

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

# ЕРОЗИЈА

Број 40

UDK 626

ISSN 0350-9648



Београд, 2014. 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, Универзитет у Београду-Шумарски факултет, Београд  
Зоран Гавриловић, дипл.инг., 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 уредник**

Милутин Стефановић, дипл.инж.шум.

---

#### **Издавач**

Удружење бујичара Србије  
Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд  
Тел: +381-11-3053-851; +381-11-3906-461;  
Адреса е-поште: bujicari@gmail.com  
Интернет презентација: www.udruzenjebujiacara.com

**Тираж: 250**

#### **Штампа**

Дисо, Крагујевачки пут 89А, 11224 Врчин

## **EROSION**

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, University of Belgrade – Faculty of Forestry, Belgrade  
Zoran Gavrilović, 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

### **Layout**

Milutin Stefanović, dipl.ing.

---

### **Publisher**

Association of graduate engineers in torrent control of Serbia  
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**

Dico, Kragujevacki put 89A, 11224 Vrcin

# садржај

## contents

- I** ПРЕГЛЕДНИ РАДОВИ  
**Review paper**
- II** ОРГИНАЛНИ НАУЧНИ РАДОВИ  
**Original scientific paper**
- 5** Р.Ристић, Б.Радић, Ј.Радоњић, В.Милчановић, И.Малушевић  
Заштита од ерозије на скијалишту “Стара планина”  
**Erosion control at the “Stara planina” ski resort**
- 22** М.Милојевић, З.Гавриловић, М.Стефановић  
Ерозиона подручја на територији општине Медвеђа, законска обавеза и неопходан алат за управљање сливовима  
**Erosion areas in the municipality Medvedja, legal obligation and a necessary tool for watershed management**
- 38** Р.Кадовић, П.Миљковић, В.Перић, Н.Живановић, У.М.А.Воћајар, С.Б.Симић  
Анализа еродибилне фракције песковитих земљишта делиблатске пешчаре  
**An Analysis of Erodible Fraction of Sandy Soils in Deliblato Sands**
- 53** М.Анђелић, В.Мрваљевић  
Анализа губитка земљишта на руралном подручју Београда применом методе USLE  
**Analysis of soil loss in rural area of Belgrade by using USLE method**
- 69** В.Матић, Г.Ђукановић  
**Bioecological materials for soil and water protection**  
Биоеколошки материјали за заштиту земљишта и вода
- IV** СТРУЧНИ РАДОВИ  
**Professional papers**
- V** САОПШТЕЊА  
**Information**
- 75** Саопштење са стручног скупа “Ђујичне поплаве у Србији маја 2014. године”  
**Announcement of meeting of experts “Torrential floods in Serbia, May 2014 year”**
- 79** Сећање на дипл. инж. Бранислава Трифуновића  
**Memory of Branislav Trifunović, B.Sc.**
- VI** ПРИЛОЗИ  
**Supplements**



Ратко Ристић<sup>1</sup>, Борис Радић<sup>1</sup>, Јасмина Радоњић<sup>2</sup>, Вукашин Милчановић<sup>1</sup>,  
Иван Малушевић<sup>1</sup>

## Заштита од ерозије на скијалишту „Стара планина“

### Erosion control at the “Stara planina” ski resort

<sup>1</sup> Универзитет у Београду Шумарски факултет, Одсек за Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Е-mail: ratko.ristic@gmail.com

<sup>2</sup> ЈВП „Србијаводе“, ВПЦ „Морава“-Ниш, Трг Краља Александра Ујединитеља, бр. 2, 18000 Ниш

#### Извод

Негативни утицаји на животну средину у ски-центрима Србије имају веома наглашене естетске, функционалне и финансијске последице, што је уочљиво на примеру ски-центра „Стара планина“. Изградња ски-стаза утиче на деградацију земљишног и вегетационог покривача. Одређене активности повећавају ерозиону продукцију и пронос наноса: чисте сече; транспорт трупаца низ нагиб; изградња путева и масивни ископи. Недостатак мера за заштиту од ерозије, посебно у периоду април-октобар, доводи до различитих облика деформација терена, као што су: бразде, јаруге, клизишта, осулине. Адекватна заштита угрожених површина реализује се применом концепта рестаурације и противерозионе заштите, од нивоа израде планске и техничке документације, до касније изградње објеката.

**Кључне речи:** ски-центар, деградација, рестаурација, заштита од ерозије, Стара планина.

#### Abstract

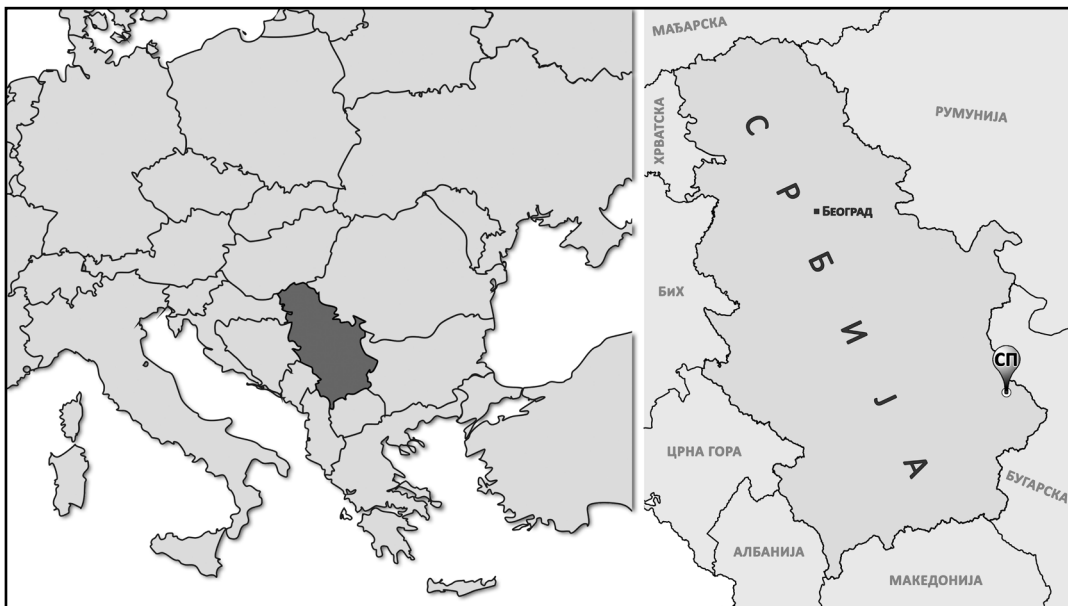
The environmental impacts in Serbian ski areas are very strong, leading to landscape degradation, functionality and financial losses, which is illustrated in ski-resort „Stara planina“. Construction or improvement works cause hard destruction of topsoil and native vegetation. Some activities enhance erosion production and sediment yield: clear cuttings; trunk transport down the slope; road construction and large excavations. Also, lack of erosion control works in ski areas, especially between April and October, result in various forms of land degradation such as furrows, gullies, landslides, or debris from rock weathering. Planning and designing activities, with application of technical and biotechnical erosion control structures, through concept of restoration, are necessary measures in protection of ski areas.

**Keywords:** ski-resort, degradation, restoration, erosion control, Stara planina

## Увод

Изградња ски-центра и пратеће инфраструктуре представља атрактивну делатност у транзиционим друштвима Балкана (Србија, Црна Гора, Македонија, Бугарска). Међутим, поред потенцијалног значаја за развој туризма, ове активности генеришу читав низ негативних ефеката на животну средину, током извођења радова и касније експлоатације објеката, с обзиром да се одвијају на изразито нагнутом терену, што доводи до појаве различитих форми деградације простора. Чиста сеча дрвећа, извлачење трупаца и уклањање корења, земљани радови уз употребу тешке механизације, проузрокују еродирање или потпуно уништење површинског слоја земљишта, чиме се стварају велике количине наноса који лако доспева до локалних путева и водотокова [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Монтажа ски-лифтова и пратеће инфраструктуре, ерозија, бука и загађење воде, угрожавају станишта животињских и биљних врста, доводе до фрагментације шума и деградације јединственог планинског пејсажа са функционалним и естетским последицама [8, 9, 10]. Земљиште на оштећеним ски-стазама постаје сабијено, са недовољном количином органске материје и поремећеном структуром агрегата [4, 11], чиме се смањује инфилтрационо-ретенциони капацитет, интензивира ерозија и површински отицај [12, 13, 14, 15], а посебно су угрожене машински обрађене ски-стазе, без вегетације [16]. Одсуство травне вегетације на ски-стазама смањује површинску рапавост, чиме се повећава брзина течења и интензитет ерозије [17]. Ерозиони процеси на ски-стазама, поред визуелне деградације пејсажа, индиректно утичу на квалитет и дебљину снежног покривача [2], што у садејству са текућим (и очекиваним) климатским променама може довести до скраћења сезоне и неповољних финансијских резултата [18].

## Материјал и метод рада



Слика 1 Локација ски-центра „Стара планина“ (СП)

Figure 1 Location of the Stara Planina ski resort

Ски-центар „Стара планина“ је формиран на истоименој планини, која се протеже српско-бугарском границом (слика 1), у близини врха Бабин Зуб (1757 mnm). Грађевинске активности су започете током лета 2006., а први скијаши су користили нове стазе већ током зимске сезоне 2006-2007. године. До новембра 2012. године формиране су ски-стазе и ски-путеви, укупне дужине 10.61 km, са пратећим инсталацијама (кабинска жичара осмосед; три ски-лифта четвороседа; две жичаре типа сидро и бејби лифт), као и две водне акумулације, запремине 10.000 m<sup>3</sup> и 3.000 m<sup>3</sup>, са системима за дистрибуцију воде и производњу вештачког снега. Изграђено је 5 депонијских преграда (три од габиона, две од бетона) за заштиту акумулација од засипања ерозионим материјалом. Поред тога, обављени су обимни радови на изградњи путне инфраструктуре (на деоници Кална-Бабин Зуб), електроенергетских, водоводних и канализационих инсталација, као и смештајних капацитета (хотел „Бабин Зуб“).

### Основне природне карактеристике истраживаног подручја

Ски стазе „Сунчана долина“ (S), „Коњарник 1“ (K<sub>1</sub>) и „Коњарник 2“ (K<sub>2</sub>) изграђене су у вршном делу слива Зубске реке (слика 2). Подручје се одликује планинском климом, са просечном годишњом количином падавина од 1090 mm и просечном годишњом температуром ваздуха 6.1°C. Основне физичке карактеристике вршног дела слива Зубске реке и ски-стаза су представљене у табелама 1 и 2. Геолошку подлогу чине црвени пешчари и зелени шкриљци [19, 20], док су доминантни земљишни типови заступљени са скелетом црвених пешчара и хумусно-силикатним земљиштем [21, 22, 23]. Највећи део аутохтоних земљишних творевина је уклоњен током изградње ски-стаза. Земљишта имају сличан минералoшки састав као геолошка подлога, а грађена су од пескова (62.8–80.9%), праха (10.9–24.6%) и глине (8.2–16.6%).

Параметар	Ознака	Јединица мере	Вредност
Површина	A	km <sup>2</sup>	1.77
Кота врха	P <sub>p</sub>	m.n.m.	1725
Кота ушћа	L <sub>p</sub>	m.n.m.	1160
Дужина слива по главном току	L	km	1.89
Апсолутни нагиб речног корита	S <sub>a</sub>	%	30.21
Уравнати пад речног корита	S <sub>m</sub>	%	22.09
Средњи нагиб терена	S <sub>mt</sub>	%	47.57

Табела 1 Основне физичке карактеристике вршног дела слива Зубске реке

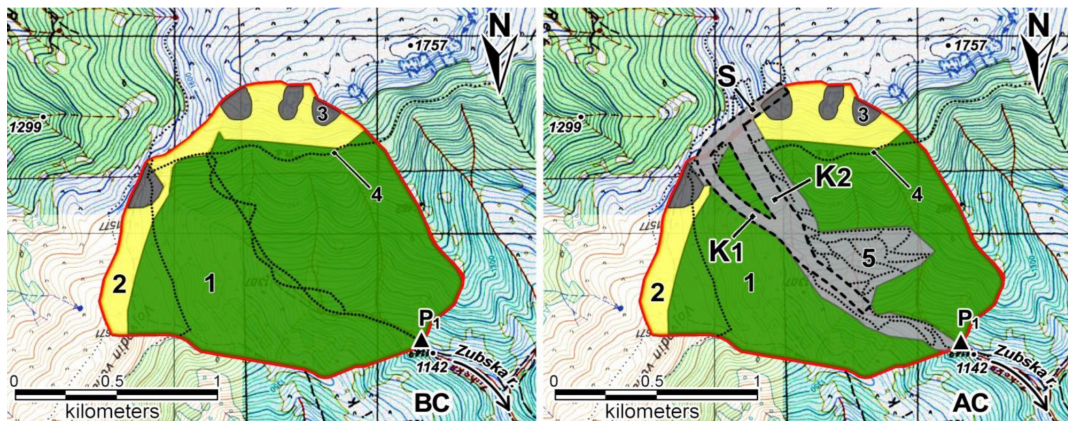
Table 1 Main physical characteristics of Zubska river headwater



Параметар	Ознака	Јединица мере	Вредност		
			Ски-стаза		
			“Сунчана долина”	“Коњарник 1”	“Коњарник 2”
Површина	A	km <sup>2</sup>	0.039	0.049	0.025
Највиша кота	P <sub>p</sub>	m.n.m.	1724	1548	1554
Најнижа кота	L <sub>p</sub>	m.n.m.	1544	1230	2355
Дужина ски-стазе	L	km	0.566	1.134	0.469
Просечан нагиб ски-стазе	S <sub>m</sub>	%	31.80	28.04	42.43
Експозиција			NE	NW	NW

Табела 2 Основне физичке карактеристике ски-стаза

Table 2 Main physical characteristics of ski runs



Слика 2 Вршни део слива Зубске реке, са ски-стазама

S - „Сунчана долина“ K1 - „Коњарник 1“ K2 - „Коњарник 2“ и промене начина коришћења земљишта у условима пре (BC) и после изградње скијалишта (AC): 1 - шума; 2 - ливаде; 3 - природне голети (пробоји једре стене на површину терена); 4, 5 - антропогене голети (приступни путеви; ски стазе; полазне и излазне станице ски-лифта; коридор ски-лифта; паркинг; различите грађевинске локације)

Figure 2 Zubska river headwater with ski runs

S – Sunchana Dolina K1 – Konjarnik 1 K2 – Konjarnik 2 and land cover changes in the Zubska River headwater before construction (bc) and after construction (ac): 1 – forest; 2 – meadows; 3 – native bare land (rock outcrops); 4 – roads; 5 – anthropogenic bare land (ski runs, top and bottom stations of the ski lift, ski lift corridors, construction sites, access roads, parking lot and urbanized spots)

## Метод рада

Развој бразда и јаруга је осматран од 1.04.2007. године до 01.09.2007. године, на основу детаљног геодетског премера [7]. Издвојена је експериментална површина величине  $A_e=0.0056 \text{ km}^2$ , дужине 100 m, просечне ширине 60 m, са просечним нагибом од 52.5%. Дуж највећих јаруга на ски-стази „Коњарник 2“ постављено је 15 попречних профила (на растојању

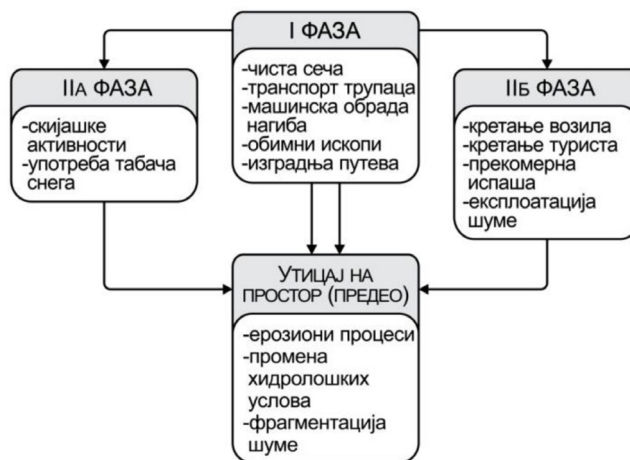
од 3-8 m), који су снимани једном недељно и после сваке кишне епизоде, коришћењем тоталне станице са ласером (Topcon GPT-3100N). Ефекти рестаурационих радова су осматрани од пролећа 2009. године до краја јесени 2013. године.

Промена начина коришћења земљишта је анализирана на основу детаљног теренског картирања истраживаног подручја, употребом сателитских и аеро-фото снимака, као и топографских карата. Примењен је софтвер ArcMap10, а за анализу визуелне изложености деградације коришћен је модул Spatial Analyst Tools [24, 25, 26]. Интензитет ерозионих процеса на истраживаном подручју процењен је на основу примене „Методe Потенцијала ерозије“, која је креирана, развијена и калибрисана у Србији, а користи се у свим околним земљама [27]. Промене хидролошких услова су вредноване поређењем максималних протицаја у условима пре и после изградње ски-центра. Прорачун максималног протицаја ( $Q_{max}$ ) је обављен применом теорије синтетичког јединичног троугаоног хидрограма и SCS (Soil Conservation Service) методологије за раздвајање ефективних од укупних падавина [28, 29], уз коришћење регионалних зависности за време кашњења [30], унутардневну расподелу падавина [31], и хидролошку класификацију типова земљишта [32]. Прорачун је обављен за услове надпросечне влажности земљишта AMC III (Antecedent Moisture Conditions III), и значајно редукованог инфилтрационо-ретенционог капацитета.

Основна хипотеза јесте да лоше планирани пројекти са великим обимом радова, у фрагилним природним условима, имају снажан деструктиван утицај на околни простор. Такође, представљене су предузете рестаурационе и противерозионе (РПЕ) мере, како би се илустровала сложеност процеса реконструкције деградираниг простора.

## Резултати истраживања

Деградација простора у ски-центру „Стара планина“ је последица активности које су се одиграле у три фазе (слика 3). I фаза се одвијала у периоду лето 2006-јесен 2007 године, док су IIА и IIБ фаза актуелне и данас.



Слика 3 Фазе деградације простора у ски-центру „Стара планина“

Figure 3 Disturbing activities in Serbian ski resorts and consequential environmental impacts

## Негативни ефекти I фазе

Ова фаза је започела са масивном сечом шуме, извлачењем трупаца, израдом земљаних приступних путева, обимним ископима за потребе инфраструктурних објеката (темељи стубова ски-лифтова; инсталације за електро и водоснабдевање, отпадне и фекалне воде) и машинском обрадом ски-стаза. Чисте сече су обухватиле око 26 ha шума (буква и смрча), просечне старости око 80 година, са запремином дрвне масе од око 7800 m<sup>3</sup>. Стабла су сечена на нивоу терена, док је коренов систем остајао у земљишту. Током машинског обликовања стаза, бројни пањеви са деловима кореновог система су извађени из подлоге, што је проузроковало нова оштећења земљишта. Извлачење трупаца, са просечном транспортном дистанцом од 174 m, је изазвало потпуну деструкцију површинског слоја земљишта и преосталог травног покривача, посебно на нагибима већим од 20%. Машинска обрада ски-стаза на нивелисање нагиба (попуњавање депресија; проширивање ски-стаза на оптималну ширину од 45-60 m; модификација изражених кривина; ублажавање екстремних нагиба) изведени су готово до матичне подлоге, на површини од 11.3 ha, што је значајно изменило локални рељеф. Наведене активности су довеле до готово потпуног уништења површинског слоја земљишта, поремећаја његове природне стратификације и деструкције травног покривача, чиме су створени услови за развој интензивних ерозионих процеса и формирање брзог површинског отицаја. Мрежа приступних земљаних путева изграђена је за потребе транспорта материјала и опреме током монтаже ски-лифтова. Густа путна мрежа (6.79 km<sup>2</sup>) је формирана без пропуста и ригола, и значајно је допринела убрзаном транспорту и концентрацији површинског отицаја и наноса.

Најтеже форме деградације су уочене на ски стази „Коњарник 2“: системи бразда и дубоких јаруга (слика 4).



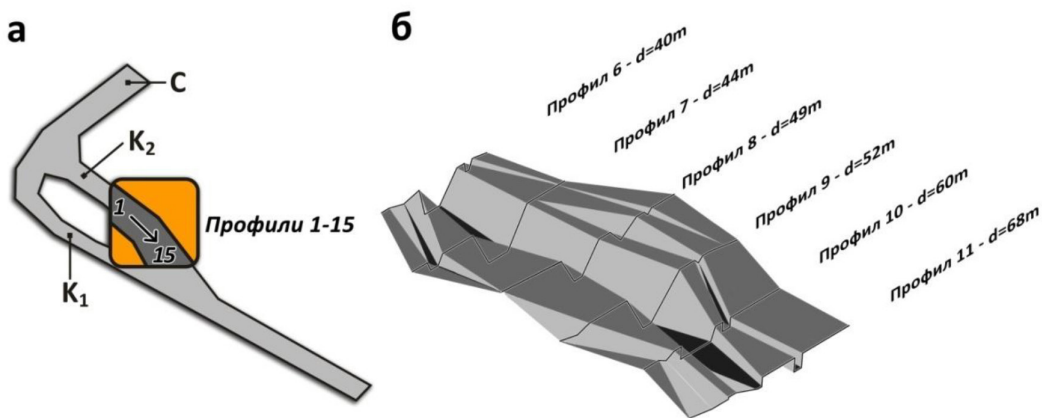
Слика 3 Дубоке јаруге на ски-стази „Коњарник 2“ (Август 2007)

Figure 3 Deep gullies on the Konjarnik 2 ski run (August 2007)

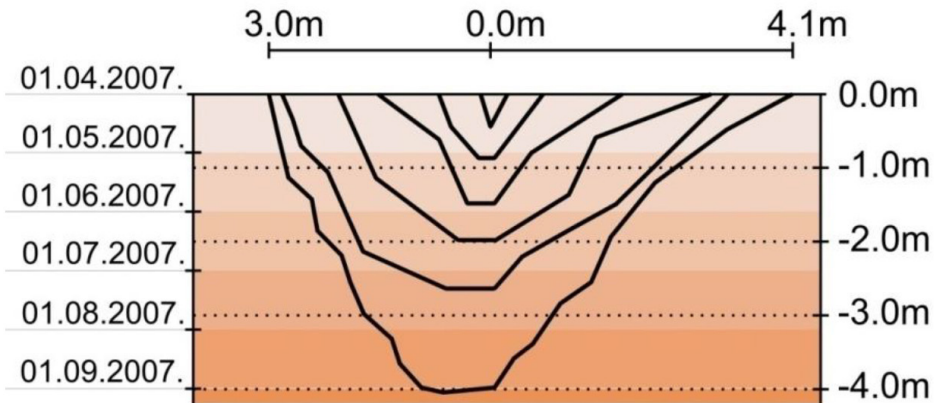
Развој јаруга је осматран (слика 5) од профила 1 (1453.7 mm) до профила 15 (1401.2 mm). Највећа јаруга достигла је дубину од 4 m, ширину 7 m и дужину 30 m, на профилу 9 (слика 6). Систем паралелних јаруга формиран је са обе стране главне јаруге, али знатно мањих димензија. До краја лета 2007. године, процес развоја јаруга је досегао матичну стену, са укупном запремином еродираног материјала  $E_p=744.93 \text{ m}^3$ , која изражена као специфична (јединична) ерозиона продукција  $E_{psp}$  износи:

$$E_{psp} = \frac{E_p}{A_g} = \frac{744.93}{0.0056} = 133023.2 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$$

Солифлукције (покрети површинског слоја земљишта засићеног водом, у условима честог смрзавања и одмрзавања), су осмотрене 24 пута у периоду Новембар 2006 - Новембар 2007. године. Јавиле су се на површинама величине 3 - 10 m<sup>2</sup>, са дубином покренутог слоја 0.3 - 0.7 m, чиме су убрзале процес трансформације бразда у јаруге. Промена хидролошких услова је последица значајно измењене структуре површина на сливу (слика 2). До лета 2006. године, вршни део слива Зубске реке био је покривен стабилним шумама на 1.47 km<sup>2</sup> (83.05% од укупне површине слива). Годину дана касније (лето 2007), шума је заузимала свега 1.08 km<sup>2</sup> (61.02% од укупне површине), док су природне ливаде смањене за 0.04 km<sup>2</sup>. Истовремено, антропогене голети (ски-стазе, полазна и излазна станица ски-лифта, коридор ски-лифта, различите грађевинске локације, приступни путеви, паркинг) су увећане са 0.04 km<sup>2</sup> (2.26% од укупне површине) на 0.47 km<sup>2</sup> (26.6% од укупне површине). Промена хидролошких услова је изражена рачунским вредностима максималних протицаја (за контролни профил P1 - слика 2), у условима пре (лето 2006) и после изградње ски-центра (лето 2007), што је представљено одговарајућим хидрограмима (слика 7), за различите вероватноће појаве ( $p = 0.5\%$ , 1% и 2%).

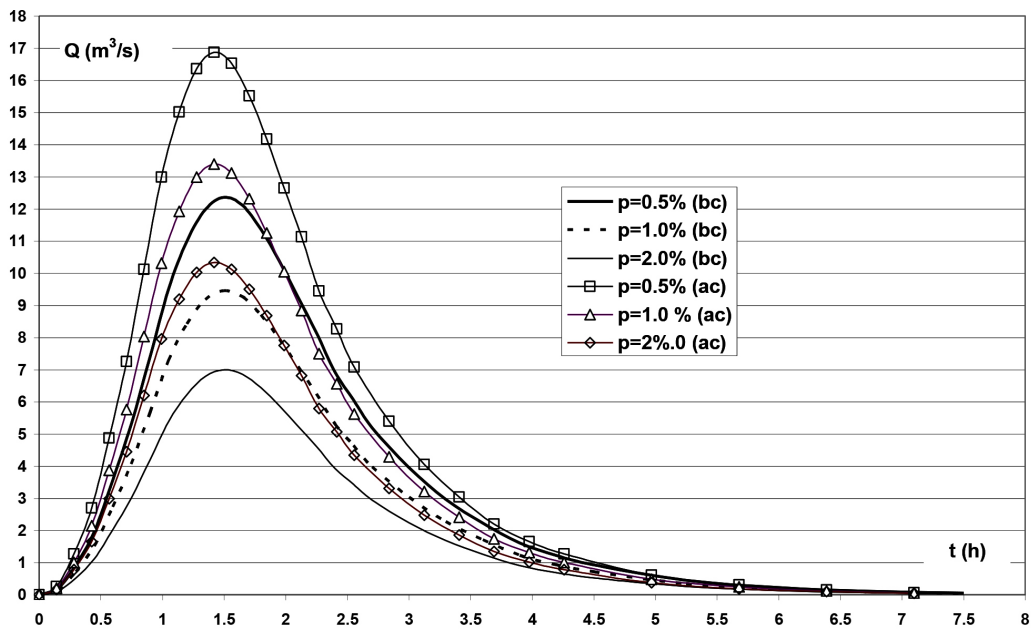


Слика 5 Експериментална површина за осматрање процеса развоја јаруга на ски-стази „Коњарник 2“  
 Figure 5 The experimental surface for monitoring of the process of development of gullies on ski run Konjarnik 2



Слика 6 Развој попречног профила јаруге на профилу бр. 9 (ски-стаза „Коњарник 2“, Април - Септембар 2007)

Figure 6 Development of gully cross section on profile 9 (Konjarnik 2 ski run, April – September 2007)



Слика 7 Хидрограми максималних протицаја Зубске реке, у хидролошким условима пре (bc) и после (ac) изградње ски-центра „Стара планина“ (за вероватноће појаве  $p = 0.5, 1$  и  $2\%$ )

Figure 7 Hydrographs of maximal discharges in hydrological conditions before construction (bc) and after construction (ac) of the Stara Planina ski resort (for probabilities  $p = 0.5, 1$  and  $2\%$ )

Изградња ски-центра нарушила је природну дренажну мрежу слива и повећала површински отицај, пре свега, са ски-стаза и приступних путева. Промена структуре површина (обешумљавање и уклањање земљишта) драматично су умањили интерцепцију и инфилтрационо-ретенциони капацитет земљишта, чиме је вршни део слива Зубске реке постао сензибилан за појаву екстремних хидролошких догађаја, као што су максимални протицаји ( $Q_{\max}$ ), са смањеним повратним периодима: вредности  $Q_{\max}$ -АМСИИ (1%, 2006) =  $9.46 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  и  $Q_{\max}$ -АМСИИ (2%, 2007) =  $10.33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  су сличне, односно, вредности  $Q_{\max}$  - АМСИИ (0.5%, 2006) =  $12.36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  и  $Q_{\max}$ -АМСИИ (1%, 2007) =  $13.39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Истовремено, остали значајни параметри прорачуна, као што су улазне падавине, или физичко-географске карактеристике слива, остали су исти.

### Негативни ефекти ПА и ПБ фазе

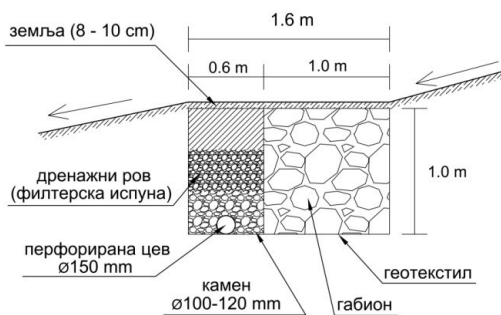
Оштећења услед скијашких активности дешавају се када су скијаша приморани да се заустављају или скрећу на стрмим и узаним деоницама ски-стаза, где је снежни покривач тањи од 15 cm, при чему се ивице скија заривају у површински слој земљишта и засецају траву. Ски-стазе (S, K1, K2) су оптерећене са 7.000 - 12.000 пролазака скијаша дневно. Делови ски-стаза са оштећеним земљиштем и травним покривачем имају промењен топлотни биланс, што проузрокује брже топљење снега и тиме угрожава безбедност скијаша. Трајање снежног покривача на деоницама са очуваним земљиштем и травним покривачем је 2 - 5 дана дуже него на деоницама са оштећењима. Уређење стаза у току ски-сезоне подразумева употребу табача снега, како би се обезбедила равномерна расподела снега (природног или вештачког). Ски-стазе у ски-центру „Стара планина“ се налазе у висинском појасу од 1230 - 1724 mm, са честим флукуацијама дневне температуре, поготово на микролокацијама јужне и западне експозиције, услед чега долази до местимичног отапања снега. Чести су повремени удари ветра који развејава снег на вишим деоницама ски-стаза, што захтева употребу табача снега, са 2 - 4 дневна проласка. Уколико се табачи користе на снегу висине мање од 20 cm, метални делови гусеница (зуби дужине 10 - 12 cm; тип “Kassbohrer”, модели РВ 300 и 500) оштећују или чупају травни бусен из подлоге, и разарају површински слој земљишта. Најугроженији су делови ски-стаза где долази до промене нагиба из веома стрмог у блажи, као и на местима где табач снега (ратрак) мења правац кретања.

Током периода без снежног покривача (Мај-Октобар), ски-стазе постају простор за одвијање различитих, често нежељених (и нелегалних) активности, као што су: пролазак различитих типова возила (грађевинске машине-гусеничари; мотоцикли; трактори; ципови); неконтролисана активности у шумарству (сеча и транспорт трупаца); неконтролисано кретање туриста (5 - 47 туриста дневно је регистровано у периоду Јули-Август 2010 - 2013). Повремено, на ски-стазама се уочава присуство оваца и говеда, а прекомерна испаша на појединим локацијама доводи до сабијања земљишта и додатних оштећења вегетације, чиме се стварају повољни услови за деловање ерозионих процеса. На машински обрађеним ски-стазама (више од 50% укупне површине) обнављање травног покривача је веома споро. Реставрациони радови су започети током пролећа 2008. године а завршени су током јесени исте године. На жалост, неконтролисана употреба табача снега, кретање возила и присуство туриста, у пролећно-летњем периоду 2009 - 2013. године, довели су до местимичних оштећења новоуспостављеног травног покривача на ски-стазама.

## Реконструкција деградираног простора

Ски-центар „Стара планина“ је формиран без примене мера противерозионе заштите, што се односи и на периоде експлоатације и одржавања, а негативни ефекти су, у већој или мањој мери, довели у питање његову функционалност. У периоду Мај-Октобар 2008. године обављени су радови на противерозионој заштити и уређењу скијалишта „Стара планина“, применом концепта рестаурације и противерозионе заштите, на основу техничке документације израђене на Шумарском факултету Универзитета у Београду, на Одсеку за еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса. Рестаурациони и противерозиони радови (РПЕ) обављени су у сагласју са светским стандардима који се примењују у овој области [33, 34, 35, 36, 37, 38].

РПЕ радови у ски-центру „Стара планина“ су изведени у условима тешке деградације терена, готово 18 месеци после изградње скијалишта [22, 23, 39]. Технички радови су обављени до краја Септембра 2008. године: чишћење и продубљивање локалних водотокова који угрожавају ски-стазе и приступне путеве, како би се обезбедила потребна пропусна моћ током појаве великих вода; изградња две депонијске преграде за заустављање вученог наноса; израда стабилизационо-дренажних конструкција (СДК) на ски-стазама К1 и К2. СДК се користе за превенцију солифлукција и сакупљање подземних вода од бројних извора (посебно на нижем делу ски-стазе К1). СДК су дизајниране и употребљене за уређење ски-стаза на Старој планини, и представљају новитет на светском нивоу [40]. СДК се састоје из габионских корпи пуњених каменом, које су обавијене нетканим геотекстилом, и дренажног рова (слика 8).



**Слика 8** Стабилизационо-дренажна конструкција (излив; ски-стаза „Коњарник 1“, Октобар 2008)  
**Figure 8** Stabilization and drainage construction (outflow; ski run Konjarnik 1, October 2008)

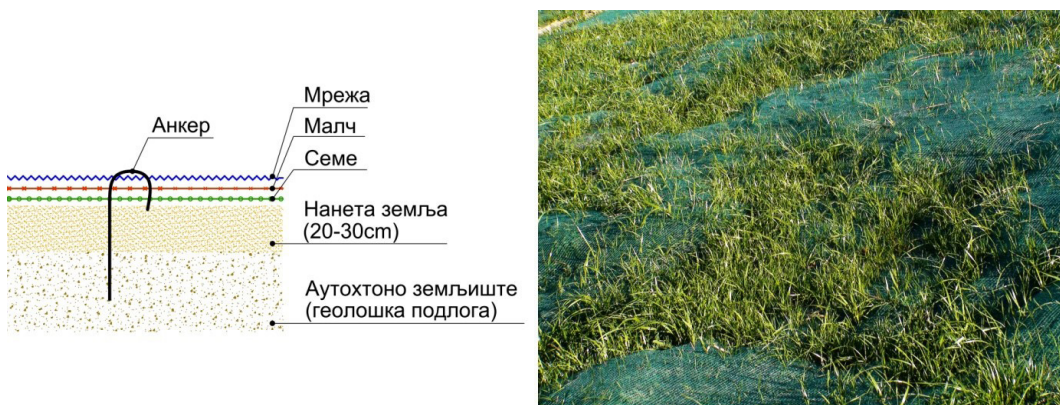
Биотехнички радови су завршени до средине Октобра 2008. године, укључујући обнављање земљишта и вегетације, инсталацију контурних стабилизатора (КС) и формирање површинске дренаже. Обнављање земљишта и вегетације на ски-стазама одвијало се у следећим фазама (слика 9): насипање слоја фертилне земље (0.2-0.3 m), сетва одговарајуће травно-легуминозне смеше (20 gr/m<sup>2</sup>); малчирање сецканом сламом (0.5 kg/m<sup>2</sup>); прекривање мрежом са ретким ткањем и фиксирање за подлогу челичним анкерима (на дубину од 0.4 - 0.5m). Коришћене су травно-легуминозно смеше, састављене од врста које је могуће обезбедити у

довољним количинама на тржишту (табела 3), јер у Србији не постоји организована производња, нити сакупљање довољних количина семена аутохтоних врста. Све „комерцијалне“ врсте су одабране на основу еколошких својстава која одговарају високо-планинским условима, и претходне детаљне флористичке анализе аутохтоне вегетације (табела 3).

Аутохтоне врсте	Комерцијална травно-легуминозна смеша
1. Anemone ranunculoides	1. Festuca rubra (30%)
2. Verbascum sp.	2. Agropyrum repens (15%)
3. Lusula silvatica	3. Festuca arundinacea (10%)
4. Taraxacum officinale	4. Agrostis alba (15%)
5. Sesleria sp	5. Trifolium repens (10%)
6. Gentiana asclepiadea	6. Festuca ovina (20%)
7. Rumex sp.	
8. Viola tricolor	

**Табела 3** Аутохтоне врсте и састав коришћене комерцијалне травно-легуминозне смеше на Старој планини

**Table 3** Native species and the composition of used commercial grass-legume mixtures at Stara Planina

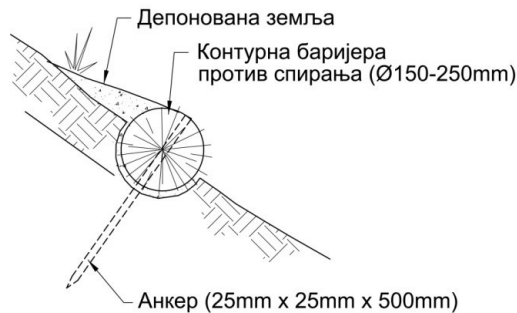


**Слика 9** Обнављање земљишног и вегетационог покривача (ски-стаза „Коњарник 1“, Јуни 2009)

**Figure 9** Reestablishing soil and vegetation cover (ski-run Konjarnik 1, June 2009)

Контурни стабилизатори (КС) се производе од трске, сламе или врбовог прућа, које се везује у ваљке (са или без пластичног омотача), Ø 200-250mm, 2-5m дужине (слика 10). Постављају се на растојању од 8-20m (у зависности од нагиба терена), у плитке ровове (дубине 80-120 mm) и фиксирају дрвеним или металним анкерима. КС се постављају контурно, готово управно на осовину трасе ски-стаза. КС смањују брзину површинског отицаја, задржавају покренути ерозиони материјал, и стабилизују површински слој земљишта, до појаве травног покривача.



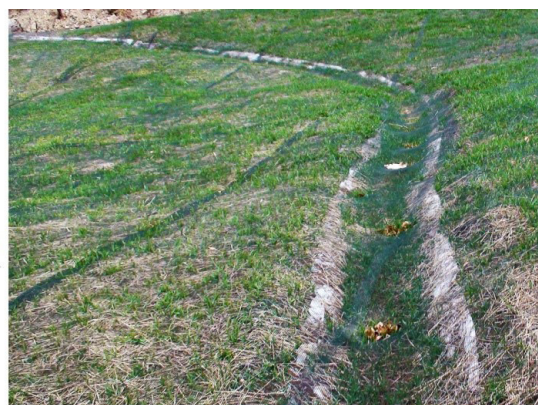
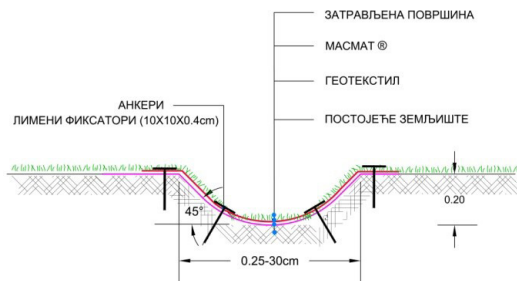


Слика 10 Контурни стабилизатори (баријере) за контролу брзог површинског отицаја (ски-стаза „Коњарник 1“, јуни 2009)

Figure 10 Contour barrier against fast surface runoff (ski run Konjarnik 1, June 2009)

Задржане органске материје, земља и вода стварају стабилну средину за клијање семена. Такође, смањују локални нагиб и превентивно делују на појаву процеса браздања и јаружања. Трају једну до две године, после чега долази до распадања природног материјала, што додатно обогаћује земљиште хранљивим материјама.

Током наношења и планирања плодног земљишта на деградираним површинама формиран је површински дренажни систем, у виду обложених канала дубине 0.15–0.20 m, нагиба 3–5%. Канали су заштићени МасМат мрежом (тродимензионални геокompatит), која се користи као заштита од ерозије, а омогућује раст травне вегетације. МасМат мрежа је израђена од двоструко плетене челичне жице, обмотане полипропиленским влакнима. Поставља се по дну и косинама канала, а фиксира челичним анкерима (слика 11).



Слика 11 Површинска дренажа (ски-стаза „Коњарник 1“, Октобар 2008.)

Figure 11 Surface drainage system (ski run Konjarnik 1, October 2008)

Вегетациони покривач био је успостављен већ 20 дана после сетве, а мере неге су примењиване до краја лета 2009. године. Опште стање и изглед ски-стаза (слика 12) су значајно побољшани након завршетка свих планираних рестаурационих и противерозионих радова. РПЕ радови су коштали око 1.300.000 €, у условима 18 месеци после изградње, а да су примењени током и непосредно по завршетку изградње, трошкови би износили 375.000 €.



Слика 12 Ски-стаза „Коњарник 1“ у условима пре (лето 2007) и после (лето 2013) рестаурационо-противерозионих радова

*Figure 12 Ski run Konjarnik 1 under conditions before (summer 2007) and after (summer 2012) restoration and erosion control works*



Слика 13 Ски-стаза „Сунчана долина“ у условима пре (лето 2007) и после (лето 2013) рестаурационо-противерозионих радова

*Figure 12 Ski run Suncana dolina under conditions before (summer 2007) and after (summer 2012) restoration and erosion control works*

## Дискусија

Почетак изградње скијалишта „Стара планина“ изазвао је различите форме деградације терена, фрагментацију шума, губитак биоразноврсности, визуелну и функционалану деградацију предела. Изградња ски-центра започела је на основу политичке одлуке, без одговарајуће планске и техничке документације, као и без одговарајућих Студија о процени утицаја на животну средину. Ски-центар је лоциран у Парку Природе (у зонама I и II степена заштите), који је заштићена област за научна истраживања и ограничене туристичке активности [41, 42]. Неке активности, као што су чисте сече шуме и просецање приступних путева, су у супротности са два главна управљачка циља у заштићеним подручјима Србије: заштита екосистема и очување биоразноврсности [42]. Процес изградње и последична фрагментација шуме угрозили су локалне ендемске врсте, укључујући криласти звончић (*Campanula calycialata*, који се јавља само у близини локалитета Бабин Зуб) и панчићеву жабуљу траву (*Senecio rancisi*, стеноендемит Централног Балкана), а поред њих угрожен је читав низ врста са црвене листе IUCN (International Union for Nature Conservation): *Buteo rufinus*, *Alauda arvensis*, *Scolopax rusticola* [43].

Ски-центар „Стара планина“ изграђен је без примене стандарда за превенцију ерозије, оличених кроз праксу најбољег управљања (BMPs-Best management practices), какви се иначе користе широм света приликом изградње сличних објеката [33, 34, 35, 36, 37, 38], што је имало тешке последице по животну средину. BMPs обухватају следеће поступке: изградњу приступних путева и пратеће инфраструктуре (електро-снабдевање, водовод и канализација) унутар једног просторног коридора, током исте грађевинске сезоне; формирање путних пропуста увећаног капацитета за спровођење воде и крупнијих фракција наноса; употребу хеликоптера за транспорт грађевинског материјала и опреме на удаљене локације, у циљу смањења обима радова на изради приступних путева; употребу људске радне снаге за ископ темеља стубова ски-лифта, на локацијама где је отежан приступ механизацији; очување и складиштење површинског слоја земљишта за рестаурационе радове; израду површинске дренаже на ски-стазама ради минимизирања ефеката ерозије земљишта; употребу одговарајућих травно-легуминозних смеша за озелењавање ски-стаза, састављених од аутохтоних врста (*site-specific species*), уз третман ђубривима и малчом. Такође, деградирани површине треба изузети од било каквих активности, најмање два вегетациона периода после рестаурације [34].

Изградња и коришћење ски-центра снажно утиче на њихово физичко и биолошко окружење [44], тако да власници и управљачи имају законску и етичку обавезу да обезбеде стабилност угрожених екосистема. Резултати истраживања на Старој планини потврдили су претходна слична истраживања у свету [1, 2, 12, 45, 46, 47], али су у неким сегментима показали до сада незабележен степен деструкције, пре свега кроз најинтензивнију јаружасту ерозију која је представљена у светској литератури. Наиме, досадашња истраживања везана за рестаурацију ски-стаза углавном су посвећена рестаурацији земљишног и вегетационог покривача применом одређених мера, које укључују сетву травно-легуминозних смеша, малчирање и постављање заштитних мрежа [10, 33, 34, 46]. Рестаурациони модел примењен на Старој планини обухвата поменуте мере, као и одређене новитете, као што су стабилизационо-дренажне конструкције (први пут у свету употребљене на ски-стазама), затим специфичну комбинацију површинских дренажних канала и контурних стабилизатора.

Током петомесечног периода истраживања (1.04.2007.-1.09.2007.) дубина јаруга на ски-стази „Коњарник 2“ достигла је 4 метра, док је специфична ерозиона продукција достигла вредност  $E_{psp} = 133.023,2 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ , што представља највећу забележену вредност у светској литератури [7]. Поређења ради, највећи интензитет јаружасте ерозије на деградираним

шумским и пољопривредним земљиштима у Кини износи  $E_{psp}=13.863,3 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$  годишње [48], на обрадивим површинама у Хрватској  $E_{psp}=375-11.983,3 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$  годишње, у зависности од начина обраде [49], и на пашњацима Новог Зеланда  $E_{psp}=21.703 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$  годишње [50]. Истовремено, интензитет ерозије на експлоатисаним шумским површинама Старе планине износи  $E_{psp}=5.174,9 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$  годишње, док је на недирнутим, околним шумским површинама свега  $E_{psp}=520 \text{ m}^3\cdot\text{km}^{-2}$  [20].

РПЕ радови у ски-центру „Стара планина“ били су прве активности те врсте у Србији. Одсуство инвестиција за РПЕ радове (непосредно по завршетку основних грађевинских радова) проузроковало је касније трошкове (Табела 4). Реставрациони и противерозиони радови су изведени у условима потпуне деструкције терена, после завршетка свих грађевинских радова на просецању ски-стаза и путева, као и постављања стубова ски-лифтова, тако да су исказане суме најскупља варијанта. Превентивно деловање, дакле у фази током и непосредно после извођења грађевинских радова, произвело би трошкове на нивоу 20-25%, од сума исказаних у табели 4 (1€=95 РСД).

Реставрационе и противерозионе радове изводила су предузећа која делују, углавном, у области водoprивреде и шумарства („Ерозија“-Књажевац; „Водoprивреда Ћуприја А.Д.“), уз сталну координацију између пројектанта (Шумарски факултет), стручног надзора (Ј.В.П. „Србијаводе“) и инвеститора (Ј.П. „Скијалишта Србије“). Поједине радне позиције нису до сада извођене на ски-стазама у Србији (СДК; КС; површинска дренажа), тако да је била неопходна едукација извођача, кроз прецизирање технике извођења и упознавање са основним техничким својствима појединих материјала.

Ски-центар	Ски-стаза	Трошкови за реставрационе и противерозине радове	
		динара (РСД)	евра (€)
Стара планина	„Коњарник 1“	85.500.000	900.000
Стара планина	„Коњарник 2“	9.500.000	100.000
Стара планина	„Сунчана долина“	28.500.000	300.000
<b>укупно:</b>		123.500.000	1.300.000

**Табела 4** Преглед трошкова за реставрационе и противерозионе радове

**Table 4** Review of expenses for restoration and erosion control works

Реставрација деградираних локалитета планинског региона најефикаснија је уз коришћење аутохтоних врста [33, 51], што се у Србији ретко примењује због чињенице да не постоји организована производња, нити сакупљање аутохтоног семена трава и легуминоза. Алпска регија (на површини од 191.287 km<sup>2</sup>, са популацијом од 13 милиона људи), има више од 13.000 ски-лифтова и жичара, као и 40.000 ски-стаза, укупне дужине 120.000 km, које годишње користи око 20 милиона туриста. Ски-стазе и коридори ски-лифтова заузимају површину од око 110.000 ha (од чега је 93.300 ha искоришћено за стазе), а више од 24.000 ha се вештачки оснежава. Активно се примењују мере противерозионе заштите, а у последњих 15 година развијене су технике ревитализације терена употребом аутохтоног биљног материјала [33]. Истраживачки институти као што су Höheren Bundeslehr и Forschungsanstalt (HBLFA) Raumberg-Gumpenstein или бивши Landesanstalt Rinn, начинили су пионирске кораке у покушају да развију нове стандарде ревитализације терена у високим зонама, где су лоциране скијашке

стазе и жичаре [34]. Кооперативни напори су артикулисани кроз заједничке ЕУ пројекте, уз учешће истраживачких група и компанија из Аустрије, Италије, Немачке и Швајцарске. На простору Северне Америке, где су регистрована 703 скијалишта [44], мере заштите и ревитализације су садржане у примени обавезујућих BMPs (Best Management Practices-практике најбољег управљања).

Искуства са скијалишта у региону (Црна Гора, Бугарска, Македонија, Босна и Херцеговина), Европе или Северне Америке, говоре да изостанак противерозионе заштите доводи до појаве деградационих процеса, са великом продукцијом ерозионог материјала [5, 34, 52]. На скијалиштима европских Алпа и Северне Америке примењују се строги стандарди управљања земљиштем, са обавезном применом BMPs, што утиче на минимизирање ефеката ерозионих процеса. Најчешће форме деградације терена, у виду ерозионих “ожиљака” или спорадичне појаве огољених површина, везане су за процесе спирања земљишта (где је проређен или уништен травни покривач), услед неконтролисаног дејства брзог површинског отицаја, што може довести до појаве бразда и јаруга. Иницијални узроци су, пре свега, прекомерно оптерећење током скијашке сезоне (велики број пролазака скијаша и кретање машина за табање снега, у условима мале висине снежног покривача), или неконтролисана активности током пролећно-летњег периода (кретање туриста, стоке или моторних возила). У зонама изнад границе вегетације (преко 2500 mm) честа је појава распадина и осулина (Аустрија, Швајцарска, Италија, Француска), пре свега деловањем екстремних климатских услова (максималне и минималне температуре ваздуха; плувиометријски режим), што се решава применом техничких мера заштите. Искуства из Северне Америке говоре да је ерозиона продукција на деградираним површинама ски-стаза готово 10 пута већа него на суседним шумским површинама у природном стању [46].

## **Закључци**

Почетак изградње ски-центра „Стара планина“ представља јединствен пример за неодговорно извођење пројеката, засновано на политичкој одлуци, без одговарајуће планске и техничке документације, уз игнорисање потреба локалних заједница.

Ски-центар „Стара планина“ изграђен је без примене стандарда за превенцију ерозије (BMPs), што је довело до опште деструкције простора на ски-стазама и околним површинама, чиме је угрожена функционалност скијалишта и доведена у питање оправданост инвестиција. Неопходна је израда приручника са прецизно дефинисаним BMPs (Праксе најбољег управљања), у циљу ране идентификације потенцијалних ризика и превентивног деловања.

Рестаурациони и противерозиони (РПЕ) радови су зауставили деградационе процесе, помогли обнављању вегетационог покривача и рехабилитацији предела. РПЕ радове треба изводити симулатно са грађевинским радовима, или по њиховом непосредном завршетку, у циљу минимизирања деструкције терена и рационализације трошкова. Површине које су предмет РПЕ радова треба изузети од било каквих активности, током најмање два вегетациона периода, како би се обезбедило време за њихову потпуну рехабилитацију.

Реализацију наредних пројеката у домену развоја ски-туризма у Србији треба изводити на основу јасне представе о постојању повољних природних услова подручја, социо-економске оправданости, у складу са принципима одрживог развоја и заштите животне средине. То се може остварити израдом одговарајуће планске и техничке документације, у складу са важећим законским прописима, са потпуним учешћем јавности у свим фазама реализације пројеката, уз пуно уважавање потреба и перспектива развоја локалних заједница.

**ЛИТЕРАТУРА:**

**Tsuyuzaki, S. (1994):** Environmental deterioration resulting from ski resort construction in Japan. *Environmental Conservation* 21: 121–125.

**Ries, J.B. (1996):** Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. *Mountain Research and Development* 16:27–40

**Macan, G.; Krstić, M.; Ristić, R.; Macan, I. (1997):** Variability of erosion production as a consequence of thinning cuttings. In: *The 3rd international conference on the development of forestry and wood science, proceedings, Belgrade, Serbia, pp 243–248*

**Balaganskayaa, E.R.; Malinen, K.M. (2000):** Soil nutrient status and revegetation practices of downhill skiing areas in Finnish Lapland—a case study of Mt. Yllas. *Landscape and Urban Planning* 50:259–268

**„For Earth“, Environmental Association-Bulgaria (2007):** [www.pirinnp.com](http://www.pirinnp.com), <http://whc.unesco.org>

**Ristić, R.; Marković, A.; Radić, B.; Nikić, Z.; Vasiljević, N.; Živković, N.; Dragičević S. (2011):** Environmental Impacts in Serbian Ski Resorts, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* (ISSN Printed: 1842-4090; ISSN Online: 1844-489X), Vol. 6, No. 2, pg. 125-134.

**Ristić, R.; Kašanin-Grubin, M.; Radić, B.; Nikić, Z.; Vasiljević, N. (2012):** Land degradation in ski resort “Stara planina”, *Environmental Management*, (ISSN: 0364-152X, print version; ISSN: 1432-1009, electronic version), No. 49, pg. 580-592 (DOI: 10.1007/s00267-012-9812-y).

Милета Милојевић, Зоран Гавриловић, Милутин Стефановић

## Ерозиона подручја на територији општине Медвеђа, законска обавеза и неопходан алат за управљање сливовима

### Erosion areas in the municipality Medvedja, legal obligation and a necessary tool for watershed management

Институт за водопривреду “Јарослав Черни”

#### Извод

Укупна површина земљишта у Србији је под утицајем различитих ерозионих процеса. Одређене области су више подложне утицају ерозионих процеса од других. Људске активности, као што је избор начина коришћења земљишта имају највећи негативни утицај на животну средину, укључујући и ерозију тла, него било који други природни чинилац. Методологија, алати и процедуре за идентификовање и проглашење ерозионих подручја се развијају у Србији, у Институту за водопривреду “Јарослав Черни” дужи низ много година и имају подршку у Закону о водама Републике Србије. Идентификовањем и утврђивањем ерозионих подручја, за која су прописане мере противерозионог газдовања на локалном и националном нивоу, добијамо моћан алат, који пружа кључни допринос у управљању речним сливовима.

**Кључне речи:** ерозија, картирање ерозије, модели прорачуна ерозије, ерозиона подручја

#### Abstract

The total area of land in Serbia is covered by different erosion processes. Certain areas are more susceptible to erosion processes than others. Human activities such as land-use patterns have the greatest negative impact on the environment, including soil erosion, than any other natural element. Methodologies, tools and procedures for identifying and proclamation of erosion areas are being developed in Serbia, Institute for Water Resources “Jaroslav Cerni” for many years and have the support of the Water Law of the Republic of Serbia. Identifying and declaring erosion areas, for which the prescribed measures of erosion control management at local and national level, we get a powerful tool, which provides a key contribution to a river basins management.

**Keywords:** Soil erosion, erosion mapping, models of erosion calculations, erosion zone

## **Увод**

Ерозија земљишта је озбиљан проблем и мора се перманентно организовати борба са њом. Планови за проглашење ерозионих подручја на којима се заводи антиерозиони нашин искоришћавања земљишта су само једна од степеница у укупној борби са ерозијом.

Борба са ерозијом и бујичним токовима је посебна стручна област која је доживела експанзију током задњих сто година, јер је то период активне урбанизације, изградње саобраћајница и интензивирања пољопривреде до индустријских размера. Сходно томе развијене су посебне специјалности за борбу са бујичним токовима и ерозијом, што је у нашој земљи до 1965.године било организовано у оквиру посебне Дирекције за уређење бујица и ерозију, а после је цела активност организована у оквиру водопривреде.

Број стручњака који се професионално баве уређењем бујичних токова и заштитом од ерозије је мали и уз то је мали број стручњака специјализовао поједине уске области као што је на пример картирање ерозије.

Апсурдно је очекивати да ће свака општина школовати кадрове за картирање ерозије, када таквим кадровима не располажу ни бројна водопривредна предузећа која се иначе баве уређењем бујичних токова и санацијом ерозионих процеса.

Подручје општине Медвеђа је уgroжено ерозионим процесима водне ерозије. За потребе елабората за израду плана за проглашење ерозионих подручја извршена су свеобухватна истраживања. Теренски део посла (рекогносцирање терена ради дефинисања стања вегетационог покривача, начина коришћења земљишта и видљивих процеса ерозије) обављен је током лета 2013. године. Направљена је обимна фотодокументација и лоцирани су важнији објекти и површине угрожене ерозионим процесима. Поред тога коришћене су и остале расположиве подлоге: дигитални ортофото, геолошка карта, педолошка карта, хидрогеолошка карта, метеоролошка карта и слично.

## **Законска основа за спровођење мера и радова за санацију ерозије**

У пракси је, у свету а и код нас, проблем ерозије решаван доношењем посебног закона о ерозији или делу закона (о водама, шумама, земљишту и др.) и скупу подзаконских прописа. Углавном је основ за предузимање антиерозионих мера било претходно проглашење неког подручја или читаве земље за “ерозионо подручје”, и на тој законској основи су предузимани превентивни радови и спровођене антиерозионе мере.

У Југославији је 1952.године ступио на снагу закон о проглашавању подручја Грделичке клисуре и Врањске котлине за ерозионо подручје, које је касније посебним програмом радова и мерама санирано, и данас је то подручје претежно захваћено средњим интензитетом ерозије. Каснијим законима о заштити од ерозије и бујица из 1954.године проглашена су још нека ерозиона подручја и на тој основи су спроведени обимни антиерозиони радови на бујичним токовима Јужне Мораве, Западне Мораве, Тимока, Пека, Млаве и других мањих токова.

Од 1965.године проблематика ерозије и бујица је пренесена у Закон о водама и сви досадашњи закони су имали чланове који обавезују општине да прогласе ерозиона подручја. У прошлости за то није било проблема јер су значајни делови сливова били захваћени експесивним и јаким процесима ерозије, видљивим голим оком.



Ерозиона подручја и зоне се најчешће изједначавају, а уствари ерозионе зоне су површине захваћене разним класама и категоријама ерозије, разврстане према одговарајућој методи картирања ерозионих процеса, док су ерозиона подручја површине на којима не мора бити развијен процес ерозије, али које могу постати жаришта ерозије уколико се промени начин коришћења земљишта.

Према важећем закону о водама Републике Србије ерозиона подручја су обавеза поверена локалним самоуправама (Члан 61), док је, Члановима 33, 34, 40,45 и 46 дефинисано да се угрожена подручја (ерозиона подручја) саставни део плана управљања водама, које припрема Министарство.

## Дефиниција ерозионог подручја

Дефиниција ерозионог подручја у пракси може имати више степена детаљности, у зависности од жељене намене. Уствари ерозија је феномен који делује на целокупној земљиној површини и могуће га је посматрати на глобалном нивоу континента, државе, покрајине, општине и све до нивоа парцеле од неколико ари. На свакој од наведених територијалних јединица могуће је одредити ерозионе зоне са различитим степенима ерозије.

Многе општине су покушале да испуне обавезу и израдиле планове за проглашење ерозионих подручја, међутим, у њима су назначене само оне површине које су евидентно захваћене најачим процесима ерозије и које се већ одавно не користе, чак ни као деградирани пашњаци. На другој страни раније саниране површине се користе на начин примерен површинама које нису угрожене ерозијом и на њима прети интензивирање ерозионих процеса.

Ерозиона подручја постоје у свакој општини (чак и равничарској) и то нису само оне површине захваћене јаким, и голим оком видљивим процесима ерозије, већ и површине на којима промена начина искоришћавања може проузроковати појаву или интензивирање ерозионих процеса.

Једноставније речено смисао законске одредбе је да се правовременим проглашењем ерозионих подручја обезбеди законски основ за спровођење других мера прописаних законом о водама, законом о шумама, законом о пољопривредном земљишту и законом о заштити животне средине и да се спречи даља ерозиона деградација земљишта проузрокована неадекватним начином искоришћавања земљишта. На основу изнетог, дефиниција ерозионог подручја је следећа:

**Ерозионо подручје је површина земљишта које је захваћено видљивим процесима ерозије, али и површина на којој нема видљивих процеса ерозије, али на којој се могу јавити видљиви процеси ерозије услед промене начина искоришћавања земљишта.**

Наведена дефиниција је суштинска. На другој страни за жељени резултат мора да постоји јединствена процедура за дефинисање интензитета ерозије, еродибилета и ерозионог подручја.

## Избор метода за картирање ерозионих процеса за дефинисање ерозионих подручја

С обзиром да је смисао законске одредбе о проглашењу ерозионих подручја усмерен на одређивање ерозионих површина на стрмим нагибима и еродибилном терену, које су у нашим условима углавном на падовима већим од 70 и на којима је земљиште танко, а на многим местима га и нема, метода USLE не задовољава услов дефинисања стања ерозије на комплетној површини, што је од примарне важности код свих водопривредних прорачуна.

“Метод потенцијала ерозије” је погоднији за дефинисање ерозионих процеса на површинама широког спектра величина, и квалитативно и квантитативно утврђује стање ерозије и бујичности токова. Уз то дефинише интензитет ерозије на свакој подлози и свим нагибима терена. зато ће се користити за дефинисање “Ерозионих подручја”.

## Природни чиниоци настанка и развоја ерозије земљишта

Природни чиниоци који су значајни за настанак и развој ерозионих процеса су клима, геолошко - педолошка подлога и рељеф. Сваки од наведених чиниоца има своје специфичне видове појаве који самостално или комбиновано имају широк спектар утицаја на интензитет ерозионих процеса. Према “Методи потенцијала ерозије” природни чиниоци ерозије дефинисани су коефицијентима.

## Утицај човека на ерозију

Људи својим активностима и коришћењем земљишта и прилагођавањем животне средине својим потребама могу да поремете успостављену природну равнотежу, али и да је сачувају и унапреде. Због тога је најважнији и најагресивнији антропогени утицај на ерозију коришћењем земљишта.



Слика 1 Утицај човека на интензивирање ерозионих процеса

Figure 1 Human impact on increasing erosion processes

## Начин коришћења земљишта

Термин “Природна средина” је брзо замењен термином “животна средина”, јер људи већ хиљаде година подређују површину земље својим потребама за сточарско, пољопривреду, експлоатацију шума, руда и других сировина, изградњу насеља и друго. Сва та активност је покрила комплетну површину земље, па је најправилније говорити о начину искоришћавања земљишта.

Ерозија јесте природан феномен, али и процес на чији интензитет највећи утицај има укупна делатност људи, а то је и једина област коју је могуће ставити под контролу и променом начина искоришћавања земљишта смањити интензитет ерозије на подношљиву меру и зато му је дат примарни значај при контроли и сузбијању ерозионих процеса.

Као што неправилан начин искоришћавања земљишта може изазвати интензивирање ерозије, тако исто је могуће променом начина искоришћавања ублажити интензитет ерозије на прихватљиво низак ниво. На многим местима није могуће санирати ерозију променом начина искоришћавања земљишта, па су зато развијени бројни методи за санацију ерозионих процеса. Свака од методологија дефинише посебно и ову област, па за сваки начин искоришћавања земљишта постоји процедура израчунавања његовог утицаја.

Развој науке о ерозији је отишао далеко јер је то област директно повезана са економијом сваке људске заједнице, јер директно утиче на губитке у пољопривреди и шумарству, а посредно на укупну економију сваке земље.

О важности бриге о ерозији сведочи и чињеница да најмоћније земље света своју моћ базирају на производном потенцијалу житарица, јер су констатовале да су велике економске кризе између два светска рата проузроковане драстичним падом приноса житарица у тада, а и сада, највећем произвођачу житарица САД, на ниво испод 900 kg/ha.

Југословенска школа борбе са ерозијом је настала на темељу класичне европске школе, али је проширена искуствима америчке школе за конзервацију земљишта. Интеграција два система је била нужна јер се у нашим пределима земљиште користи за пољопривреду и на оним местима где би морала да буде шума или пашњак. Зато је у нашој земљи развијен детаљнији скуп антропогених ерозионих ризика прилагођен локалним условима.

Индустријски развој је донео нови вид ерозионог ризика. То је ризик ерозије од рудокопа, код којих значајно место заузимају површински копови и јаловишта. Појава индустријских депонија је донела нови скуп ризика од ерозије.

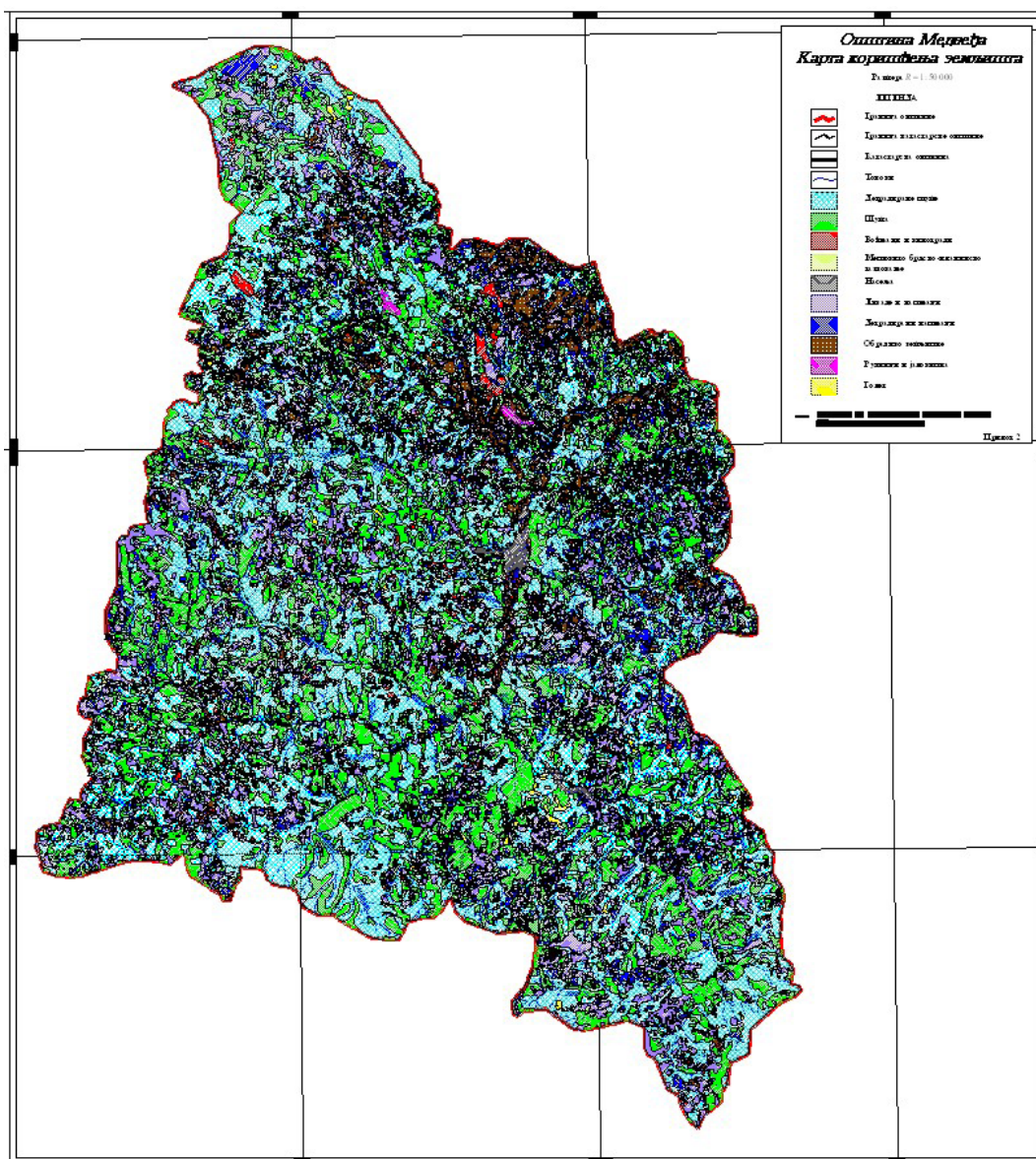
Наиме, индустријске депоније обухватају широк спектар од депонија смећа до депонија токсичних материја. За разлику од класичне ерозије земљишта, ерозија депонија носи нове ризике, јер са еродираним материјалом са депоније у водотоке се доноси и загађење које може бити биолошко, хемијско, а према томе и заразно и токсично, а у најновије време и радиоактивно.

## Начин коришћења земљишта на подручју општине Медвеђа

На подручју општине Медвеђа начин коришћења земљишта је врло разноврстан. Поред ораница и остале културе имају логичан распоред, који је пре свега диригован природним станишним условима. Од травних култура, већи део се користи као пашњачка површина, јер при условима запуштеног и немелиорисаног земљишта на

овим површинама, флористички састав припада слабијој – пашњачкој форми, стихијски формиране травне површине.

Констатовано је да обичне и деградиране шуме, затим ливаде и пашњаци заузимају највећи део површине предметног подручја, међутим, при теренском картирању битних параметара за израду овог Плана, установљено је да многе оранице заузимају површине које се не могу сматрати одговарајућим, пре свега са становишта ерозије, а потом и са становишта економичности гајења ратарских култура. Карта коришћења земљишта дата је на слици 2.



Слика 2 Карта коришћења земљишта за територију општине Медвеђа

Figure 2 Map of land use in the municipality of Medvedja

Сви видови коришћења земљишта дати су у табели 1.

<b>ОПШТИНА МЕДВЕЂА</b>	<b>Деградиране шуме</b>	km <sup>2</sup>	240.74
		%	46.50
	<b>Шуме</b>	km <sup>2</sup>	131.52
		%	25.40
	<b>Ливаде и пашњаци</b>	km <sup>2</sup>	76.16
		%	14.71
	<b>Деградирани пашњаци</b>	km <sup>2</sup>	27.34
		%	5.28
	<b>Обрадиво земљиште</b>	km <sup>2</sup>	15.79
		%	3.05
	<b>Воћњаци и виногради</b>	km <sup>2</sup>	8.64
		%	1.67
<b>Насеља</b>	km <sup>2</sup>	6.60	
	%	1.27	
<b>Мешовито брдско-планинско газдовање</b>	km <sup>2</sup>	6.60	
	%	1.27	
<b>Голет</b>	km <sup>2</sup>	3.97	
	%	0.77	
<b>Рудници и јаловишта</b>	km <sup>2</sup>	0.40	
	%	0.08	
<b>Укупна површина</b>	km <sup>2</sup>	517.73	
	%	100.00	

**Tabela 1** Начин коришћења земљишта за подручје општине Медвеђа

*Table 1* Land use for the area of Medvedja

Ови подаци показују да начин коришћења земљишта омогућава развој процеса водне ерозије на свим нагнутим падинама које су под обрадивим земљиштем. Поред тога ни све површине под шумом нису у пуној мери заштићене од ерозије. Наиме, велики део шума представљају ниске шуме са различитим степеном деградације услед претераног искоришћавања, често са непотпуним склопом ( испод 0,4). То је случај са храстовим шумама на јужним експозицијама које су доста проређене те се на тим површинама јављају процеси водне ерозије средњег интензитета ( површинска и јаружаста ерозија).

Имајући све то у виду убудуће на издвојеним ерозионим подручјима треба прилагодити начин искоришћавања земљишта условима на терену и гајити оне културе које ће, поред биљне производње, обезбедити заштиту земљишта од ерозије.

## Ерозиони процеси на подручју општине Медвеђа

Картирање ерозионих процеса на подручју општине Медвеђа извршено је током лета 2013. године. На основу реконгносцирања терена и касније извршених прорачуна урађена је карта ерозије из које се може закључити да је већина површина под пољопривредним културама захваћено ерозионим процесима различитих видова и категорије разорности.

Клизање земљишта представља најтежи вид ерозије. Најчешће се појављује на теренима неогених седимената. Површинска ерозија средњег интензитета јавља се практично на свим ораницама и виноградима на падинама стрмијим од 5%, али због свакогодишње обраде она се не може лако учити.

### Картирање ерозионих процеса

У циљу утврђивања стварног стања развијености ерозионих процеса и њихове категорије разорности, у сврху израде карте ерозије, извршено је картирање стварног стања ерозионих процеса и начина коришћења земљишта, непосредно на терену.

Сређивањем података теренског картирања, и применом даљинске детекције, дошло се до значајних података о распрострањености ерозионих процеса, односно угрожености предметног подручја ерозијом.



Слика 3 Деталј теренског картирања ерозионих процеса

Figure 3 Detail of erosion process field mapping

Познати узрочници ерозионих процеса подељени су у логичне групе које чине збир фактора настанка и развоја ерозионих процеса.

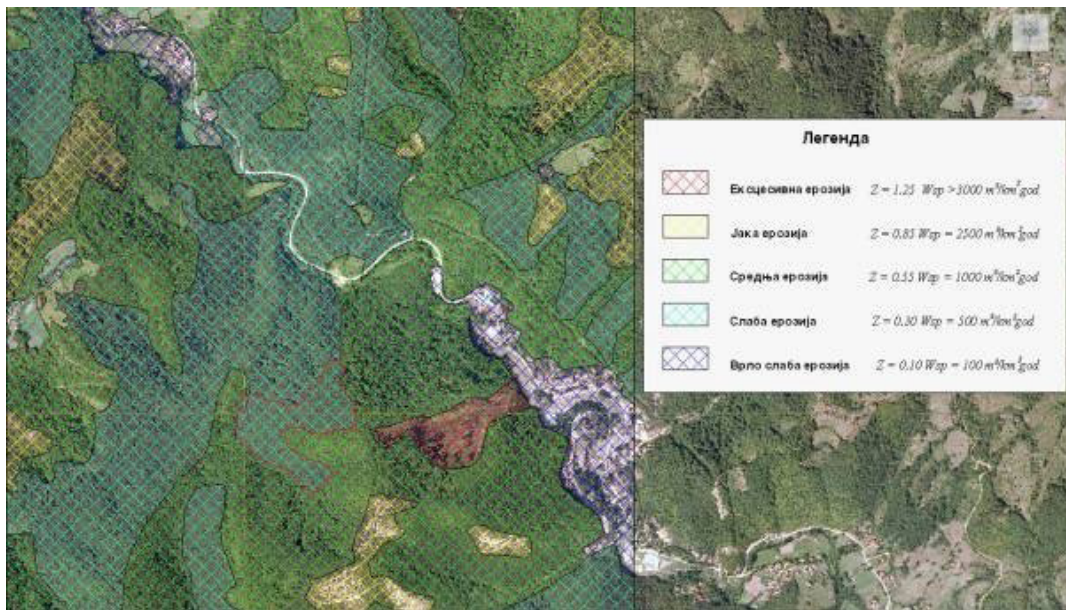
Фактори ерозионе предиспозиције подручја за настанак и развој ерозионих процеса или природни услови, међу којима су од посебног значаја рељеф, климатске карактеристике, геолошко-петрографски састав, тип, врста и квалитет земљишта.

Фактор начина коришћења земљишта је посредни чинилац, односно утицај човека на еродибилност подручја, за који се без резерве може тврдити да је одлучујући за настанак и развој ерозионих процеса.

Хидролошки фактор је такође значајан чинилац еродибилности подручја, а манифестује се кроз суму падавина, распоред и интензитет.

Фактор еолске ерозије је на овом подручју изузетно значајан и мора се посматрати у спрези са водном ерозијом, а резултат се може сагледати кроз укупно стање ерозије.

Приликом теренског дела истраживања за потребе картирања ерозије и проглашење ерозионих подручја уочени су многи проблеми, који су јасан пример постојећег стања ерозије. На слици 4 приказан је детаљ картирања ерозије за територију Медвеђе.



Слика 4 Детаљ картирања ерозије путем даљинске детекције на територији Општине

Figure 4 Detail of remote sensing map for territory of municipality

Добрим газдовањем и контурном обрадом њива уз остале агромелиоративне и техничке антиерозионе мере може се постићи повољан ефекат противерозионе заштите који може да се мери и са заштитном улогом шума на стрмијим теренима и јаругама.

Евидентно је да се у општини Медвеђа у прошлости пуно урадило на спровођењу противерозионих мера, што се види на примеру контурне обраде земље, у највећем делу општине, иначе би сада стање било катастрофално, док су антиерозиони радови, којима се у

прошлости поклањала велика пажња, запостављени. Међутим уз противерозионе мере, које треба и даље спроводити, морају се издвојити и средства за бројне противерозионе радове од којих су многи хитни и интервентни.

## Израда карте ерозије

Површине земљишта захваћене видљивим ерозионим процесима није тешко окуларно идентификовати, јер су сваком лаику јасно видљиве. Међутим, када је у питању идентификација градације интензитета ерозије, као и потенцијалних ерозионих процеса, једино је исправан аналитички приступ. За картирање глобалне ерозије, са првенственом наменом за бројне водопривредне прорачуне, користи се метода “Потенцијала ерозије”.

Основна величина којом се, том методом класификује интензитет и категорија ерозије, је коефицијент ерозије ( $Z$ ). Како је ерозија феномен који се јавља на целокупној површини најрационалнији је приказ површинске заступљености ерозије путем картографског приказа, односно путем “карте ерозије”.

Метода је прилагођена савременој компјутерској обради карата ГИС алатима, али и за рад са аналогним (папирним) подлогама и свим могућим комбинацијама.

Преклапањем ових карата (layers) израђује се посебна композитна карта на којој се формирају површине са идентичним вредностима коефицијената. За сваку од тих површина утврђује се средњи нагиб терена и сви ти подаци представљају улазне вредности за израчунавање коефицијента ерозије ( $Z$ ) према следећем обрасцу:

$$Z = X \times a \times Y \times (\varphi + \sqrt{I}) \quad (1)$$

где је:

$X$  - коефицијент начина коришћења земљишта

$a$  - коефицијент антиерозионог уређења површине

$Y$  - коефицијент отпора земљишта на ерозију

$\varphi$  - коефицијент уоченог процеса ерозије

$I$  - средњи пад површине за коју се израчунава коефицијент ерозије

Израчунате вредности сваке издвојене површине су основа за класификацију ерозионих процеса. Вредности коефицијента ( $Z$ ) су разврстане у пет категорија, као оптималан број за графички приказ стања и површинске заступљености ерозије. За практичну примену и прорачуне свака категорија је добила своје квалитативно име и одговарајућу средњу вредност коефицијента ерозије ( $Z$ ). Тако израђена “карта ерозије” је основа за даљу примену у другим областима. Разврставање у категорије се врши према следећем квалитативном опису ерозионих категорија и то:

- |                               |                             |  |
|-------------------------------|-----------------------------|--|
| <b>I категорија ерозије</b>   | <b>- Екссесивна ерозија</b> | - процеси дубинске ерозије (јаруге бразде одрони и слично) |
| <b>II категорија ерозије</b>  | <b>- Јака ерозија</b>       | - блажи облик од екссесивне ерозије                        |
| <b>III категорија ерозије</b> | <b>- Средња ерозија</b>     |  |
| <b>IV категорија ерозије</b>  | <b>- Слаба ерозија</b>      |  |
| <b>V категорија ерозије</b>   | <b>- Врло слаба ерозија</b> |  |



Распони вредности коефицијента ерозије ( $Z$ ) по категоријама ерозије, су приказани у Табели 2.

Категорија ерозије	Распон коеф.ерозије $Z$	Средња вредност $Z$	Квалитативно име категорије ерозије
I	$Z > 1.0$	$Z = 1.25$	ЕКСЦЕСИВНА
II	$0.71 < Z < 1.0$	$Z = 0.85$	ЈАКА
III	$0.41 < Z < 0.70$	$Z = 0.55$	СРЕДЊА
IV	$0.20 < Z < 0.40$	$Z = 0.30$	СЛАБА
V	$Z < 0.19$	$Z = 0.10$	ВРЛО СЛАБА

**Табела 2** Вредности коефицијената ерозије ( $Z$ ) по категоријама

**Table 2** The values of the coefficient of erosion ( $Z$ ) by Category

За конкретан пример Општине Медвеђа одређене категорије ерозије заузимају следеће површине приказане у табели 3:

Општина	КАТЕГОРИЈА ЕРОЗИЈЕ										Укупна површина
	I		II		III		IV		V		
	км2	%	км2	%	км2	%	км2	%	км2	%	км2
Медвеђа	0.08	0.01	13.51	2.58	284.52	54.26	214.68	40.94	11.62	2.22	524.40

**Табела 3** Површинска заступљеност категорија ерозије на територији Медвеђе

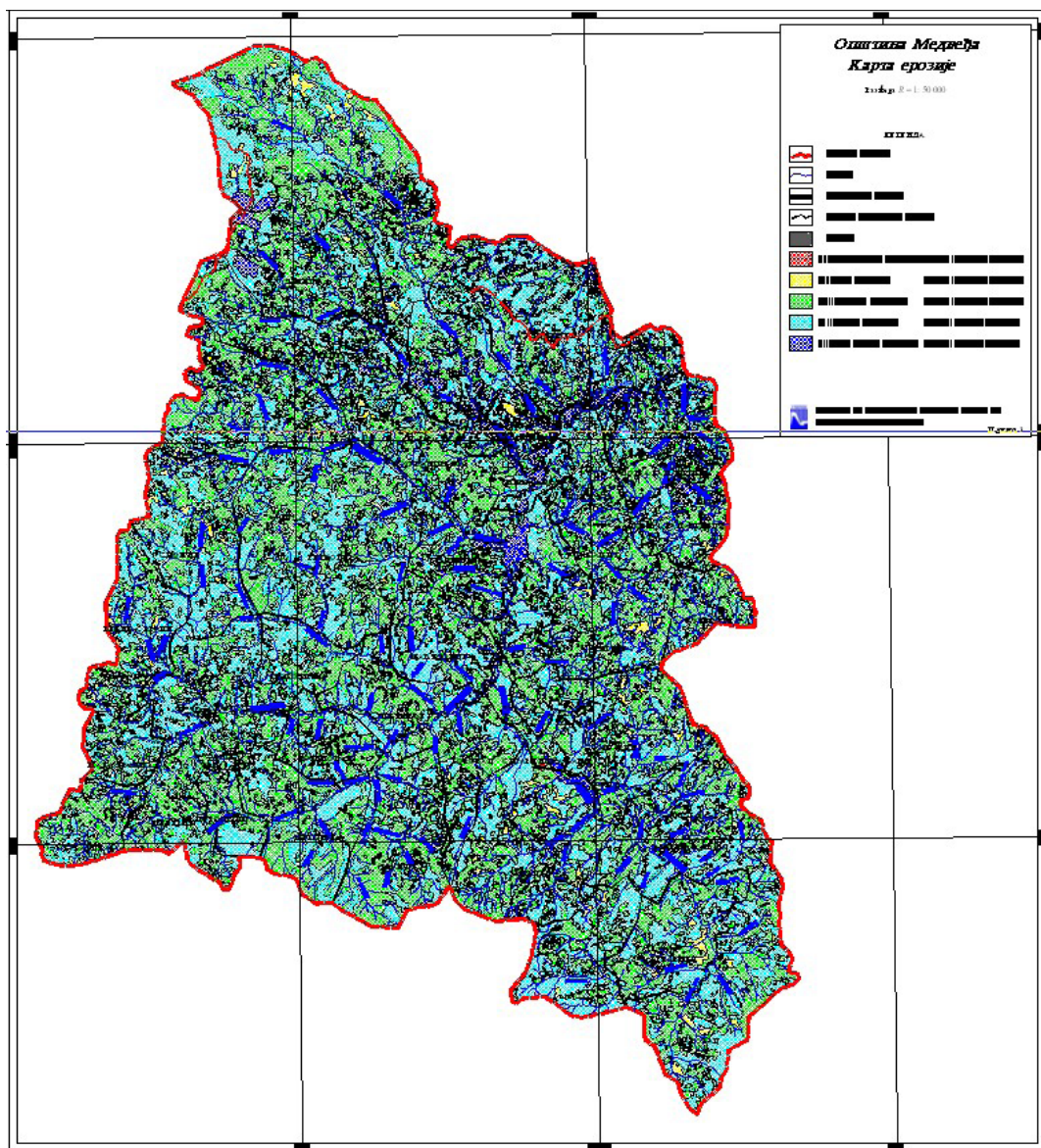
**Table 3** Surface representation of categories of erosion in the territory Medvedja

Из табеле 3. се види да су на подручју општине Медвеђа забележени процеси ексцесивне и јаке ерозије. Преовлађују процеси средње ерозије (54,26% од површине општине) и слабе ерозије и врло слабе ерозије. Средњи коефицијент ерозије за целу територију општине је  $Z = 0,445$  што значи да територија ове општине припада III категорији разорности.

Ови подаци указују да је ерозија распрострањена на свим обрадивим површинама, што пре свега за последицу има поред губитака земљишта и вода и губитак хранљивих елемената из земљишта, као и од коришћених ђубрива. На тај начин се поскупљује пољопривредна производња, јер због ерозије на обрадивим површинама, пољопривредни произвођачи морају све више да додају ђубрива, органског и минералног, да би одржали ниво производње. Карта ерозије за територију општине Медвеђа приказана је на слици 5.

Подаци о површинској заступљености ерозије, дефинисане наведеном методом, полазна су основа за прорачун продукције и транспорта наноса са сливног подручја. Ти подаци су омогућили развој и нових начина прорачуна транспорта наноса. На основу садашњег стања ерозије и могуће појаве ерозије у будућности издвојена су ерозиона подручја.

Због свега наведеног власници земљишта морају бити заинтересовани да на својим површинама примењују све радове и мере за контролу ерозије и да прихвате све препоруке за газдовање земљиштем на издвојеним ерозионим подручјима.



Слика 5 Карта ерозије за територију општине Медвеђа

Figure 5 Erosion map for the municipality of Medvedja

## Утврђивање ерозионих подручја

Очигледно, је да је ерозија присутна на свим површинама, али ерозиона подручја се могу појавити само тамо где се променом начина коришћења земљишта може доћи допромене категорије ерозије из слабије у јачу.

Након израде основне карте ерозије подручја Општине у практичној размери 1:25.000 и пратеће карте начина искоришћавања земљишта, следи израда карте ерозионих подручја, а то су сва подручја захваћена ексцесивном, јаком и средњом ерозијом и површине са слабом и врло слабом ерозијом на којима би промена начина искоришћавања донела повећање категорије ерозије.

Како је категоризација ерозије дефинисана коефицијентом ерозије ( $Z$ ) израчунатим обрасцем (1), јасно је да промена коефицијента начина искоришћавања ( $X$ ) и коефицијента антиерозионог уређења ( $a$ ) линеарно утичу на коефицијент ерозије  $Z$ .

Примена наведене релације лако може помоћи при калкулацији које су то површине на којима се мора газдовати антоерозионо, односно које су “Ерозионе површине”. Израчунавање потенцијалног коефицијента ерозије се врши применом следећег обрасца:

$$Z_n = \frac{Z \times (X_n + a_n)}{(X \times a)}$$

где су:

$Z$  - садашњи коефицијент ерозије

$X$  - коефицијент начина искоришћавања земљишта

$a$  - коефицијент антиерозионог уређења површине

$Z_n$  - будући коефицијент ерозије

$X_n$  - будући коефицијент начина искоришћавања земљишта

$a_n$  - будући коефицијент антиерозионог уређења површине

Вредности коефицијената  $X$  и  $a$  су дати у табели 4 и једноставни су за примену, док су средње вредности коефицијента ерозије по категоријама дате у табели 1. Примену оваквог рачуна може израдити сваки стручни референт у општини уз минималну обуку. У табели 4. су приказани коефицијенти уређења земљишта  $Xa$ .

Редни број	Услови који утичу на вредност коефицијента	Коефицијенти		
		X	a	Xa
A	Површине које нису третиране антиерозионим радовима			
1.00	Потпуно голо необрадиво земљиште (голети)	1.00	1.00	1.00
2.00	Оранице са орањем уз и низ брдо	0.90	1.00	0.90
3.00	Воћњаци и виногради без приземне вегетације	0.70	1.00	0.70
4.00	Деградиране шуме и шикаре са еродираним земљиштем	0.60	1.00	0.60
5.00	Планински пашњаци сувати	0.60	1.00	0.60
6.00	Ливаде и сличне вишегодишње културе	0.40	1.00	0.40

7.00	Добре шуме на нагнутим теренима	0.20	1.00	0.20
8.00	Добре шуме на равнијим теренима	0.05	1.00	0.05
<b>B</b>	<b>Површине после антиерозионих радова (биотехнички и административни)</b>			
1.00	Оранице са контурним орањем (по изохипси)	0.90	0.70	0.63
2.00	Контурне оранице са мулчирањем	0.90	0.60	0.54
3.00	Контурно-појасна обрада са плодоредом (оранице)	0.90	0.50	0.45
4.00	Контурни воћњаци и виногради	0.70	0.45	0.32
5.00	Терасирање земљишта ораница терасе и градони	0.90	0.40	0.36
6.00	Затрављивање мелиорација пашњака	0.60	0.50	0.30
7.00	Израда контурних ровова средње густине	0.60	0.40	0.24
8.00	Обично пошумљавање у јаме или на пруге	1.00	0.20	0.20
9.00	Пошумљавање уз израду градона	1.00	0.10	0.10
<b>V</b>	<b>Слив после техничких радова на уређењу бујица</b>			
1.00	Ретардациони водопутеви и микроакмулације	0.90	0.30	0.27
2.00	Уређивање корита водотока (преграде кинете и друго)	1.00	0.70	0.70

**Tabela 4** Коefицијент уређења земљишта Ха

**Table 4** Land Use and Conservation coefficient values Ха

Коefицијент уређења земљишта (Ха) је сличан америчкој методи Browning-a, међутим вредности су прилагођене конкретној методи. Овај коefицијент се израчунава на основу утврђивања начина искоришћавања земљишта (X) и коefицијента уређења (а). Множењем вредности ова два коefицијента израчунава се вредност коefицијента уређења земљишта (Ха).

Коefицијент уређења (а) у случају неуређених земљишта има вредност(а=1.0), а за антиерозионо уређена земљишта има различите вредности.

Раздвајање овог коefицијента на две компоненете служи за процену величине утицаја антиерозионих радова на смањење интензитета ерозије, продукције и проноса ерозионих наноса.

Вредности коefицијента су одређене за разне начине искоришћавања и уређења земљишта. У делу (А) табеле наведене су вредности за неуређена земљишта, док су у делу (В) дате вредности коefицијената за уређена земљишта. У делу (V) наведене су вредности коefицијента уређења које се односе на техничке радове у кориту и сливу.

Приликом одређивања ових коefицијената потребно је одредити и израчунати праве вредности коefицијената (пондерисањем), али за основну примену довољне су и вредности коefицијента наведене у табели бр. 4. Издвајају се на одговарајућој карти површине са истим начином искоришћавања и уређења земљишта.

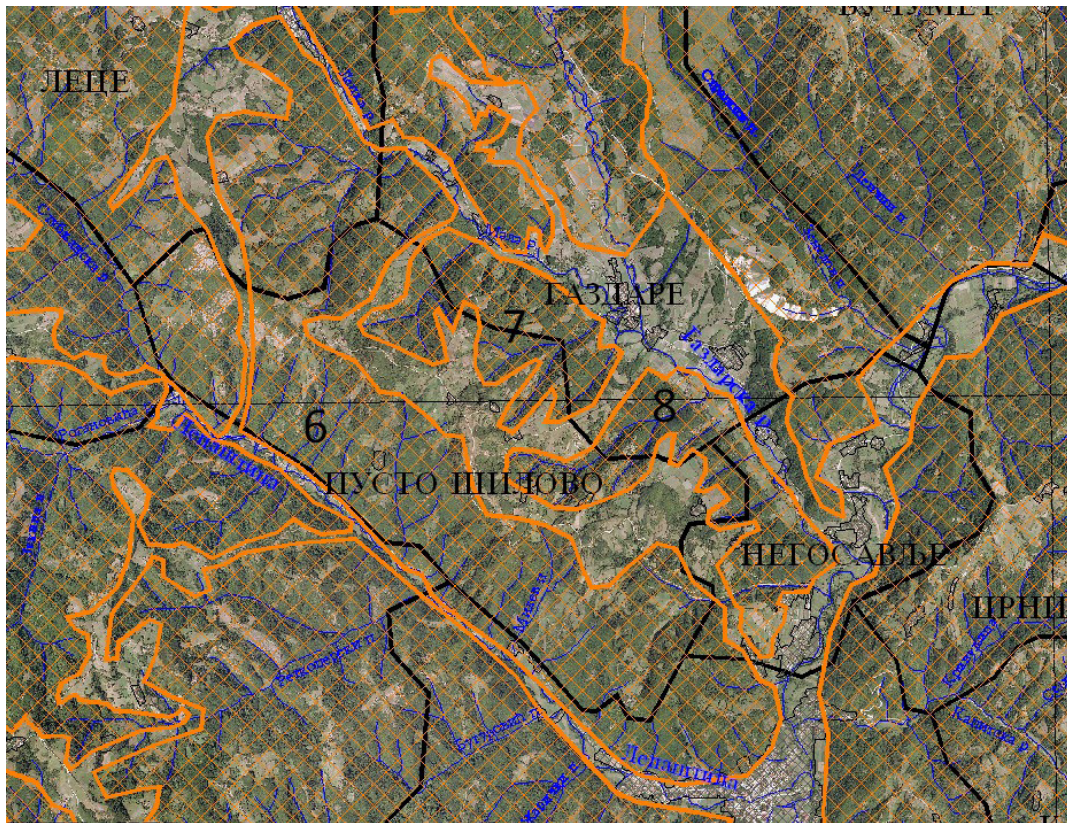
Како је искоришћавање земљишта динамична категорија, Пожељно је коришћење аерофото снимака (или сателитских), јер су катастарски подаци о начину искоришћавања земљишта углавном стари више деценија. Свакако је потребна и редовна теренска контрола на оном подручју које буде издвојено као ерозиона површина.

Вредност коефицијента (из групе V) користи се, за разлику од коефицијената из група А и В, само за израчунавање вредности коефицијента ерозије целог слива.

Коефицијенти из групе (V) одређују се за цела сливна подручја, а наведене вредности се односе на подручја која су потпуно третирана оваквим објектима. У конкретном случају се врши корекција овог коефицијента према проценту уређености слива овим врстама објеката.

Ова процедура се користи и при изради плана ерозионих подручја, али и при изради плана антиерозионог уређења и током праћења његове реализације.

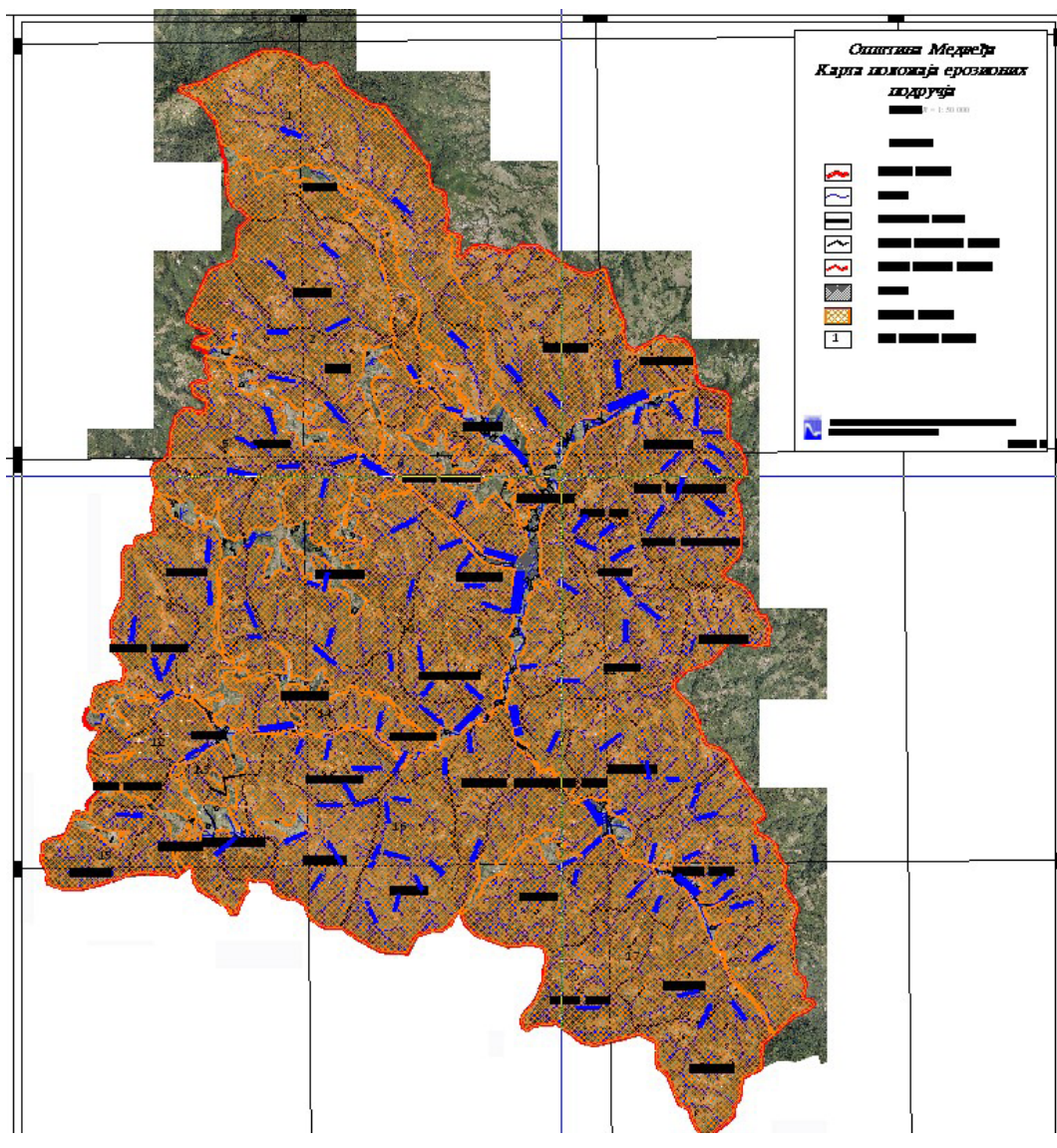
Разумљиво је да ће прва иницијална карта ерозије и ерозионих подручја Општине открити угрожене површине, за које треба у следећем кораку повећати детаљност карте ерозије и карте ерозионих подручја, све до нивоа појединих парцела. Детаљност која се спушта до нивоа поједине парцеле. На слици 6. је приказан детаљ ерозионих подручја



Слика 6 Детаљ ерозионих подручја на територији општине Медвеђа

Figure 6 Detail of erosion areas in the municipality of Medvedja

На слици 7. је приказана карта ерозионих подручја на територији општине Медвеђа



Слика 7 Карта ерозионих подручја на територији општине Медвеђа

Figure 7 Map of erosion areas in the municipality of Medvedja

#### Л и т е р а т у р а :

- [1] Гавриловић С. (1972): Инжењеринг о бујичним токовима и ерозији. Часопис “Изградња” Специјално издање, Београд
- [2] Гавриловић С. (1962): Прорачун средњегодишње количине наноса према потенцијалу ерозије. Гласник Шумарског факултета бр.26. Београд
- [3] Гавриловић З. (1998): Методологија за израду планова за проглашење ерозионих подручја - Институт “Јарослав Черни”, Београд
- [4] Костадинов, С. (1996): Бујични токови и ерозија; Шумарски факултет, Београд

Ратко Кадовић<sup>1</sup>, Предраг Миљковић<sup>1</sup>, Вељко Перовић<sup>2</sup>, Никола Живановић<sup>1</sup>,  
Yousef Mansour Ali Voňajar<sup>3</sup>, Снежана Белановић Симић<sup>1</sup>

## Анализа еродибилне фракције песковитих земљишта Делиблатске пешчаре

### An Analysis of Erodible Fraction of Sandy Soils in Deliblato Sands

<sup>1</sup> Универзитет у Београду Шумарски факултет

<sup>2</sup> Институт за земљиште, Београд

<sup>3</sup> Универзитет у Београду Шумарски факултет, студент PhD

#### Извод

Еолска ерозија је широко распрострањени процес деградације земљишта, нарочито у аридним и семиаридним подручјима. Бројни аутори наводе значај еродибилне фракције као горње границе величине честица коју ветар може да покрене. На основу мултипле регресионе анализе, у односу на текстурне класе земљишта Делиблатске пешчаре, највећи утицај на еродибилну фракцију имају учешће песка, праха и хумуса, и то у 99,14% случајева за иловаста песак и песковиту иловачу, и у 98,77% случајева за песак са знатним утицајем калцијум-карбоната. Према анализама за подручје Европе, категорији високо еродибилних, спадају земљишта са  $EF > 50\%$ . Према овом критеријуму, земљишта на подручју Делиблатске пешчаре, тј. све издвојене текстурне класе припадају различитим категоријама еродибилности: високо еродибилна земљишта са 56,17% (текстурна класа – песак), средње еродибилна са 41,27% (текстурна класа – иловаст песак) и слабо еродибилна са 36,62% (текстурна класа – песковита иловача).

**Кључне речи:** Делиблатска пешчара, песковита земљишта, еолска ерозија, еродибилност земљишта, еродибилна фракција

#### Abstract

Wind erosion is widespread process of soli degradation, especially in arid and semi-arid areas. Numerous authors emphasize the importance of erodible fraction as the upper limit of particle size that wind may set in motion. Based on multiple regression analysis, sand, silt and organic matter content have the greatest impact on erodible fraction in the area of Deliblato sands, in 99,14% of cases for loamy sand and sandy loam soils, and in 98,77% of cases for sandy soils, with significant impact of calcium carbonate. According to analysis for Europe, soils with value of  $EF > 50\%$  falls into the category of highly erodible land. According to the same criteria, in Deliblato sands soils, all the textural classes belong to different categories of erodibility: highly erodible lands with 56,17% (sandy soils), moderate erodible lands with 41,27% (loamy sand soils) and low erodible lands with 36,62% (sandy loam soils).

**Keywords:** Deliblato sands, sandy soils, wind erosion, soil erodibility, erodible fraction

## Увод

Еолска ерозија је широко распрострањени процес деградације земљишта који се, нарочито јавља у аридним и семиаридним подручјима (FAO, 1960). Представља откидање и транспорт земљишних честица услед дејства ветра. Иако се еолска ерозија сматра природним процесом формирања земљишта, негативан утицај ветра се појачава антропогеним активностима, као што су претварање обрадивих површина у стање угара на дужи период, прекомерена испаша и, у мањој мери, прекомерена сеча вегетације (Borrelli et al., 2014). Сем тога, што под утицајем овог процеса, долази до премештања значајних количина земљишног материјала, ограничава се интензитет коришћења појединих типова земљишта, што даље доводи до деградације и одрживости појединих функција екосистема. Ветар утиче на губитке земљишта и изазива деградацију и на површинама удаљеним хиљадама километара, а емитовањем различитих честица, загађује и нарушава стање у атмосфери (Frygear et al., 1991).

Прва истраживања процеса еолске ерозије, према Frygear et al., (1991), започели су Vagnold (1943), Cheril i Milne (1939), а њихови резултати представљају важну везу и основу у дефинисању отпорности земљишта према овом ерозионом агенсу.

На основу резултата бројних проучавања, применом широког спектра метода за различите типове земљишта, услове климе и системе управљања, утврђено је да на учесталост и интензитет процеса ерозије ветром, могу снажно утицати поједина својства земљишта (David et al., 2003). Значај отпорности земљишта према ерозионим агенсима, генерално, препознат је у проучавањима ерозионих процеса. Концепт “еродибилности”, када су у питању проучавања водне ерозије, увео је Middleton (1930), а касније, у систем проучавања процеса еолске ерозије, увео је Cheril (1942). Изложен је као концепт “еродибилности земљишта ветром” (wind erodibility), да изрази осетљивост земљишта према ерозији ветром. Еродибилност земљишта дефинишу својства земљишта, тако да су резултати истраживања еродибилности и данас значајни за разумевање механизма еолске ерозије (Song et al., 2005).

Примарни фактори који утичу на отпорност земљишта на еолску ерозију су величина и стабилност структурних агрегата. У односу на еродибилност, Cheril је, углавном проучавао однос ерозије ветром и водоотпорних агрегата и суве грудвасте структуре (1942), сувих структурних агрегата (1950), густине и механичке стабилности структуре (1951), на основу чега је дефинисао индикаторе еродибилности земљишта. У периоду 1952. до 1955. године, Cheril је извео серију експеримената с циљем анализе фактора који утичу еродибилност. Ови фактори укључују суве структурне агрегате (1952), садржај  $\text{CaCO}_3$  и разложену органску материју (1954), однос песка, праха и глине (1955). Експерименти су показали да висок утицај на еродибилност има текстура земљишта. Величина и стабилност земљишних агрегата су примарни фактори који одређују осетљивост земљишта према ерозији ветром. Агрегати <0,84 mm дијаметра су еродибилни у односу на ерозију ветром (Cheril, 1953), а учешће ових агрегата у површинском слоју од 25,4mm дефинише еродибилну фракцију (EF). У каснијим проучавањима, Skidmore (1982), је повезао састав честица са еродибилношћу и поделио их на два типа: нееродибилне честице величине >0,84 mm и еродибилне честице дијаметра <0,84 mm, међу којима су најеродибилније честице дијаметра 0,05 – 0,25mm.

Као резултат наведених проучавања, широко је прихваћен закључак да учешће земљишних агрегата у површинском слоју земљишта (0–25 mm), представља еродибилну фракцију (EF), које се користи за прорачуне губитака и избор мера за заштиту од еолске ерозије (Borrelli et al., 2014). Frygear et al., (1994) су развили мултиплу регресиону једначину за прорачун еродибилне фракције земљишта, базирану на текстурном саставу, садржају органске материје и  $\text{CaCO}_3$ .



Утицај удара кишних капи на површину земљишта, води ка редистрибуцији честица земљишта и формирања покорице на површини. Зависно од својстава земљишта, покорица може да смањи или повећа потенцијал ерозије ветром (Zobeck, 1991). Frygear et al. (2000) су развили регресиону једначину за прорачун SCF (Soil Crust Factor), базирану на садржају фракције глине и органске материје. Овај фактор је развијен с циљем да се процени утицај појаве покорице на осетљивост земљишта на развој ерозије ветром.

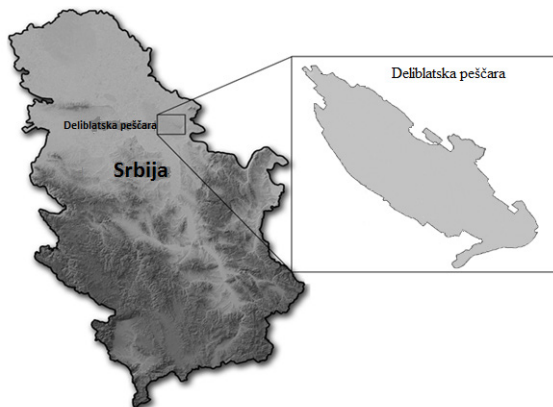
У моделу RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) који су развили Frygear et al. (1998), и који представља комбинацију емпиријског и процесног модела, фактори учешћа еродибилне фракције (EF) и фактор покорице (SCF), се користе за анализу еродибилности земљишта, док се, поред њих, од земљишних својстава, за прорачун губитака користе влажност и рапавост земљишта. Однос EF и својстава земљишта може да послужи за даље разумевање процеса еолске ерозије, како би се прецизније дефинисала еродибилност земљишта, а одређивање граничне вредности EF би послужило за мониторинг квалитета земљишта у проучаваном подручју (Lopez et al., 2007).

Имајући у виду наведено, основни циљ овог рада је да се прикаже учешће еродибилне фракције (EF) и фактора покорице (SCF) у моделу RWEQ, за песковита земљишта Делиблатске пешчаре. За издвојене текстурне класе, на основу анализа физичко-хемијских својстава земљишта, добијене су једначине регресије базиране на добијеним резултатима својстава земљишта.

## Материјал и методе рада

### Подручје проучавања

Делиблатска пешчара (слика 1) је највећа европска континентална пешчара, и налази се у југоисточном делу Панонске низије, у јужном Банату. Пешчара се простире у правцу југоисток-северозапад на око 350 km<sup>2</sup>, елипсастог је облика са заталасаним, изразито динским рељефом. Настала је од силикатно-карбонатног песка, плавина банатских река и наноса Дунава, а умерено континентална клима, одсуство површинских токова, као и геолошка подлога, условили су појаву посебних животних заједница, али и појаву ерозионих процеса.



Слика 1 Подручје проучавања  
*Figure 1 Study area*

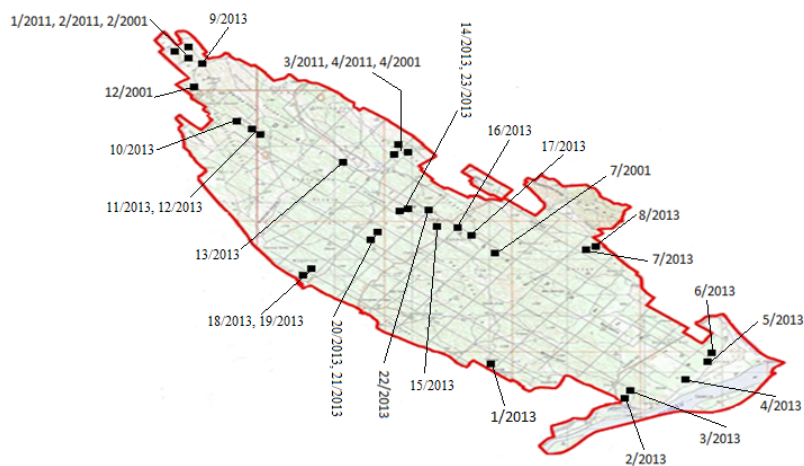
Делиблатска пешчара је углавном под утицајем семиаридне климе. На подручју Делиблатске пешчаре у великој мери преовлађују песковита земљишта. У неким деловима се пешчара ослања на чернозем, на којима су ту карактеристични песковити черноземи. Antić et al., (1969) су дали генетску класификацију земљишта Делиблатске пешчаре, где је иницијална фаза сирозем, крајња фаза парарендзина, са бројним прелазима између иницијалне и почетне фазе. Према WRB (Кнежевић et al., 2011), земљишта Делиблатске пешчаре су подељена у четири групе: I група – Protic Arenosol (Calcaric), II група – Arenosol (Haplic, Calcaric), III група – Černozem (Arenic), IV група – Gleysol (Calcaric, Arenic).

## Методe проучавања земљишта

Проучавања земљишта су обухватила две групе: теренска проучавања и лабораторијске анализе. Резултати ових проучавања су омогућили да се изврши анализа еродбилности земљишта.

## Теренска проучавања земљишта

За потребе истраживања, у оквиру теренских проучавања земљишта, у току 2011. и 2013. године, отворено је укупно 27 педолошких профила. На основу резултата Кошанин (2001), у ова истраживања су укључена четири (4) педолошка профила. За 31 профил земљишта, 10 педолошких профила се налази на пашњацима, 16 педолошких профила се налази у шумама (природним шумама и шумским културама) и 5 педолошких профила се налази у подручју влажних ливада. На слици 2, приказан је распоред отворених педолошких профила. У оквиру теренског дела проучавања, извршен је морфолошки опис земљишта, са свим поступцима предвиђеним према методама JDPZ (1966, 1997).



Слика 2 Распоред педолошких профила на подручју Делиблатске пешчаре  
*Figure 2 Spatial distribution of soil profiles in the Deliblat Sands*

Из отворених педолошких профила, узорци земљишта су узети из фиксних дубина, у складу са методама мониторинга земљишта ICPF (2010). За потребе анализа еродбилности земљишта према RWEQ, земљиште је узорковано из слоја 0-25 mm. Непоремећени узорци су

узорковани из слоја 0-10 цм, цилиндрима по Копецком.

### Лабораторијска проучавања земљишта

Лабораторијска испитивања земљишта су извођена коришћењем JDPZ метода (1966, 1997), за сваки издвојени слој земљишта, у складу са класификацијом WRB (Knežević et al., 2011).

Гранулометријски састав земљишта је одређен пипет Б методом. Мерења рН вредности су вршена у H<sub>2</sub>O и СаCl<sub>2</sub>, коришћењем 1:3 односа земљиште:раствор. Садржај хумуса је одређен по методи Тјурина у модификацији Симакова. Калцијум-карбонат је измерен волуметријски, помоћу Scheibler-ovog калциметра.

### Анализе еродибилности земљишта

За анализу еродибилности земљишта и његове осетљивости према ерозији ветром, примењене су једначине за прорачун учешћа еродибилне фракције (EF) и фактора покорнице земљишта (SCF), према RWEQ (Revised Wind Erosion Equation) (Fryrear et al., 2001).

Учешће еродибилне фракције земљишта EF (%DA < 0,84 mm) се рачуна из израза, а односи се на учешће еродибилних агрегата у површинском слоју земљишта мањих од 0,84 mm, у функцији текстурне класе земљишта:

$$EF = \frac{29.09 + 0.31SA + 0.17Si + 0.33 \frac{SA}{CL} - 2.59OM - 0.95CaCO_3}{100} \quad (1)$$

где је:

SA – садржај песка (%)

Si – садржај праха (%)

CL – садржај глине (%)

OM – садржај органске материје (%)

CaCO<sub>3</sub> – садржај калцијум-карбоната (%)

Фактор покорнице земљишта се рачуна из израза:

$$SCF = \frac{I}{1 + 0.0066(CL)^2 + 0.021(OM)^2} \quad (2)$$

### Статистичка и геостатистичке анализе

За одређивање статистичких значајности међу варијабилама коришћена је анализа варијансе и мултирегресиона анализа помоћу STATGRAPHIC Centurion програма.

Геостатистичке методе тј. просторне интерполације су често заступљене у GIS апликацијама. Интерполацијом се добију вредности на основу познатих атрибута за поједине карактеристичне тачке. У изради тематских слојева коришћен је Ordinary Kriging. Ова метода представља најпознатији геостатистички поступак или алгоритам. Претходи јој одређивање вариограмске анализе тј. просторне зависности.

## Резултати

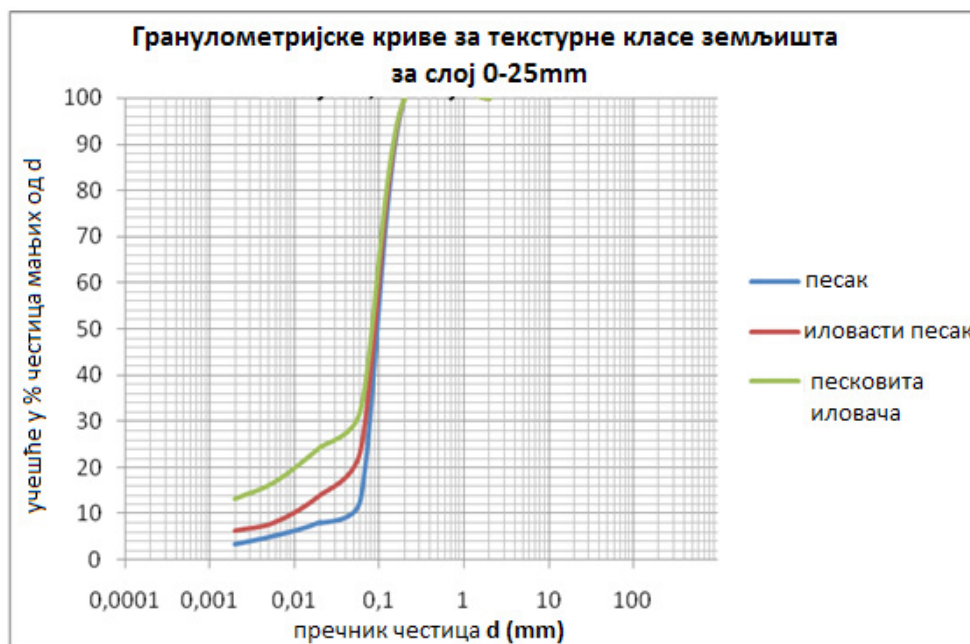
### Прорачун еродибилне фракције и фактора покорице земљишта

На основу података о анализама механичког састава земљишта за слој 0-25 mm, сви проучавани профили земљишта су подељени у класе према текстури земљишта. Издвојене су три текстурне класе земљишта, према текстурном троуглу (по Attebergu): песак, иловаст песак и песковита иловача. У табели 1, приказани су основни статистички параметри текстуре земљишта за издвојене текстурне класе.

Статистички параметри	Песак			Иловаст песак			Песковита иловача		
	Песак	Прах	Глина	Песак	Прах	Глина	Песак	Прах	Глина
N	11	11	11	11	11	11	9	9	9
$\bar{X}$	91.88	4.66	3.46	85.78	7.92	6.3	75.45	11.31	13.24
Max	94.7	6.9	6.2	88.3	11.9	8.7	82.8	21.6	21.1
Min	89.4	3.2	2.1	81.9	5.9	4.6	62.0	6.9	8.0
SD	1.68	1.05	1.11	1.89	1.76	1.08	6.73	4.58	4.8
CV	1.83	22.59	32.12	2.21	22.17	17.07	8.93	40.47	36.27

Табела 1 Основни статистички параметри текстурних класа земљишта

Table 1 Basic statistical parameters of the soil textural classes



Слика 3 Гранулометријска крива за текстурне класе земљишта за слој 0 – 25 mm

Figure 3 Grain-size distribution curve of soil textural classes in the layer 0 – 25 mm

Према подацима о средњим вредностима учешћа појединих фракција, за издвојене текстурне класе земљишта урађене су гранулометријске криве, које су приказане на слици 3, а на основу којих су одређене вредности еродибилне фракције (< 0,84 mm).

У табели 2, приказани су основни статистички параметри садржаја хумуса и CaCO<sub>3</sub> за издвојене текстурне класе земљишта.

Статистички параметри	Садржај хумуса %			Садржај CaCO <sub>3</sub> %		
	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача
N	11	11	9	11	11	9
$\bar{X}$	2.55	5.76	5.64	5.81	2.66	2.85
Max	6.71	8.15	7.36	9.76	5.43	3.62
Min	0.59	3.64	3.89	1.19	0	2.11
SD	1.639	1.382	0.97	2.28	1.58	0.45
CV	64.26	23.99	17.23	39.31	59.51	15.89

**Табела 2** Основни статистички параметри садржаја хумуса и CaCO<sub>3</sub> за издвојене текстурне класе земљишта

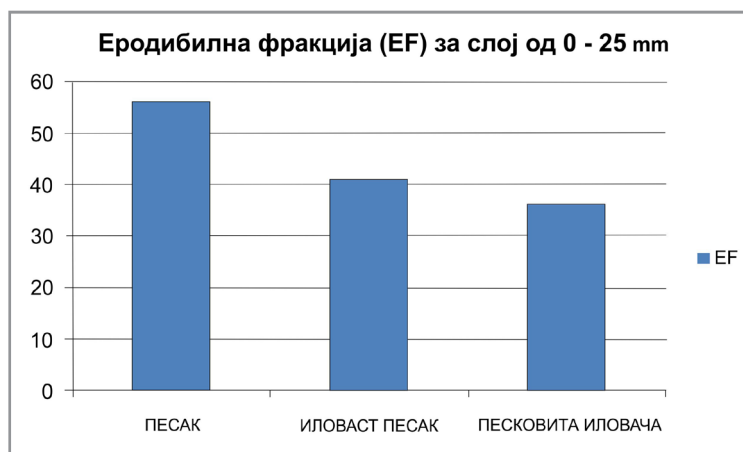
*Table 2 Basic statistical parameters of humus and CaCO<sub>3</sub> content by soil textural classes*

На основу прорачуна према једначини 1, израчунате су вредности еродибилне фракције (EF). У табели 3, приказани су основни статистички параметри EF за издвојене текстурне класе, а средње вредности су приказане су на слици 4. Просторни распоред вредности еродибилне фракције приказан на слици 5.

Статистички параметри	Еродибилна фракција, EF			Фактор покорнице земљишта, SCF		
	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача	Песак	Иловаст песак	Песковита иловача
N	11	11	9	11	11	9
$\bar{X}$	60.98	55.72	51.38	0.81	0.55	0.37
Max	66.68	56.96	58.18	0.96	0.82	0.57
Min	57.02	53.37	46.32	0.49	0.34	0.21
SD	6.05	5.64	5.00	0.129	0.13	0.113
CV	10.77	13.67	13.65	15.94	23.58	30.52

**Табела 3** Основни статистички параметри за еродибилну фракцију и фактор покорнице земљишта

*Table 3 Basic statistical parameters of erodible fraction and the soil crust factor*



Слика 4 Вредности еродибилне фракције (EF) за поједине текстурне класе за слој земљишта 0 – 25 mm

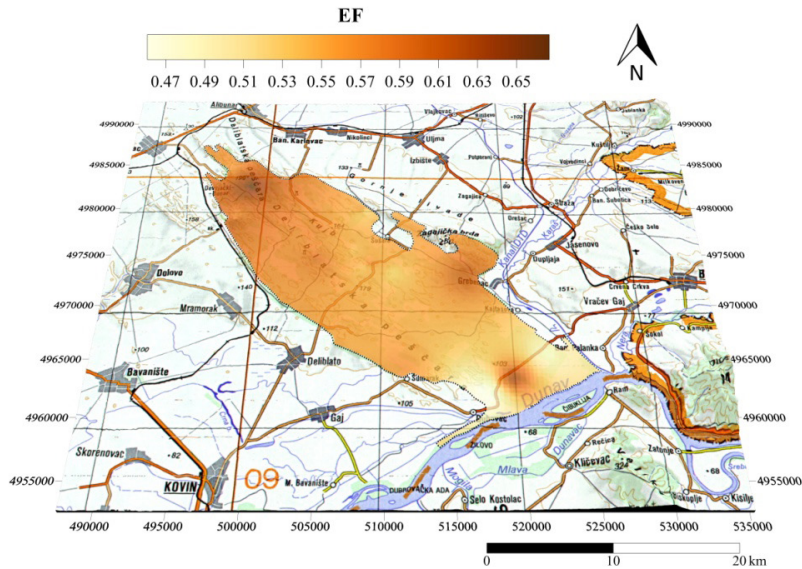
Figure 4 Erodible fraction (EF) values of textural classes in the soil layer 0 - 25 mm

Резултати анализе варијансе за еродибилну фракцију између појединих текстурних класа приказани су у табели 4. На основу LSD методе на нивоу значајности 95% утврђено је да постоји значајна разлика у еродибилној фракцији код песковитих земљишта у односу на друге две текстурне класе.

EF	95% LSD метод	SCF	95% LSD метод
F	p-вредност	F	p-вредност
Текстурна класа	Просечна вредност	Текстурна класа	Просечна вредност
Пескуша	56.17% a	Пескуша	0.807 a
Иловаст песак	41.27% b	Иловаст песак	0.519 b
Песковита иловача	36.62% b	Песковита иловача	0.371 c

Табела 4 Анализа варијансе еродибилне фракције и фактора покорнице земљишта

Table 4 Analysis of variance for erodible fraction and the soil crust factor



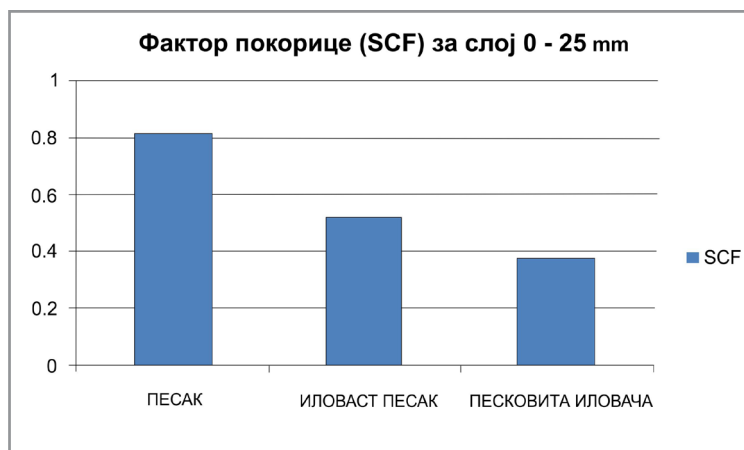
Слика 5 Просторни распоред вредности еродибилне фракције  
 Figure 5 Spatial distribution of erodible fraction values

У табели 5, су приказани резултати мултирегресионе анализе еродибилне фракције по текстурним класама, на нивоу значајности од 99%.

Текстурне класе	Једначина регресије	F	P - вредност	R2	Ст. грешка
<b>Песак</b>	$EF = -160,68 + 2,39709 * SA + 1,84248 * Si - 2,78739 * Humus - 0,893647 * CaCO_3$	120,79	0,0000	98,77	0.906
<b>Ил.песак + песк.иловача</b>	$EF = 10,2692 + 0,569198 * SA + 0,374759 * Si - 3,65027 * Humus$	614,76	0,0000	99,14	0.605

Табела 5 Резултати регресионе анализе еродибилне фракције по текстурним класама  
 Table 5 Regression analysis of erodible fraction and soil properties

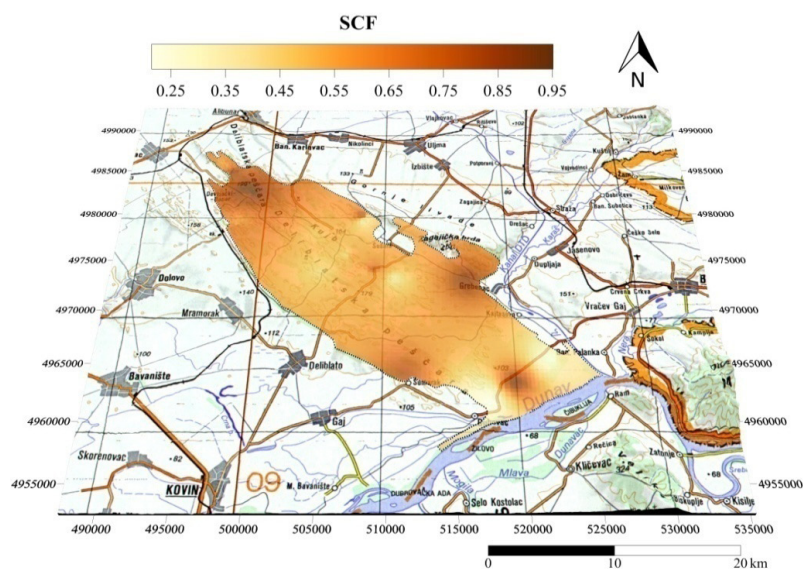
На основу прорачуна према једначини 2, добијене су вредности фактора покорнице земљишта (SCF). Основни статистички параметри су приказани у табели 3, а средње вредности по текстурним класама приказане су на слици 6. Графички приказ просторног распореда SCF приказан је на слици 7.



Слика 6 Вредности фактора покорице земљишта (SCF) за поједине текстурне класе за слој земљишта 0 – 25

Figure 6 Soil crust factor (SCF) values for textural classes in the soil layer 0-25 mm

Резултати анализе варијансе за фактор покорице између појединих текстурних класа приказана је у табели 4. На основу LSD методе на нивоу значајности 95% утврђено је да постоји значајна разлика у фактору покорице између свих текстурних класа проучаваних земљишта.



Слика 7 Приказ просторног распореда вредности фактора покорице

Figure 7 Spatial distribution of soil crust factor values



У табели 6 су приказани резултати мултирегресионе анализе фактора покорице по текстурним класама за подручје Делиблатске пешчаре, на нивоу значајности од 99%.

Текстурне класе	Једначина регресије	F	P - вредност	R2	Ст. грешка
<b>Песак</b>	$SCF = 1.09718 - 0.033417 * g_{lina} - 0.0683873 * Humus$	213.64	0.000	98.16	0.0188
<b>Иловаст Песак</b>	$SCF = 1.06736 - 0.0276117 * g_{lina} - 0.0661086 * Humus$	881.09	0.000	99.55	0.0075
<b>Песковита иловача</b>	$SCF = 0.861642 - 0.024756 * g_{lina} - 0.0248918 * Humus$	100.67	0.000	97.10	0.0321

**Табела 6** Резултати регресионе анализе фактора покорице по текстурним класама

*Table 6 Regression analysis of soil crust factor and soil properties*

## Дискусија

Еродибилност земљишта је комплексан концепт који је условљен бројним факторима. Својства земљишта утичу на осетљивост према процесу еродирања и укључују унутрашња (суштинска) и динамичка својства. Унутрашња (суштинска) својства земљишта се споро мењају током времена и односе се на текстуру, водни капацитет, садржај  $CaCO_3$ , СЕС, садржај глине, органске материје, минерале, док су динамичка својства, која се брже мењају током времена, условљена системом управљања или климатским утицајима, укључују микротопографију, појаву покорице, запреминску масу површинског слоја и дистрибуцију структурних агрегата (Song et al., 2005).

Генерално, земљишта крупније (грубље) текстуре, као песковита земљишта, су много еродибилнија него земљишта финије текстуре, односно глиновито-иловаста земљишта. Текстура земљишта и садржај калцијум-карбоната су основна својства земљишта која се, током времена, мењају врло споро, мада Zobeck i Van Pelt (2014), сматрају да је могућа бржа промена текстуре. Карбонатна земљишта садрже довољно калцијум-карбоната да са киселим супстанцама узрокују одређене хемијске реакције, које индиректно утичу на структуру земљишта. Значајна је разлика у садржају калцијум-карбоната, због тога што су земљишта са високим садржајем  $CaCO_3$  (> 5%) знатно еродибилнија (Klik, 2008).

У моделу RWEQ, осетљивост земљишта према процесу ерозије ветром, дефинисана је учешћем еродибилне фракције (EF), која садржи честице земљишта <0,84 mm. Еродибилна фракција зависи од физичко-хемијских својстава земљишта која укључују садржај песка, праха и глине, садржај органске материје и  $CaCO_3$ , у површинском слоју 0-25 mm (Fryrear et al., 1994).

На основу извршених анализа, на подручју Делиблатске пешчаре, издвојене су три текстурне класе земљишта: песак, иловаст песак и песковита иловача. Вредности EF за текстурну класу – песак се крећу од 42,20 до 65,50% (просечно 56,17%); за текстурну класу - иловаст песак, од 30,33 до 48,97% (просечно 41,27%) и за текстурну класу - песковита иловача, од 27,18 до 45,68% (просечно 36,62%).

На основу мултипле регресионе анализе, на подручју Делиблатске пешчаре, највећи утицај на еродибилну фракцију имају учешће песка, праха и хумуса, и то у 99,14% случајева

за иловасти песак и песковиту иловачу, и у 98,77% случајева за пескуше, са знатним утицајем калцијум-карбоната. Глина, прах, песак, органска материја и калцијум-карбонат су својства земљишта која дефинишу инхерентну еродибилност земљишта (SIWE - Soil-Inherent Wind Erodibility) на еолску ерозију, а од посебног значаја је агрегатна стабилност земљишта (Merrill et al., 1997).

Средње вредности еродибилне фракције за европска земљишта се крећу у распону 3,6 - 69%, а највеће вредности имају песковита земљишта Северне Европе са преко 40% учешћа еродибилне фракције. За подручје Европе анализе су показале да су земљишта слабо еродибилна ако је EF <40%, средње еродибилна 40 - 50% и високо еродибилна у случају EF>50% (Borrelli et al., 2014). Према овој подели, на подручју Делиблатске пешчаре, текстурне класе земљишта припадају различитим категоријама еродибилности: високо еродибилна земљишта са 56,17% (песак), средње еродибилна земљишта са 41,27% (иловаст песак) и слабо еродибилна земљишта са 36,62% (песковита иловача).

На еродибилност земљишта утиче и реакција земљишног раствора која се мења услед антропогених утицаја као што су депозиције ваздушних полутаната. На подручју Делиблатске пешчаре, у ранијим проучавањима утврђене су ваздушне депозиције сулфата и нитрата. Услед повећаних емисија сумпорних и азотних једињења антропогеног порекла, убрзава се природни ток процеса ацидификације земљишта (Beloica et al., 2013). Kadović et al. (1994), наводе резултате Кнежевића за период 1970-1980. године, у којем се депозиција S кретала од 3,3-7,0 tSkм-2, податке NILU за период 1990-1993. године, који карактерише депозиција сумпора од 7,3 tSkм-2 и према сценарију IASSA за 2000. годину од 8,9 tSkм-2. На основу мерења на подручју Делиблатске пешчаре у току 1993. године, влажна депозиција сумпора је износила 11,8 tSkм-2, док је влажна депозиција азота била 0,055 tNкм-2 (Kadović et al., 1994). На основу резултата ЕМЕР за Србију из 2010. године (Gauss et al., 2012), депозиција оксидованог сумпора је износила (на подручју Делиблатске пешчаре) 0,0264-0,0297 tSkм-2, а оксидованог азота 0,045-0,079 tNкм-2. Ови подаци указују да су се током времена значајно мењале депозиције сумпора и азота на овом подручју, и да су, у појединим периодима, могле имати утицаја стабилност структурних агрегата, односно на еродибилну фракцију.

За песковита земљишта или за земљишта са значајним учешћем песка, са слабо везаним слојевима, еродибилне честице песка формирају на површини грубу покорицу, тако да се ове честице песка лако еродирају ветром (Frygear et al., 1998). Стварање покорице зависи и од концентрације електролита у земљишном раствору и кишници, од којих се издвајају сумпорна и азотна киселина (Remley, Bradford, 1989). У зависности од земљишних својстава, покорица може да повећа или смањи потенцијалну еолску ерозију (Zobeck, 1991).

Фактор покорице земљишта се користи како би се проценио утицај покорице која се ствара на површини, на осетљивост европских земљишта на еолску ерозију (Frygear et al., 2000). Представља емпиријски развијен однос којим се тестирала отпорност земљишних агрегата и покорице на честице песка ношене ветром (Hagen et al., 1992).

Фактор SCF рефлектује промене абразионе отпорности површине земљишта када је површина модификована падавинама. Зависно од текстуре земљишта, падавине на агрегираној површини могу да доведу до распадања осетљивих земљишних агрегата, остављајући врло глатку површину са слабо везаним, еродибилним, песком. На основу оваквих лабораторијских тестова, развијен је SCF за RWEQ. Ерозија може бити контролисана на земљиштима fine текстуре и може бити појачана на грубо текстурним земљиштима.

Слично као и за EF, вредности фактора покорице варирају (слика 7), односно смањују се у правцу од севера према југо-истоку, што се може објаснити променом текстурних класа

земљишта. За локалитете са високим садржајем песка, и нижим вредностима глине и органске материје у земљишту, вредности фактора покорнице су високе у профилима земљишта – Protic Arenosol(Calcaric) и појединим профилима земљишта – Chernozem (Arenic).

Резултати анализе варијансе показују да вредности фактора покорнице земљишта за текстурне класе песак, иловаст песак и песковита иловача имају статистички значајне разлике, па су за проучавано подручје приказане зависности за сваку текстурну класу између фактора покорнице и садржаја глине и хумуса. На подручју Делиблатске пешчаре, средња вредност SCF за пескуше је 0,81 и моделом је објашњена у 98,16% случајева. Вредности SCF за иловаст песак и песковиту иловачу су 0,52 и 0,37, и објашњене су у 99,55% односно 97,10% случајева. За европска земљишта, вредности SCF варирају од 0,02-1, а средње вредности за све три текстурне класе земљишта проучаваног подручја су веће од средње вредности за европска земљишта 0,39 (Borelli, et al., 2014). У земљиштима Северне Европе, и у земљиштима са високим садржајем песка, постоје веће могућности за стварање аеродинамички глатке покорнице која се лакше еродира, док се у земљиштима са високим садржајем глине, ствара покорница, која лимитира утицај ветра (Borelli et al., 2014).

## **Закључци**

На подручју Делиблатске пешчаре, вршена су проучавања песковитих земљишта. Узорци земљишта узети су са 27 педолошких профила, по фиксним дубинама 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm и 20-40cm. Са циљем одређивања EF и SCF и утицаја механичког састава и садржаја CaCO<sub>3</sub> на еродибилност земљишта проучаваног подручја, узети су узорци земљишта и из слоја 0-25mm.

На основу резултата гранулометријске анализе, издвојене су три текстурне класе земљишта: песак, иловаст песак и песковита иловача. Еродибилна фракција укључује честице пречника <0,84mm, само у слоју од 0-25mm. Највеће вредности EF се налазе на профилима са највећим садржајем песка, и предложени модел може послужити за предикцију просторног распореда вредности EF на проучаваном подручју.

Према подели европских земљишта у односу на вредности EF, земљишта на подручју Делиблатске пешчаре, тј. све издвојене текстурне класе припадају категорији високо еродибилних земљишта са 56,17% (текстурна класа – песак), 41,27% (текстурна класа – иловаст песак) и 36,62% (текстурна класа – песковита иловача).

Сличан закључак се може извести за SCF. Вредности фактора покорнице се смањују са повећањем садржаја глине, па је SCF за земљишта текстурне класе песак, иловаст песак и песковита иловача 0,81, 0,52 односно 0,37. Највеће вредности фактора покорнице карактеришу земљишта типа Protic Arenosol(Calcaric), и веће су од просечне вредности фактора покорнице за европска земљишта.

## **Summary**

Based on the numerous results, it is widely acceted conclusion that the part of soil aggregates in the surface soil layer (0-25 mm), represents erodible fraction (EF), which is used for calculations of soil losses and choice of measures for protection from wind erosion. Numerous authors emphasize the importance of erodible fraction as the upper limit of particle size that wind may set in motion.

According to analysis for Europe, soils with value of EF >50% falls into the category of

highly erodible land. According to the same criteria, in Deliblato sands soils, all the textural classes belong to different categories of erodibility: highly erodible lands with 56,17% (sandy soils), moderate erodible lands with 41,27% (loamy sand soils) and low erodible lands with 36,62% (sandy loam soils).

Mean values of soil crust factor (SCF) for all textural classes in Deliblato sands soils, are above the mean SCF value for european soils (0,39).

#### ЛИТЕРАТУРА:

**(1966):** Хемијске методе испитивања земљишта - приручник за испитивање земљишта. Београд - Нови Сад: Југословенско друштво за проучавање земљишта/ЈДПЗ, књига 1

**(1997):** Методе истраживања и одређивања физичких својстава земљишта. Нови Сад: Југословенско друштво за проучавање земљишта/ЈДПЗ, Приручник за испитивање земљишта

**(2010):** Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, Part X, Sampling and Analysis of Soil [http://www.icp-forests.org/pdf/FINAL\\_soil.pdf](http://www.icp-forests.org/pdf/FINAL_soil.pdf)

**Антић М., Авдаловић В., Јовић Н. (1969):** Еволуција, генетичка повезаност и еколошка вредност појединих врста пескова Делиблатске пешчаре. Делиблатски песак, Зборник радова I, Југословенски пољопривредно-шумарски центар и Шумско-индустријски комбинат Панчево, Београд, 47-66 стр.

**Белоица Ј., Кадовић Р., Перовић В., Тодосијевић М., Чакмак Д., Белановић С. (2013):** Утицај киселих депозиција на реакцију земљишног раствора у сливу реке Расине, Ерозија, бр. 38, 45-59 стр.

**Borrelli P., Ballabio C., Panagos P., Montanarella L. (2014):** Wind erosion susceptibility of European soils, *Geoderma* 232–234, 471–478

**Chepil W.S. (1942):** Relation of wind erosion to water stable and dry clod structure of soil. *Soil Sci.*, 55: 275–287.

**Chepil W.S. (1950):** Properties of soil which influence wind erosion: II. dry aggregate structure as an index of erodibility. *Soil Science*, 69: 403–414

**Chepil W.S., (1953):** Field structure of cultivated soils with special reference to erodibility by wind. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 17, 185-190

**David D.B., Jeffrez J.W., Mathew P.J. (2003):** Wind and water erosion and transport in semi-arid shrubland, grassland and forest ecosystems: quantifying dominance of horizontal wind-driven transport. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28: 1189-1209

**FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1960):** Soil erosion by wind and measures for its control on agricultural lands. FAO Agricultural Development Paper No. 71

**Fryrear D.W., Stout J.E., Hagen L.J., Vories E.D. (1991):** Wind Erosion: Field Measurement and Analysis, Soil and Water Division, Trans.ASAE, vol.34, 155-160

**Fryrear D.W., Krammes C.A., Williamson D.L., Zobeck T.M. (1994):** Computing the wind erodible fraction of soils, *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 49 no. 2, 183-188 str

**Fryrear D.W., Saleh A., Bilbro J.D., Schomberg H.M., Stout J.E., Zobeck T.M. (1998):** Revised Wind Erosion Equation (RWEQ). Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS, Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory. Technical, Bulletin No. 1. Internet address: <http://www.csrl.ars.usda.gov/wewc/rweq/readme.htm>

**Fryrear D.W., Bilbro J.D., Saleh A., Schomberg H.M., Stout J.E., Zobeck T.M. (2000):** RWEQ: improved wind erosion technology. *J. Soil Water Conserv.* 55, 183–189

**Fryrear D.W., Sutherland P.L., Davis G., Hardee G., Dollar M. (2001):** Wind erosion estimates with RWEQ i WEQ. In: Stott, DE, Mohtar, RH, Steinhardt, GC (eds.), *Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held on may 24-29 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory*, 760-765

- Gauss M., Nyiri A., Steensen B.M., Klein H. (2012):** Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O<sub>3</sub>) and PM in 2010 – Serbia, METEOROLOGISK INSTITUTT, Norwegian Meteorological Institute, ISSN 1890-0003, 13-14
- Hagen L.J., Skidmore E.L., Saleh A. (1992):** Wind erosion: prediction of aggregate abrasion coefficients, Transactions of the ASAE, 35 (1992), 1847–1850
- Кадовић Р., Вујановић В., Караџић Д. (1994):** Степен оптерећености шумских екосистема Делиблатске пешчаре полутантима. Делиблатски песак, Зборник радова VI (гл. Уредник П. Маринковић), ЈП за газдовање шумама “Србијашуме”, Београд, 547-554 стр.
- Klik A., (2008):** Wind Erosion Assessment in Austria Using Wind Erosion Equation and GIS. BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna
- Кнежевић М., Борђевић А., Кошанин О., Милетић З., Голубовић С., Пекеч С., Животић Љ., Николић Н., Жарковић М. (2011):** Усклађивање номенклатуре основне педолошке карте са WRB класификацијом, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд, 103 стр.
- Кошанин О. (2001):** The role of Organic Matter in Morphological Evolution of Soils as Part of A-C Study in Deliblato Sands, Master Paper, Faculty of Forestry, Belgrade
- Lopez M.V., Dios Herrero J.M., Hevia G.G., Gracia R., Buschiazzo D.E. (2007):** Determination of wind-erodible fraction of soils using different methodologies, Geoderma, Volume 139, Issues 3–4, 407-411
- Merrill S., Black A., Halvorson A. (1997):** Soil-inherent wind erodibility: Progress and prospects. Proceedings, Wind Erosion: An International Symposium/Workshop, Manhattan, Kansas
- Middleton H.E. (1930):** Properties of soils which influence soil erosion. USDA, Technical Bulletin 178, 16 pp.
- Remley P.A., Bradford J.M. (1989):** Relationship of soil crust morphology to inter-rill erosion parameters., Soil Sci Soc Am J 53: 1215-1221
- Skidmore E. L., Powers D.H. (1982):** Dry soil-aggregate stability: energy-based index. Soil Sci. Soc. Am. J., 46: 1274–1279
- Song Y., Liu L., Yan P., Cao T. (2005):** A review of soil erodibility in water and wind erosion research, Journal of Geographical Sciences 15, 167-176
- Zobeck T.M., Van Pelt R.S. (2014):** "Wind Erosion", Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Paper 1409. <http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1409>
- Zobeck T.M. (1991):** Soil properties affecting wind erosion. J. Soil Water Conserv. 46:112-117

Милена Анђелић<sup>1</sup>, Васо Мрваљевић<sup>1</sup>

## Анализа губитка земљишта на руралном подручју Београда применом методе USLE

### Analysis of soil loss in rural area of Belgrade by using USLE method

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Шумарски факултет, 11 030 Београд, Кнеза Вишеслава 1. milenaandjelic911@hotmail.rs.

#### Извод

Клима представља кључни фактор који контролише главне процесе деградације земљишта и изазива бројне интеракције, повезане са променом режима падавина, повећаним температурама и варијабилнијим климатским условима. У погледу утицаја на земљишне процесе, промене климе, мењају бројна својства земљишта, која имају консеквенце на цео екосистем. За рурално подручје Београда су израчунате вредности фактора ерозионог дејства кише за референтни период од 1961-1990. године и период од 1991-2013. године на основу података који су преузети из метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗ). За оба периода су израчунати губици земљишта типа еутрични камбисол које је доминантно земљиште на руралном подручју Београда. Резултати анализе показују да је просечан губитак земљишта за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године за различите нагибе већи за: 10,2% за нагиб од 8%, 10,2 % за нагиб од 10% и 10,1% за нагиб од 12%, с тим што су разлике по сезонама израженије.

**Кључне речи:** клима, губитак земљишта, референтни период, Београд

#### Abstract

Climate is a key factor that controls the main processes of land degradation and causes numerous interactions, associated with a change in the regime of precipitation, increased temperature and more variable climatic conditions. In terms of the impact on soil processes, climate change, alter many properties of soils, which have consequences on the entire ecosystem. In the rural area of Belgrade we calculated values of factor of erosion effects of rain for the reference period from 1961 to 1990. and the period of 1991-2013. on the basis of data taken from the meteorological yearbook published by Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHMS). For both periods we calculated losses of eutric cambisol soil, which is the dominant land in a rural area of Belgrade. The results show that the average loss of soil, for the period of 1991-2013. in relation to the reference period of 1961-1990. for various slopes, are higher: 10.2% for the slope of 8%, 10.2% for the slope of 10% and 10.1% for the slope of 12%, but differences of soil loss per seasons are stronger.

**Keywords:** climate, soil loss, the reference period, Belgrade

## Увод

Промена равнотеже појединих фактора стварања земљишта дешава се услед бројних природних и антропогених чинилаца који могу да повећају или смање природну отпорност земљишта према различитим видовима деградације. Многи стручњаци су се бавили изучавањем разних метода за прогнозу интензитета ерозије.

Универзална једначина губитка земљишта (USLE) представља математички модел који се користи за предвиђање губитка земљишта деловањем ерозионих фактора (Костадинов, 2008). Као ерозиони модел осмишљена је да предвиди дугорочне просечне губитке земљишта на одређеним нагибима за одређено коришћење земљишта и у одговарајућим пољопривредним системима (Renard & Freimound, 1994). Губитак земљишта рачуна се као производ шест основних фактора чије се вредности одређују за дату експерименталну локацију.

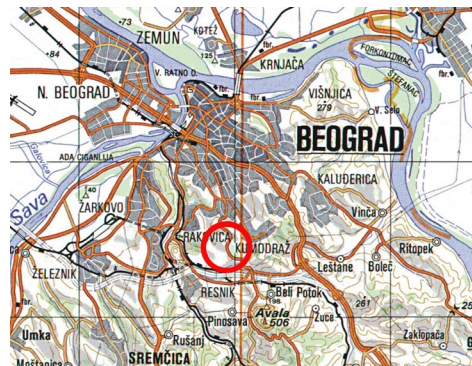
У овом раду анализиран је губитак земљишта на експерименталној површини у Јајинцима применом USLE једначине. Губитак земљишта је анализиран за нагибе од 8%, 10% и 12% на парцели дужине 80 m за земљиште типа еутрични камбисол које је доминантно на овом подручју и подаци у периоду од 1991-2013. године су упоређивани са подацима у периоду од 1961-1990. године.

Добијени резултати показују колики је утицај на губитак земљишта на подручју Београда за одређене нагибе и одређен тип земљишта у условима када нема примене мера конзервације и када је промењен режим падавина.

## Материјал и методе рада

Истраживано подручје припада руралном делу Београда, у месту Јајинци које се налази око 10 km југоисточно од ушћа Саве у Дунав (слика 1). Геолошка подлога предметног подручја представљена је слабевезаним седиментима квартарне и неогене старости.

Педолошки покривач је изграђен од деградираног чернозема (у огајњачавању) и делувијума. Гајњаче су највећим делом образоване на терцијарним седиментима, лакшим него што је случај код смоница (Антић et al., 1980). Поред овога супстрат гајњача чини и лес, лесолики материјали и лапорци. Рељеф је по правилу брдски од 200-500 m н.м., најчешће на јужним експозицијама обично изнад смоница или алтернирају са њима.



Слика 1 Географски положај истраживаног подручја  
*Figure 1 The geographical location of the study area*

Универзална једначина губитка земљишта (USLE) је најчешће коришћена једначина за прорачун губитка земљишта. Прорачун губитка земљишта рачуна се према следећој формули (Foster et al. 2003):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}]$$

где су:

$A$  - просечна годишња количина губитка земљишта

$R$  - ерозионо дејство кише

$K$  - фактор еродибилности земљишта

$LS$  - топографски фактор (дужина и нагиб)

$C$  - фактор земљишног покривача

$P$  - фактор праксе управљања.

### Фактор ерозионог дејства кише $R$

Фактор ерозионог дејства кише  $R$  представља годишњу суму појединачних вредности индекса интензитета падавина  $EI_{30}$ , где је  $E$  кинетичка енергија падавина по јединици површине [ $MJ/ha$ ], а  $I_{30}$  максимални 30-мин интензитет падавина [ $mm/h$ ] (Yu & Rosewell, 1995). Према Arnoldus (1980) (у: Ferro & Porto, 1999) Фурнијеров индекс је погодан за прорачун  $R$  фактора са којим је линеано повезан. Према Ferro & Porto (1999) Фурнијеров индекс се рачуна помоћу следеће једначине:

$$FI = \frac{pi^2}{P}$$

где је:

$pi$  - средње месечне падавине;

$P$  - укупне годишње падавине;

Фурнијеров индекс се потом користи за обрачун  $ri$  фактора, а сумирањем  $ri$  добијамо вредност  $R$  фактора (Ferro & Porto, 1999).

$$R = \frac{125,92 \cdot FI^{0,603} + 111,173 \cdot FI^{0,691} + 68,73 \cdot FI^{0,841}}{3}$$

$$R = \Sigma ri \quad [MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot god^{-1}]$$



## Фактор еродибилности земљишта К

Еродибилност земљишта описана је фактором К за многа пољопривредна земљишта. Директним мерењем, фактор еродибилности земљишта урађен је за 23 главна типа земљишта у САД-у, док су друга земљишта добијена компарацијом њихових карактеристика са мерним земљиштима (Костадинов, 2008).

Развијањем вишеструко – регресионе једначине од 24 члана добијен је гранични опсег величине К за просечне структуре.

Доминантно земљиште на територији Београда, према ФАО класификацији, јесте еутрични камбисол (гајњача на лесу). За еутрични камбисол израчунат је фактор еродибилности земљишта према следећој формули:

$$K = 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot M^{1,14} \cdot (12 - a) + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (b - 2) + 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot (c - 3)$$

где су:

$M = (UPR + UVFP) \cdot (100 - UG)$ , при чему је UPR - учешће праха у % (0,002-0,05 mm) и за вредности од 0,05 – 0,01 mm износи око 45%; UVFP - учешће врло финог песка у % (0,05 - 0,1mm) за вредности од 0,25 - 0,05 mm износи 7% и UG - учешће глине у % (<0,002 mm) за вредности мање од 0,001 mm износи 27% (вредности преузете из табеле 1);

$a$  – учешће органске материје у % - узима се да нема органске материје;

$b$  – представља код структуре земљишта које се користи у класификацији земљишта (табела 2). Према подацима из табеле 1. процентуално је највише заступљен прах (44,62 %) на експерименталној површини у Јајинцима. Зато је код структуре земљишта 2 (табела 2) што припада финој зрнастој структури (табела 3). Према табели 4. за порозност се узима да је некапиларна па је вредност  $b$  фактора 0,19;

$c$  – класа водопропустљивости земљишног профила. Код водопропустљивости је 5 (табеле 2 и 3). Вредности за просечну водопропустљивост земљишта износе 0,25 (табела 5).

Бр. Профила	Дубина [cm]	Гранулометријски састав гајњаче на лесу у %					
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.001	< 0.001	< 0.01
mm							
16	0 - 15	0.08	6.88	44.62	22.24	26.2	44.42
	20 - 35	0.15	6.49	40.48	20.76	32.12	52.88
	50 - 70	0.09	6.35	38.68	20.8	34.08	64.88
	90 - 105	0.03	7.17	41.96	19.04	31.92	50.96

Табела 1 Према Живковић (1955) (у: Антић et al. 1980) механички састав гајњаче на лесу Београд - Јајинци.

Table 1 According to Živković (1955) (cit. Antić et al. 1980) mechanical composition of the cambisols on the loess Belgrade - Jajinci.

Параметри за К фактор на дубини до 15 cm	Крупан песак	Ситан песак	Прах	Глина и колоиди	Прах
	b3	b3	b2	b1	b2
	c3	c4	c5	c6	c5

**Табела 2** Класификација параметара b и c за фактор еродибилности земљишта (K) на дубини од 15 cm (ФАО, 2014)

**Table 2** Classification of the parameters b and c for soil erodibility factor (K) at a depth of 15 cm (FAO, 2014)

Параметар	1	2	3	4	5	6
<b>B</b>	Врло фино зрнаста	Фино зрнаста	Средње до грубо зрнаста	Стубаста	-	-
<b>C</b>	Брза	Умерена до брза	Умерена	Спора до умерена	Спора	Врло спора

**Табела 3** Класификација параметра b - структура земљишта (soil structure code) и c – пермеабилност профила (profile permeability), (ФАО, 2014)

**Table 3** Classification of the parameter b - the structure of soil (soil structure code) and c - profile permeability (FAO, 2014).

Број профила	Дубина [cm]	Порозност			Ретенциони водни капацитет %	Ваздушни капацитет %
		Укупна	Капиларна	Некапиларна		
		у % од укупне				
A	0-15	53.29	80.75	19.25	44.03	9.26
A/(B)	20-35	46.26	85.44	14.59	39.52	6.74
(B)	50-70	41.48	90.50	9.50	37.54	3.94
(B)	90-105	43.17	83.51	16.49	36.05	7.12

**Табела 4** Физичке особине гајњача под шумом - на лесу према Живковић (1955) (у: Антић et al. 1980)

**Table 4** Physical properties of cambisol under forest according to Živković (1955) (cit. Antić et al. 1980)

C	Просечна водопропустљивост	[cm/h]
1	Песак	5
2	Песковита иловача	2.5
3	Иловача	1.3
4	Глиновита иловача	0.8
5	Прашинаста глина	0.25
6	Глина	0.05

**Табела 5** Вредности за просечну водопропустљивост земљишта (ФАО, 2014)

**Table 5** Values for the average soil permeability (FAO, 2014).

За претходно описане вредности параметара (M, a, b, c) фактор еродобилности земљишта (K) има вредност 0,032

### Топографски фактор LS

Фактори дужине и нагиба падине битно утичу на ниво водне ерозије у USLE једначини. Овај фактор представља однос губитка земљишта по јединици површине одређеног нагиба према губицима стандардне парцеле. Дужина падине је дефинисана као растојање од тачке формирања површинског отицања, до тачке где долази до одлагања (акумулирања) еродираниг материјала (Кадовић, 1999). Фактор дужине падине одређује се из следећег израза (Кадовић, 1999):

$$LS = (X / 22, 1)^m \cdot (0,065 + 0,045 \cdot s + 0,0065 \cdot s^2)$$

где су:

L – фактор дужине падине (табела 8),

x – дужина падине (m) узима се 80 m,

m – експонент који зависи од величине нагиба,

s – нагиб у %

Према Wischmeier & Smith (1978) (у: Кадовић, 1999) предложена вредност експонента m за падине нагиба преко 5% износи 0,5.

x [m]	m	s [%]	LS
80	0.5	8	1.6
80	0.5	10	2.2
80	0.5	12	2.9

**Табела 6** Вредности топографског фактора LS за различите нагибе падине  
*Table 6 Values for topographic factor LS for different slope gradients*

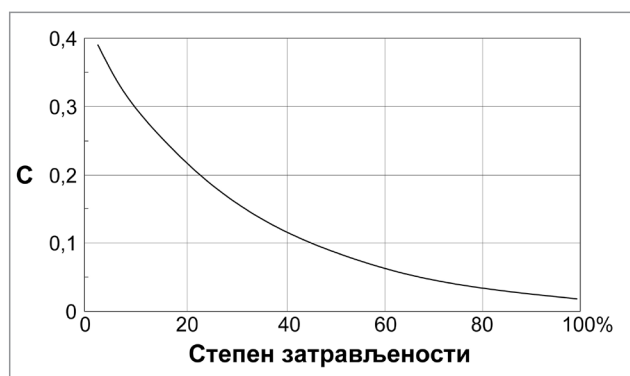
### Фактор земљишног покривача C

Фактор C представља однос губитка земљишта са обрадиве површине која се налази под било којим усевом или на којој се налази било какав заштитни биљни покривач према одговарајућим губицима са контролне парцеле која се налази под угаром. Овај однос се утврђује експериментално за поједина подручја. При томе се подразумева да се парцеле налазе у једнаким условима земљишта, нагиба и једнаког режима падавина (Кадовић, 1999).

Према Wischmeier и Smith (1958) (у: Костадинов, 2008) егзактне вредности за фактор C су добијене у зависности од многобројних шема узгајања усева у Америци. Пре свега они су укупан период гајења усева поделили у пет фаза:

- период F (угар) - пролећно орање до другог дисковања;
- период SB – садња усева и наредних 30 дана;
- период 12 (брзи раст) – од 30-60 дана после садње;

- период 3 (размножавање и старење) – од 60-тог дана после садње до жетве;
- период 4 (остаци) – од жетве до пролећног орања.



**Слика 2** Према Morgan (1986) (у: Костадинов, 2008) вредности фактора С у зависности од степена затрављености површине земљишта

**Figure 2** According to Morgan (1986) (cit: Konstadinov, 2008) values of S factor depending on the degree of coverage of grass at soil surface

Начин обраде земљишта односно вредност фактора С према Morgan, (1995) (у: Кадовић, 1999) узима за степен затрављености терена 20% и средње годишње вредности износе 0,22 (слика 2).

### Фактор праксе управљања Р

Фактор Р представља однос губитка земљишта у условима примене одређене противерозионе мере, према губицима земљишта, када је обрада изведена низ нагиб. Вредности фактора Р за три основна елемента противерозионих мера које препоручују Wischmeier & Smith (1978) (у: Кадовић, 1999) приказане су у табели 7.

Нагиб (%)	Контурна Обрада	Контурно - појасни размештај	Терасирање
1-2	0.6	0.3	0.12
3-8	0.5	0.25	0.10
9-12	0.6	0.3	0.12
13-16	0.7	0.35	0.14
17-20	0.8	0.40	0.16
21-25	0.9	0.45	0.18

**Табела 7** Вредности фактора конзервације земљишта Р (Кадовић, 1999)

**Table 7** The values of the factors of soil conservation R (Kadović, 1999)

За сваки наведени елемент, фактор Р показује најбоље ефекте на нагибима 3-8%, а са повећањем нагиба, вредност Р се повећава. На нагибима мањим од 2%, вредност фактора Р се повећава, у поређењу са обрадом изведеном низ нагиб (Кадовић, 1999).

Најчешће примењене противерозионе мере у пракси су: контурна обрада земљишта, стрип културе и терасирање, док су друге мере: конзервацијско орање, фертилизација, ротација култура, коришћење остатака биљне производње, већ укључене у С фактор (Костадинов, 2008). Вредности фактора Р варира од 0 до 1. Вредност 1 се узима у случајевима када ниједна мера заштите није преузета (Костадинов, 2008).

За експерименталну падину у Јајинцима за вредност фактора Р узима се 1 у условима када нема конзервационих радова.

## Резултати и дискусија

Прорачуни губитка земљишта за рурално подручје Београда, на примеру експерименталне парцеле у Јајинцима, показују да су резултати у складу са режимом падавина, променом нагиба и одговарајућом праксом управљања.

Најмања количина падавина у периоду од 1991 – 2013. године регистрована је 2000. године и износила је 367,7 mm/m<sup>2</sup> (табела 8) односно 367,7 l/m<sup>2</sup>, а губитак земљишта за овај период за нагиб од 8% је 30,1 t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup> (табела 9). Највећа количина падавина за исти период регистрована је 1999. године и износила је 1051,2 mm/m<sup>2</sup>, а губитак земљишта за овај период за нагиб од 8% је износио 68,2 t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup>. Највећа вредност губитка земљишта је регистрована за летњи период и износила је 16,6 t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup>, а најмања за зимски период 10 t·ha<sup>-1</sup>·god<sup>-1</sup> (табела 9).

Мес/ Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1991	20.2	11.2	83.7	51.3	94.9	86.3	143.4	32.8	25.8	84.2	62.7	31.7	<b>728.2</b>
1992	7.6	33.8	6.9	58.8	19.4	180.0	43.8	24.3	28.2	90.5	61.7	34.8	<b>589.8</b>
1993	21.9	31.8	77.1	26.7	12.8	50.4	56.9	24.5	51.5	18.8	77.8	88.9	<b>539.1</b>
1994	40.4	23.0	27.7	64.6	41.4	212.2	46.1	90.5	29.5	37.9	25.9	34.4	<b>673.6</b>
1995	82.2	45.9	43.9	61.0	83.6	64.7	33.7	69.2	92.6	0.3	57.0	67.1	<b>701.2</b>
1996	42.6	62.2	41.2	52.3	108.0	57.1	35.5	66.6	107.7	37.1	77.7	100.8	<b>788.8</b>
1997	31.7	49.2	11.4	88.1	51.6	31.7	126.1	108.4	30.4	106.7	30.8	80.6	<b>746.7</b>
1998	70.6	2.3	19.3	30.7	55.2	63.4	32.2	45.4	92.6	89.6	52.2	31.0	<b>584.5</b>
1999	51.1	63.3	16.9	73.2	60.9	142.4	262.5	12.9	85.4	56.2	73.2	153.2	<b>1,051.2</b>
2000	27.3	28.3	30.3	41.9	34.5	19.1	29.3	7.8	70.7	16.6	20.7	41.2	<b>367.7</b>
2001	35.3	27.2	65.6	157.9	47.0	186.0	19.7	56.7	183.7	16.7	63.4	33.9	<b>893.1</b>
2002	15.1	14.0	14.8	53.7	20.9	79.6	60.7	106.8	51.9	88.3	35.8	52.8	<b>594.4</b>
2003	62.9	26.5	11.4	23.1	39.5	33.4	111.8	6.4	57.6	115.2	23.4	36.7	<b>547.9</b>
2004	93.5	29.4	18.9	71.7	63.3	113.8	94.6	89.3	45.0	32.9	129.5	50.3	<b>832.2</b>
2005	52.2	84.2	33.9	54.7	47.4	95.1	91.4	144.3	54.1	28.6	23.5	78.8	<b>788.2</b>
2006	43.2	59.1	104.4	97.0	42.3	37.8	23.3	120.6	24.3	20.9	24.5	51.9	<b>749.3</b>
2007	49.3	56.0	99.6	3.8	79.0	107.6	17.5	72.5	84.1	103.6	131.5	34.5	<b>839.0</b>
2008	44.6	8.3	79.7	34.9	60.6	43.3	53.0	45.6	68.5	18.4	51.0	79.0	<b>586.9</b>

2009	55.1	85.2	64.9	6.1	34.7	151.0	80.0	44.5	3.9	98.9	59.5	120.6	<b>804.4</b>
2010	91.6	112.8	47.2	43.7	86.4	181.7	41.4	53.5	51.8	48.8	45.2	61.4	<b>865.5</b>
2011	47.8	55.6	27.9	14.1	66.8	41.1	95.0	14.0	47.7	36.1	5.0	48.0	<b>499.1</b>
2012	87.2	61.5	2.4	66.9	127.9	16.0	39.0	4.5	30.7	44.9	28.1	55.1	<b>564.2</b>
2013	76.9	53.4	95.4	21.3	104.4	50.1	2.9	44.3	58.7	52.0	40.0	7.9	<b>607.3</b>
<b>Σ</b>	<b>1,150.3</b>	<b>1,024.2</b>	<b>1024.5</b>	<b>1,197.5</b>	<b>1,382.5</b>	<b>2,143.8</b>	<b>1,539.8</b>	<b>1,285.4</b>	<b>1,376.4</b>	<b>1,243.2</b>	<b>1,200.1</b>	<b>1,374.6</b>	<b>15,942.3</b>
<b>Σ</b>	<b>50.0</b>	<b>44.5</b>	<b>44.5</b>	<b>52.1</b>	<b>60.1</b>	<b>93.2</b>	<b>66.9</b>	<b>55.9</b>	<b>59.8</b>	<b>54.1</b>	<b>52.2</b>	<b>59.8</b>	<b>693.1</b>

Табела 8 Средња месечна и средња годишња количина падавина (mm) за период 1991-2013. година за климатолошку станицу „Београд - Врачар“

Table 8 Mean monthly and mean annual precipitation (mm) for the period 1991-2013 for meteorological station "Belgrade - Novi Beograd"

Мес / Год	Зима			Пролеће			Лето			Јесен			Σ
	ХП	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1991	1.5	0.8	0.4	5.9	3.0	7.1	6.2	12.8	1.6	1.1	6.0	4.0	<b>50.5</b>
1992	2.0	0.3	1.9	0.2	4.2	0.9	20.7	2.8	1.2	1.5	7.7	4.5	<b>47.9</b>
1993	8.0	1.1	1.9	6.5	1.5	0.5	3.6	4.3	1.3	3.7	0.9	6.6	<b>40.0</b>
1994	1.8	2.3	1.0	1.3	4.4	2.3	23.9	2.7	7.0	1.5	2.1	1.2	<b>51.5</b>
1995	4.5	6.0	2.6	2.5	3.9	6.1	4.2	1.7	4.7	7.0	0.0	3.6	<b>46.7</b>
1996	7.3	2.2	3.7	2.1	2.9	8.1	3.3	1.7	4.1	8.0	1.8	5.1	<b>50.1</b>
1997	5.5	1.5	2.8	0.4	6.3	3.0	1.5	10.5	8.4	1.4	8.2	1.4	<b>50.9</b>
1998	1.7	5.5	0.1	0.9	1.7	3.9	4.7	1.8	2.9	8.0	7.7	3.6	<b>42.4</b>
1999	10.8	2.3	3.1	0.5	3.8	2.9	9.8	23.5	0.3	4.7	2.6	3.8	<b>68.2</b>
2000	3.5	2.0	2.1	2.3	3.6	2.8	1.2	2.2	0.4	7.6	1.0	1.4	<b>30.1</b>
2001	1.5	1.5	1.1	3.6	12.7	2.3	16.1	0.7	3.0	15.8	0.6	3.5	<b>62.3</b>
2002	3.6	0.6	0.6	0.6	3.7	1.0	6.4	4.4	9.7	3.5	7.4	2.1	<b>43.5</b>
2003	2.3	4.9	1.5	0.5	1.2	2.5	2.0	11.0	0.2	4.3	11.5	1.2	<b>43.0</b>
2004	2.6	6.3	1.3	0.7	4.3	3.6	8.4	6.4	5.9	2.3	1.5	10.1	<b>53.4</b>
2005	5.2	2.9	5.7	1.6	3.1	2.5	6.7	6.4	12.2	3.0	1.3	1.0	<b>51.5</b>
2006	3.0	2.3	3.6	8.0	7.2	2.2	11.9	1.0	9.8	1.0	0.8	1.1	<b>51.8</b>
2007	1.6	2.6	3.1	6.9	0.1	5.0	7.7	0.6	4.4	5.4	7.3	10.2	<b>54.7</b>
2008	6.4	2.9	0.3	6.5	2.0	4.4	2.7	3.6	2.9	5.2	0.8	3.4	<b>41.2</b>
2009	9.3	3.1	5.7	3.9	0.2	1.6	12.8	5.2	2.3	0.1	7.0	3.4	<b>54.6</b>
2010	3.4	6.0	8.0	2.4	2.1	5.5	15.9	2.0	2.8	2.7	2.5	2.2	<b>55.4</b>
2011	3.5	3.5	4.4	1.7	0.7	5.6	2.8	9.3	0.6	3.5	2.4	0.2	<b>38.2</b>
2012	3.9	7.6	4.6	0.1	5.2	13.1	0.7	2.4	0.1	1.7	3.0	1.5	<b>43.9</b>
2013	0.3	6.0	3.6	8.1	1.0	9.3	3.3	0.1	2.8	4.1	3.5	2.4	<b>44.3</b>
<b>Σ</b>	<b>93.3</b>	<b>73.9</b>	<b>62.7</b>	<b>67.1</b>	<b>78.6</b>	<b>96.2</b>	<b>176.5</b>	<b>117.0</b>	<b>88.8</b>	<b>97.3</b>	<b>87.4</b>	<b>77.3</b>	<b>1,116.1</b>
<b>Σsr</b>	<b>4.1</b>	<b>3.2</b>	<b>2.7</b>	<b>2.9</b>	<b>3.4</b>	<b>4.2</b>	<b>7.7</b>	<b>5.1</b>	<b>3.9</b>	<b>4.2</b>	<b>3.8</b>	<b>3.4</b>	<b>48.5</b>

Сез.	76.6	80.6	127.4	87.3	372.0
Сез.ср	10.0	10.5	16.6	11.4	48.5

Табела 9 Губитак земљишта на руралном подручју Београда за нагиб падине од 8% у периоду од 1991-2013. године

Table 9 Soil loss in a rural area of Belgrade for slope of 8% for period 1991-2013

За падину под нагибом од 10% у периоду од 1991-2013. године најмањи губитак земљишта од  $40,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 10) регистрован је 2000. године када су биле и најмање количине падавина (табела 8). За највећу количину падавина за исти период која је регистрована 1999. године губитак земљишта је износио  $91 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 10). Највећа вредност губитка земљишта по сезонама је регистрована за лето и износила је  $22,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , а најмања за сезону зима  $13,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 10).

Мес/ Год	Зима			Пролеће			Лето			Јесен			Σ
	ХП	І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1991	2.0	1.1	0.5	7.9	4.0	9.5	8.3	17.1	2.1	1.5	8.0	5.3	67.3
1992	2.7	0.3	2.6	0.3	5.6	1.2	27.6	3.7	1.6	2.0	10.3	6.0	63.9
1993	10.7	1.5	2.5	8.7	2.0	0.7	4.8	5.7	1.8	4.9	1.2	8.8	53.4
1994	2.4	3.0	1.4	1.8	5.8	3.1	31.8	3.6	9.4	1.9	2.8	1.6	68.6
1995	6.0	7.9	3.5	3.3	5.2	8.1	5.7	2.3	6.2	9.4	0.0	4.7	62.3
1996	9.7	2.9	4.9	2.8	3.9	10.8	4.4	2.3	5.4	10.7	2.4	6.7	66.9
1997	7.4	2.0	3.7	0.5	8.4	3.9	2.0	14.0	11.2	1.9	11.0	1.9	67.9
1998	2.3	7.3	0.1	1.2	2.3	5.1	6.3	2.4	3.9	10.7	10.2	4.8	56.5
1999	14.4	3.1	4.1	0.7	5.1	3.9	13.0	31.4	0.5	6.3	3.5	5.1	91.0
2000	4.7	2.7	2.8	3.1	4.8	3.7	1.6	2.9	0.5	10.1	1.3	1.8	40.1
2001	1.9	2.1	1.4	4.9	16.9	3.1	21.5	0.9	4.0	21.1	0.7	4.6	83.1
2002	4.8	0.8	0.8	0.8	4.9	1.3	8.5	5.8	13.0	4.7	9.9	2.8	58.0
2003	3.0	6.5	1.9	0.6	1.6	3.4	2.7	14.7	0.3	5.7	15.3	1.6	57.3
2004	3.5	8.4	1.7	0.9	5.8	4.9	11.2	8.6	7.9	3.0	2.0	13.4	71.2
2005	6.9	3.9	7.6	2.1	4.1	3.4	9.0	8.5	16.3	4.1	1.7	1.3	68.7
2006	4.0	3.1	4.8	10.6	9.6	3.0	15.8	1.3	13.1	1.4	1.1	1.4	69.1
2007	2.1	3.4	4.1	9.2	0.1	6.6	10.2	0.8	5.9	7.2	9.7	13.6	72.9
2008	8.5	3.8	0.4	8.6	2.7	5.8	3.6	4.8	3.9	7.0	1.1	4.6	54.9
2009	12.4	4.1	7.6	5.2	0.2	2.2	17.1	6.9	3.0	0.1	9.4	4.6	72.7
2010	4.5	8.0	10.7	3.1	2.8	7.3	21.2	2.6	3.7	3.6	3.3	3.0	73.9
2011	4.7	4.7	5.8	2.2	0.9	7.5	3.8	12.4	0.9	4.7	3.2	0.2	51.0
2012	5.3	10.1	6.1	0.1	6.9	17.4	0.9	3.2	0.2	2.3	3.9	2.1	58.6
2013	0.3	8.0	4.8	10.9	1.3	12.3	4.4	0.1	3.7	5.5	4.6	3.2	59.1
Σ	124.3	98.5	83.7	89.4	104.8	128.2	235.4	156.0	118.3	129.8	116.5	103.1	1.488.1

Σsr	5.4	4.3	3.6	3.9	4.6	5.6	10.2	6.8	5.1	5.6	5.1	4.5	64.7
Сез.	102.2			107.5			169.9			116.5			496.0
Сез.sr	13.3			14.0			22.2			15.2			64.7

Табела 10 Губитак земљишта на руралном подручју Београда за нагиб падине од 10% у периоду од 1991-2013. године

Table 10 Soil loss in a rural area of Belgrade for slope of 10% for period 1991-2013.

За падину под нагибом од 12% у периоду од 1991 – 2013. године за регистровану количину падавина 2000. године губитак земљишта је  $52,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 11). Године 1999. године губитак земљишта је износио  $119,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ . Гледано по сезонама највећи губитак земљишта је регистрован за лето  $29,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , а најмањи за зиму  $17,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 11).

Мес/ Год	Зима			Пролеће			Лето			Јесен			Σ
	ХII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1991	2.7	1.4	0.6	10.4	5.2	12.4	10.9	22.4	2.8	2.0	10.5	6.9	88.3
1992	3.5	0.4	3.4	0.4	7.3	1.6	36.2	4.9	2.1	2.6	13.5	7.8	83.8
1993	14.0	2.0	3.3	11.5	2.6	0.9	6.3	7.5	2.3	6.5	1.6	11.6	70.0
1994	3.2	4.0	1.8	2.3	7.6	4.1	41.8	4.7	12.3	2.6	3.6	2.1	90.1
1995	7.8	10.4	4.6	4.3	6.8	10.7	7.4	3.0	8.2	12.3	0.0	6.2	81.8
1996	12.8	3.8	6.5	3.6	5.1	14.1	5.7	3.0	7.1	14.1	3.1	8.8	87.8
1997	9.7	2.6	4.8	0.7	11.0	5.2	2.6	18.3	14.8	2.5	14.4	2.5	89.1
1998	3.0	9.5	0.1	1.6	3.0	6.8	8.2	3.2	5.1	14.0	13.4	6.2	74.1
1999	18.9	4.0	5.4	0.9	6.6	5.1	17.1	41.2	0.6	8.3	4.6	6.6	119.4
2000	6.2	3.5	3.7	4.0	6.3	4.8	2.1	3.8	0.6	13.3	1.8	2.4	52.6
2001	2.5	2.7	1.9	6.4	22.2	4.0	28.2	1.2	5.2	27.7	1.0	6.1	109.0
2002	6.3	1.1	1.0	1.1	6.4	1.7	11.2	7.6	17.0	6.1	13.0	3.6	76.1
2003	4.0	8.5	2.5	0.8	2.1	4.4	3.5	19.2	0.4	7.5	20.1	2.1	75.2
2004	4.6	11.1	2.2	1.2	7.6	6.4	14.6	11.3	10.4	4.0	2.6	17.6	93.5
2005	9.0	5.1	9.9	2.8	5.4	4.4	11.8	11.1	21.4	5.3	2.2	1.7	90.1
2006	5.2	4.0	6.2	14.0	12.6	3.9	20.7	1.7	17.1	1.8	1.5	1.8	90.6
2007	2.7	4.5	5.3	12.0	0.1	8.7	13.4	1.1	7.7	9.5	12.7	17.9	95.7
2008	11.2	5.0	0.5	11.3	3.5	7.7	4.8	6.4	5.1	9.1	1.5	6.0	72.1
2009	16.3	5.4	9.9	6.8	0.3	2.8	22.5	9.1	4.0	0.1	12.3	6.0	95.5
2010	6.0	10.5	14.1	4.1	3.7	9.6	27.8	3.4	4.9	4.7	4.3	3.9	97.0
2011	6.2	6.2	7.6	2.9	1.1	9.9	5.0	16.3	1.1	6.1	4.2	0.3	66.9
2012	6.9	13.2	8.1	0.1	9.1	22.9	1.2	4.3	0.2	3.1	5.2	2.7	76.9
2013	0.5	10.5	6.3	14.3	1.8	16.2	5.7	0.1	4.8	7.2	6.0	4.2	77.5
Σ	163.2	129.3	109.8	117.4	137.6	168.3	308.9	204.8	155.3	170.3	152.9	135.3	1953.1
Σsr	7.1	5.6	4.8	5.1	6.0	7.3	13.4	8.9	6.8	7.4	6.6	5.9	84.9



Сез.	134.1	141.1	223.0	152.8	651.0
Сез.ср	17.5	18.4	29.1	19.9	84.9

**Табела 11** Губитак земљишта на руралном подручју Београда за нагиб падине од 12% у периоду од 1991-2013. године

*Table 11 Soil loss in a rural area of Belgrade for slope of 12% for period 1991-2013*

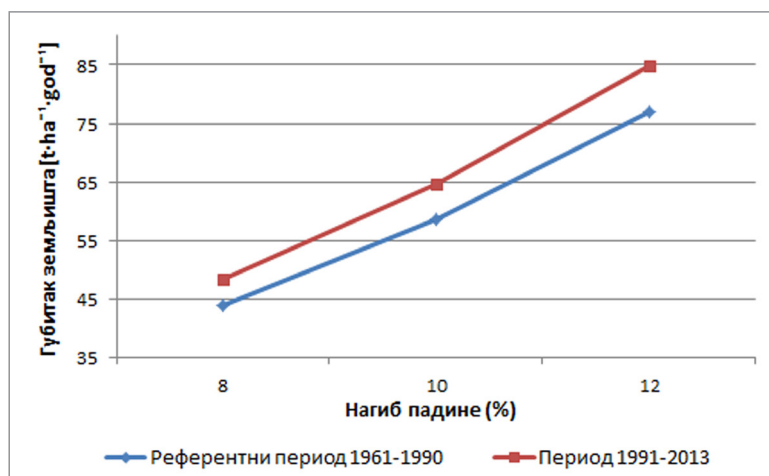
Просечни сезонски губици земљишта за период од 1991-2013. године за падину под нагибом од 8% износи  $48,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , за падину под нагибом од 10% износи  $64,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , а за падину од 12% износи  $84,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  (табела 12). Просечна сезонска вредност губитка земљишта за период од 1961-1990. године за падину под нагибом од 8% износи  $44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , за падину под нагибом од 10% износи  $58,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , а за падину од 12% износи  $77,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  (табела 12).

Сезона	Губитак земљишта А [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ]						Разлика између периода 1991 - 2013. и референтног периода 1961 - 1990. у %		
	Период								
	1961 - 1990.			1991 - 2013.					
	Нагиб падине			Нагиб падине			Нагиб падине		
	8%	10%	12%	8%	10%	12%	8%	10%	12%
Зима	9.2	12.2	16	10	13.3	17.5	8.7	9.0	9.4
Пролеће	11.6	15.5	20.4	10.5	14	18.4	-9.5	-9.7	-9.8
Лето	14.5	19.4	25.4	16.6	22.2	29.1	14.5	14.4	14.6
Јесен	8.7	11.6	15.3	11.4	15.2	19.9	31.0	31.0	30.1
Σ	44	58.7	77.1	48.5	64.7	84.9	10.2	10.2	10.1
Ср. вр.	11	14.7	19.3	12.13	16.2	21.2	10.2	10.2	10.1

**Табела 12** Упоредни приказ средњих сезонских и годишњих губитака земљишта за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године за различите вредности нагиба падине

*Table 12 Comparative review of mean seasonal and annual soil losses for the period of 1991-2013 in relation to the reference period of 1961-1990 for various values of the inclination of the slope.*

Годишњи губици земљишта, на руралном подручју Београда, за период 1991-2013. година у односу на референтни период 1961-1990. година и нагиб падине од 8% и 10,2% већи су за 10,2%, док су за нагиб падине од 12% већи за 10,1% (табела 12, слика 3).



Слика 3 Упоредни приказ губитка земљишта за рурално подручје Београда у зависности од нагиба падине за референтни период (1961-1990. година) и период 1991-2013. година

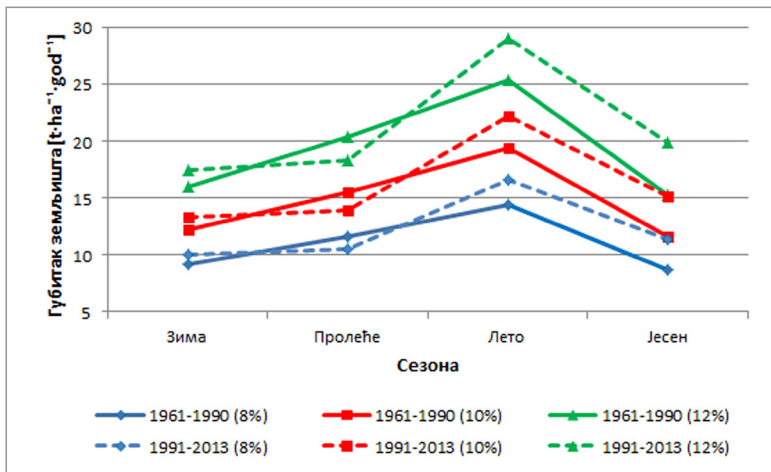
*Figure 3 Comparative review of the soil loss for the rural area of Belgrade, depending on the inclination of the slope for the reference period (1961-1990) and the period 1991-2013.*

На нивоу сезоне за период од 1991 - 2013. године губици земљишта на падини од 8% износе: за зиму  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , пролеће  $10,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , лето  $16,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  и јесен  $11,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ . За период од 1961 - 1990. године губици земљишта на падини од 8% износе по сезонама: за зиму  $9,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , пролеће  $11,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , лето  $14,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  и јесен  $8,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ .

За падину под нагибом од 10% за период од 1991 - 2013. године губици земљишта по сезонама износе: зима  $13,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , пролеће  $14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , лето  $22,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , јесен  $15,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ . За исту падину за период од 1961-1990. године по сезонама губици земљишта износе: зима  $12,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , пролеће  $15,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , лето  $19,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , јесен  $11,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ .

За падину под нагибом од 12% за период од 1991 - 2013. године по губици земљишта по сезонама износе: зима  $17,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , пролеће  $18,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , лето  $29,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , јесен  $19,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , док су за исту падину за период од 1961-1990. године износе: зима  $16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , пролеће  $20,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , лето  $25,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , јесен  $15,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ .

Разлика у губицима земљишта по сезонама је скоро уједначена у односу на нагиб падине, међутим значајне су разлике између сезона у оквиру истог нагиба падине (слика 4). Највећи однос у губицима земљишта за период 1991 - 2013. у односу на период 1961-1990. година јесу у сезони јесен и износе од 30,1-31,0%, а најмањи у сезони пролеће где имамо смањење губитака од 9,5-9,8% (табела 12). У сезонама зима и лето губици земљишта по сезонама повећани су за 8,7-9,4%, односно 14,4-14,6% (табела 12).



Слика 4 Упоредни приказ губитка земљишта по годишњим сезонама за рурално подручје Београда у зависности од нагиба падине за референтни период (1961-1990. година) и период 1991-2013. година

Figure 4 Comparative review of the soil loss for the rural area of Belgrade, depending on the inclination of the slope for the reference period (1961-1990) and the period 1991-2013.

Упоредни приказ просечних месечних губитака земљишта показује да је смањење губитка земљишта карактеристично за месеце март, април, мај, јун и децембар, а повећање за остале месеце (табела 14). Највеће повећање просечних месечних губитака земљишта карактеристично је за месец октобар и износи у зависности од нагиба падине од 86,7-90,9%, док је највеће смањење присутно у јуну месецу (39,1-39,7%).

Месец	Губитак земљишта A [t · ha <sup>-1</sup> · god <sup>-1</sup> ]						Разлика између периода 1991-2013. и референтног периода 1961-1990. у %		
	Период								
	1961-1990.			1991-2013.			Нагиб падине		
	Нагиб падине			Нагиб падине					
	8%	10%	12%	8%	10%	12%	8%	10%	12%
I	2.9	3.9	5.2	4.1	5.4	7.1	41.4	38.5	36.5
II	2.5	3.4	4.5	3.2	4.3	5.6	28	26.5	24.4
III	3	4	5.2	2.7	3.6	4.8	-10	-10	-7.7
IV	3.8	5	6.6	2.9	3.9	5.1	-23.7	-22	-22.7
V	4.9	6.5	8.6	3.4	4.6	6	-30.6	-29.2	-30.2
VI	6.9	9.2	12.1	4.2	5.6	7.3	-39.1	-39.1	-39.7
VII	4.5	6	7.9	7.7	10.2	13.4	71.1	70	69.6
VIII	3.1	4.1	5.4	5.1	6.8	8.9	64.5	65.9	64.8
IX	3.1	4.2	5.5	3.9	5.1	6.8	25.8	21.4	23.6
X	2.2	3	3.9	4.2	5.6	7.4	90.9	86.7	89.7

XI	3.4	4.5	5.9	3.8	5.1	6.6	11.8	13.3	11.8
XII	3.7	4.9	6.4	3.4	4.5	5.9	-8.1	-8.2	-7.8
<b>Σ</b>	<b>44</b>	<b>58.7</b>	<b>77.2</b>	<b>48.6</b>	<b>64.7</b>	<b>84.9</b>	<b>10.2</b>	<b>10.2</b>	<b>10.1</b>

**Табела 13** Упоредни приказ средњих месечних губитака земљишта за период од 1991 - 2013. године у односу на референтни период од 1961 - 1990. године за различите вредности нагиба падине

**Table 13** Comparative review of mean monthly soil loss for the period of 1991 - 2013 in relation to the reference period of 1961 - 1990 for various values of the inclination of the slope

Упоредни приказ просечних месечних губитака земљишта показује да је највећи губитак земљишта био у јуну месецу за нагиб од 12% и за период од 1961 - 1990. године износи  $12,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , а за период од 1991 - 2013. године износи  $13,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , а најмањи губитак земљишта је у фебруару за нагиб од 8 % и за период од 1961 - 1990. године износи  $2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , а за период од 1991 - 2013. године најмањи губитак земљишта је марту месецу и износи  $2,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 14).

## Закључак

Убрзани процеси ерозије се дешавају као реакција на промену режима падавина из више разлога. Промене еродибилности земљишта дешавају се услед смањења концентрације органске материје у земљишту, а последица тога је повећање осетљивости земљишта према еродирању.

На основу резултата истраживања на експерименталној површини у руралном делу Београда (Јајинци), анализиран је и ефекат промене количине падавина на губитак земљишта.

Најважнији ефекат промене режима падавина за период од 1991-2013. у односу на референтни период од 1961-1990. године на ерозију земљишта и површинско отицање је промена у запремини и ерозионој снази падавина.

Повећање губитка земљишта за урбано подручје Београда је у складу са повећањем нагиба и режимом падавина. Према анализи количине падавина за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године највећи губици земљишта су током лета, а најмањи током зиме.

Анализом падавина за подручје Београда може се закључити да је дошло до промена у режиму падавина током последње две деценије, односно упоређивањем периода 1991-2013. година са референтним периодом 1961-1990. година. Промена режима падавина условила је повећање губитка земљишта на годишњем нивоу, са тим што су разлике у повећању/смањењу губитка земљишта разликују по сезонама.

Анализом утицаја повећаних вредности фактора дејства кише (R) на губитак земљишта по USLE једначини за рурално подручје Београда показују да је дошло до повећања губитка земљишта у просеку за 10,2% за нагиб падине од 8%, 10,2 за нагиб падине од 10% и 10,1% за нагиб падине од 12% за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године.

На основу анализе падавина добијено је да је највећи губитак земљишта карактеристичан за падину која је под нагибом од 12% и то за лето и износи  $29,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  за период од 1991 - 2013. године.

Промене у режиму падавина имају све јачи утицај на ерозију земљишта. Периоди са смањеном количином падавина су карактеристични за зиму (ДЈФ) што утиче на губитак земљишта, а повећање падавина је карактеристично за лето (ЈЈА) када је и највећа опасност за веће губитке земљишта.

**ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Антић М., Јовић Н., Авдаловић В. 1980: Педологија. Универзитет у Београду. Шумарски факултет.
- [2] FAO 2014: <http://www.fao.org>.
- [3] Ferro & Porto 1999: A comparative study of rainfall erosivity estimation for southern Italy and southeastern Australia. Hydrological Sciences—Journal, 3-24.
- [4] Foster R., Toy E., & Renard G. 2003: Comparison of the USLE, RUSLE1.06c, and RUSLE2 for Application to Highly Disturbed Lands. Denver: University of Denver.
- [5] Кадовић Р. 1999: Противерозиони агроекосистеми. Универзитет у Београду. Шумарски факултет.
- [6] Костадинов С. 2008: Бујични токови и ерозија. Универзитет у Београду. Шумарски факултет.
- [7] Maeda E., Pellikka P., Siljander M., Clark B. 2010: Potential impacts of agricultural expansion and climate change on soil erosion in the Eastern Arc Mountains of Kenya. Geomorphology 123 (2010) 279–289
- [8] Renard & Freimund 1993: Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. Journal of Hydrology 157 (1994) 287-306.
- [9] Yu & Rosewell 1995: A Robust Estimator of the R-factor for the USLE. Journal of Soil Conservation
- [10] [www.hidmet.gov.rs/ciril/osmotreni/naslovna.php](http://www.hidmet.gov.rs/ciril/osmotreni/naslovna.php) P

Вјачеслава Матић<sup>1</sup>, Гордана Ђукановић<sup>1</sup>

## Bioecological materials for soil and water protection

### Биоеколошки материјали за заштиту земљишта и вода

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Viseslava 1, Belgrade

#### Abstract

The priority of bioecological materials is their efficiency, price, ready production, application, as well as the aesthetics and the rate of matching in the natural environment. The necessity of their wider application in our country, because of the cost efficiency and supporting the world trends and achievements.

The increased concern for ecology and environmental protection brought about the development in the application of natural vegetation materials, as well as their residues in the form of prefabricated elements (bands, mats) in slope protection against erosion especially in civil regions.

**Keywords:** erosion control materials, bioengineering, biofixators, erosion, ecology, erosion control

#### Извод

Живе материјале за биоинжењерску заштиту земљишта и вода, чине траве, жбуње и дрвеће које је својим биолошким својствима као и испитиваном применом, у нашим условима, показало задовољавајућу трајност, отпорност и успешност. То је, током времена, испитивано у овом раду и са неким врстама које овде немају већу примену у биоинжењерингу. Као што се из података и резултата рада може видети, клеке имају боље карактеристике и већу могућност примене, него хамеципариси, који су, опет декоративнији и погоднији за урбане средине. Клеке се боље примају и показују интензивнији раст у почетној, најважнијој, фази биоинжењерске заштите замљишта и вода.

Ова област екологије захтева још шира и бројнија истраживања, како би још већи број биљних врста и њихових живих грађевина био примењен у овој значајној делатности. Биоинжењерске грађевине имају предност над конструкцијским јер су: еластичне, отпорније, трајније, флексибилније, лакше се постављају, одржавају, јевтиније су и много природније. У случају потребе могу се комбиновати са конструкцијским материјалима, што се и препоручује.

## Introduction

Bioengineering erosion control materials are employed in the sanitation of eroded regions along railways, motorways, river banks, lagoons, on sand dunes and in deforested urban zones. They are often made of different natural materials, i.e. plant fibers and residues formed into strips of different dimensions and joined with geosynthetic base and joining materials. Sometimes they are grass sown. They are primarily applied in the protection against erosion, but they easily blend with the surrounding landscape and have a high level of applicability.

They are easy to install and move, which make them suitable for the establishment of green areas, sports grounds, parks and other similar places. When they have a reinforced structure, they can be used for frequently trodden areas.

## Materials and methods

Green fixtures can be made of straw, grass, bast, twigs, reed, cornstalks and other plant fibers, joined with synthetic (for instance polypropiletic ) threads. They can also contain grass or shrub seed or we can expect indigenous, autochthonous vegetation to spread through the loose structure of these "bioplasters".

Biomaterials are being increasingly used in ecological engineering nowadays. Plants spread through and assimilate "green fixators" which are primarily used in the initial phase of surface soil protection. Pushing their way through their loose structure, plants begin to anchor the imperilled soil.

«Biofixators» are composed of various plant materials and they have a wide range of application in the protection against erosion, particularly in urban areas.

In order to prevent surface erosion of urban zones, public building operations require the installation of plant surface structures (covers), which enable a quick and easy development of indigenous or sown vegetation. The tree root systems anchor the surface soil layer, while the above-ground parts protect it from the influence of atmospheric water, thus making the surface soil firm. Phytocovers are used in the protection of bound and sand soil, river or lake banks, coastlines, as well as loose soil (Matic, V., 1998).

The experience of some foreign countries (Spain, South America) tells us that these green fixators last twelve to eighteen months, which is enough for indigenous or sown vegetation to develop in erosion affected areas. After that they are no longer needed. The most common dimensions of the "Biofixators" are 1.20 x 60m and 2.40 x 42m, with both surface and inner reinforcement with polymeric threads.

We use wedges, 4 mm in diameter and 200m deep to firm "phytofixators" to the base. They are packed in trunks or rolls of different weight, which depends on where and how they are going to be used. (Begemanin/Schiehtl, 1986).

Another kind of protection against erosion is the use of shrub and tree seedlings. They are placed at contour lines at certain intervals, with the aim of reinforcing soil by covering its surface and enriching it with plant residue. This kind of control is most frequently used in inhabited areas because it is both economical and aesthetically pleasing.

Plant selection should be governed by the site conditions: climate, soil, exposition, moisture and other environmental factors. There is a great number of domestic and allochton forest and decorative species that can find use in such protection in our region. The selection process is a responsible

task, in which the purpose of the protected area must also be considered so that the selected species can be decorative, medicinal or melliferous. Therefore we have examined performance of certain decorative species at the slope of 45°, exposed to the west in the part of Belgrade called Košutnjak.

We used three different decorative shrub species, which were well adapted to the conditions of the locality and had well developed underground and above-ground parts with the aim of prevention surface and gully erosion of the slope.

Five year old seedlings, balled and burlapped to prevent evaporation and mechanical injury, were placed on the slope in horizontal rows at 1.5 x 1.5 intervals. They were placed on the sample plot at the beginning of March in 2011.

The following empirical formula was used to define the depth of soil binding (Begemanin/Schiechtl, 1986):

$$d = m \times l$$

$$d = 2.28 \text{ m},$$

from the site conditions:

- angle of inner friction  $\beta$  25°;
- slope angle  $\beta$  45°;
- slope length  $l = 12.00 \text{ m}$ ;
- distance between biological shelterbelts 1.5 m;
- $m = 0.205$

## Research results, discussion

This research was performed with available decorative species. We used the following five year old seedlings:

- *Chamaecyparis thyoides* (L.);
- *Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don);
- *Juniperus communis* (L.)

They belong to Cupressaceae Bart family, *Chamaecyparis* Spach genus (which means a small cypress).

*Chamaecyparis thyoides* (L.) and *nootkatensis* (D. Don) is known as cypress. It is native to the coast of the Pacific and northwest California, occurring up to 1,500 m (4,900 ft) altitude and as far as 70 km inland. It attains a height of 30-40 m, with a diameter from 1.5 to 3 m. When young, it grows slowly, then faster. It is frost resistant and tolerates temperatures as low as -22 or -25°C. It is a shade species, adapted to a wide range of soils. It grows both in base and salty soils. When there is enough moisture, it can grow in loamy soils as well. The best growth occurs in deep, fresh clay soils. In humid climates, it has a mighty root system which makes it wind-resistant. It is also tolerant of smoke and air pollution, although it is susceptible to dry air and dry soil. It is disease resistant. It is a valuable hard, aromatic tree species, which makes it suitable for furniture manufacture. It can be propagated by seeds,



cuttings, grafting (green cuttings) or stump sprouts. There are hundreds of cultivated forms which are common in parks. In our country short forms are most common. It can appear in alpinums, be planted in groups and used as a hedge.

Family: Cupressaceae Bartl.

Genus: *Juniperus* L.- juniper

Its name originates from the word junior which means young, meaning that it produces seed and fruit when young. It is an evergreen, monoecious tree or shrub, propagated by seeds, ground layering or grafting. It is often decorative. There are about 50 different species in the temperate region of the north hemisphere. They are all phytoncidic species. They can grow in almost any kind of soil and they are frost resistant. Many species and forms are very decorative. They have a wide spreading stem, more than a meter high. Only male specimens can attain a height of 3m and the same width. There are a lot of mutations, since they are widespread and widely used.

The soil of the sample plot belongs to smonitza soil. It has a fairly deep solum and regarding its texture it belongs to loamy clay, which cause low permeability. It has a neutral chemical reaction on the surface horizon, while its pH factor slightly increases with the depth of solum. It is non-carbonated. Because of its heavy texture, it has a high level of absorption, as well as of absorbed cations and base saturation. There is only a small amount of humus, which makes it deficient in nitrogen. Phosphor is in short supply throughout the whole depth. Potassium, which plants need for their growth, occurs only in humus accumulative layer, while there is much.

The seedlings were not cared for, but they grew well at the beginning of the vegetation period in 2008. At the end of August, some of the *Chamaecyparis* seedlings showed signs of drying, which became more obvious at the end of September. By the beginning of November 52% of seedlings had dried, most of which were

## Discussion

*Chamaecyparis*, while junipers showed better resistance to drought, which is shown in next diagram 1:

Although planting productivity was not so good its effects are very significant. Root systems reinforced the soil of the slope and considerably prevented the process of washing and carrying away the soil. The aboveground plant parts protected the slope from pluvial erosion and from raindrops bombarding the surface. Planting contributed to the aesthetic quality of the locality and the improvement of the local microclimate.

The percentage of dried *Chamaecyparis thyoides* (L.) reached 92 %, which was a significant value and it caused a new erosion threat.

Unfavorable climate conditions – temperatures above 40 °C with little precipitation, i.e. drought – caused significant drying of *Chamaecyparis* seedling. Mighty beech trees in the vicinity of the sample slope also had a bad influence on the growth of the seedlings. Beech trees fill in underground aquifers, taking in a great amount of water at the same time, especially when the temperatures are high and they are exposed to direct sun. This caused a lack of water in the area surrounding the slope, which was intensified by the clay type of soil.

All in all, such conditions reduced the amount of moisture that these young plants with relatively shallow root systems needed for their growth (0.5 – 1.0 m) and brought about partial drying of newly planted seedling. This didn't refer to junipers, which survived despite the unfavorable climate

conditions and the lack of care and maintenance. They served their erosion control purpose since the angle of inner friction increased to  $\beta$  460, as shown in the results of geomechanic testing.

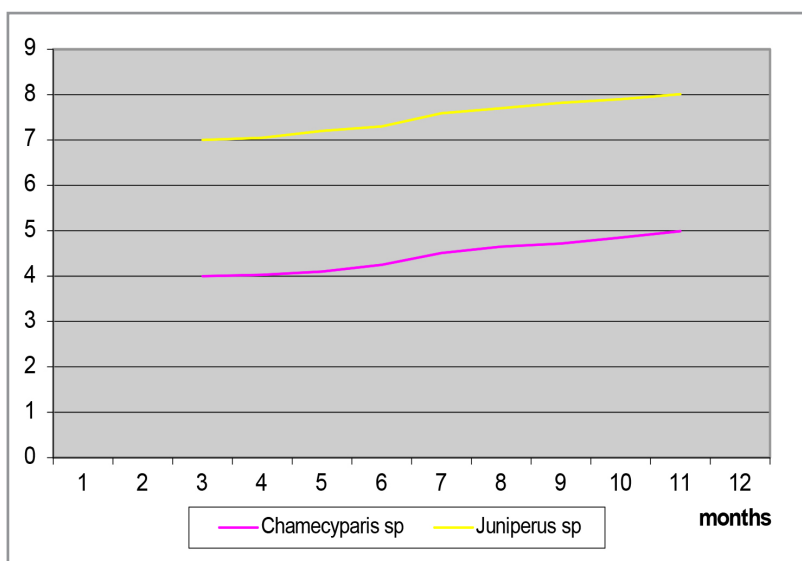


Diagram 1 Seedling growth

## Conclusions

"*Fitofixators*", both as elements made of plant parts and as live phytomaterials, can be greatly used in the erosion control of slopes, watercourses or erosion affected river basins.

This research shows that, unlike construction materials, bioengineering materials require at least minimal maintenance in the initial stage, but as soon as they begin to function as erosion control agents, further maintenance is not necessary. On the other hand, construction materials need constant maintenance.

We can conclude this kind of protection is not suitable for sizeable areas, because they are directly affected by climatic factors (measures of initial maintenance cannot be applied in the most critical period), which means that erosion control works are strongly exposed to climate risks.

In all other respects, vegetation, as the only natural protection against erosion, is by all means the most suitable and ecologically approved way of protection, which is proved by the increase in the angle of inner fraction of the examined slope soil.

Vegetation protection of slopes against erosion increases soil depth and enriches it with humus and other elements that plants need. It also improves the soil composition and enriches the underground water resources. It has a favorable influence on the microclimate of the site.

This research shows that the application of erosion control engineering in the protection of slopes is effective in many ways, which calls for new researches into ways of using different species of grass, trees and shrubs in the local site conditions.

## **Acknowledgements**

To Ministry of Science and Technological Development of The Republic of Serbia: for the financial aid for the Project: "New bioecological materials for soil and water protection" register number TR 37002.

### **REFERENCES:**

**Kruedener v A. (1951):** Ingenieur – Biologie. Reinhardt Verlag, Munchen / Basel, 1-171

**Brunet, G. (1999):** Bank stabilization with ecological engineering, Portsmouth, USA, 51-157

**Kohnke, B. (1972):** Конзервација тла, Свјетлост, Сарајево, 1-271

**Matić, V. (1999):** intrusion protection and slope improvement along communication lines. Monograph, Environmental protection of urban and suburban settlements, Volume II, Novi Sad, Еколошки покрет града Новог Сада, 59-62

**Матић, В., Шле, Н. (1999):** Употреба различитих материјала за облагање малих токова и њихов утицај на животну средину, Екологија Серија Д, Београд, 388-390

**Матић, В. (2000):** Савремени противерозиони материјали. Монографија. Шумарски факултет, Београд, 1-104

## Саопштење са стручног скупа "БУЈИЧНЕ ПОПЛАВЕ У СРБИЈИ маја 2014. године"

### Announcement of meeting of experts "TORRENTIAL FLOODS IN SERBIA May 2014 year"

На Шумарском факултету Универзитета у Београду одржан је, дана 06.06.2014. године, стручни скуп „Бујичне поплаве у Србији маја 2014. године“. Скуп је отворен у присуству министарке пољопривреде и заштите животне средине проф. др. Снежане Богосављевић-Бошковић, помоћнице министра за грађевинарство, саобраћај и инфраструктуру дипл. инж. Лепосаве Сојић, градског секретара за заштиту животне средине Града Београда дипл. инж. Горана Тривана, генералног директора ЈВП „Србијаводе“ дипл. инж. Горана Пузовића, генералне директорке ЈП „Војводинашуме“ дипл. инж. Марте Такач, представника ЈП „Србијашуме“, Управе за шуме, Републичке дирекције за воде, Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије, представника водопривредних предузећа, академске заједнице и бројних представника медија.

После уводних излагања уследила је дискусија у којој су учешће узели појединци из научно-истраживачких институција, са факултета Универзитета у Београду, представници водопривредних организација и републичких институција. Такође, неколико дана после скупа стизале су електронске поруке са текстом и коментарима учесника, који на самом скупу нису могли да изнесу ставове, због ограниченог времена. Анализом и синтезом уводних реферата, дискусија и пристиглог материјала, формиран су следећи

#### ЗАКЉУЧЦИ СКУПА

##### Карактеристика бујичних поплава у мају 2014.

Бујичне поплаве, које су маја 2014. године погодиле делове Србије, последица су тешко предвидивог климатско-метеоролошког феномена мале вероватноће појаве, са тродневним падавинама од 120-200 литара по квадратном метру. Особине циклона (статичност, трајање, просторни обухват, просторно-временска дистрибуција падавина), довеле су до формирања бујичних поплава на простору који обухвата преко 20.000 km<sup>2</sup>. Ово представља преседан у односу на претходне метеоролошко-хидролошке догађаје, доступне нашем памћењу, који су

захватили површине од неколико стотина до неколико хиљада квадратних километара. Ипак, површна хронолошка анализа показује да је у периоду 1996-2014, само слив Колубаре четири пута имао разорне бујичне поплаве, слив Дрине три пута, по једном сливови Јужне, Велике и Западне Мораве, Тимока и Пчиње.

***Деструктивност бујичних поплава из маја 2014. године могла је бити знатно мања, да су последњих десетак година примењивани превентивни радови и мере, што је нужно како би се предупредиле последице појаве сличних метеоролошко-хидролошких екстрема, у условима текућих климатских промена.***

### **Ризик од појаве бујичних поплава у Србији**

- У Србији је регистровано око 11.500 бујичних водотокова, док бујичне поплаве представљају најчешћу појаву из арсенала тзв. "природних ризика" (речне поплаве; суше; снежне лавине; клизишта и одрони; појава града; пожари на већим шумским комплексима; олујни ветар; земљотреси). Ерозиони процеси, као један од фактора настанка бујичних поплава, присутни су на 75% територије Србије, са просечном годишњом продукцијом ерозионог материјала од 37 милиона м<sup>3</sup>, од чега око 9 милиона м<sup>3</sup> доспева у речна и поточна корита (узрок појаве енормних количина блата и камена у поплавленим местима и градовима).
- У периоду 1950-2014, бујичне поплаве су однеле преко 80 живота и проузроковале материјалне штете од неколико милијарди евра. Учесталост појаве бујичних поплава, интензитет и распрострањеност, чине их сталном претњом са последицама у еколошкој, економској и социјалној сфери.

***Србији прети сталан ризик од бујичних поплава, на готово читавој територији.***

### **Промене законске регулативе у циљу превенције бујичних поплава**

- Израда и усвајање Закона о финансирању водопривреде;
- Измене постојећег Закона о водама (посебно члана 23, којим се заштита од ерозије и уређења бујица преносе у надлежност локалних самоуправа, које немају стручне нити финансијске ресурсе да се тиме баве, што се и показало маја 2014. године);
- Усклађивање постојећих законских одредби у Закону о водама, Закону о шумама, Закону о пољопривредном земљишту, Закону о заштити животне средине и Закону о заштити природе, са аспекта заштите од ерозије и превенције бујичних поплава.

***Неопходне су промене постојеће законске регулативе како би се обезбедили стални и стабилни извори прихода за финансирање одбране од бујичних поплава и елиминисала лоша решења у актуелном Закону о водама.***

### **Организационе и административне мере**

- Мултидисциплинарни приступ у организовању и финансирању радова на заштити од ерозије и уређењу бујичних сливова, подразумева финансирање из сектора водопривреде, шумарства, пољопривреде, енергетике, саобраћаја и инфраструктуре, као и свих других заинтересованих привредних делатности које трпе штете од

бујичних поплава и деградационих процеса;

- Интегрално решење проблема заштите од ерозије и бујичних поплава, као и деценијско занемаривање овог аспекта, захтева формирање посебне организационе јединице (управа или дирекција) унутар ресорног Министарства пољопривреде и заштите животне средине;
- Стручно и материјално јачање водопривредних предузећа, као и трансформација власничког статуса, у складу са потребама Републике Србије. С обзиром на велики јавни значај њихове делатности, неопходно је да буду у државном власништву, као што је то случај у развијеним земљама (Аустрија, Француска, САД, Мађарска);
- Реализација „хоризонталне“ координације на нивоу ресорног Министарства пољопривреде и животне средине, када је у питању повезивање организационих јединица из области водопривреде, шумарства и пољопривреде (Дирекција за воде; Управа за шуме; Управа за пољопривредно земљиште), како би се остварио адекватан третман простора брдско-планинских сливова, са аспекта превенције ерозионих процеса и бујичних поплава.

***Формирати посебну организациону јединицу за заштиту од ерозије и уређење бујица, унутар ресорног Министарства пољопривреде и заштите животне средине, обезбедити доминантно државно власништво над водопривредним предузећима и финансирање радова на бази учешћа свих заинтересованих сектора.***

### **Израда стратешких докумената**

- Национална стратегије за контролу ерозије земљишта и одбрану од бујичних поплава;
- Карта ерозије Србије;
- Катастар бујичних токова Србије;
- Катастар изведених противерозионих радова.

Карта ерозије Србије, Катастар бујичних токова Србије, и Катастар изведених противерозионих радова треба да буду интегрални део Водопривредног информационог система Србије.

### **Обавезе локалних самоуправа**

- Израда Плана за проглашење ерозионих подручја и Оперативних планова за одбрану од поплава на бујичним водотоковима;
- Спровођење урбанистичког и комуналног реда (строга контрола градње у плавним зонама; забрана одлагања смећа и отпада у зони приобаља и речних корита);
- Усклађивање просторно-планске и урбанистичке документације са Плановима за проглашење ерозионих подручја и Оперативним плановима за одбрану од поплава на бујичним водотоковима.
- изградња капацитета јединица локалних самоуправа за борбу са проблемима ерозије и бујица, кроз запошљавање специјализованих кадрова (дипл. инж. шумарства за еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса; дипл.инж. водопривреде ерозионих подручја; дипл. инж. шумарства за заштиту од

ерозије и уређење бујица; поменути кадрови се школују на Шумарском факултету Универзитета у Београду, више од 60 година, кроз наставне програме усаглашене са водећим светским институцијама у овој области).

- Инсталирање система за рану најаву бујичних поплава на нивоу локалних самоуправа

*Локалне самоуправе треба да формирају сопствене кадровске капацитете за превенцију ерозије и одбрану од бујичних поплава, припреме планску документацију, обезбеде услове за спровођење урбанистичког и комуналног реда и инсталацију система за рану најаву бујичних поплава.*

#### Стање система за заштиту од ерозије и одбрану од бујичних поплава у мају 2014. године

- Србија има дугу традицију у домену заштите од ерозије и бујичних поплава, старију од 100 година, о чему сведочи неколико хиљада техничких објеката (преграде за заустављање наноса; регулације бујичних корита; микро-акумулације и ретензије; обалоутврде), и преко 120.000 ha земљишта третираног биотехничким и биолошким објектима (пошумљене голети; саниране јаруге; успостављени ило-филтерски системи; заштићене оранице, ливаде, пашњаци и воћњаци).

- Објекти за заштиту од ерозије и одбрану од бујичних поплава су јавна својина у власништву Републике Србије, за које су прописани стандарди, нормативи и законске обавезе у погледу одржавања и коришћења. У периоду од 2006-2013. године забележен је историјски минимум у финансирању противерозионих радова, са распоном годишњих издвајања од 0.101-0.822 милиона евра, иако су годишње потребе око 30 милиона евра. Запостављено одржавање изграђених система утиче да објекти губе своје пројектоване карактеристике и функционалност, што повећава обим и деструктивност бујичних поплава.

*Неопходна је изградња нових система за заштиту од ерозије и бујичних поплава, уз одговарајуће одржавање и поправке постојећих објеката, како би се обезбедио минималан степен сигурности територије Србије.*

У Београду, 06.06.2014. године

## Сећање на дипл. инж. Бранислава Трифуновића

### Memory of Branislav Trifunović, B.Sc.

Бранислав Бане Трифуновић је рођен 18. августа 1927. године у Кобиљу код Крушевца. Основну школу је завршио у свом родном месту а гимназију у Крушевцу 1946. године. Шумарски факултет – дрвно индустријски смер је завршио у Београду 1950. године. Ванредно је завршио Економски факултет у Београду 1962. године и Средњу грађевинску школу – смер хидротехнике у Новом Саду 1969. године.

Цео свој радни век провео је у шумарској струци и то као референт за обнову и гајење шума у Шумској управи Брус од 1951 до 1953. године, а затим као шеф Шумске управе Богутовачка бања од 1953 до 1955. године. Од 1955 до 1974. године своју активност је усмерио на заштиту земљишта од ерозије и уређење бујица у својству директора Водопривредне организације Западна Морава у Краљеву, а затим у Регионалној привредној комори у Краљеву од 1974 до почетка 1976. године, након чега прелази у Техногас у Београду. Крајем 1976. године бива изабран за генералног директора Сложене организације удруженог рада (СОУР) Србијаводе, у којој се успешно бави оперативним и развојним проблемима водопривреде Србије

У периоду рада Банета Трифуновића водопривреда Србије је била веома просперитетна, а посебно у области заштите од штетног дејства вода, односно заштите земљишта од ерозије и уређењу бујичних сливова. Пензионисан је 1994. године. Не запостављајући своју струку активно се посветио друштвеном раду у Удружењу бујичара Србије, у којем је проглашен за почасног члана под редним бројем 3.

Наш колега Бранислав Трифунуваћа, звани Бане Грк, преминуо је 18. децембра 2104. године у Београду у својој осамдесетосмој години.

Инж. Вељко Милојевић





## УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

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 brzo-rastućim 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).





**Удружење бујичара Србије**

Кнеза Вишеслава 1, Београд

[www.udruzenjebujicara.com](http://www.udruzenjebujicara.com)



**Инжењерска комора Србије**

Булевар војводе Мишића 37, Београд

[www.ingkomora.org.rs](http://www.ingkomora.org.rs)



CIP - Katalogizacija u publikaciji

Narodna biblioteka Srbije, Beograd

626/627:631.6

EROZIJA: naučno-stručni časopis za uređenje bujica i zaštitu od erozije = torrent and erosion control / odgovorni urednik Stanimir Kostadinov. - 1970, br. 1 - . -Beograd (Kneza Višeslava 1) Šumarski fakultet : Udruženje bujičara Srbije, 1970 - (Vrčin : Dico). - 24 cm

ISSN 0350-9648 = Eroziija

COBISS. SR-ID 15956226