

Erozija tal v slovenski Istri

Soil erosion in Slovene Istria

Matija ZORN¹ & Matjaž MIKOŠ²

¹Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana;
e-mail: matija.zorn@zrc-sazu.si

²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana;
e-mail: matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

Prejeto / Received 28. 8. 2009; Sprejeto / Accepted 9. 9. 2009

Ključne besede: erozijski procesi, erozija tal, površinsko spiranje, medžlebična erozija, žlebična erozija, vetrna erozija, fliš, rendzina, rigolana tla, slovenska Istra

Key words: erosion processes, soil erosion, surface erosion, interrill erosion, rill erosion, wind erosion, flysch, rendzina, anthropogenic soil, Slovene Istria

Izvleček

V slovenski Istri od konca devetdesetih let 20. stoletja potekajo intenzivne hidrološke in geomorfološke raziskave. Mednje je sodilo tudi preučevanje erozije tal, ki je potekalo med letoma 2005 in 2008. Terenske meritve so potekale na 1 m² velikih zaprtih erozijskih poljih na treh različnih rabah tal južno od vasi Marezige v porečju Rokave: na golih tleh v oljčniku, na travniku v zaraščanju in v gozdu.

Predstavljene so tedenske meritve površinskega spiranja (medžlebične erozije tal) za obdobje 13 mesecev (konec marca 2005–konec aprila 2006), kot tudi mesečna povprečja in povprečja po letnih časih, poleg tega pa še izbrane linearne statistične povezave med površinskim spiranjem in vremenom.

Med majem 2005 in aprilom 2006 je površinsko spiranje na golih tleh v oljčniku z naklonom 5,5° znašalo 9013 g/m² (90 t/ha), kar ustreza zniževanju površja 8,5 mm/leto; na travniku v zaraščanju z naklonom 9,4° 168 g/m² (1,68 t/ha), kar ustreza zniževanju površja 0,16 mm/leto; v gozdu z naklonom 7,8° 391 g/m² (3,91 t/ha) in v gozdu z naklonom 21,4° 415 g/m² (4,15 t/ha), kar ustreza zniževanju površja okrog 0,4 mm/leto.

Abstract

From the end of nineties of the 20th century, intense hydrologic and geomorphologic research is taking place in the Slovene Istria. As a part of this research also studies on soil erosion were undertaken in the period from 2005 to 2008. The field measurements were undertaken on closed 1 m² large erosion plots under three different land uses (on bare soils in an olive grove, on an overgrown meadow, in a forest), placed south of the Marezige village in the Rokava River basin.

We show weekly measurements of surface erosion (interrill erosion) for the period of 13 months (the end of March 2005 – the end of April 2006), as well as monthly and seasonal averages together with selected linear statistical correlations between soil erosion and weather parameters.

From May 2005 to April 2006 the interrill erosion on bare soils in an olive grove with an inclination of 5.5° amounted to 9013 g/m² (90 t/ha) that corresponds to surface lowering rate of 8.5 mm/yr; on an overgrown meadow with an inclination of 9.4° it amounted to 168 g/m² (1,68 t/ha) that corresponds to surface lowering rate of 0.16 mm/yr; and in a forest with an inclination of 7.8° it amounted to 391 g/m² (3,91 t/ha) and in a forest with an inclination of 21.4° it amounted to 415 g/m² (4,15 t/ha), respectively, that corresponds to surface lowering rate of 0.4 mm/yr.

Uvod

Leta 2008 smo v tej reviji (letnik 51/1) predstavili umikanje skalnih pobočij na erozijskih žariščih v slovenski Istri (ZORN & MIKOŠ, 2008). Med drugim smo v članku zapisali, da so bile meritve umikanja pobočij del obsežnejših meritev erozijsko-denudacijskih procesov v porečju Dragonje, v okviru katerih smo merili tudi erozijo tal (erozijo prsti) na različnih rabah tal.

Erozijo tal v članku razumemo kot »... vsako odstranjevanje delcev prsti in preperine z naravnimi

agensi, marsikje pospešeno zaradi delovanja človeka (goloseki, čezmerna paša, nadelava, gradnja poti) in živali, ki je intenzivnejše od nastajanja prsti ...» (KOMAC & ZORN, 2005; ZORN, 2008).

Stanje na področju raziskav erozije tal v Sloveniji najbolj ponazori trditev zapisana pri oceni izvajanja Konvencije Združenih narodov o degradaciji tal v Sloveniji (OCENA, ... 2005): »... *Erozija tal je v Sloveniji relativno malo raziskana ...*«. Podobno trditev najdemo tudi pri ČARMANOVU, MIKOŠU in PINTARJEVI (2007). Podatke o dosedanjih raziskavah so zbrali KOMAC in ZORN (2005, 2007),

ZORN in KOMAC (2005), HRVATIN in sodelavci (2006) ter ZORN (2008).

Pregled člankov v reviji Geologija kaže na zapostavljenost tega področja tudi v slovenski geologiji, čeprav so tla v zadnjem desetletju postala predmet intenzivnih geoloških, predvsem geoemičnih raziskav (npr. ŠAJN et al., 2000; ŠAJN, 2001; ŠAJN & GOSAR, 2007).

Slovenska Istra oziroma podrobneje porečje Dragonje je bila za območje meritev izbrana, ker so tu od konca 20. stoletja potekale intenzivnejše raziskave nekaterih hidroloških in geomorfnihih procesov (npr. GLOBEVNIK, 2001; PETKOVŠEK, 2002; BIZJAK, 2003; ŠRAJ, 2003; STAUT, 2004; KEESSTRA, 2006; MIKO, 2006; TOL, 2006). Poleg teh smo se lahko navezali tudi na nekatere morfogenetske študije (npr. KOKOLE, 1956; MELIK, 1960; ŠIFRER, 1965; 1997; PLACER, 2005a; 2005b) in starejša dela o erozijskih procesih (npr. JEŽ, 1956/57; PAULIČ, 1971; WRABER, 1971; NATEK, 1990). Skupna značilnost omenjenih del je, da so bile meritve erozijskih procesov redke (npr. PETKOVŠEK, 2002; KEESSTRA, 2006). Pogostejša je bila uporaba različnih erozijskih modelov (npr. PETKOVŠEK, 2000), še posebej za ugotavljanje erozije tal (npr. GLOBEVNIK, 2001; PETKOVŠEK, 2002; STAUT, 2004; KEESSTRA, 2006; MIKO, 2006; STAUT & MIKOŠ, 2008). Da bi naredili korak naprej od modeliranja erozije tal, smo marca 2005 začeli z njenimi meritvami. Meritve so potekale do

vključno avgusta 2008 (ZORN, 2007a; 2007b; 2008; ZORN & PETAN, 2007, 2008). V članku predstavljamo meritve prvih 13 mesecev raziskovalnega obdobja (konec marca 2005 – konec aprila 2006).

Metode in meritve

Meritve so bile predvsem usmerjene v ugotavljanje površinskega spiranja. Površinsko spiranje oz. medžlebična erozija (ang. *interrill erosion*) je posledica dežne erozije (erozije dežnih kapljic) in ploskovne erozije površinskega vodnega toka (MIKOŠ & ZUPANC, 2000), preden se voda združi v curke in začne delovati globinsko, kar s koncentriranjem vodnih tokov privede do jarkovne erozije (ang. *gully erosion*). Značilnost površinskega spiranja je, da ga brez stalnega merjenja težko opazimo in kvantificiramo, zato njegove učinke pogosto podcenjujemo. Lažje opazimo učinke žlebične erozije (ang. *rill erosion*), zaradi katere na zemljiščih nastajajo erozijski žlebiči, to so največ do 30 cm globoke in široke ter več metrov dolge vdolbine v pobočju (ZORN, 2008). Površinsko spiranje in žlebična erozija tvorita skupaj 'celotno vodno erozijo tal', ki se ji lahko pridružijo še druge oblike erozije, npr. vetrna erozija. Medtem, ko so meritve površinskega spiranja potekale sistematično, smo žlebično erozijo merili občasno, meritve vetrne erozije pa je nastala po naključju.

Preglednica 1. Temeljni podatki o erozijskih poljih

Table 1. Basic data on erosion plots

raba tal	erozijsko polje	obdobje meritev	naklon		Gauss-Krügerjeve koordinate polja	nadmorska višina m	ekspozicija azimut (°)
			(°)	povprečje (°)			
gola tla v oljčniku	1	24. 3. 2005–26. 4. 2006	6,45	5,53	X 5406103 Y 5040005	175	185
	2	24. 3. 2005–26. 4. 2006	4,60		X 5406108 Y 5040005	175	182
travnik v zaraščanju	3	7. 4. 2005–26. 4. 2006	9,25	9,35	X 5406103 Y 5040001	174	185
	4	7. 4. 2005–26. 4. 2006	9,45		X 5406104 Y 5039998	174	196
gozd	5	31. 3. 2005–26. 4. 2006	8,88	7,76	X 5406043 Y 5040019	175	230
	6	28. 4. 2005–26. 4. 2006	6,65		X 5406050 Y 5040010	175	200
	7	31. 3. 2005–26. 4. 2006	22,20	21,40	X 5406034 Y 5040023	173	270
	8	28. 4. 2005–26. 4. 2006	20,60		X 5406034 Y 5040020	173	285

Preglednica 2. Tekstura zgornjih 10 cm tal na erozijskih poljih. Specifična masa tal je 1,056 g/cm³

Table 2. Soil texture of the upper 10 cm of soil. Bulk density of soil is 1.056 g/cm³

erozijsko polje	tekstura (mednarodna klasifikacija)				teksturni razred tal	vsebnost organskega ogljika (%)
	debelozrnat pesek (%)	droben pesek (%)	melj (%)	glina (%)		
1 in 2 (gola tla v oljčniku)	2,37	33,03	34,30	30,30	IG (ilovnata glina)	6,33
3 in 4 (travnik v zaraščanju)	2,77	40,33	30,30	26,60	IG (ilovnata glina)	7,67
5 in 6 (gozd – manjši naklon)	3,39	37,61	28,10	30,90	IG (ilovnata glina)	8,31
7 in 8 (gozd – večji naklon)	12,32	35,58	22,40	29,70		12,51

Površinsko spiranje smo merili z rednimi tedenskimi meritvami na zaprtih erozijskih poljih (ang. *closed/bounded erosion plots*) (ZORN, 2007a, 2008). Južno od vasi Marezige v porečju Rokave smo postavili osem erozijskih polj na tri različne rabe tal: na gola tla v mladem oljčniku (2), na travnik v zaraščanju (2) in v gozd (4) (preglednici 1 in 2).

Matična kamnina na območju meritev je eocen-ski fliš, tla pa po PEDOLOŠKI karti Slovenije (2005) spadajo med rigolana tla na flišu (horizonti: P–C). Preden je človek s kmetijstvom pomešal horizonte tal (STRITAR, 1990), je bila to karbonatna rendzina na flišu (horizonti: A_h–AC–C), ki v porečju Dragonje še vedno prevladuje (STEPANČIČ et al., 1984; PEDOLOŠKA ..., 2005). Debelina tal ni bila določena, razen ob vgradnji erozijskega polja v gozdu z večjim naklonom (erozijski polji 7 in 8), kjer je bila izmerjena globina tal okoli 0,5 m. Debelina tal v mladem oljčniku je zaradi manjšega naklona in človekovega poseganja precej večja, ocenjujemo jo na približno 2 m.

Erozijska polja so bila velika 1 m², kar jih po velikostni delitvi erozijskih polj po POESNU, TORRIJU in BUNTEJU (1994) uvršča med mikro- (ang. *mikroplot*; 'majhna') oziroma mezo- (ang. *mesoplot*; 'srednje velika') erozijska polja.

Konstruktivsko zasnovano erozijskih polj smo našli v članku VACCE in sodelavcev 2000; OLLESCH & VACCA, 2002), za način njihove umestitve v pokrajino pa smo se oprli na deli LALA in ELLIOTA (1994) ter DUNJA, PARDINIJA in GISPERTA (2004).

Erozijska polja so bila omejena s tremi pločevinastimi ploščami dolžine 1 m in višine 30 cm (ene zadaj in dveh ob straneh), ki so bile vkopane 10 cm globoko v tla, in s pločevinastim lijakom (spredaj), od katerega je bil odtok speljan po plastični cevi v plastično (lovilno) posodo (30 l) vkopano v tla. Tako lijak kot lovilna posoda sta bila pokrita, da ne bi zbiral padavinske vode. Pločevinaste plošče so bile med seboj pritrjene z vijaki, lijak pa je bil nataktnjen na stranski plošči (sl. 1 in 2).

Vsak teden smo z vsakega erozijskega polja pobrali po dva vzorca. Iz lovilnih posod smo pobrali vso mešanico vode in spranih tal, iz pločevinastih



Slika 2. Erozijska polja 1 do 4; spredaj polje 4 in za njim polje 3 na travniku v zaraščanju, zadaj levo polje 1 in zadaj desno polje 2 na goli prsti v oljčniku (fotograf: Blaž Komac)

Figure 2. Erosion plots 1 to 4; erosion plot 4 in front with plot 3 behind it on an overgrown meadow, at the back are on the left site plot 1 and on the right site plot 2 on bare soils in an olive grove (photographer: Blaž Komac)

lijakov pa suhe vzorce tal, ki niso dosegli lovilnih posod. V laboratoriju smo izmerili količino vode v lovilnih posodah in dobili tedenski površinski odtok, ter iz celotnega vzorca vzeli reprezentativen manjši vzorec, ki smo ga dali analizirati v laboratorij Inštituta za zdravstveno hidrotehniko Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, kjer so po standardu DIN 38409-H2 ugotavljali količino suspendiranih (neraztopljenih) snovi v njem. Vzorce smo sušili pri temperaturi od 103 do 105° C. Skupno količino erodiranih tal smo dobili s seštevkom skupne količine suspendiranega gradiva in gradiva, ujetega v pločevinastem lijaku, ki smo ga posušenega stehali z elektronsko tehtnico.

V neposredno bližino erozijskih polj smo postavili avtomatski dežemer s prekucnikom tipa ONSET RG2-M, ki je omogočal spremljanje količine in intenzitete padavin.

Meritve površinskega spiranja

Meritve po tednih

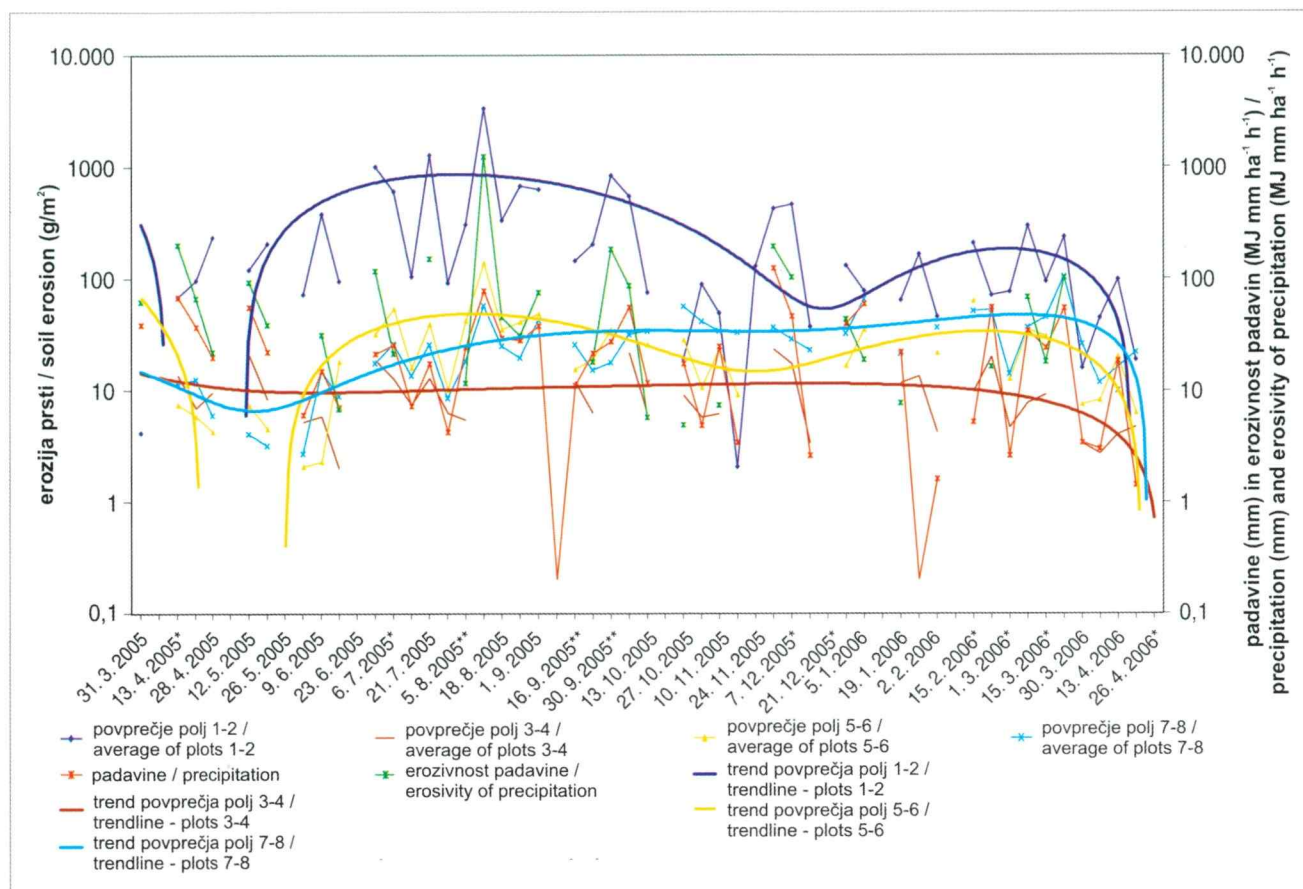
Erozija tal je bila daleč največja na golih tleh v oljčniku (sl. 3). V drugi polovici merilnega obdobja ji sledi erozija tal v gozdu z večjim naklonom, na tretjem mestu pa je gozd z manjšim naklonom, ki v prvi polovici merilnega obdobja izkazuje celo večjo erozijo, kot je bila izmerjena v gozdu z večjim naklonom. To je posledica dejstva, da je bilo pri večjem naklonu težje umestiti lijak erozijskega polja v tla in smo zato v prvem obdobju meritev pod lijakom izgubili kar nekaj površinskega odтока in s tem tudi erodiranega gradiva. Najmanj tal je bilo erodiranih na travniku v zaraščanju, kar je posledica gostote poraščenosti polj.

Povprečja na teden in skupne vrednosti za vseh 13 mesecev meritev ter za dve 12-mesečni obdobji so predstavljena v preglednici 3. Na golih tleh se s površinskim spiranjem letno sprosti med 9



Slika 1. Erozijsko polje 1 na goli prsti v oljčniku in površinski odtok, ki je bil ujet v lovilno posodo v tednu med 7. 4. in 13. 4. 2005. Odtok je prelit v posodo s prostornino 10 l (fotograf: Matija Zorn)

Figure 1. Erosion plot 1 on bare soils in an olive grove with collected weekly eroded material and runoff (7. 4. 2005–14. 4.



Slika 3. Tedenske meritve erozije tal na različnih rabah tal in padavine (* meritev dan pred običajnim rednim tedenskim merjenjem, ** meritev dan po običajnem rednem tedenskem merjenju)

Figure 3. Weekly measurements of soil erosion and precipitation (* measurement a day before a regular weekly visit, ** measurement a day after a regular weekly visit)

in skoraj 10 kg gradiva/m² (9000–9800 g/m²), na travniku med 170 in 190 g/m², v gozdu z manjšim naklonom med 390 in 425 g/m² ter v gozdu z večjim naklonom med 415 in 496 g/m². Povprečni delež specifičnega tedenskega odtoka je na golih tleh okrog 23 %, na travniku okrog 8 % in v gozdu ne glede na naklon dobrih 6 %.

Kljub kratkotrajnosti meritev se je pokazalo, da »večji« erozijski dogodki prispevajo velik delež k letnemu sproščanju gradiva.

V vsem obdobju meritev so bile najbolj erozivne padavine v tednu med 5. in 12. 8. 2005 (tedenska erozivnost padavin je bila 1235,91 MJ·mm·ha⁻¹ · h⁻¹; 11. 8. 2005 so bile maksimalne 30-minutne padavine 42,8 mm, dnevna erozivnost padavin pa 1110,5 MJ·mm·ha⁻¹ · h⁻¹), katerih erozivnost je bila krepko nad avgustovsko povprečno mesečno vrednostjo (507,8 MJ·mm·ha⁻¹ · h⁻¹) za porečje Dravonje (PETKOVŠEK & MIKOŠ, 2002, 2004).

Na golih tleh v oljčniku se je v tem tednu glede na prvo 12-mesečno obdobje sprostilo 27 % gradiva celega leta, glede na drugo 12-mesečno obdobje pa celo 30 %. Na travniku je bilo v tem tednu odneseno med 21 in 24 % celoletnega gradiva.

Zaradi popolne olistanosti dreves je bil delež odnesenega gradiva v tednu med 5. in 12. 8. 2005 v gozdu ustrezno manjši. V gozdu z manjšim naklonom je znašal 15 %, v gozdu z večjim naklonom pa delež erodiranega gradiva v tem tednu med ekstremi niti ne izstopa oziroma je celo manjši od

erozije v posameznih tednih hladnega dela leta, ko so bile krošnje brez listja, padavine pa so imele bistveno manjšo erozivnost.

Meritve po mesecih in letnih časih

Da bi ugotovili splošnejše trende v sproščanju gradiva s strmih golih pobočij prek leta, smo meritve združili po mesecih in letnih časih (sl. 4 in 5).

Eroziji na golih tleh, travniku in v gozdu z manjšim naklonom je skupno, da imajo primarni višek mesečnih erozijskih vrednosti avgusta, višek glede na letni čas pa poleti. Zaradi najnižjih vrednosti erozivnosti padavin pozimi temu ustreza tudi nižek erozije pozimi tako na golih tleh kot na travniku, pri gozdu z manjšim naklonom pa smo primarni nižek erozije zabeležili spomladi, kar kaže na vpliv olistanja na erozivnost padavin v gozdu. Ta vpliv pride še bolj do izraza v gozdu z večjim naklonom, kjer smo primarni višek zabeležili pozimi in sekundarnega jeseni, saj so olistane krošnje vpliv erozivnosti padavin poleti povsem izničile. Na teh erozijskih poljih je bil primarni nižek erozije zabeležen poleti.

Korelacija z vremenom

S pomočjo Pearsonovega koeficienta korelacije (r) smo za vsako rabo tal iskali linearne povezave

Preglednica 3. Erozija tal in delež specifičnega odtoka na erozijskih poljih

Table 3. Soil erosion, and proportion of specific runoff on erosion plots

	povprečje erozijskih polj 1 in 2			povprečje erozijskih polj 3 in 4			povprečje erozijskih polj 5 in 6			povprečje erozijskih polj 7 in 8		
	delež specifičnega odtoka	erozija tal		delež specifičnega odtoka	erozija tal		delež specifičnega odtoka	erozija tal		delež specifičnega odtoka	erozija tal	
		%	g/m ²		kg/ha	%		g/m ²	kg/ha		%	g/m ²
povprečno na teden (13 mesecev; 57 tednov)	22,57	173,32	1733,17	7,98	3,52	35,18	6,15	7,77	77,69	6,30	9,12	91,16
skupaj (13 mesecev; 57 tednov)	-	9879,09	98.790,94	-	193,49	1934,87	-	435,08	4350,82	-	510,52	5105,19
povprečno na teden (12 mesecev: a) 24. 3. 2005–23. 3. 2006 b) 31. 3. 2005–30. 3. 2006)	23,49 ^a	188,76 ^a	1887,59 ^a	7,85 ^b	3,69 ^b	36,85 ^b	6,19 ^b	8,19 ^b	81,90 ^b	6,43 ^b	9,55 ^b	95,51 ^b
skupaj (12 mesecev: a) 24. 3. 2005–23. 3. 2006 b) 31. 3. 2005–30. 3. 2006)	-	9815,47 ^a	98.154,66 ^a	-	191,64 ^b	1916,45 ^b	-	425,90 ^b	4258,96 ^b	-	496,65 ^b	4966,49 ^b
povprečno na teden (12 mesecev: 28. 4. 2005–26. 4. 2006)	22,82	173,34	1733,35	8,38	3,23	32,34	6,46	7,52	75,22	6,46	7,98	79,78
skupaj (12 mesecev 28. 4. 2005–26. 4. 2006)	-	9013,43	90.134,31	-	168,15	1681,51	-	391,15	3911,49	-	414,87	4148,68

med površinskim spiranjem in posameznimi vremenskimi parametri (preglednica 4). Izračunali smo tudi koeficient multiple linearne korelacije (R) med erozijo tal in vsemi uporabljenimi vremenskimi parametri skupaj. Za naše spremenljivke je delež pojasnjene variance za erozijo na golih tleh med 0,9382 ($n = 55$; $p < 0,0000$; $R = 0,9686$) oziroma 93,82 % in 0,9784 ($n = 41$; $p < 0,0000$; $R = 0,9891$) oziroma 97,84 %. Podobne zelo visoke pozitivne statistične povezave smo zabeležili tudi na ostalih rabah tal.

Očitno povezanost med padavinskimi parametri in erozijo kaže dejstvo, da je delež pojasnjene variance le za padavinske parametre, le neznatno manjše od tistih, pri katerih smo upoštevali vse vremenske parametre (ZORN, 2008).

Za vse rabe tal je značilno, da skoraj ni statistične povezanosti med erozijo in vetrnimi parametri, neznatna do nizka je tudi statistična povezanost s temperaturnimi parametri. To potrjuje, da gre pri meritvah medžlebične erozije tal skoraj izključno za vodno erozijo kot posledico padavin. Da pa vendarle ne gre izključno za vodno erozijo, bomo videli v poglavju o vetrni eroziji.

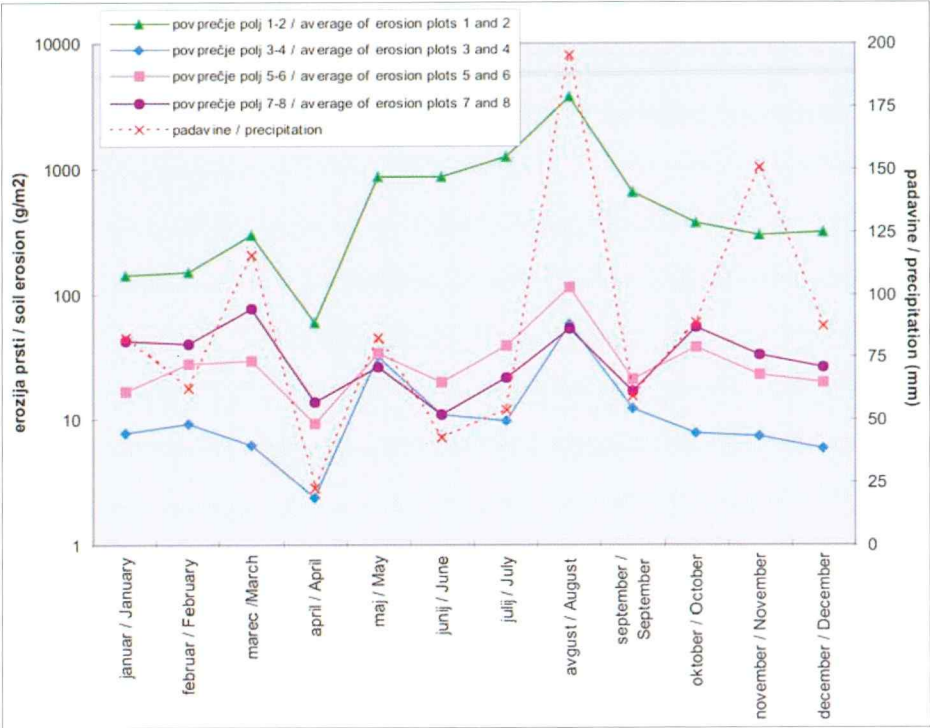
Na golih tleh glede na povprečje erozijskih polj (tudi pri ostalih rabah tal podajamo korelacije za povprečja polj) kažejo zelo visoko pozitivno statistično povezanost tisti padavinski parametri, ki prikazujejo intenzivnost padavin (najvišje maksimalne 30-minutne padavine; sl. 7). V nasprotju s temi količina padavin izkazuje le nizko pozitivno statistično povezanost (sl. 6), kar dokazuje, da je za preučevanje erozije tal na tej rabi pomembnejša od količine padavin njihova intenziteta.

Na travniku je za preučevanje erozije količina padavin pomembnejša od njihove intenzitete. Količina padavin kaže na visoko pozitivno statistično povezanost, medtem ko parametri njihove intenzivnosti kažejo na zmerno pozitivno statistično povezanost, le erozivnost padavin se skoraj približa visoki povezanosti.

V gozdu smo uporabili še dodatni padavinski parameter, to je 'padavine v gozdu'. Za to smo se odločili, ker je bil dežemer postavljen na planem, zanimala pa nas je tista količina padavin, ki v gozdu zaradi prestrežanja padavin v drevesnih krošnjah dejansko pade na tla. Za izračun teh padavin smo uporabili delo ŠRAJEVE (2003), ki je v porečju Dragonje ugotavljala prestrežanje padavin. Pri korelacijah se je pokazalo, da padavine v gozdu izkazujejo nekoliko višjo pozitivno statistično povezanost z erozijo od količine padavin, izmerjene na planem. Obe korelaciji sta zmerni.

Za preučevanje erozije v gozdu z manjšim naklonom je po naših podatkih intenzivnost padavin pomembnejša od njihove količine, v gozdu z večjim naklonom pa je ravno obratno. V prvem primeru so povezave visoko pozitivne, v drugem pa le nizko pozitivne.

Spreminjanje Pearsonovega koeficienta korelacije s posploševanjem meritev po mesecih in letnih časih za nekaj izbranih padavinskih parametrov prikazujemo v preglednici 5. Statistična povezanost količine padavin z erozijo tal je po mesecih višja od tedenske povezanosti na golih tleh in v gozdu, v gozdu z večjim naklonom še dodatno naraste v merilu letnih časov. Na golih tleh je v merilu mesecev povezava zmerno pozitivna, v merilu



Slika 4. Erozijski tal in padavine po mesecih

Figure 4. Soil erosion and precipitation by months

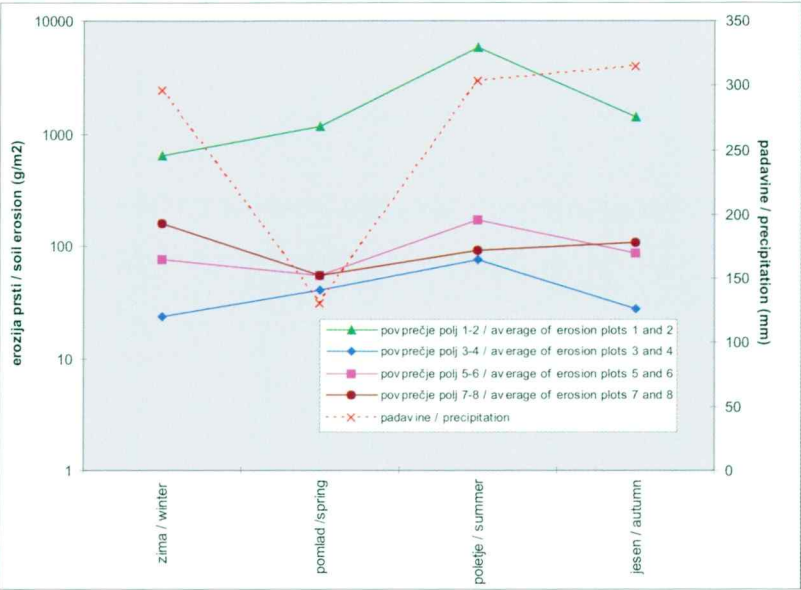
letnih časov pa je podobna tedenski in je nizko pozitivna. V gozdu z manjšim naklonom povezanost po mesecih naraste v visoko pozitivno, v merilu letnih časov pa je podobna tedenski in je zmerno pozitivna, kar velja tudi za padavine v gozdu. V gozdu z večjim naklonom povezanost stalno na-

rašča iz zmerne po tednih v visoko pozitivno povezanost po mesecih in letnih časih, to pa velja tudi za padavine v gozdu. Nasprotno pa se na travniku s posploševanjem podatkov povezanost stalno zmanjšuje in je v merilu letnih časov skoraj povsem zanemarljiva.

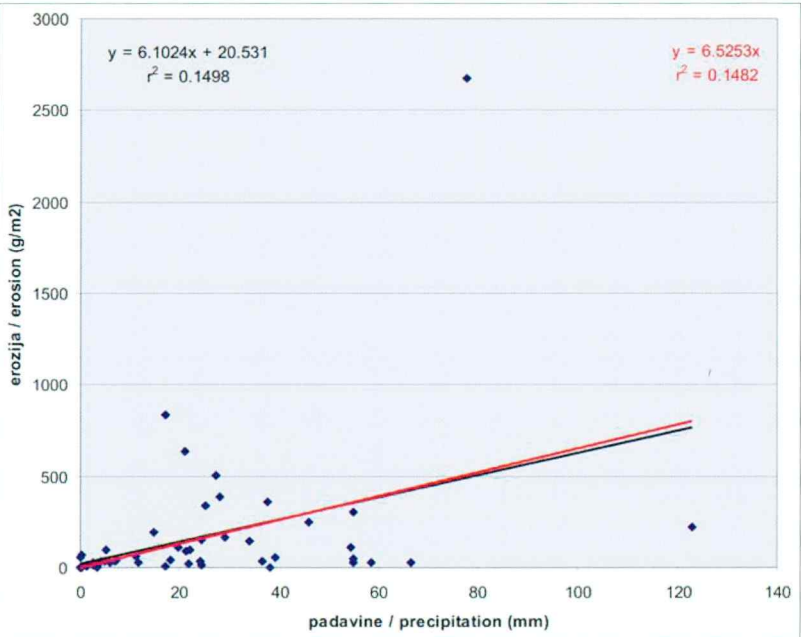
Preglednica 4. Spreminjanje Pearsonovih koeficientov korelacije med erozijo tal in vremenskimi parametri po različnih rabah tal na podlagi tedenskih podatkov (*preračunano po OGRINU, 1995, 166)

Table 4. Changing of Pearson's Correlation Coefficients between soil erosion and weather parameters by different types of land use based on weekly data (* calculated according to OGRIN, 1995,166).

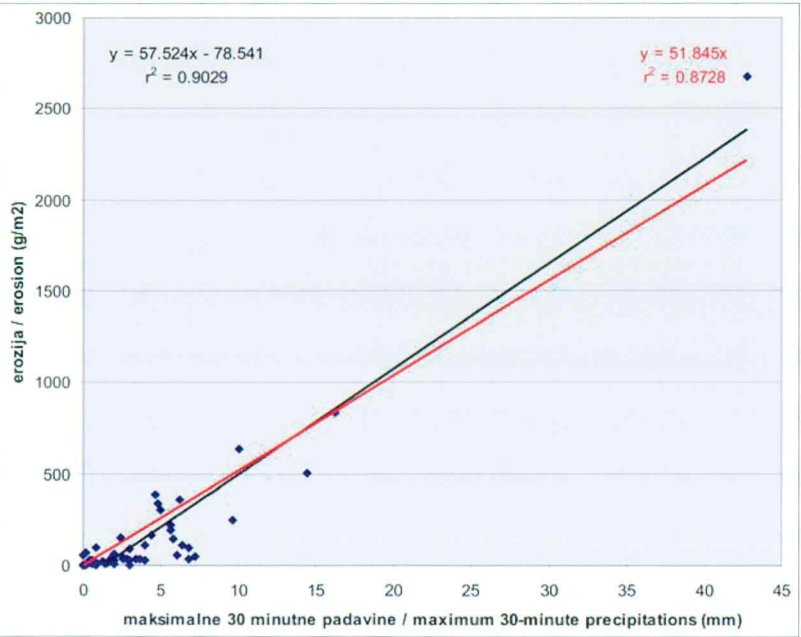
korelacija med erozijo tal ...	Pearsonov koeficient korelacije (r)			
	povprečje erozijskih polj 1 in 2	povprečje erozijskih polj 3 in 4	povprečje erozijskih polj 5 in 6	povprečje erozijskih polj 7 in 8
količino padavin	0,3871	0,7821	0,5815	0,4715
količino padavin v gozdu	-	-	0,6604	0,5281
maksimalnimi 10-minutnimi padavinami	0,9165	0,5103	0,7416	0,2283
maksimalnimi 30-minutnimi padavinami	0,9502	0,5397	0,8068	0,2847
maksimalnimi 60-minutnimi padavinami	0,9176	0,6002	0,7994	0,3489
povprečnimi 10-minutnimi padavinami	0,6599	0,3899	0,4902	0,1481
erozivnostjo padavin	0,9375	0,6964	0,8572	0,2843
maksimalno dnevno temperaturo	0,2868	-0,0120	0,2061	-0,2394
povprečno maksimalno dnevno temperaturo	0,3056	-0,0186	0,2239	-0,2133
minimalno dnevno temperaturo	0,2681	0,0645	0,2110	-0,1369
povprečno minimalno dnevno temperaturo	0,2819	0,0672	0,2203	-0,1024
številom dni z negativnimi temperaturami	-0,1308	-0,0881	-0,0208	-0,0079
*korigiranimi povprečnimi minimalnimi dnevnimi temperaturami	0,2819	0,0672	0,2203	-0,1024
*korigiranim številom dni z negativnimi temperaturami	-0,1764	-0,0823	-0,0938	0,0518
povprečno hitrostjo vetra	-0,0479	-0,0869	-0,1153	-0,2121
maksimalnimi sunki vetra	0,0607	0,0977	-0,0450	-0,1294
povprečnimi maksimalnimi sunki vetra	-0,0099	0,1068	-0,1131	-0,1844
površinskim odtokom	0,6173	0,7438	0,4301	0,6679



Slika 5. Erozija tal in padavine po letnih časih
Figure 5. Soil erosion and precipitation by months seasons



Slika 6. Korelacija med erozijo tal in količino padavin na golih tleh v oljčniku ($r = 0,3871$). (* modra trendna črta in determinacijski koeficient prikazujeta povezavo, ki je enaka izračunu v preglednici 4; pri rdeči trendni črti je presečišče nastavljeno na 0, saj je glede na zelo visoko multiplo povezanost padavinskih parametrov z erozijo privzeto, da erozije brez padavin ni)
Figure 6. Correlation between soil erosion and quantity of precipitation on bare soil in an olive grove ($r = 0.3871$). (* the blue trend line and determination coefficient show the correlation matching the calculation in Table 4; in the red trend line the intersection is set at 0 because it is assumed that according to the very high multiple correlation of precipitation parameters with erosion and runoff there is no erosion or runoff without precipitation).



Slika 7. Korelacija med erozijo tal in maksimalnimi 30-minutnimi padavinami na golih tleh v oljčniku ($r = 0,9502$)
Figure 7. Correlation between soil erosion and maximum 30-minute precipitations on bare soil in an olive grove ($r = 0.9502$).

Preglednica 5. Spreminjanje Pearsonovih koeficientov korelacije po različnih rabah tal na podlagi mesečnih podatkov in podatkov po letnih časih

Table 5. Changing of Pearson's Correlation Coefficient by different types of land use on the basis of monthly and seasonal data

korelacija med erozijo tal ...	Pearsonov koeficient korelacije (r) po mesecih				Pearsonov koeficient korelacije (r) po letnih časih			
	polji 1 in 2	polji 3 in 4	polji 5 in 6	polji 7 in 8	polji 1 in 2	polji 3 in 4	polji 5 in 6	polji 7 in 8
količino padavin	0,6085	0,6372	0,7342	0,6132	0,3059	0,0476	0,5558	0,7062
količino padavin v gozdu			0,8010	0,6296			0,6712	0,7093
erozivnostjo padavin	0,9542	0,8834	0,9489	0,2954	0,9901	0,9184	0,9845	-0,1849
površinskim odtokom	0,8635	-0,1087	0,6952	0,7642	0,7470	-0,5790	0,6793	0,9261

Povezava med erozijo tal in erozivnostjo padavin na golih tleh s posploševanjem podatkov narašča in ostaja zelo visoko pozitivna. Narašča tudi na travniku, iz zmerne v tedenskem prek visoke v mesečnem do zelo visoke v merilu letnih časov. Tako v merilu mesecev kot letnih časov je za preučevanje erozije tal erozivnost padavin pomembnejša od količine padavin na golih tleh in v gozdu. Pomembnejša je tudi v gozdu z manjšim naklonom, kjer iz visoko pozitivne v tedenskem naraste na zelo visoko pozitivno v merilu mesecev in letnih časov. Že v merilu tednov smo v gozdu z večjim naklonom pri erozivnosti ugotovili le nizko pozitivno povezanost. Ta ostaja približno enaka tudi v merilu mesecev, v merilu letnih časov pa postane neznatna in celo negativna. Sklenemo lahko, da za preučevanje erozije tal erozivnost padavin ni ustrezen parameter le v gozdu z večjim naklonom.

Zanimivo je, da v takšnem gozdu skoraj ni razlike v povezanosti med 'padavinami' in 'padavinami v gozdu' ter erozijo, v gozdu z manjšim naklonom pa razlike v vseh časovnih merilih ostajajo podobne in v korist padavinam v gozdu.

Povezanost med erozijo in površinskim odtokom na golih tleh v merilu mesecev naraste iz zmerne v visoko pozitivno, kljub rahlemu zmanjšanju pa visoka ostaja tudi v merilu letnih časov. Nasprotno se na travniku iz visoke pozitivne povezanosti v tedenskem merilu zmanjša na neznatno in celo negativno povezanost v merilu mesecev, v merilu letnih časov pa je negativna povezanost že zmerne. V gozdu povezanost med erozijo in površinskim odtokom s posploševanjem podatkov narašča, v gozdu z manjšim naklonom iz zmerne v skoraj visoko pozitivno povezanost, v gozdu z večjim naklonom pa iz visoke v zelo visoko.

Preglednica 6. Podatki o oljčniku in dveh erozivnih padavinskih dogodkih (11. 8. 2005 in 4. 8. 2006)

površina oljčnika (ha)	0,3
povprečni naklon oljčnika (°)	6,1
ekspozicija oljčnika, azimut (°)	185
padavine (11. 8. 2005)	maksimalne 30-minutne padavine: 42,8 mm skupne dnevne padavine: 46,8 mm skupne tedenske padavine (5.–12. 8. 2005): 77,6 mm
padavine (4. 8. 2006)	maksimalne 30-minutne padavine: 13 mm skupne dnevne padavine: 73,8 mm skupne tedenske padavine (1.–7. 8. 2006): 98,8 mm

Table 6.
Data on the olive
grove and two
erosive precipitation
events (11.8.2005
and 4.8.2006)

datum erozivnega dogodka	11. 8. 2005	4. 8. 2006
skupna dolžina žlebičev (m)	869	600,2
povprečna širina žlebičev (m)	0,41	0,27
povprečna globina žlebičev (m)	0,24	0,10
skupna prostornina žlebičev (m ³)	84,09	16,28
skupna masa odnesenega gradiva (kg)	88.798,33	17.192,37
odneseno gradivo (kg/m ²)	29,78	5,77
odneseno gradivo (t/ha)	297,83	57,66

Preglednica 7. Temeljni podatki o erozijskih žlebičih, nastalih ob intenzivnih padavinah 11. 8. 2005 in 4. 8. 2006

Table 7. Basic data on erosion rills that occurred during intensive precipitation on 11.8.2005 and 4.8.2006

Preglednica 8. Primerjava medžlebične in žlebične erozije ob intenzivnih padavinah 11. 8. 2005 in 4. 8. 2006

Table 8. Comparison of interrill and rill erosion during intensive precipitation on 11.8.2005 and 4.8.2006

padavinsko obdobje	5.–12. 8. 2005	11. 8. 2005	1.–7. 8. 2006	4. 8. 2006
erozija	medžlebična erozija	žlebična erozija	medžlebična erozija	žlebična erozija
odneseno gradivo (kg/m ²)	2,67	29,78	2,09	5,77
odneseno gradivo (t/ha)	26,73	297,83	20,87	57,66
skupaj (medžlebična + žlebična erozija)	32,45 kg/m ² (324,56 t/ha)		7,85 kg/m ² (78,53 t/ha)	
delež (%) glede na celoto	8,24	91,76	26,57	73,43



Slika 8. Erozijski žlebiči, nastali ob intenzivnih padavinah 11. 8. 2005 (fotograf: Matija Zorn)

Figure 8. Erosion rills that occurred during intensive precipitation on 11.8.2005 (photographer: Matija Zorn)

Žlebična erozija

Veliki, predvsem pa ekstremni padavinski dogodki ponavadi pomenijo veliko sproščanje gradiva. LARSON, LINDSTROM in SCHUMACHER (1997, 90) pišejo, da »... so izgube tal pogosto povezane z nekaj močnimi nevihtami ...«.

V času naših meritev je po intenzivnih padavinah 11. 8. 2005 na površini celotnega oljčnika, kjer smo imeli postavljeni erozijski polji 1 in 2, nastal sistem erozijskih žlebičev (slika 8). Podoben sistem erozijskih žlebičev je nastal tudi leto dni pozneje (4. 8. 2006) (preglednici 6 in 7).

Erozijske žlebiče smo izmerili s pomočjo podrobnega geomorfološkega kartiranja, tako da smo prečni prerezi žlebičev merili na enakomernih razdaljah. Med dvema prečnima prerezoma smo izračunali prostornino žlebiča, skupno prostornino pa smo dobili s seštevkom vseh prostornin (CASALI et al., 2006).

Delež žlebične erozije glede na celotno žlebično in medžlebično erozijo je bil dobrih 90 % pri prvem in slabih 75 % pri drugem padavinskem dogodku (preglednica 8). Povprečje obeh se ujema s pisanjem GOVERSA in POESEN (1988), ki pišeta, da okrog 20 % erozije odpade na medžlebično erozijo (BOARDMAN, 2006). Podobno ugotavljata POESEN in HOOKE (1997).

V tednu med 5 in 12. 8. 2005 je celotna (žlebična in medžlebična) erozija znašala kar 32,45 kg/m² oziroma 325,56 t/ha.

Vetrna erozija

Vetrna erozija, oziroma odnašanje gradiva zaradi erozijskega delovanja vetra, nastane na suhi prsti (SKIDMORE, 1994), na primer tam, kjer so vetru izpostavljene večje gole površine po oranju. Glavna razlika med vodno in vetrno erozijo je, da so pri vodni eroziji smer odtoka in meje erodiranega območja znane, pri vetrni eroziji pa območje izvora erodiranega gradiva težje določimo (STROSNIJDER, 2005).

Za vetrove na območju bivše Jugoslavije JUGO (1957) piše, da je »... za erozijsko delovanje na prvem mestu odgovorna burja ...«. Februarja leta 1954 so njene erozijske učinke opazovali v zaledju Kopra. Burja z maksimalno hitrostjo 23,7 m/s je na nekaterih mestih odnesla tudi do 10 cm prsti, ponekod vse do korenin vinske trte. Prav zaradi močne vetrne erozije so bila nekdanj obdelana zlasti zemljišča v zatišnih legah, na privetrni strani pa so prevladovali pašniki in gozd (MALOVRH, 1955).

S pomočjo erozijskih polj 1 in 2 za merjenje površinskega spiranja smo uspeli določiti vetrno erozijo tal za obdobje med 18. 11. 2005 in 24. 11. 2005. V tem tednu je bila v Kopru maksimalna dnevna hitrost vetra 24 m/s (23. 11. 2005), njegova povprečna tedenska maksimalna dnevna hitrost pa je bila 13,5 m/s (ARSO, 2007). V obravnavanem tednu ni bilo padavin. Zadnje padavine so bile 17. 11. 2005, ko je padlo 2 mm padavin, v tednu med 10. in 18. 11. 2005 pa je padlo skupaj 3,4 mm padavin. V obravnavanem tednu je burja popolnoma posušila zgornje dele prsti, ki na oljčniku ni zaščitena z rastlinskim pokrovom. Ugodno za vetrno erozijo je bilo tudi, da so v obravnavanem tednu temperature dnevno kobile nad in pod ledišče, kar je tla še dodatno razrahljalo. Odpihnjeno gradivo se je ujelo v lijak erozijskega polja.

V tednu med 18. 11. 2005 in 24. 11. 2005 je bilo s kvadratnega metra v povprečju odnesenega 64,28 g gradiva. Pri površinskem spiranju je do podobnega odnašanja gradiva na oljčniku prišlo, na primer v tednu pred 16. 9. 2005, ko je bila erozija 61,70 g/m² in je padlo 11 mm padavin ob maksimalnih 30-minutnih padavinah 2 mm, ali pa teden dni pozneje (22. 9. 2005), ko je bila erozija 92,70 g/m² ob 21,2 mm padavin; maksimalne 30-minutne padavine so bile 3 mm.

Zaključek

Evropska zveza pripisuje eroziji tal velik pomen: »... V Evropi sta propad in erozija tal verjetno najpomembnejši okoljski težavi, ki ju povzroča konvencionalno kmetijstvo; prizadetih je približno 157 milijonov hektarjev (16 % Evrope ali skoraj trikratna celotna površina Francije). ... V sredozemskih regijah je erozija tal zelo močna in lahko prizadene do 50–70 % kmetijskih zemljišč. ... Erozijska zemljišča, vendar tudi na javno lokalno infrastrukturo zaradi stroškov vzdrževanja omrežij in ravnanja z vodo.« (KMETIJSTVO ... 2009, II/218). Po CERDANU in sodelavcih (2006, 510) je erozija tal v Evropi ~1 ton/ha/leto oziroma ~1,6 ton/ha/leto na bolj erodibilnih območjih.

Za nekatere je erozija tal globalno celo »... tako velik problem kot segrevanje ozračja ...« (RANDORF, 2004), a tudi njeni preučevalci sami priznavajo, da čeprav je v »... današnjem času ena od najpomembnejših okoljskih problemov ...«, je »... verjetno tudi najmanj splošno poznana ...« (SOIL ..., 2005).

Da erozija tal v Sloveniji ni zanemarljiva in bi ji bilo treba tudi v luči podnebnih sprememb

posvečati več pozornosti (KAJFEŽ-BOGATAJ, 2005), kažejo predstavljene meritve iz slovenske Istre. Vse naše meritve (ne glede na rabo tal) presega jo evropsko povprečje (glej CERDAN et al., 2006, 509), kljub temu da smo merili le medžlebično erozijo. Naša medžlebična erozija 90 t/ha/leto na goli prsti močno presega evropsko povprečje za sredozemski del Evrope, kjer naj bi bila celotna vodna erozija prsti okrog 32 t/ha/leto. Podobno velja tudi za travnike (1,68 t/ha/leto naše medžlebične erozije proti 0,42 t/ha/leto celotne erozije prsti v sredozemskem delu Evrope) in gozd (okrog 4 t/ha/leto naše medžlebične erozije proti 0,15 t/ha/leto celotne erozije prsti v sredozemskem delu Evrope).

Literatura

- ARSO, 2007: Povzetki klimatoloških analiz; Letne in mesečne vrednosti za nekatere postaje v obdobju 1991–2005: Portorož, Agencija R Slovenije za okolje (Ljubljana). Internet: http://www.arso.gov.si/podrocja/vreme_in_podnebje/podnebje/portoroz.pdf (8.1.2007)
- BIZJAK, A. 2003: Sintezni postopek ocenjevanja hidromorfološkega stanja rečnih koridorjev, razvit z analizo stanja na reki Dragonji. Doktorsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (Ljubljana): 1–212.
- BOARDMAN, J. 2006: Soil erosion science: Reflections on the limitation of current approaches. *Catena* (Amsterdam) 68/2–3: 73–86.
- 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* (Amsterdam) 67/2: 128–138.
- CERDAN, O., POESEN, J., GOVERS, G., SABA, N., LE BISSONNAIS, Y., GOBIN, A., VACCA, A., QUINTON, J., AUERSWALD, K., KLIK, A., KWAAD, F. F. P. M. & ROXO, M. J. 2006: Sheet and rill erosion. In: BOARDMAN, J. & POESEN, J. (eds.): *Soil Erosion in Europe*. Wiley (Chichester): 501–513.
- ČARMAN, M., MIKOŠ, M. & PINTAR, M. 2007: Različni vidiki erozije tal v Sloveniji. Strategija varovanja tal v Sloveniji. In: KNAPIČ, M. (ed.): *Strategija varovanja tal v Sloveniji*. Pedološko društvo Slovenije (Ljubljana): 39–50.
- DUNJÓ, G., PARDINI, G. & GISPERT, M. 2004: The role of land use-land cover on runoff generation and sediment yield at microplot scale, in a small Mediterranean catchment. *Journal of Arid Environments* (London) 57/2: 239–256.
- GLOBEVNIK, L. 2001: Celosten pristop k urejanju voda v povodjih. Doktorsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (Ljubljana): 1–167.
- GOVERS, G. & POESEN, J. 1988: Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. *Geomorphology* (Amsterdam) 1/4: 343–354.
- HRVATIN, M., KOMAC, B., PERKO, D. & ZORN, M. 2006: Slovenia. In: BOARDMAN, J. & POESEN, J. (eds.): *Soil Erosion in Europe*. Wiley (Chichester): 297–310.
- JEŽ, L. 1956/57: Pojavi erozije v obmorski slovenski Istri. *Proteus* (Ljubljana) 19/4–5: 104–105.
- JUGO, B. 1957: Uticaj klime na eroziju zemljišta. In: STANKOVIĆ, S. (ed.): *Naučne osnove borbe protiv erozije: prvo svetovanje*. Kolarčev narodni univerzitet (Beograd): 15–18.
- KAJFEŽ-BOGATAJ, L. 2005: Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva. *Acta agriculturae Slovenica* (Ljubljana) 85/1: 25–40.
- KEESSTRA, S. D. 2006: The effects of natural reforestation on the hydrology, river morphology, and sediment budget of the Dragonja river SW Slovenia. Doktorsko delo. Vrije Universiteit, Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen (Amsterdam): 1–187.
- KMETIJSTVO IN RAZVOJ PODEŽELJA. Uradni list Evropske unije 13. 3. 2009. Internet: <http://eur-x.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:069:0738:0744:SL:PDF> (18. 4. 2009).
- KOKOLE, V. 1956: Morfologija Šavrinskega gričevja in njegovega obrobja. *Geografski zbornik* (Ljubljana) 4: 185–219.
- KOMAC, B. & ZORN, M. 2005: Soil erosion on agricultural land in Slovenia – measurements of rill erosion in the Besnica valley. *Acta geographica Slovenica* (Ljubljana) 45/1: 53–86.
- KOMAC, B. & ZORN, M. 2007: Meritve in modeliranje erozije v Sloveniji. In: KNAPIČ, M. (ed.): *Strategija varovanja tal v Sloveniji*. Pedološko društvo Slovenije (Ljubljana): 75–88.
- LAL, R. & ELLIOT, W. 1994: Erodibility and erosivity. In: LAL, R. (ed.): *Soil Erosion Research Methods*. St. Lucie Press (Delray Beach): 181–208.
- LARSON, W. E., LINDSTROM, M. J. & SCHUMACHER, T. E. 1997: The role of severe storms in soil erosion: a problem needing consideration. *Journal of Soil and Water Conservation* (Ankeny) 52/2: 90–95.
- MALOVRH, V. 1955: Mikrometeorološka opazovanja vetra v Črnem Kalu. In: *Letno poročilo meteorološke službe za leto 1955*. Hidrometeorološki zavod LR Slovenije (Ljubljana): 51–59.
- MELIK, A. 1960: Slovensko primorje. *Slovenska matica* (Ljubljana): 1–547.
- MIKOŠ, M. 2006: Analiza erozije prsti na poskusnih ploskvah v povodju Dragonje. Diplomsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (Ljubljana): 1–83.
- MIKOŠ, M. & ZUPANC, V. 2000: Erozijska tal na kmetijskih površinah. *Sodobno kmetijstvo* (Ljubljana) 33/10: 419–423.
- NATEK, K. 1990: Erozijska v porečju Dragonje. In: OROŽEN ADAMIČ, M. (ed.): *Primorje: Zbornik 15. zborovanja slovenskih geografov*. Zveza geografskih društev Slovenije (Ljubljana): 61–66.
- OCENA IZVAJANJA KONVENCIJE ZDRUŽENIH NARODOV O DEGRADACIJI TAL V SLOVENIJI. 2005. Regionalni center za okolje (Ljubljana). Internet: http://www.rec-lj.si/projekti/NCSA/Dokumenti/NCSA_DT.pdf (10. 11. 2007).
- OLLESCH, G. & VACCA, A. 2002: Influence of time on measurement results of erosion plot studies. *Soil and Tillage Research* (New York) 67/1: 23–39.

- PAULIČ, V. 1971: Erozija tal in hudourniki: Dragonja v slovenski Istri. Diplomsko delo. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo (Ljubljana): 1–102.
- PEDOLOŠKA KARTA SLOVENIJE 1 : 25.000. 2005. Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja (Ljubljana).
- PETKOVŠEK, G. 2000: Procesno utemeljeno modeliranje erozije tal. *Acta hydrotechnica* (Ljubljana) 18/28: 41–60.
- PETKOVŠEK, G. 2002: Kvantifikacija in modeliranje erozije tal z aplikacijo na povodju Dragonje. Doktorsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (Ljubljana): 1–205.
- PETKOVŠEK, G. & MIKOŠ, M. 2002: Določitev dejavnika erozivnosti padavin in odtoka *R* na podlagi dnevnih padavin na povodju Dragonje. *Gradbeni vestnik* (Ljubljana) 51/11: 322–330.
- PETKOVŠEK, G. & MIKOŠ, M. 2004: Estimating the *R* factor from daily rainfall data in the sub-Mediterranean climate of southwest Slovenia. *Hydrological Sciences Journal* (Oxford) 49/5: 869–877.
- PLACER, L. 2005a: Nekateri posebnosti hidrografске mreže v slovenski Istri. *Geološki zbornik* (Ljubljana) 18: 91–92.
- PLACER, L. 2005b: Strukturne posebnosti severne Istre. *Geologija* (Ljubljana) 48/2: 245–251.
- POESEN, J. W. A. & HOOKE, J. M. 1997: Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography* (London) 21/2: 157–199.
- POESEN, J. W., TORRI, D. & BUNTE, K. 1994: Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review. *Catena* (Amsterdam) 23/1-2: 141–166.
- RANDORF, T. 2004: Soil erosion as a big a problem as global warming, say scientists. *The Guardian International*, 14. 2. 2004. Internet: <http://www.guardian.co.uk/international/story/0,3604,1148009,00.html> (9. 3. 2007).
- SKIDMORE, E. L. 1994: Wind erosion. In: Lal, R. (ed.): *Soil Erosion Research Methods*, St. Lucie Press (Delray Beach): 265–293.
- SOIL Erosion Site. 2005: Internet: <http://soilerosion.net/> (citirano: 9. 3. 2007).
- STAUT, M. 2004: Recentni erozijski procesi v porečju Dragonje. Diplomsko delo. Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo (Ljubljana): 1–135.
- STAUT, M. & MIKOŠ, M. 2008: Spremembe intenzivnosti erozije v porečju Dragonje v drugi polovici 20. stoletja. *Annales, Series historia naturalis* (Koper) 18/1: 137–152.
- STEPANČIČ, D., LOBNIK, F., PRUS, T. & RUPREHT, J. 1984: Tla Slovenskega Primorja. Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo (Ljubljana): 1–47.
- STRITAR, A. 1990: Krajina, krajinskim sistemi; Raba in varstvo tal v Sloveniji. Partizanska knjiga (Ljubljana): 1–173.
- STROOSNIJDER, L. 2005: Measurement of erosion: Is it possible. *Catena* (Amsterdam) 64/2-3: 162–173.
- ŠAJN, R. 2001: Geokemične raziskave tal in podstrešnega prahu na območju Celja. *Geologija* (Ljubljana) 44/2: 351–362.
- ŠAJN, R. & GOSAR, M. 2007: Onesnaženost tal v okolici Litije kot posledica rudarskih in metalurških dejavnosti ter naravnih danosti. *Geologija* (Ljubljana) 50/1: 131–145.
- ŠAJN, R., GOSAR, M. & BIDOVEC, M. 2000: Geokemične lastnosti tal, poplavnega sedimenta ter stanovanjskega in podstrešnega prahu na območju Mežice. *Geologija* (Ljubljana) 43/2: 235–245.
- ŠIFRER, M. 1965: Nova geomorfološka dognanja v Koprskem primorju. *Geografski zbornik* (Ljubljana) 9: 5–58.
- ŠRAJ, M. 2003: Modeliranje in merjenje prestreženih padavin. Doktorsko delo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (Ljubljana): 1–236.
- TOL, V. D. C. 2006: Climatic constraints on carbon assimilation and transpiration of sub-Mediterranean forests. *Vrije Universiteit, Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen* (Amsterdam): 1–140.
- VACCA, A., LODDO, S., OLLESCH, G., PUDDU, R., SERA, G., TOMASI, D. & ARU, A. 2000: Measurement of runoff and soil erosion in tree areas under different land use in Sardinia (Italy). *Catena* (Amsterdam) 40/1: 69–92.
- WRABER, M. 1971: Das Flyschgebiet im slowenischen Istrien – ein Schauplatz der Erosions- und Wildbachtätigkeit. In: *Grenzen und Möglichkeiten der Vorbeugung vor Unwetterkatastrophen im alpinen Raum. Symposium »Interpraevent 1971«*. Interpraevent (Klagenfurt): 345–357.
- ZORN, M. 2007a: Recentni geomorfni procesi na rečno-denudacijskem reliefu na primeru porečja Dragonje. Doktorsko delo. Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo (Ljubljana): 1–463.
- ZORN, M. 2007b: Ali se zavedamo hitrosti erozijskih procesov – primer iz slovenske Istre. *Dela* (Ljubljana) 28: 183–194.
- ZORN, M. 2008: Erozijski procesi v slovenski Istri. *Geografija Slovenije* 18. Založba ZRC (Ljubljana): 1–423.
- ZORN, M. & KOMAC, B. 2005: Erozija prsti na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji. *Ujma* (Ljubljana) 19: 163–174.
- ZORN, M. & MIKOŠ, M. 2008: Umikanje skalnih pobočij na erozijskih žariščih v slovenski Istri. *Geologija* (Ljubljana) 51/1: 107–118.
- ZORN, M. & PETAN, S. 2007: Meritve medžlebične erozije na različnih rabah zemljišč v slovenski Istri. In: KNAPIČ, M. (ed.): *Strategija varovanja tal v Sloveniji*. Pedološko društvo Slovenije (Ljubljana): 51–61.
- ZORN, M. & PETAN, S. 2008: Interrill soil erosion on flysch soil under different land use in Slovene Istria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (London) 4.