интензитета ерозије и губитка земљишта вршена је применом Методе потенцијала ерозије. Примена ове методе је могућа у ГИС (Географски Информациони Системи) окружењу, те је израђена Карта ерозије која даје увид у стање ерозионих процеса различитог интензитета на сливу. На основу Карте ерозије, на истраживаном подручју заступљени су ерозиони процеси од врло слабе до јаке категорије разорности. Хидролошка анализа слива реке Камешине је рађена за прорачун максималног протицаја, средњих и малих вода. Максимални протицај (Q_{max}) је прорачунат применом комбинованог поступка који се састоји од SCS (Soil Conservation Service) методологије и теорије синтетичког јединичног хидрограма за просечне и надпросечне услове влажности. Анализа средњих вода (Q_{sr}), је прорачуната применом емпиријске методе Langbein–а, док су мале воде (Q_{mv}) изражене у функцији средњег протицаја (Q_{sr}).

Кључне речи: земљиште, река Камешина, ерозија земљишта, продукција наноса, ГИС, површински отицај

Abstract: Soil is one of the natural resources that is essential for the survival and development of humanity. One of the most common types of soil degradation is erosion, which depends on a large number of physical–geographical and anthropogenic factors. Different models are used to assess soil erosion and soil losses. In this paper, the determination of physical and geographical characteristics and the analysis of the intensity of erosion and sediment transport in the Kamešina river watershed were performed. The river Kamešina is located in the western part of the Republic of Serbia and is positioned in the area of the Zlatibor administrative district. This river is classified as the hydrological class of torrents, and during 2007 and 2009, two major floods occurred. The Kamešina River and its tributaries are classified as characteristic torrents with great power. Estimation of soil erosion intensity and loss was performed using the Erosion Potential Method. The application of this method is possible in the GIS (Geographic Information Systems) environment, and an

Erosion map has been made which provides an insight into the state of erosion processes of different intensity in the river watershed. Based on the Erosion Map, erosion processes from very weak to strong category of destruction are represented in the researched area. The hydrological analysis of the Kamešina river watershed was carried out for the calculation of the maximum flow, medium and low flow. Maximum flow (Q_{max}) was calculated using a combined procedure consisting of SCS (Soil Conservation Service) methodology and synthetic unit hydrograph theory for average and above-average moisture conditions. The analysis of medium waters (Q_{mean}) was calculated using the empirical method of Langbein, while small waters (Q_{min}) were expressed as a function of mean flow (Q_{mean}).

Keywords: soil, Kamešina river, soil erosion, production of sediment, GIS, surface runoff

УВОД

Земљиште представља један од природних ресурса који има највећу важност и који је неопходан за опстанак људског друштва, а које директно зависи од његове продуктивности. Земљиште поседује велики значај за одржавање главних функција екосистема и представља ограничен, стратешки и практично необновљив или тешко обновљив природни ресурс (Белановић, 2012). Процеси деградације земљишта, механизми који покрећу деградативне трендове, укључују физичке, хемијске и биолошке процесе. Важан физички процес је промена структуре земљишта која доводи до стварања коре, збијања, ерозије, загађења животне средине и неодрживог коришћења природних ресурса. Значајни хемијски процеси укључују закисељавање и испирање, салинизацију и губитак плодности. Биолошки процеси укључују смањење укупног угљеника и угљеника у биомаси, и смањење биодиверзитета земљишта. Узроци деградације земљишта су агенси који одређују стопу деградације земљишта – биофизички (коришћење земљишта и управљање земљиштем, укључујући методе крчења шума и обраде земљишта), социо–економски (нпр. поседовање земљишта, маркетинг, институционална подршка, приход и здравље људи) и политичке (потицајни подстицаји, политичка стабилност) силе које утичу на ефикасност процеса и фактора деградације земљишта. Деградација земљишта је биофизички процес вођен социо–економским и политичким узроцима (Lal, 1997).

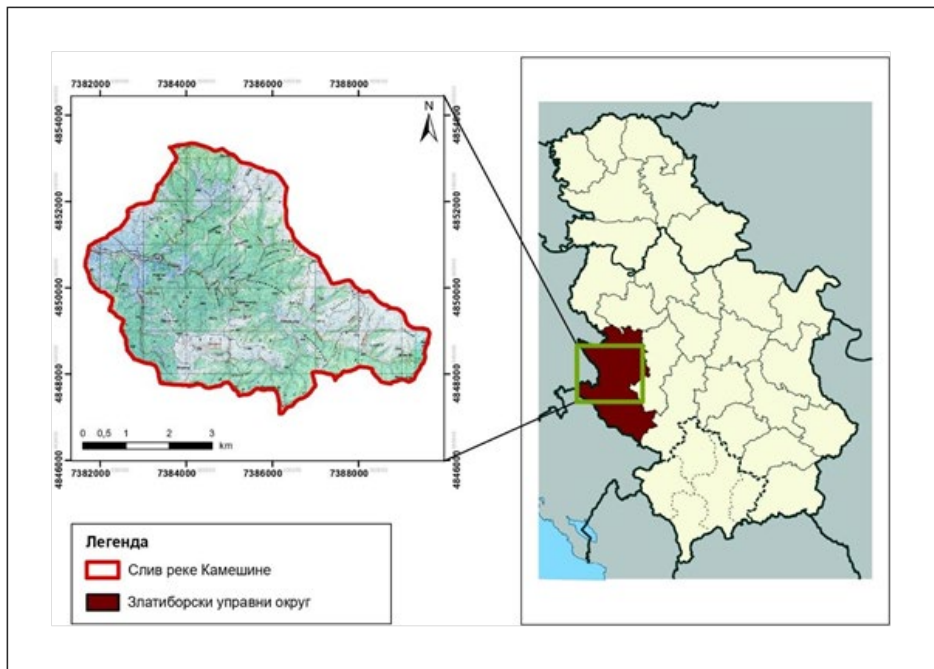
Ерозија земљишта представља светски проблем који је повезан са и има утицаја на различите делатности – пољопривреду, водопривреду, енергетику, саобраћај итд. Спирање, подривање земљишта или матичне стене под утицајем површинске воде модификује првобитни рељеф, а као производ ерозионих процеса у сливу јавља се ерозиони нанос који се са падина спира и доспева у хидрографску мрежу и чини токове мутним, пуним блата, камења и песка што штети различитим гранама привреде. Велики интензитет ерозионих процеса доводи до брзог одношења земљишта, некад све до матичне стене, чиме се ограничава развијање вегетације, поред тога и ерозиони процеси слабијег интензитета доводе у крајњем случају до ове фазе, само што је за то потребан дужи временски период (Kostadinov, 2008). Ерозија земљишта представља проблем од ширег значаја који се јавља на земљишту намењеном пољопривредној производњи, шумарству, саобраћају и рекреацији. Ерозија доводи до штете по животну средину кроз таложење материјала, загађење и повећане поплаве. Из тог разлога, контрола ерозије је неопходна у скоро свакој земљи света под готово свим начинима коришћења земљишта (Morgan, 2009).

Земљиште и вегетациони покривач директно утичу на интензитет површинског отицања стварајући „губитке“ падавина кроз процесе интерцепције, испаравања, транспирације и инфилтрације. Еродирано земљиште постаје збијено са недовољном количином хранљивих материја и органске материје, а стопе инфилтрације и капацитет за складиштење воде су смањени, што заузврат повећава површинско отицање и ерозију. Стрми терени без вегетације су посебно склони повећаном површинском отицању и ерозији (Ristić et al., 2012). Са друге стране, ерозија утиче на вегетацију у смислу састава и структуре биљне заједнице, као и обрасца раста. Вегетација значајно контролише стопе ерозије земљишта, а смањење стопе водене ерозије са повећањем вегетационог покривача је експоненцијално (Gyssels et al., 2005). Садашње, као и људске интервенције у прошлости везане за коришћење и манипулацију ресурсима животне средине, имају неочекиване последице. Земљиште се испира, постаје стерилно или се контаминира токсичним материјалима брзином која се не може одржати (Oldeman, 1992).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Опште карактеристике истраживаног подручја

Слив реке Камешине налази се на подручју Златиборског управног округа, коме административно припада општина Чајетина (слика 1). Од укупне површине општине пољопривредна газдинства налазе се на површини од 37.469 ha, а укупна обраста шумска површина простире се на 21.555 ha (2011).

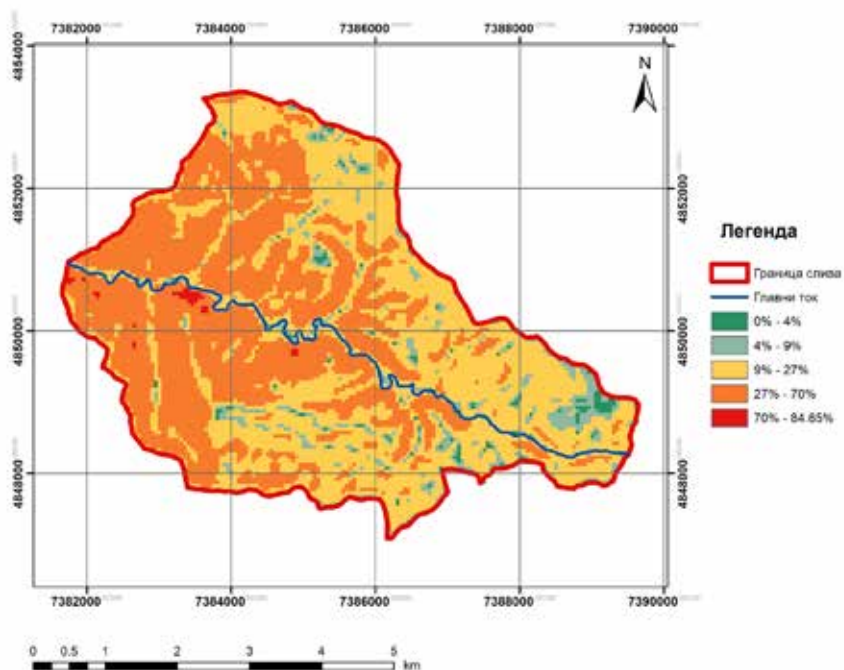


Слика 1. Географски положај слива реке Камешине
Figure 1. The geographical position of the river Kamešina watershed

Површина слива износи приближно 27 km², а обим сливне површине реке око 25 km. Остале физичко–географске карактеристике слива приказане су у табели 1. На свом путу дужине 11,7 km, река Камешина има значајан број притока чије је рачвање равномерно у горњем, средњем и доњем току те слив заузима симетричан облик, а густина хидрографске мреже је веома велика (3,29 km/km²).

Табела 1. Физичко–географске карактеристике слива реке Камешине
Table 1. Main physical characteristics of river Kamešina watershed

Параметар	Ознака	Вредност
Површина слива	A	26,94 km ²
Обим слива	O	25,08 km
Кота врха слива	K _v	1.046,56 mnm
Кота ушћа слива	K _u	596,14 mnm
Дужина слива по главном току	L	11,65 km
Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	L _c	5,92 km
Релативни просечни пад корита	I _t	3,87 %
Уравнати пад корита	I _u	3,76 %
Густина хидрографске мреже	G	3,29 km/km ²
Дужина свих водотока у сливу	∑L	88,75 km
Модул развијености вододелнице по Гравелијусу	E	1,35
Средња надморска висина слива	H _{sr}	972,16 m
Средња висинска разлика	D	376,02 m
Средњи пад слива	I _{sr}	27,93 %



Слика 2. Просторни распоред нагиба терена на сливу реке Камешине
Figure 2. Terrain slope in watershed of the river Kamešina

Приликом одређивања коефицијента ерозије јако је важно проучити надморску висину те је утврђено да се висине дуж подручја слива реке Камешине крећу од 596 до 1.272 мнм и повећавају у правцу тока реке од коте ушћа до коте врха. Средња надморска висина слива износи 972,16 мнм. Поред надморске висине, неопходно је одредити и нагиб. Применом ГИС анализа аспекта рељефа показала је да већину сливног подручја чине стрми и врло стрми терени, а спорадично се јављају и терени са успонима преко 30 % (слика 2). Релативни просечни пад корита износи 3,87 %.

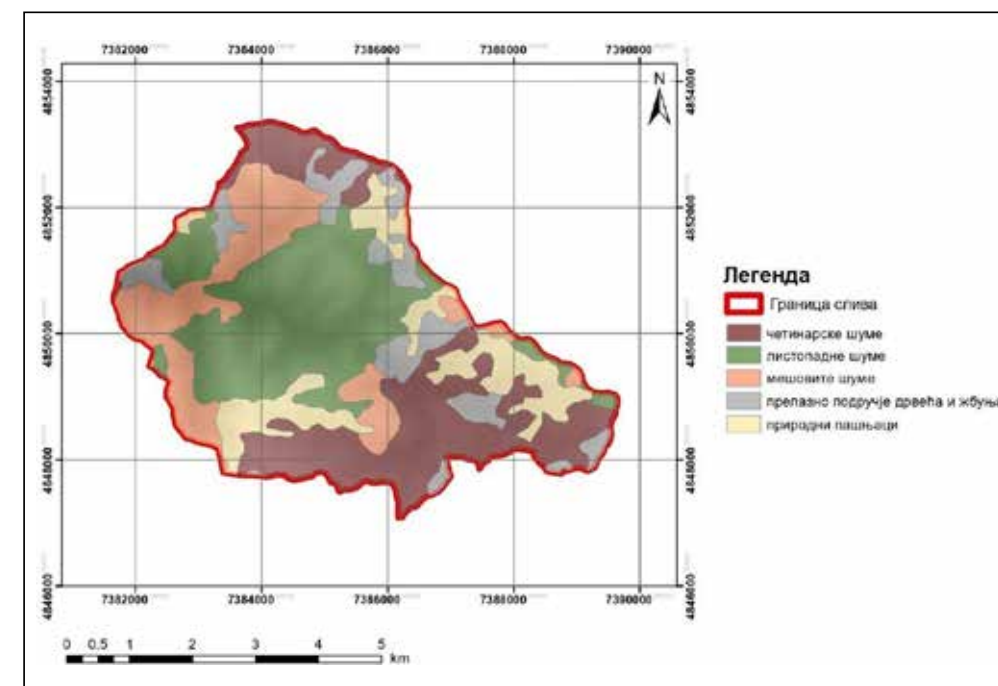
Клима овог подручја је умерено–континентална са утицајем планинске климе, са умерено хладним зимама и благим летима. Влажност ваздуха је релативно мала (76%) у односу на друга слична подручја, као и количине падавина које износе око 990 mm годишње у просеку (2011). Што се тиче плувиометријског режима, главни максимум је у мају и минимум у фебруару, а секундарни максимум у октобру. Укупан број дана са падавинама на Златибору је 166,7 годишње, највише кишних дана има мај, а најмање август и септембар (Ракићевић, 1963).

У циљу квантитативног одређивања отицања воде и режима наноса у бујичним сливовима и ерозионим подручјима важне су процене геолошких карактеристика. Процентуално учешће врста стена је од значаја јер различите врсте стена имају различиту пропустљивост за воду која утиче на отицање, као и различиту отпорност на

ерозију од које зависе интензитет ерозије и продукција наноса (Kostadinov, 2008). Харцбургити су заступљени на 90,13 % слива, а серпентинити на 9,87 %.

На територији целокупног слива заступљен је само један тип земљишта и то је скелетно земљиште на серпентиниту. Карактеристике земљишта формираних на серпентинитима у зависности су од педогенетских процеса и природе матичне стене, а један од главних узрока неповољних својстава ових земљишта је матични супстрат. Серпентинити су стене ултрабазичног карактера које су веома богате магнезијумом, поседују велики број пукотина који проузрокује брзо отицање воде те су земљишта образована на њима сува и топла. Сматра се да је производни потенцијал ових земљишта често неповољан (Кошанин, Гајић, 2008).

Приликом одређивања интензитета ерозије и режима отицаја најбитнију улогу игра вегетациони покривач, односно начин коришћења земљишног простора (Ристић, Малошевић, 2011). На подручју слива Камешине у највећој мери су заступљене листопадне, четинарске и мешовите шуме које у укупном збиру чине 75 % површине целокупног слива. Најмању просторну заступљеност имају природни пашњаци и прелазно подручје дрвећа и жбуња (слика 3). У табели 2 је дат приказ просторне и процентуалне заступљености одређених начина коришћења земљишта.



Слика 3. Начин коришћења земљишта на сливу реке Камешине
Figure 3. Land use in the river Kamešina watershed

Табела 2. Начин коришћења земљишта на сливу реке Камешине
Table 2. Land use in the river Kamešina watershed

Начин коришћења	Површина	
	km ²	%
Листопадне шуме	8,41	31,22
Четинарске шуме	7,14	26,49
Мешовите шуме	4,76	17,66
Природни пашњаци	3,67	13,61
Прелазно подручје дрвећа и жбуња	2,97	11,02
Укупно:	26,94	100

На подручју Мокре Горе највећу опасност од поплава представља управо река Камешина на којој су се десиле две велике поплаве, 2007. и 2009. године (2021). У оквиру Просторног плана подручја посебне намене Парка природе „Шарган–Мокра Гора” (2019), рађени су регулациони радови на Камешини и њеним притокама Шарганчици, Постењском потоку и Друганчици. Дуж река Камешине, Белог Рзава, Друганчице, Крманског потока, Ђетиње и Коњске реке започета је изградња бујичних преграда и брана са мини акумулацијама. У оквиру планског подручја планирана је регулација реке Камешине на дужини од 2,4 km, и њених притока (2019). Камешина, њене притоке, као и Црни Рзав, представљају карактеристичне бујичне токове велике снаге. У протеклом периоду доста је урађено на уређењу корита реке Камешине, међутим жељени ефекат није постигнут те је планирано настављање уређења кроз насеље Мокра Гора (2021).

Материјал и методе рада

За анализу основних физичко–географских параметара слива коришћене су топографска карта и дигитални модел терена (ДМТ) који је формиран на основу скенираних топографских карата у просторној резолуцији од 50 метара. За потребе овог рада коришћене су топографске карте у размери 1:25.000 (листове Кремна и Биоска, из 1978. године), Основна геолошка карта СФРЈ (Титово Ужице) у размери 1:100.000, као и Педолошка карта Србије у размери 1:50.000, издање Института за проучавање земљишта Београд–Топчидер из 1963. године. За израду карте начина коришћења земљишта коришћена је CORINE Land Cover база података из 2018. године (Büttner, Kosztra, 2017; Kosztra et al., 2017). Све претходно наведене карте и базе података анализирани су у ГИС окружењу.

Подаци о падавинама и температури ваздуха за дато подручје узети су са осматрачке мреже Републичког хидрометеоролошког Завода Р. Србије (РХМЗС), за станицу Златибор. Анализа режима падавина претходи прорачунима максималног протицаја, а приликом анализе учесталости висине падавина одређеног трајања у тачки осматрања акценат је на броју догађаја, тј. низу који је формиран од годишњих екстрема, за тражена трајања. Учесталост појаве случајних променљивих попут јаке кише, одређује се коришћењем теоријских расподела вероватноћа (Gumbel, LogPearson), а критеријум за избор може бити број низа година осматрања. Резултат овог прорачуна су добијене висине јаких киша за тражени повратни период (Ристић, Малошевић, 2011). У овом

раду је рађен прорачун максималне дневне кише одређене вероватноће појаве, методом LogPearson–a type III расподеле за повратни период од 100 година (1%).

Прорачун максималног протицаја за слив реке Камешине је прорачунат применом комбиноване методе која обухвата два поступка – SCS (Soil Conservation Service) (SCS, 1979) методологију за раздвајање ефективних падавина (Pe) које формирају директан отицај од укупних падавина (Pb) и теорију синтетичког јединичног хидрограма за детерминисање вршне ординате јединичног отицаја. Крајњи резултат ове методе је максимални протицај којим се дефинише меродавна велика вода одређене вероватноће појаве за трајање ефективне кише (Ристић, Малошевић, 2011). Уз помоћ методе синтетичког јединичног хидрограма детерминисана је вршна ордината јединичног отицаја, за период од 100 година за просечне и надпросечне услове. Вршна ордината синтетичког јединичног хидрограма даје вредност протицаја од 1 mm ефективне кише (q_{max}), а максималан протицај за тражену вероватноћу појаве (Q_{max}) изражава се преко формуле (Ристић, Малошевић, 2011):

$$Q_{\max} (\%) = q_{\max} \cdot P_e (\%)$$

$$Q_{\max} (\%) - \text{максимални протицај одређене вероватноће појаве [m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$q_{\max} - \text{вршна ордината синтетичког јединичног хидрограма [m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}]$$

$$P_e (\%) - \text{ефективна киша [mm]}$$

$$Pe = \frac{(P - 0,2 \cdot d)^2}{P + 0,8 \cdot d}$$

Потенцијална могућа инфилтрација d изражава се у mm и одређена је изразом:

$$d = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Вредност CN представља број криве отицаја који се одређује на основу дефинисаног хидролошког комплекса земљишта и начина коришћења земљишта (односно вегетационог покривача) (Ђоровић, 1984). Вредност CN за цело истраживано подручје добије се на основу заступљености појединих површина A [km²] и множењем са одговарајућим бројем криве отицаја CN, тако да је средња вредност CN_{sr} (репрезентативна за цео слив) добијена пондерисањем и приказана применом следеће формуле:

$$CN_{sr} = \frac{A_1 \cdot CN_1 + A_2 \cdot CN_2 + \dots + A_n \cdot CN_n}{\sum A}$$

A – површина [km²]

CN – бројеви криве отицаја

Поред прорачуна максималног протицаја у самом раду и на истраживаном сливу реке Камешине, прорачунат је и средњи годишњи отицај, који је одређен уз помоћ методе Langbein–a (Langbein, 1962). Метода Langbein–a представља емпиријску методу која као улазне податке користи средње температуре ваздуха (T) и средње годишње падавине (P) на сливу, и њена употреба је препоручљива искључиво за сливове чија је

површина до 1.000 km² (Prohaska et al., 2019). Уз помоћ методе Langbein–a, средњи годишњи отицај се одређује из следеће емпиријске везе:

$$Q/E = f(P/E)$$

Где је: Q – просечни отицај са слива изражен у cm, P – просечна годишња висина падавина на сливу изражена у cm, E – температурни фактор, који се израчунава уз помоћ формуле (Prohaska et al., 2019):

$$\log E = 0,027 \cdot T + \Theta$$

Према формули за прорачун температурног фактора E, главни параметар у прорачуну представља параметар Θ чија је оригинална вредност 0,886, али она може бити и калибрисан у односу на измерене податке. За познате вредности T и P на истраживаном подручју, одређује се вредност температурног фактора E, односно P/E и Q/E помоћу графичке зависности и табеларно према Јанковићу (Janković, 2015).

Вредност просечног отицаја може се добити применом годишњих ефективних падавина (P_{ef}) и површине слива (A) према формули:

$$Q_{sr} = \frac{P_{ef} \cdot 1000 \cdot A}{31,536 \cdot 10^6} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Док се специфична вредност отицаја добија према формулу:

$$q_{sp} = \frac{Q_{sr}}{A} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}]$$

Уз помоћ средњег протицаја, могуће је одредити и протицај малих вода. Мале воде се најчешће јављају током летњег периода године када долази до спуштања нивоа подземних вода, смањења количине воде у акумулацијама, издашности извора и уопштено смањења влажности земљишта. Мале воде су од значаја за водопривреду јер њихово праћење омогућава планирање и управљање приликом водоснабдевања, наводњавања и заштите вода (Stričević, 2015). Мале воде (Q_{mv}) могу се изразити у функцији средњег протицаја (Q_{sr}), као:

$$Q_{mv} = 0,1 \cdot Q_{sr} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$$

Интензитет ерозионих процеса и категорије разорности на сливу реке Камешине је анализиран и прорачунат применом Методе потенцијала ерозије према професору Слободану Гавриловићу (Gavrilović, 1972). Метода спада у групу емпиријских метода за прорачун губитака земљишта, на основу којег се израђује Карта ерозије и прорачунава продукција и пронос ерозионог материјала (Gavrilović, 1972). Категоризација ерозионих процеса извршена је према вредностима коефицијента ерозије (Z), који се одређује аналитичким путем или окуларно приликом теренског обиласка сливног подручја (Kostadinov, 2008). За правилно аналитичко одређивање потребно је правилно одредити коефицијент отпорности земљишта на ерозију (Y) који

је реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију и зависи од геолошких, педолошких и климатских карактеристика истраживаног подручја. Коефицијент уређења слива (X·a) се односи на заштићеност земљишта од утицаја атмосферилја и сила ерозије у природним условима, нпр. вегетацијом (X) или вештачки створеним условима, тј. антиерозионим техничким или биолошким радовима на сливу (a). Производ ових коефицијената се креће од 0,01 (заштићено земљиште) до 1,0 (потпуно голо, незаштићено земљиште). Коефицијент ϕ је бројни еквивалент видљивих процеса ерозије на сливу, а средњи пад слива нам даје поузданије квантитативне вредности коефицијента ерозије него при обичном процењивању (Kostadinov, 2008). Вредности Z се крећу од 0,1 код очуваних и ерозијом слабо захваћених сливова до 1,5 и више код сливова са ексцесивном ерозијом.

$$Z = Y \cdot X \cdot a \cdot (\phi + \sqrt{I_{sr}})$$

Y – реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију;

X·a – коефицијент уређења слива или подручја;

ϕ – бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије на сливу;

I_{sr} – средњи пад слива.

Табела 3. Категорије ерозије на основу вредности коефицијента ерозије Z
Table 3. Classification of erosion by erosion coefficient Z

Категорија разорности (ерозивности)	Јачина ерозионих процеса	Тип владајуће ерозије	Коефицијент ерозије	Средња вредност коеф. ерозије
I	Ексцесивна ерозија	дубинска	> 1,51	1,25
		мешовита	1,21–1,50	
		површинска	1,01–1,20	
II	Јака ерозија	дубинска	0,91–1,00	0,85
		мешовита	0,81–0,90	
		површинска	0,71–0,80	
III	Осредња ерозија	дубинска	0,61–0,70	0,55
		мешовита	0,51–0,60	
		површинска	0,41–0,50	
IV	Слаба ерозија	дубинска	0,31–0,40	0,30
		мешовита	0,25–0,30	
		површинска	0,20–0,24	
V	Врло слаба ерозија	трагови ерозије	0,01–0,19 и мање	0,01

Извор:

Gavrilović, S. (1972) *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. Izgradnja. Beograd, Serbia*

Применом ерозионистичке формуле за прорачун укупног годишњег проноса наноса на сливном подручју према методи С. Гавриловића, одређене су: укупна годишња ерозиона продукција наноса (W_{god}), специфична годишња ерозиона продукција наноса на сливу (W_{godsp}), средњегодишњи пронос наноса на хидрографској мрежи (G_{god}), специфични средњи годишњи пронос наноса (G_{godsp}), и количина вученог (W_{vn}) и суспендованог наноса (W_{sn}). У наставку су дате формуле за прорачун према оригиналној Методи потенцијала ерозије према Гавриловићу (Gavrilović, 1972):

$$W_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot A$$

W_{god} – укупна годишња ерозиона продукција наноса на сливу [$m^3 \cdot god^{-1}$]

T – температурни коефицијент подручја

$$T = \sqrt{\frac{t_{sr}}{10}} + 0.1$$

t_{sr} – средња годишња температура ваздуха [$^{\circ}C$]

H_{god} – средња годишња количина падавина [mm]

π – 3,14;

Z – коефицијент ерозије;

A – површина сливног подручја [km^2]

$$W_{godsp} = \frac{W_{god}}{A}$$

W_{godsp} – специфична годишња ерозиона продукција наноса на сливу [$m^3 \cdot god^{-1} \cdot km^{-2}$]

$$G_{god} = W_{god} \cdot R_u$$

G_{god} – средњегодишњи пронос наноса [$m^3 \cdot god^{-1}$]

$$R_u = \frac{(O \cdot D)^{0.5}}{0.25 \cdot (L + 10)}$$

R_u – коефицијент ретенције наноса

O – обим слива [km]

L – дужина слива [km]

D – средња висинска разлика [m]

$$D = H_{sr} - K_u$$

$$G_{godsp} = \frac{G_{god}}{A}$$

G_{godsp} – специфични средњи годишњи пронос наноса [$m^3 \cdot god^{-1} \cdot km^{-2}$]

$$\delta = \frac{z \cdot (\rho_1 - 1)}{\pi \cdot \rho_2}$$

δ – учешће вученог наноса [%]

ρ_1 – запреминска маса вученог наноса [tm^{-3}]

ρ_2 – запреминска маса суспендованог наноса [tm^{-3}]

$$W_{wn} = G_{god} \cdot \delta$$

$$W_{sn} = G_{god} - W_{wn}$$

W_{wn} – количина вученог наноса [$m^3 \cdot god^{-1}$]

W_{sn} – количина суспендованог наноса [$m^3 \cdot god^{-1}$]

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

На основу дефинисаних методолошких поступака који су описани у претходном поглављу добијени су и анализирани резултати за прорачун максималног протицаја, као и прорачун средњих и малих вода, и анализа интензитета ерозионих процеса. У табели 4 приказани су подаци средњих месечних и средњих годишњих температура ваздуха за главну метеоролошку станицу Златибор. Према приказаној табели, најнижа средња месечна температура ваздуха је забележена у јануару, а највиша у августу. Поред средње годишње температуре ваздуха, за потребе анализе интензитета ерозионих процеса и прорачуна средњих и малих вода, анализирани су и средње месечне и средње годишње количине падавина за главну метеоролошку станицу Златибор. У табели 5 наведене су средње месечне и средње годишње количине падавина за посматрани низ од 1951. до 2020. године. На основу приказане табеле, најниже средње месечне количине падавина су забележене у месецу фебруару, док су највише количине падавина забележене у јуну месецу.

Табела 4. Средње месечне и годишње температуре ваздуха за главну метеоролошку станицу Златибор за 2020. годину

Table 4. Average monthly and annual air temperatures for the main meteorological station Zlatibor for the year 2020

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Вред.	1,2	2,1	3,0	8,3	11,5	14,9	17,5	18,4	15,1	10,0	4,0	2,5	8,9

Извор: PXMЗС

(http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php)

Табела 5. Средња месечна и годишња количина падавина за главну метеоролошку станицу Златибор за период од 1951. до 2020. године

Table 5. Average monthly and annual amount of precipitation for the main meteorological station Zlatibor, period from year 1951 to 2020

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
Вред.	63,84	63,59	69,16	76,86	102,32	108,97	97,15	77,75	88,19	76,06	82,18	74,69	980,77

Извор: PXMЗС

(http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php)

Анализа режима падавина обухватила је прорачун максималне дневне кише одређене вероватноће појаве методом LogPearson-a III за повратни период од 100 година и износи $P_{1\%}=74,641$ mm. Након добијене висине јаких падавина за различите повратне периоде, рађен је прорачун максималног протицаја применом комбиноване методе. SCS методологија обухватила је одређивање криве отицаја тј. CN криве, на основу хидролошке класе земљишта и начина коришћења. На сливном подручју је заступљено скелетно земљиште на серпентиниту што га сврстава у класу C (табела 6), а комбинације са различитим начинима коришћења и површине на којима су заступљени дале су различите вредности CN (табела 7).

Максимална вредност CN је 79 за природне пашњаке, а најнижа 71 за прелазно подручје дрвећа и жбуња.

Табела 6. Прорачун хидролошке класе земљишта
Table 6. Calculation of soil hydrological class

Редни број	Тип земљишта	Површина [km ²]	Хидролошка класа земљишта
1	Скелетно земљиште на серпентиниту	26,94	С

Табела 7. Прорачун за CN криву
Table 7. Calculation for curve number (CN)

Редни број	Начин коришћења	Хидролошка класа земљишта	Површина [km ²]	CN
1	Листопадне шуме	С	8,41	73
2	Четинарске шуме	С	7,14	77
3	Мешовите шуме	С	4,76	77
4	Природни пашњаци	С	3,67	79
5	Прелазно подручје дрвећа и жбуња	С	2,97	71

Применом формуле за пондерисање CN вредности на основу хидролошке класе земљишта и структуре земљишног покривача и начина коришћења земљишта, за цело истраживано подручје за просечне услове влажности износи CN=76. Применом табеле са бројевима криве отицаја CN за три услова влажности, за подпросечне услове износи CN=58, док је за надпросечне услове влажности CN=89. Уз помоћ методе синтетичког јединичног хидрограма детерминисана је вршна ордината јединичног отицаја, за период од 100 година (1%) за просечне и надпросечне услове. Добијене вредности максималног протицаја за дате услове приказане су у табели 8, а криволинијски хидрограм на графику 1.

Табела 8. Добијене вредности максималног протицаја за 100 година, просечне и надпросечне услове влажности

Table 8. Obtained values of maximum streamflows for 100 years, average and above-average humidity conditions

Просечни услови влажности		Надпросечни услови влажности	
q_{max} [m ³ ·s ⁻¹ ·mm]	0,76	q_{max} [m ³ ·s ⁻¹ ·mm]	0,86
Q_{max} [m ³ ·s ⁻¹]	11,58	Q_{max} [m ³ ·s ⁻¹]	25,93

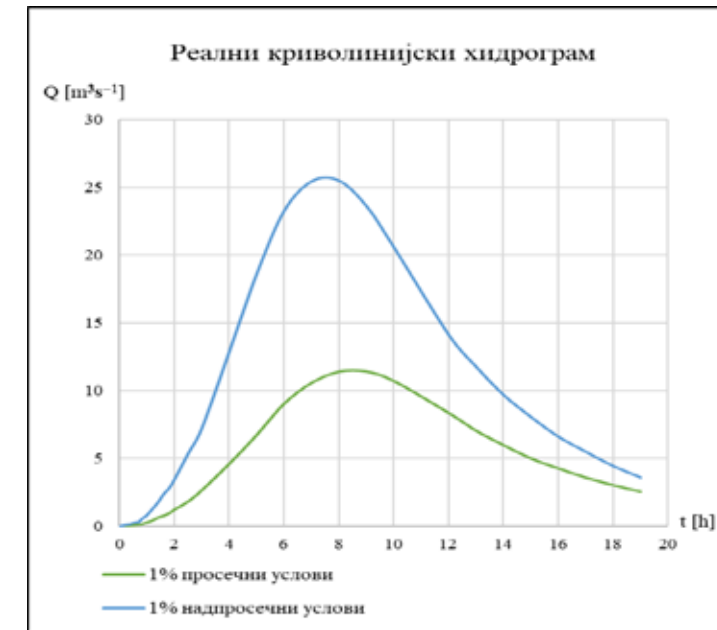


График 1. Реални криволинијски хидрограм за 100 година (1%), за просечне и надпросечне услове влажности
Graphic 1. Real curvilinear hydrograph for 100 years (1%), for average and above-average humidity conditions

Применом емпиријске методе Langbein-a, добијен је протицај средњих вода на сливу реке Камешине. Уз помоћ податка о средњој годишњој температури ваздуха, прорачунат је температурни фактор који износи E=13,38 cm. У односу на добијени температурни фактор, на основу другог улазног параметра (средње годишње количине падавина) израчунат је однос између P/E који износи 7,33. На основу приказане емпиријске везе према методи Langbein-a, и у односу на функцију између P/E, добијене су вредности Q/E које износе 2,54. Према приказаним вредностима које су добијене из емпиријских веза, ефективне падавине на истраживаном сливу износе P_{ef}=33,97 cm, односно P_{ef}=339,7 mm. На основу ефективних падавина, прорачуната је и специфична вредност отицаја која износи q_{sp}= 10,785 [l·s⁻¹·km⁻²] док протицај средњих вода износи Q_{sr}= 290,5 [l·s⁻¹]. Вредности добијене применом методе Langbein-a приказане су у табели 9.

Табела 9. Вредности добијене применом методе Langbein-a
Table 9. Values obtained using the Langbein method

E [cm]	P/E	Q/E	P _{ef} [cm]	P _{ef} [mm]	q _{sp} [l·s ⁻¹ ·km ⁻²]	Q _{sr} [m ³ ·s ⁻¹]	Q _{sr} [l·s ⁻¹]
13,38	7,33	2,54	33,97	339,7	10,785	0,2905	290,5

Добијени резултати средњег протицаја (табела 9) су сведени на јединицу сливне површине, тј. представљени су по јединици површине слива, која представља квантитативну карактеристику издашности слива (Prohaska et al., 2020):

$$q_{sp} = \frac{Q_{sr}}{A} [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}]$$

q_{sp} – специфична вредност отицаја [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$];

Q – максимални протицај воде [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$];

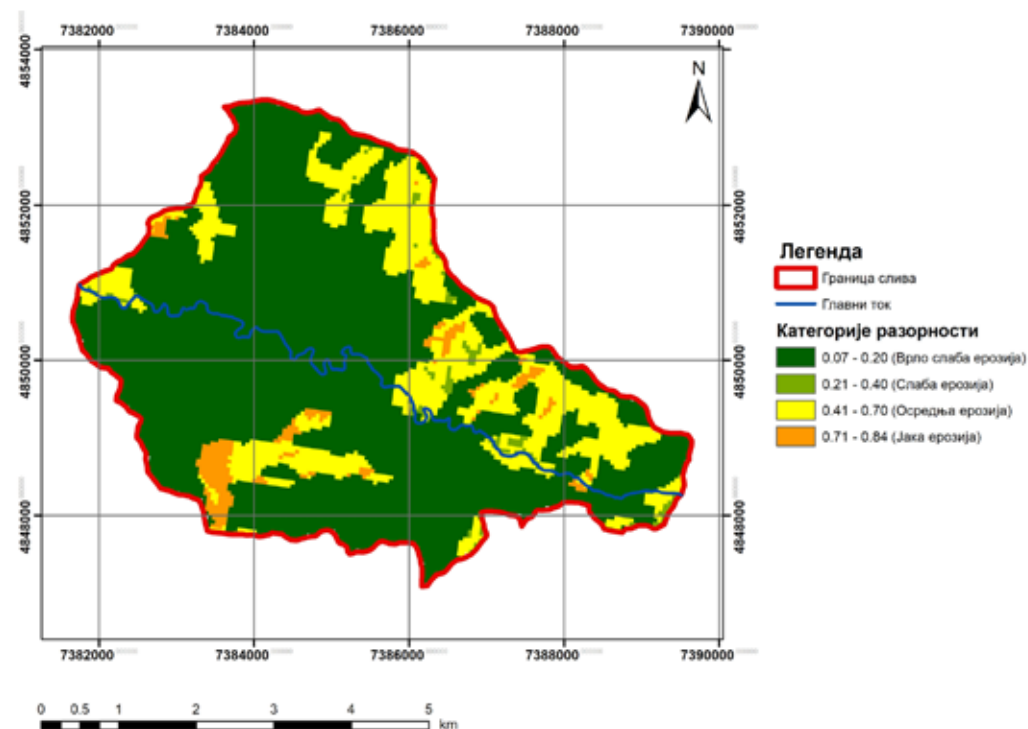
A – површина слива [km^2];

$$q_{sp} = 0,010785 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} = 10,785 \text{ l} \cdot \text{s} \cdot \text{km}^{-2}$$

Мале воде у речним токовима представљају есенцијално хидролошко стање и један од незаобилазних елемената водопривреде. Познавање њихових карактеристика значајно је за пројектовање, грађење, одржавање и управљање разним водопривредним системима (Никић, 2006). Нарочито важну улогу имају у заштити и очувању природне средине. При томе, сви корисници вода веома су осетљиви на промене режима речних вода у маловодном периоду. На основу овога, мале воде (Q_{mv}) могу се изразити у функцији средњег протицаја (Q_{sr}), и за истраживано подручје слива реке Камешине износе $Q_{mv} = 29,05 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, а рачунају се према датој формули:

$$Q_{mv} = 0,1 \cdot Q_{sr} = 0,1 \cdot 0,2905 = 0,02905 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 29,05 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Према квантитативној класификацији бујичних токова по методи професора С. Гавриловића, река Камешина спада у класу бујичних река ($H_k=27,25$). У табели 10 је приказана распрострањеност ерозије на истраживаном подручју и њен интензитет. У односу на општу развијеност ерозионих процеса, према Методи потенцијала ерозије, са добијеном вредношћу коефицијента ерозије $Z_{sr}=0,226$, дато сливно подручје је захваћено слабом ерозијом. На сливном подручју, заступљени су ерозиони процеси од врло слабе до јаке ерозије. Процеси јаке ерозије се јављају на површини од $0,97 \text{ km}^2$ тј. на 3,61 % територије слива. Наведени процеси ерозије су заступљени највећим делом на подручју природних пашњака. Просеци осредње ерозије заузимају површину од $5,42 \text{ km}^2$, односно 20,10 % од укупне површине истраживаног подручја. У погледу начина коришћења земљишта, процеси осредње ерозије су заступљени на подручју природних пашњака и на прелазном подручју дрвећа и жбуња. Ерозиони процеси који спадају у категорију слабе ерозије, заузимају најмањи део површине слива и износи $0,38 \text{ km}^2$ односно 1,42 % сливног подручја. Ова категорија се јавља такође на подручју природних пашњака и прелазног подручја дрвећа и жбуња. У највећој мери је заступљена врло слаба ерозија која се простире на чак $20,17 \text{ km}^2$ тј. 74,87 % територије слива и она је равномерно распоређена на целој површини и углавном је под листопадним и мешовитим шумама. У наставку је дата карта са приказаним категоријама разорности (слика 4). Карта ерозије слива се добија као резултат детаљног проучавања процеса ерозије, а важна је приликом сагледавања проблематике ерозије у сливу и планирања противерозионих радова и радова у области водопривреде, пољопривреде и индустрије (Kostadinov, 2008).



Слика 4. Категорије ерозије на сливу реке Камешине
Figure 4. Categories of erosion of the river Kamešina watershed

Табела 10. Заступљеност категорија ерозије на сливу реке Камешине
Table 10. Representation of certain types of erosion in the river Kamešina watershed

Категорије разорности	Јачина ерозивних процеса	Заступљеност	
		km ²	%
II	Јака ерозија (0,71–1,0)	0,97	3,61
III	Средња ерозија (0,41–0,70)	5,42	20,10
IV	Слаба ерозија (0,20–0,40)	0,38	1,42
V	Врло слаба ерозија (0–0,19)	20,17	74,87
	Укупно	26,94	100
Средња вредност коефицијента ерозије за цео слив је $Z_{sr} = 0,226$			

Укупна продукција и пронос ерозионог материјала на сливу одређени су Методом потенцијала ерозије. Према дефинисаним параметрима и објашњеној методологији рада, у табели 11 приказане су добијене вредности продукције и проноса наноса на сливу реке Камешине. Према приказаној табели 11, укупна годишња продукција ерозионог материјала износи $W_{god}=8.869 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$, а специфична продукција ерозионог материјала на истраживаном подручју $W_{godsp}=329,21 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$. Поред прорачуна продукције ерозионог материјала, а према дефинисаној формули Методе потенцијала ерозије прорачунат је и пронос ерозионог материјала до најниже тачке на истраживаном сливу. Према датој методологији, средњи годишњи пронос наноса у хидрографској мрежи реке Камешине износи $G_{god}=5.055,33 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$, док специфични средњи годишњи пронос наноса, који је дефинисан по јединици површине, износи $G_{godsp}=187,65 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$. Према дефинисаном проносу наноса, прорачуната је и количина вученог и суспендованог наноса. Укупна количина вученог наноса на посматраном сливу износи $W_{wn}=309,39 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$, док укупна количина суспендованог наноса износи $W_{sn}=4.745,94 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$.

Табела 11. Добијене вредности укупне годишње ерозионе продукције и проноса наноса
Table 11. Obtained values of total annual erosion production and sediment transport

W_{god} [$\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$]	W_{godsp} [$\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$]	G_{god} [$\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$]	G_{godsp} [$\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$]	W_{wn} [$\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$]	W_{sn} [$\text{m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$]
8.869	329,21	5.055,33	187,65	309,39	4.745,94

W_{god} – укупна годишња продукција наноса; W_{godsp} – специфична годишња продукција наноса на сливу; G_{god} – средње годишњи пронос наноса на хидрографској мрежи; G_{godsp} – специфичн средњи годишњи пронос наноса; W_{wn} – количина вученог наноса; W_{sn} – количина суспендованог наноса;

ЗАКЉУЧАК

Земљиште представља неопходан природни ресурс који настаје под утицајем различитих фактора, а као један од основних фактора његове деградације издваја се ерозија земљишта. У циљу процене интензитета ерозије земљишта и могућности утицаја на смањење деградационих процеса, примењују се различите методе које служе за процену губитака земљишта, а добијене резултате могуће је представити у просторној функцији уз помоћ Географског Информационог Система (ГИС). На основу анализе добијених карактеристика слива реке Камешине, константовано је да:

- Слив има симетричан облик, количину атмосферских талога од 980,77 mm и дате топографске услове који могу створити услове за површинско отицање воде.
- Вегетациони покривач је дефинисан следећом структуром површина: шуме 75,37 %, природни пашњаци 13,61 % и прелазно подручје дрвећа и жбуња 11,02 %.
- Река Камешина је према Квантитативној класификацији бујичних токова према методи проф. Слободана Гавриловића, сврстана у класу бујичних река. А густина хидрографске мреже је велика са вредношћу преко 2 ($G=3,29 \text{ km/km}^2$).
- Према Методи потенцијала ерозије добијен је коефицијент ерозије $Zsr=0,226$, према чему је сливно подручје захваћено слабом ерозијом. На сливном подручју присутни су ерозиони процеси од врло слабе до јаке ерозије. Категорија јаке ерозије се јавља на 3,61 % територије слива, осредња ерозија на 20,10 %, а врло слаба ерозија заузима свега 1,42 %. Највећу распрострањеност од 74,87 % територије слива има врло слаба ерозија, која је већим делом под листопадним и мешовитим шумама.
- Са аспекта псамолошких услова на истраживаном подручју, укупна годишња продукција ерозионог материјала износи $W_{god}=8.869 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$, док је специфична продукција ерозионог материјала по јединици површине $W_{godsp}=329,21 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$. Поред продукције ерозионог материјала, анализирана је и средњи годишњи пронос наноса у хидрографској мрежи који износи $G_{god}=5.055,33 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$, док специфични средњи годишњи пронос наноса, који је дефинисан по јединици површине, износи $G_{godsp}=187,65 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$. Кроз саму анализу псамолошких услова, прорачуната је и количина вученог и суспендованог наноса. Укупна количина вученог наноса на посматраном сливу износи $W_{wn}=309,39 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$, док укупна количина суспендованог наноса износи $W_{sn}=4.745,94 \text{ m}^3 \cdot \text{god}^{-1}$.
- Хидролошка анализа на истраживаном сливу је рађена за прорачун максималног површинског отицаја, као и за прорачун средњих и малих вода. Максимални површински отицај за просечне услове влажности износи $Q_{max}=11,58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, док је просечна вредност броја криве отицаја $CNsr=76$. За надпросечне услове влажности вредност броја криве отицаја износи $CNsr=89$, док је максимални површински отицај $Q_{max}=25,93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Анализа средњих вода, добијена је применом емпиријске методе Langbeina–а и на истраживаном подручју износи $Qsr=0,2905 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Прорачун малих вода изражава се у функцији средњег протицаја и на предметном подручју износи $Qmv=0,0295 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Дакле, иако је прорачунима и картирањем доказано да је сливно подручје реке Камешине захваћено врло слабом ерозијом, на неким деловима сливног подручја јавља се категорија јаке ерозије. Из тог разлога је неопходно праћење и изучавање ерозионих процеса, одређивање типа деградације и узрока. Потребно је успоставити комбинацију очувања земљишних и водних ресурса, уз едукацију становништва о начинима њиховог правилног коришћења, што би дугорочно утицало на смањење ерозионих процеса и смањење појаве учесталих бујичних поплава.

ЛИТЕРАТУРА

- (2011): Lokalni akcioni plan za biodiverzitet opštine Čajetina (LBAP)
- (2019): Prostorni plan područja posebne namene Parka prirode „Šargan – Mokra Gora” („Službeni glasnik RS”, broj 13/19 i Službeni glasnik RS”, broj 10/19).
- (2021): Operativni plan odbrane od poplava za područje grada Užica za vode II reda u 2021. godini.
- Belanović S. (2012): Melioracije zemljišta, praktikum. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
- Büttner G., Kosztra B. (2017): CLC2018 Technical Guidelines. European Environment Agency (EEA), Technical Report
- Gavrilović, S. (1972) Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. Izgradnja. Beograd, Serbia
- Gyssels G., Poesen J., Bochet E., Li Y. (2005): Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography*, 29(2), 189–217. doi:10.1191/0309133305pp443ra
- Janković, D. (2015) O određivanju prosečnog oticanja sa neizučених сливова на територији Србије. Zbornik radova 17. Savetovanja SDHI - SDH, Vršac, Srbija. str. 816-825.
- Kostadinov S. (2008): Bujični tokovi i erozija. Univerzitetski udžbenik. Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu. ISBN 978-86-7299-147-5, 505 str.
- Kosztra B., Büttner G., Hazeu G., Arnold S. (2017): Updated CLC illustrated nomenclature guidelines, European Environment Agency (EEA), Service Contract No 3436/R0-Copernicus/EEA.57441 Task 3, D3.1 – Part 1.
- Košanin O., Gajić B. (2008): Karakteristike nekih serpentinских zemljišta u sastojinama crnog bora na području Divčibare–Bukovi. Originalni naučni rad UDK 630*114.4 (497.11 Divčibare)
- Lal R. (1997): Degradation and resilience of soils. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 352. 10.1098/rstb.1997.0078.
- Langbein W.B. (1962): The water supply of arid valleys in intermountain regions in relation to climate. *Bulletin of the International association of Scientific Hydrology*, 7(1), 34-39.
- Morgan R. P. C. (2009): Soil erosion and conservation. John Wiley & Sons.
- Oldeman L. R. (1992): Global Extent of Soil Degradation. In *Bi-Annual Report 1991-1992 / ISRIC* (pp. 19-36). ISRIC. <https://edepot.wur.nl/299739>
- Prohaska O., Plavšić J., Prohaska S., Todorović A. (2019): Kartiranje parametara metode Langbajna za proračun srednjih voda na neizučеним сливовима на територији Србије. *Vodoprivreda*, 51(297–299), 99–109.
- Prohaska S., Plavšić J., Pavlović D., Čatović S., Marjanović S., Bartoš Divac V., Todorović A. (2020): Male vode na malim i srednjim сливовима Србије. In *Voda 2020: zbornik radova 49. godišnje konferencije o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda, Trebinje, 19.-20. novembar 2020./Water 2020: Conference Proceedings 49th Annual Conference of the Serbian Water Pollution Control Society* (pp. 9-15). Srpsko društvo za zaštitu voda.
- Rakićević T. (1963): Klimatske i hidrološke osobine Zlatibora. *Glasnik srpskog geografskog društva*. Sveska XLIII – br. 1.
- Ristić R., Kostadinov S., Abolmasov B., Dragičević S., Trivan G., Radić B., Radosavljević Z. (2012): Torrential floods and town and country planning in Serbia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(1), 23–35. doi:10.5194/nhess-12-23-2012
- Ristić R., Malošević D. (2011): Hidrologija bujičnih tokova, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, (1–221 str.)
- Soil Conservation Service (1979): *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology, US

Department Agriculture, Washington, D.C.

- Stričević L. (2015): Vodni resursi Rasinskog okruga i njihov uticaj na regionalni razvoj. Univerzitet u Nišu
- Ђоровић М. (1984): Одређивање хидролошке класе земљишта, *Водопривреда*, бр. 87: 57-60.
- Никић З. (2006): Регионална анализа малих вода на средњим и малим водотоцима у брдскопланинским подручјима Србије - хидрогеолошки приступ, *Гласник Шумарског Факултета*, Београд, 2006, бр. 94, стр. 9-28, UDK: 556.536
- Републички хидрометеоролошки завод Србије (ПХМЗС): Метеоролошки годишњаци: 1. Климатолошки подаци 1951-2020. Преузето: http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php

Примена илофилтерских појасева у заштити акумулација: Идејно решење

Милан Станимировић^{1*}, Драган Вучићевић¹, Филип Васић²

¹ Енергопројект – Хидроинжењеринг

² Универзитет у Београду - Шумарски факултет

Извод/Апстракт:

Илофилтерски појасеви су пожељна мера у складу са заштитом акумулација. С тим у вези тема овог рада је нацрт идејног решења примене илофилтера, чији је дизајн флексибилан и лако применљив на друге случајеве. Избор врста вршен је на основу процене повољних карактеристика, док су цене приказане према ценовнику расадника „Србијашуме“, на шта је додата и цена транспорта. Графички приказ идејног решења урађен је у Auto-Cad платформи. Осим флексибилности и применљивости на друге случајеве, идејно решење примене илофилтера се такође показало и као економично сходно тренутном стању цена садница и извођења радова.

Кључне речи: илофилтери, заштита од ерозије, заштита акумулација од наноса.

Application of ilofilter belts in the protection of reservoirs: Conceptual solution

Abstract:

Ilofilter belts are a desirable measure in accordance with the protection of reservoirs. In this regard, the topic of this paper is to draft a conceptual design of the application of ilofilter, whose design is flexible and easily applicable in other cases. The choice of species was made on the basis of the assessment of favorable characteristics, while the prices were shown according to the price list of the nursery „Srbijašume“, to which the price of transport was added. Graphic presentation of the conceptual design was done in the Auto-Cad platform. In addition to flexibility and applicability to other cases, the conceptual design of ilofilter has also proven to be economical in accordance with the current state of seedling prices and works.

Keywords: ilofilters, erosion control, sedimentation of water reservoirs control.

УВОД

Као последица интензивних процеса ерозије у сливовима јављају се бујични токови. У Србији је регистровано око 12.500 бујичних токова (Костадинов, С.2007), на којима је у периоду од 1915. до 2013. године забележено 848 догађаја бујичних поплава које су нанеле огромне штете (Петровић, 2014). Према Драгићевићу и сар. (2019) бујичне поплаве су најчешће и најразорније природне непогоде у погледу огромних материјалних штета и губитка људских живота на територији Србије.

Штете од развијених процеса водне ерозије различитог интензитета у сливовим и бујичних поплава су вишеструке:

- губитак земљишта (одношење најпре површинског слоја земљишта, носиоца плодности и производних могућности земљишта);
- смањење потенцијалних водних ресурса, због повећаног површинског отицања, у виду поплавних таласа и умањеног потповршинског и подземног отицаја
- засипање водних акумулације ерозионим наносом и смањење запремине акумулационог простора,
- механичко и хемијско загађење воде у водотоковима и водним акумулацијама наносом, које изазива низ еколошких поремећаја,
- појава бујичних поплава које наносе штете пољопривреди, водопривреди, саобраћају, шумарству, енергетици, урбанизму, тј. привреди и друштву уопште.

Водне акумулације су најосетљивији водопривредни објекти на деловање ерозије и наноса. Засипање водних акумулација ерозионим наносом је феномен који почиње када и пуњење акумулације водом. Интензитет засипања зависи од интензитета ерозионих процеса у сливу. Бројни су примери код нас и у свету, који показују да је интензитет засипања акумулације заиста велики. Овде треба посебно споменути пример акумулације ХЕ "Мали Зворник" на Дрини, која је већ после неколико година изгубила око 50% од свог акумулационог простора. Слична је ситуација и са многим другим акумулацијама у Србији.

Такође је познато да заједно са суспендованим наносом са падина у водотоке и акумулације доспевају и пестициди и разне врсте ђубрива, и друге штетне материје које се налазе у земљишту које се еродира, што све, поред механичког, доводи до хемијског загађења вода, које постају неупотребљиве за водоснабдевање и наводњавање, а често пута су неупотребљиве и за индустрију. У циљу заштите водних акумулација од засипања наносом као и ради очувања квалитета воде од материја које са наносом доспевају у водотоке и акумулације, контрола водне ерозије се поставља као императив.

Илофилтерски појасеви су наизменични редови травне и жбунасто-дрвенасте вегетације. Користе се примарно за заштиту водних акумулација од засипања ерозионим наносом. Најчешће се изводе на нагнутим теренима у ужој зони акумулационих језера код којих је нужно добити воду са што мање муља и суспендованог наноса (првенствено у заштити акумулационих језера за водоснабдевање).

Илофилтри, тј. комбиновани шумско-травни живи ретенциони појасеви служе за задржавање и „оцеђивање“ муљевитог материјала и ситног наноса. Шумски појасеви задржавају крупнији нанос и умирују брзину воде која отиче након јаких киша или наглог топљења снега, а травни појасеви врше „фино“ процеђивање воде од наноса, тако да филтрирана вода са релативно малом мутноћом доспева у акумулацију.

Циљ овог рада је приказ економичног идејног решења примене илофилтера, које је применљиво у случају заштита акумулација различитог типа.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Приликом извођења илофилтери се постављају контурно (по изохипси), у зонама близу хидрографске мреже (акумулације) и служе за пречишћавање воде која тече површински и улива се директно у акумулационо језеро. Постављају се око акумулације, на удаљености од око 10 м од коте нивоа максималне воде акумулације. Илофилтерски појасеви ефикасно редукују површински отицај и заустављају ерозиони материјал, тј. задржавају вучени нанос и највећи део суспендованог наноса из сливајућег млаза. Посебно је важно успостављање појасева на местима нагле промене пада, где је неопходно смањити висину отичућег слоја воде, брзину, кинетичку енергију и вучне силе. Вегетација делује као физичка препрека али и посредно повећава инфилтрациону способност земљишта. Унутар појаса долази до побољшања структуре и квалитета земљишта што побољшава његов водно-ваздушни режим и самим тим се повећава инфилтрациона способност земљишта. Као резултат тога после јаких киша земљиште задржава два до три пута већу запремину сливајуће воде од сопствене.

Илофилтерски појасеви се састоје од три до четири реда жбунасто-дрвенасте вегетације, између којих су површине под засејаном травном вегетацијом. Илофилтри се углавном израђују од букових, храстових и грабових појасева ширине 5–7 метара и травних појасева ширине од 5–12 метара.

Избор врста је урађен на основу процене повољних карактеристика и примене примера терена. Графички приказ идејног решења примене илофилтера израђен је употребом Auto-Cad програма. Цене су добијене на основу цене рада радника, цена садница као и цена семена из расадника “Србијашуме“, додата је и цена транспорта.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Идејни илофилтерски појас обухвата три противерозиона жбунасто-дрвенаста појаса и по четири травна појаса између ових. Предлаже се следећи састав илофилтерског појаса:

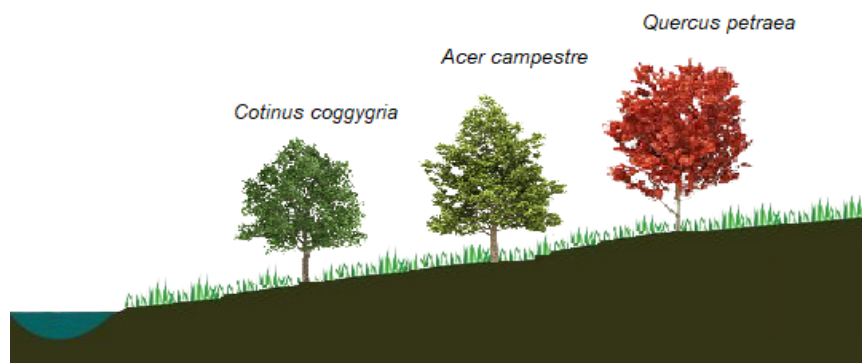
- I ред – руј (*Cotinus coggygria*): има јак коренов систем, који иде у дубину више од 1,5 m, погодан је за везивање еродираниог, поготово еродибилног земљишта (превентивно); добро подноси плитко и скелетно тло, а природна станишта су му јужне падине са деградираним шумама, чак и камењари;
- II ред – клен, пољски јавор (*Acer campestre*): има јак и разгранат коренов систем (срцолике форме), добро подноси сенку. Чест је у шумама на наплавним теренима. Користи се и за пољезаштитне појасеве;
- III ред – китњак (*Quercus petraea*): добро подноси сиромашна, слабо развијена, кисела и подзоласта земљишта; *Quercus rubra* (*Quercus borealis*, црвени амерички храст); брзорастућа, отпорна врста која подноси сиромашна и кисела земљишта;

Жбунасте врсте које се користе морају имати добро развијен корен и веома добре особине стабилизације земљишта уз повољну особину лаког размножавања и одржавања, док се предношћу сматра уколико је та врста медоносна или лековита биљка. Ове додатне особине могу осим примарне улоге илофилтера имати и значај као услуге екосистема.

Од жбунастих врста за илофилтре се предлаже:

- сладић (*Glycyrrhiza glabra*): Расте у висину до 1,5 m што значи да не засењује околне културе. Добро подноси орезивања и остећења, његов корен иде у дубину до 5 m, грана се хоризонтално и косо. Надземни делови биљке су лаки тако да не представљају нарочит терет за земљиште. Карактерише се веома брзим размножавањем-вегетативним путем;
- леска (*Corylus avellana*): Једна је од најчешћих жбунова наших шума. Честа је као пионирска врста на точилима и сипарима. Леска је честа као подраст у храстовим, а ређе буковим шумама. Гаји се у културама због јестивих плодова. Овај аспект представља још једну значајну услугу екосистема;
- жешља (*Acer tataricum*): Подноси ниске температуре, сушу, а може да расте и на заслањеним земљиштима. Јавља се у низијским шумама у појасу топлољубивих храстова и у лужњачким шумама. Жешља се користи за мелиорације слатина као и у заштитним појасевима.

Растојање између садница у реду износи 3,0 m, а између редова (мерено по нагибу) 4,0 m. Садња се састоји у томе да се у раније припремљеном земљишту (јесен-зима) формирају јамице и у периоду март-април саде припремљене саднице или резнице на растојању од 0,3–0,5 m. Садни материјала треба да буде од ожиљених садница а уколико нема овога могу се користити жилне резнице у ком случају није потребно копање јама већ фина обрада земљишта до дубине од 20 cm. Жилну резницу полагаати хоризонтално на дубину од 10 cm.



Слика 1: Графички приказ идејног решења примене илофилтера

Figure 1: Graphic representation of the conceptual solution of the application of the ilofilter

Избор врста за израду илофилтера узет је као пример на основу заступљених фитоценоза подручја слива узводно од акумулације Стубо-Ровни, с тим да је у овом случају подручје узето само у сврху идејног примера и може лако бити примењено на друге случајеве.

Између редова жбунасто-дрвенасте вегетације формира се густ засад траве, састављен од осам врста. Предложена травна смеша има следећи састав (за површину од 1 ha):

Табела 1: Састав травне мешеве
Table 1: Composition of grass mixture

Назив	Учешће у меши	
	Процентуално	Количински
Високе траве		
Мачји реп – <i>Pheleum pratense</i> L.	13,5%	9,0 kg/ha
Јежевица – <i>Dactylis glomerata</i> L.	19%	13,0 kg/ha
Ливадски вијук – <i>Festuca pratensis</i>	10,5%	7,0 kg/ha
Ниске траве		
Трава ливадарка – <i>Poa pratensis</i> L..	10,5%	7,0 kg/ha
Црвени вијук – <i>Festuca rubra</i> L.	10,5%	7,0 kg/ha
Обична ливадарка – <i>Poa trivialis</i> L.	12%	8,0 kg/ha
Махунице (Leguminosae)		
Црвена детелина – <i>Trifolium pratense</i> L.	12%	8,0 kg/ha
Бела детелина – <i>Trifolium repens</i> L.	12%	8,0 kg/ha
Укупно	100 %	67 kg/ha

У прилог овако разноврсном избору врста иде и претходно утврђена чињеница да се стабилност шумске састојине повећава са бројем врста (Ristić et al., 2007).

Одржавање подигнутих појасева

У току прве године након садње садница и подизања травних површина, потребна је редовна нега и одржавање што подразумева:

- окопавање
- редовно уклањање корова на травним површинама
- редовно грабуљање, кошење и ваљање травних површина
- редовно заливање садница и травних површина.

Табела 2: Анализа цена за подизање илофилтерских појасева
Table 2: Analysis of prices for raising ilofilter belts

Опис сегмената	Јединица мере	Количина	Радна снага	Цена	Укупно
Ископ јама и садња садница	m ³	1000	R II	100	100.000,00
Транспорт	km	20	R II	50	1.000,00
Саднице 500 ком/ha	ком	500	R II	30	15.000,00
Сетва траве и меша (67kg/ha)	ha	1	R II	100.000	100.000,00
Укупно	/	/	/	/	216.000,00

Анализом цена није обухваћена цена одржавања подигнутих илофилтерских појасева, то је обавеза крајњег корисника.

За формирање цена коришћене су саднице, 2+0 на основу званичног ценовника “Србијашума“ за 2021.годину. Ово решење се може применити и на друге акумулације које је потребно заштити од наноса. Јединична цена за подизање илофилтерског појаса за 2021. годину, је изражена у динарима по хектару и износи 216.000,00 РСД.

Приказано идејно решење даје опцију флексибилног и лако применљивог нацрта илофилтера и за друге случајеве где постоји потреба за овом врстом радова. Уз то, у оквиру кретања цена на тренутном тржишту, представља економично и прихватљиво решење. Осим наведених позитивних ефеката, избор врста подржава и вредност овог природног система у виду услуга екосистема, које су од нарочитог еколошког и социјалног значаја.

ЗАКЉУЧАК

Дато идејно решење, то јест нацрт, осим представљене економичности, флексибилности, применљивости и пратећих услуга екосистема које пружа, такође представља и добру полазну основу у пројектовању илофилтерских појасева. Будућа истраживања би у складу са принципима избора врста могла дати иновативна решења како би се полазна основа у пројектовању илофилтера додатно надоградила.

ЛИТЕРАТУРА

Gavrilović S.(1972): INŽENJERING O BUJIČNIM TOKOVIMA I EROZIJI, Beograd, Srbija,

Kostadinov S.(2008): BUJIČNI TOKOVI I EROZIJA, Beograd, Srbija,

Kostadinov, S. (2007): Erosion and Torrent Control in Serbia : Hundred Years of Experience; Key note paper, International Conference »Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River basin Management«, Sept. 25-28, 2007, Belgrade, Editors: Stanimir Kostadinov, Stevan Bruk, Desmond Walling; Publisher: University of Belgrade Faculty of Forestry, Belgrade; Full paper on CD.p.p 1-14.

Lujic R.(1973): ŠUMSKE MELIORACIJE, Beograd, Srbija,

Ristić R., Stevanović B., Radivojević S. (2007): EKOREMEDIJACIJA PROSTORA U BRDCKO-PLANINSKIM REGIONIMA PRIMENOM KONCEPTA "PRIRODNIH REZERVOARA", Paraćin-Zaječar, Srbija 7-8. XII 2007

Избор материјала за терасирање земљишта: Процена карактеристика и економичности

Филип Васић^{1,*}, Милан Станимировић², Никола Јовановић¹

¹ Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Одсек за еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд

² Енергопројект – Хидроинжењеринг, Булевар Михајла Пупина 12, 11000 Београд
filipvasic24@yahoo.com

Извод/Апстракт: Терасирање земљишта је битна конзервациона мера у превенцији ерозије. Поред тога, приликом израде тераса потребно је водити се економичним и ефикасним решењима. С тим у вези, овај рад анализира карактеристике и економичност одређених материјала приликом израде тераса. Карактеристике материјала за иградњу тераса су анализирани из доступне литературе, док су пратећи трошкови узети према тренутно доступним ценама на тржишту. Дрво се показало као јефтинији материјал у односу на камен и бетон, док се у погледу карактеристика камен може сматрати бољим од осталих. Резултати овог рада пружаће добру основу за избор материјала приликом израде тераса различитих намена.

Кључне речи: терасирање земљишта, материјал, дрво, камен, бетон, ерозија

Selection of materials for soil terracing: Assessment of characteristics and economics

Abstract: Terracing of land is an important conservation measure in the prevention of erosion. In addition, when building terraces, it is necessary to be guided by economical and efficient solutions. In this regard, this paper analyzes the characteristics and cost-effectiveness of certain materials when building terraces. The characteristics of the materials for the construction of terraces were analyzed from the available literature, while the accompanying costs were taken according to the currently available prices on the market. Wood has proven to be a cheaper material compared to stone and concrete, while in terms of characteristics, stone can be considered better than others. The results of this work will provide a good basis for the choice of materials when making terraces for different purposes.

Keywords: terracing land, material, wood, stone, concrete, erosion

УВОД

Терасе су најстарији и најчешће примењивани објекти за контролу ерозије у брдско-планинским подручјима. Оне се, поред заштите земљишта од ерозије, користе како би се повећало обрадиво земљиште на нагнутим теренима (Zuazo *et al.*, 2005). Региони веома познати по изградњи тераса у Европи, су Шпанија, Италија, Француска, Португалија, Мађарска (у основи за гајење винограда), али их има и у земљама попут Норвешке и Пољске (Cots-Folch *et al.*, 2006; Widomski *et al.*, 2010). Терасирање се такође често користи у пољопривреди у Северној и Јужној Америци, Азији (нпр. кинеске лесне заравни, Тајланд, Индија и др.) и у земљама у развоју у сушном окружењу у Африци, односно Етиопији, Руанди, Танзанији и другим (Rutebuka *et al.*, 2020).

Терасирање се обично представља као успешан начин у ограничењу ерозије земљишта. Ефикасност терасирања у ограничењу ерозије земљишта је повезано са смањењем обима и брзине површинског отицања, јер је износ губитка земљишта, директно повезан са површинским отицањем воде (Zuazo *et al.*, 2005). У прилог томе иду и досадашња истраживања која су показала већу стопу отицања и ерозије у случају нетерасираних површина у поређењу са терасираним и добро одржаваним површинама (Hammad *et al.*, 2004).

Услед процеса деградације на теренима, који су под нагибом од 10-15% терасирање је обавезно због ерозије. Терасе су обично изграђене у низу, паралелне једна другој, где свака тераса прикупља вишак воде из подручја изнад. Изграђују се по изохипси, на стрмијим и благим нагибима, тако да се вода преко система канала-травних путева безбедно одводи у реципијент. На стрмим падинама раде терасе уз помоћ разних зидића од: камена у суво, камена у цементном малтеру, бетона, дрвета. Терасе, заједно са другим објектима противерозионе заштите земљишта, морају да чине саставни елемент обликовања простора према еколошким принципима (Kadović, 1999; Лујић, 1973).

Терасирање земљишта нуди алтернативу, не само због своје вредности за очување екосистема, већ и због свог потенцијала да побољша животни стандард локалног становништва (Melilo *et al.*, 2021). Изградња тераса је у прошлом веку имала већа ограничења. Међутим, развој нових технологија је пружио више алтернативних решења. Преглед тераса је користан за одређивање система који би били корисни земљорадницима. Најједноставнији системи се могу поставити директно на терену. Они који су касније развијени, захтевају више мерења на терену и знатне прорачуне. Тако они обично захтевају техничку помоћ. Крајњи циљ је наравно створити економичне и лако обрадиве системе који су у складу са захтевима власника (Schottman i White, 1993). Циљ овог рада је урадити мини преглед литературе у циљу представљања карактеристика материјала за потребе терасирања земљишта, као и економски прорачун цена материјала за израду терасирање одређене деонице.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

За израду овог рада урађен је мини преглед доступне литературе у оквиру “online” извора. Преглед литературе је урађен на енглеском и српском језику уз корићење кључних речи: 1) „терасирање земљишта“ и „материјал“; „терасирање земљишта“ и „дрво“; „терасирање земљишта“ и „камен“; „терасирање земљишта“ и „бетон“ 2) „terracing of soil“ and „material“; „terracing of soil“ and „wood“; „terracing of soil“ and „stone“; „terracing of soil“ and „concrete“.

Релевантним су сматрани само радови и извори чије је тема истраживање употреба једне или више различитих врста материјала. За анализу економичности у избору

материјала, цене материјала узете су на основу тренутно доступног тржишта и могу бити променљиве. Трошкови израде тераса од различитих материјала су потом прорачунати за пример израде 4 зида тераса, где су димензије зида тераса $20\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.03\text{m}$ за дрво и $20\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.2\text{m}$ за камен у цементном малтеру и бетон.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

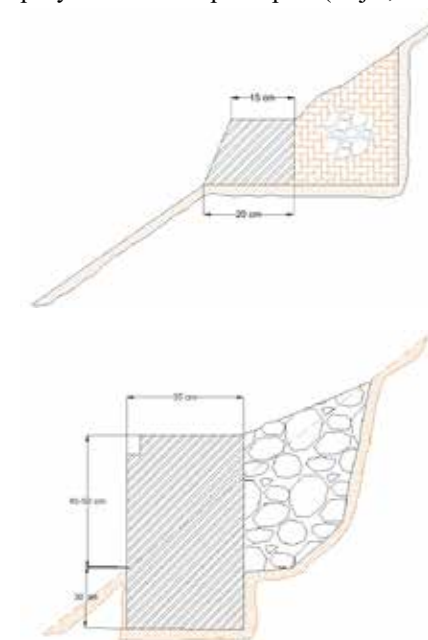
Подела тераса

Полазећи од конструкције и форме тераса, постоји читав низ подела. Могу се поделити, на разводне и сабирне терасе. Најчешће је у употреби подела на два основна типа: гребенасте и степенасте.

Гребенасте терасе у попречном пресеку представљају канал и насип који се формира са доње стране, од ископаног материјала. Имају мали пад да би се омогућило релативно лагано отицање. Пројектују се по изохипсама, тј. без подужног пада, да би се вода задржала и инфилтрирала у земљиште. Ове терасе се називају још и контурне или инфилтрационе терасе.

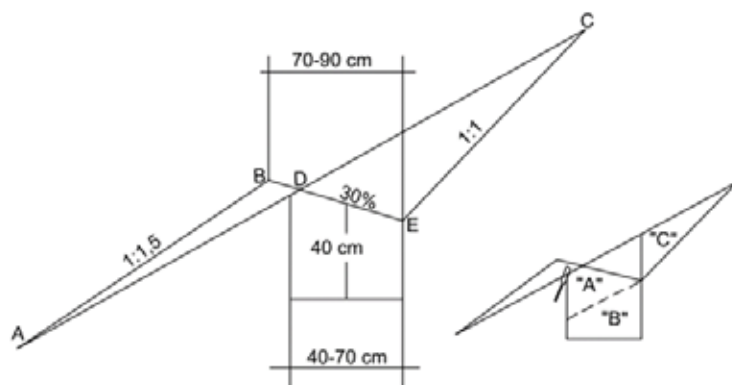
Степенасте терасе се предлажу у оним случајевима, када је за противерозиону заштиту и оптимално коришћење земљишта недовољна примена организационих, агротехничких и биолошких мера, или других техничких објеката. Примењују се и тамо где је потребно да омогуће бржу обнову или повећање плодности земљишта.

Код нас су често у употреби и мелиоративни објекти као што су зидићи по Росићу и градони. Водоравни зидићи против спирања по Росићу (слика 1) – састоје се од бетонских елемената и постављају дуж изохипсе тако да испод њих остане $1/3$ падине. С обзиром на ефикасно задржавање честица песка и земље и тиме формирање новог слоја земљишта са умањеним падом, ови објекти се карактеришу изразито мелиоративним и регулативним карактером (Лујић, 1973).



Слика 1: Водоравни зидићи против спирања по Росићу (Лујић, 1973)
Figure 1: Horizontal walls against surface runoff according to Rosić (Lujić, 1973)

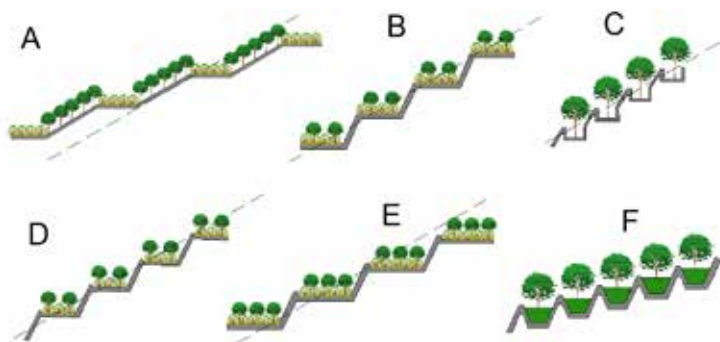
Градони (слика 2) су терасе широке 70-90 cm, чији је планум нагнут ка узбрдној страни. Раде се дуж изохипса, где је подужни пад 0,5%. Њима се третирају изузетно еродирана стрма земљишта, а станишта су обично огољена или делимично покривена шибљем (Лујић, 1973).



Слика 2: Начин израде градона (Лујић, 1973)

Figure 2: Method for construction of „gradon“ (Лујић, 1973)

С друге стране, са становишта структуре, неки аутори класификују терасе у различите типове, као што су терасе одвојене падинама, такозване “bench” терасе без насипа, равни ровови, цик терасе, широке терасе са насипима и полумесечне терасе/јаме приказане на слици 3.



Слика 3: Неки од типичних типова тераса заснованим на разликама у структури и изгледу, реконструисано према Sharda et al., 2013; Liu et al, 2013 – терасе одвојене падинама (A), такозване “bench” терасе без насипа (B), равни ровови (C), цик терасе (D), широке терасе са насипима (E) и полумесечне терасе/јаме (F)

Figure 3: Some typical terrace types based on differences in structure and appearance, reconstructed according to Sharda et al., 2013; Liu et al, 2013 – slope-separated terraces (A), level-benches/level terraces without embankments (B), level ditches (C), zig terraces (D), broad-based terraces with embankment (E) and half-moon terraces/pits (F)

Терасе са зидићима

Зидови тераса израђени од дрвета, камена или бетона, карактеришу се једном једином улогом, а то је да држе терасе и да обезбеде стабилност подлоге на којој се сади биљка, јер је то услов за њен несметани развој. Стабилност зидова, осим разноликих конструкције, касније помажу и биљке које на њима расту, својим кореновим системом. То последично значи и ограничену обраду земљишта на терасама, али се оне ипак могу користити у производњи рецимо трајних засада или као пашњаци (<https://www.perforum.info/terasiranje-strmog-poljoprivrednog-zemljista/>). Терасе са зидићима се обично користе за стрмије терене.

Најзаступљенији материјали у изради тераса су:

- камен и камен и цементном малтеру
- дрво (даске, балвани, греде и железнички прагови)
- бетон (изливени бетон и бетонски блокови)

Зидови тераса израђени од различитих материјала, приказани су на слици 4.



Слика 4: Приказ зидова тераса израђених од различитих материјала

Figure 4: Terrace walls made of different materials

Дрво као материјал у изради тераса

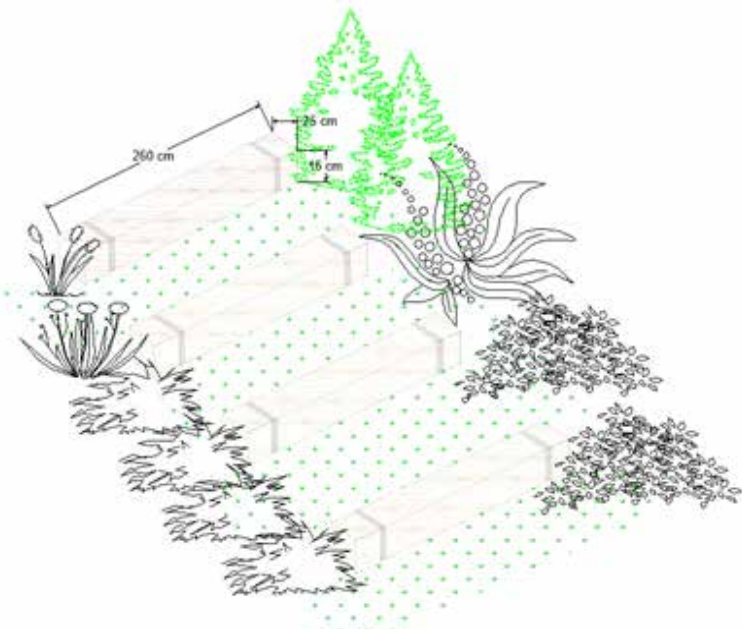
За изградњу потпорних зидова тераса који држе земљиште на месту могу се користити различите врсте материјала. Дрво функционише добро, све док је отпорно на труљење или третирано притиском да издржи пропадање. Обрађено дрво се често користи због неколико предности. Лако је радити са њим, добро се уклапа са биљкама и често је јефтинији од других материјала.

(<http://www.baxtercountycd.com/blog/category/terracing>). Остале врсте дрвета које се могу користити укључују железничке прагове и дрво за уређење природних пејзажа. Железнички прагови (слика 5) су направљени од тешког дрвета и не померају се лако под притиском земљишта и воде. Старији железнички прагови које је пруга одбацила представљају јефтин грађевински материјал (https://www.gardenguides.com/how_10038946_terrace-hill-landscape.html).

Препорука је користити само старије железничке прагове, с озиром на тренд да се новији третирају креозотом, који може да контаминира земљиште и спречи раст биљака. Старији железнички прагови више не испуштају креозот, па су због тога сигурнија варијанта у овом погледу (https://www.gardenguides.com/how_10038946_terrace-hill-landscape.html).

У случају коришћења дрвених материјала, пожељно је обратити пажњу на опасности повезаним са третирањем дрвета, укључујући штетне хемикалије као што су арсен и хромирани бакар арсенат. Агенција за заштиту животне средине у САД је због тога забранила употребу ових једињења и модерно третирано дрво се прави са другачијим, мање штетним једињењима. С друге стране такве хемикалије се још увек могу наћи

у другим земљама. Ово може и даље бити забрињавајуће, али генерално гледано, сви присутни нивои арсена су вероватно занемарљиви (<https://www.doityourself.com/stry/gardenterraces>).



Слика 5: Пример терасирања коришћењем железничких прагова димензија $260 \times 25 \times 15$ cm. За додатну стабилност, железнички прагови се могу малим делом укопати зависно од нагиба, док се повезивање прагова по изохипси може израдити закивањем повезујућих дасака са обе стране на месту спајања.

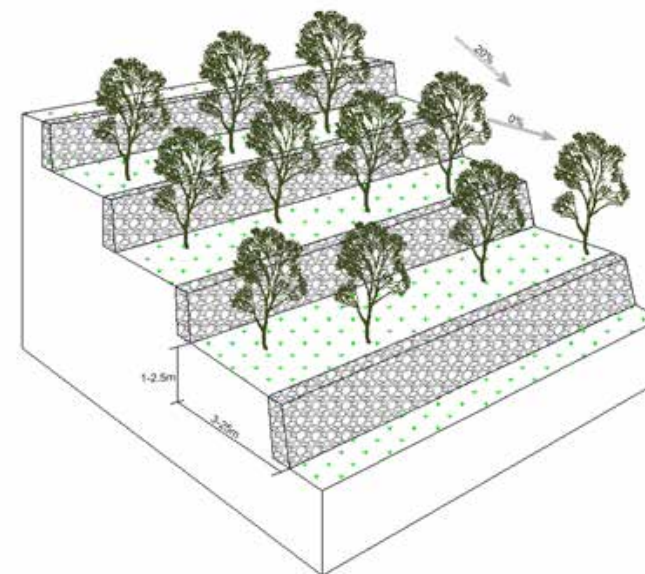
Figure 5: An example of soil terracing using railway sleepers $260 \times 25 \times 15$ cm. For additional stability, the railway sleepers can be dug to some extent, depending on the slope, while the connection of the sleepers along the isohypsis can be made by riveting the connecting boards on both sides at the point of connection.

Камен у цементном малтеру као материјал у изради тераса

Што се тиче употребе камена, могу се користити камене громаде, мање стене наслагане једна уз другу, као и обрађени камен. Потпорни зидови од камена или камена у цементном малтеру за израду тераса су алтернатива дрвеним потпорним зидовима и често се користе поред дренажног пута. То су самостојећи зидови изграђени од камена који могу бити различите величине (https://www.santacruz.watersavingplants.com/GardenResources/HTML/index.html?build_retaining_walls.htm). Пожељно је користити камен већег габарита ради веће стабилности, али то свакако делом зависи и од терена, нагиба, намене тераса, као и економских могућности градитеља.

Изградња тераса од камена је веома интензивна у сегменту радне снаге. Поред тога висока улагања у радну снагу успоравају процес изградње и успоравају даље напредовање технологије. Међутим, ако је тераса од камена добро изграђена, захтеви за одржавање су ниски. О томе сведочи велики број веома древних тераса које се још

увек могу наћи нетакнуте, подржавајући продуктивне усеве. Понекад се локализовано урушавање тераса јавља због концентрисаног отицања. У том случају, конкретан део тераса је потребно обновити, како би целина задржала антиерозиону улогу. Да би се спречиле таква оштећења, важно је омогућити испуштање вишка отицања дуж одводних линија, то јест регулисати дренажу (Masri i Zobisch, 2007).



Слика 6: Пример употребе камена у изради тераса
Figure 6: An example of the use of stone in the construction of terraces

Бетон као материјал у изради тераса

Од бетонских материјала у изради тераса најзаступљенији су бетонски блокови, иако је могуће користити и изливени бетон, али је овог ипак ређа опција, због компликованије израде и цене. С друге стране бетонски блокови се лако могу транспортовати, слагати и инсталирати (<https://homeguides.sfgate.com/directions-terracing-hill-100007.html>). Осим пружања стабилности, заврсни низ бетонских блокова може имати и биолошку улогу, с обзиром да се његове шупљине могу попунити земљом и засадима жељених биљака са плићим кореном, на пример јагода. Ово даје додатну опцију у пројектовању засада биљака приликом израде тераса бетонским блоковима.

Прорачун цена различитих материјала за израду тераса

Трошкови терасирања, по јединици површине зависе од следећих фактора: нагиб, земљиште, ширину планума, присуство камења или пањева, и алата који се користи за изградњу. Што је планум тераса шири, скупља ће бити израда тераса. Са фиксном ширином, што је стрмији нагиб, то ће трошкови бити већи. Израда тераса путем механизације је генерално јефтинија од ручне израде у многим земљама. На Јамајци, на пример, однос је 1: 3 или чак 1: 5, зависно од локације (Ted C. Sheng 2002).

Прорачун трошкова за израду тераса од различитих материјала обухватио је само неопходне трошкове за потребе материјала и радне снаге за извођење истих приликом монтирања, без других аспеката као што су обрада терена и успостављање садница.

Табела 1: Прорачун трошкова за израду тераса коришћењем дрвета као материјала. Прорачун је израђен за потребе израде 4 зида тераса, где су димензије једног зида $20m \times 0.5m \times 0.03m = 0.3m^3$. Потпорни кочићи су пројектовани на свака 2m и има их 11 по једном зиду терасе.

Table 1: Calculation of costs for the construction of terraces using wood as a material. The calculation was made for the construction of 4 terrace walls, where the dimensions of one wall are $20m \times 0.5m \times 0.03m = 0.3m^3$. Wooden stakes for support are set on every 2m and there are 11 of them per one wall of the terrace.

Дрво	Даске (m ³)	Кочићи (ком)	Ексери (kg)	Укупно
Количина	1.2 m ³	44	2	/
Јединична цена (РСД)	35.000,0	100,0	500,0	/
Укупно (РСД)	42.000,0	4.400,0	1.000,0	47.400,0

Табела 2: Прорачун трошкова за израду тераса коришћењем камена у цементном малтеру као материјала. Прорачун је израђен за потребе израде 4 зида тераса, где су димензије једног зида $20m \times 0.5m \times 0.2m = 2m^3$.

Table 2: Calculation of costs for the construction of terraces using stone in cement mortar as a material. The calculation was made for the construction of 4 terrace walls, where the dimensions of one wall are $20m \times 0.5m \times 0.2m = 2m^3$.

Камен	Ломљени камен у цементном малтеру	Тампон слој	Укупно
Количина	8,0 m ³	30,0 m ²	/
Јединична цена (РСД)	21.000,0	2.000,0	/
Укупно (РСД)	168.000,0	60.000,0	228.000,0

*Ломљени камен у цементном малтеру 1:3 са транспортом 30 km (m³); Тампон слој: Постељица од шљунка и песка 10cm дебљине

Табела 3: Прорачун трошкова за израду тераса коришћењем бетона као материјала. Прорачун је израђен за потребе израде 4 зида тераса, где су димензије једног зида $20m \times 0.5m \times 0.2m = 2m^3$.

Table 3: Calculation of costs for the construction of terraces using concrete as a material. The calculation was made for the construction of 4 terrace walls, where the dimensions of one wall are $20m \times 0.5m \times 0.2m = 2m^3$.

Бетон	Израда бетона	Тампон слој	Укупно
Количина	8,0 m ³	30,0 m ²	/
Јединична цена (РСД)	18.810,0	2.000,0	/
Укупно (РСД)	150.480,0	60.000,0	210.480,0

*Тампон слој: Постељица од шљунка и песка 10cm дебљине;

Поређење материјала

Анализом су приказани оквирни трошкови приликом израде 4 зида тераса употребом различитих материјала (дрво, камен у цементном малтеру и бетон). У табели 4, приказане су сумиране предности и мане анализираних материјала приликом употребе у изради тераса. У погледу трошкова, најскупљим се показала употреба камена у цементном малтеру. Нешто јефтинија је употреба бетона, док је најјефтинија употреба дрвеног материјала. Поред овог, анализом осталих карактеристика зидова овог материјала бетон је ипак мање пожељан материјал за терасирање земљишта. Од осталих материјала, камен у цементном малтеру се показао као скупља варијанта у односу на дрво, али је се у овом случају о вишем вредновању карактеристика ових материјала може дубље дискутовати. Наиме, камен, иако скупљи материјал у односу на дрво, одликује се дуговечношћу и релативно једноставним поправкама, које могу настати услед оштећења. Уз то се карактерише и значајном носивошћу. У случају израде тераса употребом камена као материјала, оно што потенцијално може умањити трошкове је евентуално отварање позајмишта материја или каменити терен, који би послужио као „извор“ материјала. С друге стране, дрво се показало као најјефтинији материјал од анализираних, што му даје значајну предност у примени. Поред ниже цене, израда тераса од дрвета захтева мању запремину материјала и монтирање је релативно лако и једноставно уз мање време потребно за то у односу на друге материјале. Ипак, дрво је материјал које је подложно труљењу, пропадању, деформацијама и нижом носивошћу, те свакако приликом избора треба рачунати и на те карактеристике. Стога, терасе са зидом од дрвета треба израђивати на блажим нагибима, или у случају стрмијих нагиба користити железничке прагове.

Табела 4: Карактеристике материјала приликом терасирања земљишта: Предности и мане

Table 4: Characteristics of materials during soil terracing: Advantages and disadvantages

Материјал					
Дрво		Камен у цементном малтеру		Бетон	
Предности	Мане	Предности	Мане	Предности	Мане
-Јефтинији материјал, -Потребна мања запремина, -Једноставнија израда, -Природни материјал, -Релативно једноставне поправке.	-Труљење, -Пропадање, -Ниска носивост, -Деформације.	-Најдуготрајнији материјал, -Висока носивост, -Једноставне поправке, -Природни материјал.	-Скуп материјал, -Виша цена транспорта, -Кабаст, -Потребна већа запремина у односу на дрво, -За израду зида потребно дуже радно време и прецизнија радна снага (квалификован мајстор зидар).	-Изливање могуће на незгодним теренима, -Флексибилне димензије у складу са потребама.	-Вештачки материјал -Скупа и компликованија израда која захтева додатну негу, -Виша цена транспорта, -Потребна већа запремина у односу на дрво, -За израду зида потребно дуже радно време, -Потребна механизација, -Поправке оштећења су компликованије.

Потенцијалне прилике

Осим анализираних цена и карактеристика поменутих материјала у изради тераса, зависно од одређених фактора неки од материјала могу имати и додатне предности. Осим већ поменуте могућности смањења трошкова у случају отварања позајмишта материјала за камен, или искоришћавањем ресурса каменитог терена, када говоримо о потенцијалним приликама везаним за дрво као материјал, свакако треба поменути железничке прагове. У случају да у тренутку израде постоји повољна понуда старих железничких прагова, поменути могу представљати изврстан материјал за терасирање

земљишта, који би задржао економичност када је у питању дрво као материјал, док би и додатно допринео повећаној носивости. У сваком случају како је тржиште подложно променама, тако и цене одређених материјала могу варирати.

Када је реч о приликама везаним за бетонске материјале, израда ниских тераса од бетонских блокова може представљати потенцијални менаџмент. Том приликом би додатна предност могла бити испуњавање шупљина блокова земљом и садњом одређених култура у њима (нпр. јагода), што би дало додатно искоришћење ове површине.

ЗАКЉУЧАК

Приликом израде тераса, потребно је проверити грађевинске прописе који се морају поштовати приликом изградње. Уколико имате недостатак искуства, пожељно је израдити више тераса мањих димензија. Мање терасе ће лакше издржати притисак који на њих врши влажно земљиште у односу на веће терасе.

Терасе се деградирају природно од ерозије и наноса, а могу се јавити и оштећена од стране машина, животиња и слегања. Провера терасе је неопходна, као и предузимање поправки у случају потребне. Најбоље време за проверу је након кише, када је могућа ерозија, и када се неравнине на узвишењу могу најлакше уочити. Зависно од начина извођења, квалитета и материјала у изради тераса, могу се очекивати и различите учесталости оваквих оштећења.

Приликом избора материјала за терасирање земљишта, осим анализе трошкова услед употребе одређеног материјала, треба имати у виду у намену тих тераса. Анализа овог рада даје добру основу за избор материјала приликом израде тераса различитих намена. У циљу потенцијалне подршке у погледу трошкова терасирања, пожељно је променити обухватност субвенционисања у оквиру израда тераса, где би се и значајни трошкови материјала покрили.

ЛИТЕРАТУРА

Cots-Folch (2006): Land terracing for new vineyard plantations in the north-eastern Spanish Mediterranean region.

Hammad AA, Haugen LE, Børresen T. (2004): Effects of stonewalled terracing techniques on soil-water conservation and wheat production under Mediterranean conditions. *Environ Manage.* 34(5):701-10.

Kadović R. (1999), Konzervacija zemljišta, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd.

Liu, S.L., Dong, Y.H., Li, D., Liu, Q., Wang, J., Zhang, X.L., (2013): Effects of different terrace protection measures in a sloping land consolidation project targeting soil erosion at the slope scale. *Ecol. Eng.* 53, 46-53.

Lujić R. (1973), Šumske melioracije, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd.

Marcin K. Widomski (2011): Terracing as a Measure of Soil Erosion Control and Its Effect on Improvement of Infiltration in Eroded Environment. Lublin University of Technology, Poland.

Masri, Z.; Zobisch, M. Stone wall bench terraces (Syria) (2007): In *Where the Land is Greener*:

Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide; Liniger, H., Critchley, W., Gurtner, M., Schwilch, G., Mekdaschi Studer, R., Eds.; WOCAT: Bern, Germany.

Meliho, Modeste, Abdellatif Khattabi, Asmae Nouira, and Collins A. Orlando (2021): "Role of Agricultural Terraces in Flood and Soil Erosion Risks Control in the High Atlas Mountains of Morocco" *Earth 2*, no. 4: 746-763.

Rutebuka, J., A.M. Uwimanzu, O. Nkundwakazi, D.M. Kagabo, J.J.M. Mbonigaba, P. Vermeir, A. Verdoodt (2020): Effectiveness of terracing techniques for controlling soil erosion by water in Rwanda, *Journal of Environmental Management*, 277 p. 111369

Schottman, R.W. and White, J. (1993): Choosing terrace systems. Agricultural publication G1500. Department of Agricultural Engineering, University of Missouri-Columbia.

Sharda, V.N., Sena, D.R., Shrimali, S.S., (2013): Effects of an intercrop-based conservation bench terrace system on resource conservation and crop yields in a sub-humid climate in India *Trans. Asabe.* 56(4), 1411-1425.

Ted C. Sheng (2002): Bench Terrace Design Made Simple, Department of Earth Resources Colorado State University, USA.

Zuazo (2005): Impact of erosion in taluses of subtropical orchard terraces, *Erosion and Soil and Water Conservation Group*, Wageningen University, Netherlands.

<https://www.perforum.info/terasiranje-strmog-poljoprivrednog-zemljista/> (приступљено 04.04.2022. год.).

<http://www.baxtercountycd.com/blog/category/terracing> (приступљено 04.04.2022. год.).

https://www.gardenguides.com/how_10038946_terrace-hill-landscape.html (приступљено 04.04.2022. год.).

<https://www.doityourself.com/stry/gardenterraces> (приступљено 04.04.2022. год.).

https://www.santacruz.watersavingplants.com/GardenResources/HTML/index.html?build_retaining_walls.htm (приступљено 04.04.2022. год.).

<https://homeguides.sfgate.com/directions-terracing-hill-100007.html> (приступљено 04.04.2022. год.).

IN MEMORIAM

ПРОФ. ДР РАДЕНКО ЛАЗАРЕВИЋ



Проф. др Раденко Лазаревић је рођен 28.8.1924. године у Стојнику код Аранђеловца, где је завршио основну школу, а даље школовање је наставио у Београду. Географски одсек Природно-математичког факултета (усмерење геоморфологија), завршио је 1950. године, са просечном оценом 9,72. Докторирао је на истом факултету, 3. јула 1959. године одбранивши докторску дисертацију под називом: Азањска фосилна долина.

Од септембра 1944. године учествовао је у НОБ, а демобилисан је 1946. године. Током студија био је запослен у Централном већу Народне омладине Југославије, а затим у Географском институту Српске академије наука и уметности, као приправник - асистент за геоморфологију. Новембра 1957. године запослио се у Савезној комисији за водопривреду, са звањем геоморфолог, а од 1963. године у Савезном секретаријату за пољопривреду и шумарство. Од марта 1966. године налази се у Институту за шумарство и дрвну индустрију, Одељење за ерозију и мелиорације, у Београду и то прво у звању научног сарадника, а од јануара 1975. године у звању научног саветника.

У звање доцента за предмет Геоморфологија са хидрогеологијом на Одсеку за ерозију и мелиорације Шумарског факултета у Београду изабран је 1962. године, док је у ванредног професора изабран 1966. године и на тој позицији радио до октобра 1975. године.

На позив проф. С. Гавриловића, тадашњег шефа Одсека за ерозију и бујице на Шумарском факултету у Београду, почео да предаје студентима II године на Одсеку предмет «Геоморфологија са хидрогеологијом», школске 1962/63. Од 1964. године Одсек је добио ново име: Одсек за ерозију и мелиорације, а предмет је остао са истим именом и био је двосеместралан. По доласку на Факултет, проф. Р. Лазаревић је почео да организује стручне екскурзије у иностранство за стручњаке који су се бавили проблематиком заштите од ерозије и уређења бујичних токова, из тадашње СФР Југославије.

У том периоду, тачније 1969. године, проф. Лазаревић је иницирао формирање Друштва бујичара Југославије, које је касније, 90-тих година прошлог века постало Удружење бујичара Србије (после распада СФРЈ), а функцију председника Друштва (Удружења) обављао је дуго година. Након формирања Друштва бујичара Југославије проф. Лазаревић је сваке године (у месецу мају) организовао Сусрет бујичара Југославије, укупно 12 међународних студијских путовања бујичара Југославије. Сваке године Сусрете је организовала друга република СФРЈ.

Ти сусрети су трајали обично два дана и у програму је увек било обилажење стручних објеката, са уводним излагањем домаћина, а потом и дискусијом учесника. Навече би се у хотелу одржали «Разговори бујичара» о проблемима струке, а затим би се настављало другарско вече до дубоко у ноћ. На тим сусретима су учествовали бујичари из целе Југославије, од Триглава до Ђевђелије, и од Хоргоша до Драгаша. Након 1992. године, проф. Лазаревић организује Сусрет бујичара Србије (такође сваке године), али у различитим општинама Србије. До последњих дана свог живота, проф. Раденко Лазаревић је активно учествовао у раду Друштва (Удружења) бујичара и био његов добри дух. Рад и активности Удружења бујичара Србије су практично замрнути током последње две године, због пандемије корона вируса. Због успомене на проф. Раденка Лазаревића, морамо наставити рад Удружења у духу који је он започео.

Током периода 1968-1973. године, био је руководилац Одељења за ерозију и мелиорације, а затим до октобра 1974. године, вршилац дужности управника Завода за ерозију, искоришћавање шума и прераду дрвета. У звању научног саветника радио је до августа 1989. године, када је пензионисан.

Проф. Раденко Лазаревић је 1969. године покренуо издавање Стручно информативног билтена «Ерозија», који је касније прерастао у научно-стручни часопис «Ерозија». Часопис је категоризован и тренутно има категорију М52. Дуго година, све до 2012. године, био је главни уредник часописа.

Први научни рад «Граховско поље» као студент публиковао је 1949. године у Гласнику Српског географског друштва, а 1950. године је објављен и његов други рад из студентског периода, под насловом «Рељеф Никшићког поља», чиме се већ определио за геоморфологију. Током својих наредних истраживања указао је на потребу и могућности примене геоморфолошких, хидролошких и других физичко-географских проучавања у пракси, тако да су сва његова истраживања била апликативног карактера. Истраживања водне ерозије подигао је на светски ниво, а по његовим сугестијама и под његовим надзором основано је десетак експерименталних станица за мерење интензитета водне ерозије у природним условима. На бази резултата добијених мерењем водне ерозије на експерименталним станицама, под руководством и уз непосредно ангажовање др Раденка Лазаревића, Институт за шумарство и дрвну индустрију из Београда, у коме је радио до пензионисања, приступио је изради карте ерозије земљишта у СР Србији у размеру 1:100.000. По завршетку овог посла, 1983. године, објављена је «Карта ерозије СР Србије 1:500.000». То је била прва карта те врсте у нашој земљи, која се и данас користи и представља основу свих водопривредних истраживања. Након ове карте, урадио је и Карту ерозије СР Босне и Херцеговине 1986. године, коју је 2010. године са др Радиславом Тошићем делом обновио и иновирао, те анализирао промене интензитета ерозије на територији Републике Српске. У монографијама под називом «Ерозија у Србији» и «Ерозија у Босни и Херцеговини» које су публиковане 2009. и 2010. године, приказао је промене интензитета ерозије од периода израде наведених карата, па до публикација монографија. Учествовао је у изради водопривредних основа за уређење сливова Велике Мораве, Колубаре, Босне, Врбаса, Купе, Крке, Саве, САГТ Косова и других мањих токова, као и на студијама заштите земљишта од ерозије у општинама Ивањица, Ариље, Пожега, Косјерић, Мионица, Љиг, Велика Кладуша, као и у решавању низа других проблема из домена примењене геоморфологије и хидрологије. Један је од малобројних географа у Југославији који су својим радом толико допринели афирмацији географије као науке и струке.

Осим наведеног, др Раденко Лазаревић је дао огроман допринос развоју спелеологије

и спелеотуризма код нас, а о томе најбоље говори податак да је у периоду 1972-2007. године са Младим истраживачима истражио више од 1.000 пећина и јама. Према његовим пројектима и под његовим непосредним надзором уређене су за туристичке посете бројне пећине: Рајкова код Мајданпека, Лазарева и Верњикица код Злата, Церемошња код Кучева, Потпећка код Титовог Ужица, Рисовача код Аранђеловца, Леденица код Босанског Грахова, Петничка пећина код Ваљева, Равништарка код Кучева, Стопића на Златибору, Боговинска пећина. Осим тога, урадио је пројекте за туристичко активирање још неколико пећина (Драгачевска пећина код Гуче, Ваганска код Шипова, Чађава код Босанског Грахова и Орловача код Сарајева). У нашој земљи нема примера да је један човек био иницијатор и реализатор уређења толиког броја туристичких пећина. О свакој, до сада отворених туристичких пећина, објавио је посебну монографију.

Др Раденко Лазаревић је објавио универзитетски уџбеник из геоморфологије, који је 2013. године допунио са др Радиславом Тошићем, чиме је овај уџбеник задржао тежиште на геоморфолошким процесима и њиховом квантитативном исказивању. Осим уџбеника, до сада је објавио 31 научну и стручну монографију, 108 научних радова из геоморфологије и спелеологије, 9 радова из хидрографије и хидрологије, 38 стручно-информативних радова. Руководио је и учествовао у изради више од 60 научно-истраживачких пројеката, студија и елабората.

Проф. Раденко Лазаревић је дао немерљив допринос у развијању интересовања код својих младих сарадника, географа, према тематици проучавања механичке водне ерозије и развијању сарадње са инжењерском струком која се бави проучавањем ове проблематике.

Проф. Раденко Лазаревић је дао, пресудни, немерљив допринос у организовању стручњака који раде у области заштите од ерозије и уређењу бујица организујући научно-стручне скупове и екскурзије у земљи и иностранству и формирањем Друштва бујичара Југославије, које је касније постало Удружење бујичара Србије. Својим несебичним радом себе је уградио у историју науке и струке о ерозији и бујицама. Такође, допринео је повезивању и доброј сарадњи географске и бујичарске струке и науке у СФР Југославији и Србији.

Др Славољуб Драгићевић, ред.проф.

Др Радислав Тошић, ред.проф.

Др Станимир Костадинов, ред.проф. у пензији

IN MEORIAM

ПРОФ. ДР ГРИГОРИЈЕ МАЦАН



Проф. др Григорије Мацан је рођен 30. априла 1933. године у месту Печково у Северној Македонији у учитељској породици. Почетком II светског рата, у јуну 1941. године, породица Мацан се сели у Србију у Краљево. Само четири месеца касније, Немци су стрељали његовог оца Јарослава заједно са осталим таоцима из Краљева.

Основну и средњу школу завршио је у Краљеву, а Шумарски факултет у Београду.

По завршеним студијама 1960. године запошљава се у Огледном добру – Шумска управа Краљево (сада наставна база Гоч) Шумарског факултета у Београду. У шумарској оперативи ради 25 година на пословима везаним за искоришћавање и лов, подизања, обнављања, мелиорација и одржавања шума са расадничком производњом и заштитом шума.

По положеном државном испиту обавља послове везане за контролу и надзор инвестиционих пројеката и програма.

Професор Мацан је 1978. године постављен за извршног директора радне организације, Шумског Огледног Центра – Краљево.

Учествоје испред Наставне научне базе „Гоч” Краљево у извођењу теренске наставе студената Шумарског факултета (група предмета) и производне праксе ученика Средње шумарске школе из Краљева и Иванграда (Берана).

Учествовао је у организацији и извођењу многобројних курсева за обуку радника у шумској производњи. У оквиру личног стручног усавршавања, професор Мацан је учествовао у стручним семинарима и саветовањима у земљи и одлазио на студијска путовања у иностранство.

Уз редован рад учествује у научним истраживањима везаним за водне потенцијале на планинском масиву Гоча. Године 1979. пријавио је докторску дисертацију на Одсеку за ерозију и бујице под насловом „Упоредна истраживања отицања, квалитета воде и наноса, са брдско планинских сливних површина различите обраслости (шумски засади, планински травњаци и голети на Гочу)” коју је одбранио 1984. године.

Од 1989. године ангажован је на Шумарском факултету, Одсеку за ерозију и бујице, Катедри за мелиорације за одржавање наставе из предмета Шумска хидрологија.

У звање ванредног професора је изабран 1990. године, а истовремено обавља послове у Наставно научној бази „Гоч“ Краљево са 30% радног времена.

Од 1991. до 1993. године поред ангажовања у настави на Факултету, ангажован је за извођење послова у Научно наставној бази „Гоч“ Краљево у руководећем тиму заједно са деканом и продеканом за финансије Шумарског факултета.

У звање редовног професора Шумарског факултета у Београду изабран је 1996. године.

Професор Григорије Мацан наставља да се бави научним и стручним радом и по одласку у пензију 2000. године.

Током свог радног века објавио је самостално или са другима око 120 радова (стручних, уџбеника, монографија..). Стручни радови везани су за шумску производњу по свим њеним фазама. Аутор је првог универзитетског уџбеника из области шумске хидрологије у Србији, који је објавио 1994. године под називом Шумска хидрологија.

Носилац је више признања (диплома, плакета и повеља).

Професор Григорије Мацан је свој радни век провео радећи у шумарској пракси и као признати стручњак укључује се у научно истраживачки и образовни рад, који је већим делом везан за Наставно научну базу „Гоч“ Краљево Шумарског факултета Београд.

Проф. Мацан је први у Србији почео озбиљна истраживања у области шумска хидрологија, која је у то време, седамдесетих година XX века, релативно млада наука. Том послу је приступио врло предано иако је у исто време обављао редовне послове на свом радном месту у Школском огледном добру Гоч. После одбране докторске дисертације постаје и први универзитетски наставник на предмету „Шумска хидрологија“, на Одсеку за ерозију и бујице на Шумарском факултету. Поред свих својих обавеза на припреми предавања, у области дотле мало познатој, успева да убрзо напише и уџбеник „Шумска хидрологија“ за студенте Шумарског факултета. Проф. Григорије Мацан је водио истраживања на четири експериментална микро-слива на подручју Гоча, на основу чега су добијени јединствени подаци, од регионалног значаја, за успостављање функционалне везе између шумских екосистема и процеса ерозија, као и интензитета ерозионих процеса. Између осталог, издвојени су јединични хидрограми, утврђен ефекат интерцепције у буковим и јеловим састојинама и квантификован утицај прореда ниског интензитета на продукцију ерозионог материјала. Једно од најзначајнијих достигнућа јесте утврђивање времена потребног од успостављања засада на голетима до хидролошке модификације земљишта и стварања функционалног склопа, које износи 8-9 година.

У то време, почетком 90-тих година XX века учествује као један од коатора уџбеника „Бујични токови и ерозија“ за ученике Средње шумарске школе.

Велико ангажовње проф. Мацан је показивао у сарадњи са наставницима и сарадницима Шумарског факултета, а пре свега са Одсека за ерозију и бујице приликом одржавања теренских настава и осталих активности у истраживачком раду и пре него што је помишљао да започне израду докторске дисертације. Његова помоћ при томе је била драгоцену.

Све ово потврђује чињеницу да је проф. Григорије Мацан био изузетно вредан на послу. Тај ангажман га није спречавао да у исто време буде и добар супруг и отац у породици и одан пријатељ колегама.

Др Сара Лукић, ван.проф.

IN MEMORIAM

ПРОФ.ДР. ЉУБОМИР ЛЕТИЋ



Дана 27.10.2022. године, на Свету Петку, напустио нас је велики хуманиста, експерт, а пре свега човек. Отишао је проф. др Љубомир Летић. Цењени професор Летић рођен је у Србобрану 30.11.1949. године. Основну школу је завршио у родном граду, а средњу шумарску школу у Дрвару. Шумарски факултет у Београду уписује школске 1968/69. године, а диплому шумарског инжењера стиче 1974. године. Након окончања основних студија, прво запослење проф. Летића било је у предузећу „Croatia Соор“ Export Import Загреб, ПП „Фрушка Гора“ Баностор, ПД „Нови Сад“. 1978. године прелази на Шумарски факултет на коме заснива радни однос у својству асистента. Магистарски рад одбранио је 1981. године, а докторску дисертацију 1989. године, када стиче научни степен доктора биотехничких наука – област шумарство. Проф. Летић је у међувремену вршио и функцију заменика директора ООУР Института за водопривреду ерозионих подручја, а обављао је и функцију продекана за финансије на Шумарском факултету у Београду. Када је реч о професионалном искуству проф. Летића, треба истаћи и да је био руководилац Наставно-научне базе „Гоч-Краљево“ у периоду 1991.-1995., као и да је био први директор новоформираног ЈП „Војводинашуме“ у интервалу 2002.-2005. година. Што се тиче стручног и научног напредовања проф. Летића, почео је као асистент-приправник (1978.-1982.), потом је радио као асистент (1982.-1989.), доцент (1990.-1995.), ванредни професор (1995.-2001.) и, најзад, од 2001. године па до одласка у пензију обављао је функцију редовног професора. Током своје професионалне каријере, обављао је, у више наврата, функцију шефа Катедре за Мелиорације, а био је и члан Савета и Наставно-научног већа Шумарског факултета. Такође је проф. Летић био дугогодишњи члан редакционог одбора часописа „Шумарство“. Главне области истраживања проф. Летића биле су водна и еолска ерозија, шумска хидрологија и екологија вода. У погледу учешћа у настави, проф. Летић је учествовао на сва три нивоа студија. Био је ментор бројних завршних и мастер радова на матичном одсеку, као и члан комисија у оквиру

истих. Такође је био и члан три комисије за одбрану докторских дисертација. Учествовао је и у бројним комисијама за одбрану завршних и мастер радова на одсеку за Шумарство. Поред бројних научно-стручних радова, студија, монографија и пројеката, један од највреднијих доприноса проф. Летића афирмацији научно-стручне дисциплине којом се бавио је публикавање уџбеника „Биорегулације“ који је написао као самостални аутор. Такође је, као коаутор, објавио две монографије: „Немирни песак“ (Летић, Љ, Савић, Р., Божиновић, М., 2001.) и „Еколошки аспект очувања, уређења и заштите водних екосистема“ (Велашевић, В., Ђоровић, М., Летић, Љ., 2002.). Проф. Летић је боравио и на бројним домаћим и међународним научним скуповима, превасходно из домена екологије и заштите животне средине. Специјализацију из поменутих области обавио је у Институту за шумску хидрологију у Мундену, СР Немачка. Проф. Летић је учествовао и у изради бројних стратешких докумената као што су: Платформа шумарства Војводине, Реорганизација шумарства Војводине, Нацрт закона о ловству, итд. Био је веома ангажован на подизању пољезащитних појасева на територији Војводине и заштитних засада у пољопривреди, водопривреди, путној инфраструктури и насељима. Носилац је Октобарске награде за екологију на нивоу града Србобрана. Приликом обележавања Светског дана вода, учествовао је у активностима везаним за обезбеђење квалитетне, питке воде за свако дете на планети Земљи. У оквиру овог подухвата, био је укључен и у домаће и у међународне еколошке организације. Поред несумњиво изузетног доприноса у домену струке и науке, ништа мање значајан није био ангажман проф. Летића у хуманитарном раду. Наиме, током 90-их година и ратова на простору бивше СФРЈ, радио је на збрињавању привремено расељених лица, као и на прикупљању хране, гардеробе и свих других неопходних потрепштина. Током боравка у Краљеву, за време студенске праксе, учествовао је непосредно на санирању катастрофалних последица изазваних елементарном непогодом – земљотресом. На локалном нивоу, у оквиру општине Србобран, у више наврата је учествовао у задовољењу елементарних потреба Рома и осталих угрожених категорија становништва.

Професор Летић је био брижан отац, супруг, деда. Иза њега остају супруга Сенка, деца Ивана и Дејан и његов унук Иго. Напустио нас је признати стручњак, еминентни професор, врхунски предавач, али превасходно велики човек. Неко коме никада није било тешко да посаветује младог колегу, да упуту добронамерну сугестију, топлу реч, а ако је принуђен да искритикује, онда је то радио учтиво и са мером. И, оно најбитније, у позадини се увек скривала најплеменитија намера. Проф. Летић је увек говорио да се старији професори морају допуњавати и бити комплементарни са својим младим наследницима, јер је то идеалан спој – млади имају енергију и одлично баратају свим најновијим технолошким достигнућима, а на страни старијих стоје велико животно и професионално искуство, као и акумулирано знање. Професор Летић био је веома уважаван и поштован како од стране колега из науке тако и од колега из струке. Уосталом, професор је сам небројено пута говорио да се добар инжењер може бити само уколико научено из теорије на предавању има адекватну потпору у практичном раду. Мени је заиста била велика част и задовољство да сам имала таквог учитеља и учинићу све да наставим стазама које је он утабао. Нека је професору Летићу вечна Слава и хвала!

Др Весна Николић Јокановић, ванр.проф.

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF “ЕРОЗИЈА”

Часопис Ерозија објевљује прегледне, оригиналне научне и стручне радове из области заштите од ерозије и уређења бујица, еколошког инжењеринга у заштити земљишних и водних ресурса. Часопис објављује два броја годишње, при чему је јадан тематски одређен. Радови се штампају на српском и енглеском језику. Радови штампани на енглеском језику имају резиме на српском језику, а прилози двојезичне легенде.

Наслов - Наслов треба да буде кратак, јасан и да изрази суштину рада не користећи скраћенице и курзиве.

Име аутора - Наводи се пуно презиме и име (свих) аутора испод наслова рада. Наводи се пун (званични) назив и седиште установе (афилијација) у којој је аутор запослен. Ако је аутора више, а неки потичу из исте установе, мора се, посебним ознакама или на други начин, назначити из које од наведених установа потиче сваки од наведених аутора.

Адреса или е-адреса аутора даје се у напомени при дну прве странице чланка. Ако је аутора више, даје се само е-адреса једног, обично првог аутора

Извод/Апстракт - Кратак садржај рада (до 150 речи). Треба да садржи област, предмет и остварене резултате истраживања. Извод дати обавезно на српском и енглеском језику.

Кључне речи – Обавезно навести кључне речи (3-7) на српском и енглеском језику.

Текст - Основна поглавље рада су УВОД, МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА, РЕЗУЛТАТИ, ДИСКУСИЈА, ЗАКЉУЧЦИ И РЕЗИМЕ. У уводу се дају основне смернице рада. Материјал и методе су део у коме се описују примењене методе и технике. У поглављу резултати износе се подаци добијени испитивањима на које се рад односи, а у дискусији аутор своја истраживања доводи у везу са већ постигнутим резултатима у датој области односно са предметом рада, могућностима за даља истраживања, открива теоретске и практичне импликације својих открића и указује на недовољно испитане аспекте и тврдње које захтевају додатна испитивања. У закључку се таксативно износе резултати истраживања, тврдње засноване на добијеним резултатима, ставови, препоруке и слично. Резиме, уз наслов рада, имена аутора и институције у којима раде, треба да прикаже резултате рада и закључке у најкраћим цртама.

Прегледни радови - треба да садрже свеобухватни преглед неког проблема, а заснивају се на исцрпним подацима из литературе и сопствених истраживања. Прегледни рад треба да садржи најмање 10 аутоцитата.

Табеле и графикони - Табеле и графикони треба битно да допринесу бољем разумевању и интерпретацији резултата рада. Исте податке не приказивати на оба начина. Графиконе радити у Excel-у. Означити у рукопису место за табелу и графикон. У наслову обавезно дати прво српски па онда енглески текст, ако се рад штампа на српском језику, односно прво енглески па српски, ако се рад штампа на енглеском језику.

Фотографије и цртежи - Треба да представљају карактеристичан детаљ, појаву и слично. Фотографије и цртежи морају да буду контрастни и оштри. Нејасне и мутне фотографије неће бити штампане. Фотографије се прилажу у облику посебне датотеке, морају да буду у неком од стандардних формата (BMP, TIF, JPG, GIF или PSD), у резолуцији најмање 300X300 dpi (пожељно 600X600 dpi), а у размери 1:1. Пошто ови захтеви обично резултирају великим фајловима, пожељно је оригиналне фотографије приложити заједно са радом као посебне датотеке, што би

обезбедило постизање већег квалитета код припреме за штампу. Цртежи се могу доставити у форматима DXF, DWG, CDR, WMF, EPS или AI. Наслови и легенде фотографија и цртежа морају бити урађени двојезично - на српском и енглеском језику.

Литература - Само референце наведене у тексту наводе се у литератури. Цитирање необјављених радова могуће је само у тексту као лична комуникација или необјављени подаци. Сви извори, како у тексту тако и у списку референци, наводе се латиницом, по абecedном реду, на начин приказан у примерима.

Примери:

Чланак у часопису: Petrović P., Brzić B., Šijaković D. (1991): Efekti pošumljavanja brzorastućim vrstama lišćara u Vojvodini, Šumarstvo 44 (8), SIT šumarstva i prerade drveta Srbije, Beograd (15-28)

У тексту: (Petrović *et al.*, 1991)

Монографска публикација: Dumanović J., Marinković D., Denić M. (1985): *Genetički rečnik*, Naučna knjiga, Beograd

У тексту: (Dumanović *et al.*, 1985)

Поглавље у књизи или у зборнику радова са конференције: Krstić M., Stojanović LJ. (2007): *Gajenje šuma hrasta kitnjaka*, „Hrast kitnjak u Srbiji“, ured. Stojanović LJ., Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd, (29-292)

У тексту: (Krstić, Stojanović, 2007)

Изворе без аутора сортирати према првом слову наслова рада, тако да је испред наслова само година издања

Примери:

(1992): Kodni priručnik za informacioni sistem o šumama Srbije, JP „Srbijašume“, Beograd

У тексту: (1992)

Веб станица: *Chicago/Turabian Style*. The Writing Center at the University of North Carolina at Chapel Hill, from: <http://www.unc.edu/depts/wcweb/handouts/chicago.html>. (accessed /приступљено 15. 05 2008. год.).

У тексту: (2008)

Математичке формуле – Раде се у едитору формула у Word-у или MathType-у.

ОСТАЛЕ НАПОМЕНЕ

Радови се рецензирају, рецензенти одређују категорију рада, а рецензенте одређује Редакција. Редакцији доставити радове у електронском облику (e-mail, CD/DVD диск, флеш-диск, итд.) урађено у формату MS Word 6.0/2007/XP (Office 97/2003/XP), тип слова Times New Roman, величина 12 pt. Мерне јединице изражавати у Интернационалном систему јединица (SI).

