

Utjecaj kulture obične smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) na tlo na području Ravne Gore

Baneković, Matej

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:389636>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-05**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

ŠUMARSTVO

MATEJ BANEKOVIĆ

**UTJECAJ KULTURE OBIČNE SMREKE (*Picea abies* (L.) Karst.) NA
TLO NA PODRUČJU RAVNE GORE**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN, 2018.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Predmet:	Pedologija
Mentor:	doc.dr.sc. Ivan Perković
Student:	Matej Baneković
JMBAG:	0130276027
Akad. godina:	2017./2018.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 21.09.2018.
Sadržaj rada	Slika: 7 Tablica: 2 Navoda literature: 32
Sažetak:	<p>Cilj ovog istraživanja je na temelju kvantitativnih pedofiziografskih pokazatelja tla determinirati promjene u tlu koje se pripisuju utjecaju smrekovih kultura. Istraživanja su provedena na području Ravne gore u blizini mjesta Žarovnica (šumarija Ivanec) gdje su se kulture smreke značajno podizale u drugoj polovici 20. stoljeća. Na lokalitetu u smrekovoj kulturi je otvoren pedološki profil radi određivanja endomorfoloških parametara tla, dok su u smrekovoj kulturi i prirodnoj sastojini u neposrednoj blizini uzeti kompozitni uzorci tla iz dvije dubine (od 0 do 10; 10 do 20 cm) i šumska prostirka za analizu razlika između istraživanih ploha. Utvrđena je statistički značajno veća akumulacija šumske prostirke u kulturi smreke u usporedbi s prirodnom sastojinom bukve, dok je niža pH vrijednost tla u prirodnoj sastojini. Pokazalo se da prirodna sastojina ima povoljniji C/N odnos, ali i da su veće zalihe ugljika i dušika u kulturi smreke. Veći udjeli biodostupnih zaliha fosfora, kalcija, sumpora, željeza, bakra i natrija utvrđeni su u kulturi smreke u odnosu na prirodnu sastojinu, dok je obrnuto za kalij, magnezij, mangan i cink. Glavni doprinos</p>

	<p>ovog istraživanja je stjecanje uvida u melioracijski učinak kultura smreke što u konačnici može predstavljati pouzdan oslonac u donošenju odgovarajućih odluka pri planiranju specifičnih zahvata u šumskim ekosustavima.</p>
--	--

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

Matej Baneković

U Zagrebu, 21.09.2018.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJ RADA	3
3. MATERIJAL I METODE	4
3.1 Područje istraživanja	4
3.2 Šumske zajednice	4
3.3 Tip tla	6
3.4 Uzorkovanje tla	7
3.5 Laboratorijska istraživanja	7
4. REZULTATI I RASPRAVA	8
4.1 Šumska prostirka	8
4.2 Svojstva tla	9
5. ZAKLJUČAK	15
6. LITERATURA	16

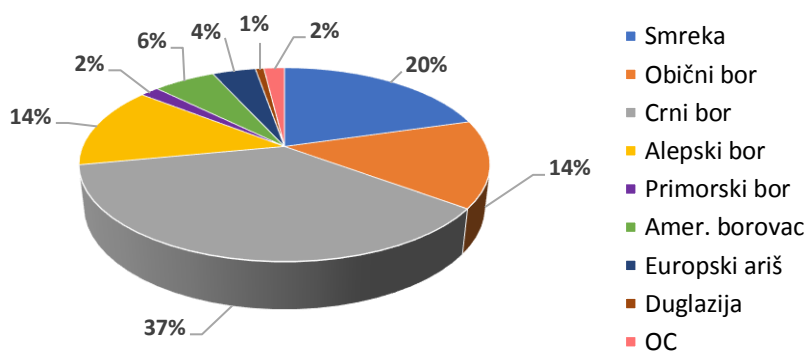
1. UVOD

Prve šumske kulture u kontinentalnom dijelu Hrvatske su osnovane početkom 19. stoljeća (Matić et al, 1992). Veći radovi na pošumljavanju krša, te malo kasnije i kontinentalnog dijela, provode se u drugoj polovici 19. stoljeća, dok u razdoblju između dva svjetska rata stagnira rad na osnivanju šumskih kultura.

Tijekom 60-tih godina 20. stoljeća započinje planski i organizirani rad na povećanju udjela četinjača u šumskom fondu kontinentalnog dijela Hrvatske. Osnovni razlozi za podizanje kultura četinjača na većim površinama su bili: privođenje slobodnih šumskih i izvanšumskih površina šumskoj proizvodnji, proizvodnja celuloznog drva, povećanje proizvodnje i promjena strukture šumskog fonda, koja se očituje u pošumljavanju vriština i bujadara, te meliorativni zahvati u degradiranim šumama (Perić et al, 2006). Taj pokret je nastavak velikog zamaha sadnje monokultura četinjača u srednjoj Europi još od 19. stoljeća (Austrija, Njemačka, Češka, Slovačka, Poljska), kojem je uzrok visoka produktivnost sastojina četinjača, a tek onda njihova pionirska i meliorativna uloga na područjima gdje duže vrijeme nije bilo šume.

Kod osnivanja kultura diljem Hrvatske, osim obične smreke, koristili su se obični bor, crni bor, alepski bor, brucijski bor, primorski bor te europski i japanski ariš, zelena duglazija, američki borovac, Lawsonov pačempres, pinija, cedrovi i čempres (Matić et al, 1992).

Šumske Kulture u Republici Hrvatskoj danas zauzimaju površinu od 73 312 ha od čega je 54 148 ha kultura četinjača. Kulture smreke (unutar gospodarskih šuma, šuma posebne namjene i zaštitnih šuma) zastupljene su sa 11 116 ha (Hrvatske šume d.o.o., Zagreb, 2016).



Slika 1. Udio koji zauzimaju pojedine vrste unutar površine kultura četinjača (54 148 ha) na čitavom teritoriju Republike Hrvatske

Obična smreka (*Picea abies* Karst.) se rasprostire u sjevernoj Europi i planinskim predjelima srednje i južne Europe (Franjić & Škvorc, 2010). U Hrvatskoj je ona autohtona vrsta i prirodno pridolazi u planinskim predjelima, iznad pojasa bukve ili u zajednicama bukve i jele. Traži hladniju i vlažniju klimu te svježja, kisela, rahla i humozna tla. Ima plitak korijen pa je podložna vjetroizvalama. Njezina biološka svojstava i ekološki zahtjevi ubrajaju je u pionirske i prijelazne vrste drveća. Kako je umjetno i prirodno osvajala sve veća staništa u srednjoj Europi, a tako i u Hrvatskoj, našla se izvan svog prirodnog areala u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Zbog toga je, osobito u monokulturama, posebno osjetljiva na štetnike, bolesti i stanišne promjene te se preporuča miješanje s drugim pionirskim i prijelaznim vrstama (Matić, 2011).

Istraživanja su pokazala da kulture smreke nepovoljno utječu na šumsko tlo u odnosu na prirodne sastojine u njihovom okruženju (Klimo & Khulavý, 2006; Perković et al, 2007; Kontriš et al, 2011). Taj negativan utjecaj se, između ostalog, očituje u zakiseljavanju površinskih slojeva šumskog tla, C/N odnos je nepovoljniji u smrekovim kulturama i veći je udjel mor (sirovog) humusa koji ima nepovoljna kemijska svojstva, odnosno humificirana organska tvar je tek manjim dijelom inkorporirana u organomineralni kompleks (Pernar, 2017). Nagomilavanje organske tvari i sporija razgradnja listinca unutar smrekovih sastojina u odnosu na sastojine klimatogenih listača na određenom području (bukva, hrast) je također dokazana (Perković et al, 2007; Fabianek et al, 2009; Berger & Berger, 2012).

Utjecaj kultura obične smreke na tlo je pozitivan ako uspoređujemo obilježja tla staništa u monokulturama s obilježjima tla koje duže vrijeme nije bilo pod šumom, ali već u drugoj uzastopnoj ophodnji kulture obične smreke moguće je primijetiti navedene negativne utjecaje na tlo (Tijardović, 2015). Velike površine monokultura obične smreke u srednjoj Europi predstavljaju problem zbog masovnih sušenja koja uzrokuju abiotički i biotički činitelji. Posljedica je to sadnje smreke izvan njenog prirodnog areala, na njoj labilna staništa na kojima ona, u nepovoljnim stanišnim i drugim ekscesnim uvjetima, fiziološki slabi i propada (Matić, 2011). Udio kultura obične smreke u šumskom fondu Republike Hrvatske je relativno malen u odnosu na države poput Češke, Poljske, Slovačke, Austrije ili Njemačke. Iz tog razloga je problematika supstitucije i gospodarenja postojećim kulturama obične smreke u Republici Hrvatskoj manje zastupljena. Istraživanja koja se odnose na definiranje karakteristika tla ispod smrekovih monokultura i neposrednih prirodnih sastojina su pomoć pri donošenju odluka o budućem gospodarenju kulturama obične smreke.

2. CILJ RADA

Cilj ovog rada je da se na temelju kvantitativnih pedofizografskih pokazatelja tla (količina šumske prostirke, pH vrijednost tla u H₂O i 0,01 M CaCl₂, udjel C_{org}, udjel N_{tot}, C/N odnos te udjel makro i mikro hraniva – P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn i Na) odrediti utjecaj kulture smreke na tlo i usporediti s prirodnom sastojinom u njenoj neposrednoj blizini.

Na temelju ciljeva istraživanja postavljeni su sljedeći zadaci:

1. Opisati područje istraživanja na temelju postojeće dokumentacije;
2. Obaviti uzorkovanje tla (kompozitni uzorci tla iz dvije dubine (0 – 10 i 10 – 20 cm) i šumske prostirke);
3. Odrediti laboratorijske analize pedofizografskih pokazatelja tla (količina šumske prostirke, pH vrijednost tla u H₂O i 0,01 M CaCl₂, udjel C_{org}, udjel N_{tot}, C/N odnos te udjel makro i mikro hraniva – P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn i Na);
4. Dobivene rezultate statistički analizirati te ih interpretirati u skladu sa zadanim ciljevima;
5. Raspraviti dobivene rezultate te iznijeti relevantne zaključke.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Lokalitet na kojem se provodi istraživanje se nalazi na sjeverozapadnom dijelu teritorija Republike Hrvatske te spada pod GJ Ravna gora tj. Šumariju Ivanec. Kultura smreke ($46^{\circ}16'12.11$ N; $16^{\circ}02'12.02$ E) i sastojina bukve ($46^{\circ}16'49.18$ N; $16^{\circ}01'52.93$ E).



Slika 2. Područje istraživanja

3.2. Šumske zajednice

Kultura smreke (Slika 3.) u kojoj su uzeti uzorci je starosti 30 godina, zauzima površinu od 14,79 ha. Nalazi se na nadmorskoj visini 230 – 380 m, te nagibu od 10 – 35 %. Ekspozicija je zapad - jugozapad. Sklop je potpun, a obrast iznosi 0,95. Ophodnja joj je 80 godina. Sastojina je umjetno podignuta i uz smreku su posađeni ariš te duglazija. Osim četinjača pridolazi i autohtona vegetacija (bukva, obični grab, gorski javor, divlja trešnja, brekinja) u primjesama. (Obrazac O2, G. J. Ravna gora, 2015. - 2024. god.)

Prirodna sastojina u neposrednoj blizini kulture smreke spada u asocijaciju *Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae* Meusel 1937. (bukova šuma s bjelkastom bekicom). To su acidofilne šume koje su rasprostranjene u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske, na Zrinskoj i Petrovoj gori, na slavonskim gorama (Papuk, Pšunj, Krndija) i na manjim površinama u Lici. U sloju drveća prevladava bukva, a prate ju hrast kitnjak, rjeđe pitomi kesten i breza. Sloj grmlja je slabije razvijen, a najčešće vrste su *Vaccinium myrtillus*, *Chamaecytisus supinus*,

Genista tinctoria te na toplijim položajima *Sorbus torminalis* i *Fraxinus ornus*. U prizemnom rašću prevladavaju indikatori kiselosti kao što su *Luzula luzuloides*, *Hieracium murorum* i *H. racemosum*, *Pteridium aquilinum*, *Veronica officinalis*, *Melampyrum pratense* te mahovine *Polytrichum formosum* i *Dicranum scoparium*. Kao dijagnostičke vrste za ovu asocijaciju ističu se *Luzula luzuloides* (bjelkasta bekica) i *Polytrichum formosum* (Vukelić, 2012).



Slika 3. Kultura smreke (lijevo) i sastojina bukve (desno) na istraživanom području

3.3. Tip tla

U kulturi smreke, u pridanku padine, otvoren je pedološki profil tla. Prema klasifikaciji pripada tipu tla kalkokambisol povrh vapnenaca (sklop profila Aoh - Brz - R). Ovaj profil je koluvijalnog karaktera s krupnim odlomcima vapnenca na dubini od 30 cm. Debljina Aoh horizonta je od 0 do 5 cm, a Brz horizonta od 5 do 60 cm. Prema granulometrijskom sastavu tlo na lokalitetu se svrstava u praškasto glinovitu ilovaču. (Pernar et al, 2013 – *Teksturni trokut prilagođen prema FAO 2006*). U površinskom horizontu tlo je osrednje, a u kambičnom horizontu slabo kiselo. Prema Gračaninu i Ilijaniću (1977) tlo je slabo do vrlo slabo humozno i siromašno dušikom s povoljnim C/N odnosom (Slika 4., Tablica 1.).



Slika 4. Profil tla istraživanog područja

Horizont tla prema FAO	Debljina horizonta		pH					Granulometrijski sastav tla							Teksturna_oznaka
	Od	Do	H ₂ O	CaCl ₂	C org	N tot	C/N	K pijesak	S pijesak	K prah	S prah	Glina			
A	0	5	5,37	4,37	5,341	0,459	11,64	9,74	1,73	12,09	42,07	34,37	Praškasto glinovita ilovača		
B	5	60	6,13	5,03	1,340	0,152	8,80	8,57	1,70	13,88	41,60	34,25			
			Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn			
A			2179	1,28	176	183	164	68,0	67	16,8	32,1	2,68			
B			2181	0,95	79,4	47,7	117	49,2	93	0,68	31,2	0,36			

Tablica 1. Značajke profila tla istraživanog područja

3.4. Uzorkovanje tla

Na terenu su uzeti kompozitni uzorci tla u narušenom stanju i kompozitni uzorci šumske prostirke u kulturi smreke te u prirodnoj sastojini bukve koja se nalazi u neposrednoj blizini (pet uzoraka iz svakog sloja u kulturi smreke i sastojini bukve). Kompozitni uzorak šumske prostirke sastavljen je od tri pojedinačna uzorka sa površine 25x25 cm, pomoću kojeg se određuje masa prostirke po jedinici površine ($t\ ha^{-1}$ tj. $Mg\ ha^{-1}$). Kompozitni uzorci tla (pet poduzoraka u križnom rasporedu) su uzimani plastičnom sondom promjera 80 mm i to iz dva sloja (0 – 10 cm i 10 – 20 cm).

U kulturi smreke je otvoren pedološki profil kako bi se utvrdili endomorfološki parametri tla. Na terenu su određeni udjel skeleta po genetskim horizontima, debljine horizonata i ukupna dubina profila. Taj postupak se vršio u skladu s *Guidelines for soil description*, FAO 2006.

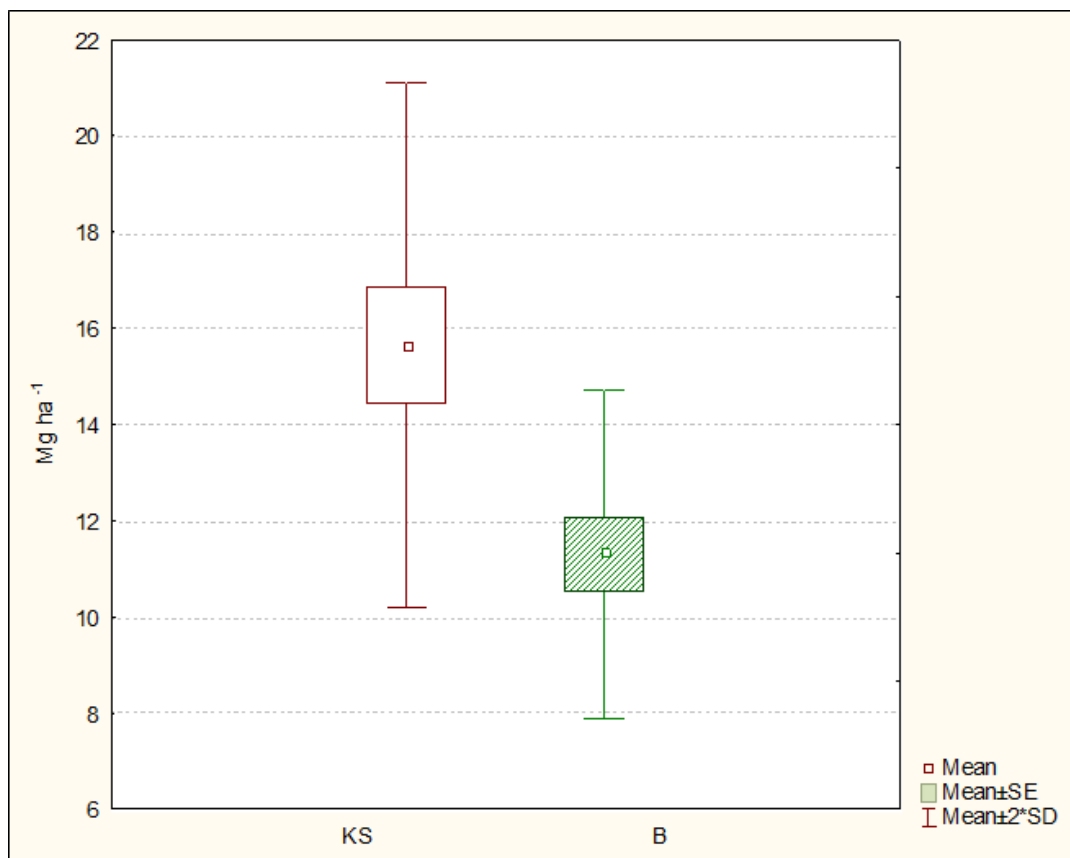
3.5. Laboratorijska istraživanja

Zrakosuhi uzorci tla zdrobljeni su u tarioniku i prosijani kroz sito promjera otvora 2 mm i 0,2 mm u skladu s ISO 11464, 1994. Na prikupljenim kompozitnim uzorcima izmjereni su sljedeći pedofizigrafski parametri: pH-vrijednost tla u H_2O i 0,01 M $CaCl_2$ (ISO 10390, 2005), udjel karbonata u tlu – volumetrijska metoda (ISO 10693, 1995), udjel C_{org} (ISO 10694, 1995), udjel N_{tot} (ISO 13878, 1995) i granulometrijski sastav tla (ISO 11277, 2009), dok je na uzorcima šumske prostirke određena masa i njena zaliha po jedinici površine (Pernar i dr., 2013). Određivanje udjela mobilnih makro i mikro elemenata: P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu i Na – ekstrakcija metodom Mehlich 3 (Mehlich, 1984) u priređenim uzorcima izvedeno je tehnikom atomske emisijske spektrometrije (ICP-AES) uz induktivno spregnutu plazmu.

Za sve analizirane varijable napravljena je detaljna deskriptivna statistička obrada. Razlike između kulture i prirodne sastojine testirane su t-testom ako je zadovoljen uvjet homogenosti varijance, odnosno neparametrijskim Mann-Whitney U testom ukoliko nije zadovoljen uvjet homogenosti varijance. Statističke analize obavljene su u paketu „Statistica 8.0“ (StatSoft, Inc, 2007).

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Šumska prostirka



Slika 5. Test akumulacije šumske prostirke. Testirane su razlike između kulture smreke (KS) i sastojine bukve (B)

Analizom dobivenih podataka utvrđena je veća akumulacija šumske prostirke (O_i , O_e i O_a – zajedno) u kulturama smreke u odnosu na sastojinu bukve. Prosječna masa šumske prostirke u kulturi smreke iznosi $15,66 \pm 2,72 \text{ Mg ha}^{-1}$ i ona je statistički veća ($p = 0,0162$) u odnosu na bukovu sastojinu gdje iznosi $11,30 \pm 1,70 \text{ Mg ha}^{-1}$. Razlog većoj akumulaciji organske tvari u smrekovim kulturama može biti sporija razgradnja organskog materijala (iglica) zbog većeg udjela teže razgradivih organskih spojeva. Prema Kubartová et al. (2009) brzina razgradnje organskih ostataka raste prema poretku: obični bor < smreka < duglazija < bukva. Klímo i Khulavý (2006) su u kulturama smreke unutar areala bukovih šuma u Češkoj utvrdili veće zalihe prostirke u odnosu na bukove sastojine – one su iznosile preko

50 Mg ha⁻¹, to bi se moglo pripisati većoj humidnosti klime istraživanog područja. Također Perković et al (2007) utvrđuje prosječno 2 do 3 puta veću akumulaciju šumske prostirke u sastojinama smreke u usporedbi sa sastojinama hrasta lužnjaka i običnog graba. Berger & Berger (2012) zaključuje da primaran razlog sporijeg razlaganja šumske prostirke u sastojinama obične smreke, u usporedbi sa mješovitim sastojinama smreke i bukve te čistim bukovim sastojinama, nije teža razgradivost smrekovih iglica već karakteristični okolišni uvjeti u čistim sastojinama obične smreke. Ističe da su mješovite sastojine smreke i bukve jednako uspješne kao i čiste bukove sastojine kada se želi riješiti problem nagomilavanja nerazgrađene organske tvari.

4.2. Svojstva tla

U površinskom sloju tla (0 – 10 cm) zabilježen je pH (H₂O) 4,85 ± 0,46 u kulturi smreke te 4,74 ± 0,07 u prirodnoj sastojini bukve. Za pH (CaCl₂) vrijednosti su: KS – 4,02 ± 0,46 i B – 3,93 ± 0,14 (Tablica 2.). Razlika između navedenih pH vrijednosti nije statistički značajna. S obzirom da je u istraživanjima (Klimo & Khulavý, 2006; Perković et al. 2007; Kontriš et al, 2011) dokazano da je tlo u smrekovim sastojinama prosječno kiselije od onog u bukovim ili hrastovim sastojinama mora se zaključiti da se radi o iznimnom slučaju za koji može biti zaslužno više uzroka. Jedan od mogućih uzroka je starost kulture smreke (30 godina), pa je hipoteza da tako mlada sastojina još nije stigla izvršiti drastičan utjecaj na tlo. Također, obje sastojine su na tlu koluvijalne prirode (u blizini jarka) što može utjecati na reakciju tla na određenim mjestima. Vukelić (2012) ističe kako se asocijacija *Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae* Meusel 1937. (bukova šuma s bjelkastom bekicom), kojoj pripada istraživana bukova sastojina, razvija na silikatima kao primarna zajednica, ali može biti i sekundarnog postanka kao rezultat zakiseljavaja profila povrh karbonatne podloge.

U sloju tla 10 – 20 cm je ponovno zabilježena niža pH (H₂O i CaCl₂) vrijednost u sastojini bukve bez statistički značajnih razlika (Tablica 2.).

0 - 10 cm										
	KS	B	t-value	df	p	F-ratio	p	U	Z	p-level
W ^w	6.73 ± 1.84	6.16 ± 0.56	0,661483	8	0,526892	10,89951	0,039999	11,00000	0,31334	0,754023
pH H ₂ O	4.85 ± 0.46	4.74 ± 0.07	0,538860	8	0,604650	43,35318	0,003004	11,00000	0,31334	0,754023
pH CaCl ₂	4.02 ± 0.46	3.93 ± 0.14	0,396284	8	0,702256	10,34843	0,043852	12,00000	0,10445	0,916815
Δ pH	0.84 ± 0.08	0.81 ± 0.11	0,424691	8	0,682253	2,03728	0,507643	11,00000	0,31334	0,754023
C _{org}	55.4 ± 9.3	26.8 ± 3.5	6,488731	8	0,000190	6,89594	0,088112	0,00000	2,61116	0,009024
N _{tot}	4.0 ± 0.7	2.3 ± 0.4	4,624798	8	0,001700	3,69015	0,233988	0,00000	2,61116	0,009024
C/N	13.85 ± 0.90	11.59 ± 0.61	4,636778	8	0,001673	2,16448	0,472939	0,00000	2,61116	0,009024
10 - 20 cm										
	KS	B	t-value	df	p	F-ratio	p	U	Z	p-level
W ^w	4.63 ± 1.53	3.95 ± 0.33	0,96874	8	0,361047	21,94890	0,011062	10,00000	0,52223	0,601509
pH H ₂ O	5.31 ± 0.61	4.92 ± 0.29	1,26656	8	0,240943	4,33674	0,184352	7,00000	1,14891	0,250593
pH CaCl ₂	4.41 ± 0.61	3.97 ± 0.16	1,55719	8	0,158039	13,92336	0,025738	5,00000	1,56670	0,117186
Δ pH	0.90 ± 0.15	0.95 ± 0.16	-0,58007	8	0,577835	1,17452	0,879872	10,00000	-0,52223	0,601509
C _{org}	18.6 ± 9.4	13.8 ± 1.5	1,13803	8	0,288042	38,60360	0,003761	10,00000	0,52223	0,601509
N _{tot}	1.7 ± 0.8	1.4 ± 0.2	0,73579	8	0,482871	13,59222	0,026891	11,00000	-0,31334	0,754023
C/N	11.07 ± 0.72	9.82 ± 0.45	3,29587	8	0,010926	2,63996	0,369912	1,00000	2,40227	0,016294

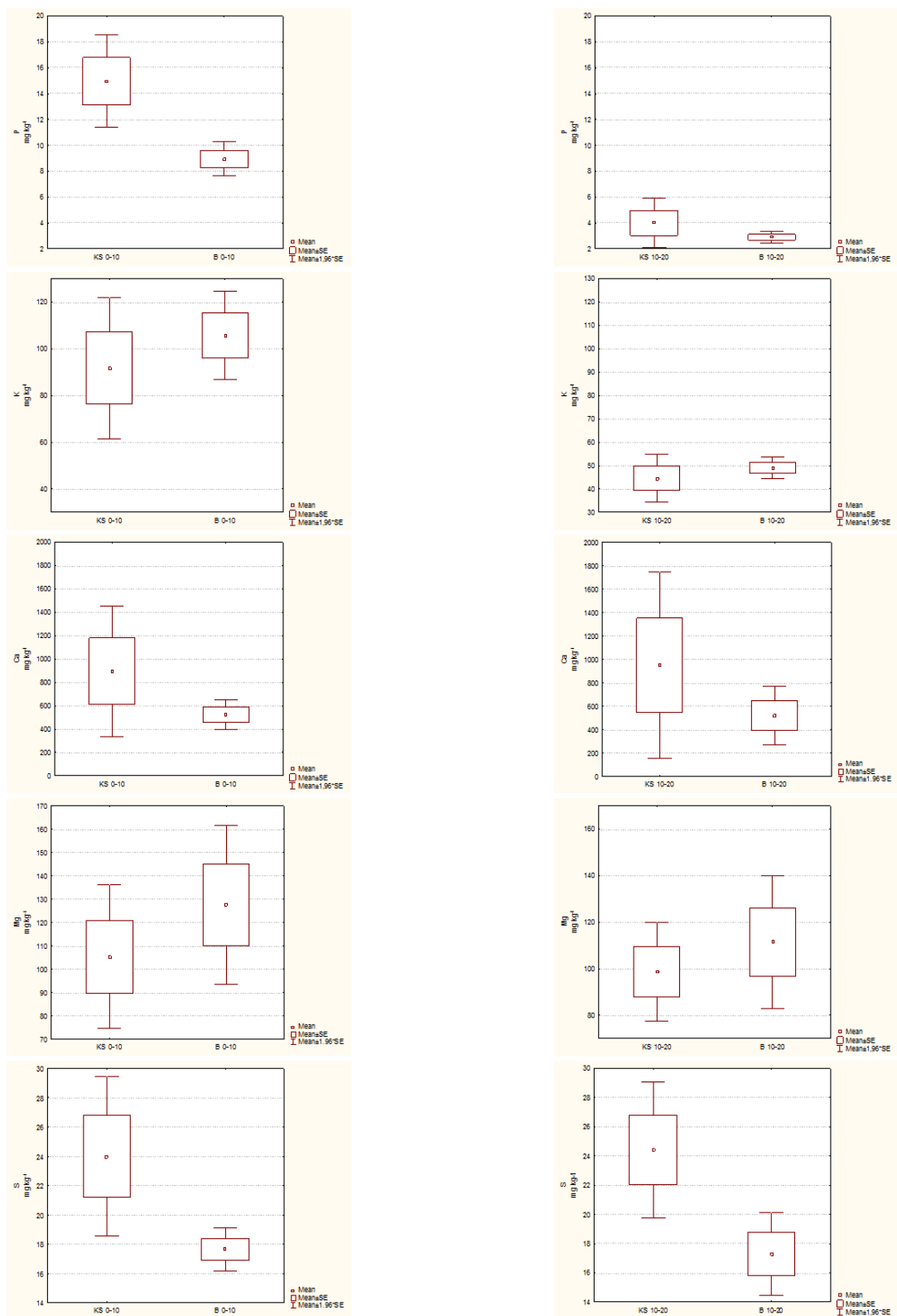
Tablica 2. Deskriptivna statistika (aritmetička sredina i standardna devijacija), t-test i Mann-Whitney U test za istraživane parametre tla na dubini 0 – 10 cm i 10 – 20 cm

Zalihe ugljika C_{org} su veće u kulturi smreke u oba sloja (Tablica 2.), sa statistički značajnom razlikom u površinskom sloju tla (0 – 10 cm): KS – $55,4 \pm 9,3 \text{ g kg}^{-1}$ i B – $26,8 \pm 3,5 \text{ g kg}^{-1}$ ($p = 0,009024$). Do sličnih rezultata su došli Vesterdal et al. (2008) gdje se pokazalo da pošumljavanje crnogoričnim vrstama rezultira povećanju zaliha ugljika u tlu.

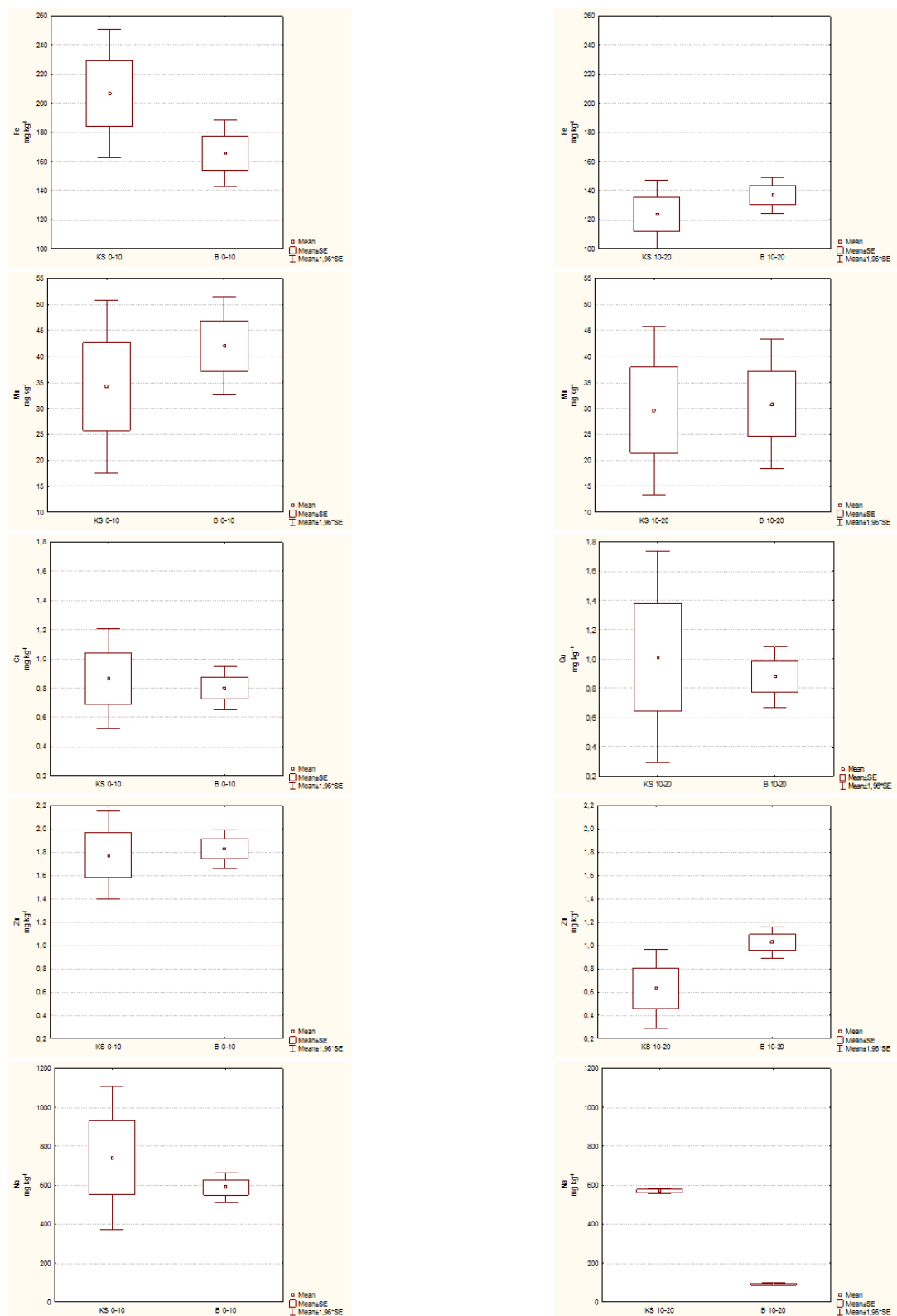
Udjel dušika u površinskom sloju tla je statistički značajno veći u kulturama smreke u odnosu na bukovu sastojinu ($p = 0,0090024$), dok je u dubljem sloju veći bez statistički značajne razlike (Tablica 2.). Ovi rezultati nisu u skladu s nizom istraživanja (Meiwes et al. 2002; Bagherzadeh et al. 2008; Kostić et al. 2012) koja pokazuju da listinac bukve ima veći udjel dušika u odnosu na listinac smreke, uslijed čega dolazi do povoljnijeg C/N odnosa u tlu. U ovom istraživanju C/N odnos u površinskom sloju i u sloju od 10 – 20 cm statistički je značajno veći u kulturama smreke u odnosu na bukovu sastojinu. Brojna istraživanja ukazuju na veći C/N odnos u kulturama smreke u odnosu na prirodne sastojine (Perković et al. 2007; Bagherzadeh et al. 2008; Vesterdal et al. 2008; Berger & Berger 2012). Što je veći C/N odnos manja je brojnost mikroorganizama koji sudjeluju u razlaganju listinca (Perković et al, 2007). Dušik je potreban mikroorganizmima za izgradnju staničnih bjelančevina, pa je C/N odnos dobar pokazatelj energijsko-hranidbenog statusa organskih ostataka. Kad je C/N manji od 30 razgradnja listinca se odvija u pravilu unutar godine, a kod većih vrijednosti ona se produžuje (Pernar, 2017). C/N odnos u površinskom sloju u kulturi smreke je iznosio $13,85 \pm 0,90$ a u bukovoj sastojini $11,59 \pm 0,61$. S porastom dubine snižava se C/N odnos. Na dubini 10 – 20 cm u kulturi smreke je $11,07 \pm 0,72$, dok u bukovoj sastojini iznosi $9,82 \pm 0,45$.

Udjel fosfora u površinskom sloju iznosi $14,95 \pm 4,09 \text{ mg kg}^{-1}$ u kulturi smreke i $8,94 \pm 1,50 \text{ mg kg}^{-1}$ u bukovoj sastojini (Slika 6.). Bagherzadeh et al. (2008) i Kostić et al. (2012) su utvrdili veći udio fosfora u prirodnim sastojinama u odnosu na kulture smreke. U sloju 10 – 20 cm udio fosfora se smanjio u obje sastojine (KS – $4,00 \pm 2,16$; B – $2,90 \pm 0,48$). To je utvrdio i Pernar et al. (2009) u istraživanjima šumskih tala Medvednice. Pokazalo se da je gotovo redovito najveći udjel fosfora u humusno-akumulativnom horizontu. U većini slučajeva udjel mu prema površini raste (Pernar, 2017). Udjel kalija u površinskom sloju kulture smreke iznosi $91,73 \pm 34,45 \text{ mg kg}^{-1}$, a u bukovoj sastojini $105,66 \pm 21,53 \text{ mg kg}^{-1}$. U sloju tla 10 – 20 cm, udjel kalija iznosi $44,47 \pm 11,61 \text{ mg kg}^{-1}$ u kulturi smreke, a $49,08 \pm 5,45 \text{ mg kg}^{-1}$ u prirodnoj sastojini. Vidljivo je da je u oba sloja veći udjel kalija u kulturi smreke te da se ukupna zaliha kalija smanjuje s porastom dubine.

Kod preostalih makro i mikro elemenata su u površinskom sloju tla (0 – 10 cm) pronađene veće zalihe kalcija, sumpora, željeza, bakra i natrija u kulturi smreke nego u prirodnoj sastojini, dok je obrnuto za magnezij, mangan i cink bez statistički značajnih razlika. S porastom dubine tla (u sloju 10 – 20 cm) vrijednosti zaliha većine elemenata se smanjuju izuzev sumpora u kulturi smreke i bakra u obje sastojine. Također se u sloju tla 10 – 20 cm promijenio jedino odnos udjela željeza te je on veći u prirodnoj bukovoj sastojini nego u kulturi smreke, ali bez statistički značajne razlike. Ipak, u dubljem sloju tla se pojavljuju statistički značajne razlike kod udjela sumpora i natrija čije su vrijednosti značajno veće u kulturi smreke nego u sastojini bukve (Slika 6. i Slika 7.).



Slika 6. Grafički prikaz zalihe biogenih makroelemenata (P, K, Ca, Mg, S) na istraživanom području (lijevo – površinski sloj 0 – 10 cm; desno – sloj debljine 10 – 20 cm)



Slika 7. Grafički prikaz zalihe biogenih mikroelemenata (Fe, Mn, Cu, Zn, Na) na istraživanom području (lijevo – površinski sloj 0 – 10 cm; desno – sloj debljine 10 – 20 cm)

5. ZAKLJUČAK

Analizom prikupljenih uzoraka tla i šumske prostirke sa lokaliteta Ravna gora u kulturi smreke i u prirodnoj sastojini bukve dobiveni su sljedeći rezultati:

- 1) Utvrđena je statistički značajno veća akumulacija šumske prostirke u kulturi smreke. To se poklapa s prethodnim istraživanjima koja navode veću akumulaciju nerazgrađene organske tvari u sastojinama obične smreke u odnosu na prirodne sastojine u neposrednoj blizini.
- 2) Utvrđena je niža pH vrijednost tla u sastojini bukve. Na to je moglo utjecati više čimbenika, a osobito starost kulture smreke (30 godina) koja još nije mogla izvršiti drastičan utjecaj na šumsko tlo te koluvijalan utjecaj.
- 3) Pokazalo se da su zalihe ugljika i dušika veće u kulturi smreke (u površinskom sloju statistički značajna razlika), ali je C/N odnos povoljniji u sastojini bukve.
- 4) Zalihe ostalih makro i mikro elemenata se statistički značajno ne razlikuju izuzev sumpora i natrija čije su vrijednosti veće u kulturi smreke (u sloju tla 10 – 20 cm).

6. LITERTURA

- Bagherzadeh, A., Brumme, R., Beese, F., 2008: Impact of Tree Species on Nutrient Stocks in the Forest Floors of a Temperature Forest Ecosystem. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11 (9): 1258-1262.
- Berger T.W., Berger P., 2012: Greater accumulation of litter in spruce (*Picea abies*) compared to beech (*Fagus sylvatica*) stands is not a consequence of the inherent recalcitrance of needles. *Plant Soil*. 385: 349-69.
- Dubravec, T., Krejči, V., Vrbek, B., 2006: Struktura i razvoj 161 godinu stare smrekove kulture. *Šumarski list* br. 5–6, 219-229.
- Fabiánek, T, Menšík L., Tomášková I., Kulhavý J., 2009: Effects of spruce, beech and mixed commercial stand on humus conditions of forest soils. *Journal of Forest Science*, 55, 2009 (3): 119-126.
- Franjić, J., Škvorc Ž., 2010: Šumsko drveće i grmlje Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu – Šumarski fakultet, Zagreb, str. 50-51.
- Gračanin M., Ilijanić Lj., 1977: Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga, Zagreb.
- ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Genève.
- ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Genève.
- ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Genève.
- ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Genève.
- ISO 11464, 1994: Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Genève.
- ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Genève.

- Klimo, E., Kulhavý, J., 2006: Norway spruce monocultures and their transformation to close-to-nature forests from the point of view of soil changes in the Czech Republic. *Ekológia (Bratislava)* Vol. 25, No. 1, p. 27-43.
- Kubartová, A., Ranger, J., Berthelin, J., Beguiristain, T., 2009: Diversity and decomposing ability of saprophytic fungi from temperate forest litter. *Microbial Ecology* 58, 98-107.
- Kontriš J., Kontrišová O., Malajterová N., Gregor J., Marušková A., 2011: Soil characteristics of submontane beech forests and spruce monocultures in Turčianska kotlina basin. *Ekológia (Bratislava)*, Vol. 30, No. 3, p. 288-295.
- Kostić O., Mitrović M., Jarić S., Djurdjević L., Gajić G., Pavlović M., Pavlović P., 2012: The effects of forty years of spruce cultivation in a zone of beech forest on Mt. Maljen (Serbia). *Arch Biol Sci.* 2012; 64 (3): 1181-95.
- Matić, S., Dokuš, A., Orlić, S., 1992: Šumske kulture i plantaže. Šume u Hrvatskoj. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb. str. 105-108.
- Matić, S., 2011: Utjecaj stanišnih promjena i načina gospodarenja na sušenje obične smreke (*Picea abies* Karst.) u Hrvatskoj. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(2011)1: 7-17.
- Mehlich, A., 1984: Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15 (12):1409-1416.
- Meiwes K. J., Meesenburg H., H. Bartens et al., 2002: Accumulation of humus in the litter layer of forest stands at Solling. Possible causes and significance for the nutrient cycling, *Forst und Holz*, vol. 13-14, pp. 428-433.
- Oršanić, M., 1995: Uspijevanje šumskih kultura obične smreke (*Picea abies* Karst.), crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) i europskoga ariša (*Larix decidua* Mill.) na Zagrebačkoj gori. *Glasnik za šumske pokuse* 32: 1-90.
- Oršanić, M., Vukelić, J., Pernar, N., 2000: Spruce Monocultures in the Mountain Region of the Pannonian Croatia. *Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects.* (eds: Klimo, E., Hager, H. and Kulhavý, J.), *EFI Proceedings* No. 33, 2000: 189-197.

- Perić, S., S. Orlić & A. Dokuš, 2006: Pregled osnovanih pokusa provenijencija i kultura četinjača Šumarskog instituta, Jastrebarsko. Rad. – Šumarski institut Jastrebarsko 41 (1–2): 115-126.
- Perković, I., Pernar, N., Vrbek, B., Bakšić, D. Pilaš, I., Presečan, M., 2007: Utjecaj kulture obične smreke na tlo – Šumarski institut Jastrebarsko 42 (2): 95-107.
- Pernar, N., Vukelić J., Bakšić D., Baričević D., Perković I., Miko S., Vrbek B., 2009: Soil properties in beech-fir forests on Mt. Medvednica (NW Croatia), *Periodicum Biologorum*, vol. 111., No 4, 427-434.
- Pernar, N., D. Bakšić, I. Perković, 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Pernar, N., 2017: Tlo, nastanak, značajke, gospodarenje. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Tijardović, M., 2015: Supstitucija kultura obične smreke (*Picea abies* /L./ Karst.) u Republici Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Vesterdal, L., Schmidt I. K., Callesen I., Nilsson L. O., Gundersen, P., 2008: Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species. *Forest Ecology and Management* 255 (2008): 35-48.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, DZZP, Zagreb. str. 122-128.

Ostali izvori:

Hrvatske šume d.o.o. Zagreb: Šumskogospodarska osnova 2016. - 2025.

<http://javni-podaci-karta.hrsume.hr/>