

ПРЕДРАГ МАНОЈЛОВИЋ*
САЊА МУСТАФИЋ
СЛАВОЉУБ ДРАГИЋЕВИЋ

ПРОНОС СИЛТА У СЛИВУ ЈЕРМЕ

Садржај: У сливу Јерме, до профила Трнски Одоровци, специфични пронос наноса износи 82,3 t/km²/год. Појединих година је изразито висок (1969. године из слива изнето 267.504 т силта или 480,0 t/km²/год), док је других година веома мали (1979. године само 10,4 t/km²/год). С друге стране, сезонска разлика како у концентрацији силта, тако и у износу ерозије, веома је изразита. Дакле, комплексни утицај свих физичко географских фактора, има велики утицај на сезонски ритам проноса и концентрације силта. Најеродиблинији су зимски и пролећни месеци.

Кључне речи: протицај, силт, ерозија, Јерма, Србија.

Abstract: The specific carrying of silt, in the Jerma river basin to the profile Trnski Odorovci, is 82,3 t/km/year. In some years it is extremely high (in 1969, 267504 t, or 480.0 t/km/year of silt has been carried out of basin) while in the other it is very low (in 1979 only 10.4 t/km/year). On the other hand, the seasonal differences in silt concentration and amount of erosion are very significant. So, complexed influence of all physico – geographical factors has great influence on seasonal rhythm of carrying and silt concentration. The most erodible are winter and spring months.

Key words: discharge, silt, erosion, Jerma, Serbia.

Увод

Река Јерма, укупне дужине 72,7 km, настаје од Вучје и Грубине реке које се састају код села Клисуре источно од Власинског језера. Код села Стрезимировци напушта територију наше земље и прелази у област Знепоља у Бугарској. После 27 km тока кроз Бугарску поново улази у Србију недалеко од села Петачинци. Од уласка на територију Србије, после 28 km улива се у Нишаву као њена лева притока (Гавриловић Љ., Дукић Д., 2002).

Овај изразито планински слив захвата површину од 796 km². Због асиметричности басена слива и поред знатно краће дужине тока суседној Бугарској припада око 50 % од укупне површине. Густина речне мреже је изузетно велика и износи 900 м/km и највећа је у изворишном, а најмања у доњем клисурастом делу слива.

* Др Предраг Манојловић, редовни професор, Сања Мустафић, стручни сарадник, мр Славољуб Драгићевић, асистент, Географски факултет, Београд, Студентски трг 3/3 .

У геолошком погледу највеће распрострањење (41 %) заузимају метаморфне стене, које изграђују горњи део слива, познате под називом "власински комплекс". То је геосинклинална сединетно вулканогена творевина метаморфисана под условима фације зелених шкриљаца и абфиболита (ОГК, 1:100.000, Тумач за лист Власотинце, 1973). Велико распрострањење има и флиш горње јуре заступљен у подножју Руј планине, у околини села Ракита, Звонце и Вучјег Дела. Бушење у руднику Нова Јерма показује да је дебљина флишних седимената већа од 600 м. У оквиру карбонатног комплекса издвајају се кречњаци Влашке планине и Гребена, док у доњем делу слива доминирају андезити, лапорци и пешчари (ОГК 1: 100.000, Тумач за листове Пирот и Брезник, 1977).

Методологија истраживања

Захваљујући раду Републичког хидрометеоролошког завода, данас се располаже са релативно дугим периодом свакодневног осматрања протицаја и концентрације суспендованог наноса. У овом раду обрађени су подаци за период од 18 година, и то од 1964. до 1984. године (профил Трнски Одоровци) са изузетком 1976., 1977. и 1978. године, када осматрање није вршено. Са таквим осматрачким низом могуће је са релативно високом поузданошћу говорити о интензитету једног дела механичке водне ерозије; нажалост пронос вученог наноса за сада је непознаница. С друге стране, далеко је интересантније анализирати утицај сезонског фактора на концентрацију силта односно његов пронос.

Користећи средње дневне вредности протицаја и концентрације силта (РХМЗ) добијају се вредности о дневном проносу суспендованог наноса :

$$E_{(t/dan)} = Q_{(m^3/s)} \cdot C_{(mg/l)} \cdot 86.4$$

на основу којих се лако израчунавају месечне, сезонске и годишње вредности.

При обради података узет је у обзир и појам специфичног проноса наноса који прдставља просечно одношење наноса са површине од 1 km² слива у току године:

$$M_E_{(t/km^2/god)} = E_{(t)} / F_{(km^2)}$$

Интензитет мехничке водне ерозије зависи не само од протицаја већ и од количине падавина и, пре свега, од њеног интензитета. У овом случају раполагало се средње месечним вредностма падавина мереним на станицама Клисуре и Звонце.

Да би се сагледао утицај протицаја и падавина на пронос наноса током године као и упоређивање појединих година, које одступају од општег тренда и просека, коришћен је коефицијент варијабилности као мера дисперзије појаве у односу на њену средњу вредност.

Сва израчунавања вршена су уз помоћ одговарајућих статистичких програма које поседује Лабораторија за физичку географију Географског факултета у Београду. Ту се у првом реду мисли на факторску и кластерску анализу, којом је утврђен утицај сезонског фактора.

Годишња анализа резултата

У анализираном периоду из слива Јерме до профила Трнски Одоровци укупно је изнето 825.285,2 t суспендованог наноса, што за површину слива од 557 km² даје

износ специфичног проноса наноса од 82,3 t/km²/год. На ексцесивност ерозије најбоље указује податак да је 1969. године из слива изнето 267.504 t силта или 480,0 t/km²/год, а 1979. године само 5.767,2 t или 10,4 t/km²/год, односно 46,4 пута мање.

Међутим, ни највећи пронос силта није се извршио у најкишовитијој, као ни најмањи, у најсувљој години. Изразито велики пронос наноса 1969. године, који чини 32,4 % укупног проноса наноса за цео осматрани период, остварен је при релативно малој количини падавина. Чиме се онда може објаснити овако велики пронос наноса? На то указују коефицијенти варијабилности падавина и протицаја. Велики коефицијенти варијабилности показују да падавине и протицаји нису равномерно распоређени у току године. Однос између месеца са минималним и месеца са максималним уносом падавина у 1969. години износи 1:450. Слично је и код средње месечних вредности протицаја где тај однос износи 1:17. С друге стране, при релативно високој количини падавина 1979. године остварен је најмањи пронос наноса. У овом случају мали коефицијент варијабилности падавина и протицаја показује да су ови параметри ерозије равномерно расподељени током године (однос између месеца са минималним и месеца са максималним уносом падавина је 1:8,4, а протицаја 1:5) и самим тим немају већи утицај на пронос наноса. Мали пронос наноса у најкишовитијој, 1981. години, а релативно висок у најсувљој 1971. години, такође, је у функцији дистрибуције падавина. У првом случају оне су равномерно распоређене у току године на шта указује мали коефицијент варијабилности и однос најкишовитијег и најсувљег месеца од 1:4. У другом случају висок коефицијент варијабилности указује на екстремне метеоролошке услове, тај однос је 1:36,5.

Табела 1. Годишње вредности концентрације силта, протицаја и ерозије.

	C sr	C kv	Q sr	Q kv	q	C %	mm	mm kv	err	%	E
1964	0,4211	205,8	2,0	70,9	3,6	15,0	758,9	49,5	41897	5,1	75,2
1965	0,2447	154,5	3,2	88,0	5,8	29,8	632,1	66,1	42195	5,1	75,8
1966	0,5184	148,1	3,4	102,3	6,0	25,7	739,0	48,2	84200	10,2	151,2
1967	0,4589	103,8	3,1	89,0	5,5	28,9	591,0	61,8	51284	6,2	92,1
1968	0,3505	170,8	1,6	87,7	2,9	15,4	599,5	74,4	28256	3,4	50,7
1969	0,7044	172,9	4,5	128,1	8,1	39,5	657,4	91,8	267504	32,4	480,3
1970	0,2501	103,1	4,8	91,5	8,6	35,9	765,7	75,3	55115	6,7	98,9
1971	0,3702	113,8	2,9	131,5	5,3	29,0	574,2	68,6	53944	6,5	96,8
1972	0,2363	137,1	2,7	121,1	4,8	21,5	711,2	70,8	24546	3,0	44,1
1973	0,1435	120,2	5,9	114,1	10,5	51,3	677,4	34,7	48445	5,9	87,0
1974	0,0876	147,7	4,1	72,5	7,3	28,1	826,5	47,6	18708	2,3	33,6
1975	0,0892	201,1	3,7	112,5	6,6	26,3	786,1	74,1	26563	3,2	47,7
1979	0,0457	280,0	2,7	86,7	4,8	22,3	718,0	57,8	5767	0,7	10,4
1980	0,0499	212,9	5,0	125,3	9,0	34,9	797,9	51,1	23911	2,9	42,9
1981	0,0525	200,7	4,7	123,4	8,4	31,0	849,9	46,5	18897	2,3	33,9
1982	0,0460	279,8	4,0	127,6	7,3	37,8	591,1	45,9	13788	1,7	24,8
1983	0,0426	278,2	2,9	156,1	5,2	20,9	771,0	78,8	12639	1,5	22,7
1984	0,0260	179,3	4,5	103,2	8,0	43,6	585,8	54,8	7626	0,9	13,7
									825285,2	100	
Sr	0,2300	178,3	3,6	107,3	6,5	29,8	701,8	60,9	45849,1		1.481,7

Легенда: C sr – средњи годишњи пронос силта (mg/l); C kv – коефицијент варијабилности проноса силта; Q sr – средњи годишњи протицај (m³/s); Q kv – коефицијент варијабилности протицаја; q – специфични отицај (l/s/km²); C % – коефицијент отицаја; mm – средња годишња количина падавина; mm kv – коефицијент варијабилности падавина; err – укупна годишња количина проноса силта (t); % – проценат проноса силта у односу на цео осматрани период; E – специфични пронос силта (t/km²/год).

Сезонска варијабилност концентрације и проноса силта

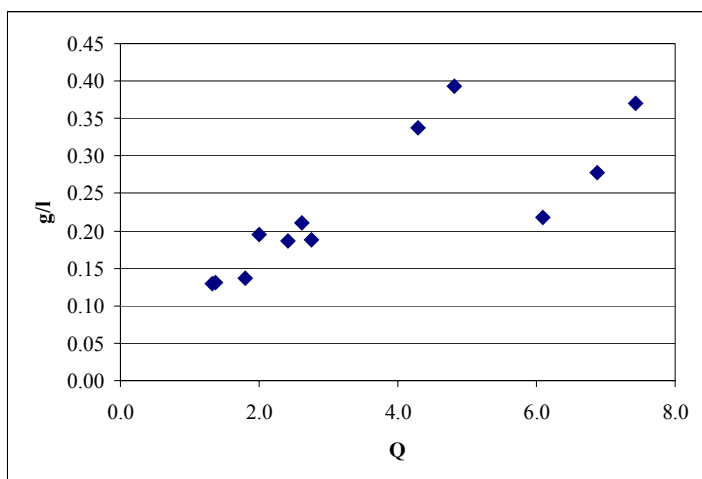
Постојање релативно дугог свакодневног осматрања падавина, протицаја и концентрације суспендованог наноса, пружа могућност утврђивања утицаја сезонског фактора. То значи да се одговарајућим статистичким поступцима може да сагледа утицај низа физичкогеографских и антропогеографских фактора који у већој или мањој мери, самостално или интерактивно, утичу како на концентрацију силта тако и на његов пронос.

Скица бр. 1 приказује однос средњемесечних протицаја и средњемесечних концентрација силта. Са графика је очигледно да се у посебну групу издвајају три пролећна месеца: март, април и мај. Тада су концентрације силта за дате протицаје мање него што би се очекивало. Разлог за ту појаву сигурно се налази у сплету физичко-географских фактора. Током марта земљиште овог махом планинског слива вероватно је заштићено макар и танким снежним покривачем. Његовим отапањем настају високи протицаји, али не и концентрације суспендованог материјала. У априлу у мају ниже концентрације силта од очекиваних за дате протицаје настају услед прекривености тла стељом, обзиром да је овај слив највећим делом под листопадном шумом.

Табела 2. Средњи месечни протицаји и концентрације силта (1964-1984).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ср Q(m ³ /s)	2.62	4.82	7.43	6.87	6.09	4.29	2.75	1.37	1.33	1.80	2.00	2.42
ср C (g/l)	0.2106	0.3928	0.3708	0.2775	0.2181	0.3372	0.1876	0.1304	0.1302	0.1361	0.1958	0.1863

Скица 1. Графички приказ података из табеле 1.



Слична али и делимично различита ситуација је уколико се сагледава пронос наноса по месецима. Како су поједине године изразито кишне, односно сушне, протицаји мањи или већи, концентрација силта с тим у вези јако променљива, то је и износ ерозије у апсолутним износима по месецима појединих година јако различит. Из тог разлога је упутније месечне износе ерозије изразити у процентима и на тој

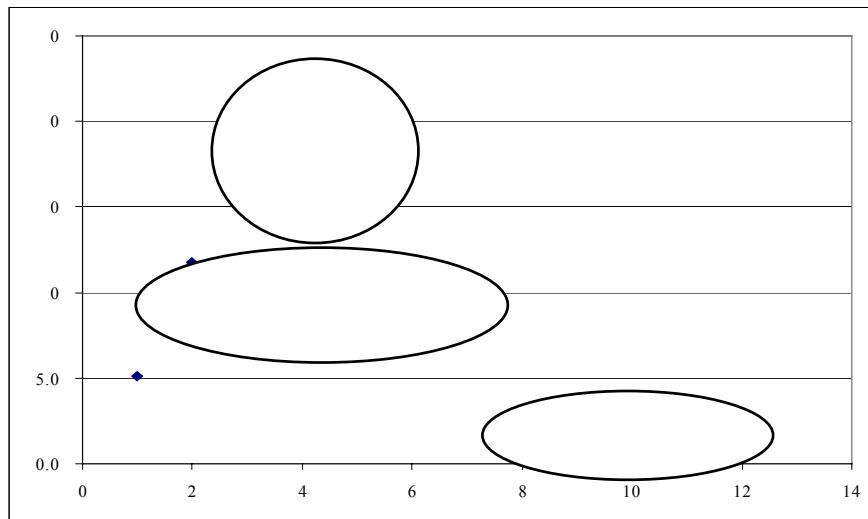
основи вршити даљу анализу која није оптерећена апсолутним вредностима. Резултати су приказани у табеларном и графичком облику.

Таб. 2. Процент проноса силта по месецима.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ср Q	2.6	4.8	7.4	6.9	6.1	4.3	2.7	1.4	1.3	1.8	2.0	2.4
ср ерт %	5.1	11.7	21.2	14.9	14.4	10.7	8.9	1.8	1.5	3.6	3.4	2.8

Из података је очигледно да се по питању проноса суспендованог материјала могу издвојити три групе месеци. Прву групу чине месеци у којима се јавља најмања ерозија: август, септембар, октобар, новембар и децембар. Разлог те појаве је комплексан и садржан у чињеници да су тих месеци падавине најниже а протикаји најмањи, иако се повремено, дан-два могу јавити и веће вредности. Концентрација силта, услед заштићености тла вегетацијом у топлијем периоду, односно лисним опаду у хладнијем делу године, је веома ниска (видети податке у таб.1). Другу групу чине месеци у којима се јавља највећи проценат ерозије током године: март, април и мај. Иако су тих месеци концентрације силта нешто ниже но што би се за протикаје тих месеци могло очекивати, то постојано високе воде, које изражава најмањи просечни коефицијент варијабилности, објашњава наведену појаву. Посебну групу чине три месеца: фебруар, јун и јул. За њих је карактеристична велика варијабилност протикаја и проноса суспендованог материјала. На то најбоље указују подаци у таб. 3.

Скица 2. Груписање месеци по сличности проноса силта.



Проблем са издвајањем треће групе података састоји се у великој варијабилности проноса силта. Тако нпр. у фебруару 1968. односно 1969. године из слива је изнето 41,6 %, односно 46,2 % укупне ерозије тих година. С дуге стране 1982. године, током тог месеца изнето је из слива свега 0,2 % годишње вредности. Слична ситуација је и са јуном и јулом. Тако, током јуна 1975. године изнето је из слива 49,9 %, односно 1984. свега 1,4 % укупног годишњег проноса силта. Екстремни случај у читавом осматрачком периоду представља јул 1983. године, када је изнето из слива читавих 80,1 % укупне годишње вредности, односно 0,3 % 1968. године.

Табела 3. Процентуални пронос силта по месецима и годинама.

год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1964	3.1	3.5	16.1	12.7	3.2	21.1	8.1	0.4	1.3	3.9	25.0	1.7
1965	13.2	3.7	25.8	11.2	21.6	11.7	2.9	0.7	0.2	0.4	0.8	7.6
1966	18.9	33.2	5.0	9.0	7.3	12.5	0.7	3.5	0.9	0.7	1.5	6.7
1967	1.4	9.6	21.1	18.4	13.1	9.1	12.8	3.6	2.7	3.5	2.4	2.2
1968	0.9	41.6	13.7	4.2	3.1	7.5	0.3	0.8	1.4	2.2	14.3	10.1
1969	1.2	46.2	39.2	4.8	1.4	3.5	0.9	0.1	1.9	0.1	0.2	0.7
1970	7.6	10.3	21.0	5.5	13.8	5.5	29.3	1.3	0.4	0.6	2.8	1.9
1971	7.1	4.2	29.9	32.6	7.7	6.8	4.1	0.2	3.2	1.5	1.5	1.2
1972	4.6	7.9	6.7	3.8	0.5	7.3	2.5	2.6	11.0	47.5	2.6	3.0
1973	1.5	4.1	21.0	46.2	12.9	1.9	2.9	1.4	0.9	1.1	0.5	5.8
1974	8.0	10.8	11.4	14.7	31.4	15.6	4.9	0.9	0.5	0.5	0.6	0.7
1975	1.5	0.9	8.5	2.2	28.8	49.9	3.1	0.7	1.2	0.9	0.9	1.5
1979	14.9	18.7	1.5	30.2	6.3	13.4	3.8	4.9	0.3	1.2	4.1	0.8
1980	2.4	2.2	37.7	5.6	46.0	3.4	0.4	1.1	0.1	0.3	0.1	0.8
1981	0.2	2.2	61.6	4.6	9.7	13.0	1.1	1.3	0.0	0.0	1.7	4.5
1982	0.3	0.2	20.9	31.4	38.2	4.2	1.2	1.5	0.5	0.5	0.1	0.9
1983	3.4	5.9	3.5	0.6	0.3	5.2	80.1	0.1	0.3	0.1	0.5	0.1
1984	1.3	6.3	36.9	29.9	14.0	1.4	0.8	7.1	1.1	0.3	0.8	0.1
ср	5.1	11.7	21.2	14.9	14.4	10.7	8.9	1.8	1.5	3.6	3.4	2.8
kv	108.8	119.5	73.2	90.5	93.9	103.6	214.6	105.6	163.5	302.9	187.3	104.5

Дискусија и закључак

Пронос силта у горњем делу слива Јерме у износу од 82,3 t/km²/год је у односу на стање у Србији релативно велико. Наиме, специфични пронос силта у горњем делу слива Црнице износи 23,9 t/km²/год (Манојловић П., 1993), док је у сливу Црног Тимока још мањи - 3,5 t/km²/год (Манојловић П., Гавриловић Љ., 1991). У сливу Колубаре специфична механичка водна ерозија се креће у распону од 4,6 t/km²/год (Градац) до 73,2 t/km²/год у сливу Тамнаве (Драгићевић С., 2002). Повећана ерозија у горњем делу слива Јерме је сигурно резултат великог удела метаморфних стена, које се интензивно распадају и значајног антропогеног утицаја у Знепољу. Свакако треба узети у обзир и велике нагибе у левом делу слива, испод Руј планине. То наравно не значи да је ерозија јака, јер нпр. у сливу Белог Томока, између Књажевца и Зајечара износи 186 t/km²/год.

На основу вредности протицаја и концентрације силта, добијена је регресија, којом се са великом прецизношћу може да израчуна пронос силта:

$$t/\text{дан} = 6251 + 26875 \cdot C + 1058 \cdot Q$$

На основу бета коефицијената (0,73 за силт и 0,31 за протицаје) може се закључити да је на износ ерозије релативни утицај концентрације силта далеко већи од значаја протицаја. Да се не би добио погрешан утисак да протицај има само посредан значај важно је нагласити да високи проноси наноса могу бити остварени и у случају високих концентрација силта а ниских вредности протицаја, и обрнуто. Ово се јавља због чињенице да водна ерозија зависи од великог броја физичко-географских фактора који представљају модификаторе овог веома сложеног процеса.

Далеко је интересантнији утицај сезонског фактора на пронос суспендованог наноса. Месеци у којима се јавља највећи пронос суспендованог материјала током године су март, април и мај. За та три пролећна месеца из слива се евакуише 50,5 % просечне годишње вредности. Слична ексцесивност забележена је и у другим сливовима (Драгићевић С., 2002), само је везана за друге месеце. Ови резултати су условљени климатским приликама у сливовима јер почетком пролећа долази до отапања снежног покривача, а крајем овог годишњег доба и до излучивања значајне количине падавина. У јануару је из слива Колубаре изнето 61% укупног годишњег проноса наноса, што представља најбољи показатељ ексцесивности механичке водне ерозије.

ЛИТЕРАТУРА

- Гавриловић Љ., Дукић Д. (2002): **Реке Србије**. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
- Група аутора (1973): **Основна геолошка карта и тумач за лист Власотинце**. Савезни геолошки завод, Београд.
- Група аутора (1977): **Основна геолошка карта и тумач за лист Брезник**. Савезни геолошки завод, Београд.
- Група аутора (1977): **Основна геолошка карта и тумач за лист Пирот**. Савезни геолошки завод, Београд.
- Драгићевић С. (2002): **Биланс наноса у сливу Колубаре**. Географски факултет, Београд.
- Манојловић П., Гавриловић Љ. (1991): **Упоредна анализа проноса суспендованог и хемијског наноса у сливовима Белог и Црног Тимока**. Гласник Српског географског друштва, св. LXXI, бр. 2, Београд.
- Манојловић П., (1993): **Речна ерозија у горњем делу слива Црнице**. Гласник Српског географског друштва, св. LXXIII, бр. 1, Београд.
- Оригинални подаци РХМЗ-а, Београд.

PREDRAG MANOJLOVIĆ
 SANJA MUSTAFIĆ
 SLAVOLJUB DRAGIĆEVIĆ

S u m m a r y

THE SILT CARRING IN JERMA RIVER BASIN

The silt carrying in the upper part of Jerma river basin in amount of 82.3 t/km/year is relatively high, considering the situation in all Serbia. The specific silt carrying in the upper part of Crnica river basin is 23.9 t/km/year (Manojlovic P.), while it is even lower in the basin of Crni Timok river (3.5 t/km/year; Manojlovic P, Gavrilovic Lj. 1991.). In the Kolubara river basin, the specific mechanical water erosion is between 4.6 t/km/year (Gradac) and 73.2 t/km/year in Tamnava basin (Dragicevic S. 2002). Greater erosion in the upper part of Jerma river basin is result of great part of metamorphic stones that intensively disintegrates and significant antropogenic influence in Znepolje. The great slopes at the left side of the basin, under the Ruj mountain, should be considered, too. That doesn't mean that the erosion is strong, because, for example in the basin of Beli Timok, between Knjazevac and Zajecar, it is 186 t/km/year. Following regression, base on flow and silt concentration values can calculate the silt carrying very precisely:

$$t/day=6251+26875 \cdot C+1058 \cdot Q$$

Based on beta coefficients (0.73 for silt and 0.31 for flow) it could be concluded that concentration of silt has greater influence on erosion, than flow.

More interesting is the influence of seasonal factor on the carrying of suspended silt. Months with the highest amount of carried suspended material are March, April and May. During these months 50.5 % of average yearly value is evacuated from a basin. Similar excessivity has been noticed in the other basins (Dragicevic S. 2002), only in other months.