

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

ЕРОЗИЈА

Број 43

UDK 626

ISSN 0350-9648



Београд, 2017. 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 уредници

Милутин Стефановић, дипл. инж. шум.
Марко Урошевић, маст. 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.udruzenjebujicara.com

Тираж: 250

Штампа

Тукан принт

ЕРОЗИЈА

Scientific Journal of erosion and torrent control

Научно-стручни часопис за уређење бујица и заштиту од ерозије

Editor in Chief

Prof. Stanimir Kostadinov

Advisory Board

Prof. Stanimir Kostadinov, Prof. Nada Dragović, Prof. Miodrag Zlatić,
Prof. Snežana Belanović, 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

Technical editors

Milutin Stefanović, dipl. ing.
Marko Urošević, MSc eng. of forestry

Publisher

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

Circulation: 250 copies

Print

Tukan Print

садржај

contents

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА
WORD OF THE EDITOR

6

I ОРИГИНАЛНИ НАУЧНИ РАДОВИ

Ivan Blinkov

Брза дијагностика катастрофалног догађаја који се догодио 3. августа 2015. године у Полошкој области

Rapid Diagnostic of the Catastrophic Event Happened on 3rd August 2015 in the Polog Region 7

Оливера Кошанин, Маријана Новаковић-Вуковић, Милан Кнежевић, Рајко Милошевић

Утицај својстава земљишта на средње максималне висине у различитим еколошким јединицама шума букве на Великом Јастрепцу

The Influence of the Soil Properties on the Mean Maximum Height in the Various Ecological Units of Beech Forests on the Veliki Jastebac Mountain 28

Катарина Лазаревић, Тијана Вулевић, Нада Драговић

Оптимизација трајања реализације пројекта на примеру регулације Јелашничке реке

Optimization of Project Duration, Case of Jelašnička River Regulation Project 42

II СТРУЧНИ РАДОВИ

Миодраг Златић, Мирјана Тодосијевић, Нада Драговић, Катарина Лазаревић, Тијана Вулевић, Наталија Момировић, Никола Ракоњац

Методолошки приступ валоризацији штета од климатских промена у шумарству и заштити земљишта

Methodological Approach to Valorization of Damages in Forestry and Soil Protection Caused by Climate Changes 55

Проф. Слободан Гавриловић

Почети стручно-техничке борбе против бујичних поплава и ерозије у подручју Југославије и уже Србије

62

III УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF "EROZIJA"

71

РЕЧ ГЛАВНОГ УРЕДНИКА

Поштоване колегинице и колеге.

Опет смо суочени са проблемом финансирања издавања часописа, што је условило његово кашњење. Наиме, ово је број за 2017 годину и нисмо могли да га штампамо на време због недостатка финансијских средстава. Овај проблем се повећава из године у годину и требало би да Удружење бујичара на неки начин реши тај проблем. Сматрам да је време да се одржи Скупштина удружења, где би се поред осталих тема и проблема разговарало и о проблему издавања часописа „Ерозија“.

Знам да је ситуација са финансијама „сложена“, али уз добру вољу могло би да се нађе решење и за тај проблем. У том смислу апелујем на чланове Управног одбора да што пре закажу Скупштину удружења и уз остале текуће ствари (одржавање Сусрета бујичара, статус лицене бујичара, стручна и научна питања и др.) поразговарамо и часопису „Ерозија“ и финансирању његовог издавања.

Пре извесног времена нашао сам један затурен текст проф.С.Гавриловића који ми је био послат децембра 1991 године. Сматрам да би било интересантно за нашу стручну и научну јавност да се упозна са историјатом противерозионих радова у Србији од почетка тих радова. То може да буде подстерк за неког да напише наставак историјата тих радова до данашњих дана.

Проф. Станимир Костадинов

Ivan Blinkov^{1*}

БРЗА ДИЈАГНОСТИКА КАТАСТРОФАЛНОГ ДОГАЂАЈА КОЈИ СЕ ДОГОДИО 3. АВГУСТА 2015. ГОДИНЕ У ПОЛОШКОЈ ОБЛАСТИ

RAPID DIAGNOSTIC OF THE CATASTROPHIC EVENT HAPPENED ON 3RD AUGUST 2015 IN THE POLOG REGION

^{1*}Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Forestry

ivanblinkov12@yahoo.com

Abstract:

Torrent floods bring enormous harm to people and nature, but also can make long-term consequences. These natural hazards origin from the mountains but their consequences are usually felt in downstream sections, particularly in this case, consequences from flood event were felt in the settlements in Tetovo region located on the alluvial fans but in some mountain villages too. Almost all torrents that origin from the Shar Mountain made damages. More of them are dry during the year and there is flow only after heavy rainfalls or snow-melting.

Main objective of this study was to define reasons for this catastrophic event. i.e. reasons for appearance of high debris flow discharge and reasons for damages. Filed observation was done immediately after the event. Terrain was recognized, somewhere in detail. Satellite images done after the event were used too. Beside it, air video material and photoset was used to define some areas. Desktop work was focused mainly on various hydrological analyses.

Heavy rainfall and hail on the Shar Mountain result in huge runoff and discharge. Geological composition (schists and carbonates) and steep slopes, result in huge quantity of sediments even boulder that become part of discharge of this fluid. Sediment was formed as a result of various processes: pluvial and fluvial erosion (formed new gullies, deepened existed gullies, old deposits were eroded that means significant quantity of material was produced and become subject of downstream transport. Beside it, high intensity rainfalls and lateral erosion on the foot of the slopes caused landslides (slow or sudden falling of material into the torrent bed). As a result of weathering, rockfall and talus cone significant quantity of rocky material achieve the torrent bed too. Gravity and huge quantity of water transported all this material downstream in the villages. There were several processes into the stream beds: flowing, traction and rolling of higher particles, even sliding. Depend on the relief characteristics and hydraulic parameters of the stream bed, happened the following physical processes: debris flow, hyper concentrated flow, mud flow even debris slide. The volume of debris by Djepciski Poroj was estimated as 250000 m³ (part of this origin from previous flooding).

An absence of structural measures especially barrages and irregular land use pattern, absence of urban plans, houses along and even into the stream bed, caused enormous damages in the settlements including 6 died, a lot of injured, 24 families evacuated, damages on houses, bridges, roads, infrastructure, on hydraulic structure and on agricultural land. All torrents are assigned as debris flow or debris flood torrents.

Key words: torrent, erosion, debris flow

Апстракт:

Бујичне поплаве доносе огромну штету људима и природи, али такође могу донети и дугорочне последице. Ове природне опасности формирају се у планинама,

али се њихове последице обично осећају у низводним секторима, нарочито у овом случају, последице од поплава осетиле су се у насељима у региону Тетова који леже на алувијалним лепезама, али и у неким планинским селима. Скоро све бујице које потичу са планине Шар направиле су штете. Већина њих су суве током године, а проток постоји само након великих падавина или топљења снега.

Главни циљ ове студије је био да се утврде разлози за овај катастрофални догађај, тј. разлози за појаву наглог и великог протока и разлози за оштећење. Теренско истраживање је извршено одмах након догађаја. Терен је проучен до детаља. Коришћени су и сателитски снимци који су настали након догађаја. Поред тога, коришћени су и видео снимци из ваздуха и сет фотографија за дефинисање погранице подручја. Урађене су разне хидролошке анализе.

Интензивне кише и град на Шар планини узрок су великог отицаја и поплавних таласа. Геолошки састав (шкриљци и карбонати) и стрме падине, резултирају огромном количином седимената чак и већег камења који постају део бујичног тока. Нанос је настао као резултат различитих процеса: плувијалне и флувијалне ерозије (формиране су нове јаруге, продубљене постојеће, старе депоније наноса су еродирани, што значи да је произведена значајна количина материјала која се даље низводно транспортује. Осим тога, падавине високог интензитета и бочна ерозија у подножју падина узроковале су клизишта (спор или нагли пад материјала у зону таложења наноса). Због временског утицаја, одрона и осулинских лепеза (сипара), значајна количина каменог материјала такође стиже у зону таложења наноса. Гравитација и огромна количина воде транспортује сав тај материјал низводно ка селима. Постоји неколико процеса кретања наноса: ток, вуча, ваљање и клизање. У зависности од рељефних карактеристика и хидрауличких параметара воденог тока, десили су се следећи физички процеси: масовни пронос наноса, хипер концентрисани поплавни талас, блатни ток а и клизање наноса. Запремина наноса код Џепчијске Бујице процењен је на 250000 m³ (један део је од претходних поплава).

Одсуство противерозионих објеката у кориту, нарочито преграда и неправилан начин коришћења земљишта у сливу, одсуство урбанистичких планова, изградња кућа поред, па чак, и у водним токовима, изазивали су огромну штету у насељима, укључујући 6 погинулих, много повређених, 24 породице су евакуисане, оштећене су куће, мостови, путеви, инфраструктура, на хидротехничким објектима и на пољопривредном земљишту. Сви водотокови из тог подручја се сврставају у типичне бујичне токове и блатно камене токове

Кључне речи: бујичне поплаве, ерозија, пронос наноса

INTRODUCTION

Mountain regions especially with Alpine configuration are high-risk areas. Mountain hazards can cause damage, destruction, injury and death at any time and at any place on the slopes or downstream. Heavy rainfall and hail on the Shar Mountain result in huge runoff and high discharge of the torrents. But unlike river, significant quantity of sediments even boulder were part of discharge of this fluid. Sediment/debris was formed as a result of various processes. As a result of pluvial (rainfall) erosion and fluvial erosion (erosion by water discharge into the stream) were formed new gullies, existed gullies were deepened and widened, old deposits were eroded that means that significant quantity of material was produced and become subject of downstream transport. Beside it, high intensity rainfalls and lateral erosion on the foot of the slopes caused landslides (slow or sudden falling of material into the torrent bed). As a

result of weathering, rockfall and talus cone significant quantity of rocky material achieve the torrent bed too. Gravity and huge quantity of water transported all this material downstream. More than 10 torrents caused damages. All these streams including river Pena origin from the Shar Mountain and are typical mountain stream with torrential character. More of them are dry during the year and there is flow only after heavy rainfalls or snow-melting. The consequences of the event were: 6 dead, 11 injured, 24 families evacuated in Šipkovića village, Power cut off in several villages, damaged water supply system (Tetovo, Šipkovića...), damaged houses, 11 damaged bridges, 17 damaged roads, damaged hydraulic structures into the torrents bed, damages in the stream bed, affected agricultural land: 40 ha etc. Total costs of damages was estimate as 25 000 000 Euros.

THEORETICAL BACKGROUND

Torrent floods bring enormous harm to people and nature, but also can make long-term consequences and usually return development a few years back. These natural hazards origin from the mountainous regions but their consequences are usually felt in downstream sections, particularly in our case, consequences from flood event were felt in the settlements in Tetovo region. Level of destruction of the natural disasters damages depend on the natural but also depend on socio-economic conditions.

Stream basins are dynamic systems constituted by a complex arrangement of fluxes between the land and water environment. There are essentially three interconnected fluxes, not only of water but also of sediments/nutrients and pollutants. Stream velocity depends on the slope of the stream bed, the degree of roughness of the stream bed, and the hydraulic radius. Streams carry dissolved ions as dissolved load, fine clay and silt particles as suspended load, and coarse sands and gravels as bed load. Depend on the neighborhood area affected by heavy rain, stream carry additional material that could be transported as timbers, branches, woody structures, plastic particles and structures, even vehicles in extreme conditions. In this case, stream flow becomes debris flow. Debris flows are one of the most dangerous of all mass wasting events. They can occur suddenly and inundate entire towns in a matter of minutes. Debris flows are made of exactly what the name suggests: debris. This debris can include anything from the smallest mud particles to boulders, trees, cars, and parts of buildings. Debris flows occur when rain water begins to wash material from a slope or when water sheets off of a freshly burned stretch of land (<http://earthsci.org/flooding/unit3/u3-03-04.html>).

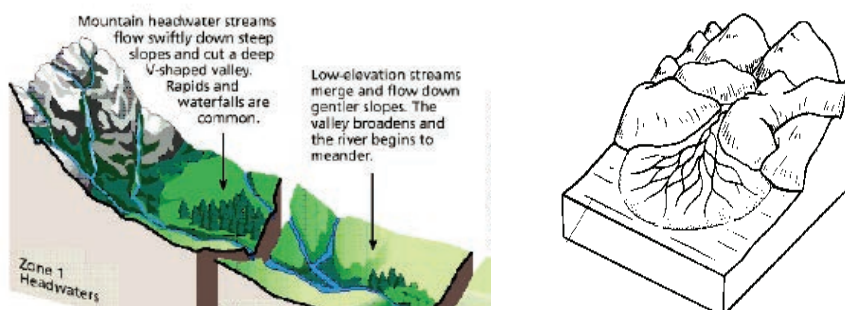


Figure 1. Torrent morphology

Generally in the upper part of the long profile there is more turbulence, lots of bed load and lots of roughness and friction. As more streams join the river, roughness decreases, discharge and velocity increases and the erosive power of bed load will decrease. As a result the gradient of the river will generally decrease creating a concave long profile with distance downstream and deposition serves to enhance this phenomenon further. Erosion in the upper valley is generally straight down into the bed, and vertical, helping to keep gradient steep. In the lower reaches erosion is lateral or side to side, reducing gradient and further enhancing the concave long profile. Base level is the lowest level to which erosion by running water can take place. Grade is the concept of a river being in equilibrium, with balance between the rate of erosion and deposition. This balance is constantly upset by changes in discharge and sediment load, and can alter over long periods of time because of changes in base level. Also, rivers can change across their channels, where variable discharges and loads cause channels to shift position and shape to adjust to these changing characteristics (<http://coolgeography.co.uk/A-level/AQA/Year%2012/Rivers,%20Floods/Long%20profile/Long%20profiles.htm>).

Natural geomorphologic processes influence stream basin fluxes to varying degrees. Peak of Discharge depends on various factors: rock and soil type; land use; rainfall intensity; relief characteristics; weather conditions before and during the event; conditions of soil before and during the event. Factors causing Erosion are: climatic factors, vegetation cover, soil characteristics, relief and human activities. Factors causing Landslides are: climatic, geological, morphological, relief conditions and human activities.

On the other hand damages depend on the human activities especially land use. Land management is considered one of the essential keys to identify and implement adaptation strategies to natural hazards (including, but not limited to, flood prevention) while preserving the sustainability of EU regional developments. The effects of certain land cover changes on sediment load and peak flows can be established in smaller watersheds but on basin scales this is scientifically not sufficiently explored territory. On that scales there are no simple cause and effect relationships but the system that influences those parameters on larger scales becomes highly complex. <http://floods.jrc.ec.europa.eu/land-use-modeling-and-natural-hazards.html>

Debris flows have volumetric sediment concentrations exceeding about 40 to 50%, and the remainder of a flow's volume consists of water. By definition, "debris" includes sediment grains with diverse shapes and sizes, commonly ranging from microscopic clay particles to great boulders. Debris flows are accelerated downhill by gravity and tend to follow steep mountain channels that debouche onto alluvial fans or floodplains. The front or 'head' of a debris-flow surge often contains an abundance of coarse material such as boulders and logs that impart a great deal of friction.

The debris mainly comprises large boulders, rock fragments, gravel- to clay-sized material, tree and wood mulch – materials that accumulate in the mountain creeks. To be susceptible to a debris torrent, a creek must have a drainage area within a critical range, a profile that is sufficiently steep, an accumulation of debris, and some form of triggering mechanism. The most common triggering mechanism is an extreme water discharge, which may result from a very intense rainfall or a temporary damming of the creek. (D. F. VanDine, 1985)

According to Johnson (1970) debris flows, whether channelized or unchannelized, are rapid flows of unsorted debris that normally show visco-plastic or dilatant rheology or some combination of these. Debris torrents, by contrast, show a combination of dilatant and uniformly dispersed grain flows (Takahashi, 1981). Eisebacher (1982) pointed out that Europeans use the term "torrent" (a translation of "*wildbach*" according to Eisebacher, Aulitzky's translator, and

an obvious equivalent of the French “*torrent*” and Italian “*torrente*”) to refer to a mountain stream. (ex-cited by Slaymaker O. 1988)

AIMS AND OBJECTIVES

The aim of this study was to be done rapid diagnose of the catastrophic event happened on 3rd August 2015 in Tetovo region

The basic questions were:

- What were the reasons for hazard?
- What was the reason for huge damages?
- What type of torrential event happened?

METHODOLOGY

The prime activities were preliminary desktop analysis: collecting all necessary available maps, collection all necessary data, measuring of the basic parameters of the torrent catchments.

During the field work were spent several days not only in the affected settlements but on the catchments too. Some measuring of some necessary parameters was done (slopes, bed dimensions...) were taken pictures and clips. Significant data about the event was collected through interviewees with people from the affected region.

After the field work various analysis were done. Data was transmitted on the maps, were used maps produced by Copernicus SRM. Analysis of literature data especially historical data about the past events was done. All these analyses were done to be answered the first two questions.

For the definition of torrent type was used Aulitzky classification. Aulitzky (1980) suggested two-fold classification.

1. Classification according to the extreme catastrophic behavior on the debris cone (debris fan, lower course, redepositional reach or on another point of the basin)
 - 1.1. Debris flow torrents – They characterised by non-Newtonian viscous, gravitational flows with pulsating and blocking debris discharge reaching velocities up to 30 ms⁻¹.
 - 1.2. Debris flood torrents – They are subject to viscous mass flows without pulsating and blocking debris flows. They have lower velocities and less transporting power than debris flow torrents.
 - 1.3. Bedload transport – They have little fine-grained sediment so that gradient and depth of flowing water control tractive forces as in standard hydraulic situations.
 - 1.4. Flood Creeks - They carry largely fine-grained sediment, and are of no direct relevance to the topic of debris torrents.
2. Genetic classification related to the type of erosion processes in the catchment basin
 - 2.1. Torrents with erosion from surface erosion
 - 2.1.1. Torrents with depth erosion (scour torrents)
 - 2.1.1.1. Natural scour torrents (Colluvial, Volcanic, Bedload, Partial, torrents with strong infiltration, Gullies, Debris accumulating torrents)
 - 2.1.1.2. Induced scour torrents
 - 2.1.2. Lateral erosion torrents
 - 2.1.2.1. Natural lateral erosion torrents (torrents with predetermined channel bend, torrents with free meanders, grass-scare torrents)
 - 2.2. Torrents with embankment failures
 - 2.3. Special torrents (ice debris flow, snow debris flow, karst, glacial or earthquake torrents)

STUDY REGION CHARACTERISTICS

Affected area belongs to the Polog Region that consist of Polog valey and mountains from east (Suva Gorsa) and west (Shar Mountain). Šar Planina (Shar Mountain) is located in the northwest part of the Republic of Macedonia. It is one of the highest (top Turcin, 2.748 m) and the biggest mountains ($A = 840.2 \text{ km}^2$) in the Balkan.

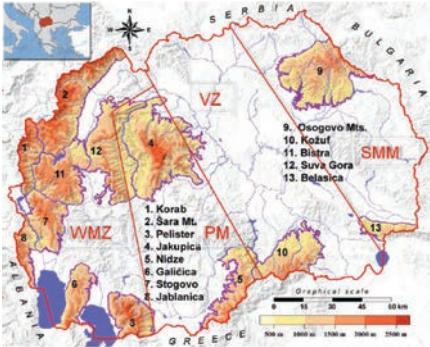


Figure 2. Mountains higher than 2000m (Milevski, 2015)



Figure 3. Shar Mountain and Polog Valley

Shar Mountain belongs to Western Macedonia geotectonic zone. On a global scale in shaping the area of the mountain range Shar (and beyond) as influenced Variscan and Alpine orogeny. Territory of the Shar Planina is divided in 3 sections (End segment of the southern mountains, Central section (with south and north) and Extreme northeastern segment.

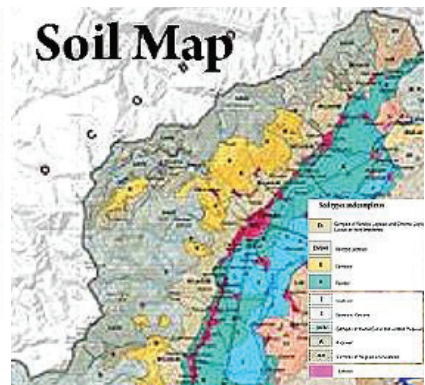
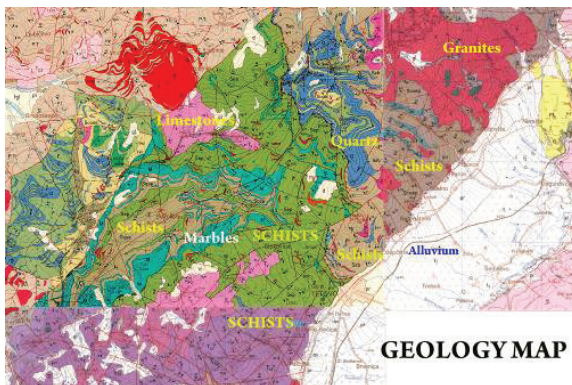


Figure 4. Geology and Soil Maps of the region

The **southern segment** covers the area north of Valley River Mazdracha to Nichpurska Mountain to the south. Here is dominated by Paleozoic phyllites and Paleozoic metasandstones and less meet and quartzite of the same age. This part was not affected by catsatrophy in this event. In the **middle part of Shar Mountain**, i.e. in southern central segment (south of the river valley of Pena) represented a number of lythofacial formations. More significantly

present series of green schists and diabases. Significant is presence of Paleozoic schists and phyllites which are mainly encountered along the middle and upper River Valley Pena. In the higher parts of the right side of the valley Pena (from top to Ceripashina Turcin) there are Triassic crystal limestones. On the ridge Kara Nicholas and the right valley side of River Pena Paleozoic marbles are presented. In the northern part of the central segment, north of the Pena Valley up to the valley of the Bistrica River dominated old Paleozoic and Paleozoic shale, Significant is presence of quartz sandstones and quartzite, in the southeast of Black Peak (2.585 m) to the Kuchi Baba (2.209 m). In this section, in the lower parts of the mountain, the more locations of old Paleozoic schists are disrupted by Paleozoic granites. **In northern Shar Mountain** (northeastern segment), i.e. from Bistrica River valley up to the peak Ljuboten (2.499 m) dominated 3 lithofacial formations (Paleozoic granites, old paleozoic schists, are Triassic marbleized limestones. (*Source: Geology Map of RM*)

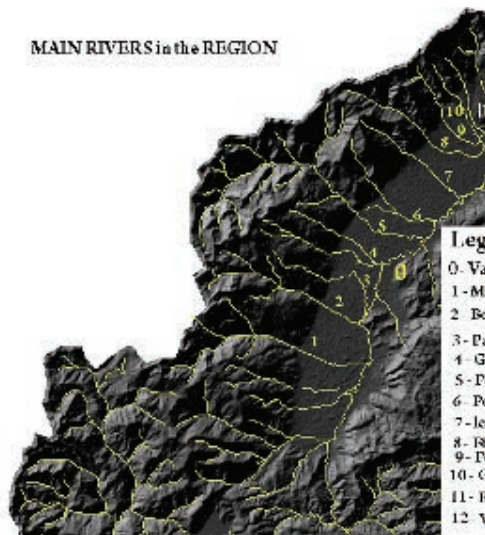
Soil structure consists of various soil types depend previously on parent rock as well as other pedofactors. On the highest altitudes on a silicate parent rock (schists) are developed rankers. On the same altitude but on calcareous parent material is developed calcomelanosol. It is shallow soil too and pedogenesis is over 1000 years. Leptosols (Lithosols) are very shallow soils over hard rock or highly calcareous material, but also deeper soils that are extremely gravelly and/or stony. Cambisols are characterized by the absence of a layer of accumulated clay, humus, soluble salts, or iron and aluminum oxides. They occupy significant area dominantly covered with oak and beech forests. Fragmentary appears regosols and rendzinas too. In the lower part of area are developed fluvisols (colluvial and alluvial soils) and urbisols (in the settled area). Sandy loam soils cover almost all mountain regions. Soil types and texture classes are very important for vegetation cover and for runoff and erosion vulnerability too (*Source – Soil Map of RM*).

Climate in Tetovo is assigned as sub-humid Climate on Popova Shapka is per-humid and the total annual sum of precipitations is slight below 1000 mm. Maximal daily precipitations in Popova Shapka were registered in November 1979 {188 mm} and few-days precipitations caused huge flooding of Tetovo (by river Pena) as well Skopje (by river Vardar).

The **water treasure** of Shar Mountain, consist of large number of springs, more glacial lakes and steep mountain streams. Over 100 springs of Shar Mountain occur in the bases of talus cones, then the bases of the rocky sections, bare and grassy slopes etc. From Shar Mountain to Polog Valley run down over a hundred, minor or major waterways. Springs of the most rivers are on altitude over 2.400 m. In the most upstream part, they are composed of a network of smaller streams. All rivers in the Shar Mountains belong to the catchment area of the river Vardar, and most of them are its direct tributaries. All of them have torrential character.

Slopes of the Stream beds are generally over 30% in the mountain part, partially over 50% (Poroj – Brza Voda). Mean catchment slopes are very steep too. Typically for all streams is their torrential character. Mean erosion coefficient in the country is 0,31 while in Shar Mountain region is 0,54. The most erosive catchment in the region is Poroj (Z = 0,75). In RM 36,5% of the territory belong to I-III category of erosion, while in the Shar Mountain region 77%.

MAIN RIVERS in the REGION



EROSION MAP

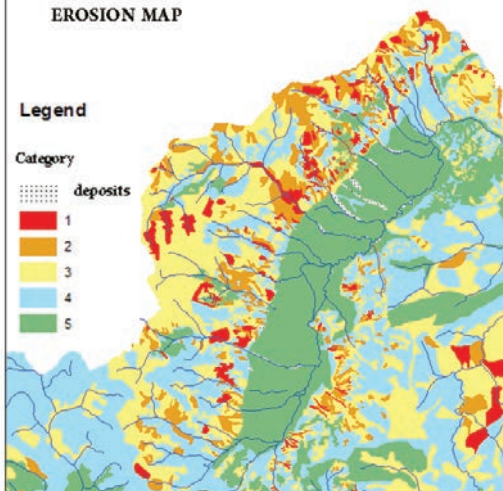


Figure 5. Main torrents

Figure 6. Erosion map (Gorgevic et al, 1993)

Table 1. Main hydrological parameters, erosion and sediments

No	Torrent Name	Catchment area	Torrent length	Catchment perimetre	Catchment slope	Erosion coefficient	Par of area I and II cat.	Total produced sediments	retention coeff	Total transp. sediments	Spec. prod. sediments	Spec. trans. sediments
		A km ²	L km	O km	J %	Z	Z _{1,2} %	W m ³	Rn	G m ³	Wsp m ³ /km ²	Gsp m ³ /km ²
1	Mazdraca	89,0	26,4	64,2		0,43	9,9	68595	0,91	62421	795	723
2	Bogovinska Reka	61,4	20,5	36,6	43	0,62	23,8	80872	0,91	73594	1317	1198
3	Palcishka Reka	23,3	11,8	24,9	40	0,44	12,1	19870	0,88	17486	852	750
4	Golema Rechica	13,6	9,5	19,5	39	0,48	8,2	12690	0,92	11675	934	859
4a	Poroj Mala Recica	2,7	5,7	11,5	41	0,50	36,8	2860	0,69	1973	1051	725
5	Pena	191,6	40,0	82,0	50	0,57	21,6	230800	0,78	180024	1205	940
6	Poroj	16,2	9,7	19,2	46	0,75	58,3	30784	0,85	26136	1904	1618
6a	Neproshtenska	5,9	5,4	11,8	40	0,49	25,3	5922	0,81	4797	1004	813
7	Leshochka Reka	14,2	15,2	33,5	56	0,52	30,3	15182	0,94	14271	1069	1005
8	Bisrica	37,2	21,1	44,5	61	0,58	40,5	45888	0,93	42676	1233	1147
9	Ponika	4,6	4,1	9,6	50	0,47	26,0	4504	0,65	2928	975	634
10	Gabrovnica	16,5	14,0	29,0	59	0,62	39,7	21735	0,90	19561	1317	1185
11	Belovishka Reka	11,8	13,0	28,5	60	0,49	21,6	11003	0,85	9353	932	793
12	Vratnichka Reka	30,5	13,5	31,0		0,91	24,6	31625	0,98	30992	1036	1016
Mean value for the region											1127	964
Mean value R Macedonia											680	303

In the mountain area dominate grasslands used for sheep grazing. Taking in consideration slopes of the terrain, relief dissection, shallow soils and land cover, run off in this area is huge. Beside it, in this zone appeared bare lands (dominantly rocky notches/cliffs) that are prone to weathering. This entire high mountain zone generates significant part of the discharge and quantity of sediment material. Below this zone are spread forests (dominantly beech forest). In this zone soil is highly protected by pluvial erosion. Soil structure is good and combination of soil and coverness enable high acceptance of rainfalls. On the other hand into the forest appear gullies that are not visible form space.

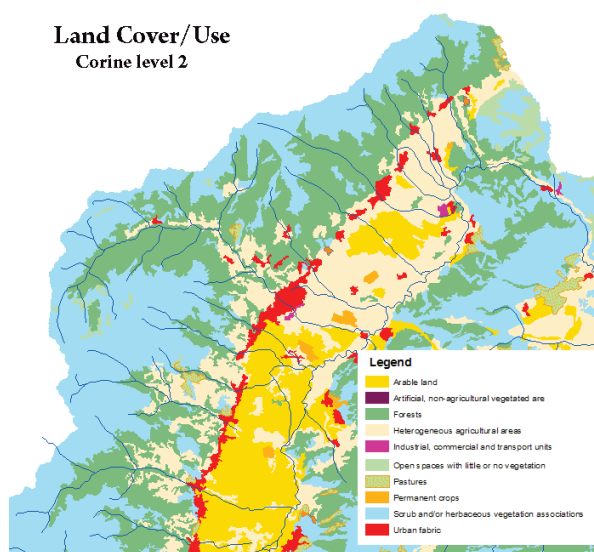


Figure 7. Land Cover/Use map

There are open spaces in the forest zone classified as heterogenous agricultural area. Within this area dominate grasslands used for sheep grazing. These areas contribute to high discharge and erosion processes. There is private and state property. State owned pastures under competences of Public Enterprise “Macedonian Pastures”. Forests in state property are managed by state public Enterprise “Macedonian Forests” – regional office “Leshnica” – Tetovo. Forest is managed according to the forest management plans. Forest in private property are managed by their owners but they carry out forest activities based on a permission by private forest engineers (in previous years) and engineers from state owned enterprise. Forest activity (cut, logging, transport) without permission is punishable according to the Criminal code. Preliminary comparison of satellite images from various period (2002 - 2014) doesn’t show any significant **land cover changes** in the most affected catchments (Shipkovica, Recica, Poroj) that have significant influence on the hydrological regime. Only in depth Remote Sensing analyzes can get the right answer.

DESCRIPTION OF PROCESSES

Climatologically situation before and during the event

July 2015 characterize with long dry period without precipitations and very high temperature that in the lower parts achieve over 35°C. This climatic situation influenced the soil structure. Soil was dry, materials that improve soil structures evaporated and soil particles

became incoherent. It means that rainfalls easily can displace soil particles. The most upstream parts of the torrent catchments are located on the shallow soils and covered with grasslands.

On the critical day 3rd August, happened storm over the highland on the Shar Mountain. Air mass traveled from the Adriatic Sea, cooled and condensed on the mountain and storm event occupied this area. Precipitation station in Tetovo in the valley registered only 9 mm. On the other hand station located in Jazinec (north from Tetovo) registered 50 mm for 24 hours. According to the local people (shepherds) storm duration on the mountain was 2 hours, firstly no intensity rainfalls and then high intensity rainfalls. Probably duration of the high intensity rainfalls was between 60-90 minutes. If we accept intensity of 1 mm/min total rainfalls would be between 60-90 mm On the other hand using pluviometric gradient (1mm/30 m) then Jazinec is located on 900 masl, on the mountain 2000 masl. Altitude difference is 1100 m or 36 mm. Then $50+36 = 86$ mm rainfalls on the mountain. Without exact data because Popova Shapka station was out of use as well as the new automatic stations hasn't operate yet, and the radar was shut of (to avoid electric shocks because of storm event) this is only assumption and is uncertain.

Description of processes in the torrent beds

Taking in consideration catchment areas, length and slopes and land cover especially in the upper parts, time for concentration is so short. IN the upper part of the catchments was created the flood wave. Grassland on very shallow soil couldn't retent the water. Excluding river Pena, other scenarioc are very similar. Huge water discharge formed in the upper part cause strong fluvial erosion processes, deepening of the beds and lateral erosion. This lateral erosion process cause landfalls, landslides, rock falling i.e huge quantity of solid material into the beds. All this fluid travel downstream, somewhere the biggest boulders stop, but somewhere boulders achieve even the foot of the slopes.



Figure 8. Fluvial erosion processes and landfall into the bed (Shipkovica central, Shipkovica 3, Recica)

Absence of cross structures - barrages and steep slope as well as bed shape enable free way for this fluid downstream. The most quantity of sediment was deposit from the Poroj stream.

What's happened in different torrents? All text in this chapter - Blinkov I., 2015

Torrent Poroj

This torrent permanent attack mainly the road Tetovo-Jazince and the bridge. Several times in the recent history Poroj did huge damages. The first time was trained in the 30's after huge flood. Later were constructed classical stone check-dams that were destroyed ion flood in 1979. After that were constructed 4 screw check-dams - Herheuldize type. Taking in consideration that these dams were constructed on –field, they were destroyed later when a great boulder of cca 25 m³ broke them. There was a massive gravitorial check-dam upstream from the screw-dams.



Figure 9. Poroj Catchment, flooded area by torrent and deposits

The width of flooded area along the road was 800 m. Significant quantity of sediments were deposited near the bridge and width of this area was 150 m and length 200, (upstream and downstream form the bridge). In the provisional critical zone there is only 1 facility

(petrol station) and the pavement was flooded and depth of sediment achieved 0,5 m. Taking in consideration [past events, houses in the village of Poroj are so far of the critical zone. Great part of the catchment area is covered with grasslands where soil is shallow. Even in the mid part around the village of Germo dominate cultural landscape. Slope inclination is extreme steep. Erosion intensity is so high, the highest in the region and one of the highest erosion intensity of any torrent area in Macedonia. Beside it, there are rock-falls, weathering, landslides, stream bank erosion is huge, It generate huge quantities of sediment. The torrent Poroj has on average a moderated steepness however, at one point, it reaches a maximum level of 47.7%, which is to be considered as high (name Brza voda – fast water). For that reason this torrent has huge transport capacity. Transported huge amount of sediment leaving large amounts (sand, sediment, rocks etc.). Huge quantities of sediments are not stopped behind ruined check dams and deposit sediments when the torrent bed slope radically decrease. Bridge on the road Tetovo – Jazince contribute to the flooding too. Landslide in Germo is different problem but contribute to torrential floods.

Torrent Shipkovica 3

Origin form the high mountain region. Very small and narrow torrent but very dangerous. Long profile of this torrent is specific and enable deposition of sediment in certain areas. One of this areas is just above the road Shipkovica – Brodec. Characterize is extremely big boulders some of them with volume $> 15 \text{ m}^3$.

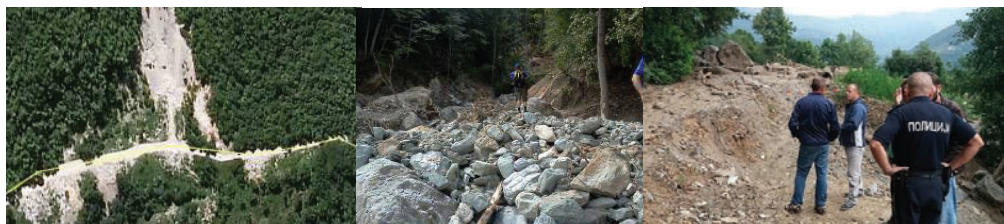


Figure 10. Shipkovica torrent 3 - Sediment area, boulders 2015 and damaged road 2016

Torrent Shipkovica - central torrent

This torrent cause huge damages and 4 died citizens. Catchment area of the torrent is small ($1,5 - 2 \text{ km}^2$). As a result of rainfalls and huge runoff on grasslands, a flood wave was created.



Figure 11. Šipkovicva central torrent- catchment area- Collapsed dam (1) and sinkhole (2)

In past, after the flood in the 1932 dam were constructed on location 1 and channel to the sinkhole (assigned as lake on the map). With these interventions a catchment area was amputee and decrease on 1/3. Water flowed to the sinkhole and infiltrated in the ground. During the event on 3rd August, a dam collapsed and the flood wave continues to Šipkovicva. Part of the debris was deposited near the location 2 where torrent bed changes the slope and width. From the section between location 3 and 4 are the highest processes and the biggest sources of sediment.

The last 350 m above the Šipkovicva (section 3-4 on the map) the deep erosion processes produced providing the material for the damages in Šipkovicva itself. The slope angle ranges between 30 to 40° to NE. On the both sides of the gully which has depth up to 20 m is visible only soil (weathered bedrock). It seems that the gully eroded in to former debris flow deposits. The largest boulders have a diameter up to 7m.

When torrent enters in the village the first problem was no.2 (very narrow channel). House nr.1 was barrier and started deposition before it. The huge power of water demolishes the walls on 2 rooms of the house (1) and passed away. After that the flood wave demolishes the back wall of the side room in the house no.3 and outflow through the door and window. There was 1 died in this house. After the outflow from the narrow channel there were additional problem – an arch wall (no.4) and parked car and farm house. Then water change direction and together with water that pass through house no.3, hit the houses near house no.5. They were barriers and deposition started even into the houses. The first floor of the house no. 5 was fully fulfilled with debris. There were 3 died in this house. Rest of the debris continue to the main street where deposited huge quantity of sediments.



Figure 12. Location of structures along the torrent

Torrents Golema Recica and Mala Recica

High altitude difference (1500m), high bed slope (>25% even partially >50%), low coverness and soil, contribute to huge peak of discharge. Erosion process in the catchment contributes to creation of significant quantity of sediment that cause torrential flood in the village of Golema Rečica. There are a lot of structures located in possible vulnerable zone to flooding. Bigger particles of the sediment even boulders were deposited in the part before the begging of the channel.



Figure 13. Delineated flooded area in Golema and Mala Rečica (Source: *Copernicus EMS*)

Due to the vicinity of settlements, catchment area of Mala Rečica characterize with a low forest cover (on the left side probably overexploited in past) and a significant grassland area. Beside it denudation processes on the slopes and deep erosion processes together with weathering are reason for generation of big particles of sediment (visible on the right photo). There aren't cross structures into the torrent bed in this area. Beside the road to Rasadishte, are illegal landfills of various constructive wastes. There is a constructive waste. In the same area happened landslide. All this material through the torrent bed was transported to the village Mala Rečica. It was combination of mud flow and debris flow. Bigger particles were deposited in the upper part and then mudflow deposited significant material in the other part.

River Pena

The river of Pena is the biggest tributary to Vardar formed on Shar Mountain. Catchment area of Pena is 191 km². It has the longest mountain watercourse with 29,7 km from the source to Tetovo. Its altitudinal difference is 1.914 m. Catchment shape, catchment area and slopes contribute to appearance of coincidence of discharge form 2 parts near Brodec and huge quantity of water and energy. The most erosive part is located 12-13 km upstream from the mouth. Into the river bed there is a lot of sediment and boulders result of various processes in the tributaries and the direct streambank as weathering, landfalls, rockfalls, streambed erosion etc. Six screw-dams upstream from Tetovo are functional although some of them are significantly damaged. During the storm event (strong wind), a lot of debris (woody, plastic even mineral from street runoff) achieve river bed of Pena and together with material that Pena transported from upstream part blocked the bridges in the city of Tetovo. Definitely, there were past sediments deposited in the river bed that decrease the profile of the river bed. Bridges were blocked by debris, create backwater and out flowing of river Pena that cause flooding of parts of the Tetovo city.



Figure 14. Pena river catchment, weathering and critical areas in the city (bridges)

Beside up mined additionally few torrents cause damages too as follow: Neprostenska Reka, Ponika, and some tributaries of Pena River.

Other reasons for huge damages

There are a several reasons for this starting with land use. People awareness is very low and some human activities contribute to the damages as position of settlements, wild landfill with constructive waste located near the torrent bed (example in Rečica and in Shipkovic) and inappropriate building.

Almost all settlements are located on the alluvial fan of the torrents. An absence of urban plans in the villages causes urbanistic chaos. Typical example is Shipkovic where some houses were rebuilt even in the torrent bed. The same situation was in Rečica bed. Only citizens of the village of Poroj (“poroj” means torrent) faced with permanent flooding in the past, know the hazardous area and don’t built any construction in this area.

Legal and Intuitional setup is no suitable for this type of event, because of low awareness of torrent hazards of the institutions, local or national both. Almost nobody in the institutions even on national level understands difference between river and torrent. It cause application of river training method for the torrent control i.e. uneducated people for torrent control prepare designs. Except in Pena, there are no barrages in other torrent beds. It results in transport of huge quantity of sediment even big rocks to the settlements.

What kind of event happened?

This characterization and classification was done according to the Aulitzky classification. Out of all torrents in this study will be defined only the following: Rečica, Poroj, and Shipkovicica. River Pena is trained with cross structures and because of that is evaluated in the current situation.

Table 2. Type of torrents according to Aulitzky classification

Name	I criteria – hazard along the cone, fan,				II criteria – Generic classification regarding erosion processes		
	Bed Slopes %	Debris/Sediments	Viscosity	Final classification	Surface erosion scour	Surface erosion lateral	Embankment failure
Shipkovicica torrents	23	Up to big boulders	Non-Newtonian	Debris flow torrent	yes	yes	yes
Poroj	22	Up to big boulders	Non-Newtonian	Debris flow torrent	yes	yes	yes
Golema Recica	21	Up to big rocks	various	Debris flow/ Debris flood torrent	yes	yes	yes
Mala Recica	22	Up to big rocks	various	Debris flow/ Debris flood torrent	yes	yes	yes
Pena (with barrages)	16	Fine clay to rocks	Newtonian viscous mass	Debris flood/ torrential river	yes	yes	yes

Table 3. Torrent index

	Shipkovicica torrents	Poroj	Golema Recica	Mala Recica	Pena
Maximum grain volume of recent eroded material	>1 m ³ 4 points	>1 m ³ 4 points	>1 m ³ 4 points	>1 m ³ 4 points	0,01-0,2m ³ 2 points
Maximal thickness of the debris layer	>1m 4 p.	>1m 4 p.	0.5-1m 3 p.	0.5-1m 3 p.	0.5-1m 3 p.
Inclination of the debris cone domain under study*	>15% 4 p.	>15% 4 p.	2-7% 2 p.	2-7% 2 p.	<2% 1 p.
Present vegetation cover on the basin	Meadows up, birch bellow 2,5 p	Meadows up, birch bellow 2,5 p	Meadows up, birch bellow 2,5 p	Meadows up, birch bellow 2,5 p	Meadows up, birch bellow 2,5 p
Are the erosional features and surface irregularities on the debris cone domain	Debris ridges and features with coarse blocks – 4p.	Debris ridges and features with coarse blocks – 4p.	Poorly defined depositional features 3 p.	Poorly defined depositional features 3 p.	Poorly defined depositional features 3 p.
The discharge situation on debris cone is	Blocking structures that inhibit flow - 4p.	With blocking structures that inhibit flow - 4p.	With blocking structures that inhibit flow - 4p.	With blocking structures that inhibit flow – 4p.	With blocking structures that inhibit flow – 4p.
Total points	22,5	22,5	18.5	18.5	15.5
Torrent index	3.75	3.75	3.09	3.09	2.58
Description	Most endangered	Most endangered	Most endangered	Most endangered	Most endangered

Table 4. Characterization of the torrent type

	Shipkovic torrents	Poroj	Golema Recica	Mala Recica	Pena
Debris flow and flood have in the past	Caused considerable devastation in the old community – 4p	Caused considerable devastation in the old community – 4p	Cause devastation of newly buildings along the torrent - 2p	Cause devastation of newly buildings along the torrent - 2p	Caused considerable devastation in the old community – 4p
Potential maximum one-day precipitations	100-150 mm 2 p.	100-150 mm 2 p.	100-150 mm 2 p.	100-150 mm 2 p.	100-150 mm 2 p.
Location an potential debris volume in the upper part of the catchment	Large debris source separated by open gorge channel – 3p	Large debris source separated by open gorge channel – 3p	Closes debris source separated by flat torrent reach - 2p.	Closes debris source separated by flat torrent reach - 2p.	Closes debris source separated by flat torrent reach - 2p.
Role of unrooted trees or logs in debris flow/flood	Single trees and swamps reach torrent - 3 p	Single trees and swamps reach torrent - 3 p	Single trees and swamps reach torrent - 3 p	Single trees and swamps reach torrent - 3 p	Only branches can reach torrent bed – 1p
Water storage potential of the bedrock and surficial material	Inclined shale-marl units 2 p.	Inclined shale-marl units 2 p.	Inclined shale-marl units 2 p.	Inclined shale-marl units 2 p.	Inclined shale-marl units 2 p.
Total points	14	14	11	11	11
Torrent index	2.8	2.8	2.2	2.2	2.2
Description	Torrent with potential for debris flow	Torrent with potential for debris flow	Potential for bedload transport	Potential for bedload transport	Creek with flood potential

In the above text was mentioned that more of the experts doesn't make difference between big river flood control and torrent control. In the village of Rečica there is a channel in the urban area designed using only water flow discharge although there is no any cross structures for sediment retention in the upstream part. Even in a feasibility study for flood control in the Polog region (2015) for future designing are recommended water flow discharge values (calculated using hydrological models for flow discharges) assigned as “minimal prevail discharge”. For example: for Poroj – 15 m³/s, Rečica – 10 m³/s.

Crucial problem is that for designing torrent control designs only civil construction engineer (not only hydraulic engineer but also other) can got permit by the Chamber of engineers. Forestry engineers' even specialists for erosion and torrent control can not apply for this type of permission although the only faculties where this disciplines (Erosion and Torrent control and additional related to courses) are in the study programme on the Faculty of Forestry.

Using different hydrological models Panov (Flow2d) and Stojov (HEC) calculate the same value for the discharge during the event in Shipkovic – 15 m³/s. During the event in Shipkovic there were discharge in the narrow “channel” 1,2 (width) x 4,5 m (maximal height based on traces on the wall) i.e. A = 5,3 m². Due to absence of video material in the critical area and critical time, was tried to define velocity of the flood wave showing to the witnesses the video material from various torrential floods. It is very uncertain to define the velocity taking in consideration psychological condition of the people that show faster torrents, was assumed that minimum velocity was 5 m/s although theoretically by various authors could rich 30 m/s and more In this case discharge only in the channel was at least 25 m/s. In the same time flood wave cannot pass through the “channel” and ruined 3 walls in 2 houses (figure 12) and exit

through the door and windows. If we added this discharge was much higher than using classical hydrological models for water flow discharge.

Definitely, the debris flow discharge differs from water flow discharge. The debris-flow discharge is an important variable when designing debris-flow mitigation structures such as culverts, flumes, bridges, debris-flow barriers, and check dams. It is very complicate to define the debris flow discharge. There are various methods. A variety of empirical equations relating the debris-flow peak discharge to the debris-flow volume (Mizuyama et al., 1992; Jitousono et al., 1996; Rickenmann, 1999) and the debris-flow peak discharge to the watershed characteristics (Bovis and Jakob, 1999) have been proposed to estimate the discharge. Attempts have been made to correlate the water-flow discharge Q_{wp} with the debris-flow discharge Q_{dp} (Takahashi, 1991; VanDine, 1985; Chen et al., 2008). The relationship between Q_{dp} and Q_{wp} was widely used in engineering planning because Q_{wp} , which is related to the return period, can be easily determined by hydrologic analysis. The assumed Q_{dp} is proportional to Q_{wp} and is expressed as $Q_{dp} = cbQ_{wp}$, where cb is the discharge coefficient of the debris flow (J.-C. Chen and M.-R. Chuang, 2014).

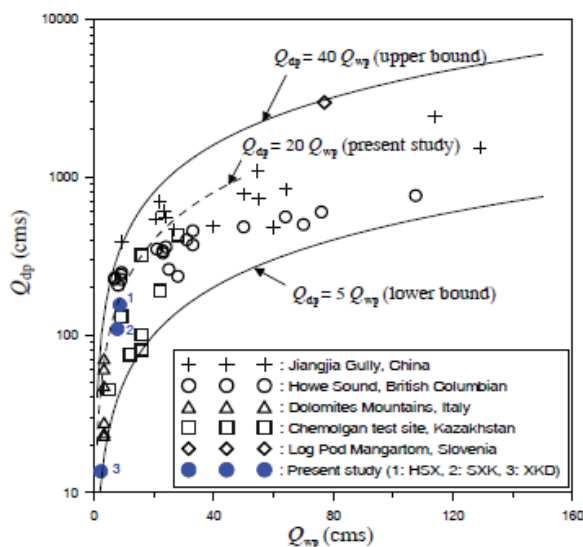


Figure 15. Relationship between the debris-flow discharge Q_{dp} and the water-flow discharge Q_{wp} (J.-C. Chen and M.-R. Chuang, 2014).

Above figure show that Debris flow discharge is 5-40 times higher than the water flow discharge. It additionally proves mistakes in torrent control designing in Macedonia in the last 15 years. Taking in consideration complexity of this issues it would be studied in further research.

CONCLUSION

On the critical day huge quantity of precipitations above 80 mm fall in a short period 2,5 – 3 hours. Taking in consideration all natural and socioeconomic factors, Shar Mountain

region is highly prone to erosion processes. Taking in consideration geological structure, slopes and other factors, significant number of landslides and rockfalls exist in the area. In a sense of erosion and flooding, landslides and rockfalls whose appearance in the region is significant are accepted as a great source of sediment that cause further damages in the downstream sections of the streams. On the transition from mountain to the valley where are located settlements, these torrents deposited sediments that are a result of high intensity erosion processes on the bed and the catchment including weathering, talus cones, landslides and landfalls. Downstream these stream slop in the valley. The most important is that torrent fluids consist of huge quantity of solid material that vary from clay particles up to big boulders (over 15 m³). Somewhere various building built close to the bed even into the bed was ruined. It is result of absence of urban plans for villages. Only damages in Poroj were only on agricultural land and the highway. Villagers faced with torrent in past build houses out of the hazard zone. It is typical how to avoid risk.

Using Aulitzky classification, these torrents are classified as debris flow or debris flood torrents. Torrent index is high and areas near then are assigned as most endangered. According to the torrent character these torrents except river Pena (that is trained with appropriate measures) are assigned as torrents with potential for debris flow/ flood.

Lack of knowledge especially difference between river and torrent hydrology cause designing of not appropriate structures especially with dimension based on calculations of water flow discharge instead of debris flow discharge.

REFERENCES

- Aulitzky H.** – Vorliufige zweigeteilte Wildbachklassifikation. H. **Aulitzky**, Vienna, Austria. (translated into English by G.Eisbacher, - Preliminary two-fold classification of torrents
http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/1980_4_285.pdf
- Blinkov** (2015) – Rapid diagnostic of the catastrophic event happened on 3rd August 2015 in the Polog region and needs assessment, UNDP project report
- Chen J-C and M.-R. Chuang**, (2014) - Discharge of landslide-induced debris flows: case studies of Typhoon Morakot in southern Taiwan, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 1719–1730, 2014
www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/1719/2014/
 doi:10.5194/nhess-14-1719-2014
- D. F. VanDine** (1985) Debris flows and debris torrents in the Southern Canadian Cordillera D. F. VanDine, *Canadian Geotechnical Journal*, 1985, 22(1): 44-68, 10.1139/t85-006)
- PointPro** – 2015, Feasibility study for flood control in Polog Region, UNDP report
- Slaymaker O.**, (1988) The distinctive attributes of debris torrents Hydrologic at Sciences - Journal - des Sciences Hydrologiques, 33,6, 12/1988 <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02626668809491290>
<http://earthsci.org/flooding/unit3/u3-03-04.html>
<http://coolgeography.co.uk/A-evel/AQA/Year%2012/Rivers,%20Floods/Long%20profile/Long%20profiles.htm>
<http://floods.jrc.ec.europa.eu/land-use-modeling-and-natural-hazards.html>

Cartographic base data:

Topographic maps - 1:25000 - several sheets

Geology Map of RM – 1:100 000 – several sheets

Soil Map of RM – 1:50 000 – several sheets

Erosion map of RM – 1:50 000

COPERNICUS EMS data – vector format

Milevski I. - Map of mountains in Macedonia (General geomorphological characteristics of the Republic of Macedonia, 2015)

Acknowledgment: The study “Rapid diagnostic of the catastrophic event happened on 3rd August 2015 in the Polog region and needs assessment” was conducted immediately after the catastrophe and was financed by UNDP

Оливера Кошанин*¹, Маријана Новаковић-Вуковић¹, Милан Кнежевић¹, Рајко Милошевић¹

УТИЦАЈ СВОЈСТАВА ЗЕМЉИШТА НА СРЕДЊЕ МАКСИМАЛНЕ ВИСИНЕ У РАЗЛИЧИТИМ ЕКОЛОШКИМ ЈЕДИНИЦАМА ШУМА БУКВЕ НА ВЕЛИКОМ ЈАСТРЕПЦУ

THE INFLUENCE OF THE SOIL PROPERTIES ON THE MEAN MAXIMUM HEIGHT IN THE VARIOUS ECOLOGICAL UNITS OF BEECH FORESTS ON THE VELIKI JASTEBAC MOUNTAIN

¹Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Одсек за шумарство, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд

E-mail: olivera.kosanin@sfb.bg.ac.rs

Извод

У раду су приказани резултати истраживања утицаја својстава земљишта (садржаја скелета, садржаја глине, дубине солума, моћности површинског А хоризонта, рН вредности, садржаја хумуса и других особина) на средње максималне висине (hg_{max}) у различитим еколошким јединицама шума букве на подручју Великог Јастребца. Наиме, природна плодност земљишта је одређена његовим физичко-хемијским својствима и биолошким карактеристикама врста дрвећа које су корисници те плодности. Средње максималну висине (hg_{max}) указују на разлике у потенцијалу и могућностима еко-вегетацијских јединица са високим нивоом сигурности. Утицај особина земљишта се најбоље огледа кроз вредности средњих максималних висина, које су најмање погођене мерама неге, као свих дејстава и односа који владају у састојини и проистичу из тога. Проучавањем су обухваћени: хумусно-силикатно земљиште (ранкер), кисело смеђе земљиште и њихове оподзољене варијанте и еколошке јединице шуме букве које се јављају у планинском и високопланинском појасу Великог Јастребца.

Кључне речи: својства земљишта, средње састојинске висине, шуме букве, Велики Јастребац

Abstract

The paper presents results of the study of influence of soil properties (contents of the skeleton, clay content, depth of solum, A surface horizon thickness, pH value and humus content and other properties) on the mean maximum height (hg_{max}) in different ecological units of beech forests in the region of Veliki Jastrebac. Namely, the natural fertility of the soil is determined by its physical and chemical properties and biological characteristics of tree species that benefit from that fertility. Mean maximal height (hg_{max}) indicates differences in potential and possibilities of eco-vegetation units with high levels of certainty. The influence of soil properties is best reflected through the mean value of maximum height, which is least affected by measures of care and by habitat factors. The study includes: humus-siliceous soil (ranker), distric cambisol as well as its acid podzolized variants, and ecological units of beech forests that occur in the mountain and high-mountain belt of Veliki Jastrebac.

Keywords: soil properties, mean maximal height, beech, Veliki Jastrebac

Увод

Постизање високог приноса и прираста представља један од основних задатака шумарске струке и науке. Слично је и са осталим привредним гранама које се баве биљном производњом, пре свега - пољопривреда, која је диктирана потребама и потражњом све бројнијег светског становништва.

Велики број аутора истиче да су најзначајнији показатељи плодности и продуктивности земљишта његова својства (Manojlović et al., 2014; Mrvić et al., 2009 и други). Плодност земљишта представља интегрално својство које настаје као резултанта истовременог заједничког деловања свих његових особина и способности да задовољи потребе биљака у води, хранљивим материјама и другим земљишним факторима.

Peng et al., (2002) истичу да је природна плодност земљишта условљена његовим физичко-хемијским својствима и био-еколошким одликама врсте дрвећа која ту плодност користи.

Према Scheffer i Liberth (1957), цитирано по Ђорђевић i Radmanović, (2016), продуктивна способност земљишта је његова способност „да на основу самог свог деловања, као и с њим у променљивом односу стојећим деловањем климе и оптималним корисним радом човека, се може образовати одређен просечан принос биљне масе“.

Код пољопривредних земљишта за постизање максималних приноса биљака потребна је оптимална израженост свих фактора плодности и то током целе вегетационе периоде. Постизање оптималне изражености је у пракси веома тешко, тако да је висина приноса биљака ограничена деловањем фактора који се налази у минимуму или знатно изнад оптимума (Ђорђевић i Radmanović, 2016). Према истим ауторима, земљиште високе плодности треба да испуњава следеће услове: да располаже повољним хранидбеним, водним, ваздушним и топлотним режимом, да је дубоко и растресито, неутралне до слабо киселе реакције, високог капацитета адсорпције катјона, да не садржи токсичне материје.

Dinić, et al., (2011) при процени погодности земљишта за подизање винограда на подручју општине Крупањ разматрају већи број параметара: положај и експозицију терена, физичке, хемијске и биолошке особине земљишта, приступачност места, саобраћајну повезаност и друго. За добијање апсолутних виноградарских парцела на подручју општине Крупањ коришћени су топографски параметри (надморска висина, нагиб, експозиција) и основни хемијски параметри плодности земљишта: рН у H_2O , садржај $CaCO_3$, садржај хумуса, садржај приступачног калијума и садржај приступачног фосфора.

Бонитирање земљишта је један од најчешће коришћених начина за квалитативно оцењивање погодности земљишта за одређену намену, заснован на познавању климатских, педолошких, агрохемијских, хидролошких и других индикатора. Према Правилнику о катастарском класирању и бонитирању земљишта (“Сл. гласник РС” бр. 61/2012, од 22.6.2012. године), земљишта се према плодности, распоређују у осам бонитетних класа. Критеријуми који служе за катастарско класирање земљишта су: својства земљишта (класификациона припадност земљишта - ред, класа, тип, подтип, варијетет, форма и подформа; морфолошке, физичке, хемијске, биолошке особине земљишта), геолошка

подлога, карактеристике климе (утицај најважнијих климатских чинилаца), рељеф, надморска висина, нагиб терена, експозиција, ерозиони процеси, процес хидрогенизације (водолежност и забареност), заслањивање, алкализација, водоплавност и други.

Најнеповољније су карактеристике земљишта која припадају осмој бонитетној класи. Ова земљишта припадају брдско-планинском и планинском климатско-производном рејону, на нагибу преко 65%. Земљишта су веома плитка (са дубином испод 10 cm), јако скелетна (садрже и до 90% скелетног материјала). Због великог нагиба изложена су свим видовима ерозије, због чега се ове површине користе искључиво као веома неквалитетни пашњаци, девастиране шуме и еколошки загађена земљишта. Повећање бонитетне класе праћено је погоршавањем и земљишних и станишних услова.

Такође, Husnjak et al., (2014) оцену производног потенцијала земљишта, на крашким пољима острва Ластово, врше на основу резултата процене погодности за пољопривредну производњу и израде одговарајуће карте погодности. Ова процена извршена је коришћењем података о одликама земљишта, климе и рељефа, уважавајући при томе захтеве важнијих пољопривредних култура које се узгајају на подручју истраживања.

Vukadinović i Vukadinović (http://tlo-i-biljka.eu/GIS/Zem_resursi.pdf) сматрају да педолошка наука има рудиментаран приступ продуктивности земљишта заснован на класификацији земљишта коју најчешће своди у последњих 100-тинак година на бонитирање. Стандардизоване методологије процене продуктивности земљишних ресурса, у контексту одрживог мултифункционалног кориштења земљишта имају доста недостатака, јер разврставање земљишта у бонитетне класе, при чему прва класа има очекивано вишу продуктивност према другој, није адекватан, јер капацитет продукције земљишта зависи од сложеног комплекса и интеракције већег броја чинилаца (Vukadinović i Lončarević, 1997).

Такође, у пољопривреди се данас користи велики број регионалних модела за процену продуктивности земљишта који представљају велики научни напредак у протеклих 40-ак година, али још увек имају велики број ограничења јер су сувише компликовани због тога што захтевају огроман број улазних података. Кључно је да се процена продуктивности земљишта за одрживо коришћење заснива на једноставним и стандардизованим методама.

Данас су све више у употреби методе агроеколошког зонирања и моделирања земљишне продуктивности које садрже веома мало практично примењивих информација о земљишту (Vukadinović, et al., 2011). Наиме, ове методе нису ни намењене за конкретну примену и не откривају главна ограничења земљишта. Vukadinović et al., (2009) прорачун релативне погодности земљишта заснивају на Liebscherovoj модификацији Либиговог „Закона минимума“ (1895). Према овој модификацији сматра се да фактор у минимуму утолико јаче делује што су остали фактори приноса ближи оптимуму.

Материјал и метод рада

Основу за израду рада чине резултати педолошких и таксационих истраживања која су обањена на подручју Великог Јастребца за потребе дефинисања типова букових и буково-јелових шума (Milošević, 2006). За поређење коришћени су аналитички подаци

својства земљишта и то у виду пондерисане аритметичке средине за цео профил, при чему је као пондер коришћена моћност хоризонта. Као продукциони показатељ производног потенцијала земљишта коришћене су средње максималне висине (hg_{max}).

Корелационом анализом између појединих особина проучаваних типова земљишта и средњих максималних висина, извршена је процена у којој мери својства земљишта утичу на продукцију у различитим еколошким јединицама шума букве у ГЈ“Ломничка река“ на подручју планинског масива Великог Јастрепца.

Теренска и лабораторијска проучавања земљишта су спроведена према стандардним педолошким методама. У складу са теренском методиком испитивања земљишта отворени су педолошки профили и проучена је унутрашња морфологија земљишта (дубина солума и моћност А-хоризонта). Из репрезентативних профила, по генетичким хоризонтима, узети су узорци земљишта за лабораторијска проучавања. Лабораторијске анализе земљишта извршене су према стандардној методологији (JDPZ, 1966) у педолошкој лабораторији Шумарског факултета у Београду. Гранулометријски састав је одређен третирањем узорака натријум пиррофосфатом. Фракционисање земљишта је извршено комбинованом пипет методом и методом елутрације помоћу сита, по Atteberg-у. Садржај фракције песка (2-0,06 mm), праха (0,06-0,002 mm) и глине (<0,002 mm), одређен је уз помоћ троугла америчког педолошког друштва. Активна киселост земљишта (pH и H_2O) одређена је електрометријски уз помоћ pH-метра. Степен засићености земљишта базама (V %), одређен је по Hissinku (%). Процентуални садржај хумуса утврђен је применом метода Тјурина, I.B. (1960), у модификацији Simakova. Хидролитичка киселост одређена је по Карпену ($Y1\text{ cm n}/10\text{ NaOH}$), сума адсорбованих базних катјона по Карпену ($S\text{ u, cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$) а тотални капацитет адсорпције за катјоне ($T\text{ u, cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$).

За обраду добијених резултата коришћени су програми: Statistica 7 и Statgraphics Plus version 2.1. Статистичка обрада добијених резултата лабораторијским испитивањима извршена је применом анализе варијансе и корелационом анализом. Анализа варијансе урађена је применом ANOVA теста на бази разлике суме квадрата између и унутар група, а разлике су тестиране Multiple Range Testom, применом LSD метода уз вероватноћу 95%.

Оцена јачине корелације између особина земљишта и вредности hg_{max} може се процењивати на бази *Reomer-Orphal-ova* расподеле по којој за вредности: од 0,00 до 0,10 не постоји корелација између својстава, од 0,10 до 0,25 корелација је јако слаба, 0,25 до 0,40 корелација је слаба, од 0,40 до 0,50 средња корелација, од 0,50 до 0,75 јака корелација, од 0,75 до 0,90 врло јака корелација и од 0,90 до 1,0 потпуна корелација.

Резултати

Продуктивност се најлакше може дефинисати количином органске материје (висином приноса) коју биљке могу синтетизовати на неком станишту током вегетационог периода. У новијим радовима (Vasu, 1994, 1997; Peng et al., 2002) све се више истиче и усваја комплексан мултидисциплинаран приступ, који подразумева не само познавање својстава земљишта већ и детаљно познавање свих фактора који директно или индиректно утичу на плодност и продуктивност земљишта. Принос и прираст су најбољи показатељи плодности земљишта али и продуктивности станишта као целине. При разматрању ових питања треба имати у виду да се **не може утврдити**

величина удела зељишта у укупној производњи дрвне масе, јер је немогуће одвојити утицај зељишта од осталих станишних фактора.

У досадашњој педолошкој пракси проучавање оцене плодности и продуктивности шумских зељишта најчешће је вршено на бази процене особина зељишта (Кнежевић и Кошанин, 2002; 2005; Кошанин и Кнежевић, 2003; 2004; 2005; 2007; Кошанин et al., 2005; Кнежевић et al., 2010; и други радови). За процену производног потенцијала зељишта коришћени су резултати морфолошких проучавања и физичко-хемијских испитивања зељишта.

Веома је тешко утврдити на који начин и у којој мери поједина својства зељишта утичу на продуктивност шумским заједница. Непосредно мерење елемената плодности зељишта је веома отежано због веома комплексног утицаја различитих својстава зељишта на плодност. У радовима (Кнежевић, et al., 2010; Кошанин, et al., 2012, 2013), оцена производног потенцијала зељишта, поред стандардне процена на бази морфолошких и стандардних физичких и хемијских особина, обухватила је и утврђивање зависности између појединих особина зељишта и неког показатеља продуктивности састојина. Средња максимална висина (и средња висина), према бројним наводима представљају таксационе елементе који су „под најмањим утицајем мера неге и свих дејстава и односа који владају у састојини и проистичу из тога“ (Милошевић, 2006). Захваљујући овој чињеници средње максималне висине је могуће искористити за довођење у везу са производним потенцијалом и особинама зељишта. Такође, могуће је утврдити у коликој се мери два типа зељишта разликују по својој продуктивности за исту врсту дрвећа, а исто тако и разлике у продуктивности две или више врста дрвећа на истом зељишту.

У раду су коришћени подаци педолошких проучавања и вредности мерења средњих максималних висина (hg_{max}) са подручја планине Велики Јастребац, газдинска јединица “Ломничка река”. Највећим делом газдинска јединица је смештена у котлини, која је окружена јако купираним и стрмим тереном (20 - 40°), а доминантна експозиција је северна. Највиши врх је Страцимир 1394 m. Најзаступљенија врста дрвећа је буква са учешћем у укупној запремини од 75% и текућем запреминском прирасту од 69%. У појасу од од 600-1000 m, влада хумидна клима, а изнад овог појаса (највиши врх Страцимир - 1394 m), перхумидна. На истраживаном подручју доминантна су два типа зељишта: хумусно-силикатно зељиште (ранкер) и кисело смеђе зељиште (дистрични камбисол). Кисело смеђе зељиште проучено је на гранодиориту, док се хумусно-силикатно зељиште претежно јавља на филиту и корниту. Са мањим површинским распрострањењем јављају се и оподзољено кисело смеђе зељиште на гранодиоритској геолошкој подлози и оподзољено хумусно-силикатно зељиште (ранкер) на корниту.

У радовима Кнежевић, et al., (2010) и Кошанин, et al., (2012) долазе до закључка да између својстава зељишта веће продукционе способности и средњих максималних висина, односно средњих висина (Кошанин, et al., 2013), постоје јаче корелационе везе. Наиме, Кнежевић, et al., (2010) су корелационом анализом утврдили да између својстава типичног киселог смеђег зељишта и средњих максималних висина (hg_{max}) постоје знатно јаче корелативне везе, него између својстава оподзољеног киселог смеђег зељишта и средњих максималних висина.

Дубоко, типично кисело смеђе зељиште на гранодиориту, у планинској шуми букве (*Fagetum moesiacaе montanum subass. typicum*), одликује се веома повољним

својствима: великом дубином, моћним А-хоризонтом, повољном текстуром, без скелета је, богато је хумусом и добро обезбеђено азотом. Оподзољено кисело смеђе и оподзољено хумусно-силикатно земљиште у ацидофилној шуми букве са бекицом (*Luzulo-Fagetum moesiacaе*) и оподзољено кисело смеђе земљиште у ацидофилној шуми букве са маховинама (*Musco-Fagetum*), може се окарактерисати као земљиште ниског производног потенцијала. Томе нарочито доприносе мала дубина солума, већа или мања скелетност, као и оподзољавање у површинском делу земљишта.

Аутори такође закључују да на земљиштима нижег производног потенцијала до јачег изражаја долази утицај станишних фактора. Низак производни потенцијал оподзољених варијанти хумусно-силикатног и киселог смеђег земљишта је резултат неповољних орографских фактора: рељефа, надморске висине, нагиба и експозиције. Рељеф се одликује великом купираношћу и великим нагибом, често и до 35°, што доводи до ерозије површинског дела земљишта.

Кошанин, et al., (2012) такође долазе до закључка да постоје изражене разлике у особинама између типичног киселог смеђег земљишта и дистричног хумусно-силикатног земљишта, које су условиле разлике у производном потенцијалу између планинске шуме букве (*Fagetum moesiacaе montanum subass. typicum*) и шуме букве са племенитим лишћарима (*Fagetum moesiacaе montanum subass. aceretosum*) на подручју Великог Јастрепца.

Дистрично хумусно силикатно земљиште на филиту, у типу планинске шуме букве са племенитим лишћарима (*Fagetum moesiacaе montanum subass. aceretosum*), може се окарактерисати као земљиште осредњег производног потенцијала. Томе нарочито доприноси слаба развијеност солума (плитко до средње дубоко), већа или мања скелетност и повећана киселост. Статистичка анализа је потврдила да између наведених еколошких јединица постоје статистички сигнификантне разлике између утврђених средњих максималних висина. Аутори на крају закључују да „својства хумусно-силикатног земљишта (ранкера) у нешто мањој мери утичу на средње максималне висине у проучаваним типовима шума букве са племенитим лишћарима“.

У раду Кошанин et al., (2013) дата је оцена повезаности производног потенцијала земљишта и средњих висина (hs) смрче у два типа шуме у ГЈ “Самоковска река“ на подручју НП “Копаоник“. Поређена је веза средњих висина смрче и особина смеђег подзоласог земљишта у шуми букве, јеле и смрче (*Piceo-Abieti-Fagetum typicum*) и веза између средњих висина смрче и особина еутричног хумусно-силикатног земљишта и еутричног смеђег земљишта на серпентиниту у типу шуме букве, јеле и смрче са вијуком (*Piceo-Abietu-Fagetum drymetosum*). Корелационом анализом је утврђено да особине еутричног хумусно-силикатног и еутричног смеђег земљишта на серпентиниту имају веома слаб утицај на средње висине смрче, док са друге стране анализиране особине смеђег подзоласог земљишта на гранодиориту врше јак утицај. Исти аутори закључују да се смрча на земљиштима на серпентиниту налази ван свог еколошко-биолошког оптимума, док на земљиштима на гранодиориту налази добре услове за раст и развој.

Циљ овог рада је да се потврди тачност хипотезе да земљишта бољих особина имају јачи утицај на продуктивност састојина, исказану кроз вредности средњих максималних висина (hgmax).

На истраживаном подручју хумусно-силикатно земљиште је проучено у следећим еколошким јединицама: шуми букве и планинског јавора (*Aceri heldreichii-Fagetum*), планинској шуми буве и граба (*Fagetum moesiacaе montanum subass. carpinetosum betuli*), високопланинској шуми мезијске букве (*Fagetum moesiacum altimontanum*), планинској шуми букве са племанитим лишћарима (*Fagetum montanum subass. aceretosum*) и ацидофилној планинској шуми букве са бекицом (*Luzulo-Fagetum moesiacaе montanum*).

Дистрично смеђе земљиште проучено је у: типичној планинској шуми букве (*Fagetum moesiacaе montanum subass. typicum*), планинској шуми букве и граба (*Fagetum moesiacaе montanum subass. carpinetosum betuli*) и планинској шуми букве са вијуком (*Festuco drymeiae-Fagetum montanum*). Оподзољено кисело смеђе земљиште проучено је у еколошким јединицама ацидофилне планинске шуме букве са бекицом (*Luzulo-Fagetum moesiacaе montanum*) и ацидофилне шуме букве са маховинама (*Musco-Fagetum*).

Статистичка анализа је показала да између утврђених вредности hg_{max} у еколошким јединицама шума букве на дистричном смеђем земљишту, затим вредности hg_{max} у еколошким јединицама на хумусно-силикатном земљишту и њиховим оподзољеним варијантама, постоје статистички сигнификантне разлике. Један од кључних фактора који утиче на разлике у продуктивности између проучених еколошких јединица су особине земљишта.

Табела 1. Упоредна анализа варирања средњих максималних висина (hg_{max}) у еколошким јединицама букве на хумусно-силикатном земљишту, киселом смеђем земљишту и њиховим оподзољеним варијантама

Тип шуме	F-однос	P-вредност	Средња вредност (m)	Хомогеност група			
Musco-Fagetum на ОДСЗ	33,56	0,0000	18,81	x			
Luzulo-Fagetum moesiacaе на ОДСЗ			21,56		x		
Aceri heldreichii-Fagetum на ХСЗ			22,60		x		
Luzulo-Fagetum moesiacaе на ОХСЗ			26,15			x	
Fagetum altimontanum moesiacum на ХСЗ			26,27			x	
Fagetum moesiacaе montanum carpinetosum betuli на ДСЗ			27,80			x	x
Fagetum moesiacaе montanum carpinetosum betuli на ХСЗ			27,91			x	x
Fagetum montanum aceretosum на ХСЗ			28,19			x	x
Festuco drymeiae-Fagetum montanum на ДСЗ			29,07				x
Fagetum moesiacaе montanum typicum на ДСЗ			32,97				

ОДСЗ-оподзољено дистрично смеђе земљиште

ОХСЗ-оподзољено хумусно-силикатно земљиште

ХСЗ-хумусно-силикатно земљиште

ДСЗ-дистрично смеђе земљиште

Анализа варијансе средњих максималних висина у еколошким јединицама планинске и високопланинске шуме букве (табела 1), показује да постоје статистички сигнификантне разлике. Наиме, у посебне групе се издвајају:

1. вредности $hg_{max}=32,97$ m, измерене у еколошкој јединици типичне планинске шуме букве (*Fagetum moesiacaе montanum tyriticum*) на дубоком дистричном смеђем земљишту на гранодиориту. Земљиште се одликује високом еколошко-производном вредношћу;

2. вредности $hg_{max}=18,81$ m, у ацидофилној шуми букве са маховинама (*Musco-Fagetum*) на оподзољеном дистричном смеђем земљишту, на гранодиориту. Низак производни потенцијал земљишта се објашњава великим нагибом терена и присуством површинске ерозије, што утиче на малу дубину солума. Скелетност земљишта је веома изражена;

3. вредности $hg_{max}\approx 22,00$ m, у еколошким јединицама ацидофилне планинске шуме букве са бекицом (*Luzulo-Fagetum moesiacaе montanum*) на оподзољеном киселом смеђем земљишту и шуми букве и планинског јавора (*Aceri heldreichii-Fagetum*) на хумусно-силикатном земљишту.

4. са вредностима $hg_{max}\approx 26,20$ m, у посебну групу могу се издвојити ацидофилна планинска шума букве са бекицом (*Luzulo-Fagetum moesiacaе montanum*) на оподзољеном хумусно силикатном земљишту и високопланинска шума мезијске букве (*Fagetum montanum altimontanum*) на хумусно-силикатном земљишту;

5. У посебну групу се могу издвојити вредности $hg_{max}\approx 22,00$ m, утврђене у планинској шуми букве са вијуком (*Festuco drymeiae-Fagetum montanum*), на нешто плићим и често скелетним дистрично смеђим земљиштима;

6. Планинска шума букве и граба (*Fagetum moesiacaе montanum subass. carpinetosum betuli*) на хумусно-силикатном и киселом смеђем земљишту и планинска шума букве са племанитим лишћарима (*Fagetum montanum subass. aceretosum*) на хумусно-силикатном земљишту, чине посебну групу. Земљишта се одликују осредњим еколошко-производним карактеристикама, углавном су средње дубока, скелетна.

Утврђивање утицаја својстава земљишта на продуктивност

Да би утврдили у којој мери поједина својства хумусно-силикатног земљишта, кисело смеђе земљишта и њихових оподзољених варијанти утичу на средње максималне висине у еколошким јединицама букве у планинском и високопланинском подручју ГЈ “Ломничка река“, аналитички подаци су упоређивани регресионом анализом. У раду је проучаван утицај следећих особина земљишта на вредности hg_{max} : дубина солума, моћност А хоризонта, садржај скелета, садржај фракције глине (честице $<0,002$ mm), рН вредност (у H_2O), степен zasiћености базама, хидролитичка киселост, тотални капацитет адсорпције и садржај хумуса. Због великог броја података у табелама 2, 3 и 4, дате су само зависности између особина проучаваних земљишта и hg_{max} који су на нивоу **врло јаке и потпуне** корелационе везе.

На основу резултата регресионе анализе (табела 2), закључује се да су између својстава оподзољеног хумусно-силикатног и оподзољеног киселог смеђе земљишта и

средњих максималних висина у ацидофилној шуми букве са бекицама (*Luzulo-Fagetum moesiacaе*) и ацидофилној шуми букве са маховинама (*Musco-Fagetum*), све корелационе везе на нижем рангу од задатог.

Из табела 3 и 4 се јасно уочава да, у односу на табелу 2, расте утицај особина земљишта на вредности hg_{max} . Јачина корелационих веза у табели 3 је у већем броју случајева у домену „веома јаке и потпуне“, док у табели 4 постоји велика повезаност, посебно на најпродуктивнијем типу земљишта - дистричном смеђем на гранодиориту.

Резултати су показали да између својстава оподзољеног хумусно-силикатног и оподзољеног киселог смеђег земљишта и средњих максималних висина букве на истраживаном подручју *није утврђено постојање корелативне везе на нивоу потпуне и веома јаке* (табела 2).

Табела 2: Регресиона анализа између својстава оподзољеног хумусно-силикатног и оподзољеног дистричног смеђег земљишта и hg_{max} у еколошким јединицама ацидофилне шуме букве са бекицама (*Luzulo-Fagetum moesiacaе*) и ацидофилне шуме букве са маховинама (*Musco-Fagetum*);

Својство земљишта	Коефицијент корелације	Јачина корелације	R ²	Једначина изабраног модела
<i>Luzulo-Fagetum moesiacaе</i> и <i>Musco-Fagetum</i>				
Дубина	-0,11	Јако слаба	1,29	$hg_{max}=22,1355-0,0172727*\text{дубина}$
Моћност Ah хоризонта	0,33	Слаба	10,66	$hg_{max}=\exp(3,00152+0,00891732*\text{моћност Ah})$
pH у води	0,64	Јака	41,13	$hg_{max}=1/(-0,00668851+0,250172/\text{pH})$
Садржај хумуса	0,64	Јака	40,66	$hg_{max}=19,4482+3,61919/\text{садржај хумуса}$
Степен засићености базама (%)	0,47	Средња	22,36	$hg_{max}=1/(0,043345+0,0586194/Y\%)$
Хидролитичка киселост	0,30	Слаба	9,17	$hg_{max}=\exp(2,99718+1,41461/Y_1)$
Тотални капацитет адсорпције	0,24	Јако слаба	5,49	$hg_{max}=\exp(2,98941+1,28661/T)$

Својства хумусно-силикатног земљишта у мањој мери утичу на средње максималне висине у проучаваним еколошким јединицама шума букве (табела 3), јер је постојање потпуне или веома јаке корелативне везе утврђено само у 5 случајева. Својства дистричног смеђег земљишта налазе се у знатно јачој корелацији са средњим максималним висинама букве у односу на хумусно силикатно земљиште, и то у 11 случајева (табела 4). *Најјаче корелативне везе утврђене су између особина дистричног смеђег земљишта на гранодиориту и вредности средњих максималних висина букве – чак у 6 случајева.*

Табела 3. Регресиона анализа између анализираних својстава хумусно-силикатног земљишта и средњих максималних висина у проучаваним еколошким јединицама шума букве;

Својство земљишта	Коефицијент корелације	Јачина корелације	R ²	Једначина изабраног модела
<i>Fagetum montanum aceretosum</i>				
Садржај хумуса	0,99	потпуна	98,00	$hg_{max}=26,377+12,9114/\text{садржај хумуса}$
<i>Fagetum moesiacaе montanum carpinetosum betuli</i>				
Дубина	0,66	Јака	43,55	$hg_{max}=\exp(2,96761+0,00707262*\text{дубина})$
Садржај скелета	0,55	Јака	29,90	$hg_{max}=\exp(3,18642+0,00429987*\text{садржај скелета})$
Садржај глине	-0,65	Јака	41,96	$hg_{max}=1/(0,0399608-0,000451095*\text{садржај глине})$
<i>Fagetum altimontanum moesiacum</i>				
Садржај скелета	-0,59	Јака	34,26	$hg_{max}=1/(0,0415407-0,203678/\text{садржај скелета})$
<i>Aceri heldreichii-Fagetum</i>				
Садржај скелета	0,56	Јака	30,97	$hg_{max}=1/(0,023229+0,000487158*\text{садржај скелета})$
рН вредност	-0,66	Јака	43,84	$hg_{max}=1/(0,192575-0,0369677*\text{рН вредност})$
Степен засићености базама (V%)	0,98	Потпуна	95,59	$hg_{max}=1/(0,0334076+0,002049*V\%)$
Садржај глине	0,91	Потпуна	82,82	$hg_{max}=-28,312+3,13937*\text{садржај глине}$
<i>Luzulo-Fagetum moesiacaе</i>				
рН вредност	-0,95	Потпуна	89,33	$hg_{max}=1/(0,148256-0,508382/\text{рН вредност})$
Степен засићености базама (V%)	-0,94	Потпуна	89,21	$hg_{max}=\exp(3,4721-0,00776163*V\%)$

Табела 4. Регресиона анализа између анализираних својстава дистричног смеђег земљишта и средњих максималних висина у проучаваним еколошким јединицама шума букве;

Својство земљишта	Коефицијент корелације	Јачина корелације	R ²	Јачина изабраног модела
<i>Fagetum moesiacaе montanum tyricum</i>				
рН вредност	0,78	Веома јака	60,70	$hg_{max}=(5,24329+0,0623639*\text{рН вредност})$
Моћност А хоризонта	1,0	Потпуна	99,10	$hg_{max}=1/(0,0277378+0,0149914*\text{моћност А})$
Степен засићености базама	0,92	Потпуна	84,82	$hg_{max}=29,8994+0,0366976*V\%$
Хидролитичка киселост	-0,97	Потпуна	93,42	$hg_{max}=\exp(3,60569-0,00242138/Y_1)$
Тотални капацитет адсорпције	0,90	Потпуна	80,71	$hg_{max}=1/(0,0264911+0,000109909*T)$
Садржај глине	0,90	Веома јака	81,59	$hg_{max}=30,0586+0,0847079*\text{садржај глине}$
<i>Fagetum moesiacaе montanum carpinetosum betuli</i>				
Дубина	0,90	Веома јака	80,02	$hg_{max}=1/(0,0325639+0,191513)*\text{дубина}$
Моћност А хоризонта	-0,83	Веома јака	69,14	$hg_{max}=\exp(3,3732-0,0031893*\text{моћност А хоризонта})$
Степен засићености базама	-0,68	Јака	46,62	$hg_{max}=30,0491-0,0620136*V\%$
Садржај хумуса	-0,76	Веома јака	57,30	$hg_{max}=28,7872-1,17476*\ln/\text{садржај хумуса}$
Садржај глине	0,73	Веома јака	53,90	$hg_{max}=\exp(3,28073+0,00462308*\text{садржај глине})$
<i>Festuco drymeiae-Fagetum montanum</i>				
Дубина	0,53	Јака	28,03	$hg_{max}=21,445+423,57*\text{дубина}$
Садржај скелета	0,50	Јака	23,86	$hg_{max}=1/(0,0320281+0,000128573*\text{садржај скелета})$
Моћност А хоризонта	0,62	Јака	38,50	$hg_{max}=1/(0,02397+0,000971911*\text{моћност А хоризонта})$
Садржај хумуса	-0,78	Веома јака	60,70	$hg_{max}=1/(0,044706-0,00471031*\text{садржај хумуса})$

Дискусија

Природна плодност шумских земљишта је „способност земљишта дефинисана сумом његових својстава“ и производ је комплексног деловања педогенетских фактора: климе, вегетације, матичног супстрата, организама, рељефа и процеса педогенезе, без учешћа антропогеног фактора. Познавање производног потенцијала земљишта и других услова станишта, како у очуваним тако и у деградираним састојинама, чистих или мешовитих шумских заједница, представља неопходну основу за дефинисање газдинских циљева и избор адекватних мера неге и обнове у складу са потребама постојећих састојинских карактеристика (Knežević et al., 2010).

Оцена производног потенцијала шумских земљишта вршена је на различите начине. Antić et al., (2007) наводе да се оцена производног потенцијала шумских земљишта може вршити на основу: *величине приноса биљака* као мерила продуктивности земљишта (станишта), *приземне вегетације* као индикатора плодности и продуктивности земљишта и преко оцене плодности на основу *бонитетних разреда земљишта*. Ćirić (1965) је установио да постоји висок степен корелације између бонитетног броја земљишта добијеног бодовањем његових својстава по Вогеловој методи и бонитета састојине црног бора као и индикатора продуктивности станишта (Antić et al., 2007). Antić et al., (1969) бонитирали су целу еволуционо-генетску серију земљишта на песку Делиблатске пешчаре.

Jović et al., 1996 истичу да проучавања земљишта представљају веома значајну основу при оцени производне способности типова шума. Antonović i Vidaček (1979) наводе да се оцена квалитета земљишног простора може вршити „у односу на продуктивност природних шума и шумских култура“, а према *средњем годишњем прирасту дрвне масе, сортиментној структури, количини дрвне масе* и др.

Како истичу Manojlović et al., (2014), при процени плодности и продуктивности земљишта потребно је: изабрати показатеље (индикаторе) плодности и продуктивности земљишта; протумачити резултате изабраних показатеља и дати оцену плодности. У радовима који третирају проблематику продуктивности шумских земљишта (Knežević et al., 2010; Košanin et al., 2012; Košanin et al., 2013) управо је средња висина букве (едификатор), *препозната и издвојена као показатељ – индикатор плодности и продуктивности*. Природна плодност шумских земљишта је „способност земљишта дефинисана сумом његових својстава“ али је и производ комплексног деловања педогенетских фактора. Значи да се утицај фактора средине рефлектује кроз еволуционо-генетски развој и особине земљишта.

Средње максималне висине главних врста дрвећа у састојини (hg_{max}) са великом поузданошћу индицирају разлике у потенцијалу и могућностима еколошко-вегетацијских јединица и њиховом типолошком детерминисању. Погодност средњих максималних висина проистиче из тога што су оне под најмањим утицајем мера неге и свих дејстава и односа који владају у састојини а проистичу из тога. Захваљујући свему реченом произилази да се разлике у продуктивности земљишта манифестују разликама у вредностима hg_{max} .

На основу добијених резултата можемо закључити да између еколошких јединица шума букве на Великом Јастрепцу, ГЈ “Ломничка река“, постоје значајне разлике које су испољене кроз вредности средњих максималних висина букве као едификатора. Такође, утврђено је да се највећи утицај особина земљишта на hg_{max} остварује на високо продуктивном

типичном киселом смеђем земљишту на гранодиориту, а да се са погоршавањем својстава земљишта смањује и степен утицаја на hg_{max} .

У типичној шуми букве на типичном киселом смеђем земљишту сви услови су прилагођени био-еколошким карактеристикама букве као едификатору заједнице, па се самим тим постижу и најбољи резултати везано за продуктивност састојине исказану кроз вредности hg_{max} . Са погоршавањем био-еколошких услова (повећање нагиба, топле експозиције, више или мање раскинут склоп састојине и др.), буква излази из свог оптимума. Изласком из оптимума смањује се и продукција исказана кроз вредности hg_{max} -а. Кроз особине земљишта рефлектује се и испољава утицај свих станишних фактора који се прожимају на једном локалитету. Због тога је исправно оцену продуктивности једног станишта посматрати кроз призму плодности и продуктивности земљишта. Довођењем у везу особина земљишта и неког од продукционих показатеља састојине, у овом случају средњих максималних висина, добијамо могућност да испитамо утицај појединих својстава земљишта на продуктивност састојина и да их анализирамо.

Све проучене еколошке јединице, изузев типичне шуме букве (*Fagetum moesiaca montanum tyricum*) на дубоком киселом смеђем земљишту на гранодиориту, представљају еколошки и едафски погоршане варијанте што се, наравно, одразило и на вредности средњих максималних висина букве као едификатора.

Закључци

У раду су коришћени резултати проучавања земљишта са подручја Великог Јастрепца, ГЈ “Ломничка река“. На истраживаном подручју доминантна су два типа земљишта: хумусно-силикатно земљиште (ранкер) и кисело смеђе земљиште (дистрични камбисол). Кисело смеђе земљиште проучено је на гранодиориту, док се хумусно-силикатно земљиште претежно јавља на филиту и корниту. Са мањим површинским распрострањењем јављају се и оподзољено кисело смеђе земљиште на гранодиоритској геолошкој подлози и оподзољено хумусно-силикатно земљиште (ранкер) на корниту.

Основни циљ рада био је да се потврди тачност хипотезе да земљишта бољих особина имају јачи утицај на продуктивност састојина, исказану кроз вредности средњих максималних висина (hg_{max}). Средња максимална висине представљају таксациони елемент који је под најмањим утицајем мера неге и свих дејстава и односа који владају у састојини и проистичу из тога.

Статистичка анализа је показала да између утврђених вредности hg_{max} у еколошким јединицама шума букве на дистричном смеђем земљишту, затим вредности hg_{max} у еколошким јединицама на хумусно-силикатном земљишту и њиховим оподзољеним варијантама, постоје статистички сигнификантне разлике.

Резултати су показали да између својстава оподзољеног хумусно-силикатног и оподзољеног киселог смеђег земљишта (земљишта ниске еколошко-производне вредности) и средњих максималних висина букве, на истраживаном подручју, *није утврђено постојање корелативне везе на нивоу поттуне и веома јаке.*

Својства хумусно-силикатног земљишта у мањој мери утичу на средње максималне

висине у проучаваним еколошким јединицама шума букве. *Потпуна или веома јака корелативна веза* између особина земљишта и *hgm*ах утврђена је само у 5 поређења.

Утврђено је да се својства киселог смеђег земљишта налазе у знатно јачој корелацији са средњим максималним висинама букве, при чему је постојање *потпуне или веома јаке корелативне везе* утврђено у 11 поређења.

Утврђено је постојање потпуне ли веома јаке корелације чак између 6 особина киселог смеђег земљишта (садржај глине, рН вредност, моћност А хоризонта, тотални капацитет адсорпције, хидролитичка киселост, степен zasiћености базама) и средњих максималних висина букве. Јачина корелационе везе се смањује са погоршавањем особина киселог смеђег земљишта на гранодиориту. Тако нпр. у еколошкој јединици планинске шуме букве са вијуком (*Festuco drymeiae-Fagetum montanum*), јака корелативна веза утврђена је између садржаја хумуса и вредности средњих максималних висина букве.

ЛИТЕРАТУРА:

Antić, M., Avdalović, V., Jović, N. (1969): Evolucija, genetička povezanost i ekološka vrednost pojedinih vrsta peskova Deliblatske peščare. Jugoslovenski poljoprivredni kombinat-Šumarski centar i Šumsko-Industrijski kombinat Pančevo. Zbornik radova 1. Beograd (47-66)

Antić, M., Jović N., Avdalović V. (2007): Pedologija. Univerzitetski udžbenik. Naučna knjiga. Beograd (1-403)

Antonović, G., Vidaček Ž. (1979): Osnovni principi procjene zemljišnog prostora. Zemljište i biljka. Vol. 28. No. 1-2. Beograd (51-85)

Ćirić, M. (1965): Zemljišta u šumama crnog bora u Bosni i njihova proizvodna vrednost. Narodni šumar, sveska 11-12. Sarajevo.

Dinić, Z., Perović, V., Topisirović, G., Čakmak, D. (2011): Primena GIS u proceni topografskih i hemijskih parametara pogodnosti za uzgoj vinove loze. Poljoprivredni fakultet i Institut za poljoprivrednu tehniku. Poljoprivredna tehnika. Broj 3, Str. 109 – 118. Beograd.

Đorđević, A., Radmanović S., (2016): Pedologija. Univerzitetski udžbenik Univerzitet u Beogradu poljoprivredni fakultet. Beograd (1- 359)

Husnjak, S., Kušan, V., Perica, D., Kaučić, D., Carević, T. (2014): Proizvodni potencijal zemljišta na kraškim poljima otoka Lastovo. Hrvatske vode. 22(2014), 89, 213-226. Zagreb.

Jović, N., Tomić Z., Jović D. (1996): Tipologija šuma. Udžbenik. Drugo izdanje. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd (1-271)

JDPZ (1966): Hemijske metode ispitivanja zemljišta-priručnik za ispitivanje zemljišta. JDPZ. Beograd.

JDPZ (1997): Metode istraživanja i određivanja fizičkih svojstava zemljišta-priručnik za ispitivanje zemljišta. JDPZ. Novi Sad.

Milošević, R. (2006): Definisane tipova bukovih i bukovo-jelovih šuma na Velikom Jastrebcu. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd. Str. 1-333.

Knežević, M., Milošević, R., Košanin, O. (2010): Proizvodni potencijal zemljišta i osnovni elementi produktivnosti najzastupljenijih kitnjakovih tipova šuma u NP "Đerdap". Glasnik Šumarskog fakulteta, br. 102. Beograd (57-68)

Knežević, M., Košanin, O., Milošević, R. (2011): Assessment of production potential of podzolised and typical brown soils in some forest types in the area of Veliki Jastrebac. Glasnik Šumarskog fakulteta, Br 103, str. 57-71. Beograd.

Košanin, O., Knežević, M., Milošević, R. (2012): Ocena proizvodnog potencijala nekih

tipova šuma bukve na rankeru i distričnom kambisolu na području Velikog Jastrebcu. Šumarstvo 3-4. Str. 1-15. Beograd.

Košanin, O., Knežević, M., Šljukić, B. (2013): *Assesment of the production potential of the soils in some forest types in the area the national park "Kopaonik"*. PROCEEDINGS of "The 1st International Congress on Soil. Belgrade, Serbia. Proceedings. 264-278.

Mrvić, V., Antonović, G., Martinović, Lj. (2009): Plodnost i sadržaj opasnih i štetnih materija u zemljištima centralne Srbije. Institut za zemljište. Beograd (1-223)

Peng L., Zhanbin L., Zhong Z. (2002): An Index System and Method for Soil Productivity Evaluation on the Hillsides in the Loess Plateau. 12th ISCO Conference. Beijing. (330-339)

Manojlović, M., Bogdanović, D., Lazić, S., Nešić, Lj. (2014): Plodnost i opterećenost zemljišta u pograničnom području. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. TFK SIGNUM. Novi Sad.

Knežević, M., Košanin, O. (2002): Edafski potencijali bukovih šuma Brezovice. Glasnik Šumarskog fakulteta, br 86. Beograd, str. 135 – 145.

Knežević, M., Košanin, O. (2005): Zemljišta u bukovim šumama Srbije. Zbornici: "Bukva u Srbiji". Udruženje šumarskih inženjera i tehničara Srbije, Beograd; Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu. Beograd, str. 94 – 108.

Košanin, O., Knežević, M. (2003): Osobine i proizvodni potencijal kambičnih zemljišta na andezitskim stenama u bukovim šumama na Crnom Vrh u kod Bora. Glasnik Šumarskog fakulteta, br 87. Beograd, str. 151-161.

Košanin, O., Knežević, M. (2004): Osobine i proizvodni potencijal distričnog smeđeg zemljišta na crvenom peščaru u bukovim šumama G.J."Čestobrodica". Glasnik Šumarskog fakulteta, br. 89. Beograd. Str. 147 – 155.

Košanin, O., Knežević, M. (2005): Proizvodni potencijal zemljišta u izdanačkim šumama kitnjaka. Glasnik Šumarskog fakulteta, 92. Beograd. Str. 87 – 99.

Košanin, O., Knežević, M. (2007): Zemljišta u različitim šumskim zajednicama G.J."Čezava". Zbornici: "Osnovne ekološke i strukturno proizvodne karakteristike tipova šuma Đerdapa i Tare". Ministarstvo nauke Republike Srbije, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Nacionalni park "Đerdap", Nacionalni park "Tara". Beograd, str. 9 – 27. **Košanin, O., Miletić, Z., Knežević, M.** (2005): Osobine i proizvodni potencijal zemljišta. Naučne studije i monografije: "Izdanačke bukove šume severoistočne Srbije. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu i Institut za šumarstvo u Beogradu. Beograd, str. 25 –32.

Vasu, A. (1994): The Soil Chemistry, Ecosystem Integrated into the Environmental Research, Proceedings, 15th. World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico (56-57)

Vasu, A. (1997): Soil Chemistry and Ecosystem Productivity, Berichte der DBG Tagnug. Konstanz, Germany.

Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1997): Ishrana bilja. Univerzitetski udžbenik. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. (1-199)

Vukadinović i Vukadinović (http://tlo-i-biljka.eu/GIS/Zem_resursi.pdf)

Vukadinović, V., Bertić, B., Kos, M., Grabić, A., Vukadinović, V., Jug, I., Glavaš, R., Đurđević, B. (2009): Zbrinjavanje saturacijskog mulja kalcizacijom kiselih tala Osiječko-baranjske županije. Zbornik radova znanstveno stručnog skupa, Tehnologije zbrinjavanja otpada i zaštite tla. Zadar, Hrvatska, pp. 29-37.

Vukadinović, V., Bertić, B., Đurđević, B., Vukadinović, V., Jug, I., Kraljićak, Ž. (2011): Analiza pogodnosti zemljišnih resursa istočne Hrvatske funkcijskim modelom. Poljoprivreda, 17:2011 (1), 64-68.

Катарина Лазаревић^{1*}, Тијана Вулевић¹, Нада Драговић¹

ОПТИМИЗАЦИЈА ТРАЈАЊА РЕАЛИЗАЦИЈЕ ПРОЈЕКТА НА ПРИМЕРУ РЕГУЛАЦИЈЕ ЈЕЛАШНИЧКЕ РЕКЕ

OPTIMIZATION OF PROJECT DURATION, CASE OF JELAŠNIČKA RIVER REGULATION PROJECT

¹Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава бр.1, 11030 Београд;

*katarina.lazarevic@sfb.bg.ac.rs

Апстракт

Овај рад се бави оптимизацијом (минимизацијом) времена трајања пројекта на примеру регулације Јелашничке реке. Трајање градње и динамички план пројектних активности су одређени помоћу СРМ методе мрежног планирања. Проблем оптимизације времена трајања пројекта, решен је применом линеарног програмирања и софтвера Matlab-a. Линеарном функцијом представљена је веза између трајања активности и трошкова, са претпоставком да скраћење времена трајања активности доводи до повећања трошкова. Резултати показују да се применом метода мрежног планирања и линеарног програмирања може оптимизовати (минимизовати) време трајања пројекта уз минимално повећање трошкова.

Кључне речи: линеарно програмирање, минимизација времена, СРМ метода, Matlab, уређење бујица

Abstract

This paper deals with the optimization (minimization) of the time duration of the project on the example of the regulation of the Jelašnicka River. The duration of the construction and the dynamic plan of project activities is determined using the CPM method of network planning. The problem of optimizing the time duration of the project was solved using linear programming and software Matlab. Linear function is presented as the link between the duration of activities and the costs, with the assumption that shortening the time duration of the activity leads to increased costs. The results show that using the method of network planning and linear programming, the duration of the project can be optimized (minimized) with minimal cost increase.

Keywords: linear programming, time minimization, CPM method, Matlab, torrent control

УВОД

Пројекти заштите земљишних и водних ресурса, као дуготрајни инвестициони пројекти, захтевају велике количине финансијских средстава, ресурса и велики број учесника. Ради успешне реализације ових пројеката потребно је функционално управљати истима, одржавајући равнотежу између времена извршавања, трошкова и квалитета.

Одвијање радова на уређењу бујичних водотока прате бројни недостаци који за последицу имају дуже трајање реализације пројекта, а самим тим повећавају се и трошкови. Технологија одвијања радова за уређење бујичних сливова и заштиту земљишта од ерозије условљена је пре свега конфигурацијом терена и карактеристикама бујичног тока. Преглед техника и метода које се могу користити за планирање реализације пројеката дају **Станковић и др. (2013)**.

Досадашњу праксу уређења бујичних сливова карактеришу одређени недостаци, као што су: лоша организација радова, пробијање рокова изградње објеката, не стављање објекта у функцију за коју је намењен, повећање трошкова (**Драговић, 1993**). Планирање реализације пројекта за уређење бујичних сливова доприноси да изградња објеката буде благовремена и економична, а постиже се применом одговарајућих метода Технике мрежног планирања (ТМП). На располагању су бројне методе ТМП које омогућују планирање, праћење и контролу реализације пројеката израдом мрежног плана, од којих су највише коришћене Метода критичног пута (Critical Path Method - CPM) и Метода оцене и ревизије програма (Program Evaluation and Review Technique - PERT).

Техника мрежног планирања је нашла своју примену у планирању реализације пројеката у грађевинарству, шумарству, водопривреди, пољопривреди и другим гранама. У области шумарства ТМП је примењена за планирање реализације изградње шумских путева у Србији (**Стојнић и Златановић, 2015**), у грађевинарству је коришћена за планирање изградње објеката високоградње (**Ћировић, 2002**), у пољопривреди за планирање заснивање дугогодишњих засада (**Милић, 1997**) а у области заштите земљишних и водних ресурса, ТМП је нашла примену код планирања изградње објеката (најчешће преграда и регулација) у бујичним сливовима (**Драговић, 1994**).

Основне фазе ТМП су анализа структуре, анализа времена, планирање ресурса и анализа трошкова. Анализа структуре се заснива на графичком приказу редоследа извршења активности пројекта (условљен технологијом радова) и њихове међузависности у виду мрежног дијаграма или мрежног плана (**Драговић, 1995**). Анализа времена на основу планираног времена извршења активности t_{ij} омогућује одређивање најранијег и најкаснијег почетка активности (t_i^0, t_i^1) и најранијег и најкаснијег завршетка активности (t_j^0 и t_j^1), као и рока реализације пројекта (T_p) применом формула датих у **Петрић (1987)**. Планирање ресурса обухвата планирање радне снаге, материјала и механизације потребне при планирању реализације одређеног пројекта. Анализа трошкова на основу односа време трајања - трошкови, омогућује скраћење трајања пројекта уз одређену вредност минималних трошкова, односно минимизацију трошкова пројекта тако да се не прекорачи планирани рок реализације радова.

У нашој земљи, у области заштите и земљишних и водних ресурса до сада је

највеће интересовање истраживача имала примена СРМ методе као и расподела радне снаге у циљу минимизације трајања пројекта при ограниченом ангажовању радне снаге. У раду **Драговић (2002)** врши минимизацију трајања изградње попречних објеката у случају ограниченог ангажовања радне снаге применом модификованог Gray-Kidd-овог алгоритма на примеру изградње преграда у Луковској реци. Исту анализу **Андрејанић и др. (2012)** спроводе за регулацију Јелашничке реке. **Dragović et al. (2017)** врше минимизацију трошкова реализације радова на изградњи регулација и преграда у бујичним сливовима наше земље. Бројни примери примене СРМ методе са планирањем ресурса као и анализом трошкова анализирани су код **Драговић (2001)**.

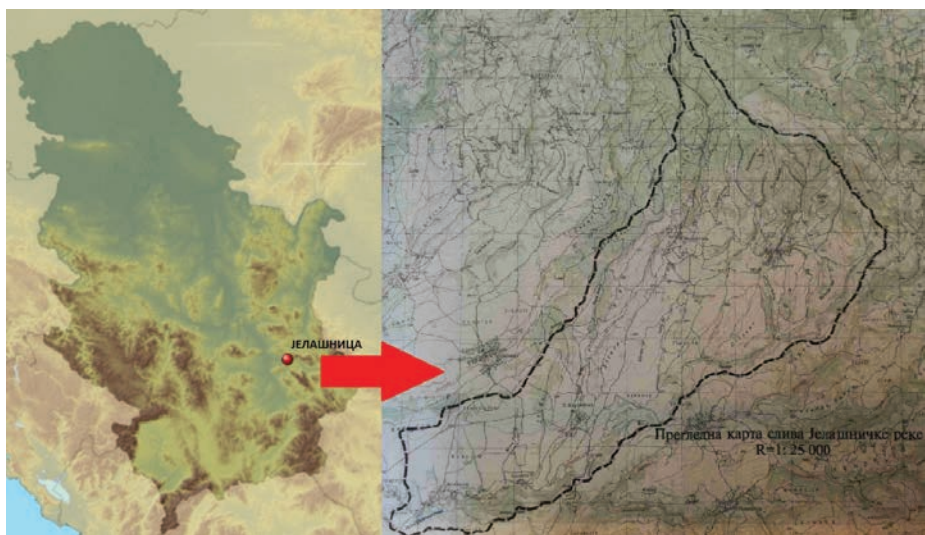
Минимизација времена трајања радова као и минимизација трошкова може се извршити применом линеарног програмирања (**Прашчевић, 1995**). Линеарно програмирање је поуздана и корисна метода за оптимизацију циљева пројеката и производње у рударској индустрији, где се циљеви остварују у условима ограничених природних ресурса и високог степена ризика (**Магдалиновић и др., 2009**), у шумарству за избор оптималне производње, експлоатације, транспорта и промета код шумских газдинстава (**Ranković, 1985**) и у области уређења бујичних сливова и заштите земљишта од ерозије за минимизацију трошкова реализације пројекта, минимизацију времена трајања радова (**Драговић, 2001**). Ова детерминистичка метода веома је применљива у пракси, јер многе проблеме немогуће је адекватно линеаризовати, а да се притом драстично не изгуби на тачности. Ова детерминистичка метода је корисна за решавање практичних проблема јер даје јасан увид у проблематику (циљеве, ограничења) и омогућава изналасење оптималних решења.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Проучавано подручје

Положај слива

Река Јелашница настаје спајањем Купиновачке и Каменичке реке. Слив реке Јелашнице (слика 1.) има правац простирања југозапад-североисток према долини Јужне Мораве у коју се као доминантан водоток у сливу улива на око 5km североисточно од Лесковца.



Слика 1. Изучавано подручје
Figure 1. Study Area

Метеоролошко - климатски услови у сливу

Анализа метеоролошко-климатских услови у сливу Јелашничке реке базирана је на коришћењу података са кишомерних станица Градишница и Лесковац, као и главне метеоролошке станице Лесковац. Просечна годишња количина падавина (период осматрања: 1965-1995) на сливу Јелашничке реке износи $P_{\text{sgod}}=649$ mm. Просечна годишња температура ваздуха (период осматрања: 1965-1995) износи $t_{\text{sgod}}=10,7^{\circ}\text{C}$. Инсолација је одређена на основу обраде података осматрања у периоду 1979-1995, а просечна годишња вредност износи $In_{\text{sgod}}=2005$ h (сати).

Геолошке и педолошке карактеристике

Геолошку подлогу овог подручја чине углавном пешчари, серије шкриљаца, са спорадичним појавама еруптивних гранитних маса. На територији слива заступљена су земљишта карактеристична за брдско-планинско подручје: еутрично смеђе земљиште (типична гајњача), илимеризовано еутрично смеђе земљиште (лесивирана гајњача), хумусно-силикатно дистрично литично и реголитично (ранкер и дистрични ранкер), сирозем силикатни и силикатно карбонатни и смоница на језерским седиментима. Ова земљишта имају мали водно-ваздушни капацитет и релативно низак садржај хумуса.

Ерозиони процеси у сливу

Ерозиони процеси на сливу Јелашничке реке анализирани су на основу карте ерозије Србије и теренског обиласка слива. На сливу доминирају ерозиони процеси III категорије (осредња ерозија).

- I категорија – 1,47 km²
- II категорија – 7,39 km²
- III категорија – 8,74 km²
- IV категорија – 12,44 km²

Просечна вредност коефицијента ерозије износи $Z=0,555$

Метод рада

Метода критичног пута (CPM – Critical Path Method), развијена крајем 1950-их од стране Вокера и Келија (*Morgan R. Walker and James E. Kelley Jr.*), је детерминистичка метода мрежног планирања која омогућава анализу структуре пројекта (**Kelley et al., 1989**). Обухвата следеће кораке: састављање листе активности, утврђивање логичног редоследа и начина повезаности активности према технологији одвијања радова, и конструкцију мрежног дијаграма. Након спроведене анализе структуре, спроводи се анализа времена која плази од нормираног времена трајања активности t_{ij} . Уз подршку софтвера Microsoft Project®, динамика одвијања активности приказује се графички у виду гантограма.

Поред времена трајања радова, потребно је одредити и трошкове реализације пројекта, при чему сума трошкова свих група радова (припремних, претходних, главних и завршних) представља укупне трошкове пројекта. За анализу укупних трошкова реализације пројекта користе се јединичне цене добијене анализом цена и предмером радова. Предмер радова обухвата све врсте радова које се одвијају при уређењу бујичних сливова, њихова позиција, јединица мере и тачна количина.

Оптимизација времена трајања реализације пројекта може се извршити применом линеарног програмирања и софтвера Matlab-а.

Решавање разних конкретних проблема захтева прво математичко моделирање датих проблема па затим тражење њиховог решења (**Kulej, 2011**). При моделирању конкретних проблема, ради се са великим бројем величина (променљивих) при чему се намећу одговарајућа ограничења. Скуп оних вредности датих величина које задовољавају постављени систем ограничења назива се скуп допустивих решења и он може имати велики број елемената, чак и бесконачно много допустивих решења. Да би се изабрало допустиво решење, мора се знати критеријум на основу кога се може закључити да ли је једно допустиво решење боље од другог (**Крчевинац и др., 2004**).

У зависности од природе проблема који се решава, оптимално решење представља минимум или максимум функције F (организација производње → максимум; организација транспорта → минимум). Функција F се назива функција циља (**Петрић, 1987**). Уколико је систем ограничења (1) систем линеарних једначина или неједначина и ако је функција циља (2) линеарна функција непознатих величина – променљивих, тада се ради о делу математичког програмирања који се назива линеарно програмирање (**Прашчевић, 1992; Крчевинац и др., 2004**). На основу наведеног, приликом решавања

проблема ЛП потребно је одабрати једну или више оптимизационих променљивих, одабрати функцију циља и формирати скуп ограничења.

ЛП се развијало упоредо са две научне гране – међусекторском анализом и теоријом игара. По садржају се ове три гране битно разликују, али са становишта употребљених математичких средстава су веома сличне, па се и методолошки међусобно преплићу (**Taha Hamdy, 2007**). Математичку основу све три гране чини линеарна алгебра. ЛП је примењивано за максимизирање корисити као што су профит, производња хидроенергије (**Yoo, 2009; Sadeghi, 2009**), односно за минимизацију: трошкова, губитака узрокованих ерозијом земљишта, површинског отицаја, седиментације (**Khorsandi, 2014; Dragović et al., 2017; Owji et al., 2013**).

Оптимизација (минимизација) времена трајања пројекта

Решавање проблема оптимизације времена трајања реализације пројекта подразумева дефинисање функције циља која се може приказати применом формуле:

$$\min Z = T_n$$

при ограничењима

$$\begin{aligned} T_j - T_i - t_{ij} &\geq 0 \\ 0 \leq (t_u)_{ij} \leq t_{ij} \leq (t_n)_{ij} \\ T_1 &= 0 \\ \sum_{(i-j)} (-a_{ij}t_{ij} + b_{ij}) &\leq C \end{aligned}$$

Овако формулисан задатак путем минимизације функције са датим ограничењима, решава се помоћу методе линеарног програмирања. За времена трајања активности пројекта $t_{ij} = (t_n)_{ij}$ могу се наћи одговарајући трошкови пројекта C_m . За било које $C > C_n$ задатак није решив, али ако се стави да је $T_n = m$ (m је усиљено трајање пројекта) и ако се нађе одговарајуће C_m које одговара усиљеном трајању пројекта, онда ће за $C \geq C_m, T = m = T_n$ бити минимално време (**Петрић, 1987**).

Одређивање нормалног и усиљеног трајања активности и трошкова

Оптимизација трајања реализације пројекта зависи од трошкова и расположивих ресурса.

Пре саме оптимизације трајања пројекта битно је одредити: нормалне трошкове (C_n), усиљене трошкове (C_u), нормално време трајања (t_n), усиљено време трајања (t_u), просечан прираст трошкова (ΔC), као и коефицијенте a_{ij} и b_{ij} који само од њих зависе (**Петрић, 1987**).

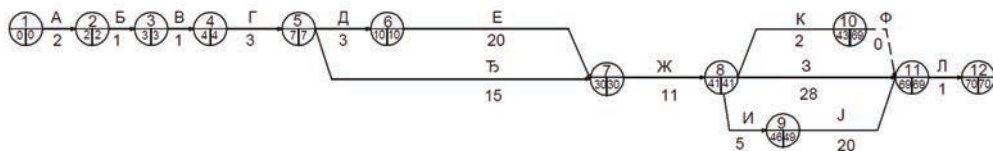
$$a_{ij} = (\Delta C)_{ij} = \frac{(C_u)_{ij} - (C_n)_{ij}}{(t_n)_{ij} - (t_u)_{ij}}$$

$$b_{ij} = \frac{(C_u)_{ij}(t_n)_{ij} - (C_n)_{ij}(t_u)_{ij}}{(t_n)_{ij} - (t_u)_{ij}}$$

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

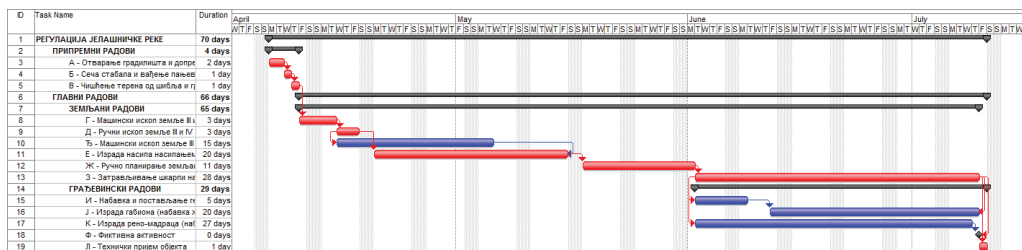
Једна од најчешће примењиваних техника је ТМП која има бројне предности: јасан увид у процес реализације пројекта односно извршења активности пројекта на основу њихове технолошке зависности; дефинисање почетка и завршетка активности пројекта, и праћење одступања стварног стања од планираног; утврђивање критичних активности чије извршење највише утиче на рок реализације пројекта; могућност анализе више варијанти мрежног плана и избор оптималног решења (Чубра, 1982).

На основу “Главног пројекта регулације Јелашничке реке у селу Јелашница – општина Лесковац”, извршена је анализа времена детерминистичком методом мрежног планирања (СРМ – Critical Path Method) (Андријанић и др., 2012). Анализом структуре састављена је листа активности, утврђен је логичан редослед и начин повезаности активности према технологији одвијања радова, а затим је формиран мрежни дијаграм (слика 2.). Уз подршку софтвера Microsoft Project, динамика одвијања активности приказана је графички у виду гантограма (слика 3.). Овај пројекат састоји се од 12 активности које захтевају средства и време за извршење (А,Б,...Л) и једне фиктивне активности (Ф), које припадају групи радова - приремним и главним (земљани и грађевински радови).



Слика 2. Мрежни план
Figure 2. Network plan

Мрежни план има 6 путева: 1. пут А-Б-В-Г-Д-Е-Ж-К-Ф-Л; 2. пут А-Б-В-Г-Д-Е-Ж-З-Л; 3. пут А-Б-В-Г-Д-Е-Ж-И-Л; 4. пут А-Б-В-Г-Ђ-Ж-К-Ф-Л; 5. пут А-Б-В-Г-Ђ-Ж-З-Л; и 6. пут А-Б-В-Г-Ђ-Ж-И-Л. Сабирањем трајања активности које се налазе на најдужем путу у мрежи (2. пут – критичан пут), добија се трајње пројекта од $T_p=70$ дана (слика 2.).



Слика 3. Динамички план одвијања радова (гантограм) на уређењу Јелашничке реке применом MS Projecta (пре оптимизације)

Figure 3. Dynamic plan (Gantt chart) for the Jelašnička River regulation using MS Project (prior to the optimization)

У анализи трошкова, пажња је оријентисана на директне трошкове који непосредно зависе од времена. Сума трошкова свих група радова (припремних и главних) представља укупне трошкове. За анализу укупних трошкова реализације пројекта регулације реке Јелашнице коришћене су јединичне цене, добијене анализом цена, и предмер радова. Сума свих трошкова пројекта регулације Јелашничке реке, приликом нормалног трајања активности, износи 43.170.827,54 динара, а приликом усиљеног трајања активности 47.486.418,39 динара.

Табела 1. Детаљан приказ трошкова и трајања активности пре оптимизације (нормално, усиљено) и после оптимизације

Table 1. A detailed breakdown of costs and duration of activities prior to the optimization (normal, crashed) and after optimization

Опис активности	Опис радова	ПРЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ						ПОСЛЕ ОПТИМИЗАЦИЈЕ	
		НОРМАЛНО		УСИЉЕНО		ПРОСЕЧАН ПРИРАСТ	Коефицијент	тро	Сро
		t_n	C_n	t_u	C_u	ΔC	b_j	t_{po}	C_{po}
		трајање у данима	трошкови у ред	трајање у данима	трошкови у ред	у ред		трајање у данима	трошкови у ред
I ПРИПРЕМНИ РАДОВИ									
А	Отварање градилишта								
Б	Сеча стабала и вађење панчева	1,00	10025,40	1,00	10025,40	0,00	0,00	1,00	10025,40
В	Чишћење терена од шибља и гња	1,00	4893,68	1,00	4893,68	0,00	0,00	1,00	4893,68
II ГЛАВНИ РАДОВИ									
ЗЕМЉАНИ РАДОВИ									

Г	Машински ископ земље III и IV категорије у уском рову, ширине 1-2m за темеље објеката (услерни насипи, уливни објекат, консолидациони појасеви, каскаде, потпорни зид, изливни објекат)	3,00	203248,95	1,00	223573,85	10162,45	233736,29	1,00	223573,85
Д	Ручни ископ земље III и IV категорије	3,00	44795,80	1,00	49275,38	2239,79	51515,17	1,00	49275,38
Ђ	Машински ископ земље III и IV категорије у широком откопу. Земља из ископа се користи за изградњу насипа	15,00	1653300,26	5,00	1818630,29	16533,00	1901295,30	8,00	1769031,00
Е	Израда насипа насипањем материјала који се разастире у слојевима од 20 см, а набија се ручно или машински	20,00	2441434,21	7,00	2685577,63	18780,26	2817039,47	7,00	2685577,63
Ж	Ручно планирање земљаних површина	11,00	437325,00	4,00	481057,50	6247,50	506047,50	4,00	481057,50
З	Затрављивање шарпни насипа и уссека	28,00	1125174,75	9,00	1237692,23	5921,97	1290989,98	9,00	1237692,23
ГРАЂЕВИНСКИ РАДОВИ									
И	Набавка и постављање геотекстила GTX-300, тип: не ткани	5,00	97828,49	2,00	107611,34	3260,95	114133,24	2,00	107611,34
Ј	Израда габиона (набавка жице, постављање, формирање и пуњење каменом), отвор ошца мреже је 8x10 см (користи се камен пречника 2d у односу на отвор ошца габиона)	20,00	10099075,00	7,00	11108982,50	77685,19	11652778,85	7,00	11108982,50
К	Израда рено-матраца (набавка жице, постављање и формирање), отвор ошца мреже је 6x8 см (користи се камен пречника 2d у односу на отвор ошца мреже рено-матраца)	27,00	27053726,00	9,00	29759098,60	150298,48	31111784,90	9,00	29759098,60
Л	Технички пријем објекта								
		$\Sigma=70$	$\Sigma=43170827,54$	$\Sigma=47$	$\Sigma=47486418,39$			$\Sigma=50$	$\Sigma=47436819,10$

Помоћу методе линеарног програмирања задатак оптимизације трајања реализације пројекта Јелашничке реке може се формулисати на следећи начин уз помоћ података који су сређени у табели 2.

Табела 2. Потребни подаци за постављање задатка за оптимизацију трајања реализације пројеката Јелашничке реке

Table 2. Necessary data for setting the problem for optimizing the duration of project realization of Jelašnica River

	А	Б	В	Г	Д	Ђ	Е	Ж	З	И	Ј	К	Л
	x	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t ₁₁	x
a _{ij}	0	0	0	10162,45	2239,79	16533,00	18780,26	6247,50	5921,97	3260,95	77685,19	150298,48	0
b _{ij}	0	0	0	233736,29	51515,17	1901295,30	2817039,47	506047,50	1290989,98	114133,24	11652778,85	31111784,90	0

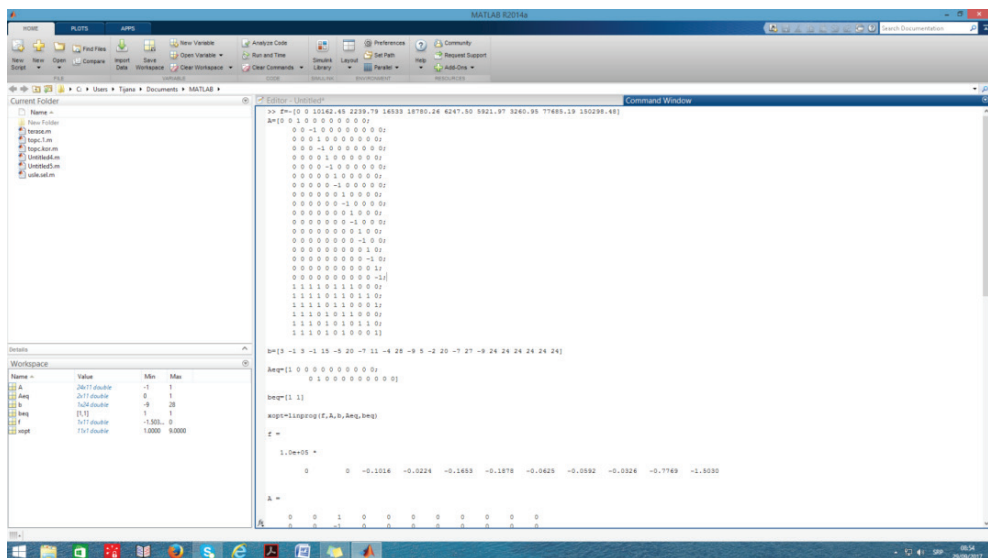
У прорачуну саме оптимизације нису узете у обзир активности А (отварање градилишта) и Л (технички пријем објекта) чији трошкови не могу бити прецизно утврђени и зато што не утичу на саму оптимизацију.

Оптимизација времена трајања реализације пројекта на примеру регулације Јелашничке реке извршена је применом линеарног програмирања уз подршку софтвера Matlab-a, постављањем следеће функције циља:

$$Z = \sum (-a_{ij}t_{ij} + b_{ij}) =$$

$$= -(0t_1 + 0t_2 + 10162,45t_3 + 2239,79t_4 + 16533,00t_5 + 18780,26t_6 + 6247,50t_7 + 5921,97t_8 + 3260,95t_9 + 77685,19t_{10} + 150298,48t_{11}) + 49679320,70$$

Matlab је програмски пакет који се користи за решавање математичких проблема применом програмирања, израчунавања и визуелизације. Основна форма за унос података је низ или матрица која не захтева димензионисање. Због великог броја расположивих функција, оне су груписане у посебне пакете (toolbox). Основни објект у Matlab-у је матрица димензија $m \times n$, а све елементарне операције су тако дефинисане да подржавају рад са матрицама. Тиме је омогућено да се све математичке и логичке операције, као и искази у Matlab-у дефинишу и изводе на исти начин као што би их писали на папиру (слика 4.). Вектори су посебни случајеви матрица $1 \times n$ или $n \times 1$, док су скаларне величине посебан случај матрице 1×1 .



Слика 4. Командни прозор софтвера Matlab и уношење података
Figure 4. Command window of Matlab software and data input

Резултати показују да након извршене оптимизације (минимизације), Matlab као резултат (output) нуди следеће трајање активности које је предвиђено (усиљено трајање) за све активности осим за активност са ознаком Ђ (Машински ископ земље III и IV категорије у широком откопу; Земља из ископа се користи за изградњу насипа.). Предвиђено усиљено време трајања активности Ђ било је $t_u^{\text{Ђ}} = 5$ дана, а оптимизацијом је добијено време $t_{\text{po}}^{\text{Ђ}} = 8$ дана (табела 1.). Након оптимизације, укупно смањење времена реализације пројекта је 20 дана. Због смањења времена реализације пројекта, трошкови изградње су повећани. Након оптимизације, трошкови пројекта износе 47.436.819,10 динара.

ЗАКЉУЧАК

Циљ овог рада била је минимизација времена трајања пројекта уз минимизацију повећања трошкова на примеру уређења бујичног тока Јелашничке реке. Применом метода мрежног планирања (CPM) и метода линеарног програмирања извршена је оптимизација времена трајања пројекта, где је укупно смањење времена реализације пројекта 20 дана (са почетних 70 дана, на 50 дана). Трошкови пројекта су после оптимизације већи у односу на нормалне трошкове за 9,88%, а мањи у односу на усиљене за 0,1%. Применом метода за оптимизацију задовољен је постављен критеријум циља: минимизација времена трајања пројекта. На примеру планирања изградње регулације Јелашничке реке доказано да се применом метода мрежног планирања (CPM) и метода линеарног програмирања постиже оптимално трајање реализације пројекта уз минимално повећање трошкова пројекта.

Напомена: Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање” (43007), подпројекат бр. 16: „Социо-економски развој, ублажавање и адаптација на климатске промене”, који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања за период од 2011 до 2017. године.

ЛИТЕРАТУРА

(2005): “Главни пројекат регулације Јелашничке реке у селу Јелашица – општина Лесковац”. Шумарски факултет, Београд

Андријанић, Т., Драговић, Н., Тодосијевић, М. (2012): “Оптимизација ангажовања радне снаге при планирању извођења радова на регулацији Јелашничке реке”. Гласник Шумарског факултета 106, 29-40. Шумарски факултет, Београд

Драговић, Н. (1993): “Прилог управљању пројектима за уређење бујичних сливова”. Симпозијум агроекономиста, 20-22 септембар, Пољопривредни факултет, Београд.

Драговић, Н. (1994): “Оцена примене СРМ-методе при изградњи објеката за уређење бујичних сливова”. XXI Југословенски симпозијум за операциона истраживања SYMOPIS ‘94, 803-805.

Драговић, Н. (1995): “Планирање изградње једне бујичне преграде”. XXII Југословенски симпозијум за операциона истраживања” (Eds. С. Вујић) Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 867-870.

Драговић, Н. (2001): “Оптимизација реализације пројеката за уређење бујичних водотока”. Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд

Драговић, Н. (2002): “Минимизација трајања изградње попречних објеката у бујичним водотоцима при ограниченом ангажовању радне снаге”. XXIX Југословенски симпозијум о операционим истраживањима (Eds. Ј. Тодоровић, М. Вујошевић), ИИПП Институт за истраживања и пројектовање у привреди.

Крчевинац, С., Чангаловић, М., Ковачевић-Вујчић, В., Мартић, М., Вујошевић, М. (2004): “Операциона истраживања”. Факултет организационих наука, Београд

Магдалиновић, Н. и др. (2009): “Оптимизација рударских пројеката и производње”. Рударски радови, број 2/2009, Комитет за подземну експлоатацију минералних сировина Ресавица-Република Србија, Институт за рударство и металургију Бор, 35-38

Милић, Д. (1997): “Примена операционих истраживања у воћарско-виноградарској производњи”. С., Поткоњак (Едс), Примена операционих истраживања у пољопривреди (Едс.), ПКБ Центар за информисање и издавачку делатност, Београд, 212-226.

Петрић, Ј. (1987): “Операциона истраживања”. Научна књига, Београд

Прашчевић, Ж. (1992): “Операциона истраживања у грађевинарству, детерминистичке методе”. Грађевински факултет, Београд

Прашчевић, Н. (1992): “Одређивања оптималног трајања активности при реализацији пројекта за специфицирано време”. Грађевински факултет, Београд, XXII Југословенски симпозијум за операциона истраживања SYMOPIS ‘95, 803-805.

Станковић, М., Ћировић, Г., Митровић, С., Поповић-Милетић, Н. (2013):

“Преглед метода и техника планирања и репланирања грађевинских пројеката”. АГГ+ часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области 214-225.

Стојнић, Д., Златановић, М. (2015). “Техника мрежног планирања у управљању пројектима шумског путног инжењерства”. Шумарство 3, 133-142.

Ђировић, Г. (2002): “Проблеми планирања, организације и технологије грађења”. Виша грађевинско-геодетска школа, Београд.

Чубра, Н. (1982): “Планирање и програмирање у грађевинарству”. ИРО “Грађевинска књига”, Београд.

Dragović, N., Vulević, T., Todosijević, M., Kostadinov, S., Zlatić, M. (2017): “Minimization of direct costs in the construction of torrent control structures”. Technical Gazette 24.4, 1123-1128

Kelley, J. E., Walker, M. R., & Sayer, J. S. (1989). The origins of CPM: a personal history. *PM Network*, 3(2), 7–22

Khorsandi, N. (2014): “Evaluation of Land Use to Decrease Soil erosion and Increase Income”. Polish Journal of Environmental Studies 23 (4), 1329-1333.

Kulej, M. (2011): “Operations research”. Business information Systems, Wroclaw University of Technology, ISBN 978-83-62098-83-5

Owji, M.R., Nikami, D., Mahdian, M.H., Mahmoudi, SH. (2013): “Minimizing runoff and sedimentation by optimizing land use”. Journal of water and soil conservation. Journal of agricultural sciences and natural resources. 20 (4), 183-199.

Ranković, N. (1985): “Optimalna struktura ponude drvnih sortimenata bukve, hrasta i topole u SR Srbiji bez SAP-a sa stanovišta maksimalnih finansijskih efekata”. Glasnik Šumarskog fakulteta 64, 141-147. Šumarski fakultet, Beograd

Sadeghi, S.H.R., Jalili, Kh., Nikkami, D. (2009): “Land use optimization in watershed scale”. Land use policy 26, 186-193.

Taha Hamdy, A. (2007): “Operations research: an introduction – 8th edition”. Pearson Education, Inc. USA

Yoo, J-H. (2009): “Maximizing of hydropower generation through the application of a linear programming model”. Journal of Hydrology 376, 182-187.

Миодраг Златић¹, Мирјана Тодосијевић¹, Нада Драговић¹, Катарина Лазаревић¹, Тијана Вулевић¹, Наталија Момировић², Никола Ракоњац³

МЕТОДОЛОШКИ ПРИСТУП ВАЛОРИЗАЦИЈИ ШТЕТА ОД КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА У ШУМАРСТВУ И ЗАШТИТИ ЗЕМЉИШТА

METHODOLOGICAL APPROACH TO VALORIZATION OF DAMAGES IN FORESTRY AND SOIL PROTECTION CAUSED BY CLIMATE CHANGES

¹Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава бр. 1, 11030 Београд

²Институт за шумарство, Кнеза Вишеслава бр. 3, 11030 Београд

³Politecnico di Milano, Italy

Апстракт

Сведоци смо климатских промена које се одражавају на животну средину, природне ресурсе, шумске екосистеме и живот људи. Штете које настају услед пожара, ледолома и поплава, утичу на просперитет друштва. Валоризација штета изазвана природним катастрофама је са овог аспекта веома значајна. У овом раду је приказан методолошки приступ за валоризацију штета од елементарних непогода, првенствено поплава и мразева, у шумским екосистемима, према европској методологији и искуствима Босне и Херцеговине. Валоризација је обухватила штете на различитим функцијама шумских екосистема, као што су: штете на продуктивним функцијама високих шума, штете у вези недрвних шумских производа, затим вредности штета у ловном газдинству, трошкова регенерације оштећених шумских подручја и вредности везивања угљеника.

Кључне речи: штете, социо-економски аспекти, елементарне непогоде, шумски пожари

Abstract

We are the witnesses of climate changes that affect the environment, natural resources, forest ecosystems and people's lives. The damages caused by fire, ice breaks and floods affect the prosperity of the society. The valorization of damages caused by natural disasters is very important from this point of view. This paper presents a methodological approach for estimating damages from natural disasters, primarily floods and frosts, in forest ecosystems, based on Bosnia and Herzegovina experiences, which is in line with European methodology. It covers various functions of forest ecosystems: damage to productive functions of high forests, damage to non-wood forest products, damage to hunting stock, regeneration costs of damaged forest areas and carbon binding values.

Key words: damages, socio-economic aspects, natural disasters, forest fires

УВОД

Климатске промене утичу на све појаве у природи и на све свере живота људи. Једна од најзначајнијих одлика климатских промена је знатно повећање броја и интензитета природних непогода као : поплава, шумских пожара, појава екстремно високих или ниских температура ваздуха, клизишта и др.

Штете које настају дејством поплава и мразева у шумским подручјима могу бити директне и индиректне. Директне штете настају уништавањем шума односно дрвећа и осталих материјалних добара угрожених нанесеним материјалом из оштећених шума. Прорачун директних штета обухвата надокнаду средстава која су потребна за пошумљавање оштећених подручја, као и надокнаду уништених добара. Индиректне штете обухватају све негативне последице које су настале дејством поплава и мразева, а не могу се директно измерити: обустављање или умањење производње, неиспуњење обавеза, узнемиреност становништва, појава зараза, отежано снабдевање.

Код решавања овог проблема, основни циљ је обезбеђење смањења штета. Степен заштите зависи од две основне групе мера: оних који утичу на смањење поплава и мразева, и оних који се односе на објекте који трпе штете. На овај начин ће се стећи увиду степен угрожености подручја, као и на поједине економске ефекте примењених мера на смањење штете.

Активности у вези са валоризацијом штета би се односиле на утврђивање услова од којих зависи висина штете, а они су следећи:

- хидролошко хидраулички и топографски услови (одређивање угрожене површине и броја стабала, број и величина угрожених добара, трајање плављења и мразева у функцији штета...);
- стање шума (густина, стање изграђености, коришћење површина угрожених поплавама и мразевима,...);
- вредност добара угрожених наносом из шуме (штете се изражавају различитим јединицама у зависности о кавој врсти објекта и оштећења се ради, а затим се утврђује цена коштања да би се дошло до укупног износа штете);
- доба године (суше, мразева,...);
- оцена стања на поплављеном шумском подручју
- утврђивање потребних радова на санацији
- утврђивање улагања у санацију и организација заштите од штетног дејства поплава и мразева (утврђивање улагања у пошумљавање, израду градона и других типоватераса и сл.);
- утврђивање методологије за процену штета;
- утврђивање техника вредновања укупне економске вредности (вредност коришћења, вредност некоришћења).

МЕТОД РАДА

У раду су коришћене методе анализе, синтезе и конкретизације на основу анализираних следеће литературе: предлога методологије из области оцене социоекономских штета од шумских пожара у Европи (Pettenella et al., 2008), затим вредновања штета од шумских пожара у БиХ (Delić et al. 2013), као и методе коришћене у пројекту Министарства пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије (2016):

ВАЛОРИЗАЦИЈА ШТЕТА

Предложене су релације за израчунавање штета за функције, које су модификоване и прилагођене шумарској пракси. Овај обрачун не укључују све функције предложене за усклађену методологију за процену социо-економских штета од елементарних непогода у Европи (Pettenella et al., 2008). На основу ситуације на одређеном подручју, поступак процене треба да обухвати различите функције шумских екосистема који се, врло често, занемарују у разним проценама. Осим тога, мало је вероватно да ће природна непогода изазвати значајну штету свих функција шуме у исто време (Pettenella et al., 2008). Због тога, вредновање треба да буде усмерено ка процени највише оштећених функција у одређеном шумском подручју.

Укупна процена штета односи се на следеће:

- штета на продуктивним функцијама високих шума;
- штета везана за недрвне шумске производе;
- вредности штета у вези дивљачи и ловства
- трошкове регенерације шумских површина оштећених природним катастрофама;
- вредности везивања угљеника.

Када су у питању производне функције, предложени су прорачуни за високе, изданачке и вештачки подигнуте шуме, и за губитке везане за недрвне шумске производе. Овакав обрачун представља сложен процес објективне процене и вредновања свих штета. Процена се врши на основу унапред дефинисане функције шумских екосистема. Збир вредности одвојених компоненти представља укупну вредност директних и индиректних штета.

ПРОИЗВОДНА ФУНКЦИЈА

Високе шуме, изданачке шуме и вештачки подигнуте шуме

Штете производње дрвета, су сложеније од једноставног губитка запремине дрвета. Ове штете треба посматрати на свеобухватан начин. Губици производних функција се процењују одвојено за високе шуме, изданачке шуме и шумске културе страдале у

природној катастрофи. Предложене формуле из предлога за усклађену методологију за процену социо-економских штета од шумских пожара у Европи (Pettenella et al., 2008) су модификоване и усвојене за конкретне праксе газдовања шумама у Босни и Херцеговини (Delić et al. 2013). У циљу процене штета од природних катастрофа, уважавајући усклађену методологију у Европи, предложена је следећа формула (Pettenella et al., 2008; Delić et al. 2013):

$$ED_{te} = FBA \cdot Vol \cdot (P_{imp} - C_{te}) + \left[E \cdot (P_{imp} - C_{te}) \cdot \frac{(1+r)^m - 1}{r \cdot (1+r)^m} \right]$$

Елементи у формули су следећи:

ED_{te} - штета у губицима дрвета за производњу (RSD);

FBA - површина под шумом страдала у природној катастрофи (ha);

Vol – запремина дрвета изгубљена у природној непогоди ($m^3 \cdot ha^{-1}$);

E - дрвна запреминау шуми која је предвиђена за сечу у току једне годинеу периоду „m“ година (m^3);

P_{imp} - средња цена обловине на путевима (RSD· m^{-3});

C_{te} - трошкови сече и израде шумских сортимената (RSD· m^{-3});

r – дисконтни фактор(%);

m - године потребне за новоосновану шуму да достигне једнак износ прихода као шума изгорела у пожару.

Недрвни шумски производи

Због дугорочних последица природних катастрофа, штете у односу нанедрвне шумске производа треба оценити као дисконтовани годишњи губитак у укупном приходу. Према томе, ова штета може бити израчуната према следећој формули (Pettenella et al., 2008; Delić et al. 2013):

$$ED_{NWFP} = FBA_{NWFP} \cdot R_{NWFP} \cdot \frac{(1+r)^m - 1}{r \cdot (1+r)^m}$$

ED_{NWFP} – укупна штета од губитка главних недрвних шумских производа (RSD);

FBA_{NWFP} - оштећена површина која производи недрвне производе (ha)

R_{NWFP} - средња годишња зарада од главних недрвних шумских производа (RSD· ha^{-1});

r - дисконтни фактор (%);

m - године изгубљених жетви недрвних производа након природних катастрофа.

Вредност штета у ловном газдинству

Критеријум за процену штете по основу вредности штета у ловном газдинству је сличан као и за недрвне шумске производе. То значи да се укупна штета по животну средину обрачунава као збир годишњих штета за период у коме је немогуће извршити послове управљања ловним подручјем. Такав обрачун се врши са следећом формулом (Pettenella et al., 2008; Delić et al. 2013):

$$ED_{hun} = FBA_{hun} \cdot R_{hun} \cdot \frac{(1+r)^v - 1}{r \cdot (1+r)^v}$$

ED_{hun} - штета по животну средину од смањења (RSD);

FBA_{hun} - простор коришћен за лов оштећен природном катастрофом (ha);

R_{hun} - средњи годишњи приход од лова (RSD·ha⁻¹);

r - дисконтна стопа;

v - године изгубљених ловних активности након пожара.

Вредност штета услед уништавања земљишта (регулација водног режима и спречавање ерозије)

У циљу процене функције заштите земљишта, предложени приступ се заснива на замени трошкова и фиксних трошкова шума за регенерацију оштећених шумских подручја. Трошкови регенерације шума се састоје од две компоненте: једнократни инвестициони трошкови оснивања нових састојина и трошкове узгојних активности за њихово одржавање које треба изводити у наредном периоду како би се осигурала заштитна функција коју су ова подручја имала пре природних катастрофа. Ово се може израчунати на основу следеће формуле (Pettenella et al., 2008; Delić et al. 2013):

$$ED_{prot} = FBA_{prot} \cdot \left(C_{rev} \cdot r + C_{ann} \cdot \frac{(1+r)^m - 1}{r \cdot (1+r)^m} \right)$$

ED_{prot} - штета по животну средину од смањења циклуса регулације воде и заштите земљишта (RSD);

FBA_{prot} - подручје са заштитним функцијама уништених природном катастрофом (ha);

C_{rev} - трошкови пошумљавања (RSD·ha⁻¹);

C_{ann} - годишњи трошкови одржавања ревегетационог простора (RSD·ha⁻¹);

r - дисконтна стопа (%);

i - године потребне за одржавање подручја.

Вредност везивања угљеника

Формула за израчунавање ове врсте штете (вредност везивања угљеника) се заснива на губитку спаљене дрвне биомасе, коефицијенту трансформације по обиму надземних дрвне биомасе (Pettenella et al., 2008) и тржишне цене угљеника. Тржишна цена угљеника варира у зависности од економских кретања.

$$ED_c = FBA \cdot Vol_b \cdot BEF \cdot 0,5 \cdot P_c$$

ED_c - штета по животну средину од угљеника емитованог у атмосферу (RSD);

FBA - површина под шумом изгорела у пожару (ha);

Vol_b - обим надземне дрвне биомасе спаљене пожаром ($m^3 \cdot ha^{-1}$);

BEF - фактор ширења биомасе (коефицијент трансформације запремине надземне дрвне биомасе, изражен у тонама суве материје);

0,5 - 1 тона сувог дрвета има 50% угљеника (Pettenella et al., 2008);

P_c - цена једне тоне угљеника ($RSD \cdot t^{-1}$).

Штете туристичко-рекреативне функције и функције за заштиту биодиверзитета нису узете у обзир, јер је потребно спровести посебно истраживање за њихов обрачун применом „Contingent Valuation or Travel Cost Method“ (Bishop, 1999).

ЗАКЉУЧАК

Пројектом Министарства пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије, покренута су многа питања везана за процену штета које су настале услед климатских промена. За процену социо-економских штета од шумских пожара предложене је европска методологија (Pettenella et al., 2008) која је модификована и усвојена за конкретне праксе газдовања шумама у Босни и Херцеговини. Поменути методологија разматра штете на продуктивним функцијама високих шума, штета недрвних шумских производа, вредности штета у ловном газдинству, трошкова вегетације за регенерацију пожаришта и вредности везивања угљеника. У Србији ова методологија може бити прихваћена с тим што је неопходно разматрати и штете које утичу на туристичко-рекреативне функције и функције заштите биодиверзитета применом „Contingent Valuation or Travel Cost Method“.

У овом раду представљен је приступ валоризацији штета од климатских промена у шумарству, који представља део пројекта “Истраживања социо-економских аспеката ризика услед климатских промена у шумским подручјима”, који је финансиран од Министарства пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије (2015-2016).

ЛИТЕРАТУРА

Delić S., Bećirović Dž., Jurić V., Mutabdžija S., Marić B., Mujezinović O., Kvesić S., Avdibegović M. (2013): Total Economic Valuation of the Damages from Forest Fires: Case Study Prozor-rama Municipality, Works of the Faculty of Forestry University of Sarajevo No. 1, 2013 (39-53)

Bishop J. T. (1999): Valuing Forests - A review of Methods and Application in Developing Countries, Environmental Economics Programme, IIED. Project Fire Paradox, European Forest Institute Research Report 23, 2010, Joensuu, Finland

Pettenella D., Marchetti M., Marino D., Marucc A., Ottaviano M., Lasserre B. (2008): Proposal for a Harmonized Methodology to Assess Socio-economic damages from Forest Fires in Europe, Italy (www.effis.jrc.ec.europa.eu)

(2016): “Истраживања социо-економских аспеката ризика услед климатских промена у шумским подручјима”, пројекат Министарства пољопривреде и заштите животне средине Републике Србије, Шумарски факултет, Београд

Проф. Слободан Гавриловић
Београд

ПОЧЕЦИ СТРУЧНО-ТЕХНИЧКЕ БОРБЕ ПРОТИВ БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА И ЕРОЗИЈЕ У ПОДРУЧЈУ ЈУГОСЛАВИЈЕ И УЖЕ СРБИЈЕ

Осамдесетих година прошлог века јаке бујичне кише захватиле су шира подручја средње-европских и балканских земаља. Те кише су биле и врло честе и са јаким интензитетима и количином падавина.

У то време, нарочито у државама средње Еворпе предузимане су велике акције на градњи путева и железница. Разорне бујичне кише задавале су много сметњи градитељима. Појавили су се проблеми не само око одржавања изграђених објеката, већ и око прорачунавања могућих бујичних протицаја са водом и наносима кроз отворе мостова и пропуста. Све практичне норме тадашњих саобраћајних стручњака за пројектовање отвора мостова и пропуста, нарочито код мањих река и потока, па чак и на изглед безначајних јаруга и вододерина, нису ни приближно одговарале, налетима поплавних бујичних вода са наносима.

Огромна разорна снага бујичних поплавних вода порушила је многе, у то време сасвим брижљиво изграђене деонице саобраћајница и проузроковала дуготрајне прекиде саобраћаја.

То је навело владе, посебно средње – европских земаља, да у оквирима својих служби за изградњу саобраћајних комуникација, формирају прве техничке секције за борбу против бујичних поплава и урвинских процеса. У Француској се јавља већ 1872. године једна од првих студија А. Surell – а о борби противу бујичних процеса у Високим Алпима. Убрзо настаје студија Р. Demontzey – а о заустављању урвинских процеса и пошумљавању у планинским подручјима (Париз, 1880), затим А. Seckendorf – а о примени гађевинско – техничких и културно – биолошких мера за уређење бујичних подручја (Берлин, 1884), као и низ сличних студија у Италији и Швајцарској.

На Балканском полуострву, једна од првих студија те врсте јавља се у Бугарској од професора F. Vogeli – а „Укрепљивање поришчата и залугјавање“ (Софија, 1911).

Међутим, у нашим до скоро западним републикама (Словенији и Хрватској) почетак практичних радова на уређењу бујичних подручја почиње, најчешће у склопу са регулацијама река, око 1885. године претежно под вођством хидротехничких стручњака из Аустроугарске и Италије.

У подручју Србије, ови радови почињу са изградњом железничке пруге Београд – Ниш, према усменом казивању инжењера Драгомира Пантића некадашњег начелника бивше Дирекције Пољопривреде и вода, у пролеће 1892. године у клисурама око Багрдана и Сталаћа.

Специјално за уређење бујичних корита, изградњу преграда, као и прорачунавање протицајних профила и формирање кинета и каскада доведени су стручњаци претежно из Италије, казивао је инж. Пантић.

Иначе инж. Д. Пантић је био први асистент Хидротехнике на Високој школи у Београду, при катедри код познатог проф. Николе Стаменковића, аутора првих идејних пројеката о пловном путу Дунав – Морава – Вардар. Инж. Д. Пантић суделовао је у својем дугом животу (преко 95 год.) скоро у свим областима водопривредних радова у нашој земљи, али није оставио детаљнијих забелешки о томе. Био је веома познат у земљи и иностранству. Веома се занимао за бујичарско – противерозионе радове целог живота.

По инж. Ј. Метлашу, као први протагониста борбе противу бујичних токова и ерозије, односно као први „бујичар“ на територији Југославије сматра се инж. Стеван Петровић, рођен у Земуну 1872. године а умро у Загребу 1924. године. Он је од 1924. године радио и на оснивању бујичарске службе.

Према Ј. Метлашу, је инж. Стеван Петровић за један елаборат из области уређења бујичних токова награђен са „GRAND PRIX“ на Интернационалној изложби у Паризу, 1900. године (Метлаш Ј.: Инж. Стеван Петровић (Некролог)). Шумарски лист бр. 9, Загреб 1924.

После инж. Петровића, познати су бујичари сарадници бивше Дирекције Пољопривреде и вода Краљевина Срба, Хрвата и Словенаца, инж. М. Ђурековић, инж. В. Чмелик, инж. А. Јовановић.

Инж. Стеван Петровић после I светског рата ради краће време у Министарству шума и рудника у Београду. Почетком 1922. год. бујичарска служба прелази у надлежност ресора Пољопривреде и вода, где борбу против ерозије и бујичних токова воде углавном заједнички хидротехнички и шумарски стручњаци.

Кроз УПОРНУ и ОДЛУЧНУ борбу истакнутих шумарских стручњака, бујичарска служба је поново враћена, после неколико година, под ресор Министарства шума и рудника. Инж. Стеван Петровић ради на даљем изграђивању бујичарске службе у Југославији, али прерана његова смрт (1924.г.) прекинула је ове напоре. Међутим, његови наследници, у првом реду инж. Милан Мужинић (1876 – 1938. г.) као први шеф Одсека за уређење бујица при реорганизованој служби у Министарству шума и рудника, затим инж. Љубивоје Малетић (1879 – 1940. г.) касније редовни професор за предмет Уређење бујица на Пољопривредном – шумарском факултету у Београду, потом инж. Сретен Росић (1896 – 1969.г.) дугогодишњи шеф одсека за уређење бујица у Министарству шума и рудника, а после II светског рата помоћник Министра шумарства СР Србије и потом редовни професор и први декан новог шумарског факултета у Београду – допринели су снажном развоју бујичарске службе а притом подигли и начно - истраживачку делатност до завидне висине. Половином око 1932. године формиране су шумско – техничке секције за уређење бујица у многим бујичним подручјима старе Југославије, а при свим Банским управама и одговарајући одсеци за бујице при одељењима за шумарство. На тај начин, створене су основе за шири замах и развој теренских радова, а исто тако бројну попуу млађим кадровима из редова шумарских инжењера, који су се определили за сектор уређења бујица.

При томе треба истаћи, да се у времену између I и II светског рата налазио на челу Шумарске службе у Одељењу за шумарски надзор, истакнути начелник тог

одељења инж. Сава Вучетић (1879 – 1962. г.) који је имао много разумевања за потребу јачег развоја бујичарске службе нарочито на теренима дуж важних саобраћаних комуникација, и значајних објеката, које је требало штитити од изненадних разорних бујичних надоласака.

Инж. Сава Вучетић, нарочито уз помоћ неких од тадашњих министара за шумарство, а посебно са доласком инж. Ђуре Јанковића на чело Министарства, остварили су идеју да се за бујичарске терене напишу јавни радови. То је допринело добијању огромне суме новца за извођење великих бујичарских радова широм Југославије и упошљавању великог броја младих инжењера на овим радовима, као и техничара.

У одељењима за шумарство, односно одсечима за бујице при банским управама у годинама пре II светског рата формирали су се многи бујичарски стручњаци, од којих посебно треба истаћи: инж. Живојина Ванчетовића, који је као шеф Одсека за бујице у Бановинској управи у Скопљу, основао и оспособио девет шумско – техничких секција за уређење бујица (у Предејану, Цепу, Владичин Хану, Ристовоу, Врањској Бањи, Гацком, Катланову, Ресену и Охриду). Упослио је велики број инжењера и техничара и извршио замашне радове на регулацијама бујичних корита и интегралном уређењу бујичних сливова. После рата је написао и запажени уџбеник за средње школе из области уређења бујица. Као пројектант истицао се прецизношћу и инвентивношћу, а као шеф веома коректним поступцима.

Примио је велики број бујичарских стручњака и из бивше руске емиграције, од којих су неки као инж. Леонида Јаковљев, инж. Пантелејмон Долгиј и сл. били изврсни стручњаци за пројектовање и техничку организацију извођења радова у врлетним подручјима Старе Србије и Македоније.

Из редова српских стручњака у периоду између 1930 – 1941. године истицала се група под вођством инж. Реље Поповића, која је извршила бројне радове у подручју Грделичке клисуре, Врањске котлине и Ристовачког бујичног подручја. Међу њима треба посебно истаћи инж. Милана Гиздавића, инж. Димитрија Величковића, инж. Симу Свирћева, инж. Милоша Галевића. Двојица из групе ових стручњака, као инж. Бранислав Барјактаревић (сада генерал ЈНА у пензији) и инж. Мирослав Павловић – Бели (умро недавно у 83. години као пуковник ЈНА) носиоци су Партизанске споменице 1941. г.

У подручју предратне Банске управе у Нишу истакла исто тако повећа група бујичарских стручњака и то: инж. Димитрије Петровић, послератни шеф одсека за бујице Министарства шума Србије, инж. Јован Петровић – Црвенко, послератни руководиоца Бироа за пројектовање у шумарству, инж. А. Никитин, инж. И. Исајев, и др.

У подручју Банске управе у Сарајеву, било је неколико бановинских шумско – техничких секција, од којих су јако активне биле у Немилој, Горажду и Фочи. Службом уређења бујица на шумарском одсеку у Сарајеву руководио је инж. Димитрије Афанасијев, познат као пројектант и градитељ регулације Калиманске реке код Владичиног Хана 1924. г. и као истраживач ауксинских материја за постизање брзог пораста дрвеће у ерозијом опустошеним подручјима. Оснивач је првог огледног поља за брзи пораст дрвећа „Седреник“ у атару Сарајева. У том погледу постигао је изузетне резултате.

Његови први сарадници били су инж. Јован Станимировић, инж. В. Пољешкин, инж. Љубомир Влаисављевић, који је руководио највећим делом бујичарских секција у подручју бивше Дринске бановине. Од других стручњака посебно су се у то време истакли инж. Живојин Ристић и инж. Стеван Ћирковић, као веома добри организатори непосредних грађевско – техничких и биолошко – ретенционих радова на терену.

У подручју Банске управе на Цетињу истакло се више стручњака од којих на првом месту треба истаћи инж. Милоја Руменића и инж. Бориса Мамонтова, посебно као пројектанте и градитеље успешних регулација бујичних корита.

У осталим банским управама предратне Југославије треба истаћи радове инж. Фрање Рајнера (Љубљана), инж. Ива Годека (Загреб) као и инж. Сергија Лазарева (Сарајево). Сва тројица су постали после II светског рата професори факултета и руководиоци катедра за бујичне токове – и ерозију и истакнути експерти ФАО – организације. Од њих, срећом да су још живи, треба потражити детаљније податке о развоју и стању бујичарске службе, као и истакнутим стручњацима у овој области, у Словенији, Хрватској и Босни и Херцеговини, у времену између I и II светског рата.

У Авнојској Југославији бујичарско – ерозиона служба се јако развила у годинама обнове и изградње земље, а посебно са изградњом великих водних акумулација за енергетику и мелиорације широм земље, као и савремених аутопутева.

У већини наших република борба против ерозије и бујичних поплава развила се преко „секција за заштиту зељишта од ерозије и уређења бујица“, а које су се развијале или под посебном дирекцијом за ерозију и бујице, или непосредно под републичким секретаријатима за пољопривреду и шумарство.

У периоду од 1947 – 1967. г. формирао се и израстао велики број нових, младих стручњака који су са огромним залагањем и одушевљењем много урадили на уређењу бујичних корита и сливова, и широко развили борбу шротив ерозије. Дошло је до добре сарадње између шумара, агронома и хидротехничара.

Стварањем посебних организација за заштиту од бујичних поплава и ерозије у подручјима Грделичке клисуре, Ибарске и Сићевачке клисуре у Србији, затим сличних организација у већем броју котлина у Македонији, Словенији, Хрватској антиерозиони радови добили су велики замањ.

Треба истаћи посебне напоре инж. Драгољуба Драшковића, као директора Управе за антиерозионо уређење Грделичке клисуре, као и његових сарадника, а међу њима нарочито инж. Р. Лујића, каснијег редовног професора Шумарског факултета у Београду.

Благодарећи посебном залагању бившег министра за шумарство СРС инж. Рајице Ђекића, и директора дирекције за ерозију инж. Живка Калинића, у том периоду су изграђене и модерне зграде за смештај и проширење кадрова и обезбеђење простора за машине и возни парк у теренским секцијама за антиерозиону борбу са бујицама и ерозијом. Посебно се могу у подручју Србије навести секције у Владичином Хану, Краљеву, Нишу, Књажевцу, Пожаревцу и др.

Тим потезом је тада, како је то 1968. године рекао одушевљено видећи ове теренске установе познати Совјетски стручњак проф. Herheulidze, антиерозиона борба у Југославији „добила снажне ноге“, а баш то недостаје у нашем огромном СССР.

Године 1960. основан је Одсек за ерозију и мелиорације на Шумарском факултету у Београду. Нови млади кадрови за антиерозиону борбу произашли из овог Одсека, на коме се повремено са техничким напретком плански усавршава и допуњује програм наставе, сада успешно решавају и најтеже проблеме у антиерозионој борби.

Не треба заборавити ни огромне напоре многих предратних и послератних бујичарских стручњака са средњом техничком школом у борби противу разорних бујичних поплава. Међу њима се нарочито истакао техничар Благоје Каракушевић, који је први у подручју Грделичке клисуре увео употребу жичара за пренос камених блокова за градњу преграда у најврлетнијим деловима бујичних корита.

Техничар Б. Каракушевић више од деценије успешно руководио Секцијом за бујично – противерозиону борбу у Нишу. Остварио је врло запажене антиерозионе радове у Сићевачкој клисури, и многим бујичним притокама реке Нишаве, Ј. Мораве, Јабланице, Ветернице и Власине.

Под његовим руководством подигнути су и многи антиерозиони засади воћњака и винограда, посебно у подручјима око Лебана, Вучја и Лесковца. Формирао је сложен тим стручњака, инжењера и техничара.

Слично је било и у Владичином Хану у секцији за бујице и ерозију под вођством првоборца Илије Михајловића, а исто тако и у подручју Књажевца. Ваља истаћи и велики допринос Секције за бујичне токове и ерозију у Краљеву под вођством инж. Душана Шибалића. Широм Авнојске Југославије истакао се и низ других стручњака, инжењера и техничара, чија имена је овде тешко побројати.

Први, организовани научно – огледни радови у борби противу ерозије и бујичних токова отпочети су у подручју Србије, са оснивањем Института за научна истраживања у шумарству. Седиште института било је у Топчидеру, у згради некадашњег конака Кнеза Михајла Обреновића. Само у периоду од 1946 – 1948 год. основане су три научно – огледне станице за ове радове: У Предејану (1947 г.) која је имала 9 (девет) огледних поља у подручју Грделичке клисуре и Врањске котлине. Затим станица у Пећи која се касније претворила у Институт за Шумарство Косова и Метохије, и специјална станица за борбу противу еолске ерозије (1948) у Шушари (Делиблатска пешчара), која је касније припала АП Војводини.

Као први доктор за бујице појавио се 1939. године инж. Чедомир Јанковић тада запослен при Банској управи у Скопљу. Он је показивао одштампану тезу докторске дисертације донету из Француске. За време рата био је примљен као предавач из предмета уређење бујица на Грађевинском одсеку Техничког факултета у Београду. После рата се запослио у Институту за водопривреду СР Србије. На тражење Управе Института није могао да докаже да је положио докторски испит одговарајућом дипломом. Касније је напустио Југославију, запосливши се у иностранству.

У после ратном периоду, почев од 1956. год. на Шумарском факултету у Београду положио докторске испите из гране уређење бујица и заштите земљишта од ерозије више инжењера са Факултета и из праксе.

Неки од ових стручњака стекли су својим каснијим радовима углед не само у земљи већ и у иностранству.

Прва докторска дисертација која је преведена у целини или у појединим партијама у иностранству била је „Класификација бујичних токова Грделичке клисуре и квантитативни режим њихових наноса“ – С. Гавриловића. У целини је преведена од стране једног од највећих хидротехничких института у СССР (Хидрологическиј институт у Лењинграду, 1958 г.). У деловима је ревођена у Италији, Швајцарској, Француској (1959 - 1960. г.). Фотокопија тога превода достављена је Библиотеци Шумарског факултета.

Крајем 1967. године све организације на терену које су се бавиле уређењем бујичних корита и сливова, као и заштитом земљишта од ерозије прелазе доношењем одговарајућих законских прописа у област делатности ВОДОПРИВРЕДЕ. Оне се претварају у предузећа специјалног или општег смера.

Добија се утисак, да после ових спајања бујичарско – ерозиона служба нагло малаксава, а посебно у области финансирања. Чини се, да је нужно, да се појави нови инж. Стеван Петровић, који ће ову грану извући из загрљаја ВОДОПРИВРЕДЕ, као што ју је он некада извукао упорном борбом из ресора Пољопривреде и вода и пребацио у ресор шумарства.

Треба подвући да је бујичарско – ерозиона грана најећи залет достигла и највише урадила у време непосредних и самосталних дирекција за бујичне токове и ерозије, т.ј. пре 1967. године.

Иако, довољно обиман, овај рад није ни изблиза потпун. Треба у њему извршити допуне од 1967. до данашњих дана и указати на напоре садашњих, а и ранијих кадрова који овде нису ни поменути.

Београд, децембра 1991 г.

Прилог 10 фотографија са легендом

С. Гавриловић



Слика 1. Трајна заштита железничких пруга од бујичних токова тежак је проблем, нарочито у Грделичкој клисури.



Слика 2. Опасни бујични ток „Депчишка река“ недалеко од Тетова скоро сваке године више пута изазива прекид саобраћаја.



Слика 3. Оваквим деструктивним процесима дубинске ерозије у бујичним коритима биолошки радови не могу много да се супроставе. Треба изградити специјалне јаке бујичарске објекте.



Слика 4. Прва наша „ретардациона преграда“ изграђена у кориту „Врањско – бањске реке“ 1951. г. допринела је смањењу разорности бујичних поплава и смирила урвинске процесе.



Слика 5. Специјална бујична преграда изграђена 1963. г. у подручју Лознице, по пројекту инж. Бориса Мамонтова, снажно је допринела умањењу снаге бујичног тока.



Слика 6. Правилно пројектована и изграђена регулација корита бујичног дела р. Јабланице кроз Сијаринску бању. Пројектант инж. Сава Стефановић, извођач Секција за бујице Ниш.



Слика 7. За комплексније смиривање бујичних токова веома су потребни и одговарајући антиерозиони, биолошко – ретенциони радови у сливу. Детаљ из „Жуковске реке“. Секција Књажевац



Слика 8. За проучавање настанка бујично – поплавних вода потребно је у више подручја формирати тзв. „ерозионе“ парцеле. Наше прве ерозионе парцеле, формиране око 1950. г.



Слика 9. Наша прва проучавања
отицања бујичних поплавних вода
са електромагнетским преносом
података на даљину, без обзира да
ли се јака киша јавља по дану или
ноћи. Огледни слив „Рипе“, 1954 г.



Слика 10. Дањашњи изглед теренске станице
за проучавање настанка бујичних поплава и
ерозије у сливу „Рипе“, у атару села Рипња код
Београда. Институт „Јарослав Черни“

УПУТСТВО ЗА АУТОРЕ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Фотографије и цртежи - Треба да представљају карактеристичан детаљ, појаву и слично. Фотографије и цртежи морају да буду контрастни и оштри. Нејасне и мутне фотографије неће бити штампане. Фотографије се прилажу у облику посебне датотеке,

морају да буду у неком од стандардних формата (BMP, TIF, JPG, GIF или PSD), у резолуцији најмање 300X300 dpi (пожељно 600X600 dpi), а у размери 1:1. Пошто ови захтеви обично резултирају великим фајловима, пожељно је оригиналне фотографије приложити заједно са радом као посебне датотеке, што би обезбедило постизање већег квалитета код припреме за штампу. Цртежи се могу доставити у форматима DXF, DWG, CDR, WMF, EPS или AI. Наслови и легенде фотографија и цртежа морају бити урађени двојезично - на српском и енглеском језику.

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

Примери:

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

У тексту: (Petrović *et al.*, 1991)

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

У тексту: (Dumanović *et al.*, 1985)

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

У тексту: (Krstić, Stojanović, 2007)

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

Примери:

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

У тексту: (1992)

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

У тексту: (2008)

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

ОСТАЛЕ НАПОМЕНЕ

Радови се рецензирају, рецензенти одређују категорију рада, а рецензенте одређује Редакција.

Редакцији доставити радове у електронском облику (е-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).

INSTRUCTIONS TO AUTHORS OF “EROZIJA”

The journal “Erosion” publishes review articles and original scientific papers in the fields of erosion and torrent control and ecological engineering for soil and water resources protection. The journal is published twice annually, and one of these two issues has a specific topic. The articles are published in Serbian and English. The articles published in English should contain a summary in the Serbian language and tables, graphs and figures etc. should contain legends in both English and Serbian.

Title - A short and clear title should express the essence of the paper without the use of abbreviations and italics.

The name of author/names of authors- The full first and last names (of all authors) should be listed under the title of the paper. The full (official) name and address of the institution (affiliation) where the author is employed should be written. If there are several authors, and some are from the same institution, there must be a special marking to indicate which author comes from which institution for each of the authors. The address or e-mail address of the author is given in the note at the bottom of the first page of the paper. If there are several authors, only one email address should be given (usually only the address of the first author).

Abstract – A concise summary of the paper not exceeding 150 words. It should contain the main area, subject and research results. The abstract should be written in both English and Serbian.

Key words - Make sure that the keywords (3-7) are listed in both Serbian and English.

Text - The main sections of a paper are INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION, CONCLUSION and SUMMARY. The introduction introduces the main concept of the article. Materials and methods is a part that describes the applied methods and techniques. The results section contains the data obtained from the research the article refers to and in the discussion part the author makes a connection of his/her research with the already achieved results in the relevant area i.e. the research object and the opportunities for further research and reveals the theoretical and practical implications of their findings pointing to the insufficiently examined aspects and claims that require further investigation. The conclusion should contain an itemized review of claims based on the obtained results, opinions, recommendations and the like. The summary with the article title, authors’ names and institutions where they work should present the results and conclusions of the article in a nutshell.

Review articles - should give a comprehensive overview of a topic based on detailed data from literature and authors’ own research. A review article should contain at least 10 self-citations.

Tables and graphs - tables and graphs should contribute to a better understanding and interpretation of research results. The same data should not be presented in both these ways. The graphs should be in Microsoft Excel. The place for a table or graph should be marked in the text. The title must necessarily be first written in Serbian and after that in English if the article is published in the Serbian language, i.e. first in English and after that in Serbian if the article is published in English.

Photos and drawings - Should present characteristic details, occurrences and the like. The photos and drawings must be sharp and contrasted. Vague and blurred photographs will not be published. Photographs should be enclosed as separate files and must be in a standard format (BMP, TIF,

JPG, GIF or PSD). As these requirements usually result in large files, it is desirable to submit the original photos, as separate files to ensure a higher quality of the preparation for printing. Drawings can be submitted in the formats DXF, DWG, CDR, WMF, EPS or AI. The titles and legends of the photographs and drawings must be written in two languages - Serbian and English.

References - Only the references cited in the text should be listed in the references section. The citation of unpublished papers is possible in the text only, as personal communication or unpublished data. All sources, both in the text and the reference list are written in the Latin alphabet and in alphabetical order like in the following examples:

Examples:

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

In the text: (Petrović *et al.*, 1991)

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

In the text: (Dumanović *et al.*, 1985)

Chapter in a book or congress/conference proceedings: Krstić M., Stojanović Lj. (2007): Gajenje šuma hrasta kitnjaka, „Hrast kitnjak u Srbiji”, ured. Stojanovic Lj., Univerzitet u Beogradu Sumarski fakultet, Beograd, (29-292)

In the text: (Krstić, Stojanović, 2007)

Sources without authors should be sorted by the first letter of the title, so that only the year of publication is in front of the title:

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

In the text: (1992)

Web page: *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 / pristupljeno 15. 05. 2008).

In the text: (2008)

Mathematical formulas - Word or MathType should be used for mathematical formulas.

OTHER NOTES

The articles are reviewed, the reviewers determine the category of an article, and the reviewers are named by the Editorial Board.

The papers shall be submitted to the Editorial Board electronically (by e-mail, and on a CD/DVD or Flash disk), in the MS Word 6.0/2007/XP (Office 97/2003/XP) format and Times New Roman size 12 pt font type. Units of measurement should be written using the International System of Units (SI).

