

# Utjecaj konzervacijske obrade tla na fizikalnu degradaciju tla zbijanjem

---

Kovaček, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:330303>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Ivan Kovaček, apsolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ KONZERVACIJSKE OBRADJE TLA NA FIZIKALNU DEGRADACIJU  
TLA ZBIJANJEM**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2023.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Ivan Kovaček, absolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ KONZERVACIJSKE OBRADJE TLA NA FIZIKALNU DEGRADACIJU  
TLA ZBIJANJEM**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Irena Jug, predsjednik
2. prof. dr. sc. Danijel Jug, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član

**Osijek, 2023.**

Ovaj diplomski rad posvećujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su mi bili podrška tijekom studiranja. Posebne zahvale upućujem mentoru prof. dr. sc. Danijelu Jugu koji je bio podrška tijekom cijelog mog akademskog obrazovanja i tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Zahvale upućujem i prof. dr. sc. Ireni Jug, prof. dr. sc. Borisu Đurđeviću, izv. prof. dr. sc. Bojani Brozović te prof. dr. sc. Vesni Vukadinović koji su me uputili u Projekt u okviru kojeg je i izrađen ovaj diplomski rad.

Također upućujem i posebne zahvale svim profesorima i suradnicima Fakulteta s kojima sam imao priliku surađivati.

Hvala vam što ste mi pomogli da postanem agronom dostojan Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku.

Ivan Kovaček

Diplomski rad je napisan u okviru HRZZ projekta: "Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla – ACTIVEsoil" (Broj projekta: IP-2020-02-2647)

Voditelj HRZZ projekta: prof. dr. sc. Danijel Jug

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. Sustavi i načini obrade tla.....	2
1.1.1. Dubina obrade tla.....	3
1.1.2. Konvencionalna obrada tla .....	4
1.1.3. Konzervacijska obrada tla.....	5
1.2. Kukuruz .....	6
1.3. Cilj istraživanja .....	9
2. PREGLED LITERATURE.....	10
3. MATERIJAL I METODE .....	19
3.1. Lokaliteti istraživanja .....	19
3.2. Tretmani istraživanja .....	23
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	24
4.1. Hidrometeorološki čimbenici .....	24
4.2. Rezultati mjerenja otpora tla.....	25
4.2.1. Čačinci.....	25
4.2.2. Križevci .....	29
5. RASPRAVA.....	34
6. ZAKLJUČAK.....	36
7. POPIS LITERATURE.....	37
8. SAŽETAK.....	40
9. SUMMARY .....	41
10. POPIS TABLICA.....	42
11. POPIS SLIKA .....	43
12. POPIS GRAFIKONA.....	44
TEMELJNA DOKUMENTACIJA KARTICA .....	45
BASIC DOCUMENTATION CARD .....	46

## 1. UVOD

Poljoprivreda je jedna od najstarijih, ako ne i najstarija ljudska djelatnost u povijesti kakvom ju čovječanstvo poznaje. Ljudi su, prije nego što su se prilagodili sjedilačkom načinu života, prakticirali nomadski način koji se odnosio na lovačka ili sakupljačka društva. Čovjek je kroz cijelu svoju povijest težio ka određenoj vrsti sigurnosti u vidu prostora na kojem je nastanjen, a taj se prostor temelji prvenstveno na prirodnih bogatstvima (obradivim površinama). Narodi su se tijekom povijest najčešće naseljavali u dolinama rijeka zbog plodnosti tla. Krčenjem šuma, sistematiziranjem proizvodnje i vrstama obrade (napredak u razvoju oruđa) poljoprivreda je postajala sve naprednija djelatnost (Jug i sur., 2022.). Dolaskom do razine razvijenosti u kojoj se ostvarivao veći urod od potrebe proizvođača za njegovu prehranu, dolazi do unaprjeđivanja robno-trgovinske razmjene i daljnjeg razvitka civilizacije. Razvijenost određene civilizacije dovodi do povećanja broja stanovništva, a indirektan ishod toga je i veći afinitet za prostorom i osvajanjem novih teritorija. Ljudi najčešće ne vide svoje pogreške u sustavu proizvodnje trenutno, ali tijekom dužeg vremenskog razdoblja sustav gospodarenja automatski odaje sve mane i nepravilnosti neodgovorne biljne proizvodnje. Kao primjer može poslužiti Drevna Mezopotamija i njezini narodi: Sumerani, Akađani, Asirci i Babilonci. Većina tih naroda bila je razvijena u gospodarenju tlom sustavom navodnjavanja. Sam proces navodnjavanja pozitivno utječe u velikom postotku primjene istoga, ali u ovom slučaju ti su narodi svoje površine navodnjavali bočatom ili vodom s većom količinom otopljenih soli, koja je postepeno degradirala tlo. Zbijanjem, taloženjem i unošenjem određenih metala i soli svoja su tla bespovratno ili na dugi vremenski rok degradirali.

Temeljem velike zainteresiranosti u znanstvenim krugovima za temu zbijenosti tla, veliki je broj projekata i znanstvenika koji se bave ovom problematikom. Sama tematika donosi ogromnu količinu korisnih podataka koji se mogu iskoristiti u različitim poljoprivrednim područjima izravno ili neizravno vezanim prvenstveno uz fizikalna, ali isto tako i uz kemijska i biološka svojstva tla.

Postoji puno oblika i načina degradacije tla, a jedan od najčešćih oblika fizičke degradacije tla je zbijenost. To je čest oblik degradacije tla koji ograničava infiltraciju vode i zraka te smanjuje prodiranje i razvoj korijena u tlu (Alakukku i sur., 2013.).

## 1.1. Sustavi i načini obrade tla

U poljoprivrednoj proizvodnji razlikuju se različiti sustavi obrade, a prema Jug i sur. (2022.) mogu se pojednostavljeno podijeliti na konvencionalnu, reduciranu i konzervacijsku obradu tla. U okviru navedenih sustava, obrada tla se može podijeliti i prema drugim kriterijima (Tablica 1.).

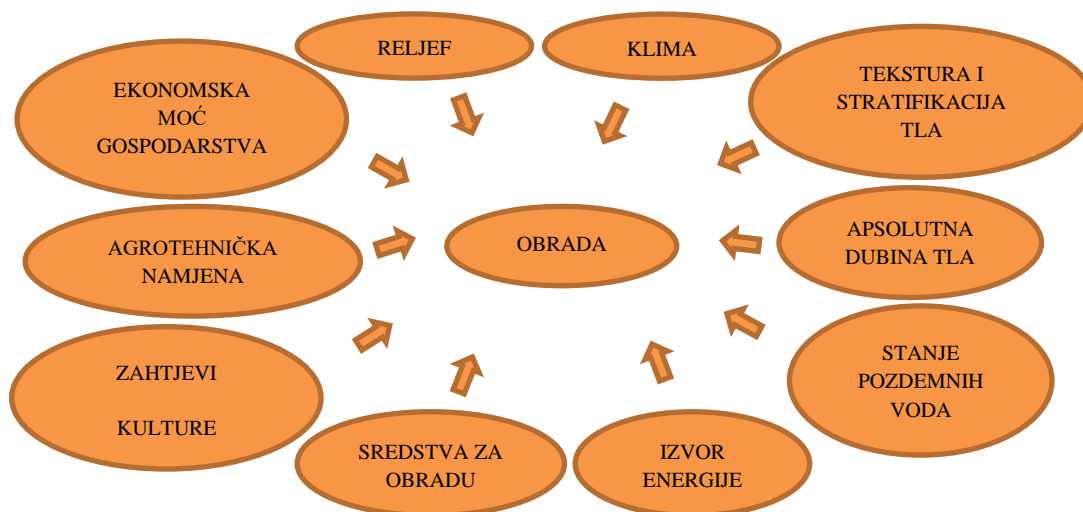
Tablica 1. Primjer kriterija podjele načina obrade tla

Osnovna	Dopunska	Reducirana	Sustavi
oranje	blanjanje	minimalna obrada tla	Sustav obrade tla za ozimine (sjetva u jesen)
rigolanje	drljanje	izostavljena obrada tla	
dubinsko rahljenje	tanjuranje	konzervacijska obrada tla	
Primjena eksploziva	kultiviranje	Racionalna obrada tla	Sustav obrade tla za jarine (sjetva u proljeće)
Izbacivanje pijeska	valjanje		
Premještanje horizonata	površinsko rahljenje ralicom		Sustav obrade za interpolirane usjeve (kasna proljetna i ljetna sjetva)
	listeriranje		
	obrada ispod mrtvog malča		
	frezanje		
	obrada rotirajućom motikom		
obrada rotirajućom lopatom			
ogrtanje			

Izvor: ([http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM\\_01-Obrada%20tla.pdf](http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM_01-Obrada%20tla.pdf))

### 1.1.1. Dubina obrade tla

Dubina obrade tla ovisi o više međusobno povezanih faktora. Neki od najznačajnijih faktora su: reljef, klima, tekstura i stratifikacija (uslojenost) tla, apsolutna dubina tla i dr. (Slika 1.)



Slika 1. Faktori o kojima ovisi dubina obrade tla

(Izvor: [http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM\\_01-Obrada%20tla.pdf](http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM_01-Obrada%20tla.pdf))

Dubina obrade dijeli se u nekoliko skupina, ovisno o tome koliki je volumen tla obrađen. Glavna podjela mogla bi se temeljiti na 3 skupine koje čine vrlo plitka obrada, plitka obrada i srednje duboka obrada. Različitim zahvatima osigurava se različita dubina obrađenog tla. Tako postoji podjela na pet različitih dubina obrade na temelju prodiranja oruđima u tlo, a ona je izražena u centimetrima (cm) (Tablica 2.).

Tablica 2. Podjela dubine obrade tla

Naziv obrade	Dubina (cm)
vrlo plitka obrada	do 10 cm
plitka obrada	do 20cm
srednje duboka obrada	do 40 cm
duboka obrada	do 100 cm
vrlo duboka obrada	više do 100 cm

(Izvor: [http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM\\_01-Obrada%20tla.pdf](http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM_01-Obrada%20tla.pdf))



Ovisno o tome kakav je sustav obrade tla, primjenjuje se određeni zahvat na određenoj dubini. Vrlo plitka obrada koristi se za pripremu sjetvenog sloja, obradu strništa, razrahljivanje pokorice i uspostavu boljeg vodo-zračnog režima tla. Plitka obrada primjenjuje se za radnje slične kao i vrlo plitka obrada, ali glavna zadaća ove agrotehničke operacije je dodatno unošenje žetvenih ostataka u tlo i unošenje gnojiva koja će biljka koristiti nakon sjetve. Za srednje duboku obradu može se reći da je ona bitna za produbljivanje obradivog sloja, sjetvu i sadnju te osnovnu gnojidbu pri kojoj se tlu dodaju veće količine makro elemenata (najčešće fosfor i kalij) u obliku mineralnih gnojiva.

Duboka obrada i vrlo duboka obrada koriste se kao korektura klime, za tla nepovoljne uslojenosti i za melioraciju tla. Prilikom takve vrste zahvata koristi se velika mehanizacija koja mora imati veliku snagu, a takve predispozicije mehanizacije direktno utječu velika financijska ulaganja. Za ovakvu vrstu zahvata veže se humizacija, fosfatizacija, kalizacija i kalcizacija.

### ***1.1.2. Konvencionalna obrada tla***

Konvencionalna obrada tla je vrlo intenzivan sustav, a u uvjetima globalnih klimatskih promjena pokazala se izrazito neadekvatnom i degradirajućom. Sustavno degradiranje tla dovodi do smanjenja njegove razine iskoristivosti, a ujedno i same razine organske tvari i humusa u tlu koja ima veliki utjecaj na cijelu biološku floru i faunu tla.



Slika 2. Konvencionalna obrada tla plugom

(Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/kako-je-najbolje-obradivati-tlo/>)

Teška mehanizacija i veliki broj prohoda direktan su činitelj zbijenosti tla. Veliki standardni pneumatici koji se nalaze na traktorima gaze i zbijaju tlo koje je posebice u jesenskom razdoblju nestabilnije zbog vlažnijih vremenskih uvjeta. Tim postupkom započinje cjelogodišnji proces zbijanja tla. Oranje, priprema tla, sjetva te razni agrotehnički zahvati tijekom vegetacije dovode do postupne degradacije tla (nestabilnosti strukturnih agregata). Prilikom oranja tlo se raspada na različite strukturne agregate, a sam proces okretanja plastice dovodi do premještanja aerobnih i anaerobnih organizama koji se nalaze u tlu.

### ***1.1.3. Konzervacijska obrada tla***

Zbog ubrzanih klimatskih promjena, sve češćih vremenskih ekstrema, kao i potrebe za skladištenjem i odvodnjom suvišne vode dovodi se u pitanje pravilan odabir sustava obrade tla (Jug i sur. 2015.). Konzervacijska obrada, iako još uvijek nije zaživjela unutar kolektivne svijesti poljoprivrednika u Hrvatskoj, u prednosti je nad ostalim obradama s obzirom na mogućnosti koje taj sustav obrade nudi (Butorac i sur. 2006.). Višegodišnjim istraživanjem i usporedbom konvencionalnog i konzervacijskog sustava obrade utvrđeno je kako je konzervacijski sustav kvalitetniji u vidu održavanja, ali i poboljšanja kvalitete tla. Jug i sur. (2018.) zaključili su da konzervacijski način obrade tla može u budućnosti imati vrlo važnu ulogu u poljoprivredi.



Slika 3. Ostavljanje žetvenih ostataka na tlu prilikom obrade

Izvor: (<https://www.fao.org/teca/en/technologies/7846>)

Konzervacijska obrada tla temelji se na tri postulata (Jug i sur., 2017.):

- a) Minimalno narušavanje tla obradom
- b) Permanentna pokrivenost tla biljkama i/ili biljnim ostacima
- c) Rotacija usjeva (plodored)

Minimalno narušavanje tla obradom odnosi se na smanjenje broja zahvata tj. prohoda mehanizacijom u svrhu obrade tla. Svakim prohodom teškom mehanizacijom utječe se na fizikalna, kemijska, ali i biološka svojstva tla. Samo zbijanje vrlo je štetno za vodo-zračni režim, biološku funkciju te kemijske reakcije koje se događaju u takvim uvjetima.

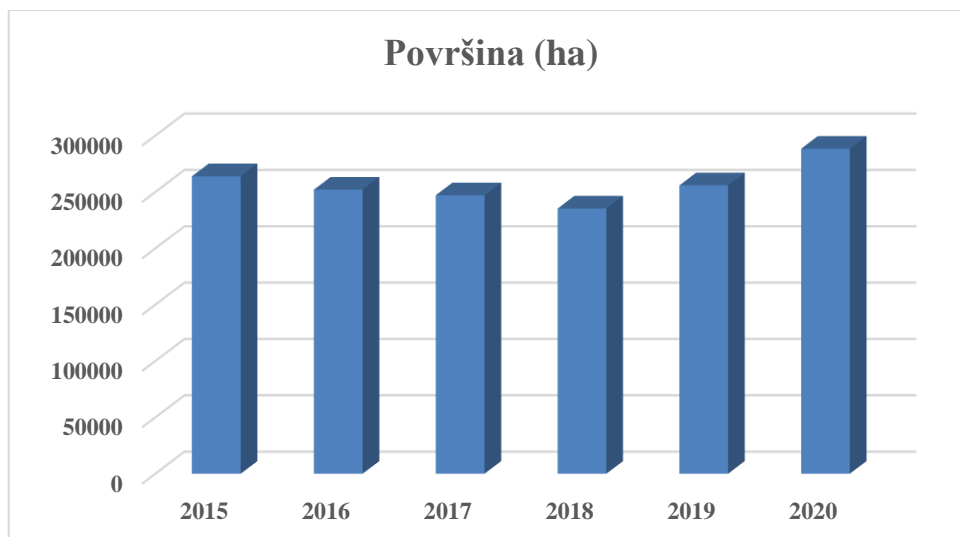
Permanentnu pokrivenost tla biljkama i/ili biljnim ostacima potrebno je osigurati na površini obradivog tla. Minimalna pokrivenost tla treba iznositi minimalno 30% nakon provedbe svih planiranih zahvata obrade tla i sljedeće kulture.

Rotacija usjeva važna je agrotehnička mjera kojom se pozitivno utječe na osiguravanje osnovnih agroekoloških čimbenika u optimalnoj mjeri i na optimalan način. Svaka kultura ima svoje pozitivne i negativne osobine koje utječu na zonu tla u kojoj se razvija korijen kulture. Određene kulture „troše“ više pojedinih kemijskih elemenata u tlu i zbog toga može doći do opadanja prinosa ako se ta kultura uzgaja na istoj površini više godina/desetljeća uzastopno. Također, monofagni štetnici mogu izrazito negativno utjecati na prinose u slučaju ponovljenog uzgoja kultura svake godine.

## **1.2. Kukuruz**

Žitarice, jednogodišnje biljke koje su temeljni dio ishrane ljudi i životinja zauzimaju najveći dio površina koje se obrađuju u Republici Hrvatskoj. Kukuruz (*Zea Mays L.*) kao takav je kultura koja zauzima otprilike 288400 tisuća hektara površine s 2430600 tona prinosa (FAO stat, 2020.).

Kukuruz potječe iz Srednje Amerike, s područja današnjeg južnog Meksika. Pretpostavlja se da je genetsko podrijetlo današnjeg kukuruza proizašlo iz biljke Teozinte, s kojom ima najviše sličnosti.



Grafikon 1. Grafički prikaz površina zasijanih kukuruzom u Republici Hrvatskoj u periodu od 2015. do 2020. godine

(Izvor: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)

Višegodišnjim križanjem i selekcijama čovjek je proizveo današnje hibride kukuruza koje se koriste u sjemenskoj i ratarskoj proizvodnji (Slika 4.).

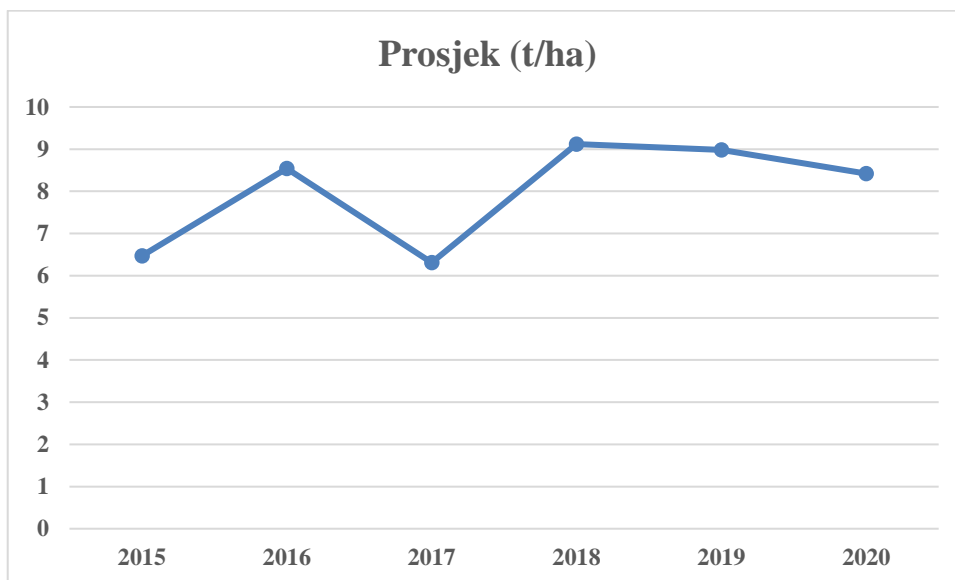


Slika 4. Klip kukuruza (*Zea Mays L.*)

(Izvor: <https://www.britannica.com/plant/corn-plant>)

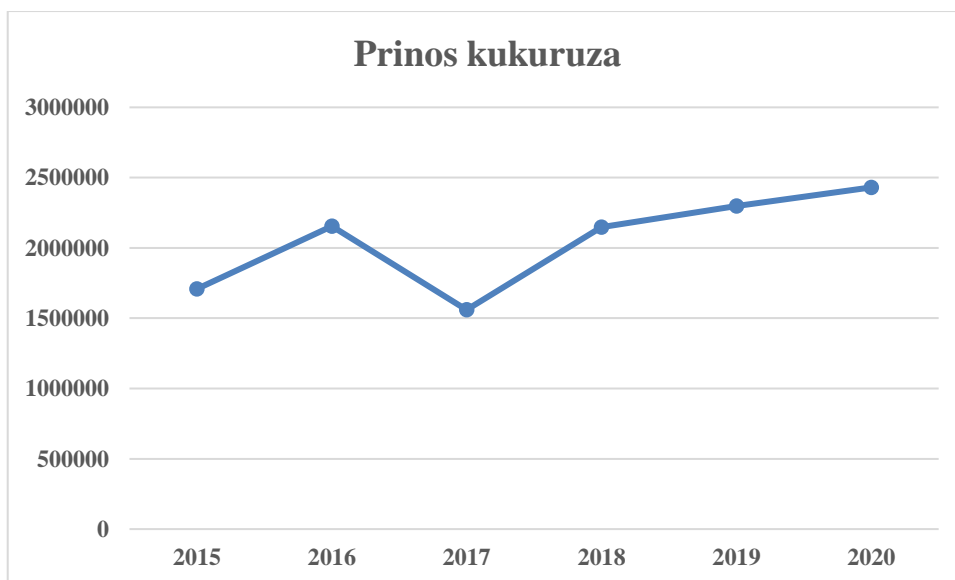
Proizvodnja kukuruza u Hrvatskoj ima trend porasta, a prosječni prinosi se također povećavaju u odnosu na prethodne godine (Grafikon 2.). Iako je genetski potencijal

kukuruz visok i iznosi i do 20 tona po hektaru, u današnjim uvjetima klimatskih promjena takav je prinos vrlo teško ostvariti. U samoj proizvodnji postoji još puno mjesta za napredak, od razvoja genetskog materijala do poboljšanja agrotehničkih zahvata i samog gospodarenja tlom.



Grafikon 2. Prosječni prinos zrna kukuruza u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine

(Izvor: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)



Grafikon 3. Prinos kukuruza u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine

(Izvor: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>)

Kukuruz kao predkultura značajan je zbog kvalitetne obrade tla i bolje gnojidbe, ali zbog njegovog vegetacijskog perioda na području Hrvatske koji se kreće između travnja i polovice listopada predstavlja problem za pravovremenu i kvalitetnu pripremu tla ozime kulture. Relativno kasna berba daje jako mali vremenski period za samu pripremu tla za sljedeću kulturu. Uz kasnu berbu problem predstavlja i velika vegetativna masa koja se teško inkorporira u tlo u konvencionalnoj obradi tla. Ta vegetativna masa može se kvalitetnije iskoristiti u konzervacijskoj obradi tla na način da se ostavlja usitnjena na samoj površini tla (Slika 5.).



Slika 5. Direktna sjetva u tlo

(Izvor: <https://www.morningagclips.com/south-dakota-producers-see-benefits-of-conservation-tillage/>)

### 1.3. Cilj istraživanja

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi razinu zbijanja tla pri konvencionalnom i konzervacijskom sustavu obrade te utvrditi razinu fizikalne degradacije tla zbijanjem, na dvije lokacije, odnosno dva različita agroekološka područja istraživanja.

## 2. PREGLED LITERATURE

Različite zemlje imaju različite razloge za konvencionalnih, reduciranih ili konzervacijskih sustava obrade tla. Neki imaju posebne uvjete (ekonomske ili obrazovane) zbog kojih ne koriste reduciranu obradu, dok određene zemlje imaju mogućnost uvođenja reducirane obrade jer imaju pristup novijim tehnološkim i znanstvenim spoznajama. Ipak, većina zemalja ne provodi u potpunosti mjere koje bi prirodno trebale (Butorac i sur., 2006.). Povećana razina obrazovanja i uvažavanje znanstvenog pristupa konzervacijskoj obradi tla važna su razmatranja kada se radi o subjektivnim problemima. To je zato što mnogi od njih dolaze ograničenom (nedovoljnom) razinom obrazovanja i razmišljanja koje je više znanstveno nego subjektivno (Butorac i sur., 2006.). Isto tako, Butorac i sur. (2006.) govore o tome da istraživanje konzervacijske obrade tla treba proširiti na sve tipove tala, ali također i bilježiti sve očekivane pozitivne i negativne promjene na ratarskim kulturama (rast, razvoj, prinos i kvaliteta proizvoda).

Zahvati u agrotehnici (reducirana obrada) za očuvanje tla pomažu u usporavanju erozije tla i poboljšanju fizičkih svojstava tla (Butorac i sur., 2006.). Također utječu na proces degradacije plodnosti. Butorac i sur. (2006.) posebnu su pozornost posvetili konzervacijskoj obradi tla. Postoji niz intervencija koje mogu pomoći smanjiti ili eliminirati proces degradacije. S obzirom na stanje fizičke plodnosti tla, rigoroznija metoda obrade kao što je konvencionalna koja uključuje agrotehnički zahvat oranje može najčešće smanjiti plodnost tla te destruktivno utjecati na njegovu strukturu.

S razvojem i napretkom prirodnih znanosti od 1940-ih, poljoprivrednicima su postale dostupne nove mogućnosti. Najznačajnija su hibridna sjemena i tehnike koje uključuju genetsku manipulaciju. Ali čak i bez ovih razvoja, praktična znanja dovela su do drastičnih promjena u pogledu na tlo. Osim toga, ljudi su počeli razmišljati o tome kako su tradicionalne poljoprivredne metode utjecale na druge aspekte prirode (biološke i kemijske) na način koji je prije bio nezamisliv. Različite zemlje u Europi imaju različite stope uspjeha s novim metodama uzgoja. To je zbog činjenice da se nove metode uzgoja testiraju kroz opsežna istraživanja i provode u više zemalja s različitim klimama i ekologijama (Butorac i sur., 2006.).

Budući da tlo na kojem je eksperiment proveden ima mnoga nepovoljna fizikalno-kemijsko-biološka svojstva, Badalíková (2010) je tražila načine kako ga poboljšati. Na

dijelu površine izvršena je kalcizacija. Također korišteni su različiti regulatori: standardna gnojidba prema preporukama, 50% reducirana gnojidba prema preporuci i 50% reducirana gnojidba nakon dodavanja regulatora GO2 prema preporuci. U istraživanju proučavani su različiti postupci obrade tla i zbijanja tla na tri lokaliteta na kojima se uzgajala šećerne repa s različitim zemljišno-klimatskim karakteristikama. Dva lokaliteta bila su na černozeu, a jedan na smeđem tlu. Promjene zbijenosti tla mjerene su penetrometrom na dubinama do 45 cm. Uspoređena su tri tretmana obrade tla: prvi tretman bio je plitko rahljenje; drugi tretman bio je konvencionalno oranje, a treći tretman bio je duboko rahljenje. Svaki eksperimentalni tretman, s pet replikacijskih mjerenja (ponavljanja), izveden je pet puta. Rezultati penetrometrijskih mjerenja u ovim agronomskim pokusima sa šećernom repom, pokazali su da na dobrom tlu černozeu duboko rahljenje nije toliko važno jer se tlo može prirodno oporaviti. U ovom slučaju bilo je dovoljno konvencionalno oranje, a u drugim godinama bilo bi dovoljno plitko rahljenje (Badalíková, 2010.). Značajno veća otpornost tla zabilježena je na smeđem tlu u jesen kada nije bilo razlika između sustava obrade tla.

Manioka (*Manihot esculenta crantz*) se tradicionalno uzgaja na humcima i grebenima pomoću ručnih motika ili alata koje pokreće traktor. Ovo povećava strukturna svojstva tla i čini ga podložnijim eroziji ili zbijanju zbog čestog kretanja strojeva pod konvencionalnim sustavima obrade tla. Znanstvenici su proveli pregled učinaka konvencionalnih sustava obrade tla na gustoću tla, ukupnu poroznost i otpornost na prodiranje kako bi se odredila učinkovitost očuvanja tla za optimalnu proizvodnju manioke u tropima. Procijenili su također tretmane obrade tla i njihove učinke na poroznost. Razmatrane su konvencionalna obrada tla (CT) i minimalna obrada. Fasinmirin i Reichert (2011.) otkrili su da CT nije značajno promijenila krivulju volumne gustoće tla na dijagramu, ali jest za minimalnu obradu. S druge strane, zbijenost tla na parcelama pod minimalnom obradom tla nije se značajno razlikovala od konvencionalne obrade tla (CT) kada se mjerila između 0 i 5 cm ispod površine tla. Međutim, zbijenost tla se najviše povećala na mjestima gaženja teške mehanizacije. Uspoređujući volumnu gustoću tala pri različitim načinima obrade, uočene su značajne razlike u volumnoj gustoći. Metoda bez obrade pokazala je najmanju volumnu gustoću tla u sloju od 0-5 cm, ali volumna gustoća se postupno povećavala nakon 10 cm tla. To svojstvo dovelo je tlo do formiranja iznimno stabilne strukture (Fasinmirin i Reichert, 2011.). Međutim, kada se uspoređuje konvencionalna obrada tla (CT) s drugim metodama obrade tla, uočene su značajne razlike (Fasinmirin i Reichert, 2011.). CT



metoda pokazala je najveću ukupnu poroznost od svih sustava obrade tla u usporedbi s drugim sustavima obrade tla. Ukupna poroznost sustava tla kombinirana je vrijednost svih prostora unutar određenog tla. Akumulacija organske tvari u sustavu no-till (bez obrade) dovela je do nešto veće poroznosti u cjelini, osim na površinskom sloju tla; međutim, poroznost se smanjila s porastom dubine. Zbijena područja, kao što su područja gaženja mehanizacije, imala su najmanju ukupnu poroznost. Nije bilo značajnih razlika u ukupnoj poroznosti pri usporedbi tretmana različitih metoda obrade tla (Fasinmirin i Reichert, 2011.). To uključuje konvencionalnu obradu tla s ostacima malča, konvencionalnu obradu tla bez ostataka malča i minimalnu obradu tla. Dugoročni pokus pokazao je da je prinos korijena manioke bio najveći pod no-till sustavom s ostacima malča, s ili bez primjene gnojiva. Njihovim radom potvrđeno je da se manioka može uspješno uzgajati u uvjetima bez obrade tla kako bi se postigao optimalan rast i prinos potreban za usjev, uz očuvanje strukturnih svojstava tla.

Konzervacijska obrada tla pokriva niz postupaka obrade tla kojima je cilj očuvanje vlage u tlu i smanjenje erozije tla ostavljajući više od jedne trećine (>30%) površine tla prekrivene žetvenim ostacima (Peigné i sur., 2007.). Sve više poljoprivrednika koristi konzervacijsku obradu tla kako bi se očuvala kvaliteta i plodnost tla te spriječila degradacija tla (erozija i zbijanje). Potencijalne prednosti konzervacijske obrade tla u ekološkoj poljoprivredi su smanjena erozija, veća makroporoznost na površini tla zbog većeg broja gujavica, veća mikrobiološka aktivnost i skladištenje ugljika, manje oticanje i ispiranje hranjivih tvari, smanjena potrošnja goriva i brža obrada tla (Peigné i sur., 2007.). Nedostatci konzervacijske obrade tla u ekološkoj poljoprivredi su veća pojavnost travnatih korova, ograničena dostupnost dušika i ograničen izbor usjeva. Plodored je neophodan kako bi se smanjile bolesti i problemi s korovom uz održavanje odgovarajuće dostupnosti dušika. Osim toga, zbijanje se može kontrolirati metodom kao što je dubina ukorijenjenosti određene vrste usjeva (Peigné i sur., 2007.). Kontinuirana evaluacija praktičnih primjena je neophodna kako bi se odredile najučinkovitije metode za obradu tla i plodored. Kako bi se ovi koncepti pravilno implementirali, potreban je visok i kvalitetan standard upravljanja (Peigné i sur., 2007.).

Sidhu i sur. (2006.) proveli su istraživanje o učinku zbijanja tla na rodnost, visinu i prinos biljaka kukuruza (*Zea mays L.*). Istraživanje je provedeno u Pennsylvaniji u razdoblju od 2002. do 2005. godine na studiji obrade bez oranja na ilovastom tlu. Tlo je godišnje zbijano troosovinskim kamionom s osovinskim opterećenjem od 10 Mg na kojem su bile

postavljene cestovne gume (tlak 700 kPa) ili flotacijske gume (250 kPa). U drugom tretmanu, tlo je samo sabijeno cestovnim gumama u prvoj godini bez naknadnog zbijanja. Tretmani sanacije bili su duboka obrada tla (40 cm) nakon zbijanja cestovnim gumama i plitka obrada tla (10 cm u 2002. – 2003. i 22 cm u 2004. – 2005.) također nakon zbijanja. Značajna smanjenja prinosa od prosječno 17% u 3 od 4 godine primijećena su za godišnje zbijanje cestovnim gumama u usporedbi s kontrolom (reducirana obrada bez zbijanja). Zbijanje flotacijskim gumama značajno je smanjilo prinos samo u prvoj godini. Smanjenje prinosa zbog zbijanja nestalo je nakon prve godine. Duboka obrada tla nakon zbijanja povećala je prinos (17%) samo u prvoj godini, dok plitka obrada tla nije povećala prinose (Sidhu i sur., 2006.). Poboľšanja prinosa zbog duboke obrade tla su izostala ako se površina prekomjerno gazila prilikom obrade. Duboka obrada tla i reducirana obrada tla dale su slične prinose u prve 3 godine, ali je reducirana obrada imala veći prinos u 2005. godini. Rezultati takvog istraživanja sugeriraju da je mala potreba za oranjem u redove kako bi se upravljalo zbijanjem u dugotrajnoj reduciranoj obradi kada osovinska opterećenja nisu veća od 10 Mg i kada se koriste flotacijske gume za održavanje tlaka ispod 250 kPa (Sidhu i sur. 2006.).

No-till sustav uzgoja često se doživljava kao uzrok plitkog zbijanja tla u Pampama u Argentini (Taboada i sur., 1998.). Provedena su usporedna istraživanja konvencionalnog i no-till sustava na pjeskovitoj ilovači i glinastoj ilovači u pogledu sadržaja organskog ugljika, volumne gustoće, relativne zbijenosti i raspodjela mikro i makro pora. No-till sustav uzgoja nije značajno utjecao na sadržaj organskog ugljika u tlu (8,8 do 10,7 g kg<sup>-1</sup> u pjeskovitoj ilovači i 13,5 do 14,8 g kg<sup>-1</sup> u glinastoj ilovači), volumnu gustoću (1,0 do 1,2 Mg m<sup>-3</sup> i oko 1,3 Mg m<sup>-3</sup>), relativna zbijenost (0,70 do 0,80, odnosno 0,70 do 0,85) i raspodjela veličine pora gornjeg sloja tla, ali značajno povećanje otpora prodiranju od 0,8 do 5,0 MPa primijećeno je u pjeskovitoj ilovači, a od 1,9 do 3,2 MPa u glinastoj ilovači (Taboada i sur., 1998.). Ova povećanja otpora prodiranju ne mogu se pripisati plitkom zbijanju, već otvrdnjavanju tla. Zbijenost je pronađena samo u dubljim slojevima tla konvencionalno obrađene pjeskovite ilovače, koja je imala 0,10–0,17 Mg m<sup>-3</sup> veću volumnu gustoću i 2,4–2,5 MPa veću otpornost na prodiranje od mjesta bez obrade (Taboada i sur., 1998.). Niska makro poroznost muljevite glinaste ilovače mora se pripisati strukturnim i teksturnim svojstvima, a ne upravljanju tlom. Takvo tlo treba ili povremeno rahliti oranjem ili održavati vlažnim navodnjavanjem, kako bi se spriječio razvoj mehaničkih ograničenja za usjeve (Taboada i sur., 1998.).

Velik udio europskog obradivog zemljišta (16%) također je sklon degradaciji tla, ali poljoprivrednici i vodstvo država sporo prepoznaju i rješavaju problem, unatoč raširenim ekološkim problemima koji se mogu pojaviti kada se tlo degradira (Holland, 2004.). Konzervacijska obrada tla može poboljšati strukturu i stabilnost tla, čime se omogućuje bolja drenaža i kapacitet zadržavanja vode koji smanjuje ekstremne količine vode i suše. Takva poboljšanja strukture tla također smanjuju rizik od otjecanja i onečišćenja površinskih voda sedimentima, pesticidima i hranjivim tvarima (Holland, 2004.). Smanjenjem intenziteta obrade tla smanjuje se potrošnja energije i emisija ugljičnog dioksida (CO<sub>2</sub>), dok se sekvestracija ugljika povećava povećanjem organske tvari u tlu. Uz konzervacijsku obradu tla, razvijaju se biološki bogatija tla koja mogu poboljšati recikliranje hranjivih tvari, a to također može pomoći u borbi protiv štetočina i bolesti usjeva (Holland, 2004.).

Održavanje fizičkog zdravlja tla na optimalnoj razini ključno je za održivu proizvodnju usjeva i racionalno korištenje prirodnih resursa bez ugrožavanja njihove kvalitete. Trenutne konvencionalne prakse obrade tla u proizvodnji usjeva, uključujući intenzivnu obradu tla i uklanjanje žetvenih ostataka s polja, dovode do povećane površinske zbijenosti (pokorica), zbijanja tla na većim dubinama, erozije tla, smanjene infiltracije vode i naposljetku do pogoršanja ukupnog fizičkog zdravlja tla (Indoria i sur., 2017.). Posljednjih godina mnogi poljoprivredni znanstvenici diljem svijeta preporučuju konzervacijsku poljoprivredu kao rješenje za prevladavanje štetnih učinaka tradicionalnih poljoprivrednih praksi na fizičko zdravlje tla. Trenutni podaci pokazuju da konzervacijska poljoprivreda može poboljšati fizička svojstva tla i povezane procese, posebice infiltraciju i skladištenje vode u tlu, prozračivanje tla, strukturu tla i poroznost tla (Indoria i sur., 2017.). Također smanjuje eroziju tla, zbijanje tla i stvaranje kore te optimizira temperaturu tla za proizvodnju usjeva (Indoria i sur., 2017.).

Voorhees i sur. (1983.) zaključili su u svome radu da bez obzira na to koji se sustav obrade tla koristi, zbijenost tla uzrokovana pokretnim kotačima tijekom sjetve i žetve ne može se eliminirati. Zbijanje tijekom sadnje ili sjetve može dovesti do povećanog otjecanja i erozije tla. Također zbijanje tla tijekom žetve može dovesti do loše unutarnje drenaže, odgođene sadnje, gubitka dušika i nižih prinosa. Neki od ovih problema nastaju zbog nepotpunog poboljšanja pod utjecajem prirodnih čimbenika (smrzavanje i otapanje tijekom zime), što se može pogoršati nekim sustavima konzervacijske obrade tla (Voorhees i sur., 1983.).

Konkretno, kontinuirana uporaba metode no-till (bez obrade) možda neće moći biti izvediva na tlima fine teksture (Voorhees i sur., 1983.).

Razvoj praksi očuvanja tla u subhumidnim i semiaridnim klimama nastao je iz potrebe za očuvanjem vlage u tlu i smanjenjem erozije tla. U tim klimatskim zonama, metode konzervacijske obrade tla općenito se temelje na stupnju pokrivenosti površine tla ostacima (Carter, 1994.). U vlažnijim klimatskim uvjetima, interakcija između vrste tla i oborina naglašava potrebu grupiranja tla ili zemljišnih resursa prema zahtjevima obrade tla. Primarni atributi konzervacijske obrade tla u uvjetima vlažne klime uključuju kontinuirani živi pokrov tla, posebno tijekom razdoblja bez usjeva, upotrebu malča i unošenje biljnih ostataka te brzo i učinkovito uspostavljanje usjeva (sideracija ili ciljane nova kultura). Ovi se atributi mogu postići minimalnom translukacijom volumena tla, rotacijskom obradom tla i pravovremenim operacijama obrade tla (kod tala koja imaju usko vremensko razdoblje za kvalitetnu obradu).

Razvoj ne rezidualnih herbicida potaknuo je interes za sustave minimalne obrade tla kao alternativu konvencionalnoj poljoprivredi. Istraživanje koje su sproveli Chang i Lindwall (1992.) uspoređivalo je učinke konvencionalne obrade tla, minimalne obrade tla i nulte obrade tla na različita svojstva smeđeg černozemnog ilovastog tla, u odnosu na kontinuirani plodored ozime pšenice, ozime pšenice-ljetnog ugara i ozime pšenice-ječma-ljetnog ugara. U istraživanju je mjerena zasićena hidraulička vodljivost, zadržavanje vlage u tlu, volumna gustoća i brzina infiltracije tla. Nakon osam godina obrade tla, učinci plodoreda ili obrade tla na ova fizička svojstva tla nisu bili značajni (Chang i Lindwall, 1992.). Općenito, volumna gustoća tla pri nultoj obradi bila je veća nego kod konvencionalne obrade u zoni obrade, a niža ispod nje. Hidraulička vodljivost pri nultoj obradi bila je niža od tla u zoni obrade, a veća ispod nje. Stope infiltracije nisu bile različite među tretmanima obrade tla. Iako su se značajne razlike u nekim svojstvima tla pojavile među tretmanima obrade tla, te su razlike vjerojatno bile premale da bi utjecale na proizvodnju usjeva (Chang i Lindwall, 1992.).

U svome radu Wang i sur. (2006.) bavili su se učincima konzervacijske obrade tla na održivo korištenje zemljišta, reakciju prinosa usjeva i dostupnost hranjivih tvari. U svome pregledu među brojnim prednostima, zaključili su da konzervacijska obrada tla ima potencijal povećati vezivanje ugljika i prinose usjeva. Kao zaključak i rezultat njihovog

istraživanja je vrijedan uvid u tehnike očuvanja tla i načine promicanja uporabe praktičnih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji u suhom području na teritoriju Kine.

Kako bi se istražilo međudjelovanje između zbijanja tla, tipu usjeva i strojeva te upravljanja poljem, proveden je niz eksperimenata. U istraživanju koje su sproveli Chamen i sur. (1992.) ispitani tretmani uključivali su smanjeni pritisak na tlo, nulti promet i konzervacijsku obradu tla. Naime, scenariji bez prometa rezultirali su povećanim prinosima šećerne repe, krumpira, luka i sirka za 4-14% u usporedbi s konvencionalnom praksom. Međutim, prinosi pšenice i ječma bili su nedosljedni, pri čemu su neki imali negativne učinke, a drugi pozitivne, u rasponu od -9 do +21% (Chamen i sur., 1992.). Unutar pokusa primijenjene su konzervacijske tehnike obrade tla bez smanjenja prinosa, ali je trebalo pažljivo planirati razmake unutar ophodnje. Temeljem istraživanja znanstvenici su zaključili da su situacije bez prometa očuvale poroznost tla i značajno smanjile čvrstoću i gustoću tla u usporedbi s tradicionalnim metodama. Istraživanjem utjecaja kretanja vozila na poljska tla utvrđeno je da su najveće štete nastale tijekom žetve i obrade krmnog bilja (Chamen i sur., 1992.).

Čileanska suha područja mediteranske klimatske regije karakteriziraju visoko degradirana i zbijena tla, koja zahtijevaju upotrebu sustava konzervacijske obrade tla za ublažavanje erozije vodom, kao i za poboljšanje skladištenja vode u tlu. U istraživanju kojeg su proveli Martinez i sur. (2011.) uspostavljen je plodored zobi i pšenice prema sljedećim sustavima zaštite: bez obrade, bez obrade + konturno oranje, bez obrade + zaštitna ograda i bez obrade + podrivanje tla, u usporedbi s konvencionalnom obradom tla kako bi se procijenio njihov utjecaj na sadržaj vode u tlu u profilu (10 do 110 cm dubine), zbijenost tla i njihova interakcija s prinosom usjeva. Godine 2007. uspostavljene su pokusne plohe na zbijenom Alfisolu, koje su se održale do 2009. godine. Po završetku vegetacije uočeno je da sustavi konzervacijske obrade smanjuju sadržaj vode u tlu za 44 do 51%, dok ga konvencionalni smanjuju za 60% (Martinez i sur., 2011.). Sadržaj vode u tlu bio je u značajnoj interakciji sa sustavom i dubinom obrade tla (Martinez i sur., 2011.). Konkretno, sustav bez obrade + podrivanje tla smanjio je sadržaj vode u tlu između 10 do 30 cm, ali je bila veća i slična drugim između 50 do 110 cm, osim kod konvencionalne obrade tla. Također u svome istraživanju Awe i sur. (2020.) zaključili su na temelju rezultata da bi tretman bez obrade, konvencionalna obrada tla ili minimalna obrada tla chisel plugom mogao bi biti poželjna opcija upravljanja tlom za proizvodnju šećerne trske u toj regiji (mediteranska klimatska regija). Iako su sustavi konzervacijske obrade tla pokazali veći sadržaj vode u tlu, nisu

uspjeli dati značajne rezultate zbog visokih vrijednosti zbijenosti tla. No s druge strane, sustav bez obrade tla + podrivanje smanjio je zbijenost tla i pokazao značajno poboljšanje prinosa zrna, slično konvencionalnoj obradi tla u sezonama 2008. i 2009. godine. Ovi nalazi upućuju na to da bi odabir konzervacijske obrade tla u zbijenim tlima u mediteranskoj regiji trebao biti uparen s naporima da se poboljša struktura tla, kako bi se dobili veći prinosi i povećao sadržaj vode u tlu (Martinez i sur., 2011.).

U Mađarskoj je tijekom prošlog stoljeća obrada tla bila bitka protiv izazovnih ekonomskih i klimatskih uvjeta koji traju i danas u cijelom svijetu. Cserhátijev pristup "mađarske razumne obrade tla", razvijen u kasnim 1800-ima, imao je za cilj smanjiti obradu tla uz istovremeno ublažavanje rizika od propadanja usjeva na obradivim poljima. Danas se istraživačkim projektima i radionicama istražuje primjenjivost metoda konzervacijske obrade tla, a podaci istraživanja pokazuju da godišnje oranje i tanjuranje dovodi do zbijanja tla unutar tri godine na dubini obrade, pri čemu se nakon pet godina zbijeni sloj širi u površinskim i dubljim slojevima (Birkás i sur., 2004.). Također, populacije gujavica su se povećale u neporemećenom, nezbijenom tlu i u tlu koje je uključivalo ostatke strništa na površini. Pogoršanje kvalitete tla uslijed obrade poboljšano je podrivanjem (Birkás i sur., 2004.).

U Srbiji, Biberdžić i sur. (2020.) ispitivali su učinke sustava obrade tla na zbijenost tla i prinos zrna ozime pšenice. U njihovim pokusima korištena su četiri sustava obrade tla (konvencionalna obrada tla, reducirana obrada tla, obrada tla tanjuranjem i bez obrade tla). Sustav obrade značajno utječe na zbijenost tla, vrijeme mjerenja i dubinu tla (Biberdžić i sur., 2020.). Prosječna zbijenost tla za razdoblje 2016.-2017. iznosila je 1,96 MPa, 0,17 MPa manje nego 2014. - 2015. godine, a 0,30 MPa više nego 2015. - 2016. godine. Prosječni prinos pšenice bio je najveći u konvencionalnom sustavu uzgoja (4033 kg po hektaru), što je značajno više od ostalih sustava uzgoja (Biberdžić i sur., 2020.). Postojala je jaka negativna korelacija između prosječnog prinosa pšenice i zbijenosti tla. Za postizanje zadovoljavajućih uroda zrna pšenice na Vertisolu potrebna je potpuna obrada tla, što podrazumijeva obradu tla i pravilnu predsjetvenu pripremu tla (Biberdžić i sur., 2020.).

U razdoblju od tri godine, Benković 2022. je proveo istraživanje na teškom pseudoglejnom tlu u Donjoj Vrbi u Brodsko-posavskoj županiji. U njegovom istraživanju usjevi su uzgajani određenim redoslijedom: soja je uzgajana prve godine, zatim kukuruz druge godine i ozima pšenica treće godine. Eksperiment je proveden upotrebom potpuno

slučajnog blok dizajna s četiri ponavljanja kao glavnim faktorom, koji je uključivao različite sustave obrade tla kao što su konvencionalna obrada tla, tanjuranje, rahljenje i podrivanje. Radna brzina pri sjetvi i tlak u gumama pri sjetvi također su uključeni kao pod faktori. Istraživanje je imalo za cilj utvrditi utjecaj sustava obrade tla na zbijenost tla, pokrivenost žetvenih ostataka, površinsku vlažnost tla, potrošnji goriva traktora, pokazateljima sastavnica prinosa i visinu prinosa (Benković, 2022.). Primijenjeni sustavi obrade tla rezultirali su različitim stupnjevima zbijenosti tla, pri čemu najdublja obrada pokazuje najmanji otpor, a obrada tla tanjuranjem pokazuje najveći otpor, kao što je uočeno tijekom trogodišnjeg razdoblja istraživanja. Uzgoj soje i kukuruza dao je najveće rezultate u smislu žetvenog indeksa i biološkog prinosa pri uzgoju na tlu koje je obrađeno podrivanjem i tlu koje je obrađeno rahljenjem, a zatim na tlima obrađenim tanjuranjem i konvencionalnim načinom obrade (plug). Konvencionalna obrada tla i duboka obrada pokazala se najmanje učinkovitom u smislu potrošnje goriva tijekom trogodišnjeg istraživanja (Benković, 2022.). Općenito, konzervacijski sustav obrade tla pokazao se kao energetski najučinkovitija opcija za proizvodnju ratarskih usjeva, kako pokazuju rezultati istraživanja.

### 3. MATERIJAL I METODE

Projekt pod nazivom: „Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla“ započet je 2020. godine. Vremenski period projekta je 4 godine, odnosno do 2025. godine. Voditelj projekta je prof. dr. sc. Danijel Jug, a na projektu sudjeluju 4 institucije: Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Agronomski fakultet u Zagrebu, Odjel za biologiju i Visoko gospodarsko učilište u Križevcima. Cijeli svijet suočen je sa situacijom degradacije tla. Cilj projekta je istražiti, utvrditi i prezentirati kako i na koji način primjena konzervacijske obrade tla utječe na uzgoj, ali veći naglasak stavlja se na prevenciju degradacije tla.



Slika 6. Pokusna površina Projekta

(Izvor: <https://www.agroklub.com/agrogalerija/konzervacijski-sustav-obrade-tla-13899/#gallery-1>)

#### 3.1. Lokaliteti istraživanja

Istraživanja su provedena na dva lokaliteta, i to na lokalitetu Čačinci i lokalitetu Križevci.

**Lokalitet Čačinci:** Čačinci su naselje koje pripada općini Čačinci, a koje se nalazi u jugoistočnom dijelu Virovitičko-podravske županije (Slika 7.). Lokalitet istraživanja nalazi se 500 m zračne linije od prometnice koja spaja gradove Slatinu i Našice.

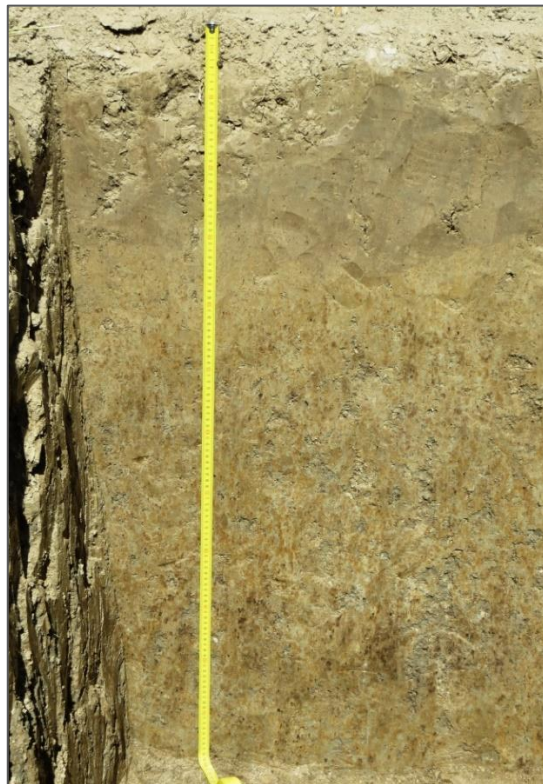




Slika 7. Lokalitet Čačinci

(Izvor: [https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Cacinci-33514-Viroviticko\\_podravska\\_zupanija-Croatia](https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Cacinci-33514-Viroviticko_podravska_zupanija-Croatia))

Tip tla je pseudoglej, a prema WRB (2015) tlo na lokalitetu pripada u referentnu grupu Stagnosols. U građi profila izdvaja se na površini antropogeni srednje duboko obrađeni horizont, a ispod njega dva sloja pseudoglejnog horizonta srednje duge mokre faze nastala na rastresitom matičnom supstratu (Slika 8.). Građa profila je Psdo – B/Ssd - II B/Ssd – C.



Slika 8. Profil pseudogleja na pokusnom polju u Čačincima

Teksturna i fizikalna svojstva tla na lokalitetu Čačinci prikazani su u Tablicama 3. i 4.

Tablica 3. Tekstura tla i stabilnost mikroagregata u profilu pseudogleja

Dubina cm	Horizont	% -tni udio čestica tla			Teksturna klasa	Stabilnost mikroagregata	
		Pijesak	Prah	Glina		Ss, %	ocjena
0 - 32	Psdo	9,81	60,84	29,35	PrGI	82,18	stabilni
32 - 65	B/Ssd	8,31	57,61	34,08	PrGI	88,07	stabilni
65 - 200	II B/Ssd	10,79	58,92	30,29	PrGI	86,22	stabilni
200 - 240	C	30,79	55,66	13,55	PrI	78,26	stabilni
240 - 280	C	30,46	57,14	12,40	PrI	74,60	stabilni
280 - 305	C	26,15	59,46	14,38	PrI	73,29	stabilni
305 - 330	C	29,24	56,14	14,61	PrI	74,32	stabilni

Tumač kratica: PrI = praškasto glinasta ilovača; PrI = praškasta ilovača; Ss = indeks stabilnosti mikroagregata

Tablica 4. Fizikalna svojstva pseudogleja

Horizont	FC	$\rho_b$	$\rho_s$	PD	$\epsilon$	$\epsilon_{air}$
Psdo	43.04	1.50	2.65	1.76	43.50	9.07
B/Ssd	42.58	1.56	2.74	1,87	42.97	9.36

Tumač kratica: FC = poljski vodni kapacitet, % vol.;  $\rho_b$  = volumna gustoća tla, g cm<sup>-3</sup>;  $\rho_s$  = gustoća čvrste faze, g cm<sup>-3</sup>; PD = gustoća pakiranja, g cm<sup>-3</sup>;  $\epsilon$  = ukupna poroznost, % vol.;  $\epsilon_{air}$  = poroznost aeracije, % vol.

**Lokalitet Križevci:** Križevci su grad koji se nalazi u Koprivničko-križevačkoj županiji u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske (Slika 9.).



Slika 9. Lokalitet Križevci

(Izvor: [https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Križevci-48260-Koprivnicko\\_križevacka\\_zupanija-Croatia](https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Križevci-48260-Koprivnicko_križevacka_zupanija-Croatia))

Tip tla na pokusnom polju je hidromorfno tlo, a prema WRB (2015) pripada u referentnu grupu Gleysols. Tijekom godine, ovisno o količini oborina, dubina podzemne vode oscilira što ima za posljedicu stvaranje tri zone cijelom dubinom u kojima se izmjenjuju oksidacijski i redukcijski procesi. Građa profila je Pa – Gso – Gso/Gr (Slika 10.)



Slika 10. Profil hipogleja na pokusnom polju u Križevcima

Teksturna i fizikalna svojstva tla na lokalitetu Križevci prikazani su u Tablicama 5. i 6.

Tablica 5. Tekstura tla i stabilnost mikroagregata u profilu hipogleja

Dubina cm	Horizont	% -tni udio čestica tla			Teksturna klasa	Stabilnost mikroagregata	
		Pijesak	Prah	Glina		Ss	ocjena
0 - 36	Pa	7,44	82,95	9,61	Pr	80,85	stabilni
36 - 97	Gso	5,52	80,41	14,08	PrI	78,26	stabilni
97 - 175	Gso/Gr	6,15	78,96	14,90	PrI	69,86	dosta stabilni

Tumač kratica: Pr = prah; PrI = praškasta ilovača; Ss = indeks stabilnosti mikroagregata, %

Tablica 6. Fizikalna svojstva hipogleja

Horizont	$\theta_v$	FC	$\rho_b$	$\rho_s$	PD	$\varepsilon$	AC	$\varepsilon_{air}$
Pa	38,79	42,44	1,42	2,69	1,51	47,21	4,77	8,42
Gso	35,06	37,69	1,60	2,73	1,73	41,39	3,70	6,33

Tumač kratica:  $\theta_v$  = volumetrijski sadržaj vode, %vol.; FC = retencijski vodni kapacitet, %vol.;  $\rho_b$  = volumna gustoća tla, g cm<sup>-3</sup>;  $\rho_s$  = gustoća čvrste faze, g cm<sup>-3</sup>; PD = gustoća pakiranja, g cm<sup>-3</sup>;  $\varepsilon$  = ukupna poroznost, %vol.; AC = kapacitet za zrak, %vol.;  $\varepsilon_{air}$  = poroznost aeracije, %vol.

### 3.2. Tretmani istraživanja

Istraživanja su provedena na dva sustava obrade tla, i to:

- Standardna obrada tla – ST: koja je podrazumijevala oranje na dubinu 30-35 cm, dopunske zahvate obrade tla i sjetvu.
- Konzervacijska obrada tla plitka – CTS: koja je podrazumijevala obradu tla rahljenjem do maksimalne dubine do 10 cm, ravnanje površine i sjetvu.

Mjerenje otpora tla na prodiranje konusne sonde u tlo, obavljano je elektronskim konusnim penetrometrom (Slika 11.). Dubina mjerenja iznosila je 80 cm, a vrijednosti očitavanja iskazivani su u MPa.



Slika 11. Elektronski konusni penetrometar „Penetrologger ART.NR.06.15.01“ Eijkelkamp (Izvor: <https://www.rasenplan.com/expertisen/>)

Mjerenja su obavljena u dva navrata tijekom vegetacije kukuruza, i to 1. mjerenje 04.06.2021., a drugo mjerenje 23.09.2021. godine.

## 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Hidrometeorološki čimbenici

Izrazito veliku ulogu u vegetaciji usjeva imaju abiotički i biotički čimbenici. Neki od abiotičkih čimbenika koji utječu na cijelu dinamiku vegetacije su temperatura tla i zraka kao i količina oborina.

Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja (od travnja 2021. do listopada 2021.) prema podacima koji su dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda prikazuju iznad prosječne temperature zraka na području Križevaca i Čačincina (Slatina ima najbližu meteorološku postaju DHMZ-a), (Tablica 7.). U ljetnim mjesecima u godini provedbe istraživanja (lipanj, srpanj i kolovoz) temperaturni prosjek je bio veći i do nekoliko stupnjeva.

Prosječna količina oborina koja je prikazana (grafikon 4. i grafikon 5.) govori o dovoljnoj ukupnoj količini oborina za ta područja, ali preraspodjela je raznolika. Neujednačena količina oborina dovodi do problema u vegetaciji, pa su biljke izložene suši i stagniranju/propadanju.

Tablica 7. Srednja mjesečna temperatura zraka Čačinci i Križevci

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ/X
Čačinci	3,1	5,2	5,9	9,2	14,7	22,4	23,7	20,6	16,5	9,5	6,2	3,5	11,7
Križevci	2,3	4,8	6,5	9,1	13,8	22,6	23,0	20,2	16,6	9,3	5,9	3,2	11,4

(Izvor podataka: DHMZ 2022.)

U periodu metličanja i svilanja (lipanj, srpanj, kolovoz) izmjenjivanje izrazito sušnog i izrazito vlažnog razdoblja dovelo je do toga da je kukuruz u određenim situacijama trpio sušu koja se u konačnici nije odrazila kobno na konačni prinos.

U početnom dijelu vegetacije količina oborina je na zavidnom nivou, ali u fazi cvatnje i oplodnje dolazi do izrazito velikog pada količine oborina. Kukuruz se u tom periodu nalazi pod stresom zbog iznadprosječnih temperatura uz nedostatak vode za taj period godine. Ostatak vegetacije bio je relativno dobro opskrbljen količinom vode za daljnji razvoj svoje vegetacije (formiranje zrna).



Grafikon 4. Srednja mjesečna količina oborina u Čačincima

Izvor: (DHMZ 2022.)



Grafikon 5. Srednja mjesečna količina oborina u Križevcima

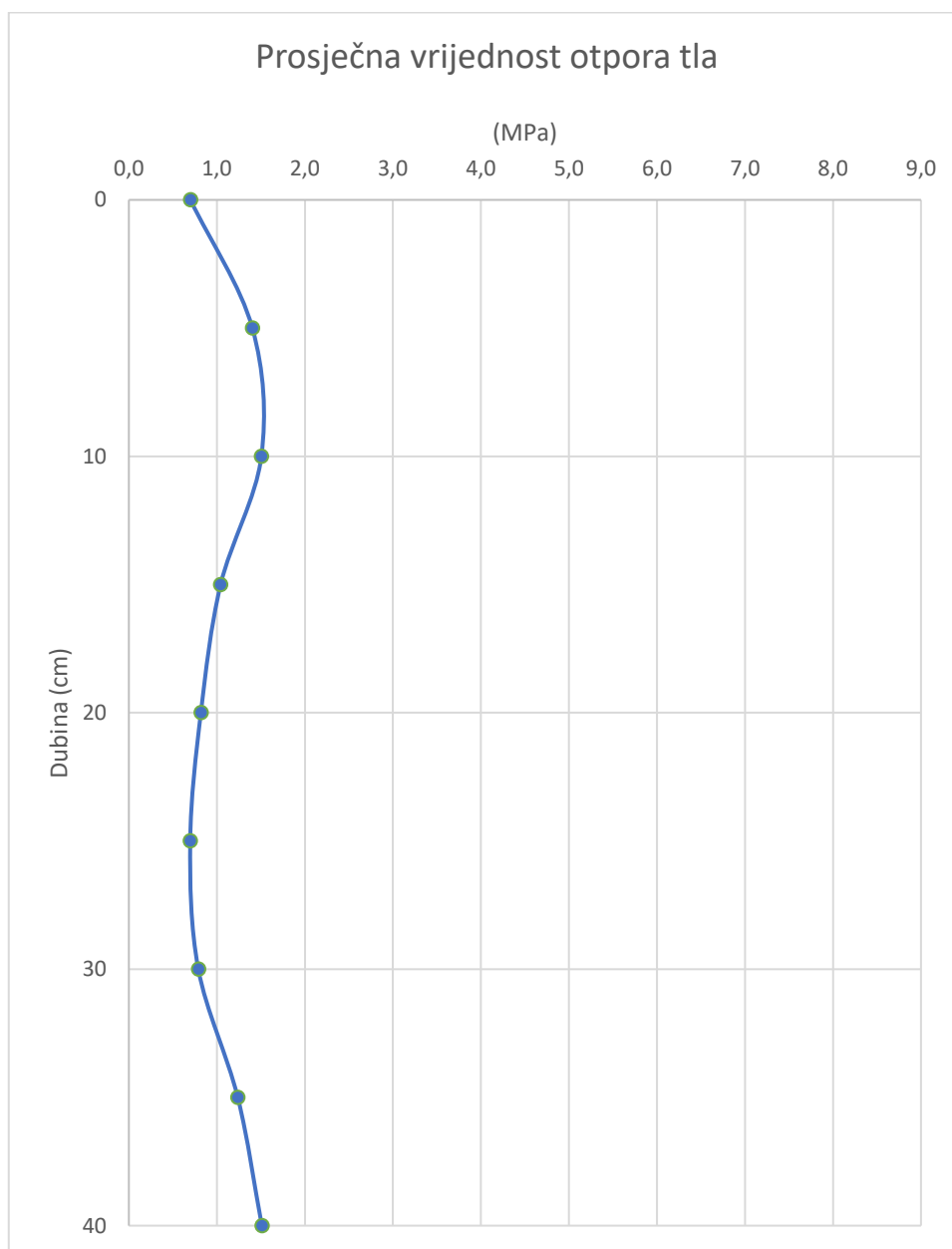
Izvor: (DHMZ 2022.)

## 4.2. Rezultati mjerenja otpora tla

### 4.2.1. Čačinci

Mjerenje I. (1. mjerenje) obavljeno je 04.06.2021. u 4 ponavljanja do maksimalne dubine od 80 centimetara. Standardna obrada tla (konvencionalna) utemeljena je na agrotehničkom zahvatu oranja. Dubina oranja izvodila se na prosječnoj dubini od 30 do 35 centimetara. Zadana dubina koja je bila proučavana u ovom radu iznosi od 0 do 40

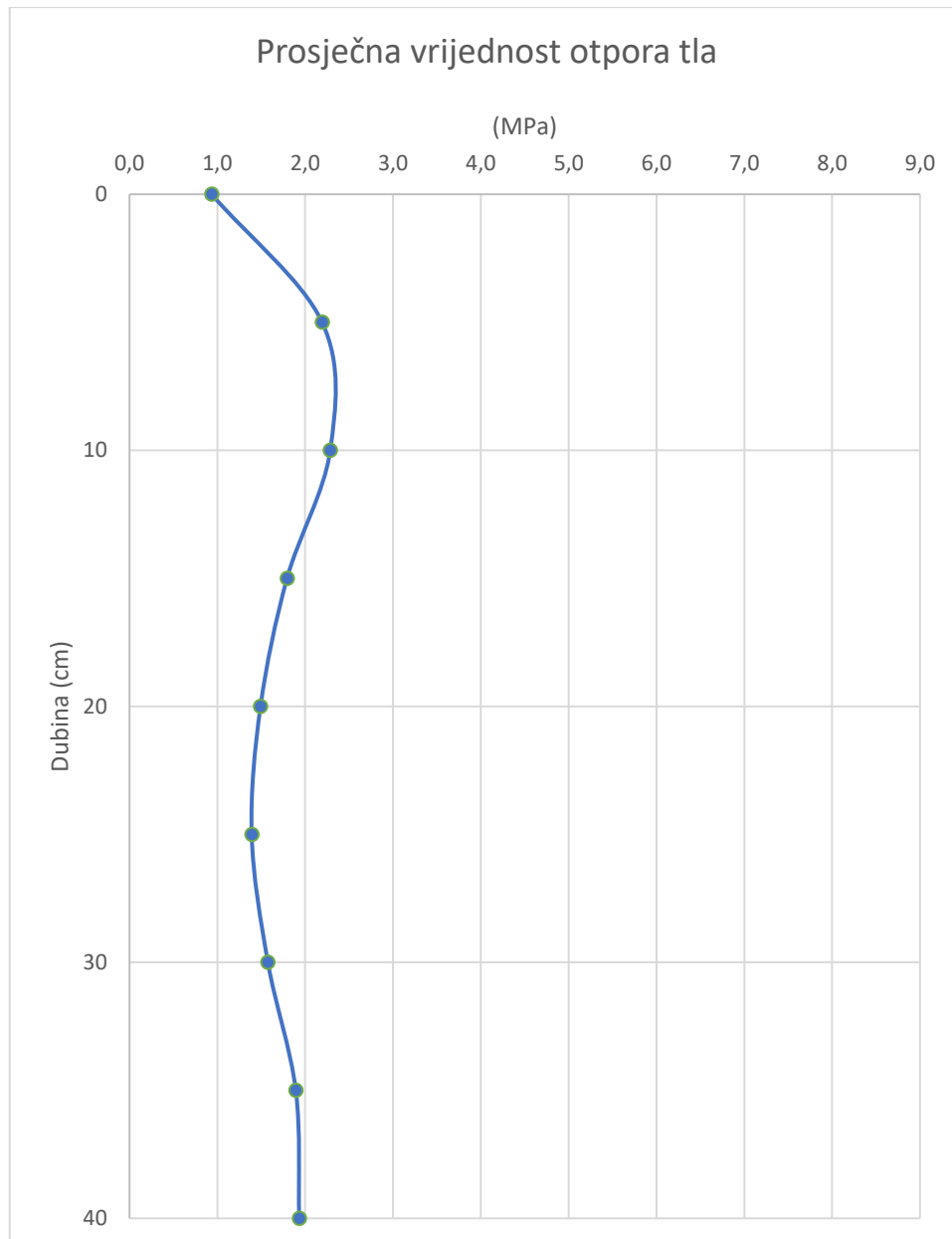
centimetara s prosječnim vrijednostima prikazanim u grafikonima od: 0 cm, 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 15 cm, 15 - 20 cm, 20 - 25 cm, 25 - 30 cm, 30 - 35 cm i 35 - 40 cm (Grafikoni 6. – 13.).



Grafikon 6. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST I (1. mjerenje) u Čačincima

Na grafovima prosječne vrijednosti penetrometiranja kod konvencionalne obrade u prvom mjerenju (ST I) mogu se uočiti da je sila otpora koja se javila pri utiskivanju konusne sonde u tlo varirala između 0,7 MPa i 1,5 MPa (Grafikon 6.). Vrijednosti otpora kod

konzervacijske plitke obrade I. (CTS I.) kreću se u rasponu od 0,9 MPa do 2,3 MPa (Grafikon 7.).

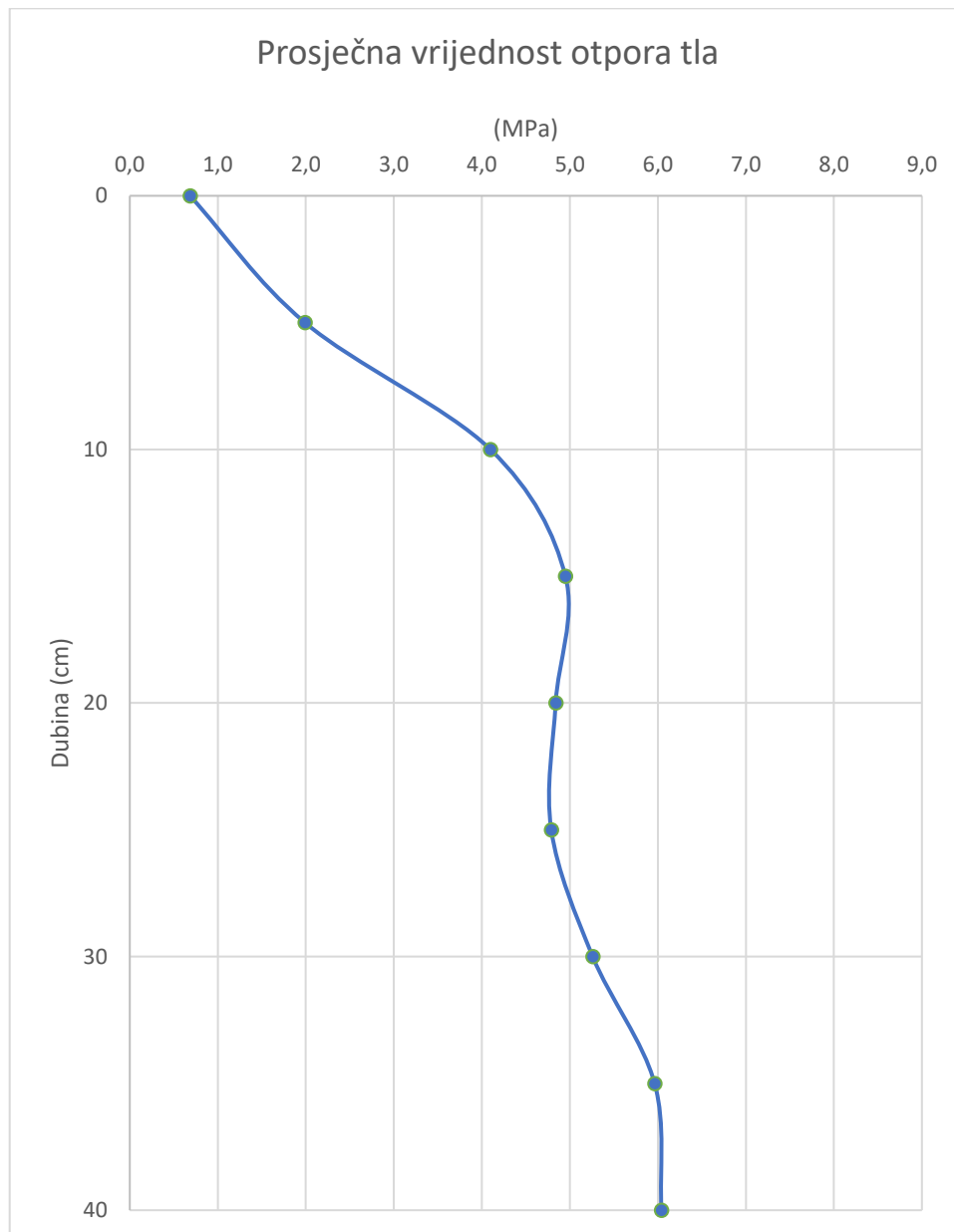


Grafikon 7. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS I. (1. mjerenje) u Čačincima

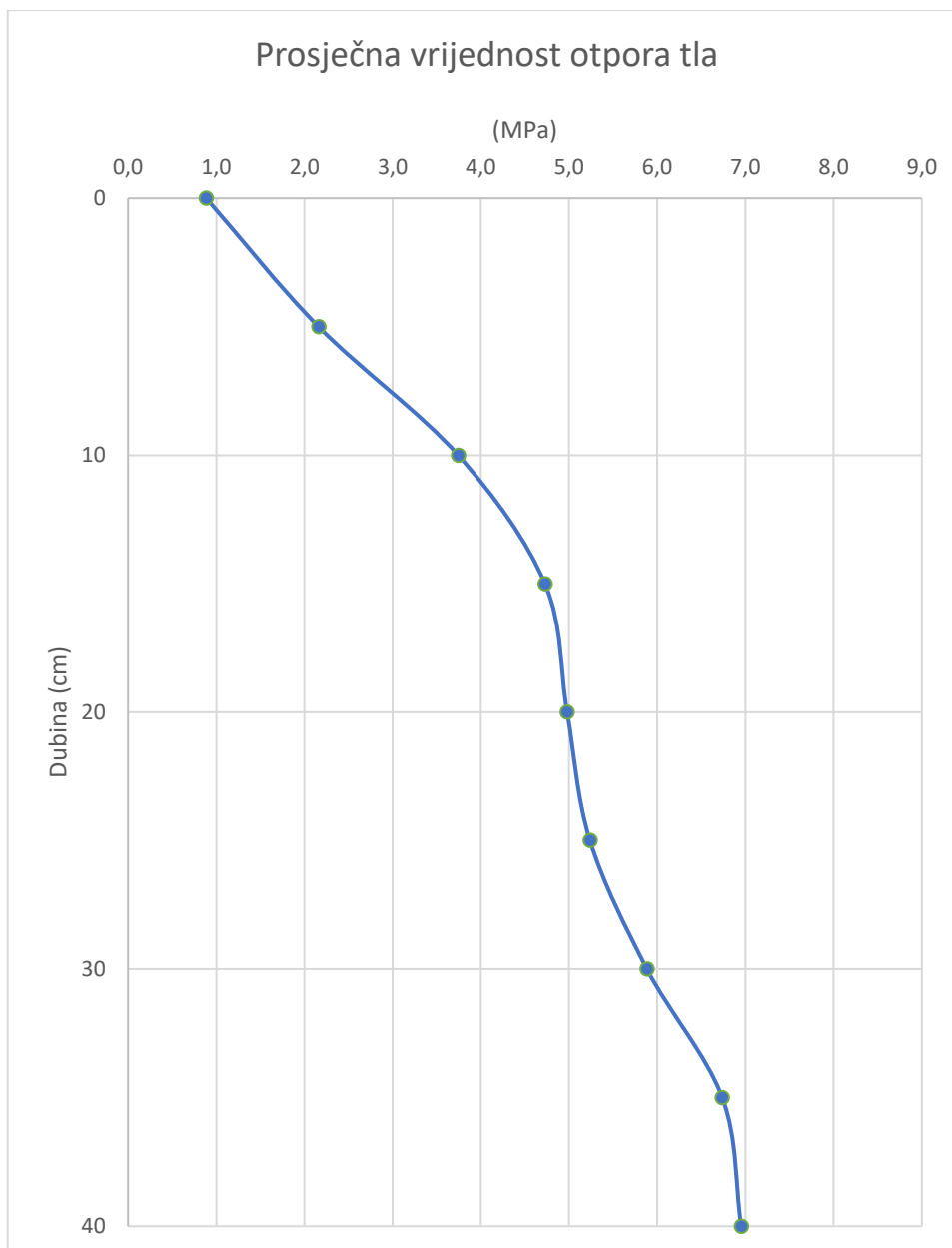
Mjerenje II. (2. mjerenje) obavljeno je 23.09.2021. u 4 ponavljanja do maksimalne dubine od 80 centimetara, a u ovom su radu prikazani rezultati izmjerenih otpora tla do dubine 40 cm. Kod konvencionalne obrade tla (ST II.) sila otpora iznosila je od 0,7 MPa do 6,0 MPa



(Grafikon 8.). Plitka konzervacijska obrada tla (Grafikon 9.) imala je nešto veći raspon sile otpora (6,1 MPa) koja je bila potrebna pri utiskivanju konusne sonde u tlo (0,9 MPa do 7,0 MPa).



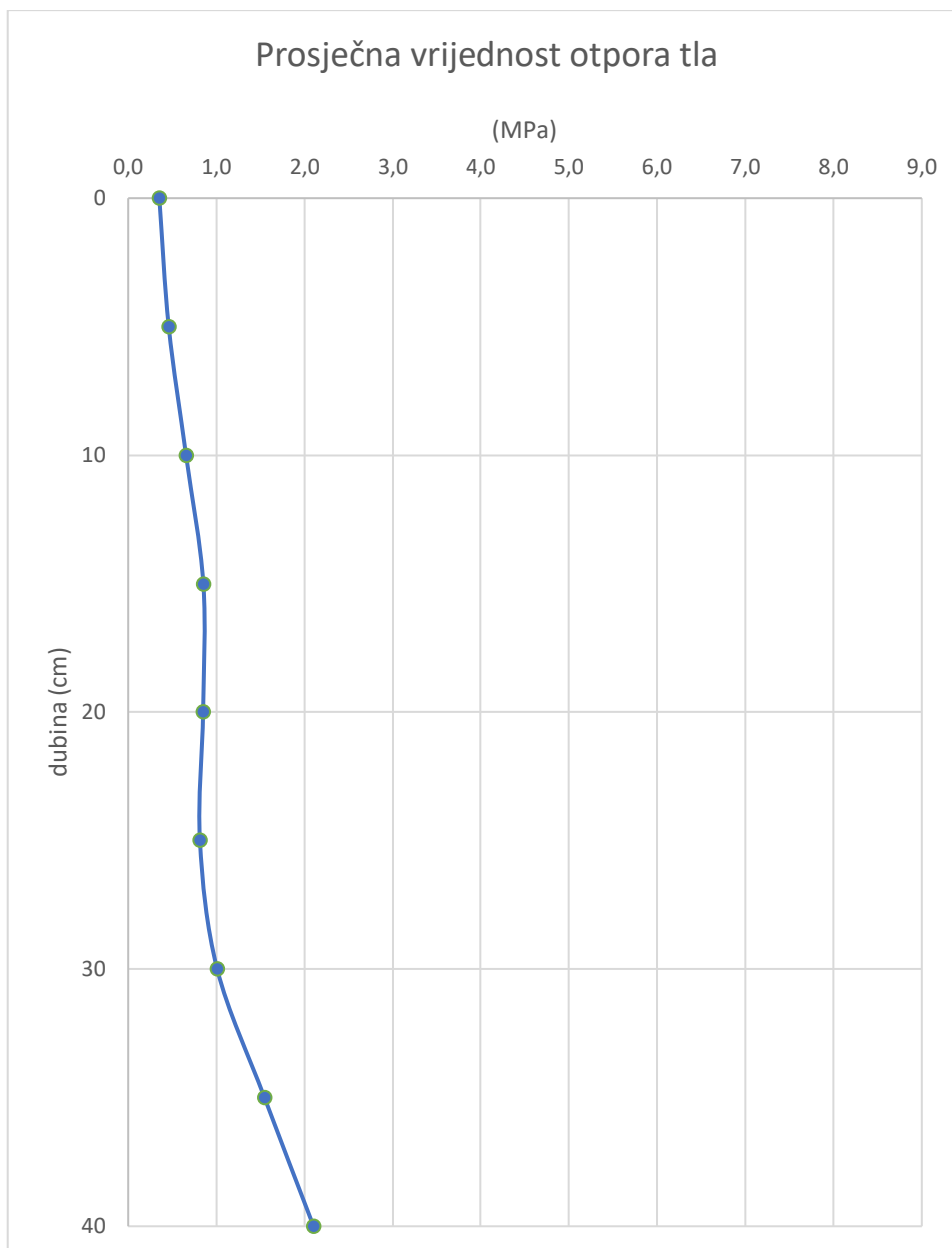
Grafikon 8. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST II. (2. mjerenje) u Čačincima



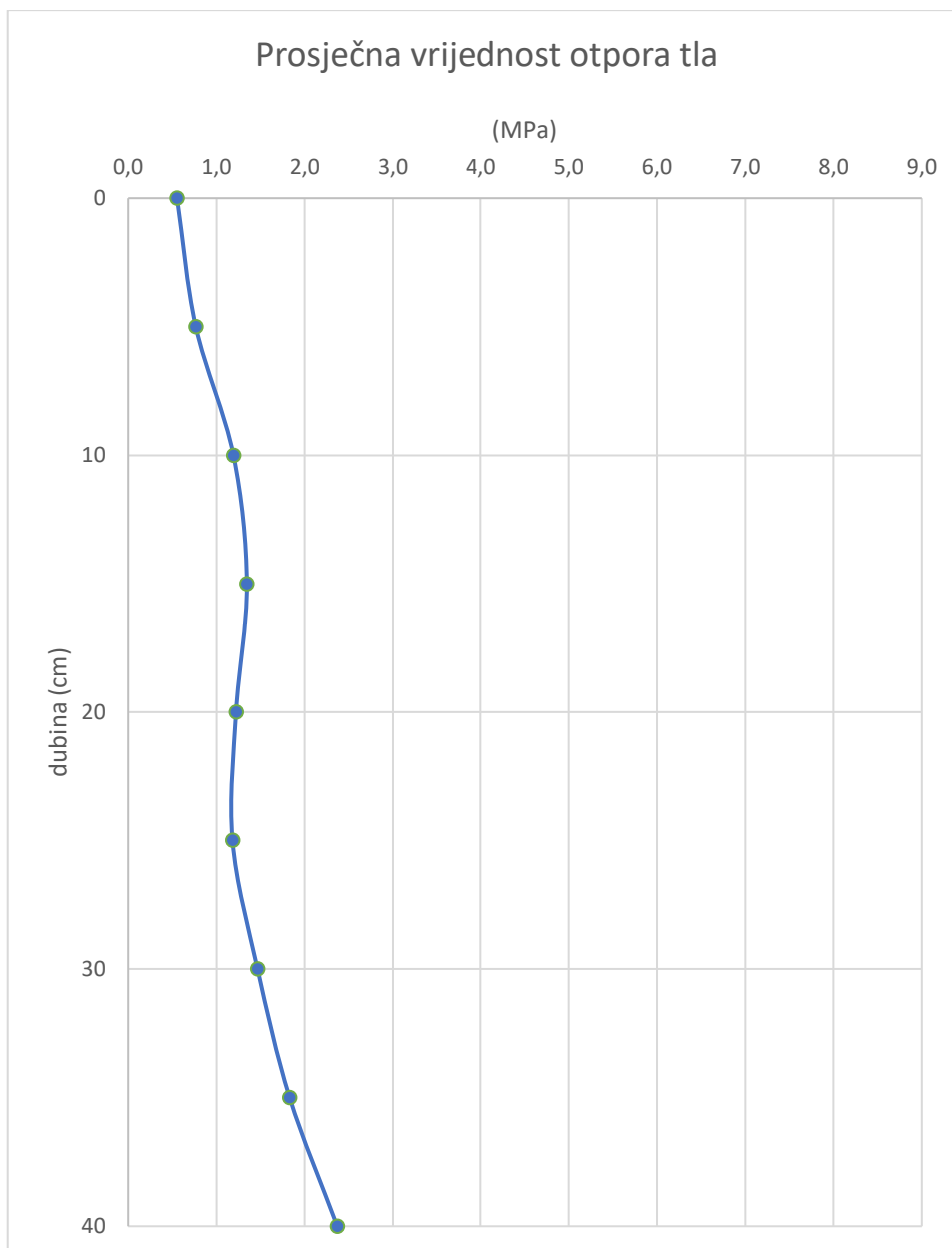
Grafikon 9. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS II. (2. mjerenje) u Čačincima

#### 4.2.2. Križevci

Na grafikonima prosječne vrijednosti penetromriranja kod konvencionalne obrade I. (ST I.) može se uočiti da je sila otpora koja je bila potrebna pri utiskivanju konusne sonde u tlo varirala između 0,4 MPa i 2,1 MPa (Grafikon 10.). Vrijednosti sile pritiska kod konzervacijske plitke obrade I. (CTS I.) kretala se u intervalu od 0,6 MPa do 2,4 MPa (Grafikon 11.).

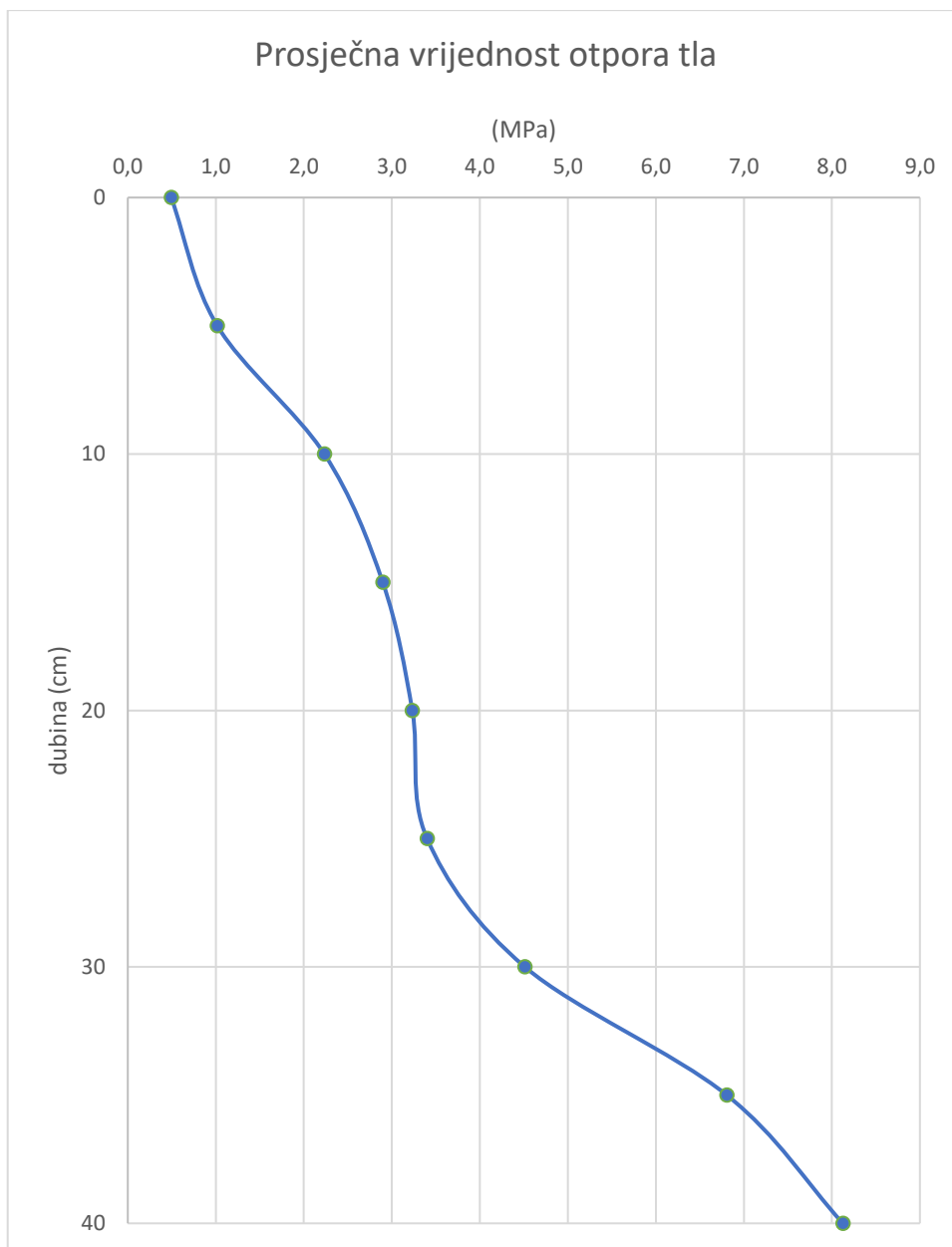


Grafikon 10. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST I. (1. mjerenje) u Križevcima

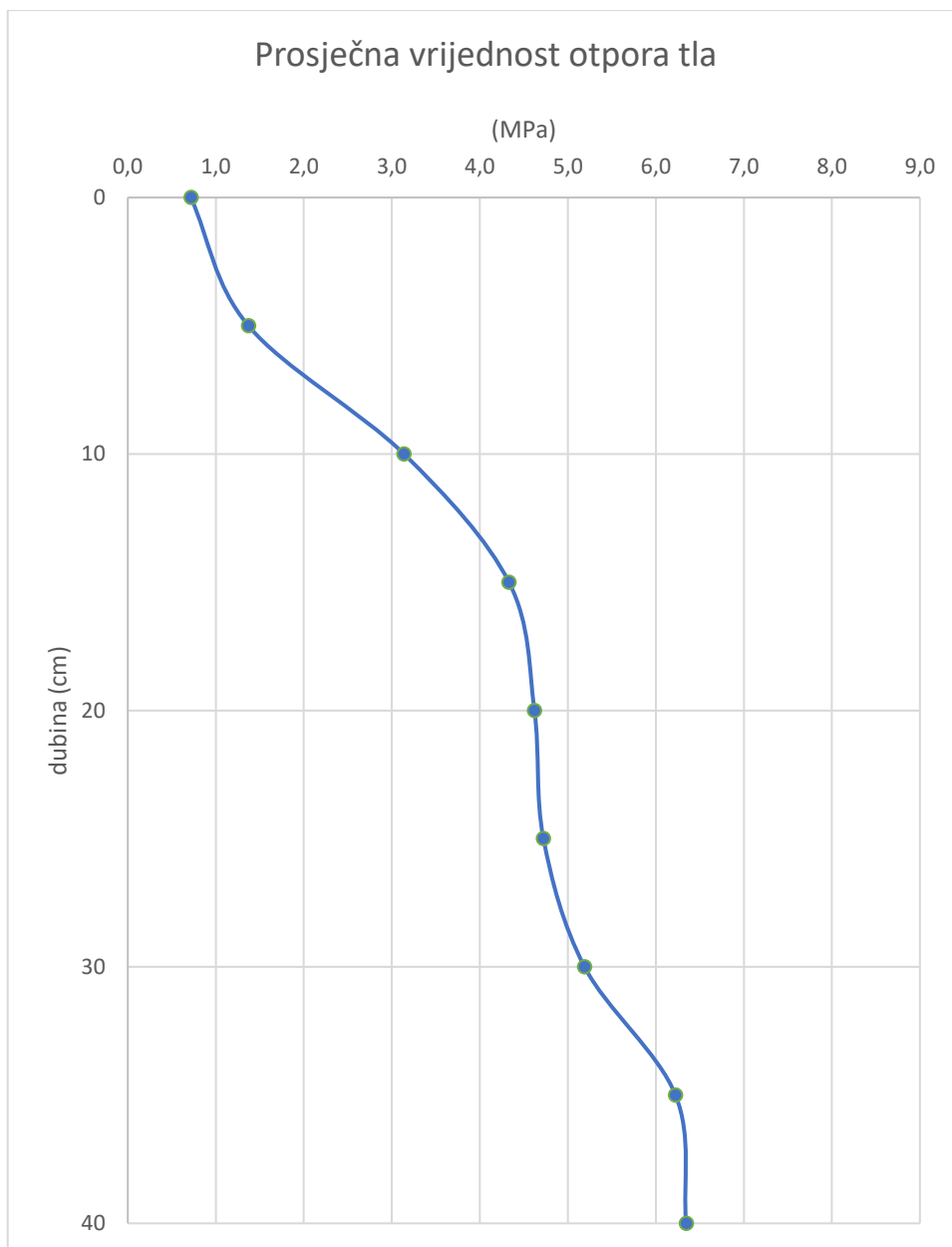


Grafikon 11. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS I. (1. mjerenje) u Križevcima

Mjerenje II. izvršeno je 23.9.2021. u 4 ponavljanja do maksimalne dubine od 80 centimetara. U ovom istraživanju zbijenost tla mjerena je do dubine od 40 cm. Kod konvencionalne obrade tla sila otpora iznosila je od 0,5 MPa do 8,1 MPa (Grafikon 12.). Plitka konzervacijska obrada imala je nešto manji raspon sile (0,7 MPa do 6,3 MPa) koja je bila potrebna pri utiskivanju konusne sonde u tlo (Grafikon 13.).



Grafikon 12. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST II. (2. mjerenje) u Križevcima



Grafikon 13. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS II. (2. mjerenje) u Križevcima

## 5. RASPRAVA

Volumna gustoća tla često se koristi kao pokazatelj ili indikator zbijenosti nekog tla. Kapacitet zraka u tlu se smanjuje kako se postižu veće vrijednosti volumenske gustoće, što ukazuje na neporozno, zbijeno tlo. Smanjenje kapaciteta tla za zrak se uglavnom događa na glinastim tlima i ima negativan učinak usporavanja infiltracije. Uslijed povećane volumne gustoće, odnosno jačeg zbijanja tla, dolazi i do ograničenog ili smanjenog ili potpuno zaustavljenog razvoja i proliferiranja korijena biljaka. Ova je pojava uobičajena na tlima s prekomjernom količinom vode, što neizravno također ukazuje na jače zbijeno tlo. Bolja poroznost pozitivna je posljedica niže vrijednosti volumenske gustoće u tlima s visokim sadržajem organske tvari.

Istraživanje na kojemu se temelji ovaj diplomski rad odnosi se na fizikalnu degradaciju tla zbijanjem. Uz volumnu gustoću i poroznost tla, stupanj zbijenosti tla ovisi o gustoći rasporeda ili pakiranja čestica tla. Uspoređena su dva sustava obrade tla na dva lokaliteta. Otpori tla izmjereni na konvencionalnoj obradi kao i na konzervacijskoj plitkoj obradi bili su približno jednaki na oba lokaliteta. Odstupanja izmjerene vrijednosti od sjetvenog sloja (5cm) do dubine od 40 cm iznosilo je približno 1 MPa. Odstupanje vrijednosti prikazuje minimalnu razliku povećane zbijenosti tla na lokalitetu Čačinci u sjetvenom sloju.

Uspoređujući vrijednosti izmjerenih otpora tla unutar istog tretmana obrade tla, uočava se značajna razlika, odnosno značajno povećanje otpora tla mjerenih u drugom mjerenju u odnosu na prvo mjerenje. Ova su povećanja u prosjeku iznosila od 3-4 MPa na oba istraživana lokaliteta.

Izostanak većih i značajnijih razlika u izmjerenim vrijednostima otpora tla između varijanata konvencionalne obrade tla (ST) i konzervacijske plitke obrade tla (CTS) na oba istraživana lokaliteta, vjerojatno je iz razloga što je na varijanti CTS bila veća masa biljnih ostataka na površini tla, pri čemu je tlo bilo vlažnije. Slične rezultate dobili su Brezinščak i Bogunović (2021.). Oni su u svom radu analizirali utjecaj vlažnog klimata pod različitim sustavima obrade tla, kao što su: konvencionalna (CT), minimalna (MT) i reducirana obrada tla (RT). Sustavi obrade tla podijeljeni su na parcele sa i bez slame. Odabrane mjere koje su se ispitivale bile su fizička svojstva tla i prinos soje. Uspoređujući mogućnosti tretiranja, RT sa slamom značajno smanjuje volumnu gustoću tla za razliku od ostalih alternativa (Brezinščak i Bogunović, 2021.). Svaki primijenjeni tretman imao je mehaničku

otpornost ograničenu na 2,5 MPa, ali je značajno smanjena u jesen s parcelama prekrivenim slamom. Na RT i MT parcelama izvršena su mjerenja većeg sadržaja vode u tlu. Parcele RT i MT s unesenom slamom imale su veći postotak stabilnih agregata te je prinos soje bio obilniji na RT i MT parcelama prekrivenim slamom (Brezinščak i Bogunović, 2021.). Iako kratkoročno, fizičko poboljšanje tla i prinosa žitarica donijelo je MT i RT preporuku kao održivu alternativu i zamjenu za konvencionalnu obradu tla (Brezinščak i Bogunović, 2021.).

Na konvencionalnoj obradi tla, na oba istraživana lokaliteta, uočena je klasična krivulja otpora tla koja je posljedica primjene pluga, ali i posljedica primjene tanjurače u dopunskoj obradi tla. Tako su povećanja vrijednosti izmjerenih otpora uočena na dubini uobičajenog rada tanjurače (10-15 cm), kao i na dubini do koje se uobičajeno koristi plug, odnosno od 25-35 cm. Međusobnom usporedbom lokaliteta istraživanja nisu utvrđena značajna odstupanja u izmjerenim vrijednostima otpora tla.

Iako visina prinosa zrna kukuruza nije bila cilj ovog diplomskog rada, valja napomenuti kako je na plitkom konzervacijskom sustavu obrade tla ostvaren u prosjeku 5% veći prinos na oba istraživana lokaliteta.



## 6. ZAKLJUČAK

Različitim načinima obrade čovjek je kroz povijest povećavao iskoristivost tla ne razmišljajući o mogućim posljedicama degradiranja tla u budućnosti. Sustavna degradacija tla dovela je do razvoja novih sustava obrade kako bi se zaustavila njegova daljnja degradacija. Zaustavljanje degradacije uvelike ovisi o planiranom i pomno osmišljenom poboljšanju fizikalnih svojstava tla. Povećanje infiltracije vode, smanjena erozija tla i evaporacija te smanjeni troškovi proizvodnje samo su neke od prednosti koje se mogu postići konzervacijskom obradom tla. Na temelju jednogodišnjeg istraživanja otpora tla na dva sustava obrade (konvencionalni i konzervacijski plitki), na dva lokaliteta (dva tipa tla), može se zaključiti sljedeće:

- konzervacijska obrada može imati značajne kratkoročne prednosti u odnosu na konvencionalnu,
- između dva istraživana sustava obrade tla nisu utvrđene značajne razlike u visini izmjerenih opora tla,
- najveće razlike između izmjerenih otpora tla utvrđene su između termina mjerenja (1. mjerenje 04.06.2021., a drugo mjerenje 23.09.2021. godine),
- najmanji otpori izmjereni su u lipnju (u prosjeku od 1-2 MPa), a najveći u rujnu (u prosjeku od 5-6 MPa),
- najveći izmjereni otpori tla na konvencionalnom sustavu obrade tla uočeni su na uobičajenoj dubini rada tanjurače (10-15 cm), kao i na dubini rada pluga (25-35 cm),
- najveći izmjereni otpori tla na plitkom konzervacijskom sustavu obrade tla uočeni su na dubini 35-40 cm, a po cijeloj dubini profila mjerenja imali su tendenciju povećanja otpora,
- za potencijalno dugoročnije prednosti konzervacijske u odnosu na konvencionalnu obradu tla u smislu zadovoljavajućih otpora tla, potrebno je provesti dugoročnija istraživanja.

## 7. POPIS LITERATURE

- 1) Alakukku L, Weisskopf P, Chamen W, Tijink F, Van Der Linden J, Pires S, Sommer C, Spoor G (2003) Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. Part 1. Machine/soil interactions. *Soil Till Res* 73:145–160.
- 2) Awe, G. O., Reichert, J. M., & Fontanela, E. (2020). Sugarcane production in the subtropics: Seasonal changes in soil properties and crop yield in no-tillage, inverting and minimum tillage. *Soil and Tillage Research*, 196, 104447.
- 3) Badalíková, B. (2010). Influence of Soil Tillage on Soil Compaction. In: Dedousis, A., Bartzanas, T. (eds) *Soil Engineering. Soil Biology*, vol 20. Springer, Berlin, Heidelberg.
- 4) Benković, R. (2022). 'Eksploatacijski pokazatelji sredstava poljoprivredne mehanizacije i tvorba prinosa pri različitim sustavima obrade tla', Disertacija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, citirano: 08.03.2023.
- 5) Biberdzic, M., Barac, S., Lalevic, D., Djikic, A., Prodanovic, D., & Rajcic, V. (2020). Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean journal of agricultural research*, 80(1), 80-89.
- 6) Birkás, M., Jolánkai, M., Gyuricza, C., & Percze, A. (2004). Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. *Soil and Tillage Research*, 78(2), 185-196.
- 7) Brezinščak, L. i Bogunović, I. (2021). Utjecaj obrade tla i malča na strukturu tla, zbijenost i prinos soje na fluvisolu. *Journal of Central European Agriculture*, 22 (1), 133-145.
- 8) Butorac, A., Kisić, I. i Butorac, J. (2006). Conservation tillage in the European countries. *Agronomski glasnik*, 68 (2), 109-136.
- 9) Butorac, A., Kisić, I. i Butorac, J. (2006). Utjecaj sustava konzervacijske obrade tla na eroziju i fizikalna svojstva tla. *Agronomski glasnik*, 68 (4), 314-334.
- 10) Butorac, A., Butorac, J. i Kisić, I. (2006). Sustavi konzervacijske obrade tla u Europi. *Agronomski glasnik*, 68 (1), 43-55.
- 11) Carter, M.R. (1994.): A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions, *Soil and Tillage Research*, Volume 31, Issue 4, Pages 289-301.

- 12) Chamen, W. C. T., Vermeulen, G. D., Campbell, D. J., & Sommer, C. (1992). Reduction of traffic-induced soil compaction: a synthesis. *Soil and Tillage Research*, 24(4), 303-318.
- 13) Chang, C., Lindwall, C.W. (1992.): Effects of tillage and crop rotation on physical properties of a loam soil, *Soil and Tillage Research*, Volume 22, Issues 3–4, Pages 383-389.
- 14) Fasinmirin, J. T., Reichert, J. M. (2011.): Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta crantz*) production in the tropics, *Soil and Tillage Research*, Volume 113, Issue 1, Pages 1-10.
- 15) Holland, J.M. (2004.): The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 103, Issue 1, Pages 1-25.
- 16) Indoria, A. K., Rao, Ch. S., Sharma, K. L., & Reddy, K. S. (2017): Conservation agriculture – a panacea to improve soil physical health. *Current Science*, 112(1), 52–61.
- 17) Jug, D., Birkas, M., Kisić, I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Sveučilišni udžbenik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
- 18) Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018.): The role of conservation agriculture in mitigation and adaptation to climate change, *Poljoprivreda* Vol. 24:No. 1, 35-44.
- 19) Jug, D., Jug I., Vukadinović V., Đurđević B., Stipešević B., Brozović B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilišni priručnik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
- 20) Jug, I., Jug, D. Brozović, B., Vukadinović, V., Đurđević, B. (2022): Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje. Sveučilišni udžbenik, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
- 21) Martínez, I., Ovalle, C., Del Pozo, A., Uribe, H., Valderrama, N., Prat, C., & Zagal, E. (2011). Influence of conservation tillage and soil water content on crop yield in dryland compacted Alfisol of Central Chile. *Chilean Journal of agricultural research*, 71(4), 615-622.
- 22) Peigné, J., Ball, B.C., Roger-Estrade, J. and David, C. (2007): Is conservation tillage suitable for organic farming? A review. *Soil Use and Management*, 23: 129-144.
- 23) Sidhu, D., & Duiker, S. W. (2006). Soil compaction in conservation tillage: Crop impacts. *Agronomy Journal*, 98(5), 1257-1264.

- 24) Taboada, M.A, Micucci, F.G, Cosentino, D.J, Lavado, R.S (1998): Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina, *Soil and Tillage Research*, Volume 49, Issues 1–2, Pages 57-63.
- 25) Voorhees, W. B. and Lindstrom, M. J. (1983.): *Journal of Soil and Water Conservation* May, 38 (3) 307-311.
- 26) Vučetić, V. (2011). Modelling of maize production in Croatia: Present and future climate. *The Journal of Agricultural Science*, 149(2), 145-157.
- 27) Wang, iao-Bin, Cai, Dian-Xiong, Hoogmoed, W.B., Oenema, O., Perdok, U.D. (2006.): Potential Effect of Conservation Tillage on Sustainable Land , *Pedosphere*, Volume 16, Issue 5, Pages 587-595.
- 28) WRB. (2015.): World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 - International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome.

Internetske stranice:

- 29) [http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM\\_01-Obrada%20tla.pdf](http://www.opb.com.hr/literatura/OBsAM/OBsAM_01-Obrada%20tla.pdf) (Prijava: 3.11.2022.)
- 30) <https://gospodarski.hr/rubrike/ostalo/kako-je-najbolje-obradivati-tlo/>(Prijava: 3.11.2022.)
- 31) <https://www.fao.org/teca/en/technologies/7846> (Prijava: 3.11.2022.)
- 32) <https://www.britannica.com/plant/corn-plant> (Prijava: 3.11.2022.)
- 33) <https://www.morningagclips.com/south-dakota-producers-see-benefits-of-conservation-tillage/> (Prijava: 3.11.2022.)
- 34) <https://www.agroklub.com/agrogalerija/konzervacijski-sustav-obrade-tla-13899/#gallery-1> (Prijava: 12.11.2022.)
- 35) [https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Cacinci-33514-Viroviticko\\_podravska\\_zupanija-Croatia](https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Cacinci-33514-Viroviticko_podravska_zupanija-Croatia) (Prijava: 13.11.2022.)
- 36) [https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Krizevci-48260-Koprivnicko\\_krizevacka\\_zupanija-Croatia](https://www.viamichelin.ie/web/Maps/Map-Krizevci-48260-Koprivnicko_krizevacka_zupanija-Croatia) (Prijava: 13.11.2022.)
- 37) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Prijava: 26.1.2023.)
- 38) <https://www.rasenplan.com/expertisen/> (Prijava: 1.3.2023.)

## 8. SAŽETAK

Klimatske promjene koje mijenjaju klimatska područja sve više utječu na čovjekov suživot s prirodom. Drastične promjene čimbenika uzgojnog područja dovele su do toga da se čovjek u ulozi poljoprivrednika mora preispitivati u svakom strateškom koraku proizvodnje. Svaka greška u proizvodnji ishodi financijski deficit, a u konačnici i smanjenu proizvodnju hrane za čovječanstvo. U proizvodnji postoji nekoliko mogućnosti pri kojima čovjek može biti direktan faktor. Genetički inženjering, pesticidi i umjetna gnojiva samo su neka od područja koji direktno mogu utjecati na kvalitetu i prinos proizvodnje. Sva ta područja ne mogu ostvariti svoje pozitivne učinke bez kvalitetne agrotehnike. Temeljem indikatora tla konvencionalna obrada tla očituje se kroz postepenu degradaciju tla i narušavanje bioraznolikosti u tlu. Degradacija tla kao najteži oblik gubitka proizvodnih površina može se regulirati sustavima reducirane obrade tla. Konzervacijska obrada tla, kao jedna od istaknutijih reduciranih obrada, temelji se na što manjem broju prohoda, rotaciji usjeva i ostavljanju žetvenih ostatak na površini tla. Na temelju jednogodišnjeg istraživanja otpora tla konzervacijska obrada dokazuje da taj sustav donosi prednosti kao što su relativno visoki prinosi i mogućnost popravka svojstava tla.

## **9. SUMMARY**

Climate changes that change climatic areas are increasingly affecting human's coexistence with nature. Due to drastic changes in the cultivation area factors, farmers must constantly reconsider every strategic step of production. Mistakes in production result in a financial deficit, and ultimately in a reduced food production for the mankind. There are several production factors which are under direct human influence. Genetic engineering, pesticides and artificial fertilizers are just some of the factors that can directly affect the quality and yield of production. When taken into consideration, all these production factors cannot have positive effects without quality agricultural technology. Based on soil indicators, conventional soil cultivation manifests itself in the form of gradual soil degradation and disruption of soil biodiversity. Soil degradation, which is the most serious form of losing production areas, can be regulated in reduced tillage systems. Soil conservation tillage, as one of the most prominent reduced tillages, is based on as few passes as possible, crop rotation and leaving harvest residues on the soil surface. Based on a one-year-study of soil resistance, conservation tillage proves that this system results in advantages such as relatively high yields and the possibility of improving soil properties.

## 10. POPIS TABLICA

1. Primjer kriterija podjele načina obrade tla.....	2
2. Podjela dubine obrade tla.....	3
3. Tekstura tla i stabilnost mikroagregata u profilu pseudogleja.....	21
4. Fizikalna svojstva pseudogleja.....	21
5. Tekstura tla i stabilnost mikroagregata u profilu hipogleja.....	22
6. Fizikalna svojstva hipogleja.....	23
7. Srednja mjesečna temperatura zraka Čačinci i Križevci.....	24

## 11. POPIS SLIKA

1. Faktori o kojima ovisi dubina obrade tla.....	3
2. Konvencionalna obrada tla plugom.....	4
3. Ostavljanje žetvenih ostataka na tlu prilikom obrade.....	5
4. Klip kukuruza ( <i>Zea Mays L.</i> ).....	7
5. Direktna sjetva u tlo.....	9
6. Pokusna površina projekta.....	19
7. Lokalitet Čačinci.....	20
8. Profil pseudogleja na pokusnom polju u Čačincima.....	20
9. Lokalitet Križevci.....	21
10. Profil hipogleja na pokusnom polju u Križevcima.....	22
11. Elektronski konusni penetrometar „Penetrologger ART.NR.06.15.01“ Eijkelkamp....	23



## 12. POPIS GRAFIKONA

1. Grafički prikaz površina zasijanih kukuruzom u Republici Hrvatskoj u period od 2015. do 2020. godine.....	7
2. Prosječni prinos zrna kukuruza u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine.....	8
3. Prinos kukuruza u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2020. godine.....	8
4. Srednja mjesečna količina oborina u Čačincima.....	25
5. Srednja mjesečna količina oborina u Križevcima.....	25
6. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST I (1. mjerenje) u Čačincima.....	26
7. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS I. (1. mjerenje) u Čačincima.....	27
8. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST II. (2. mjerenje) u Čačincima.....	28
9. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS II. (2. mjerenje) u Čačincima.....	29
10. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST I. (1. mjerenje) u Križevcima.....	30
11. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS I. (1. mjerenje) u Križevcima.....	31
12. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za ST II. (2. mjerenje) u Križevcima.....	32
13. Prosječna vrijednost otpora tla u MPa za CTS II. (2. mjerenje) u Križevcima.....	33

# TEMELJNA DOKUMENTACIJA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Biljna proizvodnja

## Utjecaj konzervacijske obrade tla na fizikalnu degradaciju tla zbijanjem

Ivan Kovaček

### Sažetak:

Klimatske promjene koje mijenjaju klimatska područja sve više utječu na čovjekov suživot s prirodom. Drastične promjene čimbenika uzgojnog područja dovele su do toga da se čovjek u ulozi poljoprivrednika mora preispitivati u svakom strateškom koraku proizvodnje. Svaka greška u proizvodnji ishodi financijski deficit, a u konačnici i smanjenu proizvodnju hrane za čovječanstvo. U proizvodnji postoji nekoliko mogućnosti pri kojima čovjek može biti direktan faktor. Genetički inženjering, pesticidi i umjetna gnojiva samo su neka od područja koji direktno mogu utjecati na kvalitetu i prinos proizvodnje. Sva ta područja ne mogu ostvariti svoje pozitivne učinke bez kvalitetne agrotehnike. Temeljem indikatora tla konvencionalna obrada tla očituje se kroz postepenu degradaciju tla i narušavanje bioraznolikosti u tlu. Degradacija tla kao najteži oblik gubitka proizvodnih površina može se regulirati sustavima reducirane obrade tla. Konzervacijska obrada tla, kao jedna od istaknutijih reduciranih obrada, temelji se na što manjem broju prohoda, rotaciji usjeva i ostavljanju žetvenih ostataka na površini tla. Na temelju jednogodišnjeg istraživanja otpora tla konzervacijska obrada dokazuje da taj sustav donosi prednosti kao što su relativno visoki prinosi i mogućnost popravka svojstava tla.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

**Mentor:** prof. dr. sc. Danijel Jug

**Broj stranica:** 46

**Broj grafikona i slika:** 24

**Broj tablica:** 7

**Broj literaturnih navoda:** 28

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** sustavi obrade tla, degradacija tla, zbijenost tla, konzervacijska obrada tla

**Datum obrane:** 8. svibnja 2023.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Danijel Jug, predsjednik
2. prof. dr. sc. Irena Jug, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član
4. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, zamjenski član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek

# BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Grauate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduate Studies Plant production, course Plant production

## The influence of soil conservation tillage on the physical degradation of soil by compaction

Ivan Kovaček

### Abstract:

Climate changes that change climatic areas are increasingly affecting human's coexistence with nature. Due to drastic changes in the cultivation area factors, farmers must constantly reconsider every strategic step of production. Mistakes in production result in a financial deficit, and ultimately in a reduced food production for the mankind. There are several production factors which are under direct human influence. Genetic engineering, pesticides and artificial fertilizers are just some of the factors that can directly affect the quality and yield of production. When taken into consideration, all these production factors cannot have positive effects without quality agricultural technology. Based on soil indicators, conventional soil cultivation manifests itself in the form of gradual soil degradation and disruption of soil biodiversity. Soil degradation, which is the most serious form of losing production areas, can be regulated in reduced tillage systems. Soil conservation tillage, as one of the most prominent reduced tillages, is based on as few passes as possible, crop rotation and leaving harvest residues on the soil surface. Based on a one-year study of soil resistance, conservation tillage proves that this system brings advantages such as relatively high yields and the possibility of improving soil properties.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Full Professor Danijel Jug

**Number of pages:** 46

**Number of figures:** 24

**Number of tables:** 7

**Number of references:** 28

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** soil tillage systems, soil degradation, soil compaction, soil conservation tillage

**Thesis defended on date:** May 8, 2023.

### Reviewers:

1. Full Professor Irena Jug, chairman
2. Full Professor Danijel Jug, mentor
3. Associate Professor Boris Đurđević, member
4. Full Professor Vesna Vukadinović, substitute member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek