

Izvorni znanstveni članak  
Original scientific paper

Prispjelo - Received: 25.09.2007.  
Prihvaćeno - Accepted: 10.12.2007.

Perković Ivan<sup>1</sup>, Pernar Nikola<sup>1</sup>, Vrbek Boris<sup>2</sup>, Bakšić Damir<sup>1</sup>  
Pilaš Ivan<sup>2</sup>, Presečan Milan<sup>3</sup>

## UTJECAJ KULTURE OBIČNE SMREKE NA TLO

### THE IMPACT OF NORWAY SPRUCE CULTURES ON SOIL

#### SAŽETAK

Istraživanja su provedena s ciljem analize utjecaja smrekovih kultura na tlo. U području prirodnih sastojina hrasta lužnjaka u središnjoj Hrvatskoj (zajednice *Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić1959/ Rauš 1969, *subass. typicum i fage-tosum*) odabrane su tri kulture obične smreke stare 36 – 40 god. U istima su određene tri plohe koje smo uzeli kao tretmane, u odnosu na tri plohe koje su odabrane u prirodnim sastojinama u neposrednoj blizini tretmana. Na svih 6 ploha je ilimerizirano tlo na lesu, tipično ili pseudooglejeno, kisele do vrlo kisele reakcije u A horizontu i površinskih 5 cm tla.

Za analizu razlika između istraživanih ploha upotrijebili smo listinac te površinski mineralni dio tla do 5 cm dubine.

U površinskom mineralnom dijelu tla pH vrijednost značajno je niža u kulturama smreke. U smrekovim sastojinama istraživani sloj tla ima više huminskih kiselina nego tlo prirodnih sastojina. Od ostalih parametara, iako ne postoje značajne razlike, važno je istaknuti razlike u sadržaju organskog ugljika, C/N odnosa te odnos huminskih i fulvokiselina, koji upućuju na lošiju kvalitetu organske tvari u površinskom mineralnom dijelu tla.

**Ključne riječi: smrekove kulture, utjecaj na tlo, listinac**

## UVOD

### INTRODUCTION

Na srednjeeuropskim prostorima utjecaj smrekovih monokultura na tlo postaje aktualna tema u drugoj polovici 20. st. Posljedica je to učestalog osnivanja

---

<sup>1</sup> Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb,

<sup>2</sup> Šumarski institut, Jastrebarsko, Cvjetno naselje 41, 10450 Jastrebarsko

<sup>3</sup> Uprava šuma Bjelovar, Odjel za ekologiju šuma, Matošev trg 1, 43000 Bjelovar

smrekovih monokultura, bilo da se radilo o pošumljavanju degradiranog zemljišta pri čemu je smreka imala ulogu pionirske vrste ili pak o prevođenju loše gospodarenih šuma (panjače, šikare) u smrekove sastojine. Pionirska uloga smreke manifestira se humizacijom površinskog dijela tla. Ista je više izražena u humidnijim područjima (Fisher i Binkley 2000), gdje je više zastupljena sirova forma humusa. Upravo ta njena pionirska uloga kolidira s poželjnim melioracijskim učinkom na degradiranom zemljištu. U takvim slučajevima poželjna je biološka akumulacija tvari (ascendentna) te biološka aktivacija površinskog dijela tla. U smrekovim kulturama intenzivno se akumulira organski materijal siromašan bjelančevinama i mineralnim tvarima (Koegel i dr. 1988), a osobito bogat kiselim tvarima (Bergmann 1988, Koegel-Knabner 2007). Takav materijal se relativno sporo razgrađuje, nepovoljna je hrana za mnoge organizme, pri čemu je ipak značajnija aktivnost gljiva. Zahvaljujući plitkom zakorijenjivanju smreke i naslagama sirovog humusa u njenim monokulturama (Martinović 2003) u istima se utjecaj na tlo vrlo snažno očitava prvenstveno iznad mineralnog dijela tla te relativno plitko u mineralni dio tla (Tesař i dr. 2004).

Listinac je jedinstvena i vrlo važna karika u biološkom kruženju tvari u šumskom ekosustavu (Fisher i Binkley 2000). Biološko kruženje mineralnih elemenata i dušika jedno je od najvažnijih pitanja problema odnosa između šumske vegetacije i tla (Cole i Rapp 1981; Waring i Schlesinger 1985; Tamm 1995; Harris i Safford 1996; Johnson i dr. 2000; Martinović 2003). Rodin i Bazilevič (1965) biološkim kruženjem nazivaju ulaženje elemenata iz tla i atmosfere u žive organizme, biokemijsku sintezu novih spojeva i vraćanje elemenata u tlo povremenim odbacivanjem pojedinih organa ili odumiranjem organizma. Od ovog procesa izravno ovisi produktivnost šumskog drveća i sastojina te s druge strane pedofiziografske značajke (France i dr. 1990; Klimo 2000) i pedogenetski procesi.

U smrekovim monokulturama listinac daje karakterističan morfološki pečat tlu. Radi se o nerazgrađenom do potpuno razgrađenom organskom materijalu, relativno slabo biološki aktivnom te s potpunim izostankom ili tek sporadičnom pojavom elemenata prizemnog rašća.

Navedene značajke smrekovog listinca i njegov utjecaj na tlo povezane su s klimatskim značajkama. U humidnijim područjima sporije se razgrađuje, manje je biološki aktivan, a njegov utjecaj prepoznatljiv je dublje u tlu (Fisher i Binkley 2000). Za smrekove monokulture karakteristična je forma humusa koji se zove mor humus ili sirovi humus (Klinka i dr. 1990). Ovo je u taksonomskom smislu najstroženija forma humusa i dijeli se dalje na skupine i podskupine.

U Hrvatskoj su smrekove monokulture značajnije podizane u drugoj polovici XX st. Većinom se radi o sastojinama starim 20-50 god. i do danas nije istraživani sveukupni utjecaj ovih kultura na stanište (Oršanić i dr. 1998). Karakteristike listinca u raznim, pa tako i u smrekovim sastojinama na različitim supstratima istraživao je Martinović (2003), što je dobra osnova za analizu melioracijskog potencijala pojedinih vrsta šumskog drveća.

Ideja za ova istraživanja temelji se na spoznajama iz srednjeeuropskih smrekovih monokultura, gdje se javljaju problemi u vidu masovnih propadanja što se po-

vezuje s aeropolucijom, zakiseljavanjem tla, potkornjacima, gljivičnim bolestima itd.

Cilj ovog istraživanja bio je analizirati utjecaj smrekovih kultura na tlo na relativno homogenom zemljištu i zemljištu visoke produktivnosti, gdje se utjecaj ostalih čimbenika jednostavno može isključiti (npr. klima, reljef, različiti supstrati). Postavili smo pretpostavku da je u smrekovoj kulturi došlo do zakiseljevanja tla, što u sveukupnom melioracijskom učinku takvih monokultura ima negativni aspekt. Za istraživanje smo odabrali monokulture smreke podignute unutar zajednice hrasta lužnjaka i običnoga graba na području šumarije Vrbovec, u kojima posljednjih godina dolazi do masovnog sušenja stabala smreke.

Postavili smo slijedeće zadatke:

- 1) Odrediti pokusne plohe, odnosno kulture smreke i prirodne sastojine hrasta lužnjaka i običnog graba u neposrednoj blizini kultura;
- 2) Na svakoj pokusnoj plohi istražiti fiziografiju i taksonomsku pripadnost tla;
- 3) Odrediti količinu nakupljene organske tvari u kulturama i prirodnim sastojinama;
- 4) Odrediti kemijske parametre tla do dubine od 5 cm (pH vrijednost, količinu i ekstraktibilnost organskog ugljika te količinu dušika).

## MATERIJAL I METODE

### MATERIAL AND METHODS

Istraživanje je provedeno na 3 lokaliteta s po dvije plohe, koji se nalaze na području Uprave šuma podružnice Bjelovar, Šumarija Vrbovec, u gospodarskim jedinicama Bukovac i Novakuša-Šikava (Tablica 1.). Podatke o objektima dajemo na temelju Osnova gospodarenja navedenih jedinica.

Plohe imaju oznake T i O, a lokaliteti I, II i III. S oznakom T označene su kulture smreke, a s O prirodne sastojine hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić1959/ Rauš 1969) smještene u neposrednoj blizini kultura (Slika 1.).

Na plohama TI i TII radi se o čistim smrekovim sastojinama s tek sporadičnim učešćem autohtonih vrsta drveća. Na plohi TIII na autohtone vrste drveća (obični grab i hrast lužnjak) otpada oko 40%, kako po učešću stabala tako i po masi.\*

Na plohi OI u odjelu 18a riječ je o tipičnoj šumi hrasta lužnjaka i običnog graba dok je na plohama OII i OIII (odjel 31b, odnosno 14a) riječ o subasocijaciji hrasta lužnjaka i običnog graba s običnom bukvom (uređajni razred bukve).

Na plohi OI u drvnoj zalih od  $370 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  hrast lužnjak sudjeluje s  $220 \text{ m}^3$  i 87 stabala te obični grab s  $143 \text{ m}^3$  i 292 stabla. Na plohi OII u drvnoj zalih od

---

\* U osnovama gospodarenja podaci se daju za odsjeke. Kako su odsjeci s kulturama heterogeni – mjestimice su sađeni duglazija, ariš i obični bor, a različito je i učešće autohtonih vrsta – takve podatke ne držimo referenima pa ih ovdje niti ne iskazujemo.

Tablica 1. Osnovni podaci za objekte istraživanja.  
*Table 1 Basic data for research sites*

Oznaka lokaliteta	TI	OI	TII	OII	TIII	OIII
Gosp. jedinica		Novakuša - Šikava			Bukovac	
Šumski predjel	Grabik	Grabik	Novakuša	Novakuša	Rastik	Vrh Habjanovac
Uređajni razred	Smreka	Hrast lužnjak	Smreka	Bukva	Smreka	Bukva
Odjel, odsjek	14 c	18 a	31 d	31 b	14 e	14 a
Ekspozicija	Ravno	Razne	Razne	S	S	S
Inklinacija	0-0°	0-6°	0-3°	0-5°	0-0°	0-6°
Obrast	0,86	0,81	0,9	0,97	0,8	0,87
Ophodnja	80 god	140 god	80 god	100 god	80 god	100 god
Starost	40 god	91 god	38	91 god	36 god	110 god
Sklop	Progala	Potpun	Potpun	Potpun	Potpun	Potpun
Nadmorska visina	145-145 m	135-135 m	120-130 m	135-145 m	135-145 m	120-140 m



Slika 1. Prirodna sastojina (uređajni razred bukve) na lokalitetu OIII  
*Figure 1 Natural stand (management class of beech) in the locality OIII*

Tablica 2. Podaci o tlu na istraživanim ploham  
Table 2 Soil data in the studied plots

Lokacija	Profil	Horizonti	Dubina	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (0,1M-CaCl <sub>2</sub> )	N (gkg <sup>-1</sup> )	C <sub>org</sub> (gkg <sup>-1</sup> )	C/N	Granulometrijski sastav			Teksturina oznaka	Taksonomska pripadnost
									2,0-0,2 mm	0,2-0,02 mm	>0,002 mm		
TI	P12/05	Aoh	0-2	3,97	3,45	4	76,3	19,08	1,5	36,7	32,8	28,8	Luvisol na lesu, tipični
		E	15-22	4,5	3,4	0,5	7,8	15,6	0,2	36,7	43,9	19,2	
		Bt	37-50	5,2	3,8	0,2	2,6	13	0,5	30,1	39,1	29,4	
		Cg	85-105	5,3	3,8	-	-	-	0	35,6	42,9	21,5	
OI	P13/05	Aoh	0-1-2	4,8	3,4	5,8	87	15	5,5	32,3	34,4	27,8	Luvisol na lesu, površinski pseudoooglejen
		Bg	16-30	4,5	3,1	0,5	10,1	20,2	0,5	47,6	33,9	24	
		Btg	57-70	5,5	3,9	0,1	1,4	14	0,2	34,4	34,3	31,1	
		C	105-120	5,6	4,1	-	-	-	0	41,3	30,8	27,9	
TII	P14/05	Aoh	0-1-2	3,73	3,13	2,9	49,7	17,14	0,6	32,5	46,1	20,8	Luvisol na lesu, pseudoooglejen
		E	10-30	4,61	3,65	0,1	6	60	0,1	35	47,2	17,7	
		Bt	40-70	5,09	3,8	0,6	2,2	3,67	0,2	34	42,4	23,4	
		Bg	80-100	5,09	3,78	-	-	-	0,1	36,7	29,4	33,8	
OII	P15/05	C	120-140	5,43	4	-	-	-	0,2	39,6	32,1	28,1	Luvisol na lesu, pseudoooglejen
		Aoh	0-2	3,88	3,22	5	81,5	16,3	1,9	29,5	40,4	28,2	
		E	10-40	5,06	4,15	0,7	5,3	7,57	0,8	28,9	45,6	24,7	
		Bgl	70-90	4,91	3,75	0,4	2,3	5,75	0,6	38	37,3	31,3	
TIII	P16/05	BgII	100-120	5,08	3,77	-	-	-	0,8	28,5	35,6	35,1	Luvisol na lesu, pseudoooglejen
		Cg	135-150	5,4	3,9	-	-	-	0,1	40,5	29,5	35,4	
		Aoh	0-2-3	3,69	3,12	3,6	47,7	13,25	1,8	42,3	27,3	28,6	
		E	10-30	4,68	3,51	0,9	8	8,89	0,2	36,3	33,1	30,4	
OIII	P17/05	Btg	45-70	5,55	4,08	0,4	2,5	6,25	0,1	39,5	32,9	27,5	Luvisol na lesu, pseudoooglejen
		Cg	110-150	6,43	4,63	-	-	-	0,1	32,4	44,4	23,1	
		Aoh	0-3	4,78	4,34	6,2	100,5	16,21	3	31,6	36,8	28,6	
		E	5-25	4,36	3,2	6,7	7,7	1,15	0,1	34,4	33,4	32,1	
		Btg	40-80	5,46	3,88	0,4	3,3	8,25	0,5	36	33,9	29,6	Luvisol na lesu, pseudoooglejen
		Cg	110-140	5,96	4,32	-	-	-	0,1	38,3	42,2	19,4	



Slika 2. Smrekova kultura na lokalitetu TI  
*Figure 2 spruce culture in the locality TI*

409 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> bukva sudjeluje s 328 m<sup>3</sup> i 146 stabala te obični grab s 71 m<sup>3</sup> i 145 stabala. Na plohi OIII u drvnoj zalihii od 450 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> obična bukva sudjeluje s 380 m<sup>3</sup> i 143 stabla, obični grab s 22 m<sup>3</sup> i 25 stabala te hrast lužnjak s 48 m<sup>3</sup> i 15 stabala.

Na svakoj plohi iskopan je pedološki profil gdje je uzorkovano tlo po horizontima radi standardne analize fiziografskih značajki.

Na svim plohama je ilimerizirano tlo (Tablica 2.) podjednakih fiziografskih značajki.

Za analizu utjecaja smrekovih kultura na tlo na svakoj su plohi uzeti uzorci listinca ispod drvene pločice dimenzija 25x25 cm i to u 5 ponavljanja (Slika 2.). Iz uzorka listinca isključen je krupni skelet (grane te plodovi smreke). Na istim točkama uzorkovano je i tlo do 5 cm dubine. Odabir točaka izvršene je metodom slučajnog odabira.

Laboratorijske analize obavljene su u pedološkom laboratoriju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te u Šumarskom institutu, Jastrebarsko.

1. Određivanje količine listinca – nakon sušenja na 55°C
2. Određivanje količine humusa – bikromatnom metodom po Tjurinu

3. Reakcija tla izmjerena je elektrometrijski, kombiniranom elektrodom, u suspenziji tla s vodom, odnosno u 0,01M CaCl<sub>2</sub> u odnosu 1:5.
4. Frakcije humusa izdvojene su smjesom Na-pirofosfata i Na-hidroksida te taloženjem sulfatnom kiselinom.

Podaci dobiveni laboratorijskim analizama, izmjerom na terenu i računskim putem, za pojedine lokalitete redom su prikazani u tablicama i grafikonima, za što su korišteni programi MS Office-a 2003, dok je za statističku analizu korišten program Statistica 7.1.

## REZULTATI

### RESULTS

Iz podataka dobivenih analizom utvrđena je značajno veća akumulacija listinca u kulturama smreke od akumulacije listinca u prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba.\* Najveća masa listinca nalazi se u kulturi smreke na plohi TIII i iznosi 31158,4 kg/ha, dok je najmanja masa listinca u prirodnoj sastojini na plohi OI i iznosi 9539,2 kg/ha. U prosjeku je masa listinca u kulturama smreke 2 do 3 puta veća od one u prirodnim sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba. Ako se promatraju prosječne vrijednosti (aritmetičke sredine), količina listinca u prirodnim sastojinama kreće se od 9539,2 do 10604,8 kg/ha, dok za kulture smreke iznosi od 17593,6 do 31158,4 kg/ha. Sam raspon količine listinca izrazito je varijabilan i znatno je veći kod kultura smreke (Slika 3., Tablica 3.).



Slika 3. Prikaz uzorkovanja listinca  
*Figure 3 Leaf litter sampling*

U površinskom sloju tla do 5 cm dubine kulture smreke imaju nižu pH vrijednost od prirodnih sastojina. Na lokalitetima I i III, između ploha TI-OI i TIII-OIII ta je razlika i statistički značajna. Aritmetičke sredine pH vrijednosti mjerene u suspenziji s vodom u kulturama smreke kreću se u rasponu o 4,03-4,21 dok su u prirodnim sastojinama u rasponu od 4,37-4,66, (Tablica 3 i 4).

Od ostalih mjenjenih parametara značajne razlike pokazale su se između kultura smreke i prirodnih sastojina na lokalitetu II. Tu je značajno više huminskih kiselina nego u površinskih 5 cm tla prirodnih sastojina.

\* Treba imati u vidu da je kod uzorkovanja isključen krupni organski skelet (grane i češeri smreke).

Tablica 3. Deskriptivna statistika za pedokemijske parametre u površinskih 5 cm tla  
 Table 3 Descriptive statistics for pedochemical parameters in the surface 5 cm soil

Ploha	Varijabla	Mjerna jedinica	N	Aritm. sredina	Medijan	Min.	Maks.	Std. dev.	Std. pogreška
TI	količina listinca	kg ha <sup>-1</sup>	5	17593,60	18176,00	9584,00	24160,00	6747,38	3017,52
	pH (H <sub>2</sub> O)	-	5	4,21	4,15	4,01	4,40	0,18	0,08
	pH (0,1 M CaCl <sub>2</sub> )	-	5	3,57	3,57	3,42	3,70	0,13	0,06
	C org.	kg <sup>-1</sup>	5	52,50	46,80	39,60	73,19	13,66	6,11
	N tot.	g kg <sup>-1</sup>	5	3,54	3,20	2,91	4,61	0,76	0,34
	C:N		5	14,74	14,63	13,58	15,87	0,83	0,37
	Huminske kis. (Ch)	k <sup>-1</sup>	5	8,82	7,95	6,15	14,85	3,47	1,55
	I=ulvo kis. (Cf)	g kg <sup>-1</sup>	5	11,94	10,71	10,62	14,85	1,89	0,84
	C u ostatku tla	k <sup>-1</sup>	5	31,74	27,84	16,80	45,47	11,92	5,33
	Ch/Cf		5	0,74	0,65	0,54	1,15	0,25	0,11
TII	količina listinca	k ha <sup>-1</sup>	5	25059,20	25520,00	14240,00	42576,00	11101,07	4964,55
	pH (H <sub>2</sub> O)	-	5	4,10	4,10	3,80	4,29	0,19	0,09
	pH (0,1 M CaCl <sub>2</sub> )	-	5	3,49	3,52	3,29	3,66	0,15	0,07
	C org.	k <sup>-1</sup>	5	50,58	49,20	39,60	64,49	9,61	4,30
	N tot.	g kg <sup>-1</sup>	5	3,65	3,48	3,06	4,75	0,67	0,30
	C:N		5	13,96	14,13	11,55	17,13	2,17	0,97
	Huminske kis. (Ch)	k <sup>-1</sup>	5	11,55	13,50	7,80	14,40	3,37	1,51
	Fulvo kis. (Cf)	g kg <sup>-1</sup>	5	13,79	11,40	10,14	18,72	4,28	1,91
	C u ostatku tla	k <sup>-1</sup>	5	25,23	25,50	16,08	32,21	6,81	3,05
	Ch/Cf		5	0,86	0,77	0,68	1,33	0,26	0,12
TIII	količina listinca	k ha <sup>-1</sup>	5	31158,40	26704,00	14752,00	64560,00	20153,80	9013,06
	pH (H <sub>2</sub> O)	-	5	4,03	4,03	3,89	4,20	0,13	0,06
	pH (0,1 M CaCl <sub>2</sub> )	-	5	3,42	3,40	3,31	3,52	0,09	0,04
	C org.	k <sup>-1</sup>	5	42,60	37,50	33,00	57,90	11,46	5,13
	N tot.	g kg <sup>-1</sup>	5	3,14	2,91	1,92	4,47	0,96	0,43
	C:N		5	13,82	12,95	11,90	17,15	2,04	0,91
	Huminske kis. (Ch)	k <sup>-1</sup>	5	9,36	8,40	5,40	15,45	4,34	1,94
	Fulvo kis. (Cf)	g kg <sup>-1</sup>	5	12,38	12,84	9,12	14,76	2,09	0,94
	C u ostatku tla	k <sup>-1</sup>	5	20,86	18,48	14,16	30,54	6,73	3,01
	Ch/Cf		5	0,75	0,65	0,42	1,30	0,34	0,15
OI	količina listinca	k ha <sup>-1</sup>	5	9539,20	10048,00	5904,00	13344,00	2736,90	1223,98
	pH (H <sub>2</sub> O)	-	5	4,66	4,63	4,46	4,82	0,14	0,06
	pH (0,1 M CaCl <sub>2</sub> )	-	5	4,10	4,04	3,75	4,46	0,27	0,12
	C org.	k <sup>-1</sup>	5	39,84	45,90	28,20	47,40	9,72	4,34
	N tot.	g kg <sup>-1</sup>	5	3,48	3,62	3,06	3,76	0,28	0,13
	C:N		5	11,33	12,59	9,07	13,08	2,00	0,89
	Huminske kis. (Ch)	k <sup>-1</sup>	5	6,30	6,45	2,85	9,60	2,61	1,17
	I ulvo kis. (Cf)	g kg <sup>-1</sup>	5	8,63	8,28	5,16	13,11	3,00	1,34
	C u ostatku tla	k <sup>-1</sup>	5	24,91	26,34	15,72	34,44	8,24	3,69
	Ch/Cf		5	0,85	0,58	0,30	1,51	0,55	0,25
OII	količina listinca	k ha <sup>-1</sup>	5	9705,60	6480,00	5760,00	17760,00	5265,56	2354,83
	pH (H <sub>2</sub> O)	-	5	4,37	4,40	4,11	4,75	0,26	0,11
	pH (0,1 M CaCl <sub>2</sub> )	-	5	3,68	3,70	3,40	3,99	0,23	0,10
	C org.	k <sup>-1</sup>	5	43,50	37,50	32,10	66,89	14,37	6,43
	N tot.	g kg <sup>-1</sup>	5	3,48	3,62	2,77	4,05	0,50	0,22
	C:N		5	12,31	11,57	10,35	16,53	2,53	1,13
	Huminske kis. (Ch)	k <sup>-1</sup>	5	6,21	5,85	3,30	8,25	1,96	0,88
	hulvo kis. (Cf)	g kg <sup>-1</sup>	5	9,44	8,82	6,99	14,16	2,81	1,26
	C u ostatku tla	k <sup>-1</sup>	5	27,85	24,66	19,98	44,93	10,34	4,63
	Ch/Cf		5	0,68	0,76	0,37	0,87	0,21	0,10
OIII	količina listinca	k ha t	5	10604,80	10192,00	8768,00	13744,00	1859,25	831,48
	pH (H <sub>2</sub> O)	-	5	4,46	4,54	4,11	4,58	0,20	0,09
	pH (0,1 M CaCl <sub>2</sub> )	-	5	3,77	3,79	3,50	3,90	0,16	0,07
	C org.	k <sup>-1</sup>	5	45,24	45,30	27,30	68,69	15,06	6,73
	N tot.	k <sup>-1</sup>	5	3,56	3,48	2,91	4,47	0,69	0,31
	C:N		5	12,68	11,29	9,37	16,97	3,41	1,53
	Huminske kis. (Ch)	k <sup>-1</sup>	5	6,72	7,80	3,75	8,85	2,13	0,95
	Fulvo kis. (Cf)	g kg <sup>-1</sup>	5	10,42	11,76	3,99	15,81	4,57	2,04
	C u ostatku tla	k <sup>-1</sup>	5	28,10	25,74	14,46	44,93	11,77	5,26
	Ch/Cf		5	0,86	0,50	0,42	2,22	0,77	0,34



Tablica 4. t-test i Mann-Whitney U test pedokemijskih parametara u površinskih 5 cm tla. Testirane su razlike između kultura smreke i prirodnih sastojina (TI - OI, TII - OII i TIII - OIII)

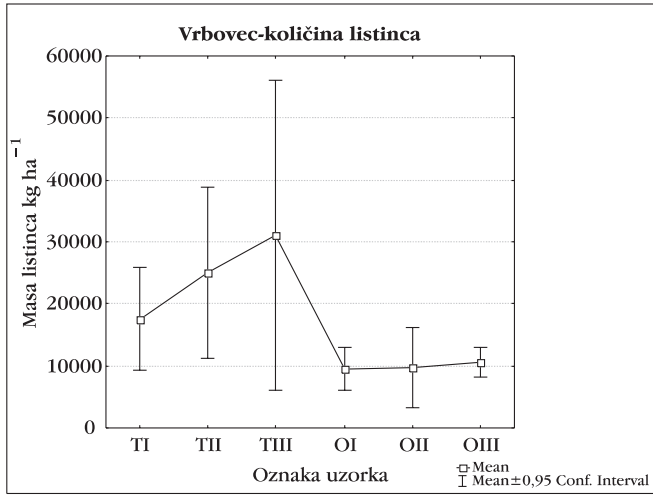
Table 4 T-test and Mann-Whitney U test of pedochemical parameters in the surface 5 cm soil. Differences were tested between spruce cultures and natural stands (TI - OI, TII - OII and TIII - OIII)

Varijabla	t-vrijednost	Stupnjevi slobode	p	F varijance	P varijance	U	Z	p
Usporedba pedoloških parametara za plohe TI i OI								
količina listinca	-247348	8	0,038501	6,077891	0,108488	4,000000	-1,77559	0,075801
pH (H2O)	4,45468	8	0,002126	1,590676	0,663925	0,000000	2,61116	0,009024
pH (0,1 M CaCl2)	4,04776	8	0,003696	4,415047	0,179428	0,000000	2,61116	0,009024
C org.	-1,68867	8	0,129759	1,976590	0,525523	8,000000	-0,94288	0,345743
N tot.	-0,15449	8	0,881051	7,379847	0,078646	11,000000	0,31526	0,752567
C:N	-3,3053	8	0,007726	5,829674	0,116076	0,000000	-2,61116	0,009024
Huminske kis. (Ch)	-1,29638	8	0,230988	1,766722	0,594957	7,000000	-1,14891	0,250593
Fulvo kis. (Cf)	-2,08895	8	0,070132	2,527482	0,391063	4,000000	-1,77559	0,075801
C u ostatku tla	-1,05335	8	0,322951	2,092061	0,492254	9,000000	-0,73113	0,464703
Ch/Cf	0,42133	8	0,684604	5,033295	0,146619	11,500000	-0,20953	0,834035
Usporedba pedoloških parametara za plohe TII i OII								
količina listinca	-2,79424	8	0,023405	4,444674	0,177616	2,000000	-2,19338	0,028281
pH (H2O)	1,90554	8	0,093170	1,753129	0,599904	4,000000	1,77559	0,075801
pH (0,1 M CaCl2)	1,50787	8	0,170019	2,533674	0,389853	7,000000	1,14891	0,250593
C org.	-0,91576	8	0,386566	2,238069	0,454426	7,000000	-1,14891	0,250593
N tot.	-0,45378	8	0,662046	1,791924	0,585939	12,000000	-0,10509	0,916308
C:N	-1,10958	8	0,299418	1,355944	0,775099	7,000000	-1,14891	0,250593
Huminske kis. (Ch)	-3,06101	8	0,015559	2,948044	0,319935	2,500000	-2,10171	0,035580
Fulvo kis. (Cf)	-1,90200	8	0,093679	2,313076	0,436630	3,000000	-1,98449	0,047203
C u ostatku tla	0,47221	8	0,649389	2,304153	0,438693	12,000000	-0,10445	0,916815
Ch/Cf	-1,21300	8	0,260092	1,545615	0,683420	10,000000	-0,52223	0,601509
Usporedba pedoloških parametara za plohe TIII i OIII								
količina listinca	-2,27078	8	0,052826	1,174999	0,000425	0,00	-2,61116	0,009024
pH (H2O)	4,10518	8	0,003413	2,331364	0,432447	1,000000	2,40227	0,016294
pH (0,1 M CaCl2)	4,26938	8	0,002726	3,359580	0,267415	1,500000	2,30482	0,021177
C org.	0,31170	8	0,763241	1,726548	0,609753	11,000000	0,31429	0,753298
N tot.	0,80528	8	0,443931	1,915833	0,544358	8,500000	0,84853	0,396145
C:N	-0,64137	8	0,539220	2,799509	0,342695	8,000000	-0,94002	0,347208
Huminske kis. (Ch)	-1,22181	8	0,256557	4,131058	0,198286	7,000000	-1,14891	0,250593
Fulvo kis. (Cf)	-0,87562	8	0,406759	4,755871	0,160128	8,000000	-0,94002	0,347208
C u ostatku tla	1,19521	8	0,266231	3,055494	0,304838	7,000000	1,14891	0,250593
Ch/Cf	0,27224	8	0,792335	5,231999	0,137962	10,500000	-0,41906	0,675174

## RASPRAVA

### DISCUSSION

Kontrolne plohe (zajednica *Carpino betuli-Quercetum roboris*) imaju znatno manju količinu nakupljenog listinca od kultura smreke. Vrijednosti kod kontrolnih ploha kreću se u rasponu od 9539 do 10604 kg./ha, dok kulture smreke imaju veće vrijednosti količine nakupljenog listinca koje se kreću od 17593 do 31158 kg/ha. U istraživanjima Martinovića (2003) ovi podaci su nešto veći. To se može



Slika 3. Odnos količine listinca na istraživanim plohama  
*Figure 3 Relationship of leaf litter quantities in the studied plots*

pripisati činjenici da smo kod uzorkovanja izostavili krupni drvenasti skelet i češere smreke te drugim čimbenicima (klima, supstrat, starost sastojine itd.).

Klimo (1992) je u istraživanju utjecaja smrekovih monokultura na tlo u području prirodnog rasprostranjenja bukovih šuma u Češkoj dobio daleko veće vrijednosti za akumulaciju organske tvari na tlu ( $50 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), što bi se moglo povezati s izraženijom humidnošću klime.

Veća količina listinca u kulturama smreke može se protumačiti time što se listinac smreke i općenito četinjača sporije razgrađuje od listača. Za razliku od prirodnih sastojina u kulturama smreke utvrđena je veća varijabilnost u količini nakupljenog listinca. Razlog sprijeg razlaganja listinca u kulturama smreke je i u nepovoljnijem odnosu C/N. U kulturama smreke uvrđen je veći C/N odnos iako razlike nisu statistički značajne. Svim mikroorganizmima koji razlažu listinac za izgradnju svojih stanica neophodan je dušik. Što je veći C/N odnos manja je brojnost mikroorganizama koji sudjeluju u razlaganju listinca. Na brzinu razlaganja listinca nepovoljno utječe i prisustvo smole te veće učešće lignina (Fisher i Binkley 2000).

Nema sumnje, ova istraživanja upućuju na drastične razlike u edafskim uvjetima u površinskom dijelu tla između smrekovih kultura i prirodnih sastojina hrasta lužnjaka (i hrasta lužnjaka s bukvom – uređajni razred bukve). Ove razlike još više dolaze do izražaja kod pH vrijednosti. Kako se radi o logaritamskoj vrijednosti može se uočiti da je koncentracija slobodnog vodikova iona u otopini površinskog dijela tla smrekovih kultura 2,2 – 2,9 puta veća nego kod prirodnih sastojina. Treba istaknuti da se kod prirodnih sastojina u površinskom dijelu tla radi o kiselom do jako kiselom tlu dok kod smrekovih kultura o jako kiselom tlu.

Bilo bi zanimljivo istražiti razlike u sadržaju mineralnih tvari u površinskom mineralnom dijelu tla. Istraživanja Vavričeka i dr. (2006) upućuju na povezanost između pH vrijednosti, značajki humusnih supstanci (grupni sastav humusa) i koncentracije pristupačnog magnezija.

U sva tri tretmana (smrekove kulture) pojavljuje se mor forma humusa i to hemimor (Baritz 2003; Brethes i dr. 1998; Green i dr. 1993; Zanella i dr. 2001). Razlike u formi humusa usko su povezane s razlikama u mobilnosti organskih tvari u tlu (McDowell 2003). U ovom istraživanju mi smo se zadržali na testiranju peptizacije i koagulacije organske tvari tla, što upućuje na njenu mobilnost. Mjereni parametri pokazali su vrlo visoki stupanj varijabilnosti i u ovom slučaju nisu interpretabilni. No valja uočiti indikatorsku vrijednost odnosa huminskih i fulvo kiselina u površinskom dijelu tla. Kod lokaliteta I i III ova vrijednost je uža u smrekovim kulturama, što upućuje na veće prisustvo mobilnijih organskih kiselina i lošiju kvalitetu humusa.

## ZAKLJUČCI

### CONCLUSIONS

Cilj ovog istraživanja bio je analizirati utjecaj smrekovih kultura na tlo u odnosu na prirodne sastojine u području rasprostranjenja zajednice hrasta lužnjaka i običnog graba.

Na pokusnim lokacijama istražena je opća fiziografija tla, razlike u količini listinca, pH vrijednosti, količini dušika te količini i kakvoći humusa u površinskom dijelu tla.

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti:

Utvrđena je statistički značajna razlika u količini nakupljenog listinca između kultura smreke i prirodnih sastojina. Količna listinca u prosjeku je 2-3 puta veća u kulturama smreke. Raspon količine listinca u kulturama smreke kreće se od 17593,6 do 31158,4 kg/ha, dok je količina listinca u prirodnim sastojinama manje varijabilna i kreće se od 9539,2 do 10604,8 kg/ha;

Kulture smreke imaju nižu pH vrijednost u površinskom sloju tla do 5 cm dubine. Utvrđena pH vrijednost tla u vodi u kulturama smreke kreće se od 4,03 do 4,21, dok je u prirodnim sastojinama u rasponu od 4,37 do 4,65. Kad se radi o relativno niskim pH vrijednostima, kao što je u ovom slučaju, ovaj rezultat upućuje na degradacijski aspekt u sveukupnom utjecaju smrekovih kultura na tlo;

U površinskom sloju tla do 5 cm dubine općenito se može reći da je u kulturama smreke veća količina organskog ugljika, a odnos C/N nešto nepovoljniji;

Rezultati upućuju na veće učešće huminskih kiselina u smrekovim sastojinama, što kolidira s odnosom huminskih i fulvo kiselina pa bi ovu pojavu, zbog visoke varijabilnosti, valjalo istražiti na većem uzorku.

## LITERATURA

### REFERENCES

- Bergmann, W. 1988. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Baritz, R. 2003. Humus forms in forests of the Northern German Lowlands. Geologisches Jahrbuch : Sonderhefte : Reihe F, Bodenkunde ; H.SF 3. Stuttgart.

- Brêthes, A., Brun, J.J., Jabiol, B., Ponge, J. F., Toutain, F. 1998. Types of humus forms in temperate forests. In: A sound reference base for soils, Baize D. (Ed.) Versailles: AFES, INRA. 265-282.
- Cole, D. W., Rapp, M. 1981. Elemental cycling in forest ecosystems. In: Reichle, D. E. (Ed.). *Dynamic properties of Forest Ecosystems*. Cambridge: Cambridge University Press. 341-410.
- Fisher, F. F., Binkley, D. 2000. *Ekology and management of forest soil*. New York: Wiley . 489.
- France, E. A., Binkley, D., Valentine, D. W. 1990. Soil chemistry changes after 27 years under four tree species in southern Ontario. *Can J For Res* 19: 1648-1650.
- Green, R.N., Klinka, K., Trowbridge, R.L. 1993. Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science Monograph* 29: 1-49.
- Harris, M. M., Safford, L.O. 1996. Effects of season and four tree species on soluble carbon content in fresh and decomposing litter of temperate forests. *Soil Science* 161(2): 130-135.
- Johnson, D. W., Song, T., Kvindesland, S. 2000. The nutrient cycling model: lesson learned. *For. Ecol. Manage.* 138(1-3) : 91-106.
- Klimo, E. 1992. The spruce forest ecosystems in Czechoslovakia. In: Teller et al. (eds.): *Responses of forest ecosystems to environmental changes*. Elsevier applied science: 503-511.
- Klimo, E. 2000. Stress factors in the ecosystems of norway spruce monocultures, induced by changed soil properties and nutrient cycling. *Ekologia (Bratislava)* 19, Suppl. 1: 113-129.
- Klinka, K., Wang, Q., Carter, R.E. 1990. Relationships among humus forms, forest floor nutrient properties, and understory vegetation. *Forest science* 36(3): 564-581.
- Koegel, I., Hempfling, R., Zech, W., Hatcher, P.G., Schulten, H.-R. 1988. Chemical composition of the organic matter in forest soils: 1. Forest litter. *Soil science* 146(2): 124-136.
- Koegel-Knabner, I. 2007. *Waldstreu*. In: Blume et al. (Ed.). *Handbuch der Bodenkunde*. Ecomed. Hannover and Stuttgart: Kiel, Giessen. 16.
- Martinović, J. 2003. *Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj*. Zagreb: Šumarski institut Jastrebarsko, Hrvatske šume. 521.
- McDovell, W.H. 2003. Dissolved organic matter in soils – future directions and unanswered questions. *Geoderma* 113: 179-186.
- Oršanić, M., Vukelić, J., Pernar, N. 1998. Common spruce monocultures in the hilly region of Pannonian Croatia. *International workshop: spruce monocultures in central Europe – problems and prospects*, Brno, 22-25 lipnja 1998.
- Rodin, L. E., Bazilevič, N. I., 1965. *Dinamika organskog vešestva i biologičkog krugovora u osnovnih tipah rastičnosti*. Moskva. 252.
- Tamm, C.O. 1995. Towards an understanding of the relations between tree nutrition, nutrient cycling and environment. *Plant and Soil* 168-169: 21-27.
- Tesař, V., Klimo, E., Kraus, M., Souček, J. 2004. *Dlouhodobá přestavba jehličnatého lesa na Hetrlně*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 60 p.
- Vavriček, D., Šimkova, P., Vranova, V. 2006. The relations between selected physical-chemical and chemical properties of forest humus forms and top-soil of different soil types of the national natural reserve Knehyne. *Beskydy* 19: 43-48.
- Waring, R.H., Schlesinger, W.H. 1985. *Nutrient cycling through forests*. In: *Forest Ecosystems. Concepts and Management*. Orlando, FL: Academic Press. 121-156.
- Zanella, A., Tomasi, M., De Siena, C., Frizzera, L., Jabiol, B., Nicolini, G. 2001. *Humus Forestali. Manuale di ecologia per il riconoscimento e l'interpretazione*. Applicazione alle fagete. Trento: Centro di Ecologia Alpina. 321.

## THE IMPACT OF COMMON SPRUCE CULTURES ON SOIL

### Summary

*Conifer cultures in Croatia are established primarily with the goal of ameliorating sites and preparing them for the achievement of ecologically stable forest stands. Research in central European countries in which conifer cultures, and especially those of common spruce, cover very large areas has revealed both positive and negative effects of such cultures on sites and soils in particular. We wanted to find out the type and the extent to which such effects on the soil can be measured in a spruce culture established within the pedunculate oak range.*

*In order to define changes in the pedosphere of conifer cultures in relation to adjacent natural stands, the soil was sampled at three locations in the area of Vrbovec Forest Office.*

*Three cultures of common spruce aged 36 to 40 years were selected in the area of natural stands of pedunculate oak in central Croatia (community *Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969, subass. *typicum* and *faetosum*). Three plots were chosen in each of the cultures to represent treatments, in relation to three plots chosen in natural stands in the immediate proximity of the treatments. The soil in all the six plots is luvisol on loess, typical or pseudogleyic, with acid to very acid reaction in the A horizon and in the surface 5 cm soil.*

*Leaf litter and the surface mineral part of the soil up to 5 cm depth were used to analyze differences among the investigated plots.*

*The quantity of leaf litter was shown to be on average 2 to 3 times higher in spruce cultures.*

*The pH value of the surface mineral soil was considerably lower in spruce cultures. The investigated soil layer in spruce stands contained more humic acids than the soil of natural stands. Of other parameters, although no significant differences could be detected, those in the organic carbon content, the C/N ratio and the humic and fulvic acids deserve special mention since they indicate poorer quality of organic matter in the surface mineral part of the soil.*

**Key words:** *spruce cultures, impact on soil, leaf litter*

