

Raziskovalna naloga

AKTIVIRANO BIOOGLJE – ODLIČNO ZA RASTLINE, KAJ PA ZA DEŽEVNIKE?



Področje: Biologija

Avtorica: Alja Širovnik, 9.c

Mentorica: Petra Zafošnik, učiteljica biologije

Ptuj, april 2021

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici gospe Petri Zafošnik, učiteljici biologije, za pomoč pri načrtovanju raziskovalnega dela, izvedbi poskusov in svetovanje pri pisanju raziskovalne naloge.

Zahvaljujem se Biotehniški šoli Ptuj za možnost izvajanja rastnih lončnih poskusov v rastlinjaku in gospe Darji Hanželič za praktične nasvete.



Kazalo vsebine

1. UVOD	7
1.2 Namen raziskovalnega dela in hipoteze	7
2. TEORETSKI DEL	8
2.1 ZAČETEK RAZISKAV IN ODKRITJE »TERRA PRETA«	8
2.2 KAJ JE BIOOGLJE	8
2.3 PRIDOBIVANJE BIOOGLJA	9
2.4 AKTIVACIJA BIOOGLJA	10
2.5 UČINKI AKTIVIRANEGA BIOOGLJA	10
2.6 DEŽEVNIK <i>EISENIA FETIDA</i> KOT STANDARDNI TESTNI ORGANIZEM	11
2.6.1 Opis.....	11
2.6.2 Razširjenost in ekološka vloga	11
3. METODE IN MATERIALI	12
3.1 VEDENJSKI ODZIV DEŽEVNIKOV NA BIOOGLJE	12
3.3.1 Materiali	12
3.3.2 Priprava zemlje in določitev vlage	12
3.3.3 Aktivacija biooglja.....	14
3.3.4 Priprava poskusov z deževniki	14
3.2 RASTNI TESTI Z AKTIVIRANIM IN NE-AKTIVIRANIM BIOOGLJEM V LONČNIH POSKUSIH	17
3.2.1 Materiali	17
3.2.2 Priprava lončnih poskusov z različnimi sestavami izboljševalcev zemlje	17
3.2.3 Izvedba rastnih poskusov	18
3.2.4 Določanje vsebnosti klorofila	19
3.2.5 Določanje pH zemlje v lončnih poskusih	20
3.2.6 Obdelava podatkov	20
4. REZULTATI IN RAZPRAVA.....	21
4.1 VEDENJSKI ODZIV DEŽEVNIKOV VRSTE <i>EISENIA FETIDA</i> NA BIOOGLJE	21
4.2 RASTNI TESTI Z (NE)AKTIVIRANIM BIOOGLJEM.....	27
4.2.1 Rastni test solate	27
4.2.2 Rastni test vrtno kreše.....	29
4.2.3 Merjenje klorofila v testnih rastlinah	32
4.2.4 Merjenje pH zemlje testnih vzorcev	32
5. ZAKLJUČEK	33
6. VIRI IN LITERATURA	35
7. PRILOGE	37



SEZNAM SLIK

Slika 2.1: Struktura biooglja pod mikroskopom	9
Slika 2.2: Pridobivanje oglja s tradicionalnim oglarjenjem in novejšim postopkom pirolizo	9
Slika 2.3: Deževnik <i>Esenia Fetida</i>	11
Slika 3.1: Odvzem zemlje iz njive in presejana zemlja za poskuse	12
Slika 3.2: Postopek navlaženja zemlje kot kontrolnega vzorca in zemlje z dodanim bioogljem	13
Slika 3.3: Pripravljeni navlaženi vzorci zemlje in zemlje z bioogljem	13
Slika 3.4: Sušenje vzorcev zemlje za določitev vlage	13
Slika 3.5: Priprava posod za poskus z deževniki (1. levi in 2. desni prekat)	14
Slika 3.6: Izbor deževnikov in prilagajanje na kontrolno zemljo	15
Slika 3.7: Priprava izogibnega testa	15
Slika 3.8: Postavitev deževnikov v testne posode	16
Slika 3.9: a) Štetje deževnikov, b) Število deževnikov v posameznem prekatu	16
Slika 3.10: Priprava njivske zemlje in mešanice zemlje z dodanimi izboljševalci	18
Slika 3.11: Končna postavitev ravnega poskusa z zasaditvijo rastlin	18
Slika 3.12: Meritve rasti testnih rastlin (solata, vrtna kreša)	19
Slika 3.13: Tehtanje zelene biomase – nadzemni del rastlin	19
Slika 3.14: Merjenje klorofila	20
Slika 3.15: Priprava vzorcev za določitev pH	20
Slika 4.1a: Število deževnikov v kontrolni zemlji 1	21
Slika 4.1b: Število deževnikov v zemlji in z neaktiviranim bioogljem (5 ut. %)	22
Slika 4.1c: Število deževnikov v zemlji in z neaktiviranim bioogljem (10 ut. %)	22
Slika 4.2a: Število deževnikov v kontrolni zemlji 2	23
Slika 4.2b: Število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s kompostom	23
Slika 4.3a: Število deževnikov v kontrolni zemlji 3	24
Slika 4.3b: Število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s konjskim kompostom (10 ut. %)	25
Slika 4.4: Število deževnikov glede na tip in količino dodanega biooglja iz vseh petih ponovitev	26
Slika 4.5: Rast solate v različnih testni zemlji	27
Slika 4.6: Povprečni premer rozete solate	28
Slika 4.7: Nadzemni del solate s koreninskim sistemom v različni testni zemlji	28
Slika 4.8: Povprečna masa – nadzemni del solate	29
Slika 4.9: Rast vrtna kreše v različnih testni zemlji	29
Slika 4.10: Povprečna stopnja kalitve vrtna kreše	30
Slika 4.11: Povprečna višina vrtna kreše	30
Slika 4.12: Nadzemni del vrtna kreše s koreninskim sistemom v različni testni zemlji	31
Slika 4.13: Povprečna masa vrtna kreše	31



SEZNAM TABEL

Tabela 2.1: Deleži štirih glavnih komponent v bioogljju	8
Tabela 3.1: Testni vzorci zemlje z različnimi dodatki izboljševalcev za lončne poskuse	17
Tabela 4.1: Skupno število deževnikov vseh vzorcev v zemlji in z neaktiviranim bioogljem	22
Tabela 4.2: Skupno število deževnikov vseh vzorcev v zemlji in z aktiviranim bioogljem s kompostom	24
Tabela 4.3: Skupno število deževnikov vseh vzorcev v zemlji in z aktiviranim bioogljem s konjskim kompostom <i>ABO-10-konjski kompost</i> (lastno aktivirano)	25
Tabela 4.4: Premer rozete solate na posamezno ponovitev	28
Tabela 4.5: Masa solate - nadzemni del solate	29
Tabela 4.6: Število vzklih semen	30
Tabela 4.7: Višina vrtna kreše na posamezno ponovitev	30
Tabela 4.8: Masa vrtna kreše	31
Tabela 4.9: Solata in vrtna kreša – vrednosti SPAD	32
Tabela 4.10: pH zemlje testnih vzorcev po končanem ravnem poskusu	32



Povzetek

Pregled raziskav o učinkih biooglja je pokazal številne koristi kot so izboljšanje rodovitnosti zemlje, povečanje rasti pridelkov, hkrati predstavlja ogromno naravno skladišče ogljika v zemlji in prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Ker imajo deževniki mnoge lastnosti in funkcije, podobne biooglju, me je pritegnila raziskava, kako se deževniki kot najpomembnejši prebivalci zemlje odzovejo na prisotnost biooglja. Za raziskovalno nalogo sem izbrala rdeče, kalifornijske deževnike in tri tipe biooglja. Pri izogibnem testu deževnikov sem ugotovila, da lahko živijo v simbiozi z bioogljem, vendar v določenih pogojih. Ker so učinki biooglja odvisni od lastnosti in aktivacije biooglja, sem v drugem delu eksperimentov proučevala vpliv aktiviranega in neaktiviranega biooglja na rast solate in vrtna kreše. Za primerjavo sem tudi uporabila kompost prve kakovosti. Lončni poskusi so pokazali, da je bila zelena biomasa pri obeh rastlinah največja v primeru aktiviranega biooglja. Ob koncu poskusa sem tudi izmerila vsebnost klorofila v listih rastlin in prišla do ugotovitve, da (aktivirano) biooglje pozitivno vpliva na fotosintetsko učinkovitost rastlin.

Ključne besede: biooglje, izogibni test, deževniki, rastni test, solata, vrtna kreša, klorofil

Summary

A review of research on the effects of biochar has shown several benefits, such as improving soil fertility and increasing crop growth while providing massive natural carbon storage in the soil and reducing greenhouse gas emissions. Because earthworms have many biochar-like properties and functions, I was drawn to research how earthworms, as the most important inhabitants of the earth, respond to the presence of biochar. For the research task, I chose red, California earthworms, and three types of biochar. Using an avoidance test I found that earthworms can live in symbiosis with biochar but under certain conditions. Since the effects of biochar depend on the properties and activation of biochar, in the second part of the experiments, I studied the influence of activated and inactivated biochar on lettuce and garden cress growth. I also used first quality compost for comparison. Pot experiments showed that the green biomass in both plants was highest in the case of activated biochar. At the end of the experiment, I also measured the chlorophyll content in the leaves of plants and concluded that (activated) biochar has a positive effect on the photosynthetic efficiency of plants.

Key words: biochar, avoidance test, earthworms, growth test, salad, garden cress, chlorophyll



1. UVOD

V zadnjem obdobju se bioogljje uporablja kot dodatek k tlom, ki prispeva k izboljšavi strukture tal in dvigu rodovitnosti. Je v stabilni obliki ogljika, ki lahko v tleh zdrži več stoletij (znana Terra Preta – črna zemlja). Pravijo tudi, da je bioogljje »zlato, globoko skrito v tleh«. Ker je bioogljje iz ogljika in ko ga damo v zemljo, se tudi shrani kot ogljik (skladiščenje ogljika) in prispeva k zmanjšanju toplogrednega plina CO₂ v zraku (1).

O bioogljju sem zasledila več poljudnih oddaj na televiziji, dostopnih spletnih informacij je veliko. Bioogljje promovirajo in uporabljajo številni vrtničkarji, tudi sami si ga pridelujejo s pomočjo kuhalnika za pripravo biooglja iz suhe biomase. Za večjo uporabo v kmetijstvu so razvite visokotehnološke peči (t.i. pirolizatorji ali pirolizne peči), kjer si lahko kmetje sami pridelajo bioogljje iz lastne odpadne biomase in hkrati še pridobijo energijo za ogrevanje. V zadnjem obdobju tudi znanstveniki odkrivajo stare modrosti, povezane s Terra Preta in poleg mnogih pozitivnih lastnosti opozarjajo tudi na možne neželene učinke ob nepravilni ali nestrokovni rabi (2).

Ko sem se pripravljala na raziskovalno nalogo, sem zasledila velik raziskovalni interes za bioogljje pri mladih tako v osnovnih in srednjih šolah kot na fakultetah. Raziskovalne teme mladih raziskovalcev so raznolike od vpliva biooglja na kaljenje semen in razvoj mladih rastlin (3), proizvodnje in uporabe biooglja za izboljševanje lastnosti zemlje (4), še ena na področju proizvodnje in uporabe biooglja (5), uporabe biooglja v poljedelstvu (7), bioogljju kot pozabljenemu naravnemu bogastvu (6) in druge.

Pri pregledovanju njihovih rezultatov me je pritegnila primerjava med aktiviranim in neaktiviranim bioogljjem na ravni poskusov z deževniki. Deževniki so tihi, mali, neopazni prebivalci na vrtu. Pogosto ne vemo, kako pomembno je njihovo neutrudno delo za rodovitnost vrtnih gredic. Njihova naloga je v določenem obsegu ista funkciji biooglja. Če je v vrtni zemlji veliko deževnikov, je zemlja v naravnem stanju, vsebuje organske snovi in humus se obnavlja.

1.2 Namen raziskovalnega dela in hipoteze

Zanimalo me je ali deževniki lahko živijo v simbiozi z bioogljjem. Namen raziskovalne naloge je bil ugotoviti, ali ima prisotnost biooglja v zemlji (večji) vpliv na vedenje deževnikov. Namreč deževniki s kemoreceptorji zaznavajo majhne koncentracije onesnažil v tleh in se posledično izogibajo takšnim tlom. Ker so deževniki neprekinjeno izpostavljeni kontrolnim in testnim tlom, zaradi svoje funkcije zaznavanja lahko izbirajo za njih ugodnejša tla. O vplivu biooglja na rast rastlin je veliko znanega, vendar me je podrobneje zanimal vpliv aktiviranega biooglja na rast izbranih rastlin v primerjavi z neaktiviranim bioogljjem.

Pred začetkom raziskovalne dela sem zastavila dve hipotezi:

1. Prisotnost biooglja ne vpliva na izogibanje deževnikov.
2. Aktivirano bioogljje poveča rast rastlin v primerjavi z neaktiviranim bioogljjem.



2. TEORETSKI DEL

2.1 ZAČETEK RAZISKAV IN ODKRITJE »TERRA PRETA«

Amazonski Indijanci so *Terra Preta* ustvarili v obdobju med 4.000 let pred našim štetjem in 1.500 let našega štetja. Gre za črno zemljo, ki ima veliko vsebnost organskega ogljika in poveča rodovitnost tal. Za take lastnosti *Terra Prete* so zaslužne snovi, podobne bioogljju in so postale navdih za raziskovanje že v 19. stoletju še posebej, ko so ugotovili, da se z bioogljjem izboljša dostopnost hranil v tleh (8). Leta 1966 je raziskovalec W. Soembroek iz Nizozemske poročal, da se *Terra Preta* debeli sama od sebe zaradi živahnega delovanja bakterij in gliv, ki so varno shranjene v bioogljju (9). Zanimanje za raziskave o bioogljju se je nadaljevalo do sredine dvajsetega stoletja, nato se ustavilo zaradi razvoja mineralnih gnojil (8). Raziskave so se ponovno začele leta 1980, v zadnjih petnajstih letih pa so zbudile veliko pozornost številnih znanstvenikov predvsem z vidika razumevanja uporabe biooglja v velikem obsegu. Zadnje znanstvene ugotovitve so, da biooglje vpliva na izboljšavo tal, vzpodbuja rast rastlin, pomaga obnoviti degradirana tla, saj lahko iz tal vsrka številne onesnaževalce in težke kovine (svinec, baker, kadmij in cink) in hkrati omogoča skladiščenje ogljika v tleh za daljše časovno obdobje (100 let ali več), kar prispeva k blaženju podnebnih sprememb (10).

2.2 KAJ JE BIOOGLJE

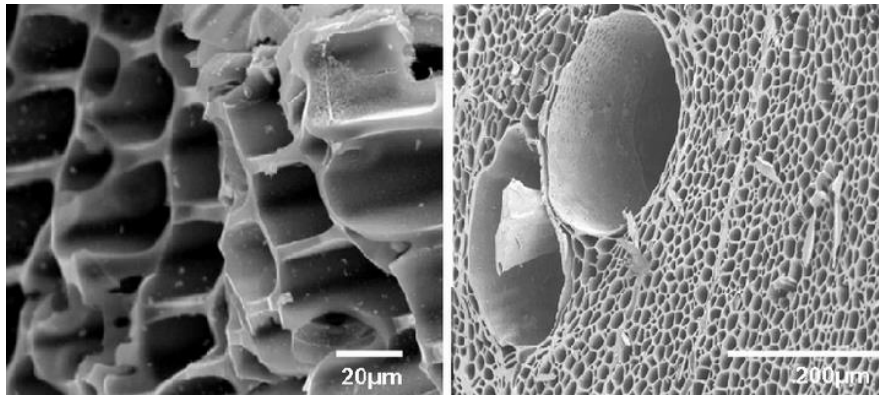
Biooglje je porozen in krhek material, ki vsebuje do 90 % ogljika (8) (tabela 2.1) in druge elemente kot so vodik, dušik, fosfor, kalij, kalcij, natrij in magnezij v manjših koncentracijah. Vsebnost elementov je odvisna predvsem od temperature postopka karbonizacije biomase in vrste uporabljene biomase za pridobivanje biooglja.

Tabela 2.1: Deleži štirih glavnih komponent v bioogljju (11)

<i>Komponenta</i>	<i>Delež (ut.)</i>
Vežan ogljik	50 - 90
Hlapne snovi (npr. katran)	0 - 40
Vlaga	1 - 15
Pepel (mineralna snov)	0,5 - 5

Za kakovost biooglja so pomembne kemijske in fizikalne lastnosti. Zaradi izredne poroznosti lahko biooglje zadrži veliko vode, hranil in zraka. V številnih mikroskopskih luknjicah, ki jih biooglje vsebuje, se naseli nešteto mikroorganizmov, ki povečujejo dolgotrajno rodovitnost zemlje (slika 2.1). Najpomembnejša odlika biooglja je, da povprečna površina zračnih odprtih v porozni strukturi enega grama biooglja obsega 300 - 400 kvadratnih metrov (8).





Slika 2.1: Struktura biooglja pod mikroskopom

(Vir: https://www.researchgate.net/publication/284041311_Characteristics_of_biochar_biological_properties/figures?lo=1)

Druga pozitivna lastnost biooglja je velika sposobnost zadrževanja vode, saj lahko zadrži petkratno količino lastne mase. Hkrati ima absorpcijsko sposobnost hranil, ki so pomembna za rast rastlin in preprečuje njihovo spiranje (8, 10).

Srednja pH vrednost biooglja je od 6,2 do 9,6, pogosto je bazičen, vendar je odvisen od uporabljene biomase in postopka priprave biooglja. Biooglje, izdelano iz gnoja in ostankov pridelkov ima večji pH, večjo vsebnost hranil in manj stabilen ogljik kot biooglje pridobljeno iz surovin kot je na primer les. Dodatek biooglja v tleh zvišuje pH in je primerno zlasti tam, kjer so tla preokisljena (11).

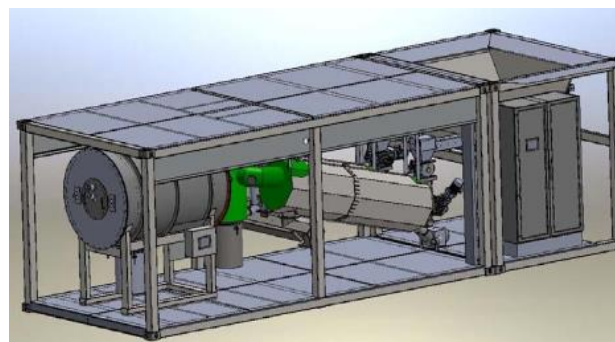
2.3 PRIDOBIVANJE BIOOGLJA

Včasih se je oglje pridobivalo s tradicionalnim oglarjenjem, danes se biooglje večinoma pridobiva s postopkom pirolize biomase pri temperaturi med 500 in 700 °C (slika 2.2). To je visokotehnološki postopek, kjer gorenje biomase poteka brez prisotnosti kisika. Pri tem nastajajo plini, ki se uporabijo za energetske namene (toplota, elektrika) in biooglje kot stranski produkt (2).



a) Oglarjenje

(Vir: Foto - TIC Dole pri Litiji)



b) Piroliza

(Vir: <https://www.google.com/search?q=pyrolysis+pyrek>)

Slika 2.2: Pridobivanje oglja s tradicionalnim oglarjenjem in novejšim postopkom pirolizo

Za pridelavo biooglja se uporablja različne vrste biomase kot so les, drevesno lubje, luščine zrnja, lupine oreškov, gnoj, ostanki pridelkov idr. Da se oglje lahko imenuje biooglje, mora biti narejeno iz neoporečnih naravnih materialov in v optimalnih procesnih pogojih pirolize (2).

Kljub mnogim pozitivnim lastnostim biooglja je potrebna pozornost na njegove negativne učinke zaradi nepravilnosti pri pridobivanju ali nestrokovni rabi. Za kakovost biooglja je pomembno, kako se postopek pirolize vodi (temperatura, časi), saj lahko vodi v nastajanje nevarnih oblik organskih onesnaževal (policiklični ogljikovodiki – PAH) (2).

2.4 AKTIVACIJA BIOOGLJA

Biooglje, ki ga dobimo s pirolizo, je revno s hranili. Vsebuje veliko ogljika, ne pa dovolj dušika, fosforja, kalija in drugih hranil. Kot tako ni primerno za direktno uporabo v tleh, ker deluje kot spužva, saj najprej veže vsa dostopna hranila v tleh in jih osiromaši. Zato se opaža zaostanek v rasti rastlin, ki lahko traja nekaj mesecev ali leto, saj postopoma sprošča hranila nazaj v tla. Zato je pomembno, da pore biooglja najprej napolnimo s hranili in koristnimi mikroorganizmi, preden ga uporabimo kot izboljševalec v tleh (1, 8). Pred vnosom v tla ga je potrebno ustrezno pripraviti in aktivirati. Nasičevanje biooglja z dodatkom kakovostnega komposta (npr. konjski kompost) predstavlja najboljši način aktivacije in mora trajati 14 - 21 dni.

Pomembno je tudi, koliko aktiviranega biooglja dodamo zemlji. Rastline imajo svoj evolutijski mehanizem zaznavanja količine oglja, saj je bila tekom dolge rastlinske zgodovine prisotnost oglja znak rastlinam za požar v naravi. Zato pretiravanje z dodajanjem biooglja lahko vodi v njihov zaostanek v rasti (1). Raziskave kažejo, da je priporočljivo uporabiti 10 – 15 % biooglja (9).

2.5 UČINKI AKTIVIRANEGA BIOOGLJA

V tleh se vzpostavi novo ravnovesje zaradi koristnih mikroorganizmov, ki so v porah biooglja. Bistveno se izboljša pH tal, zadrževanje vode in fizikalne lastnosti (kot je zbitost). Zmanjša se potreba po zalivanju in dognojevanju, ker se v porah biooglja skladiščijo hranila in voda. Tla zaživijo, v njih je več deževnikov, več gliv, več korenin. Rastline, ki rastejo na takšnih tleh, imajo na voljo vsa hranila, potrebna za rast. Korenine vzpostavijo simbiozo s koristnimi bakterijami in glivami, zato imajo na voljo bistveno večjo površino za črpanje hranil. Dobro preskrbljene rastline so zdrave in odporne (9).



2.6 DEŽEVNIK *EISENIA FETIDA* KOT STANDARDNI TESTNI ORGANIZEM

2.6.1 Opis

Rdeči kalifornijski deževniki (*Eisenia fetida*) so tako prosojni, da zlahka vidimo njihova prebavila, ki so temno obarvana zaradi prsti. Veliki so lahko od 5 do 10 centimetrov. So rdeče ali rdeče rjave barve s svetlimi programi med členi (slika 2.3). Imajo kratko življenjsko dobo, v povprečju 594 dni. Dihanje in izločanje odpadnih snovi poteka skozi zgornjo plast kože. Po naravi je dvospolnik. Razmnožujejo se hitro, saj na najmanj dva dni izležejo en kokon z okoli štirimi deževniki, ki postanejo spolno zreli v enem mesecu (12).



Eisenia fetida: znanstvena klasifikacija	
<i>Kraljestvo:</i>	Animalia (živali)
<i>Deblo:</i>	Annelida (kolobarniki)
<i>Razred:</i>	Clitellata (sedlaši)
<i>Red:</i>	Opisthopora
<i>Družina:</i>	Lumricidae (deževniki)
<i>Rod:</i>	Eisenia
<i>Vrsta:</i>	Esenia fetida

Slika 2.3: Deževnik *Esenia Fetida* (13)

(Vir: <http://www.tier3.de/field-studies/soil-organisms/>)

2.6.2 Razširjenost in ekološka vloga

Družina deževnikov *Lumbricidae* zelo številčno naseljuje zemeljska tla: na približno 0,4 ha lahko živi čez milijon osebkov. Kompostnega deževnika (*Eisenia fetida*) pogosto najdemo v zemlji bogati z organskimi snovmi, predvsem so zelo značilni za Evropo in Severno Ameriko. Vrsta živi v zgornji plasti zemlje in se hrani z delno razpadlim organskim materialom. So ekološko pomembni zaradi rahljanja zemlje. S prenašanjem organskih snovi v globino in mineralnih delcev na površino tal oblikujejo rove, ki služijo dostopu zraka in vode. Okoljski pogoji, ki imajo največji vpliv na populacije deževnikov so vlažnost, temperatura in pH. Predvsem pH se omenja kot omejujoč dejavnik pri razširjenosti deževnikov (13).

Največji pomen za tla imajo deževniki v procesih nastajanja humusa. Prst, ki so jo prebavili deževniki, je veliko več mikroorganizmov kot v drugih tleh.



Med ekologi obstaja mnenje, da so deževniki najboljši pokazatelji kakovosti zemlje in prisotnosti onesnažil. Razvite imajo kemo-receptorje na površini telesa, pretežno v ustnem epitelu in na glavini krpini (14).

3. METODE IN MATERIALI

Eksperimentalni del z bioogljem je obsegal dva sklopa:

1. V prvem sklopu sem določila vedenjski odziv deževnikov na (aktivirano) biooglje v laboratorijskem merilu,
2. Drugi del eksperimenta so bili lončni poskusi, kjer sem raziskala učinek aktiviranega in neaktiviranega bioglja na rast rastlin.

Zemlja, prst ali tla? V strokovni literaturi se uporablja izraz tla, medtem ko v šolskih učbenikih prst ali zemlja. Za svojo raziskovalno nalogo sem se odločila uporabljati izraz »zemlja«.

3.1 VEDENJSKI ODZIV DEŽEVNIKOV NA BIOOGLJE

3.3.1 Materiali

Za prvi sklop poskusa sem uporabila zemljo iz bližnje njive v okolici Ptuja, kjer pridelujejo kmetijske pridelke. Ker je raziskovalni del potekal v laboratoriju, sem pri poskusih uporabila naslednjo laboratorijsko opremo:

- sito (premera 0,5 cm),
- plastične posode (3 L),
- sušilna komora,
- mlinček,
- osnovni laboratorijski inventar (petrijevke, merilne valj, čaše, folija),
- tehtnica (natančnost 0,001 g)
- destilirana voda,
- njivska zemlja,
- biogljje po pirolizi (proizvajalec, Avstrija),
- aktivirano biooglje (proizvajalec, Slovenija),
- organski konjski kompost (proizvajalec, Slovenija),
- rdeči kalifornijski deževniki (dobavitelj, Slovenija).

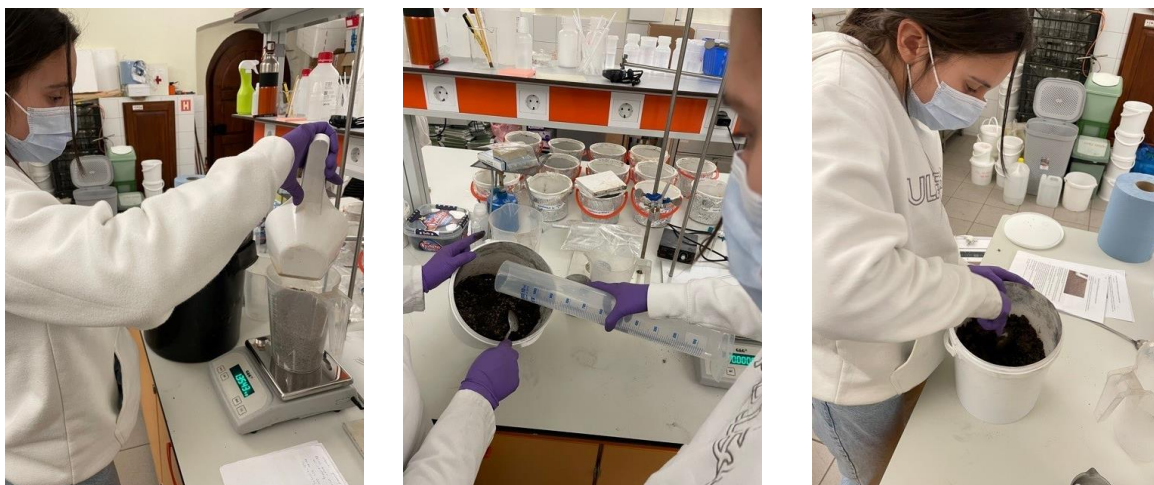
3.3.2 Priprava zemlje in določitev vlage

Zemljo sem nakopala 5 - 10 cm pod površjem tal, jo presejala na velikost delcev do 0,5 cm (slika 3.1) in ročno izločila kamenčke in večje delce korenin.



Slika 3.1: Odvzem zemlje iz njive in presejana zemlja za poskuse

Pred vsako serijo poskusov sem zemljo ustrezno navlažila z vodo, da sem dosegla 60 % maksimalno sposobnost zadrževanja vode v zemlji (slika 3.2 in slika 3.3). Sposobnosti zadrževanja vode v zemlji nam pove, kolikšna je največja masa vode, ki jo lahko zadrži masa zemlje (14).



Slika 3.2: Postopek navlaženja zemlje kot kontrolnega vzorca in zemlje z dodanim bioogljem



Slika 3.3: Pripravljene navlaženi vzorci zemlje in zemlje z bioogljem

Vlago v zemlji sem določila tako, da sem v petrijevke zatehtala določeno maso izbranega vzorca zemlje in sušila (105 °C) toliko časa, da se njena masa ni več spreminjala (slika 3.4). Masa vode je enaka spremembi masi zemlje med sušenjem.



Slika 3.4: Sušenje vzorcev zemlje za določitev vlage

3.3.3 Aktivacija biooglja

Za poskus z deževniki sem poleg aktiviranega biooglja s kompostom (proizvajalec iz Slovenije) tudi sama aktivirala biooglje z organskim konjskim kompostom, saj predstavlja bogat vir hranil in mikroorganizmov. Aktivirala sem ga v volumenskem razmerju 1:1, dobro premešala in ga navlažila z vodo. Celotno maso mešanice biooglja in konjskega komposta sem pustila stati 3 tedne v plastični posodi in v vmesnem času večkrat premešala zaradi zračenja.

3.3.4 Priprava poskusov z deževniki

- Priprava poskusnih posod:

Uporabila sem 3 L okrogle plastične posode in jih s pregrado razdelila na dva enaka dela. Pregrada je lahko iz kartona, kjer se dva enaka kosa zlepi skupaj in jih omota z alu folijo ali se uporabi material iz plastike, stiropora. Plastične posode sem ovila z alu folijo, da sem deževnikom zagotovila potrebne bivalnega pogoje zaradi svetlobe (slika 3.5).



Slika 3.5: Priprava posod za poskus z deževniki (1. levi in 2. desni prekat)

- Izbor in priprava deževnikov:

Rdeče, kalifornijske deževnike (*Eisenia fetida*) sem pridobila iz kontroliranega gojišča. Deževnike je potrebno ohranjati v temi, pri konstantni temperaturi 20 °C in 80-odstotni relativni zračni vlagi. Za poskus sem izbrala spolno dozorele deževnike, ki imajo razvito sedlo in pubertetne izboklinice (slika 3.6). Izbrane deževnike sem predhodno očistila z destilirano vodo in jih za 1 dan dala v kontrolna tla zaradi prilagajanja. Po enem dnevu prilagajanja sem deževnike ponovno sprala z vodo in jih stehala. Primerni deževniki za test imajo maso med 300 mg in 600 mg (14).

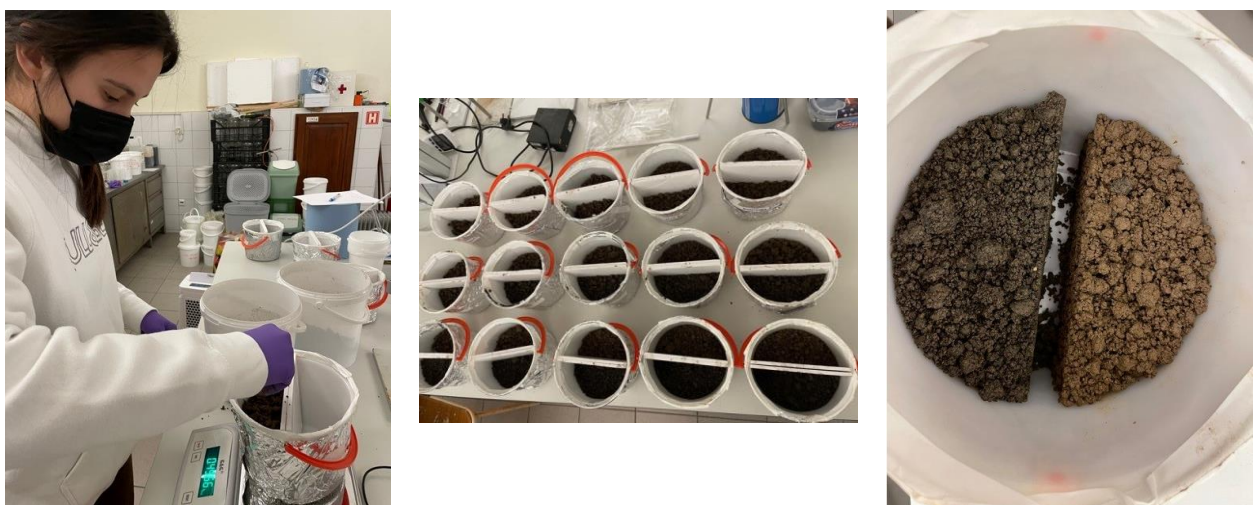


razvito sedlo

Slika 3.6: Izbor deževnikov in prilagajanje na kontrolno zemljo

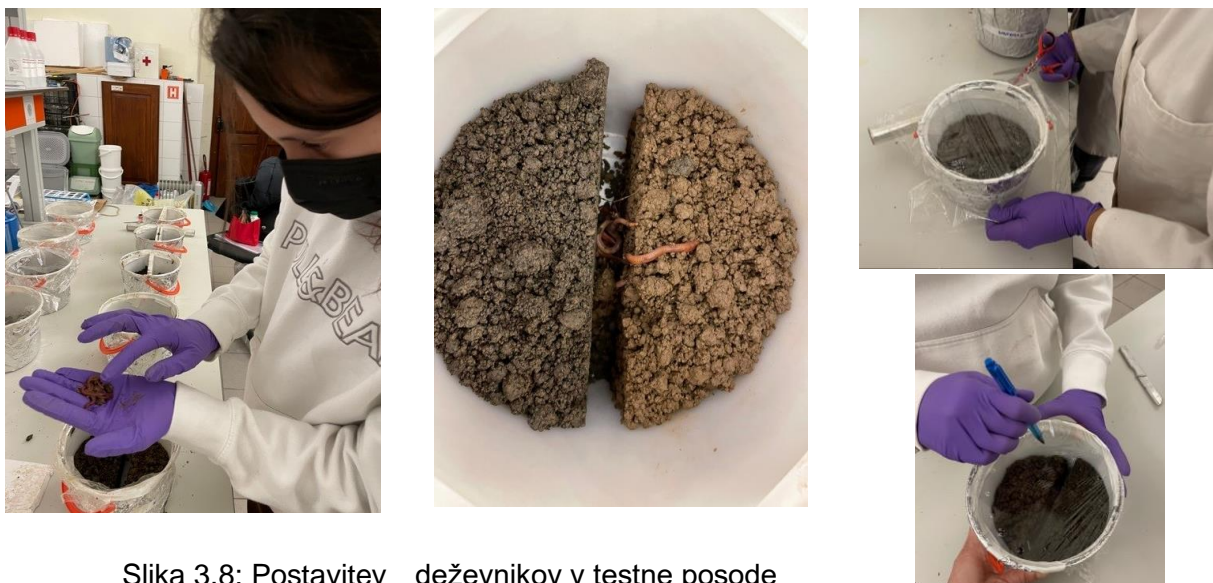
- *Izvedba izogibnega testa z deževniki:*

V plastične posode sem vstavila pregrade, tako da sem v posamezni posodi imeli dve enaki polovici (oz. prekata). V vsak prekat sem zatehtala 500 g (testne) zemlje, ki je bila predhodno navlažena na 60 % maksimalne zadrževalne kapacitete zemlje. V eno polovico (1. prekat) sem nasipala kontrolno zemljo, v drugo polovico (2. prekat) pa mešanico zemlje z bioogljem.



Slika 3.7: Priprava izogibnega testa

Po odstranitvi pregrade v posodi sem na razmejitveni prazni prostor (prazni prostor kot meja med obema prekatoma) vstavila 10 odraslih deževnikov, ki imajo razvito sedlo (stari približno 3 mesece) (slika 3.8). Posode sem pokrila z gospodinjsko prozorno folijo, jo večkrat preluknjala, da sem omogočila pretok zraka in dostop svetlobe z zgornje strani. Pokrite posode sem postavila za 48 h in dnevno-nočnim ritmom 8 ur svetlobe in 16 ur teme na dan. Poskus sem izvedla v 5 ponovitvah. Poskus je neveljaven, če pogine ali uide več kot 10 % deževnikov na poskus. Deževnikov v času poskusa nisem dodatno hranila (14).



Slika 3.8: Postavitev deževnikov v testne posode

Po 48 h sem v vsako posodo ponovno (previdno) vstavila pregrado in preštela število deževnikov v posameznem prekatu posode – 1. prekat: kontrolna zemlja, 2. prekat: zemlja z bioogljem (slika 3.9).



Slika 3.9: a) Štetje deževnikov, b) Število deževnikov v posameznem prekatu (leva stran – kontrolna zemlja, desna stran – zemlja z aktiviranim bioogljem)

3.2 RASTNI TESTI Z ATIVIRANIM IN NE-AKTIVIRANIM BIOOGLJEM V LONČNIH POSKUSIH

3.2.1 Materiali




Za drugi sklop poskusa sem uporabila isto zemljo iz bližnje njive v okolici Ptuja, kjer se pridelujejo kmetijski pridelki. Raziskovalni del rastnega testa je potekal v vrtnem rastlinjaku (steklenjaku ŠC - Biotehniške šole Ptuj), kjer sem pri poskusih uporabila naslednje materiale in raziskovalno-tehnično opremo:

- sito (premera 1,5 cm),
- lončki (0,5 L),
- merilni valj,
- elektronski pH meter,
- bioglje po pirolizi (proizvajalec, Avstrija),
- aktivirano biooglje s kompostom (proizvajalec, Slovenija),
- kompost 1. kakovosti (proizvajalec, Slovenija),
- destilirana voda in voda (iz pipe),
- sadike zelene solate (proizvajalec, Slovenija),
- semena vrtna kreše (Semenarna Ljubljana),
- merilnik klorofila,
- tablice za označevanje vzorcev, ravnilo,
- navodila za pripravo poskusov in dnevnik za spremljanje rasti.

3.2.2 Priprava lončnih poskusov z različnimi sestavami izboljševalcev zemlje

V našem poskusu sem uporabila tri vrste izboljševalcev tal: biooglje po pirolizi (ne-aktivirano), aktivirano biooglje in kompost (tabela 3.1). Slednja dva že vsebujeta vir hranil in mikroorganizmov.

Tabela 3.1: Testni vzorci zemlje z različnimi dodatki izboljševalcev za lončne poskuse

Izboljševalec tal	Oznaka	Delež (volumski %)*	Slika
biooglje po pirolizi (proizvajalec, Avstrija)	BO-15	15 %	
aktivirano biooglje (proizvajalec, Slovenija)	ABO-15	15 %	
kompost 1. kakovosti (proizvajalec, Slovenija)	KOM-25	25 %	

* po navodilih proizvajalca

Njivsko zemljo, ki je srednje težka, sem predhodno presejala (povp. premer 1,5 cm), odmerila volumske deleže vseh treh izboljševalcev tal in dobro premešala z zemljo (slika 3.10). Pripravila sem kontrolni vzorec zemlje (KON) in tri različne mešanice vzorcev zemlje (BO-15, ABO-15, KOM-25) v petih ponovitvah. Na rastlino sem pripravila skupaj 25 lončkov.



Slika 3.10: Priprava njivske zemlje in mešanice zemlje z dodanimi izboljševalci

3.2.3 Izvedba rastnih poskusov

Za rastne poskuse sem uporabila zeleno solato (sadika) in vrtno krešo (seme). Lončne poskuse z rastlinami sem izvedla z namenom, da ugotovim učinek aktiviranega in neaktiviranega bioogljja na njihovo rast, prirast biomase in koreninskega sistema. Rast rastlin sem spremljala 6,5 tedna v rastlinjaku (v obdobju od 22. 2. 2021 do 11. 4. 2021).

Poskus sem izvedla v lončkih premera 12 cm (0,5 L). V posamezni lonček sem posadila 1 sadiko solate, v primeru vrtno kreše pa dodala 10 semen na lonček (slika 3.11). Za enakomerno namakanje sem si pomagala z merilnim valjem in vsako rastlino zalivala z vodo (iz pipe) od zgoraj navzdol (v povprečju 30 ml na rastlino). Ker se pri njivski zemlji lahko v lončnih poskusih pojavi zaskorjena zgornja plast zemlje, je bilo potrebno zgornjo površino zrahljati (npr. z noževno konico) tekom izvajanja poskusov. V kolikor je vzkli plevel, sem ga fizično odstranila.



Slika 3.11: Končna postavitve rastnega poskusa z zasaditvijo rastlin

Vsak vzorec lončnega poskusa sem pripravila v petih ponovitvah (solata - 25 lončkov in vrtna kreša - 25 lončkov). Po petih dneh sem začela spremljati kaljivost vrtno kreše, nato po dveh tednih od postavitve poskusov začela spremljati rast vseh rastlin, njihovo višino oziroma premer (slika 3.12).

*Vrtna kreša:
štetje vzklilih semen*



*Solata: spremljanje
premera in števila listov*



*Vrtna kreša:
spremljanje višine rastline*



Slika 3.12: Meritve rasti testnih rastlin (solata, vrtna kreša)

Ob koncu poskusov sem določila maso biomase (nadzemni del rastline) tako, da sem rastline odrezala in stejala (slika 3.13). Nato sem primerjala koreninski sistem rastlin glede na dodane izboljševalce tal. Vzorce zemlje z dodatki sem shranila v vrečke za določitev pH vrednosti.



Slika 3.13: Tehtanje zelene biomase – nadzemni del rastlin

3.2.4 Določanje vsebnosti klorofila

Zadnji teden rasti (šesti teden) sem rastlinam izmerila klorofil z merilnikom klorofila (slika 3.14), ki izmeri odtenek zelene barve lista in hkrati upošteva debelino lista (16). Meritve zahtevajo majhno površino lista, zato je toliko bolj uporabno na rastlinah z drobnimi listi kot je vrtna kreša. Natančnost naprave je zagotovljena, če je število izmerjenih vrednosti najmanj 30 krat na vzorec.



Slika 3.14: Merjenje klorofila

3.2.5 Določanje pH zemlje v lončnih poskusih

Stehtala sem 50 g kontrolne zemlje in jo dala v čašo. Nato sem stehtala še po 50 g vzorcev zemlje z dodanimi izboljševalci tal (biooglje po pirolizi, aktivirano biooglje in kompost) in vsakega dala v svojo čašo (slika 3.15). Vsakemu vzorcu sem dolila 30 ml destilirane vode in počakala en teden, da se je zemlja posedla na dno čaše (3). Z elektronskim pH-metrom sem vzorcem izmerila pH (slika 3.15).



Slika 3.15: Priprava vzorcev za določitev pH in merjenje

3.2.6 Obdelava podatkov

Podatke sem uredila s programom Microsoft Excel, izračunala (povprečne) vrednosti in jih prikazala v različnih oblikah grafov oziroma slik. Pri obdelavi podatkov sem se tudi naučila novih funkcij uporabe programa.

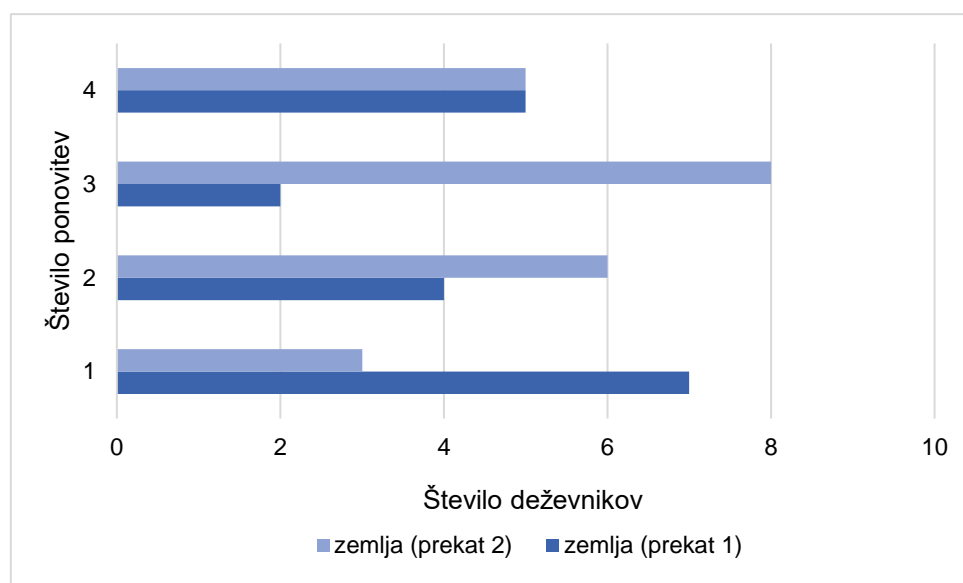
4. REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 VEDENJSKI ODZIV DEŽEVNIKOV VRSTE *EISENIA FETIDA* NA BIOOGLJE

Vpliv biooglja v zemlji na deževnike sem izvedla z metodo izogibnega testa, ki je podrobneje opisana v poglavju 3. V vsakem poskusu (skupaj so trije) sem preučevala število deževnikov med kontrolnimi zemljami in vzorčnimi zemljami z dodanim bioogljem. Ena ponovitev je bila sestavljena iz dveh prekatov (1. kontrola : 2. testna zemlja), v vsaki ponovitvi sem uporabila 10 deževnikov, v petih ponovitvah skupaj 50 deževnikov. Vedenjski odziv deževnikov sem izrazila s štejetjem deževnikov v posamezni ponovitvi (slika 4.1a, 4.1b in 4.1c) in kot skupni seštevek v petih ponovitvah (tabela 4.1, 4.2 in 4.3).

- Poskus 1: zemlja in neaktivirano biooglje
(BO-5: biooglje 5 ut. %, BO-10: biooglje 10 ut. %)

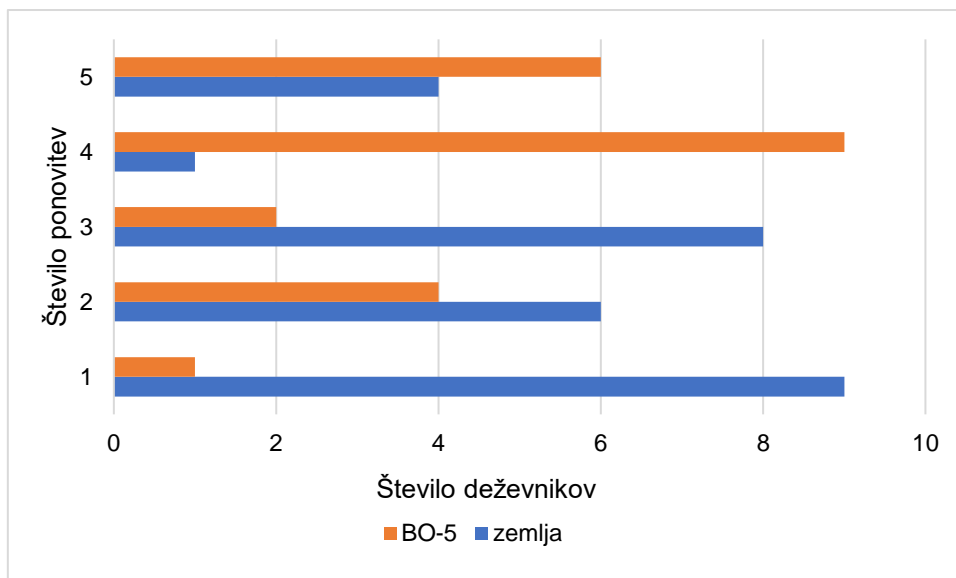
Porazdelitev deževnikov med kontrolnimi zemljami (njivska zemlja) prikazuje slika 4.1a (1. prekat: kontrola, 2. prekat: kontrola). Rezultati v obeh prekatih prikazujejo, da se deževniki v vzorcu kontrola – kontrola niso enakomerno porazdelili. Analiza podatkov kaže, da je v 1. prekatu prisotnih 18 dež. (45 %.), medtem ko v 2. prekatu 22 dež. (55 %) v štirih ponovitvah. Pričakovala sem enakomernejšo porazdelitev, saj je bila v obeh prekatih ista zemlja.



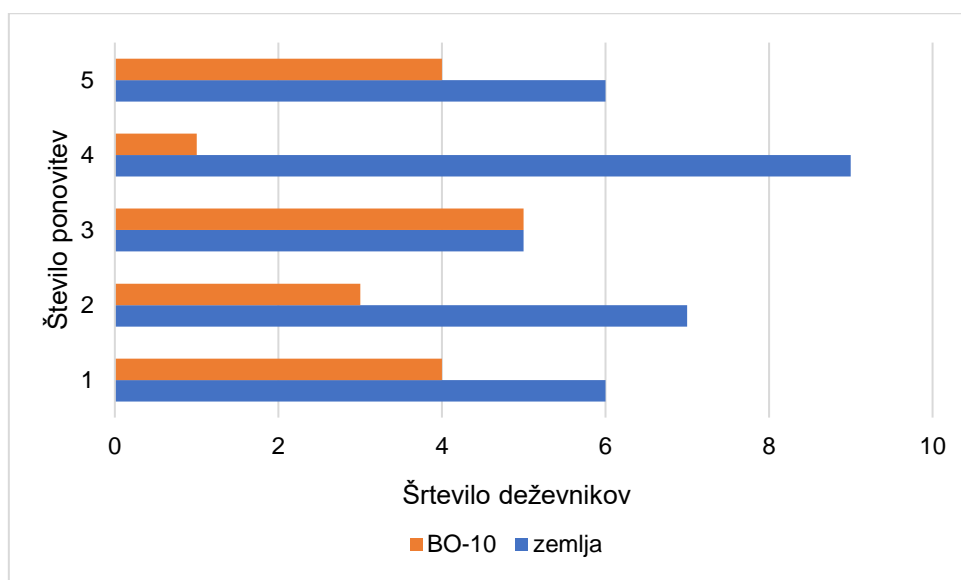
Slika 4.1a: Število deževnikov v kontrolni zemlji 1
(1. prekat: kontrola, 2. prekat: kontrola)

Rezultati vedenjskega odziva deževnikov v kontrolni zemlji in z neaktiviranim bioogljem v različnih deležih (5 ut. %, 10 ut. %) so zbrani na sliki 4.1b in 4.1c. Najmanjše število deževnikov je bilo v vzorcu zemlje z BO-10 (17 dež./50 dež. skupaj), medtem ko je v testni zemlji z BO-5 skupaj 22 dež./50 dež.. Opazimo, da biooglje v manjšem dodanem deležu (BO-5) ne vpliva na drugačen odziv deževnikov v primerjavi s kontrolno zemljo 1, medtem ko večji delež biooglja vpliva na nižjo število deževnikov v samem vzorcu (BO-10).





Slika 4.1b: Število deževnikov v zemlji in z neaktiviranim bioogljem (5 ut. %) (1. prekat: kontrola, 2. prekat: BO-5)



Slika 4.1c: Število deževnikov v zemlji in z neaktiviranim bioogljem (10 ut. %) (1. prekat: kontrola, 2. prekat: BO-10)

Skupno število deževnikov v kontrolni zemlji in v zemlji z neaktiviranim bioogljem (BO-5, BO-10) je zbrano v tabeli 4.1.

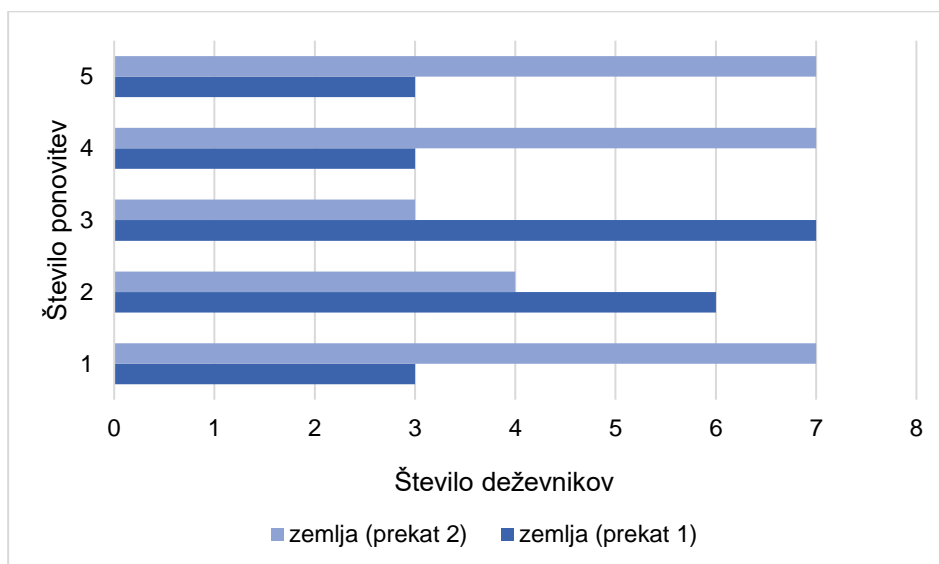
Tabela 4.1: Skupno število deževnikov vseh vzorcev v zemlji in z neaktiviranim bioogljem

Vzorec	Skupno število iz vseh ponovitev	Delež porazdelitve (%)
zemlja 1 - kontrola	28	56
BO-5	22	44
zemlja 1 - kontrola	33	66
BO-10	17	34



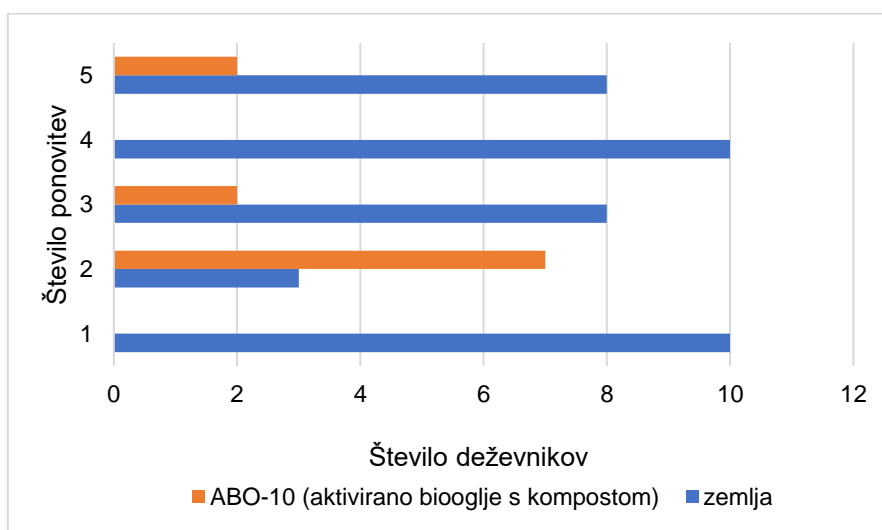
➤ Poskus 2: zemlja in aktivirano bioogljje s kompostom (proizvajalec, Slovenija)
 (ABO-10-kompost: aktivirano bioogljje s kompostom 10 ut. %)

Tudi v drugem poskusu število deževnikov ni enakomerno porazdeljeno v kontrolni zemlji (1. prekat: kontrola, 2. prekat: kontrola) (slika 4.2a). Analiza podatkov kaže, da je bilo skupaj prisotnih 22 dež. (44 %) v 1. prekату, medtem ko v 2. prekату 28 dež. (56 %) deževnikov iz vseh petih ponovitev.



Slika 4.2a: Število deževnikov v kontrolni zemlji 2
 (1. prekat: kontrola, 2. prekat: kontrola)

Rezultati vedenjskega odziva deževnikov v kontrolni zemlji in z aktiviranim bioogljem s kompostom *ABO-10-kompost* (10 ut. %) so predstavljeni na sliki 4.2b (1. prekat: kontrola, 2. prekat: ABO-10). Iz rezultatov lahko vidimo, da je skupno število deževnikov v kontrolni zemlji (39 deževnikov) značilno višje v primerjavi z dodanim aktiviranim bioogljem *ABO-10-kompost* (11 deževnikov). Vrednosti vseh ponovitev kažejo, da aktivirano bioogljje s kompostom (proizvajalec, Slovenija) deževnikom znatno manj ustreza, le v 22 % (tabela 4.2).



Slika 4.2b: Število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s kompostom (proizvajalec, Slovenija) (10 ut. %), (1. prekat: kontrola, 2. prekat: ABO-10-kompost)



Skupno število deževnikov vseh vzorcev v zemlji in z aktiviranim bioogljem *ABO-10-kompost* (proizvajalec, Slovenija) je skupaj zbrano v tabeli 4.2.

Tabela 4.2: Skupno število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s kompostom *ABO-10-kompost* (proizvajalec, Slovenija)

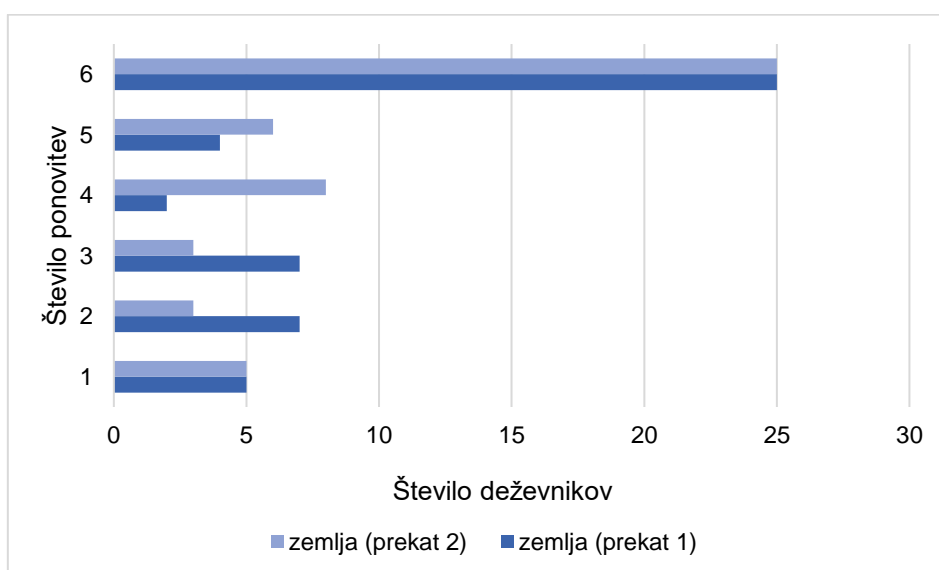
Vzorec	Skupno število iz vseh ponovitev	Delež porazdelitve (%)
zemlja 2 - kontrola	39	78
ABO-10-kompost	11	22

Trend prisotnosti deževnikov me je nekoliko presenetil, zato sva z mentorico naredili dodaten načrt raziskav in sami aktivirali biooglje z organskim konjskim kompostom (podrobneje opisano v poglavju 3.3.3). Rezultati so predstavljeni pod poskusom št. 3.

Hkrati sva se z mentorico odločili, da se aktivirano biooglje s kompostom (proizvajalec, Slovenija) analizira pri zunanjem akreditiranem laboratoriju in preveri njegovo sestavo (predvsem težke kovine in PAH). Namreč njihova prisotnost lahko vpliva na odzivnost deževnikov. Analiza je pokazala povišano vsebnost kadmija (Cd) (1,89 mg/kg s.s.) in za 3,5-krat višjo vsebnost PAH-ov (21,03 mg/kg s.s.) kot jo dovoljuje *Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata* za kompost 1. kakovosti (Priloga C). Raziskovalci (15) so dokazali večje izogibanje deževnikov v zemlji z različnimi koncentracijami Cd. Ocenjujem, da je v primeru testne zemlje z *ABO-10-kompost* (proizvajalec Slovenija) prisotnost onesnažil vplivala na izogibanje deževnikov v znatno večjem številu.

- Poskus 3: zemlja in aktivirano biooglje z organskim konjskim kompostom
(*ABO-10-konjski kompost: aktivirano biooglje s konjskim kompostom 10 ut. %*)

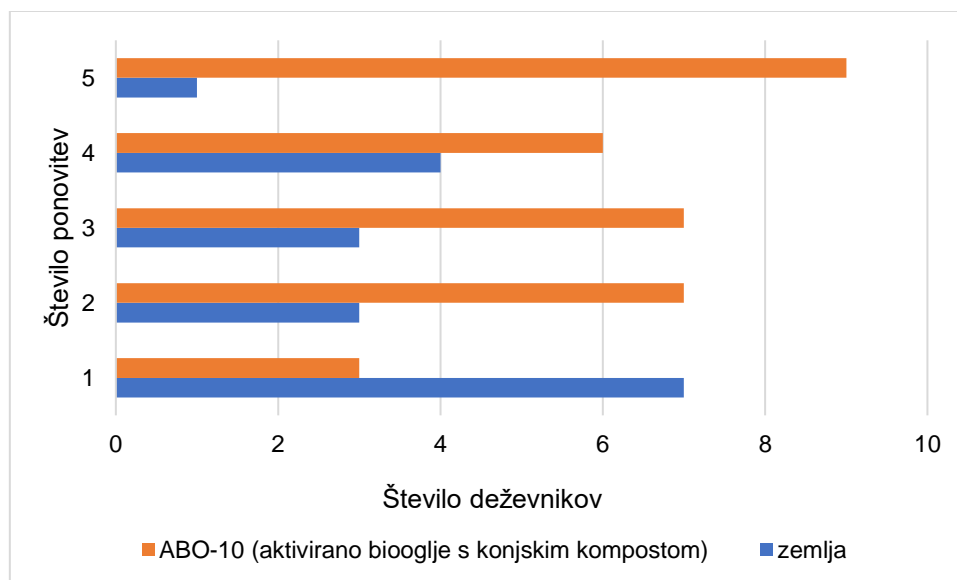
Skupno število deževnikov je enako v obeh prekatih kontrolne zemlje (slika 4.3a), kar pomeni, da je bilo v 1. prekatu in 2. prekatu skupaj prisotnih 50 % deževnikov iz vseh petih ponovitev.



Slika 4.3a: Število deževnikov v kontrolni zemlji 3
(1. prekat: kontrola, 2. prekat: kontrola)



Na sliki 4.3b so prikazani rezultati prisotnosti deževnikov v kontrolni zemlji (1. prekat: kontrola, 2. prekat: kontrola) in z aktiviranim bioogljem s konjskim kompostom (1. prekat: kontrola, 2. prekat: *ABO-10-konjski kompost*). Največ deževnikov je v vzorcu zemlje z *ABO-10-konjski kompost* (skupno 32 deževnikov), najmanj pa v kontrolni zemlji (skupno 18 deževnikov), kar predstavlja za 44 % večjo populacijo deževnikov v aktiviranem bioogljju s konjskim kompostom *ABO-10-konjski kompost* (tabela 4.3).



Slika 4.3b: Število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s konjskim kompostom (10 ut. %) (1. prekat: kontrola, 2. prekat: *ABO-10-konjski kompost*)

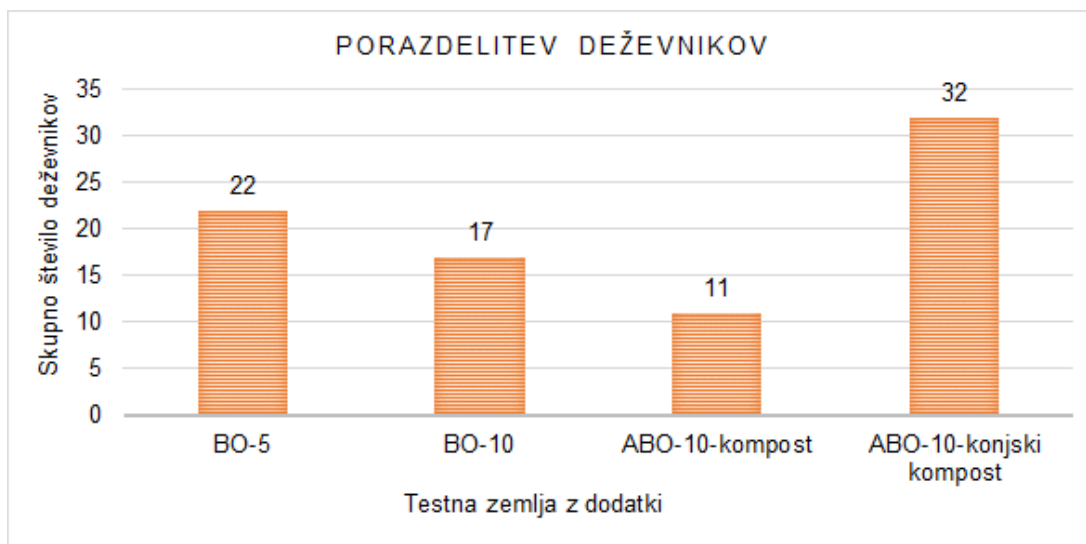
Skupna število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s konjskim kompostom *ABO-10-konjski kompost* (lastno aktivirano) v petih ponovitvah je prikazano v tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Skupno število deževnikov v zemlji in z aktiviranim bioogljem s konjskim kompostom *ABO-10-konjski kompost* (lastno aktivirano)

Vzorec	Skupno število iz vseh ponovitev	Delež porazdelitve (%)
zemlja 3 - kontrola	18	36
<i>ABO-10-konjski kompost</i>	32	64

Na sliki 4.4 so še posebej zbrani vsi rezultati štetja deževnikov glede na tip in količino dodanega biooglja (iz vseh petih ponovitev).





Slika 4.4: Število deževnikov glede na tip in količino dodanega biooglja iz vseh petih ponovitev

Ocenjujem, da je povečano število deževnikov v poskusu zemlje z aktiviranim bioogljem *ABO-10-konjski kompost* zaradi večje prisotnosti organske snovi, talnih bakterij in hranil. Organska snov je tudi eden izmed glavnih dejavnikov, ki vpliva na število deževnikov v zemlji, saj predstavlja deževnikom obilo hrane.

Po opravljenih poskusih sem potrdila hipotezo, da imajo deževniki »radi« aktivirano biooglje, vendar mora biti aktivirano s kakovostnim (ekološkim) kompostom.

4.2 RASTNI TESTI Z (NE)AKTIVIRANIM BIOOGLJEM

Lončne poskuse in spremljanje rasti rastlin sem izvajala od 24. 2. 2021 do 11. 4. 2021 v rastlinjaku. Posamezni poskus je bil izveden v petih ponovitvah. Spremljala sem rast rastlin z merjenjem višine (vrtna kreša), premera (rozeta solate) posamezne rastline in njihove mase, zapisovali temperaturo rastlinjaka (povpr. 22 - 24 °C) in količino vode pri zalivanju rastlin (povpr. 30 ml/rastlino) ter z opazovanjem spremljala rahlost oz. zbitost testne zemlje rastlin.

4.2.1 Rastni test solate

Iz slike 4.5 opazimo, da aktivirano bioogljje najbolj učinkuje na rast solate, tako v velikosti kot številčnosti listov, sledita neaktivirano bioogljje in kompost. Najslabši rezultati so pri kontrolnih vzorcih solate.

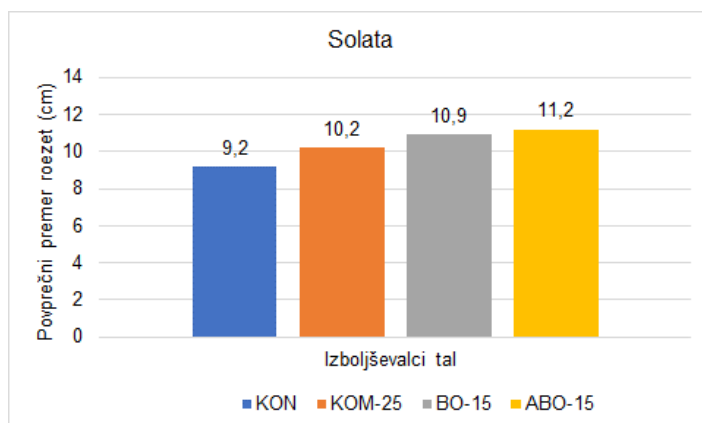


Slika 4.5: Rast solate v različni testni zemlji

V tabeli 4.4 je prikazan premer rozete solate v posamezni ponovitvi ob koncu zaključka rastnega testa in na sliki 4.6 povprečne vrednosti meritev solate. Iz rezultatov je razvidno, da ima solata z neaktiviranim bioogljem manjši premer rozete v primerjavi z aktiviranim bioogljem in večji kot solata s kompostom in kontrolno solato. V povprečju ima solata z aktiviranim bioogljem za 2 cm večjo rozeto kot kontrolna solata.

Tabela 4.4: Premer rozete solate na posamezno ponovitev (cm)

Vzorec	Premer rozete solate (cm)				
	1	2	3	4	5
KON	7	9	10	9,5	10,5
KOM-25	11	9,5	11	9	10,5
BO-15	10,5	11	9,5	11,5	12
ABO-15	12	10	11	10,5	12,5



Slika 4.6: Povprečni premer rozete solate

- Zelena biomasa in koreninski sistem solate

Kot je razvidno iz slike 4.7 imata solati z dodanim (ne)aktiviranim bioogljem najbolj razviti koreninski sistem, medtem ko je prirast zelenega dela solate pri aktiviranem bioogljju največji.



Slika 4.7: Nadzemni del solate s koreninskim sistemom v različni testni zemlji

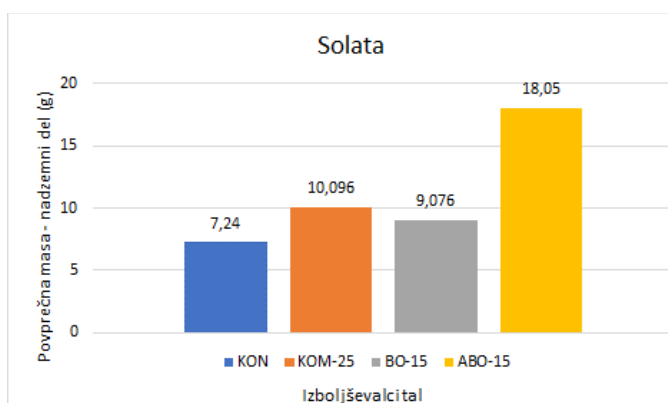
Ob koncu poskusa sem stehala nadzemni del solatne biomase, kjer je iz rezultatov vidno, da je povprečna masa solate z aktiviranim bioogljem (18,05 g) za 2-krat večja v primerjavi v neaktiviranim bioogljem (9,07 g) in 2,5-krat večja od kontrolne solate (7,24 g) (tabela 4.5 in slika 4.8). Na podlagi rezultatov lahko ugotovimo, da neaktivirano biooglje na začetku rastlinam odvzame hranila in mikroorganizme v zemlji, kar se najbolj pozna na pridelku oz. nadzemnemu delu rastline. Aktivirano biooglje ima že vezana hranila, naseljene mikroorganizme in tako rastline oskrbuje že na začetku rasti.

Zemlja z dodanima vzorcema biooglja je bila veliko bolj rahla, medtem ko se je pri kontrolni zemlji in zemlji s kompost pojavila zaskorjena zgornja plast zemlje (zbitost). Zaradi večje zračnosti je bilo potrebno rastlinam pomagati z rahljanjem zgornje površine zemlje.

Tabela 4.5: Masa solate - nadzemni del solate (g)

Vzorec	Masa (g)				
	1	2	3	4	5
KON	1,26	8,06	6,95	7,25	6,70
KOM-25	12,51	7,48	12,96	7,05	10,48
BO-15	8,29	7,86	9,51	9,90	9,82
ABO-15	21,49	9,67	15,65	20,79	22,65

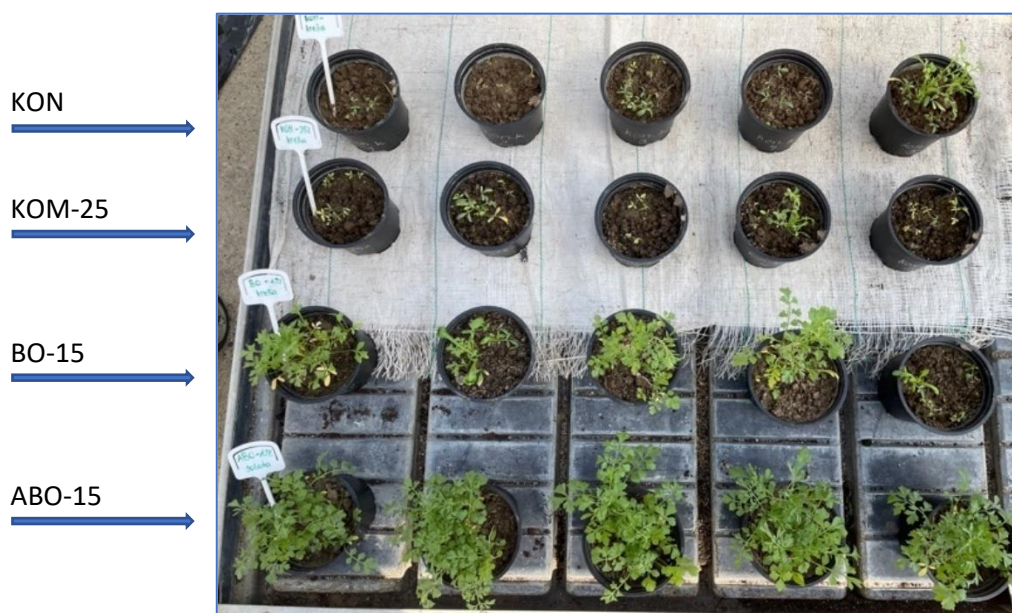
Opomba: vrednost ni upoštevana v povprečni masi



Slika 4.8: Povprečna masa – nadzemni del solate

4.2.2 Rastni test vrtna kreše

Iz slike 4.9 lahko opazimo, da aktivirano biooglje najbolj vpliva na rast vrtna kreše, sledi učinek neaktiviranega biooglja, medtem ko so najslabši rezultati pri kontrolnih vzorcih in vzorcih vrtna kreše s kompostom.



Slika 4.9: Rast vrtna kreše v različnih testni zemlji

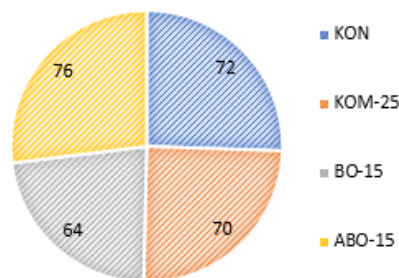
V tabeli 4.6 je prikazano število vzklihih semen na posamezno ponovitev, na sliki 4.10 pa povprečna stopnja kalitve vrtna kreše (%). Čas kalitve je bil 3 do 7 dni. Rezultati kalitvenega testa so pokazali, da je bila kaljivost semen najvišja pri aktiviranem biooglju. Stopnja kaljivosti aktiviranega biooglja je v primerjavi z neaktiviranim bioogljem višja za 12 %, s kontrolo le za 4 % in kompostom za 6 %. Vendar tekom rasti vse vzkliše rastline niso preživele, kar je tudi vidno na sliki 4.9 zgoraj.

Tabela 4.6: Število vzklih semen

Vzorec	Število				
	1	2	3	4	5
KON	3	9	9	8	17
KOM-25	7	6	5	8	9
BO-15	6	5	8	6	7
ABO-15	8	9	8	7	6

Opomba: število dodanih semen 20
(tehnična napaka pri postavitvi vzorca 5)

KALJIVOST VRTNE KREŠE (%)



Slika 4.10: Povprečna stopnja kalitve vrtna kreše

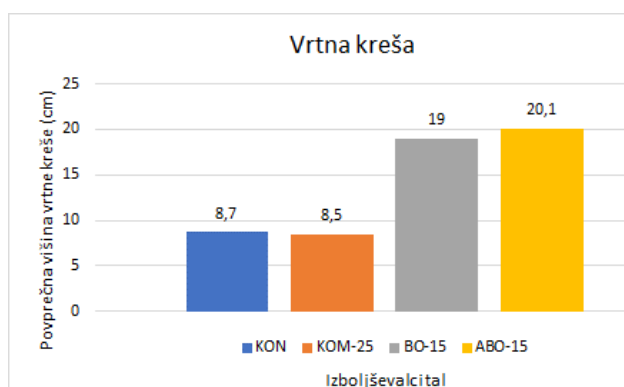
Čeprav je pri neaktiviranim bioogljju vzkliko manj rastlin v primerjavi s kontrolo in dodanim kompostom, je več rastlin preživelo in hitreje so rastle. Glede na višino in maso vrtna kreše ima aktivirano biooglje največji učinek na njeno rast in maso rastline.

V tabeli 4.7 je prikazana višina vrtna kreše ob koncu zaključka rastnega testa in na sliki 4.11 njena povprečna višina. Rezultati kažejo, da je povprečna dosežena višina vrtna kreše največja pri aktiviranem in neaktiviranem bioogljju, v primerjavi s kontrolo in kompostom pa višja za 2-krat.

Tabela 4.7: Višina vrtna kreše na posamezno ponovitev (cm)

Vzorec	Višina (cm)				
	1	2	3	4	5
KON	-	-	5	-	12,4
KOM-25	-	7	-	10	-
BO-15	22	15	23	23	12
ABO-15	20,5	21	22	20	17

Opomba: pri vzorcu KON in KOM-25 se je rastlina razvila le 2 ponovitvah od petih



Slika 4.11: Povprečna višina vrtna kreše

- Zelena biomasa in koreninski sistem vrtna kreše

Iz slike 4.12 lahko vidimo, da ima vrtna kreša z dodanim (ne)aktiviranim bioogljjem najbolj razviti koreninski sistem, prirast zelenega dela vrtna kreše pa je pri aktiviranem bioogljju največja (tabela 4.8 in slika 4.13).





Slika 4.12: Nadzemni del vrtna kreše s koreninskim sistemom v različni testni zemlji

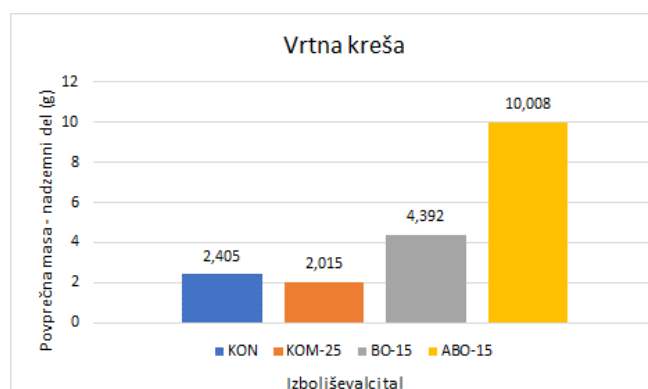
Po končanem poskusu sem stehala tudi nadzemni del vrtna kreše, kjer je povprečna masa zelene biomase z aktiviranim bioogljem (10 g) za 2,3 x večja v primerjavi v neaktiviranim bioogljem (4,4 g) in 4-krat večja od kontrolne vrtna kreše (2,4 g). Iz rezultatov ugotavljam, da aktivirano biooglje že na začetku učinkuje na dobro rast rastlin v primerjavi z neaktiviranim.

Tudi pri vrtni kreši je bila zemlja z dodanima vzorcema biooglja veliko bolj rahla in posledično zračna, kar je ugodno vplivalo na rast rastlin. Pri kontrolni zemlji in zemlji s kompost pa se je pojavila zaskorjena plast zemlje (zbitost).

Tabela 4.8: Masa vrtna kreše - nadzem.del (g)

Vzorec	Masa (g)				
	1	2	3	4	5
KON	-	-	1,03	-	3,81
KOM-25	-	1,44	-	2,59	-
BO-15	4,83	4,16	4,65	3,93	1,35
ABO-15	9,81	12,01	10,75	9,37	8,10

Opomba: vrednost ni upoštevana v povprečni masi



Slika 4.13: Povprečna masa vrtna kreše – nadzemni del rastline

4.2.3 Merjenje klorofila v testnih rastlinah

Vsebnost klorofila v listih je v neposredni povezavi s fotosintezo. Klorofil omogoča, da rastline izkoriščajo sončno energijo. Vsebnost klorofila se oceni s SPAD – vrednostjo (merilnik). Rezultati meritev iz zadnjega tedna ravnega poskusa solate in vrtna kreše so prikazani v tabeli 4.9. Vrednosti SPAD so tako pri solati kot vrtni kreši precej višje z aktiviranim in neaktiviranim bioogljem v primerjavi s kontrolnimi rastlinami in dodanim kompostom. Zaključim lahko, da imajo rastline z (ne)aktiviranim bioogljem večjo fotosintetsko sposobnost listov, kar tudi potrjujejo rastni rezultati.

Tabela 4.9: Solata in vrtna kreša – vrednosti SPAD (povprečna vrednost petih ponovitev)

Vzorec	Zadnji teden ravnega poskusa			
	5. 4. 2021	7. 4. 2021	9. 4. 2021	11. 4. 2021*
Solata -SPAD vrednosti				
KON	244	247	261	273
KOM-25	262	304	321	321
BO-15	298	310	343	346
ABO-15	369	397	408	409
Vrtna kreša – SPAD vrednosti				
KON	-	-	300	316
KOM-25	196	210	246	291
BO-15	250	264	301	316
ABO-15	280	351	364	361

* zaključek ravnega poskusa

4.2.4 Merjenje pH zemlje testnih vzorcev

Rezultati merjenja pH zemlje testnih vzorcev so pokazali, da so vsi dodani izboljševalci zemlje (kompost, oba tipa biooglja) povečali pH vrednost v primerjavi s kontrolno zemljo (tabela 4.10). Ugotavljamo, da je bioogljje povečalo pH do vrednosti 7,4 – 7,8, kar ustreza testnim rastlinam.

Tabela 4.10: pH zemlje testnih vzorcev po končanem ravnem poskusu

Testni vzorci	KON	KOM-25	BO-15	ABO-15
pH	6,4	7,2	7,4	7,8



5. ZAKLJUČEK

Če v zemlji najdemo veliko deževnikov, je to lahko znak dobre kakovosti zemlje. Zato sem v raziskovalni nalogi preučevala vpliv dodanega biooglja v zemljo na populacijo deževnikov ob postavljeni hipotezi, da bioogljje ne vpliva na izogibanje deževnikov. V poskusu smo uporabili neaktivirano in aktivirano bioogljje. Rezultati so potrdili mojo hipotezo, da se deževniki ne izogibajo zemlji z dodanim bioogljem. Celo nasprotno, v primeru aktiviranega biooglja s konjskim kompostom je bilo število deževnikov opazno večje (32 dež.) v primerjavi s kontrolno zemljo (18 dež.). Poskus pa je tudi pokazal, kako pomembna je kakovost biooglja, na katerega lahko vplivata izbor surovin za pridobivanje biooglja, postopek pirolize in tudi izbor komposta za njegovo aktivacijo. Z rezultati raziskovalne naloge lahko to potrdim, saj smo v primeru biooglja, aktiviranega s kompostom (proizvajalec, Slovenija), naleteli na nekoliko zvišano vsebnost kadmija (težka kovina) in za 3,5-krat višjo vsebnost PAH-ov, kar se je pokazalo v najnižji odzivnosti deževnikov (11 dež.) v primerjavi z ostalimi vzorci biooglja (17 dež./22 dež.). Predvidevam, da je vir prisotnosti teh onesnažil lahko v samem bioogljju po pirolizi in/ali v uporabi komposta za njegovo aktivacijo. Iz pridobljenih rezultatov kontrola – kontrola (poskus 1 in poskus 2) lahko dodatno zaključim, da bi bilo smiselno povečati število ponovitev in v eni ponovitvi uporabiti večje število deževnikov (namesto 10 bi uporabili 20-30).

V drugem delu poskusa raziskovalne naloge sem preučevala vpliv aktiviranega biooglja na rast rastlin v lončnih poskusih, kjer rezultati potrjujejo tudi drugo hipotezo, saj so se testne rastline (solata, vrtna kreša) vidno bolj razrastle v primerjavi z neaktiviranim bioogljem. Masa nadzemnega dela solate in vrtna kreše je za 2 - 2,3-krat večja pri aktiviranem bioogljju kot pri samem bioogljju. V primerjavi s kontrolnimi rastlinami pa je masa vrtna kreše večja za 4-krat v primeru aktiviranega biooglja. Koreninski sistem obeh rastlin z dodanim (ne)aktiviranim bioogljem je zelo dobro razvit, razvejan in tudi globlji v primerjavi s kontrolnimi rastlinami in rastlinami z dodanim kompostom. Dodatno bioogljje naredi zemljo bolj rahlo v primerjavi s kontrolo, kar je dobro za rast in razvoj rastlin. Zaključim lahko, da je aktivacija biooglja zelo pomemben korak pred njegovo uporabo kot izboljševalca tal/zemlje, saj neaktivirano bioogljje v zemlji deluje kot spužva in nase veže najprej hranilne snovi, mikroorganizme, kar lahko povzroči zaostanek rasti samih rastlin.

Deževniki in bioogljje imata skupne naslednje najpomembnejše funkcije v zemlji: manj rodovitno zemljo spreminjajo v bolj rodovitno in obogatijo s hranili, poskrbijo za rahljanje zemlje, ki prepušča zrak in je bolj odcedna, na drugi strani pa je bolj kompaktna in odporna na sušo itd.

Bioogljje postaja zelo pomemben izboljševalec zemlje, tudi z okoljskega vidika, saj s postopkom pirolize in njegovim vnosom v zemljo predstavlja učinkoviti odvzem ogljika iz atmosfere in prispeva k zmanjšanju podnebnih sprememb. V Sloveniji je skoraj 60 % površine pokrite z gozdovi. Zaradi različnih pojavov v naravi (žled, napad podlubnika) nastajajo velike količine odpadnega lesa, iz katerega lahko pridobimo bioogljje. Dodatne surovine za bioogljje se najdejo na kmetijah kot so stranski pridelki ali njihovi ostanki in bi kmetje lahko pridobivali bioogljje za uporabo na svojih njivah. Bioogljje nam daje veliko priložnosti in načinov, kako prispevati k varovanju okolja, zato ga izkoristimo. Lahko začnemo že doma na svojem vrtu!



Raziskovalno delo je ob koncu poskusov postalo obsežnejše kot sem si s pomočjo mentorice zastavila na začetku raziskovalnega načrta zaradi dodatnih vprašanj, ki so se na novo postavila glede uporabe vrste aktiviranega bioogljja. Vendar to je raziskovanje in se je splačalo, saj sem tako pridobila nova in uporabna znanja, ki jih bom v prihodnje še kdaj lahko nadgradila z novim raziskovanjem.



6. VIRI IN LITERATURA

- 1.) Tanja Bagar. (2017). *Bioogljje*. Pridobljeno 2. april 2021 s <https://permakultura.si/article/bioogljje>
- 2) Rok Mihelič, Dušan Klinar, Nataša Belšak Šel, Klavdija Rižnar, Mativ Grojzdek, Barbara Novosel, Vid Žitko, Janvit Golob. (2019). Trajnostna proizvodnja bioogljja in njegova uporaba za izboljšanje tal - perspektiva za slovensko kmetijstvo? *Novi izzivi v agronomiji 2019 - zbornik simpozija = proceedings of symposium : [Laško, 31. januar in 1. februar 2019]*. Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo. 2019, str. 282-288 [COBISS.SI-ID [1538111171](#)]
- 3) Eva Šorn, Neža Vengust. (2015). *Vpliv bioogljja na kaljenje semen in razvoj mladih rastlin*. Pridobljeno 15. februar 2021 s <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201504103.pdf>
- 4) Anja Vehar, Eva Prezelj (2013). *Proizvodnja in uporaba bioogljja za izboljševanje lastnosti zemlje*. Pridobljeno 16. februar 2021 s https://books.google.si/books/about/Proizvodnja_in_uporaba_bioogljja_za_izbol.html?id=xjmQnQAACAAJ&redir_esc=y
- 5) Monika Fuks, Nik Štebih. (2019). *Proizvodnja in uporaba bioogljja*. Pridobljeno 3. februar 2021 s https://books.google.si/books/about/Proizvodnja_in_uporaba_bioogljja.html?id=ziKBzQEACA AJ&redir_esc=y
- 6) Urša Žun. (2013). *Bioogljje, pozabljeno naravno bogastvo?*. Pridobljeno 11. februar 2021 s https://books.google.si/books/about/Bioogljje_pozabljeno_naravno_bogastvo.html?id=PQKFAQAACAAJ&redir_esc=y
- 7) Anja Vehar. (2012). *Uporaba bioogljja v poljedelstvu*. Pridobljeno 16. februar 2021 s <http://www.gim-idrija.si/polni-vtisov-iz-indije/>
- 8) Vid Žitko. (2018). *Vpliv bioogljja kot zastirke in dodatka tlem na lastnosti tal ter pridelek paprike (*Capsicum annum* L.) in česna (*Allium sativum* L.)*. Pridobljeno 2. april 2021 s <https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=103372&lang=slv>
- 9) Bojca Januš. (2013). *Permakulturni vrt*. 1. ponatis – Ljubljana: Založba Kmečki glas
- 10) Tomaž Žižek. (2017). *Trajnostna proizvodnja bio - ogljja in varnost njegove uporabe v kmetijstvu*. Pridobljeno 3. april 2021 s <https://repositorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=95051&lang=slv>
- 11) Peter Horvat. (2019). *Vpliv bioogljja na kakovost tal in možnosti uporabe v gozdarstvu*. Pridobljeno s 3. april https://books.google.si/books/about/Vpliv_bioogljja_na_kakovost_tal_in_mo%C5%BEno.html?id=e885zQEACA AJ&redir_esc=y



12) Lidija Turk, Anamarija Slabe, Jožica Fabjan. (2018). *Kompostiranje za šole, vrtce in gospodinjstva*. Inštitut za trajnostni razvoj - e-publikacija, Ljubljana, 2018. Pridobljeno 4. april 2021 s <http://www.itr.si/wp-content/uploads/2019/02/Kompostiranje-gradivo-kon%C4%8Dna.pdf>

13) Vid Jug. (2015). *Pregled in primerjava metod testiranja strupenosti na modelu izbranih kopenskih in vodnih nevretenčarjev*. Pridobljeno s 6. april 2021 s <https://plus-ul.si.cobiss.net/opac7/bib/14479767>

14) Andreja Šekoranja (2008). *Izogibalni test z deževniki vrste Eisenia fetida Savigny kot indikator onesnaženosti tal s svincem, cinkom in kadmijem*. Pridobljeno s 6. april 2021 s <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=580&lang=slv>

15) Metka Vidic. (2012). Vpliv prekomernega gnojenja in slanosti tal na fotosintetsko učinkovitost lončnice. Pridobljeno 2. april 2021 s <http://docplayer.si/179072752-Univerza-v-mariboru-fakulteta-za-naravoslovje-in-matematiko-oddelek-za-biologijo-diplomsko-delo-metka-vidic.html>

16) Marko Breznik. (2015). *Vpliv različnih načinov oskrbe vinogradnih tal na populacijo deževnikov*. Pridobljeno s 8. april 2021 s <https://core.ac.uk/download/pdf/67596172.pdf>



7. PRILOGE

Priloga A: Sestava komposta, proizvajalec Slovenija

Priloga B: Sestava organskega konjskega komposta, proizvajalec Slovenija

Priloga C: Analiza aktiviranega biooglja s kompostom, proizvajalec Slovenija



Priloga A: Sestava komposta, proizvajalec Slovenija

Sestava komposta 1. kakovosti:

- celotni dušik 2-4 mg/kg s.s.,
- celotni fosfor 10-16 g/kg s.s.,
- celotni kalij 18-24 g/kg s.s.,
- magnezij (MgO) 8-16 g/kg s.s.,
- pH: 7-9.



Priloga B: Sestava organskega konjskega komposta, proizvajalec Slovenija

Sestava organskega konjskega komposta:

- celokupni dušik brez amoniaka (N) 1,2 %,
- celokupni fosfor (P) 0,27 %,
- celokupni kalij (K) 0,58 %,
- celokupni magnezij (Mg) 0,44 %,
- pH 7,5.



Priloga C: Sestava in analiza aktiviranega biooglja s kompostom (proizvajalec, Slovenija)

❖ Sestava aktiviranega biooglja s kompostom:

- biooglje,
- kompost,
- učinkoviti mikroorganizmi,
- kamena moka.

❖ Analiza aktiviranega biooglja s kompostom:

ANALIZA AKTIVIRANEGA BIOOGLJA (proizvajalec, Slovenija)										
ELEMENT	SLEPA	1. PAR. [mg/l]	2. PAR. [mg/l]	1. PAR. [mg/l]	2. PAR. [mg/l]	POV. [mg/kg]	POV. [mg/kg s.s.]	ELEMENT 2	Preračun	
masa	slepa	2,8908	2,9108							
Ca	0,031	2184	2038	75548,95	70014,05	72781,5	77443,60	Ca	10,83	CaO
P	0,203	104,74	79,48	3616,196	2723,547	3169,871	3372,92	P	7727,36	P2O5
K	0,107	313	244,4	10823,75	8392,641	9608,196	10223,66	K	12319,51	K2O
Cu	0,007	0,947	1,459	32,51695	49,88319	41,20007	43,84	Cu		
Cr	0	0,447	0,556	15,46285	19,10128	17,28206	18,39	Cr		
Zn	0	6,56	5,71	226,9268	196,166	211,5464	225,10	Zn		
Cd	0	0,053	0,05	1,833403	1,717741	1,775572	1,89	Cd		
Mg	0	229,3	198,9	7932,06	6833,173	7382,617	7855,52	Mg		
Ni	0	0,291	0,379	10,06642	13,02048	11,54345	12,28	Ni		
Pb	0	0,443	0,575	15,32448	19,75402	17,53925	18,66	Pb		
Hg	0,008	0,025	0,025	0,588073	0,584032	0,586052	0,62	Hg		
pH							9,41	pH		
celotni N							1,51%	celotni N		
celotni C							37,21%	celotni C		
H							1,56%	H		
s.s.							93,98%	s.s.		
voda							6,02%	voda		
TOC							35,73%	TOC		
PAH							21,03mg/kg s.s.	PAH		

* analizo je izvedel zunanji akreditirani laboratorij

Skladnost vsebnosti elementov se preverja po Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, št. [99/13](#), [56/15](#) in [56/18](#)), Priloga 4 – Kakovostni razredi komposta ali digestata.



Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, št. [99/13](#), [56/15](#) in [56/18](#)), Priloga 4 – Kakovostni razredi komposta ali digestata:

Tabela 1: Mejne vrednosti parametrov za uvrstitev komposta v kakovostni razred

Parameter	Enota	mejne vrednosti za kompost	
		1. kakovostni razred	2. kakovostni razred
kadmij (Cd)	[mg/kg] s.s.	1,5	3
celotni krom (Cr)	[mg/kg] s.s.	100	250
baker (Cu)	[mg/kg] s.s.	100	500
živo srebro (Hg)	[mg/kg] s.s.	1	3
nikelj (Ni)	[mg/kg] s.s.	50	100
svinec (Pb)	[mg/kg] s.s.	120	200
cink (Zn)	[mg/kg] s.s.	400	1800
policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH ₁₆)*	[mg/kg] s.s.	6	6
poliklorirani bifenili (PCB ₇)**	[mg/kg] s.s.	0,2	1
organska snov	% mase s.s.	> 15	> 15
biološka stabilnost (AT ₄)	[mg O ₂ /g] s.s.	< 15	< 15
semena in vegetativni reproduktivni deli plevela	[št./l]	≤ 2	≤ 2
določevanje učinka izboljševalcev tal in rastnih substratov na kalitev in rast rastlin	[%]	15 % m/m ali 25 % (v/v) komposta: sveže rastlinske mase (SRM): ≥ 100% od kontrolnega substrata, Kaljivost: ≥ 95%, Zamik kaljivosti: 0 dni 30 % m/m ali 50 % v/v komposta: SRM: ≥ 90% od kontrolnega substrata, Kaljivost: ≥ 90%, Zamik kaljivosti: 0 dni	/
trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2 mm	[%] mase s.s.	< 0,5	< 2
mineralni trdni delci, večji od 5 mm	[%] mase s.s.	< 5	< 5
Salmonella	[odsotnost v 25 g] sveže snovi	ni najdeno:0	ni najdeno:0
Escherichia coli	[CFU ali MNP/1 g] sveže snovi	1000	1000

***(PAH₁₆) je vsota parametrov:** naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo[a]antracen, krizen, benzo[b]fluoranten, benzo[k]fluoranten, benzo[a]piren, indeno[1,2,3-cd]piren, dibenzo[a,h]antracen in benzo[g,h,i]perilen

****(PCB₇) je vsota parametrov:** 2,4,4'-triklorobifenil (PCB-28), 2,2',5,5'-tetraklorobifenil (PCB-52), 2,2',4,5,5'-pentaklorobifenil (PCB-101), 2,3',4,4',5-pentaklorobifenil (PCB-118), 2,2',3,4,4',5'-heksaklorobifenil (PCB-138), 2,2',4,4',5,5'-heksaklorobifenil (PCB-153) in 2,2',3,4,4',5,5'-heptaklorobifenil (PCB-180)

