

УДК: 007:004]:551.3.053(497.713)

**МОДЕЛИРАЊЕ НА ИНТЕНЗИТЕТОТ НА ЕРОЗИВНИТЕ ПРОЦЕСИ ВО СЛИВОВИТЕ НА БАБУНА И ТОПОЛКА****Ивица МИЛЕВСКИ, Милена МАНЕВСКА \***

Институт за географија, ПМФ

Гази Баба бб, Скопје, ivica@iunona.pmf.ukim.edu.mk

Дипл. проф. по географија, е-маил: manevskamilena3@gmail.com

## ИЗВОД

Во трудот се претставени основните карактеристики на современите ерозивни процеси во сливните подрачја на Бабуна и Тополка. Особено внимание е посветено на софтверското моделирање на интензитетот на ерозивните процеси. За таа цел се користени современи извори на податоци како што се: дигитален модел на релјефот, сателитски снимки, дигитален модел на покривност на земјиштето, дигитална геолошка карта и други. Моделирањето е изведено во софтверскиот пакет SAGA GIS v2.1, кој денес се смета за еден од најсоодветните за таа намена во светот. Добиените модели и нивната споредба со реалната состојбата на терен, покажува дека применетото софтверско моделирање дава доста добри резултати.

**Клучни зборови:** современа ерозија, софтверско моделирање, ЕПМ модел

## ABSTRACT

In this paper, the basic characteristics of the processes of recent erosion in the catchments of Babuna and Topolka are presented. Particular attention is paid on software modeling of erosion intensity. For that purpose modern sources of data are used as: digital elevation model, satellite imagery, CLC land cover model, digital geologic map etc. Modeling was performed using SAGA GIS v.2.1 software package, which is considered as one of the best today for this purpose worldwide. The obtained models and their comparison with the real situation on the ground show that the applied software modeling gives quite good results.

**Key words:** contemporary erosion, software modeling, GIS, EPM model

## ВОВЕД

Една од карактеристиките на поречијата на Бабуна и Тополка е застапеноста на процеси и форми на современа ерозија, особено во пониските подрачја. Тоа се должи на поволните природно-географски услови и влијанието на антропогениот фактор во минатото и денес. Опфатени се неколку компоненти на современата ерозија во сливот на Бабуна и Тополка. Тоа се: факторите на ерозија, процесите и формите на ерозија, потоа квантитативниот интензитетот на ерозија и одредени активности за заштита од ерозија.

## ИСТРАЖУВАНО ПОДРАЧЈЕ

Сливовите на Бабуна и Тополка се наоѓаат во централниот дел на Република Македонија, помеѓу планинскиот масив Јакупица (Мокра) и Бабуна на запад и Велешката Котлина на исток. Заедно зафаќаат површина од 941.8 km<sup>2</sup> која во најголем дел административно припаѓа на општината Чашка. Овој простор лежи на надморска височина од 152 m (вливот на Бабуна во реката Вардар) до 2538 m (врвот Солунска Глава). Сливовите се претежно рурални, со поволна географска положба и ги поседуваат најубавите и атрактивни предели на планинскиот масив Јакупица (Мокра). Инаку најдолги водотеци во областа се Бабуна со 63.3 km и Тополка со 49.9 km.

## КОРИСТЕНА МЕТОДОЛОГИЈА

Во трудот е користен современ методолошки пристап согласно поставената цел на истражување. Покрај прегледот на постоечката литература која се однесува на наведената проблематика и конкретниот простор, во текот на 2012 година извршени се неколку теренски анализи на сливовите на Бабуна и Тополка. Преку нив е согледана реалната состојба со ерозивните процеси и нивниот просторен интензитет. Во однос на главната цел на истражувањето, како основа за софтверско моделирање е користен ЕПМ моделот (Erosion Potential Model) на S. Gavrilović (1972). Тој е применуван во повеќе држави на Балканскиот Полуостров (меѓу кои Република Македонија) и пошироко, при што се покажал како доста соодветен за овие простори (Blinkov & Kostadinov 2010). Моделот е во форма:  $W = T \cdot H \cdot 3,14 \cdot (Z^3)^{0,5} \cdot f$ , каде  $W$  е просечна годишна продукција на нанос во m<sup>3</sup>,  $T$  е температурен коефициент,  $H$  е просечно годишно количество на врнежи во mm,  $Z$  е коефициент на ерозија кој се движи од 0.1 до 1.5 и повеќе и  $f$  е дадена површина во km<sup>2</sup>. Помеѓу наведените фактори, најголемо значење има коефициентот  $Z$ , кој претставува производ од еродибилност на подлогата ( $Y =$

0 до 2), индекс на покривност на земјиштето ( $X \cdot a = 0$  до 1), индекс на видливи ерозивни процеси ( $\phi = 0$  до 1) и просечен пад на сливот ( $J = 0$  до 1). Со помош на овој модел може да се пресмета и транспортираниот нанос низ даден профил според образецот:  $G_y = W_y \cdot R_u$ , каде  $R_u = (O \cdot D)^{0.5} / 0.25 \cdot (L + 10)$ . Во дадениот израз  $O$  е должина на вододелницата во km,  $D$  е разлика помеѓу средната височина и најниската точка во сливот во km, а  $L$  е максималната должина на сливот по главната река во km. Поради покажаната точност на добиените резултати, креирани се повеќе ГИС адаптации на EPM моделот (Милевски 2001, Globevnik et al. 2003, Petraš et al. 2007). За разлика од традиционалниот пристап кој е со помош на стручна (субјективна) теренска проценка или во комбинација со картографски извори (аналитички), при ГИС моделирањето параметрите за овој модел се добиени од најсовремени извори и тоа: дигитален модел на релјефот, сателитски снимки, моделот на покривност на земјиштето и други. Така, за целта на нашите истражувања со помош на 3" SRTM DEM и негова вертикална интерполација (според Лазаревски 1993), добиени се климатските коефициенти  $T$  и  $H$ , како и коефициентот за среден наклон  $J$ . Индексот  $X \cdot a$ , е изведен од моделот CORINE Land Cover 2006, со вредности од 0.1 (густи шуми) до 1 (оголени терени). Индексот  $\phi$  е изведен од Landsat ETM+, спектар 3 (b3), според равенката  $\phi = (b3/255)^{0.5}$  (Милевски 2005). При ГИС моделирањето, факторот  $Y$  (еродибилност на подлогата) може да се изостави, освен ако има сосема доволно параметри за негово вреднување (Лазаревиќ 2004). Со процесирањето на сите растерски слоеви-леери, се добива конечната вредност на интензитетот на ерозија, односно продукција на ерозивен нанос  $W$ .

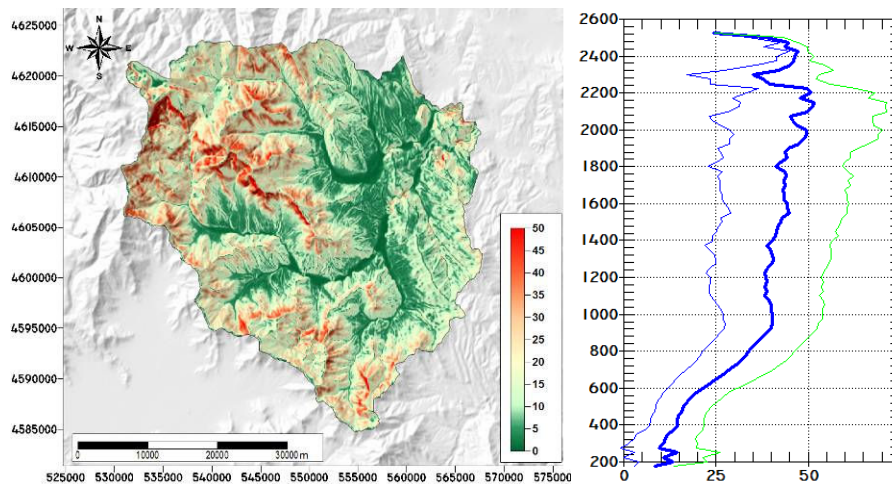
На крај е извршена споредба на добиените резултати со оние од картата на ерозија (Горѓевиќ et al. 1993), која е работена по истиот модел, но според традиционалниот пристап. Освен тоа, направена е споредба и со податоците од претходно наведените теренски истражувања, со цел верификација на резултатите.

### **Фактори на ерозија во сливовите на Бабуна и Тополка**

*Геолошко-педолошкиот состав* на подлогата е меѓу најзначајните фактори на ерозија воопшто, а тоа се однесува и за сливовите на Бабуна и Тополка. Од прегледот на геолошките карти и останатата геолошка документација, произлегува дека во централниот и источниот дел на истражуваниот простор преовладуваат карпести маси со слаба отпорност на ерозија (група автори 1977, Арсовски 1997). Тоа се плиоцени седименти и алувијално-делувијални наноси во средишниот дел (237.8 km<sup>2</sup> или 25%), потоа палеозојските шкрилци на Голешница, Јакупца и Бабуна (495.1 km<sup>2</sup> или 52%) на запад и флишните карпи во

источниот дел на областа ( $113.8 \text{ km}^2$ ). Цврстите и отпорни карпи (мермери, гранитоидни карпи, а во крајниот источен дел неколку варовнички греди) се јавуваат на повеќе места на мали површини и вкупно зафаќаат  $95.1 \text{ km}^2$  или само 10%. Тие се отпорни на плувијална ерозија и плаќнење, но не и на механичко распаѓање, па затоа се кршат и раздробуваат на парчиња и блокови образувајќи нестабилен сипарско-дробински материјал. Поради разновидноста на карпите и останатите природните улови, како и влијанието на човекот, на ова подрачје се застапени повеќе почвени типови. Во пошумените планински подрачја се застапени главно кафеави почви со добра структура и доста отпорни на ерозија. За разлика од нив, почвите на наклонетите терени (делувијални, смолници, рензини) се изложени на ерозија и веќе значително еродирани.

**Релјефот (топографијата)** е еден од клучните ерозивни фактори, особено во однос на големината, видот и должината на наклоните. Во анализираниот простор, слабо до средно-наклонети терени до  $20^\circ$  зафаќаат дури 67% или  $2/3$  од вкупната површина. При поволни услови, на нив се јавува слаба ерозија, а на зарамнетите терени (до  $5^\circ$ ; 12%) и акумулација на еродираниот материјал. Стрмните терени пак, над  $20^\circ$ , зафаќаат 33% и доколку се погодни останатите фактори, тие се подложни на силна површинска и длабинска ерозија.

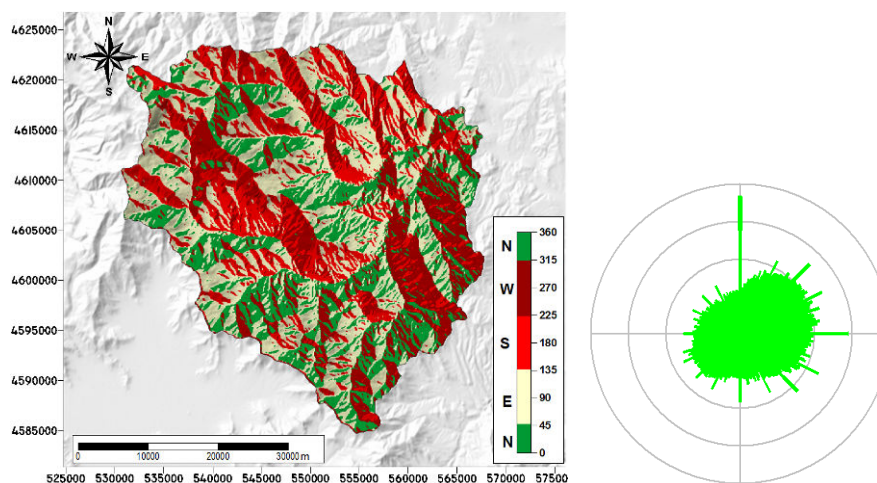


Карта 1. Карта на наклони на релјефот на истражуваниот простор (лево) и дијаграм на распоред на наклони по височина (десно).

Во хипсометриски поглед, сливовите на Бабуна и Тополка лежат помеѓу 152 m (вливот на Бабуна во Вардар) и 2538 m надморска височина (врвот Солунска Глава), додека просечната височина изнесува 764 m. Најголем дел од релјефот се протега во зоната до 1000 m (74%),

а само во зоната до 500 m, лежи 35% или 331.6 km<sup>2</sup>. Тоа е всушност најмногу населен простор, каде човечките активности се најголеми, па делумно и поради тоа, ерозијата овде е најинтензивна.

Во однос на експозициите, северните (осојни) терени зафаќаат површина од 438.3 km<sup>2</sup> (46.5%), а јужните 503.5 km<sup>2</sup> (53.5%) од вкупната. Северните падини главно се повлажни, погусто обраснати, со подобра почвена структура и помала човечка активност, што значи помалку изложени на ерозија за разлика од јужните.



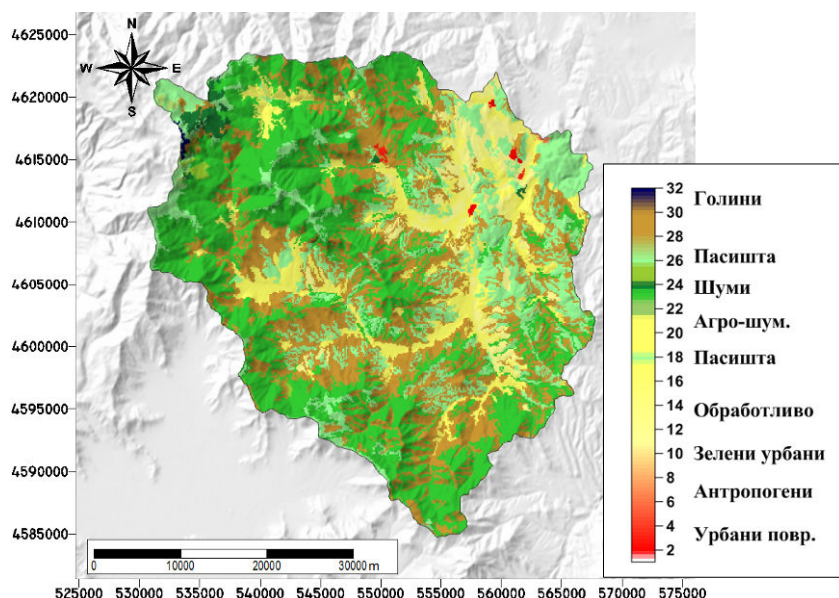
Карта 2. Карта на експозиции на релјефот во истражуваниот простор (лево) и дијаграм-ружа на експозиции (десно).

**Климата**, особено врнежите како главен ерозивен агенс во областа имаат многу големо значење за интензитетот на ерозивните процеси. Во таа смисла, овој простор спаѓа во релативно сушни подрачја, со околу 500-600 mm врнежи годишно, кои пак се изразито нерамномерно распоредени во текот на годината. Така, во пролетните, летните месеци, па и во есен (во месец ноември), има појави на кратки интензивни врнежи (Шкоклевиќ и Тодоровски 1993), кои понекогаш следат по долги сушни периоди. Во таков случај, поројните врнежи често предизвикуваат силна ерозија и голема продукција на нанос. Должината и интензитетот на сончевото зрачење (2500 часа год.) и големите температурни амплитуди од над 65°C (Лазаревски 1993, Зиков et al., 1997), влијаат врз механичкото распаѓање на карпите и намалување на отпорноста на почвата.

Современите трендови и прогнози за климатски промени на овие простори (Bergant 2006), укажуваат на уште поголеми климатски контрасти, што повољно се одразуваат на интензитетот на ерозивните процеси (Favis-Mortlock & Savabi 1996, Zhang & Nearing 2005).

**Хидрографските особености**, укажуваат на развиена речна мрежа со просечна густина од  $1,35 \text{ km/km}^2$  што претставува потенцијал за засилена продукција и транспорт на ерозивен нанос. При тоа, густината на речната мрежа во сливот на Тополка ( $N=207$ ;  $L=443,5 \text{ km}$ ) изнесува  $1,33 \text{ km/km}^2$ , додека во сливот на Бабуна ( $N=392$ ;  $L=833,0 \text{ km}$ ) е малку поголема и изнесува  $1,36 \text{ km/km}^2$ . Во областа има поголем број на поројни водотеци, во кои се еродира, транспортира и акумулира големо количество на нанос. Од другите хидрографски објекти, поголемо значење има вештачката акумулација Лисиче кај истоименото село на реката Тополка. Езерото има триаглен облик, со должина и широчина од по  $1,3 \text{ km}$ . Браната на езерото е долга  $579 \text{ m}$ , висока  $67 \text{ m}$ , а вкупниот волумен изнесува  $23,5$  милиони  $\text{m}^3$ . Овде се исталожува најголем дел од наносот кој го носи спротивдниот (изворишен) дел на Тополка со нејзините притоки.

**Растителениот свет** е под силно антропогено влијание, така што шумската вегетација е значително редуцирана за сметка на пасиштата, нивите, лозјата, ливадите и др. Поради малата густина на растителна маса и несоодветната обработка на земјиштето, површините со ретка вегетациска покривка се подложни на забрзани ерозивни процеси.



Карта 3. Покривност на земјиштето според Corine Land Cover моделот (CLC 2006, EEA).

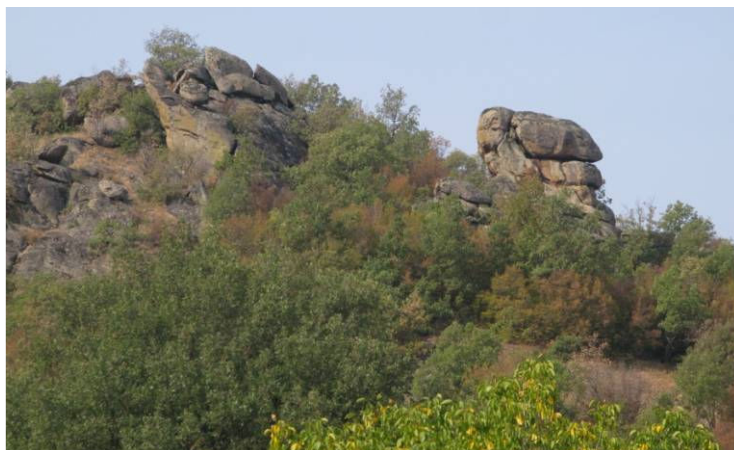
Според CLC (Corine Land Cover 2006) моделот, пасиштата покриваат  $175.1 \text{ km}^2$  (18.6%) и претставуваат подрачја со силна потенцијална

ерозивност. Шумите зафаќаат 43%, но доста често се слабо обраснати, деградирани и проретчени. Во последно време се повеќе квалитетни планински букови шуми прекумерно се сечат, особено во близина на поголемите селски населби (Богомила, Горно и Долно Јаболчиште). Тоа често доведува до појава на порои, свлечишта, одрони, длабинска ерозија (бразди, водосеци, долчиња, долови) од кои страдаат самите селски населби во подножјето.

**Антропогениот фактор**, имал и сеуште има многу силно влијание врз интензитетот на ерозија во областа. Со екстензивните земјоделски и сточарски активности на овој простор, се уништува природната вегетација и се заменува со земјоделски култури и пасишта, што доведува до промена на режимот на отекување на површинските води и засилена ерозија. Покрај тоа, големиот број на различни објекти, копови, пробиени и изградени патишта (над 200 km) исто така имаат голем ерозивен ефект (Милевски 2006).

### Современи ерозивни форми во истражуваниот простор

**Форми на распаѓање на карпите** се јавуваат главно во западниот и северозападниот дел на истражуваниот простор во подрачје изградено од гнајсеви и тоа од планината Голешница на север, до долината на реката Бабуна на југ. Овде, во релјефот се издвојуваат бројни остенци со најразлични форми, а во подножјето се создаваат сипари (на поголем наклон), распаднат елувијален матријал и др.



Слика 1. Распаѓање на карпите во околината на с. Чашка.

**Форми на плувијална ерозија** се појавуваат како површински и длабински. Од површинските, за проучуваниот протор се позначајни

ерозивните плочници, застапени на јужните падини на Голешница, кај селата Долно Јаболчиште, Дреново, Горно Врановци и на други места.



Слика 2. Ерозивен плочник кај селото Долно Јаболчиште.

Формите на линиска водна ерозија се браздички, бразди, долчиња и долови. *Браздичките и браздите* се формираат на поголеми наклони по посилни поројни врнежи, но може да се резултат и на иригациона ерозија. Има два типа и тоа: изградени во неотпорно земјиште, песоци и глини, но има и такви кои се создадени во поцврсти карпи, долж пукнатините со денудациски процеси. Некои бразди се формирани со патна ерозија во помеките карпи. Значајно е тоа што од нив може да се создаде и изнесе значително количество на еродиран материјал.

*Долчиња и долови* се поголеми и поизразени форми на длабинска и линиска ерозија. За овој простор се карактеристични долгнавести и лепезести долчиња со стрмни страни и длабочина до 3-4 m. Најразвиени се на Прнарка, Брис, Долг Рид, Равниште, Локва каде теренот е најсилно дисециран. Ги има и на левата страна на Бабуна од Богомила па се до селото Мартолци (Манаковиќ 1966). Интересно е што млади долчиња се формираат на повеќе локации над селските населби на планинскиот масив Јакупица (Мокра), како резултат на прекумерна експлоатација на шумите и оголување на теренот. Такви долчиња забрзано се формираат над с. Богомила, с. Нежилово, с. Долно и Горно Јаболчиште и други.





Слика 3. Долчиња над селото Нежилово.

**Свлечишта** се констатирани на повеќе места, а свлечишната маса е со мал волумен (најчесто до неколку стотици  $m^3$ ). За појава на свлечишта во областа, значајни се повеќе причини: нарушување на режимот на површинското истекување, поткопување на речните брегови при поројни врнежи, по нагло зголемување на протокот и брзината на водотеците, нарушување на стабилноста на теренот со зголемување на наклоните и др. (Milevski et al. 2010). Помали активни и потенцијални свлечишта се забележани во селата Горно и Долно Врановци, Долно Јаболчиште, на некои места по долините на Бабуна и Тополка, особено пред нивниот влив во Вардар, каде има и појави на одрони.

**Форми на директна антропогена ерозија** се површински копови, засеци на патиштата, канали, сепарации итн. (Милевски 2009). Во истражуваниот простор, антропогеното влијание најсилно се чувствува во средишниот и источниот дел, каде човекот интензивно го искористува земјиштето, претворајќи го во земјоделски и површини корисни за него. Освен честа неправилна обработка на земјиштето, пробиени и изградени се бројни патишта, понекогаш всечени во карпите, со што е забрзана ерозијата. Шумите во значителен дел се деградирани и уништени, со што е овозможена директно ерозивно влијание на атмосферските води.

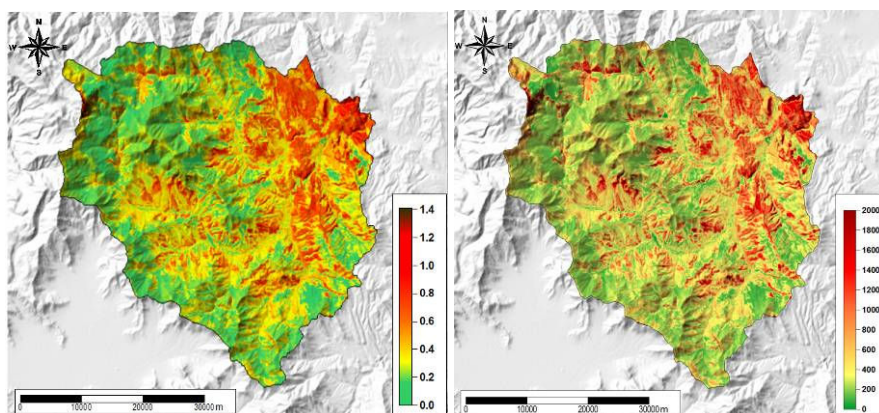
### Моделирање на интензитетот на современата ерозија

Меѓу најзначајните постапки при анализа на ерозивните процеси е утврдување на нивниот квантитативен интензитет. За таа цел, денес во светот се користат главно два пристапи и тоа теренски и емпириски-моделски. Моделскиот пристап може да биде традиционален: со користење на соодветни формули и образци и модерен: со користење на

современа технологија и извори на податоци. Без разлика кој од нив ќе се примени, добиените резултати можат да бидат релативни (споредбени, индикативни) или апсолутни (Milevski, 2008). Така на пример, современ релативен моделски пристап е со помош на мултиелементната кластер класификација (Milevski, 2011), со која се добиваат релативни или споредбени категории на ерозивност на одредено подрачје. Сепак, од практични причини многу повеќе се користат модели за апсолутна проценка, кои во најново време често се софтверски прилагодени. Такви се: USLE WEPP, EUROSEM, PESERA и други (Blinkov & Kostadinov, 2010). За нашата цел е користен претходно изнесенiot методолошки пристап со софтверски адаптираниот ЕПМ модел на Гавриловиќ (1972) од кој произлегоа изнесените резултати.

**Производство на ерозивен нанос.** Софтверскиот ЕПМ модел покажува дека во истражуваниот простор се јавуваат површини со различен коефициент на ерозија  $Z$ , кој се движи од 0,1 до над 1,5 (карта 4). Просечната вредност пак за целиот простор изнесува 0,35. Свкупно, Тополка со притоците има малку повисок коефициент на ерозија (0,36) во однос на сливот на Бабуна (0,34).

Од изведените пресметки, произлегува дека вкупната средногодишна продукција на еродирани нанос во сливовите на Бабуна и Тополка изнесува  $455.222 \text{ m}^3$ , а специфичната  $476 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ , односно околу  $856,8 \text{ t}/\text{km}^2/\text{год}$ . Послаб интензитет на ерозија има во западниот планински дел покриен со густа шумска вегетација. Средишниот и источниот дел од областа е подложен на поинтензивени ерозивни процеси, така што на специфичната годишна продукција на нанос на некои места достигнува и над  $1000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ .



Карта 4. Софтверски модел на коефициентот на ерозија  $Z$  (лево) и на вкупната продукција на ерозивен нанос во  $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{год}$ . (десно).

Табела 1. Основни податоци за интензитетот на ерозивните процеси во сливот на Бабуна и Тополка и нивните притоки.

| Слив              | Pkm <sup>2</sup> | Wgod          | Wspec      | koefZ       | Ru          | Ggod          | Gspec      |
|-------------------|------------------|---------------|------------|-------------|-------------|---------------|------------|
| <b>Бабуна</b>     | <b>613.8</b>     | <b>281143</b> | <b>458</b> | <b>0.34</b> | <b>0.48</b> | <b>134949</b> | <b>220</b> |
| Орешка            | 23.6             | 8540          | 362        | 0.23        | 0.85        | 7259          | 308        |
| Брезица           | 71.3             | 25953         | 364        | 0.29        | 0.68        | 17648         | 248        |
| Оморанска         | 37.6             | 12708         | 338        | 0.26        | 0.78        | 9912          | 264        |
| Изворчица         | 147.9            | 64336         | 435        | 0.33        | 0.55        | 35385         | 239        |
| Река              | 52.2             | 28605         | 548        | 0.39        | 0.58        | 16591         | 318        |
| <b>Тополка</b>    | <b>332.8</b>     | <b>168079</b> | <b>505</b> | <b>0.36</b> | <b>0.52</b> | <b>87401</b>  | <b>263</b> |
| Извориш.          | 99.0             | 39600         | 400        | 0.27        | 0.80        | 31680         | 320        |
| Врановска         | 37.5             | 14250         | 380        | 0.27        | 0.85        | 12113         | 323        |
| Мелничка          | 21.2             | 9412          | 444        | 0.31        | 0.73        | 6871          | 324        |
| Мала Река         | 55.9             | 27335         | 489        | 0.37        | 0.50        | 13668         | 244        |
| <b>Вкуп/прос.</b> | <b>941.8</b>     | <b>455222</b> | <b>476</b> | <b>0.35</b> | <b>/</b>    | <b>222350</b> | <b>236</b> |

Слично како коефициентот на ерозија, поголема специфична продукција на нанос е забележана во сливот на Тополка, 505 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год. Значителна вкупна продукција на ерозивен материјал има во горниот дел на сливот, над с. Лисиче, со вкупно 39.600 m<sup>3</sup> или 71.000 t годишно. Причина за вака големата ерозивност е во антропогените влијанија на населението од селата Горно и Долно Јаболчиште и други врз вегетацијата и користењето на земјиштето. Најголема специфична продукција пак, има Мала Река со 489 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год. или 880 t годишно. Интересно е што кај двата слива – на Бабуна и на Тополка, интензитетот на ерозија во принцип се зголемува кон долните-низводни делови, односно кон градот Велес, бидејќи поради погодните природни услови, во тој правец е поголемо и влијанието на човекот. Така, во сливот на Река, десна притока на Бабуна, специфичната ерозија изнесува 548 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год., што е највисока вредност од анализираните притоки.

Доколку ја споредиме табела 1 добиена со ГИС-базирано моделирање на ЕПМ моделот и податоците од Картата на ерозија (Ѓорѓевиќ et al. 1993) изработена на традиционалниот начин со истиот модел (табела 2), ќе се забележат доста сличности, но и одредени разлики. Анализирајќи ги двете табели, се забележува дека продукцијата на ерозивен материјал според софтверскиот модел има поголеми вредности за сливот на Бабуна, а нешто помали за сливот на Тополка. Тоа може да биде поради поинаквиот методолошки пристап, но и поради промените кои настанале во просторот од изработката на картата на ерозија (1980-ти години) до денес. Во тој период на одредени делови се зголемени антропогените влијанија, на други намалени (поради депопулација и деаграризација), а одреден ефект веројатно имаат и климатските варијации. Промената на начинот на користење на земјиштето,

неправилно и несоодветно земјоделско производство, како и намалувањето на површината под шуми, се меѓу главните активности кои го забрзуваат процесот на ерозија во овие простори.

Табела 2. Податоци за интензитетот на ерозија според Картата на ерозија (Ѓорѓевиќ et al., 1993).

| Слив              | Pkm <sup>2</sup> | Wgod          | Wspec      | koefZ       | Ru          | Ggod          | Gspec      |
|-------------------|------------------|---------------|------------|-------------|-------------|---------------|------------|
| <b>Бабуна</b>     | <b>615.4</b>     | <b>255413</b> | <b>415</b> | <b>0.30</b> | <b>0.47</b> | <b>120044</b> | <b>195</b> |
| Орешка            | 26.6             | 7065          | 265        | 0.21        | 0.88        | 6217          | 233        |
| Брезица           | 71.1             | 19817         | 278        | 0.23        | 0.69        | 13674         | 192        |
| Изворица          | 149.2            | 60806         | 407        | 0.29        | 0.68        | 41348         | 277        |
| Река              | 54.4             | 35915         | 685        | 0.44        | 0.52        | 18676         | 356        |
| <b>Тополка</b>    | <b>333.9</b>     | <b>182859</b> | <b>548</b> | <b>0.36</b> | <b>0.53</b> | <b>96915</b>  | <b>209</b> |
| Извориш.          | 99.2             | 47053         | 474        | 0.32        | 0.83        | 39054         | 394        |
| Врановска         | 34.5             | 11821         | 342        | 0.26        | 0.91        | 10757         | 312        |
| Мелничка          | 21.6             | 17233         | 797        | 0.46        | 0.78        | 13442         | 522        |
| Мала Река         | 56.6             | 16761         | 295        | 0.25        | 0.58        | 9721          | 171        |
| <b>Вкуп/прос.</b> | <b>949.3</b>     | <b>438272</b> | <b>481</b> | <b>0.32</b> | <b>0.49</b> | <b>216959</b> | <b>202</b> |

**Пренос на нанос** Од претходните показатели произлегува дека под претпоставка целиот еродиран нанос да се однесува од двата слива, топографската површина секоја година би се снижувала за околу 0.5 mm. Меѓутоа, најголем дел од наносот се задржува на зарамнини или пречки во границите на сливот на Бабуна и Тополка, а помал дел се изнесува во главниот реципиент-реката Вардар.

Од табела 1, произлегува дека од сливот на Бабуна годишно се внесува околу 135.000 m<sup>3</sup> (околу 200.000 тони) наносен матријал кој се внесува во реката Вардар. Од притоците, најголемо количество нанос во Бабуна внесува Изворчица со 35.000 m<sup>3</sup> или 240 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год. Од сливот на Тополка пак, во Вардар се внесува 87.400 m<sup>3</sup> нанос. Во самата Тополка, годишниот внес на нанос од нејзините поголеми притоки изнесува околу 65.000 m<sup>3</sup>, додека специфичниот пренос изнесува 263 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год. Карактеристична притока на Тополка е Мелничка Река, со најголем специфичен пренос на наносен матријал од 324 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/год.

**Акумулација на нанос** преовладува на рамни и вдлабнати терени, зад разни пречки и во акумулациите, особено во најголемата акумулација „Лисиче“. Вкупна површина на терените каде преовладува акумулација на нанос изнесува околу 2,5% или 22,7 km<sup>2</sup>. Најчесто акумулацијата е засилена во долните - низводни делови од сливовите на Бабуна и Тополка, а „апсолутна“ акумулација се јавува само во езерото Лисиче и други помали микроаккумуляции.

Треба да се напомене дека речиси целокупниот еродиран нанос од изворишниот-горен дел на сливот на Тополка, се внесува во вештачка-

та акумулација Лисиче, која има зафатнина од 23.5 милиони  $m^3$ . Во изворишниот дел се произведуваат 39.600  $m^3$  нанос годишно, од кои 31.680  $m^3$  се внесуваат во акумулацијата Лисиче. Со оглед на големината на акумулацијата, при постојани (стабилни) услови, таа целосно би се исполнила со нанос за период од дури 740 години. Сепак, овој период би можел значително да се скрати доколку дојде до влошување на состојбата со ерозија во изворишниот дел.

Освен просторниот распоред, важно прашање претставува и квантитативниот износ на акумулација, кој многу тешко може да се одреди. Ако како некаква одредница се земе само разликата помеѓу вкупната средногодишна продукција на нанос во двата слива и преносот (внесот) на нанос во Вардар, тогаш акумулацијата би изнесувала 232.873  $m^3$  или околу 420.000 t. Меѓутоа вистинската вредност е помала бидејќи дел од тој нанос во текот на годината повремено се придвижува во рамките на сливот, или од сливовите на притоците кон поголемите водотеци.

### ЗАКЛУЧОК

Во трудот се претставени резултатите од истражувањата на современите ерозивни процеси во сливните подрачја на Бабуна и Тополка. Утврдено е дека ерозивните фактори како геолошкиот и педолошкиот состав, топографските елементи, климата, вегетацијата и антропогените влијанија, земени одделно се доста погодни за силни ерозивни процеси. Меѓутоа во овој простор нивната комбинација е таква што резултира со среден интензитет на ерозија. Така, слабо отпорните карпи и почви, обично се на површини со мали наклони, или пак се под добра шумска вегетација. Очигледно, интензитетот на ерозија е намален и поради депопулација на просторот, односно намаленото влијание на човекот. Исклучок се подрачјата околу некои поголеми населби каде се видливи места со многу силни ерозивни процеси (околу Горно и Долно Јаболчишта, Горно и Долно Врановци, Богомила, Чашка и во близина на Велес).

Најголемо внимание во трудот е посветено на софтверското, односно ГИС-базирано моделирање на интензитетот на ерозија на овој простор. Како основен модел е користен ЕПМ моделот на Гавриловиќ (1972), кој е прилагоден за софтверска употреба. Резултатите се споредени со картата на ерозија (Горѓевиќ et al., 1993) работена според конвенционален т.е. традиционален пристап. Постојат мали разлики помеѓу двата пристапа поради самата методологија, но и промените во просторот во минатите децении. Сепак, предноста на софтверскиот модел е значителна поради користење на објективни просторни податоци (сателитски снимки, дигитални модели на релјефот и др.) намес-

то субјективни експертско-базирани проценки. Предноста на софтверскиот пристап е и динамичноста во мониторингот на факторите на ерозија и вкупниот интензитет, поради перманентното ажурирање на дигиталните просторни податоци од соодветните агенции и институции. Инаку, самиот ГИС-базиран модел покажува специфична ерозија од  $476 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год.}$ , што е значително под просечната вредност за Република Македонија од близу  $700 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год.}$  Сепак, во низводниот дел на Бабуна и Тополка, посебно кон поголемите селски населби и градот Велес, вредностите се многу повисоки. Овде почвата е речиси целосно еродирана, просторот девастиран, а има појави и на порои, свлечишта, одрони и слично. Затоа се неопходни мерки за конзервација - заштита од ерозија и ревитализација на тие подрачја.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Арсовски М. (1997): Тектоника на Македонија, РГФ-Штип.
- Bergant K. (2006) Climate change scenarios for Macedonia-review of methodology and results. University of Nova Gorica, Centre for Atmospheric Research, Nova Gorica, Slovenia. 1-50
- Blinkov I., Trendafilov A., Milevski I. (2009): GIS Model for Assessment of Erosion Factors. Proceedings of the International Symposium Geography and Sustainable Development, Ohrid, 2009, 109-116
- Blinkov I., Kostadinov S. (2010): Applicability of various erosion risk assessment methods for engineering purposes. BALWOIS, Ohrid, 2010, 13 pp.
- EEA (2006): Corine Land Cover – CLC 2006, European Environmental Agency, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>
- Gavrilović S. (1972): Inžinjering o bujičnim tokovima i eroziji, Časopis "Izgradnja"; Specijalno izdanje Beograd.
- Globevnik L., Holjević D., Petkovšek G., Rubinić J. (2003): Applicability of the Gavrilović method in erosion calculation using spatial data manipulation. Erosion Prediction in Ungauged Basins: Integrating Methods and Techniques (Proceedings of symposium HS01 held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). IAHS Publ. No. 279, 224-233
- Група автори (1977): Инженерско-геолошка карта на СРМ, Геолошки завод Скопје.
- Dragicević S., Tosić R., Milevski I. (2009): Recent Changes of The Erosion Intensity Caused by Anthropogenic Influence on The Territory of Serbia, Republic of Srpska and Macedonia. Proceedings of the International Symposium Geography and Sustainable Development, Ohrid, 2009, 159-168
- Ѓорѓевиќ М., Трендафилов А., Јелиќ Д., Ѓорѓиевски С., Поповски А. (1993): Карта на ерозија на Република Македонија, книга I -текстуален дел, Завод за водостопанство, Скопје
- Лазаревиќ Р. (2004): Експериментална истраживања интензитета водне ерозије, Београд, 1-234
- Лазаревски А. (1993): Климата во Македонија, Скопје

- Зиков М., Магдалена Г., Андоновски Т., Стојмилов А., Граматиковски В., Бакева В., Димитриевски В. (1997): Влијанието на Средоземното Море врз климата на Република Македонија, Куманово
- Zhang XС., Nearing MA. (2005): Impact of climate change on soil erosion, runoff, and wheat productivity in central Oklahoma. *Catena* 61(2–3): 185–195
- Манаковиќ Д. (1966): Некои релјефни елементи во поречието на Бабуна и Тополка со Титовелешката Котлина. Годишен Зборник, Книга 15, Скопје стр.131-138
- Маневска М. (2012): Современи ерозивни процеси на планината Водно. Дипломска работа на ИГ-ПМФ, Скопје (ракопис)
- Милевски И. (2001): Софтверско моделирање на интензитетот на рецентната ерозија, на примерот на Кумановската котлина. Зборник од II Конгрес на Македонското Географско Друштво одржан во Охрид 2000 год, Скопје стр. 49-57
- Милевски И. (2001): Некои аспекти на морфологијата и генезата на ерозивните долчиња во сливот на Пчиња. Географски разгледи кн. 36, Скопје стр. 197-207
- Милевски И. (2005): Можности за анализа на современите ерозивни процеси во Република Македонија со користење на сателитски снимки. Зборник од III конгрес на МГД, Скопје стр. 74-80
- Милевски И. (2006): Ерозивните процеси и развојот на руралните подрачја во Република Македонија. Зборник од меѓународниот симпозиум за рурален развој, Охрид стр. 539-556
- Milevski I. (2007): Morphometric elements of terrain morphology in the Republic of Macedonia and their influence on soil erosion. Proceedings from International Conference “Erosion 2007”, Belgrade
- Милевски И. (2007): Дигитален модел на потенцијален ерозивен ризик, како дел од дигиталниот еколошки катастар. Зборник на трудови од научниот собир, Научна установа “Самостоен истражувач д-р Борис Никодиновски”, Скопје стр. 271-278
- Milevski I. (2009): Some Aspects of Human Impact on the Landscape in the Republic of Macedonia. Билтен за физичка географија бр. 6, Скопје стр. 37-49
- Milevski I., Markoski B., Gorin S., Jovanovski M. (2009): Application of Remote Sensing and GIS in Detection of Potential Landslide Areas. Proceedings of the International Symposium Geography and Sustainable Development, Ohrid, 2009, 453-463
- Milevski I., Markoski B., Gorin S., Jovanovski M. (2009): Application Of Remote Sensing And Gis In Detection Of Potential Landslide Areas. Proceedings of the International Symposium Geography and Sustainable Development, Ohrid, 2009, 453-463
- Petras J., Holjevic D., Kunstek D. (2007): Implementation of GIS-technology in Gavrilovi’s method for estimation soil erosion production and sediment transport. – Proceedings of the International Conference Erosion and Torrent Control as a Factor in Sustainable River Basin Management 25-28 September 2007, Belgrade – Serbia, 10 pp.

- Favis-Mortlock DT., Savabi MR. (1996): Shifts in rates and spatial distribution of soil erosion and deposition under climate change. In: Anderson MG, Brooks SM (Eds), *Advances in hillslope processes*. Vol 1. Wiley, New York. 529–560
- Шкоклевиќ Ж., Тодоровски Б. (1993): *Интензивни врнежи во Република Македонија*, Градежен факултет, Скопје

## MODELLING OF SOIL EROSION INTENSITY IN THE CATCHMENTS OF BABUNA AND TOPOLKA

Ivica MILEVSKI, Milena MANEVSKA

### SUMMARY

The paper presents research results of contemporary erosion processes in Babuna and Topolka watersheds. It is determined that the erosion factors such as geological and soil composition, topographic elements, climate, vegetation and anthropogenic impact, taken separately are quite suitable for severe erosion processes. But in this area, their combination is such that it results in a moderate intensity of erosion. Thus, erodible rocks and soils usually have surfaces with small slopes, or are under good forest vegetation. Obviously, the intensity of erosion is reduced also because of the depopulation of the area, or reduced human impact. This excludes areas around the major settlements where locations with very strong erosion processes are visible (about upper and lower Jabalciste Upper and Lower Vranovci, Bogomila, Chaska and near Veles).

Most attention in the paper is devoted to software or GIS-based modeling of the intensity of erosion in this area. As the basic model is used EPM (Erosion Potential Model) of Gavrilovic (1972), which is adopted for software use. The results are compared with the Map of erosion (Djordjevic et al., 1993) prepared under conventional - traditional approach. There are slight differences between the two approaches because of the methodology, but also because of changes in the area in past decades. However, the advantage of the software model is significant because of use of very recent spatial data (satellite imagery, digital elevation models, etc.) rather than subjective expert-based assessments. The advantage of software monitoring approach is also dynamics of the erosion factors and total intensity, as of permanent updating of digital spatial data from the relevant agencies and institutions. However, the GIS-based model shows specific sediment yield of  $476 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{y}$  which is significantly below the average for the Republic of Macedonia of near  $700 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{y}$ . But in the downstream part of Babuna and Topolka watersheds, especially near to the larger villages and the town of Veles, the values are much higher. Here the soil is almost completely eroded, area is devastated, and has appeared on torrents, landslides, rockfalls and so on. Therefore it is necessary to practice conservation measures - erosion protection and revitalization of these areas.