

АНАЛИЗА ХИДРОЛОШКИХ И ПСАМОЛОШКИХ ПРОЦЕСА НА СЛИВУ ОВЧИЊСКЕ РЕКЕ

ANALYSIS OF HYDROLOGICAL AND PSAMOLOGICAL PROCESSES IN THE OVČINJSKA RIVER BASIN

Дипл. инж. шум. Петар Нешковић, Универзитет у Београду,
Шумарски факултет (petar.neskovic96@gmail.com)

Маст. инж. шум. Синиша Половина, асистент, Универзитет у Београду,
Шумарски факултет

Др Ратко Ристић, ред. проф., Универзитет у Београду, Шумарски факултет
Дипл. инж. шум. Вукашин Милчановић, Универзитет у Београду, Шумарски факултет

Извод: Научно – технолошки развој праћен порастом броја становника „изненадио“ је природу и довео до убрзаног развоја деградационих процеса са којима природа не може сама да се избори. Највеће последице осетили су основни природни чиниоци: вода, ваздух и земљиште. Угрожавање залиха пијаће воде, глобалне климатске промене и развој ерозионих процеса су све интензивнији и потребно их је у најкраћем могућем року зауставити. Ерозија као процес одношења површинских делова земљишта је природна појава, али додатно интензивирана антропогеним утицајем може бити деструктивна. Решавање проблема везаних за ерозију треба да буде свеобухватно и да укључи велики број стручњака из различитих области. У овом раду хидролошка и псамолошка анализа односи се на слив Овчињске реке, десне притоке Дрине, на којој до сада нису вршене никакве анализе и која је задњих година изливањем и појавом ерозионих процеса на сливу угрожавала тамошње становништво. Псамолошка анализа и коефицијент ерозије одређени су по Методи потенцијала ерозије која је показала да је ерозија на сливу слаба. Максималне дневне кише одређене су преко теоријске расподеле „Gumbel“ и „Log Pearson Type III“ где је утврђено да у оба случаја максимална дневна киша не прелази 120 mm за повратни период од 100 година. Максимални протицај одређен је преко комбиноване методе и то за повратне периоде од 10, 25, 50 и 100 година, за просечне и надпросечне услове влажности.

Кључне речи: хидрологија, нанос, ерозија, Метод Потенцијала Ерозије, SCS методологија, синтетички јединични хидрограм, максимални протицај

Abstract: Scientific - technological development accompanied by population growth “surprised” nature and led to the accelerated development of degradation processes that nature cannot cope with on its own. The greatest consequences were felt by the basic natural factors: water, air and soil. The threat to drinking water supplies, global climate change and the development of erosion processes are becoming more intense and need to be stopped as soon as possible. Erosion as a process of removal of surface parts of the soil is a natural phenomenon, but additionally intensified by anthropogenic influence, it can be destructive. Addressing erosion problems should be comprehensive and involve a large number of experts from different fields. In this paper, the hydrological and psamological analysis refers to the Ovčinjaska river basin, a right tributary of the Drina, on which no analyzes have been performed so far and which has endangered the local population in recent years by overflow and erosion processes in the basin. Psamological analysis and erosion coefficient were determined by the Erosion Potential Method which showed that erosion in the basin is weak. Maximum daily rains were determined through the theoretical distribution of “Gumbel” and “Log Pearson Type III” where it was determined that in both cases

the maximum daily rain does not exceed 120 mm for a return period of 100 years. The maximum flow was determined by a combined method for return periods of 10, 25, 50 and 100 years, for average and above-average humidity conditions.

Keywords: hydrology, sediment, erosion, Erosion Potential Method, SCS methodology, Synthetic unit hydrograph, flow peak

Увод

Ерозија земљишта је природна појава и као таква не доводи до великих последица за животну средину. Проблем настаје када на ерозију дирекатан утицај врши човек разним антропогеним активностима које интензивирају процес ерозије преко њених природних граница. Најзначајније активности које доводе до интензивирања ерозионих процеса су сеча шума и изградња путева (Imaizumi et. al., 2008), неправилни начини обраде земљишта, неконтролисана испаша као и нестручни и неконтролисани грађевински радови (Sidle et al., 1985; Bradford and Huang, 1994).

Под појмом ерозија у елементарном смислу треба подразумевати промене на површинском слоју земљишног рељефа, које настају као последица деловања кише, снега, мраза, температурних разлика, ветра и текућих вода, или услед рада антропогених чинилаца (Гавриловић, 1972).

Продукт ерозионих процеса у сливу и кориту водотока је ерозионни нанос који после откидања и краћег или дужег транспорта падинама слива доспева у хидрографску мрежу којом се даље транспортује зависно од хиролошких и хидрауличких услова и транспортне способности водотока (Костадинов, 2008).

Комбинација интензитета падавина и осетљивости угроженог простора, у погледу нагиба и земљишног покривача, доводи до великих временских и просторних варијација у продукцији и транспорту наноса на неком сливу (Benda and Dunne, 1997).

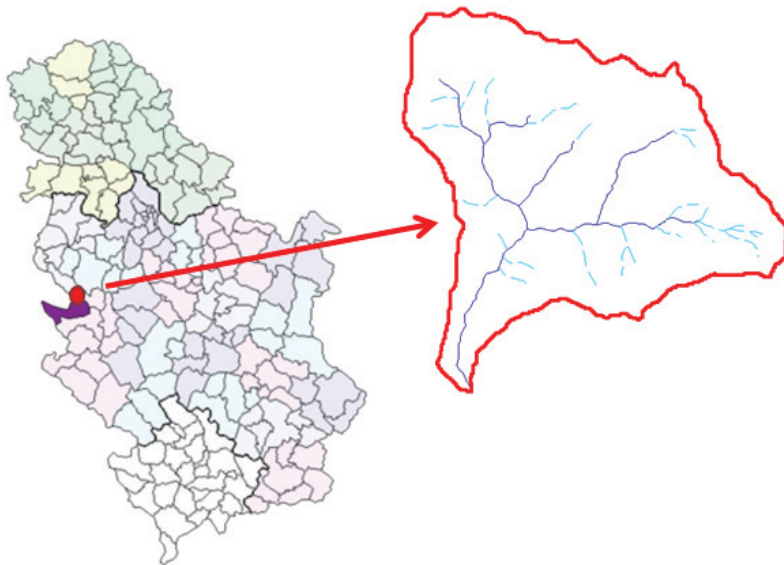
Бујични водотоци се разликују од обичних водотока захваљујући присуству чврсте фазе – наноса што условљава и низ других разлика у односу на обичне водотоке. Бујични токови одликују се малим протицајима или су суви током већег дела године све док не дође до појаве киша већег интензитета када им се протицај нагло повећа. Код сваког бујичног водотока разликујемо три зоне - горње делове слива где долази до покретања огромне количине наноса који помешан са водом формира бујичну лаву; средишње делове слива као зону транспорта материјала из горњих делова слива и доње делове слива тј. зону акумулације наноса услед смањења пада и транспортне способности водотока.

Поред појаве бујичних поплава, појава ерозије као последицу има и поремећај режима отицаја. Одношењем земљишта ерозијом смањује се његова моћ упијања и задржавања воде што додатно слаби вегетацију и доводи до огољавања површина чиме се повећава површински отицај и процеси ерозије додатно интензивирају.

Материјал и методе рада

Овчињска река се налази на крајњем западу Србије, у општини Бајина Башта. Десна је притока реке Дрине и припада сливу Црног мора. Слив Овчињске реке је са јужне стране отворен према Дрини док га са истока, севера и запада окружује Дебело брдо - део Оплатине Повлен која припада масиву Динарских планина. Подручје самог слива

Овчињске реке обухвата територију два села – Овчиње и Гвозца са њиховим засеоцима. Према попису из 2011. године на територији села Овчиња живи 499 становника у 128 домаћинстава док у селу Гвоздац живи 526 становника у 134 домаћинства.



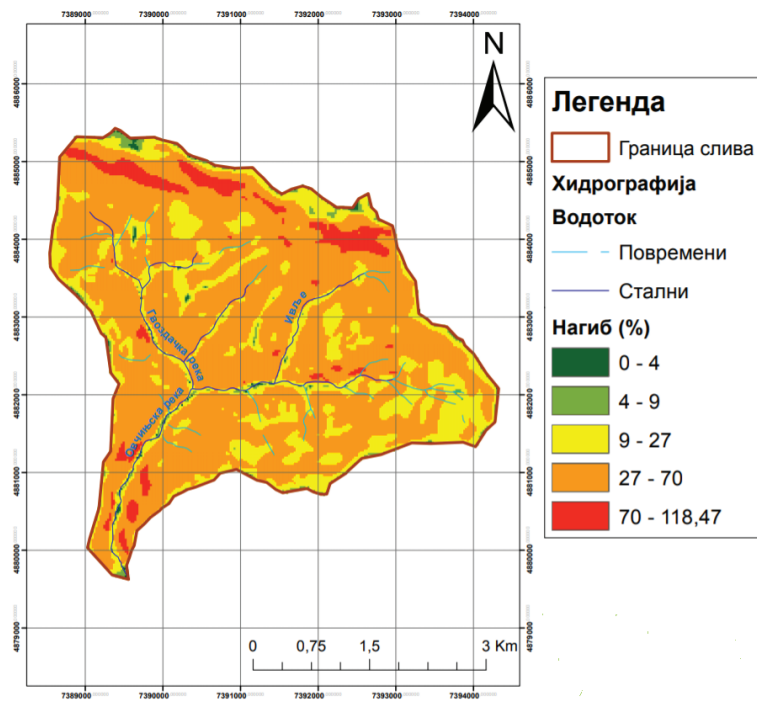
Слика 1. Географски положај слива Овчињске реке

Figure 1. The geographical position of the river Ovčinja watershed

Укупна површина слива Овчињске реке је $18,64 \text{ km}^2$ што је сврстава у категорију великих бујичних сливова. На основу параметара површине и облика слива, а према Аполову (Гавриловић, 1972), слив Овчињске реке сврстава се у други тип – слив са максимално развијеном мрежом притока у средњем делу тока. Густина хидрографске мреже слива има вредност $1,34 \text{ km/km}^2$ што овај слив сврстава у сливове велике густине хидрографске мреже. На основу DEM-а утврђено је да су висински односи у сливу променљиви. На самом ушћу у Дрину надморска висина је 205,1 метар док је kota врха у западном делу слива и износи 1018,1 метар.

Једна од јако битних карактеристика рељефа приликом одређивања коефицијента ерозије јесте и надморска висина при чему је утврђено да на подручју слива Овчињске реке доминирају надморске висине у интервалу од 500 до 1000 метара односно категорија ниских планина са чак 74,14 % заступљености. Други орографски фактор који је кључни приликом одређивања ерозије јесте и фактор нагиба. На сливу Овчињске реке највише су заступљени нагиби у опсегу од 27 до 70% што одговара карактеристикама веома снажне ерозије тако да је овај слив у великом ризику од појаве ерозионих процеса. Трећи веома значајан орографски фактор је и експозиција. Услед промене експозиције долази и до промена микроклиматских услова терена. На подручју слива Овчињске реке највише је заступљена јужна, топла, експозиција са 23,62% док се северна јавља само на 7,33% површине слива.

Распоред надморских висина и њихова заступљеност, нагиб и експозиција одређени су преко дигиталног модела терена а преко програмског пакета ArcGIS 10.3.



Слика 2. Просторни распоред нагиба на сливу Овчињске реке

Figure 2. Slope of the terrain in watershed of the river Ovčinja

Слив Овчињске реке налази се у зони умереноконтиненталне климе са релативно правилним распоредом падавина у току године. Просечна годишња количина падавина је између 700 и 800 mm, температуре су највеће у јулу и августу док су највеће количине падавина забележене у априлу мају и јуну. Доминантан ветар је из правца југа просечне брзине у распону од 5 до 12 km/h. Оваква расподела ветрова је и логична јер је слив Овчињске реке отворен ка југу док је са осталих страна оивичен брдима и планинама.

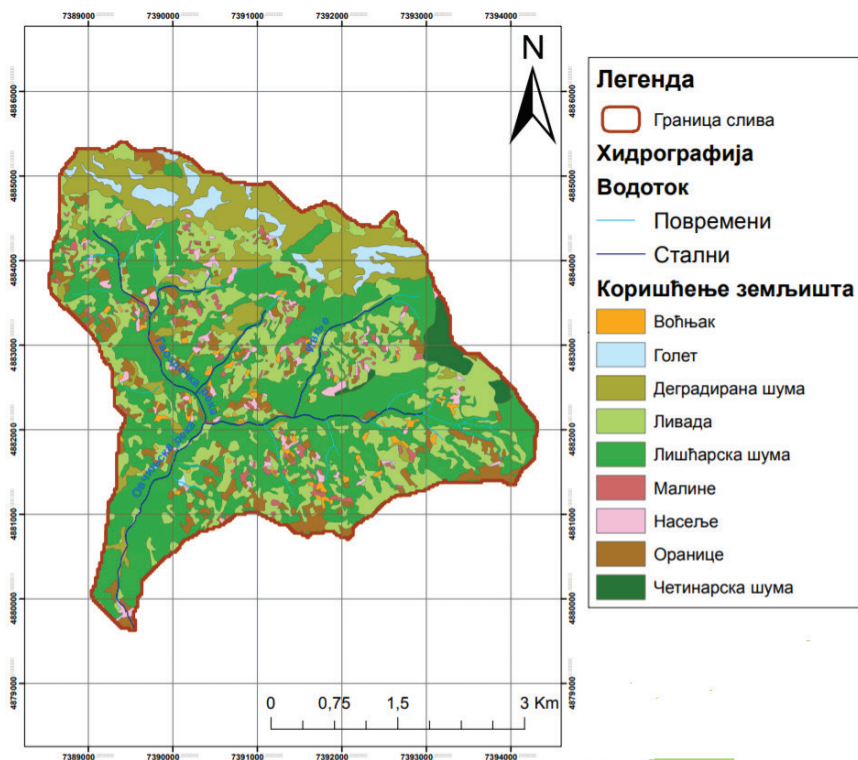
На истраживаном подручју јавља се укупно осам геолошких типова. Најзаступљенији су метаморфисани пешчари, филити и аргилошисти са чак 55,29%, мермери и калкшисти са 27,07% и квргави шкриљави кречњаци са 10,35%. Остали типови су заступљени са мање од 4%. За одређивање геологије слива Овчињске реке коришћена је основна геолошка карта Ваљево, размере 1:100000, као и геолошки тумачброј L 34 – 136 (Мојсиловић, 1975).

На подручју слива Овчињске реке највише је заступљено смеђе скелетно земљиште на шкриљцима са 86,03%, скелет са 10,92%, а параподзол и алувијални нанос са мање од 3%. Педологија на сливу Овчињске реке одређена је на основу педолошке карте Крупањ 4, размере 1:50000, института за проучавање земљишта Београд – Топчидер из 1963. године.

Приликом одређивања интензитета ерозије на неком подручју а нарочито режима отицаја најбитнију улогу игра вегетациони покривач, односно начин коришћења земљишног простора. Истраживања на многобројним експерименталним сливовима су

показала повољан утицај вегетације на хидролошки режим сливова кроз повећање удела малих и средњих вода у односу на велике воде, у укупној структури годишњег отицаја (Ристићи Малошевић, 2011). Ово се највише огледа кроз интерцепцију и инфилтрационо – ретенционе карактеристике земљишта. Шумско земљиште може имати од 20 – 30 пута већи инфилтрациони капацитет од ораничног, док шумска простирка може да задржи од 5 до 10 пута већу запремину воде од сопствене (Љујић, 1973). Према (Zaslavskij, 1983) водни капацитет шумске простирке је за око 400% већи од њене масе у сувом стању.

На сливу Овчињске реке доминирају лишћарске шуме доброг склопа са 42,85%, следе их ливаде са 24,78% док деградираних шума, отворенијег склопа има 13,75%. Оранице су заступљене са 7,90% и поражавајуће је то што се преко 90% ораница обрађује низ нагиб док контурне обраде скоро и да нема. Од пољопривредних култура највише се гаје малине са 1,90 % од укупне површине слива. Голети се јављају на северним деловима слива са чак 3,36% од укупне површине слива. Начин коришћења земљишта на сливу Овчињске реке одређен је преко OrtoPhoto и сателитских снимака.



Слика 3. Начин коришћења земљишта на сливу Овчињске реке

Figure 3. Land use in the watershed of the river Ovčinja

Аналитичко одређивање коефицијента ерозије вршено је по методи потенцијала ерозије професора Гавриловића која је развијена на основу истраживања бујичних токова на подручју Грделичке клисуре и која у прорачуну користи више параметара – топографски, климатски, геолошки, ерозивни, температурни и параметар шумског покривача.

Према С. Гавриловићу коефицијент ерозије (Z) одређује се из израза:

$$Z = Y \cdot X_a \cdot (\varphi + \sqrt{I s r}) \text{ где је:}$$

Z – коефицијент ерозије слива

I s r – средњи нагиб [%]

Y – реципрочна вредност коефицијента отпора замљишта на ерозију. Зависи од геолошке подлоге, климата и педолошких типова и има вредности од 0,25 до 2.

X_a – коефицијент уређења слива. Односи се на заштиту земљишта од атмосферилја и сила ерозије природним условима (X) – вегетацијом или вештачки створеним условима (a) – антиерозионим техничким или биотехничким радовима.

φ- коефицијент јасно видљивих изражених процеса

Према коефицијенту ерозије Z дата је категоризација ерозионих процеса по Гавриловићу (Табела 1.). Вредности се обично крећу од 0.1 до 1.5 и више тј. од очуваних, ерозијом слабо нападнутих сливова и подручја, до сливова који су екстремно упропрашћени услед ерозије земљишта (Гавриловић. 1972).

Табела 1. Категорије ерозије на основу вредности коефицијента ерозије Z

Table 1. Classification category of erosion by erosion coefficient Z

Категорија разорноси	Јачина ерозионих процеса у кориту и сливу	Тип владајуће ерозије	Коефицијент ерозије	Средња вредност коефицијента ерозије
I	Екцесивна ерозија	Дубинска	1,51 и више	1,25
		Мешовита	1,21 – 1,50	
		Површинска	1,01 – 1,20	
II	Јака ерозија	Дубинска	0,91 – 1,00	0,85
		Мешовита	0,81 – 0,90	
		Површинска	0,71 – 0,80	
III	Осредња ерозија	Дубинска	0,61 – 0,70	0,55
		Мешовита	0,51 – 0,60	
		Површинска	0,41 – 0,50	
IV	Слаба ерозија	Дубинска	0,31 – 0,40	0,3
		Мешовита	0,25 – 0,30	
		Површинска	0,20 – 0,24	
V	Врло слаба ерозија	Трагови ерозије	0,01 – 0,19 и мање	0,1

Извор (Гавриловић 1972.)

Продукција и пронос наноса такође су одрађени по методи потенцијала ерозије и то по формулама (Гавриловић, 1972):

$$W_{\text{god}} = T * H_{\text{god}} * \pi * \sqrt{Z^3} * A \text{ [m}^3\text{god}^{-1}\text{]} \text{ где је:}$$

W_{god} – годишња продукција наноса

T - температурни коефицијент

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

Z – коефицијент ерозије по С. Гавриловићу

A [km²] - површина слива

$$G_{\text{god}} = W_{\text{god}} * R_u \text{ где је:}$$

G_{god} - средњи годишњи пронос наноса [m³/god]

W_{god} – годишња продукција наноса

R_u - коефицијент ретенције наноса

$$R_u = \frac{(O * D)^{0.5}}{0.25 * (L + 10)} \frac{(O * D)^{0.5}}{0.25 * (L + 10)} \text{ где је:}$$

O [km] - обим слива

L [km] - дужина слива

D [m] - средња висинска разлика

Приликом анализе учесталости висине падавина одређеног трајања у тачки осматрања најбитније је користити податке екстремних годишњих вредности падавина за што дужи низ година. Учесталост појаве случајних променљивих, као што је јака киша, одређује се коришћењем теоријских расподела вероватноћа. У хидролошкој пракси, везаној за бујичне токове у Србији, за анализу учесталости појаве екстремних падавина, највише се користе теоријске расподеле „Gumbel“ и „Log Pearson Type III“ за које је потребно да низ година буде дужи од 25.

„Log Pearson Type III“ метода је најчешће коришћена у хидрологији површинских вода и у статистичкој анализи јаких киша. Метода има наглашену асиметричност и флексибилна је јер користи три параметра – коефицијент асиметрије, стандардну девијацију логаритма и фактор фреквенције. Расподела „Gumbel“-а доста често се користи у анализи максималних екстрема иако је уочено да су одступања теоријских од емпиријских вредности већа него код „Log Pearson Type III“ методе. Ово се највише огледа у томе што је расподела „Gumbel“-а мање флексибилна у односу на „Log Pearson Type III“ методу.

За прорачун максималног протицаја коришћена је комбинована метода која подразумева два поступка (Ристићи Малошевић, 2011):

1. SCS методологије за раздвајање ефективних падавина, које формирају директан отицај, од укупних, бруто, падавина;
2. Теорије синтетичког јединичног хидрограма за одређивање вршне координате јединичног отицаја.

Применом комбинованог поступка максимални протицај рачунамо по формули:

$$Q_{\max}(\%) = q_{\max} * Pe(\%) \text{ где је:}$$

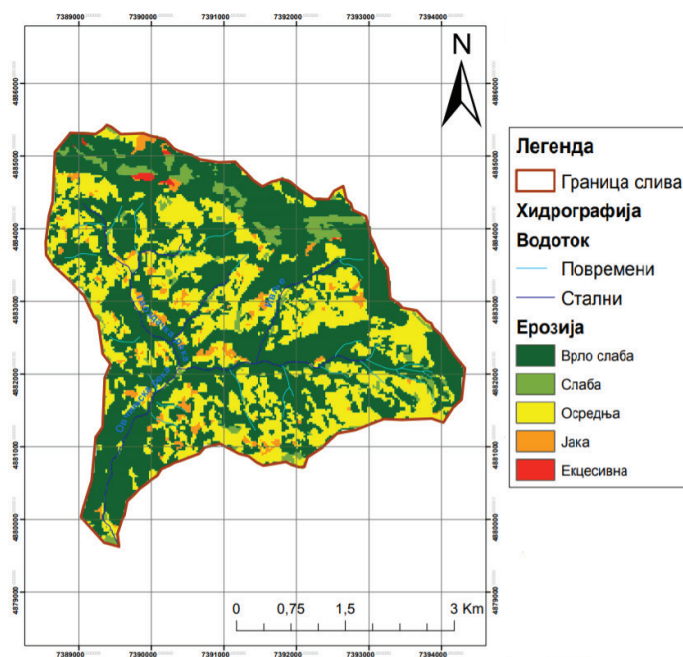
$Q_{\max}$ – максимални протицај

$q_{\max}$ – вршна ордината јединичног отицаја

$Pe(\%)$ – ефективне падавине

Резултати

Након дигитализације карата и додељивања вредности одређеним елементима, извршена је конверзија у растерски формат где су атрибутне вредности Y и X_a биле критеријум за конверзију у растерску базу (Половина et al., 2015). Растерска база података постаје адекватна за употребу израчунавања коефицијента ерозије Z чија просечна вредност на сливу Овчињске реке износи 0,23 што овај слив сврстава у IV категорију, односно на сливу је ерозија слаба. Просторни распоред ерозије на сливу Овчињске реке приказан је на слици 4. док је заступљеност појединих типова ерозије приказана у табели 2.



Слика 4. Просторни распоред ерозије на сливу Овчињске реке

Figure 4. The Erosion classes map (Z) of Ovčinja watershed

Табела 2. Заступљеност појединих типова ерозије на сливу Овчињске реке

Table 2. Representation of certain types of erosion in the watershed of the river Ovčinja

Ерозија	Заступљеност	
	km ²	%
Врлослаба	10,89	59
Слаба	0,96	5,21
Осредња	5,91	32,04
Јака	0,64	3,48
Екцесивна	0,05	0,27
Извор: Аутор		

Из табеле 2 видимо да највећу површину заузима врло слаба ерозија са 59%, осредња са 32,04% а остала три типа са мање од 6%.

Приликом прорачуна продукције наноса на сливу Овчињске реке за вредност падавина и температуре коришћени су подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије и она износи 6769,25m³/god. Пренос наноса на ушћу у Дрину је 5144,63 m³/god што указује да се разлика наноса од 1624,62 m³/god задржава у сливу.

У прорачуну максималне дневне кише коришћени су подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије за кишомерну станицу Јагодићи у периоду од 1946. до 2002. године. Резултати су приказани у табели 3. за повратне периоде од 10, 25, 50 и 100 година методама „Log Pearson Type III“ и „Gumbel“.

Табела 3. Максималне дневне кише (mm) одређене вероватноће појаве

Table 3. Maximum daily rains (mm) of a certain probability of occurrence

Повратни период (године)	Метода	
	Log Pearson Type III	Gumbel
10	74,95	80,33
25	90,05	96,32
50	101,99	108,1
100	114,55	119,88

Извор: Аутор

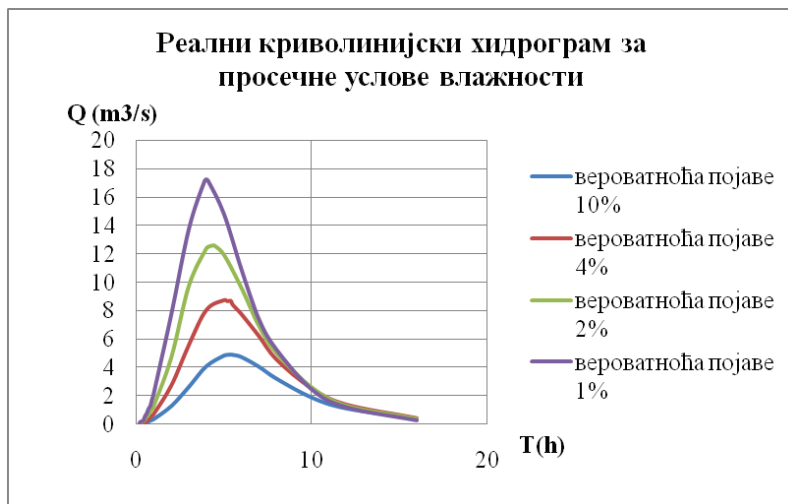
Након прорачуна максималне дневне кише одређене вероватноће појаве одређен је максимални протицај применом комбиноване методе. Најпре је извршен прорачун вредности криве отицаја CN која за просечне услове влажности износи 65 а за надпросечне 88.

За повратне периоде од 10, 25, 50 и 100 година за просечне и надпросечне услове влажности а на основу максималних падавина прорачунатих методом „Log Pearson Type

III“ и броја криве отицаја СН нацртани су синтетички јединични хидрограми од којих су након поступка оптимизације добијени реални криволинијски хидрограми и вредности максималног протицаја.

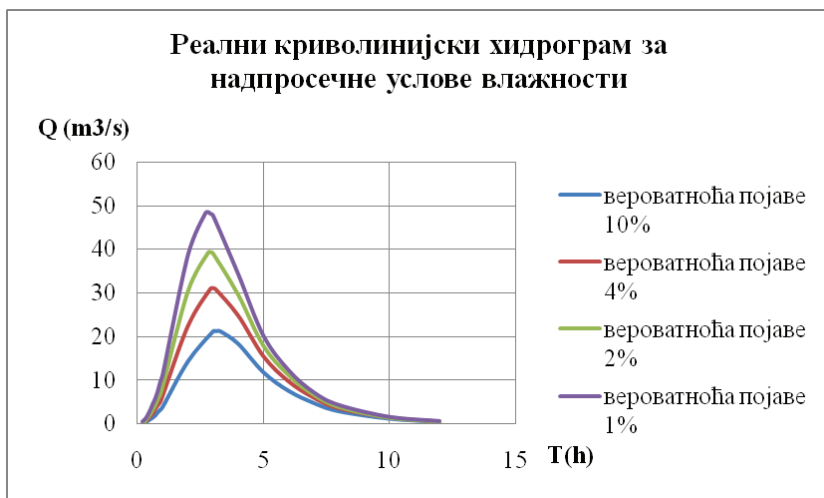
Графикон 1. Реални криволинијски хидрограм одређене вероватноће појаве за просечне услове влажности

Graph 1. Curvilinear dimensionless unit hydrograph of a certain probability of occurrence for average humidity conditions



Графикон 2. Реални криволинијски дијаграм одређене вероватноће појаве за надпросечне услове влажности

Graph 2. Curvilinear dimensionless unit hydrograph of a certain probability of occurrence for above-average humidity conditions



Добијени резултати указују да се вредности максималног протицаја за просечне услове влажности крећу од $4,91 \text{ m}^3/\text{s}$ за повратни период од 10 година до $17,27 \text{ m}^3/\text{s}$ за повратни период од 100 година. За надпросечне услове влажности ове вредности су вишеструко веће у крећу се у распону од $21,29 \text{ m}^3/\text{s}$ за повратни период од 10 година до $48,57 \text{ m}^3/\text{s}$ за повратни период од 100 година.

Дискусија

Одређивањем вредности коефицијента ерозије Z утврђено је да његова средња вредности износи 0,23 што слив Овчињске реке убраја у сливове са слабом ерозијом. Ако погледамо табелу 2 видимо да на сливу доминира врло слаба ерозија са 59%. Када погледамо карту ерозије видимо да се врло слаба ерозија јавља у доњим и горњим деловима слива највише под шумом. Друга по заступљености је осредња ерозија са уделом од 32,04%, на основу карте ерозије видимо да је највише распрострањена у средњим деловима слива а на основу карте коришћења земљишта да се јавља на ливадама и под неким пољопривредним површинама. Екцесивна ерозија је заступљена са мање од 1% и то највише на голетима и великим нагибима у горњим деловима слива. На основу педолошких и геолошких карактеристика видимо да педологија и геологија немају толики утицај на распрострањење ерозионих процеса као што га имају нагиб и начин коришћења земљишта који представљају одлучујуће факторе при одређивању ерозионих процеса.

На основу методе професора Гавриловића одређени су и продукција и пронос наноса. Продукција од $6769,25 \text{ m}^3$ наноса на годишњем нивоу од кога је $411,57 \text{ m}^3$ вучени, потврђује резултате методе потенцијала ерозије и тога да је на сливу ерозија слаба. Велике површине налазе се под шумама доброг склопа тако да је површински отицај а самим тим и одношење честица наноса слабо.

Методом „Log Pearson Type III“ и методом „Gumbel“ прорачунате су максималне дневне кише вероватноћа појаве 10, 25, 50 и 100 година. Резултати показију да методом „Gumbel“ очекујемо нешто веће максималне дневне кише али и да оне ни у једном случају не прелазе 120 mm за повратни период од 100 година.

Приликом одређивања броја криве отицаја утврђено је да на сливу доминира В хидролошка класа земљишта и да је највише заступљена под лишћарским шумама. Средња вредност криве отицаја је 65 који одговара просечним условима влажности док је вредност броја криве отицаја за надпросечне услове 88.

На основу броја криве отицаја и максималних дневних киша одређене су вредности максималног протицаја и нацртани синтетички јединични хидрограми за просечне и надпросечне услове влажности за повратни период од 10, 25, 50 и 100 година. Након поступка оптимизације добијене су вредности максималног протицаја и нацртани обједињени бездименионални криволинијски хидрограми. На основу свега видимо да је за просечне услове влажности за повратни период од 10 година максимални протицај $4,91 \text{ m}^3/\text{s}$, за повратни период од 25 година $8,72 \text{ m}^3/\text{s}$, за повратни период од 50 година $12,61 \text{ m}^3/\text{s}$ и за повратни период од 100 година $17,27 \text{ m}^3/\text{s}$. Просечни услови јављају се када су падавине равномерно распоређене у току целе године, нема екстрема и инфилтрационо - ретенциона моћ земљишта је способна да прими већу количину воде. За надпросечне услове вредности су веће јер се они јављају у условима високе или потпуне сатурације

земљишта водом тако да је инфилтрациони капацитет земљишта сведен на минимум. Вредности максималног протицаја за надпросечне услове су: за повратни период од 10 година $21,29 \text{ m}^3/\text{s}$, за повратни период од 25 година $30,99 \text{ m}^3/\text{s}$, за повратни период од 50 година $39,30 \text{ m}^3/\text{s}$ и за повратни период 100 година $48,57 \text{ m}^3/\text{s}$.

Закључак

Иако су бујични сливови у Србији, а нарочито у општини Бајина Башта, слабо истражени, изразито је битно препознати важност њиховог изучавања и праћења ерозије која се на њима јавља. Битно је одредити врсте деградације и узроке који доводе до те деградације и систематизовано кренути у њихово сузбијање.

Иако је прорачунима и картирањем добијено да је ерозија на сливу Овчињске реке слаба, то не треба занемарити. Ерозиони процеси су променљиви и у времену и у простору и врло лако, уколико се не третирају на правилан начин, могу из нижих прећи у вишу категорију ерозије и као такве их је јако тешко контролисати.

Јако је важно посветити пажњу начину коришћења земљишта на самом сливу Овчињске реке јер као што смо видели то је, заједно са нагибом, одлучујући чинилац у појави ерозионих процеса и продукцији наноса на овом сливу. С обзиром да нагиб није могуће променити, бар не у толикој мери, потребно је успоставити мере које би побољшале приступ начину искоришћавања земљишта. Најбитније од мера су едукација становништва о начинима правилног искоришћавања шума и обраде земљишта, и обезбеђивање механизације која може да врши несметану обраду контурно а не низ нагиб.

Са правилнијим начином искоришћавања земљишног простора на само да се смањују ерозиони процеси већ се повећава и интерцепција и инфилтрационо – ретенциони капацитет земљишта чиме се смањује могућност формирања површинског отицаја. Мањи површински отицај значи и мању могућност формирања поплавних таласа који у бујичним сливовима могу достићи разоран карактер.

Литература

1. Benda L., Dunne T., (1997): Stochastic forcing of sediment supply to channel networks from landsliding and debris flow. *Water Resources Research* 33, 2865-2880.
2. Bradford J.M., Huang C. (1994): Inter-rill erosion as affected by tillage and residue cover. *Soil and Tillage Research* 31, 353-361.
3. Gavrilović S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, Izgradnja, Specijalnoizdanje, Beograd.
4. Imaizumi F., Sidle R.C., Kamei R. (2008): Effects of forest harvesting on occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan. *Earth Surface Processes and Landforms* 33, 827-840.
5. Kostadinov S. (2008): Bujični tokovi i erozija, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet Beograd.
6. Ljujić R. (1973): Šumske melioracije, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet
7. Mojsilović S. (1975): Tumač za list Valjevo L 34 – 136, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd.
8. Polovina S., Radić B., Ristić R., Milčanović V. (2015): Prostorna i vremenska analiza degradacije prirodnih resursa na slivu reke Likodre, časopis Šumarski glasnik, Šumarski fakultet Beograd.
9. Ristić R., Malošević D. (2011): Hidrologija bujičnih tokova, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.
10. Sidle R.C., Pierce A.J., O'Loughlin C.L. (1985): Hillslope Stability and Land Use. *Water Resources monograph Series Volume 11*. American Geophysical Union, Washington D.C.
11. Zaslavskij M.N. (1983): Erozirovedenie, Visšajaškola, Moskva.