

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO • INSTITUTE OF FORESTRY • BEOGRAD

# ZBORNİK RADOVA

COLLECTION  
TOM 44-45

Yu ISSN 0351-9147



BEOGRAD  
2001.

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO • INSTITUTE OF FORESTRY • BEOGRAD

# ZBORNİK RADOVA

COLLECTION  
TOM 44-45

Yu ISSN 0351-9147



BEOGRAD  
2001.

INSTITUT ZA ŠUMARSTVO – BEOGRAD

Za izdavača:

Dr Zoran Tomović

•

Redakcioni odbor:

Dr CVETKO IVANOVSKI (BJR Makedonija)

Dr MILOŠ KOPRIVICA, Beograd

Dr RADOVAN MAROVIĆ, Beograd

Dr DANICA MINIĆ, Beograd

Dr NAUM PETKOV, Vraca (Bugarska)

Dr SLOBODAN ŠMIT, Beograd

Mr MILUN TOPALOVIC, Beograd

•

Glavni i odgovorni urednik

Mr MILUN TOPALOVIC, Beograd

•

Urednik-lektor

MILUTIN VUJOVIĆ, novinar

•

Prevod na engleski:

Mr ANA TONIĆ

•

**Svi radovi su recenzirani**

•

Unos, priprema i računarski slog:

BOJANA SAVIĆ

•

Tiraž:

300 primeraka

•

Štampa: "Želnid", Beograd, Nemanjina 6

## SARDŽAJ • CONTENTS

*Srđan Bojović, Phillipe Heizmann, Marcel Barbero*

### DNK PLIMORFIZAM POPULACIJE CRNOG JASENA

(*Fraxinus ornus* L.) • DNK polymorphism of manna ash.....1

*Boro P. Pavlović, Nevenka Pavlović, Dragana Stojičić,  
Božica Stević, Dušanka Kukobat*

### REALIZACIJA BIOTIČKOG POTENCIJALA SVILENE BUBE PRI ISHRANI LISTOM DUDA IZ ZAGAĐENIH PODRUČJA

• Realization of biotic potential of silkworm feeding on mulberry leaves  
in polluted regions.....7

*Miloš Koprivica, Vera Lavadinović, Nenad Marković*

### TABLICE ZA PROCENU ZAPREMINE STABALA DUGLAZIJE MALIH DIMENZIJA • Tables for volume estimation of Douglas-fir small-size trees.....15

*Zoran Miletić, Milun Topalović, Čedomir Burlica*

HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE SERPENTINITSKIH ZEMLJIŠTA  
I NJIHOVA ERODIBILNOST • Hydrological characteristics of serpentinite soils  
and their erodibility .....21

*Pero Radonja*

EFIKASNI POSTUPCI IZRAVNAVANJA VISINSKE KRIVE PRIMENOM  
METODA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE • Eficiency procedure of height curve  
fitting using artificial intelligence method.....37

*Ljubinko Rakonjac*

UTICAJ TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA POŠUMLJAVANJA I STANIŠNIH  
USLOVA NA RAZVOJ ŠUMSKIH KULTURA CRNOG I BELOG BORA  
NA PEŠTERSKOJ VISORAVNI • Effect of technological methods of afforestation  
and site factors on the development of forest plantations of Austria pine  
and Scots pine on Pešterska visoravan .....51

*Slavica Radojičić*

UTICAJ EKSPOZICIJE I NAGIBA TERENA NA STEPEN UGROŽENOSTI  
KULTURA CRNOG BORA (*Pinus nigra* Arn.) NA SUVOBORU  
• Effect of exposure and slope on the degree of endangerness of Austrian pine  
(*Pinus nigra* Arn.) plantations on Suvobor .....65

*Vesna Golubović-Ćurguz*

- NEKI ASPEKTI GLJIVE *Ophiostoma piceae* - IZAZIVAČA VASKULARNE MIKOZE *Quercus petraea* L. • Some aspects of the fungus *Ophiostoma piceae* - agent of *Quercus petraea* L. vascular mycosis .....79

*Milorad Veselinović*

- ZNAČAJ POZNAVANJA MORFOLOŠKIH PROMENA U TOKU RAZVOJA AHENIJA - "SEMENA" BELE LIPE (*Tilia tomentosa* Moench.) ZA ODREĐIVANJE VREMENA BRANJA I SETVE • The importance of recognizing the morphological changes during the development ahenia seed of white linden (*Tilia tomentosa* Moench) for the term determination of its picking and planting .....87

*Radovan Nevenić*

- GIS KAO ORUĐE U PRISTUPU EKOLOŠKOG PLANIRANJA • GIS as a tool in ecological planning approach .....99

*Radovan Nevenić*

- PLANERSKI PRISTUP USTANOVLJAVANJA PROSTORNIH KONFLIKTNIH SITUACIJA - EKOLOŠKI I PROSTORI MODELI • Identification of open space conflict situation, ecological and open models an planning approach .....105

*Slavko Vlatković, Ljiljana Brašanac*

- PRIRODNA HRANA ŠUMSKIH PODRUČJA I ISHRANA SPORTISTA • Natural food from forest areas and sports nutrition.....117

*Mara Tabaković-Tošić*

- CYNIPIDAE I CECIDOMYDAE U KITNJAKOVIM ŠUMAMA VELIKOG VLAHA I BUKOVIKA • Cynupidae and cecidomydae in sessile oak forests of Veliki Vlah and Bukovik .....129

UDK 630.114.4:552.33:627.14

Originalan naučni rad

## HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE SERPENTINITSKIH ZEMLJIŠTA I NJIHOVA ERODIBILNOST

Z. Miletić, M. Topalović, Č. Burlica

**Izvod:** Ispitivana su hidrološka svojstva zemljišta i vodni bilans po modelu Tornthweite-a na šest lokaliteta na serpentinitima. Za dve hidrološke godine od kojih je jedna znatno suvlja, a druga znatno vlažnija od prosečne. Za iste lokalitete ustanovljen je faktor erodibilnosti zemljišta po metodu R. Lala. Izvršeno je poređenje različitih evoluciono genetskih stadijuma zemljišta na serpentinitima u količini otekle vode i njihovoj erodibilnosti.

**KLjučne reči:** serpentiniti, tip zemljišta, primanje i zadržavanje vode, otcenje, erozija

### HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF SERPENTINITE SOILS AND THEIR ERODIBILITY

**Abstract:** Hydrological characteristics of the soil and water balance were researched after Tornthweite's model at six localities on serpentinites in two hydrological years of which one was considerably drier, and the other was considerably moister than the average. Factor of soil erodibility was determined for the same localities using R. Lal's method. Different evolution-genetic stages of the soil on serpentinites were compared regarding the quantity of runoff water and erodibility.

**Key words:** serpentinites, soil type, water infiltration and retention, runoff, erosion.

---

*Mr Zoran Miletić, istraživač saradnik; mr Milun Topalović, istraživač saradnik, prof. dr Čedomir Burlica, naučni savetnik, JP "Srbijašume" - Institut za šumarstvo, Beograd.*

## 1. UVOD

Najdestruktivniji oblik degradacije staništa predstavlja erozija zemljišta. Intenzitet erozionih procesa zavisi od pokretačke snage agenasa erozije, a istovremeno i od erodibilnosti zemljišta, odnosno od njegove sposobnosti da se sumom svojih svojstava odupre agensima erozije. Erodibilnost zemljišta je istovremeno i jedan od najznačajnijih faktora koji određuju stabilnost ekosistema. Zbog toga je poznavanje svojstava zemljišta koji određuju njegovu erodibilnost kod različitih tipova staništa veoma značajno, pre svega sa aspekta gajenja šuma, jer se lošim ili neblagovremenim šumsko uzgojnim merama šumski ekosistemi lako mogu izvesti iz ravnoteže, a zatim i sa aspekta podizanja šuma, kada treba sprečiti dalji razvoj erozije na goletima.

Zemljišta na serpentinitima spadaju među najugroženija erozijom, jer u sadašnjim uslovima na velikim površinama serpentinitičkih masiva (Stolovi, Gokčanica, Maljen, Suvobor, Ibarska klisura i dr.), erozija prelazi prag tolerancije. To znači da se sa serpentinitičkih površina erozionim procesima odnosi daleko veća količina zemljišnog materijala nego što se stvara pedogenetskim procesima.

Ovo je tim značajnije i zbog činjenice da serpentinitička zemljišta spadaju prema klasifikaciji Urlih-a (Burlica *et al.*, 1983) u labilne ekosisteme tj. u ekosisteme koji posle izvođenja iz ravnoteže nastavljaju sa daljom degradacijom i posle prestanka dejstva početnog agensa.

## 2. METODE RADA

U cilju određivanja hidroloških karakteristika i faktora erodibilnosti za najvažnije tipove zemljišta na serpentinitičko peridotitskim stenama analizirano je 6 profila na području Stolova. Profili su otvoreni na sledećim tipovima staništa:

- litosol pod zajednicom *Sedum serpentina* - *Festuca vallesiaca* - *Chrysopogon gryllus*,
- eutrični ranker pod zajednicom *Koelerio* - *Danthonietum alpinae*,
- eutrični ranker pod šumom bukve *Fagetum montanum serpentinicum*,
- eutrični kambisol pod zajednicom *Koelerio* - *Danthonietum alpinae*,
- eutrični kambisol pod zajednicom *Abieto* - *Fagetum serpentinicum*, i
- pseudoglej pod zajednicom *Quercetum frainetto cerris*.

Iz profila su uzeti uzorci u nenarušenom i narušenom stanju radi ispitivanja fizičkih i hemijskih osobina zemljišta. Od laboratorijskih ispitivanja određivani su:

- Sadržaj ukupnog humusa i organske materije određen je metodom po Tjuri-n-u u modifikaciji Simakova.
- Teksturni sastav sitne zemlje određen je međunarodnom pipet-B metodom uz primenu natrijumpyrofosfata kao peptizacionog sredstva.

- Struktura zemljišta određena je prilikom opisa profila i uzimanja uzoraka na terenu, a kodirana po R. L a l-u.
- Vodopropustljivost zemljišta određena je (izuzimajućI litosol) u cilindima po Kopeckom na aparaturi po Litvinovu. Na osnovu dobijene vrednosti konduktiviteta određena je klasa vodopropustljivosti za ceo profil po metodi R. L a l- a; za uzorke litosola nije bilo moguće odrediti tačnu vrednost konduktiviteta zbog suviše brze filtracije vode kroz uzorke. Zbog toga je ovaj tip zemljišta kodiran kodom za maksimalnu vodopropustljivost.
- Zapreminska gustina metodom po G r a č a n i n-u, specifična gustina piknometrijski, a ukupna poroznost računski.
- Retencije vode pri pritiscima od 0,1, 0,33 i 15 bara određene su na poroznoj ploči, odnosno membrani metodom po R i c h a r d-u i prevedeni u volumne procenete.

Iz dobijenih vrednosti izračunati su (uz korišćenje korekcionog faktora za sadržaj skeleta):

- maksimalni vodni kapacitet (množenjem ukupne poroznosti sa dubinom zemljišta);
- poljski vodni kapacitet (množenjem retencije vode pri 0,33 bara sa dubinom zemljišta);
- kapacitet za nepristupačnu vodu (množenjem retencije vode pri 15 bara sa dubinom zemljišta);
- kapacitet za vazduh iz razlike maksimalnog i poljskog vodnog kapaciteta,
- kapacitet za pristupačnu vodu iz razlike poljskog vodnog kapaciteta i kapaciteta za nepristupačnu vodu;
- sadržaj brzo drenirajućih pora iz razlike ukupne poroznosti i retencije vode pri pritisku od 0,1 bar;
- sadržaj sporo drenirajućih pora iz razlike retencije vode pri pritisku od 0,1 bar i 0,33 bara.

Na osnovu izvršenih analiza izračunat je faktor erodibilnosti za analizirane tipove zemljišta, po jednačini R. L a l-a:

$$100K = 2.713 \times 10^{-4} (12 - OM) \times M^{1.14} + 3,25 (S - 2) + 2,5 (P - 3), \quad \text{gde je:}$$

OM – ukupan humus I organska materija

S – kod za strukturu

P – klasa provodljivosti

M – karakteristika teksture (prah + sitan pesak)  $\times$  (100 – glina)

- Za obračun viškova voda, metodama koje daju ukupno oticanje voda (površinsko i podpovršinsko) korišćeni su podaci G. M a c a n-a sa hidrometeorološke stanice "Ravnine", za hidrološki vlažnu 1989. godinu i hidrološki sušnu 1990. godinu.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Serpentinitsko-peridotitske masive, hidrološki posmatrano, sačinjavaju vodonepropusne stene, tako da skoro sva padavinska voda koja dospeva na ovakve supstrate uglavnom otiče samo slivom. Način oticanja voda, površinski ili potpovršinski (kroz zemljišni solum), u prvom redu će zavisiti od fizičkih svojstava zemljišta, njihovih hidroloških konstanti, vodnih kapaciteta i brzine filtracije vode kroz solum.

Rezultati se prikazuju prema članovima serije zemljišta koji se obrazuju na serpentinitsko peridotitskim supstratima: litosoli, eutrični rankeri, eutrični kambisoli, luvisoli i pseudoglejevi.

#### 3.1 Litosoli

Litosoli predstavljaju inicijalnu fazu u obrazovanju zemljišta. To su plitki (max 20 cm) kamenjari sa mestimično veoma malo jako humozne zemlje. Zato su to suva staništa obrasla oskudnom vegetacijom koju sačinjavaju kserofilne vrste (*Lassiaagrostis calamagrostis*, *Festuca vallesiaca*, *Chrysopogon gryllus*, *Sedum serpentini*, *Poa molinieri*, *Plantago carinata* i dr.) koje se javljaju pojedinačno ili u busenovima.

Mala količina pristupačne vode, koju zadržavaju litosoli, onemogućava razvoj bujnije vegetacije koja bi štitila zemljište od direktnog udara kišnih kapi. Litosoli su skeletna zemljišta lakog teksturnog sastava, visokog procentualnog sadržaja humusa i organske materije slabo porozna i vrlo propustljiva za vodu. Iako karakteristike frakcije sitne zemlje litosola pokazuju dobra svojstva, uslovi na staništima sa litosolima su nepovoljni i sa hidrološkog i sa ekološkog aspekta jer je ukupna masa zemlje mala. To je rezultat male dubine soluma, i istovremeno visoke (i apsolutne) skeletnosti i isprekidanosti (A)-horizonta.

Maksimalni vodni kapacitet je, takođe, izuzetno mali (30,06 mm). Od toga brza gravitaciona voda, odnosno količina padavina koju zemljište u suvom stanju može relativno brzo da propusti dostiže 15,21 mm. To znači da zemljište brzo postiže vlažnost maksimalnog vodnog kapaciteta, pa zbog toga i male visine narednih padavina mogu biti oticajne.

#### 3.2 Humusno silikatna zemljišta na serpentinitima (eutrični rankeri)

Eutrični rankeri su najzastupljeniji tip zemljišta na Stolovima (Topalović i sar., 1996). Karakteriše ih veća dubina soluma u odnosu na litosole, što rezultira većim kapacitetima primanja i zadržavanja vode. Veći kapaciteti zadržavanja vode omogućavaju razvoj nešto bujnije vegetacije u odnosu na litosole. Ipak su to, uglavnom, kserotermne livadske zajednice *Chrysopogonetum grylli* i

*Koelerio - Danthonietum alpinae*, a od šumske vegetacije različite varijante šuma hrasta kitnjaka, a samo u izvesnim uslovima, na dubljim rankerima većih vodnih kapaciteta i na hladnijim ekspozicijama moguć je i razvoj mezofilnijih bukovih šuma. Generalno posmatrano, vodni kapaciteti serpentinitičkih rankera, iako su veći nego kod litosola su nedovoljni za produktivniju šumarsku proizvodnju.

Ispitivane rankere karakteriše lak teksturni sastav, visok sadržaj humusa (i organske materije), vrlo visoka vodopropustljivost i aerisanost. Kapacitet za vazduh se kreće od 37,92 do 79,34 mm. Od ovog kapaciteta, količina brze gravitacione vode iznosi 19,28–65,33 mm, a to je istovremeno i količina padavina koju zemljište može relativno brzo da propusti.

### 3.3 Smeđa serpentinitička zemljišta (eutrični kambisoli)

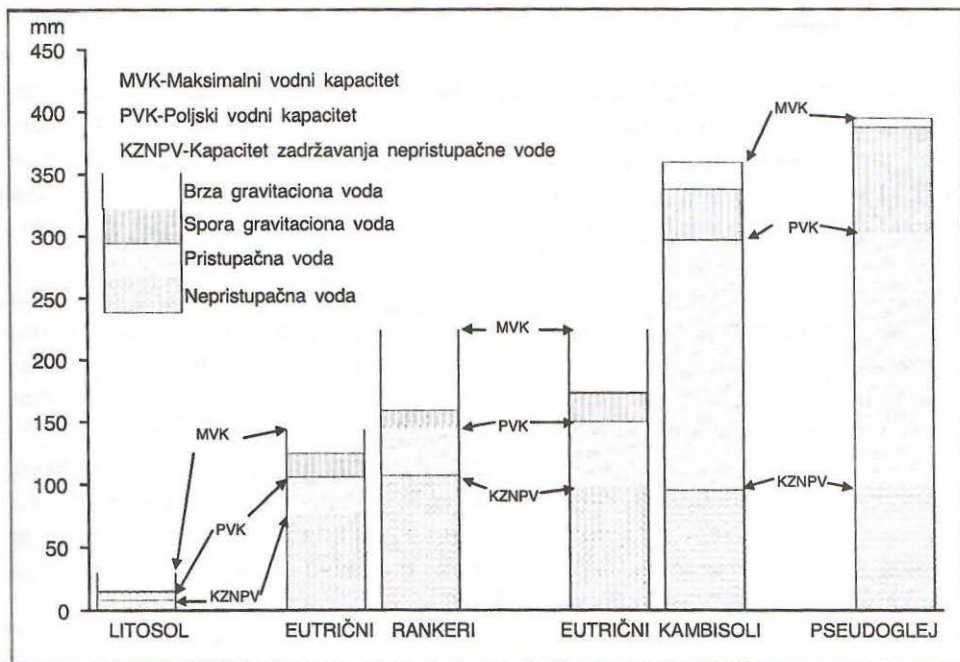
Generalno posmatrano, serpentinitička smeđa zemljišta poseduju veće vodne kapacitete od rankera. Zato su to zemljišta sa najpovoljnijim hidrološkim svojstvima. Međutim, kod njih je izražena (više nego kod drugih tipova zemljišta na serpentinitima) prostorna varijabilnost fizičkih i hemijskih svojstava, naročito kada su u pitanju kapaciteti primanja i zadržavanja vode. Oni mogu da budu čak manji nego kod dubljih rankera, ali i dosta veliki kao kod luvisola. Kapacitet zadržavanja pristupačne vode kod ovih zemljišta određuje karakter vegetacijskog pokrivača, a time i intenzitet agenasa erozije na površini zemljišta. Visoka prostorna varijabilnost fizičkih i hemijskih svojstava eutričnih kambisola uslovljava i veliku raznolikost u tipu vegetacijskog pokrivača. Na području Stolova na serpentinitičkim smeđim zemljištima su zastupljene od kserotermnih livadskih zajednica do mezofilnih zajednica bukve i jele (Topalović i sar., 1996).

Vodopropustljivost kambisola je generalno manja nego kod rankera, što je rezultat većeg sadržaja gline u kambičnom horizontu, ali je još uvek vrlo velika. To svakako smanjuje i drenažnu poroznost, ali je zbog veće dubine soluma kapacitet za vazduh veći nego kod rankera. To znači da kambisoli mogu da prime veću količinu vode od rankera, ali je primanje vode sporije.

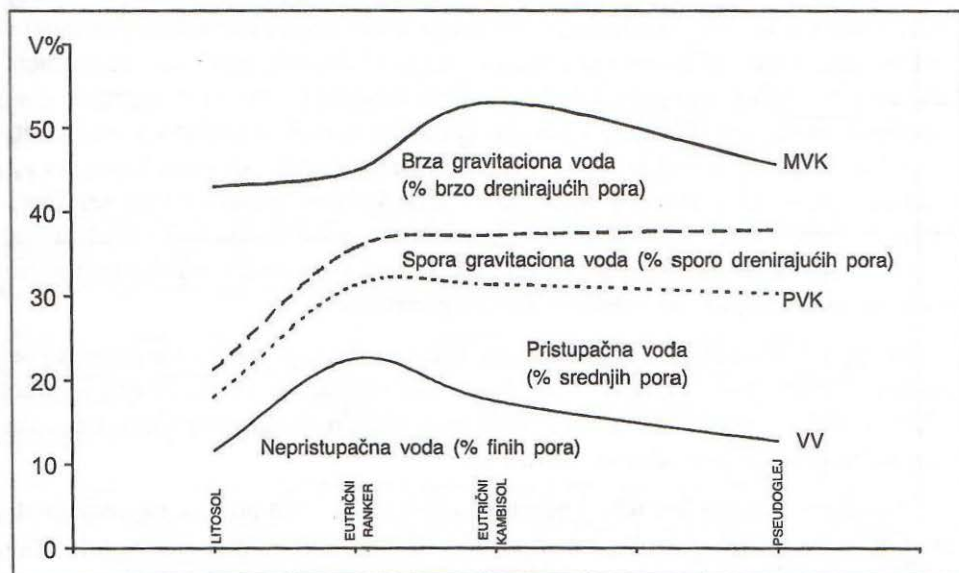
Procentualni sadržaj humusa, koji igra važnu ulogu u otpornosti zemljišta na erozione procese, takođe pokazuje veliku varijabilnost od slučaja do slučaja.

Tabela 1.– Fizička svojstva zemljišta

Tip zemljišta	Horizont i dubina cm		Ukupna poroznost %	Retencije pri pritisku od			Diferencijalna poroznost			
				0,1 bar	0,33 bara	15 bara	Brzo drenirajuće pore	Sporo drenirajuće pore	Srednje pore	Fine pore
	%	%	%	%	%	%	%	%		
Litosol	(A)	0–7	42,94	21,22	17,93	11,64	21,73	3,29	6,29	11,64
Ranker	A	3–32	49,58	42,93	36,50	25,98	6,65	6,43	10,52	25,98
Ranker	A	4–60	40,01	28,34	25,84	19,10	11,67	2,50	6,75	19,10
Eutrični kambisol	A	0–12	45,48	32,31	28,51	21,96	13,18	3,80	6,55	21,96
	(B)	15–62	36,00	28,68	24,71	15,02	7,32	3,97	9,69	15,02
Eutrični kambisol	A	3–11	60,53	42,11	34,15	13,04	18,41	7,96	21,11	13,04
	(B)	11–35	49,48	48,56	42,65	11,07	0,92	5,91	31,59	11,07
	(B)	35–80	42,67	41,66	37,18	12,94	1,01	4,48	24,24	12,94
Pseudoglej	A	0–6	45,65	37,85	30,27	12,75	7,80	7,58	17,52	12,75
	g	6–42	48,58	48,35	32,76	10,05	0,23	15,59	22,71	10,05
	Bt	42–84	45,73	45,44	39,47	12,99	0,28	5,97	26,48	12,99
Tip zemljišta	Maksimalni vodni kapacitet		Poljski vodni kapacitet		gravitaciona voda		Pristupačna voda		Nepristupačna voda	
	mm		mm		brza	spora	mm		mm	
Litosol	30,06		12,55		15,21	2,30	4,40		8,15	
Ranker	143,78		105,86		19,28	18,64	30,50		75,36	
Ranker	224,06		144,72		65,33	14,01	37,80		106,92	
Eutrični kambisol	223,77		150,33		50,21	23,23	53,40		96,93	
Eutrični kambisol	359,19		296,97		21,49	40,73	201,80		95,17	
Pseudoglej	394,32		301,87		6,68	85,77	203,50		98,37	



Slika 1.- Kapaciteti primanja i zadržavanja vode



Slika 2.- Kapaciteti primanja i zadržavanja vode (diferencijalna poroznost) A, odnosno (A) horizonta

### 3.4 Pseudoglej

Pseudoglejevi zauzimaju male površine na Stolovima na zaravljenim terenima i blažim nagibima. Karakteriše ih jaka diferenciranost profila po teksturnom sastavu i drugim fizičkim osobinama, koja se svakako odražava na hidrološke karakteristike površina pod ovim zemljištem. Procentualni sadržaj humusa i organske materije u humusno akumulativnom horizontu je niži nego kod mlađih evoluciono genetskih stadijuma, a teksturni sastav teži. Ukupna poroznost se smanjuje od površine zemljišta (gde je srednja) na slabu u iluvijalnom horizontu. Učešće grubih gravitacionih pora je visoko samo u humusno akumulativnom horizontu, ali se sa dubinom naglo smanjuje. Mala moćnost humusno akumulativnog horizonta kod analiziranih profila i veoma spora filtracija u iluvijalnom horizontu, omogućavaju da površinski slojevi brzo dostignu visoka stanja vlažnosti. To znači da su površinska oticanja na ovim zemljištima česta, zavisno od rasporeda i intenziteta padavina i pored visokog kapaciteta primanja vode. Za zasićivanje ovog zemljišta do maksimalnog vodnog kapaciteta potreban je veoma dug period ravnomernog vlaženja, što se dešava samo za vreme topljenja snega ili veoma dugih kišnih perioda ako su kiše slabog intenziteta.

## 4. BILANSI I OTICANJE VODA SA SERPENTINITSKIH ZEMLJIŠTA

Količine oticajnih voda sa neke površine, pored tipa vegetacijskog pokrivača, koji utiče na intercepciju i rashodovanje vode transpiracijom, diktiraju u velikoj meri i fizičke osobine zemljišta, a pre svega infiltracija i kapaciteti primanja i zadržavanja vode. Infiltracija je u tesnoj vezi sa vlažnošću zemljišta i diferencijalnom poroznošću zemljišta, i utoliko je brža ukoliko je veće učešće grubih gravitacionih pora koje određuju vazdušni kapacitet zemljišta i njihov kontinuitet, odnosno neisprekidanost kroz profil. Vazdušni kapacitet, odnosno kapacitet za gravitacionu vodu na izvestan način predstavlja količinu padavina koje zemljište relativno brzo može da propusti, dok kapacitet za pristupačnu vodu predstavlja akumulaciju vode koje zemljište zadržava, a koja služi za izravnanje potrošnje vode od strane biljaka od jednih do drugih padavina.

Analiza bilansa oticaja i zadržavanja vode izvršena je za dve karakteristične godine – 1989. kao vlažnu i 1990. kao suhu godinu. U 1990. godini je palo 47,6% padavina u odnosu na 1989. Broj padavinskih dana i intenziteti padavina su u nešto povoljnijem odnosu (60–68%).

Prema rezultatima hidričkog bilansa za šest ispitivanih profila, najveća vrednost oticanja je kod litosola, a zatim kod rankera i kambisola, dok je najmanja kod pseudoglejeva i kambisola visokog vodnog kapaciteta.

Ove viškove voda nikako ne treba strogo vezati za tip zemljišta, već za kapacitet zadržavanja pristupačne vode (izražen u mm). Generalno posmatrano, kapaciteti zadržavanja pristupačne vode su najmanji kod litosola, a povećavaju se sa evolucijom zemljišta, tako da najstariji evoluciono genetski stadijumi, po pravilu, imaju i najveće kapacitete. Međutim, u prirodi svakako postoje i slučajevi da genetski mlađe zemljište ima veći kapacitet za pristupačnu vodu.

U hidrološki sušnoj godini (1990), sa površina pod litosolima oteklo je 428,69 mm padavina, odnosno 73,7% od ukupne godišnje sume padavina. Pri ovome, sve padavine veće od 4,4 mm dale su višak vode koji zemljište nije moglo da zadrži i prouzrokovale bočno ili površinsko oticanje, a sve padavine veće od 30,6 mm sigurno su prouzrokovale površinsko oticanje. U hidrološki vlažnijoj godini sa litosola je produkovan višak vode od 745,65 mm ili 80,7% od godišnje sume padavina. Ovako visoki neproduktivni viškovi voda kod litosola su rezultat malog kapaciteta zadržavanja pristupačne vode. Za ispitivani litosol kapacitet za pristupačnu vodu iznosi 4,4 mm, što znači da je svaka kiša veća od kapaciteta za pristupačnu vodu izazvala oticanje.

Vreme koncentracije voda iz sliva u korito sa površina pod litosolima je kratko, jer je intercepcija zanemarljiva, a vazdušni kapacitet, i pored visoke drenažne poroznosti zemljišta, mali.

Kod rankera u hidrološki sušnoj (1990) godini ukupna oticanja sa ispitivanih površina su iznosila 48,15–50,39% od ukupne godišnje sume padavina ili 280,09–293,11 mm, a u vlažnijoj (1989) godini 56,8–59,15% ili 529,01–550,84 mm.

Ispitivani rankeri pri vlažnosti venjenja, odnosno posle dužih sušnih perioda mogu da prime 68,43–117,11 mm vode, od toga relativno brzo mogu da prime svega 19,28 mm (profil 1) do 65,33 mm (profil 2) od padavina. To znači da i pojava površinskog oticanja zavisi, pre svega, od njihovih vodnih kapaciteta.

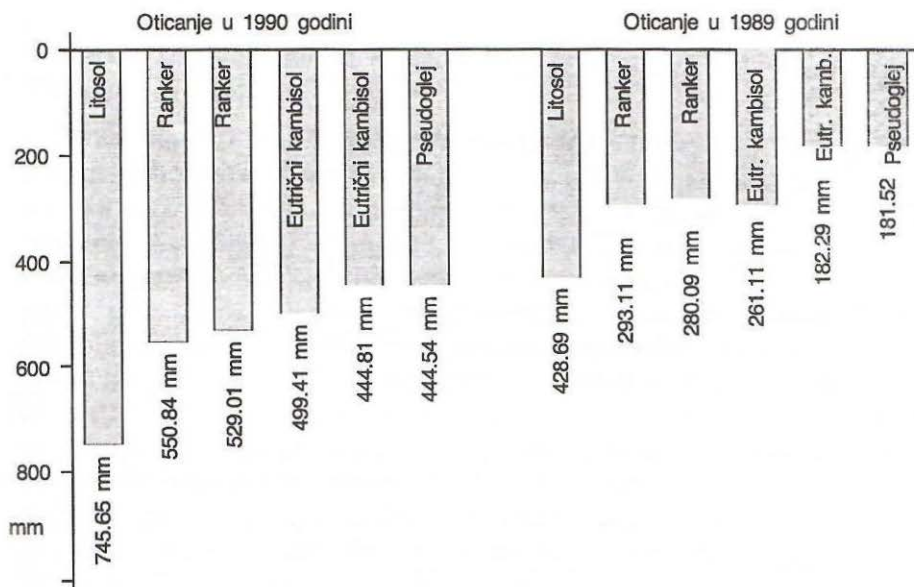
Vreme koncentracije voda iz sliva u korito je takođe kratko, ali je ipak nešto duže nego kod litosola, jer je veći i vazdušni kapacitet, a takođe i intercepcija, zbog bolje pokrivenosti vegetacijskim pokrivačem.

Kod površina koje karakterišu kambisoli ukupna godišnja oticanja u hidrološki vlažnijoj godini iznose 47,76–53,63% od ukupne sume padavina ili 444,81–499,41 mm. U hidrološki suvljoj godini ona iznose 31,46–44,89% od ukupnih padavina ili 182,29–261,11 mm.

Iako je drenažna poroznost kambisola manja u odnosu na rankere, a naročito u kambičnom horizontu, njihov kapacitet za pristupačnu vodu je veći. To omogućava primanje većih količina vode od padavina i obezbeđuje da veći deo viška vode otiče podpovršinski (bočno) niz nagib. Ovakva svojstva kambisola produžavaju vreme koncentracije voda iz sliva u korito i smanjuju bujični karakter voda.

Tabela 2.- Viškovi voda na ispitivanim zemljišta

Mesec		1990. godina							1989. godina						
		H	litosol	ranker	ranker	kambisol	kambisol	pseudogl	H	litosol	ranker	ranker	kambisol	kambisol	pseudogl
I	mm	13,2	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	30,8	30,57	28,04	28,01	27,98	27,92	27,92
	%(H)		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00		99,27	91,03	90,95	90,84	90,65	90,65
II	mm	9,3	6,20	3,73	3,61	3,46	3,20	3,19	19,0	15,45	12,73	12,57	12,37	12,02	12,02
	%(H)		66,67	40,11	38,80	37,20	34,36	34,35		81,32	66,98	66,14	65,12	63,29	63,28
III	mm	38,8	25,75	23,87	21,71	19,08	14,39	14,37	19,0	6,60	4,28	2,34	0,00	0,00	0,00
	%(H)		66,37	61,51	55,96	49,17	37,08	37,05		34,74	22,54	12,29	0,00	0,00	0,00
IV	mm	83,7	58,88	35,83	33,40	31,42	27,56	27,55	142,3	117,52	105,90	105,43	104,84	103,76	103,75
	%(H)		70,34	42,80	39,90	37,53	32,93	32,92		82,59	74,42	74,09	73,67	72,91	72,91
V	mm	98,2	72,46	53,66	52,35	50,56	46,74	46,73	28,6	15,36	5,72	5,62	5,48	5,24	5,24
	%(H)		73,79	54,64	53,31	51,49	47,60	47,58		53,70	20,01	19,64	19,17	18,32	18,32
VI	mm	190,4	161,63	129,66	126,41	121,88	112,13	112,09	48,8	27,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%(H)		84,89	68,10	66,39	64,01	58,89	58,87		57,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VII	mm	154,5	117,96	73,90	69,95	64,00	48,68	48,62	36,6	19,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%(H)		76,35	47,83	45,27	41,43	31,51	31,47		51,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VIII	mm	132,5	112,95	80,93	76,23	68,92	49,53	49,45	28,0	16,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%(H)		85,25	61,08	57,53	52,02	37,38	37,32		59,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IX	mm	75,4	57,36	43,94	43,27	42,42	40,84	40,83	69,0	48,60	22,95	17,66	6,95	0,00	0,00
	%(H)		76,08	58,27	57,38	56,26	54,16	54,16		70,44	33,27	25,59	10,08	0,00	0,00
X	mm	48,0	42,96	22,88	20,39	16,90	0,00	0,00	32,1	16,83	2,85	0,02	0,00	0,00	0,00
	%(H)		89,50	47,66	42,48	35,22	0,00	0,00		52,43	8,87	0,05	0,00	0,00	0,00
XI	mm	26,8	21,35	17,85	17,47	17,01	12,13	12,05	22,5	9,45	7,57	5,41	0,45	0,00	0,00
	%(H)		79,66	66,60	65,19	63,48	45,25	44,98		42,00	33,63	24,05	2,02	0,00	0,00
XII	mm	60,5	54,95	51,42	51,03	50,55	49,71	49,70	105,0	104,82	103,07	103,05	103,04	33,35	32,58
	%(H)		90,83	84,99	84,35	83,56	82,16	82,15		99,83	98,16	98,15	98,13	31,76	31,03

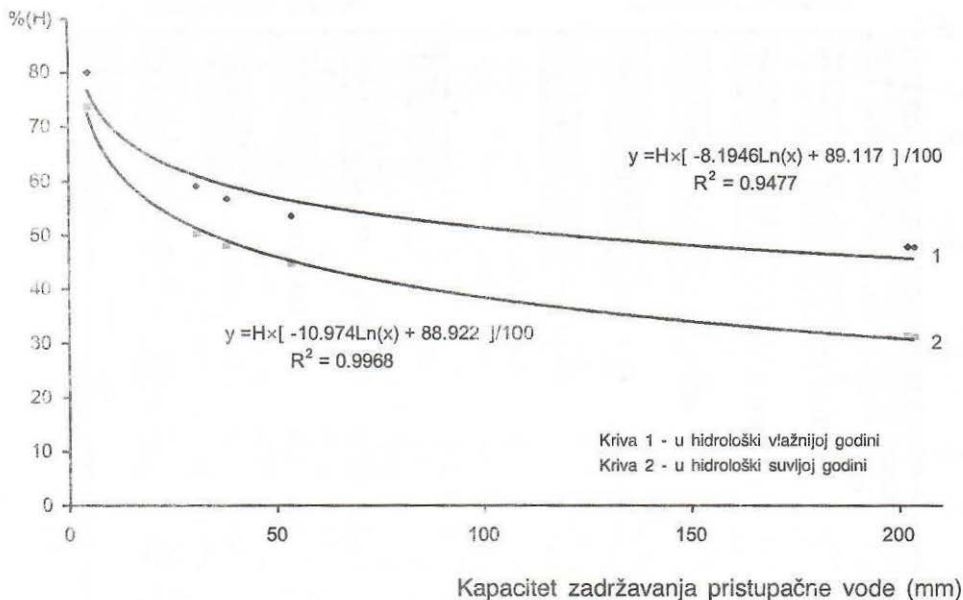


Slika 3.– Ukupna godišnja oticanja

Hidrički bilansi po *Tornthweite*-u za pseudoglej ne pokazuju značajnije razlike u odnosu na dublje varijante kambisola, ali pri ovome treba imati u vidu da hidrički bilans podrazumeva da zemljište može da primi svu količinu voda od padavina do uspostavljanja stanja vlažnosti poljskog vodnog kapaciteta i da tek onda nastaje višak koji vertikalno ili površinski otiče. Međutim, u nekim slučajevima, kada je intenzitet padavina veći od brzine infiltracije, dolazi do površinskog oticanja.

Zbog vrlo slabe vodopropustljivosti pseudoglejeva i odsustva brzih gravitacionih pora, postoji mogućnost da se pri padavinama jakog intenziteta površinsko oticanje javi daleko pre nego kod drugih zemljišta manjih vodnih kapaciteta, ali većeg hidrauličkog konduktiviteta. U takvim slučajevima dolazi do produkcije viška vode pre nego što se u dubljim slojevima nadoknadi sva rashodovana pristupačna voda.

U evoluciono genetskoj seriji ispitivanih zemljišta na serpentinitu nedostaje tip luvisola, koji nije evidentiran na Stolovima, ali se generalno može pretpostaviti, da bi ovaj tip zemljišta ispoljio u hidričkom bilansu viškove voda slične kao i pseudoglej ili duboki kambisol visokih primanja i zadržavanja voda. Pri ovome treba naglasiti da bi hidrički bilans kod luvisola dobiven po metodi *Tornthweite*-a bio realniji nego kod pseudogleja, jer je hidraulički konduktivitet iluvijalnog Bt horizonta kod luvisola veći nego kod g horizonta pseudogleja, a samim tim je brže i primanje padavinskih voda. Istovremeno bi bilans kod luvisola bio manje realan nego kod kambisola zbog sporije filtracije.



Slika 4.- Oticanje vode kao funkcija vodnih kapaciteta zemljišta (u % od visine padavina)

Između kapaciteta zadržavanja pristupačne vode i viškova voda koji se javljaju na različitim tipovima zemljišta ustanovljena je visoka korelacija. Na oba primera linije regresije (za hidrološki vlažnu 1989. i hidrološki sušnu 1990. godinu) vidi se da su razlike u količini otekle vode veće kod zemljišta manjih vodnih kapaciteta nego kod zemljišta velikih vodnih kapaciteta. To znači da mala razlika u kapacitetima zadržavanja pristupačne vode kod plitkih zemljišta ima daleko veći značaj u količinama otekle vode nego ista tolika razlika kod dubokih zemljišta.

## 5. ERODIBILNOST ZEMLJIŠTA NA SERPENTINITIMA

Jednačina R. L a l-a kojom se određuje faktor erodibilnosti, a koji se koristi u univerzalnoj jednačini USLE za određivanje gubitaka zemljišnog materijala, svakako spada u najpouzdanije. Prema ovoj jednačini erodibilnost zemljišta zavisi od količine ukupnog humusa i organske materije, teksturnog sastava, veličine strukturnih agregata i vrednosti hidrauličkog konduktiviteta, odnosno od vodopropustljivosti zemljišnog soluma. Erodibilnost zemljišta je utoliko veća ukoliko je manji sadržaj humusa i organske materije, manji sadržaj krupnog peska i slabija vodopropustljivost. Sadržaj sitnog peska, praha i gline se različito odražava na ukupnu erodibilnost zemljišta. Najnepovoljniji efekat na erodibilnost je pri jednakom odnosu gline i zbiru frakcija sitnog peska i praha.

Proširivanjem ovog odnosa, a isto tako i sužavanjem erodibilnost zemljišta se smanjuje.

Jednačina R. L a l-a je prilagođena poljoprivrednim zemljištima, na kojima je i razrađena, i gde je mnogo puta proverena njena visoka tačnost. Međutim, za šumska zemljišta, a naročito za zemljišta goleti ova jednačina se ne može uvek primeniti, jer se šumska zemljišta po svojim fizičkim i hemijskim svojstvima znatno razlikuju od poljoprivrednih. Pre svega, u nekim slučajevima mogu da poseduju veći sadržaj humusa i organske materije, nego što jednačina R. L a l-a dozvoljava za davanje realne vrednosti faktora erodibilnosti. Pored toga postoji i velika razlika u karakteru organske materije između šumskih i poljoprivrednih zemljišta, njenoj hemijskoj prirodi i grupno frakcionom sastavu humusa, a samim tim i njenoj ulozi kao vezivnog materijala za strukturne agregate. Isto tako i hidraulički konduktivitet kod nekih tipova šumskih zemljišta, zbog visoke drenažne poroznosti može da bude znatno veći nego kod poljoprivrednih zemljišta, što takođe u nekim slučajevima može da da pogrešnu vrednost faktora erodibilnosti, a naročito u slučaju kada zemljište poseduje nizak maksimalni vodni kapacitet i istovremeno se nalazi na vodonepropusnoj geološkoj podlozi.

Tabela 3. – Faktor erodibilnosti zemljišta

Tip zemljišta	Org. materija	Krupan pesak	Sitan pesak	Prah	Glina	Struktura	Filtracija	Faktor erodibilnosti
	%	%	%	%	%	kod	kod	
Litosol	6,24	24,5	42,8	23,7	9,0	3	1	0,30
Eutr. ranker	13,63	15,0	65,7	15,0	4,3	3	2	-0,11
Eutr. ranker	19,51	15,2	62,1	19,1	3,6	3	2	-0,58
Eutr. kambisol	20,10	5,8	51,6	32,3	10,3	3	3	-0,54
Eutr. kambisol	8,53	5,5	48,2	35,7	10,6	3	2	0,25
Pseudoglej	6,67	8,5	53,8	23,3	14,4	3	6	0,43

Prema rezultatima ispitivanja zemljišta Stolova na šest lokaliteta, najveću vrednost faktora erodibilnosti po R. L a l-u pokazuje pseudoglej (0,43). To je rezultat niskog sadržaja humusa i organske materije u površinskom horizontu i istovremeno veoma slabe vodopropustljivosti koju uslovljava prisustvo vodonepropusnog horizonta.

Daleko manji faktor erodibilnosti pokazuje duboko eutrično smeđe zemljište na serpentinitima pod šumom bukve i jele, koje pored nešto većeg sadržaja humusa u odnosu na ispitivani pseudoglej ima i veći hidraulički konduktivitet. Za pliću varijantu eutričnog smeđeg zemljišta, pod zajednicom *Koelerio - Danthonietum alpinae*, kao i za oba ispitivana rankera, jednačina R. L a l-a ne daje realnu vrednost, jer je sadržaj humusa i organske materije previsok.

Za litosol, pod zajednicom *Sedum serpentini* - *Festuca vallesiaca* - *Chrysopogon gryllus* dobiveni faktor erodibilnosti ima vrednost između eutričnog kambisola i pseudogleja. Međutim, ispitivani litosol karakteriše znatno manja količina humusa i organske materije, nego što je to slučaj sa tipičnim litosolima, gde sadržaj humusa i organske materije iznosi i preko 30%. To znači da se ovde verovatno radi o krajnjem degradacionom stadijumu nekog dugog tipa zemljišta, a ne o pravoj inicijalnoj fazi obrazovanja zemljišta. Za tipične litosole, zbog previsokog sadržaja humusa jednažina R. L a l-a, takođe ne bi dala pouzdanu vrednost.

## 6. DISKUSIJA

Iako karakteristike zemljišta mlađih evoluciono genetskih stadijuma (sadržaj humusa i organske materije, teksturni sastav, vodopropustljivost i dr.) pokazuju veću sposobnost da se odupru agensima erozije, situacija na terenu pokazuje sasvim drugačiju sliku. Naročito je to izraženo kod litosola, a zatim kod rankera i pličih eutričnih kambisola, gde su procesi erozije nazastupljeniji. Ovakva situacija na terenu može da se objasni malim maksimalnim vodnim kapacitetom litosola i vodonepropusnom geološkom podlogom. Naime, hidraulički konduktivitet, odnosno vodopropustljivost zemljišnog materijala, kao karakteristika poroznog sistema sa kojom se ulazi u jednačinu R. Lal-a, u prirodnim uslovima nije jedini faktor koji određuje brzinu filtracije, već na nju svakako utiče i gradijent hidrauličkog pritiska. Ako postoji prepreka vertikalnom oticanju vode, kao što je to slučaj kod vodonepropusnih geoloških podloga, a zemljište je dostiglo maksimalni vodni kapacitet, hidraulički pritisak na površini zemljišta i na kontaktu zemljišta sa geološkom podlogom se izjednačavaju. To znači da u tom momentu vertikalno kretanje vode prestaje. Istovremeno i dalje postoji razlika u energetsom potencijalu vode između vrhova i dna padina zbog razlika u geodetskoj visini. Tokovi vode se usmeravaju u pravcu pada hidrauličkog pritiska, a to znači niz padinu kroz zemljišni solum i površinski. U slučajevima, kada je čitav zemljišni solum zasićen vodom (potopljen), ispoljava se sila uzgona na zemljišne čestice koja omogućava njihovo lakše pokretanje. S obzirom da u slučaju potpunog zasićenja zemljišta vodom na vodonepropusnim podlogama ne postoji vertikalno kretanje vode i kiše najmanjeg intenziteta mogu da izazovu površinska oticanja. Ovakva stanja su najčešća kod litosola, jer oni poseduju najmanju masu zemlje po jedinici površine, a zatim kod rankera. Kod rankera pojava zasićenosti vodom do maksimalnog vodnog kapaciteta je utoliko veća ukoliko je kapacitet primanja vode manji. Kod smeđih serpentinitskih zemljišta je takođe moguća ovakva pojava potpunog zasićivanja vodom i površinskog oticanja. To zavisi od maksimalnog vodnog kapaciteta, koji je u direktnoj vezi sa stepenom razvijenosti smeđeg zemljišta ili pak sa stepenom njegove degradacije.

Lesivirana zemljišta i pseudoglejevi, najčešće poseduju maksimalne vodne kapacitete koji su veći od maksimalnih visina padavina velikih povratnih perioda. To znači da površinska oticanja na ovakvim zemljištima diktiraju isključivo brzina infiltracije i intenzitet padavina.

Istovremeno se, pri površinskom oticanju vode uspostavlja brzina toka koja je znatno veća u odnosu na brzinu bočnog oticanja gravitacione vode kroz solum, gde se kinetička energija toka, zbog malih brzina zanemaruje. Energetskom potencijalu površinski otekle vode treba dodati kinetičku energiju toka, koja je znatno veća na nagibima gde su zastupljene mlađe evoluciono genetske stadije zemljišta malih vodnih kapaciteta, nego kod razvijenijih zemljišta koja su zastupljenija na blažim nagibima i zaravljenim terenima.

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja može se zaključiti da faktor erodibilnosti zemljišta zavisi i od evoluciono genetskog stadijuma zemljišta. Najniži je kod litosola, a najveći kod pseudogleja. To znači da sa razvojem zemljišta dolazi do povećanja njegove plodnosti, a istovremeno opadanja njegove sposobnosti da se sumom svojih svojstava odupre agensima erozije. To prvenstveno rezultira smanjivanjem sadržaja humusa u površinskom sloju od 10 cm, povećanjem sadržaja gline u zemljištu i smanjenjem hidrauličkog konduktiviteta. S obzirom da se evolucijom zemljišta povećavaju kapaciteti primanja i zadržavanja vode, viškovi vode se ređe ispoljavaju, što smanjuje oticanje vode, a istovremeno omogućava razvoj bujnije vegetacije koja sa svoje strane smanjuje uticaje agenasa erozije.

Evoluciju zemljišta na serpentinitsko peridotitskim stenama u velikoj meri uslovljava nagib terena. Na najstrmijim padinama obrazovani su litosoli i rankeri, čiji je dalji razvoj stalno ometan procesima erozije. Zemljišni materijal koji zaostaje pokazuje visoku otpornost prema agensima erozije. Na blažim nagibima formirana su serpentinska smeđa zemljišta, kod kojih je procentualni sadržaj humusa manji, sadržaj gline veći i filtracija sporija. Erozioni agensi su slabije izraženi, a otpornost zemljišta na erozione procese generalno posmatrano manja nego kod mlađih evoluciono genetskih stadijuma. Pseudoglejevi su obrazovani na zaravljenim terenima i blagim padinama, što znači da su slabo predisponirana erozionim procesima, ali je istovremeno i otpornost zemljišnog materijala kod ovih zemljišta manja nego kod ostalih tipova zemljišta na serpentinitima, prvenstveno zbog slabe vodopropustljivosti i nižeg sadržaja humusa.

Kapaciteti primanja vode u znatnoj meri mogu da promene otpornost zemljišta na erozione agense, a naročito ako su solumi obrazovani na vodonepropusnim podlogama. Sposobnosti zemljišta da se odupre erozionim procesima je utoliko manja ukoliko su manji kapaciteti primanja vode, jer u takvim slučajevima i male visine padavina mogu da izazovu površinsko oticanje.

## LITERATURA

- Antić, M., Jović, N., Avdalović, V. (1984): Pedologija, Naučna knjiga, Beograd.
- Braunović, S. (1996): Proučavanje eroziona snage kiše i otpornosti zemljišta na eroziju. Magistarski rad, odbranjen na Šumarskom fakultetu u Beogradu.
- Dorović, M. (1997): Vodna erozija kao ograničavajući faktor korišćenja zemljišta. IX kongres JDPZ, Novi Sad.
- Burlica, Č., Beus, V., Stefanović, V., Vukorep, I., Manuševa, L., Živadinović, J., Cvijović, M. (1983): Promjene svojstava zemljišta i kruženja materije poslije primjene golih sječa u šumama bukve i jele sa smrčom.
- Ćirić, M. (1984): Pedologija. Svjetlost, Sarajevo.
- Greenland, D.J. (1971): Interactions between Humic and Fulvic Acids and Clays. Soil Science Vol.III, Baltimore, USA.
- Kohnke, H., Bertrand, A.R. (1972): Konzervacija tla. Svjetlost, Sarajevo.
- Kostadinov, S. (1996): Bujični tokovi i erozija. Šumarski fakultet u Beogradu, Beograd.
- Lal, R. (1988): Soil Erosion research methods. Soil and water Conservation Society. Ankeny, Iowa, USA.
- Topalović, M., Vučković, B., Miletić, Z. (1996): Šumske fitocenoze i zemljišta Stolova. Posebna izdanja Instituta za šumarstvo, Beograd.

### HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF SERPENTINITE SOILS AND THEIR ERODIBILITY

Z. Miletić, M. Topalović, Č. Burlica

Significant differences in erodibility and amount of runoff water were measured from different stages of soil on serpentinites. Quantity of runoff water depends on the capacity of water infiltration and retention in the soil. It is the highest in lithosol, and it decreases with soil development. Soil resistance to erosion agents is the highest in the younger evolution-genetic stages, and it decreases with soil development.