

САЊА МУСТАФИЋ\*  
СТАНИМИР КОСТАДИНОВ  
ПРЕДРАГ МАНОЈЛОВИЋ

### УГРОЖЕНОСТ АКУМУЛАЦИЈЕ "ЗАВОЈ" ЕРОЗИВНИМ ПРОЦЕСИМА - МЕТОДОЛОШКИ, САЗНАЈНИ И ЗАШТИТНИ АСПЕКТ -

**Садржај:** Рад третира процес ерозије земљишта са становишта његове просторно-временске варијабилности. Примена савремених програмских пакета и сателитских осматрања има за циљ формирање адекватне базе података, која омогућава бржу и адекватнију могућност праћења стања и интензитета ерозивних процеса, а самим тим и сврсисходнију одлуку о примени различитих видова антерозивних мера заштите најугроженијих простора. Геоморфолошко картирање ерозивних процеса путем авионских и сателитских снимака омогућило је, с једне стране, рационално планирање теренских опсервација, а са друге стране веома детаљно утврђивање интензитета ерозије у прошлости. Нови приступ примењен у овом раду приликом обраде свих релевантних параметара који утичу на процес ерозије, заснива се на коришћењу програмског пакета Geomedia 5.2 (Intergraf).

**Кључне речи:** ерозивни процеси, интензитет ерозије, санација, емпиријски метод, "грид" систем, метод лејера, Темштица.

**Abstract:** In this paper land erosion has been investigated from its temporal and spatial variability point of view. The aim of the application of contemporary soft wares and satellite observations was to create an adequate data base which allows faster and more adequate possibility for monitoring the intensity of erosive processes, as well as meaningful decision for application of different ways of anti erosive techniques of the most dangerous areas. Geomorphologic mapping of erosive processes using plane and satellite images has allowed rational planning of field observations and, at the other side very detailed establishing of the intensity of previous erosion. A new approach applied in this paper during data processing of all relevant parameters influencing erosion is based on using of software Geomedia 5.2 (Intergraph).

**Key words:** erosive processes, the intensity of erosion, sanitation, empirical method, grid system, method of layers, Temstica River

#### Увод

Засипање акумулација је један од најзначајнијих пробелема који је везан за утицај ерозије земљишта на водопривредне објекте. Интензитет засипања акумулације зависи од великог броја фактора. Унутар сваког слива постоје разлике у климатолошком, хидролошком, морфолошком и вегетацијском погледу, као и различити начини коришћења земљишта.

---

\* мр Сања Мустафић, асистент, Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд

др Станимир Костадинов, редовни професор, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1., Београд

др Предраг Манојловић, редовни професор, Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд

Рад представља резултате истраживања пројекта 146005 које финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

Према томе, да би се егзактније детерминисао транспорт наноса, морају се најпре сагледати основни физичкогеографски, али и антропогени фактори ерозионе продукције наноса испитиване територије. То значи да се, с једне стране, морају анализирати услови услед којих се формира одређена продукција наноса и интензитет ерозивних процеса, а с друге стране услови кретања еродираниг материјала до посматраног профила. У оквиру адекватне интерпретације резултата истраживања неопходно је применити компаративни метод који се заснива како на детаљном, пре свега, геоморфолошком картирању стања ерозивних процеса (Драгићевић, С., 2007) са аспекта просторно-временске дистрибуције, тако и на примени одговарајућих мера заштите простора угрожених ерозијом. Сама ова чињеница указује на неопходност интегралног приступа овој проблематици (Драгићевић С., Степић М., Карић И., 2008) у смислу интердисциплинарног карактера решавања проблема ерозије земљишта, али и адекватног методолошког приступа.

### Методологија истраживања

У нашој научној и стручној пракси најширу употребу има емпиријски образац за прорачун продукције наноса који је дао Гавриловић С. (1972). Примена ове формуле заснива се картирању ерозивних процеса, односно одређивању коефицијента ерозије, као и познавању одређених климатских елемената и морфолошких карактеристика терена.

Нови приступ примењен у овом раду приликом обраде свих релевантних параметара који утичу на процес ерозије, заснива се на коришћењу програмског пакета Geomedia 5.2 (Intergraf). Овај ГИС оријентисан програмски пакет омогућава унакрсну математичко-логичко-статистичку анализу произвољног броја параметара, уз истовремено подржавање и транспарентност појединих лејера. На тај начин могу се анализирати карте, авионски и сателитски снимци, уз сагледавање геолошке и педолошке подлоге. Након завршене анализе података, додатни модули пружају могућност и графичке манипулације са лејерима, а као њихов крајњи производ издавају се различите синтезне карте (Мустафић, С., 2006, 2006а).

Како геоморфолошке карактеристике проучаваног простора представљају фундаментални фактор који утиче на ерозију (Petković S., 1993), детерминисање основних геоморфолошких законитости заснива се и на анализи морфометријских елемената речног слива. У том смислу као први корак урађена је карта углова нагиба. Обрада података вршена је на топографским картама у размери 1:25.000, са дефинисаном мрежом јединичних поља  $0,5 \times 0,5$  km. Овако успостављени "грид систем" пружао је могућност за детаљније сагледавање просторних разлика проучаваног процеса. Поред тога софтверска имплементација морфометрије полазна је основа дигиталног приказа рељефа (Adediran, A. O., Paracharidis, I., Poscolieri, M., Pavlopoulos K., 2004), а самим тим брзе процене и утицаја различитих типова нагиба на остале релевантне факторе који утичу на процес ерозије.

Анализа топографских карактеристика терена у функцији одређивања потенцијала ерозије неког простора далеко је олакшана применом DEM-а и сателитских снимака (Milevski, I., Dragičević, S., Kostadinov, S., 2007). Формирање основе модела за рекогносцирање развоја интензитета ерозивних процеса у просторно-временској интеракцији у следећој фази истраживања суперпонирано је са применом теледетекционих метода Геоморфолошко картирање ерозивних процеса путем авионских и сателитских снимака омогућило је, с једне стране, рационално планирање теренских опсервација, а са друге стране веома детаљно утврђивање интензитета ерозије у прошлости. На основу авионских снимака из 1970. године извршено је картирање ерозивних процеса у пет категорија; њима је одређена вредност коефицијента

ерозије (Z). Примена сателитских снимака нове генерације (Google) из 2003. године, релативно високе резолуције, пружила је адекватан увид у стање ерозивних процеса који постоје ван простора неопредне теренске перцепције.

Вредности количина и варијабилност падавина и температуре ваздуха, као основних климатских елемената који утичу на продукцију и транспорта наноса, утврђени су математичким моделом. Приликом њиховог одређивања јавила су се два проблема. Као главни, показао се недовољан број метеоролошких станица, посебно оних које се налазе на већим надморским висинама. Оваква ситуација карактеристична је за целу Србију (Дуцић, В., Николић, Ј., Луковић, Ј. 2006; Ducic, V., Milovanovic, B., Lukovic, J., 2007), па тако и за слив Височице. Како за територију слива не постоји ниједна станица за мерење температуре ваздуха, за анализу средњегодишњих температура ваздуха коришћени су подаци најближих станица (Топли До, Пирот и Димитровград). Распоред и број станица на којима се осматра количина падавина нешто је повољнији. Међутим, у циљу добијања што тачнијих резултата поред станица које се налазе у сливу, приликом анализе обрађени су подаци са станица у непосредном окружењу. Одређивање количине падавина и температура ваздуха на вишим надморским висинама остаје у домену апроксимација, с обзиром да се највиша кишомерна станица Дојкинци налази на 880 m, а Топли До на 770 m. Добијене вредности, израчунате преко различитих модела, углавном зависе од комплексности примењених поступака (Живковић, Н., Анђелковић, Г., 2004), а њихова верификација могућа је једино постављањем нових станица на надморским висинама изнад наведених.

Други проблем проистиче из чињенице да станице на којима се мери количина падавина и врше осматрања температура ваздуха немају подједнак период осматрања. Свођење станица на исти период осматрања извршена је методом који се заснива на одређивању коефицијента корелације између посматраних парова станица (у овом случају на нивоу средњемесечних вредности), као и примени метода редукције података на исти број година. Овај метод примењен у ранијим, пре свега климатолошким студијама, (Радовановић, М., Миловановић, Б., 2003) показао је задовољавајућу тачност, тако да га са аспекта порочавања ерозије земљишта можемо прихватити.

На основу анализе географског размештаја станица и вредности температура ваздуха (Живковић, Н., Смиљанић, С., 2005; Дуцић, В., Радовановић, М., Миловановић, Б., 2005) и распореда количине падавина (Ракићевић, Т., 1979; Живковић, Н., Анђелковић, Г., 2004) у овом раду примењен је регресиони модел дводимензионалног типа са температуром ваздуха као зависно променљивом, и надморском висином и географском дужином као независно променљивом величином.

Аналитички облик примењеног модела за одређивање вредности температуре ваздуха:

$$\text{За период } 1931/1970: \quad t = 30,8 - 0,00515 \times nv - 0,605 \times X \quad ; R = 0,999; \delta = \pm 0,06 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{За период } 1931/2003: \quad t = 30,48 - 0,00513 \times nv - 0,0596 \times X \quad ; R = 0,999; \delta = \pm 0,08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Аналитички облик примењеног модела за одређивање количине падавина:

$$\text{За период } 1931/1970: \quad mm = 669,39 + 0,398 \times nv - 0,562 \times X$$

$$\text{За период } 1931/2003: \quad mm = 522,01 + 0,342 \times nv - 0,071 \times X \quad ; R = 0,999; \delta = \pm 11 \text{ mm}$$

$nv$  – апсолутна надморска висина у m

$X$  – географска дужина изражена у релативним координатама (у km) која представља растојање од најзападније тачке Србије

Како су брзина и облик ерозивних процеса у знатној мери предодрђени карактеристикама геолошке подлоге, у циљу што детаљнијег дефинисања узрочно-послед-

дичних веза приступило се и дигитализацији геолошке карте (листови Пирот, Белоградчик и Бела Паланка) у размери 1:100.000.

Увођењем квантитативне геоморфолошке анализе у истраживачки поступак омогућено је прикупљање квалитативно нових података. Идеја да се коначна концепција формира у облику модела кабинет-терен-кабинет, резултирала је добијањем финалне карте интензитета ерозивних процеса и карте продукције наноса.

### Физичко-географске карактеристике

Непосредни слив Височице узводно од Завојског језера типичан је пример асиметричног речног слива. Лева долинска страна на североисточним падинама Видлича је уска и веома стрма, без значајних водотока. Десна долинска страна одликује се бројним водотоцима чија су изворишта на југозападним падинама Старе планине, који управно пресецају пружање геолошких формација.

За разумевање процеса денудације значајан морфолошко-хидролошки фактор представља познавање густине речне мреже. На овом простору она је изразито велика. У категорији сталних водотока распон се креће од  $635 \text{ m/km}^2$  у сливу Дојкиначке реке, до чак  $2048 \text{ m/km}^2$  у сливу Копривштице. Међутим, ако се узму у обзир и дужине повремених водотока густина речне мреже је у распону од  $1509 \text{ m/km}^2$  у сливу Росомачке реке до  $2795 \text{ m/km}^2$  у сливу Копривштице (Гаврловић, Љ., 2005). Овако високе вредности последица су превасходно великог пространства вододржљивих стена и изражене вертикалне дисекције рељефа, а потом и знатне количине падавина која се излучи у овом изразито планинском сливу.

У сколопу комплексних утицаја природних карактеристика простора на ерозивне процесе у сливу, од посебног је значаја познавање пада топографске површине. Компаратива истраживања појединих сливова (Петковић, С., 1993) указала су да управо нагиб терена, у садејству са геолошком подлогом, условљава појаву дубинске или површинске ерозије. С друге стране, повећање брзине отицаја, које произилази из повећања нагнутости терена, чини воду бољим транспортером, али и омогућава изразитије дејство плувилане ерозије и денудације (Kohnke, H., Bertrand, A. R., 1972). На највећем делу територије овог слива доминирају нагиби од  $15^\circ$  до  $20^\circ$ , а заједно са суседне две категорије од  $10^\circ$  до  $15^\circ$  и од  $20^\circ$  до  $25^\circ$  захватају простор од 71,6 % слива. Посматрано по субсливовима највећи средњи угао нагиба је у сливовима Белске ( $20,2^\circ$ ) и Гостушке реке ( $19,6^\circ$ ), а најмањи у сливу Криводолске реке ( $11,1^\circ$ ) и непосредном делу слива од границе до Височке Ржане ( $12,5^\circ$ ).

Табела 1. Дистрибуција углова нагиба у сливу Височице узводно од акумулације "Завој".

Угао нагиба ( $^\circ$ )	Средњи угао ( $^\circ$ )	F ( $\text{km}^2$ )	F (%)
1 - 5	3.2	23.8	5.3
5 - 10	7.8	49.3	10.9
10 - 15	12.7	109.2	24.2
15 - 20	17.5	128.2	28.4
20 - 25	22.3	85.7	19.0
25 - 30	27.0	41.2	9.1
30 - 35	31.2	11.8	2.6
35 - 40	36.3	1.8	0.4
40 - 45	43.1	0.5	0.1
	16.8	451.4	100.0

Са аспекта општих климатских карактеристика констатовано је да на територији слива Височице заступљен прелазни тип континенталног плувиометријског режима. Највећа количина падавина излучи се у летњем периоду године, а прецизније - током маја и јуна месеца - излучи се 23,3 % од укупне годишње количине падавина.

Други, нешто слабије изражен максимум падавина уочен је крајем јесени и почетком зиме. Анализом минимума појављивања падавина још јасније издвајају се два периода: један крајем зиме и почетком пролећа, а други крајем лета и почетком јесени. На пливиметријски режим указује податак о односу најкишовитијег и најсушнијег месеца. Како се просечно током јуна месеца излучи 823,4 mm, а у току марта 454,9 mm, овај однос износи 1,8 (Мустафић, С., 2006).

Да би се стекла потпуна слика о утицају падавина и температура ваздуха на интензитет ерозивних процеса, примењена методологија пружила је могућност анализе и обраде релевантних физичко-географских елеманата са аспекта висинске и просторне дистрибуције денудације. Евидентно је повећање падавина са порастом надморске висине. Креће се у распону од 700 mm, колико се просечно излучи у висинској зони од 500-600 m, до 1157 mm колико добијају највиши делови слива. Са аспекта просторне дистрибуције највише падавина добијају сливови Каменичке (935,4 mm), Јеловичке (928,3 mm) и Дојкиначке реке (926,2 mm).

Познато је да температура ваздуха опада са порастом надморске висине. У сливу Височице она износи 9,3 °C у најнижим деловима терена, а за врхове преко 1900 m процењено је да се креће око 1,5 °C. Као "најхладнији" издваја се слив Каменичке реке (4,3 °C) и слив Јеловичке реке (4,9 °C), а "најтоплији" слив Копривштице (8,1 °C) и непосредни део слива од Височке Ржане до Завоја (7,3 °C). Средња температура ваздуха у период 1931/2003. година износи 6,0 °C.

Геолошку подлогу сливног подручја Завојског језера сачуњавају у највећем делу стене мезозојске старости. Од типова стена заступљени су шарени пешчари и конгломерати који захватају простор од границе преко горњих токова десних притока Височице. Знатно пространство захватају кречњаци (18,9 %) и доломитични кречњаци (32 %), док се алевролити и глинци јављају у виду прослојака у карбонарним стенама. Појас непосредно уз саму реку чини елувијално-делувијални материјал (3,5 %), док је крајњи североисточни део слива представљен комплексом кристалистичких шкриљаца (10,7 %) палеозојске старости. Геолошке формације стена јављају се скоро редовно међусобно помешане, тако да често граде прави флиш који захвата и највеће распрострањење, чак 34,8 % од укупне површине.

У сливу Височице (Завојског језера) јављају се земљишта која се према гентичко-еволутививој основи могу сврстати у две серије, и то: земљишта на црвеним пешчарима и земљишта на кречњачко-доломитским партијама. Карактеристика свих земљишта је да су плитка, песковита, скелетоидна, добрим делом кисела и хумусом релативно оскудна, што су углавном и карактеристике планинских типова земљишта. Када је реч о овом подручју, могу се издвојити следећи типови земљишта: гајњаче (еродирани), планинске црнице (рендзине и ранкери), смеђа земљишта на кречњаку, кисела смеђа земљишта, као и алувијална земљишта различитог степена развијености. Сви типови земљишта се јављају у разним варијантама и између њих се не могу повући оштре границе (Антоновић, Г., и др., 2008).

Имајући у виду планински карактер терена, степен пошумљености слива није довољан, са аспекта заштите земљишта од ерозије. У таквим условима потребан степен пошумљености је преко 50 %. Поред тога треба рећи да велики део површина које се евидентирају као шума представљају деградирани шуми и шикаре које не пружају земљишту довољну заштиту од ерозије.

Природне карактеристике слива дају могућност развоја ерозионих процеса који изазивају низ штета у области пољопривреде, водопривреде и осталих привредних и друштвених активности човека.

Табела 2. Дистрибуција основних физичко-географских и ерозивних параметара по висинским зонама.

Висинска зона	F (km <sup>2</sup> )	% F	Нагиб (°)	t	mm	mm	Z	Z	W	W	W1	W1
				1931/2003	1931/1970	1931/2003	1970	2003	1970	2003	1970	2003
500 - 600	0.5	0.1	9.2	9.3	730.7	700.5	0.47	0.44	486.1	338.4	972.2	676.8
600 - 700	15.2	3.4	15.3	8.7	757.0	724.7	0.52	0.43	13891.8	10315.3	916.6	680.6
700 - 800	44.2	9.8	13.8	7.8	792.4	758.1	0.49	0.42	40904.0	30004.0	924.4	678.1
800 - 900	63.1	14.0	13.4	7.1	825.4	787.7	0.46	0.38	50719.8	37562.6	803.2	594.9
900 - 1000	49.4	10.9	18.7	6.7	867.7	823.4	0.38	0.34	31551.4	24689.5	638.7	499.8
1000 - 1100	51.1	11.3	19.9	6.1	907.3	857.9	0.33	0.30	25331.4	19325.6	496.1	378.5
1100 - 1200	51.2	11.3	20.3	5.5	946.6	892.3	0.30	0.27	21531.6	16122.4	420.8	315.1
1200 - 1300	53.9	11.9	17.5	5.0	985.4	925.7	0.27	0.24	19998.3	15370.9	371.0	285.1
1300 - 1400	35.2	7.8	18.4	4.5	1025.1	959.6	0.27	0.24	13021.1	9988.9	370.3	284.0
1400 - 1500	31.5	7.0	16.7	3.9	1065.2	994.2	0.24	0.20	10399.5	7929.2	330.0	251.6
1500 - 1600	25.1	5.6	16.3	3.3	1101.1	1026.1	0.24	0.19	7576.0	5027.4	302.0	200.4
1600 - 1700	14.6	3.2	17.0	2.8	1141.6	1060.8	0.25	0.19	4379.6	2675.7	299.5	182.9
1700 - 1800	9.8	2.2	17.4	2.4	1179.9	1093.4	0.25	0.19	2737.1	1692.1	280.2	173.2
1800 - 1900	5.8	1.3	12.3	1.8	1225.9	1132.3	0.23	0.18	1361.3	901.8	235.4	156.0
1900-2000	0.9	0.2	6.8	1.4	1254.8	1157.4	0.18	0.16	135.2	123.5	148.1	135.3
	451.4	100.0	16.8	5.9	920.5	866.4	0.36	0.31	244024.2	182067.4	540.6	403.3

Табела 3. Дистрибуција основних физичко-географских и ерозивних параметара посубсливовима.

Субслив	F (km <sup>2</sup> )	нагиб (°)	t	mm	mm	Z	Z	W	W	W1	W1
			1931/2003	1931/1970	1931/2003	1970	2003	1970	2003	1970	2003
Белска река	7.2	19.0	6.7	879.6	841.2	0.41	0.27	5068.9	4431.2	701.7	613.4
Белска река	15.5	20.2	7.2	891.4	831.6	0.30	0.36	5387.1	3733.7	346.7	240.3
Дојкиначка река	84.3	18.3	5.2	987.6	926.2	0.38	0.33	57188.0	39095.9	678.6	463.9
Гостушка река	34.7	19.6	6.2	945.6	887.2	0.39	0.36	21373.4	18011.8	616.6	519.6
Јеловичка река	54.7	18.8	4.9	988.3	928.3	0.23	0.22	12381.1	11136.4	226.3	203.6
Каменичка река	67.4	15.5	4.3	994.2	935.4	0.26	0.21	19501.0	13163.7	289.2	195.2
Копрившtica	8.7	16.9	8.1	828.3	785.3	0.52	0.46	9278.6	7325.1	1070.8	845.3
Криводолска река	9.9	11.1	5.5	894.9	849.3	0.35	0.29	4034.3	3211.8	408.3	325.0
Међуслив "Граница-В. Ржана"	55.9	12.5	6.5	847.8	808.0	0.42	0.34	37827.9	25423.6	676.5	454.7
Међуслив "Б. Ржана- Завој"	90.0	17.8	7.3	846.0	802.1	0.41	0.36	63500.8	50021.2	705.7	555.9
Росомачка река	23.1	16.3	5.1	956.2	901.6	0.31	0.27	8483.1	6512.9	366.6	281.4
Височица	451.4	16.8	6.0	920.5	866.4	0.36	0.27	244024.2	182067.4	540.6	403.3

### Ерозија земљишта

Анализирајући слив Височице на простору узводно од бране акумулације "Завој" у посматраном периоду дошло је до делимичних промена у смислу доминације појединих категорија ерозије на одређеној површини. Током проучавања стања ерозивних процеса 1970. године у овом делу слива Темштице 5,8 % територије било је подложно I и II категорији ерозије, 27,3 % III категорији, 44,6 % IV категорији, а 22,6 % V категорији. Удео површина под утицајем појединих ерозивних категорија до 2003. године делимично се изменио. Наиме, сада је под утицајем ексцесивне и јаке ерозије 1 % површине, 22,8 % под утицајем средње ерозије, 45,2 % под утицајем слабе ерозије и 31,1 % под утицајем врло слабе ерозије. Веће видљиве промене наступиле су у I и II, ако и V категорији. У случају прве две дошло је до извесног смањење површина, а под утицајем треће категорије до повећања.

**Табела 4. Коefицијент ерозије слива Височице узводно од акумулације "Завој" и његово учешће у укупној површини слива (1970 и 2003).**

Категорија	Јачина ерозивних процеса	Коefицијент ерозије	F km <sup>2</sup>	Удео у укупној површини у %
<b>1970.</b>				
I	ексцесивна ерозија	1,01-1,50	1,1	0,2
II	јака ерозија	0,86-1,00	0,8	0,2
		0,71-0,85	24,5	5,4
III	средња ерозија	0,56-0,70	44,9	10,0
		0,41-0,55	77,9	17,3
IV	слаба ерозија	0,31-0,40	50,7	11,2
		0,21-0,30	149,4	33,1
V	врло слаба ерозија	0,11-0,20	97,0	21,5
		0,01-0,10	5,2	1,1
		Z=0,36	451,4	100
<b>2003.</b>				
I	ексцесивна ерозија	1.01-1.50	0,7	0,2
II	јака ерозија	0.86-1.00	0,6	0,1
		0.71-0.85	2,9	0,6
III	средња ерозија	0.56-0.70	24,4	5,4
		0.41-0.55	78,6	17,4
IV	слаба ерозија	0.31-0.40	65,8	14,6
		0.21-0.30	138,0	30,6
V	врло слаба ерозија	0.11-0.20	127,2	28,2
		0.01-0.10	13,2	2,9
		Z=0,31	451,4	100,0

Са аспекта висинске дистрибуције јачине ерозивних процеса, 1970. године најугроженија је била зона од 500-900 m надморске висине. Средњи коefицијент ерозије креће се од 0,467 на нижим висинама, до 0,518 на висинама између 600 m и 700 m. Према томе, глобално цела ова зона под утицајем III категорије ерозије. Обрада података показала је да је још увек ерозивним процесима најугроженија висински појас од 500 m до 800 m. Промена начина коришћења земљишта, као и примена антиерозивних радова заштите природне средине, у смислу пошумљавања терена, довеле су до извесног смањења коefицијента ерозије у овом појасу (његова средња вредност износи 0,425), али се ипак цео терен још увек налази у III категорији. Бредност коefицијента варијабилности, у односу на друге висинске зоне, је веома ниска, што указује на доминацију уједначене јачине ерозивних процеса.

Укупна продукција наноса у непосредном делу слива узводно од акумулације "Завој" смањила се за 34 %. Највеће промене везане су за количину наноса која се креће у границама између 1200 и 3000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/god. Некада је удео ове категорије у укупној продукцији наноса износио 30 %, а данас само 7,6 %. Када посматрамо стање са аспекта висинске дистрибуције, уочава се да је највећа специфична продукција наноса везана за надморске висине до 900 m. На том простору она се креће од 579,6 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/god у висинској зони 800-900 m, до 680,6 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/god у висинској зони од 600-700 m надморске висине. То је и логично, јер је највећи коефицијент ерозије управо на овом простору.

**Табела 5. Продукција наноса у сливу Височице узводно од акумулације "Завој" (1970 и 2003).**

Количина наноса W (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /god)	Продукција наноса (m <sup>3</sup> /god)	Удео у укупној продукцији (%)	Површина F (km <sup>2</sup> )	Удео у укупној површини (%)
<b>1970.</b>				
> 3000	4431,0	1,8	1,1	0,2
1200-3000	73230,5	30,0	50,8	11,2
800-1200	58998,7	24,2	62,7	13,9
400-800	48095,8	19,7	84,0	18,6
0-400	59268,0	24,3	252,9	56,0
<b>укупно</b>	<b>244024,2</b>	<b>100,0</b>	<b>451,4</b>	<b>100,0</b>
<b>2003.</b>				
1200-3000	13797,4	7,6	8,3	2,0
800-1200	45990,3	25,3	48,5	10,9
400-800	60183,5	33,1	101,6	22,5
0-400	62096,2	34,1	293,1	64,6
<b>укупно</b>	<b>182067,4</b>	<b>100,0</b>	<b>451,4</b>	<b>100,0</b>

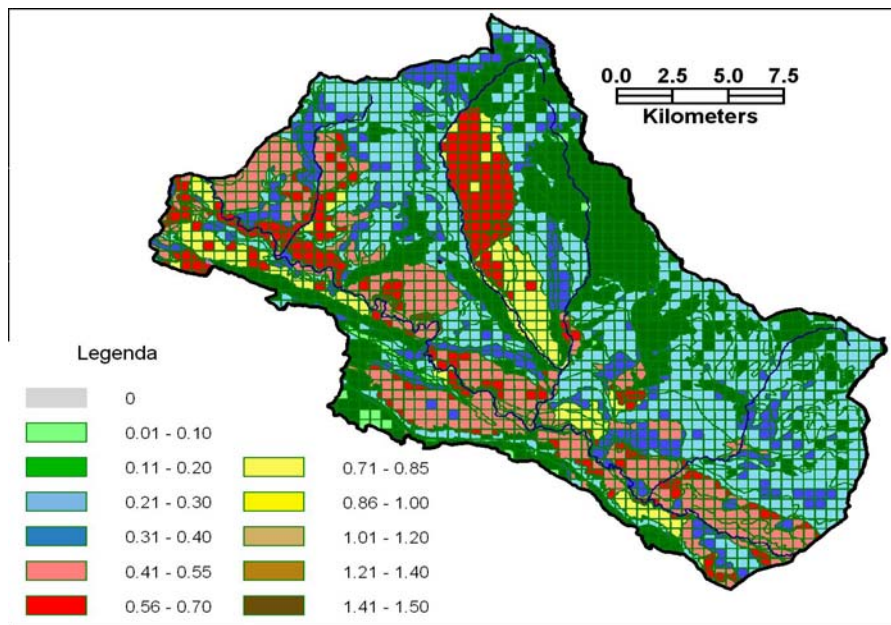
Посматрајући слив у целини може се констатовати да на великом делу површине слива доминирају процеси слабе и средње ерозије. Међутим, у појединим деловима слива ерозивни процеси могу се сврстати у I и II категорију еродибилности. Ерозивни процеси највишег интензитета заступљени су на десној долинској страни Височице узводно од профила бране до села Рсовци. То је појас који се простире између 500 m и 800 m надморске висине и представљен је карактеристичним облицима јаружасте ерозије. Површине доњих токова Белске и Гостушке реке такође су на граници средње и јаке ерозије. Констатоване су површине са средњим коефицијентом ерозије 0,91. На овом потезу извођени су биолошко-ретенциони радови, који нису најбоље успели, тако да их је потребно обновити, примењујући све потребне мере и ретенционе радове (Костадинов С., 2003).

Поред наведеног појаса, простори потенцијално јаке ерозије јављају се и у сливу Копривштице. Седамдесетих година прошлог века нешто мање од 20 % површине било је под утицајем јаке ерозије. Вредност коефицијента ерозије делимично је смањена под утицајем антиерозивних радова. Међутим, и даље су поједини простори јако угрожени, с обзиром да је на овако малом простору веома изражена велика дисекација рељефа. Просечне вредности углава нагиба износе од 15° до 19°, а у висинској зони од 700 m до 800 m и 25°.

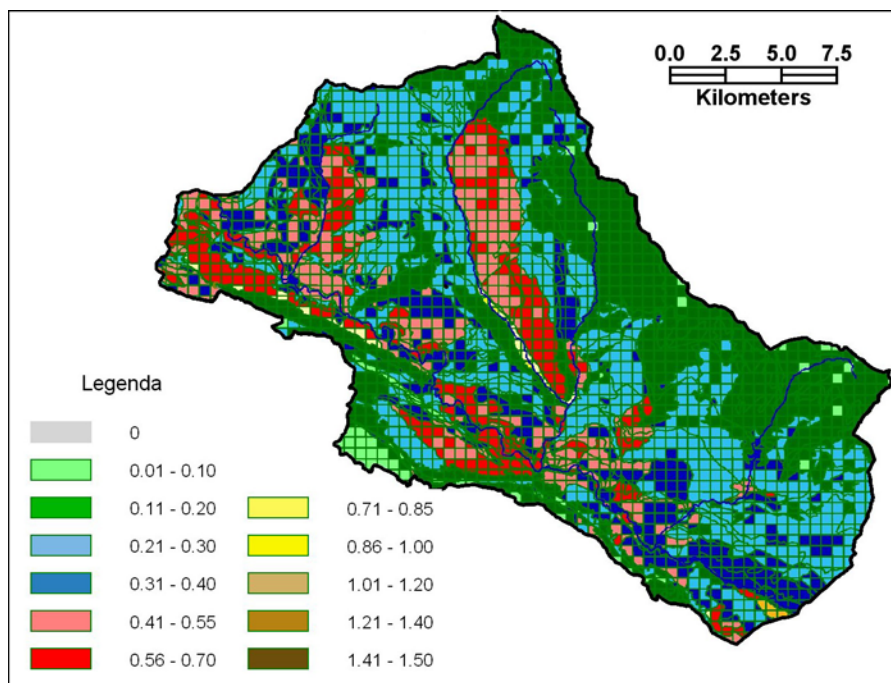
Следећа област потенцијално велике ерозије налази се на потезу од државне границе до ушћа Дојкиначке реке у Височицу, односно до Височке Ржане. Део висинске зоне од 700 m до 900 m угрожен је ерозивним процесима II категорије. Простори изразитог браздања и појава јаружасте ерозије посебно су изражени око села Браћевици, Изатовци и Влковија.

И поред доминације процеса слабе и средње ерозије у сливу, синтетна карта просторног распореда интензитета ерозивних процеса указује да највећу опасност, у смислу засипања језера наносом, представља појас његовог непосредног окружења.

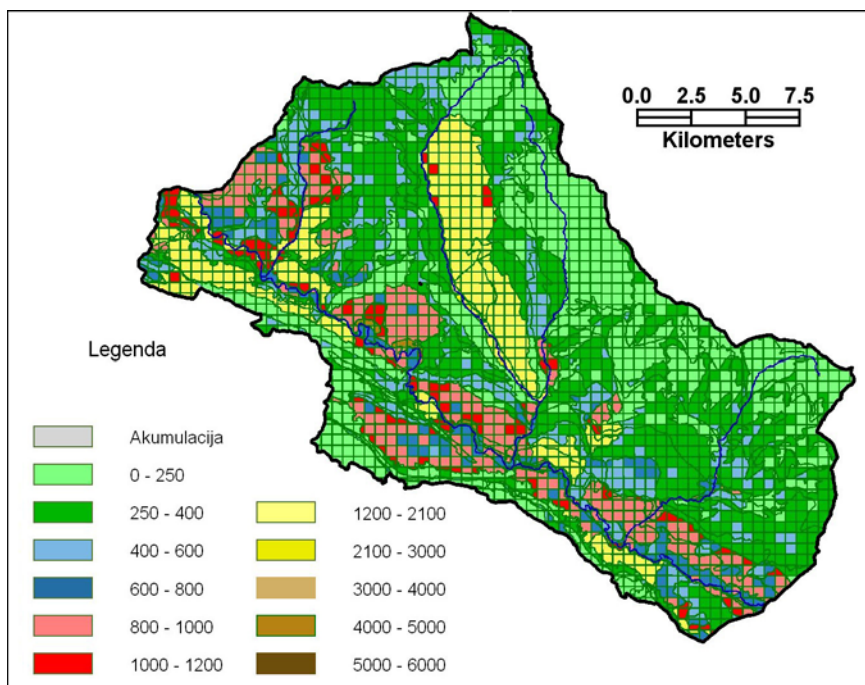




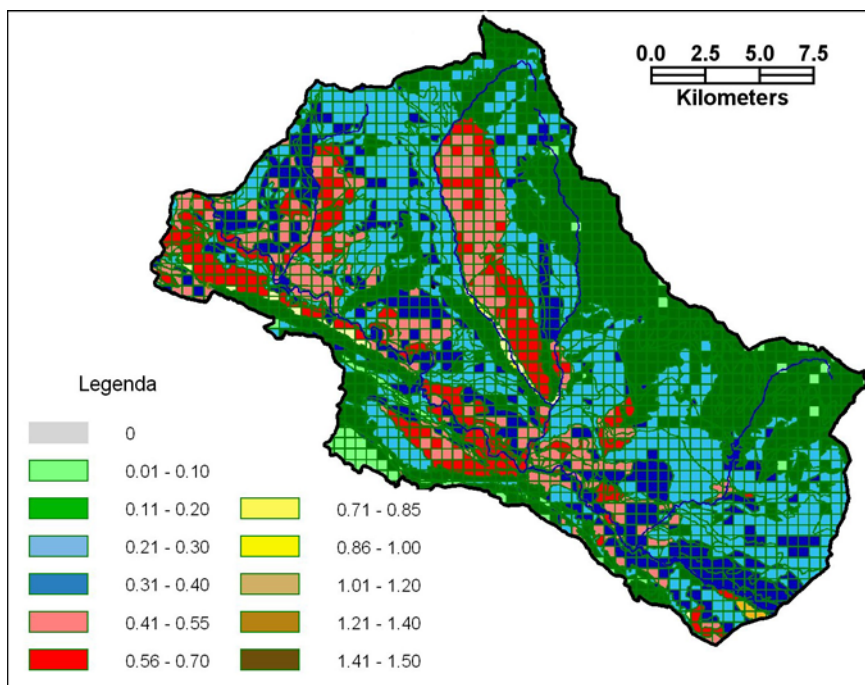
Карта 1. Коэффициент эрозии (Z)  
слива Височице узводно од акумулације "Завој" 1970. године



Карта 2. Коэффициент эрозии (Z)  
слива Височице узводно од акумулације "Завој" 2003. године



Карта 3. Продукција наноса ( $W m^3/god$ ) у сливу Височнице узводно од акумулације "Завој" 1970. године



Карта 4. Продукција наноса ( $W m^3/god$ ) у сливу Височнице узводно од акумулације "Завој" 2003. године

Са аспекта висинске дистрибуције то је појас од 500 m до 900 m надморске висине који захвата нешто више од 27 % од укупне површине слива. Како је ово простор у коме су концентрисана сва насеља до Завојског језера, а самим тим и већа антропопресија на стање и квалитет животне средине, свака промена унутар ње одражава се и на интензитет ерозивних процеса.

То се најбоље може документовати сагледавањем још једног географског фактора. Наиме, поред евидентних физичко-географских фактора који су утицали на смањење интензитета процеса ерозије земљишта у посматраном периоду, антропогени фактор јавља се као веома значајан чинилац. Улога овог фактора огледа у социоекономским променама које су захватиле овај простор. Картирањем стања ерозивних процеса уочене су одређене промене у начину коришћења земљишта, тј. структури пољопривредних површина. Некада велике површине под обрадивим земљиштем сада су у великој мери затрављене. Ово је посебно карактеристично за део слива узводно од Рсоваца и Височке Ржане. Овакво стање последица је, пре свега, демографских промена које су захватиле овај простор. Демографско пражњење руралних насеља имало је за последицу смањење активног радно способног становништва и стварање старачких домаћинстава. Старосна структура становништва показује да је просечна старост популације између 70 и 72 године (Мустафић С, 2007).

Међутим, како се простор Старе планине у последњих неколико година све више афирмише у туристичке сврхе, свака антропогена делатност може изазвати велике промене. То се највише односи на трасирање скијашких стаза, али и на све учесталије пожаре који су захватили овај простор. Свако не планско деловање проузроковаће несагледиве последице на интензитет ерозивних процеса.

### **Радови и мере за заштиту од ерозије и наноса**

Поред постојеће акумулације "Завој" у сливу реке Височице предвиђена је изградња мале акумулације "Дојкинци" на Дојкиначкој реци, десној притоци реке Височице. Због тога је врло битно да се акумулациони простор ових акумулација (садашње и будуће) сачува од засипања наносом. Поред тога, контролом ерозије у сливу доприноси се очувању квалитета воде (које су иначе висококвалитетне) у главном току и притокама Височице, као у акумулацијама "Завој" и "Дојкинци". Очување квалитета воде у акумулацији "Завој" је врло значајно јер је, поред производње енергије, Водопривредном основом Србије из 1996. године предвиђено да се део водоснабдевања Пиротског округа врши захватањем воде из те акумулације. Наравно, контрола ерозија је значајна и за пољопривреду и шумарство (заштита од губитака земљишта), као и за одбрану од бујичних поплава.

Основни захтев који треба да се испуни противерозионим радовима је да се ублажи штетно дејство ерозије и да се иста сведе на толерантну меру. У складу са наведеним, потребно је на подручју предвидети радове и мере којима ће се постићи:

- заштита акумулационог простора (акумулације "Завој" и будуће мале акумулације "Дојкинци");
- заштита пољопривредног земљишта од спирања;
- побољшање режима отицања површинских вода;
- побољшање приноса са пољопривредних и шумских површина.

Предвиђени противерозиони радови могу се сврстати у две групе:

- грађевинско-технички радови у кориту водотока;
- радови у сливу (биолошки и биотехнички).

Од грађевинско-техничких радова предвиђени су попречни објекти – преграде и прагови, са и без низводног обезбеђења, и рустикалне преграде.

Радови у сливу се према потреби могу изводити уз помоћ ретенционих објеката. Предвиђени су следећи радови: пошумљавање на јаме, пошумљавање на терасице,

пошумљавање густом садњом, пошумљавање са плетерима, затрављивање, мелиорација пашњака. При реализацији радова на затрављивању и мелиорацији пашњака, инвеститор треба да размотри могућност кооперације са власницима земљишта, од чега би за обе стране било могуће остварење знатне користи: за власнике увећани приноси крмног биља, а за инвеститора поправљање режима отицања и смањење интензитета ерозије на подручју.

Ефекти предложених радова се огледају у: свођењу интензитета ерозије у толерантне оквире и свођење засипања акумулације наносом на минималну меру; повећању производње на пољопривредним површинама, а такође и на шумским (повећање укупне биљне производње); заштита животне средине на подручју и опште побољшање услова живота и рада локалног становништва.

У табели 6. је приказан оријентациони обим потребних противерозионих радова за контролу ерозије и транспорта наноса у сливу реке Височице.

**Табела 6. Потребни противерозиони радови у сливу Височице**

Врста радова	количина
1. Зид од камена у цем. малтеру	23 620.0 м <sup>3</sup>
2. Рустикални зид	11 700.0 м <sup>3</sup>
3. Пошумљавање на јаме	1 500.0 ha
4. Пошумљавањена терасице	720.0 ha
5. Пошумљавање густом садњом	40.0 ha
6. Пошумљавањеса плетерима	340.0 ha
7. Мелиорација пашњака	1 230.0 ha
8. Затрављивање	1 080.0 ha

Овакав обим противерозионих радова није могуће реализовати у једној години или неком кратком периоду година (технички и финансијски проблеми) те је потребно направити динамику радова према приоритетима, што треба да буде предмет пројеката од идејног за цео слив до главних извођачких пројеката за поједине субсливове.

Као последица ерозионих процеса у сливу заједно са суспендованим наносом у акумулацију „Завој“ доспевају и велике количине органских и биогених елемената и друге хемијске материје (ђубриво и пестициди), што изазива загађење воде. Поред засипања акумулације наносом и погоршања квалитета воде, ерозија и пронос наноса могу да буду ограничавајући фактори развоја овог краја Старе планине због одношења земљишта, механичког и хемијског загађења воде у водотоцима и акумулацији, као и деградације предела.

Због тога се без одлагања морају предузети обимни противерозиони радови, и то: пошумљавање на разне начине 2.600,0 ha, мелиорација пашњака 1.230,0 ha, затрављивање 1.080,0 ha, зид од камена у цементном малтеру (или бетона) за преграде и прагове у главном току и притокама 23.620,0 м<sup>3</sup>, зид од камена усудо за уређење јаруга и вододерина 11.700,0 м<sup>3</sup>.

Поред заштите акумулације од наноса, ови радови ће допринети и укупном привредном развоју овог краја и рационалном коришћењу расположивих природних ресурса (воде и земљишта).

### Дискусија и закључак

Основна поставка утврђивања интензитета механичке водне ерозије у овом раду заснива се на њеној просторно-временској варијабилности која је условљена природним и антропогеним утицајем. У циљу повећања тачности релевантих параметара, односно детаљније квантификације геоморфолошких процеса, као примарни задатак наметнуо се избор методолошког поступка. Непостојање конкретних мерења концентрације суспендованаог наноса у сливу Височице, као и чињеница да формула

Гавриловић С., и поред евидентних недостатака, има велику примену у нашој пракси и до сада није јавно оспоравана, одабир овог емпиријског обрасца представља логично решење.

Методолошки и сазанајни допринос овог рада огледа се у приступу обраде свих релевантних параметара дефинисаних *методом Гавриловића*, у ГИС орјентисаном програмском пакету Geomedia (Intergraf), при чему је сам метод *модификаван применом метода јединичних поља, тј. "грид" системом, и методом лејера*. Избор величине јединичног поља посатавља се као веома интересантно методолошко питање (Манојловић, П., 1992, 1992а; Живковић Н., 2007). Величина јединичног поља може бити већа или мања од коришћене (Živković, N., Dragičević S., Ristić R., 2008). Прецизност израчунавања интензитета механичке водне ерозије и акумулације превасходно зависи од његове величине. Међутим, уколико се примени и метод лејера, које програмски пакет попут Геомедије подржава, тада се превазилази величина усвојеног јединичног поља, јер се преклапањем лејера омогућава добијање још мањих јединичних површина које нису детерминисане Гаус-Крикеровом координатном мрежом.

Метод "грид" система комбинован са олеатама пружа увид у просторну променљивост проучаване појаве. Иако просечне вредности ерозије на нивоу целог слива не показују велике вредности (ерозија је у IV категорији), овај методолошки приступ омогућава уочавање микро варијација у простору и времену. То, другим речима, значи да се на овај начин могу да издвоје мање локације са јаком и ексцесивном ерозијом, као и локације са потенцијалном зоном угрожености земљишта ерозивним процесима, односно веома детаљне процене опасности од ерозије. Тиме је постигнуто да се избегне приступ сагледавања стања ерозије у оквиру само уопштених процена (Morgan, 1996), а дата је могућност систематског праћења свих појава и процеса од значаја за ерозију земљишта (Мустафић, С., Манојловић, П., Драгићевић, С., 2007).

Овако конципиран начин проучавања интензитета ерозивних процеса може да пружи добру основу за комплексну компаративну анализу простора, да резултира развоју бројних концептуалних и квантитативних модела (Shroder J., Bishop M., 2003) који могу да одсликавају механику самог процеса ерозије, али и свих пратећих фактора који имају веће или мање дејство на сам процес.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Adediran, A. O., Paracharidis, I., Poscolieri, M. and Pavlopoulos K., (2004). Computer-assisted discrimination of morphological units on north-central Crete (Greece) by applying multivariate statistics to local relief gradients. *Geomorphology*, 58, 357-370
- Антоновић, Г. и др. (2008). Типови земљишта. У Антоновић Г., Мрвић В. (ур.) *Земљишта слива Нишаве*. Београд: Институт за земљиште.
- Bishop, M., Shroder, J. and Colby, J. (2003). Remote sensing and geomorphometry for studying relief production in high mountains. *Geomorphology*, 55.
- Gavrilović, S. (1972). Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. *Izgradnja*, posebno izdanje
- Gavrilović, Lj. (2005). Surface waters of Mt. Stara planina. U Gavrilović Lj. (ur.), *Phisico-geographical problems of Carpatho-Balkanian Mountains in Serbia*. Belgrade: Faculty of Geography
- Драгићевић, С. (2007). *Доминантни ерозивни процеси у сливу Колубаре*. Београд: Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд: Јантар група
- Драгићевић С., Степић, М. и Карић, И. (2008). *Природни потенцијали и деградиране површине општине Обреновац*. Београд: Јантар група
- Дуцић, В., Радовановић, М. и Миловановић, Б. (2005). Колебање температуре ваздуха на просору Старе планине у инструменталном периоду. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXV, (2), 23-28
- Дуцић В., Николић Ј. и Луковић Ј. (2006). Промене линеарног тренда температуре ваздуха по географским ширинама у периоду сателитских осматрања. *Зборник радова Географског факултета*, LIV, 37-46.
- Ducic V., Milovanovic B. and Lukovic J. (2007). Temperature changes on the Balkan Peninsula in the period of satellite observation and possible volcanic influence. In collection of papers Fourth International Conference "Global changes and regional challenges", Sofia: University "St. Kliment Ohridski", Sofia: Faculty of Geology and Geography.

- Живковић, Н. и Анђелковић, Г. (2004). Висински градијенти падавина у Србији. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXIV, (2), 31-36
- Живковић, Н. и Смиљанић, С. (2005). Изотермна карта Источне Србије. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXV (1), 31-38
- Живковић, Н. (2007). *Отицање вода у Србији – услови формирања и хидрогеографска рејонизација*. Београд: Географски факултет, докторска дисертација
- Živković, N., Dragičević S. i Ristić R., (2008). Influence of grid values on runoff estimation by regressive models. XXIV Conference of the Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management, Bled, Slovenia.
- Kohnke H. and Bertrand A. R. (1972). *Konzervacija tla*. Sarajevo: Svjetlost
- Kostadinov, S. (2003). Erozija u slivu reke Visočice. *Erozija*, 30, 69-76
- Manojlović, P. (1992). *Hemijska erozija kao geomorfološki proces – teorijski, analitički i metodološki pristup*. Београд: Природно-математички факултети, Географски факултет, Laboratorija fizike geografije,
- Manojlović, P. (1992a). Metodologija izrade karte intenziteta hemijske erozije Srbije. *Zbornik radova Geografski fakultet, Univerzitet u Beogradu*, 39,
- Milevski, I., Dragičević, S. i Kostadinov, S., (2007). Digital Elevation Model and satelit images an assessment of soil erosion potential in the Pcinja catchment. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXVII, (2), 11-20
- Morgan, R. P. C. (1996). *Soil Erosion and Conservation*. Longman Group Limited
- Мустафић, С. (2006). *Ерозија у сливу Темштице*. Београд: Географски факултет, магистарски рад
- Мустафић, С. (2006а). Просторна дистрибуција отицаја у сливу Темштице. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXVI, (2), 45-52
- Мустафић, С. (2007). Неки аспекти утицаја антропогеног фактора на интензитет ерозивних процеса у сливу Темштице. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXVII, (1), 23-30
- Мустафић, С., Манојловић, П. и Драгићевић, С., (2007). Примена теледетекционих метода и ГИС-а у истраживањима ерозионих процеса. *Зборник радова Географског института "Јован Цвијић", САНУ*, 57, 465-473
- Petković S. (1993). Analiza zavisnosti morfološkog razvoja malih vodotoka od geomorfoloških, geoloških i erozionih faktora slivnog područja. U *Uzroci i posledice erozije zemljišta u mogućnosti kontrole erozionih procesa*. Београд: Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
- Ракићевић, Т. (1979). Основне законитости у географском распореду падавина на територији СР Србије. *Зборника радова, Природно математички факултет Универзитета у Београду, Географски институт, XXVI*, 5-18
- Radovanović M. i Milovanović B. (2003): Methods to Complete the Missing Data on Precipitation in the Mountains of Serbia – Testihg and Application. *Studia Geograficne 75*, No 2542, International conference "Man and climate in the 20<sup>th</sup> Century", Wroclaww, 13-15 june 2002. Institute of Geography, University of Wroclow and Polish Geophysycal Society of marshall of the Lower Silesia, Wroclaw.
- Shroder J. and Bishop M. (2003). A perspective on computer modeling and fildwork. *Geomorphology*, 53, 1-9
- \*\*\*\*\* (1996). Водопривредна основа Србије. Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд.

SANJA MUSTAFIĆ  
STANIMIR KOSTADINOV  
PREDRAG MANOJLOVIC

S u m m a r y

#### RISK OF ARTIFICIAL LAKE "ZAVOJ" TO PROCESSES OF EROSION -METHODOLOGICAL, KNOWING AND PROTECTING ASPECT-

Methodological and knowing contribution of this paper are showed in data processing of all relevant parameters defined by method given by Gavrilovic, in GIS software Geomedia (Intergraph), while method itself is modified by application of unit field or grid system method, and method of layers. The choice of unit field size is very interesting methodological question (Манојловић, П., 1992, 1992а; Живковић Н., 2007). Size of the unit field can be more or less then used (Živković, N., Dragičević S., Ristić R., 2008). Preciseness of the intensity calculating of mechanical and chemical water erosion and accumulation primarily depends on its size. However, if we apply method of layer, which Geomedia supports, then we may overcome size of the accepted unit field, because overlapping of layers allows getting less unit areas then those undetermined by Gauss-Krieger projection.

Method-grid system gives insight into spatial distribution of the investigated phenomenon. Although average values of the erosion within the drainage basin, are not high (erosion is in IV category), this methodological approach allows perceiving of micro variations over time and space. It means, that using this way, we may separate small locations with strong and excessive erosion, as well as locations with potential zone of risk to erosion. Using this way we have skipped analyzing of erosion within the general estimation (Morgan, 1996). Also, the possibility of systematically tracking of all phenomenon and processes important for soil erosion is given (Мустафић, С., Манојловић, П., Драгићевић, С., 2007). In this, designed way of studying of the intensity of erosive processes a good base for complex, comparative spatial analyses is created, in order to result in numerous conceptual and quantitative models (Shroder J., Bishop M., 2003) which may give a picture of processes of erosion, as well as of all accompanying factors with more or less effects on processes itself.