

Utjecaj šumskih kultura na zalihu hraniva u tlu na području Đurđevačkih pijesaka

Jurić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:920653>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-07**



Repository / Repozitorij:

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



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
DIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVA
UZGAJANJE I UREĐIVANJE ŠUMA S LOVNIM GOSPODARENJEM

JOSIP JURIĆ

**UTJECAJ ŠUMSKIH KULTURA NA ZALIHU HRANIVA U TLU NA
PODRUČJU ĐURĐEVAČKIH PIJESAKA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2019.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

**UTJECAJ ŠUMSKIH KULTURA NA ZALIHU HRANIVA U TLU NA
PODRUČJU ĐURĐEVAČKIH PIJESAKA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Šumarstvo, Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnim gospodarenjem

Predmet: Gospodarenje i zaštita šumskih tala

Ispitno povjerenstvo: 1. doc. dr. sc. Ivan Perković

2. prof. dr. sc. Darko Bakšić

3. doc. dr. sc. Vibor Roje

Student: Josip Jurić

JMBAG: 0068217996

Broj indeksa: 871/17

Datum odobrenja teme: 25.4.2019.

Datum predaje rada: 26.8.2019.

Datum obrane rada: 06.9.2019.

Zagreb, rujan, 2019.

Dokumentacijska kartica

Naslov	Utjecaj šumskih kultura na hraniva u tlu na području Đurđevačkih pijesaka
Title	Influence of forest cultures on soil nutrients in Đurđevac sands area
Autor	Josip Jurić
Adresa autora	Dr. Ante Starčevića 11, Vinkovci
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	doc. dr. sc. Ivan Perković
Izradu rada pomogao	
Godina objave	2019.
Obujam	48 stranica, 17 slika, 18 tablica, 31 literaturna referenca
Ključne riječi	Đurđevački pijesci, makrohraniva, mikrohraniva, kulture običnog bora, kulture crnog bora, kulture bagrema
Key words	Đurđevac sands, macronutrients, micronutrients, Scotch pine culture, European black pine culture, Black locust culture
Sažetak	Tlo je medij iz kojeg biljka usvaja hraniva. To je otvoreni sustav u komu se neprekidno odvija promet tvari i energije, gdje posebnu pozornost, s aspekta biljne proizvodnje, zauzimaju mobilna hranjiva. Smirivanje Đurđevačkih pijesaka započelo je potkraj 19. i početkom 20. stoljeća s radovima na pošumljavanju. Pošumljavanje je obavljeno sadnicama običnog (<i>Pinus sylvestris</i> L.) i crnog bora (<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold) koji su tvorili vjetrobranski pojas dužine 150 m i 30 m širine. Naposljetku, pošumljavanje je završeno sadnicama običnog bagrema (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.). Cilj istraživanja je utvrditi udio makro- i mikrohraniva na uzorcima tla metodom Mehlich-3, uzetih na području Đurđevačkih pijesaka u kulturama običnog bora (<i>Pinus sylvestris</i> L.), crnog bora (<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold) i bagrema (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), te usporediti dobivene rezultate sa kontrolnom plohom bez šumske vegetacije.

Temeljem dobivenih rezultata napravljena je statistička obrada podataka analiziranih elemenata (zajedno sa pH-vrijednostima izmjerenima u vodenoj (H_2O) suspenziji uzoraka tla i u suspenziji u vodenoj otopini kalcijeva klorida (CaCl_2)) za različite dubine tla (0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm). Na kontrolnim plohama zabilježena je statistički značajno viša pH-vrijednost tla za sve dubine tla u odnosu na kulture običnog, crnog bora i bagrema, ali je i varijabilnost također znatno veća. S porastom dubine raste i pH-vrijednost na svim istraživanim plohama. Najveći udjeli fosfora su u kulturama bagrema, a najmanji udjeli su na kontrolnim plohama, kao i u slučaju kalija. Udjeli kalcija i magnezija nisu se statistički značajno razlikovali u odnosu na kontrolne plohe. Kontrolne plohe imaju najmanji udio sumpora na svim dubinama tla. Udio mikrohraniva (željezo, mangan) veći je u kulturama u odnosu na kontrolne plohe gdje postoje i statistički značajne razlike između njih. Generalno, najveći udjeli istraživanih mikro- i makrohraniva su u kulturama bagrema doksu najmanji na kontrolnim plohama bez šumske vegetacije. Prema rezultatima ovih istraživanja, na tla Đurđevačkih pijesaka s obzirom na status hraniva povoljnije utječu kulture bagrema u odnosu na kulture običnog i crnog bora.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

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

vlastoručni potpis

Josip Jurić

U Zagrebu, 06. 09. 2019.

SADRŽAJ

1.UVOD.....	1
1.1 Đurđevački pijesci.....	1
1.2. Biljna hraniva (biogeni elementi).....	2
1.2.1. Podjela, oblici i usvajanje biljnih hraniva.....	2
1.2.2. Makrohraniva.....	3
1.2.3. Mikrohraniva.....	5
2.CILJ ISTRAŽIVANJA.....	7
3.MATERIJALI I METODE.....	8
3.1. Područje istraživanja.....	8
3.2. Tip tla.....	10
3.3. Vegetacija.....	11
3.4. Klimatska obilježja.....	12
3.5. Terenska istraživanja.....	13
3.6. Laboratorijske analize.....	14
3.6.1. Priprema uzoraka.....	14
3.6.2. Laboratorijske analize uzoraka.....	14
3.6.3. Određivanje udjela hraniva u tlu.....	14
3.6.4. Postupak analize.....	15
3.7. Statističke analize.....	19
4. REZULTATI.....	20
4.1. Deskriptivna statistika fiziografskih značajki tla.....	20

4.2. Analiza varijance.....	24
4.2.1. pH-vrijednost tla.....	24
4.2.2. Makrohraniva.....	26
4.2.2.1. Fosfor.....	26
4.2.2.2. Kalij.....	28
4.2.2.3. Kalcij.....	30
4.2.2.4. Magnezij.....	32
4.2.2.5. Sumpor.....	34
4.2.3. Mikrohraniva.....	36
4.2.3.1. Željezo.....	36
4.2.3.2. Mangan.....	38
4.3. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla (GST).....	40
5. RASPRAVA.....	43
6. ZAKLJUČAK.....	45
7. LITERATURA.....	46

Popis slika

Slika 1. Radovi na smirivanju pijeska u Đurđevcu (foto: F. Šandor, 1910).....	1
Slika 2. Đurđevački pijesci (područje istraživanja).....	8
Slika 3. Pedološki profil arenosola (foto: Boris Vrbek).....	10
Slika 4. Krajobraz arenosola na kontrolnoj plohi (foto: Ivan Perković).....	11
Slika 5. Kultura bagrema (lijevo) i običnog bora (desno) (foto: Ivan Perković).....	12
Slika 6. Klimadijagram meteorološke postaje Đurđevac.....	13
Slika 7. Analitička vaga Mettler Toledo MS (foto: Josip Jurić).....	16
Slika 8. Filtriranje uzoraka (foto: Josip Jurić).....	17
Slika 9. Atomijski emisijski spektrometar uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-AES) Thermo Fisher, iCAP 6300 (foto: Josip Jurić).....	19
Slika 10. $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ – vrijednost u slojevima tla dubine 0 do 10 cm, 10 do 20 cm, 20 do 50 cm i 50 do 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), kulture crnog bora (CB) i kulture običnog bagrema (B).....	24
Slika 11. Udio P_2O_5 u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	26
Slika 12. Udio K_2O u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	28
Slika 13. Udio Ca u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	30
Slika 14. Udio Mg u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	32
Slika 15. Udio S u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	34
Slika 16. Udio Fe u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	36
Slika 17. Udio Mn u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagrema (B).....	38

Popis tablica

Tablica 1. Detaljan prikaz područja istraživanja (podaci iz Osnove gospodarenja).....	9
Tablica 2. Glavne značajke ICP-AES uređaja.....	18
Tablica 3. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 0 do 10 cm u kontrolnim plohama (K), kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B).....	20
Tablica 4. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 10 do 20 cm u kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B).....	21
Tablica 5. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 20 do 50 cm u kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B).....	22
Tablica 6. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 50 do 100 cm u kulturama običnog bora, crnog bora i bagrema.....	23
Tablica 7. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	25
Tablica 8. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za P_2O_5	27
Tablica 9. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za K_2O	29
Tablica 10. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Ca.....	31
Tablica 11. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Mg.....	33
Tablica 12. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za S.....	35
Tablica 13. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Fe.....	37
Tablica 14. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Mn.....	39
Tablica 15. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla za kontrolne plohe (K).....	40
Tablica 16. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla za kulture običnog bora (OB).....	40
Tablica 17. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla za kulture crnog bora (CB).....	41
Tablica 18. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla za kulture bagrema (B).....	41

1. UVOD

1.1. Đurđevački pijesci

Pješčano područje uz rijeku Dravu sa središtem na prostoru sjeverno i istočno od Đurđevca naziva se Đurđevački pijesci ili slikovito rečeno, »Hrvatska Sahara«. Uže područje naziva se još i »krvavi peski«. Đurđevački pijesci prirodni su fenomen koji je zainteresirao brojne stručnjake koji su nastojali i nastoje razjasniti geološku i geomorfološku podlogu pijesaka. Ovo pješčano područje može se ograničiti na prostor između Molva i sjeverno od Virja na zapadu te zapadno od Kloštra Podravskog i Podravskih Sesveta na istoku. Na sjever se pijesci šire do tzv. dravskih bereka, a na jugu i jugozapadu približno do terase na kojoj su poslije sagrađene cesta i pruga od Koprivnice do Osijeka (Petrić, 2008). Prema Bognaru (1996) Đurđevački pijesci svoj nastanak mogu zahvaliti kombiniranom djelovanju eolskih i fluvijalnih procesa tijekom kvartara, odnosno pleistocena i holocena.

Smirivanje pijesaka započelo je potkraj 19. i početkom 20. stoljeća s radovima na pošumljavanju. Pošumljavanje je obavljeno sadnicama običnog (*Pinus sylvestris* L.) i crnog bora (*Pinus nigra* J. F. Arnold) koji su tvorili vjetrobranski pojas dužine 150 m i 30 m širine. Naposljetku, pošumljavanje je završeno sadnicama običnog bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) (Vrbek & Pilaš, 2011). Uz navedene vrste, antropogeno su se unosile i druge vrste (zečjak, brijest, hrast i dr.) da bi se оформio što kvalitetniji vjetrozaštitni pojas koji bi omogućio kvalitetnije vezivanje pijesaka.



Slika 1. Radovi na smirivanju pijeska u Đurđevcu (foto: F. Šandor, 1910)

Danas na području Đurđevačkih pijesaka, na površini od 422 ha, prevladavaju kulture običnog i crnog bora te kulture bagrema. Dio područja je zaštićen i na njemu se nalazi geobotanički rezervat na površini od 19,5 ha.

1.2. Biljna hraniva (biogeni elementi)

1.2.1. Podjela, oblici i usvajanje biljnih hraniva

Tlo je medij iz kojeg biljka usvaja hraniva. To je otvoreni sustav u komu se neprekidno odvija promet tvari i energije, gdje posebnu pozornost, s aspekta biljne proizvodnje, zauzimaju mobilna hraniva. Općenito, njihova bioraspoloživost ovisi o nizu čimbenika (svojstva samog tla, svojstva biljke te antropogeni utjecaj). Hraniva u tlu podložna su različitim transformacijama, pri čemu jedni oblici prelaze u druge što uvjetuje i promjenu njihove mobilnosti. Ona mogu biti vrlo mobilna, topiva u vodi te slabije mobilna (zamjenjivo vezana), ali biljci dostupna.

Za aproksimaciju udjela biodostupnih (lakopristupačnih) hraniva u tlu, ovisno o cilju utvrđivanja, koristi se niz ekstrakcijskih sredstava različite „moći“ ekstrakcije od kiselina (mineralnih, organskih, jakih, slabih), soli, kelatizirajućih spojeva, vode, struje, smjese otapala (obično pufernih svojstava) i sl. Pokazalo se da su neke metode prihvatljive za uski raspon pH-vrijednosti, a druge za širi, neke za niže pH-vrijednosti, druge za više. Stoga su neke primjenjivije npr. za tla humidnih područja, a druga za područja umjerene i aridne klime i sl. Neke metode usmjerene su ponajprije za poljoprivrednu proizvodnju pa prema tome podrazumijevaju i svojevrstu kalibraciju s obzirom na specifičnost tla te s obzirom na značajke same biljke.

Osnovna podjela hranivih tvari u ishrani bilja, obzirom na značaj je na: potrebne (esencijalne, biogene) elemente, korisne (beneficijalne) elemente, nekorisne elemente i toksične elemente. Za život viših biljaka (stablašica) neophodno je 17 kemijskih elemenata (Škvorc & Sever, 2018).

Mikro i makrohraniva su biogeni elementi i od esencijalne važnosti za rast i razvoj same biljke. U makroelemente se ubrajaju oni elementi čiji je maseni udjel u izgradnji suhe biljne tvari veći od 0,1 %. Mikroelementi obuhvaćaju one elemente čiji se maseni udjel u suhoj biljnoj tvari

kreće između 1 ppm i 0,1 % (Pernar, 2017). U makrohraniva se ubrajaju sljedeći elementi: ugljik (C), vodik (H), kisik (O), dušik (N), fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca), magnezij (Mg) i sumpor (S). Za razliku od makrohraniva kao što su dušik (N), fosfor (P) i kalij (K), mikrohraniva biljka zahtjeva u puno manjim količinama. U mikrohraniva ubrajamo sljedeće elemente: bor (B), bakar (Cu), željezo (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), cink (Zn), klor (Cl) i nikal (Ni). U diplomskom radu interpretirat će se utjecaj šumskih kultura na zalihe pet makrohraniva (P, K, Ca, Mg i S) i dva makrohraniva (Fe i Mn).

1.2.2. Makrohraniva

Fosfor (P) u tlu

Premda fosfor izravno potječe iz litosfere, u biološkom ciklusu u tlu šumskih ekosustava većim dijelom participiraju organski oblici fosfora. U slučaju poljoprivrednih zemljišta, u tlu veći udjel ima anorganski fosfor (Scheffer & Schachtschabel, 2010). Isto tako, velikim dijelom fosfor dopijeva u otopinu tla i trošenjem minerala. S obzirom na njegovu bioraspoloživost u tlu, Baker & Pilbeam (2007) dijele fosfor na otopljeni, labilni, te nelabilni fosfor. U svakodnevnoj primjeni, osobito u poljoprivredi, najviše se prakticira razlikovanje udjela ukupnog fosfora u tlu i udjela fiziološki aktivnog fosfora (P_2O_5 u mg/100 g tla). Fiziološki aktivan fosfor je u otopini tla dostupan biljnom korijenu kao hranivo i daje mu se poseban značaj u odnosu na udjel ukupnog fosfora u tlu (Pernar, 2017).

Kalij (K) u tlu

Kalij se u otopini tla nalazi u formi kationa (K^+), a manjim udjelom i kao anion (KSO_4^-). To je element koji se adsorbira na površini koloidnih čestica, odakle se relativno lako desorbira ionskom supstitucijom. Kalijev ion u otopinu tla dopijeva desorpcijom s koloidnog kompleksa, kao produkt razgradnje organske tvari i kao produkt trošenja minerala (Pernar, 2017). S obzirom na pristupačnost kalija biljnom korijenu Gračanin & Ilijanić (1977) kalij u tlu dijele na lakopristupačan, težepristupačan (ali još uvijek aktivan) i teškopristupačan (do nepristupačan). Prve dvije skupine se obično prikazuju kao fiziološki aktivan kalij u tlu (K_2O u mg/100g tla).

Kalcij (Ca) u tlu

Kalcij je u tlu zastupljen u velikom postotku (više desetaka). Pretežno se radi o anorganskom kalciju koji nastaje trošenjem primarnih i sekundarnih minerala. U najvećem postotku nalazi se u tlima koja sadrže detrituse ili inkrustacije kalcijevog karbonata (CaCO_3). Biljke usvajaju fiziološki aktivan kalcij – otopljen i zamjenjivi kalcij, koji je ujedno i dominantan zamjenjivi ion u adsorpcijskom kompleksu (do 80 % adsorpcijskih mjesta odnosi se na Ca^{2+}); otopljeni kalcij u prosjeku sudjeluje fiziološki aktivnom kalciju s 1 – 5 % (Vukadinović & Lončarić, 1998). Ispire se u humidnim područjima, osobito ako se radi o teksturno lakšem, bazama siromašnom tlu. Zbog svoga utjecaja i značaja za rast i razvoj biljaka i za samu fiziografiju tla, kalcij se često unosi u tlo posebnom agrotehničkom mjerom koja se naziva kalcizacija. Za kalcizaciju se koristi mljeveni kalcijev karbonat, mljeveni dolomit, lapor itd. (Pernar, 2017).

Magnezij (Mg) u tlu

Magnezij je u tlu prisutan uglavnom u anorganskoj formi, kao dolomit, magnezit, biotit, klorit itd. Njihovim trošenjem nastaju magnezijeve soli iz kojih magnezij dopireva u otopinu tla. Biljke usvajaju magnezij u obliku iona (Mg^{2+}) i isti ugrađuju u organske spojeve. U tlu je prisutan u rasponu od 1 do 10 g kg^{-1} , a daleko više u karbonatnom tlu (Pernar, 2017). Prema Halamić & Miko (2009) u Hrvatskoj ga u površinskih 25 cm tla ima 1,6 – 104,7 g kg^{-1} s medijanom 0,72 g kg^{-1} .

Sumpor (S) u tlu

Sumpor se u tlu nalazi u organskom i anorganskom obliku. U većem postotku anorganski sumpor predstavljaju sulfati, odnosno hidrogensulfati (SO_4^{2-} i HSO_4^-) i sulfidi (S^{2-}). Sulfidi su u pravilu prisutni u slabo prozračnim, močvarnim tlima. Dok, s druge strane, sulfati su karakteristični za prozračnija tla. Biljke sumpor pretežno usvajaju u sulfatnom obliku. Udjel sumpora u tlu u rasponu je 0,05 – 0,4 g kg^{-1} od čega je u prirodnim tlima više od 95 % organski

sumpor (Tabatabai, 2005). U antropogeniziranom tlu poljoprivrednih ekosustava udjel organskog sumpora je od 60 % do 90 % (Vukadinović & Lončarić, 1998).

1.2.3. Mikrohraniva

Željezo (Fe) u tlu

Premda se željezo klasificira kao mikroelement jer ga biljke trebaju u malim količinama, u tlu je često prisutno u visokim koncentracijama. Veoma je važan element u fotosintetskom i respiracijskom procesu. Nalazi se u oksidima, silikatima, karbonatima itd. U tlu ga obično ima od 5 do 100 g kg⁻¹. U otopini tla nalazi se u obliku kationa: Fe²⁺, Fe³⁺, Fe(OH), Fe(OH)⁺, Fe(OH)²⁺ itd. Bitno je napomenuti da biljke prvenstveno usvajaju željezo u vidu Fe²⁺ i Fe³⁺ i kao kelatizirano željezo. Nedostatak biljkama dostupnog (fiziološki aktivnog) željeza u biljkama manifestira se kao kloroza. Razgradnjom biljnih ostataka željezo se ponovno oslobađa u otopinu tla. Željezo u tlu važno je za razgradnju organske tvari, osobito u slabo aeriranoj sredini. U dobro prozračnom tlu prevladava trovalentno, a u slabo prozračnom dvovalentno željezo. Snižanjem pH-vrijednosti povećava se mobilnost željeza u tlu (Pernar, 2017).

Mangan (Mn) u tlu

Mangana (smedik) u tlu obično ima od 0,2 do 3 g kg⁻¹, od čega je čak 99 % inaktivan, odnosno biljkama nedostupan mangan. U tlu se pojavljuje uglavnom u obliku oksida i hidroksida, dok u otopini tla može biti prisutan u kationskim i anionskim formama, te u formi kompleksa. Prema Kabata-Pendias & Pendias (2001) koncentracija mangana u otopini tla ima vrlo široku amplitudu (od 25 µg l⁻¹ do čak 2000 µg l⁻¹), ovisno o svojstvima tla i metodi izdvajanja otopine. Njegova mobilnost u tlu (otopini) visoko je ovisna o pH-vrijednosti, redoks-potencijalu te udjelu i značajkama organske tvari (kompleksacija). Općenito mobilnost mu raste sniženjem pH-vrijednosti i aeriranosti. Biljke usvajaju vodotopivi Mn²⁺, sorbirani Mn²⁺ i kelatizirani mangan. Dobra raspoloživost mangana u otopini tla smanjuje biljne potrebe za N, P, K i Ca. Visoke koncentracije mangana u otopini tla mogu se na biljkama manifestirati toksično, osobito u tlu gdje je pH-vrijednost niža od 5,5 (Vukadinović & Lončarić, 1998). Glavni uzrok tomu jest antagonizam na usvajanje Fe, P, Ca, Mo i Mg, što izaziva njihov nedostatak u

biljkama. Mangan je u biljci aktivator mnogih enzima; potiče fotooksidacijsku aktivnost biljke i razvoj kloroplasta, sudjeluje u Krebsovom ciklusu, sudjeluje u fotolizi vode, redukciji nitrata itd. Također služi i kao energijski izvor i kao oksidans. Nedostatak mangana u tlu manifestira se na biljkama u vidu klorotičnih i nekrotičnih smeđih pjega, povećane osjetljivosti korijena na bolesti, izostanak cvatnje i slično (Pernar, 2017).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je utvrditi udio makro- i mikrohranivana uzorcima tla metodom Mehlich-3, uzetih na području Đurđevačkih pijesaka u kulturama običnog bora (*Pinus sylvestris* L.), crnog bora (*Pinus nigra* J. F. Arnold) i bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.), te usporediti dobivene rezultate sa kontrolnom plohom bez šumske vegetacije. Temeljem dobivenih rezultata napraviti će se deskriptivna statistika, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test i izraditi će se tablice analiziranih elemenata (zajedno sa pH-vrijednosti za vodu (H₂O) i kalcijev klorid (CaCl₂)) za dubine tla (0–10 cm, 10–20 cm, 20–50cm i 50–100 cm). Zadaci koji su postavljeni na temelju cilja istraživanja bili su:

1. Proučiti sva dosadašnja istraživanja
2. Prikupiti informacije i opisati područje istraživanja
3. Pripremiti plan uzorkovanja
4. Analizirati uzorke unaprijed određenim metodama u laboratoriju
5. Statistički obraditi i analizirati dobivene rezultate te iste interpretirati u skladu s ciljevima istraživanja
6. Raspraviti dobivene rezultate
7. Izvesti zaključak na temelju dobivenih rezultata

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Područje istraživanja

Područje istraživanja nalazi se kraj Đurđevca na nadmorskoj visini između 110 i 135 m.n.v. Sjeverno od Đurđevačkih pijesaka nalaze se naselje Molve, a na južnoj strani grad Đurđevac (slika 2). Na istočnoj strani nalazi se naselje Severovci, a na zapadnoj strani nalaze se Šemovci, selo u sustavu općine Virje. Prema Blaškoviću (1963), Đurđevački pijesci zauzimaju pojas dug oko osam kilometara uz prosječnu širinu tri kilometra, tj. površinu od oko 2.500 ha.



Slika 2. Đurđevački pijesci (područje istraživanja)

Tablica 1. Detaljan prikaz područja istraživanja (podaci iz Osnove gospodarenja)

Oznaka uzorka	Kultura	N	E	GJ	Odsjek	Starost (god)	Drvena zaliha po ha ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Drvena zaliha (m^3)	Površina (ha)
ĐP-CB1	Crni bor	46°04'19.7"	17°04'13.3"	Đurđevački pijesci	3a	113	328,57	1748	5,32
ĐP-CB2	Crni bor	46°04'19.9"	17°04'30.6"	Đurđevački pijesci	4i	113	357,88	5540	15,48
ĐP-CB3	Crni bor	46°04'19.2"	17°04'16.0"	Đurđevački pijesci	3a	113	328,57	1748	5,32
ĐP-OB1	Obični bor	46°04'24.4"	17°04'12.7"	Đurđevački pijesci	3a	113	328,57	1748	5,32
ĐP-OB2	Obični bor	46°04'17.5"	17°04'21.6"	Đurđevački pijesci	4i	113	357,88	5540	15,48
ĐP-OB3	Obični bor	46°04'14.6"	17°04'28.4"	Đurđevački pijesci	4i	113	357,88	5540	15,48
ĐP-B1	Bagrem	46°03'46.7"	17°04'35.3"	Đurđevački pijesci	4h	36	137,71	241	1,75
ĐP-B2	Bagrem	46°03'29.0"	17°04'18.8"	Đurđevački pijesci	-	72	-	-	-
ĐP-B3	Bagrem	46°03'53.9"	17°04'34.7"	Đurđevački pijesci	4h	36	137,71	241	1,75
ĐP-K1	Kontrolna ploha	46°01'44.8"	17°05'52.3"	Geobotanički rezervat ĐP	-	-	-	-	-
ĐP-K2	Kontrolna ploha	46°01'45.7"	17°05'52.2"	Geobotanički rezervat ĐP	-	-	-	-	-
ĐP-K3	Kontrolna ploha	46°01'46.7"	17°05'52.6"	Geobotanički rezervat ĐP	-	-	-	-	-

3.2. Tip tla

Svojim sastavom podravski pijesci pokazuju da su nastali trošenjem Alpa. Kršje stijena je nakon otapanja alpskih ledenjaka donosila rijeka Drava koja je u to doba bila mnogo veća od današnje Drave. Često je mijenjala svoje korito, a na njezine sedimente su u vrijeme suhe klime utjecali vjetrovi premještanjem i stvaranjem dina (Vrbek & Pilaš, 2011).

Po genezi, tlo Đurđevakih pijesaka spada u grupu automorfni tala, konkretno eolski "živi" pijesak (arenosol) sa sklopom profila (A)-C (slika 3). U kulturama bijelog bora, crnog bora i bagrema gdje je uznapredovala pedogeneza formiran je humusno-akumulativni horizont, koji prema klasifikaciji pripada tipu tla s sklopom profila A-C. Na pijescima se odvija recentna pedogeneza i nalazimo u većem dijelu područja sirozeme (Regosol). Evolucija tala odvija se progresivno prema sljedećoj skupini – rankerima (Leptosol) (Vrbek & Pilaš, 2011). Rankeri su tla slabe plodnosti, a glavni limitirajući čimbenik im je dubina (Pernar, 2017).



Slika 3. Pedološki profil arenosola (foto: Boris Vrbek)



Slika 4. Krajobraz arenosola na kontrolnoj plohi (foto: Ivan Perković)

3.3. Vegetacija

Područje Đurđevačkih pijesaka nalazi se u zoni klimatogene zajednice hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-querquetum roboris*) (Anić 1956 ex. Rauš 1969).

Biljna zajednica geobotaničkog rezervata Đurđevački pijesci na površini od 19,5 ha (kontrolne plohe) udružena je u asocijaciju trave gladice i panonske vlasulje (*Corynephoreto – Festucetum vaginatae croaticum*) s tri subasocijacije i više facijesa (Solkić, 1943). Tu su i vrste koje nastanjuju tlo bogato hranivima poput zečjaka (*Cytisus scoparius* L.), zatim kupina (*Rubus fruticosus* L.), bazga (*Sambucus nigra* L.), ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia* L.) i druge. Ipak u vegetacijskom smislu na području Đurđevačkih pijesaka najviše su zastupljene kulture običnog bora, crnog bora i kulture bagrema koje su sađene krajem 19. i početkom 20. stoljeća (slika 5).



Slika 5. Kultura bagrema (lijevo) i običnog bora (desno) (foto: Ivan Perković)

3.4. Klimatska obilježja

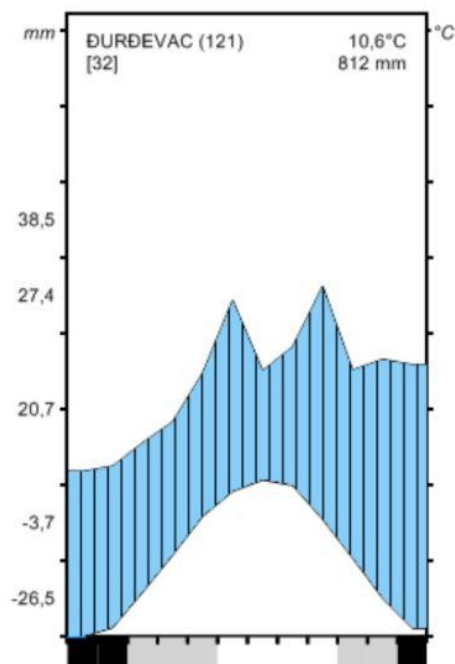
Prema Köppenu, ovo područje nosi oznaku **Cfbw^b**", što znači da je tip klime umjereno topla kišna klima (slika 6). Prema Thornthwait-ovoj klasifikaciji područje je humidno jer je vrijednost P/E na tom području 88.

Temperatura zraka (°C)

- Prosječna godišnja temperatura zraka: 10,6 °C
- Najviša izmjerena temperatura: 38,5 °C
- Najniža izmjerena temperatura: -26,5 °C

Oborine (mm)

- Srednja godišnja količina oborina: 950 mm
- Prosječna godišnja količina oborina u vegetacijskom razdoblju: 450 mm



Slika 6. Klimadijagram meteorološke postaje Đurđevac

3.5. Terenska istraživanja

U istraživanju se nastojalo obuhvatiti što starije kulture crnog bora, običnog bora i bagrema (tablica 1). Propisana ophodnja za borove je 80 god., a za bagrem 40 god. Tako da su dvije generacije bagrema (barem) bile za trajanja jedne generacije bora.

Uzorkovanje tla obavljeno je tijekom jeseni 2018. i proljeća 2019. godine na području Đurđevačkih pijesaka. Na tri lokaliteta u kulturama crnog bora, običnog bora i bagrema kao i na kontrolnim plohama uzeti su uzorci tla s četiri dubine (0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm, 50 – 100 cm). Na svakom lokalitetu uzeti su kompozitni uzorci tla (pet poduzoraka) s tri pozicije

međusobno udaljenih otprilike 30 metara. Oznake pozicija na lokalitetima su C (centar), N (sjever) i S (jug), a sveukupno je uzorkovano 180 uzoraka.

3.6. Laboratorijske analize

3.6.1. Priprema uzoraka

Nakon obavljenog terenskog dijela istraživanja, uzorci su dopremljeni u Ekološko-pedološki laboratorij na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Zrakосуhi uzorci su osušeni te su zdrobljeni u tarioniku i prosijani kroz sito gustoće pletiva $2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ te stavljeni u plastične (polipropilenske) bočice s odgovarajućim oznakama (*u skladu s ISO 11464, 1994*) (Pernar i dr., 2013).

3.6.2. Laboratorijske analize uzoraka

U laboratoriju su napravljene slijedeće analize:

- a) određivanje makro i mikro elemenata metodom Mehlich-3 (Zhang et al., 2014)
- b) određivanje reakcije tla (*u skladu s ISO 10390, 1994*)
- c) određivanje raspodjele veličina čestica (granulometrijskog ili mehaničkog sastava) u mineralnom dijelu tla (*u skladu s ISO 11277, 1998*)

3.6.3. Određivanje udjela hraniva u tlu

Priprema Mehlich-3 ekstrakcijske otopine (za količinu 1 L):

Za izradu ekstrakcijske otopine volumena 1 L potrebni su slijedeće reagensi:

1. Amonijev nitrat (NH_3NO_3), $M_r = 80,05$, CAS # 6484-52-2
2. Amonijev fluorid (NH_4F), $M_r = 37,04$, CAS# 12125-01-8

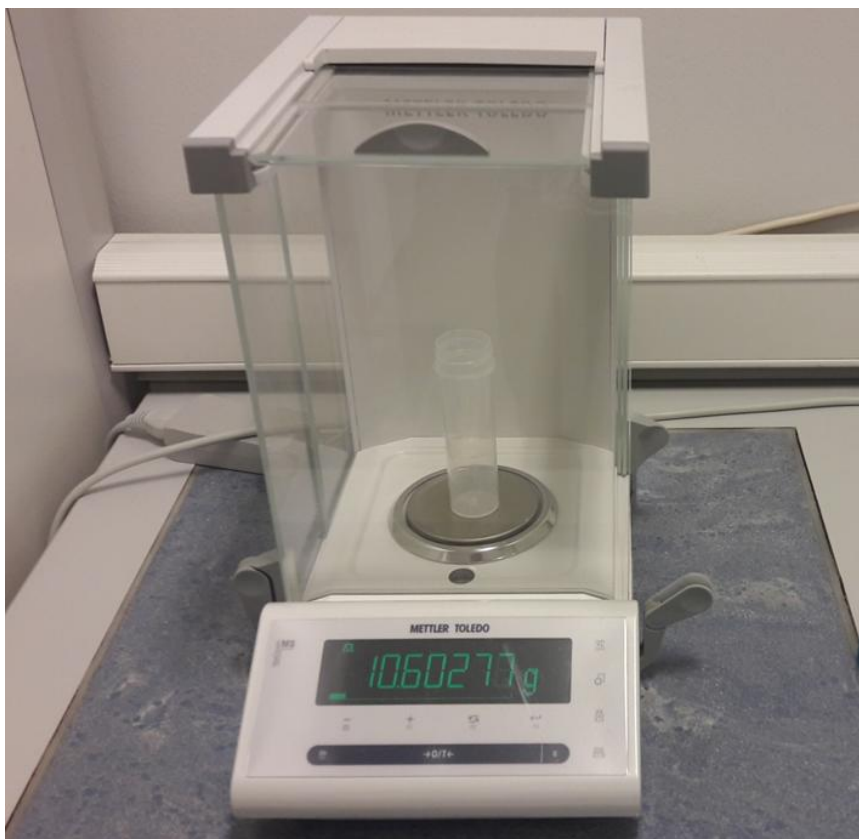
3. Nitratna kiselina (HNO_3), 68-70 %, $M_r = 63,02$; 15,5 N, CAS# 7698-37-2
4. Etilendiamin tetraoctena kiselina (EDTA), $(\text{HOOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$, $M_r = 292,25$, CAS# 60-00-4
5. Octena kiselina [CH_3COOH], $M_r = 60,05$, CAS# 64-19-7
6. Ultračista voda (deionizirana voda).

Prva faza obuhvaća pripremu početne vodene otopine – smjese amonijeva fluorida i EDTA ($3,75 \text{ mol dm}^{-3} \text{NH}_4\text{F}$, $0,25 \text{ mol dm}^{-3} \text{EDTA}$) tako što se u volumetrijsku tikvicu ulije 600 mL deionizirane vode u kojoj se otopi 138,9 grama amonijevog fluorida (NH_4F) i dobro promiješa. Zatim se u to doda 73,05 g etilendiamintetraoctene kiseline (EDTA, $(\text{HOOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$) koja se otopi, te se sve prelije u odmjernu tikvicu zapremnine 1 L, nadopuni do markice i još jednom dobro promiješa.

Druga faza je pripremanje Mehlichove otopine. U kalibriranu plastičnu bocu zapremnine 1,0 L se ulije 0,6 L deionizirane vode. Zatim se u to doda 20,01 g amonijeva nitrata (NH_4NO_3) te se temeljito promiješa sve dok se potpuno ne otopi. Nadalje se dodaje 4 mL gore opisane početne otopine ($3,75 \text{ mol dm}^{-3} \text{NH}_4\text{F}$, $0,25 \text{ mol dm}^{-3} \text{EDTA}$) i dobro promiješa. U dobivenu otopinu se zatim doda 11,5 mL koncentrirane octene kiseline (CH_3COOH) i 0,825 mL koncentrirane dušične kiseline (HNO_3) te se ponovno sve miješa do potpunog otapanja. Zadnji korak je punjenje posude deioniziranom vodom do volumena od 1,0 L te ponovno temeljito miješanje.

3.6.4. Postupak analize

Za ekstrakciju mikro i makrohraniva iz tla, potrebno je odvagati $2,0 \pm 0,05 \text{ g}$ uzorka tla (slika 7) te ih prelići sa 20 ml prethodno pripremljene ekstrakcijske otopine.



Slika 7. Analitička vaga Mettler Toledo MS (foto: Josip Jurić)

Ova procedura obavljala se u 12 serija po 15 uzoraka tla, te je uz svaku seriju priređena i slijepa proba ("blank"). Slijedeći korak bio je mućkanje uzoraka na laboratorijskoj mućkalici, u trajanju od 5 minuta, na 200 okr/min. Nakon mućkanja, uzorci su filtrirani kroz filter papir Whatman u polipropilenske scintilacijske posudice u kojima je nakon filtracije izolirana otopina tla (slika 8).

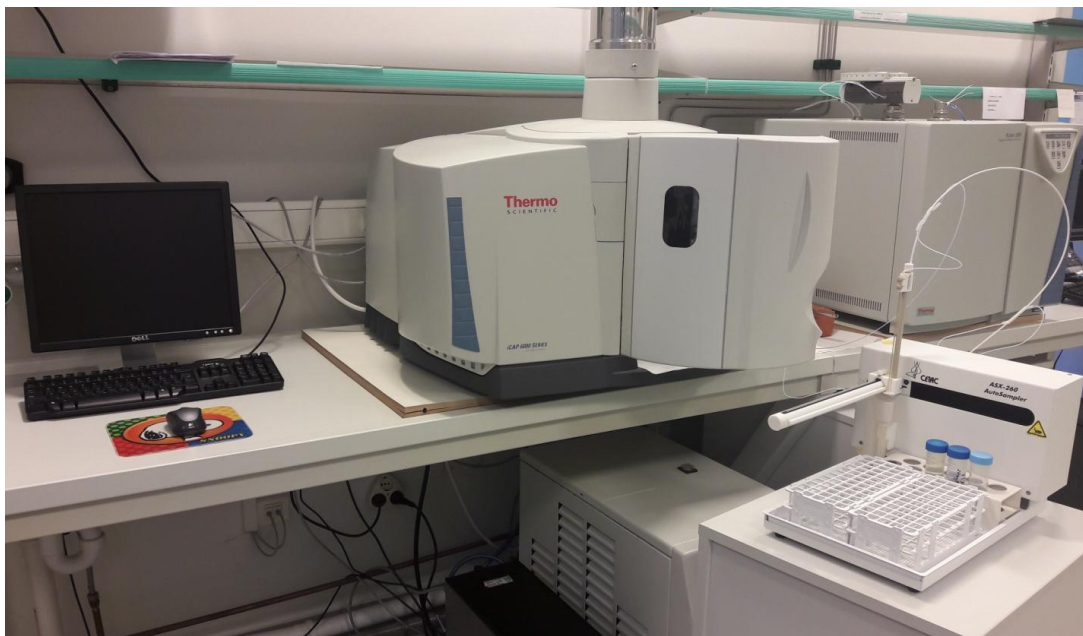


Slika 8. Filtriranje uzoraka (foto: Josip Jurić)

Određivanje udjela makro i mikro elemenata u priređenim uzorcima izvedeno je tehnikom atomske emisijske spektrometrije (ICP-AES) uz induktivno spregnutu plazmu (slika 9). Uređaj je podešen na stabilne uvjete rada te je obavljena vanjska kalibracija serijom standardnih otopina priređenih razrjeđivanjem komercijalnog multielementnog standarda. U tablici 2. su prikazani parametri instrumentne analize.

Tablica 2. Glavne značajke ICP-AES uređaja

Parametar	Vrijednost
Instrument	Thermo Fischer iCAP 6300 Duo
Snaga RF-a	1150 W
Protok rashladnog	12 L min ⁻¹
Protok plina za	0,65 L min ⁻¹
Protok pomoćnog	0,5 L min ⁻¹
Sustav za uvođenje uzoraka	-automatski uzorkivač CETAC ASX-260 -koncentrični raspršivač s vrtložnom komorom
Brzina peristaltičke pumpe	45 okr min ⁻¹
Cjevčice peristaltičke pumpe	-uzorak: narančasto-bijela -ispiranje: bijelo-bijela
Vrijeme uvođenja	45 s
Vrijeme ispiranja	60 s
Analiza plazme	Automatska (<i>Auto View</i>)
Maksimalno vrijeme mjerenja	-niske valne duljine (160 - 230 nm): 15 s -visoke valne duljine (230 - 847 nm): 5 s
Kalibracijske otopine	0 µg L ⁻¹
Otopine za ispiranje	Amonij laktat, otopina Mehlich-3



Slika 9. Atomski emisijski spektrometar uz induktivno spregnutu plazmu (ICP-AES) Thermo Fisher, iCAP 6300 (foto: Josip Jurić)

3.7. Statističke analize

Statističke analize obavljene su u programu "Statistica 8" (StatSoft, Inc., 2007). Za sve analizirane varijable (pH-vrijednost, granulometrijski sastav tla, udjel makro- i mikrohraniva ekstrahiranih iz tla metodom Mehlich-3 napravljena je deskriptivna statistika: broj uzoraka, aritmetička sredina, standardna devijacija, koeficijent varijacije, standardna pogreška aritmetičke sredine, minimum, maksimum, donji kvartil, medijan i gornji kvartil. Razina značajnosti od 5 % smatra se statistički značajanom.

Međusobne razlike između pojedinih kultura i kontrolnih ploha testirane su analizom varijance (ANOVA) ako je zadovoljen uvjet homogenosti varijance (*Levene's test for homogeneity of Variances*). Za varijable kod kojih nije zadovoljen test homogenosti varijance korišten je Kruskal-Wallisov neparametrijski test.

Ako je analiza varijance pokazala da postoji statistički značajna razlika između promatranih varijabli *post hoc* testom (*Tukey HSD test*) ispitano je koje grupe čine razliku.

Statističkom obradom podataka obrađeni su bakar (Cu) i cink (Zn), no rezultati navedenih elemenata bili su ispod razine detekcije, stoga isti nisu uzeti u interpretaciji rezultata jer njihove vrijednosti nisu statistički interpretativne.

4. REZULTATI

4.1. Deskriptivna statistika fiziografskih značajki tla

Tablica 3. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 0 do 10 cm u kontrolnim plohama (K), kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B)

0 - 10 cm											
Kontrolne plohe											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
pH_H ₂ O		15	5,57	5,12	4,53	7,19	4,87	6,53	0,90	16,11	0,23
pH_CaCl ₂		15	4,57	3,98	3,58	6,61	3,81	5,66	1,09	23,97	0,28
Ca	mg kg ⁻¹	9	112,00	81,94	14,59	301,73	46,61	155,62	89,41	79,83	29,80
Fe		9	80,57	78,12	40,59	128,95	49,80	103,45	34,12	42,35	11,37
K ₂ O		9	22,24	20,94	12,08	44,26	17,56	21,87	9,20	41,35	3,07
Mg		9	17,37	14,32	7,15	31,20	11,96	19,11	7,78	44,83	2,59
Mn		9	13,36	12,58	7,73	20,46	10,61	16,31	4,35	32,54	1,45
P ₂ O ₅		9	41,56	45,16	8,92	66,59	34,98	50,07	17,19	41,35	5,73
S		9	11,59	12,60	7,02	14,53	9,68	13,46	2,49	21,47	0,83
Obični bor											
pH_H ₂ O		15	4,70	4,74	4,29	4,91	4,62	4,84	0,17	3,62	0,04
pH_CaCl ₂		15	3,71	3,74	3,34	3,91	3,60	3,85	0,17	4,49	0,04
Ca	mg kg-1	8	169,67	149,67	85,56	283,22	122,43	222,18	67,08	39,54	23,72
Fe		9	187,51	162,07	88,33	310,55	143,71	254,69	72,84	38,85	24,28
K ₂ O		9	38,90	35,07	19,89	85,14	28,11	37,99	19,44	49,98	6,48
Mg		9	30,55	26,27	11,29	76,95	19,71	31,11	19,75	64,66	6,58
Mn		9	16,56	13,98	9,68	30,57	11,85	18,90	7,00	42,25	2,33
P ₂ O ₅		9	39,69	46,30	20,66	59,20	23,82	51,95	15,86	39,95	5,29
S		9	20,86	16,94	9,34	42,06	15,66	25,30	10,14	48,60	3,38
Crni bor											
pH_H ₂ O		15	4,47	4,52	4,11	4,75	4,31	4,60	0,18	3,93	0,05
pH_CaCl ₂		15	3,51	3,53	3,28	3,69	3,44	3,58	0,11	3,10	0,03
Ca	mg kg ⁻¹	9	136,11	107,07	50,46	340,88	89,05	147,85	86,21	63,34	28,74
Fe		9	197,81	195,01	111,86	281,22	125,36	250,39	68,33	34,54	22,78
K ₂ O		9	36,86	26,84	20,30	67,78	22,17	55,90	19,41	52,66	6,47
Mg		9	23,04	19,77	11,71	46,85	16,41	27,48	10,80	46,86	3,60
Mn		9	16,97	15,59	5,97	27,08	10,94	24,19	8,33	49,11	2,78
P ₂ O ₅		9	42,49	43,71	23,75	70,73	24,30	50,18	16,44	38,69	5,48
S		9	18,04	13,35	9,66	29,93	12,62	24,14	7,65	42,41	2,55
Bagrem											
pH_H ₂ O		15	4,88	4,83	4,52	5,37	4,69	5,11	0,25	5,17	0,07
pH_CaCl ₂		15	3,85	3,77	3,60	4,23	3,73	4,02	0,18	4,77	0,05
Ca	mg kg ⁻¹	8	170,45	159,94	132,96	219,44	136,56	209,09	37,23	21,84	13,16
Fe		9	157,48	157,08	112,57	232,64	125,50	185,49	41,42	26,31	13,81
K ₂ O		9	35,47	32,80	24,14	52,99	31,09	35,53	9,67	27,26	3,22
Mg		9	21,51	21,22	16,19	32,80	18,06	23,20	5,07	23,59	1,69
Mn		9	18,00	16,74	8,72	38,50	10,72	20,41	9,81	54,50	3,27
P ₂ O ₅		9	72,92	77,14	42,75	102,67	60,32	84,09	20,39	27,96	6,80
S		9	21,09	19,87	14,07	36,88	18,74	21,11	6,39	30,30	2,13

Tablica 4. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 10 do 20 cm u kontrolnim plohama (K), kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B)

10 - 20 cm											
Kontrolne plohe											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
pH_H ₂ O		15	5,52	5,16	4,82	7,14	5,05	6,00	0,72	12,95	0,18
pH_CaCl ₂		15	4,56	4,18	3,68	6,28	4,09	4,95	0,76	16,77	0,20
Ca	mg kg ⁻¹	9	59,45	29,43	6,54	270,92	14,58	68,81	83,54	140,51	27,85
Fe		9	56,86	58,63	36,58	79,22	46,22	61,34	13,29	23,38	4,43
K ₂ O		9	17,15	14,48	7,97	35,66	12,58	20,66	8,08	47,13	2,69
Mg		9	10,09	8,73	3,76	19,56	5,94	13,94	5,26	52,19	1,75
Mn		9	8,92	7,89	6,73	13,44	7,54	9,99	2,07	23,22	0,69
P ₂ O ₅		9	35,98	30,39	18,88	57,77	27,87	44,66	13,46	37,40	4,49
S		9	9,13	9,53	5,06	14,67	6,89	10,01	2,94	32,20	0,98
Obični bor											
pH_H ₂ O		15	4,91	4,88	4,72	5,08	4,85	4,98	0,10	2,02	0,03
pH_CaCl ₂		15	3,99	4,01	3,64	4,15	3,98	4,06	0,13	3,29	0,03
Ca	mg kg ⁻¹	9	38,56	29,29	19,02	87,23	25,69	45,28	21,83	56,61	7,28
Fe		9	104,18	107,31	62,94	137,02	95,53	113,72	21,22	20,37	7,07
K ₂ O		9	23,91	23,95	20,40	30,63	21,34	24,64	3,35	14,02	1,12
Mg		9	9,30	8,67	5,45	14,63	6,82	10,22	3,34	35,91	1,11
Mn		9	21,06	20,57	12,92	31,38	17,43	23,46	5,43	25,78	1,81
P ₂ O ₅		9	39,15	36,06	19,31	71,65	33,53	42,16	14,17	36,19	4,72
S		9	13,14	12,06	8,90	20,31	11,50	14,07	3,41	25,97	1,14
Crni bor											
pH_H ₂ O		15	4,78	4,77	4,61	5,17	4,65	4,87	0,15	3,17	0,04
pH_CaCl ₂		15	3,92	3,92	3,68	4,04	3,86	3,97	0,09	2,26	0,02
Ca	mg kg ⁻¹	9	28,87	27,95	14,33	50,75	24,35	31,60	10,84	37,54	3,61
Fe		9	113,78	112,99	74,80	161,79	87,10	127,77	30,73	27,00	10,24
K ₂ O		9	27,22	27,31	16,23	37,44	21,52	33,38	8,02	29,46	2,67
Mg		9	8,60	8,56	5,20	12,43	7,89	9,46	2,06	23,95	0,69
Mn		9	21,94	21,60	6,30	49,82	15,06	25,94	13,12	59,82	4,37
P ₂ O ₅		9	43,88	37,40	26,72	67,23	32,10	60,51	15,27	34,81	5,09
S		9	15,65	14,56	8,74	25,04	12,92	19,14	5,57	35,57	1,86
Bagrem											
pH_H ₂ O		15	4,90	4,83	4,63	5,13	4,76	5,09	0,17	3,45	0,04
pH_CaCl ₂		15	3,96	3,96	3,83	4,07	3,88	4,03	0,08	2,07	0,02
Ca	mg kg ⁻¹	9	51,58	49,05	26,57	89,88	35,07	57,17	19,72	38,23	6,57
Fe		9	116,96	109,96	91,90	153,87	104,82	129,51	19,66	16,81	6,55
K ₂ O		9	30,45	29,85	23,79	38,60	26,13	34,49	4,95	16,24	1,65
Mg		9	9,66	8,18	7,09	14,77	8,08	10,78	2,58	26,76	0,86
Mn		9	19,78	18,80	14,75	29,74	17,32	20,44	4,42	22,33	1,47
P ₂ O ₅		9	82,60	81,47	57,75	116,09	71,69	89,69	18,39	22,26	6,13
S		9	16,09	16,16	13,29	19,27	15,30	16,47	1,61	10,00	0,54

Tablica 5. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 20 do 50 cm u kontrolnim plohama (K), kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B)

20 - 50 cm											
Kontrolne plohe											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
pH_H ₂ O		15	5,62	5,50	5,04	6,29	5,33	5,87	0,38	6,75	0,10
pH_CaCl ₂		15	4,61	4,48	4,01	5,52	4,30	4,87	0,43	9,34	0,11
Ca	mg kg ⁻¹	9	48,90	45,27	11,13	103,15	18,52	62,36	33,08	67,65	11,03
Fe		9	55,50	52,47	46,95	72,25	51,43	60,20	8,17	14,73	2,72
K ₂ O		9	23,43	17,06	10,05	55,89	12,99	28,88	14,38	61,39	4,79
Mg		9	11,81	13,75	5,78	18,78	7,59	14,94	4,98	42,17	1,66
Mn		9	13,26	11,55	7,91	19,73	10,32	18,80	4,68	35,33	1,56
P ₂ O ₅		9	22,64	17,14	8,06	40,42	13,91	29,95	11,56	51,06	3,85
S		9	6,28	6,76	3,05	9,16	5,17	7,19	1,89	30,04	0,63
Obični bor											
pH_H ₂ O		15	5,03	5,05	4,78	5,30	4,91	5,14	0,14	2,83	0,04
pH_CaCl ₂		15	4,15	4,17	3,96	4,34	4,08	4,22	0,10	2,31	0,02
Ca	mg kg ⁻¹	9	21,57	18,79	10,61	40,85	16,60	22,27	9,24	42,82	3,08
Fe		9	79,49	70,51	52,29	140,44	69,95	91,28	26,55	33,40	8,85
K ₂ O		9	24,81	22,59	18,84	35,31	20,34	27,38	5,76	23,22	1,92
Mg		9	6,90	7,16	3,97	11,52	5,24	7,33	2,41	34,93	0,80
Mn		9	21,90	20,85	16,98	30,97	19,80	23,59	4,10	18,74	1,37
P ₂ O ₅		9	36,59	29,90	20,80	95,10	22,87	40,39	23,49	64,19	7,83
S		9	12,93	11,15	8,50	22,39	9,32	15,18	4,48	34,62	1,49
Crni bor											
pH_H ₂ O		15	4,97	4,91	4,77	5,31	4,86	5,01	0,17	3,44	0,04
pH_CaCl ₂		15	4,06	4,06	3,91	4,19	4,04	4,12	0,07	1,78	0,02
Ca	mg kg ⁻¹	9	26,76	27,04	14,03	33,50	23,99	33,22	6,69	24,98	2,23
Fe		9	92,23	86,57	62,06	146,43	79,39	103,39	24,67	26,74	8,22
K ₂ O		9	31,36	28,16	20,05	48,01	26,67	35,43	8,91	28,42	2,97
Mg		9	7,96	7,64	5,61	9,94	6,73	9,03	1,58	19,86	0,53
Mn		9	23,32	22,24	13,38	40,53	20,89	24,59	7,61	32,65	2,54
P ₂ O ₅		9	30,47	24,25	16,04	66,40	22,70	27,79	16,35	53,67	5,45
S		9	15,99	13,92	11,13	27,36	12,09	19,02	5,27	32,99	1,76
Bagrem											
pH_H ₂ O		15	5,13	5,17	4,71	5,50	4,96	5,31	0,23	4,48	0,06
pH_CaCl ₂		15	4,20	4,21	4,00	4,41	4,12	4,27	0,12	2,82	0,03
Ca	mg kg ⁻¹	9	53,94	42,89	18,52	145,42	30,03	65,89	38,69	71,73	12,90
Fe		9	100,59	100,35	84,03	123,70	90,49	108,44	13,46	13,38	4,49
K ₂ O		9	33,54	30,92	20,03	45,25	30,56	36,25	7,86	23,43	2,62
Mg		9	10,24	8,59	5,52	24,42	7,58	10,90	5,69	55,52	1,90
Mn		9	24,41	21,55	17,57	33,35	20,21	30,16	6,13	25,11	2,04
P ₂ O ₅		9	46,23	43,51	19,68	78,94	25,38	56,55	22,44	48,54	7,48
S		9	14,45	13,14	11,26	18,59	12,47	18,22	3,06	21,17	1,02

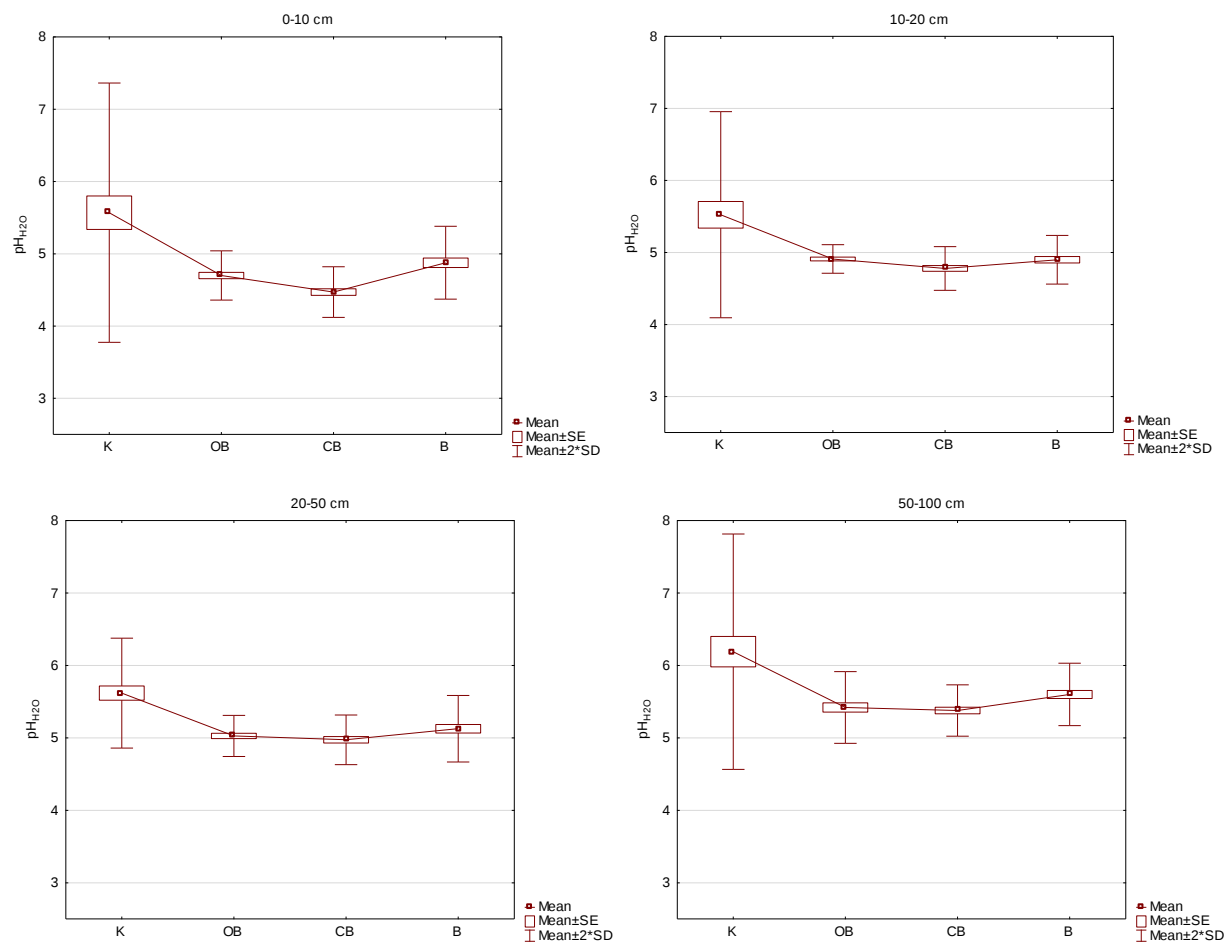
Tablica 6. Deskriptivna statistika za fiziografske značajke tla za dubinu od 50 do 100 cm u kontrolnim plohama (K), kulturama običnog bora (OB), crnog bora (CB) i bagrema (B)

50 - 100 cm											
Kontrolne plohe											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
pH_H ₂ O		15	6,19	5,95	5,35	8,84	5,84	6,38	0,81	13,12	0,21
pH_CaCl ₂		15	5,29	5,25	4,44	7,37	4,70	5,52	0,73	13,86	0,19
Ca	mg kg ⁻¹	8	124,90	109,84	43,70	340,35	69,45	128,27	92,76	74,27	32,80
Fe		9	58,77	59,18	37,09	85,95	47,31	71,34	15,68	26,69	5,23
K ₂ O		9	24,43	18,15	13,99	45,91	15,98	31,82	11,25	46,04	3,75
Mg		9	21,68	21,88	12,70	35,27	15,33	22,95	7,26	33,51	2,42
Mn		9	18,12	18,16	10,12	25,02	14,85	21,61	5,01	27,63	1,67
P ₂ O ₅		9	12,79	14,13	2,76	26,75	6,61	14,95	6,98	54,60	2,33
S		9	9,29	5,53	2,39	32,20	4,72	7,11	9,36	100,71	3,12
Obični bor											
pH_H ₂ O		15	5,42	5,37	5,03	5,79	5,19	5,63	0,25	4,56	0,06
pH_CaCl ₂		15	4,35	4,34	4,05	4,67	4,20	4,53	0,18	4,22	0,05
Ca	mg kg ⁻¹	9	57,61	39,05	16,58	139,32	20,33	80,12	46,07	79,96	15,36
Fe		9	72,75	70,38	41,13	108,00	63,02	83,62	18,85	25,90	6,28
K ₂ O		9	28,06	27,12	14,46	43,51	22,72	30,24	8,69	30,98	2,90
Mg		9	12,32	9,09	6,45	24,64	7,16	16,89	6,38	51,77	2,13
Mn		9	22,80	24,57	13,31	37,68	14,63	26,37	8,11	35,59	2,70
P ₂ O ₅		9	17,63	15,10	7,26	34,96	10,94	24,38	9,11	51,65	3,04
S		9	10,96	8,88	7,39	16,44	8,63	13,86	3,36	30,68	1,12
Crni bor											
pH_H ₂ O		15	5,38	5,37	5,08	5,68	5,28	5,51	0,18	3,30	0,05
pH_CaCl ₂		15	4,32	4,34	4,04	4,54	4,19	4,44	0,15	3,39	0,04
Ca	mg kg ⁻¹	9	114,17	133,63	17,74	236,16	61,33	148,67	68,95	60,40	22,98
Fe		9	88,39	87,30	48,50	153,71	65,70	97,93	32,80	37,11	10,93
K ₂ O		9	39,71	33,60	26,03	75,19	29,63	40,17	15,26	38,43	5,09
Mg		9	27,62	26,60	6,29	57,63	15,24	33,92	15,43	55,88	5,14
Mn		9	25,89	22,10	11,27	46,63	14,07	37,48	13,37	51,64	4,46
P ₂ O ₅		9	20,75	18,72	10,10	42,00	14,08	22,09	10,80	52,03	3,60
S		9	18,81	16,19	6,77	29,64	12,89	26,49	8,59	45,64	2,86
Bagrem											
pH_H ₂ O		15	5,60	5,70	5,11	5,84	5,49	5,73	0,22	3,84	0,06
pH_CaCl ₂		15	4,64	4,66	4,24	4,94	4,47	4,84	0,21	4,63	0,06
Ca	mg kg ⁻¹	9	96,34	93,20	52,50	141,81	72,24	116,23	31,50	32,70	10,50
Fe		9	90,80	95,24	53,69	112,53	81,34	99,15	17,87	19,68	5,96
K ₂ O		9	39,38	36,00	25,59	56,03	31,09	46,62	11,11	28,22	3,70
Mg		9	18,03	18,26	9,62	24,32	15,83	20,35	4,65	25,79	1,55
Mn		9	23,30	22,20	13,34	49,29	13,96	26,02	11,32	48,56	3,77
P ₂ O ₅		9	32,95	35,23	13,53	53,66	30,53	37,79	11,94	36,24	3,98
S		9	14,43	10,16	6,45	33,33	7,70	20,42	9,41	65,18	3,14

4.2. Analiza varijance

U ovom potpoglavlju statistički su analizirane i opisane sljedeće značajke tla: pH-vrijednost te udjel mikro- i makrohraniva.

4.2.1. pH-vrijednost tla



Slika 10. pH_{H2O}-vrijednost u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), kulture crnog bora (CB) i kulture običnog bagrema (B)

Na kontrolnim plohama zabilježena je statistički značajno viša pH-vrijednost za sve dubine tla (0 – 10, 10 – 20, 20 – 50 i 50 – 100 cm) (slika 10) u odnosu na kulture običnog i crnog

bora, dok se kulture bagrema za dubinu od 0 – 10 cm nije statistički značajno od kontrolnih ploha. Trend kretanja pH-vrijednosti za pH_{H_2O} i pH_{CaCl_2} vrlo je sličan pa je u diplomskom radu prikazana samo pH_{H_2O} -vrijednost.

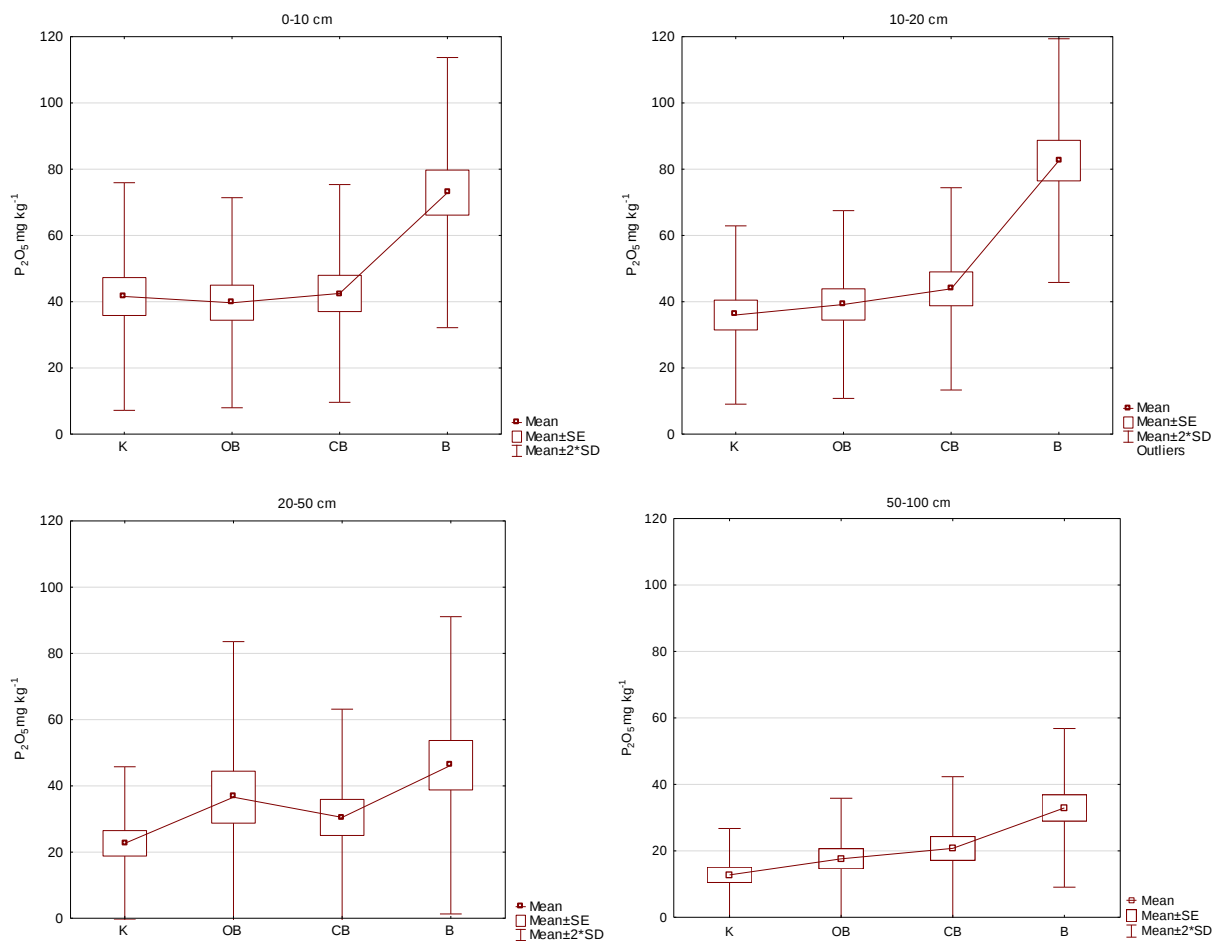
pH_{H_2O} -vrijednost na dubini od 0 – 10 cm je najveća na kontrolnoj plohi (K) (pH_{H_2O} – 5,57) i ona se statistički značajno razlikuje ($p < 0.0001$) od kultura običnog bora (OB) i kultura crnog bora (CB), dok između kontrolne plohe i kulture bagrema (B) nema statistički značajne razlike. U kulturi OB pH_{H_2O} -vrijednost iznosi 4,70, u kulturi CB 4,47, dok je u kulturi B 4,88. S porastom dubine pH-vrijednost se statistički značajno razlikuje između kontrolnih ploha i kultura OB, CB i B na svim dubinama (10 – 20, 20 – 50 i 50 – 100 cm) (tablica 7).

Tablica 7. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za pH_{H_2O}

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
pH_{H_2O}	0 - 10 cm	0,489	0,047	10,50189	0,0001	(K - OB, CB)	K-W: H (3, N= 60) = 32.758, $p < 0.0001$
	10 - 20 cm	0,222	0,023	9,49672	0,0001	(K - OB, CB, B)	K-W: H (3, N= 60) = 24.925, $p < 0.0001$
	20 - 50 cm	0,043	0,018	2,43178	0,0831	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 13.49, $p < 0.0001$
	50 - 100 cm	0,016	0,012	1,36137	0,2728	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 11.71, $p < 0.0001$

4.2.2. Makrohraniva

4.2.2.1. Fosfor (P)



Slika 11. Udio P_2O_5 u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B)

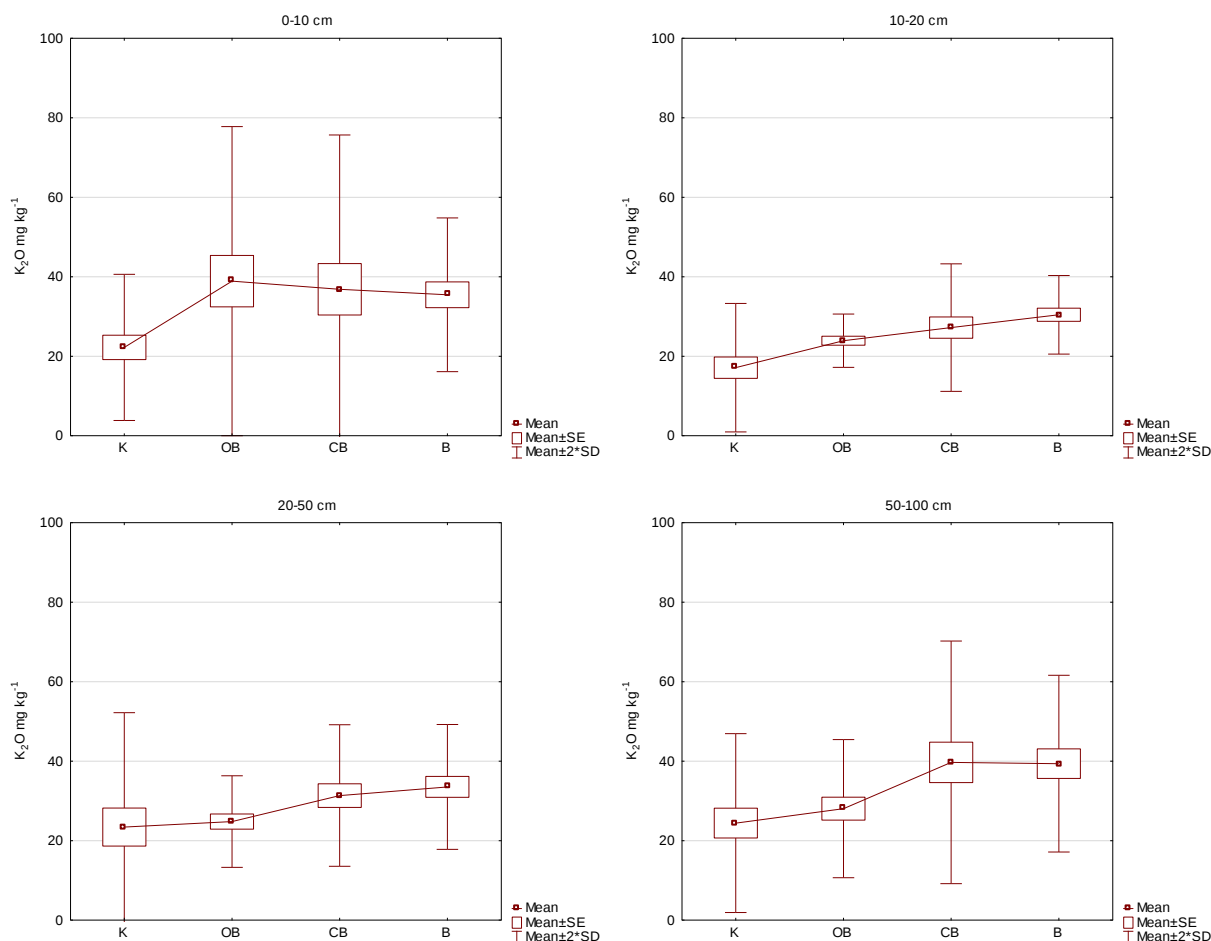
Statistički značajne veće razlike udjela fosfora za dubine tla 0 – 10, 10 – 20 i 50 – 100 cm utvrđene su u bagremovim kulturama u odnosu na kulture OB, CB i kontrolne plohe, dok za dubinu 20 – 50 cm nisu utvrđene statistički značajne razlike (tablica 8). Na dubini od 0 – 10 cm najveći udio P_2O_5 ima kultura B ($72,92\ mg\ kg^{-1}$), dok najmanji udio ima kultura OB ($39,69\ mg\ kg^{-1}$). Na dubinama od 10 – 20, 20 – 50 i 50 – 100 cm kontrolne plohe bilježe najmanji udio P_2O_5

(35,98; 22,64; 12,79 mg kg⁻¹), a najveći udio P₂O₅ bilježe kulture B (82,60; 46,23; 32,95 mg kg⁻¹) (slika 11).

Tablica8. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za P₂O₅

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
P ₂ O ₅	0 - 10 cm	44,255	82,369	0,5373	0,6604	(B - K, OB, CB)	ANOVA: F = 6.7236, p = 0.0013
	10 - 20 cm	44,270	75,632	0,5853	0,6290	(B - K, OB, CB)	ANOVA: F = 6.7992, p = 0.0011
	20 - 50 cm	130,717	132,3345	0,9878	0,4109	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 2.452, p = 0.0812
	50 - 100 cm	37,187	37,924	0,9806	0,4146	(B - K, OB)	ANOVA: F = 6.049, p = 0.0023

4.2.2.2. Kalij (K)



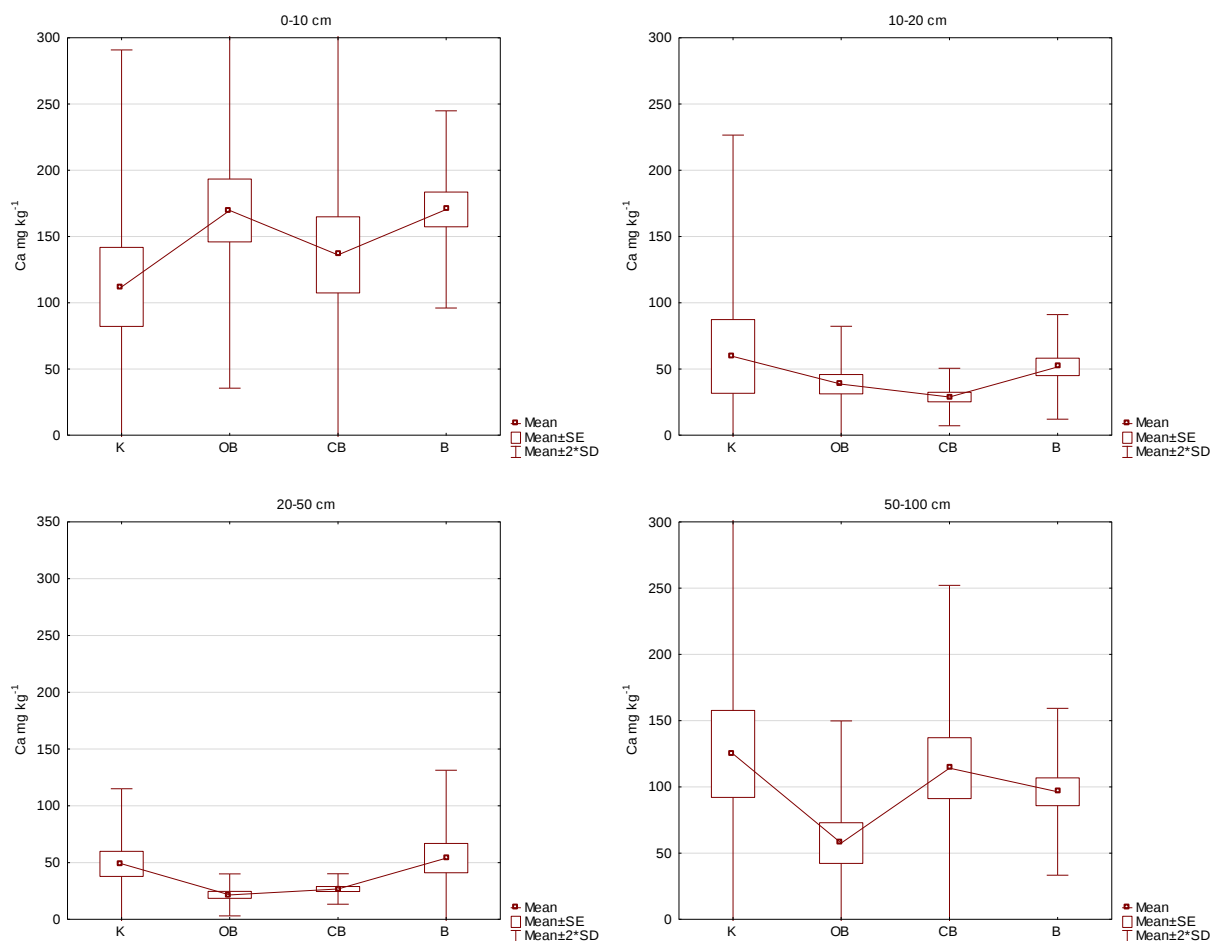
Slika 12. Udio K_2O u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B).

Na kontrolnim ploham zabilježen je niži udio K_2O na svim dubinama tla (0 – 10, 10 – 20, 20 – 50, 50 – 100 cm) (slika 12), a statistički značajni niži udio K_2O na dubini od 10 – 20 cm u odnosu na kulturu crnog bora (CB) te kulture bagrema (B) (tablica 9). Na dubini od 0 – 10 cm kontrolna ploha ima najmanji udio K_2O (22,24 mg kg^{-1}), dok najveći udio K_2O ima kultura OB (38,90 mg kg^{-1}). Na dubini od 10 – 20, 20 – 50 i 50 – 100 cm kontrolna ploha također ima najmanji udio K_2O (17,15; 23,43; 24,43 mg kg^{-1}), dok najveće vrijednosti bilježe kulture bagrema (30,45; 33,54; 39,71 mg kg^{-1}).

Tablica 9. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za K₂O

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
K ₂ O	0 - 10 cm	257,431	45,717	5,6310	0,0035	nema statistički značajne razlike	K-W: H (3, N= 36) =10.780, p = 0.0129
	10 - 20 cm	33,469	12,900	2,5945	0,0696	(K - CB, B)	ANOVA: F = 7.0486, p = 0.0009
	20 - 50 cm	56,105	33,4243	1,6786	0,1912	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 2.288, p = 0.0973
	50 - 100 cm	27,664	46,520	0,5947	0,6232	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 3.389, p = 0.0302

4.2.2.3. Kalcij (Ca)



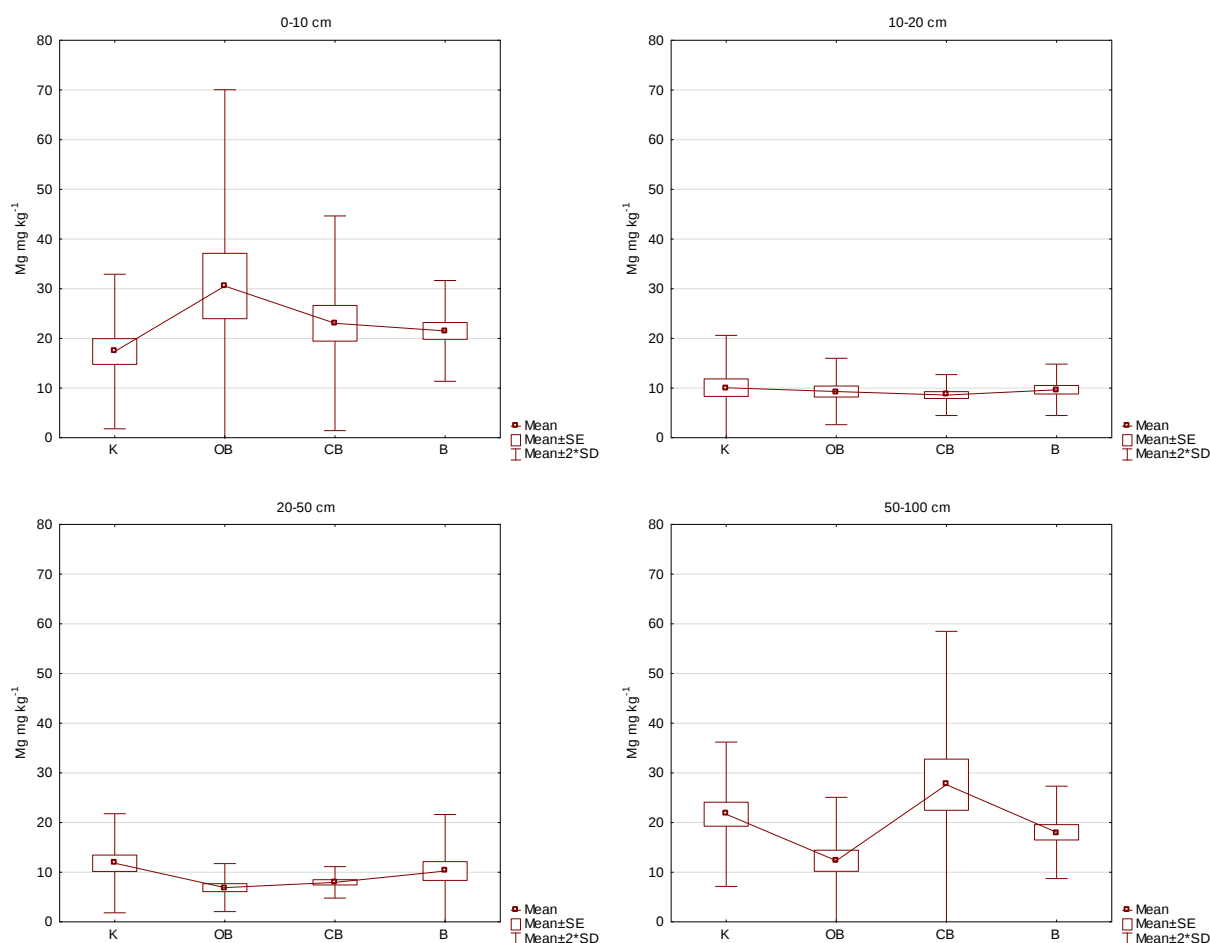
Slika 13. Udio Ca u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B)

Udio Ca nije se statistički značajno razlikovao između pojedinih kultura i kontrolne plohe, izuzev statističko značajne veće razlike kulture B u odnosu na kulturu OB na dubini 20 – 50 cm (tablica 10). Najveći udjeli Ca su u površinskom sloju tla, s porastom dubine (10 – 20 i 20 – 50 cm) udio Ca opada, međutim na dubini od 50 – 100 cm raste na slične vrijednosti kao i u površinskom sloju tla. Generalno se može zaključiti da su utvrđeni veći udjeli Ca na kontrolnoj plohi i kulturi B u odnosu na kulture OB i CB (slika 13).

Tablica 10. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Ca

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
Ca	0 - 10 cm	1969,465	1969,773	0,9998	0,4064	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 1.2480, p = 0.3098
	10 - 20 cm	3875,068	1026,132	3,7764	0,0199	nema statistički značajne razlike	K-W: H (3, N= 36) = 5.547, p = 0.1359
	20 - 50 cm	1275,065	269,049	4,7391	0,0076	(OB - B)	K-W: H (3, N= 36) = 9.547, p = 0.0228
	50 - 100 cm	1834,883	1752,485	1,0470	0,3856	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 1.915, p = 0.1476

4.2.2.4. Magnezij (Mg)



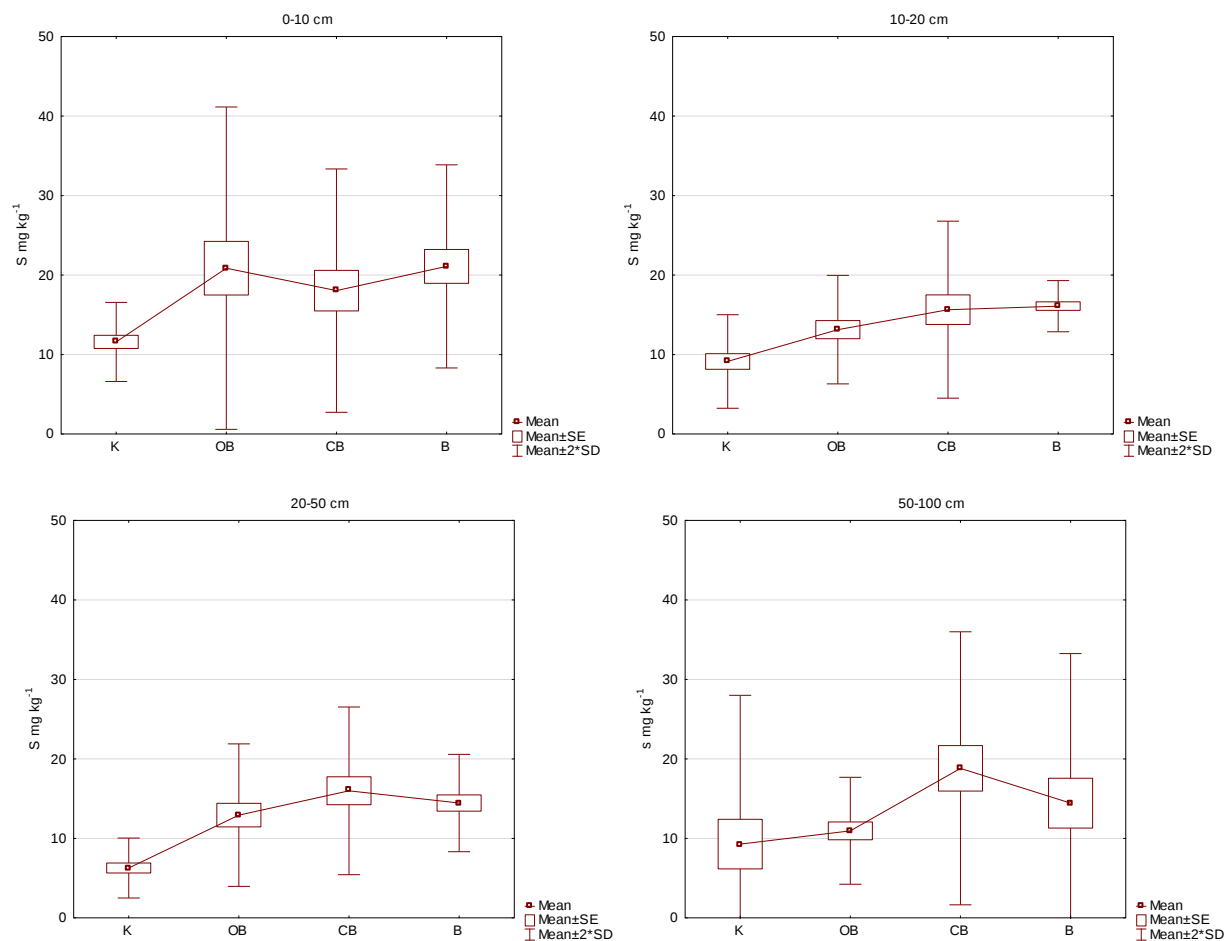
Slika 14. Udio Mg u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B).

Udjeli Mg po dubinama ponašaju se kao i udjeli Ca. Najveći udjeli Mg su u površinskom sloju tla, s porastom dubine (10 – 20 i 20 – 50 cm) udjeli padaju i zatim na dubini od 50 – 100 cm rastu na slične vrijednosti kao i u površinskom sloju tla (slika 14). Udio Mg nije se statistički značajno razlikovao između pojedinih kultura i kontrolne plohe, izuzev statističko značajne veće razlike kulture CB u odnosu na kulturu OB na dubini 50 – 100 cm (tablica 11).

Tablica 11. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Mg

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
Mg	0 - 10 cm	52,702	23,698	2,2239	0,1058	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 1.2544, p = 0.3076
	10 - 20 cm	13,656	3,582	3,8120	0,0192	nema statistički značajne razlike	K-W: H (3, N= 36) = 0.341, p = 0.9521
	20 - 50 cm	18,608	5,937	3,1340	0,0390	nema statistički značajne razlike	K-W: H (3, N= 36) = 6.369, p = 0.0950
	50 - 100 cm	109,694	33,128	3,3112	0,0328	(OB - CB)	K-W: H (3, N= 36) = 8.726, p = 0.0332

4.2.2.5. Sumpor(S)



Slika 15. Udio S u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B)

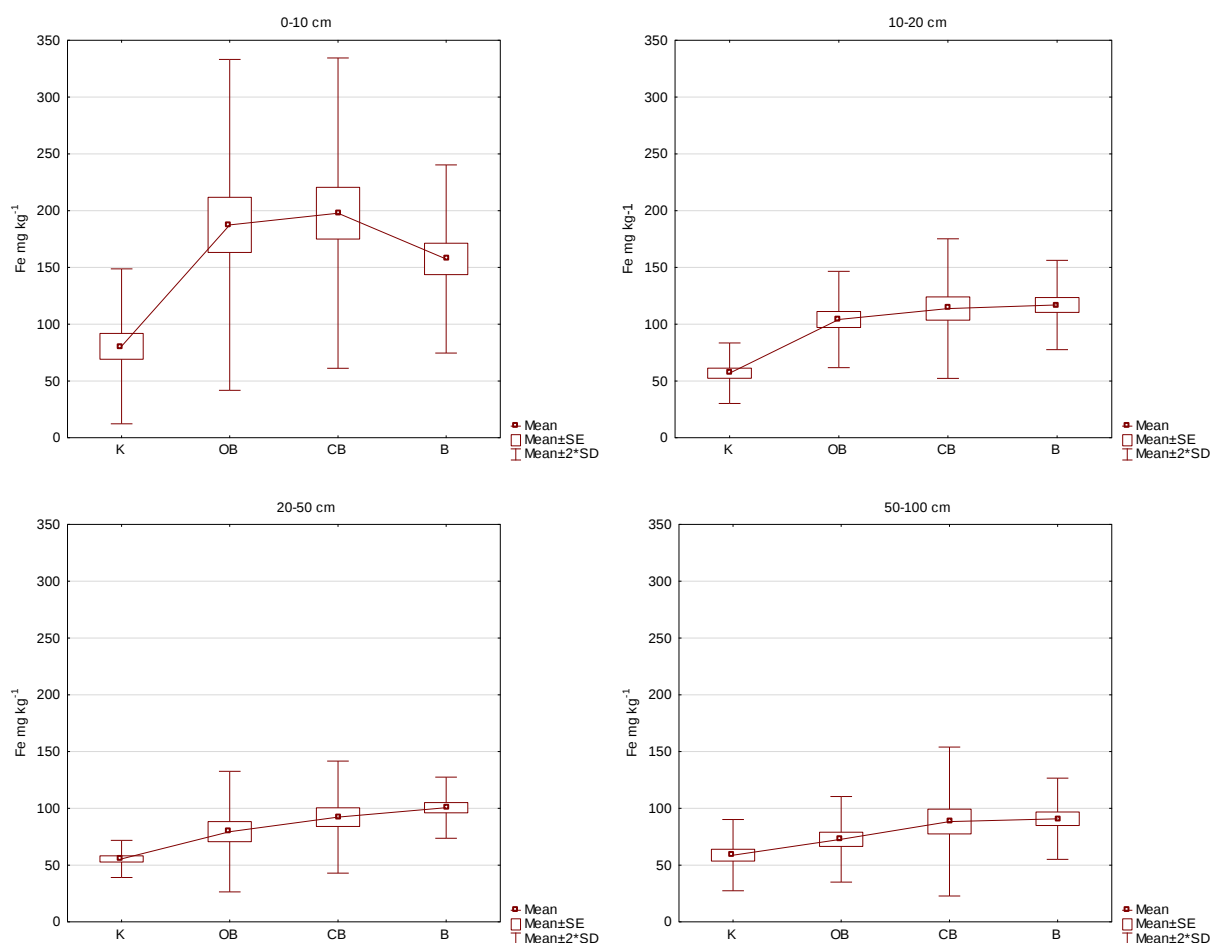
Najniži udjeli sumpora utvrđeni su na kontrolnim ploham i on se statistički značajno razlikuje od kultura B na dubinama 0 – 10, 10 – 20 i 20 – 50 cm, kultura CB na dubinama 10 – 20, 20 – 50 i 50 – 100 cm, dok se od kulture OB statistički značajno razlikuje na dubini 20 – 50 cm (tablica 12). Za sve dubine, najmanji udio S imaju kontrolne plohe (11,58; 9,13; 6,28; 9,29 mg kg⁻¹), dok najveći udio S bilježe kulture CB i B (21,09; 15,99; 16,09; 18,81 mg kg⁻¹) (slika 15).

Tablica 12. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za S

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
S	0 - 10 cm	53,906	4,945	10,9009	0,0001	(K - B)	K-W: H (3, N= 36) =10.461, p = 0.0150
	10 - 20 cm	17,913	4,416	4,0561	0,0150	(K - CB, B)	K-W: H (3, N= 36) = 14.960, p = 0.0019
	20 - 50 cm	10,628	4,6537	2,2837	0,0978	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 10.828, p < 0.0001
	50 - 100 cm	72,423	10,156	7,1309	0,0009	(K - CB)	K-W: H (3, N= 36) = 9.555, p = 0.0228

4.2.3. Mikrohraniva

4.2.3.1. Željezo (Fe)



Slika 16. Udio Fe u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B)

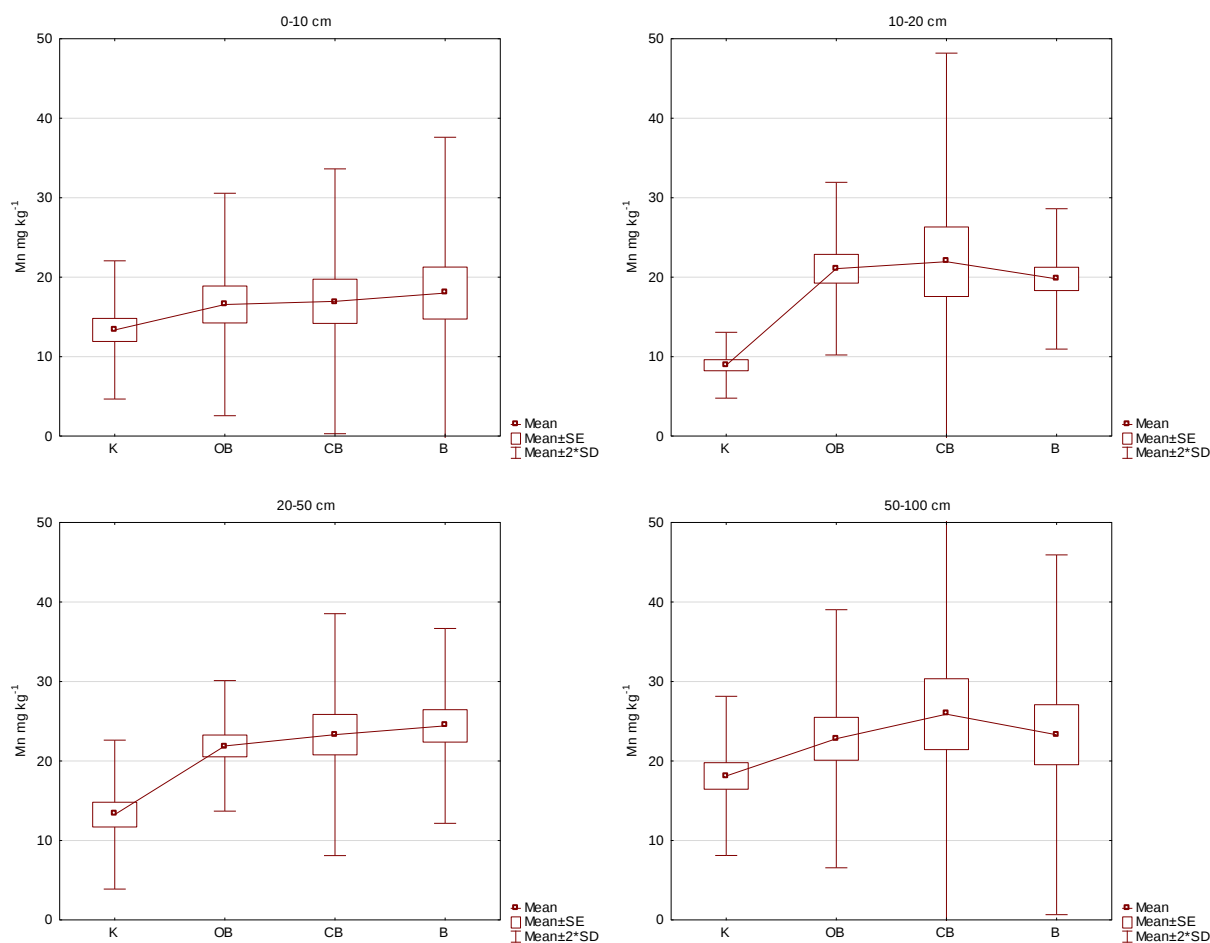
Na kontrolnim plohama zabilježen je statistički značajno niži udio Fe na svim dubinama (0 – 10, 10 – 20, 20 – 50 i 50 – 100 cm) u odnosu na kulture običnog i crnog bora te kulture bagrema (tablica 13). Na dubini od 0 – 10 cm najveći udjel željeza imaju kulture crnog bora ($197,81 \text{ mg kg}^{-1}$), a najmanji kontrolna ploha ($80,57 \text{ mg kg}^{-1}$). Na dubini od 10 – 20 cm kontrolna ploha ima najmanji udio Fe ($56,86 \text{ mg kg}^{-1}$), dok najveću i udjel ima kultura bagrema ($116,96 \text{ mg kg}^{-1}$). Isto tako na dubini od 20 – 50 cm i 50 – 100 cm na kontrolnoj plohi najmanji

je udio Fe (55,50; 58,77 mg kg⁻¹), a na istim dubinama najveći udio imaju kulture bagrema (100,59; 90,80 mg kg⁻¹) (slika 16).

Tablica13. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Fe

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
Fe	0 - 10 cm	1946,193	868,724	2,2403	0,1040	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 7.4132, p = 0.0007
	10 - 20 cm	297,259	160,239	1,8551	0,1571	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 14.3411, p < 0.0001
	20 - 50 cm	305,563	155,1558	1,9694	0,1384	(K - OB, CB)	ANOVA: F = 8.909, p = 0.0002
	50 - 100 cm	296,964	183,404	1,6192	0,2050	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 3.409, p = 0.0296

4.2.3.2. Mangan (Mn)



Slika 17. Udio Mn u slojevima tla dubine 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm i 50 – 100 cm za kontrolne plohe (K), kulture običnog bora (OB), crnog bora (CB) i običnog bagema (B)

Udjeli Mn se po plohama odnose slično kao i udjeli Fe. Kontrolne plohe imaju statistički značajno niže vrijednosti na dubinama od 10 – 20 i 20 – 50 cm u odnosu na kulture OB, CB i B. Na dubinama od 0 – 10 i 50 – 100 cm nisu zabilježene statistički značajne razlike između kontrolnih ploha i navedenih kultura, a razlog leži u velikoj varijabilnosti uzoraka (tablica 14). Na dubini od 0 – 10 cm najveći udio Mn imaju kulture B (18,00 mg kg⁻¹), a najmanju vrijednost kontrolna ploha (13,36 mg kg⁻¹). Porastom dubine, kontrolne plohe i dalje bilježe najmanje

vrijednosti Mn (8,92; 13,26; 18,12 mg kg⁻¹), dok najveći udio imaju kulture CB i B (21,94; 24,41; 25,89 mg kg⁻¹) (slika 17).

Tablica14. Levenov test homogenosti varijance, analiza varijance (ANOVA) i Kruskal-Wallisov test za varijable s nehomogenom varijancom za Mn

Varijabla	Dubina	Levenov test homogenosti varijance				Test	
		MS	MS	F	p		
Mn	0 - 10 cm	20,601	11,358	1,8139	0,1659	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 0.4490, p = 0.7919
	10 - 20 cm	92,550	25,126	3,6835	0,0219	(K - OB, CB, B)	K-W: H (3, N= 36) = 14.556, p = 0.0022
	20 - 50 cm	8,939	12,5577	0,7118	0,5521	(K - OB, CB, B)	ANOVA: F = 6.917, p = 0.0011
	50 - 100 cm	78,837	27,979	2,8177	0,0553	nema statistički značajne razlike	ANOVA: F = 0.888, p = 0.4581

4.3. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla (GST)

Tablica 15. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla (GST) za kontrolne plohe (K)

Kontrolna ploha (K)											
0-10 cm											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
KP	%	3	74,81	74,10	67,61	82,71	67,61	82,71	7,58	10,13	4,37
SP			20,16	20,71	14,77	25,01	14,77	25,01	5,14	25,49	2,97
KPr			0,95	1,19	0,30	1,35	0,30	1,35	0,57	60,10	0,33
SPr			1,01	0,96	0,73	1,35	0,73	1,35	0,31	30,64	0,18
G			3,07	2,65	1,49	5,08	1,49	5,08	1,84	59,71	1,06
10-20 cm											
KP	%	3,00	75,70	76,02	71,03	80,06	71,03	80,06	4,52	5,97	2,61
SP			19,99	19,60	17,49	22,89	17,49	22,89	2,72	13,60	1,57
KPr			1,35	1,33	0,42	2,30	0,42	2,30	0,94	69,47	0,54
SPr			1,27	1,35	1,06	1,39	1,06	1,39	0,18	14,40	0,11
G			1,68	1,70	0,97	2,39	0,97	2,39	0,71	42,11	0,41
20-50 cm											
KP	%	3	68,43	67,96	62,17	75,15	62,17	75,15	6,50	9,50	3,76
SP			27,48	27,21	20,59	34,65	20,59	34,65	7,04	25,60	4,06
KPr			1,00	1,09	0,77	1,13	0,77	1,13	0,20	20,16	0,12
SPr			1,36	1,56	0,92	1,61	0,92	1,61	0,39	28,29	0,22
G			1,73	1,52	1,49	2,17	1,49	2,17	0,38	22,18	0,22
50-100 cm											
KP	%	3	71,31	72,25	66,25	75,45	66,25	75,45	4,67	6,55	2,70
SP			25,28	24,18	21,33	30,31	21,33	30,31	4,59	18,16	2,65
KPr			0,60	0,77	0,00	1,03	0,00	1,03	0,53	89,33	0,31
SPr			1,37	1,19	1,01	1,90	1,01	1,90	0,47	34,47	0,27
G			1,45	1,44	1,35	1,54	1,35	1,54	0,09	6,37	0,05

KP – krupni pijesak; SP – sitni pijesak; KPr – krupni prah; SPr – sitni prah; G – glina

Tablica 16. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla (GST) za kulture običnog bora (OB)

Obični bor (OB)											
0-10 cm											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
KP	%	3	62,21	61,46	61,23	63,93	61,23	63,93	1,50	2,40	0,86
SP			30,06	29,91	26,72	33,55	26,72	33,55	3,42	11,37	1,97
KPr			1,82	1,70	1,39	2,37	1,39	2,37	0,50	27,46	0,29
SPr			2,81	1,71	1,22	5,48	1,22	5,48	2,33	83,03	1,35
G			3,10	2,74	2,37	4,20	2,37	4,20	0,96	31,05	0,56
10-20 cm											
KP	%	3	62,11	61,36	58,54	66,42	58,54	66,42	3,99	6,43	2,30
SP			29,68	30,76	27,51	30,77	27,51	30,77	1,88	6,34	1,09
KPr			1,79	1,72	0,68	2,96	0,68	2,96	1,14	63,80	0,66
SPr			2,19	0,46	0,00	6,11	0,00	6,11	3,40	155,41	1,97
G			4,24	4,88	1,68	6,15	1,68	6,15	2,31	54,39	1,33
20-50 cm											
KP	%	3	58,54	57,85	57,41	60,35	57,41	60,35	1,59	2,71	0,92
SP			32,72	33,98	28,11	36,07	28,11	36,07	4,12	12,60	2,38
KPr			1,94	1,73	0,85	3,25	0,85	3,25	1,21	62,39	0,70
SPr			3,01	2,31	1,03	5,69	1,03	5,69	2,41	80,02	1,39
G			3,79	4,14	1,70	5,54	1,70	5,54	1,94	51,21	1,12
50-100 cm											
KP	%	3	60,08	60,02	58,69	61,53	58,69	61,53	1,42	2,36	0,82
SP			34,72	35,55	31,46	37,16	31,46	37,16	2,94	8,46	1,70
KPr			1,37	1,44	0,93	1,73	0,93	1,73	0,40	29,62	0,23
SPr			1,63	1,12	1,09	2,69	1,09	2,69	0,92	56,04	0,53
G			2,20	2,38	1,62	2,59	1,62	2,59	0,51	23,21	0,29

KP – krupni pijesak; SP – sitni pijesak; KPr – krupni prah; SPr – sitni prah; G – glina

Tablica 17. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla (GST) za kulture crnog bora (CB)

Crni bor (CB)											
0-10 cm											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
KP	%	2	53,06	53,06	42,91	63,22	42,91	63,22	14,36	27,07	10,16
SP			33,16	33,16	23,66	42,65	23,66	42,65	13,43	40,50	9,50
KPr			3,75	3,75	3,30	4,20	3,30	4,20	0,64	16,93	0,45
SPr			5,03	5,03	4,73	5,34	4,73	5,34	0,44	8,65	0,31
G			4,99	4,99	4,47	5,51	4,47	5,51	0,73	14,71	0,52
10-20 cm											
KP	%	3	54,41	59,11	41,86	62,25	41,86	62,25	10,98	20,18	6,34
SP			33,51	29,91	24,55	46,08	24,55	46,08	11,21	33,44	6,47
KPr			3,57	3,62	3,32	3,76	3,32	3,76	0,23	6,37	0,13
SPr			4,65	5,15	3,54	5,25	3,54	5,25	0,96	20,63	0,55
G			3,86	4,42	2,42	4,76	2,42	4,76	1,26	32,70	0,73
20-50 cm											
KP	%	3	50,38	52,94	42,35	55,87	42,35	55,87	7,11	14,12	4,11
SP			33,13	32,20	25,31	41,87	25,31	41,87	8,32	25,11	4,80
KPr			5,36	5,67	4,51	5,88	4,51	5,88	0,74	13,79	0,43
SPr			5,87	4,98	4,86	7,76	4,86	7,76	1,64	27,92	0,95
G			5,26	5,25	4,00	6,55	4,00	6,55	1,28	24,24	0,74
50-100 cm											
KP	%	3	53,74	53,74	46,76	60,71	46,76	60,71	6,98	12,98	4,03
SP			30,31	30,19	21,69	39,05	21,69	39,05	8,68	28,63	5,01
KPr			4,74	4,41	4,41	5,40	4,41	5,40	0,57	12,07	0,33
SPr			6,02	4,61	3,70	9,74	3,70	9,74	3,26	54,15	1,88
G			5,19	6,08	0,07	9,43	0,07	9,43	4,74	91,26	2,74

KP – krupni pijesak; SP – sitni pijesak; KPr – krupni prah; SPr – sitni prah; G – glina

Tablica 18. Deskriptivna statistika granulometrijskog sastava tla (GST) za kulture bagrema (B)

Crni bor (CB)											
0-10 cm											
Varijabla	Jedinica	N	Aritm. sred.	Medijan	Min.	Maks.	Donji kvartil	Gornji kvartil	Std. dev.	Koef. varijacije	Std. pogreška
KP	%	3	45,34	55,21	13,28	67,52	13,28	67,52	28,43	62,72	16,42
SP			42,67	30,83	29,00	68,18	29,00	68,18	22,11	51,83	12,77
KPr			3,51	3,14	0,88	6,50	0,88	6,50	2,83	80,66	1,63
SPr			2,82	3,74	0,95	3,76	0,95	3,76	1,62	57,51	0,93
G			5,67	7,08	1,66	8,28	1,66	8,28	3,53	62,15	2,04
10-20 cm											
KP	%	3	47,73	56,87	12,50	73,83	12,50	73,83	31,67	66,36	18,29
SP			39,73	27,11	23,26	68,83	23,26	68,83	25,28	63,61	14,59
KPr			3,92	3,97	0,62	7,15	0,62	7,15	3,26	83,37	1,88
SPr			4,22	5,74	0,67	6,24	0,67	6,24	3,08	73,05	1,78
G			4,40	5,77	1,61	5,81	1,61	5,81	2,41	54,86	1,39
20-50 cm											
KP	%	3	48,69	58,56	17,82	69,69	17,82	69,69	27,31	56,09	15,77
SP			38,97	27,00	24,00	65,90	24,00	65,90	23,38	59,99	13,50
KPr			1,93	0,63	0,00	5,17	0,00	5,17	2,82	145,80	1,63
SPr			4,93	6,71	0,88	7,20	0,88	7,20	3,51	71,27	2,03
G			5,48	5,57	1,79	9,09	1,79	9,09	3,65	66,55	2,11
50-100 cm											
KP	%	3	51,48	71,44	10,79	72,22	10,79	72,22	35,24	68,46	20,35
SP			40,38	24,09	20,38	76,68	20,38	76,68	31,49	77,98	18,18
KPr			2,96	2,49	1,53	4,84	1,53	4,84	1,70	57,57	0,98
SPr			2,21	2,71	0,68	3,25	0,68	3,25	1,35	61,16	0,78
G			2,97	2,99	1,48	4,44	1,48	4,44	1,48	49,88	0,86

KP – krupni pijesak; SP – sitni pijesak; KPr – krupni prah; SPr – sitni prah; G – glina

Iz tablica 15, 16, 17 i 18 vidljivo je da su na području Đurđevačkih pijesaka dominantne čestice krupnog i sitnog pijeska (preko 90 %) a dominantne teksturne oznake tla su pijesak do ilovasta pjeskulja.

5. RASPRAVA

Prvi podaci pedoloških istraživanja na području Đurđevačkih pijesaka mogu se pronaći još od Šandora (1911), a kasnije i Mayera (1971), koji smatra da se na tom području javljaju sirozemi na pijesku, organogene pararendzine, prijelazne te prave rendzine. Prema Špoljaru (1999), FAO (1998) i WRB (2006) klasifikaciji na području Đurđevačkih pijesaka rasprostranjen je arenosol.

Na području Đurđevačkih pijesaka pridolaze tri kulture; običnog bora, crnog bora i bagrema. Navedene kulture su sadene s ciljem smirivanja pijesaka koji su povremeno zasipavali polja i naselja krajem 19. i početkom 20. stoljeća. Sve kulture ispunile su svoj primarni cilj; učvrstile su tlo i spriječile premještanje istog eolskim putem. U ovom istraživanju koristila se ekstrakcijska metoda Mehlich-3 koja se koristi za određivanje mobilnih hraniva u tlu. Velika prednost ove metode jest njena primjenjivost na šumska tla širokog raspona pH-vrijednosti (3,5–7,5), različitu mineralogiju i mogućnost određivanja šireg spektra mobilnih hraniva (Mehlich, 1984; Mylavarapu i dr. 2014).

Na kontrolnim plohama zabilježena je statistički značajno viša pH-vrijednost tla za sve dubine tla u odnosu na kulture običnog, crnog bora i bagrema, ali je i varijabilnost također znatno veća. S porastom dubine raste i pH-vrijednost na svim istraživanim plohama. Razlog nižim pH-vrijednostima u površinskom sloju tla je utjecaj šumske prostirke na smanjenje pH-vrijednosti. S porastom dubine raste i pH-vrijednost uslijed smanjenja udjela organske tvari u tlu (Pernar, 2017). Rezultati u ovom diplomskom radu podudaraju se s rezultatima istraživanja iz 1981. (Martinović i dr., 1986) kad su analizirani uzorci tla iz 16 pedoloških profila u kulturama bagrema, crnog bora i pijesaka s tri dubine (0 – 5, 5 – 15 i 15 – 50 cm). Kulture bagrema u odnosu na kulture crnog i običnog bora imaju veću pH-vrijednost. Do sličnih rezultata su došla su i istraživanja Martinović i dr. (1986), Vrbek i Pilaš (2001) uspoređujući razlike između kultura bagrema i crnog bora na području Đurđevačkih pijesaka.

Na području Đurđevačkih pijesaka pod kulturama običnog bora, crnog bora i bagrema dogodile su se pozitivne promjene u smislu povećanja mikro- i makrohraniva u odnosu na kontrolne plohe bez šumske vegetacije. Najveći udjeli fosfora su u kulturama bagrema (72,92; 82,60; 46,23; 32,95 mg kg⁻¹) a najmanji udjeli su na kontrolnim plohama (39,69; 35,98; 22,64; 12,79 mg kg⁻¹). Udjeli fosfora u kulturama običnog i crnog bora su podjednaki i po

vrijednostima se nalaze između kontrolnih ploha i kultura bagrema. Za kulture bagrema je također karakteristična i veća varijabilnost samih uzoraka. Slično kao i fosfor kreću se vrijednosti i za kalij na istraživanim kulturama i kontrolnim plohama. Najveće vrijednosti udjela kalija su u kulturama bagrema (35,47; 30,45; 33,54; 39,71 mg kg⁻¹) dok su najmanje na kontrolnim plohama (22,24; 17,15; 23,43; 24,43 mg kg⁻¹). Udjeli kalcija i magnezija nisu se statistički značajno razlikovali između kultura i kontrolnih ploha. Generalni trend pokazuje da nešto veći udjel kalcija i magnezija imaju kontrolne plohe i kulture bagrema u odnosu na kulture crnog i običnog bora. Rezultati istraživanja pokazuju da udjeli kalcija i magnezija na dubini od 50 – 100 cm imaju slične vrijednosti kao i u površinskom sloju tla. Razlog tomu su karbonatni prosljoci koji se nalaze na većim dubinama. Kontrolne plohe imaju najmanji udio sumpora na svim dubinama tla. Prema Vukadinović & Vukadinović (2011), organska tvar osnovni je izvor raspoloživog sumpora u tlu. Sukladno tome, veća koncentracija sumpora u površinskim slojevima tla mogla bi se pripisati bioakumulaciji, odnosno višekratnim godišnjim ciklusima uzimanja biogenih elemenata iz tla i njihovo vraćanje u obliku organskih ostataka na površinu tla. Ova misao upravo se poklapa sa rezultatima sumpora u ovom diplomskom radu, gdje je na kontrolnim plohama manja koncentracija istoga u odnosu na kulture običnog bora, crnog bora i bagrema gdje postoji organski materijal, pa su i vrijednosti sumpora shodno tome veće. Udjeli mikrohraniva u ovom istraživanju (željezo i mangan) veći su u istraživanim kulturama u odnosu na kontrolne plohe gdje postoje i statistički značajne razlike između njih. U odnosu na kulturu bagrema gdje su generalno najveći udjeli makrohraniva, udjeli mikrohraniva su najveći u kulturi crnog bora. Ova istraživanja su potvrdila i istraživanja Martinovića (2003) gdje se navodi da općenito listače imaju veće udjele fosfora, kalija, kalcija, magnezija i sumpora u odnosu na četinjače, dok je udjel mangana veći kod četinjača. Najveće razlike i najveći udjeli hraniva između istraživanih kultura i kontrolnih ploha su u površinskom sloju tla koji nastaje kao produkt razgradnje organske tvari i povezivanjem s mineralnom sastavnicom u organomineralne komplekse. Niži udjeli hraniva u tlu kao i organskoj tvari tla u kulturama običnog bora u odnosu na kulture bagrema je zbog fizioloških svojstava same vrste. Običan bor na hranivima siromašnom tlu, kao što je na području Đurđevačkih pijesaka (arenosoli), prije odbacivanja iglica u drvo posprema veći dio hraniva (Gosz, 1981). Prema rezultatima ovih istraživanja i statističkom obradom podataka na tla Đurđevačkih pijesaka s obzirom na status hraniva povoljnije utječu kulture bagrema u odnosu na kulture običnog i crnog bora

6.ZAKLJUČAK

Istraživani su udjeli makro- i mikrohraniva u tlu na području Đurđevačkih pijesaka i to u kulturama običnog bora (*Pinus sylvestris* L.), crnog bora (*Pinus nigra* J. F. Arnold) i bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.) u odnosu na kontrolne plohe bez šumske vegetacije. Uzorci tala uzimani su na četiri dubine (0 – 10, 10 – 20, 20 – 50 i 50– 100 cm) , a odabrani elementi su kvantificirani u ekstraktima priređenim metodom Mehlich-3.

Na području Đurđevačkih pijesaka pod kulturama crnog, bora, običnog bora i bagrema dogodile su se pozitivne promjene u smislu povećanja mikro- i makrohraniva u odnosu na kontrolne plohe bez šumske vegetacije.

Generalno, najveći udjeli istraživanih mikro- i makrohraniva su u kulturama bagrema dok su najmanji na kontrolnim plohama bez šumske vegetacije. Prema rezultatima ovih istraživanja, na tla Đurđevačkih pijesaka s obzirom na status hraniva povoljnije utječu kulture bagrema u odnosu na kulture običnog i crnog bora.

7.LITERATURA

1. Baker, A. V., Pilbeam D. J., 2007: Handbook of plant nutrition. Taylor & francis Group, Boca Raton, London, New York, 660 str.
2. Blašković, V., 1963: Prirodne oznake Đurđevačkih pijesaka, Geografski glasnik, br. 25, Zagreb 1963., str. 1-34.
3. Bognar, A., Geomorfološke značajke bazena porječja Drave, Geografski horizont, br. 1, Zagreb, 1996., str. 27.
4. FAO (Editor), 1998. World reference base for soil resources. World soil resources reports. FAO, ISRIC, ISSS, Rome, str. 87.
5. Gosz., J. R., 1981: Nitrogen cycling in coniferous ecosystem. In: Clarc, F. E. & T. Rosswall(Eds.). Terestial nitrogen cycles. Processes, ecosystem strategies, and managment impacts. Ecol.Bull. Stockholm, 33: 405-426.
6. Gračanin, M., Ilijanić Lj. 1977: Uvod u ekologiju bilja. Školska knjiga, Zagreb, 318 str.
7. Halamić, J., Miko, S., 2009: Geokemijski atlas Republike Hrvatske. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 87 str.
8. ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Geneve.
9. ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Genève.
10. ISO 11464, 1994: Soil quality – Pretreatment of samples for physico-chemical analyses.ISO, Geneve.
11. Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001: Trace elements in soil and plants, 3nd ed., CRC Press, Boca Raton, str. 392.
12. Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlama u Hrvatskoj. Jastrebarsko, 2003: str. 525.
13. Martinović, J., D. Cestar, K. Bezak, 1986: Produktivnost šumskih kultura i njihov utjecaj na tlo naĐurđevačkim pijescima. Radovi 70. 7–33, Jastrebarsko.

14. Mayer, B. 1971: Prilog klasifikaciji pošumljenih Đurđevačkih pijesaka, Šumarski list, br. 5-6, str.158–162.
15. Mehlich, A. 1984. “Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant.” Comm. Soil Sci. Plant Anal. 15 (12): 1409–1416.
16. Mylavarapu, R., T. Obreza, Kelly Morgan, George Hochmuth, Vimala Nair, and Alan Wright, 2014: Extraction of Soil Nutrients Using Mehlich-3 Reagent for Acid-Mineral Soils of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu/ss620>.
17. Pernar, N., 2017: Tlo; nastanak, značajke, gospodarenje. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb. str. 799.
18. Pernar, N., Bakšić, D., Perković, I., 2013. Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. str. 192.
19. Petrić, H. 2008: EKONOMSKA I EKOISTORIJA, Volumen 4, Broj 4, str. 5 – 26.
20. Scheffer, F., Schachtschabel, P., 2010: Lehrbuch der Bodenkunde, 16. Auflage, neu bearbeitet und erwehert von Blaum et al. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, str. 593.
21. Solkić, I., 1943: Biljni svijet Podravske pijesake. Hrvatski šumarski list 1943, br 9. str. 245-257.
22. StatSoft, Inc., 2007: Electronic statistic textbook. Tulsa, OK.: Statistica, Version 8.
23. Šandor, F. 1911: Ekskurzija u podravske pijeske, vijesti Geološkog povjereništva KraljevineHrvatske i Slavonije, Zagreb
24. Škvorc, Ž., Sever, K., 2018: Ishrana bilja (Interna skripta). Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet u Zagrebu, Zagreb. str. 89.
25. Špoljar, A., 1999. FAO Classification with a database for Soil map of Croatia at small scale (in Croatian). MSc Thesis, University of Zagreb, Zagreb, str. 121.
26. Tabatabai, M. A., 2005: Sulfur in soils. In: Hillel, D. (Ed.): Encyclopedia of soils in the environment. Elsevier Ltd., Oxford, UK, IV: 76-97.

27. Vrbek, B., Pilaš, I. 2011 Istraživanje promjena nekih kemijskih i fizikalnih osobina u tlu pod šumom bora i bagrema na području Đurđevačkih pijesaka. Šumarski list – poseban broj (2011), str. 230-238.
28. Vukadinović, V., Lončarić, Z., 1988: Ishrana bilja. II izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 277 str.
29. Vukadinović, V., Vukadinović, V., 2011: Ishrana bilja III izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, str. 452.
30. World Reference Base for Soil Resources (2006) World Soil Resources Reports 103. str. 132 (FAO Rome).
31. Zhang, H., Hardy, D., Mylavarapu, R., Wang, J., 2014: Mehlich 3 Extraction for Macro- and Micronutrients. Soil Test Methods From the South eastern United States str. 101 – 110.