

SPREMEMBE INTENZIVNOSTI EROZIJE V POREČJU DRAGONJE  
V DRUGI POLOVICI 20. STOLETJA

Miha STAUT

Univerza na Primorskem, Znanstveno-raziskovalno središče Koper, SI-6000 Koper, Garibaldijska 1, Slovenija  
E-mail: miha.staut@zrs-kp.si

Matjaž MIKOŠ

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, SI-1000 Ljubljana, Hajdrihova ulica 28, Slovenija

## IZVLEČEK

Prispevek obravnava procese erozije prsti v porečju Dragonje in spreminjanje njihove intenzivnosti iz preteklosti v sedanost. Za ocenjevanje intenzivnosti erozijskih procesov posameznega časovnega preseka je bila uporabljena Gavrilovičeva metoda. Njena splošnost omogoča oceno količine sproščene in odpavljene prepereline tudi iz posrednih virov, kot so na primer letalski posnetki. Časovni obseg je zatorej posegel v obdobje, iz katerega so na voljo omenjeni posnetki, to je obdobje druge polovice 20. stoletja. Izdelane so bile ocene sproščanja gradiva in kvantitativna primerjava obsega erozijskih žarišč in njihove lege v pokrajini za leti 1955 in 2003. Na koncu smo ugotovljeni trend upadanja intenzivnosti erozijskih procesov skušali vzporejati s socioekonomskimi spremembami tega prostora v obravnavanem obdobju. V teku omenjenega obdobja smo ugotovili trend upadanja erozijske aktivnosti. Nelinearnost tega procesa gre verjetno pripisati različnim virom zajema podatkov za posamezna obdobja analize, pri čemer gre levji delež pripisati razlikam v zelo vplivnem koeficientu erozijske izraženosti  $X_a$ . V splošnem lahko trdimo, da so erozijski procesi najbolj intenzivni v zgornjem delu porečja in na pritokih spodnjega dela porečja. Med letoma 1955 in 2003 se je površina erozijskih žarišč zmanjšala z  $2,74 \text{ km}^2$  na  $0,36 \text{ km}^2$  oziroma 7,6-krat. Ekspozicije erozijskih žarišč se glede na strani neba spreminjajo izrazito zvezno z viškom na pobočjih, ki gledajo na jugovzhod in vzhod, in nižkom na pobočjih, ki gledajo na zahod.

**Ključne besede:** Dragonja, geomorfologija, erozija, raba tal, letalski posnetki

VARIAZIONI NELL'INTENSITÀ DI EROSIONE DEL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME  
DRAGOGNA NELLA SECONDA METÀ DEL VENTESIMO SECOLO

## SINTESI

L'articolo tratta i processi di erosione del suolo del bacino idrografico del fiume Dragogna e la sua evoluzione. Per la valutazione dell'intensità dei processi di erosione è stato usato il metodo Gavrilović, che permette di stimare la quantità di materiale distaccato e dilavato anche usando fonti indirette, quali le fotografie aeree. I dati disponibili per l'analisi rientrano nell'intervallo di tempo che comprende la seconda metà del ventesimo secolo. I risultati indicano che durante il periodo analizzato si è verificata una diminuzione nell'intensità dei processi di erosione. La non-linearità di tale tendenza è dovuta probabilmente a differenti fonti di dati per differenti intervalli temporali. I processi erosivi sono in generale più intensi nei tratti superiori del bacino idrico e negli affluenti della parte inferiore del fiume Dragogna. Fra gli anni dal 1955 al 2003, la superficie dei calanchi si è ridotta da  $2,74 \text{ km}^2$  a  $0,36 \text{ km}^2$ , il che significa una diminuzione pari a 7,6 volte. I calanchi sono in continuo mutamento, e raggiungono la loro massima esposizione su pendii rivolti a sud-est ed est, mentre la minima su pendii rivolti a ovest.

**Parole chiave:** fiume Dragogna, geomorfologia, erosione, uso del suolo, fotografia aerea

## UVOD

Vodna in vetrna erozija sta običajna procesa preoblikovanja pokrajin na vseh celinah. Vendar se ponekod javljata pogosteje in z večjo intenziteto kot drugod. Erozija prsti je postala problem, ko je človek začel površje kmetijsko izkoriščati. Čeprav danes v razvitem svetu ni več tako žgoče vprašanje, kot je bilo recimo v tridesetih letih prejšnjega stoletja (v času "dust bowl"), problem kljub temu ostaja tako v razvitih, še bolj pa v državah v razvoju, ki so močnejše vezane na kmetijsko proizvodnjo. Intenzivne padavine v hladni polovici leta, pogosto v obliki neviht in ploh, močni vetrovi, dolgotrajne visoke poletne temperature, ki so vzrok za mirovanje rastlinstva, dolgotrajna in intenzivna raba površja za kmetijstvo itd. so nekateri od dejavnikov, ki prispevajo k jakosti erozije v sredozemskem svetu. Zaradi tega se je to območje v literaturi uveljavilo kot eno klasičnih območij preučevanja tega kompleksnega pojava, še posebej v navezavi z dolgotrajno in intenzivno kmetijsko rabo, ki je za ta del sveta značilna (Morgan, 1979). Tudi istrska pokrajina, kot del tega sveta, je neprekinjeno naseljena in izkoriščana že od predantike (Darovec, 1992), zato se antropogeni učinki na erozijo prsti, tako kot v preostalem Sredozemlju, verjetno pojavljajo že zelo dolgo.

Namen prispevka je opredelitev razvoja in spreminjanja intenzivnosti erozijskih procesov iz preteklosti v sedanost. Pri tem je v središču zanimanja predvsem spreminjanje hitrosti sproščanja prepereline in odnos oziroma vpliv, ki ga ima človeška družba na fenomen pospešene erozije. V delu smo skušali med drugim ugotoviti, ali je erozija opazen proces v pokrajini in ali se zrcali tudi v delovanju človeške družbe. Za doseg tega namena je treba:

- opredeliti količino sproščene prepereline in njeno časovno spreminjanje;
- poiskati vzroke za take spremembe;
- v okviru tega še posebej izločiti vpliv, ki ga ima človeška družba na erozijo.

Gavriločeva metoda, ki obsega osrednji del metodološkega aparata prispevka, izhaja iz gozdarstva (hudourništva) in je doslej doživela široko uporabo na slovenskih porečjih. Na Dragonji je bila Gavriločeva metoda uporabljena dvakrat, obakrat v izvorni obliki. Prvič leta 1971 v okviru Podjetja za urejanje hudournikov (Paulič, 1971). Na podlagi te raziskave so v porečju opravili hidrorregulacijska dela z namenom preprečevanja pospešene erozije. Drugič je metodo uporabila Globevnik in na podlagi primerjave z letom 1971 skušala ocenjevati razvoj intenzivnosti erozijskih procesov (Globevnik, 2001). Gavriločevino metodo so uporabili tudi na hrvaškem delu reke Dragonje (Vodoprivreda, 1987). Globevnik (2001) je skušala v okviru doktorskega dela oceniti spremembe v režimu reke Dragonje in razvoj erozijskih procesov ter kako nanje vplivajo naravne

in družbene spremembe v porečju. Petkovšek (2002) je skušal natančneje oceniti faktor erozivnosti  $R$ , ki se vključuje v enačbo RUSLE (Revised universal soil loss equation) in je kasneje na podlagi te enačbe podal oceno sproščanja in odplavljanja v porečju Dragonje. Šraj (2003) se je v svojem doktorskem delu osredotočila na ocenjevanje deleža padavin, ki jo različne rastlinske združbe zadržijo. Nedavno tega je bila izdelana doktorska disertacija s področja erozije v porečju Dragonje tudi v geografskih vrstah. Zorn je ocenil dinamiko različnih geomorfni procesov, ki potekajo na rečno-denudacijskem reliefu tega porečja (Zorn, 2007).

## METODE

Osrednji del metodološkega aparata je Gavriločeva metoda (Gavriločič, 1970). Prednosti metode so, da je lahko umljiva in da je njena aplikacija enostavna, slabost pa je, da se končni kvantitativni rezultat jakosti erozije izračuna tudi iz kvalitativnih ocen parametrov, zastopanih v enačbi. Zato se uvršča v skupino *empirično parametričnih modelov*. Če je analizirano površje (porečje ali erozijsko območje) preveč morfološko pestro, da bi ga lahko obravnavali kot enoto, ga lahko izboljšamo z analizo po podenotah in ga tako naredimo *distribuiranega*.

Erozijski koeficient  $Z$  je mera, s katero ocenjujemo intenzivnost oziroma gostoto erozijskih procesov. Večletni poskusi različnih avtorjev, ki jih je Gavriločič sintetiziral, so pripeljali do naslednje empirične enačbe, s katero ocenjujemo stopnjo erozijskega koeficienta  $Z$ :

$$Z = Y \cdot Xa \cdot (\varphi + \sqrt{J})$$

$Y$  je koeficient erodibilnosti.  $X$  in  $a$  se obravnavata skupaj in predstavljata koeficient rabe tal (vegetacijski koeficient),  $X$  kot posledica naravnih razmer ter  $a$  kot koeficient zaščitnih ukrepov, ocenjen na podlagi obsega protierozijskih del, opravljenih v porečju. Koeficient  $\varphi$  predstavlja številsko oceno izraženosti erozijskih procesov,  $J$  pa srednji naklon območja, izražen v metrih oziroma procentih (Gavriločič, 1970).

Koeficient erodibilnosti lahko opišemo tudi kot obratno vrednost odpornosti prsti na spiranje zaradi energijskega vnosa dežnih kapljic. Ponavadi je določen eksperimentalno v laboratoriju ali na terenu, na osnovi teh rezultatov pa so podane tabele standardnih vrednosti (Tab. 1).

Parametra  $Xa$  in  $\varphi$  sta bila za porečje Dragonje pridobljena z metodo fotointerpretacije aeroposnetkov, le skrajni južni del (južni del porečja levega pritoka Argila) je bil zaradi dejstva, da nimamo aeroposnetkov za leto 2003, kartiran na terenu. Uporabljeni so bili posnetki iz treh obdobj, ki približno ustrezajo obdobjem interesa in predhodnih raziskav. Ta obdobja so leto 1954 skupaj z letom 1957 (slednje za jugozahodni del porečja), leto 1975, ki se raziskavi, opravljeni leta 1971, še najbolj približuje, in leto 2003, ki naj bi ponazarjalo današnje stanje.

**Tab. 1: Vrednosti koeficienta  $Y$  (vir: Gavrilović, 1970).  
Tab. 1: The values of the coefficient  $Y$  (source: Gavrilović, 1970).**

Litološke in pedološke značilnosti matične podlage	$Y$
peski, prodi in nevezani sedimenti	1,00
puhlice, tufi in stepske prsti	0,80
prepereli karbonati in laporji	0,60
peščenjaki, bazične magmatske kamnine in fliš	0,55
podzoli, skrilavci in različni tipi gnajsov	0,50
neprepereli karbonati, rdeče prsti in humusno-silikatne prsti	0,45
gorske prsti	0,40
psevdooglejene in oglejene prsti	0,30
črne prsti in rečne naplavine dobre strukture	0,25
nepreperle predornine	0,12

Koeficienta rabe tal  $X$  in zaščitenosti površja  $a$  ponazarjata številsko oceno zaščitenosti območja pred atmosferskimi vplivi in erozijo. Koeficient  $X$  je odvisen od zemljiške kategorije, značilnosti rastlinske združbe in stopnje pokritosti, koeficient  $a$  pa od ukrepov, usmerjenih v manjšanje erozijske aktivnosti (predvsem v kmetijstvu). V bistvu se koeficienta obravnavata skupaj, njuna vrednost pa se lahko giblje med 0,01 za popolnoma zaščiteno površje in 1 za popolnoma golo in nezaščiteno površje. Interpretacijski ključ se je kljub nekaterim pomanjkljivostim poskušal nasloniti na kategorije, ki so določene v izvorni Gavrilovičevi shemi. Nekatere kategorije so bile zaradi podobnosti združene v eno, nekatere izpuščene in nekatere preurejene.

V kategorijo *povsem golo površje* so bile uvrščene površine erozijskih žarišč, obsežnejša prodišča v strugah vodotokov in območja, razgaljena zaradi gradbenih del. To so površine, kjer je pomanjkanje vegetacije popolno ali skoraj popolno. Na črno-belih posnetkih so se kljub flišni podlagi jasno ločile od preostalega območja po zelo svetlih površinah, ki so bile v izrazitem kontrastu z okolico. Na barvnih posnetkih so bila tako prodišča kot erozijska žarišča sive barve. Območja, kjer so procesi manj aktivni ali so prekrita s tanko preperelino, pa so bili na posnetkih videti bolj rjave barve. Barvno razlikovanje je možno tudi zaradi razlik med peščenjaki in muljevci. Tudi s tega vidika obstaja določena stopnja povezanosti, saj so muljevci manj odporni in manj prepustni za vodo, zato so erozijski procesi na njih intenzivnejši.  $X_a = 1$ .

Na črno-belih posnetkih smeri oranja največkrat ni bilo videti. Še posebno to velja za posnetke iz let 1954 in 1957, ki imajo manjšo natančnost. Zato so bile v kategorijo *njive z oranjem v smeri naklona* štete njivske površine v dnu dolin in na površinah tako rekoč brez naklona. V Slovenski Istri skorajda ni njiv, ki jih ne bi

orali prečno na smer naklona. Njive se od preostalih površin ločijo po hrapavi teksturi in pravokotni obliki.  $X_a = 0,9$ .

*Sadovnjaki in vinogradi brez zeliščne vegetacije* so površine, ki niso terasirane in so redno orane. Tudi ta kategorija je skoraj izključno v dnu dolin, saj klasifikacija loči tudi sadovnjake in vinograde v smeri plastnic. Na slikah jih prepoznamo po urejenosti v vrste, sadovnjake pa po pikčastem vzorcu okroglih krošenj. Možna je predvsem zamenjava mladih oljčnikov z njivami, ker drobnih stebelc in njihovih senc ne vidimo. Sadovnjake s starim drevjem je možno zamenjati z gozdom. Sadovnjakov in vinogradov z zeliščno vegetacijo v Gavrilovičevi klasifikaciji ni. Na osnovi domneve o večji odpornosti na erozijske procese smo te površine prišteli med sadovnjake in vinograde v smeri plastnic.  $X_a = 0,7$ .

V kategorijo *travinje* so bile vštete vse travne površine, torej tako travniki kot pašniki pa tudi zatravljena zaraščajoča se površine, ki niso v uporabi. Ta kategorija se na črno-belih posnetkih ločuje od drugih po homogeni svetlejši sivi barvi.  $X_a = 0,4$ .

Klasifikacija na tem mestu loči degradirane gozdove in gozdove z erodiranimi tlemi. V porečju Dragonje kot tudi širše v Slovenski Istri so v pokrajini mnogo bolj markantna poteza grmišča in mladi gozdovi. To kategorijo karakterizirata predvsem grmiščna vegetacija in mlad gozd, ki se uveljavljata na nekdanjih obdelovalnih površinah. Tudi za nekatere združbe gozdov v Slovenski Istri je značilen travni sloj (predvsem gozdovi hrasta puhavca (*Quercus pubescens*) in gradna (*Quercus petraea*) z jesensko vilovino (*Sesleria autumnalis*)). Na letalskih posnetkih jih je moč ločiti po svetlejši barvi goste travne vegetacije, ki še obstaja v sencah grmičja in mladih drevesc. Zaradi neizrazitosti degradiranih gozdov in izrazitih površin v zaraščanju v obeh letih obravnave sta se avtorja odločila za zamenjavo kategorije degradirani gozdovi in grmišča z erodiranimi tlemi s kategorijo *grmišča in mladi gozdovi* in ji prirediti vrednost koeficienta  $X_a = 0,0375$ . Vrednost je bila določena na podlagi članka S. Keesstre in O. van Dama (Keesstra, 2007), ki sta za isto območje izdelala podobno raziskavo, le da sta za oceno količine odplavljanja uporabila metodo RUSLE. Med kategorijami rabe tal oziroma faktorja  $C$  sta upoštevala tudi mladi gozd ( $C = 0,003$ ) in gozd ( $C = 0,004$ ). Potrebna je bila le še uskladitev v vrednostmi Gavrilovičevega koeficienta  $X_{a_{gmg}} = 0,05 \cdot 0,003 / 0,004 = 0,0375$ .

Preostali del gozdov je bil uvrščen med *gozdove dobre sestave in zarasti*. Ti so na posnetkih temno sive oziroma temno zelene barve z dobro vidnimi, gostimi krošnjami.  $X_a = 0,05$ .

*Njive v smeri plastnic* so tiste, ki ležijo na pobočju, imajo razgaljeno rušo in niso na terasah. Možna je zamenjava z mladimi oljčniki oziroma na ortofotu-načrtu iz leta 2003 s terasiranimi površinami.  $X_a = 0,63$ .

Podoben kot je odnos med njivami z oranjem v

smeri naklona in njivami v smeri plastnic, je tudi odnos med sadovnjaki in vinogradi brez zeliščne vegetacije in *sadovnjaki in vinogradi v smeri plastnic*.  $X_a = 0,315$ .

Med terasirane površine je bilo všteto vse, kar je na terasah, ne glede na prevladujočo zemljiško kategorijo, izvzemši terase, na katerih prevladuje gozd. Vir možnih napak je predvsem ortofoto-načrt, na katerem je brez posrednih znakov relief neviden.  $X_a = 0,36$ .

Zaradi tako široke zasnovanosti kategorije terasirane površine je bila terasam dodana dodatna kategorija *pogozdene ali ogozdene terase*. Mednje so štete terase, na katerih se razrašča gozd. To so večinoma terase na pobočjih z izrazito severno ekspozicijo, ki so bile po največjem razmahu obdelovalnih površin v drugi polovici 19. stoletja opuščene najprej. Na njih je danes enak gozd kot v gozdovih dobre sestave in zarasti. Na nekdanje terasiranje opozarja le stopničastost, ki je opazna na krošnjah. Možna je zamenjava z gozdom dobre sestave in zarasti, saj so krošnje slab kazalec mikrooblikovanosti površja pod njimi. Zamenjava ni tako huda napaka, ker imata obe kategoriji enaki vrednosti  $X_a = 0,05$ .

Osnovni razpredelnici je bila dodana kategorija *pozidane površine*  $X_a = 0,1$ . Te ponazarjajo le naselja, torej območja zgoščene pozidave, ne pa tudi prometnic. Prometnice so bile iz členitve izpuščene, ker so lahko glede vrednosti koeficienta, ki bi jim ga pripisali, zavarjajoče. Za asfaltirane površine lahko trdimo, da erozije praktično ni, zato bi koeficientu  $X_a$  pripisali vrednost 0. Večkrat te površine rabijo za koncentracijo vode (infiltracija v asfalt je 0), ki je speljana v obcestni kanal. Erozijska se v takem kanalu, če ni obzidan, lahko močno pospeši. Kolovozi in vlake so zaradi svoje razgaljenosti in kolesnic, ki lovijo in usmerjajo vodo, ravno tako potencialni vir erozije, pod pogojem, da je naklon na njih dovolj velik. To se nazorno kaže na kolovozu, ki iz Trseka vodi južno proti dolini Dragonje.

Napak pri identifikaciji tipov rabe tal in koeficienta erozijske izraženosti je nekaj vrst. Lahko so nastale za-

radi uporabe po natančnosti, mediju in barvni globini različnih aeroposnetkov. Raba tal za leto 1954 skupaj z letom 1957 je bila zajeta s pomočjo identifikacije kategorij iz stereoskopskih parov in prerinovanja na karto merila 1 : 25.000. Napake pri tem pristopu lahko izvirajo iz slabšega prepoznavanja kategorij in generalizacije pri prenašanju identificiranega na karto. Raba tal v letu 2003 pa je bila zajeta s pomočjo digitalnih barvnih ortofoto-načrtov. Napake pri tem pristopu lahko izvirajo iz uničenja paralakse v procesu pretvorbe aeroposnetkov v ortofoto-načrt. Zaradi tega so terase vidne le zaradi senc, ki jih mečejo, ali pa lahko nanje sklepamo zaradi ozkosti parcel, ki jih določa oblika terase. Če ni ne enega ne drugega, je ločevanje teras brez dodatnih informacij zelo težavno. Karti koeficientov  $X_a$  za obdobji 1954/57 in 2003 sta bili med seboj le delno usklajeni. Zajem podatkov za obe obdobji je potekal neodvisno drug od drugega, nato pa je prišlo na že izdelanih kartah do delnega usklajevanja obeh. Zato je na nekaterih mestih možna tudi kakšna nelogična kombinacija. Karta rabe tal za leto 2003 je bila preverjena na terenu na dveh kontrolnih mestih: v porečju Argile v okolici Merišča in v povirnih delih Stranice.

Koeficient  $\phi$  ponazarja stopnjo izraženosti erozijskih procesov v porečju ali erozijskem območju. Vrednosti tega koeficienta se gibljejo med 0,1 in 1 (Tab. 2).

Ocenjevanje erozijskega koeficienta  $\phi$  je težavno, ker načeloma sloni na ekspertni oceni nekoga, ki metodo pozna in ima dovolj znanja, da je sposoben oceniti stopnjo izraženosti erozijskih procesov na podlagi vide-nega. Zaradi tega sta se avtorja pri oceni tega koeficienta kot tudi pri delitvi na podporečja in delitvi tipov erozijskih žarišč na *erozijska žarišča površinske erozije* in *erozijska žarišča globinske in bočne erozije* naslonila na raziskavo, ki jo je opravil PUH (Paulič, 1971) po kateri je povzela tudi Globevnik (2001). V njej delijo erozijska žarišča še na ožja in širša. Prva so tista, kjer prehaja površinska erozijska v globinsko, druga pa zahtevajo vegetacijsko ureditev površin (Pintar & Mikoš, 1983).

**Tab. 2: Značilne vrednosti koeficienta  $\phi$  (vir: Gavrilović, 1970).**

**Tab. 2: Typical values of the coefficient  $\phi$  (source: Gavrilović, 1970).**

Dejavniki, ki vplivajo na vrednost koeficienta $\phi$	$\phi$
Območje je povsem golo z izraženo jarkovno in žlebično erozijo. Prevladuje globinska erozija.	1,00
Na okrog 80% porečja prevladuje jarkovna in žlebična erozija.	0,90
Na okrog 50% porečja prevladuje jarkovna in žlebična erozija.	0,80
V celem porečju je razvita površinska erozija. Nekaj je žlebičenja in jarkov. Tudi močna kraška erozija.	0,70
V celem porečju je razvita površinska erozija. Brez žlebičenja in jarkov.	0,60
Na polovici porečja je razvita površinska erozija, preostali del pa je ohranjen.	0,50
Na 20% porečja je razvita površinska erozija, preostali del pa je ohranjen.	0,30
V porečju ni vidnih sledov erozije. Na bregovih vodotokov so manjši usadi in zdrsi.	0,20
Porečje brez vidnih sledov erozije. Prevladujejo ornice.	0,15
Porečje je brez vidnih sledov erozije. Prevladuje gozd, deloma tudi travniki in pašniki.	0,10

Zadnji izmed dejavnikov, ki se vključuje v enačbo intenzitete erozije  $Z$ , je povprečni naklon v porečju ali erozijskem območju  $J$  in se izraža v metrih (Gavrilović, 1970) oziroma odstotkih (Paulič, 1971).

Razen z Gavrilovićevo metodo sta avtorja časovni razvoj v okviru mogočega ocenila s pomočjo primerjave obsega erozijskih žarišč med leti 1954/57 in 2003. Pri tem obstaja možnost večine zgoraj omenjenih napak.

Neobhoden rezultat vsake metode, ki se ukvarja z vodno erozijo, je tudi poskus ocene količine sproščene in odplavljenega gradiva. Gavrilović (1970) je na podoben način kot zgoraj enačbo izpeljal tudi to:

$$W_l = \sqrt{\frac{t^0 + 1}{10}} \cdot H_l \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot F,$$

kjer je  $W_l$  povprečna letna produkcija sproščene prepeleline v  $m^3 \text{ leto}^{-1}$ ,  $t^0$  je povprečna letna temperatura zraka območja v  $^{\circ}\text{C}$ ,  $H_l$  ponazarja povprečno letno višino padavin v mm,  $F$  je površina porečja v  $\text{km}^2$  in  $Z$  zgoraj pojasnjeni erozijski koeficient.

Pri odločanju med uporabnostjo in natančnostjo modela se je Gavrilović verjetno raje odločal za prvo. To je razvidno iz uporabe enostavnih in lahko umljivih parametrov, ki jih ni težko pridobiti, ter prednostne uporabe povprečnih vrednosti (padavine in temperature) pred ekstremnimi. Enačbe, ki privedejo do izračuna količinske ocene sproščene prepeleline, pa so naravnane na zmerne in humidne podnebne tipe.

Ker je bila Gavrilovićevo metoda za izračun intenzivnosti erozije v porečju Dragonje uporabljena že dvakrat (Paulič, 1971; Globovnik, 2001) in ker je mogoče parametre, ki se vključujejo v enačbo, kljub njihovim pomanjkljivostim oceniti tudi posredno, se je izbrana metoda za pričujočo raziskavo izkazala kot daleč najprimernejša.

### Opis porečja s parametri Gavrilovićeve metode

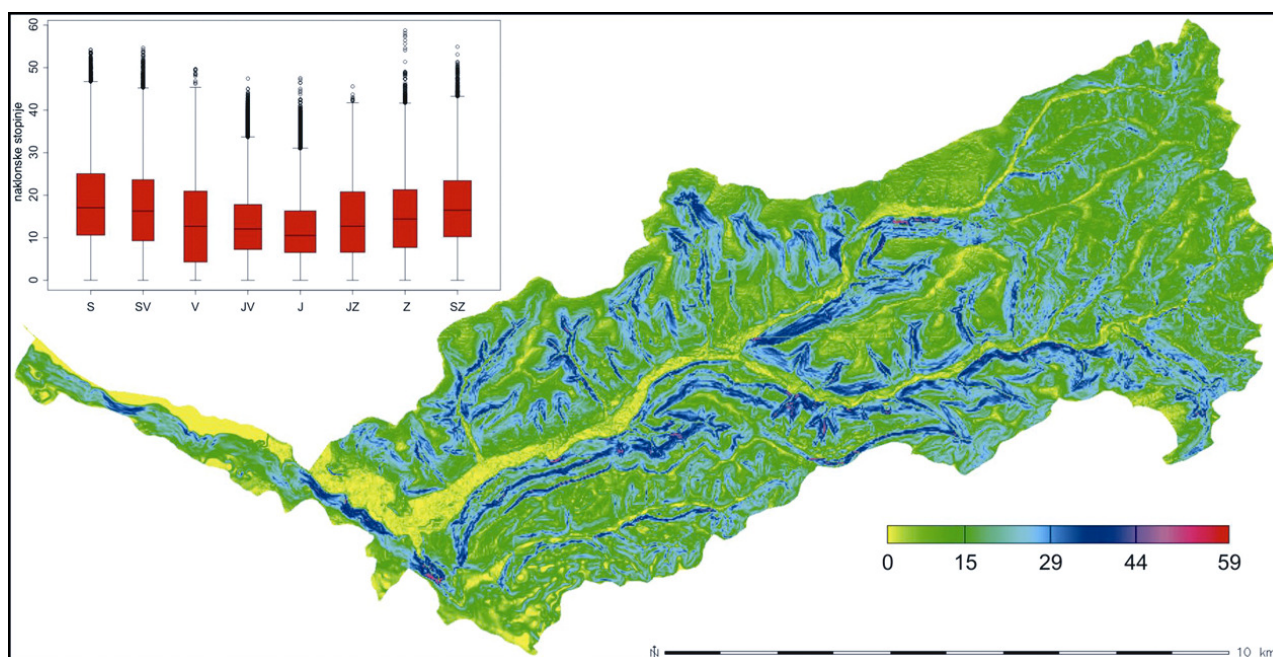
Dragonja je ena redkih slovenskih rek z neposrednim izlivom v morje. Njeno porečje leži na južnem delu Slovenske Istre, okrog četrtnina pa tudi na hrvaškem ozemlju. Danes porečje obmejne Dragonje obsega okrog  $94 \text{ km}^2$  površja. Glede na povprečni naklon v porečju, ki znaša  $J = 14,85^{\circ} = 25,62\%$ , in povprečno višinsko razliko v kvadratnem kilometru bi lahko večino porečja uvrstili med gričevja, akumulacijsko ravnico ob spodnji Dragonji med ravnine, nekatere dele ob zgornjem toku Dragonje pa med hribovja (Perko, 1994).

Razporeditev površja po posameznih ekspozicijah je na sliki 1 prikazana s širino škatlastega grafikona, nakloni pa so v stopinjah opredeljeni na ordinatni osi. Najbolj zastopan je prav razred z najmanjšimi nakloni. Severne ekspozicije so zastopane nadpovprečno, predvsem zaradi poteka glavnih slemen v smeri sever-jug, verjetno pa tudi zaradi spodnjega dela porečja, kjer je porečje proti severu "odprto", na jugu pa se zaključuje z

ravnikom Bujskega krasa. Jasnó je razvidno, da so severne ekspozicije strmejšé od južnih. Strmejšé severne ekspozicije pa niso značilnost zgolj porečja Dragonje. Človek bi lahko hitro pomislil, da je za večjo strmino severnih ekspozicij krivo predvsem pobočje Bujskega krasa. Strma pobočja s severno ekspozicijo se pojavljajo povsod v flišni Slovenski Istri, kjer večina glavnih slemen poteka v smeri vzhod-zahod. Od tod tudi prevlada južnih in severnih ekspozicij nad vzhodnimi in zahodnimi (Sl. 1). Takšna razporeditev naklonov verjetno ni posledica vpada skladov, saj so skladi v zahodnem delu porečja večinoma vodoravni, v vzhodnem delu pa so bolj nagubani. Edino pobočje, ki je jasno vezano na strukturo, je stik Bujskega krasa z dolino spodnjega toka Dragonje. To je skladno, a je poleg ozko vrezanih grap v flišu najstrmejšé v porečju (Sl. 1).

Koeficient erodibilnosti nam skuša na številčni osnovi opisati značilnosti podlage z vidika njene izpostavljenosti eroziji. Nanj vplivajo značilnosti geološke podlage in značilnosti prsti. Pri geološki podlagi sta pomembni petrografska in mineralna sestava, saj predvsem ti dve določata dovzetnost za različne oblike preperevanja in odnašanja, vplivata pa tudi na značilnosti prsti, ki nastanejo iz posameznega substrata. Večina lastnosti prsti vpliva na izpostavljenost k njenemu odnašanju. Te naj bi obsegale teksturo, strukturno stabilnost, delež organskih snovi, vrsto glinenih mineralov in druge kemične lastnosti prsti (Lal, 1994). Mikoš deli lastnosti prsti v tri sklope: na osnovne (poroznost, gostota, prepustnost, vodosprijemnost, vodozadrževalnost), posledične (povezanost, lepljivost, vlažnost) in odvisne (stabilnost, nosilnost, obstojnost, obdelovalnost, rodovitnost in uporabnost) (Pintar & Mikoš, 1983; Mikoš, 1995). Litološko lahko obravnavano ozemlje delimo v grobem na tri dele (Sl. 2). Površinsko močno prevladuje **območje klastičnih kamnin** ( $83 \text{ km}^2$  oziroma  $87,4\%$ ), ki so granulacijsko precej raznolike.

Avtomorfne prsti, razvite na podlagi iz klastičnih kamnin, sežejo od surovih prsti (regosol) do evtričnih rjavih prsti. *Surove prsti* se pojavljajo na najstrmejših pobočjih, kjer je odnašanje zelo močno. Zaradi mehke flišne podlage se tvorijo dokaj hitro in imajo majhen delež skeleta. V pedosekvenci surovi prsti sledi *karbonatna rendzina na flišu*. Po pedološki karti obsega ta tip prsti največje površine. Večinoma se pojavlja na strmih pobočjih. Ta prst je že dovolj rodovitna, da so jo ponekod tudi kmetijsko izkoriščali (Lovrenčak, 1994). Tako je nastala *antropogena rendzina na flišu*. Kjer se naklon pobočij zniža toliko, da omogoča razvoj debelejših prsti oziroma to omogoča zaščitni sloj rastlinstva, in kjer človek v prst ni posegal pretirano, najdemo *evtrične rjave prsti na flišu*. Če je površje toliko uravnano, da je zaradi tega oteženo odtokanje vode, se v rjavih prsteh pojavijo znaki *psevdooglejevanja*. Najdemo jih v višjih delih dnov dolin in na širokih slemenih, ki so za Slovensko Istro tako značilna. Kjer se je uveljavilo globoko



**Sl. 1: Nakloni površja v porečju Dragonje in porazdelitev naklonov po ekspozicijah (podatki: DMR-25, GURS).**  
**Fig. 1: Slopes in the catchment of the Dragonja river and the distribution of slopes by expositions (data: DMR-25, GURS).**

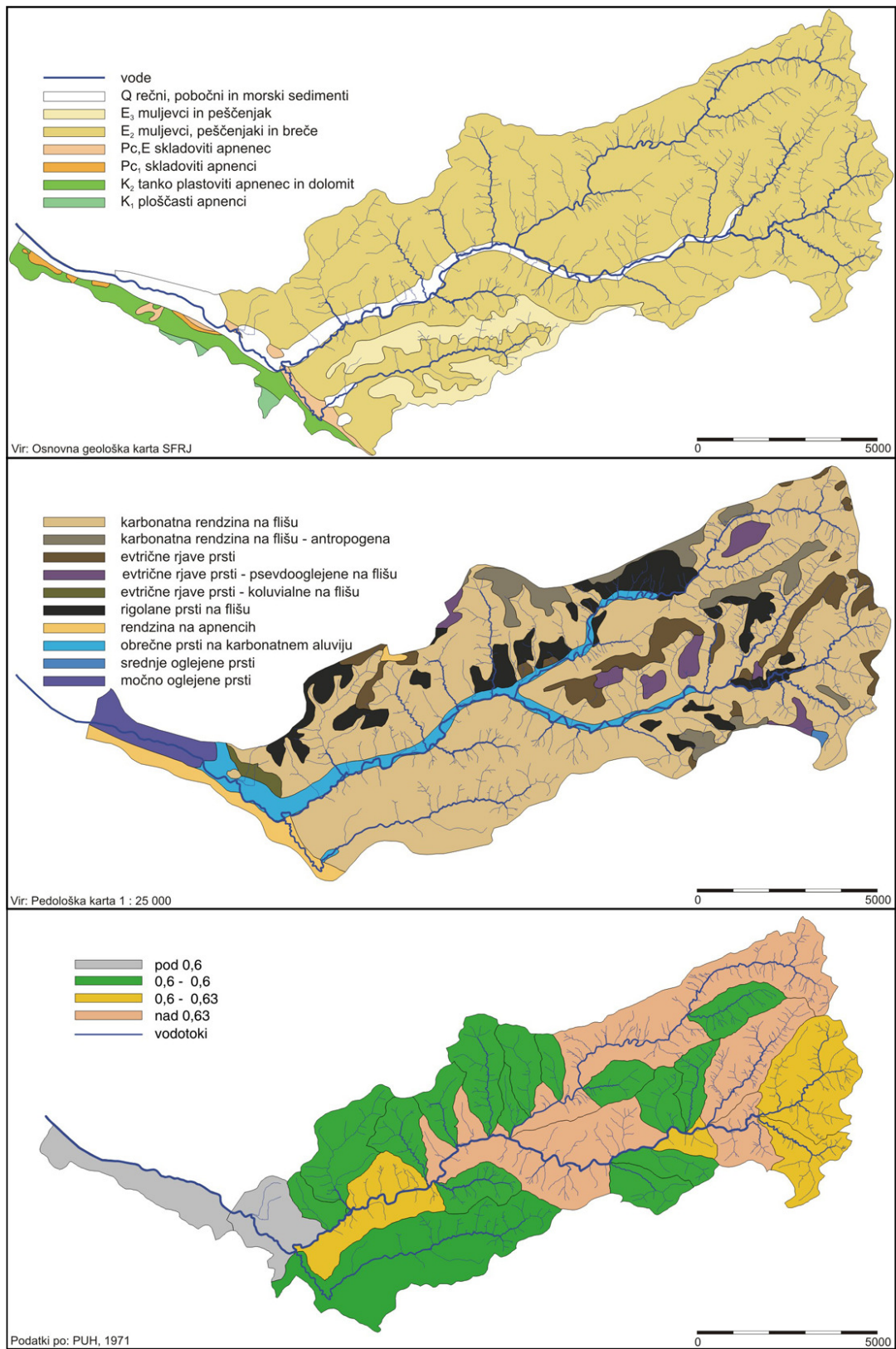
oranje, se je sestava uničila in prevladuje enotni horizont P. Tem prstem pravimo *rigolane prsti na flišu*. Večina jih je na terasah, ki so danes v precejšnji meri že opuščene (Globevnik, 2001).

Jugozahodni rob porečja se že vzpenja na rob Bujskega krasa. To je **območje dobro zakrasedelih apnencev**. Ti obsegajo 5 km<sup>2</sup> oziroma nekaj več kot 5% porečja Dragonje. Razen redkih grap, ki se spuščajo po strmih pobočju nad spodnjo dolino Dragonje, rečna mreža tu ni razvita. Poleg Bujskega krasa sta apneniški še dve okni, ki ju je Dragonja s svojim vrezovanjem ločila od ravnika, zasipavanje Dragonje pa ju še ni prekrilo. Na Bujškem krasu najdemo prsti, značilne za kraške pokrajine. To so predvsem *plitve rendzine*. Kjer se površje uravnava, v ulekninah in v dneh vrtač, najdemo tudi nekaj *jerovice*, ki je rdeča in je za apneniški del Istre tako značilna, da je po njej dobil ime (rdeča Istra). Prst je zaradi plitkosti sušna in dobro prepustna za vodo. Debelina omenjenih prsti je zelo raznolika in lahko v ulekninah in kraških žepih doseže več metrov.

Tretji del porečja Dragonje tvorijo **nesprijeti sedimenti v dnu dolin**, ki obsegajo 7 km<sup>2</sup> ali 7,3%. Največje območje predstavlja spodnja dolina Dragonje. Ti sedimenti so predvsem rečnega izvora, v spodnjem delu doline pa se delno mešajo z morskimi (Osnovna geološka karta SFRJ, 1973). Manjša območja rečnih sedimentov najdemo tudi višje v širših delih dolin, kjer strmec rekam naglo pade. Pobočnih sedimentov je malo, saj fliš hitro razpada v finejše gradivo, ki ga je

voda sposobna bolje odnašati, zato v podnožjih pobočij le redko zastaja v večjem obsegu. Ti sedimenti imajo daleč najvišjo erodibilnost med vsemi tremi omenjenimi območji. Če so že prestali erozivni transport, večinoma ležijo na mestih z majhnimi nakloni. Na tej podlagi so se razvili trije tipi prsti. Prvi tip so *obrečne prsti na karbonatnih naplavinah*. Te prsti najdemo na mladih rečnih nanosih ob vodotokih v srednjih delih dolin. Razlikujemo dva podtipa. V *srednje oglejenih prsteh* voda zastaja v globini od 30 do 100 cm. Najdemo jih v spodjem delu doline Dragonje in na planotasto uravnanim svetu okrog Sirčev, ki se že preveša v sosednje porečje Malinske. V najnižjih delih akumulacijske ravnice ob spodnji Dragonji najdemo *težke oglejene prsti*, pri katerih se talna voda zadržuje v globini od 5 do 70 cm. Te prsti so posledično glinaste in mastne, zaradi redukcijskih razmer pa temne do modrikaste barve. Glede na prej omenjeno členitev na podporečja, ki so osnovne celice naše analize, lahko priredimo koeficiente erodibilnosti, kot so razvidni iz slike 2.

V porečju Dragonje stalnih padavinskih ali klimatskih postaj monitoringa Agencije Republike Slovenije za okolje ni. V Koštaboni so potekala merjenja med letoma 1963 in 1994, na klimatološki postaji Dragonja pa med letoma 1961 in 1987. Na območju nekdanjega porečja Dragonje je klimatološka postaja Portorož. Povprečne letna količina padavin se v Slovenski Istri zvišuje od morja proti notranjosti, od okrog 1000 mm do več kot 1600 mm (Zupančič, 1998). Padavine se od morja proti



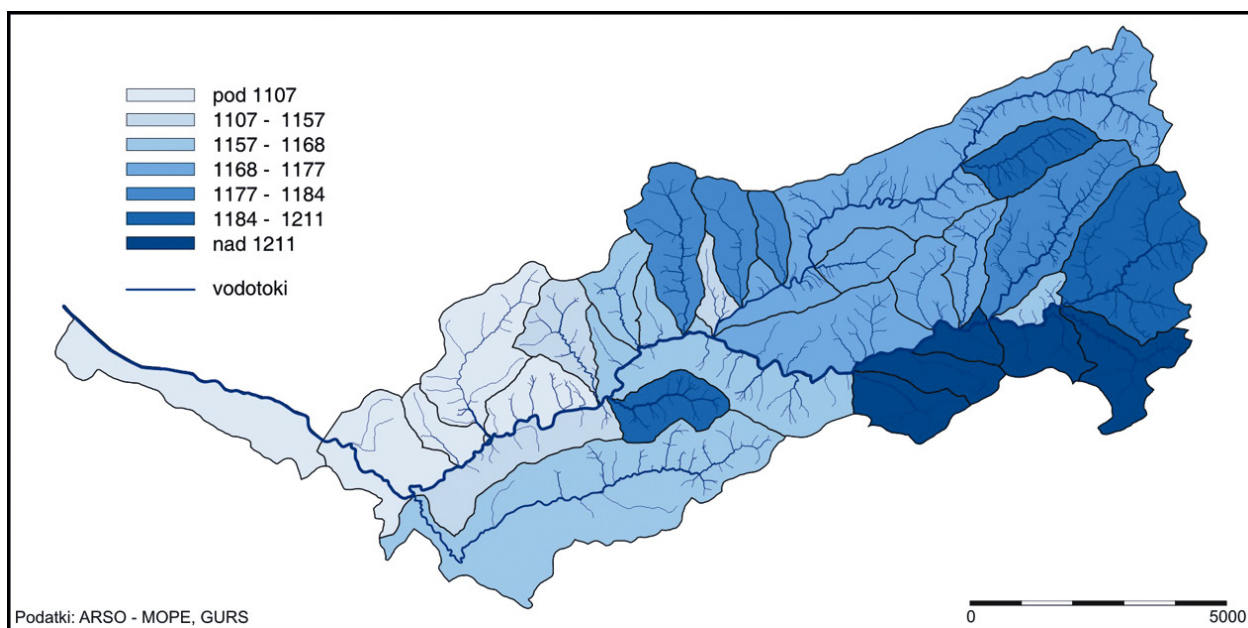
Sl. 2: Litološka karta, pedološka karta in karta koeficienta erodibilnosti Y.  
 Fig. 2: Lithological and pedological map and the map of the coefficient of erodibility Y.

notranjosti ne zvišujejo linearno. Naprej je višanje zložno, vzhodno od črte Tinjan-Dekani-Labor pa se letne padavine začnejo zviševati hitreje (Ogrin, 1995). Mesečna razporeditev padavin kaže submediteranski značaj. Srednja letna temperatura zraka v porečju je 13,5 °C ob obali (Portorož) in 11,5 °C v notranjosti (Kubed) (Ogrin, 1995). Srednja dnevna temperatura je v Portorožu januarja 4,9 °C, julija pa 22,6 °C. V Kubedu je srednja dnevna januarska temperatura 2,9 °C, julijska pa 20,7 °C (Ogrin, 1995). Avtorja članka predpostavljata, da se povprečna letna temperatura v zadnjih petdesetih letih v porečju Dragonje ni bistveno spremenila. Zato sta vrednosti za posamezna podporečja povzela po delu PUH (Paulič, 1971).

Delujoče in nekdanje postaje, razmeščene po Slovenski Istri, je v kombinaciji z nekaterimi "poceni" podatki moč uporabiti pri izboljšanju kakovosti podatkov za posamezna podporečja s pomočjo interpolacije. Avtorja predpostavljata, da so za padlo količino padavin pomembni predvsem lokalni maksimumi v reliefu. S pomočjo stometrskega digitalnega modela reliefa so bile pridobljene vrednosti lokalnih maksimumov in s pomočjo tankoplastnih zlepkov (Mitasova & Mitas, 1993) skozi te točke povlečena površina. Glede na dostopne podatke, sta nadmorska višina postaje in povprečna letna količina padavin tesno povezani. S pomočjo linearne regresijske analize, kjer je količina padavin na padavinski postaji odvisna spremenljivka, vrednost karte na lokaciji postaje pa neodvisna, je bila izvedena kalibracija pridobljene karte s padavinskimi podatki. V pridobljeni enačbi kot neodvisna spremenljivka nastopa interpolirana površina lokalnih maksimumov, na osnovi

katere je bilo moč oceniti padavine za območje celotne Slovenske Istre. Iz pridobljene zvezne karte je bila izdelana ocena povprečnih letnih višin padavin za posamezno podporečje analize (Sl. 3).

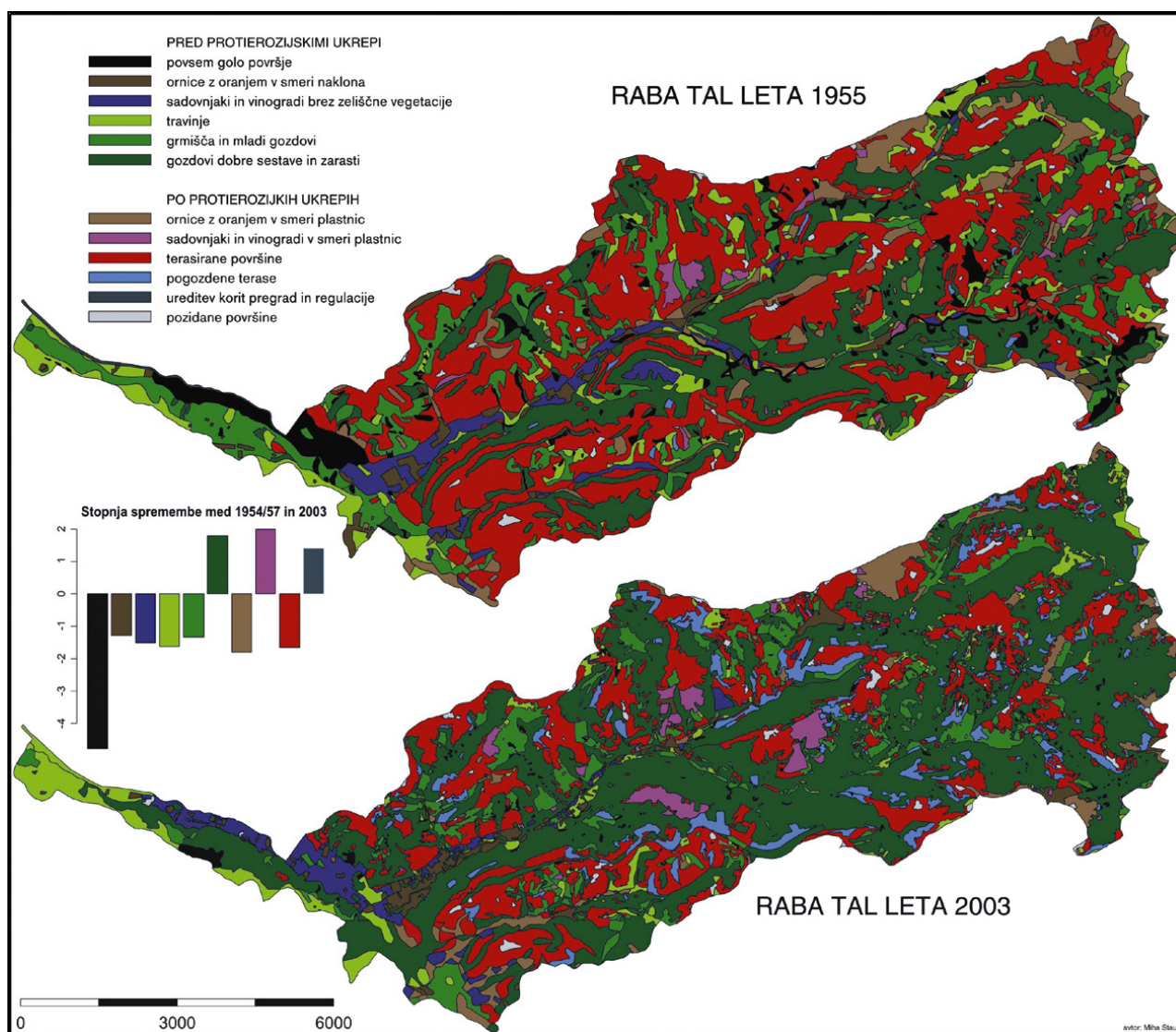
Spreminjanje rabe tal in širšega upravljanja prostora je kompleksen odsev številnih dogajanj v družbi. Bolje jih poznamo, manjša je možnost napake pri interpretaciji. Leta 1954, se pravi kmalu po vojni, je na območju porečja Dragonje še prevladovala kmetijska raba. Večina kmetijskih površin je bila obdelana, njive so bile zorane, sadovnjaki in vinogradi urejeni. Gozdni rob je bil na letalskih posnetkih jasno viden in izrazit. Kmetijstvo je v tistem času še močno oblikovalo pokrajino. Kljub nedavnim izselitvam kake polovice prebivalstva med letoma 1945 in 1954 (Titl, 1965) se njihov primanjkljaj na fotografijah še ne pozna toliko, saj potrebuje vegetacija več let, da zarase njive do take mere, da je njihova opuščenost opazna tudi na letalskih posnetkih. Zaradi tega so slike iz leta 1954 verjetno dober odsev stanja tudi za medvojno in bližnje predvojno obdobje. Še več časa pa je potrebnega, da parcela spremeni zemljiško kategorijo. To se začenja opaziti na fotografijah iz leta 1975, še bolj pa na fotografijah iz leta 2003, kjer so obsežna nekdanja kmetijska območja povsem opuščena (Sl. 4). Prevladuje mnenje, da po 2. svetovni vojni razen redkih teras, ki imajo izrazito severno lego in so bile opuščene že v drugi polovici 19. st., pokrajina ni bila nikoli bolj obdelana (Titl, 1965). Odseljevanje prebivalstva iz zalednih predelov v obmorska mesta se je začelo takoj po 2. svetovni vojni, trajalo je v celotni drugi polovici 20. stoletja in je začelo upadati šele v devetdesetih letih 20. stoletja (Natek, 1990).



Sl. 3: Povprečne letne padavine po podporečjih 1961–1991 v mm.

Fig. 3: Average yearly precipitation by sub-catchments 1961–1991 in mm.

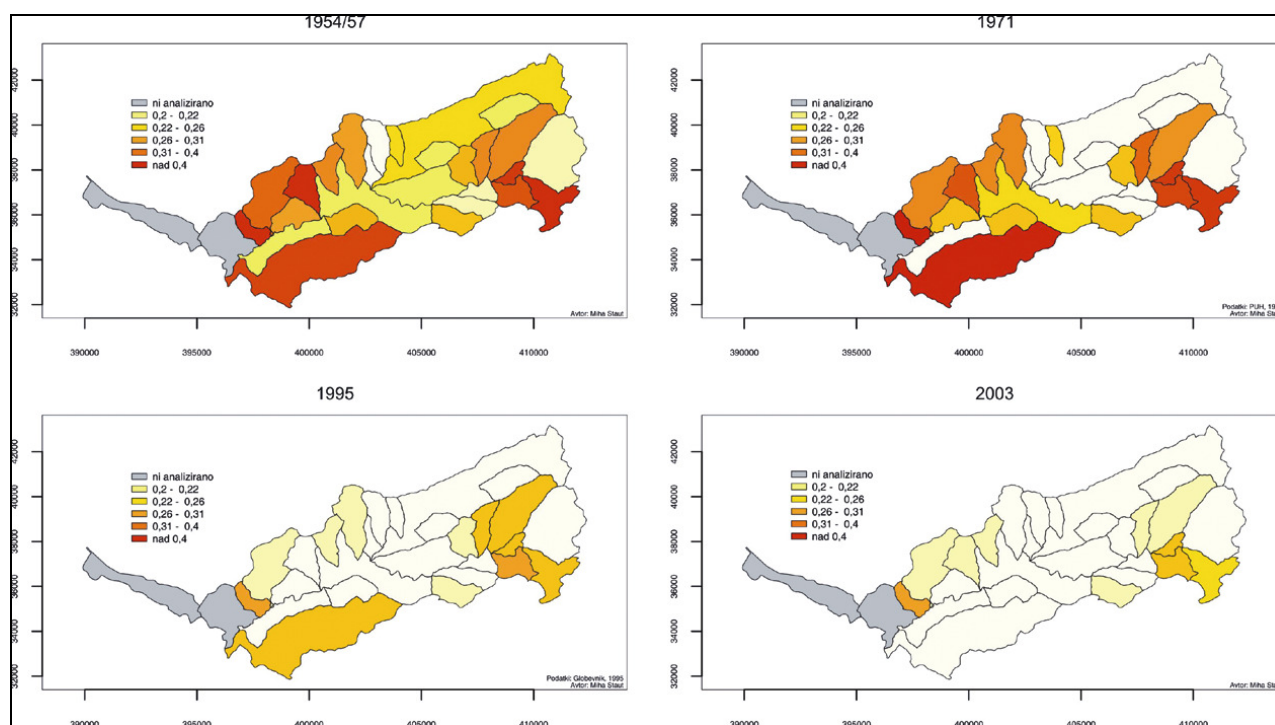




Sl. 4: Raba tal za leti 1955 in 2003 ter relativne spremembe zemljiških kategorij.  
 Fig. 4: Land use in the years 1955 and 2003 with relative change in land use types.

Uporabljena klasifikacija rabe tal se nanaša na izbrano metodo za oceno erozijskega koeficienta  $Z$ . Zato je tudi delitev nestandardna in le delno uporabna za tiste, ki se ukvarjajo z rabo tal. Najbolj obsežne spremembe rabe tal se kažejo v zmanjšanju terasiranih površin za  $14 \text{ km}^2$  in povečanju gozda za  $21 \text{ km}^2$ . Največji relativni spremembi pa sta skoraj 5-kratno zmanjšanje povsem golih površin in kar 16-kratno povečanje površin ogozdenih teras. Pozorni moramo biti predvsem na kategorije intenzivnejših oblik obdelave, ki so se vse po vrsti zmanjšale, razen konturno oranjenih sadovnjakov in vinogradov, saj v 50-ih letih v porečju še ni bilo večjih plantaž javnega sektorja. Gozd je postopoma preraščal vse, ne glede na prejšnjo kategorijo. Zato lahko trdimo, da na tem območju ni prišlo do ekstensifikacije obde-

lave, ampak do opuščanja, ki se je začelo takoj po 2. svetovni vojni in začelo upadati šele v 90-ih letih prejšnjega stoletja. Vzrok takemu opuščanju gotovo tiči tudi v drastičnem upadu števila prebivalstva v obdobju od konca 2. svetovne vojne do začetka 90-ih let. Samo v letih 1945 do 1954 se je izselila skoraj polovica vsega prebivalstva iz Slovenske Istre (Titl, 1965). V kasnejših letih pa je hitri družbeno-gospodarski prehod in razvoj obmorskih mest (predvsem Kopa) pritegnil precejšnje število ljudi iz zaledja v bližino zaposlitve. Priseljavanje iz sprva drugih območij Slovenije, kasneje pa tudi iz drugih republik nekdanje Jugoslavije, pa je bilo usmerjeno predvsem v obmorski pas. Zato je število prebivalstva v porečju hitro nazadovalo in se ustalilo šele v 90-ih, a predvsem na račun velikih naselij v spodnji



**Sl. 5: Spreminjanje koeficienta erozijske izraženosti  $\phi$  po analiziranih obdobjih.**  
**Fig. 5: Changing of the coefficient of erosional expression  $\phi$  by sub-catchments.**

dolini Dragonje. V manjših in bolj oddaljenih naseljih pa je število prebivalcev nezadržno padalo še naprej. Ne le, da je nazadovalo število prebivalstva, marveč se je manjšal tudi delež kmetov.

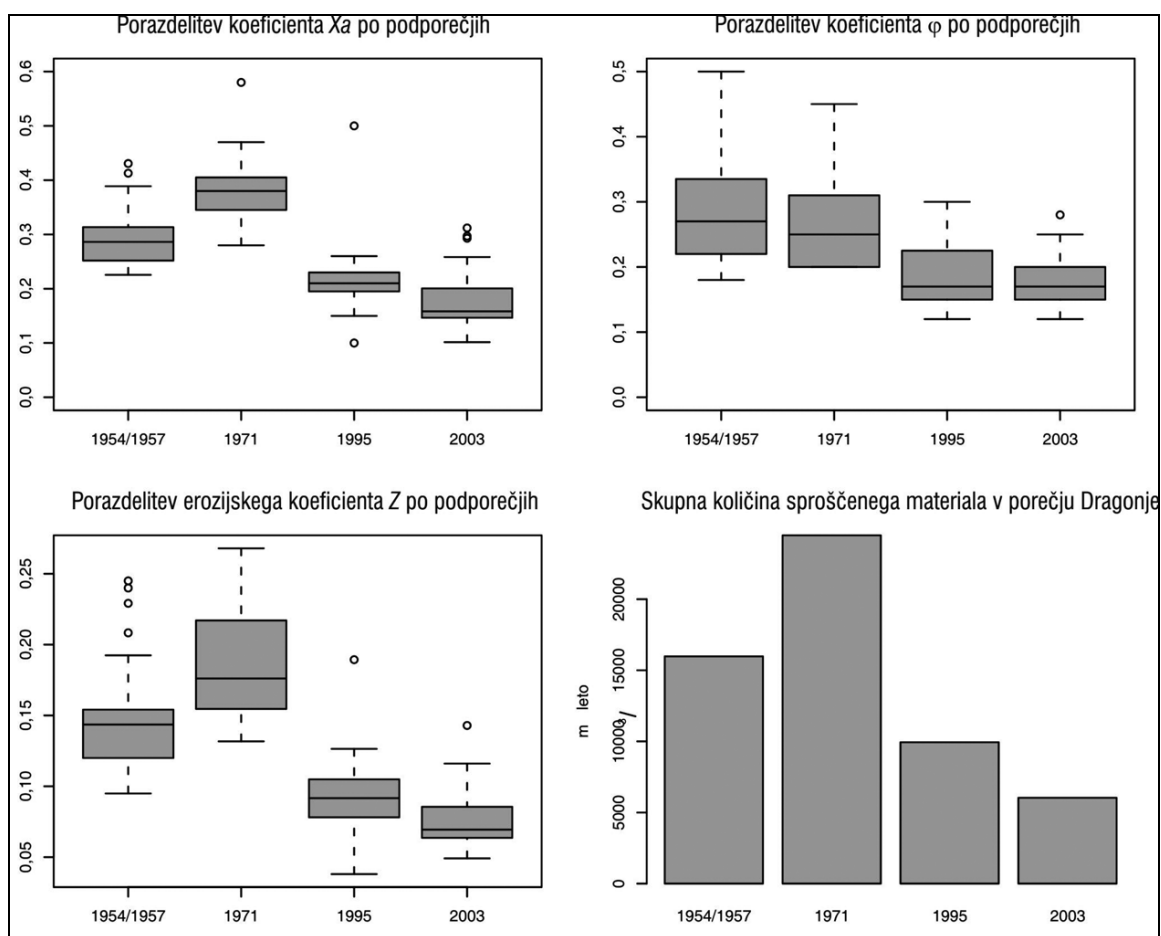
Ocena koeficienta erozijske izraženosti se sledeč Gavrilovičevim napotkom opravlja kvalitativno. Kot omenjeno, sta avtorja pri tej nalogi uporabila interpretacijo letalskih posnetkov. Za vsako podporečje sta identificirala posamezne erozijske pojavne oblike in posebej ocenila celoten videz podporečja. Izvirni podatki so preobsežni za vključitev v omejeni prostor pričujočega članka, zato niso navedeni, lahko jih pa najdete v diplomskem delu M. Stauta (2004). Ocenila za leto 1971 in za leto 1995 sta povzeti po PUH (Paulič, 1971) in Globevnik (2001). Na zemljevidih so prikazane ocene koeficienta erozijske izraženosti po posameznih hidrografskih podenotah za štiri analizirana obdobja (Sl. 5).

Na letalskih posnetkih je opazen trend precejšnjega zaraščanja vse od petdesetih let dalje. Večina koeficientov je v letih 1954/1957 večja kot dvajset let kasneje (Sl. 5). To pomeni, da je bila razgaljenost takoj po vojni velika in da se od tedaj pokrajina postopno zarašča. Pomembna razlika med letoma 1954 in 1975 je, da se je večina obsežnih erozijskih žarišč površinske erozije močno zarasla. Leta 2003 so na večini teh mest že borovi gozdiči, in šele terenski ogled razkrije veliko erodiranost prsti. Mednje sodijo na primer erozijsko žarišče v povirju Grdega potoka pod Gradinom, erozij-

ska žarišče na celotnem pobočju, ki se spušča iz Trebeš proti Stranici, ter erozijsko žarišče na celotnem vzhodnem pobočju pod Vrščem. Erozijski jarki so v letih 1954 in 1957 mnogo bolj izraziti kot leta 1975. Leta 1975 jih je že precej poraslih in tudi njihova okolica se zarašča. Leta 1954 pa se zarezujejo tudi v obdelovani del pokrajine, med terase, prečkajo ceste ali se usmerijo po kolovozu in ga nato zapustijo. Glede na letalske posnetke kaže, da je leta 1954 veliko prometnic dokaj novih, saj so useki na zgornjih straneh ceste razgaljeni, leta 1975 pa že kažejo znake zatravljanja. Večina se jih do leta 2003 popolnoma zarase. Natančnejši pregled razkrije, da se erozijska žarišča po večini zaraščajo od spodaj navzgor in z obojne na prisojno stran. Vzrok za zaraščanje od spodaj navzgor je, da se v podnožju erozijskega žarišča, kjer se naklon ponavadi zmanjša, nabira sproščeno gradivo. Če ga voda sproti ne odplavlja, se začne zaraščati. Zgornji del erozijskega žarišča je tako še vedno aktiven, a se postopoma "utopi" v lastnem sedimentu. Večina erozijskih žarišč ob vodotokih se zarašča na opisani način.

## REZULTATI IN RAZPRAVA

Na sliki 6 so na grafih prikazane porazdelitve nekaterih izmed koeficientov, ki se vključujejo v Gavrilovičevo enačbo po štirih uporabljenih časovnih presekih. V časovnem poteku koeficienta erozijske izraženosti



Sl. 6: Časovni razvoj koeficientov Gavrilovičeve metode.

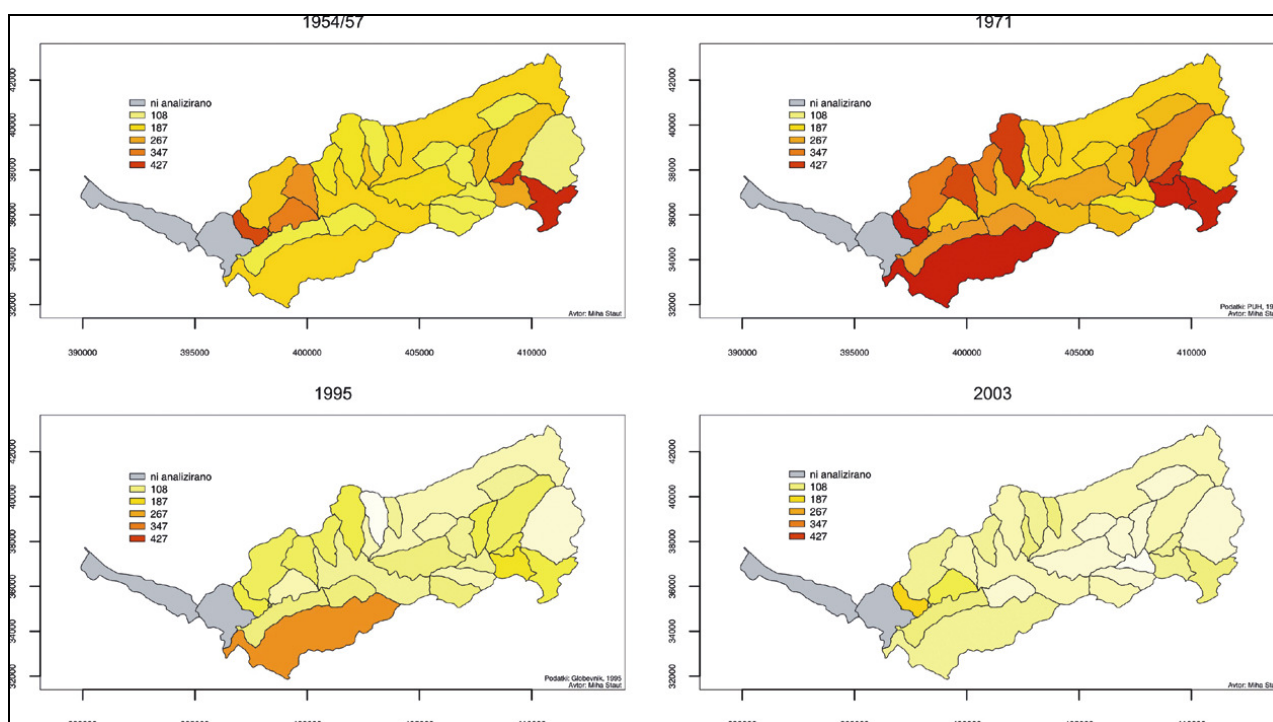
Fig. 6: Temporal evolution of the coefficients of the Gavrilović method.

$Z$  je opazno upadanje v celotni drugi polovici 20. stoletja. Drugače pa velja za kombinirani koeficient rabe tal in zaščite pred erozijo  $X_a$ . Vzrok dvigu v 70-ih letih morda tiči v različnih virih podatkov. Ocena za obdobje 1954/1957 in 2003 je bila opravljena v okviru diplomske naloge (Staut, 2004) s pomočjo interpretacije letalskih posnetkov, ocena za leto 1971 izvira iz analize Podjetja za urejanje hudournikov, leto 1995 pa je ocenila Globevnikova (2001) v svoji doktorski disertaciji. Glede na tedanje družbenogospodarske procese v porečju je težko verjeti, da se je intenzivnost obdelave med letoma 1955 in 1971 povečala. Tovrstne "napake" se vlečejo skozi enačbe do končne ocene sproščanja površinske erozije, saj ima v enačbah koeficient rabe tal in zaščitnih ukrepov ključno vlogo.

Če rezultat sproščanja delimo s površino porečja, dobimo specifično sproščanje oziroma intenzivnost sproščanja v  $\text{m}^3 \text{km}^{-2} \text{leto}^{-1}$ . Karte na sliki 7 prikazujejo časovni potek po podporečjih. Tudi na njih je izrazito opaziti različne vire zajema podatkov. Rdeča barva ponazarja intenzivnejše sproščanje, svetlorumena pa

šibkejše. V splošnem lahko ugotovimo dvoje: erozijski procesi so najbolj intenzivni v zgornjem delu porečja in na pritokih spodnjega dela porečja, in, kot je bilo razvidno že iz slike 6, upadanje z izjemo leta 1971. Specifično sproščanje, kot je vladalo v 70-ih letih, sodi v slovensko povprečje, kasneje pa je padlo pod to povprečje.

Avtorja sta primerjalno med leti 1954 z 1957 in 2003 ugotovila 7,6-kratno spremembo v površini erozijskih žarišč. To je iz  $2,74 \text{ km}^2$  na  $0,36 \text{ km}^2$ . Študija PUH je za leto 1971 ugotovila  $4,02 \text{ km}^2$  površin, na katerih so erozijski procesi v četrti ali peti stopnji razvitosti, ter  $0,41 \text{ km}^2$  ožjih žarišč površinske erozije (Paulič, 1971). Glede na to, da raziskava v celotnem povojnem obdobju ugotavlja zmanjševanje koeficienta erozijske izraženosti, avtorja sklejata, da je razlika nastala predvsem zaradi različnih uporabljenih kriterijev, ki so kvalitativne narave. Na enako težavo nakazuje tudi raziskava Natka (1990), v kateri je ugotovil  $4,06 \text{ km}^2$  površin z močno erozijo. Za leti 1975 in 1991, za kateri so bili letalski posnetki prav tako na voljo, avtorja povr-



Sl. 7: Spreminjanje specifičnega sproščanja  $W/F$  ( $m^3 km^{-2} leto^{-1}$ ) po analiziranih obdobjih.

Fig. 7: Changing of specific sediment yield  $W/F$  ( $m^3 km^{-2} year^{-1}$ ) by analysed temporal cross-sections.

šin erozijskih žarišč nista merila. Globevnik (2001) ugotavlja izrazito znižanje koeficienta erozijske izraženosti  $\phi$  med letoma 1971 in 1995. V letih 1954 in 1957 je bilo okrog 58% erozijskih žarišč površinske erozije proti 42% erozijskih žarišč globinske in bočne erozije. Leta 2003 je bilo erozijskih žarišč površinske erozije le še 18%. To kaže na hitrejše in učinkovitejše zaraščanje le-teh. Četrti graf na sliki 6 razkriva nekakšen višek intenzivnosti erozijskih procesov v 70-ih letih. Ta višek gre predvsem na račun razlik v oceni koeficienta rabe tal in zaščitnih ukrepov  $X_a$ . To je dovolj jasno razvidno iz prvega grafa na sliki 6, ki prikazuje časovni potek tega koeficienta. V letu 1971 se koeficient  $X_a$  porazdeljuje mnogo višje kot v preostalih letih. Na drugi strani kaže koeficient erozijske izraženosti  $\phi$  (drugi graf na sliki 6) konstantno upadanje z umiritvijo v zadnjih dveh analiziranih obdobjih. Na končni rezultat pa koeficient  $X_a$  vpliva precej bolj zaradi večje spremenljivosti. Od tod izrazite razlike v količini sproščene prepereline. V podporo hipotezi o dokaj konstantnem upadanju intenzivnosti erozijskih procesov govorijo letalski posnetki na slikah 8 in 9. Prva serija posnetkov prikazuje del porečja potoka izpod Puč. Kaže se jasen trend upadanja erozijske izraženosti od leta 1954 prek leta 1975 v leto 2003. Cesta, ki poteka po vzhodnem pobočju, ima leta 1955 povsem razgaljen usek, ki se do leta 1975 precej zaraste

z zeliščno vegetacijo. Na posnetku iz leta 1954 je na južnem pobočju nad sotočjem obeh grap iz zahoda vidno že skoraj zaraslo erozijsko žarišče. V celotnem porečju primer ni osamljen in kaže na to, da so bili erozijski procesi v predvojnem obdobju morda še intenzivnejši.

Hipotezo potrjuje tudi ustno pričevanje dveh starejših domačink. V Trebešah je šestinosemdeset let stara ženica povedala, da je "brežina", kot je erozijsko žarišče na pobočju proti Stranici sama imenovala, gola od kar pomni. Le tu in tam je raslo kakšno drevesce. Med vojnama pa so pod Mussolinijevo vlado ta območja pogozdovali. V potrditev je navedla, da je še njena hči sadila bore pod vasjo in proti Gradinu. Na letalskem posnetku iz 1957 se v goličavah pod Gradinom vidi rastlinje (Sl. 9). Po njenem pričevanju na območju erozijskega žarišča niso pasli, ker je bilo površje golo in se ni izplačalo. Gospa iz Gradina (71 let, v Gradin poročena) pravi, da so na pobočju pod vasjo, kjer je nekoč bilo erozijsko žarišče, tudi pasli. Vendar so pasli tudi na nasprotnem pobočju, kjer je bil vedno gozd. Pasli so vse, kar so imeli, krave, koze in ovce, vendar ne vse na istem mestu. Ne ona ne mož ne znata pojasniti, kdaj in zaradi česa je območje ogolelo. Mož ve, da se je v času Mussolinijeve vlade pogozdovalo in da je gozd od takrat.



**Sl. 8:** Del porečja potoka izpod Puč v letih 1954, 1975 in 2003 (vir: Posebno aerosnemanje Slovenije, GURS, 1954, 1975 in 2003).

**Fig. 8:** A part of the catchment of the stream below Puče in the years 1954, 1975 and 2003 (source: Special aerofilming of Slovenia, GURS, 1954, 1975 and 2003).



**Sl. 9:** Zgornji tok Stranice pod Trebešami v letih 1957, 1975 in 2003 (vir: Posebno aerosnemanje Slovenije, GURS, 1957, 1975 in 2003).

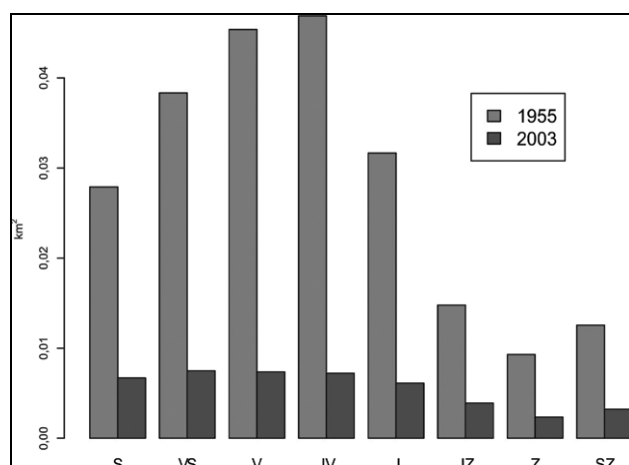
**Fig. 9:** Upper part of the Stranica catchment under the village of Trebeše in the years 1957, 1975 and 2003 (source: Special aerofilming of Slovenia, GURS, 1957, 1975 and 2003).

Eden izmed stranskih proizvodov Gavrilovičeve metode je bila tudi karta erozijskih pojavnih oblik. S pomočjo te karte je v kombinaciji z digitalnim modelom reliefa mogoče ugotavljati značilnosti erozijskih žarišč glede na nekatere reliefne elemente površja, na katerem so se razvili, kot na primer naklon ali ekspozicija. Leta 1955 so imela glede na DMR-25 erozijska žarišča

površinske erozije v povprečju  $12,6^\circ$  naklona, erozijska žarišča globinske in bočne erozije pa  $25,4^\circ$  naklona. Leta 2003 so imela izmerjena erozijska žarišča v povprečju  $23,8^\circ$  naklona. Vrednosti kažejo, da je DMR-25 pregrob za natančno ocenjevanje naklonov tako majhnih pojavov, saj zgladi izrazite naklone, ki so za erozijska žarišča značilni. Bolj zanimiva je porazdelitev

erozijskih žarišč glede na ekspozicije. Slika 10, ki to razmerje povzema, razkrije izrazito zgoščevanje razgaljenih površin predvsem na pobočjih, obrnjenih na vzhod in jugovzhod, medtem ko so zahodna pobočja skoraj povsem brez njih. Serija posnetkov na sliki 8 dokaj dobro prikazuje izrazito zgoščenost erozijskih žarišč na pobočjih z vzhodno ekspozicijo. Enaka podoba se kaže v obeh analiziranih letih (1954/57 in 2003), ki so bila zajeta neodvisno drug od drugega. O vzroku take razporeditve je težko govoriti z zanesljivostjo. Nakloni so glede na ekspozicije največji na severnih, ne pa na vzhodnih ali jugovzhodnih legah (Sl. 1). Ko gre za pojave, povezane z ekspozicijo, je mogoče pomisliti tudi na podnebne vplive, zlasti na različno osončenost posameznih površin. V takem primeru bi pričakovali intenzivnejše procese na južnih ali severnih ekspozicijah, ne pa na vzhodnih in jugovzhodnih. Za boljše razumevanje razmerja med ekspozicijo površja in razširjenostjo erozijskih pojavnih oblik bi bilo treba primerjalno ugotavljati njihove značilnosti na obsežnejšem območju, s podobnimi pokrajinskimi značilnostmi, in jih primerjati na več lokacijah.

Dokončno je težko ugotoviti, kateri dejavniki so vplivali na tako izrazito razgaljenost v preteklosti. Verjetno pa je nanjo vplivala kombinacija več dejavnikov, med katerimi so gotovo imele nezanemarljivo vlogo tudi človekove dejavnosti v pokrajini. Agrarna prenaseljenost je bila vse do obdobja po 2. svetovni vojni velik problem. Pokrajina je bila zatorej kmetijsko izredno izkoriščena. Ostanke te izkoriščenosti je opaziti še na posnetkih iz leta 1954, na primer na akumulacijski ravnici spodnje doline Dragonje, ki tedaj še ni bila regulirana in izpostavljena poplavam (Orožen Adamič & Lovrenčak, 1980). Agrarna prenaseljenost je dosegla višek v drugi polovici 19. stoletja, tik pred letom 1880 (Titl, 1965). Takrat je bila razprostranjenost teras naj-



Sl. 10: Erozijska žarišča leta 1955 in leta 2003 glede na ekspozicijo.

Fig. 10: Badlands in 1955 and 2003 by exposition.

večja in obdelovane so bile rekordno velike površine. To je edino obdobje, ko so delovale tudi terase z izrazito severno ekspozicijo. Vzroke gre iskati v tedanji gospodarski podobi Evrope, ki jo pestijo trtne bolezni. Kmetijska proizvodnja na območju današnje Slovenske Istre je bila tedaj usmerjena predvsem na tržaški trg. Zaradi trtnih bolezni v preostalem delu Evrope (v Franciji se je pridelek vina takrat znižal za 60%) pa so kmetje ves pridelek zlahka prodali na evropske trge. Zato so v tistem obdobju posekali številne oljčnike in jih zamenjali z vinogradi. Teraso so tedaj urejali tudi na pobočjih z do 54% naklonom (Titl, 1965). Vzroke za izrazito erodiranost gre morebiti iskati tudi v tem obdobju. Leta 1880 so tudi slovensko ozemlje v večjem obsegu prizadele trtne bolezni. Veliko vinogradov je tedaj propadlo in zamenjale so jih vrtnine ter sadovnjaki, pridelki pa so bili ponovno usmerjeni na tržaški trg. Posledica tako obsežnih sprememb sta bila tudi preobrazba socialnih odnosov in način pridelovanja. Paolani (mestni kmetje) so zaradi potreb po večji intenzivnosti pridelave zemljo prodajali veleposestnikom. Ti pa so jo kolonom oddajali v najem (Titl, 1965). Kolonov ni zanimalo dolgoročno ohranjanje kakovosti zemljišča. Čeprav se je kolonat prednostno zgoščal v dolinah, je morebiti deloma tudi brezvestno ravnanje veleposestnikov in kolonskih najemnikov prispevalo k tedanjemu povečanju erodiranosti kmetijskih površin.

V času medvojne Italije je bila erodiranost zemljišč gotovo velik problem, saj so jo v tridesetih letih, v času velikih melioracijskih del, skušali sanirati s sajenjem črnega bora. Od takrat so tudi starejši nasadi bora na nekdanjih velikih erozijskih žariščih.

Erodiranost in intenzivnost erozijskih procesov so za obdobje po 2. svetovni vojni skušale oceniti že številne študije. Na porečju Dragonje so za to leto ugotovili skupno letno sproščanje v obsegu 44 000 m<sup>3</sup> leto<sup>-1</sup>, od tega je na površinsko erozijo pripadalo 24 500 m<sup>3</sup> leto<sup>-1</sup> (Paulič, 1971). V ureditvenem obdobju, ki je potekalo v sedemdesetih in osemdesetih letih, so zgradili 192 manjših protierozijskih stabilizacijskih objektov in 5 večjih prodnih pregrad. Opravljali so tudi vegetacijska stabilizacijska dela. S črnim borom so pogozdili 42 ha površin (Globevnik, 2001). Globevnik (2001) je z enako metodo za leto 1995 ugotovila 60% zmanjšanje količine sproščene preperelinskega gradiva iz erozijskih žarišč površinske erozije glede na 1971. Leta 1971 je bilo ugotovljenih 12,2 km aktivnih erozijskih jarkov. Od teh jih je bilo leta 1995 aktivnih le še 20%. Leta 2003 se je trend upadanja erozijske aktivnosti še nadaljeval. Vrednost sproščanja iz erozijskih žarišč površinske erozije je doseglo leta 2003 6665 m<sup>3</sup> leto<sup>-1</sup>. Za obdobje 1954/57 pa je ta vrednost znašala  $W_{55} = 17.392 \text{ m}^3 \text{ leto}^{-1}$ , kar je manj kot za leto 1971. Razliko gre pripisati predvsem različnim kriterijem pri ocenjevanju koeficienta rabe tal in zaščitnih ukrepov Xa. S pomočjo metode RUSLE je bil v obdobju med letoma 1954 in 1994 ugotovljen upad v

količini sproščenega preperelinskega gradiva za 79%, do leta 2002 pa za 82% (Keesstra, 2007).

Vse omenjene raziskave ugotavljajo upad erozijske aktivnosti v povojnem obdobju. Razlogi za to tičijo predvsem v opuščanju in zaraščanju pokrajine. Glede na izsledke pričujoče raziskave se je v obdobju med 1955 in 2003 obseg gozda povečal za 46%. Tudi večina drugih kategorij prehaja v manj intenzivne oblike rabe. Razloge za to gre iskati predvsem v množičnem povojnem izseljevanju prebivalstva iz zalednih območij Slovenske Istre. Kmalu po vojni se je izselilo skoraj vse

italijansko prebivalstvo. V tem obdobju je število prebivalcev padlo skoraj za polovico. Zaradi hitrega gospodarskega razvoja obalnih mest in zaposlovanja v nekmetijskih dejavnostih se je trend izseljevanja nadaljeval v celotni drugi polovici 20. stoletja. Največji upad števila prebivalstva in najslabšo starostno strukturo beležijo najbolj oddaljena naselja v zgornjem delu porečja. Tam so bili procesi opuščanja in zaraščanja tudi najbolj intenzivni. Severni del porečja je s svojo prisojno lego in večjo bližino zaposlitvenih središč nekoliko bolje ohranil prvotni značaj pokrajine.

## CHANGES IN THE INTENSITY OF EROSION IN THE DRAGONJA RIVER CATCHMENT WITHIN THE 2<sup>ND</sup> HALF OF THE 20<sup>TH</sup> CENTURY

*Miha STAUT*

University of Primorska, Science and Research Centre Koper, SI-6000 Koper, Garibaldijska 1, Slovenia

E-mail: miha.staut@zrs-kp.si

*Matjaž MIKOŠ*

University of Ljubljana, Faculty of Civil Engineering and Geodesy, SI-1000 Ljubljana, Hajdrihova ulica 28, Slovenia

### SUMMARY

*The paper deals with soil erosion in the Dragonja river catchment and its evolution from past to present. For the evaluation of the intensity of erosional processes, the Gavrilović method was used. It generality allows the estimation of the quantity of detached and washed material even from indirect sources, such as aerophotos. The time interval thus encompassed the span of the availability of data – i.e. the second half of the 20<sup>th</sup> century. The analysis concentrates on land use changes and their influence on erosional processes. Estimates of the evolution of detachment intensity and a quantitative comparison of badlands and their position in the landscape were made. In the end, an attempt was made to parallel the established trend of the diminishing intensity of erosional processes with socioeconomic changes in the analysed period. During the analysed period a diminishing trend in the intensity of erosional processes was established. The non-linearity of this trend may probably be attributed to different sources of data for different temporal cross-sections with the very influential coefficient of land use and protection measures Xa being the main culprit. Erosional processes are generally most intensive in the upper reaches of the catchment and Dragonja's lower tributaries. Between the years 1955 and 2003, the surface of badlands shrunk from 2.74 km<sup>2</sup> to 0.36 km<sup>2</sup>, meaning a 7.6-fold decrease. A peculiarity of sediment sources badlands is their continuous changing over different expositions with the maximum reached on southeastern and eastern expositions and the minimum reached on western expositions.*

**Key words:** Dragonja river, geomorphology, erosion, land use, aerial photography

## LITERATURA

- Darovec, D. (1992):** Pregled zgodovine Istre. Knjižnica Annales 1, Koper, 88 str.
- Gavrilović, S. (1970):** Savremeni načini proračunavanja bujičnih nanosa i izrada karata erozije. V: Avtor knjige: Seminar Erozija, bujični tokovi i rečni nanos. Jugoslovenski komitet za mednarodnu hidrološku deceniju, Beograd, str. 85–100.
- Globevnik, L. (2001):** Celosten pristop k urejanju voda v povodjih. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 176 str.
- Keesstra, S. D. (2007):** Impact of natural reforestation on floodplain sedimentation in the Dragonja basin, SW Slovenia. *Earth Surf. Process. Landf.*, XXXII (1), 49–65.
- Lal, R. (1994):** Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: Lal, R. (ed.): *Soil erosion research methods*. St. Lucie press, Delray Beach, pp. 1–9.
- Lovrenčak, F. (1994):** Pedogeografija. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Mikoš, M. (1995):** Soodvisnost erozijskih pojavov v prostoru. *Gozdarski vestnik*, 53, 342–351.
- Mitasova, H. & L. Mitas (1993):** Interpolation by Regularized Spline with Tension. I. Theory and Implementation. *Math. Geol.*, 25(6), 641–655.
- Morgan, R. P. C. (1979):** *Soil erosion*. Longman, London, 113 p.
- Natek, M. (1990):** Sestavine prebivalstvene rasti po naseljih Koprskega primorja v obdobju 1869–1989. V: Orožen Adamič, M. (ur.): *Primorje*. 15. zborovanje slovenskih geografov. Zveza geografskih društev Slovenije, Ljubljana, str. 79–86.
- Ogrin, D. (1995):** *Podnebje Slovenske Istre*. Knjižnica Annales 11, Koper, 320 str.
- Orožen Adamič, M. & F. Lovrenčak (1980):** Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Dragonji in Dneci. *Geografski zbornik*, 19, 159–213.
- Osnovna geološka karta SFRJ (1973):** Tolmač lista Trst. Zvezni geološki zavod, Beograd, 1973.
- Paulič, V. (1971):** Erozija tal in hudourniki: Dragonja v Slovenski Istri. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Perko, D. (1994):** Ekspozicije površja v Sloveniji. *Geografski zbornik*, 34, 120–147.
- Petkovšek, G. (2002):** Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na povodju Dragonje. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
- Pintar, J. & M. Mikoš (1983):** Izdelava smernic in normativov z globalno usmeritvijo urejanja po ekosistemih, pojavnostih in ekološki primernosti ter načinov gospodarjenja s povirji voda. Poročilo VGI C-432, Ljubljana, 133 str.
- Staut, M. (2004):** Recentni erozijski procesi v porečju Dragonje. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 135 str.
- Šraj, M. (2003):** Modeliranje in merjenje prestrežnih padavin. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 151 str.
- Titl, J. (1965):** Socialnogeografski problemi na koprskem podeželju. Založba Lipa, Koper.
- Vodoprivreda (1987):** Karta erozije i katastar vodnih pojava reke Dragonje za dio sliva u SR Hrvatskoj. Rijeka, Vodoprivreda radna organizacija za vodno područje primorsko-istarskih slivova.
- Zorn, M. (2007):** Recentni geomorfni procesi na rečnodenudacijskem reliefu na primeru porečja Dragonje. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 463 str.
- Zupančič, B. (1998):** Padavine. V: Fridl, J., D. Kladnik, M. Orožen Adamič & D. Perko (ur.): *Geografski atlas Slovenije*. Država v prostoru in času. DZS, Ljubljana, str. 98–99.