

Indikatori degradacije tla pri različitim sustavima obrade tla

Veseli, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad (sveučilišni)

2022

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:340036>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2026-07-30**



NACIONALNA
I SVEUČILIŠNA
KNJIŽNICA
U ZAGREBU



Repository / Repozitorij:

[Croatian Digital Theses Repository / Nacionalni repozitorij
završnih i diplomskih radova ZIR](#)



Dabar

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Domagoj Veseli, univ. bacc. ing. agr.

Diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo

Smjer Vinogradarstvo i vinarstvo

INDIKATORI DEGRADACIJE TLA PRI RAZLIČITIM SUSTAVIMA OBRADJE TLA

Diplomski rad

Osijek, 2022

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Domagoj Veseli, univ. bacc. ing. agr.

Diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo, smjer Vinogradarstvo i vinarstvo

INDIKATORI DEGRADACIJE TLA PRI RAZLIČITIM SUSTAVIMA OBRADE TLA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2022

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. Cilj istraživanja	3
2. DEGRADACIJA TLA	4
3. INDIKATORI DEGRADACIJE TLA	6
3.1. Vizualni indikatori degradacije tla	6
3.2. Fizikalni indikatori	7
3.2.1. Stabilnost strukturnih agregata	7
3.2.2. Infiltracija	9
3.2.3. Zbijenost tla	9
3.3. Kemijski indikatori.....	10
3.3.1. pH vrijednost tla	11
3.3.2. Organska tvar tla.....	12
3.4. Biološki indikatori.....	14
3.4.1. Biološka raznolikost	15
3.4.2. Disanje tla	15
3.4.3. Potencijalno mineralizirajući dušik	16
3.4.4. Količina biomase	17
3.4.5. C/N odnos.....	19
3.5. Integrativni indikatori.....	20
4. SUSTAVI OBRADE TLA	21
4.1. Konvencionalna obrada tla.....	21
4.2. Reducirana obrada tla.....	22
4.3. Konzervacijska obrada tla	23
5. STUDIJA SLUČAJA (primjer praćenja indikatora degradacije tla na HRZZ projektu).....	26
6. ZAKLJUČAK	36
7. POPIS LITERATURE	38
8. SAŽETAK	42
9. SUMMARY	43
10. POPIS TABLICA	44

11. POPIS SLIKA.....	45
12. POPIS GRAFIKONA.....	46
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	47
BASIC DOCUMENTATION CARD	48

1. UVOD

Prije otprilike 12 000 godina, dogodila se tzv. „Neolitska revolucija“ u kojoj su ljudi odbacili nomadski stil života i sakupljanje plodova te su počeli osnivati trajna naselja i baviti se uzgojem poljoprivrednih kultura. Upravo zbog razvoja i izuma različitih alata, tehnika obrade tla, ali i razvoja poljoprivrede kao cjeline, došlo je do osnivanja gradova i u konačnici razvoja civilizacija. Zahvaljujući mogućnosti uzgajanja usjeva i životinja, broj stanovnika na Zemlji, u periodu od prije 10 000 godina do danas, narastao je od otprilike jednog milijuna ljudi do više od osam milijardi ljudi. Ranije metode obrade tla uvelike su ovisile o lokalnim klimatskim uvjetima, a većina poljoprivrednika je u početku primjenjivala princip selilačkog načina života, odnosno sve dok se ne iscrpe prirodni resursi u tlu. S početkom razvoja svijesti o gnojidbi tla (nakon domestikacije divljih životinja), sve više se počinje primjenjivati sjedilački način života. Uključivanjem sve većeg broja različitih biljnih vrsta u uzgoj, počela se razvijati i ideja o plodoredu i uzgoju međusjeva. Jedan od najpoznatijih primjera međusjeva dolazi od američkih Indijanaca koji su istovremeno uzgajali kukuruz, grah i bundevu; kukuruzu je potrebna veća količina dušika koju osigurava grah, a bundevi odgovara zasjenjivanje. Uzgajanje međusjeva se koristi i danas u svrhu povećanja bioraznolikosti i očuvanja tla.

Usvajanjem različitih tehničkih rješenja (oruđa) obrade tla i tehnoloških mjera pri uzgoju kultura, a posebice nakon otkrića lemešnog pluga, počela se razvijati konvencionalna poljoprivreda. Njen cilj je osigurati maksimalni prinos usjeva korištenjem raznih kemijskih preparata za zaštitu, mineralnih gnojiva, a u novije vrijeme i GMO biljaka. Međutim, negativna strana konvencionalnog pristupa, s ciljem ostvarivanja što većeg prinosa, je izrazito negativan utjecaj na okoliš i na samo obradivo tlo, zbog čega dolazi do pada bioraznolikosti, plodnosti tla i višestrukog narušavanja (agro)ekosustava.

Cilj održive poljoprivrede je očuvati bioraznolikost, poboljšati kvalitetu tla, koristiti reducirane/konzervacijske sustave obrade tla, povećati količinu organske tvari u tlu, poboljšati mikrobiološku aktivnost tla i prilagoditi obradu i način uzgoja sukladno klimatskim uvjetima područja na kojem se određena kultura uzgaja.

„Klimatske promjene imaju velik utjecaj na poljoprivrednu proizvodnju. Sve definicije klimatskih promjena vode do glavnog zajedničkog čimbenika odgovornog za promjene u klimi diljem svijeta: ljudsko djelovanje. Promjene u određenoj mjeri možemo predvidjeti i pratiti uz pomoć klimatskih modela koji su bazirani na matematičkim i fizičkim zakonima i podacima iz brojnih promatranja. Kako bi se umanjio učinak klimatskih promjena, potrebna je adekvatna

i pravovremena prilagodba na svim razinama društva. Brojni znanstvenici i stručnjaci sve više naglašavaju potrebu za daljnjim razvojem održive poljoprivredne proizvodnje koja će biti kompatibilna sa različitim ekosustavima, dok će se paralelno obnavljati degradirane poljoprivredne površine. Pojednostavljeno rečeno, potrebno je istovremeno provoditi mjere ublažavanja i prilagodbe na klimatske promjene.“ (Veseli, 2020.)

Iako klimatske promjene utječu na količinu i kakvoću obradivog tla kao i na same kulture koje se uzgajaju, postoji i problem degradacije tla. Degradacija tla je smanjenje kvalitete tla koja se manifestira brojnim oštećenjima tla uzrokovanim nepravilnim i lošim načinima gospodarenja tlom, kao i korištenje tla za urbanizaciju (Slika 1) i industrijske svrhe.



Slika 1. Urbanizacija najboljeg poljoprivrednog zemljišta

(Izvor: www.fao.org/3/bc595e/bc595e.pdf)

Brojna istraživanja bave se problematikom indikatora degradacije tla s ciljem prevencije/smanjenja oštećenja tla.

Reynolds i sur. (2002.) su proveli ispitivanje nekoliko fizikalnih indikatora degradacije tla pri različitim sustavima obrade tla i na tlima različitih tekstura. Kod ilovastih i glinastih tala, vrijednosti mjerenih indikatora su u predviđenom optimalnom rasponu, dok su kod pjeskovitih tala vrijednosti mjerenih indikatora odstupale od optimuma.

Chen i sur. (2003.) navode kako je mikrobiološka aktivnost tla potencijalni indikator kvalitete tla zbog procesa mineralizacije organskih ostataka i opskrbljivanje biljkama hranjivim tvarima putem mikroorganizama u tlu. Također opisuju nastajanje organske tvari tla i procese fiksacije dušika i ugljika.

Minasny i sur. (2016.) u svojem radu govore o dubini tla kao indikatoru formiranja tla i procesa koji se odvijaju u tlu, poput degradacije. Uz pomoć različitih senzora i ostale opreme, ispitali su svojstva tla i sadržaj tvari u tlu, poput količine organske tvari, pri različitim dubinama.

Upadhyay i Raghubanshi (2020.) govore o urbanizaciji kao glavnom čimbeniku koji utječe na ekološke procese u urbanim ekosustavima, te opisuju kako tekstura tla, poroznost tla, pH tla, vlaga u tlu i organska tvar tla međusobno utječu na koncentracije CO₂ u tlu i samim time na globalnu emisiju CO₂.

Stanford i Smith (1972.) opisuju prethodna istraživanja o potencijalu mineralizacije dušika u tlu uz detaljnu klasifikaciju tala, njihova svojstva, prethodnim postupcima upravljanja zemljištem i lokacijom zemljišta na kojima su provedena istraživanja te opisuju promjene u svojstvima tla kao i količini vremena koja je bila potrebna da se izvrši određena količina mineralizacije dušika.

1.1. Cilj istraživanja

Cilj ovog istraživanja je definirati pokazatelje (fizikalne, kemijske i biološke) degradacije tla te utvrditi na koji način različiti sustavi obrade tla (konvencionalni – koji podrazumijeva primjenu oranja i konzervacijski – koji isključuje oranje kao radni zahvat te podrazumijeva ostavljanje žetvenih ostataka na površini tla) utječu na navedene indikatore.

2. DEGRADACIJA TLA

Degradacija tla je pogoršanje stanja tla uzrokovano njegovim nepravilnim korištenjem ili lošim upravljanjem, obično u poljoprivredne, industrijske ili urbane svrhe. Prema Montanarella (2006.), degradacija tla je gubitak intrinzičnih fizikalnih, kemijskih i / ili bioloških kvaliteta tla uzrokovano prirodnim ili antropološkim procesima, koji rezultiraju smanjenjem ili uništenjem važnih funkcija ekosustava.

To je ozbiljan ekološki problem jer je tlo temeljni prirodni resurs i temelj cjelokupnog kopnenog života. Degradacija tla se očituje kroz fizikalno, kemijsko i biološko smanjenje kvalitete tla (sposobnosti tla za obavljanjem određene uloge tla u ekosustavu). To može biti gubitak organske tvari, pad plodnosti tla, gubitak biološke raznolikosti tla, povećana erozija, povećano zbijanje tla, povećanje saliniteta, kiselosti ili alkalnosti, dezertifikacija te negativni učinci agrokemikalija, onečišćivača ili prekomjernih poplava.

Tlo nije inertan medij već živi ekosustav koji je neophodan za život. Potrebne su stotine i tisuće godina da se formira jedan centimetar gornjeg sloja tla, i još mnogo stoljeća prije nego ono postane plodno.

Iako je degradacija tla prirodan proces, može je uzrokovati i ljudska aktivnost. U posljednjih nekoliko desetljeća, degradacija tla je ubrzana intenzivnim poljoprivrednim praksama kao što su krčenje šuma, prekomjerna ispaša, intenzivna kultivacija, šumski požari i građevinski radovi. Ovi postupci čine tlo osjetljivim na eroziju izazvanu vjetrom i vodom, što oštećuje složene sustave u tlu. Prirodni procesi degradacije su daleko sporiji u odnosu na degradaciju izazvanu antropogenim djelovanjem.

U poljoprivrednoj proizvodnji, neodrživim načinima gospodarenja tлом (primjena neodgovarajuće agrotehnike, izuzimanje plodoreda itd.) može doći do značajnih promjena u tlu koje u konačnici rezultiraju pogoršanjem svojstava tla što vodi ka degradaciji tla. Nepravilnim gospodarenjem tлом, posebice primjenom neodgovarajućih sustava obrade tla, dolazi do brojnih oštećenja koja za posljedicu imaju ubrzano površinsko otjecanje i pojačanu eroziju tla, gubitak organske tvari i smanjenje plodnosti te poremećaj ciklusa vode, organskog ugljika i biljnih hranjivih tvari. Ove prakse također imaju veliki negativan utjecaj na biološku raznolikost tla.

Prema Špoljaru (2016.) degradacija tla predstavlja problem globalnih razmjera: od ukupno 13,5 milijardi hektara zemljišta kojom raspolaže svjetska populacija 2 milijarde hektara je degradirano zemljište (Špoljar, 2016.).

Kada se prirodno zemljište poput šume pretvori u poljoprivredno zemljište, ono uklanja važne hranjive tvari i sprječava recikliranje i obnavljanje organskog materijala. Također smanjuje količinu ugljika koju tlo može sekvestrirati za 50 – 75 %. Budući da je globalno zatopljenje jedna od najvećih ekoloških kriza našeg vremena, ovo bi bio ogroman korak unatrag.

Kao posljedica prekomjernog navodnjavanja usjeva ili navodnjavanja usjeva nekvalitetnom vodom javlja se zaslanjivanje tla (salinizacija) koja negativno utječe na brojne mikroorganizme tla na način da ih inaktivira ili u potpunosti uništava. Bez aktivne biološke komponente tla dolazi do pada plodnosti tla što u konačnici može rezultirati dezertifikacijom (kada je tlo nepopravljivo oštećeno i nije moguća realizacija biljne proizvodnje).

Obradom tla teškim strojevima, posebice glinastih i prekomjerno vlažnih tala dolazi do zbijanja tla jer mreže tunela i pora u tlu koje nastaju djelovanjem biološke komponente tla, propadaju pod pritiskom mehanizacije uz istiskivanje zraka iz pora tla čime se ugrožava tlo kao stanište brojnih organizama ali i dostupnost biljnih hraniva.

Oštećenja europskih tala od suvremenih ljudskih aktivnosti raste i dovodi do nepovratnih gubitaka zbog erozije tla, lokalnog i difuznog onečišćenja i brtvljenja površina tla. Porast svjetske populacije uz urbanizaciju čini ogroman pritisak na tlo kao resurs koji je izrazito podložan degradaciji, a intenziviranje poljoprivrede dodatno pojačava ovaj pritisak (EEA, 2008.). Zatvaranje površina tla zbog povećane urbanizacije i nove infrastrukture glavni je uzrok degradacije tla u industrijaliziranim i najnaseljenijim zemljama zapadne i sjeverne Europe.

Prilikom degradacije tla dolazi do oštećenja svih procesa koji se odvijaju u tlu. To uzrokuje smanjenje zdravlja tla, bioraznolikosti i produktivnosti, što dovodi do problema na svim razinama brojnih ekosustava i rezultira velikim ekološkim posljedicama kao što su poplave i masovne migracije stanovništva. Degradacija tla može imati katastrofalne posljedice diljem svijeta jer pad kvalitete tla dovodi do pada plodnosti, što rezultira dezertifikacijom i padom globalne proizvodnje hrane. Jedna od najvećih prijetnji našoj budućoj sigurnosti hrane je degradacija tla i s njom povezani gubitak produktivnosti tla.

3. INDIKATORI DEGRADACIJE TLA

Tlo kao jedan od najvažnijih prirodnih resursa, ima brojne uloge u okolišu i društvu, koje se ne mogu izravnim putem, već se mjere preko indikatora kvalitete tla koji mogu biti fizikalni, kemijski i biološki.

Pokazatelji kvalitete tla imaju svrhu određivanja sposobnosti tla da funkcionira s obzirom na biljnu i biološku produktivnost, kvalitetu okoliša te zdravlje ljudi i životinja. Također ih treba koristiti za procjenu promjena uloga tla unutar okvira njegovog korištenja ili unutar granica ekosustava. Doran i Parkin (1994.) definirali su skup specifičnih kriterija koje indikatori kvalitete tla trebaju ispunjavati:

- obuhvatiti sve procese ekosustava
- integrirati fizikalna, kemijska i biološka svojstva i procese tla,
- biti dostupni brojnim korisnicima i primjenjivi na terenske uvjete,
- biti osjetljivi na varijacije u načinu gospodarenja tlom i osjetljivi na klimu,
- gdje je to moguće, biti sastavni dio postojećih baza podataka o tlu

Također, pokazatelji bi se trebali lako mjeriti, a mjerenja bi trebala biti ponovljiva (Gregorich i sur., 1994.). Arshad i Coen (1992.) također sugeriraju da indikatori trebaju biti dovoljno osjetljivi da otkriju promjene u tlu kao rezultat antropogene degradacije.

Indikatori degradacije tla osim što ukazuju na negativne promjene u tlu, također pomažu u:

- Procesima održavanja i poboljšanja stanja tla
- Procjeni korištenih metoda i sustava obrade tla
- Prikupljanju potrebnih informacija za uspostavljanje trendova određenih svojstava
- Donošenju odluka pri upravljanju zemljištem

Prema Ribeiro i sur. (2009.) pokazatelji degradacije tla mogu biti vizualni, fizikalni, kemijski, biološki i integrativni.

3.1. Vizualni indikatori degradacije tla

Vizualni pokazatelji mogu se dobiti terenskim promatranjem ili analizom satelitskih slika, radara ili fotografija iz zraka. Promatranja uključuju, na primjer, promjene u boji tla i pošumljenom području, dokaze o jarugama i vododerinama, prisutnost određenih vrsta korova, praćenje razvoja biljaka i taloženje sedimenta.

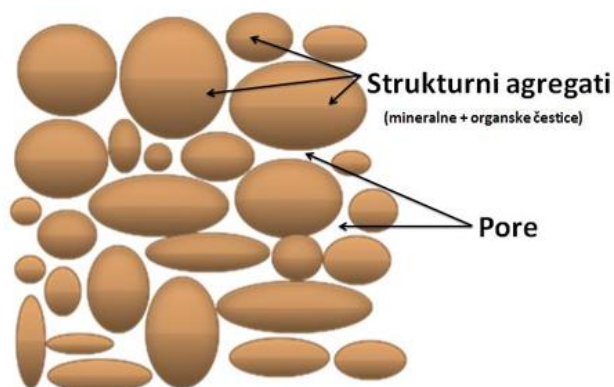
3.2. Fizikalni indikatori

Fizikalni pokazatelji mogu se mjeriti analizom rasporeda krutih frakcija (grubih i finih) tla (Ribeiro i sur., 2009.). Oni se očituju, na primjer, kao ograničenje rasta biljaka, debljina horizonta, gradijent teksture, propusnost tla za vodu, poroznost, volumna gustoća tla, otpornost tla na prodiranje, stabilnost strukturnih agregata, infiltracija, površinsko otjecanje, zbijanje tla itd.

Fizikalni indikatori degradacije tla uključuju lošu strukturu tla, stvaranje pokorice, smanjivanje poroznosti, povećanu volumnu gustoću, konsolidaciju, zbijanje i smanjenje penetracije korijena, slabu infiltraciju, otjecanje te ubrzanu eroziju. Ukoliko je tlo bez vegetacije, ovi procesi mogu uzrokovati dezertifikaciju u sušnim i semiaridnim regijama. Krajnji rezultat je gubitak sposobnosti tla za pružanje usluga ekosustavima (Martić, 2020.).

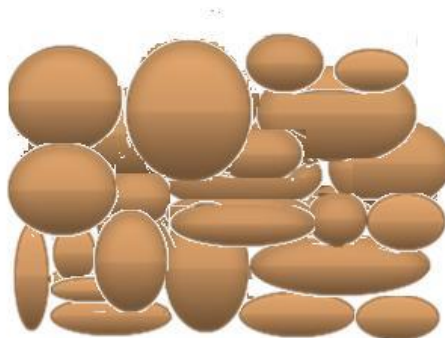
3.2.1. Stabilnost strukturnih agregata

Stabilnost strukturnih agregata (Slika 2) predstavlja otpornost strukturnih agregata prema promjenama, koje su rezultat pojačanog vlaženja tla ili gaženja tla teškim oruđima. Posljedice su povećana zbijenost tla, razaranje strukture i uništavanje pora u tlu (Slika 3). Stabilnost strukturnih agregata ovisi o temperaturi, uvjetima vlaženja, sadržaju gline, sadržaju adsorbiranih kationa, prisustvu seskvioksida i sadržaju organske tvari.



Slika 2. Povoljna struktura tla

(izvor: <https://www.savjetodavna.hr/2015/03/05/zbijenost-i-popravak-strukture-tla/?print=print>)



Slika 3. Nepovoljna struktura – zbijeno tlo

(izvor: <https://www.savjetodavna.hr/2015/03/05/zbijenost-i-popravak-strukture-tla/?print=print>)

Nestabilna struktura smanjuje infiltraciju i propusnost za vodu (Slika 4), pojačava gubitak vode isparavanjem, pogoršava prozračenost tla, omogućava nastajanje pokorice i pojačava erodibilnost tla. Stabilnost strukturnih agregata često se koristi kao indikator erodibilnosti tla (Levy i Miller 1997., Amézketa i sur., 2003., Igwe i Obalum 2013.). Stabilnost strukturnih agregata važna je i u procesima infiltracije, brtvljenja i stvaranja pokorice kao i površinskog otjecanja (Levy i Miller 1997.). Lado i sur. (2004.) pokazali su da je razgradnja mikroagregata praćena njihovim raspršivanjem prvi korak u površinskom brtvljenju tla što dovodi do smanjene infiltracije, a potom i pojačanog površinskog otjecanja i u konačnici - erozije.



Slika 4. Zadržavanje vode na površini uslijed zbijanja tla

(izvor: <https://www.savjetodavna.hr/2015/03/05/zbijenost-i-popravak-strukture-tla/?print=print>)

3.2.2. Infiltracija

Infiltracija je proces prodiranja površinske vode u tlo. Povezana je s protokom nadzemnih i podzemnih voda, direktno utječući na količinu kišnice ili vode kroz sustave za navodnjavanje koja ulazi u tlo te je na taj način čimbenik erozije tla (Zhidong i sur., 1988.). Može se kvantificirati infiltrabilnošću tla i kumulativnom infiltracijom, a jedinice u kojem se to izražava su mm/min, mm/h, mm i cm (Xianliang i sur., 1986.).

Tijekom pojave infiltracije, smanjuje se relativno visoka početna infiltrabilnost tla. Stopa smanjenja infiltracije se eksponencijalno usporava, i stopa infiltracije postupno doseže ravnotežno stanje. Stopa infiltracije je usko povezana sa uvjetima u tlu, uključujući teksturu tla, stabilnost agregata te pukotina i debljine pokorice na površini tla. Pješčana tla i tla sa stabilnim agregatima imaju puno veću infiltrabilnost od muljetivih tala. Bubrenje u glinenim tlima može dodatno smanjiti infiltrabilnost tla.

Smanjena infiltracija ukazuje na moguću zbijenost tla koja predstavlja jednu od glavnih prijetnji prema tlu. Nemogućnost prodiranja vode dovodi do brojnih problema u poljoprivrednoj proizvodnji jer zbijena tla onemogućavaju prodiranje korijena, na takvim tlima se zadržava voda na površini te su sve pore ispunjene vodom, a istisnut je zrak što dovodi do uvjeta anaerobioze.

3.2.3. Zbijenost tla

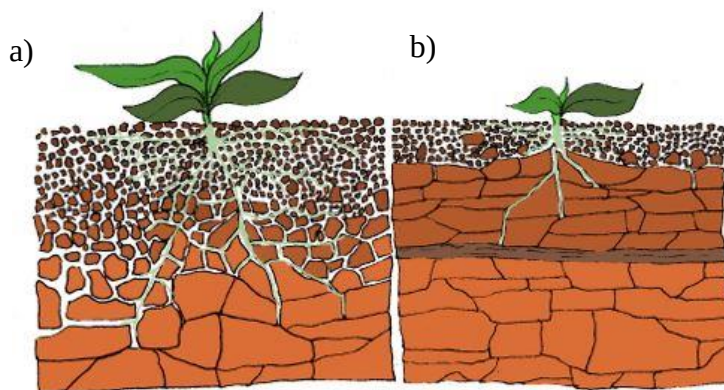
Jedan od najznačajnijih fizikalnih indikatora degradacije tla je zbijenost tla. Pored erozije, zbijenost tla se ubraja u najrazornije i najopasnije prijetnje prema tlu koje u vrlo kratkom vremenu dovode do degradacije poljoprivredne proizvodnje, a definitivno su pokazatelji štećenja tla odnosno njegove degradacije. Zbijenost se može definirati kao interna i eksterna degradacija strukture tla uz povećanje gustoće, odnosno uz smanjenje njegove poroznosti (Knežević, 2017.).

Zbijanje tla može biti površinsko i u dubljim slojevima. Površinsko zbijanje javlja se u prilikom svake intenzivne obrade kao posljedica gubitka strukturnih agregata tla uzrokovanih erozijom uslijed obrade tla, gubitkom organske tvari i kao reakcija na težinu mehanizacije.

Problem zbijenih tala je višestruk: u takvim tlima onemogućen je rast korijena, ali je onemogućena i infiltracija. Uslijed oborina, količina vode koja dospijeva na tlo ne može se profilirati, već ostaje iznad zbijenog sloja čime nastaje niz nepovoljnih uvjeta za biljku. U

uvjetima anaerobioze nastupa hipoksija (djelomični nedostatak kisika) i anoksija (potpuni deficit kisika) što onemogućava rast i razvoj biljaka te u konačnici izaziva njihovo propadanje.

U uvjetima nedovoljne količine vode u tlu, kapilarni uspon vode je onemogućen te biljke nemaju osiguranu dovoljnu količinu vode, a time ni hraniva te je njihov rast usporen ili stagnira (Slika 5).



Slika 5. Rast biljaka na a) tlu dobre strukture i na b) zbijenom tlu

Kao pokazatelj zbijenosti nekog tla, često se koristi volumna gustoća tla (masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena), čije vrijednosti ovise o volumenu pora u tlu. Više vrijednosti ukazuju na zbijena tla koja su slabo porozna i imaju nizak kapacitet tla za zrak. Kada je vrijednost volumne gustoće povećana (najčešće na glinastim tlima), posljedice su usporavanje infiltracije vode te ograničavanje prodiranja korijenja biljaka. Tla koja imaju visok sadržaj organske tvari imaju nižu vrijednost volumne gustoće što znači da je poroznost bolja.

3.3. Kemijski indikatori

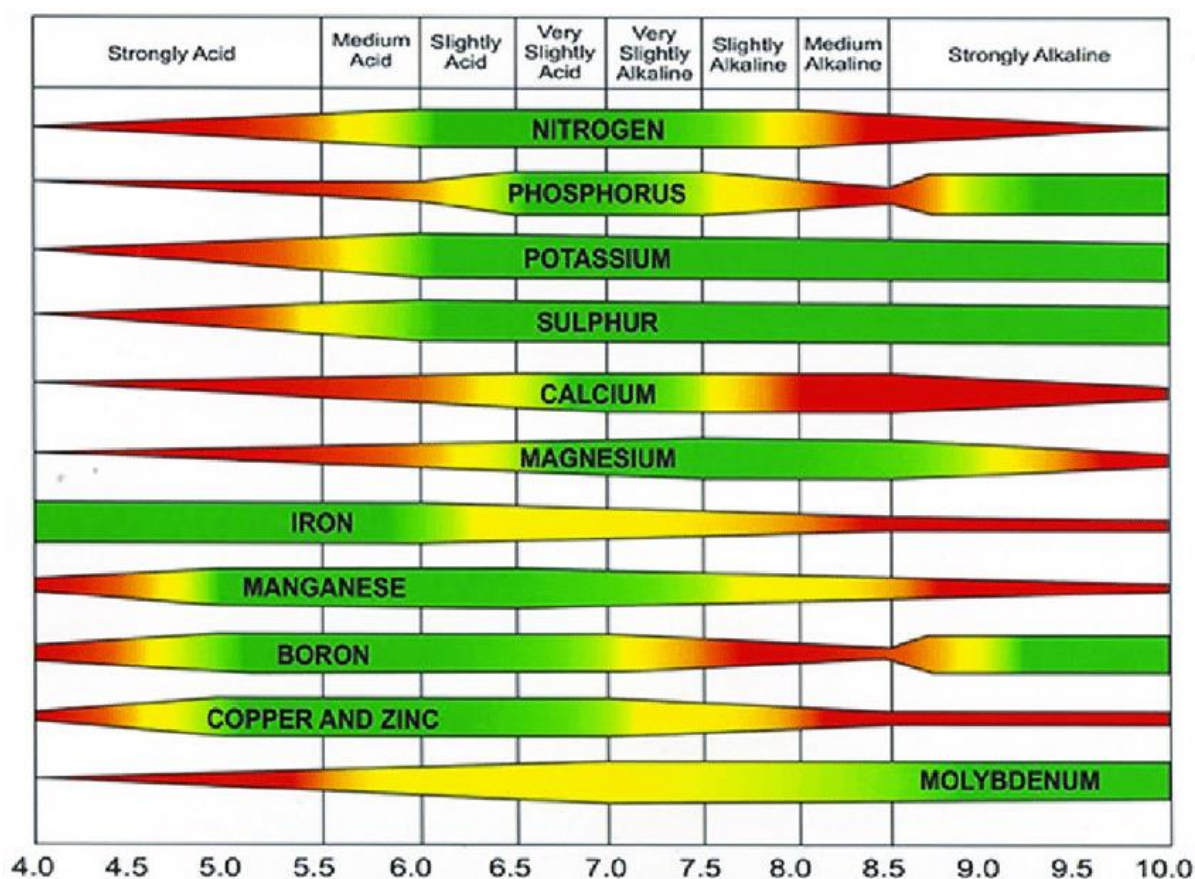
Kemijski indikatori mogu se mjeriti praćenjem pH vrijednosti tla, električne provodljivosti (salinitet tla), sadržaja organske tvari, kapaciteta izmjene kationa i aniona, kruženja hranjivih tvari i prisutnosti toksičnih ili radioaktivnih elemenata.

Kemijske značajke tla utječu na odnos tlo-biljka, na kvalitetu vode, djelovanje pufera, dostupnost hranjivih tvari i vode za biljku i mikroorganizme u tlu, pokretljivost zagađivača, i na neke od fizikalnih značajki, poput sklonosti tla stvaranju pokorice.

3.3.1. pH vrijednost tla

pH vrijednost tla je mjera kiselosti i lužnatosti otopine tla, a pokazatelj je fizikalno-kemijski-bioloških svojstava tla koji su od iznimne važnosti za ishranu bilja. Reakcija tla pokazuje odnos koncentracije vodikovih i hidroksilnih iona, a izražava se brojačano u pH jedinicama. S obzirom da je pH skala logaritamska funkcija, svaka jedinica je 10 puta jača od prethodne, npr. otopina s pH vrijednošću 6 ima 10 puta veću koncentraciju H^+ iona od otopine koja ima $pH = 7$, i 100 puta veću koncentraciju od otopine gdje je $pH = 8$.

Na pH tla utječu ioni koji formiraju i kiseline i baze, a najčešći kationi koji formiraju kiseline su vodikov (H^+), aluminijev (Al^{3+}) i željezov (Fe^{2+} i Fe^{3+}) kation, dok su najčešći kationi koji formiraju baze kalcijev (Ca^{2+}), magnezijev (Mg^{2+}), kalijev (K^+) i natrijev kation (Na^+).



Slika 6. Dostupnost elemenata u tlu prema pH tla.

(Izvor: www.researchgate.net/figure/The-pH-scale-showing-the-effects-of-soil-acidity-and-alkalinity-on-the-availability-of_fig1_314106187)

Učinak pH tla je velik kada je u pitanju topljivost minerala ili hranjivih tvari. Od ukupnog broja neophodnih elemenata, 14 od 17 esencijalnih hranjivih tvari biljke usvajaju iz tla, odnosno iz

otopine tla. Najoptimalniji raspon pH otopine tla je između 6.0 – 7.0, jer su u tom rasponu većina hranjivih tvari biljci dostupni, kao što je vidljivo na Slici 6.

pH tla također može utjecati na rast biljaka svojim učinkom na aktivnost korisnih mikroorganizama. Bakterije koje razgrađuju organsku tvar tla imaju otežano djelovanje u jako kiselim tlima, što rezultira nakupljanjem organske tvari i vezivanjem hranjivih tvari, osobito dušika.

Uzroci povećanja kiselosti tla mogu biti:

- ispiranje bazičnih iona (kalcijevih, magnezijevih, kalijevih i natrijevih) s adsorpcijskog kompleksa uslijed pojačane količine oborina
- utjecaj ugljičnog dioksida, koji nastaje mineralizacijom organske tvari i kao posljedica disanja korijena, koji se otapa u vodi tla kako bi se stvorila slaba organska kiselina
- stvaranje jakih organskih i anorganskih kiselina poput dušične i sumporne kiseline iz organske tvari i oksidacije dušičnih i sumpornih gnojiva. Jako kisela tla su obično rezultat djelovanja ovih jakih organskih i anorganskih kiselina.
- kisele kiše (Slika 7)



Slika 7. Utjecaj kiselih kiša na biljni svijet i tlo

(Izvor: interestingengineering.com/science/what-acid-rain-is-and-ways-to-restore-the-damage-it-causes)

3.3.2. Organska tvar tla

Organska tvar tla je dio tla koji se sastoji od biljnog ili životinjskog tkiva u raznim fazama razgradnje. Količina organske tvari u tlu u prosjeku varira između 1 - 6 % od ukupne mase tla. Tla čiji se površinski horizonti sastoje od manje od 1 % organske tvari su uglavnom pustinjska

tla, dok u tlima u niskim i vlažnim područjima sadržaj organske tvari može iznositi i do 90 %. Ukoliko tla sadrže 12 - 18 % organskog ugljika, klasificiraju se kao organska tla (Troeh i Thompson, 2005.).

Organska tvar se sastoji od različitih komponenata koje se mogu grupirati u tri glavne skupine:

1. Biljni ostatci i mikrobn biomasa
2. Aktivna organska tvar
3. Stabilna organska tvar, ili humus

Živa mikrobn biomasa uključuje mikroorganizme odgovorne za razlaganje i biljnih ostataka i aktivnih organskih tvari. Humus je stabilna frakcija organske tvari tla koja je nastala od razloženog biljnog i životinjskog tkiva, i on je konačni produkt razgradnje.

Prve dvije skupine komponenata doprinose plodnosti tla, jer njihova razgradnja rezultira oslobađanjem hranjivih tvari potrebne biljci, kao npr. dušik, fosfor, kalij itd. Humus ima manji utjecaj na plodnost tla, jer je konačni proizvod razgradnje, ali pridonosi strukturi tla, boji tla, obradi tla i kationskom izmjenjivačkom kapacitetu.

Unos organskih materijala u tlo kroz određeni vremenski period dovodi do povećanja stabilne razine organske tvari u tlu, odnosno humusa, a izvori organskih materijala uključuju:

- Žetvene ostatke (Slika 8)
- Organska gnojiva
- Kompost
- Pokrovne usjeve (zelena gnojidba)
- Višegodišnje trave i leguminoze

Brojne su prednosti od relativno visoke razine organske tvari u zemljištu, a te prednosti se mogu svrstati u tri kategorije:

- Fizikalne prednosti:
 - Povećava stabilnost agregata, poboljšavajući infiltraciju vode i prozračnost tla što rezultira smanjenjem otjecanja vode.
 - Poboljšava sposobnost zadržavanja vode
 - Smanjuje ljepljivost glinenih tala, čineći ih lakšim za obradu
 - Smanjuje stvaranje pokorica na tlu, što olakšava predstjetvenu pripremu
- Kemijske prednosti

- Povećava kationski izmjenjivački kapacitet tla
- Poboljšava otpornost tla na promjenu pH (puferna sposobnost)
- Ubrzava razgradnju minerala u tlu tijekom vremena u oblik koji je biljkama pristupačan
- Biološke prednosti
 - Osigurava hranu (energiju) živim organizmima u tlu
 - Povećava mikrobiološku raznolikost i aktivnost, čime doprinosi suzbijanju bolesti i štetnika
 - Povećava poroznost tla djelovanjem mikroorganizama, što rezultira povećanom infiltracijom i smanjenim otjecanjem voda.



Slika 8. Žetveni ostatci

(Izvor: phys.org/news/2020-06-crop-residue-decisions-affect-soil.html)

3.4. Biološki indikatori

Biološki indikatori uključuju prisutnost mikro i makroorganizama, disanje tla kao pokazatelj mikrobne aktivnosti (naročito mikrobiološke razgradnje organske tvari u tlu), ergosterol (nusproizvod gljivica koji se koristi za mjerenje aktivnosti organizama u formiranju i stabilnosti agregata tla), količina biomase u tlu, količina patogenih organizama u tlu, mjerenje količine sjemena korova, C/N odnos i brojni drugi indikatori.

3.4.1. Biološka raznolikost

Kompleksnu mrežu biološke aktivnosti čini ukupnost djelovanja svih organizama u tlu i njihova interakcija s drugim organizmima. Organizmi tla su pokretači ciklusa hranjivih tvari, reguliraju mineralizaciju organske tvari u tlu, utječu na humifikaciju, utječu na sekvestraciju ugljika u tlu i emisiju stakleničkih plinova.

Biološka raznolikost tla je podložna varijabilnosti kroz brojne prijetnje prema tlu uz sposobnost puferizacije i regeneracije od pojava koje uzrokuju promjene u tlu.

Gubitak ili smanjenje biološke raznolikosti tla usko je povezano s gubitkom kvalitete tla. Tako na primjer, trajno pokrivanje tla nepropusnim materijalom uzrokuje uništenje brojnih organizama u tlu, nedovoljnu opskrbljenost vodom, smanjenu sekvestraciju ugljika i onemogućen ciklus kruženja hranjivih tvari. Biološka raznolikost tla u negativnoj je korelaciji s erozijom, padom organske tvari tla, onečišćenjem tla pesticidima i zbijanjem.

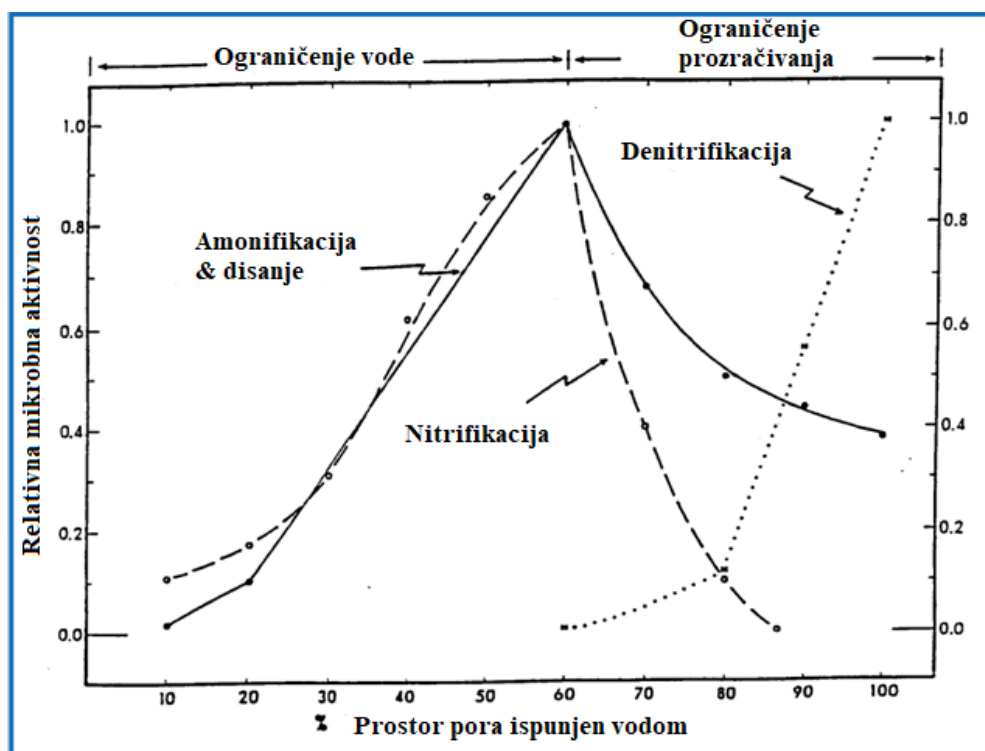
3.4.2. Disanje tla

Disanje tla je rezultat proizvodnje CO₂ koji se oslobađa iz tla uslijed razgradnje organske tvari tla (SOM – Soil Organic Matter), zbog razgradnje biljnog otpada u tlu djelovanjem mikroorganizama i oslobađanjem putem korijene biljaka i faune tla. Važan je indikator degradacije tla jer mjeri razinu mikrobiološke aktivnosti, sadržaj i razgradnju organske tvari tla, a ujedno i odražava fizikalno i kemijsko stanje tla. Kratkoročno gledano, visoka stopa respiracije tla nije nužno poželjna jer ona može ukazivati na nestabilan sustav tla i gubitak organske tvari tla zbog prekomjerne obrade ili nekih drugih čimbenika.

Disanje tla je pokazatelj mineralizacije organske tvari tla (procesa kojim se oslobađaju biljna hraniva u bioraspoloživom obliku). Neki od čimbenika koji utječu na disanje tla su klimatski uvjeti, tekstura tla, poroznost tla, sadržaj organskih tvari u tlu, temperatura tla, vlaga tla, reakcija tla, prozračnost tla i dr. Mikrobiološka respiracija tla udvostručuje se na svakih 10 °C do maksimalnih 35 – 40 °C. Veće temperature tla od toga značajno ograničavaju rast biljke, mikrobiološku aktivnost i disanje tla.

Disanje tla generalno se povećava s rastom vlage u tlu, međutim, kada se pore u tlu ispune sa vodom, dostupan kisik je ograničen što negativno utječe na sposobnost mikrobiološke respiracije u tlu (Slika 9). Idealna vlažnost tla je blizu točke poljskog vodnog kapaciteta, ili kada je približno 60 % pora ispunjeno sa vodom. Kod suhih tala, disanje je ograničeno zbog nedostatka vlage za mikrobiološku aktivnost.

Zrak u tlu je važan za rast biljaka, jer sudjeluje u kemijskim i biokemijskim procesima koji se odvijaju u tlu, i opskrbljuje korijen biljke i organizme u tlu s kisikom. Također je važan faktor u opskrbi biljaka ugljikom jer većinu ugljikovog dioksida koji se troši rastom usjeva daje tlo (Nahirniak i sur., 2020.).



Slika 9. Povezanost relativne aerobna mikrobna aktivnosti (disanje, amonifikacija i nitrifikacija) i anaerobna mikrobna aktivnosti (denitrifikacija) s prostorom pora ispunjenih vodom u tlu.

(prilagođeno prema: www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051573.pdf)

Tla srednje teksture (ilovasta i muljevita tla) obično imaju povoljnu stopu respiracije tla zbog povećane poroznosti, dobrog prozračivanja i velikog raspoloživog kapaciteta vode. U glinastim tlima, velik dio organske tvari tla je zaštićen od raspadanja česticama gline i drugih agregata koji ograničavaju disanje tla i mineralizaciju organskog dušika. Pjeskovita tla imaju tipično nizak sadržaj organske tvari tla i mali kapacitet raspoložive vode, što uvelike ograničava stanično disanje i mineralizaciju dušika.

3.4.3. Potencijalno mineralizirajući dušik

Potencijalno mineralizirajući dušik (eng. *potentially mineralizable nitrogen (PMN)*) može se definirati kao udio organskog dušika pretvoren u biljci dostupne (ili mineralne) oblike pod

specifičnim uvjetima temperature, vlage, prozračivanja i vremena. Određivanje razine potencijalno mineralizirajućeg dušika može dati procjenu dostupnog dušika u tlu.

Dvije najčešće metode za određivanjem potencijalno mineralizirajućeg dušika su:

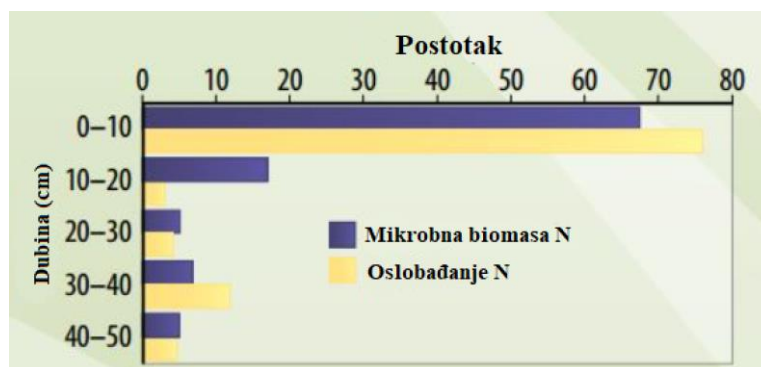
- Anaerobna metoda (Waring i Bremner, 1964.): potencijalno mineralizirajući dušik se procjenjuje u laboratoriju mjerenjem dušika u obliku amonijaka proizvedenog u tlu inkubiranom pod anaerobnim uvjetima kroz jedan tjedan
- Aerobna metoda (Stanford i Smith, 1972.): potencijalno mineralizirajući dušik se procjenjuje u laboratoriju mjerenjem dušika u obliku amonijaka i nitrata proizvedenom u inkubiranom tlu u aerobnim uvjetima kroz 30 dana. Kumulativni dušik se koristi u matematičkom modelu za izračunavanje potencijalno mineralizirajućeg dušika.

Dok anaerobni potencijal mineralizacije dušika može biti dobar pokazatelj potencijala tla za opskrbu dušikom, ono ne podrazumijeva odraz razine dušika u obliku biomase. Kao lako dostupan dio ukupnog dušika, potencijalno mineralizirajući dušik je važan potencijalni izvor dušika za rast usjeva i utječe na prinos, posebice u sustavima obrade tla gdje se ne koriste umjetna dušična gnojiva. On je dostupan i mikroorganizmima te neizravno poboljšava rast i aktivnost mikroba. U dobro dreniranim tlima, potencijalno mineralizirajući dušik je uglavnom dostupan u obliku nitrata putem aerobne mineralizacije, dok u slabo dreniranim tlima je dostupan u obliku amonijaka putem anaerobne mineralizacije.

Tla koja su prirodno siromašna organskom tvari ili su osiromašena ljudskim djelovanjem imaju nizak sadržaj potencijalno mineralizirajućeg dušika. Ukoliko vegetacija nije prisutna na tlu, velika količina dostupnog dušika od strane potencijalno mineralizirajućeg dušika može postati potencijalni izvor onečišćenja podzemnih voda nitratima, a višak nitrata iz istog izvora može se preseliti u atmosferu u obliku plinovitih spojeva tijekom vrlo vlažnih sezona ili prilikom jakog navodnjavanja (mnogi od tih plinovitih spojeva, poput dušikovog oksida, su staklenički plinovi).

3.4.4. Količina biomase

Mikrobna biomasa se sastoji uglavnom od bakterija i gljivica koje razgrađuju žetvene ostatke i organske tvari u tlu. Ovaj proces oslobađa hranjive tvari u tlo, poput dušika, koje tada postaju dostupne biljkama. Otprilike polovica mikrobne biomase se nalazi na dubini do 10 cm od površine tla, te se najveći dio oslobađanja hranjivih tvari u tlu upravo ovdje događa (Slika 10.).



Slika 10. Količina mikrobne biomase i količina oslobođenog dušika opada s porastom dubine.
(prilagođeno prema: www.soilquality.org.au/factsheets/microbial-biomass-carbon-nsw)

Do 5 % ukupnog organskog ugljika i dušika u tlu postoji u komponenti mikrobne biomase organske tvari tla. Kada mikroorganizmi uginu, te se hranjive tvari oslobađaju u biljkama pristupačnim oblicima. Mikrobna biomasa može biti značajan izvor dušika (u nekim slučajevima sadrži više od 60 kg N ha⁻¹).

Mikrobna biomasa također je rani pokazatelj promjene sadržaja ukupnog organskog ugljika. Za razliku od ukupnog organskog ugljika, mikrobna biomasa ugljika brzo reagira na promjene u tlu. U dugotrajnom ispitivanju u Merredinu u Zapadnoj Australiji, nakon 17 godina nije otkrivena značajna promjena u ukupnom organskom ugljiku između spaljenih i netaknutih strništa. Međutim, mikrobna biomasa ugljika na tim istim parcelama se povećala sa 100 na 150 kg C ha⁻¹ (Hoyle i sur., 2006.).

Na samu mikrobnu biomasu utječu čimbenici koji mijenjaju sadržaj vode u tlu, temperaturu ili sadržaj ugljika u tlu, a neki od tih čimbenika su vrsta tla, klimatski uvjeti i ljudski utjecaj. Svojstva tla koja utječu na mikrobnu biomasu (Slika 11) su sadržaj gline u tlu, pH tla, kationsko izmjenjivački kompleks, vlaga tla i sadržaj organske tvari. Vrsta usjeva također može utjecati na mikrobnu biomasu, a ostatci mahunarki mogu ju povećati zbog većeg sadržaja dušika u sebi.

Plodoredi u kojima se tlo na dulje vrijeme ostavlja kao pašnjak povećavaju sadržaj mikrobne biomase zbog smanjenja obrade tla i povećavanja opskrbe organske tvari. Međutim, to ne vrijedi kod tala sa velikim udjelom pijeska, jer nedostatak gline znači da će se organska tvar uz dovoljno vlage brzo razgraditi, što ostavlja mikrobnu biomasu „gladnom“.



Slika 11. Glavna svojstva tla koja utječu na mikrobnu biomasu i čimbenici na koje ona utječe. (prilagođeno prema: www.soilquality.org.au/factsheets/microbial-biomass-carbon-nsw)

3.4.5. C/N odnos

Na površini tla, često se nalazi sloj svježeg ili djelomično razgrađenog organskog ostatka koji je podložan procesima razgradnje i humifikacije. Sastav organske tvari tla u prosjeku sadrži oko 5 % dušika i 52 % ugljika što znači da je prosječan C/N omjer u organskoj tvari 10: 1 (u intervalu od 8:1 do 12:1).

Tablica 1. Omjeri ugljika i dušika u ostacima usjeva i drugih organskih materijala (prilagođeno prema: www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd331820.pdf)

Tvar	C:N omjer
ražena slama	82:1
pšenična slama	80:1
zobena slama	70:1
kukuruzovina	57:1
pokrovni usjev raži (cvijet)	37:1
graškova slama	29:1
pokrovni usjev raži (vegetacija)	26:1
sijeno zrele lucerne	25:1
Idealna prehrana	24:1
truli stajski gnoj	20:1
sijeno mahunarki	17:1
goveđi gnoj	17:1
sijeno mlade lucerne	13:1
dlakavi pokrov grahorice	11:1
mikroorganizmi u tlu (prosjek)	8:1

Poznavanje C/N omjera (Tablica 1) omogućava pravilno gospodarenje pokrovom tla (žetvenim ili biljnim ostacima) što utječe i na kruženje hranjivih tvari. Visoki C/N omjer rezultira mikrobiološkom inaktivacijom što znači da će sav dušik mikroorganizmi koristiti za svoje potrebe. Spuštanjem C/N omjera između 1 i 15, dolazi do brze mineralizacije i oslobađanja dušika koji je biljci dostupan. Što je niži C/N omjer, to će se dušik brže otpuštati u tlo za

neposredno usvajanje od strane viših biljaka. C/N omjer u intervalu od 20 – 30 rezultira ravnotežnim stanjem između procesa mineralizacije i imobilizacije. Oslobađanje dušika i mogućnost usvajanja od strane viših biljaka započinje tek kad je C/N omjer manji od 25.

3.5. Integrativni indikatori

Integrativni ili ključni pokazatelji trebali bi prikupiti osnovne podatke o sastavu, strukturi i funkcijama sustava tla.

4. SUSTAVI OBRADE TLA

Kako bismo odabrali odgovarajući sustav obrade tla, potrebno je znati nekoliko faktora, a to su svojstva tla, reljef, klima, izvor energije, dostupna mehanizacija, sustav planirane biljne proizvodnje i planirana ekonomičnost proizvodnje. Ne postoji određeni sustav obrade tla za pojedinu kulturu, već se svaki sustav prilagođava prema navedenim faktorima, kao i svim ostalim regionalnim i lokalnim ekološkim uvjetima te je iznimno važno da je primijenjeni sustav obrade tla optimalno usklađen s agroekološkim uvjetima i svojstvima kulture.

4.1. Konvencionalna obrada tla

Pod pojmom „konvencionalna (klasična) obrada tla“ podrazumijevaju se donedavno „standardne“ mjere obrade tla, ali za potrebe usporedbe sa reduciranom obradom tla koja sve više zamjenjuje ova sustav obrade, biti će ukratko objašnjeni sustavi koji podrazumijevaju pojam „konvencionalna obrada tla“.

Konvencionalni sustavi obrade tla uobičajeno se dijele na sustave obrade za ozime usjeve, jare usjeve. Za svaki od ovih sustava postoji više različitih varijanta ili inačica obrade ovisno o vremenskom razmaku između žetve predusjeva i sjetve novog usjeva, a taj vremenski razmak može podrazumijevati nekoliko dana ili nekoliko mjeseci (Jug i sur., 2015).

Osnovna shema obrade tla za sjetvu jarih iza ozimih usjeva ima nekoliko etapa. Prvi dio obrade obavlja se u ljetu, a obuhvaća prašenje strništa nakon žetve, obično sa plugom dubine 8 - 12 cm, ili tanjuranjem sa teškim tanjuračama. Nužno je obaviti prašenje strništa na plitkoj dubini i odmah iza žetve kako bi se spriječio gubitak vode i evaporacija. Također, potiče se nicanje korova kako bi u idućem zahvatu bio uništen, zajedno sa korovom koji se pojavio u vegetaciji. U tlo se unose žetveni ostatci, omogućuje se prodor oborina kako bi tlo zadovoljilo potrebe za vodom, i olakšava se daljnja ljetna obrada tla zbog smanjenja otpora tla. U ovom se trenutku uobičajeno dodaje i dušik kako bi se ublažila ili izbjegla tzv. dušična depresija, odnosno nedostatak dušika kod idućeg usjeva.

Idući dio obrade podrazumijeva plitko oranje na dubinu od 10 – 20 cm, i to otprilike četiri do pet tjedana iza prašenja strništa kako bi se uništio ponikli korov, potaknuo rad mikroorganizama u dubljim slojevima tla, i radi unosa organskih i mineralnih gnojiva.

Sjetveno ili duboko jesensko oranje se obavlja, ovisno o idućem usjevu, uglavnom na dubini od 25 – 35 cm te se prilikom ovog oranja također mogu unositi mineralna i organska gnojiva.

Dopunska ili finalna obrada tla podrazumijeva proljetno zatvaranje zimske brazde (Slika 12) i pretsjetvenu pripremu tla. Kod ovi se zahvata upotrebljavaju tanjurača, drljača, kultivator ili kombinacija istih, a sjetvospremači se koriste kako bi se obavio posljednji prohod prije sjetve jarog usjeva.

Sustav konvencionalne obrade tla koji se primjenjuje za sjetvu ozimih ili jarih usjeva nakon žetve/berbe jarih usjeva, također ima nekoliko varijanta, ovisno o vremenu napuštanja predusjeva s obradive površine i vremenu sjetve idućeg odnosno planiranog usjeva (jesen ili proljeće). Uobičajena osnovna shema je sljedeća: gnojidba i duboka obrada nakon koje se obavlja dopunska obrada tla i sjetva. Ako se obavlja sjetva jarih, postupak dopunske obrade jer istovjetan prethodno opisanoj tehnologiji za sjetvu jarih usjeva. Valja naglasiti da kako bi se očuvala vlaga u tlu i povoljni uvjeti za rast i razvoj iduće kulture, na našim područjima Slavonije i Baranje se preporučuje poravnavanje zatvaranje zimske brazde u jesen i njeno zatvaranje proljeće (najčešće sa blanjom ili drljačom).



Slika 12. Zatvaranje zimske brazde

(Izvor: agrosavjet.com/zatvaranje-zimske-brazde-evo-zasto-je-vazna-ova-agrotehnicka-mjera/)

Postoje i drugačije verzije ovog sustava, ali je važno naglasiti da se dio navedenih etapa izostavlja ili se provodi drugačijim redoslijedom.

4.2. Reducirana obrada tla

U odnosu na „konvencionalnu obradu tla“, reducirana obrada tla je jeftinija, jednostavnija i prilagođenija i optimiziranija obrada tla te uzima u obzir klimatske i gospodarske uvjete

lokaliteta na kojima se provodi (Jug i sur., 2015, Jug i sur., 2017). Postoje brojne podjele reduciranih sustava obrade tla, ali se ta podjela u većini slučajeva svodi na: minimalnu obradu tla (minimum tillage), izostavljenu obradu tla (no-till, zero-till) i konzervacijsku obradu tla (conservation tillage).

Intenzitet reduciranja zahvata obrade tla ovisi nizu faktora, a najznačajniji su: agroekološki uvjeti uzgojnog područja, agrotehničke pretpostavke (dostupnost mehanizacije i primijenjena tehnologija), razina potrebnog znanja. Kako bi se obrada tla nazivala reducirana dovoljno je izostaviti samo jedan zahvat od uobičajeno primijenjenih, a to je u pravilu oranje, pa sve do potpunog izostavljanja svih zahvata obrade tla.

Kod reducirane obrade tla se dakle broj zahvata obrade tla smanjuje, neki od klasičnih zahvata se potpuno izostavljaju, a neki se povezuju u jedan zahvat. Smanjuje se dubina obrade tla, a time i troškovi obrade tla. Kod pravilne primjene, reducirana obrada tla ne uzrokuje pad prinosa sa intenzivnim korištenjem gnojiva, herbicida i ostalih pripravaka. Iako je sa ekonomskog stajališta puno povoljniji sustav obrade, važno je naglasiti da kod minimalne obrade tla dolazi i do manjeg zbijanja tla, osigurava se bolja vodopropusnost i prozračnost tla, što rezultira povoljnijim životnim uvjetima za biljku.

Izostavljena obrada tla, odnosno „no-tillage“, je ekstremna metoda reducirane obrade tla koja podrazumijeva korištenje posebne mehanizacije poput disk sijačice kako bi se napravile brazdice, obavila sjetva u brazdice i odmah zatvorila poslije sjetve. Na taj način, tlo je u najmanjoj mjeri obrađeno, jer se ono obrađuje točno na mjestu gdje se vrši sjetva pri odgovarajućoj dubini. Nadalje, korištenjem posebne mehanizacije osigurava se i kvalitetna gnojidba, jer se uz pomoć posebnih ulagača gnojiva primjenjuje direktno u napravljenu brazdu i na točan položaj u odnosu na sjeme. Također, jedna od bitnih tehnika koje se primjenjuju prilikom izostavljene obrade tla je primjena plodoređa koji učinkovito sudjeluje u suzbijanju korova i štetnika, pomaže pri smanjenju erozije tla i pri povećanju plodnosti tla.

4.3. Konzervacijska obrada tla

Konzervacijska obrada tla je sustav reducirane obrade tla kod kojeg biljni ostatci ostaju na površini tla ili vrlo blizu površine tla. Kako bi se neka reducirana obrada tla nazivala konzervacijska, potrebno je ispuniti uvjet da na površini tla nakon svih zahvata obrade tla i sjetve sljedeće kulture površina tla ostaje pokrivena najmanje 30 % pa sve do 100 % (Jug i sur., 2017).

Kao i kod reduciranih sustava obrade tla, i kod konzervacijskih sustava postoji više različitih tehnoloških pristupa i inačica (obrada tla u trake, obrada ispod malča, izostavljena obrada i dr.), ali je bitno ispuniti uvjet pokrivenosti površine biljnim ostacima (Slike 13 - 15).



Slika 13. Posebna mehanizacija za izostavljenu obradu tla

Izvor:(www.farm-equipment.com/articles/18702-first-products-inc-no-till-drill)

Prednost konzervacijskih sustava obrade tla / uzgoja usjeva, a u usporedbi s konvencionalnom i reduciranom obradom tla je višestruka: čuvanje tla od vjetrene i vodene erozije, sprječavanje evaporacije, smanjenje dnevnih temperaturnih oscilacija, kvalitetnija kontrola korova, sekvestracija ugljika, intenzifikacija (agro)bioraznolikosti, očuvanje i povećanje sadržaja humusa i organske tvari tla i dr.



Slika 14. Obrada tla u trake

Izvor:(www.farmet.cz/en/2018-12-strip-till-soil-cultivation)



Slika 15. Obrada tla u malč

Izvor:(gateway.okhistory.org/ark:/67531/metadc1771307/)

5. STUDIJA SLUČAJA (primjer praćenja indikatora degradacije tla na HRZZ projektu)

Istraživanje utjecaja različitih sustava obrade tla (konvencionalni i konzervacijski sustavi) na pokazatelje degradacije tla provedeno je u okviru istraživačkog projekta Hrvatske naklade za znanost (HRZZ) „Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla“ - ACTIVEsoil. Istraživanja su provedena tijekom 2021. godine na dvije lokacije unutar panonske regije i to :

Lokacija 1: Čačinci (Virovitičko - podravska županija) – središnja panonska podregija

Lokacija 2: Križevci (Koprivničko – križevačka županija) – zapadno panonska podregija

Svaka od odabranih lokacija karakterizirana je specifičnim agroekološkim uvjetima (različiti tipovi tala, količina oborina, klimat određenog područja itd.).

Provedeni tretmani obrade tla bili su:

- ST - standardna obrada tla (konvencionalna obrada tla koja uključuje oranje i niz dopunskih zahvata obrade tla)
- CTD - konzervacijski sustav obrade I (obrada tla bez oranja, na dubinu do 30 cm uz minimalnu pokrivenost tla žetvenim ostacima od 30 %)
- CTS - konzervacijski sustav obrade tla II (površinska obrada tla do 10 cm uz minimalnu pokrivenost tla žetvenim ostacima od 50 %).

Istraživani su slijedeći parametri:

- fizikalni indikatori: volumna gustoća tla (ρ_v) prema ISO 11272 (1998.), izračun stupnja zbijanja tala pomoću gustoće pakiranja (PD) (Hiederer i sur., 2009.; Renger, 1970.) i otpori tla (digitalni penetrometar). Zbog specifičnosti degradacijskih procesa zbijanja, dubina uzimanja uzoraka tla u fizički neizmijenjenom stanju obuhvaćala je tri dubine: 0-20 cm, 20-40 cm i 40-60 cm u odgovarajućem broju ponavljanja (5 Kopecky cilindara sa svake dubine).
- kemijski indikatori: organska tvar tla (SOM) i organski ugljik u tlu (SOC): uzorkovanje tla obavljeno je se na svakom tretmanu obrade tla agrokemijskom sondom sa dvije dubine, 0-15 cm i 15-30 cm, prema unaprijed utvrđenoj shemi uzorkovanja, s minimalno 25 uboda sondom po parceli.
- biološki indikatori: disanje tla (24-satnom brzom laboratorijskom metodom, Haney i Haney, 2010.), procjena N-mineralizacije (Haney i sur., 2008.; Haney i sur., 2015.) i

C/N odnos. Uzorkovanje tla obavljeno je se na svakom tretmanu obrade tla agrokemijskom sondom na dvije dubine (0 - 15 cm i 15 - 30 cm).

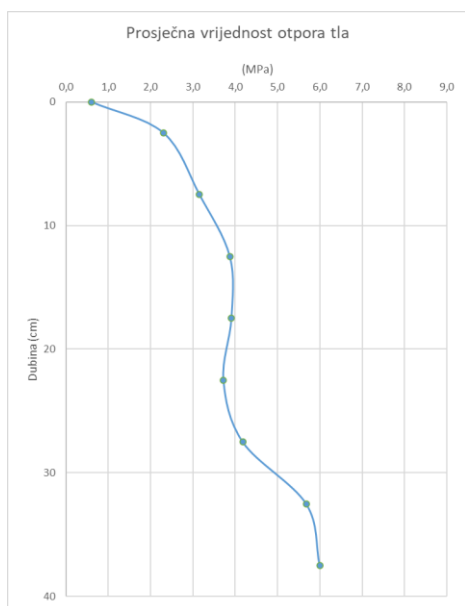
Svi prikupljeni podatci su statistički obrađeni pomoću statističkog programskog paketa TIBCO Software Inc. Utjecaj sustava obrade tla i dubine na indikatore degradacije tla testirani su dvofaktorijalnom analizom varijance uz značajnost na razini $p < 0,05 \%$.

Fizikalni indikatori degradacije tla:

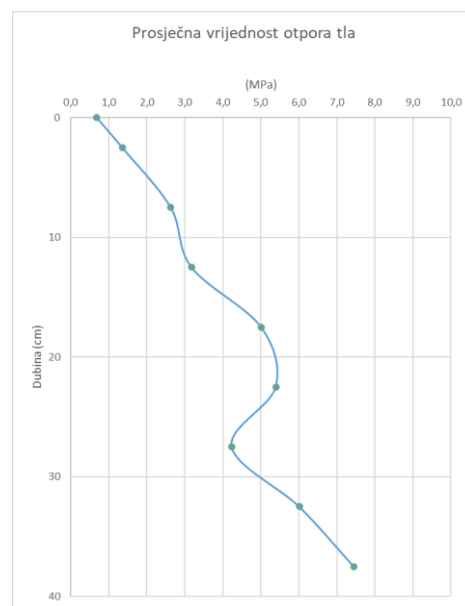
Volumna gustoća (ρ_v) bila je pod značajnim utjecajem obrade tla samo na lokalitetu Čačinci neovisno o dubini uzorkovanja tla. Prosječna ρ_v iznosila je $1,67 \text{ g cm}^{-3}$.

Na ST tretmanu obrade ρ_v je bila značajno manja u odnosu na CTD tretman obrade tla, dok ostale razlike u vrijednostima ρ_v statistički nisu bile opravdane. PD, kao pokazatelj stupnja degradacije tla zbijanjem, je također samo na lokalitetu Čačinci bio pod značajnim utjecajem obrade tla te je u prosjeku iznosio $1,99 \text{ g cm}^{-3}$.

Najveća vrijednost PD zabilježena je na CTD tretmanu, a najniža na ST. Ove razlike su statistički bile značajne, dok razlike između PD na CTD i CTS, kao i na CTD i ST tretmanima obrade nisu bile statistički opravdane.

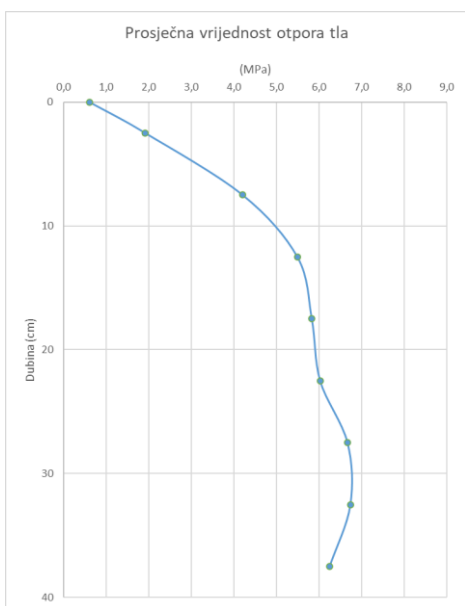


Lokalitet Čačinci

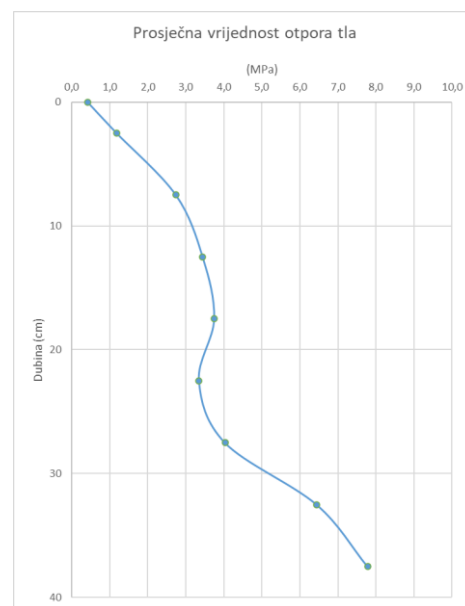


Lokalitet Križevci

Grafikon 1. Prosječne vrijednosti otpora tla na ST tretmanu obrade tla

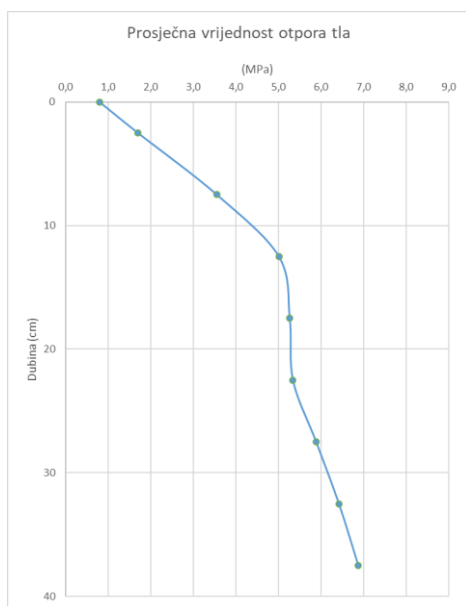


Lokalitet Čačinci

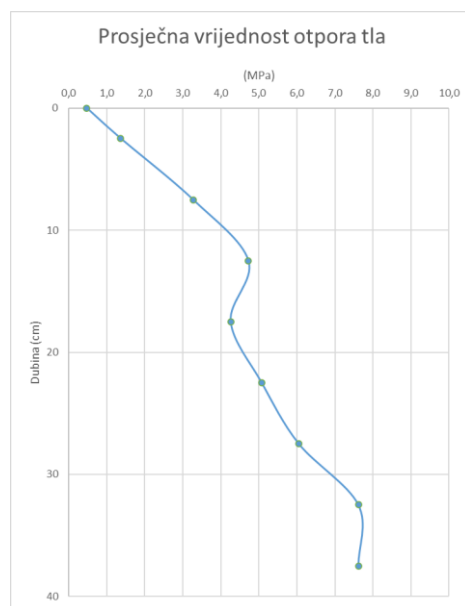


Lokalitet Križevci

Grafikon 1. . Prosječne vrijednosti otpora tla na CTD tretmanu obrade tla



Lokalitet Čačinci



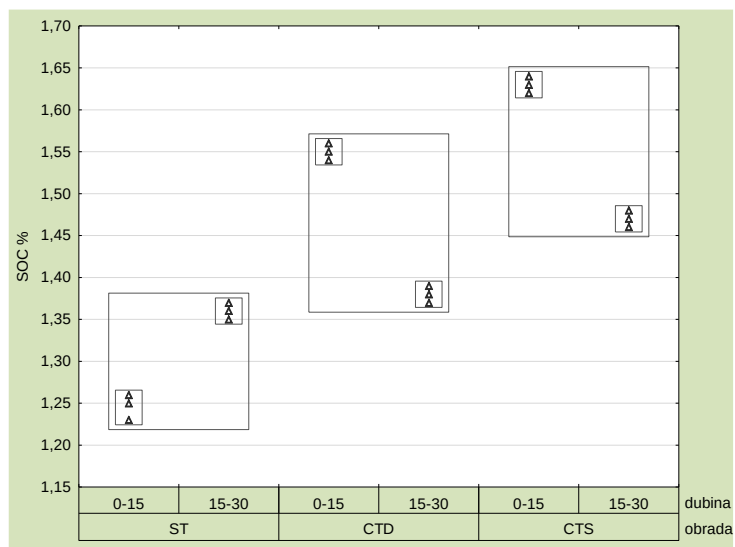
Lokalitet Križevci

Grafikon 2. Prosječne vrijednosti otpora tla na CTS tretmanu obrade tla

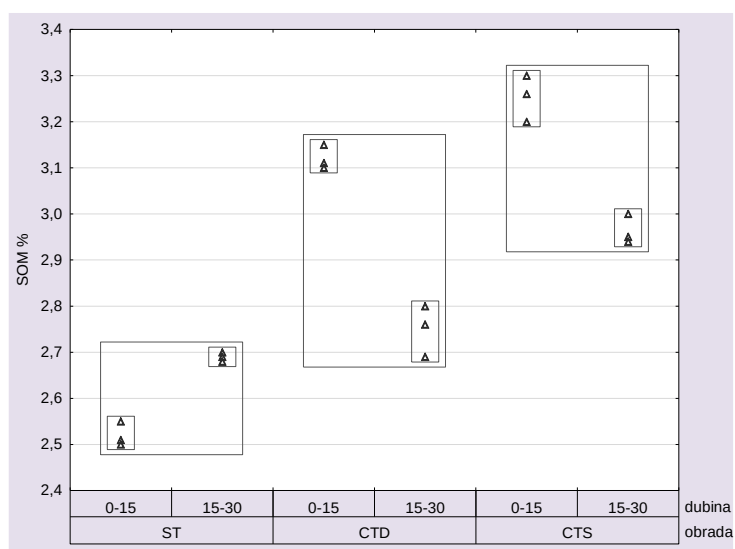
S obzirom kako je zbijenost tla jedan od najznačajnijih indikatora stanja tla o kojem ovisi i uspješnost poljoprivredne proizvodnje, osim volumne gustoće i gustoće pakiranja mjereno je i otpor tla na svakom lokalitetu, pri svakom sustavu obrade tla i pri dubinama od 0-40 cm (Grafikoni 1, 2 i 3) pomoću elektroničkog konusnog penetrometra „Penetrologger ART.NR. 06.15.01“ Ejkelkamp.

Kemijski indikatori degradacije tla:

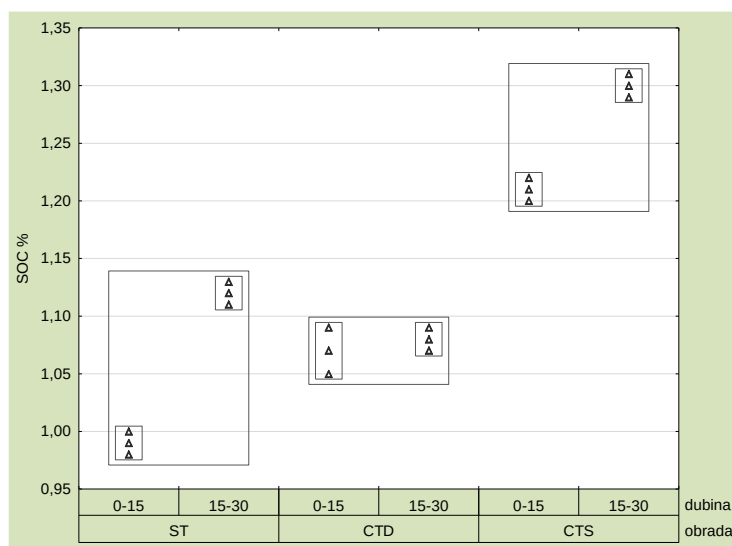
Na sadržaj organske tvari u tlu kao i na sadržaj organskog ugljika, značajan utjecaj je imala obrada tla, dubina uzorkovanja kao i njihova interakcija. Na lokalitetu Čačinci (Grafikon 4 i 5), najveći sadržaj organske tvari i organskog ugljika izmjereno je na CTS tretmanu obrade na dubini 0-15 cm (2,53 % SOM i 1,63 % SOC), dok je na lokalitetu Križevci (Grafikoni 6 i 7) najveći sadržaj izmjereno na CTS na dubini 15-30 cm (2,58 % SOM i 1,30 % SOC).



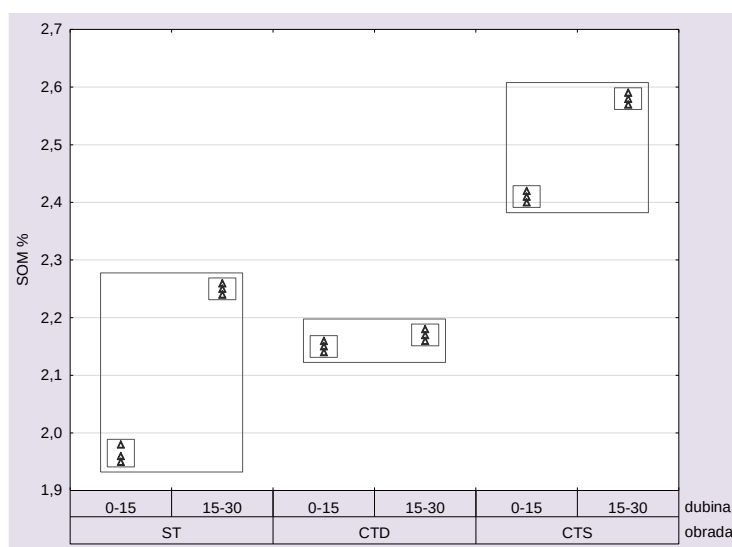
Grafikon 3. Sadržaj organskog ugljika na lokalitetu Čačinci



Grafikon 4. Sadržaj organske tvari tla na lokalitetu Čačinci



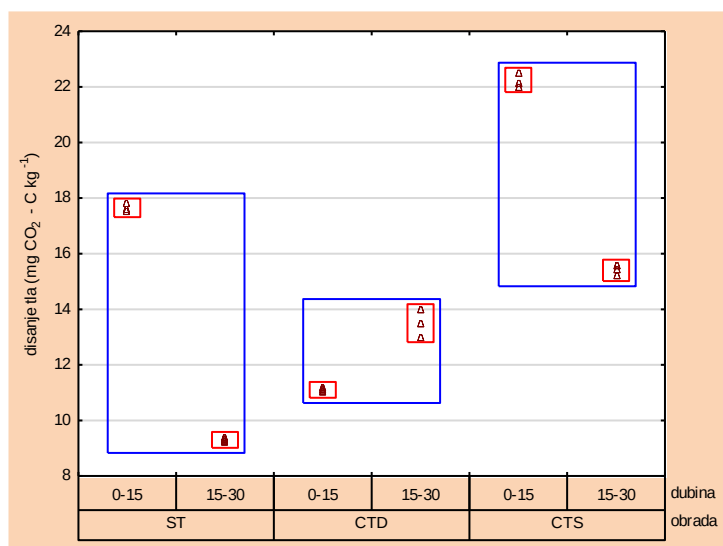
Grafikon 5. Sadržaj organskog ugljika na lokalitetu Križevci



Grafikon 6. Sadržaj organske tvari tla na lokalitetu Križevci

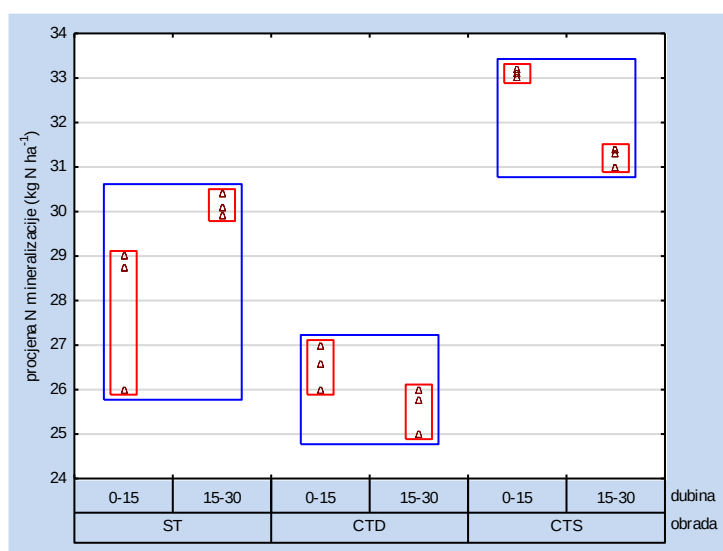
Biološki indikatori degradacije tla:

Prosječna vrijednost disanja tla na lokalitetu Čačinci iznosila je $14,86 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$ i bila je pod značajnim utjecajem obrade tla i dubine uzorkovanja, a značajna je i interakcija sustava obrade tla s dubinom. Najveće disanje tla izmjereno je na CTS/0 – 15 cm ($22,20 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$), a najmanje na ST/15 – 30 cm ($9,30 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$) (Grafikon 8.).



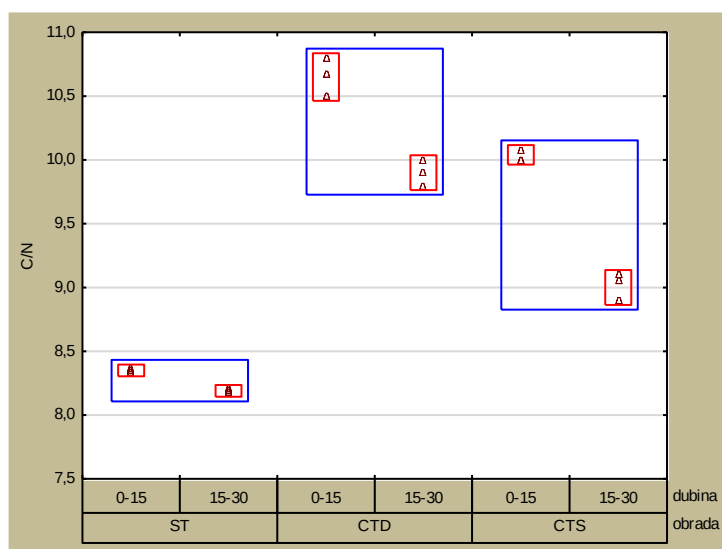
Grafikon 7. Disanje tla pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Čačinci

Procjena mineralizacije dušika je u prosjeku iznosila 29,08 kg N ha⁻¹. Na njeno variranje značajno je utjecala obrada tla te je zabilježena značajna interakcija obrade tla i dubine uzorkovanja. Najveća procjena N mineralizacije zabilježena je na CTS/0 – 15 cm (33,11 kg N ha⁻¹), a najmanja na CTD/15 – 30 cm (25,59 kg N ha⁻¹, Grafikon 9)



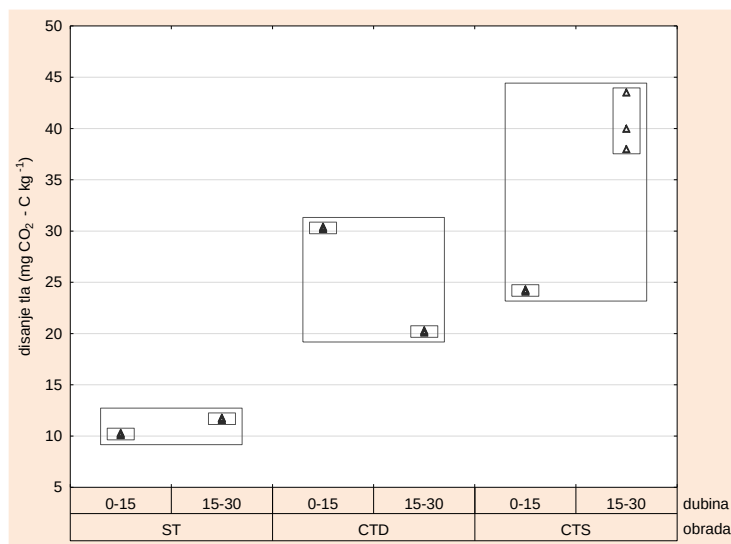
Grafikon 8. Procjena N mineralizacije pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Čačinci

C/N odnos bio je pod značajnim utjecajem obrade tla kao i dubine, a zabilježena je i statistički značajna interakcija ova dva parametra. Najveći C/N odnos izračunat je na CTD/0 – 15 cm (10,66), a najmanji na ST/15 – 30 cm (8,19) (Grafikon 10).



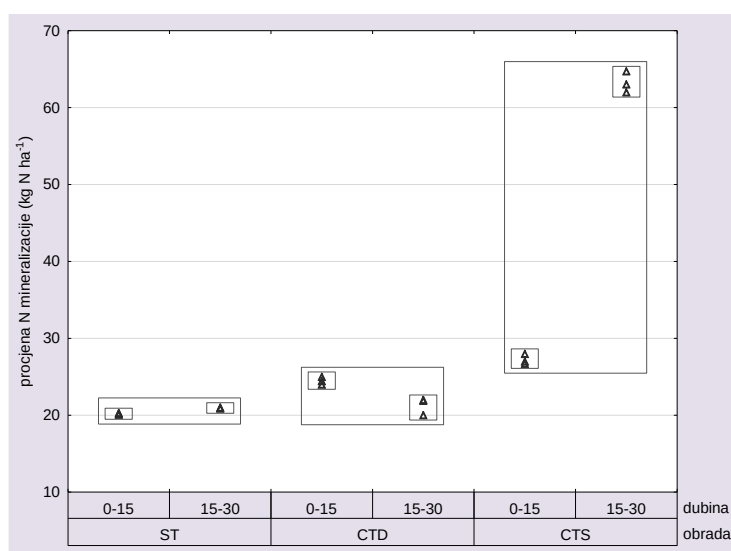
Grafikon 9. C/N odnos pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Čačinci

Na lokalitetu Križevci, prosječna vrijednost disanja tla iznosila je 22,85 mg CO₂-C kg⁻¹, procjena mineralizacije N iznosila je 29,57 kg N ha⁻¹ i C/N odnos iznosio je 8,48. Svi biološki indikatori su bili pod značajnim utjecajem obrade tla i dubine uzorkovanja, a značajna je i interakcija sustava obrade tla s dubinom.

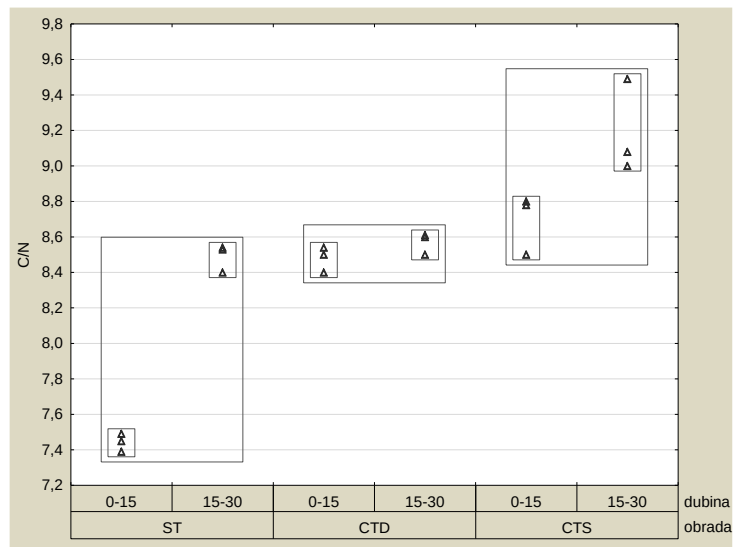


Grafikon 11. Disanje tla pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Križevci

Najveća vrijednost izmjenjenog disanja tla ($40,50 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$), procjene N mineralizacije ($63,24 \text{ kg N ha}^{-1}$) i C/N odnos ($9,19$) zabilježeno je na CTS/15 – 30 cm, a najmanja na ST/0 – 15 cm (disanje tla: $10,20 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1}$; procjena N mineralizacije: $20,21 \text{ kg N ha}^{-1}$ i C/N: $7,44$) (Grafikoni 11, 12 i 13).



Grafikon 10. Procjena N mineralizacije pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Križevci



Grafikon 11. C/N odnos pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Križevci

6. ZAKLJUČAK

Degradacija tla je pogoršanje stanja tla uzrokovano njegovim nepravilnim korištenjem ili lošim gospodarenjem, obično u poljoprivredne, industrijske ili urbane svrhe. S obzirom na činjenicu kako je tlo osnovni prirodni resurs i temelj cjelokupnog terestričkog života, od iznimnog značaja je uočiti procese i pojave koje dovode do njegove degradacije.

Degradacija tla je fizikalno, kemijsko i biološko smanjenje kvalitete tla koje se očituje kao gubitak organske tvari, erodiranost, pad plodnosti tla, smanjenje ili gubitak bioraznolikosti, zbijenost tla, acidifikacija, alkalizacija, dezertifikacija, onečišćenje, poplave i nastanak klizišta.

Degradacija tla ima višestruke i složene utjecaje na okoliš na globalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini kroz niz izravnih i neizravnih procesa koji utječu na velik broj funkcija i usluga ekosustava, uključujući regulaciju klime, sekvestraciju ugljika, emisije stakleničkih plinova i povećanu biološku raznolikost. Uloge tla nije moguće izmjeriti izravnim putem, već se one interpretiraju preko indikatora kvalitete tla. S obzirom da je degradacija tla gubitak kvalitete tla, pokazatelji kvalitete tla su ujedno i pokazatelji njegove degradacije.

Intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom, koja uključuje intenzivnu primjenu agrokemikalija i intenzivnu obradu tla oranjem, procesi degradacije su ubrzani što u konačnici rezultira smanjenim prinosima, visokom cijenom proizvoda, gubitkom plodnosti tala itd.

Od svih agrotehničkih zahvata u poljoprivrednoj proizvodnji, obrada tla ima izrazito velik utjecaj na degradacijske procese. Primjenom konvencionalnih sustava obrade tla, odnosno obradu oranjem, tlo je uslijed „okretanja“ izloženiije erozijskim procesima, pojačana je oksidacija organske tvari i izrazito su veliki gubitci vode u obradivom sloju (zbog pojačane evaporacije i uslijed nepokrivenosti obradive površine). Primjenom konzervacijskih sustava obrade, smanjuje se izloženost tla eroziji (prisutnost živog malča ili žetvenih ostataka), ujedno je smanjena evaporacija, pojačana je sekvestracija ugljika, povećava se biološka raznolikost tla, tlo je manje izloženo temperaturnim oscilacijama i dr.

Projekt HRZZ-a proveden na dva lokaliteta (Čačinci i Križevci) pokazao je kako primjenom različitih sustava obrade tla (konvencionalnog i konzervacijskog) na istom zemljištu dolazi do značajnih promjena u izmjeri podataka kod ispitivanih indikatora degradacije tla.

Degradacija tla najjače pogađa područja zemalja u razvoju koje obično pružaju usluge i materijalna dobra srednje i visoko razvijenim zemljama. Mnogi ljudi koji žive u zemljama s niskim prihodima mogli bi biti prisiljeni napustiti svoje domove u potrazi za sigurnošću i

plodnim tlom, što bi rezultiralo gubitkom kulturnog identiteta, kao i mogućom ekonomskom i političkom nestabilnošću u drugim područjima.

Osvješčivanje spoznaje o važnosti i nezamjenjivoj ulozi tla može značajno utjecati na načine gospodarenja tlom, ukazujući na neodgodivost i nužnost trenutnog djelovanja.

7. POPIS LITERATURE

1. Amézqueta, E., Aragües, R., Carranza, R., Urgel, B. (2003.): Macro- and micro-aggregate stability of soils determined by a combination of wet-sieving and laser-ray diffraction. *Spanish J Agric Res.* 1:83–94
2. EEA (2008.):
www.eea.europa.eu/downloads/2fe0cc7cceda9901feeaddb2583415216/1606129170/page306.html.pdf?direct=1
3. Haney, R. L., Brinton, W. H., Evans, E. (2008.): Estimating Soil Carbon, Nitrogen and Phosphorous Mineralization from Short-Term Carbon Dioxide Respiration. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, vol. 39 pp. 2706-2720.
4. Haney, R. L., Haney, E. B. (2010.): Simple and Rapid Laboratory Method for Rewetting Dry Soil for Incubations. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. Vol. 41 pp. 1493–1501.
5. Haney, R. L., Haney, E. B., Smith, D. R., White, M. J. (2015.): Estimating Potential Nitrogen Mineralisation Using the Solvita Soil Respiration System. *Open Journal of Soil Science*, vol. 5 pp. 319-323.
6. Hiederer, R., Jones, R. J. A. (2009.): Development of a Spatial European Soil Property Data Set. EUR 23839 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 30pp.
7. Hoyle, F. C., Murphy, D. V., Fillery, I. R. P. (2006.): Temperature and stubble management influence microbial CO₂-C evolution and gross transformation rates, *Soil Biology and Biochemistry* 38: 71-80.
8. Igwe, C. A., Obalum, S. E. (2013.): Microaggregate stability of tropical soils and its roles on soil erosion hazard prediction. In: Grundas, S., Stepniewski, A., editors. *Advances in agrophysical research*. Rijeka (Croatia): InTech; p. 175–192.
9. ISO 11272 (1998.): Soil quality – Determination of dry bulk density. ISO, Genève
10. Jug, D., Birkás, M., Kisić, I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima. Sveučilišni udžbenik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, 275.
11. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilišni priručnik. Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tala (HDPOT), Osijek, Hrvatska, 176.

12. Knežević, Š. (2017.): Agrotehničke mjere popravke zbijenih tala. Završni rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku
13. Lado, M., Paz, A., Ben-Hur, M. (2004.): Organic matter and aggregate size interactions in infiltration, seal formation, and soil loss. *Soil Sci Soc Am J.* 68:935–942.
14. Levy, G.J., Miller, W.P. (1997.): Aggregate stabilities of some Southeastern U. S. soils. *Soil Sci Soc Am J.* 61:1176–1182.
15. Minasny, B., Stockmann, U., Hartemink, A.E., McBratney, A.B. (2016.): Measuring and Modelling Soil Depth Functions. In: Hartemink, A., Minasny, B. (eds) *Digital Soil Morphometrics. Progress in Soil Science.* Springer, Cham. 225-240
16. Montanarella, L. (2006.): Trends in Land Degradation in Europe. European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy
17. Nahirniak, S. V., Dontsova, T. A., Lapinsky, A. V., Tereshkov, M. V., Singh, R. C. (2020.): Soil and soil breathing remote monitoring: A short review.
18. Renger, M. (1970.): Über den Einfluss der Dränung auf das Gefüge und die Wasserdurchlässigkeit bindiger Böden. *Mitteilungen Deutschen Bodenkundlich Gesellschaft* 11, 23-28.
19. Ribeiro, M. R., Sampaio, E., Galindo, I. C. L. (2009.): Os solos e o processo de desertificação no semiarido brasileiro. *Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo* 6, 497.
20. Stanford, G., Smith, S. J. (1972.): Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 36:465-472.
21. TIBCO Software Inc. Statistica (Data Analysis Software System) (2018): Version 13.
22. Troeh, F. R., Thompson, L.M. (2005.): *Soils and Soil Fertility*. 6th ed., Ames, Iowa, USA: Blackwell Publish.,
23. Upadhyay, S., Raghubanshi, A. S. (2020.): Determinants of soil carbon dynamics in urban ecosystems. In: Upadhyay, S., Raghubanshi, A. S. *Urban Ecology. Emerging Patterns and Social-Ecological Systems.* 299-314
24. Veseli, D. (2020.): Utjecaj klimatskih promjena na poljoprivrednu proizvodnju. Završni rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:120969>
25. Waring, S. A., Bremner, J. M. (1964.): Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201:951-952.
26. Xianliang, Y., Yunsheng, C. (1986.): *Soil physics*. Beijing: China Agricultural Press.

27. Zhidong, L., Shixiu, Y., Senchuang, X. (1988.): Soil Physics. Beijing: Tsinghua University Press. 1988; 77—178.

Internetne stranice

28. <http://omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.htm> (10.8.2022.)
29. <https://franklin.cce.cornell.edu/resources/soil-organic-matter-fact-sheet> (10.8.2022.)
30. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.566.6336&rep=rep1&type=pdf> (10.8.2022.)
31. <https://www.esf.edu/pubprog/brochure/soilph/soilph.htm> (10.8.2022.)
32. <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/land-and-soil/soil-degradation> (10.8.2022.)
33. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/> (10.8.2022.)
34. <https://education.nationalgeographic.org/resource/development-agriculture> (10.8.2022.)
35. <https://you.stonybrook.edu/environment/sustainable-vs-conventional-agriculture/> (10.8.2022.)
36. <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:2214/datastream/PDF/view> (10.8.2022.)
37. <https://www.fao.org/3/bc596e/bc596e.pdf> (13.8.2022.)
38. <https://www.fao.org/3/bc595e/bc595e.pdf> (13.8.2022.)
39. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e06.htm (13.8.2022.)
40. <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre50.pdf> (13.8.2022.)
41. https://www.researchgate.net/profile/Xiying-Hao/publication/334099151_Chapter_57_Soil_Density_and_Porosity/links/5d168a0b458515c11c008c06/Chapter-57-Soil-Density-and-Porosity.pdf (10.8.2022.)
42. https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=nUmMTWcaPkMC&oi=fnd&pg=PP1&dq=soil+organic+matter&ots=j86qvrwXA7&sig=c1yXHGHJ8BQ1PoWsyGkUJPW2rgs&redir_esc=y#v=onepage&q=soil%20organic%20matter&f=false (10.8.2022.)
43. https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=VcGGLHiH554C&oi=fnd&pg=PP1&dq=soil+organic+matter&ots=ACPIFe2Zi&sig=zWfQ_YXcycf5QIQhgq6SAIDBTxE&redir_esc=y#v=onepage&q=soil%20organic%20matter&f=false (15.8.2022.)

44. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.566.6336&rep=rep1&type=pdf> (13.8.2022.)
45. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj1972.03615995003600030029x> (13.8.2022.)
46. <https://cyberleninka.ru/article/n/soil-and-soil-breathing-remote-monitoring-a-short-review/viewer> (13.8.2022.)
47. <https://www.sruc.ac.uk/media/s0bnnnerj/tn553-minimum-tillage.pdf> (13.8.2022.)
48. <https://eos.com/blog/no-till-farming/> (15.8.2022.)
49. <https://www.ctc-n.org/technologies/conservation-tillage> (13.8.2022.)
50. <https://cropwatch.unl.edu/tillage/ridge> (13.8.2022.)
51. https://serc.carleton.edu/integrate/teaching_materials/food_supply/student_materials/1165 (13.8.2022.)
52. [http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/Osnove%20Bilinogojstva%20006%20\(sustavi%20obrade%20tla\).pdf](http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/Osnove%20Bilinogojstva%20006%20(sustavi%20obrade%20tla).pdf) (13.8.2022.)
53. http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/02-OA_Obrada%20tla.pdf (13.8.2022.)
54. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053149.pdf (15.8.2022.)
55. https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/7/9922/files/2021/11/15_Potentially_Mineralizable_N.pdf (15.8.2022.)
56. [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/18130/PMN_sq_biological_indicator_sheet%20\(1\).pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/18130/PMN_sq_biological_indicator_sheet%20(1).pdf) (15.8.2022.)
57. <https://soilquality.org.au/factsheets/microbial-biomass-carbon-nsw> (15.8.2022.)

8. SAŽETAK

Pojavom konvencionalne poljoprivrede dolazi do značajnog porasta prinosa kod mnogobrojnih kultura zahvaljujući korištenjem naprednije mehanizacije, gnojiva te raznih preparata za zaštitu biljaka. Posljedice konvencionalne poljoprivrede očituju se kroz pojavu degradacije tla, narušavanja ekosustava i kroz gubitak bioraznolikosti u tlu. Uz konzervacijsku poljoprivredu, dolazi do poboljšanja kvalitete tla, bolje mikrobiološke aktivnosti u tlu te poboljšanih uvjeta za rast i razvoj usjeva. Degradacija tla se očituje kroz indikatore tla koji ukazuju na negativne promjene u tlu i pomažu pri donošenju odluka i radnji koje je potrebno obaviti na zemljištu. Indikatori degradacije mogu biti vizualni, fizikalni, kemijski i biološki. U odnosu na konvencionalnu obradu tla, konzervacijska obrada pokazuje mnogobrojne prednosti, od kojih su najbitnije sprječavanje daljnje degradacije tla i popravljivanje svojstava tla. Studija slučaja koja je uključena u ovaj rad dokazuje da je konzervacijski sustav obrade tla puno povoljniji u odnosu na standardnu obradu tla.

9. SUMMARY

The appearance of conventional agriculture caused a substantial increase in crop yield due to the usage of advanced mechanization, fertilizers and various plant protection substances. However, the consequences of conventional agriculture were shown through soil degradation, damaging the ecosystem and through loss of biodiversity in the soil. With conservational agriculture, there was an increase in soil quality, better soil microbiological activity and generally better terms for growth and development of crops. Soil degradation presents itself through soil indicators which besides pointing to the negative changes in the soil also help with proper decision making regarding the necessary operations that need to be performed. Soil indicators can be visual, physical, chemical and biological. Compared to conventional agriculture, conservational tillage shows many advantages, of which the most important are the prevention of further soil degradation and restoring soil properties. The case study included in this thesis shows that the conservational tillage system is much more beneficial than the conventional one.

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Omjeri ugljika i dušika u ostacima usjeva i drugih organskih materijala.....	19
---	----

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Urbanizacija najboljeg poljoprivrednog zemljišta.....	2
Slika 2. Povoljna struktura tla.....	7
Slika 3. Nepovoljna struktura – zbijeno tlo	8
Slika 4. Zadržavanje vode na površini uslijed zbijanja tla.....	8
Slika 5. Rast biljaka na a) tlu dobre strukture i na b) zbijenom tlu.....	10
Slika 6. Dostupnost elemenata u tlu prema pH tla.....	11
Slika 7. Utjecaj kiselih kiša na biljni svijet i tlo	12
Slika 8. Žetveni ostatci.....	14
Slika 9. Povezanost relativne aerobna mikrobna aktivnosti (disanje, amonifikacija i nitrifikacija) i anaerobna mikrobna aktivnosti (denitrifikacija) s prostorom pora ispunjenih vodom u tlu.	16
Slika 10. Količina mikrobne biomase i količina oslobođenog dušika opada s porastom dubine.	18
Slika 11. Glavna svojstva tla koja utječu na mikrobnu biomasu i čimbenici na koje ona utječe.	19
Slika 12. Zatvaranje zimske brazde	22
Slika 13. Posebna mehanizacija za izostavljenu obradu tla	24
Slika 14. Obrada tla u trake.....	25
Slika 15. Obrada tla u malč.....	25

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prosječne vrijednosti otpora tla na ST tretmanu obrade tla.....	28
Grafikon 2. . Prosječne vrijednosti otpora tla na CTD tretmanu obrade tla	28
Grafikon 3. Prosječne vrijednosti otpora tla na CTS tretmanu obrade tla	29
Grafikon 4. Sadržaj organskog ugljika na lokalitetu Čačinci	30
Grafikon 5. Sadržaj organske tvari tla na lokalitetu Čačinci	30
Grafikon 6. Sadržaj organskog ugljika na lokalitetu Križevci.....	31
Grafikon 7. Sadržaj organske tvari tla na lokalitetu Križevci.....	31
Grafikon 8. Disanje tla pri različitim sustavima obrade tla	32
na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Čačinci	32
Grafikon 9. Procjena N mineralizacije pri različitim sustavima obrade tla	32
na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Čačinci	32
Grafikon 10. C/N odnos pri različitim sustavima obrade tla na dubinama.....	33
od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Čačinci.....	33
Grafikon 11. Disanje tla pri različitim sustavima obrade tla na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Križevci	34
Grafikon 12. Procjena N mineralizacije pri različitim sustavima obrade tla	34
na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Križevci	34
Grafikon 13. C/N odnos pri različitim sustavima obrade tla	35
na dubinama od 0 – 15 cm i 15 – 30 cm na lokalitetu Križevci	35

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij, smjer Vinogradarstvo i vinarstvo

Indikatori degradacije tla pri različitim sustavima obrade tla

Domagoj Veseli

Sažetak:

Pojavom konvencionalne poljoprivrede dolazi do značajnog porasta prinosa kod mnogobrojnih kultura zahvaljujući korištenjem naprednije mehanizacije, gnojiva te raznih preparata za zaštitu biljaka. Posljedice konvencionalne poljoprivrede očituju se kroz pojavu degradacije tla, narušavanja ekosustava i kroz gubitak bioraznolikosti u tlu. Uz konzervacijsku poljoprivredu, dolazi do poboljšanja kvalitete tla, bolje mikrobiološke aktivnosti u tlu te poboljšanih uvjeta za rast i razvoj usjeva. Degradacija tla se očituje kroz indikatore tla koji ukazuju na negativne promjene u tlu i pomažu pri donošenju odluka i radnji koje je potrebno obaviti na zemljištu. Indikatori degradacije mogu biti vizualni, fizikalni, kemijski i biološki. U odnosu na konvencionalnu, konzervacijska obrada tla pokazuje mnogobrojne prednosti, od kojih su najbitnije sprječavanje daljnje degradacije tla i popravljivanje svojstava tla. Studija slučaja koja je uključena u ovaj rad dokazuje da je konzervacijski sustav obrade tla puno povoljniji u odnosu na standardnu obradu tla.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Irena Jug

Broj stranica: 48

Broj grafikona i slika: 28

Broj tablica: 1

Broj literaturnih navoda: 57

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: sustavi obrade tla, degradacija tla, indikatori, svojstva tla, ekosustav

Datum obrane: -

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

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduate Studies, Viticulture and vine production

Indicators of soil degradations under different soil tillage systems

Domagoj Veseli

Abstract:

The appearance of conventional agriculture caused a substantial increase in crop yield due to the usage of advanced mechanization, fertilizers and various plant protection substances. However, the consequences of conventional agriculture were shown through soil degradation, damaging the ecosystem and through loss of biodiversity in the soil. With conservational agriculture, there was an increase in soil quality, better soil microbiological activity and generally better terms for growth and development of crops. Soil degradation presents itself through soil indicators which besides pointing to the negative changes in the soil also help with proper decision making regarding the necessary operations that need to be performed. Soil indicator type can be visual, physical, chemical and biological. Compared to conventional agriculture, conservational tillage shows many advantages, of which the most important are the prevention of further soil degradation and restoring soil properties. The case study included in this thesis shows that the conservational tillage system is much more beneficial than the conventional one.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Full Professor Irena Jug

Number of pages: 48

Number of figures: 28

Number of tables: 1

Number of references: 57

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: tillage systems, soil degradations, indicators, soil properties, ecosystem

Thesis defended on date: -

Reviewers:

1. Full Professor Danijel Jug, chairman
2. Full Professor Irena 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