

 PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

ZRS Bistra
P T U J

ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO SREDIŠČE BISTRA PTUJ
SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE BISTRA PTUJ

ZAKLJUČNO POROČILO projekta

Izboljšanje gnojevke z uporabo biooglja za zmanjšanje njenega
okoljskega vpliva



Pilotni projekt Izboljšanje gnojevke z uporabo biooglja za zmanjšanje njenega okoljskega vpliva, se izvaja v okviru ukrepa M16 : Sodelovanje iz Programa razvoja podeželja 2014-2020, podukrep 16.5 Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb ali prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam.

ZAKLJUČNO POROČILO projekta

Izboljšanje gnojevke z uporabo biooglja za zmanjšanje njenega okoljskega vpliva

Avtorji: dr. Nataša Belšak Šel, ZRS Bistra Ptuj
dr. Rok Mihelič, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Vid Žitko, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Marko Černe, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj
Jože Murko, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj
Žiga Švegelj, Studio okolje d.o.o.
Darja Hanželič, Šolski center Ptuj, Biotehniška šola

Uredila: dr. Nataša Belšak Šel

Ptuj, januar 2021



Kazalo vsebine:

01	UVOD	6
1.1	Hipoteze	7
02	IZVEDBA POSKUSOV NA KMETIJAH	8
2.1	Metode dela	9
2.1.1	Suha in hlapne snovi v vzorcih	9
2.1.2	Skupni dušik in skupni ogljik	10
2.1.3	Dinamika amonijskega in nitratnega dušika	10
2.1.4	Vsebnost karbonatnega in organskega ogljika	11
2.1.5	Kalilni test.....	12
2.1.6	Elementarna sestava.....	13
2.2	REZULTATI	13
2.2.1	Suha snov in hlapne trdne snovi v vzorcih	13
2.2.1.1	Suha snov	13
2.2.1.2	Hlapne trdne snovi.....	14
2.2.2	Skupni dušik in skupni ogljik	15
2.2.3	Dinamika amonijskega (NH ₄ - N) dušika	16
2.2.4	Karbonatni in organski ogljik.....	18
2.2.5	Kalilni test.....	19
2.2.6	Elementarna sestava.....	21
2.3	POVZETEK.....	22
03	SPREMLJANJE VREDNOSTI NEPRIJETNEGA VONJA GNOJEVK V PILOTNEM POSKUSU	23
3.1	Metode dela	23
3.2	Rezultati z diskusijo	24
3.3	Sklepi.....	26
04	RASTNI TEST	27
4.1	Metode dela	27
4.2	Rezultati	28
4.2.1	Rukola	28
4.2.2	Solata	29
4.2.3	Koruza	30
05	ZAKLJUČEK.....	32

Kazalo slik:

Slika 1: Prikaz postopka za merjenje hlapnih trdnih snovi v vzorcih, foto: (Žitko V.).	10
Slika 2: Aparatura za merjenje ogljik/dušik (C/N) razmerja Elementar VarioMAX CN, (foto: Žitko V.).	10
Slika 3: Aparatura Thermo Scientific Gallery za merjenje nitratnega (NO ₃ -N) in amonijskega (NH ₄ -N) dušika (foto: Žitko V.).	11
Slika 4: Sistem za merjenje vsebnosti karbonatov, (foto: Žitko V.).	11
Slika 5: Komplet za izvajanje laboratorijskih kalilnih testov. https://www.microbiotests.com/toxkit/phytotoxicity-test-with-phytotoxkit-solid-samples/	12
Slika 6: ACME laboratorij Vancouver, Kanada. http://acmelab.com/2011/04/acmelabs-begins-construction-on-one-of-the-world%E2%80%99s-largest-minerals-testing-facilities .	13
Slika 7: Prirast suhe snovi v gnojevki brez dodanega biooglja pri posameznem načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter posamezni kmetiji v 14 dnevem obdobju.	13
Slika 8: Prirast suhe snovi v gnojevki z dodanimi 4 kg biooglja / m ³ gnojevke pri posameznem načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter pri posamezni kmetiji v 14 dnevem obdobju.	14
Slika 9: Prirast suhe snovi v gnojevki z dodanimi 40 kg biooglja / m ³ gnojevke pri posameznem načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter posamezni kmetiji v 14 dnevem obdobju.	14
Slika 10: Vsebnost hlapnih trdnih snovi pri posameznem obravnavanju (K = gnojevka brez dodatka biooglja, V1 = gnojevka z dodatkom 4 kg biooglja / m ³ gnojevke, V2 = gnojevka z dodatkom 40 kg biooglja / m ³ gnojevke) in načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).	15
Slika 11: Vsebnost organskega in karbonatnega ogljika v gnojevki brez dodanega biooglja, pri posameznem načinu obdelave (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) in posamezni kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).	18
Slika 12: Vsebnost organskega in karbonatnega ogljika v gnojevki z dodatkom 4 kg biooglja / m ³ gnojevke, pri posameznem načinu obdelave (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) in posamezni kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).	18
Slika 13: Vsebnost organskega in karbonatnega ogljika v gnojevki z dodatkom 40 kg biooglja / m ³ gnojevke, pri posameznem načinu obdelave (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) in posamezni kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).	19
Slika 14: Indeks povprečne dolžine korenin pri posameznih gnojevkah iz različnih kmetij v primerjavi z deionizirano vodo, pri obravnavanju gnojevka brez dodanega biooglja, pri aerobnem (mešanje) in anaerobnem (brez mešanja) načinu.	19
Slika 15: Indeks povprečne dolžine korenin pri posameznih gnojevkah iz različnih kmetij v primerjavi z deionizirano vodo, pri obravnavanju gnojevka z dodatkom 4 kg biooglja / m ³ gnojevke, pri aerobnem (mešanje) in anaerobnem (brez mešanja) načinu.	20
Slika 16: Indeks povprečne dolžine korenin pri posameznih gnojevkah iz različnih kmetij v primerjavi z deionizirano vodo, pri obravnavanju gnojevka z dodatkom 40 kg biooglja / m ³ gnojevke, pri aerobnem (mešanje) in anaerobnem (brez mešanja) načinu.	20
Slika 17: Sistem zajemanja plina z vonjem na pilotnem poskusu na kmetiji.	24
Slika 18: Rukola ob prvem rezanju (7. 10. 2020). Prva kolona so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevka iz anaerobne obravnave, druga kolona so vzorci z uporabljenim gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom.	28
Slika 19: Rukola ob drugem rezanju (11. 11. 2020). Prva kolona so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom, druga kolona so vzorci z uporabljenim gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevke iz anaerobne obravnave.	28
Slika 20: Solata na koncu poskusa (11. 11. 2020). Prva kolona so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom, druga kolona so vzorci z uporabljenim gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevke iz anaerobne obravnave.	29
Slika 21: Koruza na koncu poskusa (11. 11. 2020). Prva kolona so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom, druga kolona so vzorci z uporabljenim gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevke iz anaerobne obravnave.	30
Slika 22: Spremljanje vrednosti klorofila v ravnem poskusu.	30

Kazalo preglednic:

Preglednica 1: Seznam kmetij, vključenih v poskus z podatki o usmerjenosti reje.	8
Preglednica 2: Seznam obravnavanj na poskusu	8
Preglednica 3: Terminski prikaz opravljenih vzorčenj v 14 dnevnom poskusu na štirih različnih kmetijah.....	9
Preglednica 4: Vsebnost skupnega ogljika (C) in skupnega dušika (N) v obravnavanjih ob začetku in koncu poskusa pri posamezni kmetiji (K = obravnavanje gnojevka brez dodanega biooglja, V1 = obravnavanje 4 kg biooglja / m ³ gnojevke, V2 = obravnavanje 40 kg biooglja / m ³ gnojevke, AER = aerobni način (mešanje) obdelave gnojevke, ANAER = anaerobni način (brez mešanja) obdelave gnojevke).	16
Preglednica 5: Dinamika amonijskega (NH ₄ -N) dušika v štirinajstdnevnom časovnem obdobju pri posamezni kmetiji (K = obravnavanje gnojevka brez dodanega biooglja, V1 = obravnavanje 4 kg biooglja / m ³ gnojevke, V2 = obravnavanje 40 kg biooglja / m ³ gnojevke, AER = aerobni način (mešanje) obdelave gnojevke, ANAER = anaerobni način (brez mešanja) obdelave gnojevke).....	17
Preglednica 6: Vsebnost makroelementov v pri posamezni kmetiji in obravnavanju (K = obravnavanje gnojevka brez dodanega biooglja, V1 = obravnavanje 4 kg biooglja / m ³ gnojevke, V2 = obravnavanje 40 kg biooglja / m ³ gnojevke, AER = aerobni način (mešanje) obdelave gnojevke, ANAER = anaerobni način (brez mešanja) obdelave gnojevke, 0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).	21
Preglednica 7: Izmerjene koncentracije vonja (Ou/m ³) na vzorcih gnojek iz kmetij.....	25
Preglednica 8: Oznake vzorcev v rastnem poskusu.	27
Preglednica 9: Masa svežih listov rukole, vrednost klorofila v listih rukole ter suha snov v listih rukole po prvem in po drugem rezanju.....	29
Preglednica 10: Masa sveže porezane solate, vrednost klorofila v listih solate ter suha snov v listih solate na koncu poskusa.	29
Preglednica 11: Masa sveže porezane koruze, vrednost klorofila v listih koruze ter suha snov v listih koruze na koncu poskusa.	30

01 UVOD

Kmetijstvo se danes sooča s številnimi izzivi, med katerimi je eden od najpomembnejših, kako pridelati čim večje količine hrane z omejenimi naravnimi viri. Pri tem igrajo pomembno vlogo tudi podnebne spremembe, ki so v svetu vse bolj pereč problem, saj vplivajo tako na družbo kot na naravo. Skorajda ni več dneva, ko ne bi slišali besedne zveze »podnebne spremembe«. Posledice podnebnih sprememb so vse bolj očitne: naraščanje povprečne globalne temperature zraka in površine oceanov, dvigovanje morske gladine, spremenjeni padavinski vzorec, vse številčnejši ekstremni vremenski dogodki (toča, suša, vetrolomi itd)

Izpusti toplogrednih plinov pospešujejo podnebne spremembe. Najpomembnejši toplogredni plini (TGP) so ogljikov dioksid (CO₂), metan (CH₄) in didušikov oksid (N₂O). Ogljikov dioksid se v kmetijstvu sprošča predvsem zaradi rabe fosilnih goriv za pogon mehanizacije in za uporabo v druge namene, deloma pa tudi zaradi izgub organske mase pri neustrezni rabi in obdelavi tal. Posredno se na kmetijstvo vežejo tudi emisije ogljikovega dioksida, ki nastajajo pri proizvodnji mineralnih gnojil, sredstev za varstvo rastlin, krmil in drugih industrijskih proizvodov za kmetijstvo. Emisije metana so predvsem rezultat procesa fermentacije krme v predželodcih prežvekovalcev in debelem črevesu domačih živali, nastajajo pa tudi med skladiščenjem živinskih gnojil. Didušikov oksid se sprošča v ozračje pri mikrobiološki transformaciji dušikovih spojin v tleh ter pri skladiščenju živinskih gnojil, s kmetovanjem pa so povezane tudi posredne emisije, ki nastajajo zaradi prehajanja amonijaka in dušikovih oksidov v ozračje in zaradi izpiranja dušikovih spojin v podtalnico in vodotoke.

Kmetijstvo zaradi biološkega značaja proizvodnje neizogibno prispeva k emisijam TGP, hkrati pa rastline porabljajo ogljikov dioksid in zadržujejo zaloge ogljika v tleh ter s tem zmanjšujejo količino ogljikovega dioksida v ozračju (ponor TGP). Kmetijstvo torej lahko vpliva na zmanjševanje izpustov toplogrednih plinov predvsem z optimalno tehnologijo reje živali in skrbnem ravnanju z organskimi gnojili v skladiščih in ob razvozu. Poleg tega ob zagotovljenem krogotoku hranil iz organskih gnojil na živinorejskih kmetijah bistveno zmanjšujemo porabo mineralnih gnojil na kmetijskih površinah in povečujemo organsko snov v tleh

Bioogljje (biochar) je angleški izraz za oglje, namenjeno uporabi v kmetijstvu. Bioogljje lahko porabljamo v poljedelstvu in vrtnarstvu (z njim nahranimo zemljo), in tudi v živinoreji (dodamo ga prehrani in nastelji živali), trenutno pa je na tržišču najbolj zastopan kot dodatek različnim substratom na osnovi šote ali komposta. Predpona »bio« v tem primeru ne pomeni »ekološko«, ampak se je v primeru bioogljja uporabila za razlikovanje med navadnim ogljem, ki se uporablja za kurjavo ter ogljem »za uporabo v kmetijstvu«, bodisi kot dodatek obdelovalni zemlji ali kot dodatek nastilja in prehrani živali. Bioogljje je lahko pridobljeno iz suhe biomase rastlinskega izvora (oleseneli ostanki rastlin, lupine, storži, slama,...) in ne le lesa. Kot dodatek v tleh se uporablja za izboljšanje strukture in rodovitnosti zemlje. Zaradi izredne poroznosti lahko zadrži vodo, hranila in zrak, v številnih mikroskopskih luknjicah, ki jih vsebuje, pa se naselijo mikroorganizmi, ki so temelj plodnosti oziroma rodovitnosti tal.

Da bioogljje zadosti kriterijem mora biti pripravljeno na poseben način. Postopek s katerim pridobivamo bioogljje imenujemo oglenenje oz. piroliza, ki mora biti za pridobitev kvalitetnega bioogljja izvedena pri visokih temperaturah, najbolje od 500 do 700 °C, proces pa poteka brez prisotnosti kisika. Med postopkom se v bioogljje zelo stabilno veže ogljik, kar vpliva na zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida v ozračje. Takšno pridobivanje energije ob zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov je eden glavnih razlogov, da proizvodnjo in uporabo bioogljja na ravni EU zelo spodbujajo.

Ena od ključnih faz pri pripravi bioogljja, preden je primerno dodajanju tlem, je mletje in »cepljenje« s hranili, mikrohranili in mikroorganizmi – ti se morajo namreč še vezati in naseliti v njegovih porah in na površini. Za »cepljenje« (ki ga strokovno imenujemo aktivacija) se poleg vode uporabljajo tudi

raztopine gnojil, gnojevka, kompostna brozga in mikroorganizmi. Šele tako obdelano bioogljje lahko takoj koristi tlom. Pomembno je tudi, koliko aktiviranega biooglja dodamo zemlji, saj je postopno dodajanje, v manjših količinah (med 200 – 500 gramov /m²) ključno, da se vzpostavi ravnovesje, med tlemi in dodanim bioogljem z mikroorganizmi v njem. Ob rednem dodajanju biooglja se zmanjša potreba po zalivanju in dognojevanju, saj se v porah oglja skladiščijo hranila in voda. Na daljši rok je opaziti, da je humusna bilanca boljša ter da so tla lažja za obdelovanje. Tla dobesedno zaživijo, v tleh z dodatkom biooglja je več deževnikov, več gliv, več korenin. Rastline, ki rastejo na takšnih tleh, pa imajo na voljo vsa makro- in mikrohranila, potrebna za rast. Korenine vzpostavijo simbiozo s koristnimi bakterijami in glivami, zato imajo na voljo bistveno večjo površino za črpanje hranil.

Na štirih kmetijah smo v okviru EIP pilotnega projekta »Izboljšanje gnojevke z uporabo biooglja za zmanjšanje njenega okoljskega vpliva« zasnovali poskus, kjer smo v gnojevko zmešali različno količino biooglja. Pri tem smo spremljali primerjavo med aerobnimi (s kisikom) in anaerobnimi (brez kisika) obdelavami gnojevok. Na treh kmetijah smo za poskus uporabili govejo gnojevko, na eni pa prašičjo gnojevko. S poskusom smo želeli preveriti, kako bioogljje pri različnih odmerkih, načinih »zorenja gnojevok« (aerobno, anaerobno) in tipih gnojevok (goveja, prašičja) vpliva na zadrževanje hranil v gnojevki, na sproščanje in emisijo neprijetnih vonjav ter naknadno, po gnojenju s proučevanimi mešanici, na rast izbranih vrtnin in poljščin.

1.1 Hipoteze

Poskusna zasnova je predvidevala, da bo dodatek biooglja pozitivno vplival na lastnosti gnojevke, postavljene pa so bile naslednje domneve:

- Dodatek priporočenega odmerka biooglja bo pozitivno vplival na vezavo amonijskega dušika iz gnojevok, dodatek večje količine pa bo še izboljšal vezavo dušika v biooglja.
- Bioogljje v gnojevki bo v kalilnih testih pozitivno vplivalo na rastline, v primerjavi s kontrolo (vodo) in gnojevko brez dodanega biooglja.
- Bioogljje bo pozitivno vplivalo na zmanjšanje smradu v gnojevkah in se bo s povečanjem količine dodanega biooglja smrad zmanjšal v primerjavi z gnojevko brez dodanega biooglja.

02 IZVEDBA POSKUSOV NA KMETIJAH

Praktična izvedba zasnove poskusa je bila izvedena na 4 kmetijah, dveh v okolici Ptuja (štajerska regija) in dveh v okolici Preddvora (gorenjska regija). Ena od kmetij v štajerski regiji je bila prašičerejska, ostale tri živinorejske. V preglednici 1 so navedene kmetije in njihove oznake v nadaljevanju poročila

Preglednica 1: Seznam kmetij, vključenih v poskus z podatki o usmerjenosti reje.

Oznaka kmetije v poskusu	Usmerjenost reje	Naslov kmetije in ime nosilca
Kmetija 1	Govedorejska kmetija	Kmetija Vogrinec, Vogrinec Ivan
Kmetija 2	Govedorejska kmetija	Kmetija Roblek, Roblek Slavko
Kmetija 3	Govedorejska kmetija	Kmetija Markun, Markun Marjan
Kmetija 4	Prašičerejska kmetija	Kmetija Zelenik, Zelenik Tone

Poskus je bil zasnovan v treh različnih obravnavanjih, ki so bila razdeljena v dva načina obdelave gnojevke. V vedrih z gnojevko se je na aerobni (vsakodnevno mešanje) in anaerobni (brez mešanja) način testiralo gnojevko, v katero je bil dodan priporočen odmerek 4 kg bioogljja / m³, večji odmerek 40 kg bioogljja / m³ in gnojevka brez dodanega bioogljja. V preglednici 2 so prikazana obravnavanja z oznakami

Preglednica 2: Seznam obravnavanj na poskusu

Oznaka	Obravnavanje
K AER	Gnojevka brez dodatka bioogljja na aerobni način (mešanje)
K ANAER	Gnojevka brez dodatka bioogljja na anaerobni način (brez mešanja)
V1 AER	Gnojevka z dodatkom 4 kg bioogljja /m ³ na aerobni način (mešanje)
V1 ANAER	Gnojevka z dodatkom 4 kg bioogljja /m ³ na anaerobni način (brez mešanja)
V2 AER	Gnojevka z dodatkom 40 kg bioogljja /m ³ na aerobni način (mešanje)
V2 ANAER	Gnojevka z dodatkom 40 kg bioogljja /m ³ na anaerobni način (brez mešanja)

Na posamezni kmetiji je poskus trajal 14 dni. Poskus na kmetiji 1 in kmetiji 4 je bil opravljen v poletnem času, medtem, ko je bil poskus na kmetiji 2 in kmetiji 3 opravljen v jesenskem času. V času poskusa so bili odvzeti vzorci za laboratorijske analize. V preglednici 3 je prikazana časovnica terenskega dela projekta.

Preglednica 3: Terminski prikaz opravljenih vzorčenj v 14 dnevem poskusu na štirih različnih kmetijah.

Datum	Kmetija	Opravilo
30.6.2020	Kmetija 1 in kmetija 4	Začetek poskusa na kmetiji, polnjenje posod z gnojvkami in bioogljem, jemanje vzorcev za meritve suhe in hlapnih trdnih snovi skupnega amonijskega in nitratnega dušika, vsebnost karbonatov, težkih kovin in skupnega ter organskega ogljika
1.7.2020	Kmetija 1 in kmetija 4	Prvi dan poskusa, jemanje vzorcev za meritve amonijskega in nitratnega dušika.
3.7.2020	Kmetija 1 in kmetija 4	Tretji dan poskusa jemanje vzorcev za meritve amonijskega in nitratnega dušika.
7.7.2020	Kmetija 1 in kmetija 4	Sedmi dan poskusa, jemanje vzorcev za meritve amonijskega in nitratnega dušika.
14.7.2020	Kmetija 1 in kmetija 4	Štirinajsti dan poskusa. Konec poskusa in jemanje vzorcev za meritve suhe in hlapnih trdnih snovi skupnega amonijskega in nitratnega dušika, vsebnost karbonatov, težkih kovin in skupnega ter organskega ogljika. Shranjevanje vzorca za rastne teste.
15.9.2020	Kmetija 2 in kmetija 3	Začetek poskusa na kmetiji, polnjenje posod z gnojvkami in bioogljem, jemanje vzorcev za meritve suhe in hlapnih trdnih snovi skupnega amonijskega in nitratnega dušika, vsebnost karbonatov, težkih kovin in skupnega ter organskega ogljika
18.9.2020	Kmetija 2 in kmetija 3	Tretji dan poskusa jemanje vzorcev za meritve amonijskega in nitratnega dušika.
22.9.2020	Kmetija 2 in kmetija 3	Sedmi dan poskusa, jemanje vzorcev za meritve amonijskega in nitratnega dušika.
29.9.2020	Kmetija 2 in kmetija 3	Štirinajsti dan poskusa. Konec poskusa in jemanje vzorcev za meritve suhe in hlapnih trdnih snovi skupnega amonijskega in nitratnega dušika, vsebnost karbonatov, težkih kovin in skupnega ter organskega ogljika. Shranjevanje vzorca za rastne teste.

Vzorci, ki so bili odvzeti štirinajsti (zadnji) dan poskusa smo testirali tudi v laboratorijskih kalilnih testih, z namenom, da se izbere najprimernejše obravnavanje, ki bi bilo uporabljeno v rastnih testih, ki niso bili v naši pristojnosti.

2.1 Metode dela

2.1.1 Suha in hlapne snovi v vzorcih

Suha snov je masa vzorca, ki jo dobimo po sušenju svežega vzorca na 40 °C v 24 urah. V tem času izhlapi voda rezultat pa je podan v odstotkih. V primeru, da je vzorec zelo tekoč se čas sušenja lahko podaljša.

Hlapna trdna snov, tudi volatilna snov se lahko meri v zračno suhem vzorcu, ali v mokrem vzorcu. Pri tem postopku se vzorec, nalije v žgalne posodice, ki jih predhodno stehtamo in se ga najprej suši v sušilniku na 40 °C, da odhlapi voda. Po sušenju se vzorec stehta in s posodico vstavi na kuhalno ploščo in žge. Vzorec se začne kaditi in postopek izvajamo na prostem toliko časa, da večino dima izgine. Potem se vzorec da v peč na 550°C, kjer se sežge še preostanek organskega dela in ostane samo pepel, ki ga ponovno stehtamo.

V zračno suhem vzorcu, ki je že zmlet in presejan je postopek podoben. Najprej stehtamo posodice in vanje zatehtamo med 0,4 in 1 gram vzorca. Vzorec damo v peč na 105 °C. Po sušenju vzorce damo v eksikator, da se ohladijo in jih stehtamo. Sledi sežig suhega vzorca v peči na 550°C. Po sežigu se vzorec pepela ohladi in ponovno stehta.



Slika 1: Prikaz postopka za merjenje hlapnih trdnih snovi v vzorcih, foto: (Žitko V.).

2.1.2 Skupni dušik in skupni ogljik

Skupna dušik in ogljik merimo na inštrumentu Vario MAX CNS. Naprava lahko meri vsebnost C/N tako v suhih kot v mokrih vzorcih. V keramične posodice zatehtamo okoli 300 mg vzorca, če imamo rastline ali gnojevke, oz 1000 mg tal, nastaviti je potrebno metodo merjenja glede na vrsto vzorca. Oksidacijska kolona se segreje na temperaturo okoli 900°C, avtomatska ročica pa pobere posodico z vzorcem iz saržerja kjer so razporejene posodice in jo vstavi v kolono za sežig. V kolono se dovaja kisik in helij, ki služi kot nosilni plin. Preko kolone prehajajo iz oksidacijske kolone N₂, H₂O, CO_x, SO_x, NO_x, in hlapni halogeni, poleg njih pa tudi kisik in helij.

Posamezne kolone vežejo različne spojine, na koncu ostaneta še N₂ in CO₂, ki gresta na TCD detektor.



Slika 2: Aparatura za merjenje ogljik/dušik (C/N) razmerja Elementar VarioMAX CN, (foto: Žitko V.).

2.1.3 Dinamika amonijskega in nitratnega dušika

Amonijski (NH₄-N) in nitratni (NO₃-N) dušik smo analizirali s Thermo Scientific™ Gallery™ Plus Automated Photometric analizatorjem (SIST ISO 14255:1999). Naprava lahko meri tudi elektroprevodnost in pH. 20 ml vzorca smo razredčili s 180 ml H₂O in s tem 10 - kratno redčili vzorce. Po 30 minutnem stresanju smo vzorce filtrirali in še 10 - kratno redčili pred meritvijo na aparatu. Koncentracije so podane v g/L za amonijski dušik in µg/l za nitratni dušik, vendar je bila vsebnost nitrata pod mejo zaznave.



Slika 3: Aparatura Thermo Scientific Gallery za merjenje nitratnega (NO₃-N) in amonijskega (NH₄-N) dušika (foto: Žitko V.).

2.1.4 Vsebnost karbonatnega in organskega ogljika

Za meritev vsebnosti karbonatov (CaCO₃) se uporablja suhe in skozi najmanj 2 mm sito presejane vzorce. Pri analiziranju sta zelo pomembni temperatura in zračni tlak v prostoru, saj vplivata na preračun. V stekleno čašo, ki je namenjena analiziranju se zatehta točno 1 gram vzorca. Ko je vzorec pripravljen, se ga prelije z okoli 8 ml 10% HCl, ki raztaplja karbonate in se ob tem tvori CO₂. Slednji deluje kot potisni plin in izpodriva destilirano vodo v sistemu. Rezultat je podan kot ml plina, ki se tvori ob raztapljanju karbonatov. Pri preračunu se upošteva tudi temperatura v °K in konstanta R.

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{p * V * 10^{-6}}{R * T}$$

p = tlak (Pa)

V = volumen CO₂ (ml)

R = konstanta 8,31

T = temperatura (°K)

Rezultat je podan v % CaCO₃. Za preračun na vsebnost karbonatnega ogljika je potrebno odstotek kalcijevega karbonata množiti s faktorjem 0,12, da dobimo vsebnost karbonatnega ogljika. Vsebnost organskega ogljika predstavlja razlika med skupnim in karbonatnim ogljikom.

$$C_{org.} = C_{skup.} - C_{karb.}$$

C_{org.} = organski ogljik

C_{skup.} = skupni ogljik

C_{karb.} = karbonatni ogljik



Slika 4: Sistem za merjenje vsebnosti karbonatov, (foto: Žitko V.).

2.1.5 Kalilni test

Za kalilni test smo uporabili komplet Phyto kit, kjer se na standardiziranem filter papirju na enakomerno razdaljo postavi 10 semen bele gorjušice ali vrtno kreše in spremlja dolžino korenin, ki se nato izmeri s pomočjo programa Image J. V plastično posodico na površino 126 x 88 mm zložimo papirnato brisačo, ki služi kot vpojni element. Na brisačo z pipeto naneseemo 25 ml vzorca, ki ga, če je preveč koncentriran predhodno razredčimo. Ko se brisača napoji z vzorcem, nanjo postavimo črni filter papir, ki se prilega dimenzijam posodice in na površino papirja na določen razmik nastavimo 10 semen poljubne testne rastline. Postopek ponovimo v 3 ali 4 ponovitvah. Po treh dneh korenine dosežejo predvideno velikost in jih je potrebno izmeriti. Pred meritvami je potrebno vsako ploščo posebej slikati s fotoaparatom in potem izmeriti dolžino korenin s pomočjo računalniškega programa. Za teste kaljivosti je priporočljiv program Image J, kjer vstavimo sliko plošče z rastlinami in s pomočjo znane površine črnega lista, ki jo vpišemo v nastavitvah, dobimo rezultate izmerjenih dolžin korenin, ki jih program pretvori avtomatsko v nastavljeno dolžinsko enoto, največkrat v milimetre.



Slika 5: Komplet za izvajanje laboratorijskih kalilnih testov. <https://www.microbiotests.com/toxkit/phytotoxicity-test-with-phytotoxkit-solid-samples/>

2.1.6 Elementarna sestava

Elementarna sestava, ki vsebuje tudi najpomembnejše težke kovine je bila merjena v laboratoriju ACME v Kanadi. Kovine se pomeři z metodo razklopa. Analiza zajame vsebnost 36 elementov, ki so pomerjeni v vzorcu rastlin ali tal. Vzorci morajo biti suhi in zmleti ter presejani na vsaj 2 mm sito.



Slika 6: ACME laboratorij Vancouver, Kanada. <http://acmelab.com/2011/04/acmelabs-begins-construction-on-one-of-the-world%E2%80%99s-largest-minerals-testing-facilities>.

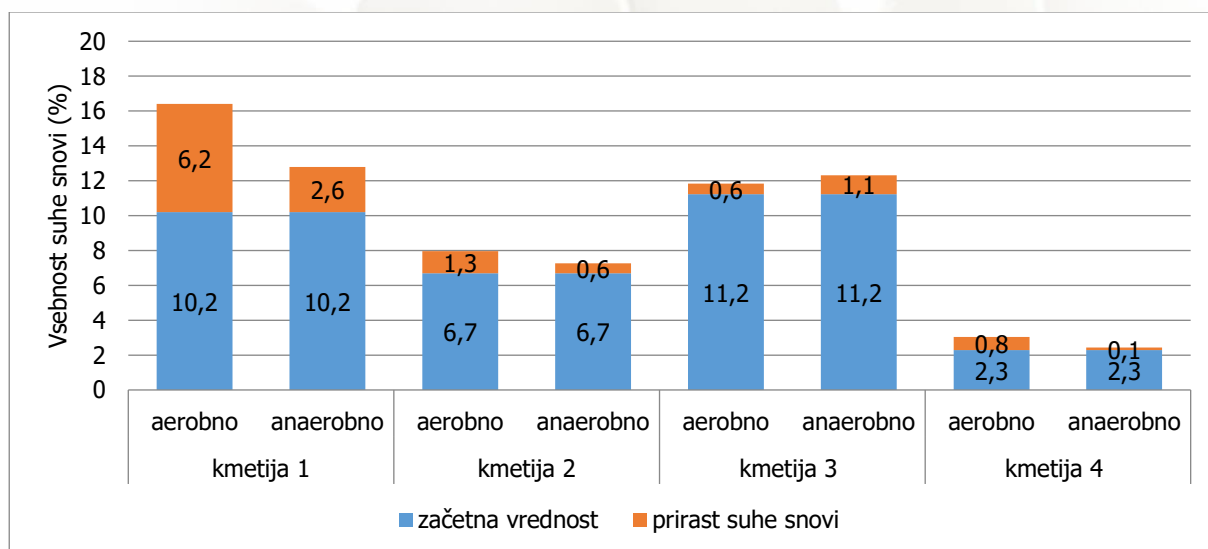
/.

2.2 REZULTATI

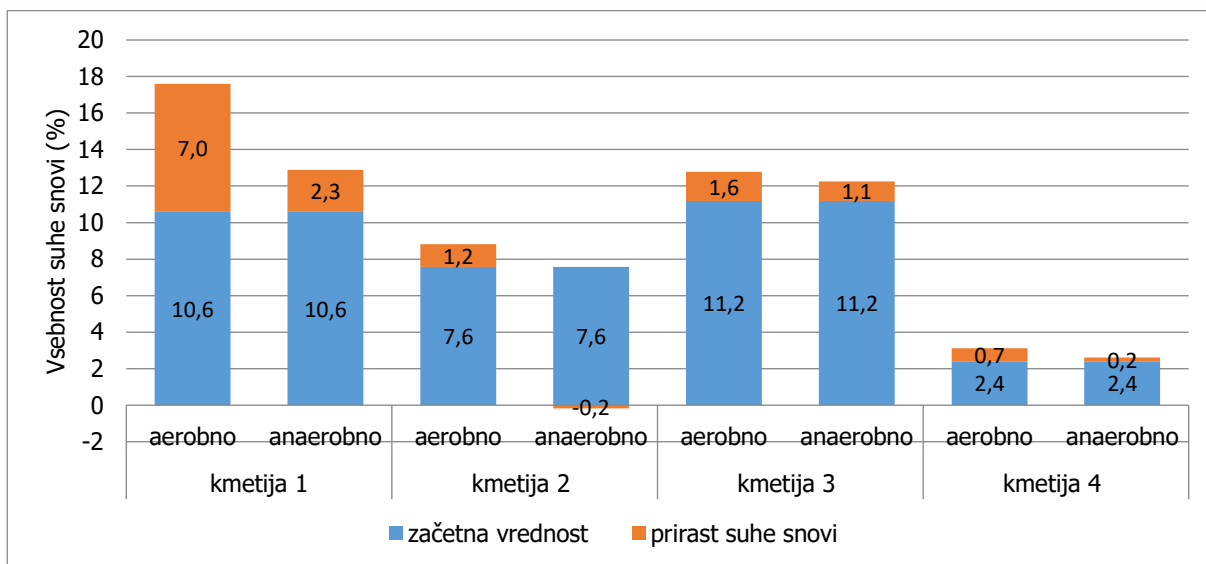
2.2.1 Suha snov in hlapne trdne snovi v vzorcih

2.2.1.1 Suha snov

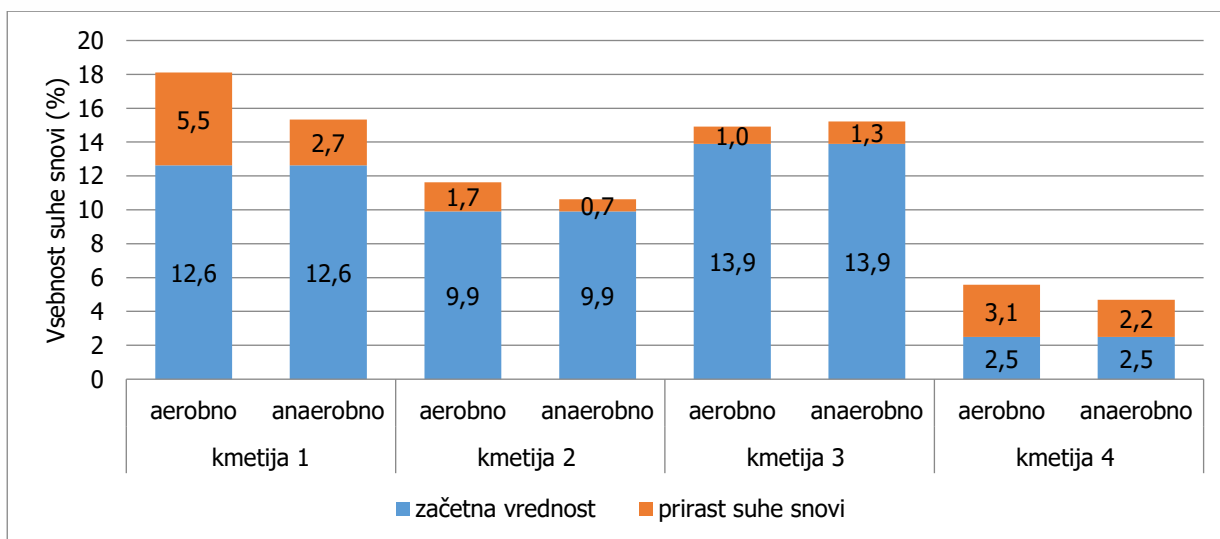
Vsebnost suhe snovi smo merili v vseh vzorcih ob začetku poskusa in po 14 dneh. Rezultat je podan kot vsebnost suhe snovi v zračno suhem vzorcu (40 °C). Slika 7 prikazuje prirast suhe snovi v gnojevki brez dodanega biooglja, slika 8 prirast suhe snovi v gnojevki v katero smo dodali 4 kg biooglja / m³, slika 9 prikazuje prirast suhe snovi v gnojevki v katero smo dodali 40 kg biooglja / m³



Slika 7: Prirast suhe snovi v gnojevki brez dodanega biooglja pri posameznem načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter posamezni kmetiji v 14 dnevem obdobju.



Slika 8: Prirast suhe snovi v gnojevki z dodanimi 4 kg biooglja / m³ gnojevke pri posameznem načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter pri posamezni kmetiji v 14 dnevnom obdobju.

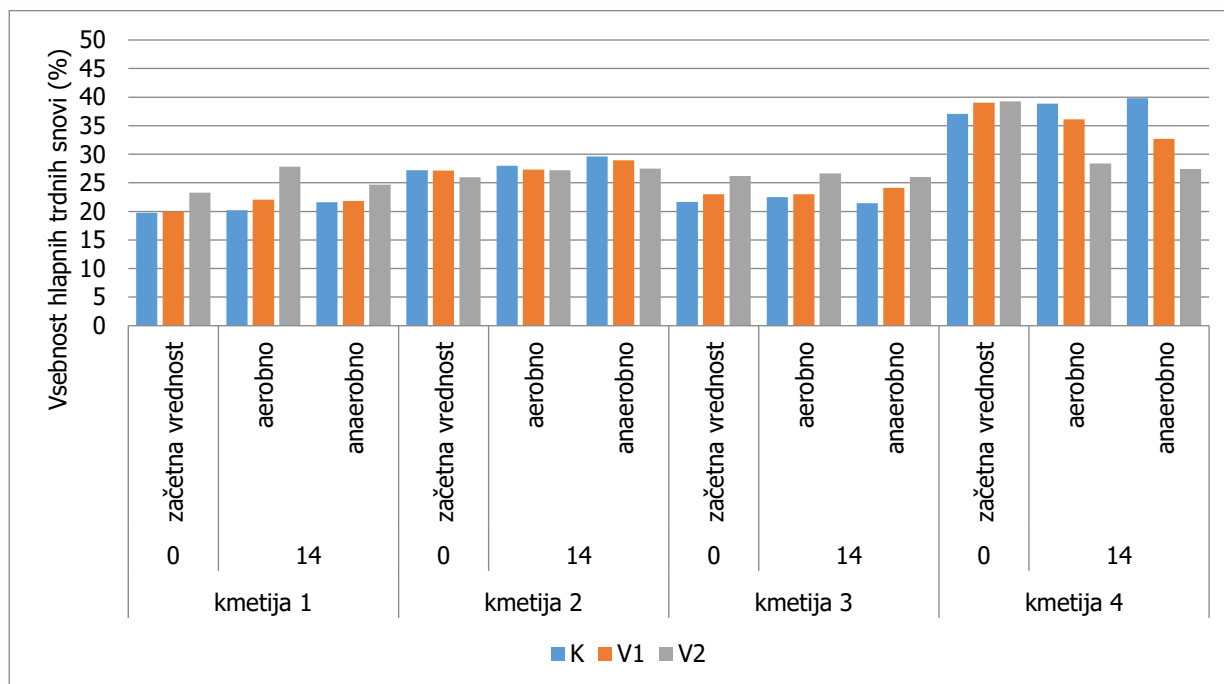


Slika 9: Prirast suhe snovi v gnojevki z dodanimi 40 kg biooglja / m³ gnojevke pri posameznem načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter posamezni kmetiji v 14 dnevnom obdobju.

Povprečne goveje gnojevke v Sloveniji imajo okoli 8,4 % suhe snovi, medtem ko imajo prašičje gnojevke okoli 4,8 % suhe snovi (Mihelič in sod., 2010). V poskusu so bile vrednosti nadpovprečne pri kmetiji 1 in 3, podpovprečne pa pri goveji gnojevki na kmetiji 2 in prašičji gnojevki s kmetije 4. Manjša vsebnost suhe snovi je sicer manj problematična kot prevelika vsebnost, saj so vrednosti okoli 18,6 % že povprečna sušina v hlevskem goju (Mihelič in sod., 2010). Gnojevke nad 10 % suhe snovi lahko že predstavljajo težavo pri črpanju iz gnojišča v cisterno.

2.2.1.2 Hlapne trdne snovi

Volatilna snov oz. hlapne trdne snovi v vzorcih prikazuje slika 10. Grafično je prikazana razlika med vrednostmi (povprečje treh ponovitev) v štirinajstdnevnom obdobju glede na začetno vrednost za posamezno kmetijo.



Slika 10: Vsebnost hlapnih trdnih snovi pri posameznem obravnavanju (K = gnojevka brez dodatka biooglja, V1 = gnojevka z dodatkom 4 kg biooglja / m³ gnojevke, V2 = gnojevka z dodatkom 40 kg biooglja / m³ gnojevke) in načinu (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) ter kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).

Pri kmetijah 1 3 in 4 je pri začetni vrednosti opazen trend, da se je z dodatkom biooglja povečala vsebnost hlapnih trdnih snovi. Po štirinajstih dneh se je podoben trend nadaljeval pri kmetijama 1 in 3 medtem, ko je bil pri kmetijama 2 in 4 trend obrnjen in se je z dodatkom biooglja vsebnost hlapnih snovi zmanjševala. Večji padec je bil prisoten pri prašičji gnojevki, ki je bila bolj redka in na izgled bolj mastna, kar je predvidevamo posledica prehrane živali, lahko pa je tudi vzrok za večje zmanjšanje hlapnih trdnih snovi, vendar šele ob koncu poskusa, ko bi se lahko del teh maščob vezalo v biooglje. Nekoliko večja vendar statistično neznačilna vsebnost hlapnih trdnih snovi je sicer pri aerobnem načinu obdelave v primerjavi z anaerobnim načinom.

2.2.2 Skupni dušik in skupni ogljik

Na začetku in ob koncu poskusa po štirinajstih dneh smo pri vseh treh obravnavanjih analizirali vsebnost skupnega ogljika in skupnega dušika za posamezno kmetijo. Pri končnih vzorcih smo izračunali tudi razmerje ogljik : dušik. Rezultati analiz so zbrani v preglednici 4.

Preglednica 4: Vsebnost skupnega ogljika (C) in skupnega dušika (N) v obravnavanjih ob začetku in koncu poskusa pri posamezni kmetiji (K = obravnavanje gnojevka brez dodanega bioogljja, V1 = obravnavanje 4 kg bioogljja / m³ gnojevke, V2 = obravnavanje 40 kg bioogljja / m³ gnojevke, AER = aerobni način (mešanje) obdelave gnojevke, ANAER = anaerobni način (brez mešanja) obdelave gnojevke).

Kmetija	Obravnavanje	Vsebnost skupnega C na začetku (g/100 g)	Vsebnost skupnega C na koncu (g/100 g)	Vsebnost skupnega N na začetku (g/100 g)	Vsebnost skupnega N na koncu (g/100 g)	Razmerje C:N ob koncu poskusa
Kmetija 1	K AER	39,6	38	3	3	12,7
	K ANAER	39,6	38	3	3	12,7
	V1 AER	40,9	38,8	2,8	2,8	14,1
	V1 ANAER	40,9	39,7	2,8	2,8	14,3
	V2 AER	43,6	43,2	2,6	2,4	18,1
	V2 ANAER	43,6	42,8	2,6	2,6	16,2
Kmetija 2	K AER	36,1	33,6	2,3	2,4	14,2
	K ANAER	36,1	35,8	2,3	2,3	15,8
	V1 AER	36,9	35,8	2,2	2,2	16,5
	V1 ANAER	36,9	36,2	2,2	2,3	15,9
	V2 AER	45,2	41,8	2,1	2,1	20,3
	V2 ANAER	45,2	43,5	2,1	2,1	20,6
Kmetija 3	K AER	39,2	39	2	2	19,3
	K ANAER	39,2	39	2	2	19,6
	V1 AER	39,5	37,8	2	2	18,7
	V1 ANAER	39,5	38,9	2	2	19,4
	V2 AER	42,1	41,8	1,8	1,8	23,1
	V2 ANAER	42,1	41,9	1,8	1,7	24,2
Kmetija 4	K AER	35,6	35,1	4,4	4	8,8
	K ANAER	35,6	32,5	4,4	4,1	7,9
	V1 AER	40,8	34,6	3,4	4,2	8,2
	V1 ANAER	40,8	34	3,4	4,1	8,3
	V2 AER	48,9	48	1,7	3	16
	V2 ANAER	48,9	47,7	1,7	2,9	16,2

S povečevanjem dodatka bioogljja se je v obravnavanjih koncentrirala vsebnost skupnega ogljika in s tem povečala njegovo vrednost, ki je največja v obravnavanjih z dodatkom 40 kg bioogljja / m³ gnojevke. S povečevanjem bioogljja v obravnavanjih, se je posledično zmanjšala vsebnost skupnega dušika in bila največja v obravnavanjih kjer dodatka bioogljja ni bilo, s povečevanjem odmerka bioogljja pa se je vsebnost skupnega dušika zmanjšala. Večja vsebnost ogljika in manjša vsebnost dušika vplivata na povečano C/N razmerje, ki je bilo največje v obravnavanjih z dodatkom 40 kg bioogljja / m³ gnojevke. Optimalno razmerje za hitro sproščanje dušika je okoli 10 enot, medtem ko so za biološko vezavo in s tem kompostiranje optimalne vrednosti od 20 do 30 enot. Dodatek manjše količine bioogljja razmerje C:N nekoliko poveča, vendar je še vedno dovolj nizko, da se dušik relativno hitro sprosti iz gnojil.

2.2.3 Dinamika amonijskega (NH₄- N) dušika

Dinamika amonijskega dušika je bila na vseh kmetijah merjena v 4 obdobjih in sicer ob začetku poskusa, tretji dan, po sedmem dnevu in ob koncu poskusa. Dinamika je prikazana glede na različni način obdelave gnojevke, to je aerobno in anaerobno. Podatki so zbrani v prilogi 1 za kmetiji 1 in 4,

ter prilogi 3 za kmetiji 2 in 3. Večina vzorcev gnojevke je imela vsebnost nitrata pod mejo zaznave. Preglednica 5 prikazuje dinamiko amonijskega dušika v aerobnih (mešanje) in anaerobnih (brez mešanja) pogojih pri posameznih obravnavanjih in posameznih kmetijah.

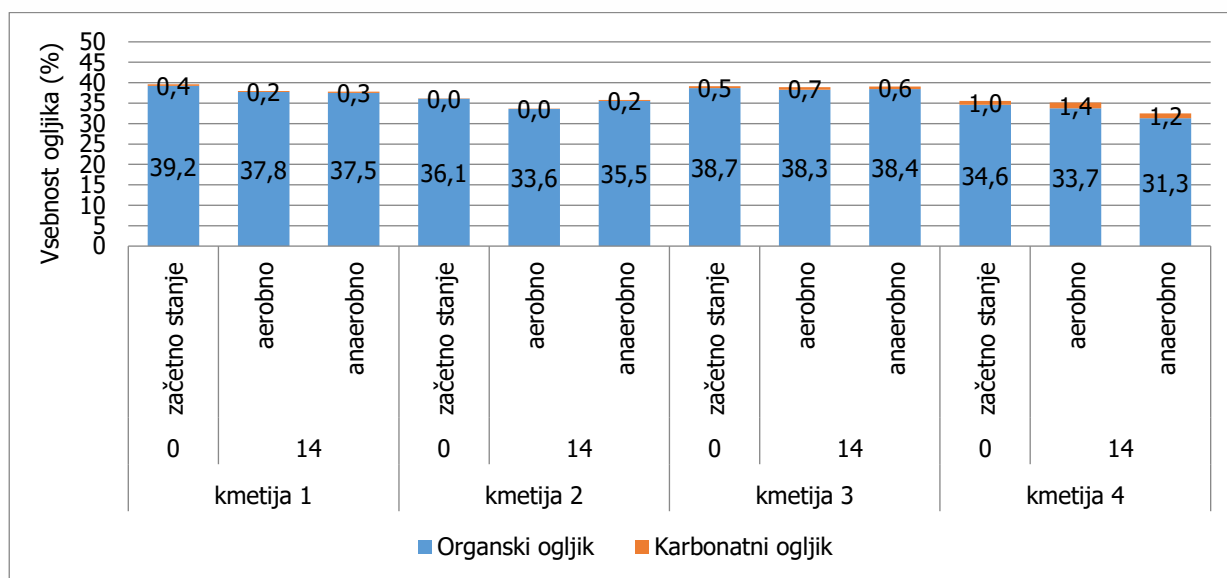
Preglednica 5: Dinamika amonijskega ($\text{NH}_4\text{-N}$) dušika v štirinajstdnevem časovnem obdobju pri posamezni kmetiji (K = obravnavanje gnojevka brez dodanega biooglja, V1 = obravnavanje 4 kg biooglja / m^3 gnojevke, V2 = obravnavanje 40 kg biooglja / m^3 gnojevke, AER = aerobni način (mešanje) obdelave gnojevke, ANAER = anaerobni način (brez mešanja) obdelave gnojevke).

Kmetija	Obravnavanje	Začetna vrednost (g/L gnojevke)	Tretji dan (g/L gnojevke)	Sedmi dan (g/L gnojevke)	Štirinajsti dan (g/L gnojevke)
Kmetija 1	K AER	0,6	0,5	0,6	0,4
	K ANAER	0,6	0,6	0,7	0,7
	V1 AER	0,7	0,5	0,5	0,5
	V1 ANAER	0,7	0,7	0,7	0,7
	V2 AER	0,7	0,6	0,4	0,3
	V2 ANAER	0,7	0,8	0,6	0,7
Kmetija 2	K AER	0,6	0,3	0,4	0,4
	K ANAER	0,6	0,5	0,4	0,9
	V1 AER	0,5	0,2	0,4	0,6
	V1 ANAER	0,5	0,6	0,5	0,7
	V2 AER	0,2	0,4	0,4	0,5
	V2 ANAER	0,2	0,4	0,4	0,6
Kmetija 3	K AER	0,1	0,4	0	0
	K ANAER	0,1	0,4	0,1	0,3
	V1 AER	0,2	0,1	0	0
	V1 ANAER	0,2	0,1	0,1	0
	V2 AER	0,1	0,1	0	0,2
	V2 ANAER	0,1	0,1	0	0
Kmetija 4	K AER	1,3	0,7	0,7	1,2
	K ANAER	1,3	0,7	0,7	1,2
	V1 AER	1,5	0,7	0,7	1,1
	V1 ANAER	1,5	0,7	0,3	1,4
	V2 AER	1,2	0,7	0,2	1
	V2 ANAER	1,2	0,3	0,7	1,3

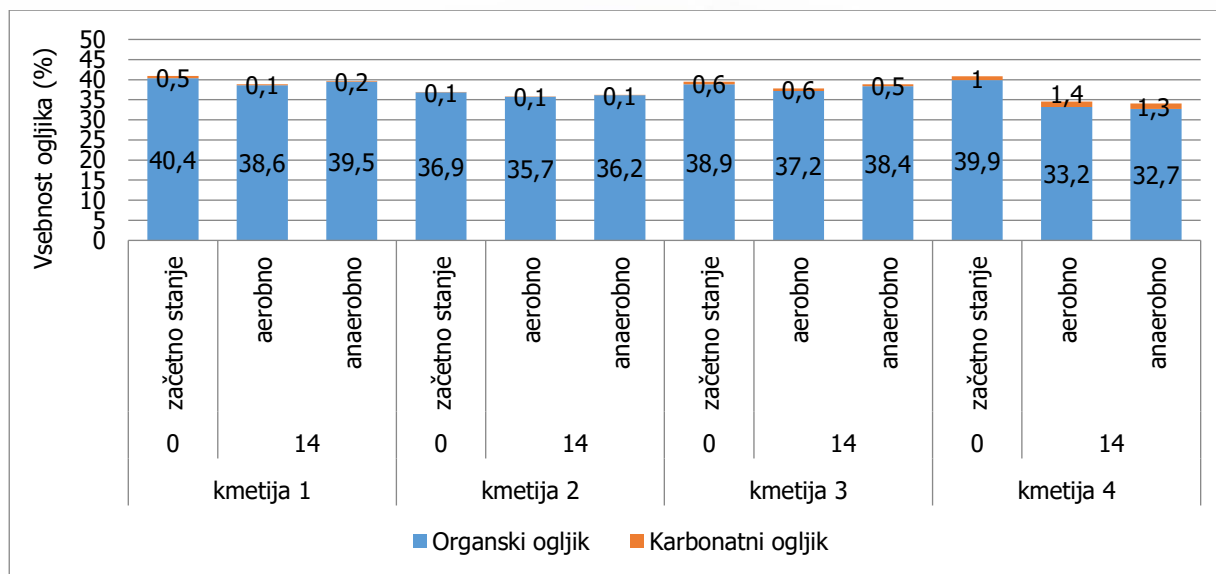
Medtem, ko so bile vrednosti nitrata dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) v gnojevki pod mejo zaznave, je bila dinamika amonijskega dušika ($\text{NH}_4\text{-N}$) izrazitejša. Razlike so bile prisotne v vsebnosti amonijskega dušika v prašičji gnojevki (kmetija 4) v primerjavi z ostalimi govejimi gnojevkami (kmetije 1, 2, 3). Vrednosti amonijskega dušika, so v govejih gnojevkah majhne. Večje izgube amonijskega dušika so pri aerobnem načinu (mešanje) obdelave gnojevke. Dodatek biooglja delno stabilizira dinamiko amonijaka in v določenih primerih vpliva na manjše izgube, zaradi mineralizacije pa se lahko vsebnost amonijaka v obravnavanjih z bioogljem poveča. Delno bi lahko biooglje v začetku vezalo del hranil oz. mikroorganizme.

2.2.4 Karbonatni in organski ogljik

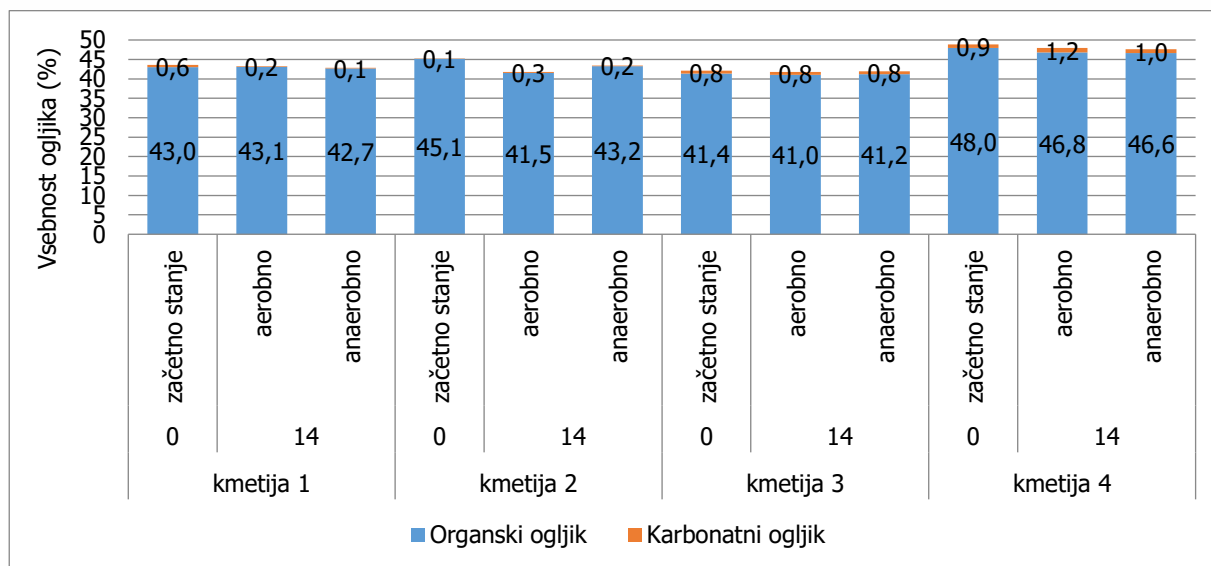
Karbonatni in organski ogljik, tvorita skupni ogljik, ki je bil prikazan v preglednici 5. Podatke o vsebnosti karbonatnega in organskega ogljika prikazujejo slike 11, 12 in 13.



Slika 11: Vsebnost organskega in karbonatnega ogljika v gnojevki brez dodanega bioogljja, pri posameznem načinu obdelave (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) in posamezni kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).



Slika 12: Vsebnost organskega in karbonatnega ogljika v gnojevki z dodatkom 4 kg bioogljja / m³ gnojevke, pri posameznem načinu obdelave (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) in posamezni kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).

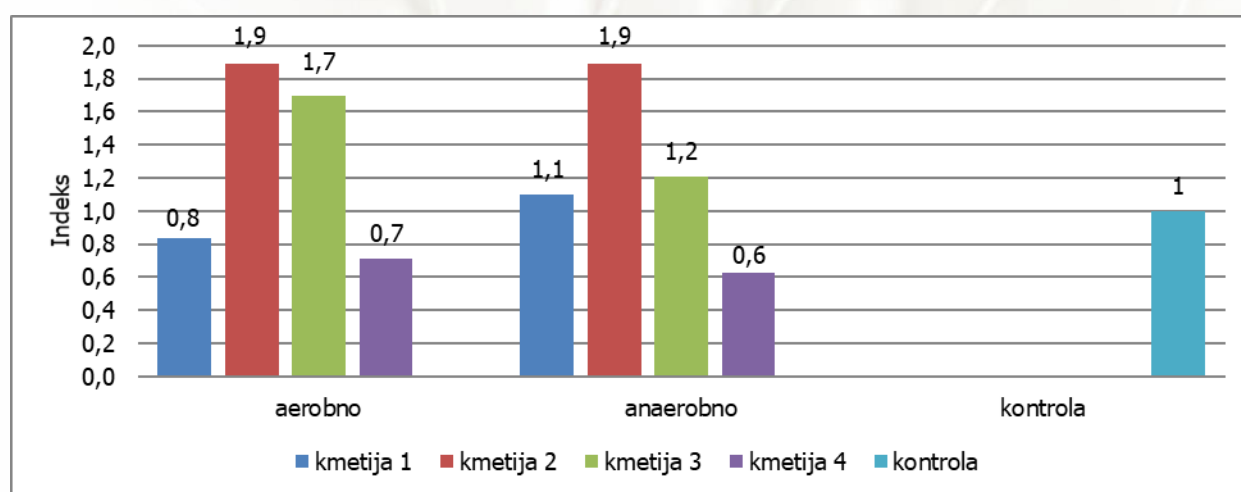


Slika 13: Vsebnost organskega in karbonatnega ogljika v gnojevki z dodatkom 40 kg bioogljja / m³ gnojevke, pri posameznem načinu obdelave (aerobno = mešanje, anaerobno = brez mešanja) in posamezni kmetiji v obdobju poskusa (0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).

Dodatek bioogljja vpliva na povečanje vsebnosti organskega ogljika, ki se najbolj poveča pri prašičji gnojevki (kmetija 4) na račun suhe snovi (poglavje: Suha snov in hlapne trdne snovi) in kot posledica vnosa dodatnega ogljika ter s tem razredčenja dušika. Povečanje organskega ogljika, ki je osnovni gradnik organske snovi v tleh vpliva na povečanje sposobnosti tal za vezavo vode in na strukturo tal. Dodatek bioogljja bistveno ne vpliva na vsebnost karbonatnega ogljika in je slednji bolj odvisen od same sestave gnojevke, kljub temu, da ima uporabljeno bioogljje 70% CaCO₃, kar v 1m³ gnojevke ob vnosu 40 kg bioogljja predstavlja od 0,03 – 0,05% kalcijevega karbonata, oziroma 1 mg C_{karb} / m³ gnojevke.

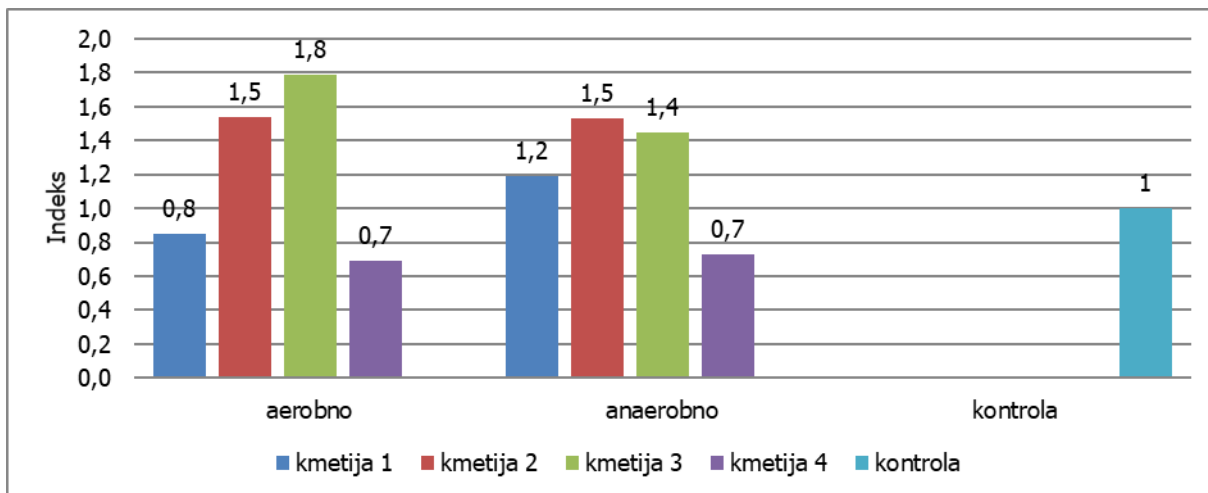
2.2.5 Kalilni test

Kalilni test smo izvedli v vseh obravnavanjih po koncu poskusa. Uporabili smo 100 - kratno razredčen vzorec. Kalilne poskuse smo opravili v treh ponovitvah, vsaka ponovitev je imela po 10 semen na ploščo. Po meritvi v programu Image J smo izračunali povprečja za posamezno obravnavanje in izračunali indekse v primerjavi s kontrolo (deionizirana voda). Rezultate prikazujejo slike 10, 11 in 12.



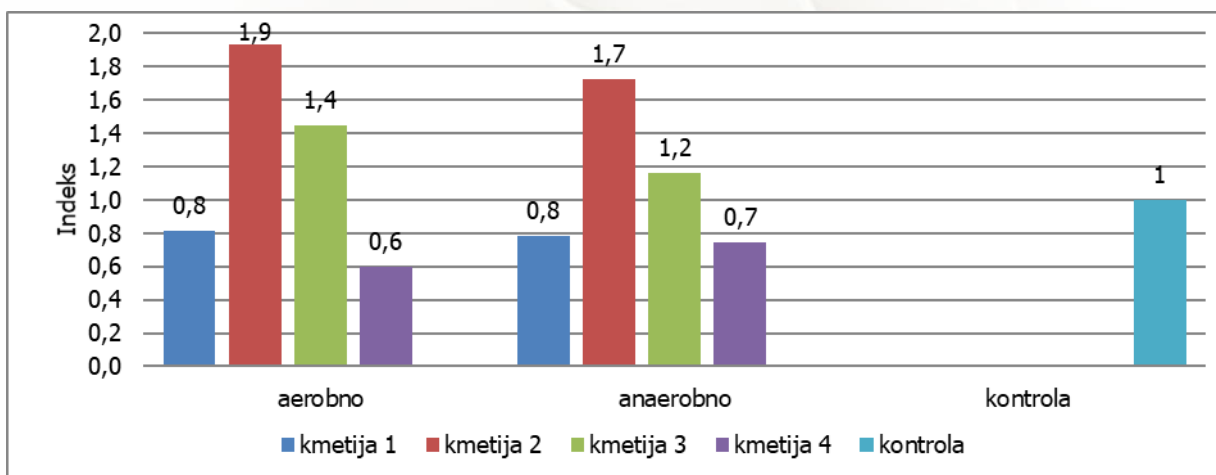
Slika 14: Indeks povprečne dolžine korenin pri posameznih gnojevkah iz različnih kmetij v primerjavi z deionizirano vodo, pri obravnavanju gnojevka brez dodanega bioogljja, pri aerobnem (mešanje) in anaerobnem (brez mešanja) načinu.

Rezultati kalilnih testov gnojevk brez dodanega biooglja prikazujejo raznolikost, kjer so goveje gnojevke (kmetije 1, 2 in 3) boljše za kalitev v primerjavi s prašičjo gnojevko (kmetija 4). Vzrok za to je lahko večja vsebnost skupnega dušika v prašičji gnojevki (preglednica 4) in s tem rahla fitotoksičnost. Gnojevki iz kmetije 2 in 3 imata lahko na podlagi meritev koristne učinke na začetno kalitev, saj je indeks kalitve nad indeksom vode. Obenem je pri kmetiji 1 boljši indeks pri anaerobnem načinu obdelave v primerjavi z aerobnim načinom.



Slika 15: Indeks povprečne dolžine korenin pri posameznih gnojevkah iz različnih kmetij v primerjavi z deionizirano vodo, pri obravnavanju gnojevka z dodatkom 4 kg biooglja / m³ gnojevke, pri aerobnem (mešanje) in anaerobnem (brez mešanja) načinu.

Ob dodatku 4 kg biooglja /m³ gnojevke, se je indeks kaljivosti nekoliko izboljšal pri kmetiji 1 pri anaerobnem načinu. V primerjavi z obravnavanjem brez dodanega biooglja, se je indeks kaljivosti nekoliko zmanjšal pri aerobnem načinu (kmetija 2), medtem ko se je pri anaerobnem načinu povečal (kmetija 3).



Slika 16: Indeks povprečne dolžine korenin pri posameznih gnojevkah iz različnih kmetij v primerjavi z deionizirano vodo, pri obravnavanju gnojevka z dodatkom 40 kg biooglja / m³ gnojevke, pri aerobnem (mešanje) in anaerobnem (brez mešanja) načinu.

Dodatek 40 kg biooglja / m³ gnojevke je v anaerobnem načinu obdelave slabše vplivalo na kalitev kot v aerobnem načinu. Pozitiven indeks je prisoten pri kmetijama 2 in 3, medtem ko je indeks pri kmetijama 1 in 4 pod 1 in se ne razlikuje glede na način obdelave. Dodatek večje količine biooglja v primerjavi s priporočenim odmerkom ni bistveno bolj vplival na kalitev rastlin.

2.2.6 Elementarna sestava

Rezultati analize posameznih 36 elementov v gnojevkah so prikazani v preglednici 6. Vsebnost makroelementov je izražena v utežnih %. Podatki o mikroelementih, kjer so prisotne tudi težke kovine so v prilogi 2 za kmetiji 1 in 4 ter prilogi 4 za kmetiji 2 in 3. Vsebnost mikroelementov je izražena v mg / kg gnojevke.

Preglednica 6: Vsebnost makroelementov v pri posamezni kmetiji in obravnavanju (K = obravnavanje gnojevka brez dodanega biooglja, V1 = obravnavanje 4 kg biooglja / m³ gnojevke, V2 = obravnavanje 40 kg biooglja / m³ gnojevke, AER = aerobni način (mešanje) obdelave gnojevke, ANAER = anaerobni način (brez mešanja) obdelave gnojevke, 0 = začetno stanje, 14 = končno stanje).

Kmetija	Obravnavanje	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	S (%)	Fe (%)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Kmetija 1	K 0	0,8	3,5	2,0	0,8	0,1	0,7	0,3	29,7	105,9	216
	V1 0	0,8	3,2	2,0	0,8	0,1	0,6	0,2	28,5	106,2	208
	V2 0	0,8	2,9	2,6	0,7	0,1	0,6	0,2	25,5	90,8	196
	K AER 14	0,9	3,4	2,3	0,8	0,1	0,7	0,2	33,0	117,8	229
	K ANAER 14	1,0	3,5	2,6	0,9	0,1	0,7	0,3	35,4	126	268
	V1 AER 14	0,9	3,5	2,3	0,7	0,1	0,7	0,2	32,7	112,8	230
	V1 ANAER 14	0,9	3,3	2,2	0,8	0,1	0,6	0,2	30,9	110,2	239
	V2 AER 14	0,8	3,0	2,8	0,7	0,1	0,5	0,3	26,0	90,0	246
	V2 ANAER 14	0,8	3,0	2,9	0,7	0,1	0,5	0,2	25,8	93,2	203
Kmetija 2	K 0	0,7	3,5	2,9	1,0	1,7	0,5	0,3	561,1	557,3	439
	V1 0	0,7	3,5	3,1	1,1	1,8	0,5	0,3	562,7	560,6	447
	V2 0	0,6	2,8	2,4	0,8	1,3	0,4	0,2	417,6	429,6	346
	K AER14	0,8	3,6	2,9	1,1	1,9	0,6	0,3	586,7	595	458
	K ANAER 14	0,8	3,7	3,1	1,1	2,0	0,6	0,3	607,0	590	458
	V1 AER 14	0,9	3,6	3,2	1,2	1,9	0,6	0,3	593,7	570,7	486
	V1 ANAER 14	0,8	3,7	2,9	1,0	1,9	0,6	0,3	579,8	601,2	452
	V2 AER 14	0,8	2,9	3,0	0,9	1,3	0,5	0,3	436,6	472,9	372
	V2 ANAER 14	0,7	2,9	2,5	0,8	1,3	0,4	0,2	444,8	470,5	346
Kmetija 3	K 0	0,4	3,4	1,9	0,6	0,0	0,3	0,4	15,7	69,1	298
	V1 0	0,3	3,4	2,0	0,6	0,0	0,3	0,4	15,4	72,4	280
	V2 0	0,4	2,8	2,6	0,5	0,0	0,3	0,3	14,5	159,2	248
	K AER 14	0,4	3,8	2,0	0,7	0,0	0,3	0,4	15,4	72,7	294
	K ANAER 14	0,3	3,4	1,9	0,6	0,0	0,3	0,4	15,6	74,7	288
	V1 AER 14	0,3	3,4	2,0	0,6	0,0	0,3	0,4	15,7	72,6	283
	V1 ANAER 14	0,3	3,0	1,8	0,5	0,0	0,3	0,3	14,6	68,7	261
	V2 AER 14	0,4	2,8	2,6	0,5	0,0	0,3	0,3	14,2	61,1	249
	V2 ANAER 14	0,4	2,4	2,6	0,5	0,0	0,3	0,3	14,0	60,6	257
Kmetija 4	K 0	1,3	8,9	2,8	1,5	2,4	1,2	0,2	67,2	211,8	396
	V1 0	1,3	7,8	2,5	1,5	2,2	1,0	0,2	63,7	201,5	402
	V2 0	1,0	6,2	1,9	1,0	1,3	0,7	0,1	45,9	150,2	282
	K AER 14	0,8	8,4	2,9	1,1	2,4	1,1	0,2	76,5	239,3	312
	K ANAER 14	0,9	6,1	2,00	1,0	1,3	0,6	0,1	48,8	167,2	276
	V1 AER 14	0,9	5,7	1,8	1,0	1,3	0,6	0,1	44,4	173,4	257
	V1 ANAER 14	1,2	7,8	2,7	1,4	2,1	1,0	0,2	70,5	220,1	383
	V2 AER 14	0,8	5,1	1,9	0,9	1,1	0,6	0,1	43,5	146,0	253
	V2 ANAER 14	0,8	4,4	1,8	0,9	1,1	0,6	0,1	42,9	145,3	274

Vsebnost fosforja (P) in kalija (K) je značilno večja v prašičji gnojevki v primerjavi z govejimi. Med posameznimi govejimi gnojevkami ni značilnih razlik v vsebnosti fosforja in kalija. Vsebnost fosforja

in kalija se med poskusom ni bistveno spremenila v primerjavi z začetnim stanjem, med samimi obravnavanji ni bilo značilnih razlik. Vsebnost kalcija se je rahlo in neznačilno povečala ob koncu poskusa tako v aerobnem kot anaerobnem načinu obdelave gnojevke. Med obravnavanji se je v gnojevki z dodanimi 40 kg biooglja / m³ gnojevke se je pri kmetijama 1 in 3 vsebnost magnezija (Mg) zmanjšala, medtem ko se je vsebnost kalcija (Ca) povečala. Delno se lahko kaže vpliv antagonizma teh dveh elementov. V obeh kmetijah je v primerjavi s kmetijama 2 in 4 prisotnega manj oz praktično nič natrija (Na). Vsebnosti žvepla (S) in železa (Fe) se v obdobju poskusa pri vseh kmetijah nista značilno spremenili. Največ bakra (Cu), cinka (Zn) in mangana (Mn) je bilo prisotnega v gnojevki s kmetije 2. Dodatek 40 kg biooglja / m³ gnojevke, je koncentracijo bakra zmanjšal pri vseh 4 kmetijah v primerjavi z ostalima dvema obravnavanjema. Koncentracija bakra se je sicer najbolj zmanjšala prvi dan poskusa in se je ob koncu povečala. Podoben trend je opazen tudi pri cinku in manganu.

2.3 POVZETEK

Rezultati analiz so pokazali, da dodatek biooglja povečuje vsebnost suhe snovi v gnojevki, kar lahko negativno vpliva na tehnologijo, če se odstotek sušine dvigne na več kot 12 % in je s tem oteženo črpanje v cisterno. Vsebnost hlapnih trdnih snovi se z dodatkom biooglja lahko poveča, ali zmanjša, predvsem je bilo zmanjšanje opazno pri dodatku biooglja prašičji gnojevki, ter v gnojevkah, kjer je bila že v začetnih vzorcih večja vsebnost hlapnih snovi. Dodatek biooglja prav tako poveča vsebnost skupnega dušika, predvsem v prašičji gnojevki. V anaerobnem načinu, kjer se gnojevka ne meša je vsebnost amonijskega dušika v večini primerov večja, kot pri aerobni obdelavi gnojevke. S tega sledi, da se ob mešanju gnojevke zagotovi homogenost, obenem pa se izgublja amonijski dušik, predvsem v odprtih gnojiščih. Dodatek še večje količine bistveno ne vpliva na povečano vezavo amonijskega dušika, lahko pa delno zavre mikrobiološke procese v gnojevki. Vsebnost organskega ogljika se je ob dodajanju biooglja povečala, medtem ko na povečanje karbonatnega ogljika bioogljje ni imelo značilnega vpliva. V kalilnih testih je bioogljje delno izboljšalo kaljivost semen predvsem v gnojevkah, kjer je bil kalilni indeks že v začetku majhen (kmetiji 1 in 4). Dodajanje biooglja v gnojevko v manjših količinah je bilo v testiranju kaljivosti pozitivno pri obeh načinih obdelave gnojevke, tako aerobnega kot anaerobnega. V obravnavnih z dodatkom večje količine biooglja, se je v primerjavi z gnojevko brez dodanega biooglja in manjšim odmerkom, zmanjšala vsebnost nekaterih težkih kovin.

03 SPREMLJANJE VREDNOSTI NEPRIJETNEGA VONJA GNOJEVK V PILOTNEM POSKUSU

Med skladiščenjem gnojevke prihaja do plinastih emisij, vključno s toplogrednimi plini, kot so metan, ogljikov dioksid in didušikov oksid (Leytem idr., 2011). Močni vonji pri živinskih gnojevkah so pogosto povezani s hlapnimi spojinami, vključno z amonijakom (NH_3), sulfidi in hlapnimi organskimi spojinami, kot so maščobne kisline, fenoli in indoli (Hobbs in sod., 2000). Emisije NH_3 so še posebej pomemben vir vonja v goveji gnojevki (Vaddella in sod., 2011).

Spojine amonijaka in sulfida iz živinske gnojevke lahko prispevajo k onesnaženju zraka ter imajo druge škodljive vplive na ekosisteme. Gnojenje z gnojevko je težko uskladiti z vremenskim dogajanjem, kondicijo tal (vodno-zračni režim tal), primernostjo posevka za gnojenje oz. njegovih potreb po hranilih, kar lahko povzroči nenamerno odtekanje in izpiranje hranil, kadar uporaba gnojevke presega potrebe poljščin (Carpenter in sod., 1998).

V evropskem standardu SIST EN13725:2006 je 1 enota vonja (1 Ou) definirana s točno določeno koncentracijo referenčnega plina n-butanol, ki je certificiran referenčni material. Evropska referenčna masa vonja (EROM) je sprejeta referenčna vrednost, ki je enaka 123 μg plina n-butanol (CAS-Nr.71-36-3). Če v 1 m^3 nevtralnega plina pri standardnih pogojih izhlapi 1 EROM (123 μg plina n-butanol), je koncentracija plina n-butanol v tem kubičnem metru zraka enaka 0,040 mmol/mol oziroma 40 ppbv (delcev na milijardo izraženo prostorninsko). Ena enota vonja v kubičnem metru zraka (1 Ou/ m^3) je enaka koncentraciji 40 ppbv n-butanola v 1 kubičnem metru zraka. V standardu SIST EN 13725:2006 je definiran tudi prag zaznavanja vonja Z_{50} , pri katerem zazna vonj 50 odstotkov populacije (Brancher in sod., 2017).

3.1 Metode dela

Na kmetiji 1 (govedorejska kmetija) in na kmetiji 4 (prašičerejska kmetija) smo odvzeli vzorce vonja in izvedli meritve koncentracij štirikrat: na dan priprave vzorcev za poskus (ničti dan), nato pa ponovili analizo vonja 1., 7. in 14. dan poskusa. Zajem in meritev vonja smo naredili še na kmetiji 2 in kmetiji 3, ki sta govedorejski kmetiji, le da smo na teh dveh kmetijah opravili zajem in meritve vonja le na 1. in 14. dan poskusa in samo na vzorcih V1 AER in V1 ANAER, to sta bila vzorca z dodano priporočeno vsebnostjo bioogljja ter pod aerobnimi in anaerobnimi pogoji. Sistem za zajem vzorcev vonja je prikazan na Sliki 17.



Slika 17: Sistem zajemanja plina z vonjem na pilotnem poskusu na kmetiji.

Meritve vonja so se izvajale v laboratoriju za dinamično olfaktometrijo skladno s standardom SIST EN 13725:2006. Meritve se izvajajo pri sobni temperaturi (293 K), normalnem atmosferskem pritisku (101,3 kPa) in vlažnosti zraka po ISO 10780. Metoda olfaktometrije temelji na občutljivosti človeškega nosu, zato mora ustrezen preizkuševalec zaznavati povprečno koncentracijo vonja, ki ga zaznava najširša populacija.

Koncentracija neprijetnih vonjav (O_u/m^3) je določena na način, da se koncentracija razredčenega vonjalnega vzorca v mešanici s čistim zrakom povečuje po stopnjah do meje praga zaznavanja preizkuševalcev, ko vonj pri določeni koncentraciji zazna 50 % preizkuševalcev in dobi vtis "vonjam nekaj", s čimer se določi njihov prag zaznavanja vonja. Panelisti pri dinamični olfaktometriji določajo vonj na dveh vonjalnih čašah olfaktometra. Na eni izhaja čist zrak, na drugi zrak z motečim vonjem. Na podlagi različnih redčitev vzorca in odgovorov preskuševalcev se izračuna koncentracija vonja (O_u/m^3) v vzorcu onesnaženega zraka.

3.2 Rezultati z diskusijo

Opazili smo, da je bila vrednost neprijetnega vonja (O_u) višja pri prašičji gnojevki, kot pri govejih gnojevkah, kar je bil pričakovan rezultat (Pregl. 3). Na splošno so bile koncentracije vonja v vzorcih, ki smo jih mešali, višje, kot pri vzorcih, kjer so bili vzpostavljeni anaerobni pogoji in jih nismo mešali. Aerobne vzorce smo pomešali 15 minut pred zajemom smradu, kar pomeni, da so hlapne komponente začele zelo aktivno izhajati iz gnojevke, kar se kaže pri rezultatih vonja. Anaerobnih vzorcev nismo mešali, kar pomeni, da so mnoge hlapne spojine ostale ujete v vzorcih. Pri bolj redkih gnojevkah je bioogljje plavalo na vrhu gnojevke in se oblikovalo v neprepusten pokrov. To je bilo še posebej zaznavno pri količini 40 kg dodanega biooglja na m^3 gnojevke (V2). Pri gostejših gnojevkah se je bioogljje popolnoma zmešalo z gnojevko. Vrednost smradu je padala z dnevi izvajanja poskusa. Na emisije neprijetnih vonjav je vplivala količina dodanega biooglja, kar se še najlepše pokaže pri anaerobnih vzorcih, kjer na vrednost koncentracije vonja nismo vplivali z dodatnim mešanjem. Vrednosti vonja na koncu poskusa so bile nižje, kot v začetku izvajanja poskusa (Pregl. 3). Izhlapavanje lahko hlapnih komponent, ki povzročajo neprijeten vonj, je bilo intenzivnejše v začetku izvajanja poskusa. Iz občutnih razlik v O_u na govedorejskih kmetijah lahko sklepamo, da na intenzivnost vonja verjetno vpliva razredčenost gnojevke, osnovna krma ter dodatki močnih krmil.

Vsaka gnojevka ima tudi svojo specifično združbo prisotnih mikroorganizmov, ki prav tako vplivajo na intenzivnost razgradnje in vonja gnojevke. Nobena od kmetij vključenih v poskus pa ne uporablja dodatkov za obdelavo oz. izboljšanje gnojevke. V letu 2019 so bile tudi narejene meritve vonjev iz drugih virov. Koncentracija vonja v odpadnem zraku iz ventilatorjev na objektu kokošje farne je znašala 181 Ou/m³, na objektu farne piščancev 406 Ou/m³, na objektu farne prašičev pa 512 Ou/m³ (Švegelj in sod., 2019). Prikazane vrednosti so nižje od koncentracij vonja gnojevk na začetku našega poskusa, se pa meritve v našem poskusu približajo vrednostim emisij vonjav iz živinskih farm na koncu poskusa (Pregl. 7).

Preglednica 7: Izmerjene koncentracije vonja (Ou/m³) na vzorcih gnojevk iz kmetij.

	oznaka vzorca/ dan	Koncentracije vonja (Ou/m ³)					
		K AER	V1 AER	V2 AER	K ANAER	V1 ANAER	V2 ANAER
kmetija 1 govedorejska kmetija	0	190,95	141,15	118,01	190,95	141,15	118,01
	1	63.816,10	5.686,02	601,72	39.102,41	4.742,83	604,13
	7	11.281,43	6.706,61	1.994,08	4.648,91	1.951,90	691,13
	14	1.322,75	656,11	743,83	241,41	237,58	119,08
kmetija 2 govedorejska kmetija	0						
	1		478,97			9.656,20	
	7						
	14		307,77			211,41	
kmetija 3 govedorejska kmetija	0						
	1		239,49			190,53	
	7						
	14		118,97			97,19	
kmetija 4 prašičerejska kmetija	0	41.105,74	2.568,92	1.815,55	41.105,74	2.568,92	1.815,55
	1	522.941,00	306.006,82	214,41	6.870,93	13.523,74	126,95
	7	31.656,90	7.913,41	290,22	11.281,43	944,68	249,26
	14	3.289,13	13.606,18	241,41	75.890,76	845,91	72,60

Bioogljje je izrazito zmanjšalo emisije vonjav v vseh terminih in obravnavanjih, najbolj izrazito 1. dan po dodatku biooglja v gnojevke, ko je bilo zmanjšanje 100-krat pri goveji-, do 1000-krat pri prašičji gnojevki (V2 AER proti K AER).

Aerobna obdelava je povečala tvorbo vonjav pri goveji gnojevki v celotnem opazovanem obdobju, zato bi svetovali kmetom, da gnojevke ne mešajo oz. zračijo.

Pri prašičji gnojevki je aeracija povečala emisije vonjav zgolj do 7. dne, 14. dan pa je aerobno obdelana prašičja gnojevka emitirala izrazito manj vonjav kot anaerobna brez dodatka biooglja.

Oba testirana odmerka biooglja sta izrazito zmanjšala vonjave iz gnojevk, še posebej V2. Ker bioogljje stane na trgu okrog 1,5 €/kg, je odmerek 40 kg/m³ gnojevke predrag in ga zaradi tega ne moremo priporočati, priporočeni odmerek (4 kg/m³) pa predstavlja ekonomsko sprejemljiv strošek. Zmanjšanje emisij vonjav v zrak izboljša kakovost zraka v neposredni okolici kmetij in v območjih, kjer kmetje gnojijo z gnojevko, zato je uporaba dodatka biooglja v gnojevko zelo pomembna za prebivalce v kmečkih okoljih in posredno za izboljšanje odnosov ter družbenega ugleda kmetov v ruralnem okolju.

3.3 Sklepi

Že relativno majhen dodatek, za kmetijsko uporabo certificiranega biooglja iz žitnih plev, v gnojevko (4 kg/m³) je izrazito zmanjšal tvorbo in izhajanje neprijetnih vonjav iz goveje in prašičje gnojevke. 10-krat večji odmerek biooglja je bil še bolj učinkovit, vendar je tak odmerek za kmetije predrag. Ker se je izkazalo, da mešanje in aeracija gnojevke, emisije vonjav izrazito poveča v prvih 14 dneh, priporočamo anaerobno skladiščene gnojevke.

Sklenemo lahko, da je dodajanje biooglja v priporočenem odmerku (4 kg/m³) priporočljiv trajnostnem ukrep za izboljšanje gnojevok v smislu zmanjšanja emisij neprijetnih vonjav. V nadaljevanju poskusov bomo ovrednotili pomen dodatka biooglja na zmanjšanje emisij dušika in na povečanje gnojilne vrednosti gnojevke.

04 RASTNI TEST

Namen ravnega testa je bil, da preverimo kako na rast razliĝnih kultur vpliva gnojevka z dodatkom bioogljja. Kot kontrolo smo uporabi komercialno mineralno gnojilo.

4.1 Metode dela

- Za rasne teste smo uporabili gnojevko s priporoĝnim odmerkom bioogljja in kmetije 1 (AER in ANAER – 4 kg/m³).
- Pri rastnem poskusu smo uporabili naslednje kulture:
RUKOLA: najprej sejana v multi ploŝe, naknadno je bila presajena v testne lonĝke
KORUZA: sejali smo dve zrnji, po vzniku smo ena odstranili
SOLATA: solata je bila najprej sejana v multi ploŝe, sadike solate z razvitimi tremi do ŝtirimi listi in razvitim koreninskim sistemom so bile presajene v testne lonĝke
- Odmerek gnojila smo doziral na skupno vsebnost duŝika v meŝanici gnojevke in bioogljja. Odmerek je bil 200 kg N/ha = 100 mg N/L.
- Kontrolne vzorce smo gnojili s kompleksnim mineralnim gnojilom, s katerim smo dodali dovolj hranil za uspeŝno rast. Duŝika smo dodali ca. 100 kg/ha = 50 mg/L.
- Lonĝne rastne teste smo izvajali v rastlinjaku na pomiĝnih mizah, ki jih imajo drugaĝe tudi vrtnarije. Rastne teste smo bodo izvajali v lonĝkih Φ 15.
- Osnovna prst pri rastni poskusih je bi bila srednje teŝka njivska zemlja, ki smo jo predhodno presejali (sito 1,5 cm), tako da je bila prst ĝim bolj homogenizirana.
- Rastne teste smo izvajali v 5 ponovitvah za vsak vzorec
- Za tri razliĝne kulture in tri razliĝne odmerke gnojila smo tako izvajali rastni test v 45. lonĝkih.
- Poskus je trajal od 16. 9. 2020 do 11. 11. 2020.
- Teŝo koruze in solate smo spremljali na koncu poskusa, medtem ko smo rukolo porezali 2x. In sicer prviĝ 7. 10. 2020 in drugiĝ ob koncu poskusa, torej 11. 11. 2020.
- Vsem rastlinam smo tekom poskusa merili vrednost klorofila v listih.

Preglednica 8: Oznake vzorcev v rastnem poskusu.

oznake	kontrola uporaba komercialnega gnojila (oznaka K),	odmerek gnojevke z bioogljjem V1 AER (oznaka N1)	odmerek gnojevke z bioogljjem V1 ANAER (oznaka N2)
1	K1	N1.1	N2.1
2	K2	N1.2	N2.2
3	K3	N1.3	N2.3
4	K4	N1.4	N2.4
5	K5	N1.5	N2.5

4.2 Rezultati

4.2.1 Rukola



Slika 18: Rukola ob prvem rezanju (7. 10. 2020). Prva kolona so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevka iz anaerobne obravnave, druga kolona so vzorci z uporabljeno gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom.



Slika 19: Rukola ob drugem rezanju (11. 11. 2020). Prva kolona so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom, druga kolona so vzorci z uporabljeno gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevke iz anaerobne obravnave.

Preglednica 9: Masa svežih listov rukole, vrednost klorofila v listih rukole ter suha snov v listih rukole po prvem in po drugem rezanju.

	Rukola K	Rukola N1	Rukola N2
Povprečna masa listov po prvem rezanju (g)	5,68	3,56	3,87
Povprečna vsebnost klorofila po prvem rezanju	495,75	373,50	397,67
Vsebnost suhe snovi v listih rukole po prvem rezanju (%)	11,6	12,42	12,16
Povprečna masa listov po drugem rezanju (g)	6,37	4,10	3,99
Povprečna vsebnost klorofila po drugem rezanju	521,50	414,50	414,33
Vsebnost suhe snovi v listih rukole po drugem rezanju (%)	14,85	12,36	13,79

4.2.2 Solata

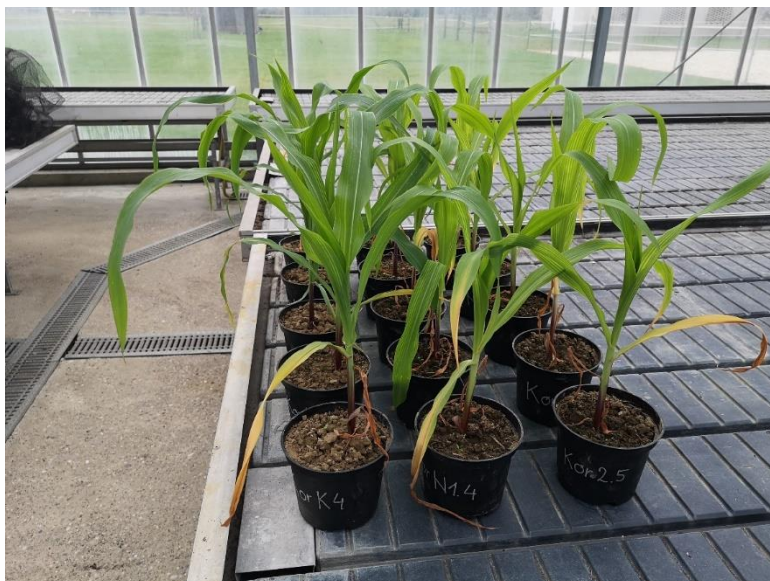


Slika 20: Solata na koncu poskusa (11. 11. 2020). Prva kolona so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom, druga kolona so vzorci z uporabljenno gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevke iz anaerobne obravnave.

Preglednica 10: Masa sveže porezane solate, vrednost klorofila v listih solate ter suha snov v listih solate na koncu poskusa.

	Solata K	Solata N1	Solata N2
Povprečna masa solate (g)	1029,60	571,60	617,40
Povprečna vsebnost klorofila	339,00	253,33	296,67
Vsebnost suhe snovi v listih solate (%)	7,44	9,55	8,54

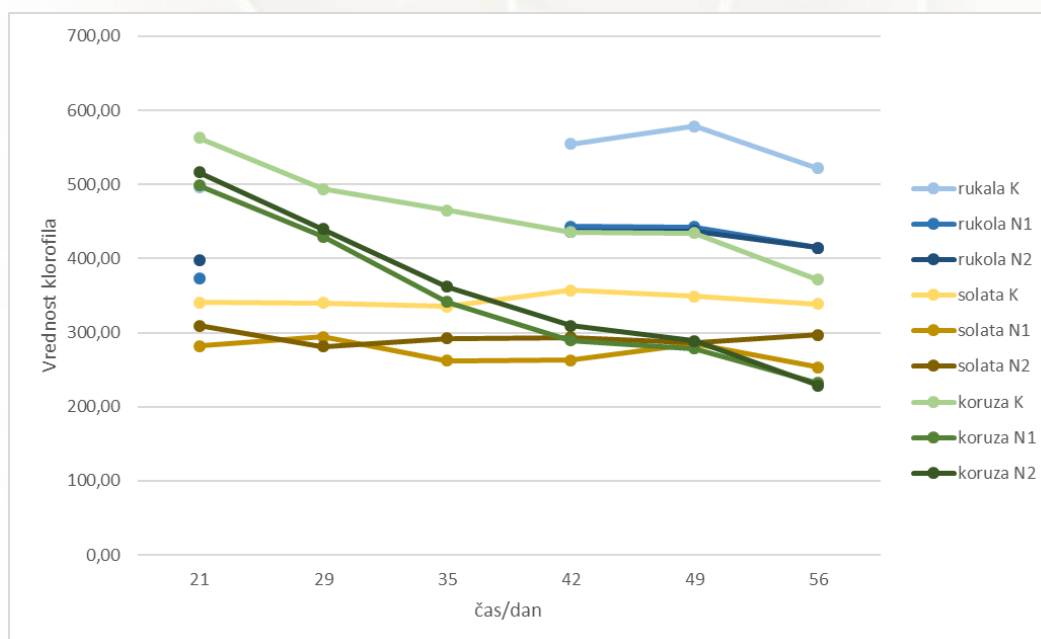
4.2.3 Koruza



Slika 21: Koruza na koncu poskusa (11. 11. 2020). Prva kolona so vzorci z uporabljenim komercialnim gnojilom, druga kolona so vzorci z uporabljeno gnojevko iz aerobne obravnave in v tretji koloni so vzorci, kjer je bil uporabljen vzorec gnojevke iz anaerobne obravnave.

Preglednica 11: Masa sveže porezane koruze, vrednost klorofila v listih koruze ter suha snov v listih koruze na koncu poskusa.

	Koruza K	Koruza N1	Koruza N2
Povprečna masa koruze (g)	267,80	179,40	190,00
Povprečna vsebnost klorofila	371,75	231,75	228,75
Vsebnost suhe snovi v listih in steblih koruze (%)	10,73	10,56	10,82



Slika 22: Spremljanje vrednosti klorofila v rastnem poskusu.

Iz slike 22 je razvidno, da je pri koruzi vrednost klorofila padala glede na časovni potek poskusa. Vrednosti klorofila so bile najvišje pri vzorcih, kjer smo kot gnojilo uporabili mineralno gnojilo v primerjavi z vzorcema, kjer je bila uporabljena gnojevka z dodatkom biooglja.

Tudi pri vzorcih solate so bile najvišje vrednosti klorofila pri vzorcu, kjer je bilo uporabljeno mineralno gnojilo v primerjavi z vzorci, kjer smo uporabili gnojevko z bioogljem. V primerjavi s koruzo pa so bile vrednosti klorofila pri solati konstantne tekom izvajanja ravnega testa.

Pri rukoli nekaj meritev klorofila manjka, saj smo morali počakati po prvem rezanju, da je rukola ponovno zrastle in je bila meritev klorofila možna. A smo tudi pri rukoli zaznali najvišje vrednosti pri vzorcih, kjer je bilo uporabljeno mineralno gnojilo.

Rezultati mase porezanih kultur (solate, rukole in koruze) so pokazali enak trend, kot je bil zaznan pri rezultatih meritev klorofila. Največja masa posameznih kultur je bila pri vzorcih, kjer smo uporabili komercialno mineralno gnojilo.

Na osnovi rezultatov celotnega ravnega testa lahko zaključimo, da je bila rast uporabljenih kultur najboljša pri vzorcih z uporabljenim kompleksnim mineralnim gnojilom v primerjavi z vzorci, kjer je bila uporabljena gnojevka z bioogljem.

Med vzorci, kjer je bila uporabljena gnojevka z bioogljem, je bila boljša rast uporabljenih rastlin pri vzorcih iz anaerobnega obdelovanja vzorcev gnojevke.

Predvidevamo, da smo v lonce dodali prevelik odmerek gnojevke. Tak odmerek je verjetno deloval rahlo fitotoksično, še posebej pri aerobno obdelani gnojevki. V ravnih testih ni primerjave z gnojevko brez dodanega biooglja, kar bi bilo tudi smiselno preverjati, da bi lahko ugotovili končni vpliv biooglja na rast posamezne kulture. Hkrati pa lahko tudi sklepamo, da je dodano biooglje povečalo C/N razmerje in tudi zato je lahko bila delno blokirana dostopnost dušika rastlinam.

05 ZAKLJUČEK

Gnojevke so si zelo različne, na njihovo gnojilno vrednost vplivajo mnogi dejavniki (osnovna krma, dodatek močnih krmil, način in namen reje). Tudi dodatek biooglja se je obnašal zelo različno pri različnih gnojevkah.

Ob začetku projekta smo si zastavili tri hipoteze:

- Dodatek priporočenega odmerka biooglja bo pozitivno vplival na vezavo amonijskega dušika iz gnojev, dodatek večje količine pa bo še izboljšal vezavo dušika v biooglja.
- Biooglje v gnojevki bo v kalilnih testih pozitivno vplivalo na rastline, v primerjavi s kontrolo (vodo) in gnojevko brez dodanega biooglja.
- Biooglje bo pozitivno vplivalo na zmanjšanje smradu v gnojevkah in se bo s povečanjem količine dodanega biooglja smrad zmanjšal v primerjavi z gnojevko brez dodanega biooglja.

Na koncu projekta lahko potrdimo le tretjo hipotezo, saj smo tekom poskusa in meritev neprijetnega vonja v gnojevkah ugotovili pozitiven vpliv dodajanja biooglja na znižanje neprijetnega vonja v gnojevkah.

Aerobna obdelava je povečala tvorbo vonjav pri goveji gnojevki v celotnem opazovanem obdobju, zato bi svetovali kmetom, da gnojevke ne mešajo oz. zračijo. Oba testirana odmerka biooglja sta izrazito zmanjšala vonjave iz gnojev, še posebej 40 kg/m^3 .

Sklenemo lahko, da je dodajanje biooglja v priporočenem odmerku (4 kg/m^3) priporočljiv trajnostni ukrep za izboljšanje gnojev, v smislu zmanjšanja emisij neprijetnih vonjav.

Drugi vidik uporabe biooglja na kmetijah je pa ekonomski vidik. Trenutna cena na trgu za biooglje je 289 EUR za 1 m^3 biooglja. V 1 m^3 biooglja pa je približno 180 kg biooglja. Za primer lahko navedemo govedorejsko kmetijo s 145 glavami živine, ki na letnem nivoju proizvede približno 145 m^3 gnojevke. Če bi v gnojevko dodajali priporočen odmerek biooglja, torej $4 \text{ kg biooglja/m}^3$ gnojevke, bi na letnem nivoju za kmetijo to predstavljalo skoraj 10.000 EUR dodatnih stroškov, kar pa zagotovo ni sprejemljivo.

Ob koncu projekta se zastavljajo tudi mnoga druga vprašanja, kot so: Kje v Slovenji se da kupiti certificirano biooglje? Ali obstajajo tehnologije, ki bi omogočale kmetom lastno pridelavo biooglja? Kar bi bilo posebej zanimivo za kmetije, ki se ukvarjajo tudi z gozdarstvom in imajo velike količine manj vrednega lesa, ki bi ga lahko uporabili v namen proizvodnje biooglja.

Tako lahko zaključimo, da nas na področju uporabe biooglja v Sloveniji čakajo še dolga pot, preden bo uporaba biooglja v kmetijstvu postala stalna in uveljavljena praksa.





ZRS **Bistra**
P T U J

ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO SREDIŠČE BISTRA PTUJ
SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE BISTRA PTUJ

SLOVENSKI TRG 6, SI - 2250 PTUJ - SLOVENIJA