

**METODE****NEKAJ NAČINOV PREUČEVANJA EROZIJSKIH PROCESOV**

AVTOR

**dr. Matija Zorn**

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
matija.zorn@zrc-sazu.si

UDK: 91:551.3.053

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

***Nekaj načinov preučevanja erozijskih procesov***

Prestavljenih je nekaj geografskih načinov preučevanja erozijskih procesov, tako za sproščanje kot za odplavljanje gradiva. Predstavljena je možnost uporabe zgodovinskih virov (pisanih, kartografskih in materialnih) ter leposlovnih literature, kot tudi možnosti, ki jih za erozijsko preučevanje nudijo erozijski modeli in različne metode meritev.

KLJUČNE BESEDE

geografija, geomorfologija, geomorfni procesi, erozijski procesi, sproščanje gradiva, odplavljanje gradiva

ABSTRACT

***Some methods for erosion processes research***

Some methods for erosion processes research in geography are presented. Presented are methods for sediment production research as well as for the research of sediment yield. Presented are possibilities of the use of historical sources (written, cartographic and material) and literature. Presented are also employability's of erosion models and different methods of measurement for the erosion processes research.

KEY WORDS

geography, geomorphology, geomorphic processes, erosion processes, sediment production, sediment yield

Uredništvo je prispevek prejelo 22. maja 2008.

## 1 Uvod

Erozijski procesi (erozija) so v najširšem pomenu besede vsi eksogeni procesi odnašanja kamnine in preperine (Kladnik in sodelavci 2005, 94).

Pri preučevanju erozije je treba razlikovati med sproščanjem gradiva (angleško *sediment production*) in odplavljenem gradiva (*sediment yield*). Pri sproščanju gradiva mislimo na vse gradivo, ki se je premaknilo v obravnavanem območju v določene času (na primer  $\text{m}^3/\text{leto}$ ). Preračunano na prostorsko enoto (ha ali  $\text{km}^2$ ) govorimo o specifičnem sproščanju gradiva (na primer  $\text{m}^3/\text{ha}$  na leto). Merimo ga na pobočjih. Količina sproščenega gradiva je v Sloveniji med 3.924.002 in 5.722.895  $\text{m}^3$  letno oziroma 3,70–4,52 t/ha na leto (Komac in Zorn 2005, 80–81). V literaturi (glej literaturo v Komac in Zorn 2005 ter Hrvat in sodelavci 2006) se največkrat pojavlja podatek 5.000.000 do 6.000.000  $\text{m}^3/\text{leto}$ .

Pri odplavljanju gradiva mislimo na tisto gradivo, ki je bilo odneseno/odplavljeno iz obravnavanega območja v določenem času (na primer  $\text{m}^3/\text{leto}$ ). Preračunano na prostorsko enoto (ha ali  $\text{km}^2$ ) govorimo o specifičnem odplavljanju gradiva (na primer  $\text{m}^3/\text{ha}$  na leto). Merimo ga v vodotokih.

Pri obravnavi odplavljanja gradiva se moramo zavedati, da polovica do tri petine sproščenega gradiva zastaja že na samih pobočjih, meliščih in vršajih ter v erozijskih in hudourniških grapah. Od gradiva, ki doseže vodotoke, pa se ga približno četrtina zaustavlja že v povirjih (Zemljič 1972, 234–236; Horvat 1987, 37).

Razlogi za preučevanje erozije so po Stroosnijderju (2005, 162–163):

- ugotavljanje okoljskih vplivov erozije in razvoj ukrepov zoper njo,
- znanstvene raziskave,
- razvoj modelov za napovedovanje erozije,
- priprava predpisov in zakonov.

Za preučevanje erozije lahko uporabimo neposredne meritve ali pa se zanesemo na modele za napovedovanje erozije (Stroosnijder 2005, 162–163).

## 2 Načini preučevanja erozijskih procesov

### 2.1 Uporaba zgodovinskih in drugih posrednih virov

**Pisani zgodovinski viri:** V Opisih, ki so del Jožefinskega vojaškega zemljevida s konca 18. stoletja (Rajšp 1997, 200), je o eroziji na primer zapisano: »... *Znaten del vzpetin* [v porečju Drnice in Dragonje, op. a.] *je čisto gol in pokrit s kamenjem; ostali del je poln hrastovega grmovja, tu in tam pomešanega z visokim hrastovim drevjem. Često se najdejo tudi položnejša pobočja, pokrita s travniki in pašniki; polja so večinoma le v bližini vasi, raztresenih po grebenih in ozkih dolinah. Vzrok je v tem, da je s pobočij ob močnih nalih odplavilo rodovitno prst in poljščine ne morejo uspevati*...«. Erozijski prsti je na celotnem območju Sredozemlja še danes velik problem (McNeill 2002), s pomočjo takšnih zapisov pa zvemo, da je človek krhko naravno ravnovesje v sredozemskih pokrajinah, predvsem v izsekavanjem gozdov, porušil še pred industrijsko dobo. Da je gozd pomemben za preprečevanje geomorfnihih procesov na pobočjih, so v tistem obdobju dobro vedeli, saj je na primer Balthazar Hacquet (1784, 96) zapisal, da je čuvanje gozdov »*средство проти подiranju gora*«, saj so gozdovi njihovo »*главно vezivo*«.

Ljudje so se v preteklosti zavedali tudi procesov akumulacije. Omenimo vir iz 16. stoletja za območje Sečoveljskih solin. Pietro Coppo je leta 1530 v delu *Pietro Coppo del sito de Listria a Iosepho Faustino* (O položaju Istre: Giosefu Faustinu) zapisal: »... *Na sedimentih, ki jih je Dragonja odložila ob ustju, so zrastle velike soline*...« (Žitko 1999, 51). Zgodovinske navedbe o nasipavanju so kasneje potrdile sedimentološke raziskave. Hitrost sedimentacije (2,9 mm/leto oziroma 2,9 m/1000 let) so ugotavljali na kosu lesa s pomočjo izotopske analize C-14 (Ogorelec in sodelavci 1981, 211).

**Leposlovna literatura:** Na nagnjenih površinah nastajajo na spodnjih robovih njiv zaradi močnega površinskega spiranja in orne erozije do 4 m visoki omejki, kjer se gradivo akumulira (Natek 1989, 45).

Kmetje v hribovitih pokrajinah so izprano prst pogosto nosili v koših nazaj na njive. Prežihov Voranc (1893–1950) je v povesti Ljubezen na odoru (1969, 95–96) težaško delo gorjancev slikovito opisal: »... Radmanca je vstala zjutraj, ... vzela svitek in jerbas in se lotila prve, največje njive ... Nato je z rokama začela grebsti vlažno brazdo v jerbas, ga napolnila, zadela na glavo in počasi odnesla po strmini na vrh njive, kjer je spet počenila ter kleče izsula zemljo v odor zadnje brazde, rekoč: »Menda bo ja gratalo!« Preden je sonce razgrnilo svojo svetlobo izza pobočja, je Radmanca že petdesetkrat prehodila njivo; petdeset jerbasov ali več kakor dva tisoč kilogramov zemlje je že znosila na odor njive. Več kot dva tisoč kilogramov zemlje! ...«.

Podobno so morali na slemenih in zgornjih delih pobočij v Gabrovškem hribovju in v Šentjanškem hribovju v Mirnski dolini prst zaradi močne erozije na njivah občasno dovažati ali v koših prenašati s spodnjih delov njiv (Topole 1998, 25, 29). »Nanašanje zemlje na strmeh in golem svetu« je znana tudi iz Karavank in Rezije. Poleg tega so se ljudje zoper erozijo borili še z zavarovanjem pred hudourniki ali gradnjo suhozidov na kraških območjih (Grafenauer 1970, 223). Tudi v obalnem gričevju slovenske Istre so »odneseno prst mnogi kmetje vsako leto znova nosili nazaj navzgor«. V ta namen »na vrhu vsake terase napravijo manjši jarek« (Titl 1965, 54–55). Tudi v Goriških brdih so domačini na spodnjih robovih njiv kopali jame, v katere je deževnica naplavljala zemljo, ki so jo potem v koših odnašali nazaj na njive ali vinograde (Vrišer 1954, 58).

**Materialni zgodovinski viri:** V dolini Mirne (hrvaška Istra) je mogoče procese sedimentacije opazovati s pomočjo mejnih kamnov, postavljenih v obdobju Habsburžanov. Takšni mejniki, ki so bili ob postavitvi višji od človeka, so danes popolnoma zasuti oziroma so opazni le njihovi vršni deli. Milošević (2004, 17) domneva, da so bili habsburškim oblastem procesi intenzivne sedimentacije znani in so zato postavili tako velike mejnike

Da so se v 19. stoletju zavedali intenzivne sedimentacije vidimo pri zgodovinarju Morteianiju (1895: po Milošević 2004, 12–14), ki je v dolini Mirne opazil, da posamezna stebela hrastov propadajo, ker je reka v 55 letih odložila do 80 cm gradiva.

Procese sedimentacije v dolini Mirne lahko spremljamo tudi ob cerkvah v dnu doline. Srednjeveški cerkvi Matere Božje v Baštiji so zaradi dvigovanja dna doline že večkrat dvignili temelje. Njeni današnji temelji so prek 10 m višje, kot so bili srednjeveški (Milošević 2004, 17).



ANDREJ PAGON OGAREV

Slika 1: Prenašanje prsti pri Brezovici (Brkini) tik po II. svetovni vojni (arhiv: Pokrajinski muzej Koper – etnološki oddelek).

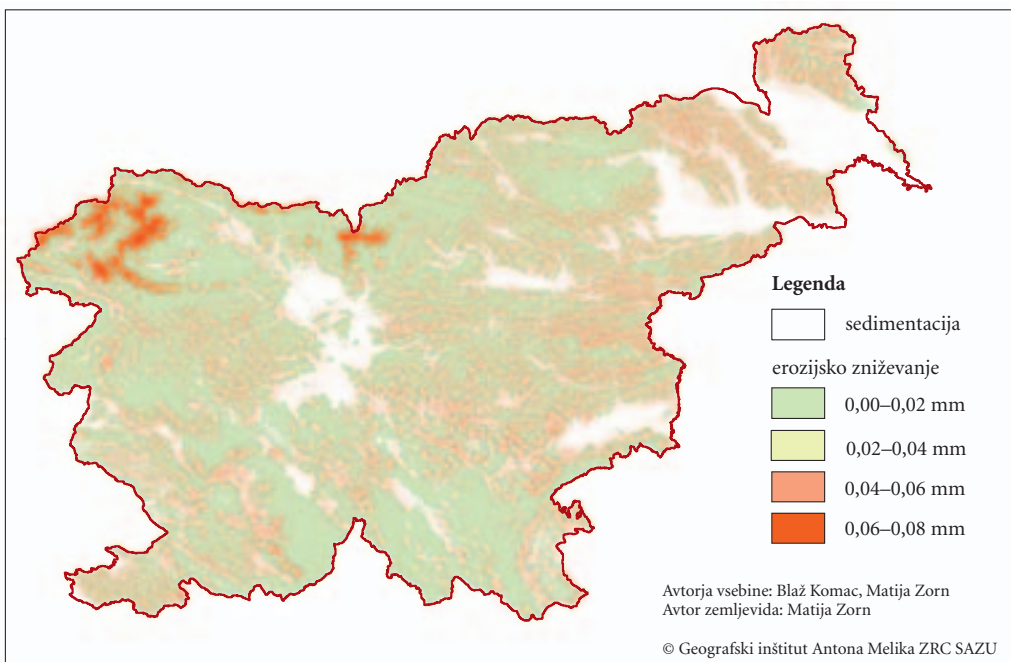
Podatke o eroziji najdemo tudi v arheološki literaturi. Mason (1995, 198–199) piše, da je na Gradcu v Beli krajini prišlo na prehodu iz atlantika v subboreal do močne erozije, za katero domneva, da je posledica »poseka gozda, do katerega je prišlo zaradi intenzivne živinoreje«. Za okolico Adlešičev v Beli krajini pa piše, da se je na spodnji terasi zaradi erozije iz zgornje terase v zgodovinski dobi odložil »štiri metre širok depozit« (Mason 1995, 190).

## 2.2 Erozijski modeli

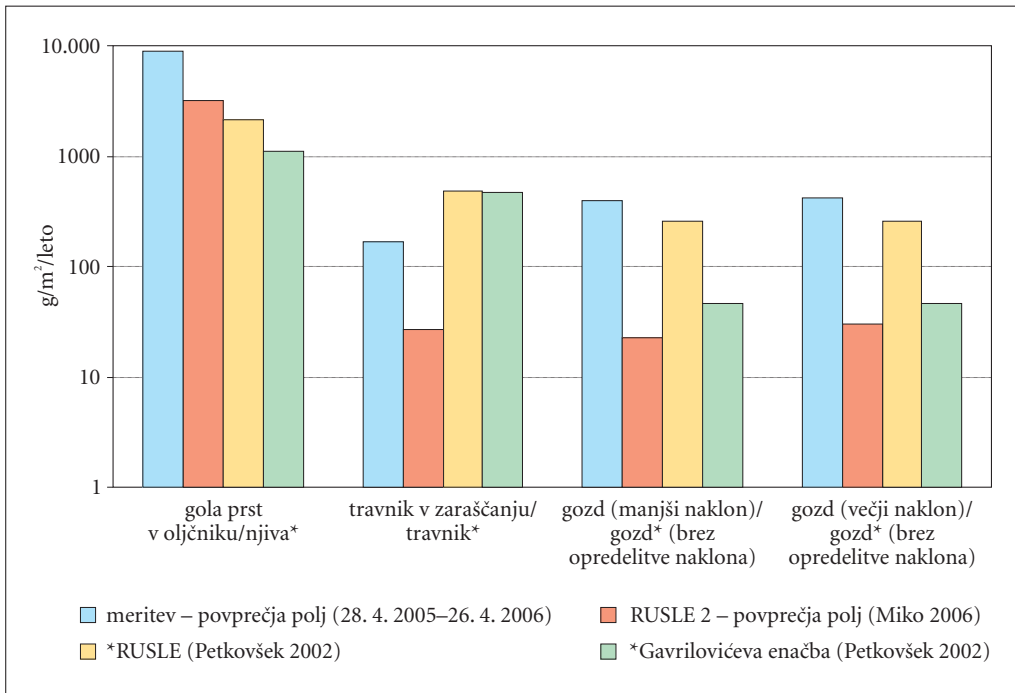
Meritve (poglavje 2.3) dajo empiričen dokaz o erozijskih procesih, ki pa ga je težko ekstrapolirati na daljša časovna obdobja in na večje prostorske enote. Poleg tega je merjenje erozije dolgotrajen in drag proces, za načrtovanje rabe prostora in za učinkovito borbo proti eroziji pa je podatke treba dobiti na hiter in učinkovit način. To možnost nudijo t. i. modeli za ugotavljanje erozijskih procesov (erozijski modeli, angleško *erosion models*). Ti so odvisni od meritev, saj jih lahko preverimo in umerimo le z meritvami. Večina meritev je danes namenjena prav temu (Stroosnijder 2005, 163).

Večina danes uveljavljenih modelov temelji na statističnem vrednotenju podatkov, pridobljenih iz erozijskih polj. Na svetu je najbolj razširjen model USLE (*Universal Soil Loss Equation*, slovensko splošna enačba izgube prsti) za opis površinske vodne erozije, ki sta ga izdelala Wischmeier in Smith (1965). Model je bil izdelan na podlagi statistične analize množice podatkov iz erozijskih polj na ameriškem srednjem zahodu, ki so jih merili več desetletij. USLE omogoča ocenitev letne erozije prsti v odvisnosti od padavin, reliefa in rabe tal. Poleg osnovne enačbe so v uporabi tudi njene izpeljanke, na primer RUSLE (*Revised USLE*) in MUSLE (*Modified USLE*) (Petkovšek 2000).

V Sloveniji je najbolj uveljavljena t. i. Gavrilovičeva enačba (1962; 1972; sorodna je modelu USLE (Mikoš in sodelavci 2006, 205)) in njene izpeljanke, prirejena Gavrilovičeva enačba (Lazarevič 1968;



Slika 2: Zemljevid letnega erozijskega zniževanja površja v Sloveniji izdelan po metodi Komaca in Zorna (2005; 2007, 84).



Slika 3: Primerjava merjenih in modeliranih vrednosti erozije prsti na različnih rabah tal v porečju Rokave (Zorn 2007a, 162).

1985) ter slovenska različica (Pintar in sodelavci 1986). Uporablja se predvsem v gradbeništvu in vodarstvu, na primer za izračunavanje hitrosti sedimentacije za umetnimi pregradami in pri urejanju vodotokov/hudournikov. Pri uporabi različnih erozijskih modelov v Sloveniji je težava v tem, da še noben model ni bil preverjen in umerjen z meritvami.

Zaradi slabosti empiričnih erozijskih modelov, predvsem zaradi njihove nezanesljivosti in neprenosljivosti v druga okolja, so se v zadnjih letih začeli vse bolj uveljavljati t. i. procesni modeli. Ti skušajo z upoštevanjem kar največ dejavnikov, ki vplivajo na naravne procese, le-te čim bolj simulirati. Tudi ti modeli niso brez težav, saj:

- pogosto slabo poznamo naravne procese, določenih dejavnikov, ki na njih vplivajo, pa sploh ne,
- lahko manjkajo podatki za opis vseh odnosov znotraj modela ali
- pa se zaradi čim širše in enostavne uporabe upoštevajo le izbrani erozijski dejavniki.

V Sloveniji procesni erozijski modeli še niso bili uporabljeni.

Dodaten problem uporabe modelov je v tem, da se rezultati med modeli močno razlikujejo, precejšnja pa so tudi odstopanja od meritev (Zorn 2007a; slika 3). Problematično je tudi videnja, kateri model je pravilnejši. Zaradi tega je treba modele »umeriti« na lokalne razmere. To je mogoče le z meritvami, ki pa so bile v Sloveniji redke, zato nikjer v Sloveniji ne moremo z gotovostjo reči, kateri model je v nekem okolju boljši.

O modelih Boardman (2006, 77) piše, da so »dobra stvar, ki pa potrebuje stalen razvoj«. Le z uporabo modelov lahko kvantificiramo erozijo na območjih brez erozijskih podatkov ali napovedujemo prihodnjo erozijo v luči podnebnih sprememb ali sprememb rabe tal. Boardman (2006, 77) tudi piše, da »... ne smemo biti preveč razočarani zaradi nezadovoljivih rezultatov, saj so modeli še vedno v fazi razvoja in tudi nezadovoljivi rezultati lahko pokažejo v katero smer mora iti njihov razvoj. Od modelov pa

*Slika 4: Spreminjanje specifičnega letnega sproščanja po katastrskih občinah v Zgornjem Posočju v zadnjih 200 letih, izračunano s pomočjo prirejene Gavrilovičeve enačbe (Zorn in Komac 2008). ►*

*ne smemo pričakovati, da bodo [popolnoma, op. a.] posnemali naravo. Mišljeni so, da stvarnost poenostavijo ...».*

Pregled uporabe erozijskih modelov v Sloveniji sta naredila Komac in Zorn (2005; 2007). Za več o erozijskih modelih pa preberite na primer pri Nearingu in sodelavcih (1994), Petkovšku (2000) ter Jettenu in Favis-Mortlocku (2006).

Če že ne zaupamo povsem številčnim rezultatom modelov, pa so toliko uporabnejši pri ugotavljanju sprememb v intenzivnosti erozije v različnih časovnih obdobjih. V ta namen je bila pri nas največkrat uporabljena prirejena Gavrilovičeva enačba (na primer Globevnikova 2001; Staut 2004; Zorn in Komac 2008), uporabljen pa je bil tudi model RUSLE (Keesstra in van Dam 2003).

Pri Gavrilovičevi enačbi je med bistvenimi faktorji za izračunavanje 'erozijskega koeficienta' koeficient vegetacijske zaščite, ki predstavlja zaščitenost območja pred atmosferskimi vplivi. Enostavnost enačbe omogoča, da brez težav vanjo vključimo podatke o rabi tal iz različnih časovnih obdobj.

Letalski posnetki (uporabila sta jih na primer Globevnikova (2001) in Staut (2004)) nudijo vpogled v zadnjih petdeset let, za preučevanje erozijskih procesov za starejša obdobja pa uporabljamo zgodovinske kartografske (na primer Jožefinski vojaški zemljevid iz konca 18. stoletja in Franciscejski kataster iz 19. stoletja) in katastrske vire (od pisnega dela Franciscejskega katastra do današnjega katastra; uporabila Zorn in Komac 2008), saj se metodologija zbiranja katastrskih podatkov ni bistveno spremenila v zadnjih 200 letih (Petek 2005, 5).

### 2.3 Meritve sproščanja gradiva

**Meritve na erozijskih poljih:** Merjenje erozije je tehnično zahtevno, zato so neposredne meritve možne le v merilu t. i. erozijskih polj (*erosion plot*). V tem merilu se da naravne danosti celih pobočij upoštevati le do določene mere, zato se rezultate tudi ne da neposredno prenesti na cela pobočja oziroma porečja (na primer Collins in Walling 2004, 172; Parsons in sodelavci 2006, 1384).

Po Stroosnijderju (2005, 165) lahko erozijo merimo na več načinov:

- z merjenjem sprememb teže,
- z merjenjem sprememb višine preučevanega površja,
- z merjenjem sprememb širine jarkov/kanalov in
- z zbiranjem ali vzorčenjem gradiva iz večjih erozijskih polj oziroma porečij.

Uporabljene metode se razlikujejo glede na merilo, dolžino meritev, finančna sredstva itd.

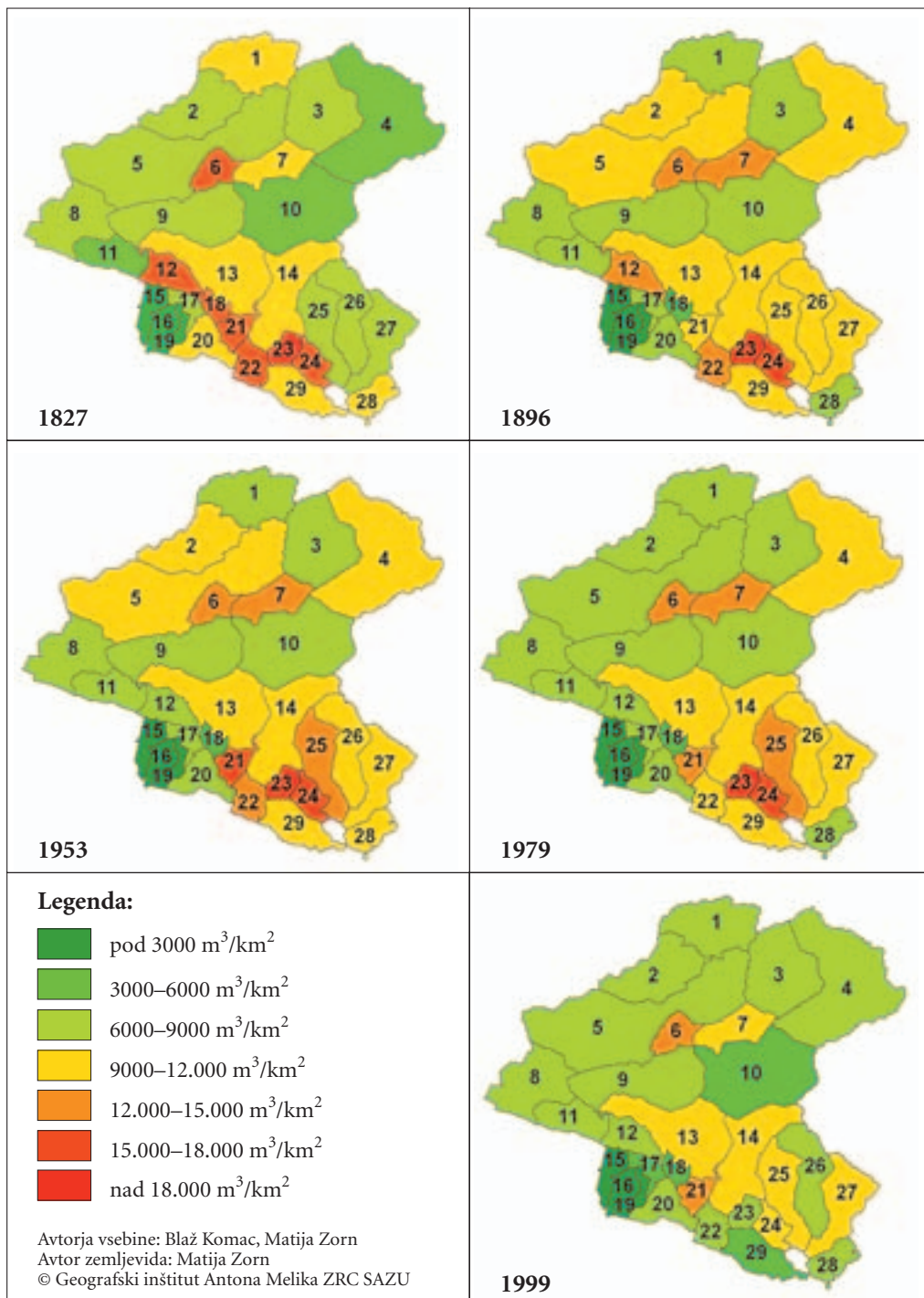
Iz literature je znan vpliv dolžine opazovanja na rezultate. Zaradi večje razpršenosti velikih pojavov je erozija, izračunana na podlagi kratkotrajnih meritev ob velikih dogodkih, skladno s podaljševanjem časa opazovanja vedno nižja. Geomorfnе spremembe so namreč v veliki meri posledica občasnih dogodkov, daljši časovni nizi meritev pa vsebujejo dolga obdobja, v katerih geomorfni procesi še zdaleč niso tako intenzivni (Phillips 2003, 7).

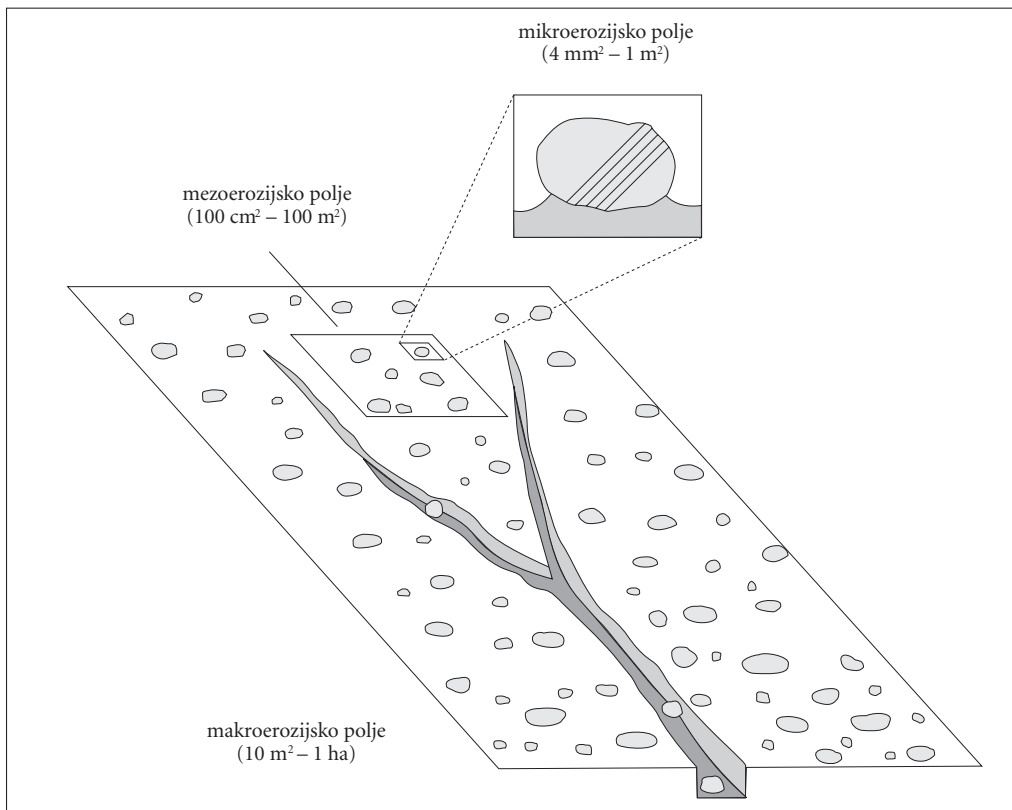
Stroosnijder (2005, 164) na primer razlikuje pet velikostnih kategorij za preučevanje vodne erozije:

- »točkovno« merilo (1 m<sup>2</sup>) za preučevanje površinskega spiranja (medžlebične erozije),
- merilo erozijskih polj (< 100 m<sup>2</sup>) za preučevanje žlebične erozije,
- merilo pobočja (< 500 m) za preučevanje erodiranja in odlaganja gradiva,
- merilo »polja« (< 1 ha) za preučevanje erozijskih jarkov/kanalov in
- merilo majhnih porečij (< 50 ha).

Stroosnijder (2005, 164) razlikuje tudi dve časovni merili: en deževni dogodek in letno povprečje. Loughran (1989, 216) prav tako razlikuje merilo deževnega dogodka, kot drugo merilo pa navaja možnost kakršnegakoli »druga primernege časovnega intervala«.







Slika 5: Velikostni razredi erozijskih polj po Poesenu in sodelavcih (1998, 52).

Meritve delimo na »eksperimente«, kjer raziskovalec nadzoruje vsaj en dejavnik, ki vpliva na erozijo (na primer rabo tal), in na »opazovanja«, ki potekajo pod povsem naravnimi okoliščinami (Loughran 1989, 216).

Meritve lahko opravljamo v laboratoriju ali na terenu. Prednosti laboratorijskih raziskav so, da omogočajo boljši nadzor nad »odvisnimi spremenljivkami«, kot tudi uporabo boljših merilnih naprav in možnost ponavljanja meritev pod enakimi pogoji. Prednosti terenskih meritev pa so v možnostih opravljanja meritev v pravem merilu, na »pravi« prsti in v pravih vegetacijskih okoliščinah, s pravimi časovnimi spremembami in okoljskimi spremenljivkami (Stroosnijder 2005, 163).

K prednostim terenskih meritev lahko dodamo še »naravne« značilnosti prožilcev erozije (padavine, voda, veter), po drugi strani pa so ti prožilci »nepredvidljivi in neobvladljivi«. Tu je v prednosti laboratorij v katerem lahko ustvarjamo na primer umeten dež (prilagajamo intenziteto padavin, velikost dežnih kapljic, prostorsko in časovno spremenljivost po erozijskem polju) (Stroosnijder 2005, 165).

Prvi način je primeren za »točkovno« merilo, uporabno za meritve medžlebične erozije (površinskega spiranja). Paziti je treba, da se vse gradivo steka v lovilne posode in da so te dovolj velike, da lahko sprejmejo ves odtok. Po okrog 1–5 m se površinski odtok začne zbirati v kanalčke, nastopi žlebična erozija, zato je velikost erozijskih polj za merjenje medžlebične erozije omejena. Zbrano gradivo v lovilnih posodah se posuši in stehta.

Pri postavitvi erozijskih polj se je treba odločiti tudi med »odprtimi« (*open erosion plots*) ali »zaprtimi« polji (*closed/bounded erosion plots*). Čeprav Hudson (1957: po Morganu 1996, 87) trdi, da meritve



na »zaprtih erozijskih poljih dajo verjetno najbolj zanesljive podatke o eroziji prsti na prostorsko enoto«, imajo tudi slabosti. Slabost takšnih polj je, da vanje ne pritekajo vode in erodirano gradivo iznad erozijskega polja (Stroosnijder 2005, 167) in zato tudi ni pravih naravnih razmer (Loughran 1989, 217), posebno zaradi t. i. »robnih pogojev« (Cooper 2006, 51). Hudson (1995: po Cooperjevi 2006, 51) trdi, da robne pogoje močno zmanjšamo, če so erozijska polja široka najmanj 5 m in dolga 20 m.

Slabosti zaprtih polj so še (Morgan 1996, 87; Cooper 2006, 50):

- zamuljevanje odtočnih cevi in lovilnih posod, če jih ne čistimo redno,
- nezadostna zaščita odtočnih cevi in lovilnih posod pred padavinami,
- nezadostno vzdrževanje pragu med prstjo in odtočnim sistemom,
- možnost koncentracije površinskega toka ob robovih polj in nastanek erozijskih žlebičev, ki drugače tam ne bi nastali ter
- nezadostna velikost lovilnih posod.

Raziskave morajo biti »dolgotrajne«, meritve pa morajo potekati na čim več erozijskih poljih hkrati, zaradi večje zanesljivost rezultatov. Treba se je zavedati, da zaprta polja ponavadi precenjujejo dejansko erozijo ob ekstrapolaciji v večje prostorske enote, saj ne upoštevajo sedimentacije znotraj večjih prostorskih enot (Collins in Walling 2004, 171–172). Velikost takšnih polj je znana, zato erozijo lahko izrazimo v  $\text{kg/m}^2$  v določenem času ob predpostavki, da je »erozija enakomerna po vsem polju« (Loughran 1989, 217).

Glavna slabost odprtih polj je, da težko določimo prispevno območje (Stroosnijder 2005, 167). Odprta polja so ponavadi »tipa Gerlach« (Gerlach 1967, 173; Leopold in Emmet 1967, 172; Morgan 1996, 87–88), kjer je korito (oziroma lovilna posoda) postavljeno pravokotno na pobočje, da se vanj stekata vodni odtok in odneseno gradivo iz zaledja. Zaledje določimo s topografsko analizo ali s sledenjem odtoka. Erozijo izražamo v večjih prostorskih enotah (Loughran 1989, 217). V Sloveniji so to metodo uporabili pri meritvah erozije prsti v vinogradu na posestvu Meranovo južno od Limbuša pri Mariboru (Stergar 1997, 37; Meško 2000, 34).



MATIJA ZORN

Slika 6: Zaprto erozijsko polje za merjenje erozije prsti (Zorn 2007a; 2007b).



MATIJA ZORN

Slika 7: Polodprto erozijsko polje (zaprto zgoraj) za merjenje sproščanja kamnin (Zorn 2007a; 2007b).

Za ugotavljanje erozijskih procesov v daljših časovnih obdobjih uporabljamo različne datacijske metode (Stroosnijder 2005, 169). V porečju Dragonje so bile pri datiranju starosti rečnih teras uporabljene tako lihonometrične in dendrokronološke metode, kot tudi datiranje s pomočjo ogljika-14 ( $^{14}\text{C}$ ) in cezija-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) (Keesstra 2006, 52–58).

Pri meritvah sta pomembni frekvenca (število) meritev v merilnem obdobju in dolžina merilnega obdobja. Ker so meritve drage, je njihovo trajanje omejeno. To pa lahko odločilno vpliva na rezultate, saj se erozija sezonsko in letno spreminja zaradi na primer različne erodibilnosti prsti, različnega vegetacijskega pokrova ali različne erozivnosti padavin (Stroosnijder 2005, 171). Ollesch in Vacca (2002, 38) pišeta, da z dolžino meritev daljšo od treh let že lahko »*pridobimo zanesljive podatke*«.

Potrebna bi bila standardizacija meritev. Večina opreme potrebne za izgradnjo erozijskih polj namreč ni v komercialni prodaji, ampak jo za svoje potrebe pripravijo raziskovalci sami, zato tudi ne obstaja priročnik, ki bi podajal standarde za izdelavo, postavitev, umiritev, delovanje, vzdrževanje in uporabo erozijskih polj (Stroosnijder 2005, 171). Še najbolj »standardna«*» erozijska polja velikosti ok. 22 krat 2 m (Boardman 2006, 76) za potrebe modela USLE. Loughran (1989, 217) je v osemdesetih letih 20. stoletja pregledal 56 študij, ki so uporabile erozijska polja in ugotovil kar 59 različnih modelov erozijskih polj, število polj na študijo pa se je gibalo med 1 in 120.*

*Preglednica 1: Nestandardizirane raziskave erozije prsti med letoma 1978 in 1988 (Loughran 1989, 217).*

	eksperimentalna erozijska polja	opazovalna erozijska polja
število študij	29	27
število študij z zaprtimi polji	28	13
število študij z odprtimi polji	1	14
širina polj (m)	1–9,14	0,1–26,9
dolžina polj (m)	1–41,5	1,4–85
čas trajanja meritev (leto)	0,4–30	0,3–10

Nestandardizirana oblika erozijskih polj, njihova različna velikost in število ter različna dolžina preučevanja prispevajo k oteženi interpretaciji in primerljivosti meritev (Loughran 1989, 218). Collins in Walling (2004, 171) celo trdita, da je zaradi nestandardiziranosti »*nemogoča smiselna primerjava rezultatov različnih študij*«.

Metodološke težave se nanašajo še na (Boix-Fayos in sodelavci 2007, 87):

- razlike v količini erodiranega gradiva med odprtimi in zaprtimi erozijskimi polji,
- razlike v količini erodiranega gradiva med dvojniki erozijskih polj in
- razlike v količini erodiranega gradiva med erozijskimi polji različnih velikosti.

Glede prve alineje so Boix-Fayos in sodelavci (2007, 92, 98–99) na podlagi večletnih raziskav ugotovili, da na zaprtih erozijskih poljih po določenem času pride do »izčrpanja«*» razpoložljivega gradiva za erozijo (na površju prsti se ustvari skorja, ni dotoka gradiva iz okolice erozijskega polja, hitrost nastajanja nove prsti je majhna). Kdaj pride do tega pragu, je odvisno od lastnosti prsti, podnebnih razmer in velikosti erozijskih polj; Boix-Fayos in sodelavci (2007, 99) navajajo podatka 4 oziroma 7 let. Do podobnega sklepa, da je vzrok za zmanjšanje erozije na zaprtih poljih po določenem času posledica »zmanjšane razpoložljivosti gradiva«*, sta prišla tudi Ollesch in Vacca (2002, 23).

Boix-Fayos in sodelavci (2007, 92, 99) pišejo tudi o različni eroziji na dvojnikih erozijskih polj. Predlagajo, da ob njihovi postavitvi pazimo, da imajo polja enake osnovne značilnosti (na primer glede teksture prsti, rastja, mikroreliefa). To dosežemo, če jih postavimo blizu skupaj. Ugotovili so, da so lahko razlike v eroziji med erozijskimi polji tudi za faktor devet, navajajo pa še ugotovitve drugih (glej citate v Boix-Fayos in sodelavci 2007, 92), da se razlike med polji povečujejo z večanjem erozivnega dogodka.

Pragovi hidroloških (na primer površniki odtok) in geomorfni procesov se spreminjajo glede na prostorsko merilo. Večje kot je erozijsko polje, bolj so rezultati blizu naravnim razmeram. Z večjimi erozijskimi polji odpravimo nekaj pomanjkljivosti majhnih polj, kot sta: prekinitev hidrološkega sistema in majhna moč »energijskih« tokov zaradi kratkih razdalj. Po drugi strani pa so majhna erozijska polja primerna za ugotavljanje razlik med različnimi mikrookolji in za študij vplivov različnih pokrajinskih prvin na erozijo. So tudi cenejša, lažja za upravljanje in se jih »zlahka« podvaja (Boix-Fayos in sodelavci 2007, 99).

Površinski odtok je po Boix-Fayos in sodelavcih (2007, 96) v merilu porečja (delež otoka 2,34 %) za okrog 5–6-krat manjši kot na erozijskih poljih velikosti 1 m<sup>2</sup> (13,18 %), na erozijskih poljih velikosti 30 m<sup>2</sup> pa je odtok manjši za 1,4-krat (9,8 %). Razlike so odvisne tudi od predhodne namočenosti prsti. Če je prst predhodno suha, so razlike manjše, če pa je prst navlažena, je večji odtok na manjših erozijskih poljih zaradi bolj homogene navlaženosti prsti. Poleg tega Boix-Fayos in sodelavci (2007, 97) ugotavljajo, da je erozivni prag padavin »podoben« ne glede na velikost erozijskih polj in sklenejo, da je nek drug mehanizem in ne padavine, odgovoren za razlike v eroziji med različnimi prostorskimi merili erozijskih polj.

V Sloveniji so dolgotrajnejše meritve erozije prsti izvajali na merilnem polju v Smasteh pri Kobariču, tri leta pa tudi v Marezigah, drugje (Straža ob Krki, Limbuš pri Mariboru, Ljubljana) pa so potekala le krajša opazovanja. Pregled meritev erozije v Sloveniji sta naredila Komac in Zorn (2005; 2007; Zorn in Komac 2005; Zorn 2007a).

**Meritve s pomočjo fotogrametrije:** Fotogrametrija je metoda, s pomočjo katere se iz fotografij ugotavlja velikost, oblika in položaj fotografiranega objekta. Za metodo je značilno, da ni neposrednega stika z merjenim objektom, ker se fotografira z določene razdalje. Zajem podatkov se zgodi v zelo kratkem času, možno pa je veliko število meritev, ki se jih primerja med seboj (Jurak in sodelavci 2002, 51–52; slika 8).

**Detajlno geomorfološko kartiranje:** Detajlno geomorfološko kartiranje je primerno za merjenje žlebične in jarkovne erozije (po Stroosnijderjevih (2005, 164) velikostnih kategorijah za preučevanje vodne erozije je za tovrstno preučevanje primerno 'merilo »polja«'). Na enakomernih razdaljah merimo prečne prereze erozijskih žlebičev ali jarkov v določenih časovnih razmakih in primerjamo spremembe prostornine (Stroosnijder 2005, 167). Med dvema prečnima prerezoma se izračuna prostornina žlebiča/jarka, skupno prostornino pa dobimo s seštevkom vseh prostornin (Casalí in sodelavci 2006):

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n \frac{(A_{i-1} + A_i)}{2} \cdot s$$

Pri tem je  $V$  količina (prostornina) erodiranega gradiva,  $n$  število meritev (prostornin),  $V_i$  količina (prostornina) erodiranega gradiva med dvema prečnima prerezoma,  $A_{i-1}$  spodnji prerez,  $A_i$  zgornji prerez in  $s$  razdalja med dvema prerezoma.

Prečne prereze erozijskih žlebičev določamo (Casalí in sodelavci 2006, 129–130):

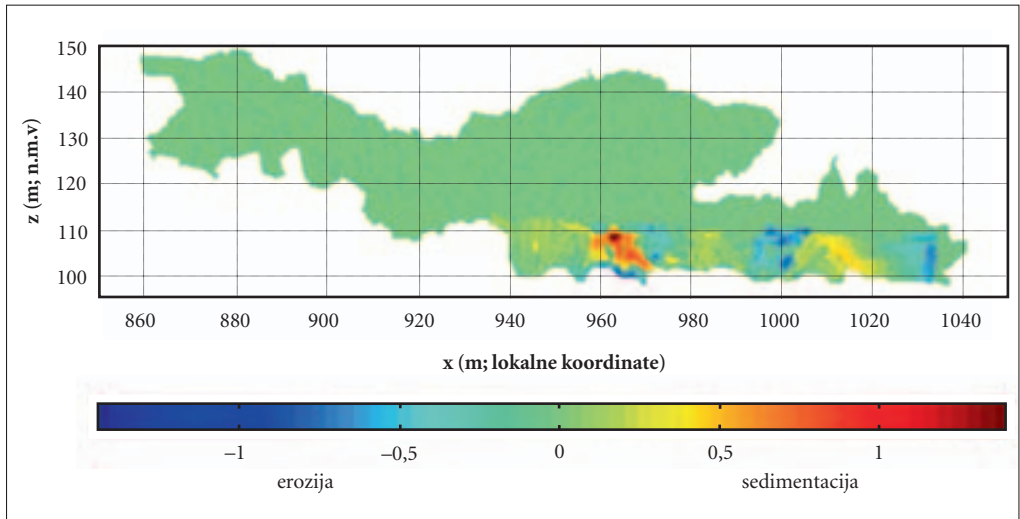
- s pomočjo mikrotopografskega profilometra (*micro-topographic profiler*) ali
- enostavneje z merilnim trakom in ravnilom.

Natančne meritve so »težke, drage in časovno zahtevne«, zato so pri meritvah potrebne posplošitve, s katerimi pa so povezane napake (tudi večje od 10 %) (Casalí in sodelavci 2006, 137). Več prečnih prerezov naredimo, manjša je napaka.

Namesto detajlnega geomorfološkega kartiranja lahko uporabimo natančnejše lasersko »skeniranje« (Stroosnijder 2005, 167), ki je časovno manj zahtevno, a zanj potrebujemo drago tehnično opremo.

Pri meritvah v Marezigah (Zorn 2007a, 241) je bil delež žlebične erozije prsti, glede na skupno žlebično in medžlebično erozijo prsti med 75 % in 90 %. Govers in Poesen (1988) sta na podlagi pregleda literature sklenila, da okrog 80 % skupne erozije prsti odpade na žlebično erozijo (Boardman 2006, 75).

**Erozijski žebličji:** Meritve sprememb višin površja so primerne za meritve na pobočjih (Stroosnijder 2005, 167). Pri takšnih meritvah so zelo uporabni »erozijski žebličji« (*erosion pins*, glej Haigh 1977)

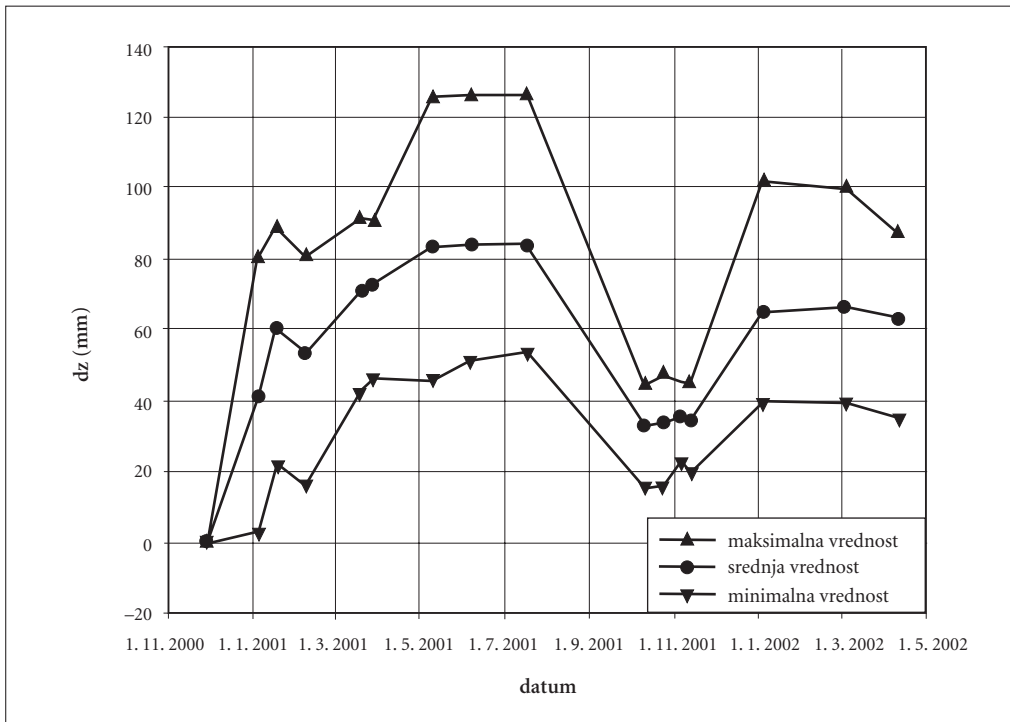


Slika 8: Ugotavljanje erozije in sedimentacije s pomočjo fotogrametrije na erozijskem žarišču na Škrlinah v porečju Rokave (Petkovšek 2002, 62).



Slika 9: Erozijski žlebič na melišču v porečju Rokave.





Slika 10: Odlaganje in odnašanje gradiva na melišču pod erozijskim žariščem na Šrlinah v porečju Rokave merjeno z erozijskimi žebličji (po Petkovšku 2002, 65). »Klif« je v obdobju od maja do julija »... tako rekoč neaktiven ...« [Skoraj brez sprememb v debelini gradiva na melišču, op. a.]. Sprememba nastane »... z nastopom pozno poletnih oziroma zgodnje jesenskih nalivov z veliko erozivno močjo ...«, ki odnašajo gradivo, »... v novembru, decembru, pa tudi še v pomladanskih mesecih ...« pa se »... znova odlagajo sedimenti ...« (Petkovšek 2002, 67).

kot jih je imenoval Petkovšek (2002, 13–14), ki je z njihovo pomočjo meril premikanje gradiva na melišču v porečju Rokave (slika 10). Erozijski žebličji so kovinske palčke, ki jih zapičimo pravokotno na podlago, spremembe površja pa merimo z ugotavljanjem razdalje med vrhom žebličja in površjem. Zmanjšanje te razdalje pomeni sedimentacijo, povečanje pa erozijo (Stroosnijder 2005, 167). Zelo so uporabni za meritve bočne erozije v vodotokih (Couper in sodelavci 2002).

#### 2.4 Meritve odplavljanja gradiva

V oceanih in morjih se letno odloži 15.000.000.000–20.000.000.000 t gradiva (1–1,35 t/ha) oziroma 20–27 % sproščenega gradiva (Walling 2006, 209).

Nekaj o osnovah metodologije geografskega preučevanja odplavljanja gradiva sta pisala Gams (1967) in Kunaver (1989).

Količine odtoka in odplavljenega gradiva v manjših porečjih ne omogočajo, da bi lahko zadržali ves odtok ali vso odplavljeno gradivo (razen, če zgradimo pregrado), zato meritve izvajamo s pomočjo avtomatskih vzorčevalnikov. Ti merijo spremembe vodostaja, s čimer lahko izračunamo pretok. Poleg tega ob dovolj velikih spremembah vodostaja jemljejo tudi vzorce vode, za ugotavljanje suspendiranega gradiva (Stroosnijder 2005, 167). Agencija Republike Slovenije za okolje ima na enajstih slovenskih



MATIJA ZORN

Slika 11: Avtomatski vzorčevalnik ISCO 3700 za merjenje suspendiranega gradiva v vodi; desno je postavljen dežemer.

vodotokih postavljeno mrežo takšnih postaj. Na šestih postajah potekajo dnevne meritve, na sedmih pa le ob izrednih dogodkih (Uлага 2006, 145).

**Suspendirano gradivo v vodotokih:** Za preučevanje erozije v porečjih so primerne le tiste »redne« postaje, ki gorvodno nimajo umetnih preprek (jezov), kjer se tok umetno upočasni, s tem pa zmanjša zmožnost prenašanja delcev. Primerne so tako le postaje: Miren, Suha in Veliko Širše. Doslej največja »obdobna« vrednost  $8112 \text{ g/m}^3$  je bila v Sloveniji izmerjena v Kobaridu 17. 11. 2000 (po drobirskem toku v Logu pod Mangartom; Uлага 2002, 214).

Meritve so pokazale, da se približno 70 % vsega suspendiranega gradiva premesti ob le nekaj visokovodnih dogodkih (Uлага 2002, 212).

**Odloženo gradivo ob ustjih rek ali za umetnimi pregradami:** Za pregradami odloženo gradivo merijo s pomočjo geodetskih meritev akumulacijskega prostora ali z odstranitvijo gradiva iz akumulacijskega prostora.

Na ustju reke Raše (hrvaška Istra) je bilo na podlagi batimetričnih podatkov pomorskih zemljevidov iz leta 1938 in 1968 ocenjeno, da je bilo v tem obdobju odloženo  $1.450.000 \text{ m}^3$  gradiva oziroma, da reka letno odloži  $48.500 \text{ m}^3$  gradiva (78.000 t) (Juračić in sodelavci 1995, 266). V nekaterih delih Raškega zaliva je hitrost sedimentacije tudi do  $15 \text{ cm/leto}$ . Ugotovili so, da se je zaradi takšne sedimentacije ustje Raše v zadnjih 240 letih premaknilo za 4 km dolvodno. Ob ustju (pri Bršicu) so izmerili, da se je v obdobju med letoma 1950 in 1980 dno dvignilo za 4–5 m (Benac in sodelavci 1991, 479, 490; Rubinić in sodelavci 1999, 128).

V dolini Mirne (hrvaška Istra) so na podlagi primerjave več topografskih zemljevidov od druge polovice 19. stoletja do danes ugotovili premik obalne črte za 350 m v korist kopnega (Benac in sodelavci 2007, 277)



### 3 Sklep

Po mnenju Stroosnijdera (2005, 172) so danes glavne pomanjkljivosti erozijskega preučevanja:

- pomanjkanje kakovostnih empiričnih podatkov,
- pomanjkanje finančnih sredstev,
- pomanjkanje novih tehnoloških rešitev in opreme ter
- premalo za erozijska preučevanja izobraženih ljudi.

Pregled globalnega erozijskega preučevanja v zadnjih letih je naredil Boardman (2006, 73) in ugotovil, da »... še nismo dobili obljubljenega 'vse opevajočega in plešočega' erozijskega modela, da še vedno primanjkuje terenskih meritev in da so politični, družbeni ter gospodarski vzroki erozije še zmeraj zanemarljivi...«. Boardman (2006, 76) nadaljuje, da je predvsem vsesplošna uporaba modela USLE (oziroma pri nas uporaba Gavrilovićeve enačbe), »povzročila pomanjkanje zanimanja« za posamezne dogodke. Uporabnike zanima le neka povprečna erozija, ne pa način izračuna povprečja oziroma kateri dejavniki vplivajo na erozijo.

### 4 Viri in literatura

- Benac, Č., Arbanas, Ž., Pavlovec, E. 1991: Postanak i geotehničke osobitosti doline i zaljeva Raše. Pomorski zbornik 29-1. Rijeka.
- Benac, Č., Rubinić, J., Ružić, I., Celija I. 2007: Geomorfološka evolucija riječnih ušća na istarskom poluotoku. 4. hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode i Europska unija – izazovi i mogućnosti. Zagreb.
- Boardman, J. 2006: Soil erosion science: Reflections on the limitation of current approaches. *Catena* 68, 2–3. Amsterdam.
- Casali, J., Loizu, J., Campo, M. A., De Santisteban, L. M., Álvarez-Mozos, J. 2006: Accuracy of methods for field assessment of rill and ephemeral erosion. *Catena* 67-2. Amsterdam.
- Collins, A. L., Walling, D. E. 2004: Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. *Progress in Physical Geography* 28-2. London.
- Cooper, S. E. 2006: The role of conservation soil management on soil and water protection at different spatial scales. Doktorsko delo, The National Soil Resources Institute, School of Applied Sciences, Cranfield University. Cranfield.
- Couper, P., Stott, T., Maddock, I. 2002: Insights into river bank erosion processes derived from analysis of negative erosion-pin recordings: observations from three recent UK studies. *Earth Surface Processes and Landforms* 27-1. Chichester.
- Gams, I. 1967: Nekater metode proučevanja, odnašanja in premikanja tal. *Geografski obzornik* 14-4. Ljubljana.
- Gavrilović, S. 1962: Proračun srednje-godišnje količine nanosa prema potencijalu erozije. *Glasnik šumarkog fakulteta* 26. Beograd.
- Gavrilović, S. 1972: Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. Beograd.
- Gerlach, T. 1967: Hillslope thoughts for measuring sediment movement. *Révue Géomorphologie Dynamique* 17-4. Pariz.
- Globevnik, L. 2001: Celosten pristop k urejanju voda v povodjih. Doktorsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Govers, G., Poesen, J. 1988: Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. *Geomorphology* 1–4. Amsterdam.
- Grafenauer, B. 1970: Urbarizacija zemljišča. *Gospodarska in družbena zgodovina Slovencev: Zgodovina agrarnih panog*, 1. zvezek: Agrarno gospodarstvo. Ljubljana.
- Hacquet, B. 1784: *Oryctographia Carniolica, oder Physikalische Erdbeschreibung des Herzogthums Krain, Istrien, und zum Theil der benachbarten Länder*. Zvezek 3. Leipzig.

- Haigh, M. J. 1977: The use of erosion pins in the study of slope evolution. Shorter Technical Methods II. British Geomorphological Research Group Technical Bulletin 18. Norwich.
- Horvat, A. 1987: Hudourniške vode na Slovenskem. Ujma 1. Ljubljana.
- Hrvatina, M., Komac, B., Perko, D., Zorn, M. 2006: Slovenia. Soil Erosion in Europe. Chichester.
- Jetten, V., Favis-Mortlock, D. 2006: Modeling soil erosion in Europe. Soil Erosion in Europe. Chichester.
- Juračić, M., Sondi, I., Rubinić, J., Pravdić, V. 1995: Sedimentacija u neravnotežnom estuariju pod utjecajem rijeke: krški estuarij Raše (Hrvatska). Zbornik radova: 1. hrvatski geološki kongres. Zagreb.
- Jurak, V., Petraš, J., Gajski D. 2002: Istraživanje ekscesivne erozije na ogoljelim flišnim padinama u Istri primjenom terestrične fotogrametrije. Hrvatske vode 10-38. Zagreb.
- Keesstra, S. D. 2006: Impact of natural reforestation on floodplain sedimentation in the Dragonja basin, SW Slovenia. Earth Surface Processes and Landforms 32-1. Chichester.
- Keesstra, S. D., van Dam, O. 2003: Changing sediment generation and supply due to natural reforestation in the Dragonja catchment, SW Slovenia. Proceedings NCR-days 2002: Current themes in Dutch river research NCR Publication 20. Delft.
- Kladnik, D., Lovrenčak, F., Orožen Adamič, M. (ur.) 2005: Geografski terminološki slovar. Ljubljana.
- Komac, B., Zorn, M. 2005: Soil erosion on agricultural land in Slovenia – measurements of rill erosion in the Besnica valley. Acta geographica Slovenica 45-1. Ljubljana.
- Komac, B., Zorn, M. 2007: Meritve in modeliranje erozije v Sloveniji. Strategija varovanja tal v Sloveniji: zbornik referatov. Ljubljana.
- Kunaver, J. 1989: Ugotavljanje erozije prsti v domači pokrajini. Geografski obzornik 36, 3–4. Ljubljana.
- Lazarević, R. 1968: Erozijska u slivu Gvozdačke reke – prilog metodi za izradu karte erozije. Glasnik srpskog geografskog društva 49-2. Beograd.
- Lazarević, R. 1985: Novi postupak za određivanje koeficijentata erozije (Z). Erozijska – stručno-informativni bilten 13. Beograd.
- Leopold, L. B., Emmet, W. W. 1967: On the design of Gerlach tough. *Révue Géomorphologie Dynamique* 17-4. Pariz.
- Loughran, R. J. 1989: The measurement of soil erosion. *Progress in Physical Geography* 13-2. London.
- Mason, P. F. J. 1995: Neolitska in eneolitska naselja v Beli krajini: naselja v Gradcu in izraba prostora v času od 5. do 3. tisočletja BC. Poročilo o raziskovanju paleolitika, neolitika in eneolitika v Sloveniji 22. Ljubljana.
- McNeill, J. R. 2002: The Mountains of the Mediterranean World: An Environmental History. Cambridge.
- Meško, M. 2000: Vpliv različnih načinov oskrbe vinogradniških tal na erozijo. Diplomsko delo, Fakulteta za kmetijstvo Univerze v Mariboru. Maribor.
- Miko, M. 2006: Analiza erozije prsti na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Mikoš, M., Fazarinc, R., Ribičič, M. 2006: Sediment production and delivery from recent large landslides and earthquake-induced rock falls in the Upper Soča River Valley, Slovenia. *Engineering geology* 86. Amsterdam.
- Milotic, I. 2004: Dolina Mirne u antici. Zagreb.
- Morgan, R. P. C. 1996: Soil Erosion and Conservation. Harlow.
- Natek, K. 1989: Vloga usadov pri geomorfološkem preučevanju Voglajnskega gričevja. Geografski zbornik 29. Ljubljana.
- Nearing, M. A., Lane, L. J., Lopes, V. L. 1994: Modeling soil erosion. *Soil Erosion Research Methods*. Delray Beach.
- Ogorelec, B., Mišič, M., Šercelj, A., Cimerman F., Faganeli, J., Stegnar, P. 1981: Sediment sečoveljske soline. *Geologija* 24-2. Ljubljana.
- Ollesch, G., Vacca, A. 2002: Influence of time on measurement results of erosion plot studies. *Soil and Tillage Research* 67-1. Amsterdam.

- Parsons, A. J., Brazier, R. E., Wainwright, J., Powell, D. M. 2006: Scale relationship in hillslope runoff and erosion. *Earth Surface Processes and Landforms* 31-11. Chichester.
- Petek, F. 2005: Spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu. *Geografija Slovenije* 11. Ljubljana.
- Petkovšek, G. 2000: Procesno utemeljeno modeliranje erozije tal. *Acta hydrotechnica* 18-28. Ljubljana.
- Petkovšek, G. 2002: Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na povodju Dragonje. Doktorsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Phillips, J. D. 2003: Sources of nonlinearity and complexity in geomorphic systems. *Progress in Physical Geography* 27-1. London.
- Pintar, J., Mikoš, M., Verbovšek, V. 1986: Elementi okolju prilagojenega urejanja vodotokov: alternativa utesnjevanju živih naravnih procesov v toge objekte. *Drugi kongres o vodama Jugoslavije*. Beograd.
- Poesen, J., van Wesemael, B., Bunte, K. 1998: Soils containing rock fragments and their response to desertification. *Atlas of Mediterranean Environments in Europe: The Desertification Context*. Chichester.
- Rajšp, V., Trpin, D. (ur.) 1997: Slovenija na vojaškem zemljevidu 1763–1787 (1804). *Opisi*, 3. zvezek. Ljubljana.
- Rubinić, J., Bušelić, G., Kukuljan, I., Kosović, M. 1999: Hidrološka analiza suspendiranog nanosa u istarskim vodama. *Hrvatske vode* 7-27. Zagreb.
- Staut, M. 2004: Recentni erozijski procesi v porečju Dragonje. *Diplomsko delo, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani*. Ljubljana.
- Stergar, A. 1997: Vpliv oskrbe vinogradniških tal na erozijo in izpiranje dušika. *Diplomsko delo, Fakulteta za kmetijstvo Univerze v Mariboru*. Maribor.
- Stroosnijder, L. 2005: Measurement of erosion: Is it possible. *Catena* 64, 2–3. Amsterdam.
- Titl, J. 1965: Socialnogeografski problemi na koprskem podeželju. *Koper*.
- Topole, M. 1998: Mirnska dolina: regionalna geografija porečja Mirne na Dolenjskem. Ljubljana.
- Uлага, F. 2002: Koncentracija suspendiranega materiala v slovenskih rekah. *Ujma* 16. Ljubljana.
- Uлага, F. 2006: Transport suspendiranega materiala v slovenskih rekah. *Ujma* 20. Ljubljana.
- Voranc, P. 1969: Ljubezen na odoru. *Izbrano delo III*. Ljubljana.
- Vrišer, I. 1954: Goriška brda – gospodarska geografija. *Geografski zbornik* 2. Ljubljana
- Walling, D. E. 2006: Human impact on land-ocean sediment transfer by the world's rivers. *Geomorphology* 79, 3–4. Amsterdam.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. 1965: Predicting rainfall erosion losses in the Eastern U. S. – a guide to conservation planning. *Agricultural Handbook* 282. Washington D. C.
- Zemljič, M. 1972: Erozijski pojavi v Sloveniji. *Gozdarski vestnik* 30-8. Ljubljana.
- Zorn, M. 2007a: Recentni geomorfni procesi na rečno-denudacijskem reliefuna primeru porečja Dragonje. *Doktorsko delo, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani*. Ljubljana.
- Zorn, M. 2007b: Ali se zavedamo hitrosti erozijskih procesov – primer iz slovenske Istre. *Dela* 28. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2005: Erozijski prsti na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji. *Ujma* 19. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2008: Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia). *Conference papers: XXIV<sup>th</sup> Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management*. Ljubljana.
- Žitko, S. 1999: Pietro Coppo: O položaju Istre. *Stari krajeписi Istre*. Koper.

## 5 Summary: Some methods for erosion processes research

(translated by the author)

When we are investigating erosion processes we have to differ between sediment production and sediment yield. Sediment production is usually measured on slopes and sediment yield in waters.

For erosion processes research many methods exist, from which some are presented in the article; the use of historical sources for example. With the help of historical sources it is possible to gain an

insight into the extend of erosion processes in the past centuries. In the literature we can also find valuable data about the combat against erosion in the past.

Erosion processes are today mostly studied with the help of erosion models (also true for Slovenia), because with them we can relatively easy and quick model erosion for larger areas. In erosion modeling empirical models still prevail. Unfortunately it is difficult to imply them in different environments, without a proper validation with the help of measurements. In Slovenia measurements were scarce. Those measurements that were made were so far not used for the erosion models validation. That's why we can't with certainty say which foreign empirical model is more suitable for Slovene purposes. The use of called process models is growing abroad. In Slovenia these kinds of models were not yet used.

In Slovenia measurements of sediment production were carried out on closed (in the villages Smast and Marežige and in Ljubljana) and on open (in villages Limbuš and Straža) erosion plots, but most measurements were short-lived.

Measurements of sediment yield are on six Slovene rivers done daily by our Environmental Agency and on another seven river measurements are done periodically.