



Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

Zadnja sprememba: 8. 07. 2022 09:45:44

A. Podatki o raziskovalnem projektu

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra in naziv	V4-1815 - Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelava tal v trajnostno poljedelstvo
Vodja	11043 - Denis Stajnko
Naziv težišča v okviru CRP	3.2.1 - Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelava tal v trajnostno poljedelstvo
Obseg učinkovitih ur raziskovalnega dela	1308
Cenovna kategorija	C
Obdobje trajanja	od 1. 11. 2018 do 31. 10. 2021
Nosilna raziskovalna organizacija	482 - Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	401 - Kmetijski inštitut Slovenije 481 - Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 - Biotehnika 4.03 - Rastlinska produkcija in predelava 4.03.03 - Voda, kmetijski prostor, okolje
Družbeno-ekonomski cilj	08 - Kmetijstvo
Raziskovalno področje po šifrantu FORD	4 - Kmetijske vede 4.01 - Kmetijstvo, gozdarstvo in ribištvo

2. Sofinancerji

Naziv, naslov in pooblaščen predstavnik sofinancerja(Name, address and beneficiary-authorized representative) MKGP

Matična številka(Co. reg. no.) Dunajska 22

DODAJ

B. Rezultati in dosežki raziskovalnega projekta

3. Povzetek raziskovalnega projekta

SLO

V ciljnem raziskovalnem projektu smo z rezultati meritev, pridobljenimi v večletnih poskusih prišli do naslednjih zaključkov. Rezultati večletnih poskusov IOSDV kažejo, da sta gnojenje s hlevskim gnojem in zaoravanje rastlinske biomase v tla povečali zaloge organskega ogljika do globine 25 cm tal pri uporabi hlevskega gnoja v Rakičanu povečale za 13,8 t/ha (0,53 t/ha na leto) in v Jabljah za 4,7 t/ha (0,18 t/ha na leto). Pri zaoravanju rastlinske biomase je bilo povečanje zalog v Rakičanu v 26 letih 7,7 t/ha (0,34 t/ha na leto), v Jabljah pa 3,2 t/ha (0,12 t/ha na leto). Odvzem celotne nadzemne rastlinske biomase brez zaoravanja hlevskega gnoja je v Rakičanu povečal organsko snov v tleh za 2,2 t/ha (0,08 t/ha na leto), v Jabljah pa zmanjšal za -3,0 t/ha (-0,10 t/ha na leto). Učinek povečanja odmerka N iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika v tleh je bil izrazit le v Rakičanu pri obravnavanjih z zadelovanjem žetvenih ostankov.

V okviru ocene botanične ruše na različnih kmetijskih gospodarstvih po različnih statističnih regijah Slovenije lahko na podlagi popisa travniških funkcionalnih skupin (trav, metuljnic, zeli) v travni ruši trdimo, da se kombinirani način rabe travinja v primeru pašno-kosna raba dopolnjujeta, saj dajeta najoptimalnejšo sestavo in širši biotski doprinos. V naših rastnih razmerah je v primerjavi s travniki in pašno-kosno rabo največja zaloga organskega ogljika C (Mg ha⁻¹) na pašnikih 91,55 Mg ha⁻¹. Masa koreninskega sistema v sloju 0–30 cm je najvišja na pašnikih. Ohranitvena obdelava tal je sestavni del ohranitvenega trajnostnega kmetovanja, s katerim želimo ohraniti visoko proizvodno sposobnost tal skozi daljši čas tako, da v pridelovalnih tehnikah v večji meri upoštevamo naravne procese. Sekvestracija ogljika vključuje odstranitev ogljika iz ozračja s pomočjo fotosinteze in njegovo shranjevanje v različnih sestavnih delih kopenskih ali vodnih ekosistemov. Sekvestracija ogljika se izboljšuje z ohranitvenim kmetijstvom. Je potencialno lahko uspešen pristop pri zmanjševanju emisij CO₂ iz tal, saj naj bi v primerjavi s konvencionalnim oranjem ustvarila ugodnejšo bilanco C v tleh in tako pripomogla k zmanjšanju emisij CO₂. Vendar tudi številni okoljski dejavniki kot so dvig temperature in vlažnosti tal, velikost nadzemne biomase, vsebnost hranil v tleh, vplivajo na večanje emisij CO₂ s tal, zato se rezultati med študijami precej razlikujejo. Menimo, da je zaradi povečane pogostnosti suš v Sloveniji izvajanje ukrepov za ublažitev suše nujno. Med te ukrepe sodijo tudi spremembe v kmetijski tehnologiji (kolobar, izbira za vodo manj zahtevnih vrst, tehnika obdelave tal), in izboljšanje talnih (pedoloških) lastnosti (sposobnost vpijanja vode in njenega zadrževanja). Tla so pomemben zadrževalnik vode. Sposobnost akumuliranja vode v tleh (vodna retenzija) je neposredno odvisna od več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši tekstura tal, struktura, konzistenca, vsebnost organske snovi in seveda globina talnega profila.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela oz. ciljev raziskovalnega projekta

V raziskovalnem obdobju od 1. 11. 2018 do 31. 10. 2021 je program v večini načrtovanih aktivnosti uspešno realiziran (WP1-WP5), enako velja tudi za zastavljene raziskovalne cilje. Manjša odstopanja so bila pri dinamiki kemijskih analiz odvzetih vzorcev tal s travniških tal, saj je bila izvedena v obdobju (marec-september 2021) namesto (september 2020-marec 2021), saj je bilo zaradi pojave boleznih covid-19 prepovedano prehajanje občinskih meja in smo z jemanjem vzorcev travniških tal na kmetijah kasnili. Epidemiološka situacija v Sloveniji je tudi povzročila, da smo načrtovano predstavitev poskusov v okviru projekta CRP na lokaciji Moškanjci ('Mamino' in 'Kumrovo') najprej prestavili, potem pa zaradi drugega in tretjega vala dokončno odpovedali. Gre za sklope WP2-1 Prikaz nekaterih sistemov ohranitvene obdelave in njihova primerjava s konvencionalno obdelanimi tlemi ter WP2-2 Prikaz metod za hitro vizualno ocenjevanje optimalne okrivnosti in infiltracije sposobnosti tal.

Večji del deseminacije je tako potekal v okviru javne predstavitve projekta v oddajah Ljudje in zemlja; kjer sta člana projektne skupine Rok MIHELČIČ in Mario LEŠNIK sodelovala s prispevkom Ohranitveno kmetijstvo : RTV Slovenija, oddaja Ljudje in zemlja, 12. sep. 2021, ter Denis STAJNKO.

Prilagajanje kmetijstva podnebnim spremembam : ali lahko namakalni sistemi, nove sorte rastlin in nove tehnologije kmetovanja preprečijo katastrofe?. Ljubljana: Radiotelevizija Slovenija, Studio ob 17h, 22. 9. 2021. <https://radioprvi.rtvsl.si/2021/09/studio-ob-17-00-615/>.

V okviru desiminacije sta bili izdani tudi tiskana in elektronska verzija monografije; KRAMBERGER, Branko, PODVRŠNIK, Miran. Gospodarjenje na travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojekve. 1. izd. Maribor: Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2021. II, 112 str., ilustr. ISBN 978-961-286-501-6, doi: 10.18690/978-961-286-500-9. [COBISS.SI-ID 71295235]

Vodje posameznih delovnih sklopov so javno predstavili rezultate 10. 2. 2022 na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev

V okviru zastavljenih raziskovalnih ciljev smo potrdili naslednje zastavljene hipoteze:

- 1) Spremenjeni način obdelave tal kumulativno (v triletnih raziskavah) ni povzročil statistično značilnega zmanjšanja pridelkov pri različnih načinih ohranitvene obdelave tal. Pri tem velja omeniti, da veljajo ti podatki za obdobje pred našim projektom, saj smo v obdobju 2019-2022 dejansko nadaljevali z aktivnostmi na poskusih, ki potekajo že od 2008.
- 2) Kakovost pridelka poljščin ni neposredno povezana z načinom obdelave tal, zato te hipoteze ne moremo ne potrditi niti zavrniti.
- 3) Analiza 26-letnih raziskav je potrdila pozitivni vpliv različnih načinov obdelave, zaoravanja rastlinskih ostankov in hlevskega gnoja na delež organske snovi v tleh.
- 4) Z neposrednimi meritvami emisij CO₂ smo potrdili povezano med intenzivnostjo mešanja tal in globine poseganja v tla, zato so bile največje urne vrednosti izmerjene pri obdelavi tal s plugom v prvih 24-ih urah, sledi obdelava z rahljalikom in najmanjše vrednosti pri neposredni (direktni oz 'no-till') setvi.

6. Spremembe programa dela raziskovalnega projekta oziroma spremembe sestave projektne skupine

Od 1.2.2021 je bila na projektu dodatno vključena raziskovalka Ana Schwarzman (55684), ULj-BF, ki je v zadnjem letu okrepila ekipo projekta in je sodelovala v vseh fazah dela, tako na terenskem delu, kot pri pripravi vzorcev v laboratoriju, statistični analizi in pri pisanju poročila.

Od 1. 1. 2021 je dr. Peter Berk, UMB-FKBV, vodja EIP projekta "Uvedba novih mehanskih in avtonomnih avtomatiziranih tehnologij za trajnostno pridelavo grozdja v vinogradih" in se zaposlil do 120 %, zato je njegovo delo prevzel Erik Rihter, mag. kmet. (šifra 54632), UMB-FKBV.

7. Najpomembnejši dosežki projektne skupine na raziskovalnem področju

Naslov (Title) SLO

Vpliv praks trajnostnega gospodarjenja s kmetijskimi zemljišči na lastnosti tal

Naslov (Title) EN

Impact of sustainable land management practices on soil properties

Opis (Description) SLO

Ohranjanje dobre kakovosti tal je ključnega pomena za trajnost kmetijstva. Namen te študije je bil oceniti učinkovitost metode vizualne ocene tal (VSA) s testiranjem na dveh vrstah tal in dveh kmetijskih gospodarskih praksah (AMP) (ekološki in integrirani), za katere velja, da varujejo kakovost tal. Izbrali smo dve kmetiji s parcelami na dveh rečnih terasah z različnimi lastnostmi tal. Test je temeljil na modificirani metodi Annual Crops Visual Quality Assessment, ki jo je razvila Organizacija Združenih narodov za prehrano in kmetijstvo in je podprta s standardizirano fizikalno in kemično analizo tal. Ta študija je pokazala, da je ocenjeni rezultat močno odvisen od vrste kmetijske prakse in načina upravljanja tal. Tudi vrsta tal ima pomembno vlogo. Rezultati za Calcaric Fluvisol so pokazali, da so lahko učinki izbranih praks kmetijskega upravljanja na vizualno oceno kakovosti tal skoraj nezaznavni. Tudi čas ocenjevanja igra pomembno vlogo pri točkovanju VSA. Skozi vse leto se pojavljajo različni pridelki in kmetijske dejavnosti s pomembnimi vplivi na tla (zlasti pri pridelavi zelenjave). Ugotovljeno je bilo, da je višja ocena za indikator pokrovnosti tal ugodno vplivala na skupno oceno VSA.

Opis (Description) EN

Maintaining good soil quality is crucial for the sustainability of agriculture. This study aimed to evaluate the effectiveness of the visual soil assessment (VSA) method by testing it on two soil types and two agricultural management practices (AMP) (organic and integrated) that are considered to protect soil quality. We selected two farms with plots on two river terraces with different soil properties. The test was based on the modified method Annual Crops Visual Quality Assessment developed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and supported by a standardized soil physical and chemical analysis. This study showed that the assessed score is highly dependent on the type of farming practice and how soils are managed. The soil type also plays an important role. The results for Calcaric Fluvisol showed that the effects of selected agricultural management practices on the visual assessment of soil quality could be almost undetectable. The time of assessment also plays a significant role in VSA scoring. Different crops and agricultural activities with significant impacts on the soil occur throughout the year (especially in vegetable production). It was observed that a higher score for the soil cover indicator had a beneficial effect on the total VSA rating.

Objavljeno v (Published in)

MDPI AG; Land; 2021; Vol. 10, iss. 1, art. 8; Str. 1-17; Impact Factor: 3.398; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.924; A¹: 1; WoS: JB ; Avtorji/Authors: Mihelič Rok, Pečnik Jure, Glavan Matjaž, Pintar Marina;

COBISS ID
44509187

Leto
2021

Tipologija (Tipology)
1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

Naslov (Title) SLO

Ohranjanje tal in doseganje ciljev trajnostnega razvoja (SDG) v Evropi in srednji Aziji: kakšna je vloga evropskega partnerstva za tla?

Naslov (Title) EN

Soil conservation and sustainable development goals (SDGs) achievement in Europe and central Asia: Which role for the European soil partnership?

Opis (Description) SLO

Prostovoljni ukrepi za varstvo tal ne zadoščajo za doseganje trajnostnega upravljanja s tlemi na svetovni ravni. Poleg tega se je tudi zavezujoča zakonodaja o varstvu tal na nacionalni in mednarodni ravni izkazala za nezadostno za učinkovito varstvo tega skoraj neobnovljivega naravnega vira. Evropsko partnerstvo za tla (ESP) in njegova podregionalna partnerstva (Evroazijsko podregionalno partnerstvo za tla, Partnerstvo za tla v Alpah) so bila ustanovljena v okviru Globalnega partnerstva za tla (GSP) FAO za namen olajšati izmenjavo znanja in prispevati k njej. In tehnologij, povezanih s tlemi, za razvoj dialoga in ozaveščanje o potrebi po vzpostavitvi zavezujočega globalnega sporazuma za trajnostno upravljanje tal. ESP je prevzel vlogo krovne mreže, ki pokriva države v Evropi in Srednji Aziji. Prizadeva si za izboljšanje dialoga v celotni regiji in spodbuja oblikovanje ciljev, ki bi spodbujali trajnostno gospodarjenje s tlemi, ob upoštevanju različnih nacionalnih in lokalnih pristopov in prednostnih nalog ter kulturnih posebnosti. Prvi regionalni izvedbeni načrt ESP za obdobje 2017–2020 je bil sprejet in se izvaja v skladu s petimi stebri GSP. Na podlagi izkušenj zadnjih štirih let ta študija dokazuje, da je vzpostavljanje podregionalnih in nacionalnih partnerstev dodaten korak v konkretnem procesu izvajanja trajnostnega upravljanja s tlemi. Predlaga tudi, da je komplementarni pristop med pravnimi instrumenti in prostovoljnimi pobudami, povezan z razvojem učinkovite komunikacije in močne zavezanosti, ključ do uspeha.

Opis (Description) EN

Voluntary soil protection measures are not sufficient to achieve sustainable soil management at a global scale. Additionally, binding soil protection legislation at national and international levels has also proved to be insufficient for the effective protection of this almost non-renewable natural resource. The European Soil Partnership (ESP) and its sub-regional partnerships (Eurasian Sub-Regional Soil Partnership, Alpine Soil Partnership) were established in the context of FAO's Global Soil Partnership (GSP) with the mission to facilitate and contribute to the exchange of knowledge and technologies related to soils, to develop dialogue and to raise awareness for the need to establish a binding global agreement for sustainable soil management. The ESP has taken a role of an umbrella network covering countries in Europe and Central Asia. It aims to improve the dialogue in the whole region and has encouraged establishing goals that would promote sustainable soil management, taking into account various national and local approaches and priorities, as well as cultural specificities. The ESP first regional implementation plan for the 2017–2020 period was adopted and implemented along the five GSP pillars of action. Building on the experience of the last four years, this study demonstrates that establishing sub-regional and national partnerships is an additional step in a concrete sustainable soil management implementation process. It also suggests that a complementary approach between legal instruments and voluntary initiatives linked to the development of efficient communication and strong commitment is the key to success.

Objavljeno v (Published in)

China Water & Power Press (CWPP); International Soil and Water Conservation Research; 2021; Vol. 9, iss. 3; str. 360-369; Impact Factor: 6.027; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.298; A: 1; WoS: JA, XE, ZR; Avtorji/Authors: Erdogan Hakki Emrah, Havlicek Elena, Dazzi Carmelo, Montanarella Luca, Liedekerke Marc Van, Vrščaj Borut, Krasilnikov Pavel, Khasankhanova Gulchekhra, Vargash Ronald;

COBISS ID
55512323

Leto
2021

Tipologija (Tipology)
1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

Naslov (Title) SLO

Vpliv gojitvenih praks na agronomsko učinkovitost, elementarno sestavo in izotopski podpis spomladanskega ovsca (*Avena sativa* L.)

Naslov (Title) EN

The effect of cultivation practices on agronomic performance, elemental composition and isotopic signature of spring oat (*Avena sativa* L.)

Opis (Description) SLO

The present study investigated the effects of cultivation practices on grain (oats) yield and yield components, such as straw yield, harvest index, thousand kernel weight, and plant lodging. In addition, multi-element composition and isotopic signature ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) of the oat grains were studied. The spring oat cultivar 'Noni' was grown in a long-term field experiment during 2015–2020, using three management practices: control without organic amendment, incorporation of manure every third year and incorporation of crop residues/cover crop in the rotation. Synthetic nitrogen (N) (0, 55, 110 and 165 kg/ha) was applied during oat development in each system. Multi-element analysis of mature grains from two consecutive years (2016 and 2017) was performed using EDXRF spectroscopy, while stable isotope ratios of carbon (C) and nitrogen (N) were obtained using an elemental analyzer coupled to an isotope ratio mass spectrometer (EA/IRMS). The results show how cultivation practices affect yield components and isotopic and elemental signatures. Increasing the N rate improved both the oat grain and straw yields and increased susceptibility to lodging. The results show how the elemental content (Si, Ca, Zn, Fe, Ti, Br and Rb) in the oat grains were influenced by intensification, and a noticeable decrease in elemental content at higher N rates was the result of a dilution effect of increased dry matter production. The mean $\delta^{15}N$ values in oat grains ranged from 2.5‰ to 6.4‰ and decreased with increasing N rate, while $\delta^{13}C$ values ranged from -29.9‰ to -28.9‰. Based on the $\delta^{15}N$ values, it was possible to detect the addition of synthetic N above an N rate of 55 kg/ha, although it was impossible to differentiate between different management practices using stable isotopes.

Opis (Description) EN

Priučujoča študija je preučevala učinke gojitvenih praks na pridelek zrnja (ovsca) in komponente pridelka, kot so pridelek slame, žetveni indeks, masa tisoč zrn in poleganje rastlin. Poleg tega so proučevali večelementno sestavo in izotopski podpis ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) ovsenih zrn. Sorto spomladanskega ovsca 'Noni' smo gojili v dolgotrajnem poljskem poskusu v letih 2015–2020 z uporabo treh načinov gospodarjenja: zatiranje brez organskih dodatkov, vnos gnoja vsako tretje leto in vnos žetvenih ostankov/pokrivnega posevka v kolobarju. Sintetični dušik (N) (0, 55, 110 in 165 kg/ha) je bil uporabljen med razvojem ovsca v vsakem sistemu. Večelementna analiza zrelih zrn iz dveh zaporednih let (2016 in 2017) je bila izvedena s spektroskopijo EDXRF, medtem ko so bila stabilna izotopska razmerja ogljika (C) in dušika (N) pridobljena z elementnim analizatorjem, povezanim z masnim spektrometrom razmerja izotopov (EA/IRMS). Rezultati kažejo, kako prakse gojenja vplivajo na komponente donosa ter izotopske in elementarne podpise. Povečanje stopnje dušika je izboljšalo donos zrn ovsca in slame ter povečalo dovzetnost za poleganje. Rezultati kažejo, kako je na vsebnost elementov (Si, Ca, Zn, Fe, Ti, Br in Rb) v zrnju ovsca vplivala intenzifikacija, opazno zmanjšanje vsebnosti elementov pri višjih stopnjah N pa je bilo posledica učinka redčenja povečana proizvodnja suhe snovi. Povprečne vrednosti $\delta^{15}N$ v zrnju ovsca so se gibale od 2,5‰ do 6,4‰ in so se z naraščajočo stopnjo N zniževale, vrednosti $\delta^{13}C$ pa so se gibale od -29,9‰ do -28,9‰. Na podlagi vrednosti $\delta^{15}N$ je bilo mogoče zaznati dodajanje sintetičnega dušika nad količino dušika 55 kg/ha, čeprav je bilo nemogoče razlikovati med različnimi praksami upravljanja z uporabo stabilnih izotopov.

Objavljeno v (Published in)

MDPI AG; Plants; 2022; Vol. 11, iss. 2; str. 1-24; Impact Factor: 3.935; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.761; A: 1; WoS: DE; Avtorji/Authors: Kolmanič Aleš, Sinkovič Lovro, Nečemer Marijan, Ogrinc Nives, Meglič Vladimir;

COBISS ID
92989699

Leto
2022

Tipologija (Tipology)
1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

Naslov (Title) SLO

Pogoji, specifični za lokacijo, spremenijo odziv bakterijskih proizvajalcev sredstev za stabilizacijo strukture tal, kot so ekopolisaharidi in lipopolisaharidi, na intenzivnost obdelave tal.

Naslov (Title) EN

Site-specific conditions change the response of bacterial producers of soil structure-stabilizing agents such as exopolysaccharides and lipopolysaccharides to tillage intensity

Opis (Description) SLO

Kmetijski ekosistemi vsako leto doživljajo velike izgube zemlje zaradi erozije tal, ki jo povzročajo slabe kmetijske prakse, ki je intenzivna obdelava tal. Erozijo je mogoče zmanjšati s prisotnostjo stabilnih agregatov tal, katerih tvorbo lahko spodbujajo bakterije. Nekateri od teh mikroorganizmov

imajo sposobnost proizvajati eksopolisaharide in lipopolisaharide, ki »zlepijo« delce zemlje skupaj. Vendar pa je malo znanega o vplivu intenzivnosti obdelave tal na bakterijski potencial za proizvodnjo teh polisaharidov, čeprav so stabilnejši agregati tal običajno opaženi pri manj intenzivni obdelavi tal. Ker se učinki intenzivnosti obdelave tal na stabilnost agregata tal lahko razlikujejo med lokacijami, smo domnevali, da odziv bakterij, ki proizvajajo polisaharide, na intenzivnost obdelave določajo tudi pogoji, specifični za lokacijo. Da bi to raziskali, smo izvedli visoko zmogljivo sekvenciranje DNK, pridobljene iz konvencionalno in zmanjšano obdelanih tal iz treh poljskih poskusov sistema obdelovanja tal, za katere so značilni različni parametri tal. Medtem ko smo potrdili, da je vpliv intenzivnosti obdelave tal na talne agregate specifičen za posamezno lokacijo, bi lahko izboljšano stabilnost agregata povežali s povečano absolutno številčnostjo genov, ki sodelujejo pri proizvodnji eksopolisaharidov in lipopolisaharidov. Potencial za proizvodnjo polisaharidov je bil na splošno spodbujan pri zmanjšanem obdelovanju tal zaradi povečane mikrobne biomase. Ugotovili smo tudi, da je bil odziv večine potencialnih proizvajalcev polisaharidov na obdelavo tal odvisen od lokacije, npr. Oxalobacteraceae so imele večji potencial za proizvodnjo polisaharidov pri zmanjšani obdelavi tal na enem mestu, na drugem mestu pa so pokazale nasproten odziv. Vendar pa odziv nekaterih potencialnih proizvajalcev polisaharidov na obdelavo tal ni bil odvisen od značilnosti mesta, temveč od njihove taksonomske pripadnosti, tj. vsi člani Actinobacteria, ki so se odzvali na intenzivnost obdelave tal, so imeli večji potencial za proizvodnjo eksopolisaharidov in lipopolisaharidov, posebej pri zmanjšani obdelavi tal. To bi lahko bilo še posebej ključno za stabilnost agregatov, saj imajo polisaharidi, ki jih proizvajajo različni taksoni, različno učinkovitost »leljenja«. Na splošno naši podatki kažejo, da bi lahko intenzivnost obdelave tal vplivala na stabilnost agregata tako, da bi vplivala na absolutno številčnost genov, vključenih v proizvodnjo eksopolisaharidov in lipopolisaharidov, kot tudi z induciranjem premikov v skupnosti potencialnih proizvajalcev polisaharidov. Učinki intenzivnosti obdelave tal so odvisni predvsem od pogojev na posamezni lokaciji.

Opis (Description) EN

Agro-ecosystems experience huge losses of land every year due to soil erosion induced by poor agricultural practices such as intensive tillage. Erosion can be minimized by the presence of stable soil aggregates, the formation of which can be promoted by bacteria. Some of these microorganisms have the ability to produce exopolysaccharides and lipopolysaccharides that "glue" soil particles together. However, little is known about the influence of tillage intensity on the bacterial potential to produce these polysaccharides, even though more stable soil aggregates are usually observed under less intense tillage. As the effects of tillage intensity on soil aggregate stability may vary between sites, we hypothesized that the response of polysaccharide-producing bacteria to tillage intensity is also determined by site-specific conditions. To investigate this, we performed a high-throughput shotgun sequencing of DNA extracted from conventionally and reduced tilled soils from three tillage system field trials characterized by different soil parameters. While we confirmed that the impact of tillage intensity on soil aggregates is site-specific, we could connect improved aggregate stability with increased absolute abundance of genes involved in the production of exopolysaccharides and lipopolysaccharides. The potential to produce polysaccharides was generally promoted under reduced tillage due to the increased microbial biomass. We also found that the response of most potential producers of polysaccharides to tillage was site-specific, e.g., Oxalobacteraceae had higher potential to produce polysaccharides under reduced tillage at one site, and showed the opposite response at another site. However, the response of some potential producers of polysaccharides to tillage did not depend on site characteristics, but rather on their taxonomic affiliation, i.e., all members of Actinobacteria that responded to tillage intensity had higher potential for exopolysaccharide and lipopolysaccharide production specifically under reduced tillage. This could be especially crucial for aggregate stability, as polysaccharides produced by different taxa have different "gluing" efficiency. Overall, our data indicate that tillage intensity could affect aggregate stability by both influencing the absolute abundance of genes involved in the production of exopolysaccharides and lipopolysaccharides, as well as by inducing shifts in the community of potential polysaccharide producers. The effects of tillage intensity depend mostly on site-specific conditions.

Objavljeno v (Published in)

Frontiers Research Foundation; Frontiers in microbiology; 2020; Vol. 11, art. no. 568; str. 1-14; Impact Factor: 5.640; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 4.924; A: 1; WoS: QU ; Avtorji/Authors: Cania Barbara, Vestergaard Gisle, Suhadolc Marjetka, Mihelič Rok, Krauss Maika, Fliessbach Andreas, Mäder Paul, Szumelda Anna, Schloter Michael, Schulz Stefanie;

COBISS ID

9459577

Leto

2020

Tipologija (Tipology)

1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

Naslov (Title) SLO

Rast, pridelek in nodulacija soje (*Glycine max* (L.) Merr.) v zgodnjem prehodnem obdobju s konvencionalne obdelave tal na ohranitvene sisteme in sisteme brez obdelave tal

Naslov (Title) EN

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) growth, yield, and nodulation in the early transition period from conventional tillage to conservation and no-tillage systems

Opis (Description) SLO

Rast, pridelek in nodulacija soje (*Glycine max* (L.) Merr.) v zgodnjem prehodnem obdobju s konvencionalne obdelave tal na ohranitvene sisteme in sisteme brez obdelave tal

Opis (Description) EN

Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) is the most important protein crop globally, with its cultivation area in Europe on the increase. To investigate how alternative tillage systems affect soybean growth, yield performance, and nitrogen fixation capacity in the early conversion period from conventional tillage to conservation and no-tillage practices, a field study was conducted in 2020 under the humid central European climatic conditions of Slovenia. A complete randomized block design with four repetitions was used for the three different tillage systems (conventional, conservation, and no-tillage). The results show that the majority of the studied soybean growth parameters (e.g., plant density, nodes per plant, and shoot and root dry matter) and the yield components (e.g., pods per plant, and 100-seed mass) were greatest for the reference conventional tillage system. The conventional system also showed significantly greater dry nodule mass ($p < 0.01$) and proportion of large-sized nodules (>4 mm) on both the tap root ($p < 0.05$) and the lateral roots ($p < 0.001$). A positive linear correlation between nitrogen content and nodule production in the roots also suggested increased nitrogen fixation for the conventional system. The less intensive conservation and no-tillage systems resulted in significantly greater soil compaction, which negatively affected early plant establishment and resulted in significantly decreased plant densities. Despite the large differences in plant stands and individual plant performances, no significant differences were seen for dry seed yields between these tillage systems. Dry seed yields for the conventional and conservation systems were 4.54 and 4.48 t ha⁻¹, respectively, with only minor (non-significant) yield reduction for the no-tillage system, at 4.0 t ha⁻¹. These data show that soybean cultivation in the early transition period to less intensive tillage systems have no major yield losses under these less suitable agro-climatic conditions if correct crop and weed management measures are implemented

Objavljeno v (Published in)

MDPI AG; Agronomy; 2021; Vol. 11, iss. 12; str. 1-17; Impact Factor: 3.417; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.123; A: 1; WoS: DE, AM ; Avtorji/Authors: Adamič Sergeja, Leskovšek Robert;

COBISS ID

87990019

Leto

2021

Tipologija (Tipology)

1.01 - Izvirni znanstveni članek (Original Scientific Article)

8. Najpomembnejši dosežek projektne skupine na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnost

Naslov (Title) SLO

Ocena trajnosti kmetijstva na ravni poljščin z večkriterijskim modelom, ki temelji na DEX.

Naslov (Title) EN

Sustainability assessment of agriculture at field crop level with DEX based multi criteria model

Opis (Description) SLO

Trajnostno kmetijstvo zajema ekonomsko izvedljivost, družbeno sprejemljivost in ohranjanje okolja. Trije kmetijski sistemi (konvencionalni, integrirani in ekološki) so trenutno v središču razprave o trajnostnem kmetijstvu. Prispevek predstavlja kvalitativni večatributni model, ki temelji na metodologiji DEX-I, za oceno trajnosti kmetijskih sistemov na terenu. Podatki za izvedbo so temeljili na terenskem poskusu. V splošni oceni rezultatov ocene trajnosti je model uvrstil kmetijske sisteme po vrstnem redu: ekološki > integrirani > konvencionalni kmetijski sistem. Model daje odločevalcem možnost, da ocenijo svojo odločitev.

Opis (Description) EN

Sustainable agriculture encompasses economic feasibility, social acceptance, and conservation of the environment. The three agricultural systems (conventional, integrated and organic) are currently in the focus of debate of sustainable agriculture. This paper presents a qualitative multi-attribute model, based on DEX-I methodology, for the assessment of sustainability of agricultural systems at a field level. The data for the implementation was based on field trial. In an overall assessment of the sustainability assessment outcomes the model ranked agricultural systems in the order: organic > integrated > conventional agricultural system. The model gives the decision makers the possibility to assess their decision.

Objavljeno v (Published in)

Dr. Kovač; 2020; Str. 163-191; Avtorji/Authors: Rozman Črtomir, Štraus Saša, Bavec Franc, Bavec Martina;

Šifra

A.03 - poglavje v knjigi

COBISS ID

4660524

Leto

2020

Tipologija (Tipology)

1.16 - Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publik

Naslov (Title) SLO

Vpliv spremenjenega načina obdelave tal na vodovarstvenih področjih na zmanjšanje vodne erozije in izpustov toplogrednih plinov

Naslov (Title) EN

The impact of modified soil tillage in water protection region on reduction of water erosion and greenhouse gas emissions

Opis (Description) SLO

Vodovarstvena območja (VVO) so namenjena zaščiti izvirov pitne vode in vključujejo vodo iz vodotokov, jezer in podzemnih vodonosnikov pred prekomernim izkoriščanjem ter onesnaženjem. V večini evropskih držav in tako tudi v Sloveniji VVO sestavljajo štiri občutljiva področja; področje vodnjaka (VVO0), neposredno področje črpanja vode (VVO1), pomembna površina za polnjenje podzemnih voda (VVOII) in ranljivo področje (VVOIII). Ker so VVO po navadi sestavni del kmetijske krajine, lahko z napačno kmetijsko prakso neposredno vplivamo na kvaliteto vode, zato je na VVO predpisan oziroma omejen način konvencionalne kmetijske prakse, ki zajema obdelavo tal, gnojenje in uporabo pesticidov. Še posebej veliko grožnjo predstavlja intenzivno premikanje in mešanje tal v sistemu konvencionalne obdelave tal, zato se na mnogih VVOI in VVOII področjih priporoča konzervacijska (ohranitvena) obdelava tal (CT). V članku so prikazani pozitivni vplivi različnih načinov ohranitvene obdelave tal, ki povzročajo minimalne mehanske poškodbe tal, in sistemi direktne setve v odmrli ali živi rastlinski pokrov, ki zagotavljajo največjo zaščito pred vodno erozijo in izpiranjem hranil ter fitofarmacevtskih sredstev.

Opis (Description) EN

Source Protection Region (SPR) represents water sources, which includes lakes, rivers and underground aquifers protection, from overuse and contamination. In majority of European countries and also in Slovenia SPR contains four vulnerable areas; wellhead protection area (WHPA), intake protection zone (IPZ), significant groundwater recharge area (SGRA) and highly vulnerable area (HVA). SPR is usually a part of agricultural landscape, thus the water quality might be often affected by the agricultural practices, thus the Water Act regulate or limit conventional farming, especially the way of soil tillage, fertilization and pesticide application. For this reason, in many IPZ and SGRA zones the conservation tillage (CT) is allowed as the only soil tillage. In this article, CT systems, comprising minimum mechanical soil disturbance as well as no-tillage on organic died out or live mulch as a soil cover, which enables the best protection against water erosion, as well as nutrition and plant protection leakage.

Objavljeno v (Published in)

Zveza ekoloških gibanj Slovenije; 2018; Str. 191-201; Avtorji/Authors: Stajnik Denis;

Šifra

F.01 - Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin

COBISS ID

4426796

Leto

2018

Tipologija (Tipology)

1.09 - Objavljeni strokovni prispevek na konferenci (Published Professio

Naslov (Title) SLO

Analiza ekonomske učinkovitosti alternativne agronomske prakse (AAP) na VVO

Naslov (Title) EN

Analysis of the economic efficiency of alternative agronomic practice (AAP) on water protection region

Opis (Description) SLO

zbrane študije primerov so pokazale, da so ekonomski rezultati konzervirajoče obdelave ob doseganju enakega nivoja pridelkov lahko tudi boljši kot pri uporabi konvencionalne obdelave. Čeprav gre za večinoma višje nabavne stroje, kar se odraža v višjem strošku amortizacije, prihranki ob enakem nivoju pridelkov v obravnavanem primeru za večino poljščin prevesijo tehtnico v smeri konzervirajoče obdelave. Ob predpostavki enakega nivoja pridelka in doseženih prihrankov pri energiji glede na rezultate pri testiranih poljščinah lahko pri konzervirajoči obdelavi pričakujemo nekoliko boljši ekonomski rezultat. V katero smer se prevesi finančna tehtnica v primeru znižanja pridelkov pri konzervirajoči pridelavi je zelo odvisno od paritetnih razmerij cen goriva, strojev, delovne sile in cen pridelkov. V svetovnem merilu kaže, da zniževanje cen poljščin vzpodbuja povečevanje deleža površin pod konzervirajočo pridelavo. Pri interpretaciji rezultatov je potrebna določena previdnost ter upoštevati dejstvo, da se razmerja lahko spremenijo v korist konvencionalne obdelave tal, če pride do razlik v pridelkih in korist konvencionalne obdelave. Ravno tako pa moramo poudariti, da gre v našem primeru za enokriterijsko analizo, ki upošteva zgolj dosežen pridelek in stroške, ne upošteva pa dolgoročnih koristi (npr. ohranjanje org. snovi, zmanjšanje erozije) in slabosti (težja borba proti plevelom, variabilnost pridelka). Za tovrstne analize bi bila potrebna večkriterijska analiza ter dolgoročno spremljanje proizvodnje vključno s spremljanjem stanja tal.

Opis (Description) EN

Selected case studies have shown that the economic results of conservation processing can be even better when achieving the same level of yield than conventional treatment. Although these are mainly higher purchasing machines, which is reflected in a higher depreciation cost, the savings at the same level of crops in the case in question, for most crops, move the balance in the direction of conserving treatment. Assuming the same level of yield and the energy savings achieved in relation to the results of the tested crops, we can expect a slightly better economic result in conserving treatment. The direction in which the financial instrument is overturned in the event of a fall in crops in conservation production is highly dependent on the parity ratios of fuel, machinery, labor and product prices. In the world The criterion shows that the decrease in crop prices encourages the increase in the share of areas under conserving production. When interpreting the results, certain caution is required and consideration should be given to the fact that ratios can be altered for the benefit of conventional soil treatment, in the event of crop differences in

favor of conventional treatment. We must also point out, that in our case there is a single-criterion analysis which takes into account only the yield and costs, but does not take into account long-term benefits (eg conservation of organs, reduction of erosion) and weaknesses (more difficult to fight weeds, variability of the crop). Such analyzes would require multi-criteria analysis and long-term production monitoring, including soil monitoring.

Objavljeno v (Published in)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede; 2018; 1 zv. brez pag.; Avtorji/Authors: Rozman Črtomir, Pažek Karmen, Lešnik Mario;

Šifra

F.01 - Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin

COBISS ID

4494380

Leto

2018

Tipologija (Typology)

2.12 - Končno poročilo o rezultatih raziskav (Final Research Report)

Naslov (Title) SLO

Erozija v Sloveniji

Naslov (Title) EN

EROSION in Slovenia: A brief presentation and assessment of significant soil degradation

Opis (Description) SLO

Erozija (vodna, vetrna ter erozija obdelave tal) je še vedno največja grožnja tlom v več regijah sveta. Merjenje erozije je časovno, stroškovno in organizacijsko zahteven proces, zato tveganje za erozijo in njeno intenzivnost najpogosteje ocenjujemo z računskimi modeli. Globalne in regionalne ocene erozije se zelo razlikujejo v skladu z uporabljenimi metodami. Splošne ocene povprečne erozije tal na njivskih površinah so bistveno višje (od 8 do skoraj 50 t ha⁻¹ leto⁻¹) kot ocene iz regionalnih in globalnih modelov (od 2 do 4 t ha⁻¹ leto⁻¹). Vsako oceno erozije je treba vrednotiti skladno s sprejemljivo stopnjo izgube tal. Ta knjižica naslavlja predvsem erozijo na kmetijskih zemljiščih. Znano je, da erozijo kmetijskih tal lahko zmanjšujemo s prilagojeno obdelavo tal, strukturnimi spremembami zemljišč in preoblikovanjem kmetijskih površin. Ukrepi, kot so ohranitvena in pasovna obdelava tal, pokritost zemljišč, sajenje nizov dreves in grmovja, terasiranje in drugo, so dokazano učinkoviti. Kljub temu se eroziji posvečamo še premalo. Ta publikacija predstavlja oceno erozije v Sloveniji po metodi RUSLE in primere erozije iz našega kmetijskega prostora.

Opis (Description) EN

Erosion (water, wind and tillage erosion) remains the greatest threat to soil in several regions Holy. Erosion measurement is a time, cost and organizationally demanding process, hence the risk for erosion and its intensity is most often estimated by computational models. Global and regional erosion estimates vary widely according to the method used. General assessments average soil erosion on arable land is significantly higher (from 8 to almost 50 t ha⁻¹ year⁻¹) than estimates from regional and global models (2 to 4 t ha⁻¹ year⁻¹). Any assessment of erosion is a must evaluated according to an acceptable level of soil loss. This booklet addresses mainly erosion on agricultural land. It is known that the erosion of agricultural soil can be reduced by adapted tillage, structural land changes and transformation of agricultural land. Measures such as conservation and belt tillage, land cover, planting rows of trees and shrubs, terracing and more are proven to be effective. Nevertheless, we pay too little attention to erosion. This publication presents an assessment of erosion in Slovenia according to the RUSLE method and examples of erosion from our agricultural area.

Objavljeno v (Published in)

Kmetijski inštitut Slovenije; 2020; 1 spletni vir (1 datoteka PDF (28 str.)); Avtorji/Authors: Vrščaj Borut, Bergant Janez, Kastelic Peter, Šinkovec Marjan;

Šifra

F.09 - Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije

COBISS ID

41993475

Leto

2020

Tipologija (Typology)

2.06 - Slovar, enciklopedija, leksikon, priročnik, atlas, zemljevid (Dictiona

Naslov (Title) SLO

Zmanjšanje onesnaževanja okolja z uporabo RTK-navigacije pri obdelavi tal

Naslov (Title) EN

Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation

Opis (Description) SLO

Koncept preciznega kmetijstva je širok in predstavlja učinkovitost, ki jo dosežemo s pomočjo natančnosti. Za navigacijo poljskih strojev je potrebna RTK (Real Time Kinematic) navigacija. Za preverjanje pozitivnih učinkov v praksi je bil uporabljen navigacijski sistem RTK, opremljen s Fentd 828, za testiranje širine prekrivanja ter prihranka goriva in časa v primerjavi z ročno vožnjo. Poskus je bil izveden na dveh parcelah, velikosti 172 m x 58 m, z dvema delovnimi strojema širine 3 m in 6 m. Rezultati so pokazali, da se je 15,7% časa in 8,66% goriva prihranilo pri delovnem stroju, širine 3 metra, 12,6% časa in 8,28% goriva pa pri delovnem stroju, širine 6 m. Širina prekrivanja predstavlja 10% delovne širine stroja, z načinom struženja, ki ga omogoča RTK navigacija, pa je bil prihranjen dodaten čas. Ekološki odtis, emisije CO₂ in potencial globalnega segrevanja (GWP) so ocenili v različnih vodilnih sistemih. Največji odtis je bil povezan z ročno obdelavo tal z delovnim strojem širine 3 m, medtem ko so ocene emisij CO₂ (kg) in GWP dosegle enak rezultat. Uporaba preciznih kmetijskih tehnologij omogoča boljše načrtovanje in analizo delovnih postopkov. Onesnaževanje zraka, vode in tal je manj intenzivno.

Opis (Description) EN

The concept of precision farming is wide, and it represents the efficiency which is achieved with the help of precision. For the navigation of field machines, the RTK (Real Time Kinematic) navigation is needed. In order to verify the positive effects in practice, RTK navigation system equipped with Fentd 828 was applied to test the width of overlap, and fuel and time that could be saved compared with manual driving. The experiment was conducted on two areas of land size of 172 m x 58 m with two working machines width 3 m and 6 m. Result indicated that 15.7% of the time and 8.66% of the fuel were saved on a working machine of 3 meters width, and 12.6% of the time and 8.28% of the fuel were saved on a working machine of 6 m width. The width of the overlap represent 10% of the working width of the machine, and with the method of turning, which RTK navigation allows, additional time was saved. Ecological footprint, CO₂ emissions and global warming potential (GWP) was estimated under different guiding system. The largest footprint was related to manual tillage with 3 m width working machine, while estimation on CO₂ (kg) emissions and GWP got the same result. The use of precision agriculture technologies allows better planning and analyzing of working procedures. The air, water and soil pollution is less intensive.

Objavljeno v (Published in)

Association of Overseas Chinese Agricultural, Biological and Food Engineers; Chinese Society of Agricultural Engineering; International journal of agricultural and biological engineering; 2019; Vol. 12, No. 5; str. 173-178; Impact Factor: 1.731; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.242; WoS: AE ; Avtorji/Authors: Kelc Damijan, Stajnkó Denis, Berk Peter, Rakun Jurij, Vindiš Peter, Lakota Miran;

Šifra

F.09 - Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine

Član projektne skupine Denis STAJNKO je sodeloval Razprava o novih IKT tehnologijah v kmetijstvu : prispevek v oddaji Ljudje in Zemlja na RTV SLO 1, 28. 2. 2021. [COBISS.SI-ID 53353219]

Člani projektne skupine Rok MIHELIC je sodeloval Skupna kmetijska politika mora poskrbeti za kakovostna tla, če želimo imeti trajnostno kmetijstvo : RTV Slovenija, oddaja Ljudje in zemlja, 5. sep. 2021, [COBISS.SI-ID 78463747]

Člana projektne skupine Rok MIHELIC in Mario LEŠNIK sta sodelovala s prispevkom Ohranitveno kmetijstvo : RTV Slovenija, oddaja Ljudje in zemlja, 12. sep. 2021, [COBISS.SI-ID 78451971]

Član projektne skupine Branko KRAMBERGER; Predstavitel evropskega projekta o tehnologiji pridelave in konzerviranja z beljakovinami bogate krme - lucerna : prispevek v oddaji Ljudje in zemlja, TV Slovenija, 1. program, 17. 5. 2020. [COBISS.SI-ID 16684035] -članica projektne skupine, Marjetka SUHADOLC, se je predstavila: Komentar ter poudarki "Ohranimo tla živa" [ob ogledu filma "Ohranimo tla živa, varujmo njihovo biotsko pestrost" (FAO)] : spletni dogodek 11. dan Alpske konvencije in Svetovni dan tal Ohranimo živa tla, varujmo njihovo biotsko pestrost, 4. december 2020. [COBISS.SI-ID 41223427].

-član projektne skupine Mario LEŠNIK je sodeloval na dogodku:

Coexistence of conventional and bio-products in agriculture : Annual Eastern Europe Regulatory Conference "Plant protection products - today and in the future", (Virtual Event), 29. - 30. September 2020. [COBISS.SI-ID 30699779]

<https://www.kgzs.si/jks/posvet>. [COBISS.SI-ID 36816643]

-član projektne skupine Rok MIHELIC; Uvedba samostojnega in prostovoljnega ukrepa

"Ohranitveno kmetijstvo" : videokonferenca "Skupna kmetijska politika po letu 2020: Uresničevanje ciljev ohranjanja narave v okviru nove zelene arhitekture. Delavnica 2: Prostovoljni ukrepi", 19. nov. 2020. [COBISS.SI-ID 39051011]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine

10.1. Pomen za razvoj znanosti

SLO

Vezava ogljika v tleh je ena od najpomembnejših raziskovalnih prioritet na področju kmetijstva in ekologije na ravni EU, kar dokazuje tudi ustanovitev ciljne Eip fokusne skupine pri Evropski komisiji. Za premostitev pomanjkanja znanstvenih rezultatov vezave C v tleh pri gospodarjenju na travinju v različnih okoljih Evrope in mehanizmov vezave je fokusna skupina identificirala številne raziskovalne probleme na tem področju. V predlaganem projektu pridobljeni rezultati bodo zelo obogatili znanje o vplivih gospodarjenja na vezavo C v organsko snov travniških tal in bodo izjemnega pomena tako za samo kmetovanje, kot za blaženje podnebnih sprememb. Pričakujemo, da bo ciljni raziskovalni projekt je s svojimi rezultati potrdil oziroma zavrnil naslednje hipoteze, ki imajo tudi širši pomen tudi za razvoj znanosti. 1) Spremenjeni način obdelave tal kumulativno (v triletnih raziskavah) ne povzroči statistično značilnega zmanjšanja pridelkov pri različnih načinih ohranitvene obdelave tal: 2) Kakovost pridelka je odraz kompleksnosti kolobarja in ne le načina obdelave tal, zato ne pričakujemo dokaza za neposredno. 3) Vpliv različnih načinov obdelave tal na delež organske snovi v tleh je v seriji nekaj let težko zanesljivo povezati, saj je pojav dolgoročen in vezan na tip tal, vendar se v obravnavanih 'direktna setev' in 'rahljanje' pričakuje večje vrednosti humusa kot pri konvencionalni obdelavi z oranjem. Nasprotno, če se slamo odpelje z njiv in jo vrnejo na polja v obliki hlevskega gnoja. Naše analize kažejo, da so slovenske njive v glavnem bogate s humusom. 4) Neposredne meritve emisij CO2 so povezane z intenzivnostjo mešanja tal in globine poseganja v tla, zato se največje vrednosti pričakuje pri obdelavi tal s plugom v prvih 24-ih urah, sledi obdelava z rahljalnikom in najmanjše vrednosti pri neposredni (direktni oz 'no-till') setvi.

ANG

Soil carbon sequestration in soil organic matter is one of the most important research priorities in the fields of agriculture and ecology at the EU level, which is also evidenced by the establishment of the EIP focus group 'Grazing for carbon' by the European commission. To address the knowledge gaps about the best way to manage grasslands for C across the different environments in Europe and about the mechanisms behind practices and the solutions, a number of research needs from practice have been identified by the focus group. In the proposed project, the obtained results will very enrich the knowledge about the impacts of grassland management on the C sequestration in soil organic matter will be of the utmost importance both for the farming, as for mitigating climate change. We expect the target research project will confirm or reject the following hypotheses with their results, which also have a wider significance for the development of science. 1) The modified soil tillage cumulatively (in triennial studies) does not cause a statistically significant reduction in yields for different conservation methods of soil: 2) The quality of the crop is a reflection of the complexity of different factor not only the way of soil tillage, so we do not expect proof directly. 3) The impact of different soil tillage method on the organic matter in the soil is possible to proof in the series for several years. To connect, since the phenomenon is long lasting to the soil type, however, in the "direct mammal" treatment, "humus" is expected to be higher than in conventional plowing. On the contrary, if the straw is taken off from the fields and returned to fields in the form of farm manure. Our previous analyzes show that Slovenian fields are mainly rich in humus. 4) Direct CO2 emission measurements associated with the intensity of soil mixing at the depth of intervention in the soil, therefore, the maximum value is expected for soil treatment with a plough within the first 24 hours, followed by the grubber tillage, while the smallest values are expected for direct seeding.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije

SLO

Tematika vplivanja gospodarjenja na vezavo C v travniških in poljedelskih tleh je visoko relevantna iz vidika kmetovanje zaradi obvladanja sušnega stresa in iz vidika zmanjševanja vsebnosti toplogrednega CO2 v atmosferi. Sušni stres lahko napravi veliko škode v slovenski živinoreji, kot najpomembnejši kmetijski gospodarski panogi. Travinje predstavlja okrog 60 % kmetijskih površin. Torej povečevanje vsebnosti organske snovi v tleh zmanjšuje nevarnost sušnega stresa kar na dveh tretjinah kmetijskih površin. Če bi na primer letno v povprečju na hektar travinja vezali trajno le približno dodatne 3 kilograme C, bi letno to zneslo približno 1000 ton C, oziroma trajno zmanjšanje vsebnosti CO2 v atmosferi za približno 2000 ton. To pa seveda že predstavlja prispevek k zmanjševanju toplogrednih plinov v atmosferi. Sistem ohranitvenega kmetijstva, s spremenjenimi načini obdelave tal in s skrbjo za stalno pokritost površine tal in pester kolobar je način, s katerim lahko v negotovih klimatskih razmerah zagotavljamo pridelavo dovolj velikih količin hrane in stalne ter kakovostne surovine za predelovalno industrijo. Zaradi robustnosti in odpornosti sistema ohranitvenega kmetijstva na spremenjenje padavinske in temperaturne vzorce pričakujemo večjo konkurenčnost slovenskega kmetijstva, trajnostno rabo proizvodnih potencialov in razvoj podeželja. Perspektivne, trajnostne, stroškovno učinkovite prakse in orodja pomembno vplivajo na gospodarjenje z njivami in travinjem, saj spodbujajo in zagotavljajo večje skladiščenje ogljika (humusa) v tleh, kar vpliva na večjo zadrževalno sposobnost tal za vodo in hranila. Zaradi spremenjenih praks se pričakuje tudi manjše izpiranje hranil v podtalne in površinske vode, kar vpliva tudi na širši življenjski prostor ne zgolj kmetijski. Bilanca ogljika in pravilna uporaba organskih gnojil sta pomembna tudi v širše evropski in svetovni luči in na ta način ohranitvena obdelava pripomore oziroma prispeva tudi k blaženju podnebnih sprememb.

ANG

The influence of management on the soil C sequestration in grassland and cropland soils is highly relevant from the point of view of farming because of the drought resistance of grasslands and from the reducing the content of greenhouse gas CO2 in the atmosphere. Summer droughts can seriously affect the Slovenian livestock production, which is the most important sector of the agricultural economy. Grasslands represent about 60 % of agricultural land in Slovenia. Therefore, increasing the content of organic matter in the soil reduces the risk of the drought on two-thirds of the agricultural land. If we are for example able to sequester additional 3 kg of C per year per ha of grassland, it would annually represent approximately 1000 tons of C in Slovenia, which means approximately 2000 tons of CO2 less in the air. This, of course, already represents a contribution to the reduction of greenhouse gases in the atmosphere. The system of conservation soil tillage encourage the concern for the constant coverage of the soil surface and a varied rotation. Thus, under precarious climatic conditions, we can ensure the production of large quantities of

food and a stable and high-quality raw material for the processing industry. Due to the robustness and resilience of the conservation agriculture system to the change in precipitation and temperature patterns, we expect more competitiveness of Slovenian agriculture, sustainable use of production potentials and rural faster development. Perspective, sustainable, cost-effective practices and tools have a significant impact on the management of fields and grasslands, as they promote and ensure greater carbon footprint (humus) in the soil, which affects the higher retention capacity of soil for water and nutrients. Due to changed practices, minor rinsing of nutrients in underground and surface waters is also expected, which also affects the wider living space and not only agricultural. The carbon balance and the proper use of organic fertilizers are also important in the wider European and global light, and in this way conservation treatment contributes to and contributes to mitigating climate change

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

v domačih znanstvenih krogih pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Rezultati projekta so pomembni za svetovalno službo, kmetee in kmetijske družbe, saj je kmetijska pridelava neposredno ogrožena zaradi vodne in vetrne erozije ter pogostejšega pojavljanja suš. Rezultati raziskave so pomembni tudi za člane Slovenskega združenja za ohranitveno kmetijstvo in Slovenskega agronomskega društva.

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

v mednarodnih znanstvenih krogih pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami:

Najpomembnejšo obliko predstavlja sodelovanje v mednarodnem projektu H2020 z naslovom EJP SOIL (<https://ejpsoil.eu/>), ki vključuje 26 partnerjev iz 24 držav Evrope (<https://ejpsoil.eu/about-ejp-soil/consortium>) s področja visokega šolstva in izobraževanja, raziskovanja in pospeševanja. Smo partnerji v projektu CRP V4-2022. Smo partnerji v projektu Transfarm (<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/Transfarm4.0.html>)

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:

12. Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.03 Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen
Uporaba rezultatov	Delno
F.04 Dvig tehnološke ravni	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05 Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Cilj

Uporaba rezultatov

Uporabljen bo v naslednjih 3 letih

F.06 Razvoj novega izdelka

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Uporabljen bo v naslednjih 3 letih

F.07 Izboljšanje obstoječega izdelka

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Uporabljen bo v naslednjih 3 letih

F.08 Razvoj in izdelava prototipa

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen

Uporaba rezultatov

Delno

F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Delno

F.11 Razvoj nove storitve

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.12 Izboljšanje obstoječe storitve

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Delno

F.13 Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Cilj

Uporaba rezultatov

Delno

F.15 Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.16 Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Delno

F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Delno

F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi,

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen

Uporaba rezultatov

Delno

F.19 Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.20 Ustanovitev novega podjetja ("spin off")

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.22 Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Cilj

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.24 Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Delno

F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.27 Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Delno

F.28 Priprava/organizacija razstave

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.29 Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.30 Strokovna ocena stanja

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Dosežen bo v naslednjih 3 letih

Uporaba rezultatov

Delno

F.31 Razvoj standardov

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Uporaba rezultatov

Ni uporabljen

F.32 Mednarodni patent

Zastavljen cilj

DA NE

Rezultat

Ni dosežen

Cilj	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.33 Patent v Sloveniji	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	Ni dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.34 Svetovalna dejavnost	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.35 Drugo	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	Ni dosežen
	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen

Komentar

13. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

Vpliv		
G.01.	Razvoj visokošolskega izobraževanja	
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.01.03.	<small>Drugo</small> Svetovanje za tretje življenjsko obdobje	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.	Gospodarski razvoj	
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input checked="" type="radio"/> Velik vpliv
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input checked="" type="radio"/> Velik vpliv
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input checked="" type="radio"/> Velik vpliv
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.02.12.	<small>Drugo</small>	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.03.	Tehnološki razvoj	
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv

Vpliv		
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.03.04.	<input type="text" value="Drugo"/>	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.04.	Družbeni razvoj	
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.04.06.	<input type="text" value="Drugo"/>	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input checked="" type="radio"/> Velik vpliv
G.07.	Razvoj družbene infrastrukture	
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/> Ni vpliva <input checked="" type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.07.04.	<input type="text" value="Drugo"/>	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input checked="" type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv
G.09.	<input type="text" value="Drugo"/>	<input type="radio"/> Ni vpliva <input type="radio"/> Majhen vpliv <input type="radio"/> Srednji vpliv <input type="radio"/> Velik vpliv

Komentar

14. Naslov spletne strani za projekte, odobrene na podlagi Javnih razpisov za sofinanciranje ciljnih raziskovalnih projektov za leta 2017, 2018 in 2019

C. Izjave



Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki (v primeru, da poročilo ne bo oddano z digitalnima podpisoma);
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta;
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat, ki ga bomo posredovali v digitalni obliki ali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Potrjujemo zgoraj navedene izjave.

Podpisa:

Zastopnik oz. pooblaščenca oseba

in

Vodja programa/projekta

Branko Kramberger

Digitalno podpisano

Denis Stajanko

Digitalno podpisano

ŽIG

Datum: 8. 07. 2022

Oznaka obrazca: 2d22-w6gl-5ydn-f9ul-bcrn-yyssn-t

Zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela številka V4-1815 z naslovom »Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelava tal v trajnostno poljedelstvo« v okviru Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo si hrano za jutri«.



ZMANJŠANJA SUŠNEGA STRESA IN POVEČANJA RODOVITNOSTI TAL Z UVAJANJEM OHRANITVENE (KONZERVACIJSKE) OBDELAVA TAL V TRAJNOSTNO POLJEDELSTVO

Vodja projekta:
Prof. dr. Denis STAJNKO

Sofincer naloge:



Naročnik naloge:



REPUBLIKA SLOVENIJA
**MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO**

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije

Dunajska cesta 22

1000 Ljubljana

Vsebinski spremljevalec projekta pri MKGP:

dr. Boštjan Petelinc

Skrbnica naloge pri MKGP:

Jana Erjavec

Vodja naloge:

Prof. dr. Denis Stajnko, univ. dipl. ing. kmet.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Katedra za biosistemsko inženirstvo

Pivola 10, 2311 Hoče

Tel: 02/ 320 90 44

Sodelavci na projektu:



Univerza v Mariboru

Fakulteta za kmetijstvo
in biosistemske vede

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

dr. Denis Stajnko

dr. Branko Kramberger

dr. Miran Lakota

dr. Mario Lešnik

dr. Mateja Muršec

dr. Anastazija Gselman
/mag. Miran Podvršnik
dr. Črtomir Rozman
mag. Brigita Bračko
dr. Peter Vindiš
dr. Jurij Rakun
dr. Peter Berk
dr. Damijan Kelc
Erik Rihter, mag.
Urška Lisec, mag.



Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

dr. Rok Mihelič
dr. Marko Zupan
dr. Marjetka Suhadolc
dr. Helena Grčman
Irena Tič
dr. Klemen Eler
dr. Sara Mavsar



dr. Aleš Kolmanič
dr. Špela Velikonja Bolta
dr. Borut Vrščaj
dr. Robert Leskovšek
dr. Branko Lukač
mag. Tomaž Poje

Pivola, 14. 11. 2021

Kazalo vsebine

Kazalo slik	VI
Kazalo grafikonov	VIII
Kazalo preglednic	IX
1 UVOD	1
1.1 Cilji projekta	1
1.2 Pričakovani rezultati	2
1.3 Program dela	2
1.4 Terminski plan	3
2) WP1 Predstavitev dosedanjih praks obdelave tal (BF, KIS) ter njihov vpliv na stanje tal) – povzetek dosedanjih aktivnosti in nove ankete s terena s poudarkom na deležu humusa in pH tal (BF).....	5
2.1 Osnovno o načinih obdelave tal	6
2.2 Založenost tal s hranili	7
3) WP2-1 Prikaz nekaterih sistemov ohranitvene obdelave in njihova primerjava s konvencionalno obdelanimi tlemi (BF)	10
3.1 Ohranitvena obdelava tal in vpliv na lastnosti tal	10
3.1.1 Vpliv na morfološke lastnosti tal	10
3.1.2 Vpliv na morfološke lastnosti tal	11
3.1.3 Vpliv na biološke lastnosti tal.....	11
3.1.4 Ohranitvena obdelava tal in pridelek	11
3.2 Poskusi z ohranitvenim kmetijstvom v Sloveniji.....	13
3.2.1 Izvedba poskusa	13
3.2.2 Določanje lastnosti tal.....	14
3.2.3 Sprememba lastnosti tal pod različnimi sistemi obdelave tal	18
3.2.4 Morfološke spremembe	18
3.2.5 Določanje strižne napetosti.....	20
3.2.6 Pridelek na poskusnih poljih pod različnimi sistemi obdelave tal	22
4) WP2-2 Prikaz metod za hitro vizualno ocenjevanje optimalne pokrivnosti. Analize in predstavitev vzorcev travniških tal iz kmetij.	24
5) WP3 Predstavitev rezultatov IOSDV poskusov (Jable, Rakičan). Količine pridelkov, organska snov v tleh, mikroorganizmi (KIS).....	26
5.1 Povod za dolgoletne IOSDV poskuse	26
5.2 Predstavitev poskusov	27
5.2.1 Lokaciji poskusov	27
5.2.2 Zasnova poskusov.....	28
5.2.3 Vzorčenje na poskusih, analize ter preračuni analiznih podatkov	30

5.3	Rezultati z razpravo.....	31
5.3.1	IOSDV Rakičan.....	31
5.3.1.1	Vpliv organskega gnojenja in gnojenja z mineralnim N na zaloge organskega ogljika v tleh na poskusu IOSDV Rakičan.....	31
5.3.2	Vpliv gnojilnih praks na pridelke koruze za zrnje v letih 1993-2020 v večletnem poskusu IOSDV Rakičan.....	34
5.3.3	Vpliv gnojilnih praks na pridelke ozimne pšenice v večletnem poskusu IOSDV Rakičan v letih 1993–2020.....	36
5.3.4	IOSDV Jablje.....	39
5.3.4.1	Vpliv organskega gnojenja in gnojenja z mineralnim N na zaloge organskega ogljika v tleh.....	39
5.3.4.2	Vpliv gnojilnih praks na pridelke koruze za zrnje v večletnem poskusu IOSDV Jablje v letih 1993-2020.....	41
5.3.4.3	Vpliv gnojilnih praks na pridelke ozimne pšenice v letih 1993–2020 v večletnem poskusu IOSDV Jablje.....	44
6)	WP4-1 Vpliv načinov gospodarjenja na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal.....	47
7)	WP4-2 Vpliv botanične sestave ruše na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal.....	49
8)	WP4-3 Vpliv globine korenin ruše na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal.....	50
9)	WP4-4 Vpliv pogostnosti košnje na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal.....	54
10)	WP4-5 Vpliv pogostnosti košnje na izkoristek N za pridelavo krme in vezavo C v organsko snov tal pri enakih odmerkih dodanih gnojil.....	55
11)	WP5 Predstavitev tehnoloških smernic za ohranitveno kmetijstvo, ki vključujejo ohranitveno gospodarjenje s tlemi na njivah in povečanje vezave ogljika v tleh ter zmanjšanje sušnega stresa rastlin.....	56
11.1	Ohranitveno kmetijstvo.....	56
11.2	Ohranitveni sistemi obdelave tal.....	60
11.2.1	Izvedbe ohranitvene obdelave tal – razvoj v klasificiranju načinov obdelave tal.....	61
11.3	Pregled koristi uvajanja ohranitvene obdelave tal.....	64
11.3.1	Koristi ohranjanja rodovitnosti tal.....	64
11.3.2	Ohranitveno kmetijstvo za vezavo ogljika.....	65
11.4	Ohranitveno kmetijstvo za zmanjšanje sušnega stresa rastlin.....	68
11.5	Vrednost humusa oz. organskega ogljika.....	70
12)	Sklepi.....	71
13)	Bibliografski dosežki.....	74

Kazalo slik

Slika 1: Vpliv obdelave tal na maso korenin koruze (Busari in Salako, 2012);.....	13
Slika 2: Lokacija zemljišč, kjer je poskus izvajan (levo: poskus v Mezgovcih, v	14
Slika 3: Izkop profila Moškanjci (2011): plitva rjava tla na prodnatem aluviju reke ...	14
Slika 4: Opis profila tal na zemljišču Moškanjci – parcela Mamino (2011).....	15
Slika 5: Opis horizontu na zemljišču Moškanjci – parcela Kumrovo (2011).....	15
Slika 6: Strižna trdnost izmerjena na poskusnem polju Moškanjci - Mamino, levo je	21
Slika 7: Strižna trdnost izmerjena na poskusnem polju Moškanjci - Kumrovo, levo je	21
Slika 8: Primerjava porabe goriva (l/ha) za različne obdelave tal (Korošec, 2011)...	23
Slika 9: Lokaciji in osnovne pedo-klimatske značilnosti večletnih poskusov IOSDV v Sloveniji	28
Slika 10: Zasnova poskusov in razvrstitev gnojilnih postopkov na večletnih poskusih IOSDV v Sloveniji	29
Slika 11: Zaloge organskega ogljika v 25 cm tal na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa, sprememba zalog glede na začetno stanje ter izračunana povprečna letna sprememba ogljika glede na različne gnojilne postopke. V kvadratih je zapisana razlika glede na začetno vrednost. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.	32
Slika 12: Teoretične zaloge organskega ogljika v 90 cm tal (po 30 cm slojih) na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa. V kvadratih so prikazane zaloge organskega ogljika za posamezne sloje tal. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.	33
Slika 13: Gibanje in trendi pridelave koruze za zrnje v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993-2020. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 100 kg/ha N; N2, 200 kg/ha N; N3, 300 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.	34
Slika 14: Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom koruze za zrnje in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelek koruze za zrnje v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993-2020	36
Slika 15: Gibanje in trendi pridelave ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993-2020. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 65 kg/ha N; N2, 130 kg/ha N; N3, 195 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.	37
Slika 16: A) Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom ozimne pšenice in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelek ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV Rakičan v letih 1993-2020	38
Slika 17: Zaloge organskega ogljika v 25 cm tal na poskusu IOSDV Jablje po 26 letih trajanja poskusa, sprememba zalog glede na začetno stanje ter izračunana povprečna	

letna sprememba ogljika glede na različne gnojilne postopke. V kvadratih je prikazana razlika glede na začetno vrednost. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.....	40
Slika 18: Teoretične zaloge organskega ogljika v 90 cm tal (po 30 cm slojih) na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa. V kvadratih so prikazane zaloge organskega ogljika za posamezne sloje tal. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.....	41
Slika 19: Gibanje in trendi pridelave koruze za zrnje v različnih gnojilnih postopkih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Jabljah v letih 1993-2019. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 100 kg/ha N; N2, 200 kg/ha N; N3, 300 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.....	42
Slika 20: A) Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom koruze za zrnje in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelek koruze za zrnje v različnih gnojilnih postopkih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Jabljah v letih 1993-2020.....	43
Slika 21: Gibanje in trendi pridelave ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Jabljah v letih 1993-2019. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 65 kg/ha N; N2, 130 kg/ha N; N3, 195 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 1.....	44
Slika 22: A) Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom ozimne pšenice in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelek ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993-2020.....	45
Slika 23: Koreninski sistem v travniških tleh.....	52
Slika 24: Odvzem vzorca korenin z 2 in 4-kosnega travnika.....	52
Slika 25: Korenine ločene glede na globino (0-10, 10-20 in 20-30 cm) na 2-kosnem travniku.....	52
Slika 26: Primerjava količine korenin glede na različne rabe tal (njiva, travnik, gozd).....	53
Slika 27: Cvetoči mešani strniščni dosevek je že do zgodnje jeseni vezal veliko sončne energije. (Foto R. Mihelič).....	59
Slika 28: Neposredna setev fižola v povaljano rž, ki bo kot gosta zastirka varovala tla in fižol. (Foto R. Mihelič).....	59
Slika 29: Grafični prikaz prostornine tal, ki je motena z široko paleto obdelave tal z uporabo sejalnic na osnovi pluga na levi strani, do najmanjše poškodbe tal z NO – TILL sejalnicami na desni strani.....	60
Slika 30: Primerjava različnih orodij in sistemov obdelave glede na stopnjo mešanja tal in prekritosti površja tal z ostanki (povzeto po Reicosky; http://www.soilcc.ca/soilsummit/2017/presenters/1-don-reicosky.pdf).....	62
Slika 31: Shematski prikaz sekvence možnih posledic dolgoročnega »ropanja« tal oz. degradacije vsebnosti humusa, če ne skrbimo za vzdrževanje (pozitivne) humusne bilance.....	66
Slika 32: Z mehansko obdelavo razbijemo strukturne agregate in izpostavimo prej fizično zavarovano organsko snov mikrobnemu razkroju in povečamo emisije CO ₂ (Six in sod., 2000; https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6).....	69

Kazalo grafikonov

Grafikon 1: Vsebnost P_2O_5 glede način rabe travinja	8
Grafikon 2: Vsebnost K_2O glede način rabe travinja (mg $K_2O/100g$ tal)	9
Grafikon 3: Sestava botanične ruše glede na način rabe travinja po celotni Sloveniji	24
Grafikon 4: Vsebnost organsko vezanega C ($Mg\ ha^{-1}$) v treh globinah različne	47
Grafikon 5: Količina korenin v tleh (g) glede različni način rabe travinja in globino .	50
Grafikon 6: Količina korenin (g) v sloju 0–30 cm tal glede na število odkosov travnika	51
Grafikon 7: Vsebnost dušika v tleh (t/ha) glede različni način rabe travinja in globino	55

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Časovnica izvedbe posameznih delovnih sklopov	4
Preglednica 2: Vsebnost P ₂ O ₅ glede način rabe travinja	7
Preglednica 3: Vsebnost K ₂ O glede način rabe travinja (mg K ₂ O/100g tal).....	8
Preglednica 4: Opis horizontov na zemljišču Moškanjci – parcela Mamino (2011)...	16
Preglednica 5: Opis horizontov na zemljišču Moškanjci – parcela Kumrovo (2011).	17
Preglednica 6: Spremembe morfoloških lastnosti tal po 9 letih uvedbe ohranitvene obdelave (ORANO in PKO parcela Kumrovo)	19
Preglednica 7: Pridelki za posamezna leta na poskusnem polju Moškanjci – Mamino	22
Preglednica 8: Pridelki za posamezna leta na poskusnem polju Moškanjci – Kumrovo	22
Preglednica 9: Sestava botanične ruše glede na način rabe travinja po celotni Sloveniji	24
Preglednica 10: Zasnova večletnih poskusov IOSDV v Jabljah in Rakičanu	30
Preglednica 11: Vsebnost vezanega Corg v tleh (t/ha, do globine 25 cm) glede na način gnojenja z organskimi gnojili in količino dodanega mineralnega N v poskusu IOSDV Rakičan za leto 2020	31
Preglednica 12: Vsebnost vezanega Corg v tleh (t/ha, do globine 25 cm) glede na način gnojenja z organskimi gnojili in količino dodanega mineralnega N v poskusu IOSDV Jablje za leto 2020.....	39
Preglednica 13: Vsebnost organsko vezanega C (Mg ha ⁻¹) v različnih globinah	47
Preglednica 14: Delež trav, metuljnic in zeli ter vsebnost Corg v tleh različne rabe .	49
Preglednica 15: Količina korenin (g) glede različen način rabe travinja in globino tal50 V sklopu projekta pa smo travnike delili glede na število košenj (2, 3 in 4 – kosni travniki). Rezultati potrjujejo, da pogostnost rabe tal vpliva na zmanjšanje količine koreninskega sistem, in sicer na 2-kosni travnik je količina korenin 3,64 g v primerjavi z 4-kosnimi 2,99 g (Preglednica 16). Vsebnost organskega ogljika je sorazmerna s količina korenin, kar kaže vpliv najboljše izbire gospodarjenja travinja (pašnik).	50
Preglednica 17: Vpliv števila košenj na količino korenin v 0–30 cm tal.....	51
Preglednica 18: Vsebnost korenin (g) in Corg glede različen način rabe travinja in .	51
Preglednica 19: Vsebnost korenin (g) in organskega ogljika Corg glede različen način	54
Preglednica 20: Vsebnost N glede na različen način rabe travinja	55

1 UVOD

Kmetijska pridelava na prostem je odvisna od vremena in vpliva klimatskih sprememb in poteka na kmetijskih tleh (njive, travniki), ki so marsikje v Sloveniji neprimerno oskrbovana in obdelana zaradi uporabe težke mehanizacije in ozkega kolobarja. Kmetijske rastline, ki rastejo na tleh s slabo kondicijo, so manj odporne in bolj podvržene vplivu podnebnih sprememb (vročinski stres, bolezni, odpornost ...). Po drugi strani kmetijska tla s prevladujočo proizvodno funkcijo ob pravilni oskrbi omogočajo blažnje podnebnih sprememb preko vezave ogljika v organsko snov v tla, kar je ena od pomembnih postavk nove evropske podnebno raziskovalne politike.

Proces vezave ogljika je odvisen od pedoklimatskih dejavnikov, veliko pa lahko prispevamo z ustreznim gospodarjenjem s tlemi (obremenitve pašnikov, kolobar, gnojenje itd.). Višja vsebnost humusa v tleh ima pozitiven učinek na fizikalno-kemijske lastnosti, saj povečuje sposobnost tal za zadrževanje talne vlage in hranil, preprečuje izpiranje ter tako neposredno vpliva na rodovitnost tal, zmanjšanje sušnega stresa rastlin in zmanjševanje onesnaženja podzemnih in površinskih voda. Ustrezno gnojenje praviloma tudi poveča vsebnost ogljika v organski snovi tal. Zaradi splošnega zmanjševanja ogljikovega odtisa kmetijske pridelave bi morali čim več mineralnih gnojil nadomestiti z živinskimi. Pri uporabi slednjih pa maksimalno zmanjšati emisije dušika v okolje. V Sloveniji iz hlevov, gnojišč in pri gnojenju z živinskimi gnojili v zrak izgubimo približno 13.500 t dušika letno. Možnosti za zmanjšanje izgub so torej precejšnje.

Pravilna priprava tal brez oranja pomembno prispeva k izpustom toplogrednih plinov, prav tako pa vpliva tudi na biološke, kemične in fizikalne lastnosti tal. Nasprotno se zaradi oranja v ozračje sproščajo dodatne količine CO₂, nastale v procesu povečane mikrobiološke razgradnje organske snovi (humusa), njena vsebnost pa se brez dodajanja organskih gnojil in vračanja rastlinskih ostankov na mnogih slovenskih njivah – zlasti poljedelskih – že desetletja manjša.

Ravno spremenjeni načini obdelave tal v negotovih klimatskih razmerah zagotavljajo okolju prijazno pridelavo, predelovalni industriji pa stalne in kakovostne surovine.

1.1 Cilji projekta

V okviru predlaganega projekta CRP smo si zastavili naslednje cilje:

- analizirati dosegljivo svetovno znanje iz področja vpliva gospodarjenja na vezavo C na travinju in v poljedelstvu,
- raziskati vplive gospodarjenja na travinju na vezavo C na travinju v naših rastnih razmerah,
- ugotoviti povezave med botanično sestavo ruše, globino koreninskih sistemov in vsebnostjo C v različnih globinah tal,
- skozi kritičen presek literature in analizo lastnih znanstvenih rezultatov pripraviti skupek priporočil za gospodarjenje na travinju, ki bodo dajali možnost ohranjanja in/ali povečanja vezave C v tleh, obenem pa ne bodo povzročali prekomernih obremenitev okolja z emisijami toplogrednih plinov in drugih polutantov.
- priporočila na različne načine razširiti v laično in strokovno javnost.

1.2 Pričakovani rezultati

1.3 Program dela

Projekt je organiziran v obliki petih (5) različnih delovnih paketov (WP).

Cilj WP1 je pregledati in zbrati znanje in razumevanje o dosedanjih različnih načinih rabe tal v Sloveniji in njihovem vplivu na fizikalne, kemijske in biološke lastnosti tal, kot tudi na pomembne funkcije tal, kot so kroženje hranil, shranjevanje ogljika in njegova presnova (povezava z WP2), ohranjanje vode, uravnavanje strukture tal, in produktivnost nadzemnih delov rastlin (povezava z WP3).

V WP2 bomo uporabili sodobne kemijske, fizikalne in biološke metode za oceno učinkov izbranih tehnologij pridelovanja na kakovost tal. Vzorce tal in izbranih vrst rastlin (pšenica, ječmen, koruza, ajda, travinje) bomo pobirali z dolgoročnih poskusov v določenih obdobjih rasti; to bo potekalo v povezavi z drugimi WP (WP2 in WP3). Z WP 2 bomo ugotavljali spreminjanje vsebnosti organskega ogljika tal (SOC) tekom ciklusov dogajanja (npr. stopnjo razgradnje organskih snovi, respiracijo tal, fotosinteza posevka) v povezavi s tehnologijo. Pri posevkih poljščin se bomo osredotočili na učinke različnih obdelav tal v povezavi z dejavniki gnojenja.

V WP3 povezujemo obdelavo tal s količino in kakovostjo pridelkov. Način ravnanja s tlemi namreč vpliva na dostopnost elementov iz tal v rastline. Razgradnja organske snovi lahko povzroči začasno fiksiranje elementov (N, P, K in elementov v sledovih) v organski snovi mikroorganizmov. Po drugi strani razgradnja organske snovi teh mikroorganizmov omogoči, da so elementi dostopni za rastline. Elementi so različno alocirani v tkivih rastlin in vgrajeni v snovi z različno stopnjo prebavljivosti, kar bomo prav tako raziskovali v tem WP. V okviru tega WP bo potekala povezava rezultatov raziskave s sistemi rabe tal in priprava informacij za odločanje o rabi tal in njihovi ekonomiki, v obliki, ki bo primerna za uporabnike raziskav (pospeševalna služba, kmetje, širša zainteresirana skupnost).

V okviru WP 4 (Vplivi gospodarjenja na vsebnost organske snovi in ogljika v travniških tleh) bomo analizirali dosegljivega svetovnega znanja iz področja vpliva gospodarjenja na vezavo C na travinju. Vsebinsko bomo zbrali vso najnovejše svetovno znanje, ki mogoča izvedbo ukrepov gospodarjenja na travinju za okolju sprejemljivo povečano vezavo ogljika v organski snovi tal. Okolju sprejemljivo pomeni kritično ovrednotenje samih postopkov iz vidika emisij drugih toplogrednih plinov (N oksidi, metan) in emisij amonijaka ter nitratov iz sistema. Delo bo potekalo preko mednarodnih baz znanstvenih objav, aktivnega sodelovanja v strokovnih in znanstvenih skupinah in participiranja znanstvenih kongresov. Raziskave vplivov gospodarjenja na trajnem travinju na vezavo C na travinju v naših rastnih razmerah.

Osnovne raziskave bomo izvajali na približno do sto kmetijah, odvisno od razpoložljivih sredstev, čeprav je to število potrebno zaradi znanstvene dokazljivosti vplivov gospodarjenja na zaloge C in oceno zalog organsko vezanega C v različnih globinah travniških tal. Načine gospodarjenja bomo razdelili na pretežno pašno rabo in pretežno kosno rabo. Oboje pa bomo razdelili še na dve skupini in sicer na gospodarjenje ob malih vnosih rastlinskih hranil v tla in relativno redko pogostnostjo rabe (oz. malo obremenitvijo pašnika) in gospodarjenje z veliko vnosa rastlinskih hranil, visoko obtežitvijo pašnika, oziroma pogostno košnjo, kar bomo preverili tudi s vsebnostjo mineralnega N v tleh, ter analizami tal na preskrbljenost s P in K. Vsebnost C v

organski snovi tal bomo analizirali v več slojih (predvidoma treh) do globine 30 cm (če bodo tla to dopuščala). Vsebnost C bomo določali po sodobnih mednarodnih znanstvenih metodah (glej npr. Kramberger in sod, 2015.; Agriculture, Ecosystems and Environment, 212, 13-20). Poleg tega bomo po standardnih metodah določili teksturo tal in specifično gostoto tal. Na podlagi izvedenih določitev bomo izračunavali zaloge organsko vezanega C v tleh v različnih globinah tal v odvisnosti od načina gospodarjenja. Lokacije odvzema vzorcev bodo na različnih kmetijah Slovenije. Na osnovi korelacij bomo znanstveno dokazovali vplive gospodarjenja, kar je v svetovni literaturi deficitarnega značaja.

WP5: Tehnološke smernice za ohranitveno kmetijstvo. Izdelali bomo tehnološki priročnik s priporočili za trajnostno – ohranitveno gospodarjenje s tlemi na njivah, travinju in nasadih za izboljšanje izkoristka živinskih gnojil, povečanje vezave ogljika v tleh in zmanjšanje sušnega stresa rastlin. Priročnik bo vseboval zbirko primerov praktičnih postopkov ohranitvenega kmetijstva in praktičnih metod za testiranje učinkovitosti izvajanja ohranitvenega kmetijstva, ki bodo v pomoč kmetom, kmetijski svetovalni službi in kontrolorjem Agencije za kmetijske trge.

1.4 Terminski plan

Iz preglednice 1 je razvidno, da je bil projekt v celotnem obdobju razdeljen na pet delovnih sklopov (WP), ki so se odvijali v različnih časovnih obdobjih od jeseni 2019 do jeseni 2021, pri čemer je bil sklop 2 sestavljen iz dveh podsklopov ter sklop 4 iz petih sklopov.

Preglednica 1: Časovnica izvedbe posameznih delovnih sklopov

Številka izsledka	Naslov izsledka	Datum
WP1	Predstavitev dosedanjih praks obdelave tal (BF, KIS) ter njihov vpliv na stanje tal) – povzetek dosedanjih aktivnosti in nove ankete s terena s poudarkom na deležu humusa in pH tal (BF).	4.11.2019
WP2-1	Prikaz nekaterih sistemov ohranitvene obdelave in njihova primerjava s konvencionalno obdelanimi tlemi (BF, KIS).	24.4.2020
WP2-2	Prikaz metod za hitro vizualno ocenjevanje optimalne pokrivnosti.	31.9.2020
WP3	Predstavitev rezultatov IOSDV poskusov (Jable, Rakičan). Količine pridelkov, organska snov v tleh, mikroorganizmi.	29.1.2021
WP4-1	Vpliv načinov gospodarjenja na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal	31.9.2021
WP4-2	Vpliv botanične sestave ruše na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal	31.9.2021
WP4-3	Vpliv globine korenin ruše na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal.	31.9.2021
WP4-4	Vpliv pogostnosti košnje na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal pri enakih odmerkih z gnojili dodanih hranil.	31.9.2021
WP4-5	Vpliv pogostnosti košnje na izkoristek N za pridelavo krme in vezavo C v organsko snov tal pri enakih odmerkih dodanih gnojil.	31.9.2021
WP5	WP5 Predstavitev tehnoloških smernic za ohranitveno kmetijstvo, ki vključujejo ohranitveno gospodarjenje s tlemi na njivah in povečanje vezave ogljika v tleh ter zmanjšanje sušnega stresa rastlin.	26.11.2021

2) WP1 Predstavitev dosedanjih praks obdelave tal (BF, KIS) ter njihov vpliv na stanje tal) – povzetek dosedanjih aktivnosti in nove ankete s terena s poudarkom na deležu humusa in pH tal (BF)

Še pred nekaj desetletij je bil glavni cilj gospodarjenja s tlemi ohranjanje kmetijske produktivnosti za pridobitev hrane za do tri milijarde prebivalcev, sedaj smo soočeni z eksponentno rastjo prebivalstva. Poleg potreb po oskrbi s hrano ima sodobna družba nenasitne zahteve za energijo, vodo, lesne izdelke, in zemljišče za urbanizacijo, infrastrukturo in odlaganje komunalnih in industrijskih odpadkov. Soočeni smo s podnebnimi spremembami, evtrofikacijo in onesnaženjem naravnih voda, degradacijo tal in izgubo biotske raznovrstnosti.

Agrotehnični ukrepi, s katerimi posegamo v tla, morajo zagotoviti rast kmetijskih rastlin, ne da bi pri tem poškodovali vitalnost, rodovitnost tal. Med najpomembnejše ukrepe za trajnostno izboljšanje kakovosti tal prištevamo ukrepe za izboljšanje strukture tal in povečevanje deleža humusa v tleh. Predvsem je pomemben delež rastlinskih ostankov in humusa v zgornjem sloju tal: za povečanje obstojnosti strukturnih agregatov ter s tem infiltracijske sposobnosti in zmanjšanje erozije. Tako stanje lahko dosežemo edinole z uporabo organskih gnojil/komposta in s plitvo, ohranitveno obdelavo tal in s puščanjem vsaj dela rastlinskih ostankov na površini tal. Izkušnje kažejo, da se z ohranitveno oz. konzervacijsko obdelavo tal, pri čemer puščamo vsaj 30% površine trajno pokrite z rastlinskimi ostanki, po nekaj letih značilno spremenijo fizikalno-kemijske lastnosti tal. Zaznavno se poveča volumska gostota zgornjega sloja, poveča se delež srednjih, zmanjša pa delež makro por. Posledično se poveča rastlinam dostopna kapaciteta tal za vodo za 15 do 40 % Več je t.i. »bio-por« (> 1mm), ki jih naredijo talni organizmi (deževniki, odmrle korenine). Rastlinski ostanki na površini skupaj z vertikalno orientiranimi »bio-porami« povečajo sposobnost infiltracije vode iz površine, kar pomeni, da več padavinske vode ostane na polju, manj pa jo odteče po površini. Pomembno je, da infiltrirana voda pronica v globino počasneje skozi talni profil, saj je hidravlična prevodnost ohranitveno obdelanih tal manjša zaradi večje gostote tako obdelanih tal. Kljub temu, da so tla gostejša, pa je njihova struktura obstojnejša. Predvsem v zgornjih 10 cm je več stabilnih makro-agregatov (> 200 µm), kar izboljša zračnost tal. Rastlinski ostanki na površini tal zmanjšajo udarno silo nalivov, kar je izjemno pomembno za preprečevanje erozije in lateralnih izgub hranil in pesticidov. Obenem rastlinski ostanki na površini zmanjšajo evaporacijo s tal. Tla pod nastiljem so hladnejša (za 3°C v povprečju), kar skupaj s povečano količino rastlinam dostopne vode lahko značilno vpliva na večjo biološko aktivnost v tleh čez poletje (= zmanjšan stres zaradi suše). Tudi cikl: sušenje – ponovna navlažitev tal poteka bolj postopno, zato taka tla manj razpokajo in manj izgubljajo vodo skozi razpoke iz globljih slojev.


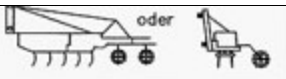
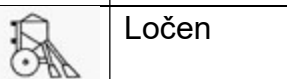



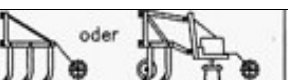

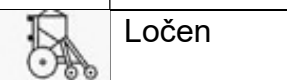




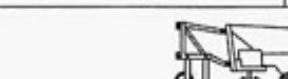
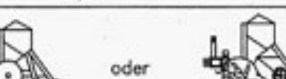
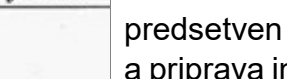


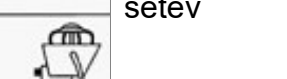

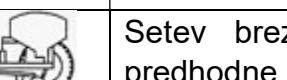
2.1 Osnovno o načinih obdelave tal

Z obdelavo tal moramo rastlinam omogočiti dobre razmere za kalitev, ukoreninjenje, rast in razvoj (optimalen zračno vodni režim), primerno ogrevanje in vlažnost kot tudi razpoložljivost hranil. Namen obdelave tal je zaščita fizikalnih in bioloških lastnosti tal na način in do globine, ki zagotavlja optimalne pogoje za razvoj rastlin (Jug, 2017).

Tri osnovne sisteme kot temeljne navaja American Society of Agricultural and Biological Engineers (čeprav skupno razloči med 18 različnimi načini obdelave tal).

- Obdelava s plugom (konvencionalna obdelava)
- Obdelava tal brez pluga (v nadaljevanju jo bomo imenovali ohranitvena obdelava)
- Neposredna direktna setev («no-till»)

Tudi nemško združenje KTBL loči sisteme obdelave podobno (Slika 1)

Način obdelave tal	Osnovna obdelava, setev	predsetvena,	Potek del
Konvencionalna z oranjem		 oder 	Ločen Kombiniran
		 oder  Bodenfräse oder Rotoregge	
Obdelava tal brez oranja	 oder 		Ločen Kombiniran a predsetvena priprava in setev
	 oder 	 oder 	
	 oder 	 oder 	
	—	 oder  oder 	
Direktna setev	—		Setev brez predhodne priprave tal

Slika 1: Načini obdelave tal (povzeto po KTBL, 1993)

Obdelava tal se pa deli tudi glede na globino obdelave (Komljenović, 2015):

- A) Zelo plitva obdelava tal do 10 cm: namenjena je predvsem razbijanju skorje in zajema gornji sloj, ki je v neposrednem stiku z atmosfero. S takšno obdelavo omogočimo lažji vstop padavinske vojske v tla ter zračimo tla.

- B) Plitva obdelava 10-20 cm: ta način ima enake naloge kot prvi način, hkrati pa je volumen obdelanih tal in s tem specifični odpor večji. Ta globina obdelave tudi omogoča lažji vnos organskih (žetvenih) ostankov v tla. Ta globina je primerna za veliko večino gojenih kultur.
- C) Srednje globoka 20-40 cm: ta globina obdelave že ima delno meliorativni značaj (npr. podrahlavanje za razbijanje plazine, reševanje problema zbitosti tal, dreniranje s krtičnim plugom)
- D) Globoka obdelava 40-60 cm: tako globoka obdelava (globoko oranje - rigolanje, podrahlavanje –ripanje) ima predvsem meliorativni značaj in se po navadi izvaja skupaj z založnim gnojenjem kot so npr. priprava tal za trajne nasade, mešanje horizontov na psevdoglejnih tleh po melioraciji in podobno (glej tudi Jug s sod. , 2017)
- E) Zelo globoka obdelava do 100 cm in več: z ukrepi globokega oranja premešamo talne horizonte. To ima pomen predvsem na zelo globokih tleh na ravnici in ima izrazit meliorativni značaj. Tako dobimo povsem nova antropogena tla, kjer bi sicer obstajala tla z neugodnim zračno vodnim režimom. Ukrep je izjemno drag in se je npr. uveljavil za reševanje problema zasoljenih tal (Xong s sod., 2011).

2.2 Založenost tal s hranili

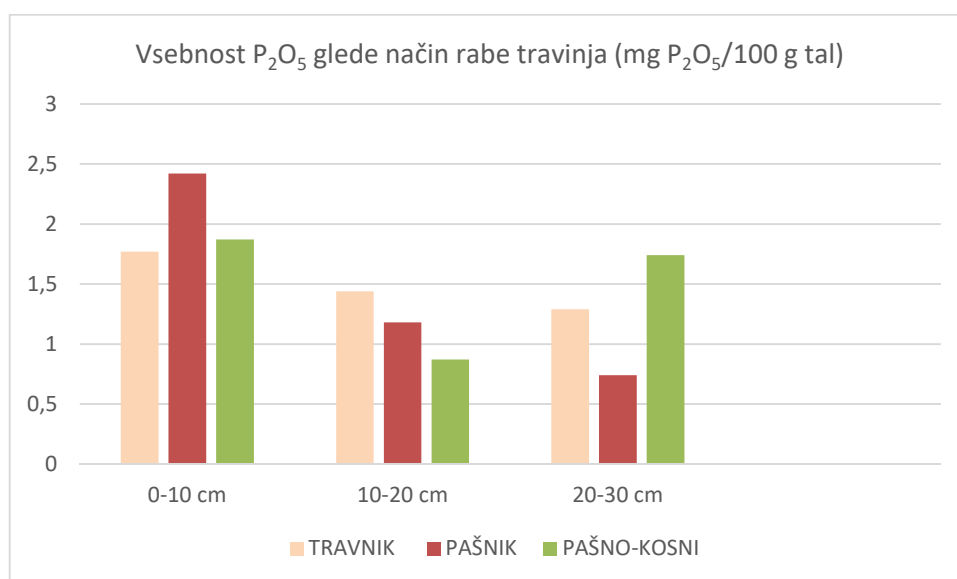
Preliminarni rezultati s 334 lokacij in izračuni, ki so jih objavili Šinkovec in sod. (2021) kažejo, da so povprečne zaloge organskega ogljika v tleh do globine 30 cm 90,0 t/ha; od tega na trajnih travnikih 92,8 t/ha ter na njivah in vrtovih 89,8 t/ha.

Slovenski travniki so zelo različno založeni s fosforjem in kalijem tako glede vrste rabe tal kot po globini vzorčenja tal. Iz Preglednice 2 je razvidno, da je v povprečju v globini tal 0–30 cm največ fosforja na travnikih in pri pašno-kosni rabi, medtem ko ga je značilno manj na pašnikih. Absolutno največ je fosforja v 0–10 cm sloju pašnikov in najmanj pri istem načinu rabe v sloju 20–30 cm. Podobno razporeditev vidimo tudi pri travnikih, medtem ko je pri kosno-pašni rabi najmanjša količina fosforja v sloju 20–30 cm. Vsebnost rastlinam lahko dostopnega P je povsod v razredu siromašne.

Preglednica 2: Vsebnost P_2O_5 glede način rabe travinja

Skupaj	Vsebnost P_2O_5 glede način rabe travinja (mg $P_2O_5/100g$ tal)		
	TRAVNIK	PAŠNIK	PAŠNO-KOSNI
0–30 cm	4,50	4,34	4,48
Po slojih			
0–10 cm	1,77	2,42	1,87
10–20 cm	1,44	1,18	0,87
20–30 cm	1,29	0,74	1,74

*vse vrednosti so v razredu založenosti (A)



Grafikon 1: Vsebnost P₂O₅ glede način rabe travinja

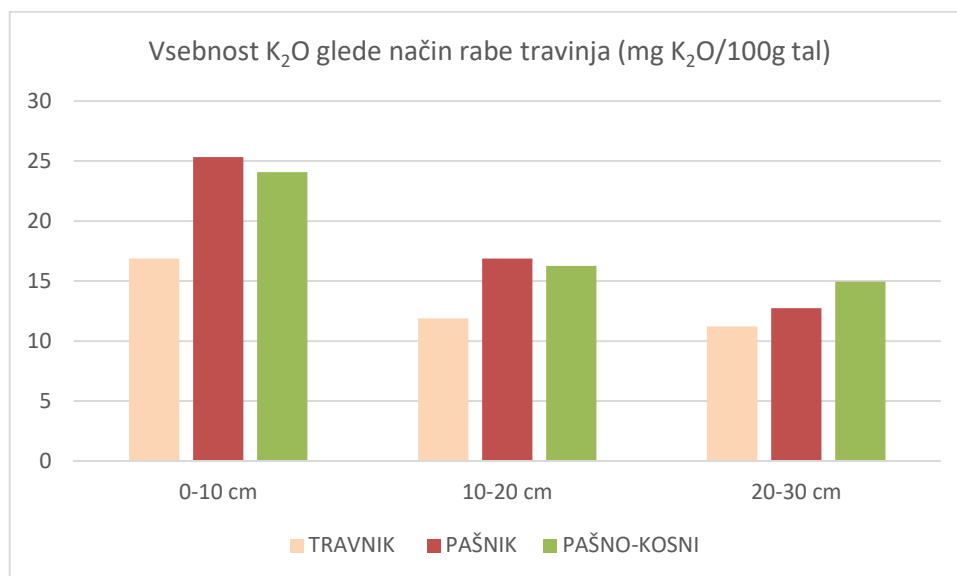
Slovenski travniki so zelo različno založeni s fosforjem tako glede vrste rabe tal kot po globini vzorčenja tal. Iz Preglednice xx je razvidno, da je v povprečju v globini tal 0–30 cm največ fosforja na travnikih in pri pašno kosni rabi, medtem ko ga je značilno manj na pašnikih. Absolutno največ je fosforja v 0–10 cm sloju pašnikov in najmanj pri istem načinu rabe v sloju 20–30 cm. Podobno razporeditev vidimo tudi pri travnikih, medtem ko je pri kosno-pašni rabi najmanjša količina fosforja v sloju 20–30 cm. Vsebnost rastlinam lahko dostopnega P je povsod v razredu slabe založenosti (A).

Slovenski travniki so tudi s kalijem zelo različno založena tako glede vrste rabe tal kot po globini vzorčenja tal, vendar so praviloma v razredih srednja (B) in optimalna (C) založenost. Iz Preglednice 3 je razvidno, da je v povprečju v globini tal 0–30 cm največ kalija na pašnikih in pri pašno-kosni rabi, medtem ko ga je značilno manj na travnikih, kar lahko direktno pripišemo živalskim iztrebkom prežvekovalcev. Absolutno največ je kalija v 0–10 cm sloju pašnikov in pri pašno-kosni rabi, najmanj pa na travnikih v sloju 20–30 cm. Založenost s kalijem se po plasteh značilno manjša pri vseh vrstah travnikov.

Preglednica 3: Vsebnost K₂O glede način rabe travinja (mg K₂O/100g tal)

Skupaj	Vsebnost K ₂ O glede način rabe travinja (mg K ₂ O/100g tal)		
	TRAVNIK	PAŠNIK	PAŠNO-KOSNI
0–30 cm	40,00	52,94	55,28
Po slojih			
0–10 cm	16,88 (B)	25,33 (C)	24,08 (C)
10–20 cm	11,89 (B)	16,87 (B)	16,25 (B)
20–30 cm	11,23 (B)	12,74 (B)	14,95 (B)

* vrednosti so v razredu srednje (B) in optimalne (C) založenosti.



Grafikon 2: Vsebnost K₂O glede način rabe travinja (mg K₂O/100g tal)

3) WP2-1 Prikaz nekaterih sistemov ohranitvene obdelave in njihova primerjava s konvencionalno obdelanimi tlemi (BF)

Doc. dr. Rok Mihelič

3.1 Ohranitvena obdelava tal in vpliv na lastnosti tal

Obdelava tal vpliva na fiziološke, kemijske in biološke lastnosti tal. Vpliv obdelave tal pa zajema tudi vpliv tal na okolje z erozijo in onesnaženjem podtalnice (Bhatt in Bhera, 2006).

3.1.1 Vpliv na morfološke lastnosti tal

Vpliv različnih oblik ohranitvene obdelave tal na tla je različen. No-till sistem je sistem setve v neobdelana tla, zato imamo največjo prekritost tal z rastlinskimi ostanki skozi leto. Spremembe v tleh so hitro opazne predvsem v najvišjem talnem horizontu. Tla, ki so v no-till sistemu obdelave imajo boljše fizikalne lastnosti tal, kot konvencionalno obdelana tla. V tleh se izboljša hidravlična prevodnost, saj ne prekinjamo poti por in pretoka vode po večjih porah navzdol. V zgornjih slojih tal se formirajo stabilni agregati, zato je poroznost in nosilnost tal boljša. Rastlinski ostanki ostajajo v zgornjem horizontu, kar prispeva k nemoteni razgradnji. Zaradi pokritosti tal se hkrati zmanjša evaporacija in erozija tal. Največje spremembe po izvajanju setve v neobdelana tla so opazne na odcednih, srednje težkih tleh z nizko vsebnostjo humusa. Izboljšanje lastnosti tal se doseže po kontinuirani uporabi sistema 37-40 let (Lal in sod. 2007).

Tla v no-till sistemu so sposobna zadržati več vode kot konvencionalno obdelana tla. Večja sposobnost zadrževanja vode naj bi bila posledica povečanja števila por. Število por se povečuje zaradi večje delovanja deževnikov in ostalih talnih organizmov, obstoječe pore pa se bolje ohranjajo zaradi manj intenzivnega poseganja v tla. Največjo spremembo je mogoče opaziti v zgornjih 10 cm tal, kjer naj bi se kapaciteta za zadrževanje vode povečala do 25 %. Več vlage na globinah rasti korenin, pomeni manjši stres za rastline v sušnem obdobju leta (Su in sod. 2007).

Stopnja evaporacije iz tal je pogojena z več dejavniki. Pri ohranitveni obdelavi tal imamo na površini več rastlinskih ostankov in večjo vsebnost vlage v zgornjem delu tal, zato se tla manj segrevajo. Manjše segrevanje tal pomeni manjše izhlapevanje. Z merjenjem evaporacije iz tal so ugotovili, da več vode izhlapi na ohranitveno obdelanih tleh. To pripisujejo večji zalogi vode v tleh, saj so ohranitveno obdelana tla med letom sposobna zadržati več padavinskih voda. Pri konvencionalni obdelavi veliko vode izgubimo z obračanjem vlažnih delov tal na površje. Izguba zaloge vode iz nižjih horizontov tal predstavlja večjo nevarnost za sušni stres rastlin v rastni dobi. Z uporabo tehnike stabilnih izotopov vode so ugotovili, da je več stabilnih izotopov vode iz večjih globin bližje površju tal na konvencionalno obdelanih tleh. To nakazuje na večje izhlapevanje pri konvencionalni obdelavi (Busari in sod. 2013).

3.1.2 Vpliv na morfološke lastnosti tal

Obdelava tal vpliva na vrednost pH, vsebnost organskega ogljika v tleh, na kationsko izmenjevalno kapaciteto in na količino skupnega dušika v tleh. Parametri kemijskih lastnosti tal so bolj ugodni pri ohranitveni obdelavi tal, razlika se pojavi predvsem pri višji vsebnosti organskega ogljika v zgornjem delu tal. Zaradi večje vsebnosti organskega ogljika se zmanjšajo izgube dušika, saj se dušikove spojine lažje vežejo na ogljikove spojine. V tleh, ki so konvencionalno obdelana v tednih po obdelavi prihaja do hitrejšje mineralizacije, spojine organskega ogljika in dušika se zato lažje izpirajo. Ker je izpiranje večje so vsebnosti v tleh nižje (Lal 1997b).

Obdelava tal vpliva na pH vrednost tal, ki je eden pomembnejših dejavnikov rodovitnosti. V vzporednih poskusih se je izkazalo, da je pH nižji v no-till obdelanih tleh. Nižja vrednost pH naj bi bila posledica akumulacije organske snovi v zgornjem delu tal, ta pa prinese povečano koncentracijo elektrolitov in nižjo vrednost pH (Rahman in sod. 2008). Obratni rezultati so se pojavili v raziskavi (Cookson in sod. 2008), kjer so s poskusi v vzhodni Avstraliji dokazali, da so tla, ki so bila bolj intenzivno obdelana, imela nižjo vrednost pH v primerjavi z ohranitveno obdelanimi tlemi. Tako lahko sklepamo, da obdelava tal neposredno ne vpliva na vrednost pH tal, vpliva pa v povezavi s podnebnimi razmerami, tipom tal in izvajanjem agro-tehničnih ukrepov (Busari in sod. 2015). Busari in Salako (2013) sta v raziskavi ugotovila, da naj bi no-till obdelana tla po koncu prvega leta imela višji pH, kot konvencionalno obdelana tla, v naslednjih letih pa je izmerjeni pH nižji kot pri konvencionalno obdelanih tleh. Kljub nižji vrednosti pH sta bila koncentracija organskega ogljika in kationska izmenjalna kapaciteta višja. Del poskusa je sestavljala tudi minimalna obdelava tal, pri kateri so izmerili najboljše rezultate. Vrednosti pH in organskega ogljika so bile višje v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. To pomeni, da manjše poseganje v tla pripomore k boljšim kemijskim lastnostim tal.

3.1.3 Vpliv na biološke lastnosti tal

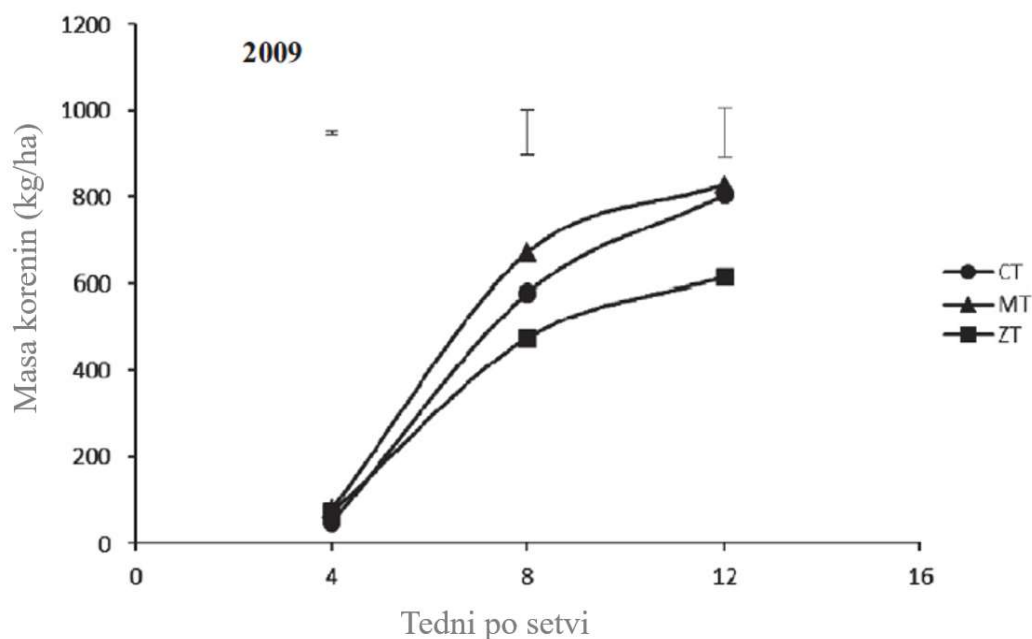
Količina organskega ogljika v tleh je lastnost tal s katero najboljše določamo biološke lastnosti tal. Količina organske snovi v tleh narekuje biološko dejavnost v tleh, posledica večje biološke aktivnosti pa je večja dinamika organskega ogljika v tleh. Deževniki, kot predstavniki makro-favne so kazalnik dejavnosti favne v tleh. S svojim delovanjem v tleh izboljšujejo prezračevnost tal in infiltracijsko sposobnost tal. Je v šest let dolgi raziskavi ugotovil, da manj intenzivna obdelava tal poveča število in dejavnost deževnikov (Andersen, 1987). Pri konvencionalni obdelavi vsako leto pretrgamo micelije gliv v tleh, zato je v konvencionalno obdelanih zmanjšana biomasa gliv in bakterij. Kroženje snovi v tleh z manjšo biološko aktivnostjo je slabše uravnoteženo, tla so bolj podvržena izpiranju in eroziji (Cookson in sod., 2008).

3.1.4 Ohranitvena obdelava tal in pridelek

Obdelava tal vpliva na razrast korenin, na izrabo vode in hranil iz tal in posledično na pridelek (Davis, 1994). Večja gostota rasti korenin rastlin se pri no-till in minimalni

obdelavi tal pojavi v najvišjem horizontu tal. V nižjih horizontih se v prvih letih zaradi večje zbitosti tal korenine težje razvijajo (Martinez in sod., 2008). V raziskavi iz Kanade poročajo o 22 % povečanju mase korenin v no-till sistemu obdelave. To je lahko posledica razpok, kanalov deževnikov in večjega števila biopor, ki se tvorijo zaradi manj intenzivne obdelave tal (Malhi in Lemke, 2007). Busari in Salako (2012) sta ugotovila, da v prvem letu poskusa ni bilo večjih razlik v prekoreninjenosti koruze, največja je bila pri minimalni obdelavi tal. V drugem letu je bila 12 tednov po sajenju razrast korenin večja pri konvencionalni obdelavi in minimalni obdelavi. Pri no-till sistemu je bila razrast slabša, to pripisujejo večji zbitosti nižjih slojev, zato se korenine počasneje prebijajo v nižje sloje tal. Konvencionalna obdelava tal z največjo stopnjo rahljanja omogoča najhitrejšo razrast korenin. Minimalna obdelava tal se je izkazala kot najboljša, saj se z obdelavo prerahlja skorja, ustvarjena na površju tal, ne posegamo pa v nižje horizonte. Na ta način ne rušimo ravnovesja strukture tal kot pri konvencionalni obdelavi. Tla obdelana z minimalno obdelavo so bolj nosilna in omogočajo večjo razrast korenin. (Busari & Salako, 2015).

Na uspešnost izboljšanja kmetijske prakse z ohranitveno obdelavo tal močno vplivajo vremenske razmere v času rastle dobe. Po poročilu FAO (2012) je kot način prilagajanja spreminjanja podnebja in višje letne temperature priporočeno izvajanje ohranitvene obdelave tal. V poročilu poročajo o suši in visokih letnih temperaturah v Kazahstanu. Na površinah, ki so bile v no-till sistemih je bila sposobnost zadrževanja vode za rastline boljša. Manjši stres za rastline je prispeval k boljši rasti pšenice, pridelki so bili višji kot na konvencionalno obdelanih tleh. Na Norveškem beležijo v sušnih letih višje pridelke v no-till sistemih obdelave, tla so sposobna zadržati več vlage, v vlažnih letih pa se kot boljši izkaže konvencionalni način. Po podatkih Busari in Salako (2013) je pridelok koruze v sistemu minimalne obdelave tal konstanten bolj, kot v sistemu no-till in konvencionalne obdelave. Slabost no-till sistema je slabši razrast korenin, konvencionalne obdelave pa porušena struktura tal s sesedanjem in slabša zmožnost zadrževanja vlage tal.



Slika 1: Vpliv obdelave tal na maso korenin koruze (Busari in Salako, 2012);
CT = konvencionalna obdelava; MT = minimalna obdelava; ZT = brez obdelave (zgolj setev)

3.2 Poskusi z ohranitvenim kmetijstvom v Sloveniji

3.2.1 Izvedba poskusa

V letu 2011 se je v dolini reke Pesnice in na Ptujskem polju začel poskus ohranitvene obdelave tal. Poskusa, ki potekata pod okriljem Biotehniške fakultete Ljubljana, smo izvedli na kmetiji Majerič in kmetiji Korošec v kraju Moškanjci, kjer so se odločili za opustitev rabe pluga in prešli na minimalno obdelavo tal.

Pred začetkom poskusa, ki je bil na zastavljen na dveh parcelah, smo izkopali in opisali talna profila in na ta način pridobili osnovno informacijo o tleh, na katere je obdelava imela vpliv. Njivi so v začetku razdelili na dva dela. Na eni od polovic smo še naprej obdelovali tla konvencionalno s plugom, na drugi polovici pa smo pričeli z uporabo orodja za minimalno obdelavo s strojem Evers Agro vario disk, 4–vrstni. Ta način smo poimenovali pliva kompostirna obdelava (PKO). Vsako leto smo beležili količino pridelka. Leta 2016 smo na posameznih parcelah površine s poskusi še dodatno razpolovili. pričeli na dodatni polovici izvajati no-till sistem (setev v neobdelana tla). V februarju 2019 smo ponovno izkopali in analizirali talne profile iz katerih je bilo moč razbrati spremembe lastnosti tal.



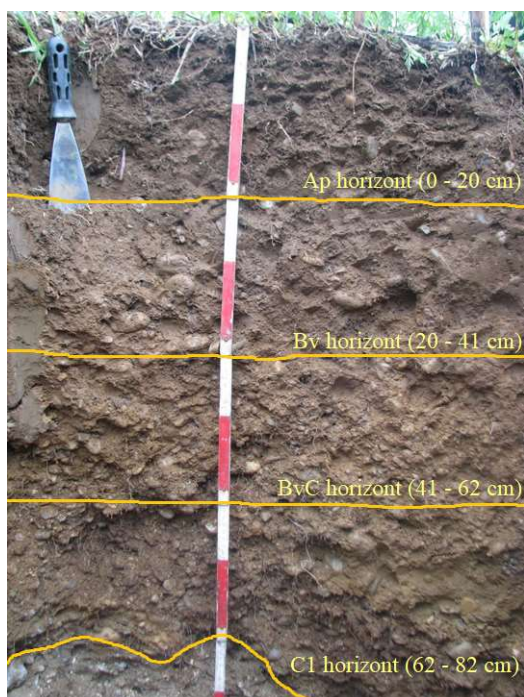
Slika 2: Lokacija zemljišč, kjer je poskus izvajal (levo: poskus v Mezgovcih, v Pesniški dolini; desno: poskus v Moškanjcih)

3.2.2 Določanje lastnosti tal

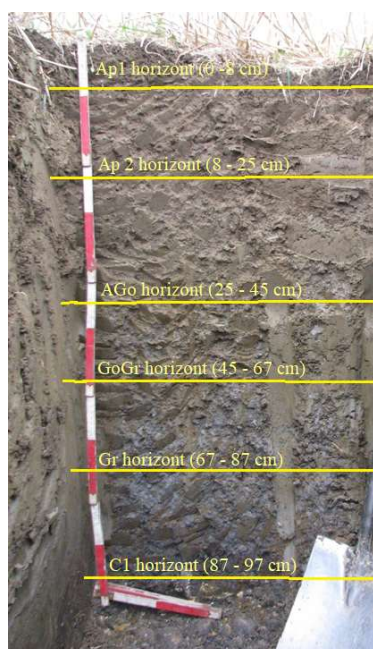
Leta 2011 je bil strojno izkopen pedološki profil tal na obeh zemljiščih, na katerih je bil izvajal poskus. Na terenu so bili določeni horizonti tal. Vsakemu horizontu smo določili globino, strukturo tal, konzistenco, barvo, organsko snov, vlago, prekoreninjenost, delež skeleta in delež novotvorb. Iz vsakega horizonta smo vzeli vzorec tal, iz katerega smo v laboratoriju katedre pedologije na Biotehniški fakulteti določili še teksturo, vrednost pH, količino organske snovi, C/N razmerje in količino rastlinam dostopnega fosforja in kalija.



Slika 3: Izkop profila Moškanjci (2011): plitva rjava tla na prodnatem aluviju reke Drave (parcela: Mamino)



Slika 4: Opis profila tal na zemljišču Moškanjci – parcela Mamino (2011)



Slika 5: Opis horizontu na zemljišču Moškanjci – parcela Kumrovo (2011)

Preglednica 4: Opis horizontov na zemljišču Moškanjci – parcela Mamino (2011)

Horizonti	Lastnosti določene na terenu	Lastnosti določene v laboratoriju
Ap horizont (0 – 20 cm)	lahko drobljiv, oreškasta struktura, ilovnata tekstura, dobro prekoreninjen, humozen, 10 vol. % skeleta (prod velikosti ~ 3cm)	pH = 6,0 organska snov = 3,5 % C/N razmerje = 10,5 P ₂ O ₅ = 9,3 mg/100g tal K ₂ O = 19,9 mg/100 g tal
Bv horizont (20 – 41 cm)	drobljiv, gost, poliedrična struktura, ilovnata tekstura, srednje humozen, redke korenine, 20 vol. % skeleta (prod velikosti ~ 5cm)	pH = 4,9 organska snov = 1,8 % C/N razmerje = 9,8 P ₂ O ₅ = 2,3 mg/100g tal K ₂ O = 10,3 mg/100 g tal
BvC horizont (41 – 62 cm)	zelo drobljiv, slabo izražena poliedrična struktura, ilovnata do peščeno ilovnata tekstura, mineralen redke korenine, 80 vol. % skeleta (prod velikosti ~ 3 cm)	pH = 5,2 organska snov = 0,8 % C/N razmerje = 8,3 P ₂ O ₅ = 5,7 mg/100g tal K ₂ O = 5,8 mg/100 g tal
C1 horizont (62 – 82 cm)	prevladuje (85-90 vol.%) nekarbonaten prod velikosti 2 – 5 cm, mineralen, redke korenine	ni podatkov

Tla na poskusnem polju `Mamino` so plitva do srednje globoka distrična rjava tla. So teksturno lažja in vsebujejo veliko skeleta. Sposobnost tal za zadrževanje vode je majhna, zato so občutljiva za sušo.

Preglednica 5: Opis horizontov na zemljišču Moškanjci – parcela Kumrovo (2011)

Horizonti	Lastnosti določene na terenu	Lastnosti določene v laboratoriju
Ap1 horizont (0 – 8 cm)	lahko drobljiv, drobno grudičasta struktura, ilovnata tekstura, dobro humozen, srednje prekoreninjen, posamezni prodniki (prod velikosti ~ 1 cm)	pH = 5,9 organska snov = 5,5 % C/N razmerje = 9,1 P ₂ O ₅ = 2,8 mg/100g tal K ₂ O = 14,9 mg/100 g tal
Ap2 horizont (8 – 25 cm)	Drobljiv, oreškasta struktura, ilovnata tekstura, dobro humozen, redke korenine	pH = 4,8 organska snov = 5,0 % C/N razmerje = 8,8 P ₂ O ₅ = 2,2 mg/100g tal K ₂ O = 10,8 mg/100 g tal
AGo horizont (25 – 45 cm)	Drobljiv, nekoliko gost, prizmatična struktura, ilovnata do glinasta tekstura, mineralen, posamezne korenine, kontinuirane marmoracije, glinaste prevleke in konkrecije	pH = 5,5 organska snov = 2,1 % C/N razmerje = 7,8 P ₂ O ₅ = 1,8 mg/100g tal K ₂ O = 9,6 mg/100 g tal
GoGr horizont (45 – 67 cm)	gost, težko drobljiv, prizmatična struktura, glinasto ilovnata tekstura, mineralen, posamezne korenine, kontinuirane marmoracije, glinaste prevleke in konkrecije	pH = 6,0 organska snov = 1,2 % C/N razmerje = 7,8 P ₂ O ₅ = 0,3 mg/100g tal K ₂ O = 9,6 mg/100 g tal
Gr horizont (67 – 87 cm)	gost, drobljiv, prizmatična struktura, glinasto ilovnata tekstura, mineralen, posamezne korenine, veliko konkrecij in glinastih prevlek	pH = 6,1 P ₂ O ₅ = 0,2 mg/100g tal K ₂ O = 12,7 mg/100 g tal
C1 horizont (87 – 97 cm)	peščeno glinast nanos, pretežno anaerobni pogoji, do 5 vol. % (velikost prodnikov ~ 1 cm)	pH = 6,1 P ₂ O ₅ = 0,3 mg/100g tal K ₂ O = 10,8 mg/100 g tal

Tla na poskusnem polju `Kumrovo` so teksturno težja in globoka. Imajo dobro kapaciteto za vodo, saj so težja in vsebujejo malo oziroma nič skeleta. V nižjih horizontih so oglejena. Tla so manj občutljiva za sušo.

3.2.3 Sprememba lastnosti tal pod različnimi sistemi obdelave tal

V letu 2019 je bil ponovno izkopen vzorec tal (22.2. 2019). Orani del zemljišča je služil kot kontrola, pri obravnavanju PKO (tla obdelana s strojem Evers) pa smo primerjalno opazovali vpliv ohranitvene obdelave tal po devetih letih prehoda na nov način obdelave.

Na preseku izkopa profila so bili vzeti vzorci horizontov tal in analizirani v laboratoriju.

3.2.4 Morfološke spremembe

Med izkopanima profiloma se je pojavila razlika. Tla, kjer je potekala konvencionalna obdelava s plugom, so do globine 32 cm lahke drobljive konzistence, na globini 32 cm pa naletimo na plazino. Plazina predstavlja oviro pri razvoju korenin rastlin. Na tleh pri PKO pa se je v zgornjem delu ustvaril humozen A1 horizont (do globine 12 cm), ki je bolj prekoreninjen v primerjavi s horizonti pri oranih tleh. Na globini 12 cm se pojavi horizont A2, ki je strukturno podoben horizontu A1, razlikuje se v manjšem deležu organske snovi in večjem deležu skeleta. Opazimo lahko, da je na površju manj skeleta pri ohranitveni obdelavi tal. To je najverjetneje posledica manjšega mešanja spodnjih in zgornjih slojev tal. Manjši odstotek skeleta v zgornjem delu tal in večja vsebnost organske snovi ter hranil omogočajo lažji vznik in mladostni razvoj rastlin.

V nižjih horizontih ni bilo opaznih sprememb pri obeh načinih obdelave.

Preglednica 6: Spremembe morfoloških lastnosti tal po 9 letih uvedbe ohranitvene obdelave (ORANO in PKO parcela Kumrovo)

Globina (cm)	2011 - ORANO (izhodišče)	2019 - ORANO	2019 - PKO
0	Ap1 (0 - 8 cm): KONZISTENCA:lahko drobljiva, STRUKTURA: grudičasta KORENINE: srednje goste, SKELET: 0 - 2 vol. %	Ap (0 - 32 cm): KONZISTENCA: lahko drobljiva, STRUKTURA: oreškasta KORENINE: redke, SKELET: 0 - 2 vol. %	A1 (0 - 5 cm): KONZISTENCA: drobljiva, STRUKTURA: grudičasta KORENINE: redke, SKELET: 0 - 2 vol. %
20	Ap2 (8 - 25 cm): KONZISTENCA: drobljiva, STRUKTURA: oreškasta KORENINE: redke, SKELET: 0 - 2 vol. %		A2 (5 - 32 cm): KONZISTENCA: drobljiva, STRUKTURA: poliedrična KORENINE: redke, SKELET: 0 - 2 vol. %
40	AGo (25 - 45 cm): KONZISTENCA: drobljiva, STRUKTURA: prizmatična KORENINE: posamezne, SKELET: 0 - 2 vol. %	AB (32 - 45 cm): KONZISTENCA: gosta/drobljiva, STRUKTURA: poliedrična KORENINE: posamezne, SKELET: 0 - 2 vol. %	AB (32 - 45 cm): KONZISTENCA: gosta, STRUKTURA: poliedrična KORENINE: posamezne, SKELET: 0 - 2 vol. %
60	GoGr (45 - 67 cm): KONZISTENCA: težko drobljiva, STRUKTURA: prizmatična KORENINE: posamezne, SKELET: 0 - 2 vol. %	Go (45 - 67 cm): KONZISTENCA: srednje drobljiva, STRUKTURA: oreškasta KORENINE: neprekoreninjeno, SKELET: 0 - 2 vol. %	Go (45 - 78 cm): KONZISTENCA: gosta/drobljiva, STRUKTURA: oreškasta KORENINE: posamezna, SKELET: 0 - 2 vol. %
80	Gr (67 - 87 cm): KONZISTENCA: sred. drobljiva STRUKTURA: prizmatična KORENINE: posamezne, SKELET: 0 - 2 vol. %	GoGr1 (67 - 92 cm): KONZISTENCA: srednje drobljiva, STRUKTURA: oreškasta KORENINE: neprekoreninjeno, SKELET: 0 - 2 vol. %	Gr (78 - 103 cm): KONZISTENCA: sred. drobljiva, STRUKTURA: prizmatična KORENINE: neprekoreninjeno, SKELET: 0 - 2 vol. %
100	C1 (87 - 97 cm): peščeno glinast nanos, anaerobni pogoji KORENINE: neprekoreninjeno SKELET: 0 - 5 vol. %	GoGr1 (92 - 112 cm): KONZISTENCA: gosta/gnetljiva, STRUKTURA: nestrukturna KORENINE: neprekoreninjeno, SKELET: 0 - 2 vol. %	
120		GrC (125 + cm): sediment, peščen mulj, čvrsti silikati	C (103 - 115 cm): sediment, peščen mulj, čvrsti silikati

Tla na zemljišču `Kumrovo` so težja, vsebujejo večjo količino gline. Na oranem delu zemljišču imamo na globini oranja do 32 cm dobro strukturiran horizont, pod tem horizontom se pojavi plazina, zato je horizont AB le posamezno prekoreninjen. Na globini pod 45 cm se že pojavljajo marmoracije, lahko sklepamo, da so tla tej globini že slabše porozna. Pri tleh pod ohranitveno obdelavo tal se v zgornjih 5 cm pojavi močno humozen in svež horizont. Do globine 32 cm se nahaja A2 horizont, sklepamo lahko, da je globina profila povezana z lastnostmi tal konvencionalne obdelave pred začetkom poskusa. Horizont AB je v tleh pod ohranitveno obdelavo tal še vedno srednje humozen, na oranih tleh pa je že slabo humozen. Sklepamo lahko, da v težjih tleh ohranitvena obdelava pozitivno vpliva na vsebnost organske snovi v tleh.

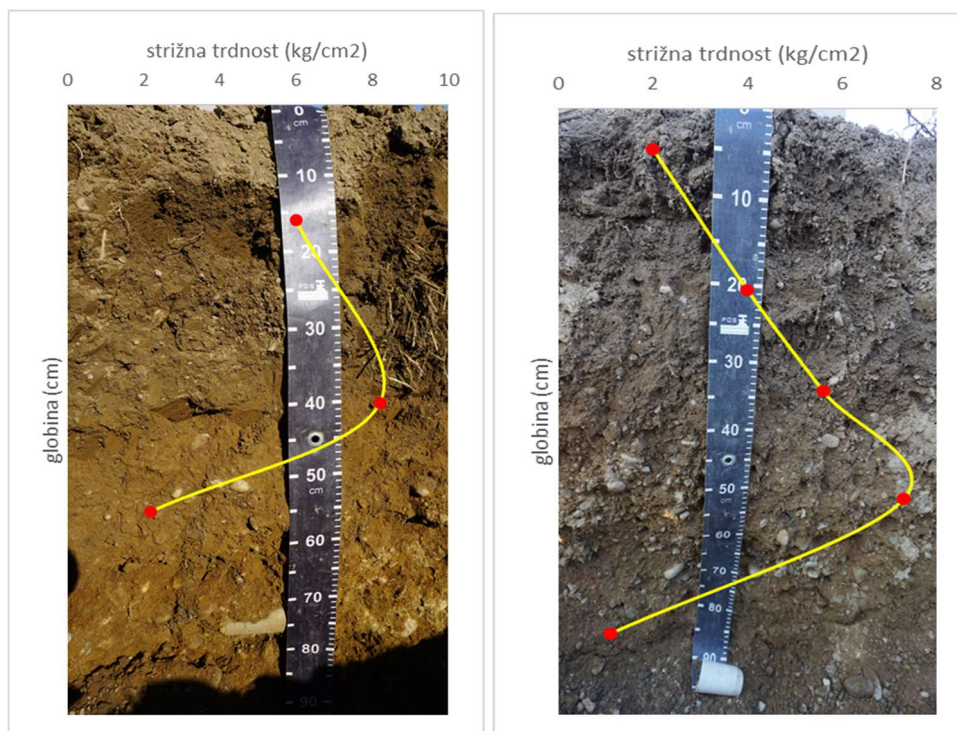
3.2.5 Določanje strižne napetosti

Po izkopu profila 22. 2. 2019 smo na izkopanih profili izmerili še strižno napetost tal. Za merjenje napetosti so uporabili ročno napravo TORVANE, s katero hitro določamo strižno napetost v izkopanem profilu tal ali v laboratoriju. Lahko merimo strižno napetost na testno izkopanih profilov, na jarkih ali gradbenih izkopih, lahko pa jo uporabimo na ravnih ploskvah vzorca v laboratoriju.

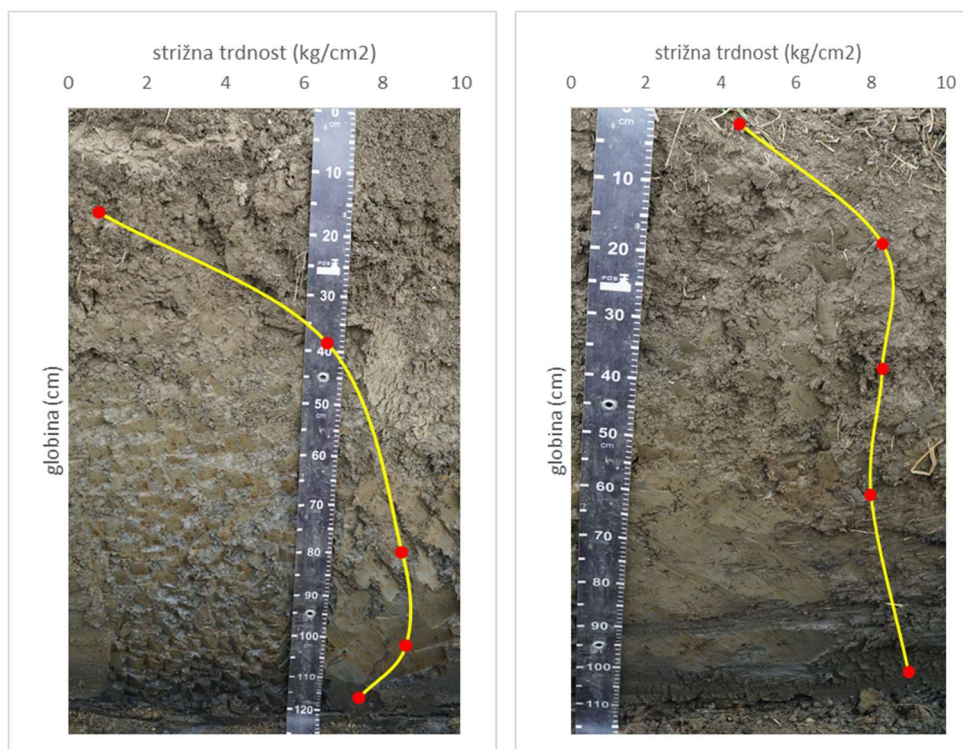
Strižne napetosti preprečujejo porušitev in pomagajo »podpirati« geotehnično konstrukcijo. Strižne napetosti lahko povzročijo tudi spremembo volumna zemljine. Strižna trdnost zemljine je maksimalna strižna napetost, ki jo zemljina lahko prenese. To je strižna napetost, ki deluje na ploskvi, vzdolž katere poteka drsenje. Do porušitve zemljine pride, ko strižna napetost preseže limitno (največjo možno) strižno napetost (strižno trdnost).

TORVANE ima rang navora, ki ga z lahkoto ustvarimo z roko. Napravo uporabljamo na vlažnih tleh, katerih lastnosti v nasičenem stanju ne odstopajo od lastnosti v normalnih dreniranih razmerah. Rang napetosti omogoča uporabo na vseh mineralnih tleh, na lahkih in težkih.

Z napravo smo dokazali, da so tla, ki orana bolj rahla. To nam pove, da so takšna tla bolj dovzetna za nadaljnje tlačenje. Tla, ki so obdelana s strojem `Evers` (PKO) so v zgornjem delu (0-10 cm) rahla, v nižjem delu na globini se tvori zbiti sloj, ki je posledica obremenitve tal s kmetijsko mehanizacijo. V nižjih horizontih ni razlike med načinoma obdelave.



Slika 6: Strižna trdnost izmerjena na poskusnem polju Moškanjci - Mamino, levo je prikazana trdnost tal pod konvencionalno obdelanimi tlemi, desno pa pod plitvo kompostirno obdelanimi tlemi (2019)



Slika 7: Strižna trdnost izmerjena na poskusnem polju Moškanjci - Kumrovo, levo je prikazana trdnost tal pod konvencionalno obdelanimi tlemi, desno pa pod ohranitveno obdelanimi tlemi (2019)

3.2.6 Pridetek na poskusnih poljih pod različnimi sistemi obdelave tal

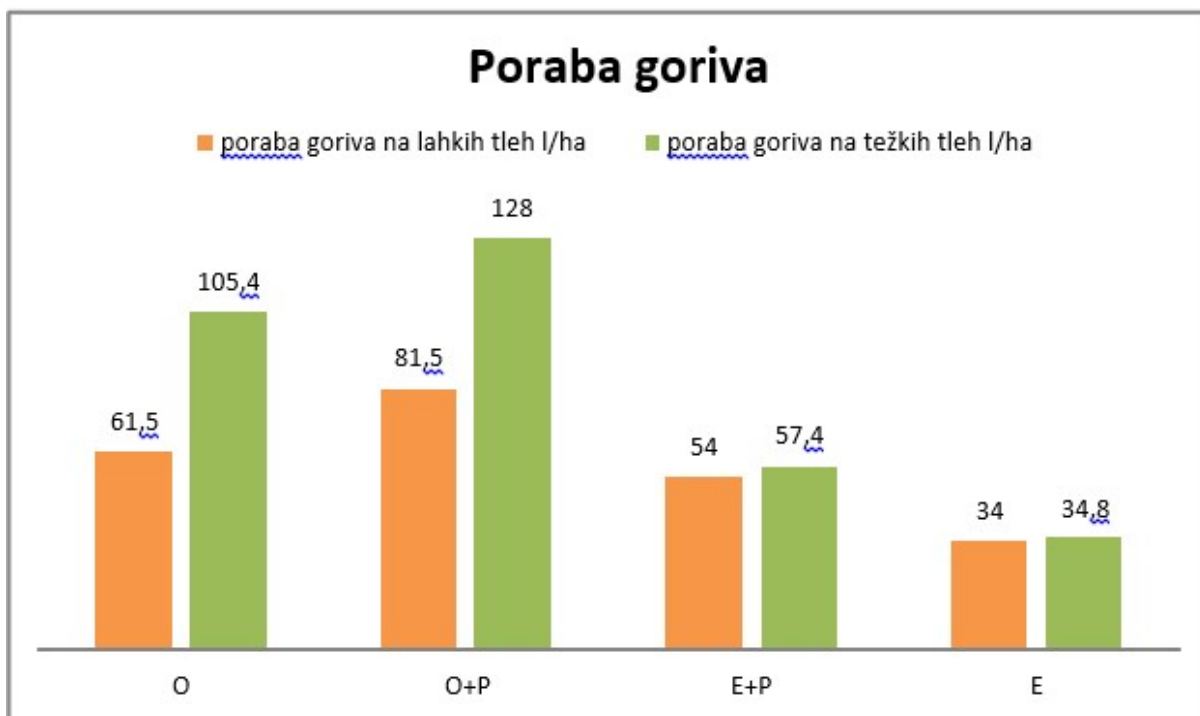
Pridelki pod različnimi sistemi obdelave so prikazani v Preglednici 7 in Preglednici 8. Vsako leto je bila na vseh poskusnih poljih sejana enaka kulturna rastlina. Ob žetvi so bili pridelki stehtani, količina pridelka je bila nato preračunana na hektarski donos.

Preglednica 7: Pridelki za posamezna leta na poskusnem polju Moškanjci – Mamino za konvencionalno in ohranitveno obdelana tla (PKO)

Lahka tla – Moškanjci (Mamino)	leto	Konvencionalna obdelava (pridelek kg/ha)	'Evers` (PKO) (pridelek kg/ha)
KORUZA	2012	3475	3695
RŽ	2013	6713	5819
OLJNA OGRŠČICA	2014	4380	4628
PŠENICA	2015	7504	7600
KORUZA	2016	9416	7522
SOJA	2017	1772	1595
PŠENICA	2018	4572	4298
Relativni pridelek za vsa leta		100	95

Preglednica 8: Pridelki za posamezna leta na poskusnem polju Moškanjci – Kumrovo za konvencionalno in ohranitveno obdelana tla (PKO)

Težka tla – Kumrovo	leto	Konvencionalna obdelava (pridelek kg/ha)	'Evers` (PKO) (pridelek kg/ha)
KORUZA	2012	7930	8400
RŽ	2013	7000	5920
OLJNA OGRŠČICA	2014	4528	5050
PŠENICA	2015	6324	7260
KORUZA	2016	11387	10648
SOJA	2017	1976	1889
PŠENICA	2018	5023	4729
Relativni pridelek za vsa leta		100	100



Slika 8: Primerjava porabe goriva (l/ha) za različne obdelave tal (Korošec, 2011)

Na podlagi izračuna relativnih pridelkov lahko razberemo, da so pridelki v primeru težjih tal (Moškanjci – Kumrovo) enaki na konvencionalno in ohranitveno obdelanih tleh. V primeru lahkih tal (Moškanjci – Mamino) pa so za 5 % nižji. Glede na nižjo porabo goriva, ki jo dosegamo pri ohranitveni obdelavi lahko rečemo, da je ohranitvena obdelava bolj smiselni način obdelave tal.

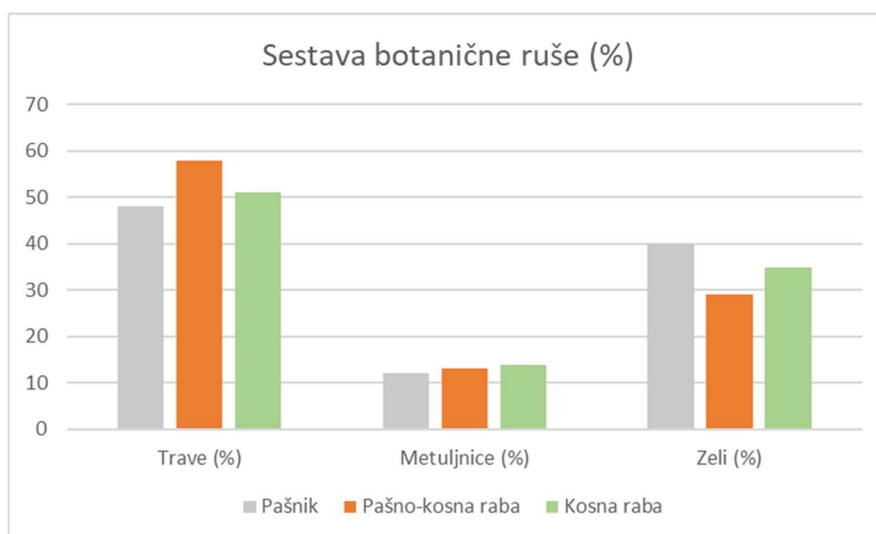
4) WP2-2 Prikaz metod za hitro vizualno ocenjevanje optimalne pokravnosti. Analize in predstavitev vzorcev travniških tal iz kmetij.

V okviru delovnega sklopa je bila izvedena vizualna ocena botanične sestave ruše po metodi Braun Blanquet. Botanična ocena je bila izvedena v obeh letih 2020 in 2021 jeseni. Na botanično sestavo travne ruše vpliva način rabe travniških tal. Zechmeister in sod., (2003) navajajo, da intenzivnejša raba in povečano gnojenje na splošno vplivata negativno na raznovrstnost in pestrost travne ruše. Posledični je bil v sklopu projekta izveden popis botanične ruše na treh različnih načinih in intenzivnosti rabe travinja, in sicer na pašnike, travnike in kombinirano pašno-kosno gospodarjenje (Korošec, 1997). Skupno na 30 traviščih po različnih statističnih regijah Slovenije (koroška, podravska, savinjska in osrednjeslovenski). Pri popisu sestave botanične ruše je prisotnost travniških funkcionalnih skupin (trav, metuljnic, zeli) v travni ruši slovenskega travinja primerna načinu rabe slednjega.

Rezultati iz Preglednice 9 kažejo, da se kombinirano pašno-kosno gospodarjenje v svojih učinkih na sestavo in rast travne ruše dopolnjujeta, zato dajeta najboljšo travno rušo. O podobnih rezultatih piše tudi Plantureux in sod., 2005, cit. po Kramberger, 2006, da pašno-kosna raba v primerjavi z enostransko rabo povečuje biotsko pestrost, saj občasna košnja omogoča občasno tvorbo semena nekaterim rastlinam pri paši pa živali s selektivno pašo in gaženjem ter dušikovim ciklusom in izločki ohranjajo rušo pestro (Rook in Tallowin, 2003, cit. po Kramberger, 2006).

Preglednica 9: Sestava botanične ruše glede na način rabe travinja po celotni Sloveniji

Način rabe	Število popisov	Trave (%)	Metuljnice (%)	Zeli (%)
Pašnik	9	48	12	40
Pašno-kosna raba	9	58	13	29
Kosna raba	12	51	14	35



Grafikon 3: Sestava botanične ruše glede na način rabe travinja po celotni Sloveniji

Delež prevladujočih rastlin (trave (%)):

- Enoletna latovka (*Poa annua* L.)
- Mnogocvetna ljuljka (*Lolium multiflorum* Lam.)
- Navadna latovka (*Poa trivialis* L.)
- Pasja trava (*Dactylis glomerata* L.)
- Rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.)
- Travniška bilnica (*Festuca pratensis* L.)
- Travniška latovka (*Poa pratensis* L.)
- Trpežna ljuljka (*Lolium perenne* L.)
- Visoka pahovka (*Arrhenatherum elatius* L.).

Delež prevladujočih rastlin (metuljnice (%)):

- Bela detelja (*Trifolium repens* L.)
- Črna detelja (*Trifolium pratense* L.)
- Nokota (*Lotus corniculatus* L.).

5) WP3 Predstavitev rezultatov IOSDV poskusov (Jable, Rakičan). Količine pridelkov, organska snov v tleh, mikroorganizmi (KIS)

Dr. Aleš Kolmanič

5.1 Povod za dolgoletne IOSDV poskuse

Med izzivi slovenskega kmetijstva je tudi prilagoditev spremenjenim klimatskim razmeram, zmanjšanje dovzetnost za stresne dogodke ter usmeritev v trajnostno in okoljsko sprejemljivo pridelavo. Z ratifikacijo Pariškega sporazuma o podnebnih spremembah se je Slovenija zavezala, da bo do leta 2050 dosegla neto ničelne emisije toplogrednih plinov. To pomeni, da bo še preostale antropogene emisije nevtralizirala s ponori. K doseganju teh ciljev lahko prispevajo tudi kmetijska tla, ki so lahko v primeru dobrega gospodarjenja ponor ogljikovega dioksida, lahko pa so tudi vir emisij. Trenutne uradne evidence kažejo, da se za njive in travnike zaloge C v tleh pri nas še povečujejo. Npr., ocena ponora ogljika za leto 2018 je za njive in trajne nasade približno 47 tisoč ton C, oz. preračunano na hektar se je v letu 2018 v povprečju države vezalo 0,26 t/ha C v tla njiv in trajnih nasadov. Vrednosti niso slabe, a da bi dosegali zadane cilje bi bilo potrebno ponore še povečati. To pa med drugim zahteva tudi dobro poznavanje učinkov obdelave tal, učinkov gnojenja z organskimi in mineralnimi gnojili ter učinke kolobarja na zaloge ogljika v različnih tleh in klimatskih razmerah.

Organski ogljik v tleh je pomemben sestavni del kroženja organske snovi in predstavlja približno 45 % mase organske snovi, ostalo so voda in druga hranila. Vsebnost organskega ogljika v tleh je tako neposredno povezana s količino organske snovi v tleh, oz. tla z večjo vsebnostjo organske snovi vsebujejo tudi več organskega ogljika. Organska snov v tleh je pomemben kazalec njihove kakovosti in rodovitnosti. Sestavljajo jo živi in mrtvi organizmi v tleh, njihovi organski izločki ter produkti njihove razgradnje. Vpliva na številne kemijske, fizikalne in biološke lastnosti tal (Craswell in Lefroy, 2001). Z biološkega vidika je organska snov pomemben vir energije in hranil (predvsem dušika, fosforja in žvepla) za talne organizme in rastline. Organska snov v tleh je pomembna tudi z vidika blaženja podnebnih sprememb na več načinov. Rastlinski ostanki, ki pokrivajo površino tal, ščitijo tla pred razpadom površinske strukture tal in tvorbo skorje zaradi udarca dežnih kapljic, s čimer se poveča infiltracija deževnice in zmanjša odtok. Povečana organska snov posredno in neposredno prispeva k poroznosti tal in s tem k boljši infiltraciji padavin v tla. Posledica povečane infiltracije vode v kombinaciji z večjo vsebnostjo organskih snovi je povečano skladiščenje vode v tleh. Zlasti v zgornjem sloju tal, kjer je vsebnost organskih snovi večja in kjer je največja koreninska masa, je mogoče shraniti več vode.

Kmetovanje pomembno vpliva na zaloge organskega ogljika v tleh, tako s spremembami rabe zemljišč kot z izvajanjem kmetijskih praks (Söderström in sod., 2014). Kmetijske prakse, ki ne vračajo organskih ostankov v tla in/ali spodbujajo mineralizacijo organske snovi, manjšajo zaloge ogljika v tleh. S praksami, kot so ustrezno kolobarjenje, ozelenitve strnišč z dosevkami, gnojenje z organskimi gnojili, puščanje žetvenih ostankov, uvajanje minimalne obdelave in tehnologijami brez obdelave tal pa na drugi starani povečujejo zaloge ogljika v tleh (Söderström in sod., 2014).

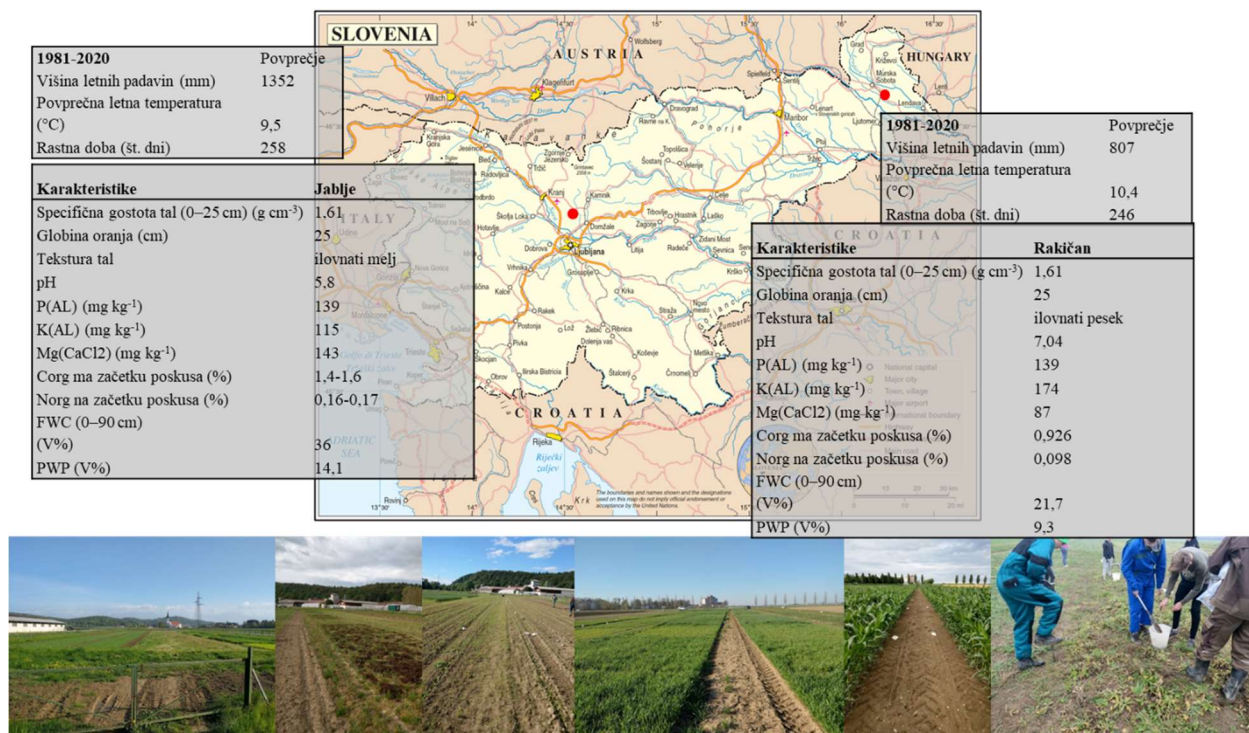
Ohranjanje ali povečanje ogljika v kmetijskih tleh je v zadnjem času obravnavana kot pomembna ekosistemska storitev kmetijstva, s katero bi lahko omejili podnebne spremembe, obenem pa izboljšali rodovitnost tal. Pomembna raziskovalna orodja za odkrivanje morebitnih sprememb, ki jih povzročajo kmetijske prakse, so trajni (večletni) poskusi (Onofri in sod., 2016). V nasprotju z drugimi okoljskimi poskusi, predstavljajo trajni poskusi (LTE) neprecenljivo orodje za odkrivanje morebitnih počasnih sprememb, ki jih povzročajo pridelovalni sistemi na dolgi rok in tako razkrijejo morebitne nevarnosti za okolje in ohranjanje rodovitnosti kmetijskih zemljišč. Z njimi so že večkrat dokazali, da se lahko dolgoročni odzivi na preučevane dejavnike bistveno razlikujejo od kratkoročnih. V Sloveniji pomembno raziskovalno platformo za spremljanje učinkov različnih gnojilnih praks predstavljata večletna poljedelska poskusa po shemi IOSDV (mednarodni trajni poskusi z organskim dušikom). Poskusa je zasnoval prof. dr. Anton Tajnšek v letu 1993 in potekata po nespremenjeni metodologiji že 28 let zapored. V upravljanju Kmetijskega inštituta Slovenije so od leta 2010 in njihov trenutni skrbnik je dr. Aleš Kolmanič. Pridobljeni podatki so se že do sedaj izkazali kot izjemno pomembni. A poskusi šele zdaj vstopajo v fazo, kjer je mogoče pridobivati najpomembnejše informacije.

V okviru CRP-a »Zmanjšanje sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervirajoče) obdelave tal v trajnostno poljedelstvo« smo sodelavci KIS-a izvedli vzorčenja tal do globine 90 cm za namene preverjanje vpliva 27 letnega izvajanja določenih praks gnojenja z organskimi in mineralnimi gnojili in njihovega vpliva na zaloge organskega ogljika v tleh, ki se obdelujejo z oranjem. Prav tako predstavljamo analizo spreminjanja količine pridelkov koruze za zrnje in ozimne pšenice glede na način gnojenja ter agronomsko učinkovitost dodanega N iz mineralnega gnojila na pridelke.

5.2 Predstavitev poskusov

5.2.1 Lokaciji poskusov

Trajna poskusa IOSDV potekata v Rakičanu (severovzhodna Slovenija, 46°39'N, 16°11'E, nadmorska višina 186 m) in Jabljah (46°08'35.7"N 14°33'23.6"E, nadmorska višina 304 m). V Rakičanu je dolgoletno povprečje temperatur (1981-2020) 10,4°C, dolgoletno letno povprečje padavin pa 807 mm. Povprečna dolžina rastne dobe je 246 dni (1981–2010). Tla spadajo med izprana rjava tla s prevladujočo teksturo ilovnati pesek. V Jabljah je dolgoletno povprečje temperatur (1981–2020) 9,5 °C, dolgoletno letno povprečje padavin pa 1352 mm. Povprečna dolžina rastne dobe v obdobju 1981–2010 je bila 258 dni. Tla so psevdoglejena s prevladujočo teksturo ilovnati melj.



Slika 9: Lokaciji in osnovne pedo-klimatske značilnosti večletnih poskusov IOSDV v Sloveniji

5.2.2 Zasnova poskusov

Kolobar na trajnih poskusih sestavljajo koruza, ozimna pšenica in ozimni ječmen (Rakičan) ali oves (Jablje). Poskus je zasnovan tako, da je vsaka od navedenih poljščin -posejana vsako leto na eni izmed treh poljin (A, B in C), s tem da se na vsaki od njih izvaja tripoljni kolobar (slika 10). Vsaka poljina se naprej deli na dva dela, dolžina vsakega je 90 metrov s širino 6 metrov. Gnojilna obravnavanja z N iz mineralnih gnojil so naključno razporejena na pod-parcelah, velikost posameznega obravnavanja je 30 m² (5 × 6 m).

Statistično je poskus zasnovan kot dvofaktorski z glavnima dejavnikoma gnojenje z organskimi gnojili ter gnojenje z dušikom (N) iz mineralnih gnojil (naključna razporeditev na poskusu). Kombinacije z obema glavnima dejavnikoma se na poskusu ponovijo trikrat.

Pri gnojenju z organskimi gnojili imamo tri načine:

- sistem A; kontrolo, brez gnojenja z organskimi gnojili, vso nadzemno biomaso poljščin z njive odstranimo;
- sistem B; gnojenje s hlevskim gnojem vsako tretjo leto (pred setvijo koruze) v količini 30 t/ha, vso nadzemno biomaso poljščin z njive odstranimo;
- sistem C; zaoravanje žetvenih ostankov rastlin v kolobarju ter vsako tretje leto setev dosevka za zeleno gnojenje.



Slika 10: Zasnova poskusov in razvrstitev gnojilnih postopkov na večletnih poskusih IOSDV v Sloveniji

Z N iz mineralnih gnojil gnojimo v štirih količinah, označenih z N0 (kontrola), N1, N2 in N3. Količine so prilagojene vsaki vrsti v kolobarju, npr. za koruzo je to 0, 100, 200 in 300 kg/ha N iz mineralnih gnojil. Podrobneje so količine za posamezno poljščino v kolobarju prikazane v preglednici 1. Obravnavanja z organskimi in mineralnimi gnojili so razporejena znotraj osnovnih podparcel v treh ponovitvah. Dognoevanja z mineralnimi gnojili potekajo glede na fenološki razvoj posevkov (pri žitih v fazi razraščanja, kolenčenja in klasenja, pri koruzi pred vznikom rastlin ter v fazi 4–5 razvitih listov, pri žitih v fazi razraščanja, kolenčenja in klasenja). Obdelava tal v poskusu je konvencionalna, kjer dvakrat na leto orjemo do globine 25 cm. Gnojenje s fosforjem in kalijem je enako za vse parcele.

Če povzamemo, postopki na poskusu predstavljajo tri tipe kmetijske pridelave pri nas. Prvi tip (sistem A) predstavlja poljedelske kmetije, kjer vso nadzemno rastlinsko biomaso z njive odstranijo. To so v praksi kmetije, ki npr., koruzno silažo prodajajo bioplinarni, ali kmetije ki ob zrnju prodajajo tudi pšenično in ječmeno slamo. Drugi tip (sistem B) so poljedelsko-živinorejske kmetije, kjer prav tako vso nadzemno biomaso odstranijo zaradi potreb po krmi ali nastilju, a nato občasno njivo gnojijo s hlevskim gnojem v količini 30 t/ha. Tretji tip (sistem C) so poljedelske kmetije, kjer z njive odvzamejo samo pridelke zrnja, ostalo biomaso oz. slamo podorjejo in dodatno vsako tretje leto sejejo neprezimni dosevek.

Preglednica 10: Zasnova večletnih poskusov IOSDV v Jabljah in Rakičanu

	Koruza	Ozimna pšenica	Ozimni ječmen / jari oves
	količina dodanega N (kg/ha) z mineralnimi gnojili		
Sistem A: brez organskega gnojenja			
Brez.org–N0	0	0	0
Brez.org –N3	300	195	165
Sistem B: 30 t/ha hlevskega gnoja pred koruzo			
Gnoj–N0	0	0	0
Gnoj –N1	100	65	55
Gnoj –N2	200	130	110
Gnoj –N3	300	195	165
Sistem C ¹ : zaoravanje rastlinske biomase (žetveni ostanki ter zeleno gnojenje)			
Slama–N0	0	0	0
Slama –N1	100	65	55
Slama –N2	200	130	110
Slama –N3	300	195	165

¹ Pri oranju za setev nove poljščine v tla zadelamo žetvene ostanke (biomaso) predhodne poljščine (pred setvijo ozimne pšenice zaorjemo koruznico, pred setvijo ječmena/ovsa zaorjemo pšenično slamo, po spravi pridelka ječmena/ovsa zaorjemo ječmenovo/ovseno slamo in nato posejemo oljno redkev, ki jo v tla zaorjemo pri osnovni obdelavi za setev koruze).

5.2.3 Vzorčenje na poskusih, analize ter preračuni analiznih podatkov

Vzorčenje tal za analize organske snovi smo izvajali v januarju in februarju v letih 2019, 2020 in 2021. Vzorčili smo na vseh ponovitvah do globine 90 cm po 30 cm slojih ter vzorec do 25 cm. V tem poročilu podrobneje prikazujemo samo rezultate za leto 2020. Za vzorčenje smo uporabili sondo s premerom 5 cm, na vsaki parceli smo naredili šest vbodov. V Rakičanu smo zmeraj vzorčili na poljini A (skrajno leva), v Jabljah pa na poljini B (sredinska). V letu 2019 je bil na obeh lokacijah kolobarni člen koruze za zrnje, v letu 2020 ozimna pšenica, v letu 2021 pa ozimni ječmen/jari oves.

Vsebnost organskega ogljika v vzorcih zemlje smo določali z oksidacijo v raztopini kalijevega dikromata po modificirani metodi ISO 14235:1999. Intenziteto zelenega obarvanja smo merili spektrofotometrično. Zaloge organskega ogljika v tleh smo preračunali po enačbi 1.

$$\text{Enačba 1: Zaloge organsko vezanega ogljika (t/ha) = vsebnost organskega ogljika (g/kg zemlje) \times \text{specifična gostota tal (g/cm}^3\text{)} \times \text{globina vzorčenja (m) \times 10000 m}^2 \quad 1.$$

Za specifično gostoto smo v Rakičanu uporabili vrednost 1,61 g/cm³ (globina 0–25 cm) in v Jabljah 1,55 g/cm³ (0–25 cm) (Tajnšek, 2003a). Pri preračunu zalog ogljika smo predpostavili, da se specifična gostota z globino povečuje za 0,03 g/cm³ na 10 cm. Za začetno količino organsko vezanega ogljika v tleh smo uporabili vrednosti, kot jih navaja Tajnšek za leto 1993 na obeh lokacijah (2003a).

Pridelke poljščin smo v zadnjih desetih letih določali z žetvijo površine 7,5 m² pri pšenici, ječmenu in ovsu ter 8,4 m² pri koruzi. Za prejšnja leta imamo na voljo podatke o izračunanih pridelkih zrnja na ha, ki so preračunani na suho snov. Žetev poskusov smo izvajali z uporabo parcelnega kombajna Wintersteiger v tehnološki zrelosti

posamezne kulture v kolobarju. Po žetvi smo na vzorcu analizirali vsebnosti vlage in vse pridelke preračunali na suho snov. Kot taki so predstavljeni v tem prispevku. Za analize gibanja pridelkov smo uporabili regresijsko analizo. Agronomsko učinkovitost dodanega N z mineralnimi gnojili smo preračunali glede na povečanje pridelka z dodano količino N v primerjavi z negnojenimi kontrolami.

5.3 Rezultati z razpravo

5.3.1 IOSDV Rakičan

5.3.1.1 Vpliv organskega gnojenja in gnojenja z mineralnim N na zaloge organskega ogljika v tleh na poskusu IOSDV Rakičan

Rezultati vzorčenja iz leta 2020 kažejo, da so zaloge ogljika v talnem sloju do 25 cm najmanjše kjer ne gnojimo z organskimi gnojili in največje kjer uporabljamo hlevski gnoj (preglednica 2). Najmanj ogljika je pri kombinaciji kjer ne gnojimo z organskimi gnojili in uporabljamo N3 količino N iz mineralnih gnojil (A-N3, 38,6 t/ha), največ pa pri kombinaciji gnojenja s hlevskim gnojem ter N1 količino N iz mineralnih gnojil (B-N1, 52,5 t/ha), a so razlike v zalogah med količinama N1-N3 majhne.

Preglednica 11: Vsebnost vezanega Corg v tleh (t/ha, do globine 25 cm) glede na način gnojenja z organskimi gnojili in količino dodanega mineralnega N v poskusu IOSDV Rakičan za leto 2020

	Sistem A	Sistem B	Sistem C
N0	40,4	48,4	42,1
N1	n.p.	52,5	44,8
N2	n.p.	52,1	48,0
N3	38,6	51,7	50,3

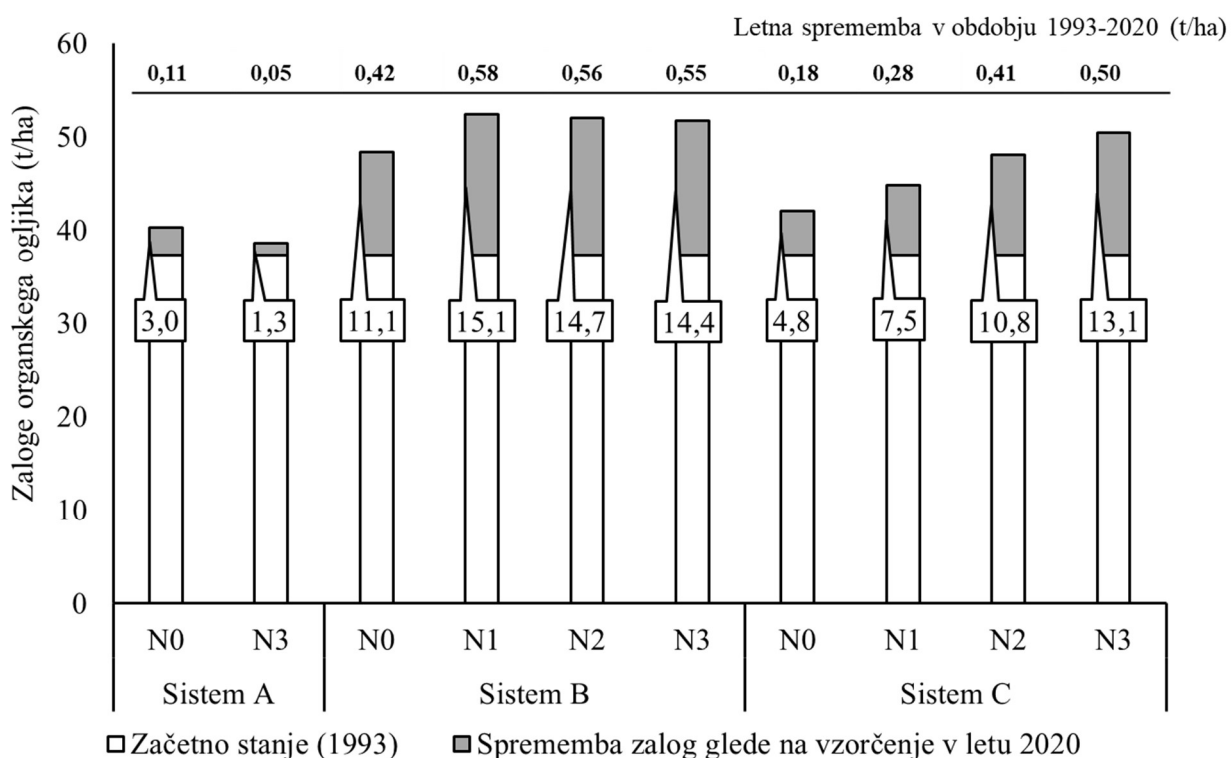
Sistem A, brez zaoravanja žetvenih ostankov; sistem B, dodajanje hlevskega gnoja 30 t/ha vsako tretje leto, pred setvijo koruze; sistem C, zaoravanje žetvenih ostankov in setev neprezimnega dosevka po žetvi ovsa/ječmena.

N0, brez dodajanje mineralnega N; N1, dodajanje 100 kg/ha N pri koruzi, 65 kg/ha N pri pšenici in 55 kg/ha N pri ječmenu; N2, dodajanje 200 kg/ha N pri koruzi, 130 kg/ha N pri pšenici in 110 kg/ha N pri ječmenu; N3, dodajanje 300 kg/ha N pri koruzi, 195 kg/ha N pri pšenici in 165 kg/ha N pri ječmenu.

Po 26 letih izvajanja IOSDV poskusa smo zaloge organskega ogljika v tleh do globine 25 cm najbolj povečali s hlevskim gnojem. S tem načinom gnojenja so zaloge ogljika v tleh v letu 2020 večje za 37,1 % oz. 13,8 t/ha od začetnega stanja. Z zaoravanjem rastlinske biomase smo zaloge ogljika v tleh v enakem obdobju povečali za 24,2 % oz. 9 t/ha. Povečanje smo opazili tudi v obravnavanjih brez gnojenja z organskimi gnojili in sicer za 5,8 %. Povprečno letno povečanja organskega ogljika v tleh je 0,53 t/ha pri gnojenju s hlevskim gnojem, 0,34 t/ha z zaoravanjem rastlinske biomase ter 0,08 t/ha kjer ne izvajamo organskega gnojenja (slika 11).

Povečanje zalog ogljika glede na začetno stanje je bilo pri vseh kombinacijah hlevskega gnoja ali zaoravanja žetvenih ostankov z N iz mineralnih gnojil. Povečevanje odmerkov N iz mineralnih gnojil v kombinaciji s hlevskim gnojem ni vplivalo na povečanje zalog organskega ogljika v tleh. Je pa bil učinek gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil izrazit pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov, kjer je bila povezava med dodanim dušikom in zalogami ogljika v tleh bolj ali manj linearna (slika

1). Opaženo lahko enostavno pojasnimo s samo zasnovo poskusa. Gnojenje z N iz mineralnih gnojil je povečalo pridelek biomase in s tem tudi žetvenih ostankov (podatkov v tem prispevku ne prikazujemo), ti ostanki pa so v primeru zaoravanja ostali na zemljišču. Pri obravnavanjih s hlevskim gnojem pa žetvene ostanke odstranjujemo iz zemljišča in tudi v primeru, če bi gnojenje vplivalo na njihovo količino, to ne bi moglo bistveno vplivati na organski ogljik v tleh. Pri obravnavanju brez gnojenja s hlevskim gnojem ali zaoravanjem žetvenih ostankov je gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil zmanjšalo zalogo ogljika v tleh, vendar razlika ni statistično značilna.



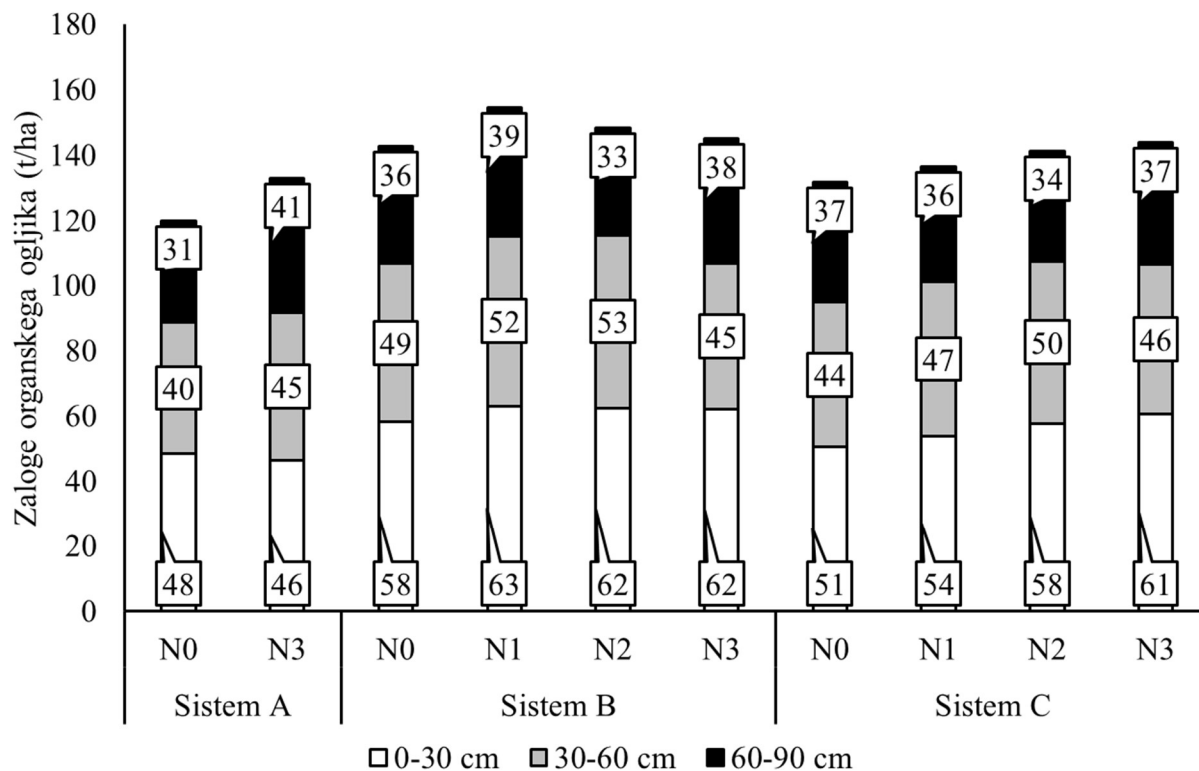
Slika 11: Zaloge organskega ogljika v 25 cm tal na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa, sprememba zalog glede na začetno stanje ter izračunana povprečna letna sprememba ogljika glede na različne gnojilne postopke. V kvadratih je zapisana razlika glede na začetno vrednost. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

Učinek gnojenja s hlevskim gnojem in zaoravanja žetvenih ostankov na zaloge organskega ogljika je bil opazen do globine 90 cm (slika 12). Podoben je bil tudi učinek gnojenja z N iz mineralnih gnojil, ki je bil izrazit le v primeru zaoravanja žetvenih ostankov. Pri gnojenju s hlevskim gnojem je v tem sloju vezanega v povprečju 147 t/ha organskega ogljika, pri zaoravanju rastlinske biomase 138 t/ha, kjer organskega gnojenja ne izvajamo pa 126 t/ha.

Raporeditev zalog ogljika do globine 90 cm kaže, da ga je v povprečju največ v globini 0–30 cm, kjer je 40,3 % celotne količine organskega ogljika, sledijo zaloge v globini 30–60 cm, kjer je 33,7 % celotne količine organskega ogljika, najmanj ogljika pa je v globini 60–90 cm, kjer je 26,0 % celotne količine organskega ogljika. Pri gnojenju s hlevskim gnojem je bil delež organskega ogljika v globini 0–30 večji kot pri ostalih praksah, v sloju 60–90 cm pa manjši. Uporaba mineralnega N v kombinaciji z zaoravanjem rastlinske biomase kaže povezavo med količino dodanega N in

vsebnostjo organskega ogljika samo v sloju 0–30 cm. V ostalih slojih ni vidnih povezav in s tem jasnega vpliva N na vsebnost organske snovi v tleh.

Pri obravnavanjih brez organskega gnojenja se kaže tendenca pozitivnega učinka gnojenja z N iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika v globjih plasteh tal. Ugotovitev bi lahko bila povezana z razvojem koreninskega sistema v plasti, v katere se izpira dodan dušik.



Slika 12: Teoretične zaloge organskega ogljika v 90 cm tal (po 30 cm slojih) na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa. V kvadratih so prikazane zaloge organskega ogljika za posamezne sloje tal. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

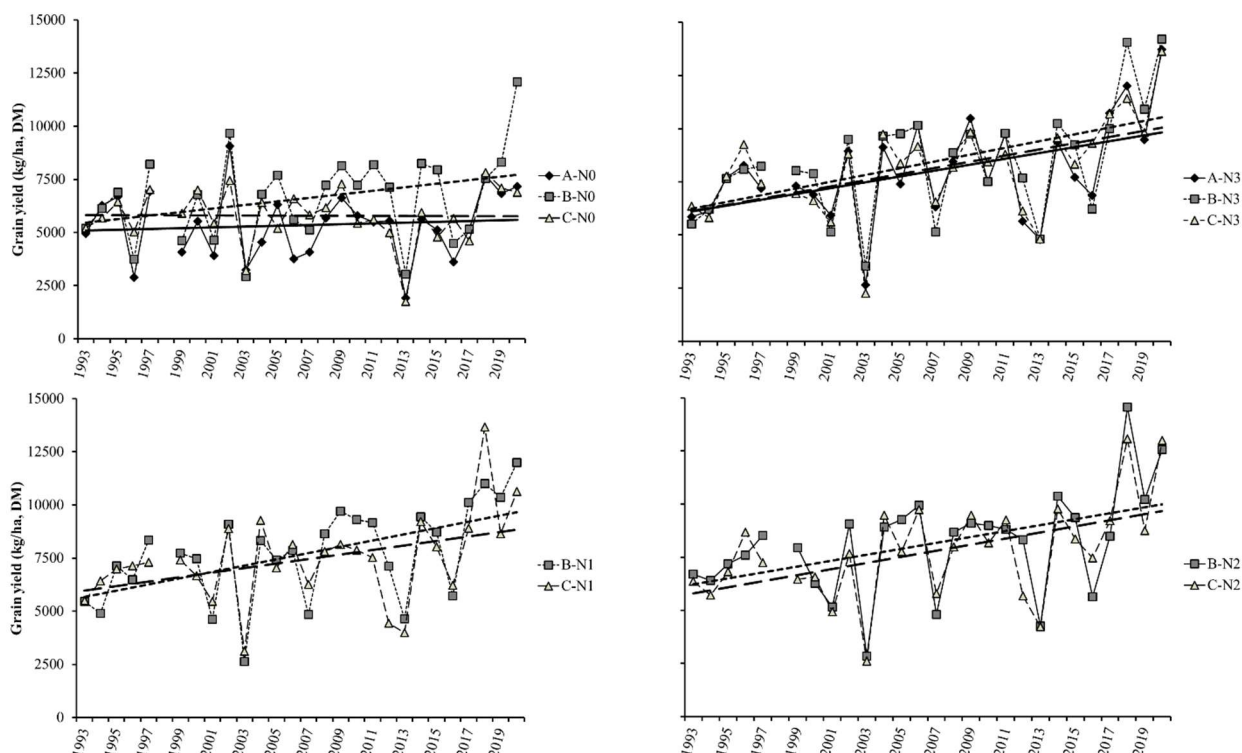
O spremembah zalog organskega ogljika v tleh v prvem obdobju izvajanja poskusov so poročali Tajnšek (2003b), Cvetkov in sod. (2010) in Tajnšek in sod. (2013). Primerjava letnih sprememb kaže, da so se pri gnojenju s hlevskim gnojem v prvih 15 letih zaloge v povprečju povečevale za 0,70 t/ha na leto, v obdobju 2008–2020 pa še samo za 0,26 t/ha na leto. Pri zaoravanju rastlinske biomase je bila razlika manjša, a vseeno opazna. V tleh brez organskega gnojenja so se začele zaloge v zadnjem obdobju zmanjševati. Körschens in sod. (2013) navajajo, da je sprememba zalog ogljika med drugim odvisna tudi od začetnega stanja. Manjše kot so zaloge, večje je lahko povečanje. Na podlagi tega bi lahko sklepali, da se po 26 letih poskusov pri obravnavanjih s hlevskim gnojem v Rakičanu bližamo maksimalni zalogi organskega ogljika, ki so jo tla v sposobna ohranjati.

Posebnost poskusa v Rakičanu je ohranjanje zalog organskega ogljika v tleh na negnojenem obravnavanju brez zaoravanja žetvenih ostankov o čemer so poročali že v prvih obdobjih poskusa. Razlogi so verjetno v razmeroma v dobri rodovitnosti tal, na katerih organsko snov deloma prispeva tudi plevelna flora v obdobju med dvema

poljščinama, ki jo ne zatiramo z uporabo neselektivnih herbicidov. Tajnšek (2003b) namiguje, da je vzrok za veliko rodovitnost negnojnih parcel mogoče tudi premik N s podzemnimi tokovi iz sosednjih njiv. Kljub navedenemu pa analiza obdobja 2008–2020 nakazuje, da se je začela zaloga ogljika pri tej praksi zmanjševati in da bo v prihodnje ta sistem verjetno postal vir emisij CO₂. Ugotavljamo tudi, da se povečevanje zalog ogljika v tleh upočasnjuje. Npr. pri gnojenju s hlevskim gnojem v prvih 15 letih zaloge v povprečju povečevale za 0,70 t/ha na leto, v obdobju 2008–2020 pa še samo za 0,26 t/ha na leto. Iz tega sklepali, da se po 26 letih pri gnojenju s hlevskim gnojem vsako tretje leto v Rakičanu počasi bližamo maksimalni zalogi organskega ogljika, ki so jo tla sposobna ohranjati.

5.3.2 Vpliv gnojilnih praks na pridelke koruze za zrnje v letih 1993-2020 v večletnem poskusu IOSDV Rakičan

Analizo gibanja pridelkov koruze za zrnje glede na gnojilne postopke večletnega poskusa IOSDV Rakičan v letih 1993-2020 prikazujemo na sliki 5. V tem obdobju so se pridelki koruze za zrnje povečali na večini obravnavanj z izjemo gnojilnega postopka A-N0, kjer pridelki stagnirajo oz. se rahlo zmanjšujejo. Letna sprememba pridelka v tem obdobju je v rangu -2 kg/leto (A-N0) do 83 kg/leto (B-N0) brez uporabe mineralnega N, 106 kg/leto (C-N1) in 148 kg/leto (B-N1) pri 100 kg/ha dodanega mineralnega N, 139 kg/leto (B-N2) in 143 kg/leto (C-N2) pri 200 kg/ha dodanega mineralnega N ter med 138 kg/leto (A-N3) do 160 kg/leto (B-N3) pri 300 kg/ha dodanega mineralnega N.



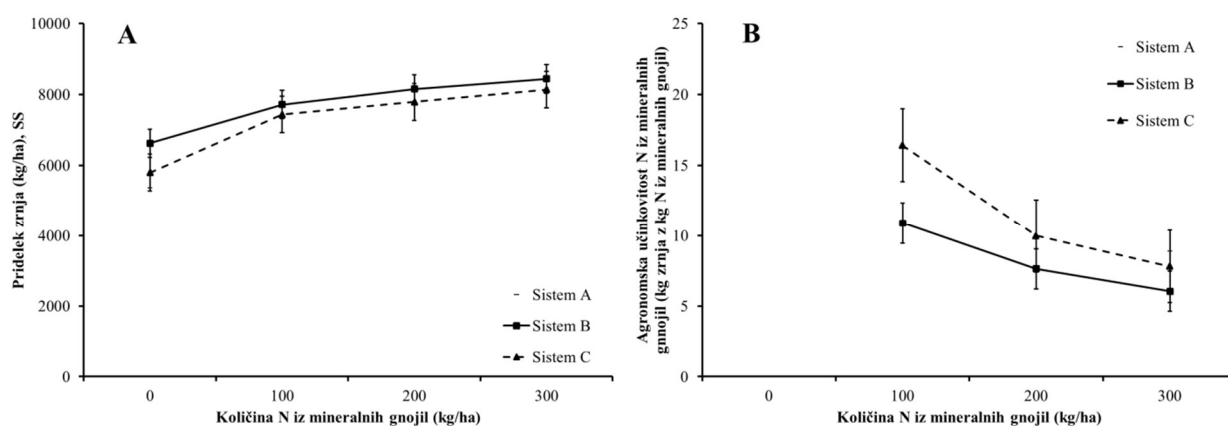
Slika 13: Gibanje in trendi pridelave koruze za zrnje v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993-2020. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 100 kg/ha N; N2, 200 kg/ha N; N3, 300 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

Dolgoročni trendi iz poskusa nakazujejo stabilno pridelavo koruze za zrnje pri vseh kombinacijah gnojenja z organskimi gnojili in dodanim N iz mineralnih gnojil. Tudi tam, kjer gnojenje z organskimi gnojili ne izvajamo in uporabljamo samo mineralna gnojila analiza nakazuje trend naraščanja pridelkov, kar bi lahko bilo povezano tudi z rahlim povečanjem organske snovi na teh tleh. V primerjavi s pridelki v prvem obdobju poskusa (1993-2000), opazimo v letih 2001-2020 večja nihanja kar pripisujemo neugodnim vremenskim razmer v posameznih letih (pojavu suš ali vročinskih valov). A iz podatkov ni opazno, da bi njihova pogostost v tem obdobju naraščala. Nasprotno, zadnja leta so bila po pridelkih ugodna za pridelavo koruze, s pridelki, ki so občutno presejali dolgoletna povprečja posameznih gnojilnih postopkov. Na postopkih kjer N iz mineralnih gnojil ne uporabljamo, uporaba hlevskega gnoja zelo ugodno vpliva na pridelek, s pozitivnimi trendi naraščanja pridelkov. Pozitiven trend je tudi pri samo zaoravanju žetvenih, a je tam povečanje pridelkov v enakem obdobju približno štirikrat manjše v primerjavi s hlevskim gnojem. Opaženo lahko namiguje, da se mineralizacija organske snovi in/ali izkoristek hlevskega gnoja v prvem letu po gnojenju dolgoročno povečuje, kar pa ni tako očitno kjer zaoravamo žetvene ostanke.

Med gnojenjem z N iz mineralnih gnojil in pridelki zrnja v posameznih letih obstaja zelo šibka pozitivna linearna povezava ($R^2=0,14$, $p=0,001$), medtem ko je povezava med pridelki zrnja in zalogami ogljika v tleh do globine 25 cm šibka, pozitivna a statistično neznačilna ($R^2=0,34$, $p=0,080$). Povezava med sortami, ki smo jih na poskusu uporabili in pridelki zrnja nakazuje značilno, a zelo šibko povezavo ($R^2=0,11$, $p = 0,000$). Podobno povezavo opazimo tudi med pridelovalnim letom in pridelki zrnja. Rezultati regresijske analize nakazujejo, da obstajajo kompleksnejše povezave, ki vplivajo na samo opažene trende v pridelkih kot je gnojenje z mineralnimi gnojili ali menjava sorte. Razmeroma majhen vpliv gnojenja z mineralnim N na pridelek zrnja pripisujemo veliki naravni rodovitnosti tal v Rakičanu, kar opazimo v visokih pridelkih kontrolnih parcel. Razlogov za tako veliko rodovitnost kontrolnih parcel ne poznamo, a Tajnšek (2003a) sklepa, da je za to deloma odgovorna podzemna migracija hranil iz sosednjih parcel. Obstoj šibke povezave med pridelki zrnja in vsebnosti organske snovi vsaj namiguje, da so opaženi trendi pridelkov vsaj deloma povezani z vsebnosti organske snovi v tleh, kar bi lahko nakazovalo, da imajo gnojilne prakse ugoden učinek na dolgoročno rodovitnost tal v trajnem poskusu IOSDV. Sorte koruze moramo zaradi kratke življenjske dobe sorte oz. hibrida pogosto menjavati. Do leta 2020 smo zamenjali 7 hibridov koruze za zrnje. Pri menjavi hibrida poskušamo izbrati takega s podobno zrelostjo, morfološkimi karakteristikami ter potencialom pridelka, da ta vpliv na pridelke čimbolj zmanjšamo. Npr., zaradi genetskega napredka so novejši hibridi praviloma rodnejši kot hibridi, ki so jih uporabljali v prvem obdobju poskusa. Prav tako so prvi uporabljeni hibridi spadali med poltrdinke, medtem ko imamo v zadnjem obdobju zobanke, pri katerih je potencial zrnja praviloma večji. Kljub temu, da to poskušamo upoštevati pri izboru hibrida, pa menjava sort zagotovo v nekem obsegu vpliva na opažene trende, kar nakazuje tudi regresijska analiza.

Vpliv količine N iz mineralnih gnojil na pridelek zrnja ter agronomsko učinkovitost dodanega N na pridelek zrnja prikazujemo na sliki 5. Pridelki koruze za zrnje so v Rakičanu naraščali do maksimalne dodane količine N z mineralnimi gnojili, a je naraščanje pridelka od količine 100 kg/ha dodanega N z mineralnimi gnojili majhno (slika 6A). Največje pridelke smo dosegli pri uporabi hlevskega gnoja, z razliko v pridelku v rangi 3-7% oz. 15% če mineralnih gnojil nismo uporabili (N0). Majhna razlika

v pridelku med 100 kg/ha in 300 kg/ha N iz mineralnih gnojil nakazuje na ekonomsko neupravičenost uporabe večjih odmerkov pri pridelavi ter večje tveganje za izgube/izpiranje hranil. To potrjujejo tudi podatki o celotni pridelani biomasi koruze, ki jih v tem prispevku ne prikazujemo. Analiza agronomske učinkovitosti dodanega N z mineralnimi gnojili kaže, da se vrednosti izboljšanje pridelka gibljejo v rangu od 6,0 do 16,4 kg povečanja pridelka zrnja s kilogramom dodanega mineralnega N napram kontrolam (slika 6B). Največje učinkovitosti dodanega N smo opazili kjer zaoravamo žetvene ostanke. Ocenjujemo, da opaženo nakazuje na depresiven učinek imobilizacije N za mineralizacijo teh žetvenih ostankov na pridelek zrnja, kjer z dodanim N z mineralnimi gnojili ta učinek pomembno zmanjšamo. Pri gnojenju s hlevskim gnojem je učinkovitost dodanega N z mineralnimi gnojili manjša in verjetno povezana z izkoristkom hranil iz hlevskega gnoja. Kljub temu, agronomske učinkovitosti dodanega N pri odmerkih nad 100 kg/ha N z mineralnimi gnojili so majhne in nakazujejo večjo tveganje za izgubo dodanega N v okolje.



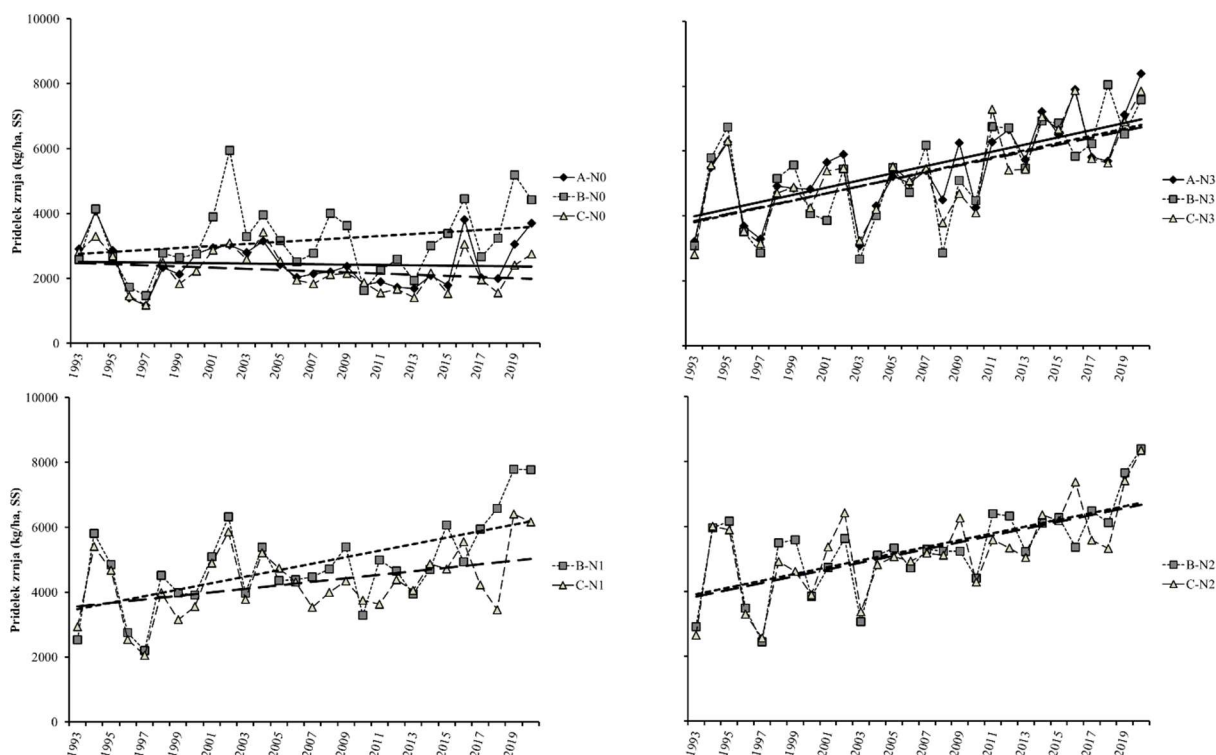
Slika 14: Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom koruze za zrnje in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelek koruze za zrnje v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993–2020

Kljub prikazanim trendom narekuje interpretacija dolgoročnih trendov pridelkov koruze za zrnje na večletnem poskusu previdnost. Prikazani podatki in gibanje pridelkov naj služijo samo kot osnovna informacija o gibanju pridelkov v odvisnosti od gnojenja v tem obdobju, medtem ko identifikacija razlogov za določene opažene trende zahteva poglobljeno študijo, kar presega okvirje tega poročila. Ne glede na to kateri razlog v največji meri vpliva na opažene pozitivne trende pridelkov ozimne pšenice v Rakičanu, podatki jasno kažejo, da smo v 27 letih trajanja poskusa z nekaterimi pridelovalnimi praksami imeli stabilno pridelavo koruze z naraščajočimi pridelki, ki dolgoročno nakazujejo pozitivne trende.

5.3.3 Vpliv gnojilnih praks na pridelke ozimne pšenice v večletnem poskusu IOSDV Rakičan v letih 1993–2020

Analiza pridelkov ozimne pšenice glede na gnojilne postopke večletnega poskusa IOSDV Rakičan v letih 1993–2020 prikazujemo na sliki 7. V tem obdobju so se pridelki ozimne pšenice povečali na vseh obravnavanjih z izjemo gnojilnih postopkov A-N0 in C-N0, kjer je opazen trend zmanjšanja pridelkov. Letna sprememba pridelka v tem obdobju je v rangu -18 kg/leto (C-N0) do 31 kg/leto (B-N0) brez uporabe mineralnega N, 54 kg/leto (C-N1) in 101 kg/leto (B-N1) pri 65 kg/ha dodanega mineralnega N, 104

kg/leto (B-N2) in 105 kg/leto (C-N2) pri 130 kg/ha dodanega mineralnega N ter med 107 kg/leto (C-N3) do 111 kg/leto (B-N3) pri 195 kg/ha dodanega mineralnega N.



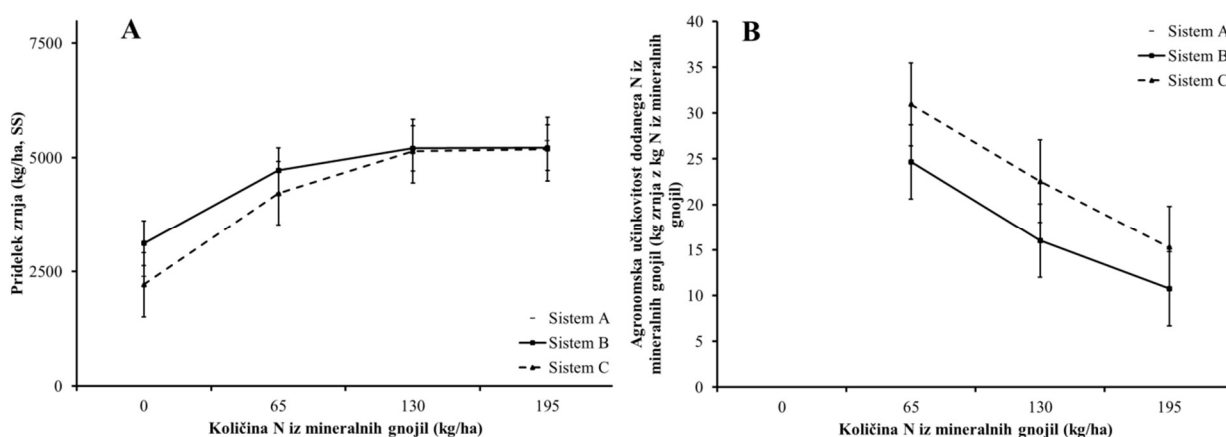
Slika 15: Gibanje in trendi pridelave ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993-2020. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 65 kg/ha N; N2, 130 kg/ha N; N3, 195 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

Uporaba hlevskega gnoja kaže ugoden učinek na pridelke ozimne pšenice, a je ta učinek opazen samo na kontrolnih parcelah, kjer mineralnega N ne dodajamo in do količine 65 kg/ha N iz mineralnih gnojil. Pri količinah N iz mineralnih gnojil nad 110 kg/ha v pridelkih ni opaznih razlik med načini organskega gnojenja. Na splošno dolgoročni trendi v večletnem poskusu nakazujejo naraščanje pridelkov ozimne pšenice pri kombinacijah organskega gnojenja in uporabi N iz mineralnih gnojil. Pozitiven trend je opazen tudi kjer uporabljamo samo mineralna gnojila in dodamo N v količini N3. V zadnjem obdobju je letno nihanje pridelkov manjše kot v začetnem obdobju poskusa, a iz podatkov ni opazno, da bi se pogostost in intenziteta nihanja pridelkov v času trajanja poskusa bistveno spreminjala. Zadnja leta po pridelkih ugodna za pridelavo ozimne pšenice, s pridelki, ki so presegali dolgoletna povprečja poskusa za posamezne gnojilne kombinacije. Kjer uporabljamo samo hlevski gnoj opazimo trend rahlega povečanja pridelkov iz česar lahko sklepamo, da se ugoden učinek gnoja na pridelke v poskusu povečuje tudi v drugem letu po gnojenju z njim.

Med količino z N iz mineralnih gnojil in pridelki obstaja zmerna pozitivna povezava ($R^2=0,44$, $p=0,001$), medtem ko je povezava med pridelki zrnja in zalogami ogljika v tleh do globine 25 cm šibka, pozitivna in statistično neznačilna ($R^2=0,23$, $p=0,162$). Med sortami in pridelki zrnja ter med letom in pridelki zrnja se nakazujeta značilni, a zelo šibki povezavi ($R^2=0,14$, $p = 0.000$). V primerjavi s koruzo za zrnje ima na pridelek

pšenice dodajanje mineralnega N večji učinek. Opaženo lahko pojasnujemo s tem, da hlevski gnoj dodajamo koruzi in so tam učinki največji ter manjši pri naslednji kulturi v kolobarju. Pomembno na to vpliva tudi dostopnost N zgodaj spomladi v fazi razraščanja. Ker to tla takrat običajno še hladna in ne omogočajo mineralizacije, ima dodajanje N z mineralnimi gnojili precejšen vpliv na sam potencial pridelka. Rezultati nakazujejo tudi, da so pridelki pšenice v Rakičanu v majhni povezavi z zalogami organskega ogljika, a je ta povezava malenkost močnejša kot je npr. povezava pri koruzi za zrnje. Za opaženo nimamo dovolj zanesljivega pojasnila. Vpliv sorte na potencial pridelka v poskusu je majhen, kar namiguje, da je bil odziv izbranih sort v poskusu na gnojilne postopke večletnega poskusa približno enak. Glede na dostopne podatke, so se v trajanju poskusa zamenjale 4 sorte pšenice, občasno pa so vzporedno potekala preverjanja tudi drugih sort, a teh podatkov nismo uporabili v analizah. Tudi pri menjavi sort pšenice izbiramo nadomestne sorte, ki so primerljive. Pri pšenici je dinamika menjave sort manjša zaradi daljše življenjske dobe sorte, a se potenciali med sortami lahko precej razlikujejo. Npr., potencial pridelka krmnih pšenic je precej večji kot najbolj kakovostnih krušnih pšenic. V zadnjem obdobju uporabljamo sorto Vulkan, ki po kakovosti spada med B1-B2, po potencialu pridelka pa med srednje rodne sorte.

Pridelki ozimne pšenice so v Rakičanu naraščali do količine 130 kg/ha N z mineralnimi gnojili (slika 16A). Pri N0 smo s hlevskim gnojem imeli 41% večje pridelke v primerjavi z ostalima načinoma organskega gnojenja. Pri N1 je bila ta razlika 11%, medtem ko pri N2 in N3 ni bilo razlik. Agronomska učinkovitost dodanega N z mineralnimi gnojili se v povprečju giblje med 8,4 (N3) in 22,2 (N1) kg povečanje pridelka s kilogramom dodanega mineralnega gnojila (slika 8B). Rezultati so v okvirih pričakovanih vrednosti. Večje učinkovitosti dodanega N pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov pripisujemo depresivnemu učinku imobilizaciji dodanega N zaradi razgradnje žetvenih ostankov na pridelek zrnja. Strmo padanje agronomske učinkovitosti dodanega N z večanjem dodane količine nakazuje na večje tveganje izgub N pri večjih količinah, ker ga rastline ne porabijo za povečanje tvorjenja pridelka.



Slika 16: A) Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom ozimne pšenice in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelek ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV Rakičan v letih 1993–2020

Interpretacija dolgoročnih trendov pridelkov tudi pri ozimni pšenici narekuje previdnost.

Prikazani podatki in gibanje pridelkov so namenjeni samo podajanju osnovne informacije gibanju pridelkov v odvisnosti od gnojenja v tem obdobju, medtem ko identifikacija razlogov za določene opažene trende zahteva poglobljeno študijo, kar presega okvirje tega poročila. Ne glede na to kateri razlog v največji meri vpliva na opaženo naraščanje pridelkov ozimne pšenice v Rakičanu, podatki jasno kažejo, da smo v 27 letih trajanja poskusa z določenimi pridelovalnimi praksami dosegli dolgoročno stabilno pridelavo ozimne pšenice s pozitivnimi trendi pridelka.

5.3.4 IOSDV Jablje

5.3.4.1 Vpliv organskega gnojenja in gnojenja z mineralnim N na zaloge organskega ogljika v tleh

Iz rezultatov vzorčenja v letu 2020 vidimo, da se zaloge ogljika v sloju 25 cm tal v Jabljah gibljejo med 51,2 t/ha (A-N0) in 65,2 t/ha (B-N0) (preglednica 12). V primerjavi z Rakičanom je bilo povečanje zalog v Jabljah v enakem času približno trikrat manjše, a so zaloge v tem sloju tal v Jabljah večje za približno 11 t/ha. Razlike v zalogah med uporabo hlevskega gnoja in zaoravanjem žetvenih ostankov so manjše kot v Rakičanu in opazne samo količini N iz mineralnih gnojil do 65 kg/ha. Zaloge organskega ogljika so v postopkih kjer ne uporabljamo organskega gnojenja 13-15% manjše v primerjavi z gnojenjem s hlevskim gnojem ali zaoravanjem žetvenih ostankov.

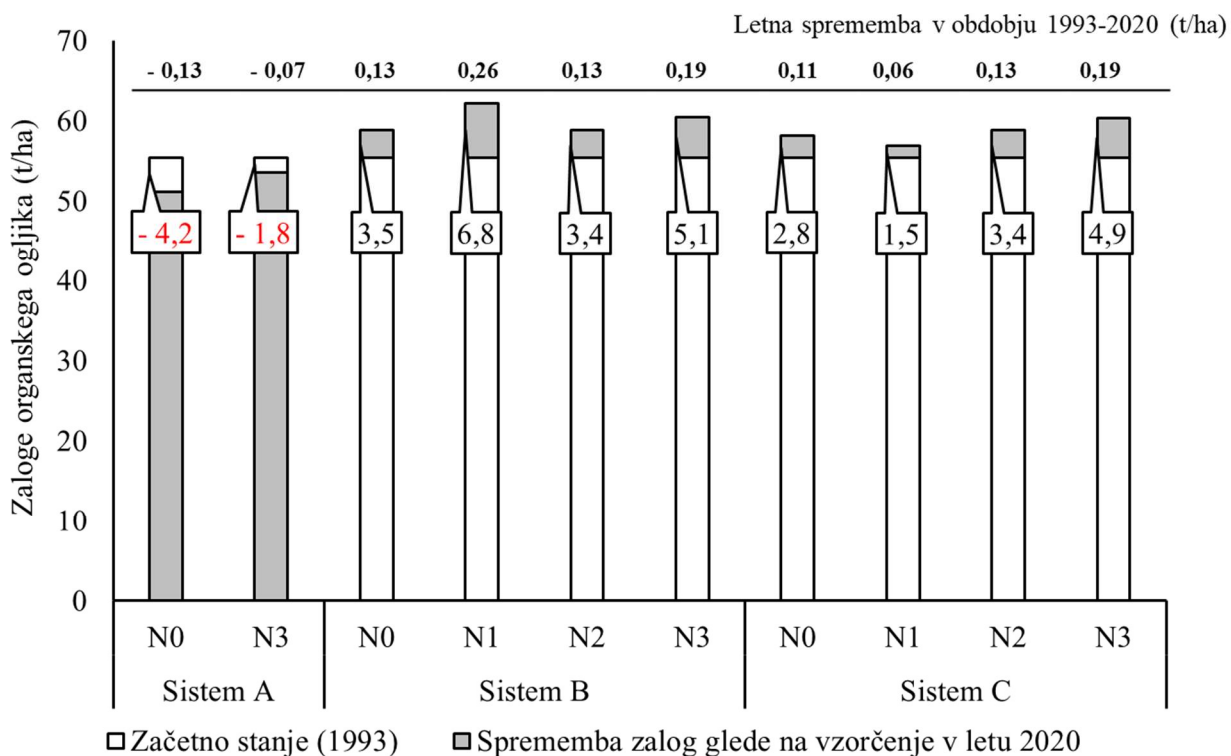
Preglednica 12: Vsebnost vezanega Corg v tleh (t/ha, do globine 25 cm) glede na način gnojenja z organskimi gnojili in količino dodanega mineralnega N v poskusu IOSDV Jablje za leto 2020

	Sistem A	Sistem B	Sistem C
N0	51,2	58,9	58,1
N1	n.p.	62,2	56,8
N2	n.p.	58,8	58,8
N3	53,6	60,5	60,3

Sistem A, brez zaoravanja žetvenih ostankov; sistem B, dodajanje hlevskega gnoja 30 t/ha vsako tretje leto, pred setvijo koruze; sistem C, zaoravanje žetvenih ostankov in setev neprezimnega dosevka po žetvi ovsajječmena.

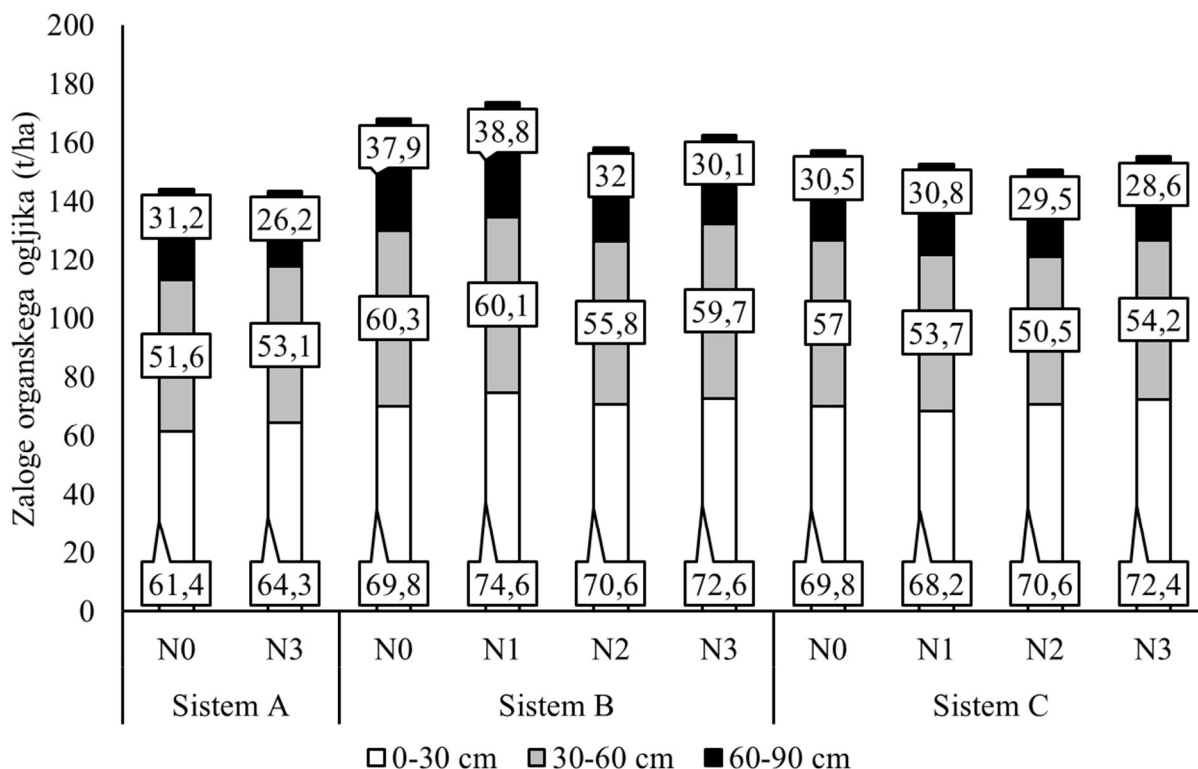
N0, brez dodajanje mineralnega N; N1, dodajanje 100 kg/ha N pri koruzi, 65 kg/ha N pri pšenici in 55 kg/ha N pri ovsu; N2, dodajanje 200 kg/ha N pri koruzi, 130 kg/ha N pri pšenici in 110 kg/ha N pri ovsu; N3, dodajanje 300 kg/ha N pri koruzi, 195 kg/ha N pri pšenici in 165 kg/ha N pri ovsu.

Zaloge organskega ogljika v tleh do globine 25 cm smo glede na začetne vsebnosti povečali pri gnojenju s hlevskim gnojem in pri zaoravanju rastlinske biomase (slika 9). Pri gnojenju s hlevskim gnojem smo zaloge v povprečju povečali za 4,7 t/ha (8,5 %), pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov pa za 3,2 t na ha (5,7 %). Povečevanje zalog je bilo pri gnojenju s hlevskim gnojem hitrejše (0,18 t/leto) kot pri zaoravanju žetvenih ostankov (0,12 t/leto). Na obravnavanjih brez organskega gnojenja (sistem A) so se zaloge zmanjševale za 4,8 t/ha (N0) in 1,8 t/ha (N3) oz. v povprečju za -0,10 t na leto. Dodatno gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil je pri obravnavanjih, ki so bila gnojena s hlevskim gnojem, povzročilo variabilnost brez jasnega vpliva na zaloge organskega dušika v tleh. Tudi pri obravnavanjih z zaoravanjem žetvenih ostankov je bil učinek dodatnega gnojenja z dušikom iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika neizrazit a se kaže tendenca naraščanja s količino N iz mineralnih gnojil.



Slika 17: Zaloge organskega ogljika v 25 cm tal na poskusu IOSDV Jablje po 26 letih trajanja poskusa, sprememba zalog glede na začetno stanje ter izračunana povprečna letna sprememba ogljika glede na različne gnojilne postopke. V kvadratih je prikazana razlika glede na začetno vrednost. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

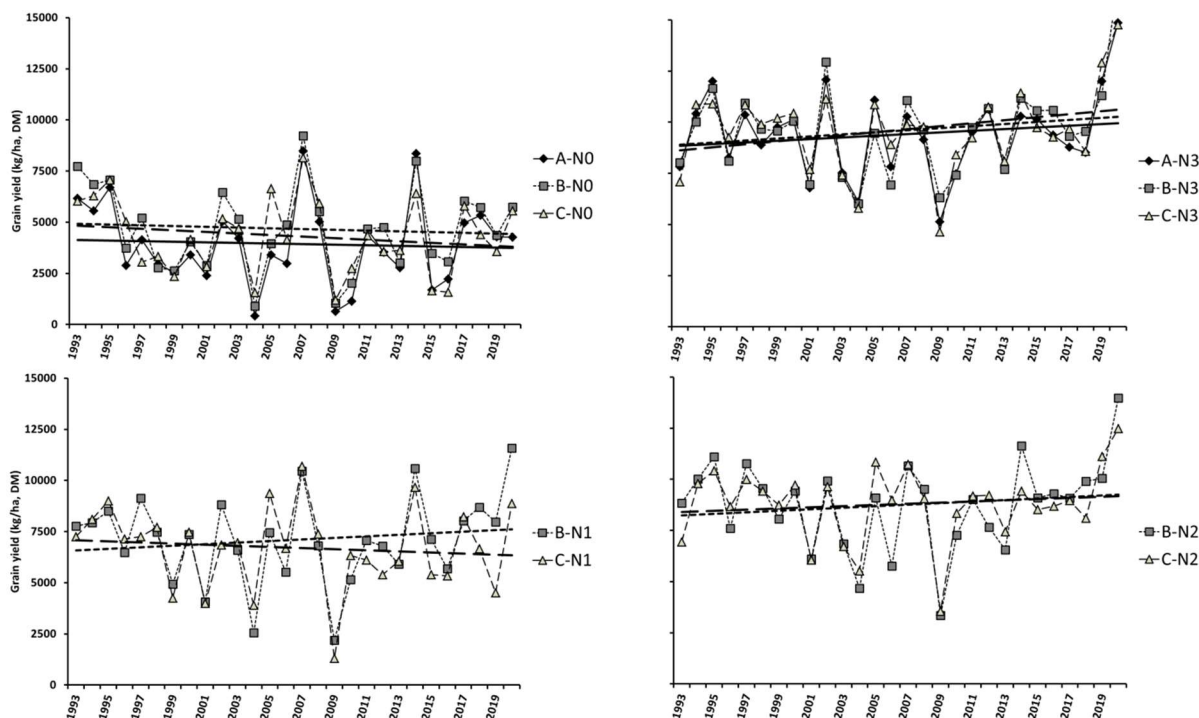
Razlike v zalogah organskega ogljika do globine 90 cm (slika 17) kažejo podobno trend kot zaloge v zgornjem 25 cm sloju tal. Pri gnojenju s hlevskim gnojem in zaoravanju žetvenih ostankov so zaloge večje kot pri obravnavanih brez gnojenja ali zadelovanja žetvenih ostankov. Gnojenje z dušikom iz mineralnih gnojil ni pri nobenem od treh sistemov gnojenja (A, B, C) vplivalo na zaloge organskega ogljika v celotnem preučevanem profilu. Nakazuje se pozitivna povezava med gnojenjem z N iz mineralnih gnojil in zalogo ogljika v zgornjem sloju tal in negativna v spodnjem. Razporeditev organskega ogljika po talnih slojih do 90 cm kaže, da je 44,3 % ogljika v sloju 0–30 cm, 35,5 % v sloju 30–60 cm ter 20,1 % v sloju 60–90 cm. V primerjavi z Rakičanom je bil v Jabljah večji delež ogljika v sloju do 60 cm tal in manjši v sloju od 60 do 90 cm. Navedeno je najverjetneje povezano z razlikami med tipoma tal.



Slika 18: Teoretične zaloge organskega ogljika v 90 cm tal (po 30 cm slojih) na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa. V kvadratih so prikazane zaloge organskega ogljika za posamezne sloje tal. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

5.3.4.2 Vpliv gnojilnih praks na pridelke koruze za zrnje v večletnem poskusu IOSDV Jablje v letih 1993-2020

Analiza pridelkov koruze za zrnje glede na posamezne gnojilne prakse trajnega poskusa IOSDV v letih 1993-2020 prikazujemo na sliki 19. V tem obdobju so se pridelki koruze povečali na vseh postopkih z izjemo postopkov A-N0, B-N0, C-N0 ter C-N1, kjer so se pridelki zmanjšali. Letna sprememba pridelka v tem obdobju je v rangu -14 kg/leto (A-N0) do -39 kg/leto (B-N0) brez uporabe mineralnega N, -27 kg/leto (C-N1) in 38 kg/leto (B-N1) pri 100 kg/ha dodanega mineralnega N, 29 kg/leto (C-N2) in 37 kg/leto (B-N2) pri 200 kg/ha dodanega mineralnega N ter med 41 kg/leto (A-N3) do 74 kg/leto (C-N3) pri 300 kg/ha dodanega mineralnega N.

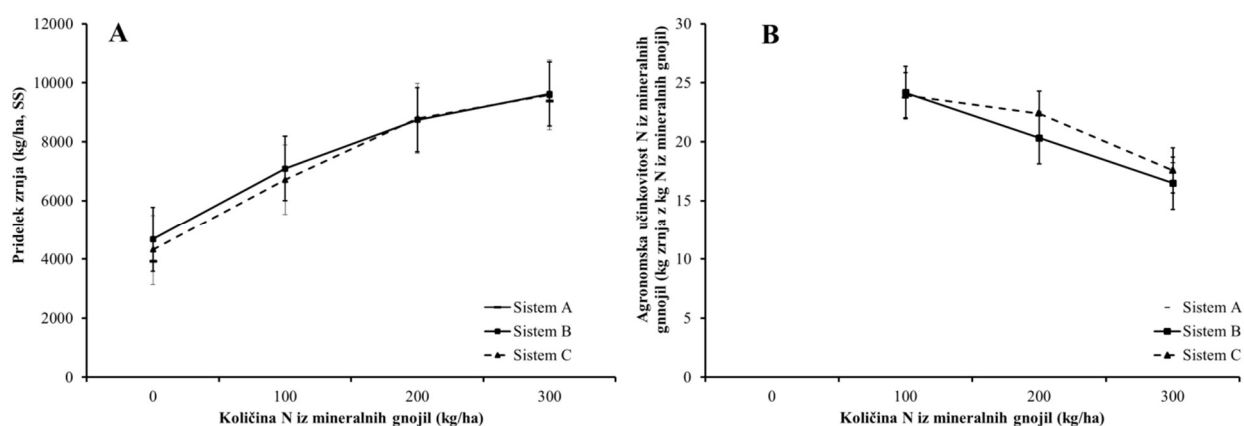


Slika 19: Gibanje in trendi pridelave koruze za zrnje v različnih gnojilnih postopkih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Jabljah v letih 1993-2019. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 100 kg/ha N; N2, 200 kg/ha N; N3, 300 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

V postopkih kjer N iz mineralnih gnojil ne uporabljamo so se pridelki koruze za zrnje v obdobju 1993–2020 zmanjšali, ne glede na kombinacijo z organskim gnojenjem. V nasprotju z Rakičanom v Jabljah ugoden učinek gnoja na pridelke zrnja koruze ni opazen z izjemo pri N1 količini dodanega N. Nadalje, v primerjavi z Rakičanom je povečanje pridelkov v Jabljah v enakem obdobju manjše, so pa povprečni pridelki koruze v Jabljah večji. Kjer dodajamo N z mineralnimi gnojili v količini N2 in N3 so se pridelki povečali in nakazujejo pozitivne trende, ne glede na kombinacijo z organskim gnojenjem. Iz podatkov tudi ni opazno, da bi se sezonska variabilnost pridelkov bistveno spreminjala. Podobno kot v Rakičanu so bila tudi v Jabljah zadnja leta po pridelkih ugodna za pridelavo koruze.

Med gnojenjem z N iz mineralnih gnojil in pridelkom zrnja obstaja zmerno močna pozitivna linearna povezava ($R^2=0,51$, $p=0,001$), medtem ko je povezava med pridelki zrnja in zalogami ogljika v tleh do globine 25 cm šibka, pozitivna in statistično neznačilna ($R^2=0,14$, $p=0,294$). Regresijska analiza med sortami in pridelki zrnja ne pokaže povezave ($R^2=0,00$, $p=0,516$), podobno tudi ni povezave med letom in pridelki zrnja. Podatki nakazujejo, da ima gnojenje z mineralnim N v Jabljah razmeroma močan vpliv na pridelek zrnja. Opaženo je verjetno povezano s pedoklimatskimi razmerami v Jabljah, kjer imajo težka in ogljejena tla manjšo mineralizacijo v primerjavi z Rakičanom in je naravna rodovitnost tal precej manjša. Tudi ogrevanje tal je počasnejše kot v Rakičanu in s tem se mineralizacija tudi začne pozneje, kar še dodatno vpliva na ugoden učinek dodanega N z mineralnimi gnojili. Vpliv zaloge organskega ogljika v tleh na pridelke je majhen in zanemarljiv, prav so sorte približno enako reagirale na dodane mineralni N.

Pridelki zrnja koruze so v Jabljah naraščali skoraj linearno do maksimalne dodane količine (300 kg/ha) N z mineralnimi gnojili (slika 20A). Med načini organskega gnojenja ni bilo opaznih razlik pri uporabljenih večjih količinah N iz mineralnih gnojil, medtem ko pri obravnavanjih brez mineralnega N in pri N1 odmerku opazimo do 8% večje pridelke z dodajanjem hlevskega gnoja. Agronomska učinkovitost dodanega N z mineralnimi gnojili je skoraj enkrat večja kot v Rakičanu in je v razponu med od 16,8 in 21,3 kg povečanja pridelka z kilogramom dodanega mineralnega gnojila napram kontrolam (slika 5B). Večja učinkovitost je zaradi manjših pridelkov na kontrolnih parcelah v primerjavi z Rakičanom, kar je verjetno posledica pedoklimatskih razmer na tej lokaciji. Pri zaoravanju žetvenih ostankov je agronomska učinkovitost dodanega mineralnega N približno 10% večja, kar verjetno kaže na depresiven učinek imobilizacije N za razgradnjo v tla vnešenih žetvenih ostankov. Rezultati nakazujejo preveč večji izkoristek dodanega N z mineralnimi gnojili kot v Rakičanu, a obenem tudi na veliko odvisnost potenciala pridelkov od uporabe N iz mineralnih gnojil na tej lokaciji.



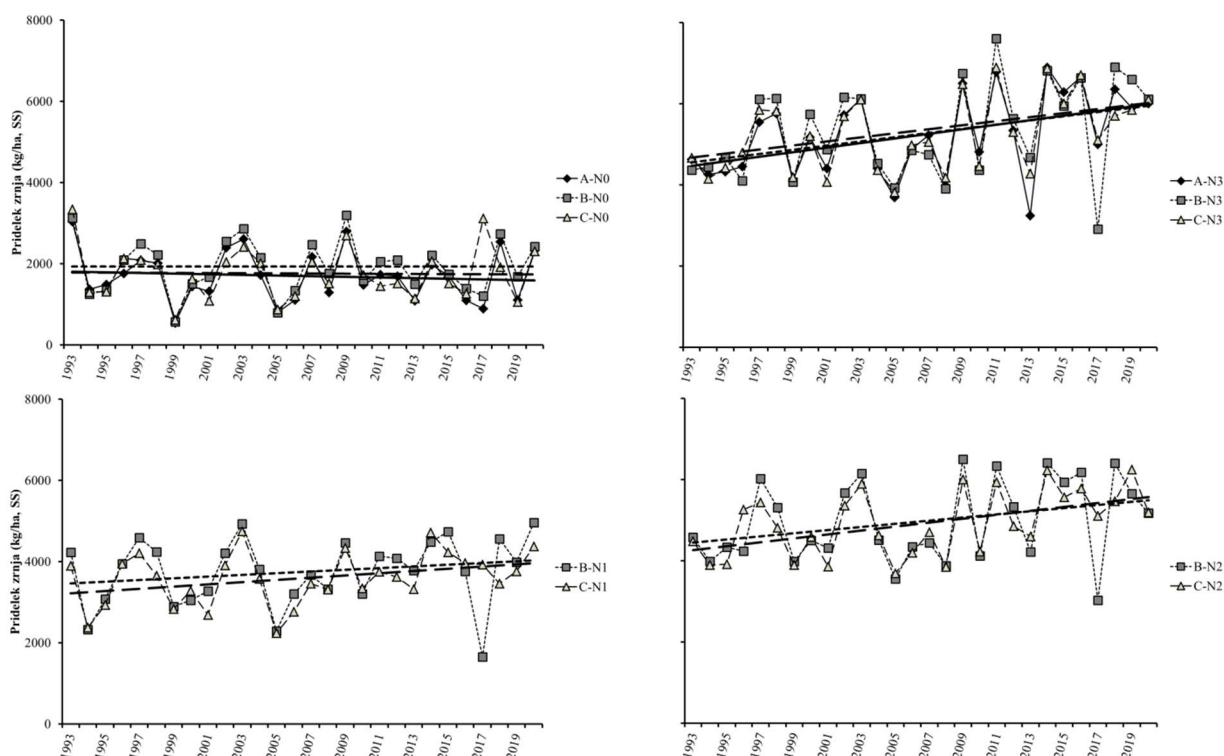
Slika 20: A) Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom koruze za zrnje in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelok koruze za zrnje v različnih gnojilnih postopkih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Jabljah v letih 1993–2020

Ponovno dodajamo, da interpretacija dolgoročnih trendov pridelkov koruze za zrnje narekuje previdnost, kjer že majhne spremembe dejavnikov na katere nimamo vpliva lahko spremeni te trende. Npr., pojav toče več let zaporedoma, kljub ostalim ugodnim dejavnikom za rast koruze bi lahko značilno vplival na te trende, brez neke resne možnosti blaženja teh posledic na večletnem poskusu. Prikazani podatki in gibanje pridelkov so namenjeni samo podajanju osnovne informacije o gibanju pridelkov v odvisnosti od gnojenja v tem obdobju, medtem ko identifikacija razlogov za določene opažene trende in njihovo umeščanje v širši kontekst pridelave poljščin v Sloveniji zahteva poglobljeno študijo, kar presega okvirje tega poročila. Ne glede na to kateri razlog v največji meri vpliva na opaženo naraščanje pridelkov koruze za zrnje v Jabljah, podatki jasno kažejo, da smo v 27 letih trajanja poskusa z določenimi pridelovalnimi praksami dosegli dolgoročno stabilno pridelavo s pozitivnimi trendi pridelka.

5.3.4.3 Vpliv gnojilnih praks na pridelke ozimne pšenice v letih 1993–2020 v večletnem poskusu IOSDV Jablje

Na sliki 21 prikazujemo analizo gibanja pridelkov ozimne pšenice v letih 1993–2020 glede na gnojilne

postopke na večletnem poskusu IOSDV v Jabljah. V tem obdobju so se povprečni pridelki ozimne pšenice povečali na vseh obravnavanjih z izjemo gnojilnih postopkov A-N0 in C-N0, kjer je trend zmanjšanja pridelkov in postopka B-N0, kjer pridelki stagnirajo. Letna sprememba pridelka v tem obdobju je v rangu -8 kg/leto (A-N0) do 0,2 kg/leto (B-N0) brez uporabe mineralnega N, 20 kg/leto (B-N1) in 27 kg/leto (C-N1) pri 65 kg/ha dodanega mineralnega N, 39 kg/leto (B-N2) in 48 kg/leto (C-N2) pri 130 kg/ha dodanega mineralnega N ter med 49 kg/leto (A-N3) do 56 kg/leto (B-N3) pri 195 kg/ha dodanega mineralnega N.



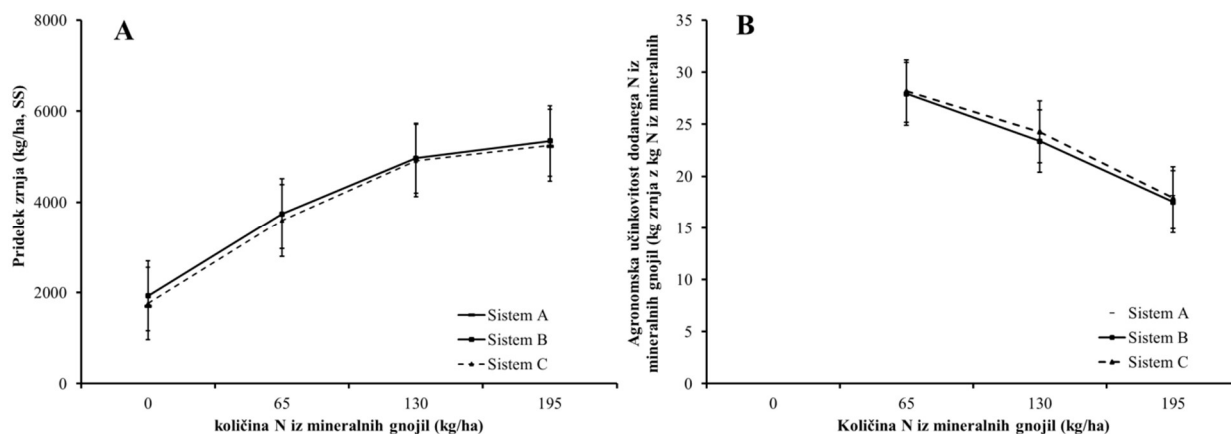
Slika 21: Gibanje in trendi pridelave ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Jabljah v letih 1993-2019. A, brez organskega gnojenja; B, dodajanje hlevskega gnoja; C, zaoravanje žetvenih ostankov predhodne kulture. N0, brez mineralnega dušika; N1, 65 kg/ha N; N2, 130 kg/ha N; N3, 195 kg/ha N. Za podrobnosti o gnojilnih postopkih glej preglednico 10.

Med načini organskega gnojenja ni razlik v trendih pridelkov zrnja pri enakih količinah dodanega N. Uporaba hlevskega gnoja kaže ugoden učinek na pridelke ozimne pšenice samo v postopkih brez uporabe mineralnega N. Iz podatkov je opaziti naraščanje variabilnosti pridelkov, kar pripisujemo naraščanju vpliva in pogostosti jesenskega zastajanja padavin na poskusu. Za dolgoročni obstoj poskusa bo potrebno obnoviti drenažo in urediti odvodnjavanje.

Med gnojenjem z N iz mineralnih gnojil in pridelki obstaja močna pozitivna linearna povezava ($R^2=0,70$, $p=0,001$), medtem ko je povezava med pridelki zrnja in zalogami ogljika v tleh do globine 25 cm šibka, pozitivna in statistično neznačilna ($R^2=0,11$,

$p=0,348$). Med sortami in pridelki zrnja regresijska analiza ne najde pomembne povezave ($R^2=0,02$, $p = 0.012$). Rezultati nakazujejo, da so pridelki pšenice v Jabljah v veliki odvisnosti od gnojenja z N iz mineralnih gnojil in le v majhni povezavi z zalogami organskega ogljika. Opaženo je v skladu s pedoklimatskimi razmerami na tej lokaciji, kjer je naravna rodovitnost tal manjša kot v Rakičanu. Sklepamo, da je to v veliki meri povezano z manjšo stopnjo mineralizacije organske snovi v tleh, kar je pogostejše v težjih in oglejenih tleh z manjšo dostopnostjo kisika in N za postopek mineralizacije. Posledično ima dodajanje N izrazit učinek na pridelke zrnja, kar vidimo tudi kot večjo agronomsko učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil v Jabljah kot v Rakičanu. Tudi tukaj so se v trajanju poskusa menjale 4 sorte ozimne pšenice. Analiza ne kaže pomembnega vpliva sorte na pridelke zrnja, kar nakazuje na primerljivost sort po svojem potencialu pridelka v posameznih gnojilnih postopkih poskusa. Kljub temu, ocenjujemo, da letna variabilnost pomembno vpliva na rezultate te analize in bi jih za podrobne zaključke bilo potrebno ovrednostiti. Posledično interpretacija dolgoročnih podatkov o pridelkih narekuje previdnost, predvsem zaradi vpliva številnih dejavnikov med vegetacijo, ki imajo učinek na izražanje potenciala pridelka. Verjetno obstajajo kompleksnejše interakcije med številnimi dejavniki, ki vplivajo na opažen trend povečanja pridelkov. Za identifikacijo le teh je potrebno zahtevnejšo statistično modeliranje, kar presega okvire tega prispevka. Ne glede na to kateri razlog v največji meri vpliva na opaženo naraščanje pridelkov ozimne pšenice, pa trendi jasno kažejo ugodne gibanje pridelave ozimne pšenice v večletnem poskus IOSDV Jablje v obdobju 1993–2020.

Pridelki ozimne pšenice so v Jabljah naraščali skoraj linearna do največje količine (195 kg/ha) dodanega N z mineralnimi gnojili (slika 14A). S kombinacijo hlevskega gnoja in N iz mineralnih gnojil so bili pridelki konstantno večji, a je razlika v rangi 1% do 10%, največja pri manjših količinah dodanega N. Agronomska učinkovitost dodanega N z mineralnimi gnojili se giblje med 17,5 in 28,2 kg povečanje pridelka zrnja s kilogramom dodanega N iz mineralnega gnojila (slika 22B). Pri zaoravanju žetvenih ostankov je agronomska učinkovitost za približno 2% večja kot pri zaoravanju žetvenih ostankov. Rezultati nakazujejo dobro učinkovitost dodanega N na pridelke zrnja ter posledično na večjo izkoristljivost dodanega N z rastlinami za tvorjenje pridelka v primerjavi z Rakičanom.



Slika 22: A) Povezava med količino N iz mineralnih gnojil in pridelkom ozimne pšenice in B) agronomska učinkovitost dodanega N iz mineralnih gnojil na pridelke ozimne pšenice v različnih pridelovalnih sistemih večletnega poljskega poskusa IOSDV v Rakičanu v letih 1993–2020

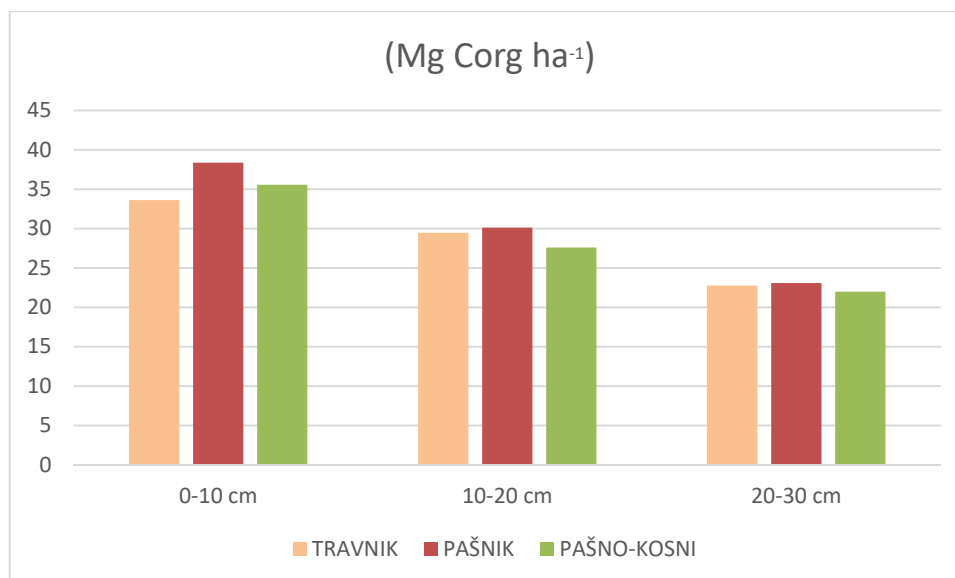
Tudi pri ozimni pšenici interpretacija dolgoročnih trendov narekuje previdnost. Lep primer je naraščanje količine jesenskih padavin na poskusu in težave z njihovim zastajanjem. Prilagoditev na opaženo je tehnološko možna in se jo bomo morali v kratkem lotiti. Prikazani podatki in gibanje pridelkov so namenjeni samo podajanju osnovne informacije o gibanju pridelkov v odvisnosti od gnojenja v tem obdobju, medtem ko identifikacija razlogov za določene opažene trende in njihovo umeščanje v širši kontekst pridelave poljščin v Sloveniji zahteva poglobljeno študijo, kar presega okvirje tega poročila. Ne glede na to kateri razlog v največji meri vpliva na opaženo naraščanje pridelkov ozimne pšenice v Jabljah, podatki lepo kažejo, da smo v 27 letih trajanja poskusa z določenimi pridelovalnimi praksami dosegli dolgoročno stabilno pridelavo s pozitivnimi trendi pridelka.

6) WP4-1 Vpliv načinov gospodarjenja na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal

V delovnem sklopu 'Vpliv načinov gospodarjenja na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal' delo smo manjši del vzorčenja na terenu izvedli jeseni 2019 in večji del jeseni 2020. Skupno smo vzorce odvzeli na 33 različnih kmetijskih gospodarstvih in na eksaktnem mikro-poskusu na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede. Na posameznem kmetijskem gospodarstvu smo odvzeli več vzorcev, glede na različne načine gospodarjenja oziroma rabe travinja. Slednje smo razdelili na pretežno pašno rabo in pretežno kosno rabo ter združitev obojega. Vzorčenja so potekala od 23.10.2019 do 6.11.2020 na območju koroške, podravske, savinjske in osrednjeslovenske statistične regije Slovenije. Analize so bile opravljene na Carlo Erba Flash EA1112 instrument (CE Instruments Ltd., UK).

Preglednica 13: Vsebnost organsko vezanega C (Mg ha^{-1}) v različnih globinah različne rabe travniških tal

Globina vzorčenja	Način rabe travinja		
	TRAVNIK (Mg Corg ha^{-1})	PAŠNIK (Mg Corg ha^{-1})	PAŠNO-KOSNI (Mg Corg ha^{-1})
Skupaj			
0–30 cm	85,76	91,55	85,12
Po slojih			
0–10 cm	33,58	38,34	35,55
10–20 cm	29,45	30,12	27,59
20–30 cm	22,73	23,09	21,98



Grafikon 4: Vsebnost organsko vezanega C (Mg ha^{-1}) v treh globinah različne rabe travniških tal

Z vidika ogljičnega odtisa bi morala imeti pašno-raba travinja prednost pred hlevsko rejo živali, saj se porabi manj fosilne energije pri pridelavi krme (Vidrih, 2020). Način rabe travinja zelo vpliva na količino organsko vezanega C v tleh (Conant in sod., 2001). V znanstveni literaturi zasledimo podatke, da naj bi prav pašna raba ruše v primerjavi z drugimi načini povečevala količino organsko vezanega C v tleh (Reeder in Schuman, 2002; Chabi in sod., 2018).

Na podlagi opravljenih analiz na 33 različnih kmetijah po Sloveniji lahko tudi v okviru CRP projekta potrdimo, da je bila najvišja količina organskega ogljika na pašnikih tako na skupni globini 0–30 cm kakor tudi po posameznih 10 cm slojih tal.

7) WP4-2 Vpliv botanične sestave ruše na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal

Iz preglednice 14 je razvidno, da je botanična sestava travne ruše značilno odvisna od rabe travinja, kar pomeni, da je največji delež trav bil prisoten na pašno-kosni rabi in najmanjši na pašnikih. Pri deležu metuljnic ni zaslediti razlik med posameznimi rabami travinja, medtem ko je pri zelih moč opaziti obraten pojav kot pri travah in sicer je največji delež na pašnikih in najmanjši pri pašno-kosni rabi. Različna botanična sestava se skupaj z rabo odraža tudi v skupni količini organskega ogljika v sloju 0–30 cm tal, ki je največja na pašnikih. Menimo, da je največji delež ogljika pri tej rabi posledica celokupne količine organskih gnojil, ki jih živina pušča in zadeluje v travniška tla.

Izsledki nam bodo omogočali svetovanje ciljnega gospodarjenja za doseg želene botanične sestave, ki omogoča večjo vezavo C v organsko snov tal. Predvidevamo, da bodo to nekatere metuljnice in zeli v ruši

Preglednica 14: Delež trav, metuljnic in zeli ter vsebnost Corg v tleh različne rabe

Način rabe	Trave (%)	Metuljnice (%)	Zeli (%)	Mg Corg ha ⁻¹ (globina 0–30 cm)
Pašnik	48	12	40	91,55
Pašno-kosna raba	58	13	29	85,12
Kosna raba	51	14	35	85,76

8) WP4-3 Vpliv globine korenin ruše na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal.

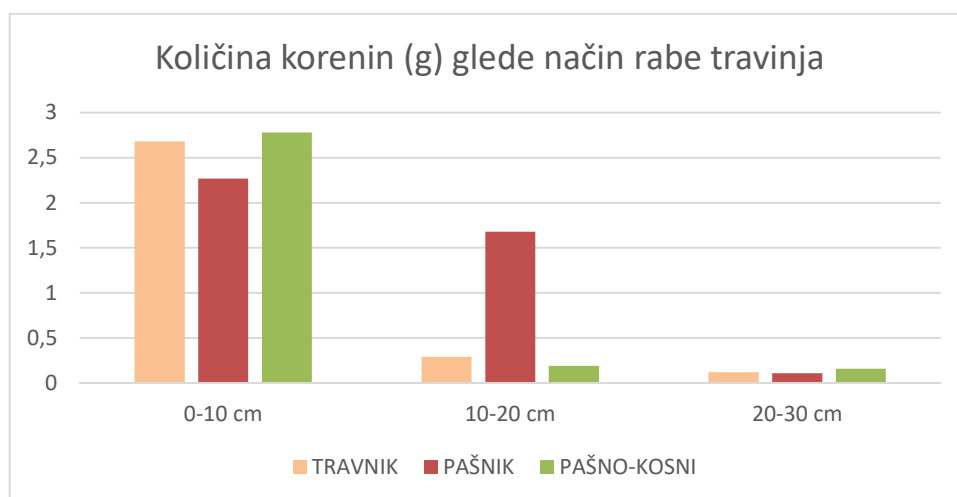
Na vseh kmetijskih gospodarstvih (vzorčenih travinjih) smo s posebnimi sondami odvzeli vzorce tal za ugotavljanje globine koreninskega sistema in mase korenin v posameznem sloju tal. Analize odvzetih vzorcev so bile s pomočjo spiranja vzorcev opravljane konec leta 2020.

Na trajnem travinju je večji del trajnejših oblik organske snovi v vrhnjih nekaj centimetrih tal, kjer je večji del koreninskih sistemov travniških rastlin. Odmrle korenine so poglavitni vir sveže organske snovi v tleh, namenjene razgradnji. Rezultatu projekta kažejo najvišjo vrednost korenin (g) v globini 0–30 cm na pašnikih.

Pretiravanje v pogostnosti rabe lahko vodi do manj organsko vezanega C v tleh (Han in sod., 2008). To je posledica zmanjšane rasti koreninskega sistema in plitvih korenin (McInenly in sod., 2010). Tudi rezultati CRP projekta kažejo podobno, namreč najnižja količina korenin z zgornjih 30 cm tal je bila na travnikih (Preglednica 15).

Preglednica 15: Količina korenin (g) glede različen način rabe travinja in globino tal

	Vsebnost korenin (g) glede način rabe travinja		
Skupaj	TRAVNIK	PASNIK	PAŠNO-KOSNI
0-30 cm	3,09	4,06	3,13
Po slojih			
0-10 cm	2,68	2,27	2,78
10-20 cm	0,29	1,68	0,19
20-30 cm	0,12	0,11	0,16



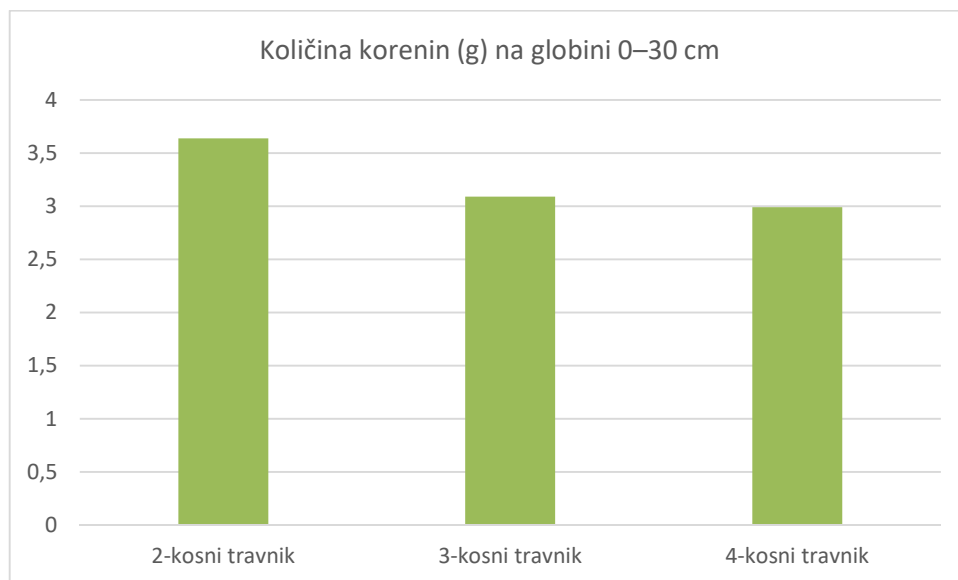
Grafikon 5: Količina korenin v tleh (g) glede različni način rabe travinja in globino odvzetih vzorcev tal

V sklopu projekta pa smo travnike delili glede na število košenj (2, 3 in 4 – kosni travniki). Rezultati potrjujejo, da pogostnost rabe tal vpliva na zmanjšanje količine koreninskega sistema, in sicer na 2-kosni travnik je količina korenin 3,64 g v primerjavi z 4-kosnimi 2,99 g (Preglednica 16). Vsebnost organskega ogljika je sorazmerna s

količina korenin, kar kaže vpliv najboljše izbire gospodarjenja travinja (pašnik).

Preglednica 16: Vpliv števila košenj na količino korenin v 0–30 cm tal

Število košenj	Količina korenin (g) na globini 0–30 cm
2-kosni travnik	3,64
3-kosni travnik	3,09
4-kosni travnik	2,99



Grafikon 6: Količina korenin (g) v sloju 0–30 cm tal glede na število odkosov travnika

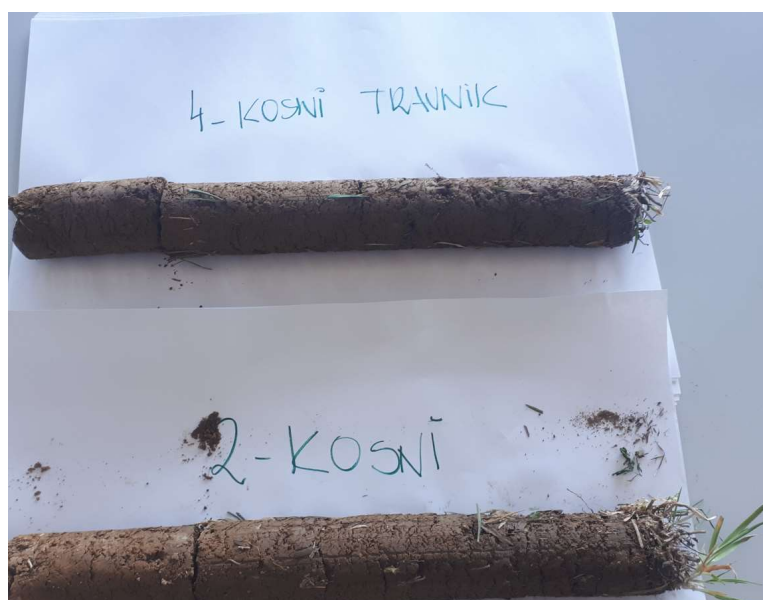
Preglednica 17: Vsebnost korenin (g) in Corg glede različen način rabe travinja in botanično sestavo ruše

Način rabe	Trave (%)	Metuljnice (%)	Zeli (%)	Vsebnost korenin (g) (0–30 cm)	Mg Corg ha ⁻¹ (0–30 cm)
Pašnik	48	12	40	4,08	91,55
Pašno-kosna raba	58	13	29	3,14	85,12
Kosna raba	51	14	35	3,08	85,76

Delež trav je največji na pašno-kosni rabi in najmanjši na pašnikih, kar je posledica gaženja pašne živine, delež metuljnic je podoben v vseh treh načinih rabe travinja. Delež zeli pa je največji na pašnikih zaradi prilagoditve travne ruše na način rabe.



Slika 23: Koreninski sistem v travniških tleh



Slika 24: Odvzem vzorca korenin z 2 in 4-kosnega travnika



Slika 25: Korenine ločene glede na globino (0-10, 10-20 in 20-30 cm) na 2-kosnem travniku



Slika 26: Primerjava količine korenin glede na različne rabe tal (njiva, travnik, gozd)

Ti izsledki bodo omogočali načrtovanje gospodarjenja za večjo vezavo C v organsko snov travniških tal, kot je sestavljanje travno deteljnih mešanic s sortami ali vrstami rastlin z globljimi koreninami.

9)WP4-4 Vpliv pogostnosti košnje na vsebnost organsko vezanega C v različnih globinah tal

Preglednica 18: Vsebnost korenin (g) in organskega ogljika Corg glede različnih način rabe travinja

Število košenj	Količina korenin (g) na globini 30 cm	Mg Corg ha ⁻¹ (globina 0-30 cm)
2-kosni travnik	1,21	29,31
3-kosni travnik	1,07	26,96
4-kosni travnik	0,97	29,92

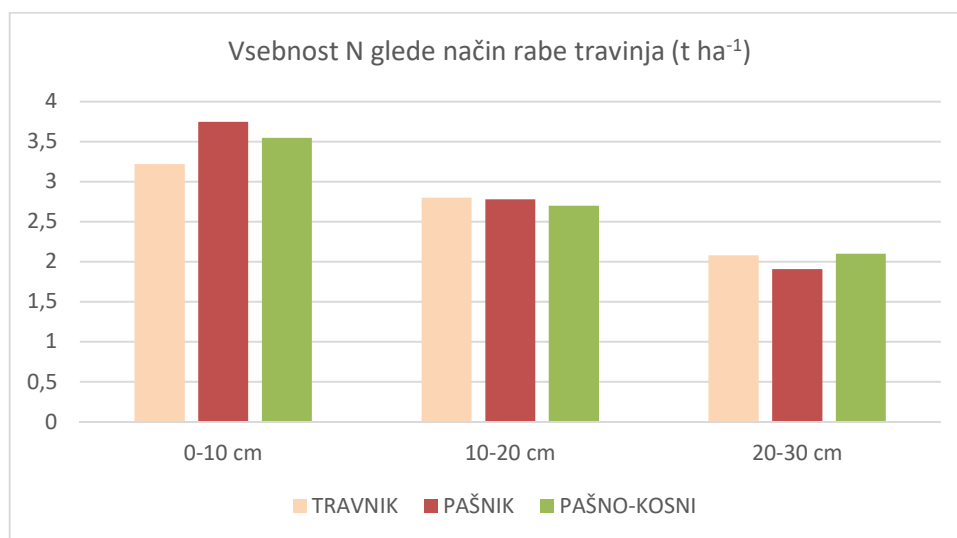
V sklopu projekta smo travnike delili glede na število košenj (2, 3 in 4 – kosni travniki). Rezultati potrjujejo, da pogostnost rabe tal vpliva na zmanjšanje količine koreninskega sistema, in sicer je na 2-kosnem travniku količina korenin 1,21 g največja v primerjavi s 3-kosnimi 107 g in s 4-kosnimi 0,97 g (Preglednica 18). Vsebnost organskega ogljika ni v korelaciji s količino korenin.

10) WP4-5 Vpliv pogostnosti košnje na izkoristek N za pridelavo krme in vezavo C v organsko snov tal pri enakih odmerkih dodanih gnojil

Vsebnosti dušika je prav tako kot vsebnost ogljika najvišja na pašnikih, kar pomeni, da je izkoristek dušika sorazmerno vpliva na vezavo ogljika in na kopičenje organske snovi v tleh. To pripisujemo najvišji obliki sonaravne rabe travinja in organskih gnojil, ki jih na paši živina zadeluje v tla in se pomemben delež teh gnojil veže v trajne oblike. Nasprotno pa so najmanjše vrednosti v travnikih, kjer prevladuje uporaba mineralnih oblik dušika.

Preglednica 19: Vsebnost N glede na različen način rabe travinja

Skupaj	Vsebnost N glede način rabe travinja (t ha ⁻¹)		
	TRAVNIK	PAŠNIK	PAŠNO-KOSNI
0–30 cm	8,10	8,44	8,35
Po slojih			
0–10 cm	3,22	3,75	3,55
10–20 cm	2,80	2,78	2,70
20–30 cm	2,08	1,91	2,10



Grafikon 7: Vsebnost dušika v tleh (t/ha) glede različen način rabe travinja in globino odvzetih vzorcev tal

Izsledki so zelo relevantni zaradi dejstva, da je za vezavo C v organski snovi tal nujno potreben tudi N, ki pa se lahko dokaj hitro izgubi v podtalje ali v atmosfero in obremenjuje okolje. Za racionalno vezavo C v organsko snov travniških tal moramo namreč tudi N maksimalno izkoristiti za tvorbo nadzemne in podzemne organske snovi.

11) WP5 Predstavitev tehnoloških smernic za ohranitveno kmetijstvo, ki vključujejo ohranitveno gospodarjenje s tlemi na njivah in povečanje vezave ogljika v tleh ter zmanjšanje sušnega stresa rastlin

Doc. dr. Rok Mihelič

11.1 Ohranitveno kmetijstvo

Kmetijska zemljišča oz. **tla**, ki nam že stoletja omogočajo pridelavo hrane, energije in drugih dobrin, so s sodobnim agresivnim načinom kmetovanja ogrožena. Z uporabo močnih strojev in kratkovidne ekonomske logike brez zavedanja, da so zgolj živa tla »zdrava«, siromašimo biotsko pestrost, povzročamo razgradnjo humusa, zbitost, erozijo, onesnaženje voda in v zrak sproščamo toplogredne pline.

Res so pridelki sedaj večji kot kadarkoli v zgodovini, odkupne cene pa so tako nizke, da kmet rabi subvencije, da ekonomsko preživi. Tak sistem ni trajnosten, je sprevržen. Vse bolj se zavedamo, da intenzivno sodobno kmetovanje povzroča ekosistemske stroške. Do sedaj smo se pretvarjali, da teh stroškov ni, ne bi jih plačevali, vendar dolg raste. Človek ni vsemogočen in narava poskrbi za vzpostavitev ravnovesja, zato ne smemo biti začudeni ob poplavah, plazovih, onesnaženi podtalnici, prezgodnjih sušnih stresih in slabi odpornosti kmetijskih rastlin.

Težišče agronomske in z njo povezanih znanosti se je konec dvajsetega stoletja in v novem tisočletju izrazilo premaknilo iz kemije, fitofarmacije in strojništva v proučevanje (mikro)biologije tal ter v proučevanje delovanja celotnega agro-ekosistema, ne zgolj posamičnih segmentov.

Ohranitveno kmetijstvo (ali na kratko OK) izvira iz gibanja No-Till (brez obdelave tal), ki se je začelo v šestdesetih letih prejšnjega stoletja v ZDA in Evropi, ko je nekaj pogumnih pionirjev ob zasmehovanju drugih kmetov odložilo svoje pluge in pokazalo, da je bilo mogoče gojiti pridelke, ne da bi se s pluzenjem ali prekopavanjem obračali vrhnji sloj tal. Pokazali so, da je pogosta obdelava tal uničila strukturo tal in jih naredila dovzetne za erozijo zaradi vetra in dežja: obdelovanje tal je prav tako zmanjševalo vsebnost organske snovi v tleh in zmanjšalo rodovitnost s škodo naravni biološki aktivnosti. Čeprav se takrat še niso zavedali, zdaj vemo, da tla z večkratnim oranjem izgubijo veliko vsebnosti ogljika, kar pospešuje podnebne spremembe.

OK presega No-Till, ker je povzročil rast številnih izboljšanih sistemov kmetovanja, ki najbolje uporabljajo neobdelana tla in so prilagojeni različnim ekološkim razmeram in velikostim kmetij. Površina pod OK je narasla z manj kot 1 milijona hektarjev v 8 državah leta 1970 na več kot 200 milijonov hektarjev v 102 državah leta 2020. Zdaj ga na 15% obdelovalnih površin na svetu uporabljajo kmetje, veliki in mali, v najrevnejših in najbogatejših državah.

Sistemu trajnostnega kmetovanja, ki razume, da so prav kakovostna tla osnova trajnostne proizvodnje, pravimo »ohranitveno kmetijstvo«, angl. conservation agriculture, kar bi lahko prevedli tudi v »varstveno kmetijstvo«. Ključno je, da ohranitveno kmetijstvo izvajamo permanentno, več let na isti površini (na isti enoti rabe tal – GERK). Tla so namreč odporen sistem, ki se, na srečo, počasi pokvari, vendar potrebuje tudi dolgo časa za regeneracijo. Temelji na treh stebrih:

1. **V tla minimalno mehansko posegamo**; predvsem skrbimo za ohranitev naravne slojevitosti, brez obračanja slojev in s tem v čim večji meri ohranjamo življenjski prostor talnim organizmom, ki potem ustvarjajo biološko kondicijo tal: strukturno obstojno in poroznost, sposobnost infiltracije padavinske vode in njeno zadržanje v spužvasti prsti, sproščanje hranil v rastlinam dostopno obliko.

Za uspešno pridelavo pri minimalnih posegih v tla potrebujemo prave stroje, ki se še posebej sedaj, v času robotizacije in računalniškega programiranja ter sistemov daljinskega zaznavanja, pospešeno razvijajo. **Kmet za opravila potrebuje dva- do trikrat manj časa, v strojnem parku potrebuje manj strojev.** Čeprav začetna investicija na prehodu v nov sistem nekaj stane, je dolgoročno rentabilnost minimalne obdelave bistveno večja, zato tak sistem že brez finančnih spodbud kmetje vse bolj sprejemajo.

2. **Tla morajo biti ves čas pokrita**, po možnosti z živimi rastlinami, med žetvijo in setvijo novih rastlin pa naj tla prekrivajo rastlinski ostanki prejšnje poljščine. Pokrita tla (vsaj 30 odstotkov površine) so zavarovana pred vetrno in vodno erozijo; čez poletje so pod zastirko tla hladnejša, izhlapevanje vode je manjše, življenje v tleh pa bogatejše ...
3. **Skrbimo za pestrost kulturnih rastlin** s pravilnim vrstjenjem poljščin, po možnosti z vsaj občasno setvijo mešanih posevkov, tudi s pisano cvetočimi rastlinami, ki privabljajo koristne žuželke. Vključujemo metuljnice, ki po naravni poti dobavljajo dušik iz zraka in izboljšajo dušikovo bilanco agro-ekosistema. Ugotavljamo, da rastline, ki s fotosintezo iz zraka vežejo CO₂ in tvorijo organske spojine, kar 20 do 30 odstotkov (nekateri navajajo celo do 40 odstotkov) fotosintezno vezanega ogljika med rastjo sprostijo skozi korenine v obliki »tekoče organske hrane« in neposredno prehranjujejo talne organizme ter gradijo humus.

V svetu je danes v sistemu ohranitvenega kmetijstva ca. 200 milijonov hektarjev (Kassam, 2021).

Primer agro-sistemske ekonomike ohranitvenega kmetijstva

Pester poletni strniščni dosevek posejan takoj, ko požanjemo žito po možnosti brez obdelave tal s posebnimi no-till sejalicami, bo do zimske zmrzali »pridelal« 10 t/ha sušine nadzemne biomase, v tla pa bo med rastjo sprostil 3 do 4 t/ha ogljikovih hidratov in amino spojin – dnevno prehrano za talne organizme. Skupaj z odmrlo nadzemno biomaso, ki bo čez zimo varovala površje tal in bo spomladi vir hrane talnim organizmom, predstavlja pridelano rastlinje ekvivalent energije okrog 7 t nafte/ha. Obenem tak posevek z različno razvejanim koreninskim sistemom optimalno prerahlja tla in izkoristi hranila iz spodnjih slojev tal, kamor so se lahko premaknila v obdobju obilnih padavin in začasnega izpiranja. **Koliko je torej vreden tak dosevek?** Surovo ekonomsko gledano – nič, saj ga ne prodamo; je celo strošek, saj smo potrebovali seme in ga morali posejati, obenem nam je zasedal prostor, ki bi ga lahko nadomestili s tržno kulturo. Lahko pa si predstavljamo, da je vložena energija v tla morala imeti učinek – vsak si lahko predstavlja, da je 7 t nafte/ha ogromno energije; ta količina nafte ima svojo vrednost – npr. 7000 evrov. Ali znamo vrednotiti biološko energijo, ki poganja agro-ekosistem? Brez biološko pridelane energije bo agro-ekosistem začel propadati – prišlo bo do procesa tvorbe puščave, kar s tujko poimenujemo dezertifikacija. Biološko gledano je začasna puščava vsaka preorana njiva, dokler ponovno ne zraste rastlinje. Če njive sproti ne bogatimo z organskimi gnojili in občasnim apnjenjem, bodo njivska tla v kakšnih trideset-letih postala trda, zbita in kislja. Le s težavo, z izdatno pomočjo strojne obdelave, gnojenjem s topnimi mineralnimi hranili in intenzivnim fitofarmaceutskim varstvom, bo sistem mukoma funkcioniral, stroški pridelave bodo rasli, pridelki pa kljub izdatnim vlaganjem ne bodo optimalni. Izkoristki vloženi hranil in FFS bodo slabi, neizkoriščeni del bo onesnaževal pridelke, vode in zrak. Ali mora res te ekosistemske stroške plačevati družba in subvencionirati sistem kmetovanja, ki je škodljiv tako za naravo kot kmeta in širšo skupnost?

Kako iz ustaljenih škodljivih vzorcev intenzivnega kmetovanja v sistem trajnostnega ohranitvenega kmetijstva?

Navada je železna srajca; spremeniti navado pomeni, da smo pogumni, da gremo na pot, ki je ne obvladamo, ki za nas vsaj na začetku ni udobna, niti ni povsem jasen izid naše odločitve. Za kmeta, ki mora skrbeti za ekonomsko preživetje družine, so sistemske odločitve zahtevne in tvegane. Pri prehodu na ohranitveni način se lahko soočimo s težavami: npr. s pleveli (če ne upoštevamo pravilnega vrstenja poljščin), nabavimo lahko napačne stroje oziroma jih ne uporabljamo pravilno, ne vemo dobro, kako se pravilno gnoji, varuje rastline ... Zato je izjemno pomembno, da je prehod postopen in da se povežemo v skupnost ter se učimo od kmetov, ki so na poti preusmeritve že nekaj časa. V Sloveniji imamo od leta 2016 Združenje za ohranitveno kmetijstvo SZOK (<http://www.szoort.si/>), ki ima trenutno okrog šestdeset članov, večinoma kmetov praktikov, nekaj pa nas je iz akademskega okolja. Povezani smo v vseevropsko zvezo društev za ohranitveno kmetijstvo (ECAF <https://ecaf.org/>). Podpora med kmeti torej obstaja, zelo koristno in pravično pa bi bilo, da bi tudi država podprla trajnostni sistem ohranitvenega kmetijstva, ker ga klasična ekonomska logika ni sposobna kar smo prikazali na zgornjem primeru vrednosti dosevka,.

Nova zaveza: kmet in potrošnik

Bistveno je, da so načela sistema ohranitvenega kmetijstva jasno postavljena, znotraj njih pa naj ima posamezen **kmet ustvarjalno svobodo**, da se lahko sproti prilagaja spremenljivim vremenskim, tržnim in družbenim razmeram. Vse bolj se kaže, da je za ekonomsko uspešnost kmetijstva ključna komunikacija kmetov s potrošniki. Verjamemo, da bi marsikateri potrošnik razumel večplastno funkcijo ohranitvenega kmetijstva in bi, če bi zaupal pridelovalcem, so-prispeval k trajnostnemu razvoju preko nakupa nekoliko dražjih izdelkov iz lokalnega okolja. Oblikovanje jasne tržne znamke povezanih »ohranitvenih« kmetov je sedaj lažje in cenejše s pomočjo sodobnih »pametnih pogodb« oziroma elektronskega certificiranja pridelave in pridelkov.



Slika 27: Cvetoči mešani strniščni dosevek je že do zgodnje jeseni vezal veliko sončne energije. (Foto R. Mihelič)

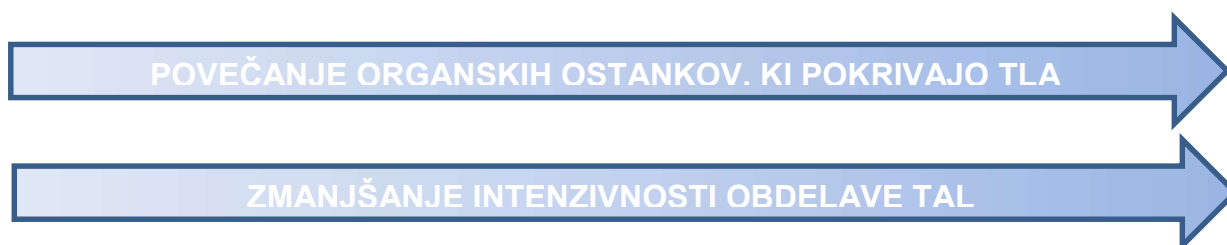


Slika 28: Neposredna setev fižola v povaljano rž, ki bo kot gosta zastirka varovala tla in fižol. (Foto R. Mihelič)

11.2 Ohranitveni sistemi obdelave tal

»Ohranitvena obdelava tal« je vsak sistem obdelave tal in sajenja, pri katerem po sajenju prekrije 30 % ali več površine tal z ostanki pridelka, da se zmanjša erozija tal zaradi vode ali vetra. Kjer je erozija tal zaradi vetra primarna skrb, spada pod pojem ohranitvena obdelava vsak sistem, ki vzdržuje najmanj 1000 kg/ha slame (ostankov drobno zrnatih poljščin, npr. strnih žit, prosa) na površini v celotnem obdobju kritične vetrne erozije.

<https://www.sare.org/publications/conservation-tillage-systems-in-the-southeast/chapter-1-introduction-to-conservation-tillage-systems/what-is-conservation-tillage/>



Količina rastlinskih ostankov na površini 1 ha (primer: pšenična slama)														
KONVENCIONALNA OBDELAVA			MANJ INTENZIVNA OBDELAVA				OHRANITVENA OBDELAVA							
Do 560 kg/ha			560 do 1120 kg				Nad 1120 kg/ha							
Lemežni plug	Globoki rahijalnik z dvigovanjem in	Diskasti plug	Rotirajoča obdelava	Dletasti plug	Kultivatorji	Obdelava na grebene	Vertikalna obdelava	Strniščne obdelave	Plitva kompostirna	Ozka trakasta obdelava	No till			
VOLUMEN POŠKODOVANIH												Količina organskega ostanka na površini		

Slika 29: Grafični prikaz prostornine tal, ki je motena s široko paletjo obdelave tal z uporabo sejalnic na osnovi pluga na levi strani, do najmanjše poškodbe tal z NO – TILL sejalnicami na desni strani.

Sistemi ohranitvene obdelave so se razvili kot poskus odgovora na navedene slabosti konvencionalne obdelave (Jug, 2017). **Ohranitvena obdelava** je tako generični termin za vse načine obdelave, ki zmanjšujejo erozijo v primerjavi z načini obdelave tal, ki temeljijo na oranju (Lal and Kimble, 1997). Še posebej je navedena problematika pereča na vodovarstvenih območjih.

Ohranitvena obdelava temelji na krepitvi bioloških procesov nad in pod površino. Intervencije omejujemo na minimum, mineralna in organska gnojila pa dodajamo na podlagi potreb (analiza) in natančno izračunanih gnojilnih načrtov (Martinović, 2017). Ohranitvena obdelava je del ohranitvenega kmetijstva, ki je utemeljeno na naslednjih načelih (Kaasam s sod., 2010):

- Minimalni posegi v tla
- Pokritost tal
- Pravilno vrstenje/kolobar

11.2.1 Izvedbe ohranitvene obdelave tal – razvoj v klasificiranju načinov obdelave tal

Osnovne tehnike ohranitvene obdelave (conservation tillage) so naslednje:

- Reduced tillage - reduzierte *Bodenbearbeitung* (neprava delna ohranitvena obdelava; pokritost tal po setvi nove poljščine PT 15-30 %, uporaba orodij, ki niso plug a dokaj globoko s precejšnjo stopnjo premešanja tal in zadelave ostankov)
- Mulch tillage - **Mulchsaat** (običajna srednje globoka ohranitvena obdelava z rahljalniki; PT vsaj 30 % ali >30 %)
- Minimum tillage - Flache Mulchsaat (plitva ohranitvena obdelava; PT občutno >30 %)
- Strip till - **Streifenfräs-Saat** (trakasta setev; PT običajno vsaj med 30 in 50 %)
- Ridge tillage - Dämme-Saat (trakasta setve v grebene; PT običajno malo nad 30 % na grebenu in občutno preko 30 % med grebeni)
- Vertical tillage - Vertikale Passive *Bodenbearbeitung* (vertikalna obdelava; PT pogosto blizu 50 %; osnovna obdelava s posebnimi podrahljači, para-plugi ali prilagojenimi orodji za minimum tillage, ki imajo narebrene vertikalno orientirane diske v kombinaciji z drugimi delavnimi elementi, ki delujejo plitvo in minimalno premešajo organska gnojila ali ostanke)
- No-till - **Direktsaat** (neposredna ali direktna setev; PT običajno > 70 %).

Našteti tipi obdelave si sledijo po vedno manjšem obsegu mešanja tal in po vedno večji stopni pokritosti tal z rastlinskimi ostanki (PT) (glej tudi sliko 2). Zelo dobre priročnike s pojasnili glede klasifikacijskih tipov obdelave daje organizacija KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Darmstadt Nemčija; glej na <https://www.ktbl.de/>). Primer njihove klasifikacije je viden na sliki 29.



Slika 30: Primerjava različnih orodij in sistemov obdelave glede na stopnjo mešanja tal in prekritosti površja tal z ostanki (povzeto po Reicosky; <http://www.soilcc.ca/soilsummit/2017/presenters/1-don-reicosky.pdf>).

Ohranitvena obdelava tal je sestavni del ohranitvenega trajnostnega kmetovanja. Je način gospodarjenja s kmetijskimi zemljišči, s katerim želimo ohraniti visoko proizvodno sposobnost tal skozi daljši čas, na način, da v pridelovalnih tehnikah v večji meri upoštevamo naravne procese, predvsem dejstvo, da so tla živ ekosistem in služijo še mnogim drugim funkcijam, kot le pridelovanju hrane za potrebe človeka in domačih živali. Glede na naraščanje števila svetovnega prebivalstva, se zaradi povečanega pomanjkanja naravnih virov in izzivov blažitve podnebnih sprememb, uveljavlja večja potreba po prilagoditvah v kmetijstvu in kmetijskih sistemih, ki vodijo v t.i. "trajnostno intenzifikacijo" ("Sustainable Intensification", Wilson, 2014). Kot primer lahko navedemo zmanjšano obdelavo tal («*Reduced tillage*» - RT) in konzervirajočo (CT) ali ničelno obdelavo («*zero tillage*» ZT ali «*no-tillage*» NT) (Holland, 2004).

Kot kontrast običajni konvencionalni pridelavi lahko pri ohranitveni pridelavi izpostavimo naslednje značilnosti pridelovalnega sistema:

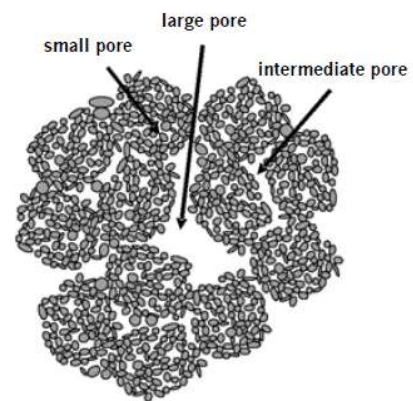
- spremenjen, manj intenziven način obdelave tal
- tla morajo biti vse leto poraščena ali prekrita z ostanki rastlin (vsaj 30 % prekritost površja po setvi nove poljščine)
- zmanjšanje porabe energije na enoto površine ali enoto pridelka

- povečana bio-razpoložljivost hranil in manjša poraba hranil na enoto pridelka – boljši izkoristek
- gojenje velikega števila dosevkov in bolj pester kolobar
- velika pestrost dosevkov (dosevki niso sestavljeni iz posameznih vrst rastlin, temveč iz različnih vrst rastlin v mešanicah)
- manjši iznos žetvenih ostankov (pozitivna humusna bilanca)
- tudi pri teh sistemih se razvijejo zbite plasti tal, ki jih potrebno občasno razrahljati z ustreznimi orodji (prilagojeni rahljalniki za prerahljavanje brez mešanja plasti tal)
- na splošno manjše gaženje tal (manj hodov strojev in večja pohodna trdnost tal)
- poraba fitofarmaceutskih sredstev se ne spremeni občutno, se pa spremenijo razmerja med različnimi skupinami FFS
- razkroj ostankov FFS v tleh je hitrejši kot pri običajnih sistemih obdelave tal, zato se ostanki FFS ne kopičijo in ne prehajajo v velikem obsegu v druge dele ekosistemov.

Ker je na površini tal precej ostankov organske mase je potrebna uporaba posebej opremljenih sejalnic (Mrhar, 1990).

Martinović (2017) navaja, da je borba proti plevelom eden od najbolj kompleksnih problemov pri ohranitveni obdelavi tal. Ta način obdelave tal zahteva veliko dodatnega znanja, pri čemer je pomembno predvsem poznavanje življenjskega ciklusa plevelov, ravno tako pa lahko številni rastlinski (žetveni) ostanki, ki jih ne zadelamo v tla vplivajo na razvoj bolezni.

Literatura kot glavno prednost načinov zmanjšanja obdelave tal navaja različne koristi pri ohranjanju rodovitnosti in strukture tal. Pri ohranitveni obdelavi se pomembno povečata kationska izmenjevalna kapaciteta in sorbijska sposobnost blizu površja tal, rastlinski ostanki pa povečajo predvsem sposobnost zadrževanja vode na površini. Nekateri ostali pozitivni efekti ohranitvene obdelave kot je npr. infiltracija vode pridejo do izraza po nekaj letih. Poveča se delež mezopor, delež makropor pa se zmanjša (Stajniko, 2017).



Po razvoju in uvedbi konzervirajočih načinov obdelave v ZDA, so se le ti prenesli tudi v Evropo, kjer pa se kljub dokazanim številnim pozitivnim efektom le izjemoma uporablja za vse poljščine v kolobarju (Kreye, 2002).

11.3 Pregled koristi uvajanja ohranitvene obdelave tal

11.3.1 Koristi ohranjanja rodovitnosti tal

Zmanjševanje rodovitnosti tal zaradi izvajanja sodobnih načinov pridelave kmetijskih rastlin je vesplošni globalni pojav (Karlen in Rice 2015; Chauhan in Mittu 2015). Je rezultat kombiniranega učinka sodobne pridelovalne tehnike, ignoriranja nekaterih naravnih procesov, ki so bili obravnavani kot nepomembni za oblikovanje pridelka rastlin ter klimatskih sprememb (Jones s sod. 2012). Govorimo o uspešnosti konverzije sončne energije v pridelek in o razmerju med vloženo in pridobljeno energijo. Visoko rodovita tla omogočajo, da s pridelkom pridobimo več kot desetkrat toliko energije (1:10), kot smo je vložili z inputi (gorivo, gnojila, FFS, ...). Tako na primer pri vrhunski profesionalni pridelavi pšenice na hektar vložimo približno 16 GJ/ha energije in je s pridelkom pridobimo približno 150 GJ/ha. Pri manj rodovitnih tleh je to razmerje manjše in lahko pade tudi pod 1:5. Rodovitnost pomeni, da rastline lahko v polni meri zajemajo hranila, vodo, mikrobne izločke in razpoložljivo sončno energijo. Rodovitnost pomeni tudi ustrezno dostopnost hranil, vode in zraka v tleh, ter veliko razpoložljivost mikrobnih populacij, ki so mediator pri odvzemu hranil in vode in regulator fizioloških procesov v rastlinah.

Nova obzorja glede pomena mikrobnega sveta se odpirajo v sodobnih delih vede, ki se imenuje fitobiomika (angl. phytobiomics) (Yin in sod. 2017; Gdanetz in Trail 2017). Veda obravnava interakcije med rastlinami in v njih in okoli njih živečimi mikroorganizmi. Rastline in mikroorganizmi skupaj oblikujejo fitobiome (angl. phytobiomes). Mikrobne združbe, ki so sestavni del različnih fitobiomov znanstveniki imenujejo meta-organizme (Bosch in Mc Fall-Ngai 2011; Vryzas 2016). Stanje talnega mikrobnega meta-organizma in rastlinskega notranjega in površinskega mikrobnega meta-organizma značilno vpliva na proizvodne sposobnosti rastlin. Mikrobi regulirajo sproščanje hranil, odvzem hranil in tudi druge fiziološke procese v rastlini. S hranili bogata, a sicer mikrobno revna tla, ne omogočajo doseganja vrhunskih pridelkov.

Fizikalne lastnosti tal odločajo o razmerju zrak - voda in glede toplotno kondukcijskih lastnosti tal. Zadnje je zelo pomembno za hiter začetek razvoja rastlin po setvi. Zbijanje tal je ena temeljnih težav vzdrževanja rodovitnosti. V pretirano zbitih tleh ne moremo pričakovati vrhunskih pridelkov, kljub visoki založenosti s hranili. Desetine študij v EU in drugod po svetu so pokazale, da ohranitvena obdelava dolgoročno omogoča doseganje boljšega stanja tal glede ustreznih razmerij med vodo, zrakom, hranili, organsko snovjo, mikrobno aktivnostjo, pH in drugimi dejavniki rodovitnosti tal (Tebrügge in Düring 1999; Busari s sod. 2015; Pittelkow s sod. 2015; Giller s sod. 2015).

Velika grožnja rodovitnosti tal so tudi erozijski procesi (vetrna, vodna in druge erozije), kjer najbolj rodovine površinske plasti tal odnese v druge dele ekosistema, ki niso namenjeni pridelavi hrane. Prav erozijski procesi, še posebej vetrna erozija, so bili primarni vzrok za uvajanje ohranitvene obdelave tal v ZDA. Glede na naraščanje števila vremenskih dogodkov z velikimi hitrostmi vetra se pomen te vrste erozije povečuje in ni zanemarljiv pojav v Sloveniji. Pred kratkim (I. 2012) smo imeli v Vipavski dolini viharje, ki so odnesli z njiv v povprečju od 35-75 t/ha rodovitne prsti (KG 30.5. 2012).

11.3.2 Ohranitveno kmetijstvo za vezavo ogljika

Kmetijstvo globalno prispeva znatnih 23% toplogrednih plinov (TGP), od tega okrog 13% CO₂, 44 % metana in kar 82 % N₂O (IPCC, 2014). V Sloveniji je delež emisij iz kmetijstva sicer precej nižji (10 %), vendar vseeno znaten delež teh emisij lahko pripišemo rabi kmetijskih tal in uporabi mineralnih gnojil, saj je znano, da z intenzivno obdelavo tal pospešujemo mikrobno razgradnjo organske snovi in površinsko erozijo tal, z dodajanjem mineralnega N v prekomernih in porabi rastlin neprilagojenih odmerkih pa povečujemo plinaste izgube N v obliki toplogredno zelo aktivnega N₂O. Zaradi tega je zelo pomembno globalno ter specifično po državah in regijah ugotoviti emisije toplogrednih plinov iz kmetijskih tal v različnih posevkih, pedo-klimatskih razmerah in sistemih njivske pridelave ter na podlagi tega svetovati kmetijske prakse, ki lahko zmanjšajo neto emisije TGP.

Ob globalnem segrevanju, povzročenem zaradi omenjenih antropogenih emisij TGP, se povečuje zanimanje za vezavo ogljika v kopenske ekosisteme. Za negozdne ekosisteme so tla oz. stabilna talna organska snov (humus) glavni potencial za ponor ogljika. Vezavo je možno doseči le ob spremembi trenutnega gospodarjenja s tlemi.ocene za ZDA in EU so, da lahko s spremembo kmetijskih praks zmanjšamo emisije C za okrog 10% (FAO, 2001). Od možnih postopkov za vezavo C v tla se omenja večja pridelava rastlinske biomase z večjim deležem ostankov (dosevki kot zeleno gnojenje), dodajanje C v obliki organskih gnojil, biooglja, ipd. ali spremenjena obdelava tal (Spargo et al., 2008). Sprememba obdelave tal pomeni preklon iz prevladujočega vsakoletnega oranja v sisteme zmanjšane oz. ohranitvene obdelave tal.

- **Politična nestabilnost, nemiri, vojne**
- **Degradacija in dezertifikacija tal**
 - Revščina; lakota; podhranjenost
- **Upad splošne kakovosti tal**
 - Deficit hrane
 - Poslabšanje neprodukcijskih funkcij tal
- **Zmanjšanje rodovitnosti tal**
 - Negativna bilanca hranil
 - Izčrpanje humusa
- **Pospešena erozija**
 - izgube hranil s površinskim odtokom;
 - odnašanje talnih delcev
- **poslabšanje strukture tal**
 - zaskorjenje in zbijanje



**Odstranjevanje
rastlinskih ostankov**



Napačno: odstranjevanje rastlinskih ostankov



Pravilno: slamo (ali organska gnojila) pustimo na površju ali jih plitvo zamešamo v zgornji sloj tal



Slika 31: Shematski prikaz sekvence možnih posledic dolgoročnega »ropanja« tal oz. degradacije vsebnosti humusa, če ne skrbimo za vzdrževanje (pozitivne) humusne bilance.

Ohranitvena obdelava tal je potencialno lahko uspešen pristop pri zmanjševanju emisij CO₂ iz tal, saj naj bi v primerjavi s konvencionalnim oranjem ustvarila ugodnejšo bilanco C v tleh in tako pripomogla k zmanjšanju emisij CO₂ (Abdalla in sod., 2013; Forte in sod., 2017). Vendar tudi številni okoljski dejavniki, med drugimi temperatura in vlažnost tal, velikost nadzemne biomase, vsebnost hranil v tleh, vplivajo na emisije CO₂ (Ferrara in sod., 2016; Kainiemi in sod., 2015), zato se rezultati vpliva obdelave na emisije med študijami precej razlikujejo.

V poljedelstvu k emisijam TGP poleg obratovanja strojev v veliki meri prispevajo dihanje tal (tok CO₂ iz tal) ter sproščanje dušikovega oksida (N₂O) iz tal, medtem, ko so emisije metana (CH₄) iz njivskih tal relativno majhne oz. zanemarljive (Ciais et al., 2010). Obseg emisij teh plinov je odvisen od lastnosti tal, vremenskih razmer, agrotehničnih ukrepov - med temi imajo velik vpliv način mehanske obdelave in uporaba gnojil, vnos organske snovi v tla, vrsta posevka oz. kolobar idr. (Xu et al., 2017). V konvencionalnem kmetijstvu sproščanje CO₂ povečujeta intenzivna mehanska obdelava (Al-Kaisi and Yin, 2005; Dong et al., 2017) in drugi ukrepi, zaradi katerih je v tleh pospešena razgradnja talne organske snovi.

Eden od ukrepov, ki lahko v poljedelstvu pomembno prispevajo k povečanju vsebnosti ogljika v tleh in zmanjšanju izgub, je zmanjšana mehanska obdelava tal (omejeno oranje, plitvejša obdelava brez obračanja tal, ali direktna setev brez obdelave tal – »no-

till«). Le-ta v splošnem rezultira v zmanjšanju dihanja tal, večji vsebnosti talne organske snovi, stabilizaciji humusa zaradi zaščite v talnih agregatih (Corbeels et al., 2016) ter tudi zmanjšani eroziji zaradi večje pokritosti tal z organskimi ostanki (Tebrügge et al., 1999). Kljub temu pa vse dovolj dolgo potekajoče raziskave niso odkrile enakega kopičenja vsebnosti talne organske snovi pri zmanjšani obdelavi tal, posebej če v analizah upoštevamo tudi talne horizonte pod globino obdelave (Kaurin et al., 2015).

Vezava (sekvestracija) ogljika ni odvisna le od same obdelave tal, temveč temelji na celovitem sistemu upravljanja, ki poleg obdelave vključuje tudi stalno pokritost tal z rastlinami ali organskimi ostanki, pa tudi bolj raznolik kolobar, vključno s prekrivnimi dosevki. Za slednje so npr. v meta-analizi (Poeplau and Don, 2015) ugotovili sekvestracijo 0,32 t C /ha/leto, pri čemer je saturacija tal dosežena v 155 letih. Potreben je torej sistemski pristop, ki je opredeljen kot ohranitveno kmetijstvo in ima dokazano večjo zmožnost sekvestracije CO₂-C (Drury et al., 2006).

Za ohranitev trenutnih zalog talne organske snovi se npr. za območja pridelave pšenice v ZDA in EU ocenjuje, da je v povprečju potrebnih 5 t/ha/leto rastlinskih ostankov (Wang et al., 2016). Povečan pridelek sicer pomeni večje količine ostankov s pozitivnim učinkom na vsebnost talne organske snovi, vendar večjih pridelkov ni možno doseči brez uporabe mineralnega N. Tako lahko predvsem v slabše prezračeni, težjih tleh ali v bolj humidnih podnebnih povečana uporaba N gnojil povzroči povečane emisije dušikovega oksida (N₂O) ali izpiranje nitratnega dušika iz tal, kar zmanjšuje ali celo izniči ugodne učinke take pridelave na vezavo C v tla (Mei et al., 2018; Powlson et al., 2014). Zaradi tega je nujno povečanje vsebnosti C v tleh povezati z meritvami ali kakovostnimi modeli oceniti emisije N₂O in izpiranje NO₃-N. Za to so primerne bilančne metode, ki jih predstavljamo v nadaljevanju..

Tudi v ekološkem kmetijstvu so ohranitveni načini posebno zahtevni zaradi večjih težav s pleveli, ki jih oranje dokaj uspešno omejuje (Bond and Grundy, 2001; Peigné et al., 2007). Potencial zmanjšane mehanske obdelave v ekološkem kmetijstvu na sekvestracijo C je tako slabo poznan (Bhowmik et al., 2017), posebej kadar jo kombiniramo z dosevki. Zato je v ekološkem kmetijstvu potrebno omejeno mehansko obdelavo tal in vnos organske snovi (npr. z mulčenjem, zelenim gnojenjem, uporabo dosevkov) prilagajati ciljem povečevanja zalog C in zmanjševanja prostih oblik dušika ter njegovih izgub iz tal.

V ekološkem poljedelstvu so v času aktivne rasti poljščin vsebnosti talnega mineralnega dušika (N_{min}) in posledično emisije N₂O in izpiranje NO₃ majhne, vendar obstaja možnost kopičenja in izgube N_{min} že v času staranja pridelka, še posebej po žetvi/spravilu. Tveganje izgub N₂O se poveča, ko se v tla vgradijo ali na površini pustijo velike količine zelenih rastlin ali organskih gnojil s hitro dostopnim dušikom (N) in razgradljivim ogljikom. Zamrzovanje/taljenje, sušenje/ponovno vlaženje, stisnjena in/ali vlažna tla ter mehansko mešanje ostankov pridelkov v tla še povečajo tveganje izgub N₂O. Redna uporaba dosevkov lahko zmanjša izpiranje NO₃ in poveča vsebnost organske snovi v tleh, vendar obenem lahko poveča emisije N₂O. Potrebna je optimizacija vrstenja poljščin in uporaba dosevkov, da se izboljša sinhronost mineralizacije s privzemom dušika v pridelke za izboljšanje produktivnosti polja, kar bo hkrati zmanjšalo dolgoročno tveganje izpiranja NO₃ in emisij N₂O (Hansen et al., 2019).

Znano je, da način obdelave tal na dolgi rok značilno vpliva na kakovost tal (Six in sod., 1999; Abdalla in sod., 2013; Kaurin in sod., 2015; Lognoul in sod., 2017). Ohranitveni načini obdelave tal zmanjšujejo posege v talni ekosistem, kar zmanjša oksidacijo organskih snovi in poveča vsebnosti stabilne organske snovi zgornjega sloja tal v primerjavi s konvencionalnim oranjem. Posledično sta večji obstojnost strukturnih agregatov in infiltracija vode, kar preprečuje razpad strukturnih agregatov ob nalivih in s tem tudi odnašanje suspendiranih talnih delcev (Larsen in sod., 2014), zmanjšana erozija tal minimizira onesnaževanje in izgubo hranil (Carkovic in sod., 2015). Ohranitveni načini obdelave tal z dopolnjujočimi praksami ohranitvenega kmetijstva (minimalni posegi v tla, minimalna pokritost tal 30 %, pester kolobar) nadalje povečujejo biološko aktivnost. Dobro strukturna in stratificirana tla zagotavljajo pravi habitat za organizme različnih velikosti. Nasprotno pa zbita tla zmanjšujejo mikrobnomo biomaso, aktivnost in pestrost (Vian in sod., 2009), pa tudi številčnost deževnikov in z njimi povezano nastajanje rosov (makropor) in glistin (Jégou in sod., 2002). Deževnike smatramo za »arhitekto« tal, saj lahko vplivajo na strukturo tal z mešanjem mineralnih in organskih komponent v agregate, z izločanjem polisaharidov lepijo talne delce in s kopanjem rosov nastajajo makropore (Blouin et al., 2013). Zato moramo biti pozorni na medsebojne interakcije med biotsko pestrostjo in obdelovanjem tal. Na primer, oranje lahko uniči deževnike, razpoke in talne pore, ki jih ustvarijo korenine, medtem ko se v načinih obdelave tal brez oranja ohranja biološka makroporoznost in strukturni agregati (Shipitalo et al., 2000). Talni mikroorganizmi so večinoma heterotrofi, omejeni z razpoložljivostjo energije za razmnoževanje, zato so odvisni od prenosa organskih ostankov v globino, ki se med načini obdelave tal razlikuje. Mikrobi organske ostanke razgradijo do mineralnih snovi.

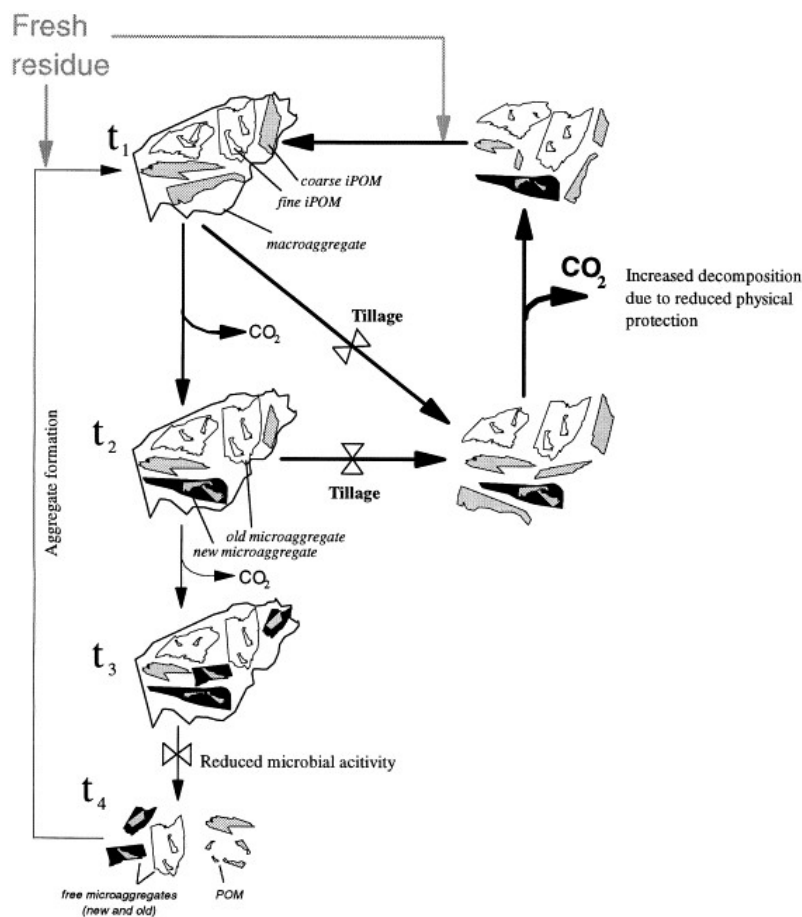
11.4 Ohranitveno kmetijstvo za zmanjšanje sušnega stresa rastlin

Zaradi povečane pogostnosti suš v Sloveniji, je izvajanje ukrepov za ublažitev suše nujno. Med te ukrepe sodijo predvsem spremembe v kmetijski tehnologiji (kolobar, izbira za vodo manj zahtevnih vrst, tehnika obdelave tal), in izboljšanje talnih (pedoloških) lastnosti (sposobnost vpijanja vode in njenega zadrževanja). Tla so pomemben zadrževalnik vode. Glede na količino rastlinam dostopne vode v tleh je odvisno, koliko časa bodo rastline lahko uspevale tudi v sušnih obdobjih oz. koliko časa jih suša ne bo prizadela. Sposobnost akumuliranja vode v tleh (vodna retenzija) je neposredno odvisna od več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši tekstura tal, struktura, konzistenca, vsebnost organske snovi in seveda globina talnega profila.

Ker sodi Slovenija v evropskem merilu med države z veliko količino padavin, je potrebno v scenarijih za blažitev posledic suše čim več pozornosti posvetiti ukrepom, ki bi zmanjšali površinski odtok ter povečali sposobnost tal za zadržanje rastlinam dostopne vode (efektivne poljske kapacitete = EPK).

V modelnih scenarijih za povečevanje vodnoretencijskih lastnosti tal je na prvem mestu povečevanje deleža humusa v tleh (Finnern, 1994). Seveda pa je pozitivna vloga organske snovi v tleh omejena in neposredno odvisna od osnovnih teksturnih lastnosti tal (predvsem od deleža finih talnih delcev – finega melja in gline). Predvsem je pomemben delež humusa v zgornjem sloju tal. Organska snov namreč neposredno

vpliva na povečanje obstojnosti strukturnih agregatov ter s tem na povečanje infiltracijske sposobnosti in zmanjšanje površinskega odtoka vode in erozije. Organska snov vpliva na izboljšanje strukture, kar vodi v ugodno razmerje med makro in mikroporami, tako da taka tla lahko vpijejo in zadržijo več vode.



Slika 32: Z mehansko obdelavo razbijemo strukturne agregate in izpostavimo prej fizično zavarovano organsko snov mikrobnemu razkroju in povečamo emisije CO₂ (Six in sod., 2000; [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00179-6](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00179-6))

Vsebnost organske snovi v tleh lahko povečamo z večjim vnosom organskih snovi (živinska gnojila, komposti, podorine) ali z zmanjšanjem razgradnje (mineralizacije) organske snovi. Eden najpomembnejših ukrepov za povečevanje vsebnosti humusa v tleh, za izboljšanje fizikalnih lastnosti tal in za zmanjšanje evapotranspiracije (izboljšanje vodne bilance) je zmanjšana obdelava tal in puščanje rastlinskih ostankov na površini tal. Tuje izkušnje kažejo, da se z ohranitveno oz. konzervacijsko obdelavo tal, pri čemer puščamo vsaj 30% površine trajno pokrite z rastlinskimi ostanki (tal ne obračamo kot pri oranju), po nekaj letih značilno spremenijo fizikalno-kemijske lastnosti tal. Zaznavno se poveča volumska gostota zgornjega sloja, poveča se delež srednjih -, zmanjša pa delež makro por. Posledično se poveča rastlinam dostopna kapaciteta tal za vodo za 15 do 40 % (Ball-Coelho, 1998). Več je t.i. »bio-por« (> 1 mm), ki jih naredijo talni organizmi (deževniki, odmrle korenine). Rastlinski ostanki na površini skupaj z vertikalno orientiranimi »bio-porami« povečajo sposobnost infiltracije vode iz

površine, kar pomeni, da več padavinske vode ostane na polju, manj pa jo odteče po površini (Arshad in sod., 1999). Pomembno je, da infiltrirana voda pronica v globino počasneje skozi talni profil, saj je hidravlična prevodnost ohranitveno obdelanih tal manjša, zaradi večje gostote tako obdelanih tal (Rasmussen, 1999). Kljub temu, da so tla gostejša, pa je njihova struktura obstojnejša.

Predvsem v zgornjih 10 cm je več stabilnih makro-agregatov, kar izboljša zračnost tal (Ball-Coelho in sod., 1998; Franzluebbers, 2002 a, b). Rastlinski ostanki na površini tal zmanjšajo udarno silo nalivov, kar je izjemno pomembno za preprečevanje erozije in lateralnih izgub hranil in pesticidov (Choudhary, 1997). Obenem rastlinski ostanki na površini zmanjšajo evaporacijo s tal. Tla pod nastiljem so hladnejša (za 3°C v povprečju), kar skupaj s povečano količino rastlinam dostopne vode lahko značilno vpliva na večjo biološko aktivnost v tleh čez poletje (= zmanjšan stres zaradi suše). Tudi cikel: sušenje – ponovna navlažitev tal poteka bolj postopno, zato taka tla manj razpokajo in manj izgubljajo vodo skozi razpoke iz globljih slojev (Balasdent in sod., 2000).

Stratifikacija organske snovi v tleh, ki je bolj izražena pri ohranitveni obdelavi, je lahko enostaven pokazatelj ali s tlemi ravnamo v smeri izboljševanja ali poslabšanja vodnih lastnosti (npr. infiltracije, skupne in rastlinam dostopne kapacitete za vodo) (Franzluebbers, 2002 b).

Drug pomemben efekt intenzitete obdelave tal se kaže v razgradnji organske snovi. Obdelava razruši talne agregate ter izpostavi organsko snov mikrobom. Pri minimalni obdelavi ostaja več humusno-glinenih kompleksov, ki organsko snov varujejo pred razgradnjo. Razgradnja je pri ohranitveni obdelavi še dodatno zmanjšana zaradi nižje temperature tal (Balasdent in sod., 2000; Torbert in Reeves, 1995).

11.5 Vrednost humusa oz. organskega ogljika

V naslednjih odstavkih razmišljamo o vrednotenju humusa oziroma kopičenju ogljika v tleh. Kako oceniti koliko stane 1 kg vezanega CO₂ v tal? Če je povečanje vsebnosti Corg za 0,1% na ha do 10 cm globine tal (masa pri volumski gostoti tal 1,3 t/m³ = 1300 t/ha), pri potem vežemo v tla 1,3 t Corg ali 4,8 t CO₂.

(Vir: MIHELICH, Rok, MAJERIC, Branko. Vrednotenje humusa ali sprstenine v tleh. Kmečki glas. 27. jan. 2016, vol. 73, št. 4, str. 12. ISSN 0350-4093. [COBISS.SI-ID 8361337].

1 tona humusa vsebuje v povprečju 580 kg Corg = 2146 kg CO₂.

Če torej slamo puščamo na njivi in humus ovrednotimo skozi ceno slame (11 centov/kg, odvisno od cenovnih razmerij na trgu – prikazane vrednosti so zgolj informativne), torej je **1 tona humusa vredna 110 €** in je

1 tona CO₂ vezana v tla ocenjena (110 €/2146 kg CO₂) = 0,05 €/kg CO₂ oz **50 €/t CO₂.**

Torej, pri povečanju vsebnosti Corg v petih letih za 0,1 % v sloju 0–10 cm tal bi na 1 ha kmet ekvivalentno lahko dobil subvencijo: 4,8 t CO₂ x 50 €/t CO₂ = 240 €. Če bi za 0,1 % povečal vsebnost v sloju 0–20 cm tal, pa bi lahko dobil 480 €/ha (v 5ih letih) itd.

12) Sklepi

V ciljnem raziskovalnem projektu »Zmanjšanja sušnega stresa in povečanja rodovitnosti tal z uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelava tal v trajnostno poljedelstvo« smo z rezultati meritev, pridobljenimi v večletnih poskusih odgovorili na naslednje zastavljena vprašanja, ki imajo tudi širši pomen ne samo za slovensko kmetijsko prakso ampak tudi za razvoj znanosti.

- a) Rezultati večletnih poskusov IOSDV kažejo, da sta gnojenje s hlevskim gnojem in zaoravanje rastlinske biomase v tla ugodni s stališča večanja zalog organskega ogljika v tleh. Povečanje zalog organskega ogljika v tleh je bilo največje pri gnojenju s hlevskim gnojem v triletnem kolobarju pred koruzo. V povprečju so se zaloge do globine 25 cm tal pri takšnem načinu gnojenja v Rakičanu povečale za 13,8 t/ha (0,53 t/ha na leto), v Jabljah pa za 4,7 t/ha (0,18 t/ha na leto). Pri zaoravanju rastlinske biomase je bilo povečanje zalog v Rakičanu v 26 letih 7,7 t/ha (0,34 t/ha na leto), v Jabljah pa 3,2 t/ha (0,12 t/ha na leto). Praksa odvzema celotne nadzemne rastlinske biomase brez zaoravanja hlevskega gnoja je z vidika zalog organskega ogljika v tleh neugodna. V Rakičanu so se sicer zaloge ogljika tudi pri tej praksi nekoliko povečale (2,2 t/ha v 26 letih oziroma 0,08 t/ha na leto), v Jabljah pa so se zmanjšale (-3,0 t/ha oziroma -0,10 t/ha na leto). Učinek povečanja odmerka N iz mineralnih gnojil na zaloge ogljika v tleh je bil izrazit le v Rakičanu pri obravnavanjih z zadelovanjem žetvenih ostankov. Za tla v Rakičanu je opazna manjša zaloga organskega ogljika v tleh kot v Jabljah, povečevanje zalog v tleh pa je bilo ob gnojenju ali zadelovanju žetvenih ostankov približno trikrat hitrejše.
- b) V poskusih se jasno nakazujejo razlike v potencialu tal za vezavo organskega ogljika pri enakih praksah. Med drugim je ta potencial odvisen tudi od začetnega stanja zalog organskega ogljika, manjše kot so zaloge, večje je lahko povečanje, kar smo opazili če primerjamo Rakičan in Jabljam kjer je bilo začetno stanje na zalog precej večje. To lahko pomembno vpliva na pričakovano učinkovitost vezave ogljika v tla z večjimi vsebnostmi organske snovi in bi bilo smiselno upoštevati pri projekcijah.
- c) Gibanje pridelkov v obdobju 1993-2020 je pri obravnavanjih, kjer ob gnojenju z organskimi gnojili dodajamo tudi mineralni N pozitivno, z naraščanjem pridelkov ozimne pšenice in koruze za zrnje na obeh lokacijah. Uporaba hlevskega gnoja kaže večje učinke na pridelke v Rakičanu kot v Jabljah. Nasprotno imamo v Jabljah skoraj enkrat večje agronomske učinkovitosti dodanega N iz mineralnih gnojil, kar nakazuje na eni strani veliko odvisnost pridelovalnega potenciala tega okolja od zunanjih vnosov N z mineralnimi gnojili, na drugi strani pa večjo učinkovitost izrabe dodanega N za povečanje pridelkov kot npr. v Rakičanu.
- d) Prepoznavanje potenciala večletnih poskusov in podatkov iz teh poskusov za usmerjanje ukrepov kmetijsko-okoljske politike je pri nas premalo prepoznano in cenjeno. Prepogosto se dogaja, da se usmeritve sprejemajo brez obstoječih relevantnih podatkov, ob pomankljivi kakovosti ali slabi kritični presoji o relevantnosti podatkov. Potencial in izkoriščanje podatkov iz večletnih poskusov IOSDV, kjer so vključene najpogostejše pridelovalne prakse v Sloveniji in ki poteka po nespremenjeni metodologiji že 30 let je velik in bi moral biti tudi ustrezno finančno podprto. Ohranjanje poskusov in izvajanje raziskav samo po sebi nima ustreznega finančnega kritja. Tako so raziskave odvisne od pridobivanja specifičnih projektov ali finančnih virov institucij ter nenazadnje

volje raziskovalcev, da jih ohranjajo. V tujini so zaradi tega številni poskusi že propadli, številni pa so na robu obstanka. Upamo, da bo to poročilo pripomoglo k njihovi prepoznavnosti in ohranjanju v bodoče ter k zagotavljanju ustreznega finančnega vira za njihov obstoj.

- e) V okviru ocene botanične ruše na različnih kmetijskih gospodarstvih po različnih statističnih regijah Slovenije lahko na podlagi popisa travniških funkcionalnih skupin (trav, metuljnic, zeli) v travni ruši trdimo, da se kombinirani način rabe travinja v primeru pašno-kosna raba dopolnjujeta, saj dajeta najoptimalnejšo sestavo in širši biotski doprinos. Rezultati pridobljeni v sklopu vzorčenja potrjujejo tiste iz svetovne literature, ki govori o vplivih gospodarjenja s trajnim travinjem na vezavo C. Tudi v naši rastnih razmerah je v primerjavi s travniki in pašno-kosno rabo največja zaloga organskega ogljika C (Mg ha^{-1}) na pašnikih $91,55 \text{ Mg ha}^{-1}$. Masa koreninskega sistema v sloju 0–30 cm je najvišja na pašnikih.
- f) V sklopu projekta smo travnike delili glede na število košenj (2, 3 in 4 – kosni travniki). Rezultati potrjujejo, da pogostnost rabe tal vpliva na zmanjšanje količine koreninskega sistema v sloju 0–30 cm tal in sicer je na 2-kosnih travnikih količina korenin 3,64 g večja v primerjavi s 4-kosnimi, kjer je 2,99 g. Vsebnost organskega ogljika je sorazmerna s količina korenin, kar kaže na vpliv najboljše izbire gospodarjenja travinja (pašnik).
- g) Vsebnosti dušika je v povprečju najvišja na pašnikih ($8,44 \text{ t ha}^{-1}$), kar sovпада z vsebnostjo ogljika in pomeni, da je izkoristek dušika sorazmeren vezavi ogljika in kopičenju organske snovi v tleh. Že iz literature je znano, da so slovenski travniki zelo različno založeni s fosforjem. Do podobnih ugotovitev smo prišli v naši raziskavi, saj je v povprečju v globini tal 0–30 cm največ fosforja na travnikih in pri pašno-kosni rabi, medtem ko ga je značilno manj na pašnikih. Obratna situacija je pri založenosti tal s kalijem. V povprečju je v globini tal 0–30 cm največ kalija na pašnikih in pri pašno-kosni rabi, medtem ko ga je značilno manj na travnikih, kar lahko direktno pripišemo živalskim iztrebkom prežvekovalcev.
- h) Vsebnost organske snovi v tleh lahko povečamo z večjim vnosom organskih snovi (živinska gnojila, komposti, podorine) ali z zmanjšanjem razgradnje (mineralizacije) organske snovi. Eden najpomembnejših ukrepov za povečevanje vsebnosti humusa v tleh, za izboljšanje fizikalnih lastnosti tal in za zmanjšanje evapotranspiracije (izboljšanje vodne bilance) je zmanjšana obdelava tal in puščanje rastlinskih ostankov na površini tal.
- i) Ohranitvena obdelava tal je sestavni del ohranitvenega trajnostnega kmetovanja. Je način gospodarjenja s kmetijskimi zemljišči, s katerim želimo ohraniti visoko proizvodno sposobnost tal skozi daljši čas tako, da v pridelovalnih tehnikah v večji meri upoštevamo naravne procese.
- j) Ohranitvena obdelava tal in ohranitveno kmetijstvo povečujejo rodovitnost tal, kar pomeni, da rastline lahko v polni meri zajemajo hranila, vodo, mikrobnе izločke in razpoložljivo sončno energijo.
- k) Sekvestracija ogljika vključuje odstranitev ogljika iz ozračja s pomočjo fotosinteze in njegovo shranjevanje v različnih sestavnih delih kopenskih ali vodnih ekosistemov. Sekvestracija ogljika se izboljšuje z ohranitvenim kmetijstvom.
- l) Ohranitvena obdelava tal je potencialno lahko uspešen pristop pri zmanjševanju emisij CO_2 iz tal, saj naj bi v primerjavi s konvencionalnim oranjem ustvarila ugodnejšo bilanco C v tleh in tako pripomogla k zmanjšanju emisij CO_2 . Vendar

tudi številni okoljski dejavniki kot so dvig temperature in vlažnosti tal, velikost nadzemne biomase, vsebnost hranil v tleh, vplivajo na večanje emisij CO₂ s tal, zato se rezultati med študijami precej razlikujejo.

- m) Zaradi povečane pogostnosti suš v Sloveniji, je izvajanje ukrepov za ublažitev suše nujno. Med te ukrepe sodijo tudi spremembe v kmetijski tehnologiji (kolobar, izbira za vodo manj zahtevnih vrst, tehnika obdelave tal), in izboljšanje talnih (pedoloških) lastnosti (sposobnost vpijanja vode in njenega zadrževanja). Tla so pomemben zadrževalnik vode. Sposobnost akumuliranja vode v tleh (vodna retenzija) je neposredno odvisna od več dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši tekstura tal, struktura, konzistenca, vsebnost organske snovi in seveda globina talnega profila.

13) Bibliografski dosežki

Vsi bibliografski dosežki skupine raziskovalcev so dostopni na portalu SICRIS (izumbib.izum.si/bibliografije/J20211108123829-V4-1815.html). V nadaljevanju je seznam samo tistih del raziskovalcev, vključenih na projekt CRP, ki so v obdobju trajanja raziskave, objavili bibliografske dosežke, neposredno povezane s tematiko povečanja rodovitnosti tal in uvajanjem ohranitvene (konzervacijske) obdelava tal v trajnostno poljedelstvo in travništvo.

Originalni znanstveni članki:

ERDOGAN, Hakki Emrah, HAVLICEK, Elena, DAZZI, Carmelo, MONTANARELLA, Luca, LIEDEKERKE, Marc Van, VRŠČAJ, Borut, KRASILNIKOV, Pavel, KHASANKHANOVA, Gulchekhra, VARGASH, Ronald. Soil conservation and SDG's achievement in Europe and Central Asia : which role for the European soil partnership?. *International Soil and Water Conservation Research*, ISSN 2095-6339, 2021, vol. , iss. , str. 1-26, ilustr., doi: [10.1016/j.iswcr.2021.02.003](https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.02.003). [COBISS.SI-ID [55512323](https://www.cobiss.si/urn:nbn:si:coibis:55512323)]

MIHELIC, Rok, PEČNIK, Jure, GLAVAN, Matjaž, PINTAR, Marina. Impact of sustainable land management practices on soil properties : Example of organic and integrated agricultural management. *Land*, ISSN 2073-445X, 2021, vol. 10, iss. 1, art. 8, str. 1-17, ilustr. <https://dx.doi.org/10.3390/land10010008>, doi: [10.3390/land10010008](https://dx.doi.org/10.3390/land10010008). [COBISS.SI-ID [44509187](https://www.cobiss.si/urn:nbn:si:coibis:44509187)]

KELC, Damijan, STAJNKO, Denis, BERK, Peter, RAKUN, Jurij, VINDIŠ, Peter, LAKOTA, Miran. Reduction of environmental pollution by using RTK-navigation in soil cultivation. *International journal of agricultural and biological engineering*, ISSN 1934-6344, September 2019, vol. 12, no. 5, str. 173-178, ilustr. <https://www.ijabe.org>, doi: [10.25165/ijabe.20191205.4932](https://doi.org/10.25165/ijabe.20191205.4932). [COBISS.SI-ID [4624428](https://www.cobiss.si/urn:nbn:si:coibis:4624428)]

Strokovni članki:

LUKAČ, Branko. Rastlinske vrste so dober pokazatelj našega gospodarjenja s travinjem. *Naše travinje : strokovna kmetijska revija*, ISSN 1854-343X, sep. 2019, letn. 13, št. 1, str. 12-17, fotogr. [COBISS.SI-ID [5865064](https://www.cobiss.si/urn:nbn:si:coibis:5865064)]

Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci:

KOLMANIČ, Aleš, ŽNIDARŠIČ PONGRAC, Vida, VERBIČ, Jože. Dolgoročni učinek različnih kmetijskih praks na zaloge organskega ogljika v njivskih tleh = Long term effect of different agronomic practices on organic carbon stocks in arable soils. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 12-18, preglednice. [COBISS.SI-ID [48903171](https://www.cobiss.si/urn:nbn:si:coibis:48903171)]

ŠINKOVEC, Marjan, BERGANT, Janez, MALI, Boštjan, GRČMAN, Helena, VRŠČAJ, Borut. Zaloge organskega ogljika v tleh kmetijskih zemljišč Slovenije - preliminarno poročilo večletnega projekta = Soil organic carbon stocks in agricultural land-uses of Slovenia - the multiannual project preliminary report. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021*. Ljubljana:

Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 19-26, ilustr. [COBISS.SI-ID [48908803](#)]

KRAMBERGER, Branko, PODVRSNIK, Miran. Gospodarjenje z ogljikom v travniških tleh = Grassland soil carbon management. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij*, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 27-34. [COBISS.SI-ID [50081283](#)]

MAVSAR, Sara, LESJAK, Jurka, VRŠČAJ, Borut, REKIČ, Klara, STAJNKO, Denis, GRČMAN, Helena, MIHELIČ, Rok. Mnenje deležnikov o prioritetah raziskav in razvoja zakonodaje za trajnostno gospodarjenje s kmetijskimi tlemi v Sloveniji = Stakeholders' opinion on research and legislation development priorities for sustainable agricultural soil management in Slovenia. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij*, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 50-56, ilustr. [COBISS.SI-ID [48924419](#)]

ADAMIČ, Sergeja, LESKOVŠEK, Robert. Vpliv različnih sistemov obdelave tal na nodulacijo in parametre pridelka soje (*Glycine max* (L.) Merr.) = Influence of different tillage systems on soybean nodulation and yield parameters (*Glycine max* (L.) Merr.). V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij*, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 87-95, ilustr. [COBISS.SI-ID [48929027](#)]

ROVANŠEK, Anže, LESKOVŠEK, Robert. Vpliv konvencionalne in konzervirajoče obdelave ter direktne setve na zapleveljenost in pridelek ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L.) = Effect of conventional, conservation and no-till tillage systems on weed dynamics and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij*, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 103-110, ilustr. [COBISS.SI-ID [48933891](#)]

Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

KOLMANIČ, Aleš, ŽNIDARŠIČ PONGRAC, Vida, VERBIČ, Jože. Dolgoročni učinek različnih kmetijskih praks na zaloge organskega ogljika v njivskih tleh = Long term effect of different agronomic practices on organic carbon stocks in arable soils. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij*, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 12-18, preglednice. [COBISS.SI-ID [48903171](#)]

ŠINKOVEC, Marjan, BERGANT, Janez, MALI, Boštjan, GRČMAN, Helena, VRŠČAJ, Borut. Zaloge organskega ogljika v tleh kmetijskih zemljišč Slovenije - preliminarno poročilo večletnega projekta = Soil organic carbon stocks in agricultural land-uses of Slovenia - the multiannual project preliminary report. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. *Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij*, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana:

Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 19-26, ilustr. [COBISS.SI-ID 48908803]

KRAMBERGER, Branko, PODVRŠNIK, Miran. Gospodarjenje z ogljikom v travniških tleh = Grassland soil carbon management. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 27-34. [COBISS.SI-ID 50081283]

VRŠČAJ, Borut, KASTELIC, Peter, BERGANT, Janez, ŠINKOVEC, Marjan. Ocena erozije na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji = Assessment of agricultural soil erosion in Slovenia. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 35-42, ilustr. [COBISS.SI-ID 48917763]

ROVANŠEK, Anže, LESKOVŠEK, Robert. Vpliv konvencionalne in konzervirajoče obdelave ter direktne setve na zapleveljenost in pridelek ozimne pšenice (*Triticum aestivum* L.) = Effect of conventional, conservation and no-till tillage systems on weed dynamics and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 103-110, ilustr. [COBISS.SI-ID 48933891]

PEČAN, Urša, PINTAR, Marina, MIHELIČ, Rok, KASTELEC, Damijana. Prostorska in časovna variabilnost vsebnosti vode v tleh na izbrani njivi glede na intenzivnost obdelave tal = Spatial and temporal variability of soil water content in the selected field, according to the intensity of tillage. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2021 : zbornik simpozija = New challenges in agronomy 2021 : proceedings of symposium : spletni simpozij, [28. in 29. januar] 2021. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2021, str. 126-132, ilustr. [COBISS.SI-ID 50086915]

MIHELIČ, Rok, SUHADOLC, Marjetka. Ohranitvena obdelava tal v ekološkem kmetijstvu in njen vpliv na kakovost tal = Effects of conservation soil management in organic agriculture on soil quality. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2019 = New challenges in agronomy 2019 : zbornik simpozija = proceedings of symposium : [Laško, 31. januar in 1. februar 2019]. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2019, str. 15-21, ilustr. [COBISS.SI-ID 9154169]

ELER, Klemen, VANCO, Anja, MIHELIČ, Rok. Pojavnost plevelov in njihova talna semenska banka v kombinaciji ekološkega poljedelstva in ohranitvene obdelave tal = The combination of organic crop production and conservation tillage - weeds and their soil seed bank. V: ČEH, Barbara (ur.), et al. Novi izzivi v agronomiji 2019 = New challenges in agronomy 2019 : zbornik simpozija = proceedings of symposium : [Laško, 31. januar in 1. februar 2019]. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2019, str. 22-35, ilustr. [COBISS.SI-ID 9154425]

KRAMBERGER, Branko, PODVRŠNIK, Miran. Vpliv gospodarjenja na travinju na vezavo ogljika v organsko snov tal = Impact of grassland management on carbon sequestration in soil organic matter. V: ČEH, Tatjana (ur.), KAPUN, Stanko (ur.). Zbornik predavanj = Proceedings of the 28th International Scientific Symposium on

Nutrition of Farm Animals [being] Zdravec-Erjavec Days 2019, 7th and 8th November 2019. Murska Sobota: Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod. 2019, str. 109-113. [COBISS.SI-ID 4632620]

Znanstvena monografija

KRAMBERGER, Branko, PODVRŠNIK, Miran. Gospodarjenje na travinju za ogljik in učinkovita raba dušika iz gnojevke. 1 izd. Maribor: Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2021. II, 112 str., ilustr. ISBN 978-961-286-501-6, doi: 10.18690/978-961-286-500-9. [COBISS.SI-ID 71295235]

VRŠČAJ, Borut (avtor, urednik), BERGANT, Janez, KASTELIC, Peter, ŠINKOVEC, Marjan. Erozija v Sloveniji : kratka predstavitev in ocena pomembne degradacije tal. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije, 2020. 1 spletni vir (1 datoteka PDF (28 str.)), ilustr. ISBN 978-961-6998-45-1. https://www.kis.si/f/docs/Druge_publicacije/EROZIJA_KIS-2020.pdf. [COBISS.SI-ID 41993475]
kategorija: SU (S)