

ГЛАСНИК ГЕОГРАФСКОГ ДРУШТВА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ
HERALD OF THE GEOGRAPHIC SOCIETY OF THE REPUBLIC OF SRPSKA

ГОДИНА 2005.
YEAR 2005.

Свеска 10
Volume 10

UDK: 627.1(497.6 УКРИНА)

Оригинални научни рад
Др Радислав Тошић

БИЛАНС НАНОСА У СЛИВУ РИЈЕКЕ УКРИНЕ

Абстракт : У раду се анализира режим проноса наноса на бази експерименталних мјерења на хидрометријском профилу Дервента. На основу непосредних мјерења приказани су годишњи протицаји и проноси суспендованог и вученог наноса, а математичко – статистичким путем одређена је вриједност биланса наноса за годину осматрања у циљу дефинисања износа укупне ерозије за слив Укрине.

Кључне ријечи: ерозија, суспендовани нанос, вучени нанос, биланс наноса.

Abstract: The article analyzes the regime of the flow of the deposit on the base of experimental measurements in the hydrometric profile of Derventa. Based on the impending measurements the annual flows and transfers of suspended as well as pulled deposit are being presented, and by mathematics – statistical method the value of the balance of the deposit has been represented for the monitored year with the aim of defining the sum of the total erosion for the Ukrina basin.

Key words : erosion, suspended deposit, pulled deposit, deposit balance.

1. Увод

Ерозија представља сложен процес разарања честица земљишта и њихов транспорт из горњих у доње дијелове слива посредством површинских вода, које се сливају низ топографску површину слива, и заједно са водом која отиче коритом, досpiјевају у неки од токова. Један од основних производа површинске ерозије, односно процеса разарања је суспендовани ријечни

* Др Радислав Тошић, доцент Природно – математичког факултета Универзитета у Бањој Луци

Природно – математички факултет М. Стојановића 2, 51 000 Бања Лука, РС, Босна и Херцеговина.

нанос, кога карактерише ситан гранулометријски састав и начин транспорта у ријечном току у виду суспензије.

Концентрација суспендованог наноса промјењива је величина и у директној је зависности са бројним физичко – географским факторима : геолошка подлога, нагиб терена, пошумљеност слива, специфични отицај, протицај и др. Ријечни нанос је по својој природи или хидролошка, што чини суспендовани нанос или хидрауличка категорија, коју чини корито – формирајући суспендовани нанос и вучени нанос. Према томе, ако посматрамо ријечни нанос и његову корелациону везу са протицајем воде, неопходно је нагласити да режим ријечног наноса подразумијева гранулометријски састав наноса, протицај суспендованог и пронос вученог наноса кроз одабране ријечне профиле, односно биланс наноса на посматраном ријечном профилу у одређеном временском периоду. Карактеристике ријечног наноса могу се посматрати са два аспекта: геолошког, ако нас занима поријекло ријечног наноса и хидрауличког, код којег је посебно интересантан проблем међусобног дјеловања воде као течне и наноса као чврсте фазе, обзиром да у процесу кретања наноса долази до кретања и таложења наноса. Слив ријеке Укрине смјештен је у западном дијелу сјевера Републике Српске, између планина Борја, Узломац, Љубић, Јаворова, Чавка, Царева гора, Мотајице на сјеверу и Крњина на истоку. Планиметрисањем слива Укрине након удрутане линије вододјелнице утврђено је да се слив простире на површини од 1500, 18 km², док је дужина тока 134, 9 километара.

2. Анализа концентрације суспендованог наноса у води ријеке Укрине

Анализа суспендованог наноса представља веома сложен проблем јер се при захватању узорака суспендованог наноса мора водити рачуна о постојећим критеријумима математичке статистике, који важе за све узорке уопште, како би захваћени узорци били репрезентативни. Анализа концентрације суспендованог наноса у сливу Укрине вршена је само на ријеци Укрини у периоду 1965 – 1971. година, и у 2003. години, стога су у анализи концентрације суспендованог наноса ријеке Укрине, кориштени подаци овог периода, као и подаци анализе током 2003. године.

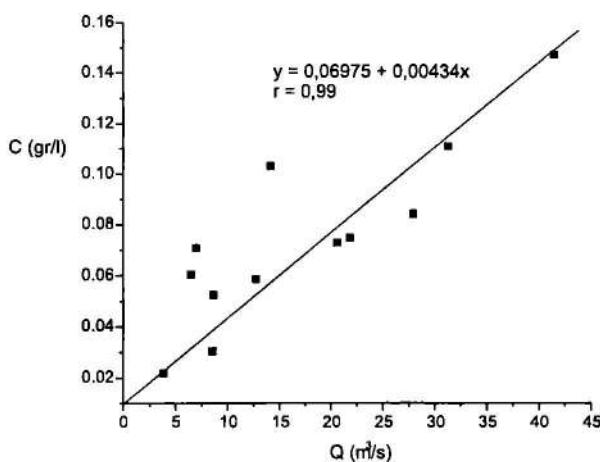
На основу измјерених вриједности протицаја и одређене средње мјесечне концентрације суспендованог наноса у посматраном периоду 1965 – 1971. године и 2003. године, могуће је извести читав низ закључака који су у непосредној вези са интензитетом ерозије, односно о продукцији наноса и његовом одношењу из слива. Мјерењем које је извршио Републички Хидрометролошки завод Босне и Херцеговине, одређене су средње мјесечне концентрације наноса ријеке Укрине у периоду 1965 – 1971. година, за хидролошки профил Дервента.

Табела 1. Средње мјесечне и средње годишње вриједности концентрације суспендованог наноса (C) ријеке Укрине, профил Дервенита за период 1965 – 1971. година (g/l), средње мјесечне и средње годишње вриједности протока Q_s (m^3/s) и специфичног отицаја q ($l/s/km^2$) у сливу Укрине (3).

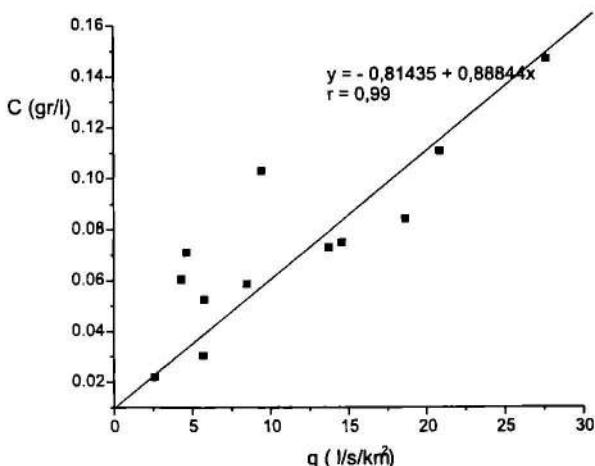
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
C	0,1110	0,1473	0,0843	0,07	0,058	0,1031	0,0604	0,071	0,0525	0,0219	0,0304	0,0730	0,0740
Q_s	31,30	41,47	27,97	21,8	12,74	14,25	6,49	6,97	8,64	3,86	8,57	20,61	17,05
q	20,85	27,64	18,64	14,56	8,49	9,41	4,32	4,64	5,75	2,61	5,71	13,73	11,366

Вриједности концентрације суспендованог наноса за ријечни ток Укрине у посматраном периоду кретале су се од 0, 02 до 0, 14 g/l , са карактеристиком да се највише вриједности појављују у вријеме топљења снijега или у вријеме шестог мјесеца, када је над сливом учестала појава пролjetних и лјетних пљусковитих киша.

Међутим, нешто веће вриједности концентрације суспендованог наноса забиљежене су и у мјесецу децембру, али првенствено као посљедица појава овог дијела године. Вриједности концентрације суспендованог наноса у директној су вези са протицајем, односно специфичним отицајем са слива ријеке Укрине. Стога да би се одредила зависност протицаја, односно специфичног отицаја и концентрације суспендованог наноса, успостављена је математичка зависност између протицаја, односно специфичног отицаја као независне варијабле и концентрације суспендованог наноса као зависне варијабле.



Слика 1. - Однос између протока и концентрације суспендованог наноса ријеке Укрине за период 1965 – 1971. година на профилу Дервенита



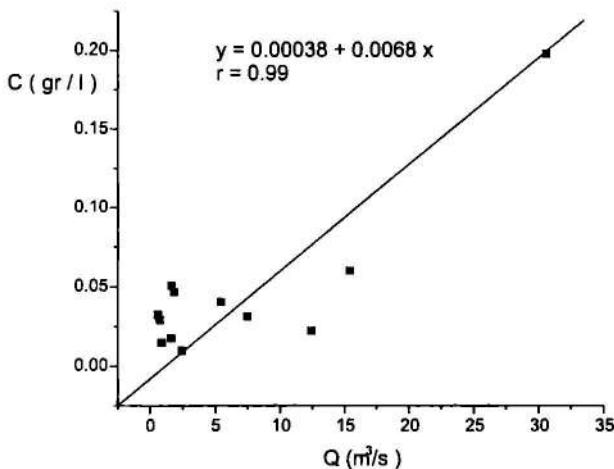
Слика 2. – Однос између специфичног отицаја и концентрације суспендованог наноса ријеке Укрине за период 1965 – 1971. година на профилу Дервент

Анализом дијаграма односа протицаја, односно, специфичног отицаја и концентрације суспендованог наноса, уочава се очекивани тренд пораста концентрације суспендованог наноса са повећањем протицаја, односно, специфичног отицаја. Дефинисане једначине линеарне регресије између зависно промјењиве (концентрације суспендованог наноса) и независно промјењиве (протицај и специфични отицај), као и високе вриједности коефицијента линеарне регресије од 0, 99 могу се са аспекта значајности коефицијента корелације, дефинисати као јака корелација. Сходно једначини линеарне регресије и коефицијенту корелације, могуће је утврдити да постоји изражена зависност (јака корелација) између зависне (C) и независне варијабле (Q_s , q), што је доказ изражене ерозионе продукције наноса у сливу ријеке Укрине. Високе вриједности концентрације суспендованог наноса код истих вриједности протицаја у различитим дијеловима године, одраз су недостатка анализе која би требала обухватити детаљније разграничење појединачних фактора који у знатној мјери могу утицати на веће квантитативне промјене зависне варијабле. Према томе, глобални псамолошки биланс у хидрографској мрежи ријеке Укрине најбољи је показатељ квалитативне сагласности између ерозионог потенцијала слива и псамолошког потенцијала водотока, јер он даје најбољи увид у сагласност између хидролошког и псамолошког потенцијала ријеке.

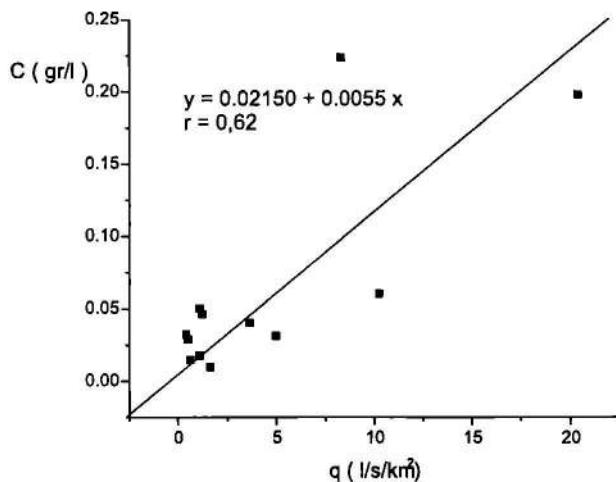
Концентрација суспендованог наноса у 2003. години ријеке Укрине, утврђена је на основу анализе узорака воде која је узимана сваког дана у једној тачки изабраног ријечног профиле Дервента, мјеста где се налази водомјер и лимнограф. Основни подаци о средње мјесечној концентрацији суспендованог наноса у води ријеке Укрине добијени су свакодневним узимањем узорака и њиховом лабораторијском анализом.

Табела 2. – Средње мјесечне и средње годишње вриједностима сусијенданог наноса (C) у води ријеке Укрине (профил Дервенит) за 2003. годину, те средње мјесечни протицај (Q_s) и средње мјесечни специфични отишци (q) за исту годину осматирања.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.
C	0,102	0,198	0,060	0,031	0,046	0,050	0,015	0,032	0,029	0,018	0,040	0,010	0,046
Q_s	12,44	30,59	15,41	7,46	1,83	1,63	0,91	0,61	0,75	1,63	5,43	2,43	6,760
q	8,292	20,390	10,272	4,972	1,219	1,086	0,606	0,406	0,499	1,086	3,619	1,619	4,767



Слика 3. – Однос између протицаја и концентрације сусијенданог наноса у води ријеке Укрине за 2003. годину на профилу Дервенит



Слика 4. – Однос између специфичног отишца и концентрације наноса у води ријеке Укрине за 2003. годину на профилу Дервенит

Вриједности концентрације суспендованог наноса у води ријеке Укрине за 2003. годину показале су одступање од средње мјесечних и средње годишњих вриједности концентрација суспендованог наноса анализираног периода 1965 – 1971. година. На основу података лабораторијских мјерења, могуће је закључити да је концентрација суспендованог наноса у води ријеке Укрине током 2003. године била нижа од средњих вриједности посматраног периода 1965 – 1971. година, али и знатно нижа од већине година у том низу. Разлог одступању треба тражити у веома малим вриједностима протицаја током 2003. године, који су одраз сушне године. Међутим, ако посматрамо концентрације суспендованог наноса по мјесецима током 2003. године, и потом их упоредимо са мјесецима анализираног периода 1965 – 1971. година, могуће је закључити да мјесечне вриједности концентрације суспендованог наноса немају другачији распоред од посматраног седмогодишњег периода.

Посматрано по мјесецима највеће су концентрације везане за рано прољеће, када вриједности протицаја имају максимум због топљења снijега, као и за касне прољећне и ране летне дане, када је над сливом изражена појава пљусковитих киша. Больни увид у концентрације суспендованог наноса омогућава анализа распона појављивања концентрације суспендованог наноса која показује да су се вриједности концентрације суспендованог наноса кретале од 0, 19 до 0, 1 gr/l. У циљу дефинисања зависности концентрације суспендованог наноса и протицаја, односно специфичног отицаја, урађена је математичка зависност између протицаја и концентрације суспендованог наноса. Математичка зависност показала је изражену једнозначну зависност ових појава, на што указује и висока вриједност коефицијента линеарне регресије од 0, 99. Међутим, однос концентрације суспендованог наноса и специфичног отицаја не показују висок степен корелације, свега 0, 62, што је са аспекта зависности, односно повезаности корелација средње јачине. Разлог треба тражити у веома ниским вриједностима специфичног отицаја у току 2003. године, као посљедици сушне године, односно малим количинама падавина током године и посебно у току мјесеца маја, јуна и јула, када су те вриједности екстремно нiske у односу на средњегодишње вриједности анализираног климатолошког низа. За прецизије дефинисање односа концентрације суспендованог наноса и протицаја, односно специфичног отицаја, важну улогу имају и концентрације суспендованог наноса при високим протицајима, односно при таласима великих (најчешће мутних) вода, када су вриједности концентрације суспендованог наноса највеће. У периоду 1965 – 1971. година забиљежене су максималне вриједности концентрације суспендованог наноса од 1, 4724 gr/l, 07. 07. 1969. године; 1, 453 gr/l 31. 12. 1970. године; 1, 0082 gr/l 16. 3. 1968. године; 0, 9016 gr/l 30. 07. 1966. године: док су остale вриједности концентрација суспендованог наноса мутних вода великог протицаја знатно ниже. Анализа концентрације суспендованог наноса у води ријеке Укрине током 2003. године у вријеме максималних вриједности протицаја, односно мутних вода, омогућила је увид у максималне вриједности концентрације суспендованог наноса током године. Вриједности максималне концентрације суспендованог наноса у води ријеке Укрине у току 2003. године кретале су се од 0, 06712 gr/l у јануару, вриједност 0, 38 890 gr/l забиљежена 15. 04. 2003. године; 28. 05. 2003. године забиљежена је

вриједност од 0. 05531 gr/l, док је у новембру та вриједност била највећа и износила 0, 61320 gr/l. Анализом вриједности концентрација суспендованог наноса у вријеме великих вода, могуће је закључити да се највеће концентрације појављују у различитим периодима током године, и то у зависности од бројних физичко – географских фактора, посебно падавина које условљавају појаву таласа великих вода. Високе вриједности концентрације суспендованог наноса доказ су да зависност између протицаја и концентрације суспендованог наноса не стоји увијек у једнозначној вези, иако је та зависност једнозначна у смислу да повећање протицаја значи и повећање концентрације наноса, већ да је готово немогуће унапријед предвидјети степен варирања мутноће једног тока, посебно ако његов слив није велике површине.

3. Анализа интензитета проноса суспендованог наноса ријеке Укрине

Анализа режима суспендованог наноса, односно утврђивање концентрације и проноса суспендованог наноса у одређеним профилима природних водотока, сложен је проблем са којим се у хидрауличким прорачунима сусрећу истраживачи и пројектанти. Једна од основних карактеристика режима је његова стохастичка природа и стога се у том свијетлу мора и посматрати његова анализа. Суспендовани нанос у природним токовима је хидролошко – хидрауличка категорија, чије основне карактеристике зависе од турбулентних и хидрауличких карактеристика тока. Његова гранична крупноћа између транзитних и корита – формирајућих фракција је функција турбулентних карактеристика тока, што значи да се мијењају у простору и времену, као и гранулометријски састав који се мијења у току времена. Из ових карактеристика могуће је закључити да у хидрауличким прорачунима постоје бројни проблеми који отежавају избор метода одређивања биланса суспендованог наноса и транспортне способности тока. Примјена постојећих метода одређивања проноса (биланса) суспендованог наноса и транспортне способности тока има оправдање уколико је метода базирана на детаљним теренским истраживањима, која обухватају анализу режима ријечног наноса, односно, анализу гранулометријског састава наноса, протицаја суспендованог наноса и пронос вученог наноса, као и анализу хидрауличких карактеристика водотока. Најтачнији начин одређивања концентрације суспендованог наноса, као и проноса суспендованог наноса остварује се свакодневним мјерењем у изабраним профилима посматраног ријечног тока. Међутим, како су дужине токова велике, што би за мјерења захтијевало огромна инвестицијска улагања, у примјени је одређивање концентрације и проноса суспендованог наноса мјерењем у једној, репрезентативној тачки, чиме је поступак поједностављен и сведен у прихватљиве границе исплативости. На основу мјерења, односно узимања узорака воде на одређеном профилу ријечног корита и њеном лабораторијском обрадом у циљу дефинисања концентрације суспендованог наноса, могуће је установити тачку у изабраном профилу, у којој концентрација суспендованог наноса стоји у једнозначној вези са концентрацијом суспендованог наноса у цијелом профилу, или се однос средње концентрације и концентрације мјења по одређеном закону

којег је могуће утврдити на основу директних мјерења. Поред овог поступка, у случају када постоје осматрања режима суспендованог наноса, као што је то случај са ријеком Укрином у периоду 1965 – 1971. година, могуће је одредити средње вишегодишњи пронос суспендованог наноса методом корелације.

Анализа средње мјесечних концентрација суспендованог наноса у ријеци Укрини – профил Дервента, у периоду 1965 – 1971. година, омогућила је да се предоченом методологијом одреде квантитативне вриједности проноса суспендованог наноса датог периода и изразе у тонама по мјесецима, као и њихова годишња сума.

Табела 3. – Пронос суспендованог наноса (P) у Јарофилу Дервенита на ријеци Укрини за период 1965 – 1971. година, изражен у тонама (3).

P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1965	1789,0	6587,1	2401,9	3341,8	5275,9	671,24	215,47	12,29	197,04	62,45	1703,2	7168,7	29426,42
1966	1552,51	7455,01	1749,45	1942,42	2265,28	235,36	993,63	1168,89	179,18	57,56	916,09	7780,0	26295,39
1967	4006,22	3604,13	5916,32	9151,42	5528,67	5428,61	977,92	36,35	106,98	242,1	44,1	10589,3	45322,18
1968	9049,64	16570,6	718,29	652,61	59,35	4311,22	236,68	9907,4	14038,1	208,4	3811,02	2397,78	61961,27
1969	5117,22	41835,4	8495,24	9557,02	660,55	5240,51	6602,52	4059,92	770,17	83,39	180,76	1667,89	84270,66
1970	51296,7	48007,8	32207,7	9327,83	2948,38	16501,1	1487,02	423,72	108,71	793,8	741,83	1492	165336,8
1971	8547,76	1885,04	2632,57	718,94	236,48	406,44	166,19	682,31	332,44	143,1	207,36	2636,08	18585,78
	11622,7	17992,1	7731,64	4956,01	2424,94	4684,93	1525,63	2327,27	2247,52	227,2	1086,34	4818,82	61644,07

Разноликост концентрација суспендованог наноса по мјесецима детерминисана, бројним физичко – географским факторима, одредила је и различите вриједности проноса суспендованог наноса. Анализом седмогодишњег низа осматрања које је вршено на ријеци Укрини утврђено је да се вриједности проноса у току године крећу од 12, 29 до 41 835, 47 тона мјесечно, односно да се у посматраном периоду годишње суме крећу од 18 585, 78 до 165 336, 85 тона. Посматрано по мјесецима, највећу вриједност проноса наноса имају јануар, фебруар, јун и децембар, а најмању јули и август, што је у непосредној функцији са најмањим и највећим вриједностима протицаја током године. Однос величина мјесечних проноса суспендованог наноса у анализираном периоду најбољи је показатељ ексцесивности механичке водне ерозије, јер се у само једном мјесецу може остварити приближно цјелокупан пронос суспендованог наноса једне године. Разлог овако високих вриједности проноса суспендованог наноса појединих мјесеци треба тражити у примарним факторима, односно ако су у питању зимски или рани пролећни мјесеци, тада је ријеч о наглом топљењу снijега, а ако је у питању касно пролеће и почетак лjeta, тада су разлог падавине плјусковитог карактера, које карактерише велика брзина површинског отицања и мала вриједност инфильтрације. У циљу разумијевања интензитета механичке водне ерозије важно је дефинисати вриједност специфичног проноса наноса, која представља просјечно одношење наноса са површине од 1 km^2 у току једне године.

Табела 4. – Специфични трошак наноса (E) у сливу ријеке Укрине за период 1965 – 1971. година, ($t/km^2/god$)

Година	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
$E(t/km^2/god)$	19,61	17,52	30,41	41,30	56,17	110,21	12,38

У посматраном периоду вриједности специфичног проноса наноса кретале су се у границама од 110, 21 до 12, 38 $t/km^2/g$, што је у функцији са вриједностима протицаја и концентрацијама суспендованог наноса тока ријеке Укрине, израженим у појединим мјесецима и годинама посматраног седмогодишњег низа. Међутим, посебна вриједност овог показатеља огледа се у сагледавању вриједности годишњег губитка обрадивих површина услед ерозије, који у свијету износи и до 3 милиона хектара, чиме се укупни земљишни фонд сваке године смањује за 0, 7 %. Осим за пољопривреду, информација о вриједности специфичног проноса наноса значајна је и за бројне привредне гране; у том контексту, посебно је изражен утицај ерозије на водопривреду јер у случају великог интензитета ерозионе продукције наноса у сливу, ријечни нанос у хидрографској мрежи угрожава многобројне хидрографске објекте – акумулације, регулисана ријечна корита, водозахвате, иригационе канала и др.

Ерозиона продукција наноса у ријечним сливовима и транспорт наноса у водотоцима представљају двије веома значајне компоненте глобалног природног процеса, који због својих посљедица има велики значај. Суштинска посљедица феномена ерозије и транспорта наноса, односно специфичног проноса наноса захтијева интегралан приступ овој проблематици, што је резултирало формирањем нове стручне дисциплине “ управљање наносом ” (sediment management), чија се примјена очекује и у Републици Српској. Анализа концентрације суспендованог наноса у води ријеке Укрине омогућила је да се уз познавање основних хидролошких величина, као и кориштењем предочених образца, одреди пронос и специфичан пронос суспендованог наноса у току календарске 2003. године.

Табела 5. – Пронос суспендованог наноса (P) у профилу Дервенша на ријеци Укрини у 2003. години, изражен у тонама, и вриједност специфичног трошака (E) наноса за слив Укрине у 2003. години, ($t/km^2/god$)

P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год.	E
	3424,8	4006,2	2632,5	894,8	159,5	235,3	99,8	75,6	89,9	242,0	651,3	1301,2	13813,3	9,207

Кориштењем хидролошких података и резултата лабораторијске анализе одређене су вриједности проноса наноса и специфичног проноса наноса за 2003. годину. Највећи пронос наноса у поменутој години имао је фебруар, док је најмању вриједност имао мјесец август. Овакви су резултати у потпуности очекивани ако се узму у обзир вриједности протицаја и концентрације суспендованог наноса, односно, ако се зна да је пронос суспендованог наноса у директној зависности са протицајем и концентрацијом суспен-

дованог наноса. Међутим, ако посматрамо пронос наноса по сезонама може се закључити да је у току зиме из слива Украине изнијето око 60 % укупне годишње вриједности проноса наноса, што је један од најјаснијих показатеља ексцесивности механичке водне ерозије, док је у току љета та вриједност сведена на минимум. Посматрају ли се вриједности проноса наноса у периоду 1965 – 1971. година и упореде ли се са вриједностима проноса наноса у току календарске 2003. године, незаобилазан је закључак да су у току 2003. године вриједности проноса суспендованог наноса знатно ниже и од средњих вриједности седмогодишњег низа, али и да је унаточ ниским вриједностима проноса суспендованог наноса њихова мјесечна расподјела у величинама проноса суспендованог наноса остала непромијењена. Мале вриједности проноса суспендованог наноса у току 2003. године објашњавају мале вриједности протицаја, односно мале количине падавина током цијеле календарске године, које у знатној мјери одступају од просјечних вриједности висина падавина анализираног климатолошког низа. Стога је вриједност проноса суспендованог наноса у току јануара и фебруара 2003. године условљена у првом реду великим количинама воде, настале усљед неочекивано раног топљења снijега; док су мале вриједности проноса наноса у пролећним, љетним и јесењим мјесецима детерминисане изразито сушним периодом, што се у потпуности одразило на количину падавина током тих мјесеци, а тиме и на површинско отицање, односно протицај и специфични отицај, као и на концентрацију суспендованог наноса и вриједност проноса суспендованог наноса. Стационарно праћење кретања суспендованог наноса на хидролошким станицама као што је она у Дервенти, оптерећено је низом субјективних и објективних тешкоћа и грешака, те стога резултати ових мјерења имају прије свега оријентациону вриједност јер су оптерећени субјективном грешком осматрача, односно временом узимања узорака. Коректном примјеном методологије узимања узорака, као и објективним грешкама које су далеко бројније. Ипак, резултати мјерења проноса суспендованог наноса одређени на основу узорака воде и анализе концентрације суспендованог наноса, дају јасну слику количине суспендованог наноса и сигурно је да та вриједност на нити једном водотоку није мања од оне која је утврђена овом методологијом. Међутим, да би резултати примјене хидротехничког метода одређивања интензитета ерозивних процеса у сливу неке ријеке били препрезентативнији, морају се обезбједити годишње вриједности кретања (проноса) суспендованог наноса на више станица дуж уздужног профила и то на бази комплексних мјерења протицаја воде и наноса те свакодневних опажања наноса, односно концентрација суспендованог наноса у води ријеке. Будући да овакви услови не постоје дуж нити једног тока у Републици Српској, а и ако се узме у обзир чињеница да већина ријека има кратак период осматрања проноса суспендованог наноса са низовима које је најчешће немогуће поредити са низовима других токова, резултати не дају прихватљив ред величина, изузев малог броја станица које су лоциране на великим ријекама.

4. Анализа проноса вученог наноса у кориту ријеке Укрине

У хидролошкој пракси постоје бројни начини одређивања проноса вученог наноса, међутим, нити једна методологија није довољно развијена да би заузела примат и да би се промовисала као опште универзална за све ријечне токове и сва мјерења. Узорци вученог наноса могу се захватати у стању миривања, ако ријечни нанос узимамо са дна, као и у покрету, с циљем одређивања проноса наноса. Узимање узорака наноса са дна одвија се у склопу сложених хидролошких мјерења, која обједињују мјерење брзине, захватавање узорака суспендованог наноса, вученог наноса у покрету и наноса са дна у мјесту вертикале у којој се мјерење врши. У ту сврху користе се различити типови грабилица, које узимају узорке са дна ријечног корита, али при ниским водостајима и малим брзинама струјања воде у ријеци. Мјерење вученог наноса у покрету далеко је сложенији, али још увијек и најпрецизнији начин одређивања проноса вученог наноса.

Оваква мјерења морају бити довољно дуготрајна с обзиром да је пронос промјењив у времену и простору, што се објашњава неустањеношћу хидрографског режима у природним токовима. Сложеност овог методолошког поступка лежи у чињеници да се вучени нанос креће на линији између турбулентног тока флуида и наносног материјала од којег је формирano ријечно корито, односно, да при малим брзинама воде, ријечни нанос остаје непокретан на дну, а да се као почетак кретања наноса означава оно стање при којем се због пораста брзина, може констатовати одвајање од дна и покретање поједињих зрна (2, 141). Према томе, од свог спорадичног кретања па до масовног покретања цијelog површинског слоја, постоји читав низ узастопних прелаза са растућим концентрацијама наноса, при чему се појављују формације покретног дна : набори, дине, антидине и др. Међутим, у циљу одређивања проноса вученог наноса користе се бројни обрасци, базирани или на анализи сile која дјелује на подлогу и изазива покретање наноса или се користи статистички приступ, при чему се покретање зрна описује као случајни процес. У сваком случају, за прорачун проношења вученог наноса потребан је теренски рад на основу којег се одређују и важне карактеристике узорака вученог наноса: количина, гранулометријски сastav, динамичке и кинематичке карактеристике вученог наноса, које уз морфолошке промјене и хидролошки режим дају основу за седиментолошку анализу.

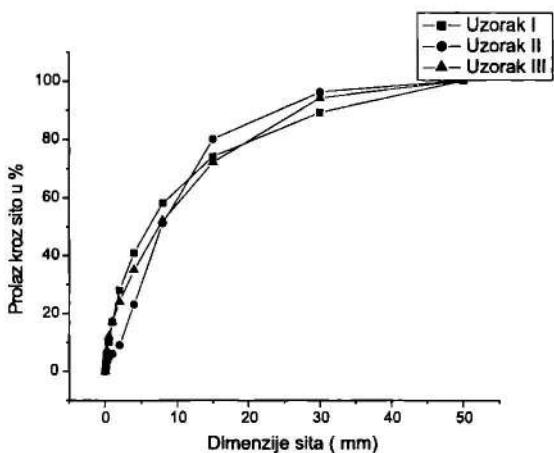
У хидролошкој пракси најчешће се користи модификовани Королијев хватач, коефицијента ефикасности од 45 %, релативно мале тежине, што омогућава лако спуштање и подизање, а што је само једна од добрих особина овог инструмента. Међутим, приликом узимања узорака врло је тешко контролисати да ли је хватач у току постављен управно на матицу ријеке, да ли лежи хоризонтално на дну, да ли је приликом извлачења хватача дошло до расипања једног дијела ситнијих фракција, што заједно са чињеницом да је механички хватач релативно мале димензије у односу на димензије ријечног тока, намеће закључак, да се добијени резултати морају узимати са дозом резерве, односно, да су резултати мјеродавни за уски локалитет. Како је кретање вученог наноса стохастичког карактера, неопходно је обезбедити одређену временску дужину мјерења вученог наноса, као и одређени број

понављања као би се у знатној мјери избјегао утицај случајности. У мјеренјима проноса вученог наноса вријеме захватања узорка износи од 0, 5 до 15 минута и то неколико пута. Наведене чињенице имају за циљ сагледавање методологије и читавог низа проблема везаних за мјерење проноса вученог наноса који пролази кроз одређени хидролошки профил осматрања (2, 146). За слив ријеке Укрине извршена су испитивања и мјерења у току 2003. године, на хидролошком профилу Дервента, као и на другим дијеловима уздужног профила од ушћа до 30 -ог ријечног километра са циљем утврђивања проноса вученог наноса. Нанос ријеке Укрине испитиван је у сарадњи са Институтом за водопривреду "Јарослав Черни".

У ту сврху одређен је гранулометријски састав као најзначајнија карактеристика мјешавине ријечног наноса и то поступком просијавања кроз систем сита. Испитивање површинског слоја наноса извршено је на спруду Дервента ниже старог моста на 30, 0 - ом ријечном километру; спруд Дервента ниže клаонице на 28, 1. ријечном километру и спруду Јасенци на 22, 3. ријечном километру. У анализираним узорцима недостају фракције од 50 mm, иако се те фракције налазе низводно по готово свим спрудиштима, разлог је интезивна експлоатација шљунка на овом дијелу уздужног профила ријеке Укрине, при чему је изостала та фракција.

Табела 6. – Вриједности простирања наноса у профилу Дервента (I), профил Дервента (II) и профил Дервента (III), изражене у % пролаза кроз сите (4).

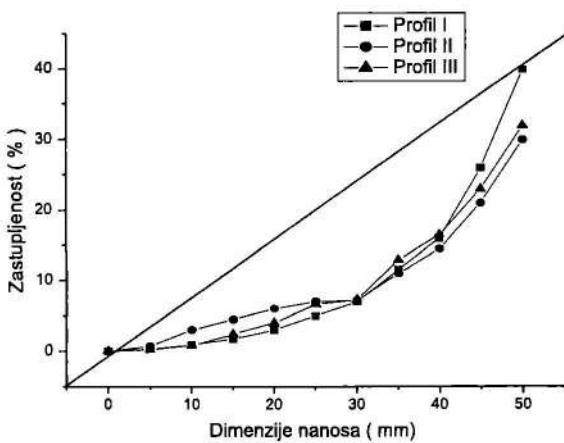
Сито (мм)	Профил Дервента I	Профил Дервента II	Профил Дервента III
50	100	100	100
30	89	96	94
15	74	80	72
8	58	51	52
4	41	23	35
2	28	9	24
1	17	6	17
0.5	10	5	12
0.223	5	3	7
0.147	3	1	4
0	-	-	-



Слика 5. - График – криве просијавања узорака наноса у профилу Дервенша (I), профил Дервенша (II) и профил Дервенша (III)

Табела 7. – Гранулација наноса ријеке Укрине изражена у милиметрима у профилу Дервенша (I), профил Дервенша (II) Дервенша (III) (4).

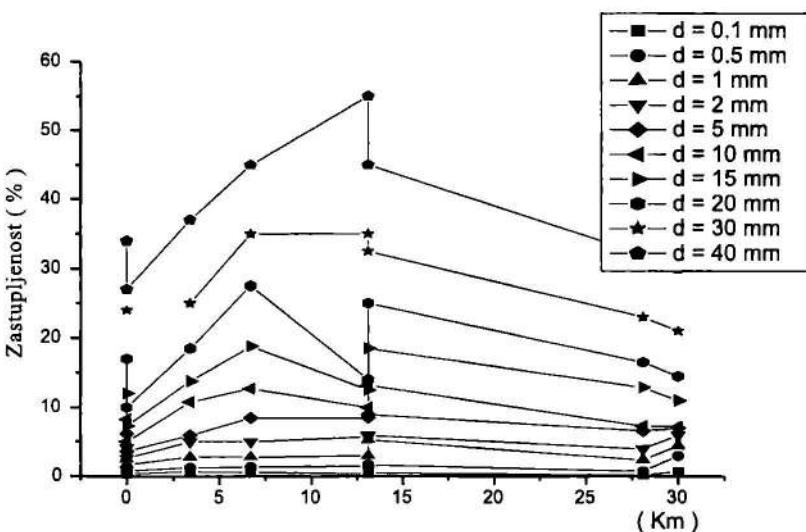
Узорак (%)	Профил (I)	Профил (II)	Профил (III)
0	0	0	0
10	0.30	0.70	0.20
20	0.90	3.00	0.80
30	1.70	4.50	2.40
40	3.00	6.00	4.00
50	5.00	7.00	6.60
60	7.00	7.20	7.30
70	11.50	11.00	12.90
80	16.00	14.50	16.50
90	26.00	21.00	23.00
100	40.00	30.00	32.00



Слика 6. – График - Криве ̑ранулометријског састава наноса ријеке Укрине, за ̑рофил Дервенића (I), ̑рофил Дервенића (II) и ̑рофил Дервенића (III)

Табела 8. – Гранулација наноса ријеке Укрине у милиметрима ог ушћа да 30 ријечног километра - ̑рофил Дервенића (4).

Km	0	0.0	3.4	6.7	13.1	13.1	22.3	28.1	30.0
Узорака	1	2	3	5	8	8	10	11	12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10%	0.7	0.4	0.7	0.6	0.4	0.5	0.3	0.7	0.3
20%	1.3	0.8	1.3	1.4	1.5	1.7	0.9	3.0	0.9
30%	2.5	1.7	2.8	2.8	3.0	3.3	1.7	4.5	1.7
40%	4.1	2.6	5.0	5.0	5.8	6.0	3.0	6.0	3.0
50%	6.2	3.6	6.0	8.5	8.5	9.0	5.0	7.0	5.0
60%	8.3	5.0	10.8	12.7	10.0	13.2	7.0	7.2	7.0
70%	12.0	7.3	13.8	18.8	12.5	18.5	11.5	11.0	11.5
80%	17.0	10.0	18.5	27.5	14.0	25.0	16.0	14.5	16.0
90%	24	16.0	25.0	35.0	35.0	32.5	26.0	21.0	26.0
100%	34	27.0	37.0	45.0	55.0	45.0	40.0	30.0	40.0



Слика 7. – График промјене гранулометријског састава наноса од ушћа до 30 - ог ријечног километра – профил Дервента, траке круйноће вученој наноса ријеке Укрине

Анализа гранулометријског састава, односно анализа крупноће наноса у кориту ријеке Укрине, извршена методом просијавања кроз систем сита, указује да крупноћа наноса у природном кориту ријеке Укрине нагло расте, узводно од шестог ријечног километра до профила Дервента, јер је изражено смањење брзине великих вода услед успора ријеке Саве, која је условила задржавање вученог наноса на крају успора. Најбољи показатељ је дијаграм промјене гранулометријског састава ријечног наноса од ушћа до профила Дервента из којег је могуће закључити да средње крупно зрно (d_m) 15 милиметара, посматраног потеза уздужног профила представља 60 % учешћа у тежини узорка ријечног наноса, док су као мјеродавна крупноћа наноса за поједине потезе уздужног профила истог пада дна ријечног корита, узета зрна (d_m) 25 милиметара, која учествују са 80 % у тежини анализираних узорака ријечног наноса. Поред карактеристичних зрна и њиховог учешћа у тежини анализираног узорка, уводе се за дефинисање гранулометријског састава и коефицијенти, као што је коефицијент Schoklitsch (Шоклича). У овом обрасцу а је површина изнад криве гранулометријског састава униформне крупноће, а b је површина испод криве гранулометријског састава униформне крупноће. Уколико је коефицијент ($k_s < 1$), очигледно је да се ради о вученом наносу ситнијег гранулометријског састава, односно уколико је ($k_s > 1$), вучени нанос је крупнијег гранулометријског састава. Према томе, на основу криве гранулометријског састава могуће је закључити да у анализираном ријечном наносу доминира крупни ријечни материјал, али и да се уочава промјена гранулометријског састава идући ка ушћу, што се објашњава смањењем крупноће честица усљед сегрегације наноса, изазваног смањењем вучне сile, као и распадањем и трошењем честица материјала. У

цијелини, анализа гранулометријског састава вученог наноса ријеке Укрине не показује оне правилности које постоје у анализи гранулометријског састава ријечног наноса ријека Саве, Босне и Врбаса. Ово је могуће објаснити чињеницом да водни валови Укрине не долазе свом висином до овог дијела уздужног профила Укрине, већ се прелијевањем у горњем дијелу уздужног профила знатно слизе и задрже; те чињеницом да су вриједности максималних протицаја, које су одлучујуће за покретање и сепарирање вученог наноса, мале учесталости, односно да су 90 % или 328 дана у току године вриједности протицаја мање од $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Гранулометријски састав вученог наноса ријеке Укрине значајан је за проучавање режима ријечног наноса, који обједињује категорију шљункова и пјесковца, дефинисану као вучени нанос и категорију прашине и глине, дефинисану као суспендовани нанос.

За слив ријеке Укрине, на хидролошком профилу Дервента извршено је 10 мјерења проноса вученог наноса у току календарске 2003. године, и то захватањем узорка вученог наноса са дна ријечног корита. Релативно мали број мјерења вученог наноса на овом профилу у вези је са опште прихваћеном хипотезом да до покретања вученог наноса долази тек при већим протицајима, односно при протицајима вишим од $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Уважавајући ову чињеницу само су два мјерења вученог наноса у профилу Дервента обављена за вријеме малих вриједности протицаја, док су остала мјерења обављена при високим вриједностима протицаја како би се добио увид у кретање вученог наноса у ријечном кориту. Прорачун вученог наноса у току 2003. године указује да је кроз овлађени профил ријеке Укрине на профилу Дервента, вриједност проноса вученог наноса износила 800, 20 тона. Уколико вриједности проноса вученог наноса упоредимо са вриједностима проноса суспендованог наноса на истом профилу, и ако се при томе осврнемо на ранија истраживања проноса вученог наноса од стране афирмисаних стручњака (С. Јовановић, О. Бонаци, Д. Дукић и др.) из ове области, која указују на закључак да је вриједност проноса вученог наноса у границама 0, 1 – 1% проноса суспендованог наноса, могуће је резултате овог истраживања сматрати поузданим.

5. Закључна разматрања

Кориштењем хидролошких података и резултата лабораторијске анализе одређене су вриједности проноса наноса и специфичног проноса наноса за 2003. годину. Посматрају ли се вриједности проноса наноса у периоду 1965 – 1971. година и упореде са вриједностима проноса наноса у току календарске 2003. године, незаобилазан је закључак да су у току 2003. године вриједности проноса суспендованог наноса знатно ниже од средњих вриједности.

Узимањем узорака на посматраном профилу, као и на основу анализе гранулометријског састава материјала, могуће је закључити да постоји јасно изражен вучени нанос у доњем дијелу тока ријеке Укрине, односно да је он у највећем случају посљедица успоре воде ријеке Саве, али и добром дијелом посљедица рада воде ријеке Укрине, која је велики дио материјала акумулирала дуж својих долинских страна.

Кориштењем предочене методологије остварен је увид у вриједност биланса наноса на хидрометријском профилу Дервента који омогућава сагледавање износа укупне ерозије у сливу ријеке Укрине.

6. Литература и извори

1. Савезни хидрометеоролошки завод: Подаци годишњака Савезног хидрометеоролошког завода, Београд.
2. Драган Мушкатировић : Регулација река, Грађевински факултет у Београду, Београд, 1979.
3. Савезни хидрометеоролошки завод: Подаци о наносу у сливу ријеке Укрине
4. Подаци лабораторијских анализа Институт за водопривреду "Јарослав Черни ", Београд, 2004.
5. Дионис Сребреновић: Примјењена хидрологија, Техничка књига, Загреб, 1985.
6. Јевђевић Вујица: Хидрологија I део, Институт за водопривреду "Јарослав Черни ", Београд, 1956.
7. Радислав Тошић, Чедомир Црногорац : Практикум из хидрологије - потамологија, Географско друштво Републике Српске, Бања Лука. 2005.

Radislav Tošić

Summary

THE BALANCE OF THE DEPOSIT IN THE UKRINA RIVER BASIN

The values of the flow of the deposit as well as the specific flow of the deposit for 2003. are estimated using the hydrological data and results of the laboratory analyze. If we consider the values of the flow of deposit for the period 1965- 1971. and compare *those to values of the flow of the deposit during the 2003. it is unavoidable to conclude* that during the 2003. the values of the flow of the suspended deposit were lower from middle values.

Taking the samples of the monitored profile, as well as analyzing of the granular structure of the material, it is possible to conclude that exist very expressive pulled deposit in the lower part of the Ukrina river flow, relatively it is the mainly but not only the consequence of the deceleration of the Sava river, but partly it is also the consequence of the work of the Ukrina river, which accumulated huge part of the materials along its river banks.

Using the mentioned methodology it is accomplished the insight into the value of the balance of the deposit on the hydrometric profile of Derventa which unleashes the survey of the value of the total erosion in the Ukrina river basin.