

*Оригинални научни рад*

UDC: 911.2:551.4(497.11)  
DOI: 10.2298/IJGI1202015N

## ПРОУЧАВАЊЕ ПРИРОДНИХ КАРАКТЕРИСТИКА СЛИВА У ФУНКЦИЈИ ПРОГНОЗЕ ПРОЦЕСА ЕРОЗИЈЕ И АКУМУЛАЦИЈЕ НА ПРИМЕРУ ИЗАБРАНОГ СЛИВА

*Југослав Николић \*<sup>1</sup>, Милена Николић \*\*, Борђе Николић \*\*\**

\* РХМЗ Србије и Географски институт “Јован Цвијић” САНУ, Београд

\*\* ПМФ, Косовска Митровица

\*\*\* Универзитет Унион, Факултет за екологију и заштиту животне средине, Београд

Примљено 14 јуна 2012; рецензирано 26 јула 2012; прихваћено 14 августа 2012

**Апстракт:** За интегрално сагледавање могућности прогнозе ерозивно-акумулационих процеса и њихових последица неопходна је анализа фактора ерозије и акумулације. У раду је направљен покушај квантитативне и квалитативне анализе утицаја неких најзначајнијих фактора ерозивно-акумулативних процеса. Анализа је урађена кроз мултидисциплинаран приступ, на примеру горњег дела слива Западне Мораве. Методологија истраживања обухвата примену одговарајућих знања из области метеорологије, геоморфологије, хидрогеологије, просторног планирања, економске географије, шумарства, хидрологије, и заштите животне средине. Анализа обухвата метеоролошке факторе, карактеристике терена и антропогене утицаје. Истакнут је значај анализе и прогнозе изучаваних процеса за привреду, економију, просторно планирање и заштиту животне средине.

**Кључне речи:** ерозија, акумулација, антропогени фактори

### Увод

Ерозивни и акумулациони процеси представљају један од најактуелнијих проблема од стратешког значаја за екосистеме, привреду, економију, просторно планирање и животну средину. Основу прогнозе ових процеса и њихових последица представља анализа фактора утицаја.

У процесу утицаја евидентна је повезаност ерозивних и акумулативних процеса. Процеси ерозије и акумулације се најчешће међусобно преплићу. Само на малим деловима терена може се говорити о “чистој ерозији” или “чистој акумулацији”. Површине где “нема акумалције”, односно “чисто ерозивни облици” могући су у уској зони око вододелнице слива.

---

<sup>1</sup> Кореспонденција са: [jugnik@eunet.rs](mailto:jugnik@eunet.rs)

На ерозију и акумулацију утиче велики број фактора: геолошки, геоморфолошки, метеоролошки, као и утицај биљног покривача, хидролошких и антропогених фактора. Поједини фактори имају различито, понекад супротно дејство на процесе механичке и хемијске ерозије, као и на процес акумулације. Квантификавањем фактора који примарно утичу на ерозивно-акумулативне процесе могућа је анализа/прогноза ових процеса. Основни циљ рада је квантитативна и квалитативна анализа утицаја најзначајнијих фактора на ерозију/акумулацију и сагледавање - прогноза њиховог интегралног утицаја на примеру горњег дела слива Западне Мораве.

Процеси механичке и хемијске ерозије и нанос као продукт ерозионих процеса, имају негативан еколошки аспект који је повезан са привредом, односно водопривредом и економијом. Нанос је основни транспортер хемијског и биолошког загађења водотока. Велики део загађујућих супстанци преносе честице суспендованог наноса утичући негативно на речни екосистем и на квалитет воде за водопривредно коришћење.

### **Методологија истраживања**

Анализа најзначајнијих фактора ерозивних/акумулативних процеса урађена је кроз мултидисциплинарни приступ, применом одговарајућих знања из различитих научних дисциплина. Избор сливног подручја извршен је без икаквих условних ограничења.

Улазни подаци добијени су физичким мерењем и картометријски. Први корак у истраживању односи се на формирање базе података из домена анализе/прогнозе на бази грид система. Картографски параметри одређени су на основу географских карата размера 1:25000. Простор изучаваног слива подељен је на квадратна поља резолуције  $1\text{ km}^2$ . За свако од ових поља ажурирани су одговарајући подаци који су у виду матрице искоришћени за квантитативну анализу: координате доњег левог угла, максимална, минимална и средња надморска висина терена, нагиб и шумовитост истог (Драгићевић, 2002). Сваком елементарном пољу, методом нумеричке анализе, придружена је и одговарајућа вредност падавина и других метеоролошких параметара, добијених стандардним мерењима. Квадрати захваћени вододелницом дељени су на 100 мањих квадрата, димензија  $100 \times 100\text{ m}$ , у циљу прецизнијег прорачуна у граничној области сливног подручја.

Увођењем квантитативне геоморфолошке анализе у истраживачки поступак омогућено је прикупљање квалитативно нових података (Мустафић и др., 2008) Поред осталог, извршена је квантитативна анализа "енергије рељефа", нагиба терена, висинске зоналности, падавина и шумовитости терена. Резултати анализе приказани су картографски, коришћењем програмског пакета Surfer 10. На овај начин добијене су области где се очекује потенцијално појачана ерозија, односно области очекиване акумулације, а што представља прогностичку подлогу ових процеса. Осим тога извршена је квалитативна анализа физичко-географских услова, геолошке грађе терена и значаја антропогених чинилаца. Верификација прогнозе интегралног утицаја извршена је кроз одговарајућа сагледавања на терену.

У методологији анализе падавина (Николић и др., 2005) коришћене су серије месечних вредности падавина, добијене стандардним мерењем на метеоролошким станицама, из домена анализе/прогнозе ерозивно-акумулативних процеса. Евапотранспирација је рачуната применом развијеног нумеричког модела (Николић, 2002, Николић и Прохаска, 2005). Почетни услови у моделу подразумевали су довољно дуге низове месечних вредности одговарајућих метеоролошких параметара, који се стандардно мере и који су уобичајено доступни.

## Резултати

### *Основни физичко-географски услови изабраног терена*

Предмет истраживања односи се на слив Западне Мораве узводно од водомерне станице "Милочајски мост", која се налази око 9 km узводно од Краљева. Сливно подручје омеђено је правоугаоником између 43<sup>0</sup>18.3' и 44<sup>0</sup>8.7' северне географске ширине, односно 19<sup>0</sup>30.7' и 20<sup>0</sup>42.0' источне географске дужине. Због тачније анализе ерозивно-акумулативних процеса у околини вододелнице, правоугаона површина изучаваног терена, која омеђава дефинисану сливну површину, проширена је са сваке стране по неколико километара. На овај начин укључују се и падавине са главних метеоролошких станица из ближе околине сливног подручја (Ваљева, Крагујевца, Краљева, Копаноника, Сјенице и Златибора).

Површина горњег слива Западне Мораве је 4655 km<sup>2</sup> и убраја се у категорију "великих сливова". У регионално-географском смислу овај простор захвата делове различитих целина: југозападне делове Шумадије,

Западно Поморавље, североисточне делове Старовлашко-рашке висије, као и Ваљевску подгорину.

Рељеф слива има полигенетско (тектонско-флувијално, крашко, абразионо, денудационо) и полифазно обележје. У геоморфолошком смислу, изучавани простор припада средње до изразито дисецираним теренима са доминантном генетском и морфолошком разноврсношћу рељефа. Она је условљена постојањем различитих геолошких творевина: од кластичних, органогених и хемијских седимената, до регионално метаморфних и контактено метаморфних стена, као и различитих група магматита. Биогеографска разноврсност условљена је постојањем шумских заједница, травнате вегетације и пољопривредних култура. Уочавају се и различити хидрогеолошки услови и појаве. Најкраће речено, посматрани терен карактерише хетерогеност у рељефу и геолошким условима у најширем смислу. Физичко-географски фактори терена условљавају интензитет ерозивно-акумулативних процеса и у томе је њихов значај.

#### *Фактори ерозионих/акумулативних процеса*

Фактори који утичу на ерозионо-акумулативне процесе могу се класификовати на следеће категорије: карактеристике терена, метеоролошки фактори и антропогени утицаји.

*Карактеристике терена* односе се на карактеристике сливова и карактеристике водотока. Карактеристике сливова подразумевају морфолошке, геометријске и висинске карактеристике, геологију терена, вегетацију, присуство и карактеристике подземних вода (Николић и др., 2007) и сл. Карактеристике водотока првенствено се односе на пропусну моћ истих.

Утицај вегетације на отицај, евапотранспирацију и ерозивно-акумулативне процесе је разнолик. Шуме, на пример, директно утичу на процес евапотранспирације и отицај кроз промену албеда система шума-подлога, кроз утицај на друге компоненте енергетског биланса, утицај на температурни режим, ветар у шуми, узлазно турбулентно кретање ваздуха у шуми и утрошак Сунчеве енергије на фотосинтезу. Индиректни утицај шуме условљен је плићим замрзавањем подлоге, односно бржим понирањем воде у шуми зими. У исто време, вода са отворених делова терена највећим делом отиче површински, јер је подлога дубље замрзнута и делује као вододржив слој.

Висок проценат шуме делује позитивно на отицање падавина: утиче на уједначавање отицаја и смањење ефеката наглих надолазака вода и њиховог изливања из речних корита. На тај начин шума директно смањује ерозивне процесе.

*Метеоролошки фактори* обухватају првенствено утицај падавина и евапотранспирације на отицај и ерозивно-акумулативне процесе. Утицај падавина на ерозију и акумулацију испољава се кроз интензитет падавина и њихово трајање. Иста количина падавина, излучена у два различита временска трајања, производи два различита отицаја, а самим тим и два различита утицаја на ерозионо-акумулативне процесе. Утицај трајања падавина зависи и од величине и карактеристика слива. Мањи сливови су више подложни утицају краткотрајних киша јаког интензитета.

Утицај евапотранспирације произилази из чињенице да је овај процес, поред падавина и отицаја, основни елемент водног биланса. Од величине евапотранспирације зависи отицај воде, као и ерозиони и акумулативни процеси (Никић и др., 2009). Евапотранспирација првенствено зависи од енергетских и динамичких услова, али шумски екосистеми и друге биљне врсте, као и геолошке подлоге, могу у великој мери модификовати овај процес. Шуме и друге биљне врсте кроз површински отпор врше биолошку контролу процеса евапотранспирације и утичу на ефекат ваздушног струјања.

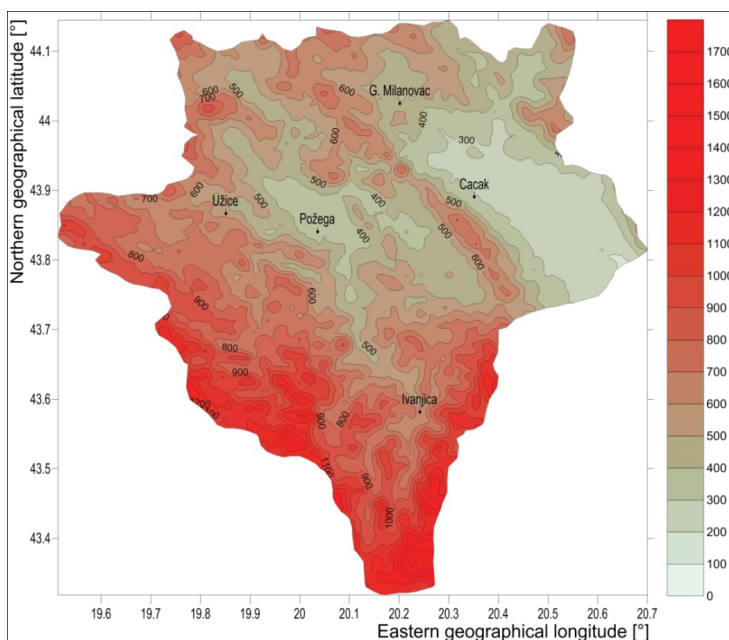
У летњем периоду доминантан је процес евапотранспирације чиме се смањује отицај, односно део падавина који доспева у корита. У јесен, са слабљењем процеса евапотранспирације, долази најпре до попуњавања изданских резерви, а потом и до значајнијег отицања падавина у водотоке и интезивирања ерозивно-акумулативних процеса.

*Антропогени утицаји* односе се првенствено на утицаје људског фактора на процесе отицаја, ерозије и акумулације кроз просторно планирање: изградњу насипа, регулационих објеката, брана и пратећих објеката, претварање природних површина (пашњака и шума) у пољопривредне површине, мочвара у шуме, као и повећану урбанизацију са асфалтним, бетонским и другим вештачким водонепропусним површинама. Додатни облик антропогених утицаја на процесе ерозије и акумулације односи се на климатске модификаторе, кроз утицај на режим падавина, евапотранспирацију и отицај.

### *Квантитативна анализа рељефа*

За квантитативну анализу/прогнозу утицаја појединих параметара на ерозивно-акумулативне процесе потребна је дигитализација рељефа. Коришћењем дигиталних података, на скици 1 дат је дводимензионални приказ терена из домена анализе/прогнозе.

Препознатљивост делова терена, као што су Чачанска котлина и други карактеристични делови терена указује на коректност података дигитализованог рељефа. Рељеф има значајан утицај на развој ерозионих процеса, нарочито код водне ерозије (Николић и др., 2007).

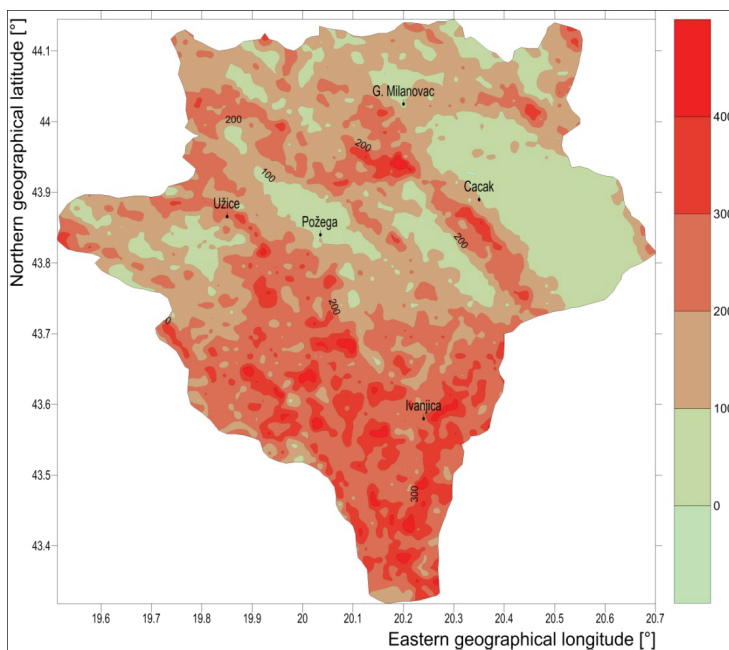


Скица 1. Дводимензионални приказ рељефа горњег слива Западне Мораве

### *Енергија рељефа горњег слива Западне Мораве*

За анализу просторног интензитета ерозије/акумулације велики значај има карта "енергије рељефа", односно вертикалног расчлањења рељефа у смислу потенцијалне енергије терена која се добија из висинских разлика највиших и најнижих тачака свих елементарних површина изучаваног простора. Потенцијално изражена ерозија очекује се у брдско-планинским областима, односно на нагнутом терену.

Проучавање природних карактеристика слива у функцији прогнозе процеса ерозије и акумулације на примеру изабраног слива



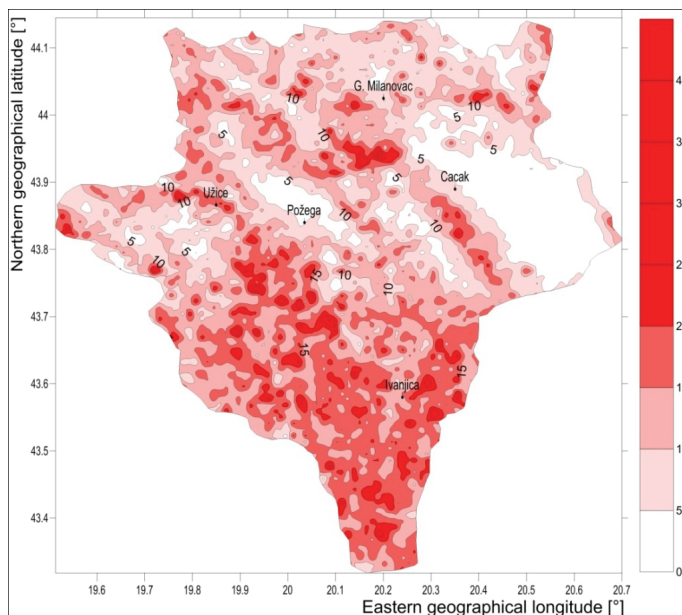
Скица 2. Расподела „енергије рељефа” одабраног слива

Просторна расподела израчунатих вредности "енергије рељефа" горњег слива Западне Мораве приказана је на скици 2. Простори са већом "енергијом рељефа" јесу простори очекиване ерозије. Обрнуто, простори са малом "енергијом" представљају области очекиване акумулације. Изоленије које представљају "енергију рељефа" већу од 100 означавају просторе са појачаном предиспозицијом за појаву ерозивних процеса, тим већом што је већа позитивна вредност "енергије". Изоленије представљене мањим вредностима означавају просторе појачане акумулације претходно еродованог материјала. Изоленијама су лоциране и области максимума (веће од 300, или најтамније површине на карти) и минимума (мање од 100, или најсветлије површине на карти) "енергије рељефа" на простору изучаваног терена. Анализа добија на значају ако се комбинује са теренским истраживањима. Уочавају се повољни услови за акумулацију у долинама већих река, нарочито у Чачанској и Пожешкој котлини, као и зони Овчарско-кабларске клисуре.

*Квантитативна просторна анализа нагиба терена*

Нагиб терена је, такође, добар показатељ ерозивних/акумулативних процеса. Он се дефинише углом који заклапа површина терена са хоризонталном равни. Делови слива са већим нагибом (преко  $5^{\circ}$ ) представљају потенцијалне области за развој појачане ерозије (изразите, јаке и веома јаке ерозије), док делови слива са малим угловима нагиба указују на могуће области акумулације еродираног материјала, или су такви терени захваћени слабијом ерозијом (средњом, слабом или ерозијом у траговима). Да ли ће такво стање бити на терену, зависи од величине утицаја других фактора као што су клима, вегетација, геолошки састав, антропогени утицаји и слично. То, опет, упућује на потребу теренских истраживања, у комбинацији са кабинетским методама. Просторни приказ нагиба изучаваног терена дат је на скици 3.

Нагиби у интервалу  $0-5^{\circ}$  распрострањени су на 16,23 % територије слива, док на нагибе од  $5-20^{\circ}$  отпада 76,03 % површине изучаваног слива. Нагиби преко  $20^{\circ}$  су на преосталих 7,74 % територије изучаваног дела слива Западне Мораве. Генерално, на произвољном терену са великим нагибом падина, интензитет ерозионих процеса се знатно повећава.



Скица 3. Просторна расподела угла нагиба одабраног слива



### *Хипсометријска анализа изучаваног слива*

Висинске карактеристике терена могу се добити хипсометријском анализом. Распоред горњег слива Западне Мораве, добијен нумеричком анализом, дат је у табели 1. Овим поступком долази се до сазнања о заступљености планинских делова терена и степену предиспозиције за процесе ерозије. У зависности од висине терена зависи и просторно планирање и његово правилно коришћење. Средња надморска висина изучаваног сливног подручја, добијена нумеричком анализом, је 730 m .

### *Геологија изучаваног терена*

Геолошке подлоге, првенствено кроз утицај водопропустљивости терена, модификују процес евапотранспирације, отицај и ерозивно-акумулативне процесе (Николић и др., 2007, Николић и др., 2008). Истраживано подручје одликује се сложеном геолошком грађом, у чијој изградњи учествују разнолике метаморфисане палеозојске, седиментне и магматске мезозојске и неогене геолошке творевине, као и најмлађи квартарни седименти. Геолошке карактеристике и грађа терена истраживани су према основној геолошкој карти 1:100000.

Стене палеозојске старости захватају велику површину истраживаног подручја у сливу Моравице, као и реке Лужнице, северно од Ужица и Пожеге. Оне су, најчешће, представљене метаморфисаним пешчарима, конгломератима, аргилошистима и филитима.

Тријаски седименти имају потпуно развиће, а најзаступљенији су на југозападном, делимично северном и централним деловима истраживаног терена. Творевине доњег тријаса изграђене су од различитих стена. То су, углавном, шкриљаво-пешчарске и шкриљаво-лапоровите серије, као и пешчари и кречњаци.

Седименти средњег тријаса јављају се у две зоне. У првој зони, Овчарско-кабларској клисури и долини Бањског потока, најзаступљеније су карбонатне стене велике дебљине. У другој зони, Ћетиња - Велики Рзав - Мали Рзав, јављају се слојевити, банковити, делимично масивни и доломитични кречњаци средњетријаске старости, развијени преко доњотријаске јединице. Седименти горњег тријаса утврђени су у највишим деловима Овчара и Каблара. То су веома чисти и масивни кречњаци.

Табела 1. Висинске зоне горњег слива Западне Мораве у односу на профил “Милочајски мост”

ВИСИНСКЕ ЗОНЕ ( <i>m</i> )	ПОВРШИНЕ ( <i>km</i> <sup>2</sup> )	ПОВРШИНЕ КУМУЛАТИВНО ( <i>km</i> <sup>2</sup> )	ПОВРШИНЕ ПРОЦЕНТУАЛНО (%)
1800 - 1900	1,29	1,29	0,03
1700 - 1800	7,81	9,10	0,20
1600 - 1700	5,86	14,96	0,32
1500 - 1600	18,23	33,19	0,71
1400 - 1500	65,74	98,93	2,13
1300 - 1400	149,67	248,60	5,34
1200 - 1300	161,12	409,72	8,80
1100 - 1200	221,61	631,33	13,56
1000 - 1100	265,07	896,40	19,26
900 - 1000	373,92	1270,32	27,29
800 - 900	535,20	1805,52	38,79
700 - 800	635,75	2441,27	52,44
600 - 700	574,12	3015,39	64,78
500 - 600	577,73	3593,12	77,19
400 - 500	444,22	4037,34	86,73
300 - 400	281,44	4318,78	92,78
200 - 300	331,97	4650,75	99,91
100 - 200	4,20	<b>4654,95</b>	<b>100,00</b>

Стене стваране у јури образују широке континуалне зоне у којима се јављају већим делом магматске, а мањим седиментне стене. То су углавном серпентинити, габрови, дијабази и стене дијабаз-ројначке формације. Серпентинити и харцбургити заузимају велике површине у северним и југозападним деловима истраживаног подручја. Габровске стене и дијабази граде уску зону у долини Каменице. Дијабаз-ројначка формација јурске старости утврђена је у две зоне: у зони Великог и Малог Рзава и у долини Ђетиње - до Биоске и Стапара.

Кредни седименти највише су заступљени у сливу реке Бјелице и источно од тока Моравице. Углавном су представљени конгломератима, пешчарима, кречњацима и лапорцима. Најзаступљеније кредне творевине овог подручја су масивни кречњаци и флиш.

Од неогених творевина заступљене су само стене миоценске старости. Највеће распрострањење миоцена запажа се у неогеним језерским басенима као што су Чачанско-краљевачки басен, Пожешки и Добрињски басен. Уочавају се пешчари, лапорци, глинци, лапоровити кречњаци,

пескови и глине. У оквиру миоцена јављају се и вулканити, највише у подручју Горње Трепче, где су најзаступљенији кварцлатити, латити и пирокластити.

Као најмлађе творевине истраживаног подручја јављају се језерски седименти, речне терасе, пролувијум, делувијум и алувијум. Алувијалне наслаге су на више места, уз речне токове. Највећу алувијалну раван је формирала Западна Морава. Алувијални наноси мањег распрострањења запајају се у долини Малог и Великог Рзава, Ћетиње, Скрапежа, Моравице, Бјелице, Чемернице и осталих мањих речних токова. Састав је свуда исти: шљункови и пескови, ређе грубе глине.

Геолошка грађа терена значајно утиче на процесе ерозије како отпорношћу, тако и водопропустљивошћу стена. Повољни услови за ерозију су код оних делова терена које захватају неотпорне стене, а неповољни код водопропустљивих терена (због смањења површинског отицања, а повећања инфилтрације и подземног отицања воде). Неповољне услове генерално треба очекивати код карбонатних стена.

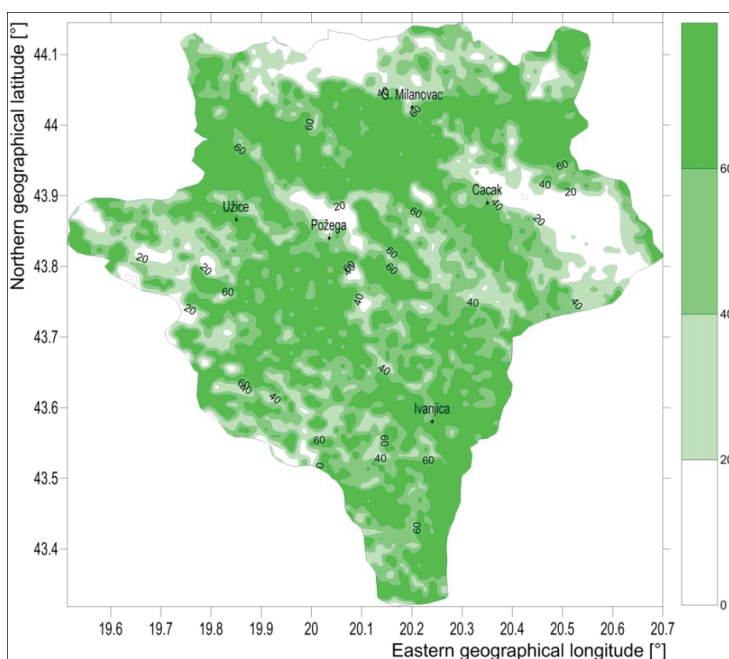
#### *Шумовитост истраживане области*

Познато је да се стална вегетација, као што су шуме, најјаче супротставља штетном деловању силе ерозије. Шумски екосистеми имају врло велики утицај на отицање воде, на развој ерозионих процеса и на транспорт наноса (Костадинов, 2008).

Улазни подаци за квантитативну анализу шумовитости су одређени картометријски. Карта на скици 4 показује проценат шумовитости изучаваног терена.

Висок проценат шуме (72,1%) уочава се у делу непосредног слива Западне Мораве, између Бјелице и Каменице, као и у горњем сливу Моравице, узводно од Ивањице (64,0%). Шумовитост је релативно ниска у горњем сливу Ћетиње, док је најмања у делу слива између Чемернице (код Чачка) и Милочаја (у близини Краљева), што је у складу са различитим геолошким подлогама и морфолошким облицима терена.

Повећање вегетационог покривача доводи до пригушивања ерозије. Обрнуто, уништавање вегетационог покривача отвара пут водној и еолској ерозији. У томе се огледа посебан значај шумских екосистема.



Скица 4. Просторни распоред шумовитости изучаваног слива

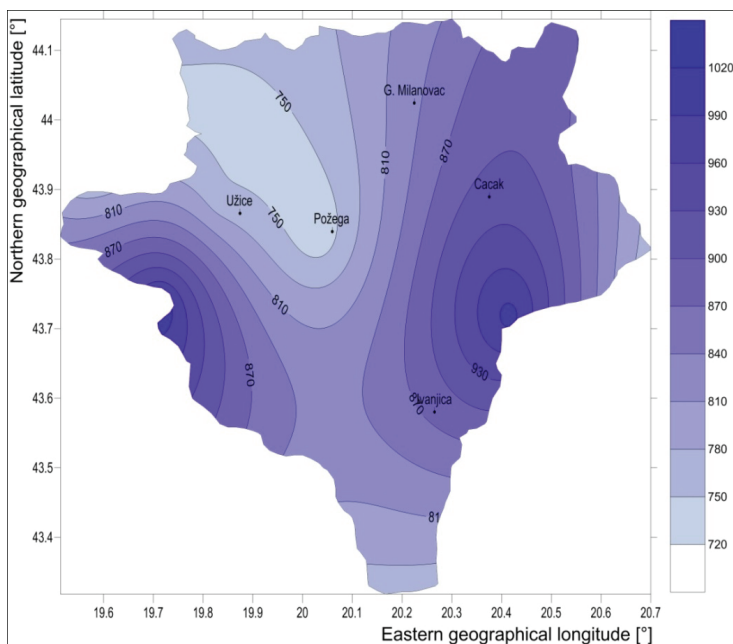
### *Падавине горњег слива Западне Мораве*

Плувијална ерозија, која је најраспрострањенија, убраја се у најзначајније ерозионе процесе. Распоред просечних сума падавина у периоду 1981-2010 године, изнад горњег слива Западне Мораве, представљен је на скици 5.

Просечне суме мање од  $750\text{ mm}$  уочавају се у области Пожешке котлине и на крајњем југу слива. Веће вредности годишњих сума падавина, преко  $850\text{ mm}$ , уочавају се у планинским огранцима Старо-влашко-рашке висије.

Поред годишње количине, за ерозију понекад могу бити значајније падавине краћег трајања. Ерозија је некада најјача у пределима са малим количинама падавина, али у којима се за кратак временски период излучи највећи део укупне годишње суме падавина. За такву анализу потребни су интензитети падавина који се могу одредити ако постоје плувиографска мерења истих као и посебна узорковања за анализу наноса због смањивања грешке (Манојловић и др., 2003, Драгићевић и др., 2007).

Проучавање природних карактеристика слива у функцији прогнозе процеса ерозије и акумулације на примеру изабраног слива



Извор података: РХМЗ Србије

Скица 5. Просечне падавине за изабрани слив (1981-2010)

Осим разарања и одношења површинских делова терена, ерозивно-акумулативни процеси погоршавају водни режим река. Као резултат ерозије долази до таложења великих количина наноса због чега се дна речних корита издижу, а обале постају све ниже. То има за последицу пораст водостаја и појаву поплава.

У горњем сливу Западне Мораве испари 66% падавина, а отекне 34% воде излучене падавинама. Генерално, повећана количина падавина доводи до јаче ерозије. У општим цртама, са аспекта прогнозе, може се констатовати да повећање падавина доводи до интензивирања процеса ерозије.

#### *Антропогени утицаји*

Квалитативна анализа утицаја антропогених фактора могућа је кроз истраживања на терену. Истраживањем терена нижих делова слива Моравице уочава се јак утицај антропогених фактора који су последица крчења шума, неправилне испаше ових терена и нарушавања равнотеже природних ерозивно-денудационих процеса. Бујице, које се појављују после јаких пљускова кише, односе у речно корито огромне количине

делувијума са падина овог дела слива. Изразити примери оваквих процеса могу се уочити на ушћу Мегарског потока и у долини Пресјеке у подножју Мучња.

Процеси ерозије, евидентно појачани сечом шуме, уочавају се и у сливу Ђетиње и Скрапежа. Са друге стране уочавају се терени са великим нагибом који су релативно отпорни на процесе спирања, а што је условљено пошумљавањем. Овакви процеси ерозије, успорени утицајем антропогеног фактора, могу се уочити на стрмим падинама Овчара и Каблара.

### Дискусија

Потенцијалне области појачане ерозије, или повећане акумулације, добијене су квантитативном анализом параметара који примарно утичу на ерозивно-акумулативне процесе. Верификација очекиваних утицаја врши се кроз теренска истраживања. С обзиром на велики број фактора утицаја, од којих су неки са супротним дејством, указује се потреба теренских истраживања којим би се извршила верификација очекиваних утицаја. Презентирана квантитативна анализа добија на значају ако се комбинује са теренским квалитативним истраживањима. То се може илустровати на неколико карактеристичних примера:

1. Ерозиони процеси код непропустљивих стена требало би да су најраспрострањенији у изразито планинском делу слива Моравице, где се квантитативном анализом добија највећа енергија рељефа. Међутим, истраживања на терену (Николић и др., 2007) показала су да су ови облици веома ретки у овом делу слива, а што се може објаснити покривеношћу терена густим шумама које значајно спречавају или ублажавају ерозију и денудацију стрмих и високих долинских страна.
2. Ерозивни процеси у сливу Моравице прилично су заступљени на кречњачким одсечима Мучња, Чемерна и Кукутнице, као и на кањонским и клисурастим деловима Великог и Малог Рзава. То је највероватније последица преовлађујућег утицаја нагиба терена, уз садејство других фактора као што су количина падавина, утицај ветра и хемијских процеса у овим областима, али и утицај човека и неправилне испаше ових терена.
3. На простору слива Ђетиње и Скрапежа уочљив је карактеристичан пример развијених ерозивних процеса на подлогама шкриљаца, серпентина и пешчара. Као последица спирања терена, корита поменутих река препуна

Проучавање природних карактеристика слива у функцији прогнозе процеса ерозије и акумулације на примеру изабраног слива

су бујичних наноса. Процеси ерозије озбиљнијих размера појачани су нарочито сечом шуме. Река Скрапеж постала је бујичарски ток који се често у пролеће излива плавећи повремено делове Пожеге. Повремени бујичарски токови карактеришу и горњи део Чемернице.

4. Истраживања на терену Овчарско-кабларске клисуре потврђују повољне услове за акумулацију на просторима који се добијају теоријском квантитативном анализом. Карактеристичан пример односи се на језера клисуре. Депоновањем ношеног/вученог наноса у најузводније језеро "Овчар Бања", донекле је успорено засипање низводне акумулације "Међувршје". Ипак, око 2/3 корисне акумулације језера "Међувршје" већ је засуто наносом. Интензивно засипање наведених акумулација смањило је њихову способност у заштити од поплава и изазвало неповољне последице са аспекта коришћења воде за производњу електричне енергије (Скица 6).



Скица 6. Детаљ засипања језера "Међувршје" и појаве вегетације (Фото: Ј. Николић)

5. На стрмим падинама Овчара и Каблара уочавају се карактеристични процеси ерозије који су најизраженији на подручју изграђеном од стена дијабаз-рожначке формације. Уочљиво је да ерозивни процеси веома зависе од нагиба и степена шумовитости терена. Највећи део падина изграђених од дијабаз-рожначке формације, са леве стране клисуре, могао би се сврстати у категорију јаке или средње ерозије. Јаком ерозијом обухваћене су и мање површине са десне стране клисуре, нарочито у пределу бране "Међувршје". Остали делови терена, без обзира на велике нагибе, релативно су отпорни на процес спирања. Ерозија је, ипак, успорена природним или вештачким обнављањем шумског покривача.

Велики интензитети процеса ерозије и транспорт наноса има за последицу уништење вегетације брдско-планинских подручја, појаву голети, нарушавање равнотеже екосистема и загађење животне средине. Ови процеси имају директне последице на стратегије просторног планирања, као и на економију и економске ефекте сваког подручја.

### **Закључак**

На ерозивно-акумулативне процесе утичу бројни природни фактори међу којима су најзначајнији геолошки, метеоролошки, морфолошки, хидролошки, биогеографски, као и антропогени фактори. Анализа је, поред осталог, показала пуну оправданост квантификовања најважнијих параметара изучаваног процеса. Основна карактеристика квантитативне анализе је да су резултати проверљиви и вишеструко применљиви у пракси. Резултати квантитативне анализе су веома погодни за сагледавање просторног распореда и интензитета ерозивно-акумулативних процеса, прогнозу даљег развоја истих, планирање коришћења простора, планирање и спровођење противерозионих и противбујичних мера, заштиту животне средине, процену неких еконо-мских ефеката процеса и слично.

Анализа/прогноза процеса ерозије, транспорта наноса и његове акумулације има значајне утицаје на животну средину. Директни утицај процеса ерозије огледа се у губитку земљишта и вегетације на падинама терена и нарушавање равнотеже екосистема, а индиректни у механичком загађењу водотока и акумулацији наноса. Индиректан утицај процеса ерозије на животну средину одвија се преко транспорта ерозионог наноса кроз хидрографску мрежу и процес акумулације наноса. Најзначајнији ефекат процеса ерозије и транспорта наноса на животну средину састоји се у уношењу хемијских и биолошких загађивача у речне токове и погоршања квалитета воде. Кроз процес спирања еродираног наноса у хидрографску мрежу доспевају и загађујуће супстанце. То значи да се ерозионим наносом врши механичко и хемијско загађење воде и нарушава еколошка равнотежа водотока или језера. Речним током преносе се токсични метали, скоро искључиво везани уз суспендовани нанос, а такође и азот, фосфор и калијум због ерозије са пољопривредних површина у које се уносе минерална ђубрива.

Процеси ерозије/акумулације имају негативан еколошки аспект повезан са водопривредом. Они представљају ограничавајући фактор у просторном планирању због својих негативних утицаја и захтевају уређења ерозионих терена кроз спровођење читавог комплекса противерозионих мера и



Проучавање природних карактеристика слива у функцији прогнозе процеса ерозије и акумулације на примеру изабраног слива

противерозионих радова. Са друге стране постоје и позитивни ефекти процеса ерозије и стварања речног наноса, јер нанос представља важан природни ресурс. Неоспоран је значај шљунка и песка као грађевинског материјала. Други потенцијално позитиван ефекат односи се на таложење суспендованог наноса при изливању река у речном приобаљу. Суспендовани нанос, настао у процесу ерозије педолошког слоја терена, може у неким ситуацијама повећати плодност земљишта на које се таложи, мада то није увек случај. Све ово има значајне економске импликације.

При истраживању ерозивно-акумулативних процеса потребно је, због комплексности проблема, кабинетска истраживања комбиновати са верификацијом на терену. Методологија анализе/прогнозе фактора ерозије/акумулације, на примеру слива са хетерогеним геолошким/геофизичким условима, дала је веома добар резултат. Примењена методологија може да се користи приликом истраживања произвољних терена.

#### **Захвалност**

Рад је резултат пројекта број 47007 који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије

#### **Литература**

- Драгићевић, С. (2002): Биланс наноса у сливу Колубаре. Универзитет у Београду, Географски Факултет, 184 стр.
- Драгићевић, С., Манојловић, П., & Николић, Ј. (2007): Методолошка грешка утврђивања концентрације суспендованог наноса на нашим рекама. *Гласник СГД*, 87(1), стр. 15-22
- Костадинов, С. (2008): Бујични токови и ерозија. Шумарски факултет, Београд, 505 стр.
- Манојловић, П., Мустафић, С., & Драгићевић, С. (2003): Пренос силта у сливу Јерме. *Гласник СГД*, 83(2), стр. 3-10
- Мустафић, С., Костадинов, С., & Манојловић, П. (2008): Угроженост акумулације „Завој” ерозивним процесима – методолошки, сазнајни и заштитни аспект. *Гласник СГД*, 88(1), стр. 29-42
- Николић, Ј. (2002): Испаравање воде у природним условима – геолошки, хидролошки и метеоролошки аспекти. РХМЗ Србије, Београд, 380 стр.
- Николић, Ј., Дуцић, В., & Драгићевић, С. (2005): Анализа падавина на примеру горњег дела слива Западне Мораве. *Гласник СГД*, 85(1), стр. 19-30
- Nikolić, J., & Prohaska S. (2005): *Determination of Evapotranspiration in Heterogeneous Geological Conditions on the Case Example of the Veliki Rzav River Basin: Proceedings of*

*the Int. Con. and field seminars "Water Resources and Environmental Problems in Karst"*. National Committee of the IAH of Serbia and Montenegro, Belgrade - Kotor, Institute of Hydrogeology - Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 609-614.

Nikolić, J., Nikić Z., & Stojadinović D. (2007): Water erosion and geodiversity of Jadovnik mountain, Western Serbia. *International Conference Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management*. Belgrade, WASWC ISI-UNESCO, WASER, Faculty of Forestry, 7 pp.

Николић, Ј., Никић, З., & Дуцић В. (2007): Утицај геолошке подлоге на отицај. *Шумарство*, 59(1-2), стр. 39-48

Nikolić, J., Nikić Z., Ducic V., (2007): The calculation of evapotranspiration in the forest ecosystems on the case example of Moravica basin. *International Conference Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management*, Belgrade, WASWC ISI-UNESCO, WASER, Faculty of Forestry, 7 pp.

Nikolic, J., Nikic, Z., Ducic, V. (2008): Model of runoff determination on hydrologically unexplored basins. IAH, IHP UNESCO, WMO, ISBN 978-961-91090-2-1, Ljubljana, 8 pp.

Nikic, Z., Nikolic J., Ristic, R., & Stojadinovic, D., (2009): Chemical erosion and hydrologic budget for the Susure karst plateau. *First Internatioonal Conference from Degradation through Soil and Water Conservation to Sustainable Soil Management*. WASER, ESSC, ISI-UNESCO and Faculty of Forestry Belgrade University, 7 pp