

Милета Милојевић¹, Милутин Стефановић¹, Ирина Миловановић¹, Милица Бапић¹, Јелена Чотрић¹, Зоран Гавриловић¹, Никола Златановић¹

Мониторинг водне ерозије на ерозионим парцелама на огледном сливу Рипе

Water erosion monitoring in experimental basin Ripe, Serbia

¹ Институт за водопривреду “Јарослав Черни”, Завод за заштиту од бујица и ерозије
ул. Јарослава Черног 80, 11226 Београд

Извод

Научно-истраживачка станица на огледном сливу „Рипе“, десној притоци Топчидерске реке, формирана је 1953. године. Истраживачки рад на овом сливу је обновљен током 2004. године и усмерен је у правцу одређивања средње годишњег интензитета ерозије, тј. количине покренутог материјала са падина слива, који у себи садржи најплодније честице спраног земљишта и хранљивих материја. Сва осматрања и истраживања су организована према утврђеној методологији, како би се добили квантитативно бројчани показатељи, који су неопходни да би се утврдио средње годишњи интензитет ерозије. Врши се прикупљање метеоролошко-климатолошких података, осматрање и мерење отекле воде и спраног наноса на ерозионим парцелама. На основу анализе прикупљених података у периоду од 2005 до 2010. године закључено је да су на сливном подручју потока Рипе претежно одвијају површински процеси ерозије. Репрезентативни слив Рипе је показатељ стања ерозионих процеса на целој територији града Београда као и централног дела Србије.

Кључне речи: ерозија, осматрање, падавине, нанос

Abstract

The research station at the experimental basin Ripe, a right tributary of the Topčiderska River, was formed in 1953. The research was re-established in 2004 and directed towards determining the average annual erosion intensity i.e. the amount of displaced material from the basin slopes. This material contains the most fertile soil particles and nutrients. The observations and research both follow an established methodology to establish quantitative parameters necessary to determine mean annual erosion intensity. Observations include the monitoring of meteorological and climate data, discharge measurements as well as quantities and characteristics of sediment washed from erosion plots. Based on the analysis of the data collected between 2005 and 2010, it was concluded that surface erosion processes are dominant in the Ripe basin. The Ripe basin is a representative indicator of the state of erosion processes throughout the wider Belgrade city area as well as the rest of Central Serbia.

Key words: erosion, monitoring, precipitation, sediment

Увод

Бујичне поплаве и ерозија земљишта спадају међу највеће непријатеље читавог човечанства. Својим наглим надоласцима изазивају огромне материјалне штете, а често и људске жртве. Уништавањем инфраструктурних објеката (путева, железничких пруга, мостова) поплавама у насељеним местима, долази до огромних материјалних штета. Спирањем земљишта са брдских падина, ерозија константно осиромашује земљиште, што узрокује смањење приноса код пољопривредних култура.

После другог светског рата па све до данас, наша земља чини велике напоре да се смање ове природне непогоде. Извршено је уређење великог броја бујичних водотока, пошумљавано је више хиљада хектара на угроженим подручјима и затрављено пашњака исто тако. Изграђен је велики број брана и преграда за задржавање наноса. Ове антиерозионе мере су у великој мери допринеле да се смање бујичне поплаве и ерозија, али су те природне појаве још увек активне и борба са њима мора да буде трајна.

Код већине бујичарских пројеката и хидротехничких елабората, где је било потребно дати одговарајуће решење у вези са брзим сливањем вода низ падине, времену концентрацији или могућим поплавним водама, после одређених количина атмосферских талоба, коришћења су подаци и формуле страних аутора, које мало или никако не одговарају нашем климату.

Из тог разлога је 1953. године формирана научно-истраживачка станица на огледном сливу „Рипе“, десној притоци Топчидерске реке. Овај слив је узет као експериментални слив и у ствари представља узорни слив, ради одређивања потребних елемената за све мале сливове читавог подручја Шумадије. Стицајем разноразних околности, а пре свега због честих прекида финансирања, осматрања и истраживања су често прекидана а велики део опреме и огледних парцела је пропао или застарео за истражне радове.

У току 2004. године обновљен је истраживачки рад на сливу. Извршени су потребни припремни радови, како би се огледни слив обновио и наредне године започела осматрања. Набављена је нова метеоролошка, хидролошка и друга потребна опрема. Постојећи хидрометријски профил је оспособљен за осматрање водостаја и протицаја. Фомиране су ерозионе парцеле, под орицом, детелином и шумом, на којима се врше осматрања отицања воде и спирање наноса од палих киша. Набављена је и постављена аутоматска метеоролошка станица и плувиограф.

Природни услови на сливу су се пуно променили у односу на ранији период истраживања. Утицај људског фактора учинио је своје. У периоду када су започета прва осматрања, на ободу слива је било свега неколико сеоских кућа. Сада је на сливу изграђено преко седамдесет викендица и других објеката. Изграђена је и асфалтирана путна мрежа. Коришћење земљишта на сливу драстично се изменило. Већи део обрадивих површина је напуштен и претворен у деградирани пашњаке, а неке су зарасле у коров. Шумске површине су очуване, јер се дрво све мање користи за огрев. Изградњом кућа и путева, засечене су падине па су се на више локација појавила клизишта. Изградњом великог броја индустријских објеката, урбаним развојем саобраћаја и применом агротехничких мера у пољопривреди, долази до великог загађења вода, земљишта и ваздуха па је неопходно и континуирано праћење загађивача и одређивање степена загађености воде и земљишта.

Истражни радови и осматрања организовани су према усвојеној методологији. Период шестогодишњих истраживања од 2005-2010. године указује да су се природни услови на огледном сливу „Рипе“ битно променили у односу на период од 1955-1987. године.

Теренска осматрања и истраживања на огледном сливу Рипе

Сва осматрања и истраживања су организована према утврђеној методологији, како би се добили бројчани показатељи, који су неопходни, да би се утврдио средње годишњи интензитет ерозије.

Врши се прикупљање метеоролошко-климатолошких података, узимање узорака наноса, осматрање и мерење отекле воде и спраног наноса на ерозионим парцелама. У табели 1 је преглед одабраних парцела са карактеристикама.

Редни број	1	2	3
Површина (m ²)	95	97	89
Нагиб (%)	22,2	23,0	33,4
Облик површина	Правоугаоник	Правоугаоник	Правоугаоник
Врста културе	Детелина	Ораница	Ниска шума
Типови земљишта	Еутерично смеђе илимеризовано земљиште	Еутерично смеђе илимеризовано плитко	Еутерично смеђе илимеризовано
Геолошка подлога	Измењени серпентин	Метаморфна стена серпентин	Кредни седименти, лапорци и лапоровити пешчари, кречњаци

Табела 1 Карактеристике ерозионих парцела

Table 1 Characteristics of erosion parcels

Прикупљање метеоролошко-климатолошких података

На кишомерној станици, преко постављеног кишомера (плувиометра), током целе године региструју се све падавине (кишне и снежне). Непосредно поред кишомера постављен је и плувиограф (слика бр.1), који у периоду од првог априла па до краја октобра региструје на траци количине и интензитета палих киша. Снежне падавине које се хватају у кишомеру се топе и региструју као падавине. Дебљина снежног покривача мери се сваког дана мерном летвом на постављеној платформи. Садржај воде у снегу мери се тако што се узорци узимају хватачем за снег, а онда топе. Поред тога региструје се и брзина топљења снега.

На монтираној аутоматској метеоролошкој станица WS 3600, која је повезана са компјутерским центром у Институту “Јарослав Черни”, прикупљају се следећи метеоролошки подаци:

- кишне падавине са тачношћу 0,5 mm;
- температуре ваздуха;
- влажност ваздуха са тачношћу од 1%;
- ветар се осматра из 16 праваца са тачношћу од 0,1m/s и
- атмосферски притисак са тачношћу од 0,1 hPa.



Слика 1 Плувиограф

Figure 1 Rainfall recorder

Мерни сензори станице су бежичним путем повезани са централним процесором који обрађује и чува податке о осматраним вредностима. Аутоматска станица очитива податке сваких 20 секунди и осматране вредности смешта у меморију (слика бр. 2 и 3).



Слика 2 Контролни дисплеј

Figure 2 Control display



Слика 3 Сензори аутоматске метеоролошке станице и pluviometer

Figure 3 Sensors of automatic weather meteorological station and rain gauge

Регистровање температура ваздуха

Температуре ваздуха у току 24 часа региструју се на аутоматској станици са тачношћу од 0,1°C. Прикупљају се подаци о средњим дневним, максималним и минималним температурама. Обрађују су средње месечне и годишње вредности.

Регистровање влажности ваздуха

Средња, максимална и минимална влажност ваздуха са тачношћу од 1% региструје се на аутоматској станици у току целог дана и године.

Регистровање отекле воде

Осматрање отицања површинских вода од свих киша се врши на ерозионим парцелама. После сваке кише у тотализаторима се региструје количина отекле воде, помоћу градуисане летве, која је спуштена у тотализаторе. На свакој ерозионој парцели, испод сливника, постављено је по два бурета, која су спојена сливницима. Уколико је отицање велико, вода са наносом се прелива из првог у друго буре. Вода се мери и у другом бурету. Запремине буради су идентичне и износе 214 l.



Слика 4 Парцела под шумом

Figure 4 Forest parcel



Слика 5 Парцеле под ораницом и детелином

Figure 5 Arabel and clover parcels

Регистровање спраног наноса

Када су у питању мале количине воде и наноса, узорци се узимају у пластичне канте и транспортују у седиментолошку лабораторију, где се декантирају, суше, а затим мере на аналитичкој ваги. На тај начин се добија тежина наноса у потпуно сувом стању.

Међутим, када су у питању велике количине отекле воде и наноса, потребно је извршити велики број операција да би се дошло до његове укупне количине и тежине. Тај процес се изводи на следећи начин: укупна количина воде и наноса транспортује се у пластичним посудама до лабораторије у институту. Ти узорци одстоје 15 дана, да би се нанос потпуно исталожио и читава маса постала компактна. Пошто су пластична бурад провидна, са спољне стране лако може да се забележи до које висине у бурету се налази нанос. Онда се пластичну цев пречника

Ø 25 mm, чији је доњи отвор оштрих ивица, кроз нанос набија до дна бурета. Горњи отвор цеви преко ребрастог црева се прикључује на вакуум пумпу. Пуштањем у рад вакуум пумпе извлачи се сав нанос из цеви. У моменту извлачења наноса, цев је потпуно прибијена уз дно бурета, тако да нанос са стране не може да улази у њу. На сваком узорку се та операција понавља три пута, да би се добио репрезентативни узорак. После издвајања, репрезентативни узорци се стављају у градуисане стаклене цилиндрице и остављају да се исталоже. По исталожавању, прочита се запремина узорка, а затим се узорак суши на 105°C. После сушења узорак се мери да би се утврдила његова тежина у сувом стању. Из односа запремине целог узорка и запремине репрезентативног узорка, а познавајући тежину репрезентативног узорка у сувом стању, добија се укупну тежину узорка у сувом стању. Уколико током године сушни период дуго траје, узорци се не узимају.

Анализа истражних радова на терену

Истраживања ерозије на огледном сливу дају синтетизоване податке деловања егзогених и ендегених сила на ерозију, чије рашчлањивање у природним условима је тешко изводљиво. Одабрани метод заснован је углавном на опажању деловања кишних падавина, као спољног фактора и отпорности земљишта на ерозију, при чему је веома значајан избор репрезентативних парцела. Резултати теренских опажања обрађују се статистичко-математички, за одабрани репрезентативни фонд података.

Обрада и анализа метеоролошких-климатолошких податка

Са гледишта хидрологије малих сливова и ерозионих процеса на њима, анализирају се следећи кишни елементи:

- структура падавина
- интензитет падавина
- ерозионе или екцесивне кише.

Анализа структура падавина

Да би се лакше сагледала учесталост падавина по висини, све кише су подељене у класе:

- I класа: 0,1 – 10,0 mm;
- II класа: 10,1 – 20,0 mm;
- III класа: 20,1 – 30,0 mm и
- IV класа: преко 30 mm.

Одређује се процентуална учесталост дана са падавинама по класама и ради лакшег сагледавања односа приказује се на дијаграму.

Анализа структура киша за период осматрања 2005-2010. године показује да већи део падавина припада првој класи од 0,1 – 10,0 mm. Потребно је истаћи да већина тих падавина не изазива било какво отицање и спирање са ерозионих парцела. То су веома мале количине, те се код утврђивања коефицијента отицања и спирања могу занемарити. Изузетак чине само кише јаког интензитета.

У другој класи, где су обухваћене падавине од 10,1 – 20,0 mm, подаци показују да неке од ових киша могу да изазову мања отицања воде, док су количине спраног наноса још увек мале и занемарљиве.

Са становишта депресионог оштећења и интензитета ерозије, кише из треће класе од 20,1 – 30,0 mm, уколико су јачег интензитета, углавном су изазивале отицање и спирање на парцелама под ораницом и детелином. На парцели под шумом и ове падавине ретко су изазвале отицање воде и спирање наноса.

Кише преко 30 mm најчешће изазивају отицање воде и спирање, посебно уколико су у коинциденцији са отапањем снежног покривача.

Година осматрања	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Падавине $\Sigma P(mm)$	865.8	721.5	813.0	608.1	779.2	928.7

Табела 2 Годишња сума падавина за период 2005-2010.

Table 2 Annual precipitation sum for the period 2005-2010.

Према подацима о годишњој суми падавина 2010. година је година са највећом количином падавина у последњих 40 година.

Гранулометријска анализа наноса и одређивање запреминске тежине наноса на ерозионим парцелама

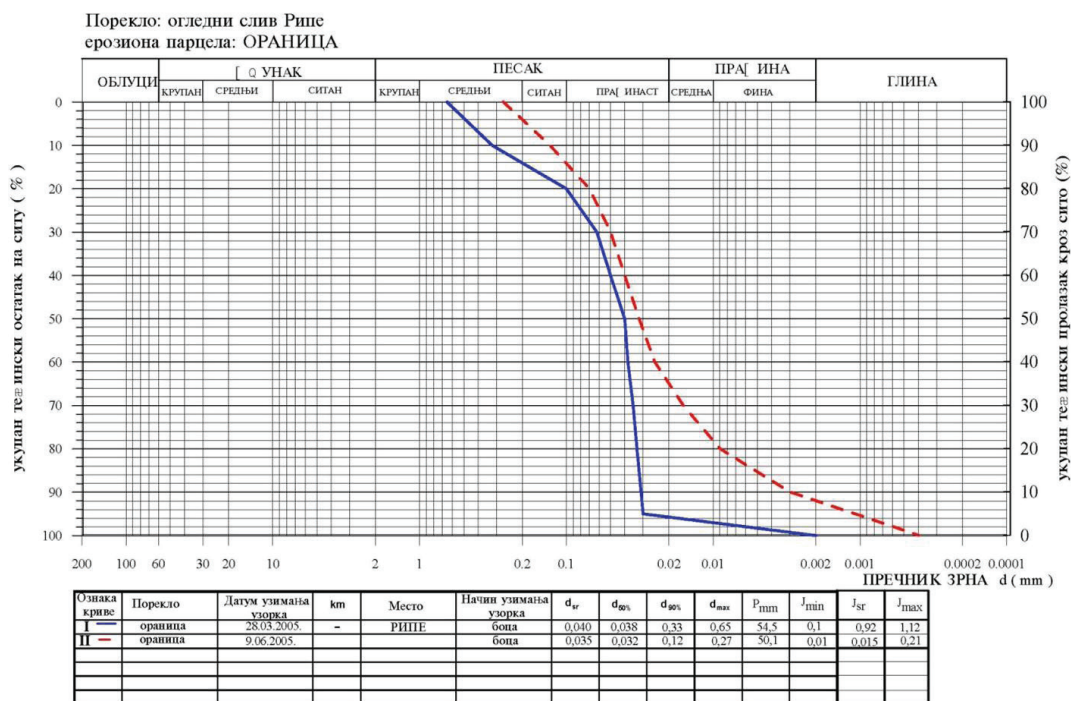
За одређивање гранулометријског састава (зрнитости) наноса спраног са ерозионих парцела, употребљава се аерометар метода (хидрометрисање). Поређењем гранулометријских кривих наноса за узорке падавина различитог интензитета се види колико је разорно дејство веће код киша са јачим интензитетом.

Разорно дејство пљусковитих киша најбоље се уочава на обрадивој површини – ораници, после кише од 28.03.2005. године од 54,5 mm. Ова киша је била и веома јаког интензитета $J = 0,9 - 1,2 \text{ mm/min}$. Најкрупније честице наноса су достизале величину $d = 0,65 \text{ mm}$. (графикон бр.1)

На парцелама под вегетацијом (детелина и шума), уочено је упоредно кретање гранулометријских кривих, што нас наводи на тврђење да је вегетациони покривач деловао као амортизер, приликом бомбардовања кишних капи, тако да је њихово разорно дејство ублажено. Разлика у крупноћи честица наноса, су резултат механичког дејства сливајуће воде по нагибу парцела, које је било веће код кише јачег интензитета, што се и види на гранулометријским кривама.

Међутим, код парцеле под ораницом, (у то време је било без засађене културе), уочава се да је гранулометријска крива наноса, од кише јаког интензитета неправилног облика и честице наноса по величини, процентуално су неравномерно распоређене. У највећем проценту 50% заступљене су честице наноса дијаметра $d = 0,03 \text{ mm} - 0,04 \text{ mm}$, што значи да је у спраном наносу било највише прашинастог песка. Песка средње величине $d = 0,2 - 0,65$ има 13%. Ситног песка има око 7%. Честица прашине $d = 0,02 - 0,01$ има свега 1%.

КРИВА ГРАНУЛОМЕТРИЈСКОГ САСТАВА



Графикон 1 Крива гранулометријског састава наноса са ерозионе парцеле под ораницом

Chart 1 Granulometric composition curve of sediment from arable parcel

Одређивање средње годишњег интензитета ерозије на ерозионим парцелама

Сва истраживања на огледном сливу усмерена су у правцу добијања количина покренутог материјала са падина слива, који у себи садржи најплодније честице спраног земљишта и хранљивих материја. Мерењем и лабораторијским анализама узорака долази се до количина помоћу којих се одређује средње годишњи интензитет ерозије.

За одређивање запреминске тежине наноса користе се подаци само од киша које су изазвале већа спирања и отицања тако да је у периоду 2005-2010 обрађено 120 узорака.

С обзиром да се на овом сливу процеси ерозије појављују углавном у облику микро површинског спирања, било је потребно да се мерење врши веома прецизно.

Из досадашњих података се може закључити да су процесима убрзане ерозије нападнуте углавном површине под ораницама. Површине под осталим културама, шуме, пашњаци, детелишта, воћњаци и окућнице, захваћени су углавном процесима нормалне – геолошке ерозије. Ова тврдња је заснована на основу ухваћених количина наноса на ерозионим парцелама.

Несумњиви разлог, за овако лоше стање земљишта, су баш невидљиви процеси ерозије, који осиромашују земљиште, односећи са њега хранљиве материје, који су неопходни за

правилан развој културних биљака.

Већ је раније истакнуто да су ерозионе парцеле репрезентативни представници већих површина на сливу, како по геолошкој подлози, типовима земљишта, врсти вегетације, тако исто и по нагибу падина и конфигурацији терена. На основу аерофото снимка из 2003. године, извршено је веома детаљно разграничавање површине под културама и врсти обраде земљишта, на карти размере 1:5000. Затим је извршено планиметрисање свих површина и израчуната процентуална учесталост тих површина у односу на површину целог слива.

Закључак

Истраживања ерозионих парцела на огледном сливу „Рипе“ усмерена су у правцу одређивања средње годишњег интензитета ерозије, тј. количине покреног материјала са падина слива.

На основу шестогодишњих осматрања и истраживања (2005-2010) може се закључити да су на ерозионим парцелама под ораницом, детелином и шумом, претежно заступљени површински процеси ерозије. Ерозионе парцеле на огледном сливу „Рипе“ су показатељ стања ерозионих процеса на целој територији града Београда, па и уже Србије.

На основу добијених података у овом периоду, можемо извући следеће закључке:

- Покретање наноса са парцела зависи од интензитета, количине и структуре падавина, што показују подаци о падавинама забележеним током 2009. године. Иако је годишња сума падавина износила 779,2 mm, није било отицања са парцела због ниског интензитета падавина, чак ни за падавине интензитета 40 mm за 24h.
- Успостављање функционалних односа између интензитета падавина и концентрације наноса, у отеклој води, са ерозионих парцела, $K \text{ gr/l} = f(J)$, је најбитнији чинилац који утиче на разарање површинских слојева земљишта. Број прикупљених података у периоду 2005-2010. још увек не даје могућност успостављања функционалне зависности.
- Услед дејства спољних чинилаца и непримењивања агротехничких мера, земљиште на обрадивим површинама у лошем је стању. Уочава се недостатак хранљивих материја, посебно фосфора. Педолошки слој је плитак, лоше структуре, слабе заступљености колоидних честица, велике присутности пешчаних фракција.
- Вегетациони покривач – шуме, ливаде, пашњаци и воћњаци иако нису у добром стању, делују као моћни фактор на спречавању одношења земљишта и успоравању наглог отицања сливајућих вода. Из добијених података са ерозионих парцела, види се да су количине спраног наноса и до 10 пута мање него на парцелама под ораницама.
- Добијени резултати и даља истраживања послужиће ради провере и допуне методе прорачуна, које се примењују код пројектовања у бујичарству, израде водопривредних основа, микроакумулација и хидросистема на подручју шумадијске површи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резултати хидролошких, псамолошких и метеоролошких мерења и осматрања у сливу потока Рипе – Извештај за 2005 - 2010. године, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, 2011.