

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Primož ŽIGON

**DOSTOPNOST HRANIL V ODVISNOSTI OD
INTENZITETE OBDELAVE TAL**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študijski program - 2. stopnja

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Primož ŽIGON

**DOSTOPNOST HRANIL V ODVISNOSTI OD INTENZITETE
OBDELAVE TAL**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študijski program - 2. stopnja

**NUTRIENT AVAILABILITY AS A FUNCTION OF SOIL TILLAGE
INTENSITY**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2013

Žigon P. Dostopnost hranil v odvisnosti od intenzitete obdelave tal.

Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje agronomija. Delo je bilo opravljeno na Katedri za pedologijo in varstvo okolja.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala doc. dr. Roka MIHELČA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: izr. prof. dr. Marijana JAKŠE

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok MIHELČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Magistrsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svojega magistrskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddal v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Primož Žigon

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn2
DK	UDK 631.51.022:631.452:631.41(043.2)
KG	dostopnost hranil/obdelava tal/ohranitvena obdelava/dolgoletni poljski poskus/ Moškanjci/Ljubljana
AV	ŽIGON, Primož
SA	MIHELIC, Rok (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2013
IN	DOSTOPNOST HRANIL V ODVISNOSTI OD INTENZITETE OBDELAVE TAL
TD	Magistrsko delo (Magistrski študijski program – 2. stopnja)
OP	XI, 49 str., 11 pregl., 17 sl., 18 pril., 47 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Način obdelave tal vpliva na fizikalne in kemijske lastnosti tal. V okviru dveh poskusov, ki na dveh lokacijah z različnimi klimatskimi in talnimi razmerami potekata že 12 let, smo preučevali vpliv konvencionalne obdelave tal (oranje do globine 25 cm in predsetvena priprava tal) in ohranitvene obdelave (obdelava brez oranja do globine 10 cm) na pH talne raztopine, dostopnost N, P, K in vsebnost topnega organskega ogljika (DOC) v tleh. Prvi poskus je potekal na težkih meljasto-glinastih ilovnatih tleh laboratorijskega polja Biotehniške fakultete (BF) v Ljubljani, drugi pa na aluvialnih meljasto-ilovnatih tleh v subpanonskem delu Slovenije, v Moškanjcih. Tla smo vzorčili jeseni 2011 ter trikrat v letu 2012, v štirih različnih globinah, do globine 60 cm. Ugotovili smo, da je pH tal obdelanih na ohranitveni način v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi v povprečju višji za 0,1 enote. Konvencionalna obdelava vpliva na večjo vsebnost dostopnega fosforja in dušika v tleh, vsebnost kalija pa je bila višja v ohranitveno obdelanih tleh na lokaciji Moškanjci. Vsebnost DOC je bila v Ljubljani višja v ohranitveno obdelanih tleh, medtem ko je bila v Moškanjcih višja pri konvencionalni obdelavi. Stratifikacija vsebnosti fosforja, kalija, dušika in DOC v tleh je bila izrazitejša v profilu ohranitveno obdelanih tal. Glede na C/N razmerje in izmerjene vsebnosti mineralnega dušika sklepamo, da je bila stopnja mineralizacije dušika višja v tleh obdelanih na konvencionalen način.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn2
DC UDC 631.51.022:631.452:631.41(043.2)
CX nutrient availability/soil tillage/conservation tillage/long-term field experiment/
Moškanjci/Ljubljana
AU ŽIGON, Primož
AA MIHELIC, Rok (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
PY 2013
TI NUTRIENT AVAILABILITY AS A FUNCTION OF SOIL TILLAGE
INTENSITY
DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO XI, 49 p., 11 tab., 17 fig., 18 ann., 47 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Different soil tillage practices can impact soil physical and chemical properties. The effects of conservation (harrowing 10 cm deep only) and conventional tillage (ploughing 25 cm deep + seedbed preparation by harrowing) on soil pH and plant available P, K, N and DOC (dissolved organic carbon) were investigated on a two 12 years fields experiments with different soil and climatic conditions. The first experiment is located on the laboratory field of Biotechnical Faculty (BF) with heavy silty clay loam soil in Ljubljana and second on alluvial silty loam soul in Moškanjci in Sub-Pannonian area. Soil was sampled in autumn 2011 and three times in 2012 in four depth intervals ranging from 0 to 60 cm. Soil pH under conservation tillage was 0.1 unit higher than under conventional tillage. Conventional tillage increased plant available P and N compared to conservation tillage. Positive effect of conservation tillage on K content was present only in Moškanjci soil. DOC in Ljubljana was higher under conservation tillage and in Moškanjci it was higher under conventional tillage. Plant available P, K, N and DOC showed greater stratification in the soil profile under conservation tillage. According to C/N ratio and mineral nitrogen contents we assumed that N-mineralization rate was higher in conventionally tilled soil.

KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	X
1 UVOD	1
1.1 NAMEN RAZISKAVE	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 OBDELAVA TAL	2
2.1.1 Konvencionalna obdelava tal	3
2.1.2 Ohranitvena (konzervirajoča) obdelava tal	4
VPLIV OBDELAVE NA STRUKTURO IN FIZIKALNE LASTNOSTI	
2.2 TAL	7
2.3 VPLIV OBDELAVE NA BIOLOŠKE LASTNOSTI TAL	8
2.4 VPLIV OBDELAVE NA VSEBNOST ORGANSKEGA OGLJIKA	9
2.4.1 Organska snov	9
2.4.2 Topni organski ogljik	10
2.5 VPLIV OBDELAVE NA VSEBNOST DOSTOPNIH OBLIK HRANIL	10
2.5.1 Stratifikacija vsebnosti hranil po globini tal	10
2.5.2 Fosfor in kalij	11
2.5.3 Dušik	11
3 MATERIALI IN METODE	14
3.1 OPISI IN ZASNOVE POSKUSOV	14
3.2 DELO NA TERENU	17
3.2.1 Obdelava tal, kolobar in gnojenje	17
3.2.2 Vzorčenje tal	17
3.3 LABORATORIJSKO DELO	18
3.3.1 Meritev volumske gostote tal	18

3.3.2	Meritev pH	18
3.3.3	Meritev vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija	19
3.3.4	Meritev topnega organskega ogljika (DOC)	19
3.3.5	Meritve skupnega dušika in mineralnih oblik dušika ter izračun vsebnosti organskega dušika v ekstraktih tal	20
3.4	OBDELAVA PODATKOV IN STATISTIČNA ANALIZA	21
4	REZULTATI	22
4.1	LJUBLJANA	22
4.1.1	Volumska gostota tal	22
4.1.2	pH tal	22
4.1.3	Fosfor	22
4.1.4	Kalij	24
4.1.5	Dušik	26
4.1.6	DOC/Nskup. razmerje v ekstraktih tal	29
4.2	MOŠKANJCI	30
4.2.1	Volumska gostota tal	30
4.2.2	pH tal	31
4.2.3	Fosfor	31
4.2.4	Kalij	32
4.2.5	Dušik	34
4.2.6	DOC/Nskup. razmerje v ekstraktih tal	37
5	RAZPRAVA	38
5.1	pH	38
5.2	FOSFOR IN KALIJ	38
5.3	ORGANSKI OGLJIK IN C/N RAZMERJE	39
5.4	OBLIKE DUŠIKA	40
6	SKLEPI	43
7	POVZETEK	44
8	VIRI	45
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Opis talnega profila Moškanjci	15
Preglednica 2:	Opis talnega profila Ljubljana	16
Preglednica 3:	Datumi vzorčenja tal na poskusnih površinah v Ljubljani in Moškanjcih	17
Preglednica 4:	Povprečna gostota tal (g/cm^3) \pm standardna napaka v Ljubljani (24.4.2012), v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v gostoti tal.	22
Preglednica 5:	Povprečna vrednost pH \pm standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v pH vrednosti.	22
Preglednica 6:	Količine skupnega dušika, topnega organskega ogljika (kg/ha ; 0-30 cm) ter C/N razmerje, v Ljubljani, glede na način obdelave tal.	29
Preglednica 7:	Vsebnosti skupnega dušika, topnega organskega ogljika (kg/ha) \pm standardna napaka ter C/N razmerje v Ljubljani, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.	29
Preglednica 8:	Povprečna gostota tal (g/cm^3) \pm standardna napaka v Moškanjcih (11.4.2012), v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v gostoti tal.	30
Preglednica 9:	Povprečna vrednost pH \pm standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v pH.	30
Preglednica 10:	Količine skupnega dušika in topnega organskega ogljika (kg/ha ; 0-30 cm) ter C/N razmerje v Moškanjcih, glede na način obdelave tal.	37
Preglednica 11:	Količine skupnega dušika, topnega organskega ogljika (mg/kg) \pm standardna napaka ter C/N razmerje v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.	37

KAZALO SLIK

Slika 1:	Orodje za minimalno obdelavo tal	14
Slika 2:	Količina P_2O_5 (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave tal.	23
Slika 3:	Povprečna količina P_2O_5 (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti P_2O_5 .	24
Slika 4:	Količine K_2O (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave tal.	25
Slika 5:	Povprečne količine K_2O (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti K_2O .	26
Slika 6:	Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave.	27
Slika 7:	Količine topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave.	27
Slika 8:	Povprečne količine mineralnega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti mineralnega dušika.	28
Slika 9:	Povprečne količine topnega organskega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti topnega organskega dušika.	28
Slika 10:	Količine P_2O_5 (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave tal.	31
Slika 11:	Povprečne količine P_2O_5 (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti P_2O_5 .	31
Slika 12:	Količine K_2O (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.	32

- Slika 13: Povprečne količine K_2O (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti K_2O . 33
- Slika 14: Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave. 34
- Slika 15: Količine topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave. 35
- Slika 16: Povprečne količine mineralnega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti topnega organskega dušika. 36
- Slika 17: Povprečne količine topnega organskega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti topnega organskega dušika. 36

KAZALO PRILOG

- Priloga A1: Prikaz razporeditve in količine padavin ter temperature zraka v času trajanja poskusa, v Ljubljani (vremenska postaja ARSO, Ljubljana-Bežigrad).
- Priloga A2: Prikaz razporeditve in količine padavin ter temperature zraka v času trajanja poskusa, v Moškanjcih (Vremenska postaja Orešje pri Ptujju).
- Priloga B1: Količina P_2O_5 in K_2O (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, glede na način obdelave.
- Priloga B2: Povprečne količine P_2O_5 (kg/ha) \pm standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v količini P_2O_5 .
- Priloga B3: Povprečne količine K_2O (kg/ha) \pm standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v količini K_2O .
- Priloga B4: Koncentracije skupnega in topnega organskega ogljika (mg/kg) \pm standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.
- Priloga B5: Količina mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave.
- Priloga B6: Povprečna količina mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha) \pm standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v količini mineralnega oziroma organskega dušika.
- Priloga B7: Povprečna koncentracija mineralnega in topnega organskega dušika (mg/kg) \pm standardna napaka v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v koncentraciji mineralnega oziroma organskega dušika.
- Priloga C1: Količina P_2O_5 in K_2O (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.
- Priloga C2: Povprečne količine P_2O_5 (kg/ha) \pm standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v količini P_2O_5 .

- Priloga C3: Povprečne količine K_2O (kg/ha) \pm standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v koncentraciji K_2O .
- Priloga C4: Koncentracija skupnega in topnega organskega ogljika (mg/kg) \pm standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.
- Priloga C5: Količina mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.
- Priloga C6: Povprečne količine mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha) \pm standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v koncentraciji mineralnega oziroma organskega dušika.
- Priloga C7: Povprečna koncentracija mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha) \pm standardna napaka v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v koncentraciji mineralnega oziroma organskega dušika.
- Priloga D1: DOC/N in C_{tot}/N razmerje v Ljubljani
- Priloga D2: DOC/N in C_{tot}/N razmerje v Moškanjcih

1 UVOD

Izrazito povečanje rasti prebivalstva, spremembe prehranjevalnih navad ter urbanizacija so vzrok za prekomerno izkoriščanje naravnih virov. Kmetijstvo se je znašlo v obdobju negotovosti in potreb po spremembah. Intenzivna, celo prekomerna proizvodnja je močno prispevala k degradaciji tal, vode in vegetacije, naraščajo pa tudi skrbi zaradi posledic podnebnih sprememb in svetovne finančne krize (El Bassam, 1998).

Eden izmed najpomembnejših naravnih virov na Zemlji so rodovitna tla, ki jih je potrebno izkoriščati na način, ki zagotavlja prehransko varnost in druge dobrine, danes ter v prihodnje. Trenutno prevladujoča kmetijska praksa je pogosto podvržena kritikam in očitkom javnosti glede rušenja naravnega ravnovesja in ogrožanja agroekosistemov zaradi brezobzirnega stremenja k večjim pridelkom. Poleg pretirane rabe sredstev za varstvo rastlin in mineralnih gnojil, naravne procese ogroža tudi intenzivna obdelava tal (Sommer in Lindstrom, 1998).

Osnovni cilj pri pridelavi rastlin je identifikacija omejujočih dejavnikov proizvodnje in njihovo izboljšanje. Na vse te dejavnike ter posledično na proizvodnjo ima velik vpliv tudi obdelava tal. Pri vpeljavi bolj trajnostnih sistemov obdelave tal je zato poleg okoljevarstvene plati potrebno upoštevati tudi dolgoročne socio-ekonomske učinke za dosego kompromisa med potrebami pridelovalcev ter pričakovanji družbe. Učinki novosti na tem področju so namreč, kot kažejo raziskave, izrazito lokalno specifični, zato je prisotna potreba po sodelovanju, raziskovanju in izmenjavi mnenj med pridelovalci in kmetijsko stroko (Lahmar, 2010; Kassam in sod., 2010).

1.1 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je bil ugotoviti kako zmanjšana intenziteta obdelave tal, ki se na poskusnih lokacijah izvaja že dvanajst let, vpliva na različne kemične lastnosti tal v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. Zanimala nas je časovna dinamika mineralizacije organske snovi ter dušika, kot tudi rastlinam dostopnih oblik hranil in vpliv različne obdelave na lastnosti tal v posameznih plasteh talnega profila.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Glavne hipoteze naše naloge so bile naslednje: 1) Intenzivnejša obdelava tal vpliva na povečanje koncentracij rastlinam dostopnih oblik hranil (N, P, K) ter vsebnosti topne organske snovi v tleh. 2) Mineralizacija dušika v konvencionalno obdelanih tleh (z oranjem ter predsetveno obdelavo tal) je bolj intenzivna in se odraža v večjih količinah mineralnega dušika. 3) V minimalno obdelanih tleh, kjer ne orjemo, je razporeditev vsebnosti hranil in organske snovi v profilu tal bolj stratificirana.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OBDELAVA TAL

Cilj priprave setvene površine je vzpostavitev optimalnih razmer za kalitev, pravilen razvoj mladih rastlin in ustrezen rastlinski sklop. Optimalni način obdelave tal je odvisen od vrste posevka in predhodnega posevka, tipa tal ter ravnanja z žetvenimi ostanki. Glavni namen obdelave tal je rahljanje zgornje plasti tal za pripravo ustrezne setvene površine, ki omogoča primeren stik semena s prstjo in omogoča fizično dostopnost vode za kalitev. Z obdelavo tal se zmanjšuje tudi konkurenčnost plevelne flore, saj se pleveli in njihova semena prenesejo v globlje plasti tal, kar vsaj začasno onemogoča njihov nadaljnji razvoj (Subbulakshmi in sod., 2009).

Boljše razmere za začetek in nadaljnjo rast posevka so z obdelavo tal dosežene s pomočjo različnih orodji, ki režejo, drobijo, obračajo ali mešajo določen talni sloj. Razvoj teh orodij in njihove spremembe skozi čas so omogočili prilagoditev načinov obdelave različnim talnim in klimatskim razmeram. Večja produktivnost pridelave je posledica izboljšanja fizikalnih, kemijskih in bioloških dejavnikov, ki jih omogoča obdelava tal (Morris in sod., 2010).

Osnovni cilj pri pridelavi rastlin je identifikacija omejujočih dejavnikov proizvodnje in njihovo izboljšanje. Ti dejavniki vključujejo: vzpostavitev posevka ob pravem času in primerni gostoti rastlin, zagotovitev ustrezne vlažnosti in zračnosti tal ter preskrbe s hranili, kot tudi zmanjševanje konkurenčnosti plevelov ter negativnih vplivov bolezni in škodljivcev na zdravstveno stanje rastlin. Na vse te dejavnike ter posledično na proizvodnjo ima velik vpliv tudi obdelava tal (Triplet in Warren, 2008).

Sedanja prevladujoča kmetijska praksa je pogosto podvržena kritikam in očitkom javnosti glede rušenja naravnega ravnovesja in ogrožanja agroekosistemov zaradi brezobzirnega stremenja k večjim pridelkom. Ekonomika proizvodnje, količina in kakovost pridelane hrane, onesnaževanje tal in vodá ter kakovost tal predstavljajo največje probleme, s katerimi se srečuje današnje kmetijstvo. Rodovitna tla so omejen naravni vir, ki je ponekod že povsem nepovratno degradiran ali spremenjen v oblike, ki prvotno ne služijo namenu proizvodnje hrane. Z naraščanjem svetovne populacije se pritisk na ta naravni vir veča in se bo pričakovano v prihodnje še stopnjeval, zato je tla potrebno izkoriščati na način, ki zagotavlja prehransko varnost in druge dobrine danes ter v prihodnje (Sommer in Lindstrom, 1998).

Intenzivna obdelava tal lahko na dolgi rok povzroči poslabšanje strukture tal predvsem zaradi zmanjšane vsebnosti organske snovi. Poleg manjšega pridelovalnega potenciala so taka tla bolj dovzetna za nastanek erozijskih procesov in s tem povezanih drugih okoljskih

problemov. Zaradi intenzivnejše razgradnje organske snovi se v njej vezani ogljik sprošča v ozračje v obliki CO₂ in tako prispeva k globalnemu porastu tega plina v atmosferi. Potencial kmetijstva za zmanjševanje emisij CO₂ je torej velik predvsem v smislu zmanjšanja intenzivnosti obdelave tal ter s tem tudi manjše porabe fosilnih goriv. Poleg naštetega pa so tudi vse večji finančni pritiski, naraščajoči stroški pridelave in optimizacija delovnega časa v kmetijstvu dodatni razlogi za uvajanje novih načinov obdelave tal (Holland, 2004).

Pri primerjavi različnih načinov obdelave tal in njihovi implementaciji je potrebno upoštevati številne dejavnike, ki vplivajo na optimalno izbiro načina obdelave. V praksi se pridelovalci vedno poslužujejo načina, ki je omogoča večjo prilagodljivost spremenljivim rastnim in talnim razmeram za uspešno in kar se da ekonomično pridelavo (Morris in sod., 2010).

2.1.1 Konvencionalna obdelava

Tehniko obdelave tal, kjer se običajno s kombinacijo primarne in sekundarne obdelave pripravi setveno posteljico za posevek imenujemo konvencionalna obdelava. Tako kot se načini predsetvene priprave tal razlikujejo glede na klimatske razmere in s tem povezano različno kmetijsko prakso, se tudi definicija konvencionalne obdelave razlikuje glede na regijo. V osnovi pa gre za različne načine obdelave tal, katerih cilj je zaoravanje rastlinskih ostankov, zato konvencionalna obdelava običajno pušča za seboj gola tla, brez rastočih rastlin ali njihovih ostankov. To lahko dosežemo z uporabo različnih orodij, odvisno od predhodnega posevka, količine rastlinskih ostankov ter časa in števila prehodov za pripravo tal (Mannering in sod., 1987).

Temeljna obdelava tal običajno vključuje obračanje vrhnjega sloja tal z uporabo lemežnega pluga, kateri sledi sekundarna obdelava z enim ali dvema prehodoma z različnimi orodji za predsetveno pripravo tal. Na ta način je omogočena dobra priprava setvene površine z zadelavo vseh rastlinskih ostankov prejšnje poljščine ter prekinitve življenjskega cikla nekaterih plevelov, povzročiteljev bolezni in škodljivcev. Tla se pred setvijo na ta način tudi hitreje segrejejo in v primeru moče osušijo, kar predstavlja boljše razmere za vznik posevka. Konvencionalni način obdelave tal je običajno še vedno bolj uporaben na slabo odcednih tleh in tleh z manj ugodno strukturo, saj se na ta način lažje in hitreje odpravi pojav zbitosti zaradi spravila in oskrbe prejšnjega posevka. Izkaže se tudi, da konvencionalni način obdelave tal v povprečju zagotavlja večjo oziroma primerljivo količino pridelka v primerjavi z drugimi načini obdelave, še posebej v obdobju spremenljivih sušnih in vlažnih vremenskih razmer (Morris in sod., 2010). Na nek način pa je konvencionalen način obdelave včasih globoko zakoreninjen v miselnosti kmetov in del tradicije, saj večkrat prevladuje mnenje, da mora biti njiva po obdelavi čista, brez žetvenih

ostankov na površini tal, ter da je to zagotovilo za boljšo pripravo setvene posteljice in večji pridelek.

Poleg naštetih pozitivnih lastnosti ima konvencionalni sistem obdelave tal tudi številne slabosti. Taka obdelava je veliko bolj zamudna in po navadi dražja, kar zmanjšuje dobičkonosnost proizvodnje (Morris in sod., 2010; Korošec, 2012).

Dolgoročno lahko preveč intenzivna obdelava poruši naravno strukturo tal ter poveča dovzetnost tal za zbitost, ne le zaradi obdelave same, pač pa tudi zaradi oskrbe posevka, spravila pridelka in drugih transportnih aktivnosti. Poleg tega oranje za seboj pušča prazno, golo njivo, ki je posledično bolj podvržena različnim negativnim vremenskim vplivom, ki lahko povzročajo erozijo (Sommer in Lindstrom, 1998).

2.1.2 Ohranitvena (konzervirajoča) obdelava tal

Alternativa sedanjemu prevladujočemu in uveljavljenemu kmetijstvu je tako imenovano konzervacijsko (= ohranitveno) kmetijstvo, v sklop katerega spada vrsta ukrepov, katerih naloga je zagotavljanje optimalnih razmer za razvoj globokega koreninskega sistema rastlin, ki omogoča boljšo oskrbo s hranili in vodo ter vzpostavitev interakcij s talno mikro ter makrofavno. Rezultat so tla, ki s časoma postanejo bolj samooskrbna in neodvisna od zunanjih dejavnikov, kot sta na primer vodni stres in pojav povzročiteljev bolezni ter škodljivcev (Kassam in sod., 2010).

Ohranitvena obdelava je termin, ki označuje katerikoli način obdelave, kjer po setvi ostane vsaj 30 % površja tal pokritega z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine (Mannering in sod., 1987). Je način obdelave tal, katere primarni cilj je ohranjanje - konzerviranje tal in vlage v tleh. To omogoča uporaba različnih orodij in načinov obdelave tal, ki ne obračajo vrhnje plasti tal kot je to praksa pri konvencionalni obdelavi s pomočjo pluga. V osnovi gre za zmanjševanje intenzitete obdelave tal s čim manjšim številom prehodov pri predsetveni pripravi tal. Temeljna obdelava poteka hkrati s setvijo ali tik pred njo, kar zmanjšuje obseg obdelave ali popolnoma odpravlja sekundarno obdelavo. Rastlinski ostanki po obdelavi ostanejo na površini tal ali tik pod površjem, kar je odvisno od globine obdelave in vrste orodja. Seveda pa količina puščene organske mase na površini tal ni odvisna zgolj od intenzitete oziroma načina obdelave, pač pa imata velik vpliv tudi vrsta predhodnega posevka in čas obdelave oziroma setve naslednje poljščine (Allmaras in sod., 1991).

Leta 1982 je Ameriška organizacija CTIC (Conservation Technology Information Center; <http://www.ctic.purdue.edu/resourcedisplay/322/>) ob pregledu različnih načinov ohranitvene obdelave v ZDA uvedla njihove definicije. Oblike tovrstnega načina obdelave tal se razlikujejo glede na količino puščenih rastlinskih ostankov na površju tal ter deleža obdelanih tal glede na celotno površino. Pri nekaterih oblikah je tako obdelana celotna

površina tal oziroma le del površine pri drugih, kar vpliva na razporeditev in delež puščene organske mase na površju. Ločimo torej naslednje tehnike ohranitvene obdelave tal:

1. No-till ali slot planting: Neposredna setev v 2-8 cm široke pasove v tla, ki predhodno niso obdelana.
2. Setev na grebene (ridge till): Seme je odloženo na grebene, ki se jih ob setvi napravi z ustreznimi orodji in so 10-15 cm dvignjeni nad površjem tal. Pri tem načinu je po setvi obdelana približno 1/3 površine.
3. Setev v trakovih (strip till): Sejemo v tla predhodno obdelana v trakovih, ki zavzemajo približno 1/3 površine.
4. Obdelava z mulčenjem: Pred setvijo je celotna površina tal plitvo obdelana z različnimi orodji.
5. Minimalna obdelava: Katerikoli drug način obdelave in setve, kjer po setvi rastlinski ostanki pokrivajo vsaj 30 % površine tal.

Manjša intenziteta obdelave tal je običajno dosežena s pomočjo priključkov, ki jih sestavlja kombinacija nogač in diskastih teles. Nogače najprej zarežejo do globine največ 20 cm in brez obračanja privzdignejo zgornji sloj tal in tako sprostijo morebitne zbite plasti. Diski nato razrežejo rastlinske ostanke in jih pomešajo z vrhnjim slojem tal ter zdrobijo večje talne grude. Na koncu so lahko nameščeni še valji za poravnavo nivoja površine tako, da je ta pripravljena za setev. Plitvejša obdelava tal pomeni tudi manjšo porabo energije in omogoča hitrejšo pripravo tal, s čimer so izrazito zmanjšani stroški predsetvene priprave tal v primerjavi s konvencionalno obdelavo. Zaradi hitrejšega poteka same obdelave je tudi optimalni čas za setev ob zelenih vremenskih razmerah lažje dosegljiv (Morris in sod., 2010).

Kassam in sod. (2010) na podlagi več raziskav ugotavljajo, da zmanjšana obdelava tal zmanjšuje proizvodne stroške, saj je za manj prehodov pri obdelavi tal potrebne manj energije na enoto obdelane površine, kar zmanjšuje stroške goriva in popravil ter zmanjšuje stroške na enoto pridelka. Preprečevanje izgube prsti, vode in energije, manjše emisije ter drugi pozitivni okoljski vplivi predstavljajo izogib nepotrebni materialni in nematerialni stroškom, ki so sicer prisotni pri konvencionalnem načinu obdelave.

Eden glavnih argumentov proti uvajanju manj intenzivne obdelave je pojav večje kompetitivnosti plevelne flore glede na rast posevka. Način obdelave tal namreč vpliva na položaj semen plevelov v profilu tal in s tem na uspešnost njihove kalitve. Pri oranju so semena plevelov premeščena dovolj globoko, da je vznik plevelov omejen. Pri ohranitvenem načinu obdelave tal pa se zaradi plitvejše obdelave lahko s časoma pojavijo večje težave z zapleveljenostjo, predvsem s travnimi in večletnimi pleveli. Kemično zatiranje plevelov je zato pri ohranitveni obdelavi skoraj neizbežno, kar lahko v določenih primerih poveča stroške pridelave v primerjavi s konvencionalno obdelavo. Uspešnost

zatiranja plevelov pa je odvisna od časa uporabe in pravilne izbire herbicidov, seveda pa je pri tem najuspešnejša kombinacija mehanskih in kemičnih ukrepov v povezavi z ustreznim kolobarjem (Morris in sod., 2010; Farook in sod., 2011).

Zaradi večje količine žetvenih ostankov na površini tal lahko pri ohranitvenem načinu obdelave tal probleme za rast naslednjega posevka predstavljajo tudi škodljivci, predvsem polži. Večja je tudi možnost pojava nekaterih bolezni, kot sta to na primer lomljivost žitnih bilk (*Cercospora herpotrichoides* Fron) in listna pegavost pšenice (*Septoria tritici* Roberge ex Desmaz.), katerih povzročitelji se ohranijo na ostankih okuženih rastlin (Morris in sod., 2010). V ozkem kolobarju s koruzo je puščanje koruznice na površini tal problematično tudi s stališča ohranjanja koruzne večče (*Ostrinia nubilalis*) (Tehnološka ..., 2013). V naših razmerah strokovnjaki odsvetujejo uporabo ohranitvenega načina obdelave tal tudi pred setvijo pšenice, ki sledi posevku koruze, saj slabo zaorana koruznica predstavlja ugodnejše razmere za ohranjanje gliv iz rodu *Fusarium* (Majer in sod., 2010). Sicer pa večja vsebnost organske snovi v ohranitveno obdelanih tleh pozitivno vpliva tudi na razvoj fungivorov, kot so nekatere vrste skakačev (Collembola) in nematod (Nematoda) (Wolfarth in sod., 2013). Njihova prisotnost v tleh v primerjavi s kontrolo, lahko glede na raziskavo Wolfarth in sod. (2013) vsebnost mikotoksina deoxynivaleneol, ki je produkt gliv iz rodu *Fusarium*, zmanjša tudi do 97 %.

Minimalna obdelava tal pravzaprav izhaja iz časa prvih civilizacij, ko globlja obdelava fizično ni bila mogoča. Z začetki uporabe vprežnih živali in iznajdbo pluga, je oranje postalo stalnica pri pridelavi rastlin, vendar je bila globina oranja, zaradi pomanjkanja vlečne moči, do druge polovice 20. stoletja plitva, do ca. 15 cm. Z razvojem kmetijske mehanizacije v zadnjih stoletjih in še posebej od druge polovice 20. stoletja dalje, se je intenzivnost obdelave tal venomer povečevala. S časoma so se strokovnjaki in kmetje začeli zavedati tudi problemov povezanih z intenzivno obdelavo tal in začeli razvijati nove načine zmanjševanja obdelave (Tripplet in Warren, 2008).

Prvi poskusi zmanjševanja intenzivnosti obdelave tal s puščanjem rastlinske mase z namenom preprečevanja vetrne erozije segajo v leto 1930 v osrednji del ZDA. Deset let kasneje je tehnološki razvoj sejalic že omogočal neposredno setev v predhodno neobdelana tla. Ne glede na to se ohranitveni načini obdelave tal pred letom 1960 v ZDA v praksi niso uveljavili. Tehnološke izboljšave in prilagojena mehanizacija, potrebe po varčevanju zaradi višjih cen goriva, težave zaradi erozije tal in učinkovitejša sredstva za zatiranje plevelov so s časoma zmanjševali potrebe po intenzivnejši obdelavi tal. Leta 1982 je bilo v ZDA tako že 25 % polj obdelanih po principih ohranitvenega načina obdelave (Allmaras in sod., 1991). Od zgodnjih devetdesetih let prejšnjega stoletja je konzervacijski način kmetovanja predmet vse večjega zanimanja pridelovalcev in raziskovalcev v večini držav sveta. Leta 2011 je bil po oceni FAO tovrsten način kmetovanja in obdelave tal prisoten na okrog 125 milijonih hektarjev po vsem svetu. Poleg ZDA pri uporabi tovrstne

kmetijske prakse prednjačijo južnoameriške države, predvsem Argentina in Brazilija, pa tudi Avstralija, Kanada in nekatere Azijske države predvsem Rusija in Kitajska. V Evropi ohranitvena obdelava tal v primerjavi z drugimi kontinenti ni tako razširjena. Poteka na približno 1,3 mio ha od tega največ v Španiji, Franciji, na Finskem in Veliki Britaniji (Friedrich in sod., 2012).

2.2 VPLIV OBDELAVE NA STRUKTURO IN FIZIKALNE LASTNOSTI TAL

Struktura tal je definirana kot velikost in razmerje med talnimi delci ter porami in njihova razporeditev v tleh. Stabilnost strukturnih delcev v tleh vpliva na številne kemijske, biološke in fizikalne procese in je časovno ter prostorsko spremenljiv dejavnik. Preučevanje strukture tal je zaradi njenega pomena v kmetijski proizvodnji in vpliva na gibanje zraka, vode in kemičnih snovi v tleh predmet številnih raziskav (Edwards, 1991).

Zmanjšana intenziteta obdelave tal ohranja večje strukturne agregate in hkrati z večjo količino organske mase na površini tal povečuje njihovo obstojnost in odpornost na delovanje vode, predvsem v primeru intenzivnejših padavin. Najslabši vpliv na strukturo tal imajo tako gola, neporaščena tla. Večji strukturni agregati pa lahko negativno vplivajo na kalitev semen zaradi slabšega stika s podlago in neenakomerne globine setve. Učinkovitost načina priprave setvene površine z optimalno velikostjo talnih agregatov je odvisna od mnogih dejavnikov, med njimi tudi od talnega tipa in talne vlage v času obdelave (Morris in sod., 2010).

Obstojnost talnih agregatov je v veliki meri odvisna od vsebnosti organske snovi v tleh. Obdelava tal pospešuje oksidacijo organske snovi in s tem večje sproščanje CO₂ v atmosfero. Z zmanjšanjem intenzitete obdelave tal se ta proces upočasni. Večje količine organskih ostankov v vrhnjem sloju tal, boljša prekoreninjenost ter neposredno izločanje ogljikovih spojin iz korenin rastlin omogočajo, da se večja količina skozi sezono vezanega ogljika iz atmosfere ohranja v tleh, tudi v obliki trajnejše zaloge - humusa (Kassam in sod., 2010). Organska snov povezuje manjše talne delce v večje agregate in tako izboljša njihovo stabilnost, kar vpliva tudi na boljšo infiltracijo vode in kapaciteto tal za zadrževanje vode. Tla so bolj porozna ter tako bolj zračna, kar pomeni tudi boljšo rast koreninskega sistema rastlin. Stabilnejša struktura v kombinaciji z organskimi ostanki na površini tal zmanjšuje dovzetnost za nastanek skorje na obdelanih tleh, ki se sicer še posebej pogosto pojavlja na tleh z večjo vsebnostjo melja (Morris in sod., 2010).

Ohranjanje ustrezne strukture tal je pomembno tudi z vidika preprečevanja zbitosti tal. Prekomerna zbitost tal je danes pogost problem v poljedelski proizvodnji predvsem zaradi uporabe težke mehanizacije in je eden izmed vzrokov za degradacijo tal. Z zbitostjo tal se zmanjša volumen por, kar pomeni oteženo izmenjavo plinov v tleh, slabšo infiltracijo vode, v sušnih razmerah je rastlinam voda težje dostopna, otežena je tudi rast in razrast

koreninskega sistema. Običajno enkrat ali dvakrat letno oranje izboljša makro-strukturne lastnosti tal, ne pa tudi mikro-strukturnih lastnosti. Intenzivna obdelava slabi naravno strukturo tal in tako povzroči, da se po obdelavi tla kmalu ponovno zbijejo, kar ob nepravem kolobarjenju privede do cikla oranja in zbitosti. Problem lahko predstavlja predvsem nastanek plazine, ki otežuje rast korenin (Sommer in Lindstrom, 1998). Pri ohranitveni obdelavi sčasoma tla postanejo bolj kompaktna, kar izboljša njihovo nosilnost. Vendar pa nekateri avtorji navajajo, da upornost tal večja od 1,5 MPa lahko otežuje rast in penetracijo korenin, kar je zaradi zmanjšane intenzitete rahljanja pogost pojav predvsem v zgornjem sloju ohranitveno obdelanih tal (Morris in sod., 2010).

Osnovni razlog za začetek raziskav na področju minimalne obdelave tal je preprečevanje erozije na obdelanih tleh. Organski ostanki na površini predstavljajo fizično oviro in zmanjšujejo udarno moč vodnih kapljic ter površinski odtok in s tem prenos talnih delcev. Poleg tega se izboljša tudi infiltracija vode v tla, kar zmanjša koncentracijo talnih delcev v površinskem odtoku. Nekateri primeri kažejo, da lahko 50 % pokritost talnega površja z rastlinskimi ostanki zmanjša površinski odtok za kar 85 % v primerjavi z golimi tlemi. Pozitiven učinek je tudi zmanjšanje moči vetrnega toka ob površju tal in s tem zmanjšana vetrna erozija (Sommer in Lindstrom, 1998).

Poleg neposrednega učinka organskih ostankov na površini tal na zmanjšanje erozije, ti pozitivno vplivajo tudi na vodni režim tal. Bolj hrapava površina tal in rastlinski ostanki povečajo infiltracijo ter razporeditev vode v profilu tal in hkrati zmanjšujejo njeno izhlapevanje (Allmaras in sod., 1991). Manjša dovzetnost za sušo, zmanjšanje erozije in manjša temperaturna nihanja predstavljajo boljše prilagodljivost minimalno obdelanih tal na posledice klimatskih sprememb kot so: intenzivni nalivi, večja dnevna temperaturna nihanja in pogostejše sušne razmere. V sušnih razmerah je zaradi boljše poroznosti zaloga vode večja, podaljša pa se tudi obdobje, v katerem je voda rastlinam dostopna, torej kadar je njena vsebnost v tleh med poljsko kapaciteto in točko venenja (Kassam in sod., 2010).

2.3 VPLIV OBDELAVE NA BIOLOŠKE LASTNOSTI TAL

Obdelava tal vpliva na fizikalne in kemijske dejavnike okolja, v katerem živijo talni organizmi kar pogojuje njihovo številčnost, raznovrstnost in aktivnost. Večja vsebnost organske snovi in zmanjšana intenziteta obdelave imata pozitiven učinek na biološko aktivnost tal (Kladivko, 2001). Talna favna je glede na Lavelle (1997; cit. po Kladivko, 2001) razdeljena na mikroorganizme, mezofavno in makrofavno. Talni organizmi imajo pomembno vlogo pri kroženju hranil in razgradnji organske snovi v tleh, zato imajo tudi sami vpliv na fizikalne in kemijske lastnosti v tleh.

Večina raziskav kaže, da je mikrobna biomasa večja v ohranitveno obdelanih tleh, razlike med obdelavama pa so predvsem v zastopanosti posameznih funkcionalnih skupin

mikroorganizmov v tleh (Kladivko, 2001). Akumulacija organske snovi v zgornjem sloju pri ohranitveni obdelavi je vzrok za večjo mikrobno in encimatsko aktivnost v tem delu tal. Manjša temperaturna nihanja in bolj vlažne razmere v minimalno obdelanih tleh predstavljajo boljše razmere za rast mikroorganizmov (Frede in sod., 1994). Vpliv ohranitvene obdelave tal na prisotnost dušik fiksirajočih bakterij je glede na rezultate nekaterih raziskav pozitiven (Hofflich in sod., 1999, cit. po Holland, 2004) saj je lahko fiksacija dušika glede na konvencionalno obdelana tla večja tudi do 85 % (Wheatley in sod. 1995). Ohranitvena obdelava pozitivno vpliva tudi na prisotnost mikoriznih gliv in s tem razvoj arbuskularne mikorize. Yang in sod. (2012) na podlagi raziskave namreč navajajo, da ohranitveni načini obdelave tal povečajo sporulacijo in vrstno pestrost mikoriznih gliv predvsem zaradi pozitivne korelacije z večjo vsebnostjo ogljika v tleh.

Večji organizmi, kot so to na primer deževniki z rovi, ki jih gradijo, izboljšujejo poroznost tal, infiltracijo vode in mešajo organske ostanke ter vplivajo na tvorbo talnih agregatov. Intenzivna obdelava tal poruši njihove rove in premešča njihovo hrano v globlje plasti zato nekatere raziskave kažejo, da je lahko populacija deževnikov v konvencionalno obdelanih tleh dva do šestkrat manjša v primerjavi z minimalno obdelanimi tlemi. Neprekinjen splet biopor pomembno vpliva na razvoj širšega koreninskega sistema, s čimer je izboljššan privzem vode in hranil v rastline (Morris in sod., 2010).

2.4 VPLIV OBDELAVE NA VSEBNOST ORGANSKEGA OGLJIKA

2.4.1 Organska snov

Organska snov v tleh pogojuje številne lastnosti tal med drugim tudi vsebnost rastlinam dostopnih hranil (Franzluebbers, 2001). Postopna fizikalna in biološka razgradnja organskih ostankov do preprostejših organskih in anorganskih molekul v procesu mineralizacije vodi do nastanka kompleksnejše komponente organske snovi imenovane humus. Ta predstavlja stabilno in dolgoročno zalogo esencialnih, rastlinam dostopnih hranil, ki se postopoma sproščajo v talno raztopino. Večja vsebnost humusa pogojuje večjo kationsko izmenjalno kapaciteto tal in tako pozitivno vpliva na vsebnost in dostopnost hranil v tleh (Bot in Benites, 2005).

Kakršenkoli način obdelave tal bolj ali manj zmanjšuje vsebnost organske snovi v tleh. Ob obdelavi je namreč v tla dovedena večja vsebnost kisika, ki povečuje aktivnost talnih mikroorganizmov in s tem pospešuje mineralizacijo organske snovi ter sproščanje hranil. Pri zadelavi rastlinskih ostankov v nižje plasti tal so ti podvrženi tesnejšemu stiku s talno mikrofloro in s tem hitrejši razgradnji, ki vodi v večje sproščanje CO₂ in tako manjši produkciji stabilne organske snovi oz. humusa. Pri ohranitveni obdelavi razgradnja rastlinskih ostankov zaradi njihovega položaja na površini ali tik pod površjem tal poteka

počasneje, kar se odraža v večji produkciji stabilnejših komponent organske snovi in njenem kopičenju v zgornjem sloju tal (Bot in Benites, 2005).

2.4.2 Topni organski ogljik

Topni organski ogljik (dissolved organic carbon = DOC) je pomembna frakcija ogljika v tleh, ki pogojuje številne kemijske in biološke procese, njegova vsebnost pa je v korelaciji z vsebnostjo organske snovi v tleh (Nedved in sod., 2008). Wright in sod. (2007b) so namreč v raziskavi ugotovili zelo močno korelacijo med vsebnostjo DOC in skupnega organskega ogljika ($r = 0,95$). DOC sicer predstavlja del zaloge ogljika v tleh, ki je potencialno lahko podvržen mineralizaciji in tako dostopen kot vir energije za mikroorganizme (Nedved in sod., 2008).

Vsebnost DOC v tleh je hitro odziven pokazatelj sprememb v kmetijski praksi, med drugim tudi v načinu obdelave tal, ki vpliva na razporeditev in vsebnost organske snovi. Na vsebnost DOC pa poleg količine in sestave organskih ostankov bolj ali manj vplivajo tudi koreninski izločki rastlin, še posebej v nižjih plasteh tal, kjer je razgradnja rastlinskih ostankov omejena (Wright in sod., 2007b).

2.5 VPLIV OBDELAVE NA VSEBNOST DOSTOPNIH HRANIL

2.5.1 Stratifikacija vsebnosti hranil po globini tal

Pri ohranitvenem načinu obdelave tal je intenziteta in globina mešanja ter premeščanja talnih in rastlinskih delcev kot tudi gnojil manjša in manj homogena kot pri konvencionalni obdelavi. Poleg tega tudi kopičenje organske snovi in njena razgradnja v zgornjem sloju vpliva na vertikalno razporeditev vsebnosti rastlinam dostopnih hranil v profilu tal. V zgornjem sloju tal so vsebnosti večje kot v spodnjih plasteh, intenzivnost gradienta pa je poleg same obdelave odvisna tudi od klimatskih razmer in tipa tal (Lopez-Fando in Pardo, 2009). Rastline skozi rastno dobo črpajo hranila tudi iz nižjih plasti tal, kar pri ohranitvenem načinu obdelave prav tako vpliva na premeščanje hranil v zgornje plasti. Večja vsebnost hranil v zgornjem sloju vpliva na večjo prekoreninjenost tega sloja tal, kar lahko izboljša preskrbo rastlin s hranili (Wright in sod., 2007a).

Večja vsebnost v zgornjem sloju lahko izboljša preskrbo rastlin s hranili, predvsem na začetku rasti, vendar se zgornji sloj tal v primeru suše najprej izsuši in hranila tako zaradi pomanjkanja vlage hitreje postanejo nedostopna. Pomanjkanje hranil v spodnjih plasteh ima tako lahko predvsem v sušnih področjih negativen vpliv na rast posevka (Deubel in sod., 2011).

2.5.2 Fosfor in kalij

Fosfor in kalij spadata med najpomembnejša rastlinska makrohranila, zato je njuna dinamika v tleh in dostopnost za rastline zelo pomembna. Lahko dostopne oblike teh dveh hranil se nahajajo v talni raztopini ali pa so kot izmenljivi ioni adsorbtivno vezane na talne koloide in kot take dostopne rastlinam. Vsebnosti skupnega fosforja v tleh so lahko zelo velike, a se ga le manjši del nahaja v oblikah, ki so rastlinam lahko dostopne. V tleh je namreč močno vezan v obliki aluminijevih, železovih ter kalcijevih fosfatov in rastlinam tako nedostopen. Vezava je močnejša v močno kislih in alkalnih tleh. Organska oblika fosforja je vezana v kompleksnih organskih spojinah. Te so podvržene mikrobiološki razgradnji, pri čemer se v talno raztopino sproščajo tudi ionske oblike fosforja H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} in PO_4^{3-} , ki so rastlinam dostopne. Zaradi močne vezave fosforja v tleh in manjše koncentracije anionskih oblik v talni raztopini, je za povečano oskrbo s fosforjem pomemben širok in razvejan koreninski sistem, ki ga pogojuje dobra struktura tal. Večja vsebnost organske snovi, večja mikrobiološka aktivnost in nevtralen pH tako pomenijo večje vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja v tleh. Na večji privzem fosforja pa pozitivno vpliva tudi infekcija korenin z mikoriznimi glivami, ki s svojimi hifami povečajo absorptivno površino in možnost izkoriščanja drugih virov fosforja, ki so sicer rastlinam nedostopni (Mengel in Kirkby, 2001).

Kalij je v tleh zastopan predvsem kot strukturni element v primarnih mineralih in sekundarnih glinenih mineralih. V naravnih razmerah je tako glavni vir kalija za rastline preperevanje mineralov. Močnejše vezan kalij v tleh je fiksiran v medlamelarnih prostorih mineralov in rastlinam nedostopen, izmenljiv kalij pa je šibkeje vezan na talne koloide, se ne spira in je rastlinam lažje dostopen (Mengel in Kirkby, 2001).

Pojav stratifikacije pri ohranitveni obdelavi je pri manj mobilnih hranilih, kot sta fosfor in kalij še posebej izrazit (Deubel in sod., 2011). Rezultati številnih raziskav (Deubel in sod., 2011; Wright in sod., 2007a; Lopez-Garrido in sod., 2011) dokazujejo značilno večjo povprečno koncentracijo obeh hranil v zgornjem sloju tal v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. Deubel in sod. (2011) poročajo predvsem o velikem koncentracijskem gradientu rastlinam dostopnega kalija. Nasprotno pa Wright in sod. (2007a) med vsemi hranili zajetimi v raziskavo, ugotavljajo največjo stratifikacijo pri koncentracijah dostopnega fosforja.

2.5.3 Dušik

Dušik je eden najpomembnejših hranil in je ključen element za življenje organizmov, tudi rastlin. Je hranilo, ki je pogosto omejujoč dejavnik v rastlinski proizvodnji. Topni obliki dušika v tleh sta mineralni obliki dušika, nitrat (NO_3^-) in amonij (NH_4^+). Največjo zalogo v tleh pa predstavlja organsko vezan dušik v obliki humusa, ki se v talno raztopino sprošča

tekem mineralizacije. Poleg razgradnje organskih ostankov in organskih gnojil veliko k zalogi dušika v tleh prispeva tudi vezava atmosferskega dušika s pomočjo simbiotskih fiksatorjev, predvsem bakterij iz rodu *Rhizobium* in sorodnih rodov (Follett, 2001).

Zmanjšana intenziteta obdelave se običajno odraža v zmanjšani vsebnosti mineralnih oblik dušika v tleh. Količino vsebnosti rastlinam dostopnega dušika v tleh pogojujeta procesa mineralizacije in imobilizacije, ki v tleh potekata simultano (Morris in sod., 2010). Na procese transformacije dušika ima glavni vpliv količina organske snovi v tleh, poleg tega pa še: klimatske razmere, število ter raznovrstnost mikrobne populacije, pH in tekstura tal. (Gomez-Rey in sod., 2012). Ugodnejše razmere za mikrobiološko, predvsem bakterijsko aktivnost pospešujejo proces mineralizacije dušika pri konvencionalni obdelavi v primerjavi z ohranitveno obdelavo. Puščanje rastlinskih ostankov na površini tal lahko vodi do pomanjkanja mineralnega dušika za naslednjo poljščino zaradi visokega C/N razmerja ostankov, kar vodi v imobilizacijo dušika zaradi potreb pri mikrobni razgradnji (Morris in sod., 2010).

Dostopnost ogljika in dušika (C/N razmerje) organskih ostankov ter značilnosti mikrobne populacije, kot sta C/N razmerje v celici in učinkovitost izrabe ogljika, pogojujejo obliko transformacije dušika v tleh. Na podlagi raziskav je znano, da neto mineralizacija dušika poteka pri razgradnji substrata do razmerja C/N okrog 25:1, pri višjem C/N razmerju pa poteka neto imobilizacija dušika. V tleh tako poteka kompeticija med mikrobno populacijo in rastlinami predvsem za izkoriščanje mineralnega dušika. Kratkoročno so mikroorganizmi sposobni hitreje izkoriščati dušik, ki je na voljo, na dolgi rok pa je sprejem in akumulacija dušika v rastlinah večja. Rastline lahko v obliki koreninskih izločkov, ki so potencialni vir ogljika in dušika za mikroorganizme, prav tako vplivajo na procese mineralizacije dušika (Myrold in Bottomley, 2008).

Dinamika in vrsta procesov transformacije dušika v tleh je med rastno sezono zelo različna. Zaradi večje vsebnosti vlage v tleh in posledično hladnejših tal, kar vpliva na aktivnost mikroorganizmov v spomladanskem času, lahko pri ohranitveno obdelanih tleh mineralizacija dušika poteka v manjšem obsegu in z zakasnitvijo v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi. V jesenskem času pa taka tla ostajajo toplejša, kar omogoča boljše razmere za mineralizacijo tudi v začetku hladnejšega obdobja (Lopez-Garrido in sod., 2011).

Na daljši rok ohranitvena obdelava tal poveča zalogo stabilnega, organsko vezanega dušika v zgornjem sloju tal, kar v povezavi z večjo mikrobno aktivnostjo vpliva tudi na lokalizacijo glavnine procesov mineralizacije in nitrifikacije v zgornjih plasteh. Posledica upočasnjene mineralizacije in nitrifikacije ter manjše vsebnosti mineralnih oblik dušika v spodnjih plasteh je tudi manjša nevarnost prekomernega izpiranja nitrata iz talnega profila

predvsem pozno jeseni in pozimi, ko je sicer nevarnost izpiranja zaradi manjših potreb rastlin največja (Morris in sod., 2010).

Izgube dušika v agroekosistemih poleg izpiranja nitrata predstavljajo tudi emisije dušika, predvsem v obliki dušikovih oksidov, ki nastanejo v procesu denitrifikacije. Vpliv obdelave tal na ta proces pa je lahko različen. Predvsem manjša zračnost tal, ki je lahko posledica slabše strukture tal ali večje vsebnosti vode v tleh, pozitivno vpliva na proces denitrifikacije. Rezultati primerjav vpliva različnih načinov obdelave na proces denitrifikacije tako niso enotni saj nekateri poročajo o povečani denitrifikaciji predvsem v zgornjem sloju (0-5 cm) minimalno obdelanih tal, na drugi strani pa o povečani denitrifikaciji pri konvencionalni obdelavi. Pomembno pa je dejstvo, da denitrifikacija ne pomeni zgolj »izgubo« dušika, ki bi bil sicer na voljo rastlinam, pač pa tudi zmanjšanje vsebnosti presežkov nitrata, ki bi bil sicer podvržen izpiranju iz talnega profila (Budai, 2009).

3 MATERIALI IN METODE

Na dveh lokacijah, v Ljubljani in Moškanjcih, z različnimi pedološkimi in klimatskimi razmerami, potekajo večletni poljski poskusi za primerjavo ohranitvene in konvencionalne obdelave tal. Namen poskusov je preučevanje in primerjava različnih parametrov kakovosti in zdravja tal, med katerimi je tudi vsebnost rastlinam dostopnih oblik hranil, pri obeh načinih obdelave tal (Mihelič in sod., 2005). Podatke zbrane v nalogi smo zbirali v letih 2011 in 2012.

Za ohranitveni način obdelave tal je bilo uporabljeno vlečeno orodje namenjeno minimalni obdelavi tal komercialne oznake Evers Vario Disc. Orodje je podobno krožni brani, ki s pomočjo diskov in spiralnega valja rahlja in meša talne delce v zgornjem sloju tal, do globine med 10 in 12 cm. Diski so nameščeni v štirih vrstah, orientirani v dveh smereh, pod kotom 18 °, kar omogoča dober razrez organskih ostankov in vzdig zgornjega sloja tal do globine obdelave. Delovanje je podobno principu rahljanja tal z motiko.



Slika 1: Orodje za minimalno obdelavo tal (Eversagro.com, 2013)

3.1 OPISI IN ZASNOVE POSKUSOV

a) Moškanjci

Poskus je bil zasnovan leta 2000 in se izvaja na Ptujsko-Dravskem polju. Tla spadajo v skupino evtričnih rjavih tal, ki so se razvila na peščeno prodnatih rečnih nanosih. Ilovnata tekstura in ugodna grudičasta struktura tal pogojujeta dobre zračno-vodne razmere v tleh in omogočata rastlinam razvoj dovolj globokega koreninskega sistema.

Preglednica 1: Opis talnega profila Moškanjci

Horizont	Globina (cm)	Organska snov (%)	Pesek (%)	Melj (%)	Glina (%)	Tekstura
Ap	0-20	2,6	39,8	44,4	15,8	Ilovnata
A₁	20-32	2,2	38,8	43,8	17,4	Ilovnata
B_{1v}	32-46	1,5	38,9	41,1	20,0	Ilovnata
(B)C	46-70	0,9	52,5	31,9	15,6	Peščeno ilovnata

Poskus je bil zasnovan v dveh blokih in sicer:

1. blok: konvencionalna obdelava tal (oranje do globine 25 cm, predsetvena priprava tal in setev)
2. blok: ohranitvena obdelava tal (Evers – en prehod do globine 10 – 12 cm in setev)

Posamezen blok je bil razdeljen na 10 parcel velikosti 36 m² (6 m x 6 m). Vzorčili smo v 4 naključno izbranih parcelicah posameznega bloka (4 ponovitve).

b) Ljubljana

Poskus se izvaja na parceli, ki se nahaja na laboratorijskem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani in je bil zasnovan leta 1999. Tla so na tem območju psevdoglejena in hidromeliorirana. Matična podlaga so aluvialni prodnati nanosi, vendar težka meljasto glinasta do meljasto glinasta ilovnata tekstura v zgornjih plasteh tal (do globine 100 cm) vpliva na slabšo hidravlično prevodnost in nastanek oglejevalnih procesov.

Preglednica 2: Opis talnega profila Ljubljana

Horizont	Globina (cm)	Organska snov (%)	Pesek (%)	Melj (%)	Glina (%)	Tekstura
Ap	0-28	4,5	23,0	52,4	24,6	Meljasto ilovnata
G	28-40	1,4	14,6	44,7	40,7	Meljasto glinasta
Go₁	41-80	0,7	15,6	44,6	39,8	Meljasto glinasta-meljasto glinasta ilovnata
Gr	80-90	0,5	52,2	28,5	19,3	Meljasto glinasta-meljasto glinasta ilovnata
CGr	90-120	0,3	45,3	39,7	15,0	Peščeno ilovnata-ilovnata

Poskus je bil zasnovan v dveh blokih in sicer:

1. blok: konvencionalna obdelava tal (oranje do globine 25 cm, predsetvena priprava tal in setev)
2. blok: ohranitvena obdelava tal (Evers ali vrtavkasta brana do globine 10 cm in setev)

Posamezen blok je bil razdeljen na 12 parcel velikosti 48 m² (6 m x 8 m). Vzorčili smo v 4 naključno izbranih parcelicah posameznega bloka (4 ponovitve).

3.2 DELO NA TERENU

3.2.1 Obdelava tal, kolobar in gnojenje

V času trajanja poskusa so bila tla v Moškanjcih obdelana dvakrat. Prvič je obdelava potekala 31.4.2012 pred setvijo sončnic sorte `Polka`, ko je bila dodana tudi PRP sol, ki je deklarirana kot izboljševalec tal (kalcijev in magnezijev karbonat + mikroelementi), v količini 250 kg/ha. 15.6. je sledilo medvrstno okopavanje posevka z dognojevanjem. Uporabljeno je bilo dušično gnojilo KAN v količini 250 kg/ha (67,5 kg N/ha). Drugič so bila tla obdelana 31.9. oziroma 6.10.2012 pred setvijo rži sorte `Askari`, ko je bilo znova dodana PRP sol v količini 220 kg/ha.

V Ljubljani v času trajanja poskusa (2011 in 2012) njiva ni bila obdelana, saj je na njej rasel večletni posevek lucerne (posevek je bil star dve oz. tri leta). Prav tako ni bilo izvedeno nobeno dognojevanje ali drugi tehnološki ukrepi, razen trikratne košnje med letom 2012.

3.2.2 Vzorčenje tal

Vzorce tal smo v času trajanja poskusa pobirali trikrat na laboratorijskem polju v Ljubljani ter štirikrat v Moškanjcih. Tla smo vzorčili z žlebičasto sondo, ločeno glede na način obdelave in po parcelicah. Združen vzorec vsake parcelice je sestavljalo pet podvzorcev, ki so bili vzeti na enakomerno porazdeljenih vzorčnih mestih po parcelici. Vzorce smo jemali iz različnih globin: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ter 30-60 cm, razen poleti 2012, ko spodnja globina (30-60 cm) v vzorčenju ni bila zajeta. Natančnejši podatki o času vzorčenja so podani v preglednici 3.

Preglednica 3: Datumi vzorčenja tal na poskusnih površinah v Ljubljani in Moškanjcih

Ljubljana		Moškanjci	
Datum vzorčenja	Opombe	Datum vzorčenja	Opombe
15.11.2011	-	24.11.2011	Po žetvi koruze
-	-	11.4.2012	Pred obdelavo tal
24.7.2012	-	17.7.2012	Med rastjo sončnic
26.11.2012	-	22.10.2012	Po setvi rži

Vzorce smo shranili v označene papirnate vrečke ter jih nato dali v sušilno komoro s temperaturo 40 °C za 24 ur. Posušene vzorce smo zmleli in presejali skozi 2 mm sito. Tako pripravljene vzorce smo namenili opravljanju analiz opisanih v poglavju 3.3.

3.3 LABORATORIJSKO DELO

Laboratorijske meritve pH, volumske gostote ter vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija so potekale v laboratoriju Katedre za pedologijo in varstvo okolja na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete, analize vsebnosti topnega organskega ogljika in mineralnih oblik talnega dušika pa na Inštitutu za prehrano rastlin v Giessnu, v Nemčiji (Institut für Pflanzenernährung, Justus Liebig Universität).

3.3.1 Meritev volumske gostote tal

Princip

Volumsko gostoto smo določali po standardu (ISO 11272, 1993). Volumska gostota tal je definirana kot razmerje med maso trdne faze tal in volumnom celotnega neporušenega profila tal. Odvisna je predvsem od razmerja med količino mineralnih in organskih delcev v tleh ter velikostjo skupnega volumna por (Grčman in Zupan, 2010).

Postopek

S pomočjo kopeckijevih cilindrov in sonde vzamemo neporušen vzorec tal. Cilinder skupaj z vzorcem sthamo in nato v 48 urah posušimo pri temperaturi 105 °C. Vzorec sthamo in odštejemo maso cilindra ter tako določimo maso trdne faze tal. Na podlagi razmerja med maso trdne faze in znanega volumna cilindra, določimo volumsko gostoto tal.

3.3.2 Meritev pH

Princip

Reakcijo tal smo izvedli na podlagi standarda ISO 10390. Elektrokemična meritev aktivnosti H^+ ionov (izražena kot negativni desetiški logaritem H^+ ionov) smo izmerili s pomočjo pH - metra v suspenziji tal z raztopino kalcijevega klorida.

Postopek

S pomočjo merilne žlice odmerimo 7,5 ml talnega vzorca in ga stresemo v čašo. Vzorec prelijemo s petkratnim volumnom raztopine kalcijevega klorida (0,01 M $CaCl_2 \cdot 2H_2O$) in dobro premešamo. Po najmanj 2 urah pričnemo z meritvami pH na pH – metru, ki ga pred uporabo umerimo s pomočjo dveh pufernih raztopin (vrednosti pH 4 in 7). Pred meritvijo pH v posameznem vzorcu, suspenzijo dobro premešamo s stekleno palčko in vanjo pomočimo elektrodo. Vrednost pH odčitamo na dve decimalki natančno.

3.3.3 Meritev vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja in kalija

Princip

Vsebnosti izmenljivega fosforja in kalija smo izmerili na podlagi metode po Egner-Riehm – Domingo, ki je opisana v viru Grčman in Zupan (2010). Izmenljiv fosfor in kalij smo iz talnih vzorcev najprej ekstrahirali s pomočjo amon-laktatne raztopine. Fosfor smo nato določili spektrofotometrično (Perkin Lambda, Lambda 2), kalij pa plamensko fotometrično (FLAPO 40).

Postopek

Vzorci za meritve vsebnosti fosforja pripravimo v epruveh kamor odpipetiramo 10 ml amon-laktatnega ekstrakta vzorca tal in 15 ml vode, dodamo 1 ml amonmolibdata in 1 ml redukcijskega sredstva. Po približno 10 minutah se v vzorcih razvije modra barva katere intenziteto po pripravi umeritvene krivulje merimo s spektrofotometrom pri 580 nm.

Vsebnost kalija merimo direktno v ekstraktu vzorca, ki ga razpršujemo v atomskem plamenskem fotometru. Merimo absorbanco pri valovni dolžini 767 nm.

3.3.4 Meritev topnega organskega ogljika (DOC)

Princip

Topni organski ogljik smo najprej iz vzorcev tal ekstrahirali s pomočjo raztopine kalcijevega klorida (0,01 M $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1:10 m/V) in ekstrakte prefiltrirali skozi brezušični filter (Houba in sod., 1999). Vsebnosti organskega ogljika smo izmerili spektrofotometrično, na segmentiranem pretočnem analizatorju - SFA (Bran LÜbbe-Technicon Autoanalyzer).

Postopek

Anorganski ogljik se iz ekstrakta tal izloči na podlagi žveplove kisline (H_2SO_4). Preostali, organski ogljik se nato ob prisotnosti kalijevega peroksida sulfata ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) oksidira do CO_2 , ki difundira skozi plinsko membrano v bazično raztopino natrijevega karbonata z dodanim fenolftaleinom. Meritev poteka fotometrično pri valovni dolžini 550 nm.

3.3.5 Meritve skupnega dušika in mineralnih oblik dušika ter izračun vsebnosti organskega N v ekstraktih tal

Princip

Dušik smo najprej iz vzorcev tal ekstrahirali s pomočjo raztopine kalcijevega klorida (0,01 M $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1:10 m/V) in ekstrakte prefiltrirali skozi brezdušični filter (Houba in sod., 1999). Vsebnosti različnih oblik dušika smo izmerili spektrofotometrično na segmentiranem pretočnem analizatorju - SFA (Bran Luebbe-Technicon Autoanalyzer).

Postopek za skupni dušik

V prvem delu reakcije se amonijevi ioni (NH_4^+), ki nastanejo ob razkroju dušika vsebujočih spojin ob prisotnosti kalijevega peroksid sulfata, v bazičnem mediju, s pomočjo UV sevanja oksidirajo do nitrata (NO_3^-). Nitrat se po reakciji s hidrazinijevim sulfatom reducira v nitrit, ki ga zaradi povzročene barvne reakcije lahko izmerimo fotometrično pri 540 nm (Kmecl in Sušin, 2003).

Postopek za $\text{NO}_3\text{-N}$

Nitratni ioni se v bazičnem mediju ob prisotnosti redukcijske spojine $\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$ in Cu-II-sulfata reducirajo do nitrita. V alkalnem mediju nato nitritni ioni reagirajo s sulfanilamidom in NED raztopino (N-1-naftil etilen diamin dihidro klorid) pri čemer se tvori barvni kompleks. Meritev poteka fotometrično pri valovni dolžini 520 nm (Kmecl in Zupančič-Kralj, 2005).

Postopek za $\text{NH}_4\text{-N}$

Vzorec v bazičnem mediju reagira z natrijevim salicilatam, natrijevim hipokloritom in natrijevim nitroprusidom pri 37 °C. Po približno šestih minutah poteče fotometrična meritev pri valovni dolžini 660 nm (Kmecl in Zupančič-Kralj, 2005).

Izračun vsebnosti topnega organskega dušika (DON)

Vsebnost skupnega dušika v tleh sestavljata organski in mineralni del. Vsebnost organskega dušika smo izračunali na podlagi rezultatov meritev skupnega dušika, od katerega smo odšteli vrednosti mineralnega dušika (Kmecl in Sušin, 2003).

3.4 OBDELAVA PODATKOV IN STATISTIČNA ANALIZA

Pridobljene podatke kemičnih analiz smo najprej vnesli v program MS Excel 2007. Za vsak parameter vključen v raziskavo smo naredili statistično analizo s pomočjo programa R Version 2.11.1 in grafičnim vmesnikom R Commander 1.6-0 – Rcmdr. Za določanje statistično značilnih razlik med parametri smo uporabili enosmerno analizo variance (ANOVA) in Tukey (HSD) test mnogoterih primerjav. Upoštevali smo 5 % tveganje. Prikazana je primerjava povprečnih vrednosti posameznih parametrov glede na globino vzorčenja tal. Statistično značilne razlike smo označili s črkami tako, da se vrednosti označene z istimi črkami statistično ne razlikujejo ($p=0,05$). Primerjava vsebnosti posameznih parametrov glede na čas vzorčenja v globini ornice (0-30 cm) je prikazana kot seštevek povprečnih vsebnosti v posameznih vzorčenih globinah.

4 REZULTATI

4.1 LJUBLJANA

4.1.1 Volumska gostota tal

Povprečna gostota tal obdelanih na ohranitveni oziroma konvencionalni način je v globini 0-30 cm znašala $1,3 \text{ g/cm}^3$. Največja volumska gostota tal je bila določena v globini 30-60 cm. V ohranitveno obdelanih tleh je bila najnižja v zgornjem sloju tal (0-10 cm), v konvencionalno obdelanih tleh pa v globini 20-30 cm. V sloju 0-10 cm in 20-30 cm so bile med načinoma obdelave ugotovljene statistično značilne razlike v gostoti tal.

Preglednica 4: Povprečna gostota tal (g/cm^3) \pm standardna napaka v Ljubljani (24.4.2012), v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v gostoti tal.

Globina tal (cm)	Volumska gostota tal (g/cm^3)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	$1,24 \pm 0,0$	c	$1,34 \pm 0,0$	a b
10-20	$1,30 \pm 0,0$	b c	$1,30 \pm 0,0$	b c
20-30	$1,39 \pm 0,0$	a	$1,24 \pm 0,0$	c
30-60	$1,41 \pm 0,0$	a	$1,42 \pm 0,0$	a

4.1.2 pH

V Ljubljani je bila najnižja izmerjena povprečna vrednost pH v zgornjem sloju tal (0-10 cm) (pH 6,4-6,5) in je z globino naraščala (pH 6,6-6,8). Med obema načinoma obdelave ni bilo statistično značilnih razlik, čeprav se kaže trend višjega pH v ohranitveno obdelanih tleh.

Preglednica 5: Povprečna vrednost pH \pm standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v pH vrednosti.

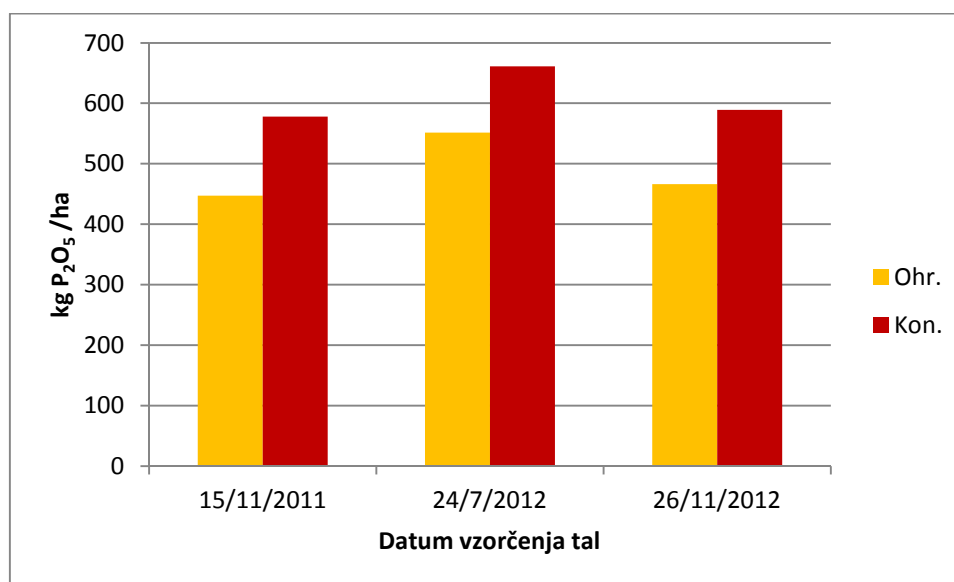
Globina tal (cm)	pH			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	$6,5 \pm 0,0$	b c d	$6,4 \pm 0,0$	d
10-20	$6,6 \pm 0,0$	b c	$6,4 \pm 0,1$	c d
20-30	$6,6 \pm 0,0$	a b	$6,5 \pm 0,0$	b c d
30-60	$6,8 \pm 0,0$	a	$6,6 \pm 0,1$	a b

4.1.3 Fosfor

Povprečna vsebnost fosforja ($\text{AL-P}_2\text{O}_5$) v globini ornice (0-30 cm) je v pri ohranitvenem načinu obdelave znašala $12,3 \text{ mg/100 g}$ oziroma $15,7 \text{ mg/100 g}$ pri konvencionalnem

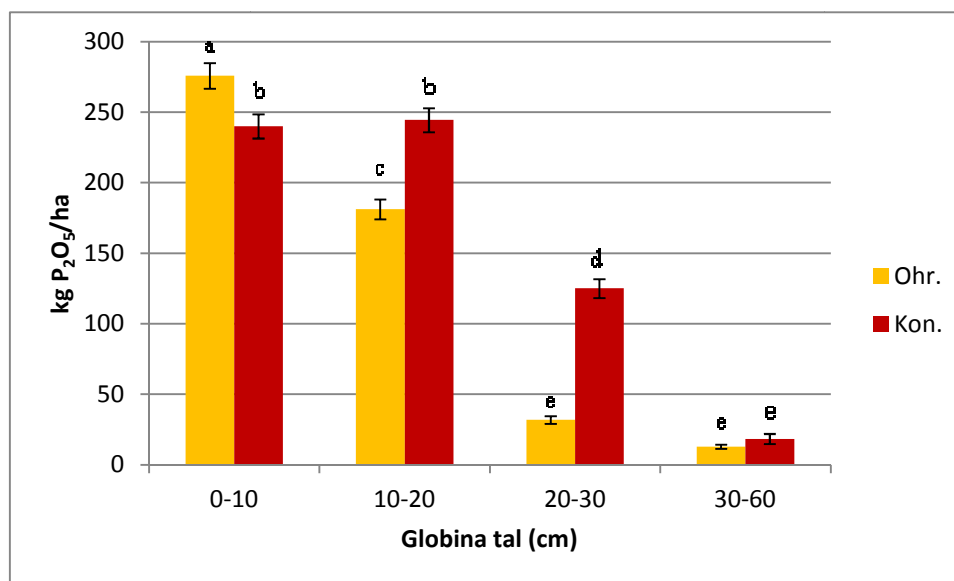
načinu obdelave tal. Razlika je bila statistično značilna pri 0,001 stopnji zaupanja. Glede na mejne vrednosti za preskrbljenost njivskih tal s P_2O_5 , ki veljajo v naših razmerah, spadajo tla obdelana na ohranitveni način v razred B, konvencionalna pa v razred C. Razred B pomeni srednjo založenost s tem hranilom, razred C pa, da so tla s fosforjem dobro, optimalno založena (Mihelič in sod., 2010).

Slika 2 prikazuje količine AL- P_2O_5 v globini 0-30 cm ob različnih terminih vzorčenja tal med letom pri obeh načinih obdelave. Ne glede na način obdelave je bila največja količina P_2O_5 izmerjena v poletnem času in sicer 660,9 kg/ha v konvencionalno obdelanih tleh ter 551,4 kg/ha pri ohranitveni obdelavi. Pri obeh jesenskih vzorčenjih je bila založenost s fosforjem podobna in je znašala okrog 580 kg/ha v konvencionalno obdelanih tleh ter 450 kg/ha v ohranitveno obdelanih tleh. Večja vsebnost P_2O_5 je bila vselej izmerjena pri konvencionalnem načinu, razlika je bila najmanjša v poletnem času (109,5 kg/ha).



Slika 2: Količina P_2O_5 (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave tal (Ohr.=ohranitvena obdelava, Kon.=konvencionalna obdelava).

Največja povprečna količina P_2O_5 (275,8 kg/ha) je bila izmerjena v zgornjem sloju tal (0–10 cm) obdelanih na ohranitveni način. V nižjih plasteh tal so bile vsebnosti fosforja pri konvencionalni obdelavi v povprečju večje kot pri ohranitveni obdelavi. Pri konvencionalni obdelavi je vsebnost P_2O_5 v zgornjih slojih tal (0-10 in 0-20 cm) bolj homogena saj med njima ni statistično značilnih razlik, medtem ko je vsebnost P_2O_5 pri ohranitveni obdelavi v zgornjem sloju tal statistično značilno večja kot v globini 10-20 cm. V globini 20-30 cm je količina P_2O_5 pri konvencionalni obdelavi skoraj štirikrat večja kot pri ohranitveni obdelavi. Razlika je statistično značilna. Pri ohranitveni obdelavi med spodnjima plastema tal (20-30 in 30-60 cm) v vsebnosti P_2O_5 ni bilo statistično značilnih razlik.

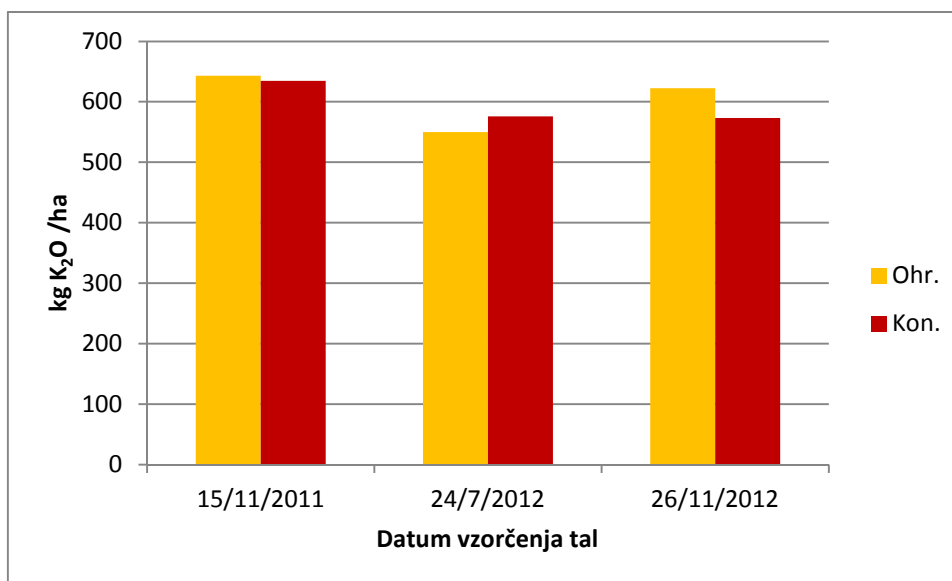


Slika 3: Povprečna količina P₂O₅ (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti P₂O₅.

4.1.4 Kalij

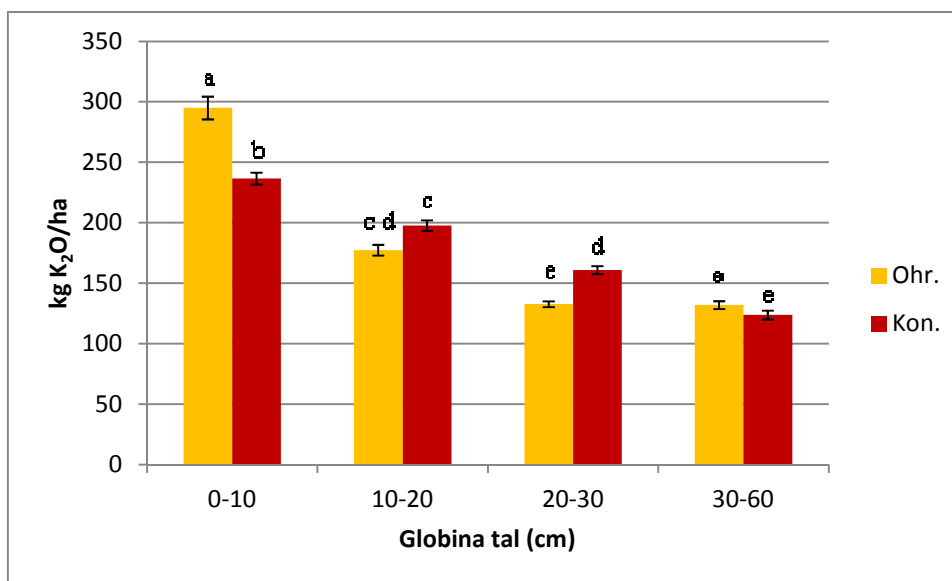
Pri ohranitvenem načinu obdelave je bila izmerjena povprečna koncentracija kalija (AL-K₂O) v globini ornice (0-30 cm) 15,4 mg/100 g, pri konvencionalni obdelavi pa 15,3 mg/100 g. Razlika ni bila statistično značilna. To pomeni, da so tla srednje preskrbljena s kalijem (razred B).

Izmerjene količine AL-K₂O se do globine 30 cm v povprečju med letom niso veliko spreminjale (slika 4). Količine tega hranila v profilu tal (0-30 cm) so med letom znašale od 550,2 do 642,9 kg/ha.



Slika 4: Količine K₂O (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave tal.

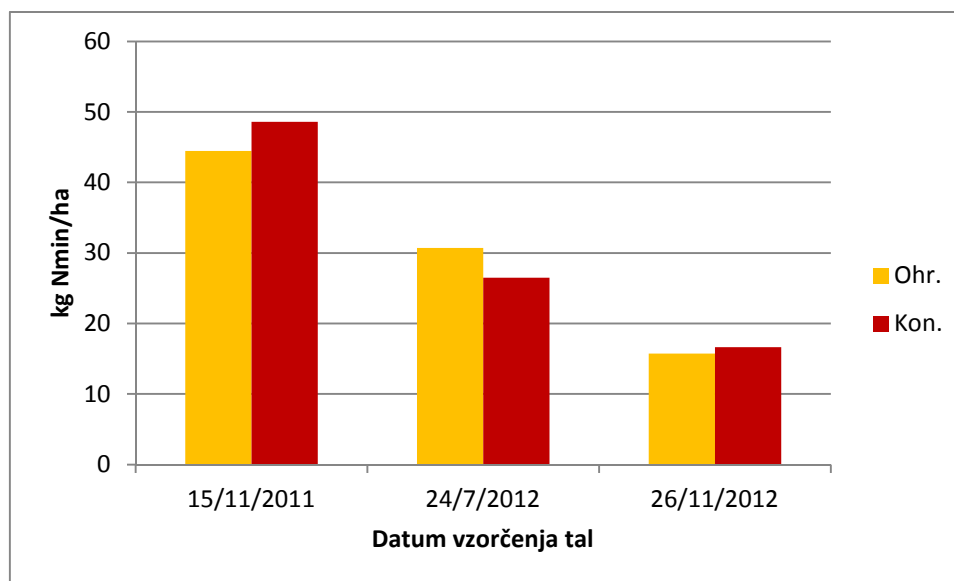
Največja povprečna vsebnost K₂O (294,9 kg/ha) je bila ugotovljena v zgornjih 10 cm tal obdelanih na ohranitveni način. Razen v spodnjem (30-60 cm) in zgornjem delu tal (0-10 cm) je bila sicer vsebnost K₂O v ostalih plasteh tal v povprečju večja pri konvencionalnem načinu obdelave. Iz slike 5 je razvidno, da so bile pri ohranitveni obdelavi statistično značilne razlike v količini K₂O do globine 30 cm, medtem ko so se povprečne količine K₂O pri konvencionalni obdelavi statistično značilno razlikovale med vsemi vzorčenimi globinami. Med obema načinoma obdelave je bila statistično značilna razlika predvsem v zgornjem sloju tal (0-10 cm), kjer je bila količina K₂O pri ohranitvenem načinu obdelave v povprečju večja za 58,3 kg/ha. Nasprotno je bila v globini 20-30 cm pri konvencionalni obdelavi povprečna količina K₂O v povprečju večja in se je statistično značilno razlikovala od vsebnosti pri ohranitveni obdelavi.



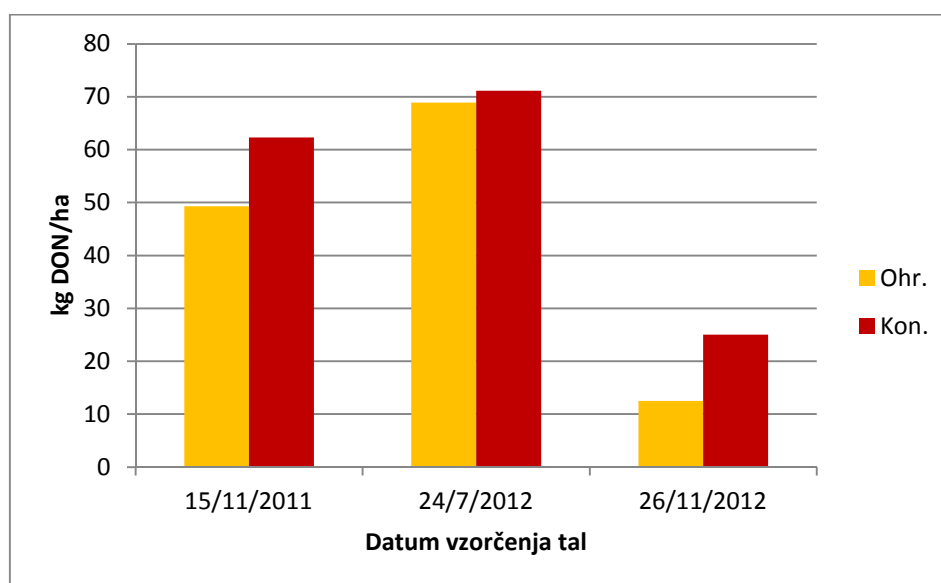
Slika 5: Povprečne količine K₂O (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti K₂O.

4.1.5 Dušik

Sliki 6 in 7 prikazujeta količine mineralnega (N_{\min}) in organskega topnega dušika (DON) v ornici po ekstrakciji z 0,01 M CaCl₂, katerih skupna koncentracija predstavlja količino skupnega topnega dušika v tleh, ob različnih terminih vzorčenja. Največja vsebnost skupnega dušika v tleh je bila izmerjena v vzorcih pobranih v poletnem času, saj je bila vsebnost organskega dušika v primerjavi s preostalima terminoma vzorčenja takrat največja. Tudi sicer je bila količina DON v tleh ob vseh vzorčenjih večja v primerjavi s količino mineralnega dela dušika. Vsebnost mineralnega dušika je bila največja v vzorcih iz prvega vzorčenja in se je nato pri preostalih dveh vzorčenjih zmanjševala.

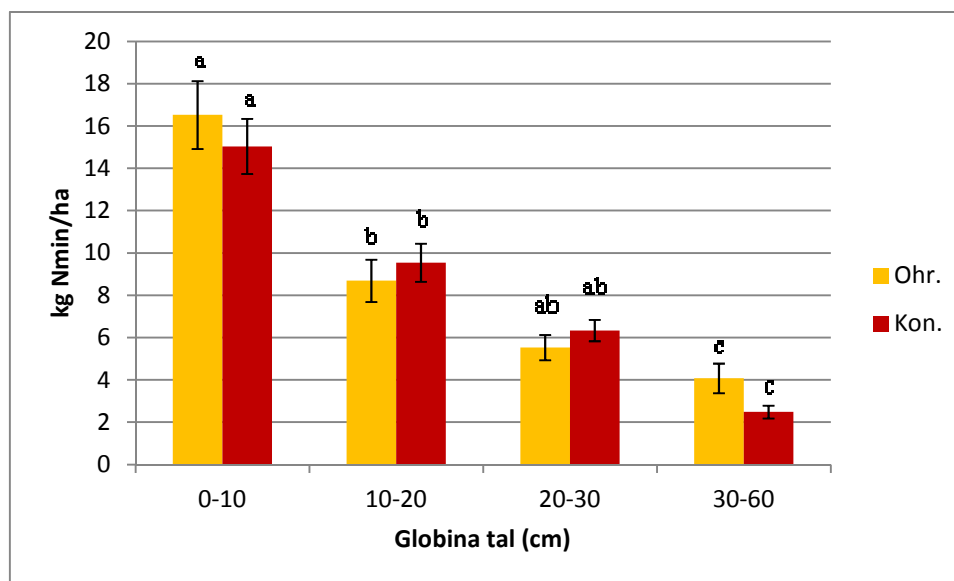


Slika 6: Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način.



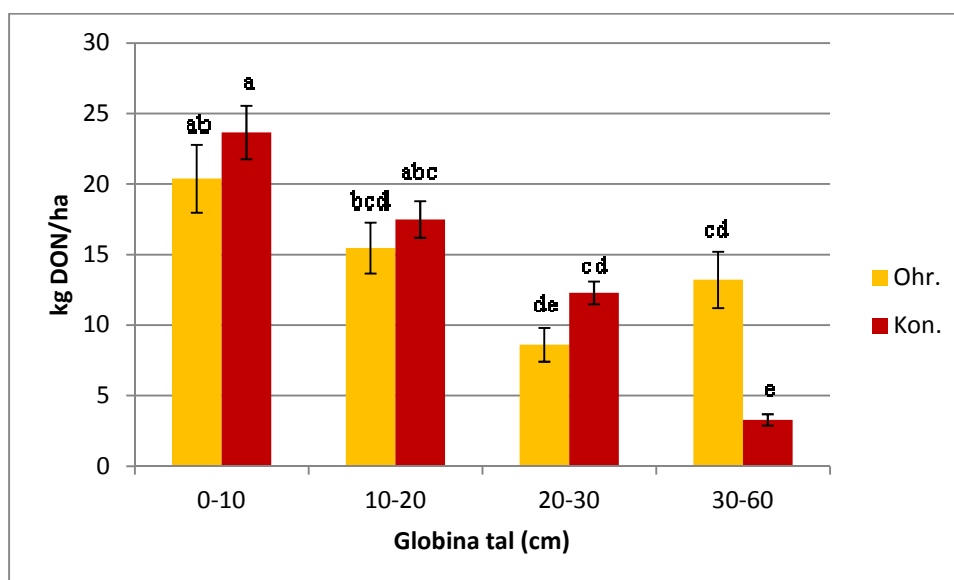
Slika 7: Količine topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave.

Največja povprečna zaloga mineralnega dušika je bila izmerjena v zgornjih 10 cm tal obdelanih na ohranitveni način. V globini 10-30 cm so bile količine v povprečju večje pri konvencionalni obdelavi. Vsebnosti N_{\min} so se z globino zmanjševale pri obeh načinih obdelave. Od količine v ostalih slojih tal se statistično značilno razlikuje količina v zgornjem sloju (0-10 cm). Med načinoma obdelave v posameznih globinah ni bilo statistično značilnih razlik.



Slika 8: Povprečne količine mineralnega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti mineralnega dušika.

Vsebnost organskega dušika v tleh se med obema načinoma obdelave, razen v globini 30-60 cm, kjer je bila večja v ohranitveno obdelanih tleh, statistično značilno ne razlikuje. Največja povprečna količina je bila sicer 23,7 kg/ha v zgornjih 10 cm tal obdelanih na konvencionalen način in se z globino dokaj enakomerno zmanjšuje. Pri ohranitvenem načinu obdelave od tega trenda izstopa le spodnji sloj tal (30-60 cm), kjer je količina večja kot v globini 20-30 cm vendar razlika v vsebnosti N_{org} med slojema ni statistično značilna.



Slika 9: Povprečne količine topnega organskega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti organskega dušika.

4.1.6 Razmerje DOC/N_{skup.} v ekstraktih tal

C/N razmerje je višje v ohranitveno obdelanih tleh, in je v povprečju dosegalo vrednost 8,7. Za 16,5 kg/ha je bila večja tudi količina DOC. Vsebnost skupnega dušika je bila večja v konvencionalno obdelanih tleh, razlika je bila 9,1 kg/ha.

Preglednica 6: Količine skupnega dušika, topnega organskega ogljika (kg/ha; 0-30 cm) ter C/N razmerje, v Ljubljani, glede na način obdelave tal.

	DOC (kg/ha)	N (kg/ha)	C/N
Ohranitvena obdelava	657,4	75,2	8,7
Konvencionalna obdelava	640,9	84,3	7,6

Pri konvencionalnem načinu obdelave je bilo C/N razmerje najvišje v globini 20-30 cm, pri ohranitvenem načinu pa v globini 10-20 cm. Razen v globini 30-60 cm je bilo razmerje pri ohranitveni obdelavi višje kot pri konvencionalni. Količine skupnega dušika in topnega organskega dušika so bile največje v zgornjem sloju tal (0-10 cm) in so se z globino zmanjševale. Statistično značilnih razlik med obdelavama ni bilo.

Preglednica 7: Vsebnosti skupnega dušika, topnega organskega ogljika (kg/ha) ± standardna napaka ter C/N razmerje v Ljubljani, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.

Globina tal (cm)	N (kg/ha)		DOC (kg/ha)		C/N	
	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.
0-10	36,9 ± 3,5 a b	38,7 ± 2,9 a	262,2 ± 14,6 a	253,3 ± 19,2 a	10,3	7,0
10-20	24,2 ± 2,6 c d	27,0 ± 1,9 b c	229,8 ± 13,5 a b	214,6 ± 15 a b c	14,8	8,5
20-30	14,1 ± 1,8 d e	18,6 ± 1,2 c d e	165,4 ± 10,8 c d	173,0 ± 11,3 b c d	14,6	9,8
30-60	17,3 ± 1,7 c d e	8,7 ± 0,7 e	123,1 ± 15,2 d e	77,4 ± 4,2 e	8,0	9,8

4.2 MOŠKANJCI

4.2.1 Volumska gostota tal

Tla obdelana na konvencionalen način so bila v zgornjem sloju (0-10 cm) bolj gosta v primerjavi z ohranitveno obdelanimi tlemi. V ostalih vzorčenih globinah razlik v gostoti ni bilo. Povprečna gostota tal v ornici (0-30 cm) na oranih tleh je znašala $1,54 \text{ g/cm}^3$, na ohranitveno obdelanih tleh pa $1,45 \text{ g/cm}^3$. Med načinoma obdelave, v gostoti tal ni bilo statistično značilnih razlik.

Preglednica 8: Povprečna gostota tal (g/cm^3) \pm standardna napaka v Moškanjcih (11.4.2012), v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v gostoti tal.

Globina tal (cm)	Volumska gostota tal (g/cm^3)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	$1,31 \pm 0,1$	a b	$1,51 \pm 0,1$	A
10-20	$1,45 \pm 0,1$	a	$1,5 \pm 0,1$	A
20-30	$1,6 \pm 0,0$	a b	$1,6 \pm 0,0$	a b

4.2.2 pH tal

Izmerjena vrednost pH tal pri ohranitvenem načinu obdelave v povprečju znaša 6,4, pri konvencionalnem načinu pa 6,2. Najvišje vrednosti pH so bile izmerjene v globini 20-30 cm in sicer v povprečju 6,5 pri ohranitveni obdelavi in 6,3 pri konvencionalni. Najnižje vrednosti so bile izmerjene v vrhnjem sloju tal (0-10 cm) tako pri tleh obdelanih na ohranitveni način (6,3) kot tudi konvencionalno obdelanih tleh (6,1). Razlike med obdelavama niso statistično značilne.

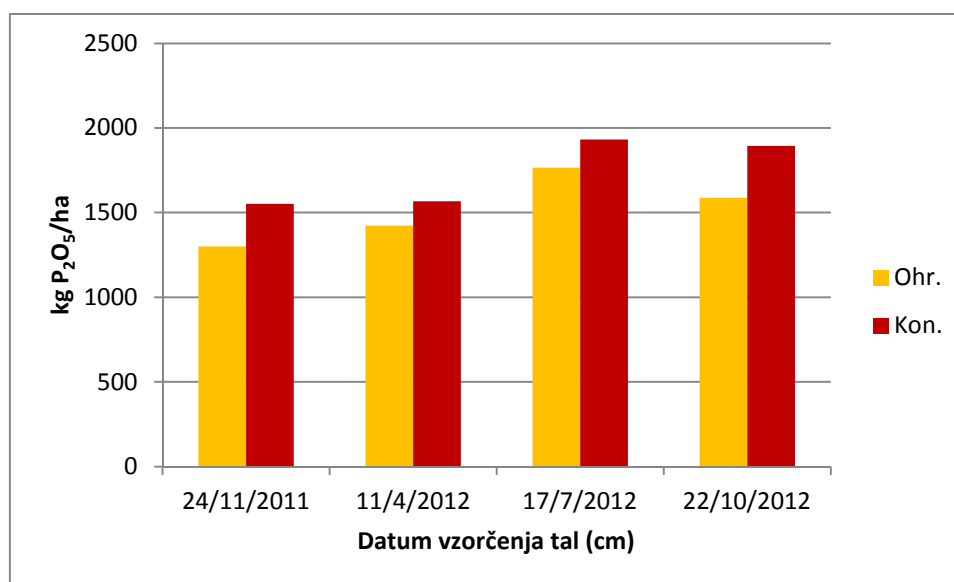
Preglednica 9: Povprečna vrednost pH \pm standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v pH.

Globina tal (cm)	pH			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	$6,3 \pm 0,1$	a	$6,1 \pm 0,1$	A
10-20	$6,3 \pm 0,1$	a	$6,2 \pm 0,1$	A
20-30	$6,5 \pm 0,1$	a	$6,3 \pm 0,1$	A
30-60	$6,4 \pm 0,1$	a	$6,2 \pm 0,1$	A

4.2.3 Fosfor

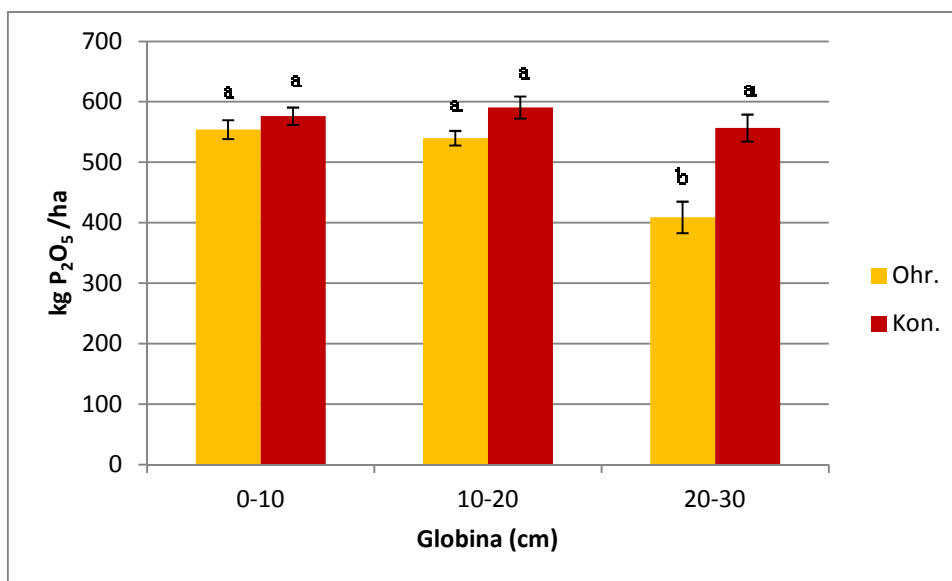
Tla na lokaciji poskusa v Moškanjcih so glede na povprečne koncentracije AL- P_2O_5 v ornici, ki znašajo pri ohranitveni obdelavi 34,5 mg/100 g in 37,4 mg/100 g pri konvencionalni obdelavi, spadajo v razred D preskrbljenosti, kar pomeni, da so tla čezmerno založena s tem hranilom.

Založenost s fosforjem je bila pri obeh načinih obdelave največja v poletnem času, ko je dosegala vrednosti 1765,4 in 1930,9 kg/ha. Manjše vrednosti so bile izmerjene v času prvega in drugega vzorčenja. Največja razlika med obdelavama je bila zabeležena 22.10.2012.



Slika 10: Količine P_2O_5 (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave tal.

Pri ohranitvenem načinu obdelave so v povprečju največje vsebnosti P_2O_5 v zgornjih 10 cm tal in se z globino zmanjšujejo. Glede na zgornji dve globini je količina P_2O_5 v globini 20-30 cm statistično značilno manjša. V konvencionalno obdelanih tleh je bila največja količina P_2O_5 izmerjena v globini 10-20 cm, do globine 30 cm ni statistično značilnih razlik. Količine P_2O_5 so bile večje v konvencionalno obdelanih tleh, vendar je bila statistično značilna razlika v vsebnosti P_2O_5 med načinoma obdelave zgoj v globini 20-30 cm.

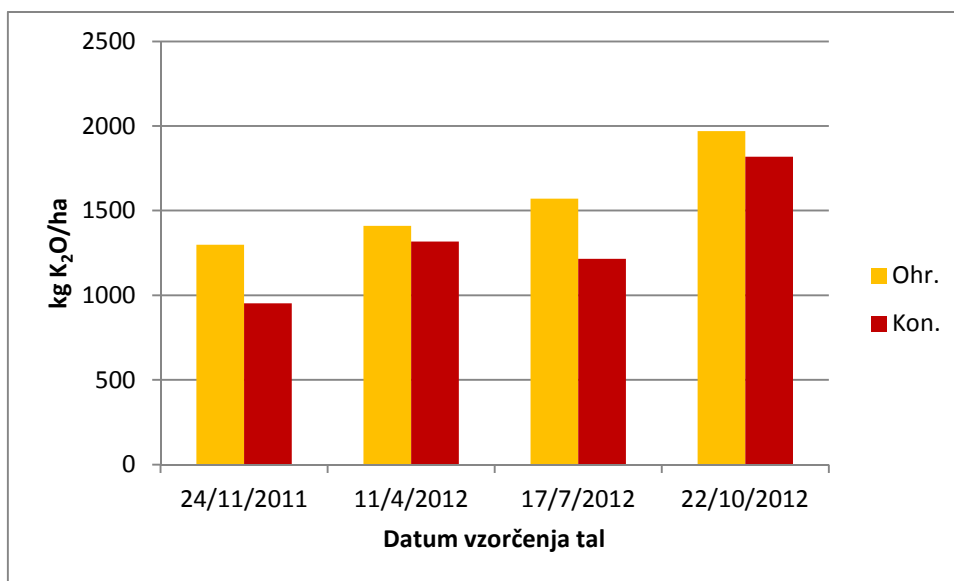


Slika 11: Povprečne količine P₂O₅ (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti P₂O₅.

4.2.4 Kalij

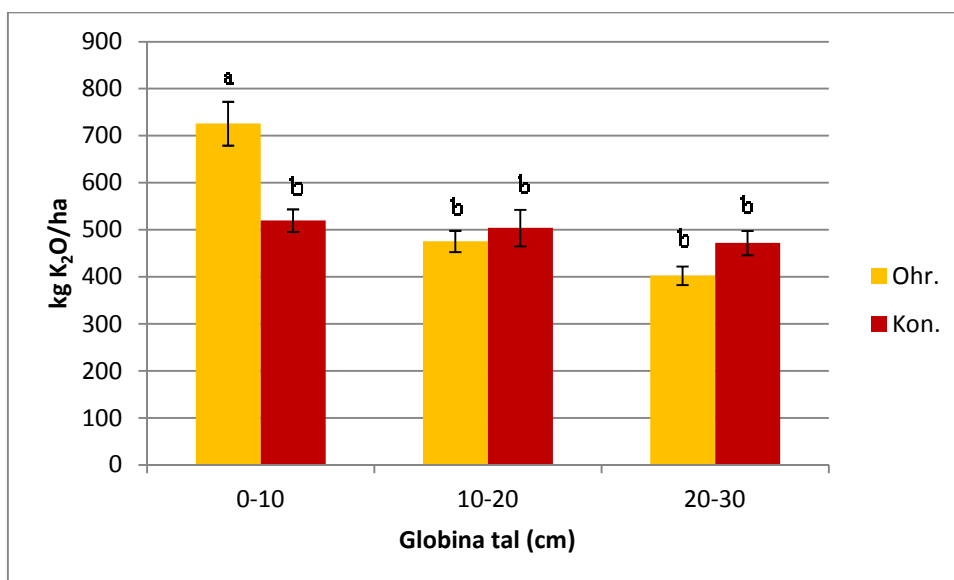
Povprečna koncentracija AL-K₂O v tleh, ki so obdelana na ohranitveni način znaša 36,8 mg/100 g, v konvencionalno obdelanih tleh pa 32,4 mg/100 g. Glede na obe vrednosti se ta tla tudi pri vsebnosti kalija uvrščajo v razred D, ki pomeni čezmerno založenost tal s kalijem.

Največje količine kalija so bile določene v vzorcih, ki so bili vzeti 22. 10. 2012. Količine tega hranila so bile razen pri prvem vzorčenju, preko celega leta večje pri ohranitvenem načinu obdelave. Največja razlika v količini K₂O je bila izmerjena v poletnem času, ko je bila ta v ohranitveno obdelanih tleh za 355 kg/ha večja kot v konvencionalno obdelanih tleh (slika 12).



Slika 12: Količine K₂O (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.

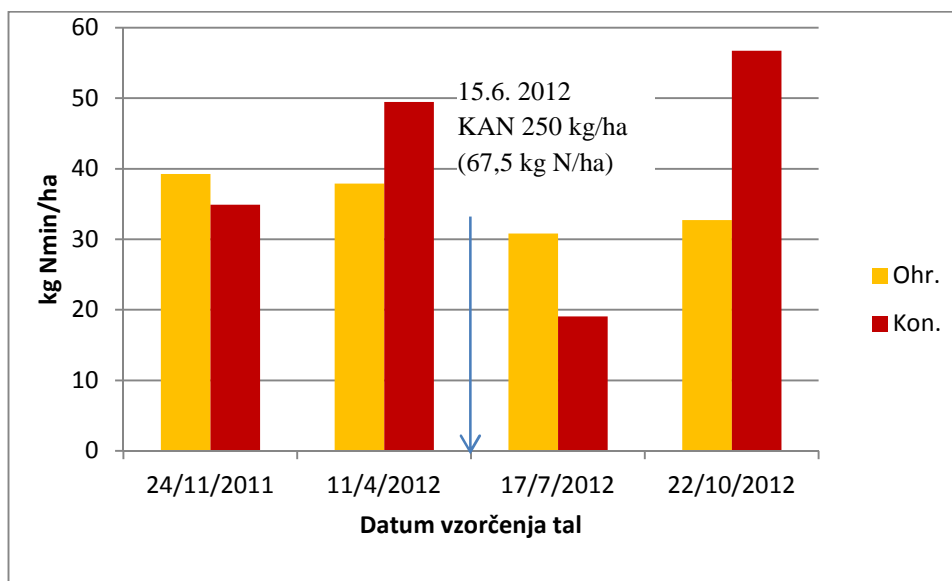
V zgornjem sloju (0-10 cm) tal obdelanih na ohranitveni način je bila vsebnost kalija v povprečju za 40 % večja kot v enaki globini tal obdelanih na konvencionalni način. Vrednost se statistično značilno razlikuje tudi od povprečij v preostalih globinah tal. V globini 10-30 cm so bile količine kalija večje pri konvencionalni obdelavi, vendar razlike niso bile statistično značilne.



Slika 13: Povprečne količine K₂O (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti K₂O.

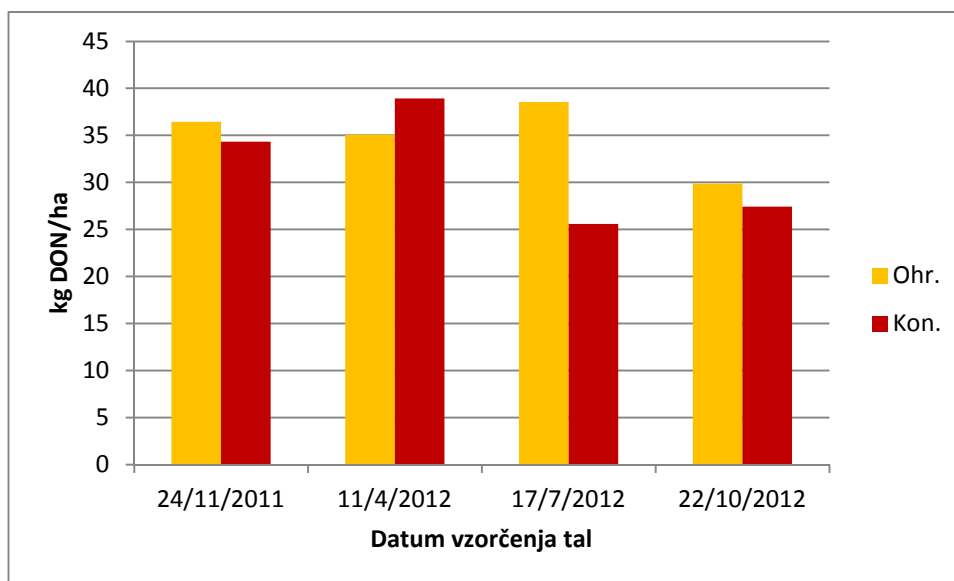
4.2.5 Dušik

Na sliki 14 lahko vidimo, da je bila količina mineralnega dušika pri konvencionalni obdelavi največja pri zadnjem vzorčenju. Pri ohranitvenem načinu obdelave je bila ugotovljena največja vsebnost N_{\min} v času prvega vzorčenja. Med obema načinoma obdelave je bila največja razlika v količini mineralnega dušika v vzorcih pobranih 22. 10. 2012, ko je znašala 24 kg/ha.



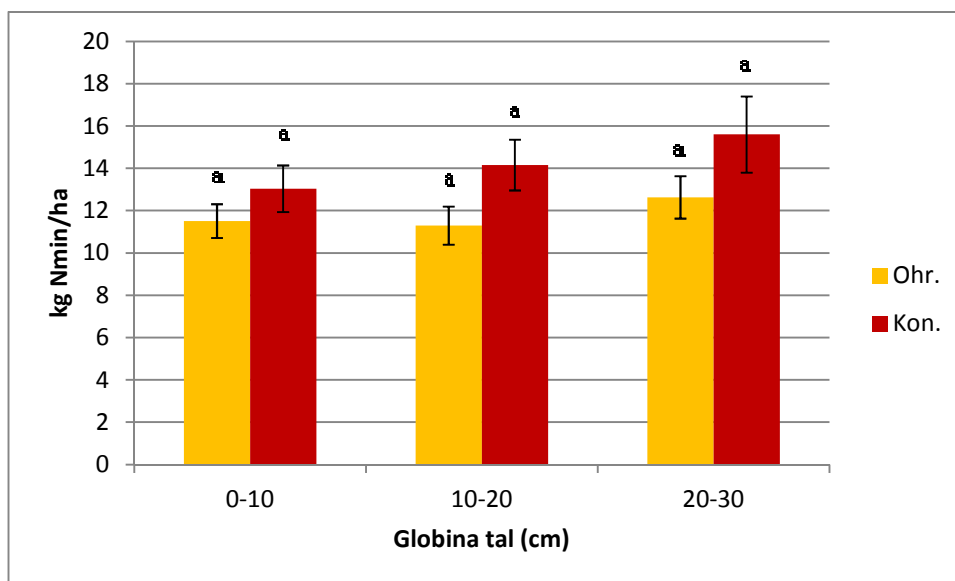
Slika 14: Količine mineralnega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.

Količine DON so bile med letom z izjemo spomladanskega vzorčenja večje pri ohranitvenem načinu obdelave. Največja vrednost pri ohranitveni obdelavi (38,6 kg/ha) je bila ugotovljena v poletnem času, ko je bila nasprotno, količina pri konvencionalni obdelavi najmanjša (25,6 kg/ha).



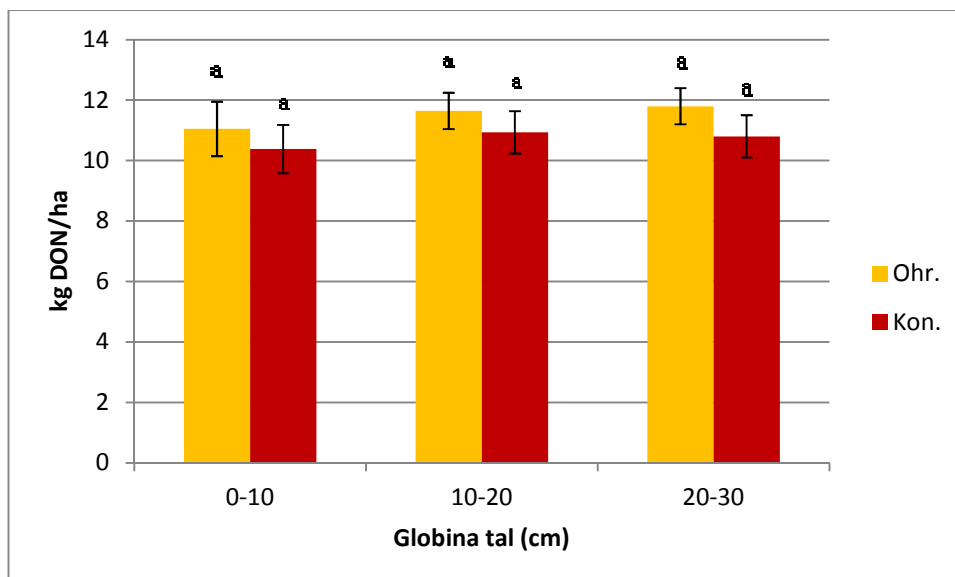
Slika 15: Količine topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.

Iz prikaza povprečnih količin mineralnega dušika v različnih globinah (slika 16) lahko vidimo, da so bile te v povprečju največje v spodnji globini ornice (20-30 cm). Vsebnost je z globino hitreje naraščala pri konvencionalni obdelavi, saj je bila razlika med zgornjo in spodnjo vzorčno globino v povprečju 2,6 kg N_{\min} /ha, pri ohranitveni obdelavi pa je ta razlika znašala 1,1 kg/ha. Največja razlika v količini mineralnega dušika med obdelavama je bila prisotna v globini 20-30 cm, kjer je znašala 3 kg/ha. Male razlike med načinoma obdelave in med globinami pri posameznem načinu obdelave tal niso bile statistično značilne.



Slika 16: Povprečne količine mineralnega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti organskega dušika.

Povprečna količina DON je bila, ne glede na globino tal, vselej večja v tleh obdelanih na ohranitveni način, vendar statistično značilnih razlik ni bilo. Količine so bile v vseh vzorčenih globinah tal precej izenačene, saj razlike v vsebnosti N_{org} med posameznimi globinami niso bile večje od 0,8 kg/ha. Največja razlika med obema obdelavama je bila izražena v globini 20-30 cm, vendar ni bila statistično značilna.



Slika 17: Povprečne količine topnega organskega dušika (kg/ha) in standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti organskega dušika.

4.2.6 Razmerje DOC/Nskup. v ekstraktih tal

Zaloga topnega organskega ogljika v profilu ohranitveno obdelanih tal je v času trajanja poskusa v povprečju med letom znašala 430,6 kg/ha, v tleh obdelanih na konvencionalen način pa je bila ta večja za 14,7 kg in je znašala 445,3 kg/ha. Količina skupnega dušika je bila večja v konvencionalno obdelanih tleh (74,9 kg/ha), medtem ko je bila izmerjena količina v ohranitveno obdelanih tleh 68,1 kg/ha. Razmerje med vsebnostjo DOC in skupnega dušika je bilo višje v ohranitveno obdelanih tleh.

Preglednica 10: Količine skupnega dušika in topnega organskega ogljika (kg/ha; 0-30 cm) ter C/N razmerje v Moškanjcih, glede na način obdelave tal.

	DOC (kg/ ha)	N (kg/ha)	C/N
Ohranitvena obdelava	430,6	68,1	6,3
Konvencionalna obdelava	445,3	74,9	5,9

C/N razmerje se je tako pri ohranitveni kot pri konvencionalni obdelavi z globino zmanjševalo. Vsebnosti skupnega dušika so se z globino povečevale, razlike med posameznimi globinami so bile večje pri konvencionalni obdelavi. Količine DOC so bile v povprečju največje v globini 10-20 cm, najmanjše pa v globini 0-10 cm. Razlike v vsebnosti skupnega dušika in DOC med obema načinoma obdelave, v posameznih globinah, niso bile statistično značilne.

Preglednica 11: Količine skupnega dušika, topnega organskega ogljika (mg/kg) ± standardna napaka ter C/N razmerje v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike ($p \leq 0,05$) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.

Globina tal (cm)	N (kg/ha)		DOC (kg/ha)		C/N	
	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.	Ohr.	Kon.
0-10	22,1 ± 1,8 a	23,4 ± 1,7 a	134,8 ± 8,6 a	146,6 ± 6,6 a	7,4	6,5
10-20	22,5 ± 1,4 a	25,1 ± 1,7 a	149,6 ± 11,9 a	151,3 ± 7,3 a	7,4	6,3
20-30	23,5 ± 1,7 a	26,4 ± 2,1 a	146,8 ± 11,7 a	147,5 ± 7,7 a	6,7	5,9

5 RAZPRAVA

5.1 pH

V okviru svoje raziskave sta Lopez-Fando in Pardo (2009) primerjala dva različna načina ohranitvene obdelave tal (no-till ter minimalna obdelava) in konvencionalno obdelavo. Razlika v pH je bila značilna v zgornjem delu tal (0-10 cm), ki so bila bolj kislja v primeru direktne setve, kar je lahko predvsem posledica poteka procesov mineralizacije in nitrifikacije ter izločanja rastlinskih eksudatov v tem delu tal. Primerjava pH vrednosti med konvencionalno in minimalno obdelavo tal pa ni pokazala statistično značilnih razlik, kar se je izkazalo tudi v primeru naših poskusov. pH vrednost je na obeh lokacijah z globino padala, vrednosti pa so bile kljub vsemu nekoliko višje pri ohranitveno obdelanih tleh. Podobne rezultate so v raziskavi objavili tudi Deubel in sod. (2011) ter Gomez-Rey in sod. (2012).

5.2 FOSFOR IN KALIJ

Časovna dinamika količine rastlinam dostopnega fosforja in kalija v ornici je bila v Moškanjcih bolj dinamična, saj so bila tla tekom poskusa večkrat obdelana. Količine fosforja so bile večje pri konvencionalno obdelanih tleh, vendar je bila razlika med načinoma obdelave statistično značilna le v vzorcih pobranih po obdelavi tal v Moškanjcih. Na obeh lokacijah so bile največje količine izmerjene v poletnem času, ko je intenzivnost rasti rastlin največja. Količine kalija so bile v Ljubljani skozi celotno obdobje trajanja poskusa precej izenačene, statistično značilnih razlik med obema načinoma obdelave ni bilo. V Moškanjcih je bolj izrazito povečanje vsebnosti pri zadnjem vzorčenju, ki je bilo izvedeno po setvi ozimne rži in predhodni obdelavi tal, ki je očitno povzročilo hitrejše sproščanje kalija iz talnih zalog. O hitrejšem in intenzivnejšem sproščanju kalija in fosforja pri konvencionalni obdelavi so poročali tudi Mihelič in sod. (2005).

Razporeditev vsebnosti obeh hranil v profilu tal je skladna s številnimi rezultati o pojavu stratifikacije vsebnosti hranil pri ohranitvenem načinu obdelave tal (Wright in sod., 2007a; Lopez-Garrido in sod., 2011; Deubel in sod., 2011). Iz naših rezultatov je razvidno, da je vsebnost fosforja in kalija v nekaterih primerih v zgornjih 10 cm tal večja kot pri konvencionalno obdelanih tleh, medtem ko v ostalih vzorčenih globinah tal temu ni tako. Večja vsebnost hranil v vrhnjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način je posledica mineralizacije nakopičenih organskih ostankov in dodanih gnojil (Lopez-Fando in Almendros, 1995). Pojav akumulacije hranil v zgornjem sloju tal (0-10 cm) pri ohranitvenem načinu obdelave je bil v Ljubljani bolj izrazit pri fosforju, v Moškanjcih pa pri kaliju. Bolj izrazita stratifikacija v primeru P_2O_5 je glede na Wright in sod. (2007a) posledica večjega privzema K_2O v rastline. V Ljubljani je bil posevek lucerne, ki iz tal odvzema izrazito veliko kalija (Mihelič in sod., 2010). S pridelki suhe lucerne, ki so bili v

razponu od 12-15 t ss/ha, je lucerna letno lahko odvzela kar 300–400 kg K_2O /ha (preračunano po preglednici 29: Odvzem hranil s pridelki poljščin; v Mihelič in sod., 2010). Kopičenje K_2O v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način pa je po navedbah Deubel-a in sod. (2011) posledica večje vsebnosti tega hranila v rastlinskih ostankih, medtem ko je večina P_2O_5 s polj odpeljana s pridelkom zrnja žit in oljnic. Na oranih tleh je bila razporeditev hranil v ornici, predvsem v Moškanjcih, bolj homogena, kar je posledica globlje obdelave ter intenzivnejšega premeščanja talnih delcev in rastlinskih ostankov v tem delu tal (Wright in sod., 2007a).

5.3 ORGANSKI OGLJIK IN C/N RAZMERJE

Vsebnost skupnega dušika, organskega ogljika in C/N razmerje opredeljujejo vsebnost organske snovi v tleh (Hoffman in sod., 1996). Zaloga organskega ogljika v ohranitveno obdelanih tleh je zaradi ohranjanja večje količine rastlinskih ostankov na površini pogosto večja v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi (Wright in sod., 2007b; Lopez-Garrido in sod., 2011, Lopez-Fando in Pardo, 2009). Skupna količina DOC je bila tudi v Ljubljani večja v ohranitveno obdelanih tleh, v Moškanjcih pa je bila ta večja pri konvencionalni obdelavi. Manjše C/N razmerje nakazuje na hitrejšo mineralizacijo organske snovi v konvencionalno obdelanih tleh. Čelebić (2008) je v okviru svoje diplomske naloge preučeval poskuse na istih lokacijah, v Moškanjcih in Ljubljani. Na podlagi vroče vodne ekstrakcije ogljika in dušika je ugotovil, da so bile tako koncentracije organskega ogljika kot tudi dušika večje v konvencionalno obdelanih tleh.

Vsebnost topnega organskega ogljika in skupnega dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način je večja, kar nakazuje na večjo vsebnost potencialno razgradljive organske snovi (Hoffman in sod., 1996). O večjih vsebnostih organskega ogljika v zgornjem sloju tal poročajo tudi Deubel in sod. (2011). Tudi Čelebić (2008) ugotavlja, da so koncentracije organskega ogljika v zgornjih 10 cm tal obdelanih na ohranitveni način večje, da pa je razporeditev bolj homogena v oranih tleh. Podobne rezultate smo dobili tudi v naši raziskavi (Priloga B4 in C4). Z upoštevanjem razlik v volumski gostoti tal pa ugotovimo, da je bila količina topnega organskega ogljika v globini 0-20 cm večja le v Ljubljani, saj je bila v Moškanjcih v globini 0-10 cm količina DOC celo najnižja v primerjavi z vzorci nižjih globin tal. Glede na majhne razlike v količini in koncentraciji DOC v globini 20-30 cm lahko ugotovimo, da oranje očitno bistveno ne vpliva na povečanje vsebnosti organskega ogljika v nižjih plasteh ornice, kar so ugotovili tudi že Wright in sod., 2007b. Na podlagi rezultatov iz Ljubljane lahko sklepamo, da je v ohranitveno obdelanih tleh vsebnost organske snovi večja tudi pod globino ornice (30-60 cm). Organska snov je tam manj podvržena razgradnji, kar ima velik pomen za ohranjanje oziroma povečevanje stabilne zaloge ogljika v tleh (Lopez-Garrido in sod., 2011).

Količina dušika v profilu tal se je z globino zmanjševala. V zgornjem sloju tal (0-10 cm) so bile razlike v količini dušika med obdelavama manjše kot pa v preostalih globinah tal. Drugi avtorji sicer poročajo o večjih vsebnosti dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način kot pa pri konvencionalni obdelavi (Hoffman in sod., 1996), tudi do globine 20 cm (Lopez-Garrido in sod., 2011).

Razlike v C/N razmerju med obema načinoma obdelave tal so lahko posledica različne razporeditve organskih ostankov v tleh, vsebnosti kisika in drugih dejavnikov razgradnje (Zibilske in sod., 2002). V Ljubljani je C/N razmerje pri obeh načinih obdelave tal naraščalo do globine 30 cm. Razmerje je bilo precej višje in je naraščalo bolj izrazito pri ohranitvenem načinu obdelave tal, saj se je vsebnost skupnega dušika z globino hitreje zmanjševala. Podobne rezultate so v svoji raziskavi objavili tudi Zibilske in sod. (2002), ki so hkrati ugotovili tudi bolj homogeno C/N razmerje v profilu konvencionalno obdelanih tal, ki pomeni bolj enakomeren potek mineralizacije organskih ostankov v različnih globinah tal. V Moškanjcih je bilo C/N razmerje najvišje v zgornjem sloju ohranitveno obdelanih tal in se je do globine 30 cm zmanjševalo. Podobne rezultate so objavili tudi Lopez-Fando in Pardo (2009). Višje C/N razmerje v tleh obdelanih na ohranitveni način v primerjavi s konvencionalno obdelanimi tlemi pomeni, da mineralizacija organske snovi poteka počasneje (Lopez-Fando in Pardo, 2009). Najvišje C/N razmerje (C/N=11,2) v Moškanjcih smo izmerili 22. 10. 2012 pri ohranitveni obdelavi, ko lahko sklepamo, da so na večjo vsebnost DOC vplivali ostanki sončnic. Pri konvencionalnem načinu obdelave je bilo C/N razmerje v tem času precej nižje (C/N=6,2) kar očitno nakazuje na hitrejšo mineralizacijo organskih ostankov prejšnje poljščine.

Razmerje med DOC in skupnim dušikom v ekstraktih tal prvega vzorčenja (jesen 2011) smo primerjali z razmerjem skupnega ogljika in dušika v istih vzorcih tal, katerih vrednosti so bile določene z mokro oksidacijo po tako imenovani Walkley-Black metodi (SIST ISO 14235). Primerjava kaže, da je razmerje DOC/N nižje od razmerja C_{tot}/N in da so razlike med načinoma obdelave v C_{tot}/N razmerju manjše kot v DOC/N razmerju (Prilogi D1 in D2).

5.4 OBLIKE DUŠIKA

Spremembe v vsebnosti organskega dušika, ki jih povzroča različna obdelava tal, so pogosto povezane s spremembami vsebnosti organskega ogljika (Zibilske in sod., 2002). V Moškanjcih je bila tako količina DON v konvencionalno obdelanih tleh, v globini 0-30 cm bolj enakomerna, kar sledi tudi razporeditvi DOC. Podobno kot količine DOC so se količine DON v profilu tal spreminjale tudi v Ljubljani.

Obdelava tal lahko vpliva na stopnjo mineralizacije dušika z vplivom na vsaj enega od dejavnikov tega procesa, temperaturo tal, vlažnost tal in razporeditev organske snovi (Hoffmann in sod., 1996). Časovne spremembe vsebnosti mineralnega dušika in s tem intenzivnosti mineralizacije dušika v tleh so bile bolj dinamične v Moškanjcih, saj so bila tla tekom poskusa tudi obdelana. Obdelava tal namreč poveča fizično dostopnost organske snovi, ki je tako bolj izpostavljena mikrobiološki razgradnji, vzpostavlja ugodnejše temperaturne ter vlažnostne razmere za rast talne favne in s tem povečano mineralizacijo dušika (Silgram in Shepherd, 1999, cit. po Morris in sod., 2010). V Ljubljani se je vsebnost mineralnega dušika v času trajanja poskusa zniževala pri obeh načinih obdelave tal, med katerima so bile razlike relativno majhne. Privzem mineralnega dušika je bil pri lucerni v letu 2012 sproten, na kar nakazujejo tudi veliki pridelki v tem letu. V Moškanjcih je bila pri prvem vzorčenju vsebnost mineralnega dušika večja v profilu tal obdelanih na ohranitveni način kot pa v konvencionalnih tleh, spomladi pa je bil rezultat ravno obraten. Tla obdelana na ohranitveni način so namreč bolj vlažna, zato so temperaturne spremembe med letom v teh tleh počasnejše in manj izrazite (Wang in sod., 2006). Spomladi je omejujoč dejavnik mineralizacije temperatura, ki dosega višje vrednosti v konvencionalno obdelanih tleh. Jeseni ostajajo tla obdelana na ohranitveni način dalj časa topla, kar lahko vodi tudi do večjih izgub dušika po žetvi (Wang in sod., 2006). Jeseni 2012 so bila tla obdelana, kar je povzročilo višek mineralizacije dušika v oranih tleh. Večje vsebnosti mineralnega dušika je bilo glede na rezultate Miheliča in sod. (2005) pričakovati v poletnem času, saj je takrat temperatura tal za potek mineralizacije najbližje optimalnim. V našem primeru so bile vsebnosti mineralnega dušika v tem času najmanjše in celo večje v primeru ohranitveno obdelanih tal. V poletnem času je lahko omejujoč dejavnik mineralizacije vlažnost tal (Hoffman in sod., 1995), ki pa sklepamo, da je bila glede na količino padavin v juniju in juliju, zadostna (Priloga A2). V tem času je bila intenzivnost rasti sončnic velika, kar je lahko vplivalo na večje potrebe in privzem dušika v rastline.

Spremembe v načinu obdelave tal pa lahko vplivajo tudi na razporeditev mineralnega dela dušika v profilu tal (Hütsch in Mengel, 1993), predvsem zaradi različne razporeditve organske snovi (Hoffman in sod., 1996). V naši raziskavi statistično značilnih razlik v količini ali koncentraciji (Priloga B7 in C7) nismo ugotovili. V Ljubljani so bile v ohranitveno obdelanih tleh največje količine mineralnega dušika izmerjene v zgornjem sloju tal. Količine so z globino padale, vendar je bila največja razlika prav med zgornjima poučevanima globinama tal (med 0-10 cm in 10-20 cm). Povečan obseg mineralizacije dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način je povezan z večjo vsebnostjo organskega ogljika in skupnega dušika v tem sloju tal, kar so med drugim zabeležili tudi Hoffman in sod. (1996). Večja vsebnost ogljika napram dušiku v globini 10-30 cm pa lahko vpliva na povečano fiksacijo dušika, ki se odraža v manjši stopnji mineralizacije. Grocholl (1991), cit. po Hoffman in sod. (1996) ugotavlja, da je v korelaciji z akumulacijo organske snovi tudi večja mikrobna populacija in encimska aktivnost v tem delu tal, kar skupaj pogojuje intenzivnejšo mineralizacijo dušika. V konvencionalnih tleh pa zaradi

enakih vzrokov poteka intenzivnejša mineralizacija v spodnjem delu ornice. V Moškanjcih je bila koncentracija mineralnega dušika prav tako največja v globini 0-10 cm pri ohranitveni obdelavi in je z globino padala (Priloga C7), vendar je bila količinska razporeditev v profilu tal podobna razporeditvi v oranih tleh. Vsebnosti mineralnega dušika so se na splošno z globino bolj izrazito zmanjševale v Ljubljani kot v Moškanjcih, kjer so bila tla v času trajanja poskusa tudi obdelana.

6 SKLEPI

V okviru magistrskega dela smo izvedli raziskavo, v kateri smo na dveh različnih lokacijah preučevali razlike v različnih parametrih kemičnih lastnostih tal, obdelanih na konvencionalen in ohranitveni način. Primerjali smo vrednosti pH, vsebnosti rastlinam dostopnih oblik fosforja in kalija, vsebnosti organskega ogljika ter različnih oblik dušika.

Tla obdelana na ohranitveni način so bila nekoliko manj kislila (pH=6,5 oz. 6,6) kot pri konvencionalni obdelavi (pH=6,4 oz. 6,5); pH tal je z globino naraščal. Izkazalo se je, da je sicer povprečna vsebnost dostopnega fosforja v konvencionalno obdelanih tleh večja, vendar je bila njegova vsebnost v zgornjih 10 cm tal v Ljubljani značilno večja (v Moškanjcih v tem sloju ni razlik med obravnavanji). Vsebnost dostopnega kalija je bila večja v tleh obdelanih na ohranitveni način. Na podlagi podatkov o vsebnosti topnega organskega ogljika v Ljubljani sklepamo, da je vsebnost organske snovi večja v ohranitveno obdelanih tleh, kakor se je tudi potrdila domneva o kopičenju organske snovi v zgornjem delu tal obdelanih na ohranitveni način. V Moškanjcih je bila količina topnega organskega ogljika večja v konvencionalno obdelanih tleh, prav tako nismo ugotovili razlik v razporeditvi količin v profilu tal obdelanih na konvencionalen oziroma ohranitveni način.

Razporeditev hranil v profilu tal obdelanih na ohranitveni način izkazuje večji koncentracijski gradient z naraščajočo globino tal. V Ljubljani je bila koncentracija mineralnega dušika v zgornjem sloju tal (0-10 cm) obdelanih na ohranitveni način večja kot pri konvencionalni obdelavi, kjer je bila razporeditev koncentracije mineralnega dušika v globini ornice zaradi premešanja talnih in organskih delcev bolj homogena.

Hipotezo o intenzivnejši mineralizaciji dušika v konvencionalno obdelanih tleh poleg ožjega C/N razmerja potrjujejo tudi večje izmerjene koncentracije mineralnega dušika v profilu tal. Časovna dinamika vsebnosti mineralnega dušika kaže na pomen okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na ta proces. Glede na rezultate lahko ugotovimo, da so razlike med lokacijama poskusov predvsem v razporeditvi procesov mineralizacije v profilu tal. Pričakovano večjo intenzivnost mineralizacije dušika v zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način smo zaznali le v Ljubljani, kjer je bila vsebnost tega hranila v profilu tal, glede na konvencionalno obdelana tla, bolj variabilna.

Domnevamo, da so razlike med obdelavama v Ljubljani bolj očitne zaradi večje vsebnosti glin v tleh ter dejstva, da tla v času trajanja poskusa niso bila obdelana. Na razporeditev vsebnosti hranil v tleh je vplival tudi večletni posevek lucerne.

7 POVZETEK

Na dveh lokacijah, z različnimi pedološkimi in klimatskimi razmerami, v Ljubljani in Moškanjcih od leta 1999 potekata poljska poskusa za primerjavo konvencionalne in ohranitvene obdelave tal. Poleg ostalih pedoloških parametrov so predmet preučevanja tudi kemijske lastnosti tal kot so: pH, vsebnost rastlinam dostopnega fosforja in kalija, vsebnost topnega organskega ogljika ter različni oblik dušika. Poskusa sta zasnovana v dveh blokih, ki smo jih naključno razdelili na več manjših parcelic. V raziskavi so nas zanimale predvsem razlike v časovni dinamiki in razporeditvi preučevanih parametrov v profilu tal obdelanih na ohranitveni (obdelava tal do 10 cm globine brez obračanja slojev tal) in konvencionalni način (obdelava tal z oranjem do 25 cm globine + predsetvena obdelava).

Vzorčenje tal je potekalo v različnih globinah: 0-10, 10-20, 20-30 in 30-60 cm. Analize smo izvedli v laboratoriju Katedre za pedologijo in varstvo okolja, na oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani ter na Inštitutu za mineralno prehrano rastlin, Univerze Justus Liebig (Institut für Pflanzenernährung, Justus Liebig Universität) v Nemčiji.

Pri meritvah pH smo v povprečju v ohranitveno obdelanih tleh izmerili višje vrednosti pH v celotnem profilu tal glede na konvencionalno obdelana tla. Nekateri avtorji sicer poročajo o značilno nižjem pH na površini tal obdelanih na ohranitveni način, vendar mi tega pojava nismo zaznali. Z meritvami vsebnosti hranil smo ugotovili, da je v ornem sloju vsebnost dostopnih oblik fosforja večja v tleh obdelanih na konvencionalen način, vsebnosti kalija pa so bile večje pri ohranitvenem načinu obdelave tal. V zgornjem sloju tal obdelanih na ohranitveni način so bile vsebnosti fosforja in kalija večje kot pri konvencionalni obdelavi, medtem ko je bila razporeditev vsebnosti obeh hranil bolj homogena v profilu konvencionalno obdelanih tal. Pojav stratifikacije, koncentracijskega gradienta hranil po globini tal, je bil tako bolj izrazit pri ohranitveno obdelanih tleh.

Zaradi kopičenja organskih ostankov in odsotnosti oranja na površini ohranitveno obdelanih tal prihaja do akumulacije organske snovi, kar lahko potrdimo le za eno izmed lokacij, to je v Ljubljani. Tu smo namreč ugotovili večjo vsebnost topnega organskega ogljika v zgornjih 20 cm ohranitveno obdelanih tal, kakor tudi večjo celokupno količino v profilu tal. Mineralizacija dušika je bila v povprečju manjša v ohranitveno obdelanih tleh, saj smo izmerili večje vsebnosti mineralnega dušika pri konvencionalni obdelavi. Pri analizi časovne dinamike mineralizacije dušika smo zaznali tudi vpliv okoljskih dejavnikov, predvsem temperature tal na intenzivnost tega procesa. V minimalno obdelanih tleh je temperatura tal bolj konstantna, spremembe v spomladanskem in jesenskem času pa manj izrazite, kar vpliva dinamično procesov mineralizacije dušika v tleh.

8 VIRI

- Allmaras R. R., Langdale G. W., Unger P. W., Dowdy R. H., Van Doren D. M. 1991. Adoption of Conservation Tillage and Associated Planting Systems. V: Soil management for sustainability. Lal R., Pierce F. J. (eds.). Alberta, Papers from a workshop in Edmonton: 53-69
- Bot A., Benites J. 2005. The importance of soil organic matter. Rome, FAO-Food and Agriculture Organization: 95 str.
<http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb80e.pdf> (junij 2013)
- Budai E. A. 2009. Effect of cultivation practice on denitrification and its products ratios. Master Thesis. Ås, Norwegian University of Life Science, Department of Plant and environmental Sciences: 36 str.
<http://www.umb.no/statisk/studietilbud/agroecology/Budai.pdf> (oktober 2013)
- Čelebić U. 2008. Vsebnost in frakcije organske snovi in dušika pri različni obdelavi njivskih tal. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 41 str.
- Deubel A., Hofmann B., Orzessek D. 2011. Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. *Soil & Tillage Research*, 117: 85-92
- Edwards W. M. 1991. Soil structure: processes and management. Soil management for sustainability. V: Soil management for sustainability. Lal R., Pierce F. J. (eds.). Alberta, Papers from a workshop in Edmonton: 7-13
- El Bassam N. 1998. Fundamentals of sustainability in agriculture production systems and global food security. V: Sustainable agriculture for food, energy and industry. El Bassam N., Behl R. K., Prochnow B. London, James & James (Science publishers): 3-11
- Eversagro.com.
<http://www.eversagro.com> (15.7.2013)
- Farook M., Flower K. C., Jabran K., Wahid A. Kadambot Siddique H. M. 2011. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. *Soil & Tillage Research*, 117: 172-183

- Follett R. F. 2001. Nitrogen transformation and transport processes. V: Nitrogen in the environment: sources, problems and management. Follett R. F., Hatfield J. L. (eds.). Amsterdam, Elsevier: 17-44
- Franzluebbers A. J. 2001. Soil organic matter stratification ration as an indicator of soil quality. *Soil & Tillage Research*, 66: 95-106
- Frede H. G., Beisecker R., Gäth S. 1994. Long-term impacts of tillage on the soil ecosystem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 157: 197-203
- Friedrich T., Derpsch R., Kassam A. 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports*: 7 str.
<http://factsreports.revues.org/1941> (april 2013)
- Gomez-Rey M. X., Couto-Vazquez A., Gonzalez-Prieto S. J. 2012. Nitrogen transformation rates and nutrient availability under conventional plough and conservation tillage. *Soil & Tillage Research*, 124: 144-152
- Grčman H., Zupan M. 2010. *Praktična pedologija*. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 52 str.
- Hoffmann C., Linden S., Koch H. J. 1996. Influence of soil tillage on net N-mineralization under sugar beet. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 159: 79-85
- Holland J. M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103: 1-25
- Houba V. J. G., Temminghoff E. J. M., Gaikhorst G. A., van Wark W. 1999. *Soil analysis procedures, extractions with 0,01 M CaCl₂*. Wageningen, Agricultural University: 95 str.
- Hütsch B., Mengel K. 1995. Effect of long-term ploughing and direct drilling on the distribution and leaching of mineral nitrogen in a loamy and a sandy soil. *European Journal of Agronomy*, 4: 213-219
- Kassam A., Friedrich T., Derpsch R. 2010. Conservation agriculture in the 21st century: a paradigm for sustainable agriculture. Madrid. European Congress on Conservation Agriculture: 46 str.
http://www.fao.org/ag/ca/CA-Publications/ECAF_congress_Madrid_2010.pdf (april 2013)
- Kladivko E. J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, 61: 61-76

- Kmecl V., Sušin J. 2003. Razvoj metode za določanje topnega organskega dušika v tleh. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kmetijstvo, 81, 2: 313-324
- Kmecl V., Zupančič-Kralj L. 2005. Vpeljava in ovrednotenje metode določevanja mineralnega dušika v tleh. Acta agriculturae Slovenica, 85, 1: 97-105
- Korošec D. 2012. Konzervirajoča in konvencionalna obdelava tal v poskusu na lahkih in težkih tleh. Diplomaska naloga. Ptuj, Šolski center Ptuj, Višja strokovna šola: 35 str.
- Lahmar R. 2010. Adoption of conservation agriculture in Europe Lessons of the KASSA project. Land Use Policy, 27: 4-10
- Lopez-Fando C., Pardo M. T. 2009. Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. Soil & Tillage Research, 104: 278-284
- Lopez-Garrido R., Madejon E., Murillo J. M., Moreno F. 2011. Short and long term distribution with depth of soil organic carbon and nutrients under traditional and conservation tillage in Mediterranean environment (southwest Spain). Soil Use and Management, 27: 177-185
- Majer D., Jesenko T., Barbarič M., Flisar Novak Z., Požnel A., Škerbot Ir., Škerbot Ig., Kalan M., Zemljič A. 2010. Tehnologija pridelave krušne pšenice. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije. 9 str.
http://www.kmetijskizavod-celje.si/images/upload/2010/357_TEHNOLOGIJA_PRIDELAVE_P%C5%A0ENICE_2_,_07.10.10.pdf (avgust 2013)
- Mannering J. V., Schertz D. L., Julian B. A. 1987. Overview of conservation tillage. V: Effects of conservation tillage on groundwater quality. Logan T. J., Davidson J. M., Baker J. L., Overcash M. R. (eds.). Michigan, Lewis Publishers: 3-16
- Mengel K., Kirkby E. A. 2001. Principles of plant nutrition. 5th Edition. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 849 str.
- Mihelič R., Čop J., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S. 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije: 182 str.
- Mihelič R., Pačnik T., Lobnik F. 2005. Sonaravni sistemi obdelave tal za tehnološko učinkovito in okolju prijazno kmetijstvo (poljedelstvo). Končno poročilo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 49 str.

Morris N. L., Miller P. C. H., Orson J. H., Froud-Williams R. J. 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment-A review. *Soil & Tillage Research*, 108: 1-15

Myrold D. D., Bottomley P. J. 2008. Nitrogen mineralization and immobilization V: Nitrogen in agricultural systems. Schepers J. S., Raun W. R. (eds.). Madison, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: 157-172

Nedved V., Balik J., Černý J., Kulhanek M., Balikova M. 2008. The changes of soil nitrogen and carbon contents in a long-term field experiment under different systems of nitrogen fertilization. *Plant Soil Environment*, 11: 463-470

Sommer C., Lindstrom M. 1998. Conservation tillage-A contribution for sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry*, 1:265-269

Subbulakshmi S., Saravanan S., Subbian P. 2009. Conventional tillage vs. Conservation tillage-A review. *Agricultural Reviews*, 30: 56-63

Tehnološka navodila za integrirano pridelavo poljščin. 2013. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje Republike Slovenije. 74 str.

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/Kmetijstvo/Integrirana_pridelava/TN_poljscine_2013.pdf (avgust 2013)

Triplett G. B., Warren A. D. 2008. No-Tillage Crop production: A revolution in Agriculture! *Agronomy Journal*, 100: 153-165

Zibilske L. M., Bradford J. M., Smart J. R. 2002. Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. *Soil & Tillage Research*, 66: 153-163

Wang X., Cai D., Hoogmoed W. B., Oenema O., Perdok U. D. 2006. Potential effect of conservation tillage on sustainable land use: A review of global long-term studies. *Pedosphere*, 16: 587-595

Wheatley D. M., MacLeod D. A., Jessop R. S. 1995. Influence of tillage treatments on N₂ fixation of soybean. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 571-574

Wolfarth F., Schrader S., Oldenburg E. 2013. Bodentiere fördern Mikotoxinabbau. *Landwirtschaft ohne Pflug*, 9/10: 32-36

Wright L. A., Hons M. F., Lemon G. R., McFarland L. M., Nichols L. R. 2007a. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. *Soil & Tillage Research*, 96: 19-27

Wright A. L., Deu F., Hons M. F. 2007b. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in Texas. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121: 376-382

Yang A., Hu J., Xiangui L., Anning Z., Wang J., Dai J., Wong H. M. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal community structure and diversity in response to 3-year conservation tillage management in a sandy loam soil in North China. *Journal of Soils and Sediments*, 12: 835-843

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi magistrskega dela se v največji meri zahvaljujem mentorju doc. dr. Roku MIHELICU. Hvala tudi prof. dr. Dominiku VODNIKU ter izr. prof. dr. Marijani JAKŠE za pregled in dopolnila magistrskega dela.

Velika zahvala gre tudi drugim sodelavcem Katedre za pedologijo in varstvo okolja za pomoč pri praktični izvedbi poskusa ter laboratorijskem delu.

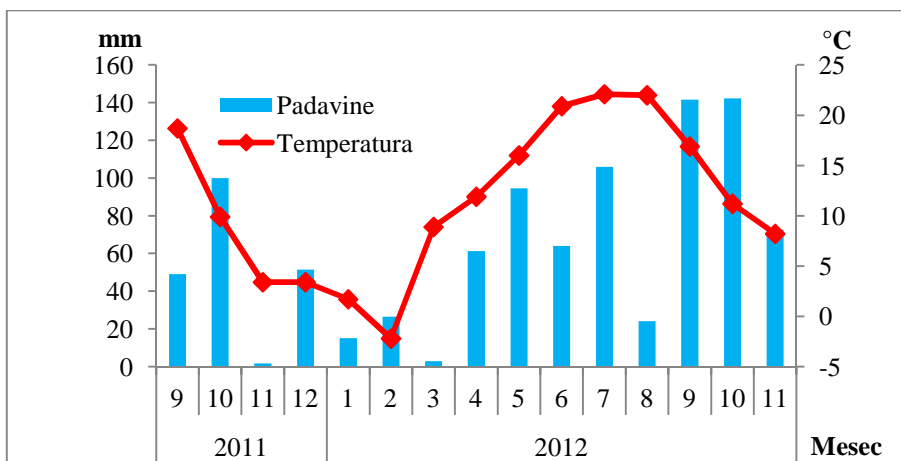
Zahvaljujem se prof. dr. Sven-u SCHUBERTU ter sodelavcem Inštituta za prehrano rastlin, Univerze Justus Liebig, v Giessnu, za gostoljubje in pomoč pri opravljanju laboratorijskih analiz v okviru študijske izmenjave.

Iskrena hvala mojim staršem in družini za podporo, motivacijo ter vsestransko pomoč tekom študija.

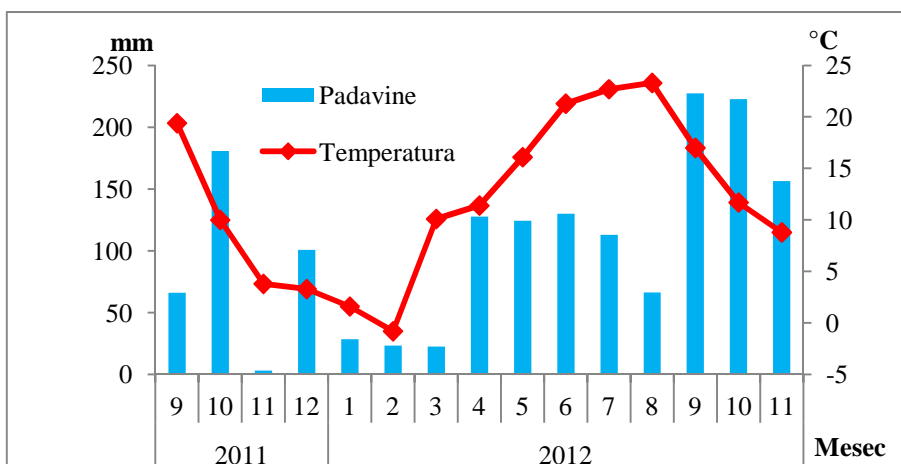
Hvala tudi prijateljem in sošolcem za vse lepe trenutke, ki smo jih v tem času doživeli skupaj.

PRILOGA A

Letna razporeditev količine padavin ter povprečna temperatura zraka



Priloga A1: Prikaz razporeditve in količine padavin ter temperature zraka v času trajanja poskusa, v Ljubljani (vremenska postaja ARSO, Ljubljana-Bežigrad).



Priloga A2: Prikaz razporeditve in količine padavin ter temperature zraka v času trajanja poskusa, v Moškanjcih (Vremenska postaja Orešje pri Ptuj).

PRILOGA B

Povprečne količine hranil (N, P, K) ter koncentracije dušika in topnega organskega ogljika v Ljubljani

Priloga B1: Količina P₂O₅ in K₂O (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, glede na način obdelave.

Datum vzorčenja	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
15.11. 2011	447	642,9	577,7	634,6
24.7. 2012	551,4	550,2	660,9	575,8
26.11. 2012	466,3	622,4	589,3	573,4

Priloga B2: Povprečne količine P₂O₅ (kg/ha) ± standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v količini P₂O₅.

Globina tal (cm)	P ₂ O ₅ (kg/ha)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	275,8 ± 9,1	a	240 ± 8,6	b
10-20	181,1 ± 7	c	244,4 ± 8,5	b
20-30	31,9 ± 2,7	e	125,1 ± 6,7	d
30-60	12,9 ± 1,5	e	18,4 ± 3,6	e

Priloga B3: Povprečne količine K₂O (kg/ha) ± standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v količini K₂O.

Globina tal (cm)	K ₂ O (kg/ha)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	294,9 ± 9,4	a	236,6 ± 4,9	b
10-20	177,4 ± 4,4	c d	197,6 ± 4,4	c
20-30	132,6 ± 0,2	e	160,8 ± 3,3	d
30-60	132 ± 3,2	e	120,9 ± 3,6	e

Priloga B4: Koncentracije skupnega dušika in topnega organskega ogljika (mg/kg) ± standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.

Globina tal (cm)	N (mg/kg)				DOC (mg/kg)			
	Ohr.		Kon.		Ohr.		Kon.	
0-10	29,7 ± 2,8	a	28,7 ± 2,2	a	210,9 ± 11,7	a	188,2 ± 14,3	a
10-20	18,5 ± 2	b c	20,7 ± 1,5	b	176,1 ± 10,4	a b	164,5 ± 11,5	a b c
20-30	10,2 ± 1,3	b c d	15,1 ± 0,9	d e	122,4 ± 7,9	c d	139,8 ± 9,1	b c
30-60	12,3 ± 1,2	c d e	6,1 ± 0,5	e	87,2 ± 10,8	d e	54,4 ± 3	e

Priloga B5: Količina mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave.

Datum vzorčenja	N _{min} (kg/ha)		DON (kg/ha)	
	Ohranitvena	Konvencionalna	Ohranitvena	Konvencionalna
15.11.2011	44,4	48,6	49,3	62,3
24.7.2012	30,3	26,5	68,9	71,1
26.11.2012	15,7	16,6	12,5	25

Priloga B6: Povprečna količina mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha) ± standardna napaka v Ljubljani, v različnih globinah tal, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v količini mineralnega oziroma organskega dušika.

Globina tal (cm)	N _{min} (kg/ha)		DON (kg/ha)	
	Ohranitvena	Konvencionalna	Ohranitvena	Konvencionalna
0-10	16,5 ± 1,6 a	15 ± 1,3 a	20,4 ± 2,4 a b	23,7 ± 2 a
10-20	8,7 ± 1 b	9,5 ± 0,9 b	15,5 ± 1,8 b c d	17,5 ± 1,3 a b c
20-30	5,5 ± 0,6 b c	6,3 ± 0,5 b c	8,6 ± 1,2 d e	12,3 ± 0,5 c d
30-60	4,1 ± 0,7 c	3,7 ± 0,3 c	13,2 ± 2 c d	5 ± 0,4 e

Priloga B7: Povprečna koncentracija mineralnega in topnega organskega dušika (mg/kg) ± standardna napaka v Ljubljani, med letom, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v koncentraciji mineralnega oziroma organskega dušika.

Globina tal (cm)	N _{min} (mg/kg)		DON (mg/kg)	
	Ohranitvena	Konvencionalna	Ohranitvena	Konvencionalna
0-10	13,3 ± 1,3 a	11,1 ± 1 a	16,4 ± 1,9 a b	17,6 ± 1,4 a
10-20	4,3 ± 0,7 b	7,3 ± 0,7 b	11,9 ± 1,4 b c	13,4 ± 1 a b c
20-30	2,6 ± 0,4 b c	2,3 ± 0,4 b c	6,2 ± 0,9 d e	9,9 ± 0,7 c d
30-60	2,2 ± 0,5 c	1,1 ± 0,2 c	9,4 ± 1,4 c d	3,5 ± 0,3 e

PRILOGA C

Povprečne količine hranil (N, P, K) ter koncentracije dušika in topnega organskega ogljika v Moškanjcih

Priloga C1: Količina P₂O₅ in K₂O (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.

Datum vzorčenja	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
24.11. 2011	1300,8	1297,6	1552,2	951,5
11.4. 2012	1423,5	1410,7	1566,6	1316,8
17.7. 2012	1765,4	1570,2	1930,9	1215,4
22.10. 2012	1587,1	1969	1893,8	1818,5

Priloga C2: Povprečne količine P₂O₅ (kg/ha) ± standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v količini P₂O₅.

Globina tal (cm)	P ₂ O ₅ (kg/ha)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	554,1 ± 15,7	a	576,3 ± 14,5	a
10-20	540 ± 12	a	590,7 ± 18,3	a
20-30	409 ± 26	b	556,8 ± 22,3	a

Priloga C3: Povprečne količine K₂O (kg/ha) ± standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v koncentraciji K₂O.

Globina tal (cm)	K ₂ O (kg/ha)			
	Ohranitvena obdelava		Konvencionalna obdelava	
0-10	725,88 ± 46,6	a	519,9 ± 23,9	b
10-20	475,7 ± 22,6	b	503,8 ± 38,8	b
20-30	402,6 ± 19,7	b	472 ± 26,1	b

Priloga C4: Koncentracija skupnega dušika in topnega organskega ogljika (mg/kg) ± standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v vsebnosti skupnega dušika oziroma topnega organskega ogljika.

Globina tal (cm)	N (mg/kg)				DOC (mg/kg)			
	Ohr.		Kon.		Ohr.		Kon.	
0-10	16,9 ± 1,4	a	15,5 ± 1,1	a	102,9 ± 6,6	a	97,2 ± 4,4	a b
10-20	15,5 ± 1	a	16,7 ± 1,1	a	102,6 ± 8,2	a	100,7 ± 4,9	a b
20-30	14,7 ± 1	a	16,5 ± 1,3	a	91,8 ± 7,3	a b	92,2 ± 4,8	a b
30-60	12,2 ± 1	a	13,7 ± 1	a	86,3 ± 5,7	a b	75 ± 4,5	b

Priloga C5: Količina mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha; 0-30 cm) v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave.

Datum vzorčenja	N _{min} (kg/ha)		DON (kg/ha)	
	Ohranitvena	Konvencionalna	Ohranitvena	Konvencionalna
24.11.2011	39,2	34,9	36,4	34,3
11.4.2012	37,9	49,4	35,1	38,9
17.7.2012	30,8	19,1	38,6	25,6
22.10.2012	32,7	56,7	29,9	27,4

Priloga C6: Povprečne količine mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha) ± standardna napaka v Moškanjcih, v različnih globinah, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v koncentraciji mineralnega oziroma organskega dušika.

Globina tal (cm)	N _{min} (kg/ha)		DON (kg/ha)	
	Ohranitvena	Konvencionalna	Ohranitvena	Konvencionalna
0-10	11,5 ± 0,8 a	13 ± 1,1 a	11 ± 0,9 a	10,4 ± 0,8 a
10-20	11,3 ± 0,9 a	14,2 ± 1,2 a	11,6 ± 0,6 a	10,9 ± 0,7 a
20-30	12,6 ± 1 a	15,6 ± 1,8 a	11,8 ± 0,6 a	10,8 ± 0,7 a

Priloga C7: Povprečna koncentracija mineralnega in topnega organskega dušika (kg/ha) ± standardna napaka v Moškanjcih, med letom, glede na način obdelave. Različne črke v stolpcu označujejo statistično značilne razlike (p≤0,05) v koncentraciji mineralnega oziroma organskega dušika.

Globina tal (cm)	N _{min} (mg/kg)		DON (mg/kg)	
	Ohranitvena	Konvencionalna	Ohranitvena	Konvencionalna
0-10	8,8 ± 0,6 a	8,7 ± 0,8 a	8,7 ± 0,7 a	6,9 ± 0,5 a b
10-20	7,8 ± 0,6 a	9,4 ± 0,8 a	8 ± 0,4 a	7,3 ± 0,5 a b
20-30	7,9 ± 0,6 a	9,8 ± 1,2 a	7,4 ± 0,4 a b	6,8 ± 0,5 a b
30-60	7,6 ± 0,5 a	9,1 ± 0,8 a	5,4 ± 0,4 b c	4,6 ± 0,4 c

PRILOGA D

Primerjava razmerja DOC/N in C_{tot}/N

Priloga D1: DOC/N in C_{tot}/N razmerje v Ljubljani

Globina tal (cm)	Ohranitvena		Konvencionalna	
	DOC/N	C_{tot}/N	DOC/N	C_{tot}/N
0-10	5,2	9,7	4,7	9,6
10-20	7,0	9,3	5,8	9,8
20-30	8,7	8,8	6,8	9,7
Povprečje (0-60)	7,0	9,3	5,8	9,7

Priloga D2: DOC/N in C_{tot}/N razmerje v Moškanjcih

Globina tal (cm)	Ohranitvena		Konvencionalna	
	DOC/N	C_{tot}/N	DOC/N	C_{tot}/N
0-10	5,4	9,4	7,0	9,4
10-20	5,4	9,3	5,8	9,2
20-30	5,1	9,3	6,2	9,6
Povprečje (0-60)	5,3	9,3	6,4	9,4