

## Laidunten tuottavuuden lisääminen aerobisesti kompostoidun lannan avulla (mikrobiomi- ja ravinteiden kierron palauttaminen)

---

### Tiivistelmä

Maaperän mikro-organismeilla on perustavanlaatuinen rooli ravinteiden kierrossa, maaperän rakenteen ylläpitämisessä sekä kasvien kasvun ja vastustuskyvyn tukemisessa. Tavanomaisesti hoidetuilla laitumilla (maanmuokkaus, mineraalilannoitteiden ja rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö) luontaisesti esiintyvät mikro-organismit eivät voi selviytyä eivätkä näin ollen ylläpitää edellä mainittuja toimintoja. Tulevaisuuden maanviljelijät -hankkeessa kaudella 2021-2022 tehdyssä laidunkokeessa tutkittiin mitä vaikutuksia maaperän mikro-organismikannan lisäämisestä on tiivistyneeseen, tavanomaisesti hoidettuun laidunmaahan. Laidunmaan mikro-organismikantaa lisättiin käyttämällä aerobista termofiilistä kompostia. Tuotettu komposti ja käytetyt maaperäkäsittelyt tehtiin Soil Food Web -menetelmän mukaisesti. Laidunalueen koalaa käsiteltiin bioaktiivisella kompostiuutteella muutaman viikon välein koko kauden ajan ja maaperänäytteet arvioitiin säännöllisesti.

Mikrobiologisen arvioinnin tulokset molempien kausien lopussa osoittivat, että kompostiuute muutti käsitellyn lohkon mikrobiologista profiilia verrattuna vertailulohkoon. Bioaktiivinen kompostiuute inokuloi, eli vei maaperään mikro-organismeja, jotka puuttuivat ravintoverkosta. Bakteerien biomassa maaperässä väheni, mikä osoittaa, että bakteerien saalistajien, alkueläinten ja sukkulamatojen inokulaatio hallitsi niiden määrää ja lisäsi ravinteiden kierron tehokkuutta. Maaperän sienibiomassa kasvoi tasaisesti jokaisen kompostiuutelevityksen myötä. Vaikka biomassa muuttui, useimpien mikro-organismien funktionaalisten ryhmien määrät eivät saavuttaneet toivottuja arvoja tuottavien laitumien ekologisen sukkessiovaiheen kannalta. Tarvitaan siis lisää toimenpiteitä ja edistymisen seuranta tulevinä vuosina.

## 1. Johdanto

### 1.1. Maaperän ekologia ja sen merkitys maataloudessa

Maaperän ravintoverkko muodostaa maaperän ekosysteemin, joka koostuu maaperässä elävistä mikrokooppisista organismeista. Nämä organismit suorittavat maaperän monimutkaisia biokemiallisia toimintoja, kuten ravinteiden kiertoa, ylläpitävät maaperän rakennetta ja tukevat kasvien kasvua ja terveyttä. [8,9] Maaperän eliöiden eri trofiatasojen vuorovaikutus synnyttää ravinteiden kiertoa: saprofyytit hajottavat orgaanista ainesta ja vapauttavat siten ravinteita liukoisessa, kasvien käytettävissä olevassa muodossa. Lisäksi erikoistuneet bakteeri- ja sienilajit "louhivat" erilaisia mineraaleja maaperän stabiilien kivennäisainesten (savi, siltti, hiekka...) kiderakenteista, jolloin nämä mineraalit ovat kasvien käytettävissä.

Korkeammat trofiatasot (alkueläimet, sukkulamadot, niveljalkaiset) hyödyntävät bakteereja ja sieniä sekä erittävät ravinteita, jotka ovat sitten kasvien käytettävissä. Kasvit vapauttavat sokeryhdisteiden muodossa olevia eritteitä, joita mikro-organismit käyttävät ravinnokseen. Näin ollen mikro-organismien toiminta on tiheintä ritsosfäärissä, jossa ravinteiden kierto ja maan rakenteen ylläpitäminen on tehokkainta [7].

Ekologisen sukkession eri vaiheita seuraa maanalainen sukkessio, joka heijastuu ensisijaisesti sienien ja bakteerien biomassan suhteessa. [6] Myös maaperän mikro-organismien funktionaalisten ryhmien määrät ja monimuotoisuus vaihtelevat eri sukkessiovaiheissa. Tämä oli lähtökohta laidunkokeessa, sillä tuottavan laitumen sukkessiovaiheessa on määritetty halutut vaihteluvälit bakteerien (135 - 1350 µg/g) ja sienten (135 - 1350 µg/g) biomassan, niiden suhteen (F:B ≈ 0.75 - 1,0) sekä alkueläinten (> 50 000 /g) ja funktionaalisten sukkulamatojen ryhmien lukumäärät (bakteeri-, sieni- ja saalistussukkulamadot, ≈ 100/g) grammassa maata [8].

Häiriintymättömissä maaperäjärjestelmissä biologinen monimuotoisuus ja maaperän mikro-organismien määrä on suurempi, F:B-suhde on tasapainossa ja maaperän ravintoverkko pystyy tehokkaasti suorittamaan ja ylläpitämään kaikkia ekosysteemiprosesseja. Näin ollen myös maatalousmaa hyötyy tasapainoisesta ja terveestä maaperän ravintoverkosta, joka on erottamaton osa maaperää ja jolla on perustavanlaatuinen rooli kaikkien maaperän toimintojen säätelyssä.

Maatalousmaan häiriötekijät, kuten raskas maanmuokkaus, synteettisten lannoitteiden käyttö ja erilaiset tuholaisten ja tautien torjunnan kemialliset lisäaineet, vaikuttavat kaikki negatiivisesti maaperän ravintoverkkoon. Sienet ovat herkimpiä näille häiriöille, ja siksi maatalousmaaperässä on yleensä vähän sienibiomassaa. Maaperä on bakteerien hallitsemaa, mikä kuvastaa varhaisen sukkessiovaiheen tilaa. Tämä tila tukee parhaiten varhaisen sukkessiovaiheen kasvien, eli rikkakasvien, kasvua. Lisäksi sienet vastaavat myös maaperän aggregaattien muodostamisesta, jotka ovat peruselementtejä maaperän rakenteen muodostamisessa ja ylläpitämisessä. Sieniyhteisöjen puute johtaa muiden vaikutusten ohella huonoon maaperän rakenteeseen, josta monet maatalousmaat kärsivät [8].

Lisäksi tällaisessa tilassa alkueläinyhteisöt ja hyödyllisten sukkulamatojen määrä maaperässä vähenee tai ne häviävät kokonaan. Tämä taas haittaa oleellisesti ravinteiden kiertoa ja maaperän hyvinvointia.

## 1.2. Tavoite

Kokeen tavoitteena oli siis dokumentoida aerobisesti hajonneen bioaktiivisen kompostin ja kompostiuutteiden vaikutus tavanomaisesti hoidettuun laidunmaahan Soil Food Web -instituutin kehittämää menetelmää hyödyntäen.

Kokeessa käytetyllä biologisella maaperänhoidolla pyrittiin korjaamaan mikrobiologinen epätasapaino istuttamalla maaperään järjestelmästä puuttuvia mikrobiyhteisöjä, erityisesti sienien ja bakteerien välistä suhdetta tasapainottamaan. Tämä tarkoitti bakteerien biomassan vähentämistä istuttamalla maaperään niiden saalistajia (alkueläimiä ja sukkulamatoja) ja lisäämällä sienten biomassaa. Lisäksi tavoitteena oli lisätä alkueläinten (ameebat ja siimaeläimet) ja hyödyllisten sukkulamatojen (bakteereja ja sieniä syövät sukkulamatot) toiminnallisten ryhmien lukumäärää maaperässä, jotta ravinteiden kierto tehostuisi.

## 1.3. Biologinen maaperän hoito - maaperän ravintoverkkomenetelmä (Soil Food Web)

Tohtori **Elaine Inghamin** Soil Food Web -instituutin kehittämässä Soil Food Web -menetelmässä käytetään aerobista termofiilistä kompostia nimeltä BioComplete Compost™ ja sen nesteitä tasapainottamaan maaperän mikrobiologista tilaa ja sen toimintoja. Tämä menetelmä on osoittautunut tehokkaaksi maaperän tilanteen, kasvien kasvun ja ravinnetiheyden parantamisessa jopa yhden kasvukauden aikana [13].

Maanparannusaineena käytettävä komposti on aerobisesti hajonnut, jolloin kaikki mahdolliset rikkaruohot ja taudinaiheuttajat ovat steriloituneet kompostoinnin termofiilisessä vaiheessa. Aerobinen hajoamisprosessi sekä erityyppisten raaka-aineiden monimuotoisuus ja tasapaino varmistavat, että tuloksena on erittäin monipuolinen maanparannusaine, jossa on runsaasti hyödyllisiä aerobisia maaperän mikro-organismeja. Suurin osa bakteerien ja sienten käyttämistä ravintoraaka-aineista varastoituu bakteerien ja sienten elimistöön, mikä tarkoittaa, että komposti on täysin hajonnutta, ravinteikasta ja tasapainoista orgaanista ainesta. Siinä ei ole vaarallisia määriä liukoisia ravinteita, mutta runsaasti kaikkia funktionaalisia eliöryhmiä. Kompostin ja kompostista johdettujen nesteiden on täytettävä eri funktionaalisten eliöryhmien vähimmäisvaatimukset. Kompostin laatua käsitellään tarkemmin menetelmiä koskevassa kappaleessa.

## 1.4. Laitumen lähtötilanne

Kokeen laidun on noin 3000 m<sup>2</sup> :n suuruinen ja on osa suurempaa AhlmanEdun laidunjärjestelmää (8 Ha), jota laidunnetaan säännöllisesti kauden aikana toukokuun puolivälistä syyskuun puoliväliin. Koealue on rakenteeltaan hiuesavi [15].

Tämä alue toimii toisinaan hiehojen kesälaitumena. Lehmät laidunsivat siellä kolme kertaa kaudella 2022 useita päiviä kerrallaan (3-7), mikä voi aiheuttaa lisärasitusta kasveille ja maaperälle.

Kyseistä laidunalueetta on hoidettu perinteisesti vuosikymmeniä; sitä on lannoitettu säännöllisesti mineraalilannoitteilla paikallisen maaperäanalyysiviranomaisen suosittelemilla määrillä. Vuodesta 2021 lähtien aluetta ei kuitenkaan ole lannoitettu. Koe tehtiin siksi lannoittamattomalla laitumella.

Alkuperäinen tiivistymisen arviointi osoitti, että noin 15 cm:n syvyydessä on 20 baarin tiivistymisaste, ja tällaisessa tiivistymisasteessa juuret eivät voi kasvaa. Tiivistymisestä johtuva maaperän huokoisuuden ja läpäisevyyden väheneminen on johtanut laitumen heikkoon kasvuun.

Lohko uudistettiin vuonna 2014, jolloin sitä muokattiin ja se kylvettiin uudelleen tavanomaisella nurmuseoksella. Laitumella vallitsevia kasveja olivat timotei ja englanninraiheinä. Vaikka laidun näytti ensisilmäyksellä vihreältä ja rehevältä, lähempää tarkasteltaessa näki, että siinä on pieniä paljaita maa-alueita, joissa voisi helposti kasvaa kasveja.

Alustava mikrobiologinen arviointi (taulukko 1) osoitti tavanomaisesti hoidetun laitumen merkkejä: maaperä osoittautui bakteerien hallitsemaksi ja sieniä sekä alkueläimiä esiintyi hyvin vähän. Hyödyllisiä sukkulamatoja ei esiintynyt lainkaan ja juuria syövien sukkulamatojen määrä oli huomattava.

Tuottavan laitumen sukkessiovaiheessa sienien ja bakteerien biomassan suhde on tasapainossa 1:0,75 - 1. Lohkolta otettua näytettä analysoimalla arvioimme, että F:B-suhde on 1:0,03, mikä on liian alhainen siellä kasvaville kasveille.

Taulukosta 1 näemme, että sienten määrä oli toivotulla tasolla, hieman yli minimitason, mutta bakteerien määrä oli aivan liian korkea. Tämä pienentää suhdelukua. Korkea bakteerien määrä viittaa moniin asioihin, kuten hyödyllisten alkueläinten ja sukkulamatojen puutteeseen. Sukkulamadot pitävät suuren bakteeripopulaation kurissa syömällä niitä.

Hyödylliset organismit	Koelohkon alkutilanne	Tuotantolaitumen toivottu vaihteluväli
Bakteerien biomassa ( µg/g )	5825	135 - 1350 µg/g
Sienibiomassa ( µg/g )	156	135 - 1350 µg/g
Sienet Keskihajonta (%)	60 %	
S:B-suhde	<b>0,03</b>	<b>F:B ≈ 0,75 - 1,0</b>
Hyödylliset alkueläimet (nr/g )	44577	Flagellaattien ja ameebojen määrä pysyy vakaana koko kasvukauden ajan > 50 000 /g.
Alkueläinten keskihajonta (%)	136 %	
Bakteereja syövät sukkulamatot (nr/g)	0	Tarvitaan bakteerien ja sienten syöjiä sekä saalistavia sukkulamatoja (> 100/g).
Sieniä syövät sukkulamatot (nr/g )	0	
Saalistavat sukkulamatot (nr/g )	0	
Haitalliset mikro-organismit		
Oomycetes ( µg/g )	0	/
Siliat (nro/g )	0	/
Juurta syövät sukkulamadot (nr/g )	270	/

TAULUKKO 1 TONTIN MIKROBIOLOGINEN PROFIIILI, TOUKOKUU 2021

## 2. Menetelmä

### 2.1. Kokeen suunnittelu

Koe suoritettiin kahtena kautena, vuosina 2021 ja 2022. Koealaksi valittiin noin 200 m<sup>2</sup>:n suuruinen laidunala (kuva 1), joka jaettiin kahteen osaan: koe- ja vertailulohkoon (50 m<sup>2</sup>).



KUVA 1. KOELOHKO, TOUKOKUU 2021

#### 2.1.1. Kausi 2021

Kokeen alussa tehtiin alustava mikrobiologinen arviointi ja alustavat tiivistysmittaukset penetrometrillä. Ensimmäisen kauden aikana, keväällä 2021, kompostiuutetta levitettiin koealalle kolme kertaa. Tämän jälkeen tehtiin lopullinen arviointi sekä koe- että vertailulohkolta käyttäen Soil Food Web -koulun kehittämää varjoainemikroskooppista arviointimenetelmää. Bioaktiivista kompostia levitettiin koealalle noin 250 litraa ennen ensilumen tuloa lokakuussa 2021. (taulukko 2).

Päivämäärä	Toiminta	Yksityiskohdat
27.4.2021	koealan merkintä	150m <sup>2</sup> + 50m <sup>2</sup>
29.4.2021	näytteenotto, arviointi	
4.5.2021	kompostiuutteen käyttö	40l
17.5.2021	kompostiuutteen käyttö	40l
31.05.2021	kompostiuutteen käyttö	40l
12.08. 2021	näytteenotto, arviointi	
14.10. 2021	bioaktiivisen kompostin käyttö	250l

TAULUKKO 2 BIOLOGINEN SUUNNITELMA, KAUSI 2021

## 2.1.2. Kausi 2022

Alustavat mikrobiologiset analyysit tehtiin sekä koe- että vertailulohkolta kauden alussa, jotta voitiin arvioida maaperässä esiintyvien mikro-organismien eri funktionaalisten ryhmien määriä (taulukko 4). Myös tiivistymisasteet mitattiin, ja ne olivat edelleen 20 bar, mutta tänä vuonna syvemmällä, 40 cm:n tasolla.

Suurin kasvilajien monimuotoisuus havaittiin käsitellyllä lohkolta verrattuna kontrollilohkoon. (*Urtica dioica*, *Achillea millefolium*, *Taraxacum officinale*, *Aegopodium podagraria*, *Pilosella piloselloides*, *Anthriscus sylvestris*, *Veronica polita*, *Glechoma hederacea*, *Plantago media*, *Trifolium repens*).

Kompostiuutetta levitettiin kauden aikana neljä kertaa (taulukko 3) kahden viikon välein, ja kun käsittelyistä oli kulunut viikko, tehtiin mikrobiologinen arviointi muutosten seuraamiseksi. Lisäksi kauden aikana tehtiin Brix-testit kolme kertaa.

Laitumen kasvilajiston monimuotoisuuden lisäämiseksi [14] tehtiin kaksi kylvöä, joista toisessa käytettiin tavanomaista yhdeksän lajin laidunsiemenseosta, joka koostui heinäkasveista ja palkokasveista (*Phleum pratense*, *Festuca pratensis*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Trifolium ribidum*). Toisessa kylvössä käytettiin 100 g kotoperäisiä monivuotisia niittykukkia (*Centaurea jacea*, *Stellaria graminea*, *Calluna vulgaris*, *Lotus corniculatus*, *Carum Carvi*, *Rumex acetosa*, *Silene vulgaris*, *Campanula glomerata*, *Tanacetum vulgare*, *Succisa pratensis*, *Leucanthemum vulgare*, *Knautia arvensis*).

Päivämäärä	Toiminta	Yksityiskohdat
04/05/2022	kompostiuutteen levitys, tiivistymisasteen mittaus	40l
18/05/2022	näytteenotto, arviointi	
24/05/2022	kompostiuutteen levittäminen, Brix-mittaus, kylväminen	40 l, 200 ml siemeniä (9 lajia, heinäkasvit ja palkokasvit).
08/06/2022	näytteenotto, arviointi	
09/06/2022	kompostiuutteen levitys, kylvö	monivuotiset niittykukat (100g)
13/06/2022	näytteenotto, arviointi, Brix-mittaus	
15/06/2022	kompostiuutteen käyttö	40l
16/06/2022	näytteenotto, arviointi	
28/06/2022	kompostiuutteen käyttö	40l
01/07/2022	näytteenotto, arviointi	
27/07/2022	kompostiuutteen levitys, tiivistymisasteen mittaus	40l
03/08/2022	näytteenotto, arviointi, Brix-mittaus	

TAULUKKO 3 BIOLOGINEN SUUNNITELMA, KAUSI 2022

## 2.2. Varjostusmikroskopia - mikrobiologiset arvioinnit

Tässä kokeessa suoritetussa mikrobiologisessa arvioinnissa arvioitiin maaperänäytteessä olevien mikro-organismien funktionaalisten ryhmien tai niiden biomassan määrää käyttämällä yhdistelmämikroskooppia ja varjostustekniikkaa. Tätä tekniikkaa käytetään maaperä-, komposti- ja kompostinestenäytteiden mikrobiologisen koostumuksen arviointiin. Arvot ilmaistaan mikrogrammoina näytegrammaa kohti tai yksilöiden lukumäärinä näytegrammaa kohti. Näytteet otetaan maaperän ensimmäisestä 7-10 cm:n kerroksesta. Tuloksia verrataan maaperän mikro-organismien toivottuun vaihteluväliin tuottavan laitumen tietyssä sukkessiovaiheessa.

## 2.3. Bioaktiivinen komposti

"Työkalu", jolla koealan maaperään inokuloitiin maaperän mikro-organismeja, oli bioaktiivinen komposti ja siitä tehty uute. Näitä tuotettiin AhlmanEdun maatilalla termofiilisen aerobisen prosessin avulla. Ajatuksena oli kehittää maaperän ravintoverkkomenetelmän mukainen kompostiresepti ja -prosessi, joka voidaan toistaa ja skaalata eri maatilojen mittakaavaan. Kompostin resepti löytyy liitteistä. Kompostin laatu arvioitiin mikroskoopilla. Kompostissa olevien mikrobien määrät sekä Soil Food Web -menetelmällä määritetyt vähimmäisarvot on esitetty taulukossa 4.

Toiminnallinen ryhmä	Vähimmäisarvot	Komposti 2021	Komposti 2022
Bakteerit	135 µg/g	1939 µg/g	1400 µg/g
Sienet	135 µg/g	363 µg/g	495 µg/g
Alkueläimet (ameebat ja siimaeläimet)	10000/g	226000/g	1300000/g
F:B-suhde	0.03	0.25	0.03
Sukkulamadot	100/g	1000/g	1400/g

TAULUKKO 4 BIOAKTIIVISEN KOMPOSTIN BIOLOGINEN ARVIOINTI, FUNKTIONAALISET RYHMÄT/GRAMMA, F:B-BIOMASSAN SUHDE.

## 2.4. Brix-mittaukset

Brix-arvot osoittavat sokerin prosenttiosuuden kasvin solunesteessä, ja ne mitataan yksinkertaisella refraktometrillä. Sokeripitoisuus osoittaa kasvien fotosynteesin tehokkuuden. Yleisesti ottaen noin 12 prosentin sokeripitoisuus on optimaalinen arvo laitumella kasvaville kasveille. Alempi arvo osoittaa, että kasvi on stressaantunut eikä pysty toimimaan kunnolla.

Refraktometriä (jäljempänä lueteltu merkki) käytettiin koealalla olevien kasvien fotosynteesin tehokkuuden mittaamiseen ja sen vertaamiseen kontrollialalla olevien kasvien fotosynteesin tehokkuuteen.

## 2.5. Käytetyt materiaalit ja tarvikkeet:

- 400 µm:n reikiä sisältävä verkkopussi kompostin uutamista varten.
- iScope trinokulaarinen yhdistelmämikroskooppi IS.1153-PLi
- Mikroskooppi lasit 25x76x1 mm
- peitinlasit 18 mm x 18 mm, paksuus 0,17 mm.
- Koeputket 10 ml, kartiomainen pohja, muovia, ruuvikorkki
- Pipetit 3 ml:n mittapipetit, tilavuus 7 ml, 1/2 ml:n asteikko, 155 mm
- ATC-refraktometri
- Wile penetrometri
- Naturcom Pihvilaidunseos laitumen siemenseos
- Suomen niityt - monivuotinen mesiniitty - kotoperäiset monivuotiset niittykasvit



### 3. Tulokset ja päätelmät

#### 3.1. Kausi 2021

Kolmen kompostiuutteen levityksen jälkeen koe- ja vertailulohkon tilat erosivat merkittävästi toisistaan (taulukko 5). Vain kolmessa kuukaudessa mikrobiologinen profiili oli muuttunut merkittävästi, ja vaikka lukumäärät eivät saavuttaneet toivottua tasoa kaikkien funktionaalisten organismiryhmien osalta (lukuun ottamatta sienibiomassaa), havaittu muutos oli kuitenkin lupaava ja osoitti positiivista suuntausta maaperän kunnon kehityksessä. Myös vertailulohkolla sienibiomassa kasvoi, mutta samalla myös bakteerien biomassa kasvoi dramaattisesti, jolloin maaperän F:B-biomassasuhde jäi hyvin alhaiseksi (0,003:1). Se, että juuria syöviä sukkulamatoja havaittiin kauden lopussa vertailulohkolla ja että niitä ei ollut havaittu koelohkolla, osoittaa, että hyötyeliöiden istuttaminen teki olosuhteet epäsuotuisiksi juuria syövien sukkulamatojen esiintymiselle (anaerobiset olosuhteet, niiden saalistajien puute).

Kausi 2021				
Hyödylliset organismit	Koelohko alkutilanne	Koelohko lopputilan-ne	Valvontasuunnitelman lopputila	Tuotantolaitu- men toivottu vaihteluväli
Bakteerien biomassa ( $\mu\text{g/g}$ )	5825	7888	9771	135 - 1350 $\mu\text{g/g}$
Sienibiomassa ( $\mu\text{g/g}$ )	156	506	227	135 - 1350 $\mu\text{g/g}$
Sienet Keskihajonta (%)	60 %	96 %	131 %	
S:B Suhde	<b>0,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,003</b>	<b>F:B <math>\approx</math> 0,75 - 1,0</b>
Hyödylliset alkueläimet (nr/g)	44577	49104	31177	Siimaeläinten ja ameebojen määrä pysyy vakaana koko kasvukauden ajan > 50 000 /g.
Alkueläinten keskihajonta (%)	136 %	122 %	136 %	
Bakteereja syövät sukkulamatot (nr/g)	0	360	0	
Sieniä syövät sukkulamatot (nr/g)	0	0	0	
Saalistavat sukkulamatot (nr/g)	0	0	0	Tarvitaan bakteerien ja sienten syöjiä sekä saalistavia sukkulamatoja.
Haitalliset mikro-organismit				
Oomycetes ( $\mu\text{g/g}$ )	0	0	0	/
Ripsieläimet (nro/g)	0	0	0	/
Juurta syövät sukkulamadot (nr/g)	270	0	200	/

TAULUKKO 5 MIKROBIOLOGISTEN ARVIOINTIEN TULOKSET ALKU- JA LOPPUTILANTEESSA, KAUSI 2021.

### 3.2. Kausi 2022

Vuoden 2022 kasvukaudella oli joitakin kuivia jaksoja, jotka saattoivat vaikuttaa huonorakenteiseen laidunmaahan, jonka vedenläpäisevyys ei ole hyvä. Maaperä muuttui hyvin kuivaksi ja kovaksi. Näinä kuivina jaksoina tiivistymisarvot palasivat alkuperäisen 20 barin tasolle lähellä pintaa (10-15 cm), vaikka maan tiivistymisen alkumittaukset olivat lupaavia (20 bar noin 40 cm syvyydessä).

Komposti levitettiin syksyllä 2021, ja se oli pääosin hajonnut kasvukauden alussa. Maaperässä saattoi havaita jonkin verran kosteutta. Heti lumen sulamisen ja maan kuivumisen jälkeen alkoi kuitenkin aurinkoinen ja kuiva jakso, jonka aikana kokeen vaikutukset maan rakenteeseen ja maaperän mikro-organismeihin alkoivat näkyä.

Kausi 2022					
Hyödylliset organismit	Koelohko alkutilanne	Koelohko lopputilanne	vertailulohko alkutilanne	Vertailulohko lopputilanne	Haluttu alue, tuottava laidun
Bakteerien biomassa (µg/g)	8013	5550	16420	13160	135 - 1350 µg/g
Sienibiomassa (µg/g)	184	364	48	40	135 - 1350 µg/g
Sienet Keskihajonta (%)	63 %	46 %	76 %	131 %	
F:B biomassan suhde	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	<b>0,002</b>	<b>0,003</b>	<b>F:B ≈ 0,75 - 1,0</b>
Hyödylliset alkueläimet (nr/g)	98 208	49104	ei havaittavissa	19642	Flagellaattien ja ameebojen määrä pysyy vakaana koko kasvukauden ajan > 50 000 /g.
Alkueläinten keskihajonta (%)	136 %	122 %	x	136 %	
Bakteereja syövät sukkulamadot (nr/g)	400	360	0	0	
Sieniä syövät sukkulamadot (nr/g)	400	0	0	0	
Saalistavat sukkulamadot (nr/g)	0	0	0	0	Tarvitaan bakteerien ja sienten syöjiä sekä saalistavia sukkulamatoja.
Haitalliset mikro-organismit					
Oomycetes (µg/g)	0	0	0	0	/
Ripsieläimet (nro/g)	0	0	0	0	/
Juurta syövät sukkulamadot (nro/g)	0	0	400	200	/

TAULUKKO 6 MIKROBIOLOGISTEN ARVIOINTIEN TULOKSET ALOITUS- JA LOPPUTILANTEESSA, KESÄKAUSI 2022

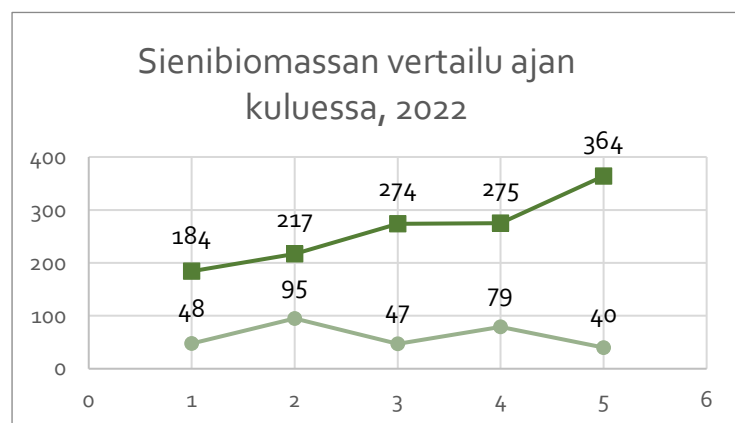
### 3.3. Koe- ja vertailulohko, kausi 2022

Taulukossa 6 esitetään sekä koe- että vertailulohkon (2022) mikrobiologiset alku- ja loppuarviot. Taulukosta käy selvästi ilmi, että koealan mikrobiologinen profiili oli muuttunut parempaan suuntaan useimpien funktionaalisten eliöryhmien osalta. Bakteerien biomassan määrä oli kuitenkin erittäin suuri, sienibiomassaa ei ollut havaittavissa juuri lainkaan, kuten ei alkueläimiä ja sukkulamatoja, lukuun ottamatta ei-toivottuja, juurta syöviä sukkulamatoja, joita oli havaittavissa merkittäviä määriä koko kauden ajan.

#### 3.3.1. Sienet

Toukokuun 2022 alussa otettujen maanäytteiden alustava arviointi osoitti sienibiomassan määrän vähentyneen (184( $\mu\text{g/g}$ ), 63 % keskihajonta) verrattuna edellisen kauden lopputilanteeseen (506( $\mu\text{g/g}$ ), 96 % keskihajonta), mikä johtuu sienibiomassan määrän luonnollisesta vaihtelusta. Vaihtelu lisääntyy kauden loppua kohti ja on pienempi aktiivisen kauden alussa. Jos tilannetta verrataan viime kauden vastaavan ajan arviointituloksiin, tilanne näytti lupaavammalta: sienibiomassa oli aluksi suurempi (alhaisemmalla STD-%:lla) kuin viime vuoden vastaavana ajanjaksona arvioitu biomassa.

Lisäksi sienibiomassa (kaavio 1) kasvoi koko kauden ajan tasaisesti (tummanvihreä) ja sen määrä oli paljon suurempi kuin vertailulohkolla (vaaleanvihreä viiva). Se oli toivotulla alueella tai sukkessiovaiheessa (135 - 1350  $\mu\text{g/g}$ ).

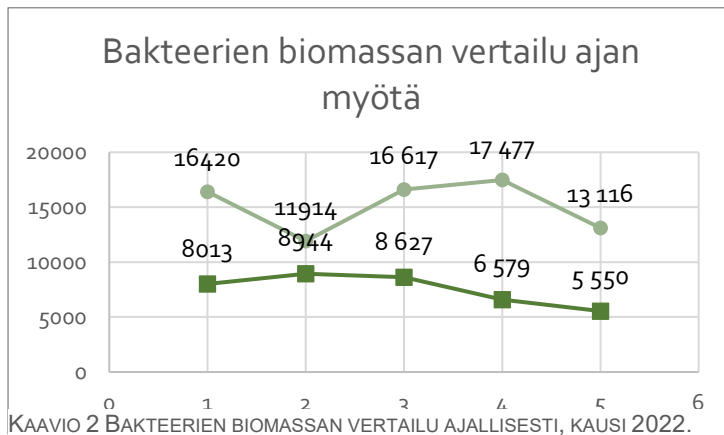


KAAVIO 1 SIENIBIOMASSAN VERTAILU AJAN FUNKTIONA, KAUSI 2022

### 3.3.2. Bakteerit

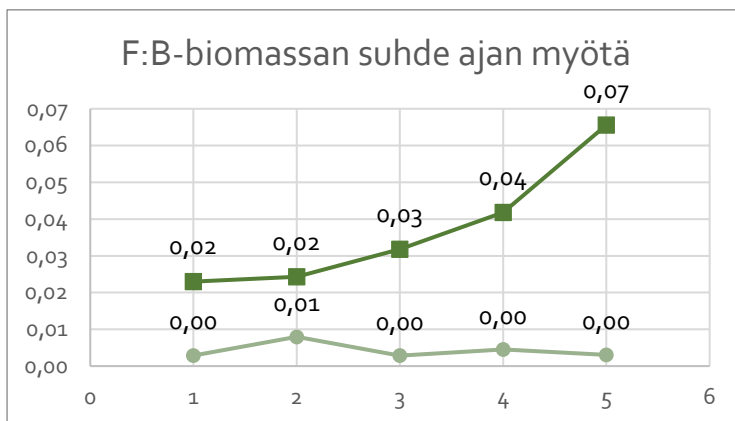
Vaikka bakteerien biomassa olikin liian korkea tämän sukkessiovaiheen toivotulle vaihteluvälille (135-1350 µg/g), se oli silti pienempi koko kauden ajan koealalla (kaavio 2, tummanvihreä viiva) ja laski tasaisesti koko kauden ajan.

Tämä osoittaa, että inokuloidut bakteerisaalistajat ovat odotetusti tehokkaita niiden määrän hallinnassa. Kontrollilohkolla bakteerien biomassan määrä on erittäin suuri koko kauden ajan.



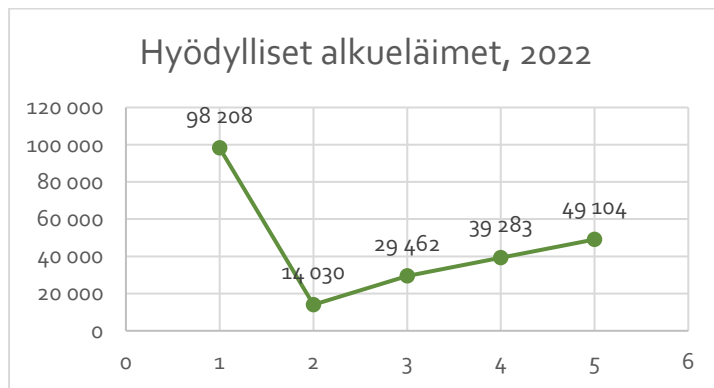
### 3.3.3. F:B biomassan suhde

Samoin F:B-biomassasuhteen arvot kasvoivat koko kauden ajan (kaavio 3), mutta vaikka sienibiomassa oli halutulla alueella, bakteerien biomassa oli edelleen liian suuri, jotta F:B-biomassasuhteeksi saavuttanut halutun alueen 0,75-1,0. Valvontalohko osoittaa bakteerien ylivaltaa.



### 3.3.4. Alkueläimet

Tuottavan laitumen sukkessiovaiheen toivotun vaihteluvälin tulisi olla hyödyllisten alkueläinten (ameebojen ja siimaeläinten) osalta tasainen ja vakaa koko kasvukauden ajan. Näin ei ollut tällä lohkolla. Vaikka alkueläinten määrä oli aina suurempi kuin vertailulohkolla (jossa alkueläimiä ei joissakin arvioinneissa ollut havaittavissa), niiden määrä jostain syystä laski jyrkästi ensimmäisen arvioinnin jälkeen. Näytteessä havaittiin paljon lepotilassa olevia alkueläimiä, mikä osoittaa, että maaperän olosuhteet eivät olleet suotuisat alkueläinten menestymiselle. Niiden määrään vaikutti todennäköisesti kuiva jakso (kaavio 4). Sen jälkeen niiden määrä elpyi hitaasti.



KAAVIO 4 HYÖTYELÄINTEN ALKUELÄINTEN KOEALA, 2022.

### 3.3.5. Sukkulamadot

Alkueläinten tavoin myös hyödylliset sukkulamadot ovat herkkiä maaperän kosteuden vaihteluille. Bakteereja syöviä sukkulamatoja havaittiin koealalla koko kauden ajan tasainen määrä, kun taas sieniä syöviä sukkulamatoja havaittiin kauden alussa, eikä enää sen jälkeen. Saalistavia sukkulamatoja ei havaittu. Kontrollilohkolla ei ollut lainkaan hyödyllisiä sukkulamatoja, mutta haitallisia, juuria syöviä sukkulamatoja esiintyi.

### 3.3.6. Brix-arvot

Brix-tasojen vertailu kahteen otteeseen osoitti kasvien sokeripitoisuuden eron, mikä tarkoittaa, että kasvien fotosynteesin tehokkuus oli suurempi koealalla. Tämä johtuu maaperän ravintoverkon korkeammasta ravinteiden kierrätyspotentiaalista.

Päivämäärä	Koeala	Valvontalohko	keskimääräinen Brix-arvo kolmen mittauksen välillä
24/05/2022	10	6	
13/06/2022	12	7	
03/08/2022	8	8	

TAULUKKO 7 BRIX-ARVOJEN KESKIARVOT MOLEMMILLA LOHKOILLA KOLMESTI MITATTUNA VUONNA 2022.

#### 4. Pöätelmä

Mikro-organismien määrä oli suurin toisen kasvukauden alussa. Tällöin maaperässä oli riittävästi kosteutta ja kompostin orgaanista ainesta ennen ensimmäisen kasvukauden loppua.

Mikrobiologinen maaperäprofiili muuttui biokompostiuutteen käytön myötä ja joitakin myönteisiä merkkejä havaittiin (brix-arvot, bakteerien lukumäärän lasku, bakteereita syövien sukkulamatojen onnistunut inokulaatio...). Tulokset osoittavat kuitenkin edelleen, että hyödyllisten alkueläinten määrä oli riittämätön, bakteerien biomassan määrä oli liian suuri ja bakteerien ja sienien biomassan välinen suhde ei ollut tasapainossa tuottavan laidunmaan kannalta. Jotta ravinteiden kierrätys toimisi tehokkaasti, meidän on tehtävä lisää levityksiä puuttuvien organismien lukumäärän lisäämiseksi ja sieni- ja bakteeribiomassan suhteen tasapainottamiseksi. Edistymistä seurataan tulevina vuosina.

Brix-tasojen vertailu kahteen otteeseen osoitti sokeripitoisuuden eron, mikä tarkoittaa, että kasvien fotosynteesin tehokkuus oli suurempi koealalla. Tämä johtuu maaperän ravintoverkon korkeammasta ravinteiden kierrätyspotentiaalista.

Vaikka tiivistymisasteet muuttuivat toisen kasvukauden alussa, tiivistymisasteet olivat edelleen liian korkeita, eikä bioaktiivisen kompostiuutteen ja bioaktiivisen kompostin käyttö pystynyt poistamaan tiivistymistä.

Vaikka bioaktiivinen termofiilinen komposti on tehokas tapa inokuloida laidunmaata maaperän mikro-organismeilla, tämän voimakkaasti tiivistetyn maan tiivistymisongelma edellyttää tiivistettyjen kerrosten mekaanista murskaamista, ilmaamista, ja mikro-organismien levittämistä suoraan ilmattuun maaperään. Toinen ongelma, joka haittaa laitumen uudistumista, on se, että sitä käytetään liikaa pitkiä ajanjaksoja, kun hiehot laiduntavat useita päiviä kerrallaan.

Bioaktiivinen komposti on kuitenkin osoittautunut hyväksi, turvallisiksi ja kustannustehokkaaksi korvikkeeksi mineraalilannoitteille, joilla on arvaamattomia seurauksia maaperän kuntoon.

## Liite 1:

Kuvassa sinisellä ympyröity paljas alue (toukokuu 2021) on ollut paljaana ja tiivistyneenä jo vuosia. Tälle paikalle tuodaan joka kausi vesisäiliö, jotta lehmät saisivat raikasta vettä. Se oli niin voimakkaasti tiivistynyt (20 bar 1 cm:n syvyydessä!), ettei siellä kasvanut mitään.

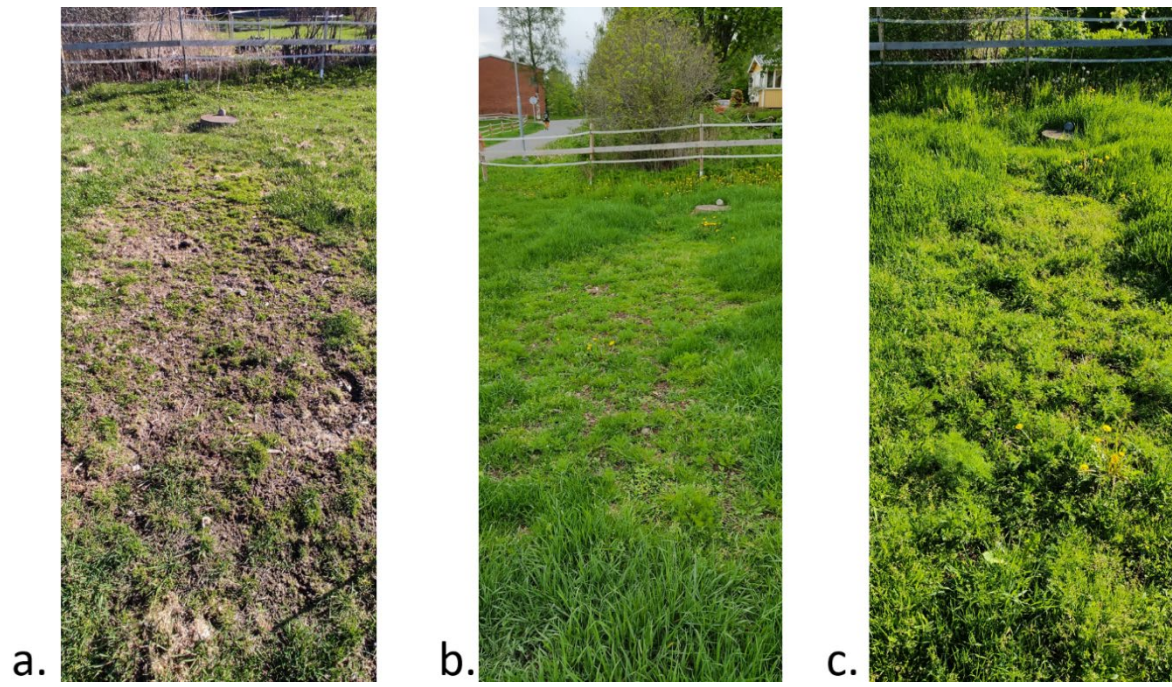


KUVA 2 PALJAS LAIKKU TONTILLA, TOUKOKUU 2021.

Aina kun koelalle levitettiin kompostiuutetta, myös tämä paljas laikku käsiteltiin. Lokakuussa 2021 sinne levitettiin myös hieman kompostia. Mikrobiologista edistymistä ei ole seurattu, ja vaikka tämä paljaan maan laikku on muodollisesti jätetty kokeen ulkopuolelle, kompostin ja kompostiuutteen levittämisen vaikutukset ovat niin dramaattisia ja näkyviä, että se on päätetty lisätä tähän raporttiin.

Seuraavissa kuvissa (kuva 3 a, b, c) esitetään paljaan laikun näkyvä kehitys koko kauden 2022 ajan. Se osoittaa selvästi, että se on alkanut edetä sukkessiovaiheiden asteikolla, kun se peittyi varhaisen sukkessiovaiheen kasveihin.

Kuvasta 3a. käy ilmi, että kauden alkupuolella paljas laikku alkoi peittyä, ja kesäkuun loppuun mennessä (kuva 3c.) koko laikku oli lähes kokonaan erilaisten itsestään lisääntyvien kasvien peitossa. Maaperä alkoi uudistua!



KUVA 3 LAITUMEN PALJAIEN LAIKKUJEN EDISTYMINEN, A. TOUKOKUUN ALKU, B. TOUKOKUUN PUOLIVÄLI, C. KESÄKUUN 2022.



Liite 2: Kompostireseptit

Kasa 2021				Kasa 2022			
<b>High-N-materiaalit</b>		<b>20l ämpäri</b>	<b>%</b>	<b>High-N-materiaalit</b>		<b>20l ämpäri</b>	<b>%</b>
<b>Tyyppi</b>	<b>Yksityiskohdat</b>			<b>Tyyppi</b>	<b>Yksityiskohdat</b>		
lehmän-lanta	50 % lehmänpetiosuudesta)	10	16.7%	lehmän-lanta	50 % lehmänpetiosuudesta)	4	10 %
<b>Korkean N-pitoisuuden omaavat materiaalit yhteensä</b>		10	16.7%	<b>Korkean N-pitoisuuden omaavat materiaalit yhteensä</b>		4	10 %
<b>Vihreät materiaalit</b>		<b>20l ämpäri</b>	<b>%</b>	<b>Vihreät materiaalit</b>		<b>20l ämpäri</b>	<b>%</b>
<b>Tyyppi</b>	<b>Yksityiskohdat</b>			<b>Tyyppi</b>	<b>Yksityiskohdat</b>		
heinä		15	25.0%	vihreät kasvit	erilaiset viljellyt ja itse lisääntyvät kasvit sekä puiden oksat ja lehdet. 20+lajiketta	12	30 %
kahvinporot		5	8.3%	<b>Vihreät materiaalit yhteensä</b>		12	30 %
<b>Vihreät materiaalit yhteensä</b>		20	33.3%				
<b>Puumateriaalit</b>		<b>20l ämpäri</b>	<b>%</b>	<b>Puumateriaalit</b>		<b>20l ämpäri</b>	<b>%</b>
<b>Tyyppi</b>	<b>Yksityiskohdat</b>			<b>Tyyppi</b>	<b>Yksityiskohdat</b>		
Turvesammal	50 % lehmänpetiosuudesta	10	16.7%	hakkeet	Useiden eri puulajien, sekä lehtipuiden että ikivihreiden, viimevuotiset hakkeet.	12	30.0%
oljet		10	20.0%	oljet	sieni-itiö silputtujen olkien seassa	6	15.0%
hakkeet		10	8.3%	kuivat lehdet		2	2.5%
<b>Puuaines yhteensä</b>		30	50.0%	turvesammal	lehmien kuivikkeet	4	10.0%
<b>Materiaalit yhteensä</b>		60	100.0%	<b>Puuaines yhteensä</b>		24	60 %
				<b>Materiaalit yhteensä</b>		40	100.0%

## 5. Viitteet

### Artikkelit:

1. Ingham, E.R, Seiter, S., and R.D. William. (1999). Dynamics of soil fungal and bacterial biomass in a temperate climate alley cropping system. *Appl. Soil Ecol.*, 12 (2): 139-147
2. Ingham, E.R. (1998). Soil organisms and their role in healthy turf. *Turf Grass Trends*, 7:1-6.
3. Rygielwicz, P.T., E.R. Ingham. (1999). Soil Biology and Ecology. *Environmental Geology*, 564-568.
4. Ingham, E.R., Slaughter, M.D. (2004). The soil food web-soil and composts as living ecosystems. First International Conference Soil and Compost Eco-Biology, León, Spain
5. Rygielwicz, P.T., Monleon, V.J., Ingham, E.R., Martin, K.J., Johnson, M.G. (2010). Soil life in reconstructed ecosystems: initial soil food web responses after rebuilding a forest soil profile for a climate change experiment. *Applied Soil Ecology*, 45 (1), 26-38.
6. De Vries, Franciska T., Wallenstein, M.D., (2017). Below-ground connections underlying above-ground food production: a framework for optimizing ecological connections in the rhizosphere
7. Russell E. Ingham, J. A. Trofymow, Elaine R. Ingham, David C. Coleman. (1985). Interactions of Bacteria, Fungi and their Nematode grazers: Effects on Nutrient cycling and Plant Growth

### Kirjat:

8. Ingham, E.R. (1999). *The Soil Biology Primer*. NRCS Soil Quality Institute, USDA.
9. Coleman, D.C., Callahan, M., Crossley Jr, DA. (2020) *Fundamentals of Soil Ecology*.

### Websivut:

10. [www.soilfoodweb.com](http://www.soilfoodweb.com)
11. Light Farming: Restoring carbon, organic nitrogen and biodiversity to agricultural soils: [http://amazingcarbon.com/JONES-LightFarmingFINAL\(2018\).pdf](http://amazingcarbon.com/JONES-LightFarmingFINAL(2018).pdf)
12. Nitrogen: the double-edged sword [https://www.amazingcarbon.com/PDF/JONES%20%27Nitrogen%27%20\(21July14\).pdf](https://www.amazingcarbon.com/PDF/JONES%20%27Nitrogen%27%20(21July14).pdf)
13. From Near Bankruptcy to Abundance: <https://www.soilfoodweb.com/wp-content/uploads/2019/11/Dairy-Farm-Turnaround-Using-the-Soil-Food-Web.pdf>
14. Building Healthy Pasture Soils <http://www.sanmateorcd.org/wp-content/uploads/2021/03/ATTRA-BldgHealthyPastureSoils.pdf>
15. Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus [Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus \(luke.fi\)](http://www.maa- ja metsätalouden tutkimuskeskus.fi)