

Jesse Parvinen & Teppo Ala-Kasari

**HIILENSIDONTAAN TÄHTÄÄVÄN NURMISIEMENSEOKSEN SATOTASO JA
RUOKINNALLINEN LAATU LUOMUTUOTANNOSSA ETELÄ-KARJALAN ALU-
EELLA**

**HIILENSIDONTAAN TÄHTÄÄVÄN NURMISIEMENSEOKSEN SATOTASO JA
RUOKINNALLINEN LAATU LUOMUTUOTANNOSSA ETELÄ-KARJALAN ALU-
EELLA**

Jesse Parvinen & Teppo Ala-Kasari
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijät: Jesse Parvinen & Teppo Ala-Kasari

Opinnäytetyön nimi: Hiilensidontaan tähtäävän nurmuseoksen satotaso ja ruokinnallinen laatu luomutuotannossa Etelä-Karjalan alueella

Työn ohjaaja: Raija Suomela

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 55

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hiilensidontaan tähtäävän nurmuseoksen satotaso ja ruokinnallinen laatu luomutuotannossa Etelä-Karjalan alueella. Opinnäytetyötä varten perustettiin kenttäkoe Mäkitalon tilalle Joutsenoon. Kenttäkokeissa testattiin hiilinumuseoksen soveltuvuutta luonnonmukaiseen säilörehuntuotantoon. Kirjallisuuslähteistä ja tutkimuksista saatiin hiilinumuseoksiin ja hiiliviljelyyn liittyviä tuloksia ja kokemuksia. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Mäkitalon tila.

Hiiliviljelyn tavoitteena on parantaa kokonaisvaltaisesti maan kasvukuntoa, lisätä luonnon monimuotoisuutta ja sitoa hiiltä maaperään. Uudistavan viljelyn (regenerative agriculture) toimenpiteet ovat keskeisessä roolissa peltomaan hiilensidonnassa. Opinnäytetyömme avulla pyrittiin tarjoamaan toimeksiantajalle ja muille viljelijöille tietoa hiilinumuseoksen sadon määrästä ja ruokinnallisuudesta sekä käytännön viljelykokemusta erilaisina havaintoina.

Opinnäytetyön aineisto kerättiin vuosina 2021–2022 tehdyistä kenttäkokeista. Kokeen koejäsenet olivat Retu-hiilinumiseos-kivennäismaille ja verrokkina timotei-ruokonataseos Retu-timotei-seos. Koeruuduilta korjattiin kaksi säilörehusatoa kasvukaudella 2022. Koeruuduilta mitattiin satotaso kg ka/ha/v. Ruokinnallista laatua mitattiin rehuanalysillä sekä laskemalla valkuais- ja sulava sato g/kg ka/ha/v.

Ensimmäisen sadon perusteella ruokinnallinen laatu oli kohtalainen mutta satotaso matala. Heikon satotason taustalla oli kuiva perustamisvuoden kasvukausi. Kuivuus näkyi koeruuduilla harvana kasvustona ja rikkaisuutena. Hiilinumuseoksessa erityisesti syväjuurisen sikurin kasvukyky yllätti. Toisella sadolla hiilinumuseoksesta saatu sadon määrä oli hyvä mutta laatu heikko. Toiselle sadolle kasvustoja ei lannoitettu, mikä näkyi erityisesti timotei-ruokonataseoksen koeruudulla. Toisen sadon osalta korjuuajankohdan optimointi epäonnistui, jonka vuoksi sadon laatu oli molempien seosten osalta heikko.

Yhden kasvukauden mittaisen kokeen perusteella on lähtökohtaisesti epävarmaa arvioida seoksen potentiaalia säilörehuntuotannossa. Muuttuvat sääolosuhteet, lannoitus, korjuun ajankohta ja maalaji vaikuttavat merkittävästi seoksen sadon muodostukseen.

Testauksessa hiilinumiseos tuotti suurimman kokonaissadon. Tulosta vääristää kuitenkin se, ettei timotei-ruokonataseos saanut lannoitusta toiselle sadolle, jonka vuoksi koetuloksia ei voi verrata sellaisenaan. Hiilinumiseoksessa on potentiaalia säilörehuntuotannossa, mutta siemenseoksen koostumus kannattaa tarkistaa lohko kohtaisesti ja sadon laatutavoitteiden mukaan.

Asiasanat: hiiliviljely, uudistava viljely, luomutuotanto, kenttäkoe, säilörehu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Agricultural and rural industries

Authors: Jesse Parvinen & Teppo Ala-Kasari

Title of thesis: Yield Level and Nutritional Quality of a Grass Mixture in Organic Silage Production in South Karelia Region

Supervisor: Raija Suomela

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2022

Number of pages: 55

This thesis deals with features of a grass mixture aiming at regenerative agriculture in organic silage production in South Karelia region. The material used in the thesis was collected from literature, research papers and field test. In the field tests we measured the yield level and the nutritional quality of the grass mixture. The thesis was assigned by Mäkitalo farm.

The goal in regenerative agriculture is to improve soil health and the carbon sequestration. In addition to this, the goal in a larger scale is to increase biodiversity. In this thesis, our aim was to gather experience and information about the potential of Retu-hiilinurmi-kivennäismaille grass mixture in silage production to be used in local farms.

The material used in the thesis was collected from field tests in 2021–2022. The test field was divided into two test squares. The experimental members of the experiment were Retu-hiilinurmi -kivennäismaille and Retu-timotei mixture as a control. There were sixteen different species in Retu-hiilinurmi- kivennäismaille mixture and two different species in Retu-timotei mixture. We sowed the grass mixtures in spring 2021. In the 2022 growing season, two silage crops were harvested from the test plots. We measured the yield level as kilograms dry matter per hectare per year. The most important information of nutritional quality was digestibility, energy content and NDF-fiber.

The yield level and the nutritional quality were different between the first and the second silage crop. In the first silage crop, the yield level was better in Retu-timotei than in Retu-hiilinurmi-kivennäismaille. The nutritional quality was bad in both mixtures. The yield level and the nutritional quality of the Retu-timotei were bad because of the level of fertilization was not sufficient. In the second silage crop, the yield level was good, but the nutritional quality was bad in Retu-hiilinurmi-kivennäismaille.

There was some unreliability in the results caused by the fact that we only had results from one growing season. For more reliable results, the study should be continued for a longer time. The results showed that the different mixtures need different conditions regarding fertilization, weather, and harvest time.

Keywords: regenerative agriculture, organic production, field test

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SÄILÖREHUN TUOTANTO	7
2.1	Lypsylehmän säilörehusta tarvitsemat ruokinnalliset arvot	7
2.2	Tärkeimmät nurmikasvilajit viljelyn ja ruokinnan näkökulmasta	8
2.3	Luomun erityispiirteet säilörehun tuotannossa	10
3	HIILIVILJELY	12
3.1	Käsite ja merkitys	12
3.2	Hiilinurmiseokset	13
3.2.1	Orgaaninen aines ja sen merkitys	13
3.2.2	Hiiliviisaat viljelytekniikat eloperäisillä ja kivennäismaalajeilla	15
3.2.3	Hiilimarkkinat	16
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	18
4.1	Lähtötilanteen kuvaus ja lohkon historia	19
4.2	Kokeen järjestely ja valmistelu	21
4.3	Tulosten tulkinnassa käytettävät menetelmät	24
5	TULOKSET	26
5.1	Säähavainnot	26
5.2	Sadon määrä	28
5.3	Sadon ruokinnallinen laatu	29
5.4	Sulava sato ja valkuaissato	35
5.5	Kasvustohavainnot	36
5.5.1	Kasvustojen kasvilajisuhteet, pituus ja tiheys ensimmäisessä sadonkorjuussa	36
5.5.2	Kasvustojen kasvilajisuhteet, pituus ja tiheys toisessa sadonkorjuussa	41
6	TULOSTEN TARKASTELU	45
6.1	Sadon määrä	45
6.2	Sadon ruokinnallinen laatu	47
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	49
8	POHDINTA	51
	LÄHTEET	52

1 JOHDANTO

Maatalous elää tällä hetkellä suuren muutoksen keskellä. Kriisit, kuten ilmastonmuutos, pandemia, sota ja globaalisti kiihtyvä inflaatio ajavat maataloustuottajia ahdinkoon. Nämä kriisit haastavat koko ruuantuotantojärjestelmää ja pakottavat kehittämään uusia taloudellisesti ja ekologisesti kestävämpiä toimintamalleja. Yksi tällaisista potentiaalisista toimintamalleista on uudistava viljely (*regenerative agriculture*). Uudistavassa viljelyssä otetaan kokonaisvaltaisesti huomioon maan biologinen, kemiallinen ja fysikaalinen kasvukunto. Näihin kokonaisuuksiin voidaan vaikuttaa esimerkiksi viljelemällä syväjuurisia kasveja, maksimoimalla kasvipeitteisyys ja minimoimalla maanmuokaus. (Backman ym. 2021, 50.)

Uudistavan viljelyn tavoitteena on lisätä peltomaan hiilinieluja sitomalla hiilidioksidia ilmakehästä. Tällä tavalla maatalous voi osaltaan olla mukana hidastamassa ilmaston lämpenemistä ja siitä johtuvia negatiivisia vaikutuksia ruuantuotantoon. Hiilensidonta on myös keskeisessä osassa maan hyvän kasvukunnon kannalta. Multava maaperä pidättää vettä ja ravinteita tehokkaasti ja ruokkii luonnon omia prosesseja. Onkin arvioitu, että uudistavan viljelyn avulla voidaan vähentää teollisten lannoitteiden käyttöä, mikä osaltaan tulee pienentämään maatalouden aiheuttamaa vesistö- ja ilmastokuormitusta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on testata hiilinumiseoksen ominaisuuksia säilörehuntuotannossa. Peltokokeet toteutettiin vuosina 2021–2022 Mäkitalon luomutilalla Joutsenossa Etelä-Karjalassa. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Mäkitalon tila. Työn tavoitteena on vastata kahteen tutkimuskysymykseen:

- 1) Onko viljeltävällä seoksella vaikutusta sadon määrään ja ruokinnalliseen laatuun?
- 2) Onko hiilinumiseoksella potentiaalia säilörehuntuotannossa?

2 SÄILÖREHUN TUOTANTO

Vuonna 2021 säilörehua tuotettiin Suomessa noin 610 300 ha:n pinta-alalla (Luonnonvarakeskus 2022a). Satotasot Suomessa ovat tuorekiloina noin 15 t/ha ja nurmia korjataan normaalisti 2-3 satoa vuodessa (Luonnonvarakeskus 2022b). Suomessa yleisimmät korjuutavat ovat tarkkuussilppuri-, noukinvaunu-, ajosilppuri- ja pyöröpaalainkorjuu. Korjuukoneketju valitaan tilan tarpeiden mukaan sopivaksi. (Peltonen & Puurunen 2010, 77-80.)

Tuottavan säilörehun tuotanto perustuu hyvään pellon peruskuntoon, mutta jos haluaa saada erittäin hyviä satoja pellostä, on lannoituksen oltava tasapainossa. Luomusäilörehun tuotannossa lannoitus on hieman haasteellisempaa kuin tavanomaisessa tuotannossa. Luomutuotannossa viljelykasvien pääasialliset ravinteiden lähteet ovat palkokasvit ja karjanlanta, kun taas tavanomaisessa tuotannossa on saatavilla runsaasti erilaisia teollisia väkilannoitteita. Nykyään myös luomun ostolannoitteiden saatavuus on huomattavasti laajempaa kuin esimerkiksi 30 vuotta sitten. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)

2.1 Lypsylehmän säilörehusta tarvitsemat ruokinnalliset arvot

Nautakarjan tärkein karkearehu on säilörehu. Jotta lypsylehmä tuottaisi hyvin, sen tulisi syödä riittävästi säilörehua, jonka tulisi olla riittävän maittavaa ja siinä pitäisi olla myös sopivasti kuitua, jotta pötsi toimisi ja voisi täten hyödyntää nurmirehun. Mitä parempilaatuista säilörehua on, sitä vähemmän tarvitaan väkirehuja paikkaamaan säilörehun puutteellisia arvoja. Etenkin ensimmäinen säilörehusato on tärkeä, sillä siinä on parhaimmat ravintoarvot. Tärkeimpiä tarkasteltavia arvoja ovat esimerkiksi D-arvo, ME (muuntokelpoinen energia), raakavalkuainen ja NDF kuitu. (Hankkija 2022.)

Säilörehun D-arvon eli rehun sulavuuden tulisi olla 680–700 g/kg ka. D-arvon parannus yhdellä prosenttiyksiköllä lisää rehun kuiva-ainesyöntiä noin 0,17 kg ja maitotuotosta 0,5 kg päivässä, mikäli lehmät ovat vapaalla säilörehuruokinnalla. ME eli muuntokelpoinen energia lasketaan suoraan D-arvosta ja tämä luku kuvastaa nimensä mukaisesti muuntokelpoisen energian määrää rehussa. Sen tavoitearvo on 10,8–11,2 MJ. Energiapitoisuuden on oltava riittävä, jotta lehmä saa tarpeeksi energiaa rehusta ylläpitoon ja maidontuotukseen. (Hulsen ym. 2014, 39.)

Raakavalkuaisen pitoisuuteen voi vaikuttaa muun muassa lisäämällä typpilannoitusta ja aikaistamalla säilörehun korjuuta. Raakavalkuaisen tavoitearvo on 130–160 g/kg ka. (Hulsen ym. 2014, 39.) Lehmä tarvitsee valkuaista pötsin toimintaan ja maidon tuottamiseen. Liian suuri määrä valkuaista lehmän ruokinnassa kuitenkin haittaa pötsin toimintaa. Pötsimikrobien hyvä typen hyödyntäminen saa aikaan rehutyypen sitoutumisen maitoon ja lihaan. Mitä tarkemmin pötsimikrobit saavat hyödynnettyä typpeä, sitä vähemmän typpeä menee hukkaan virtsan ja sonnan mukana. (Ellä ym. 2010, 30–31.)

Pieni kuitupitoisuus vähentää märehmistä ja vaarantaa pötsin toiminnan. Kuitu vaikuttaa koko lehmän terveyteen ja tuottavuuteen. Mutta myös liian suuri kuitupitoisuus rajoittaa syöntiä ja ravintoaineiden saantia. (Ellä ym. 2010, 60.) NDF-kuitua eli soluseinäkuitua tulisi olla 540–580 g/kg/ka (Hulsen ym. 2014, 39).

2.2 Tärkeimmät nurmikasvilajit viljelyn ja ruokinnan näkökulmasta

Suomessa on pitkään viljelty timoteita ja eri natalajeja säilörehunurmista. Nämä ovat olleet erinomaisia kasveja niiden saman kaltaisen kasvurytmin ja sadontuoton kannalta. Esimerkiksi timotein ja ruokonadan kasvunopeus laskettuna lämpösummaa kohti on hyvin samanlainen. Nämä ovat syitä, miksi timoteita ja natoja on käytetty ja käytetään edelleen säilörehunurmista. (Hyrkäs ym. 2012, 24–25.) Nurmi on etenkin karjan kannalta ehdoton, sillä nurmirehu on lehmien pääasiallinen syötettävä rehu. Lisäksi monivuotiset nurmet lisäävät pellolla maan multavuutta ja parantavat maan rakennetta. Maan rakenteeseen vaikuttavat etenkin syväjuuriset kasvit. (RavinneRenkin 2022.)

Suomen kasvuolosuhteissa yksi tärkein ja yleisimmin käytetty nurmikasvilaji on timotei. Timotei on ollut suomalaisessa säilörehun tuotannossa todella pitkään, sillä se on vaatimaton ja talvenkestävä nurmikasvilaji. Matalajuuruisuuden vuoksi timotei kärsii muita heiniä enemmän kuivuudesta ja se on jälkikasvultaan esimerkiksi natoja hitaampi. Maittavuus ja sadontuotto ovat kuitenkin timoteilla hyviä, ja tästä syystä se on todella hyvä laji osana siemenseosta. Monesti timotein osuus siemenseoksissa on kaikkein suurin. (Peltonen 2010, 31–32.)

Nadat ovat yhdessä timotein kanssa yleisimpiä kasvilajeja säilörehunurmien siemenseoksissa. Nadat ovat lehtevämpiä kuin timotei ja tästä syystä ne ovat hyvin soveltuvia lajeja osaksi säilörehunurmista. Natojen sadontuotto on hyvää ja sato on maittavaa. Nurminata on talvenkestävä laji ja

yleisesti käytössä yhdessä timotein kanssa säilörehunurmista. Ruokonadan sadon tuotto on runsaampaa kuin nurminadalla sen hyvän jälkikasvukyvyn ansiosta. Ruokonata sopii myös kaikille maalajeille ja se kestää hyvin happamuutta. Rainata on nopeakasvuinen laji, joka on muodostettu risteyttämällä italianraiheinä ruoko- tai nurminadan kanssa. Sen talvehtimiskyky ei ole niin hyvä kuin muilla nadoilla, mutta sadontuotto on parempaa. (Peltonen 2010, 32–33.)

Koiranheinä on syväjuurisempi kasvi kuin timotei ja nadat. Tästä syystä se kestää paremmin kuivuutta. Koiranheinän sulavuus kuitenkin laskee sen korsiintuessa muita nurmikasveja aiemmin. Tästä syystä sitä ei voida käyttää jokaisessa siemenseoksessa. Koiranheinä tuo lisää viljelyvarmuutta muiden kasvien joukkoon sen hyvän satoisuuden avulla. (Peltonen ym. 2010, 33.)

Englanninraiheinää on myös käytetty siemenseoksissa Suomessa. Englanninraiheinän käyttöä kuitenkin rajoittaa sen heikko talvenkestävyys. Englanninraiheinän etuna on sen nopea alkukehitys, joka nostaa seoksen ensimmäisen vuoden satotasoa. (Peltonen ym. 2010, 34.)

Apiloista puna- ja valkoapila ovat yleisimmin käytössä nurmiseoksissa. Apilat ovat erinomaisia kasveja säilörehussa, sillä ne lisäävät rehun valkuaispitoisuutta. Jotta typensidonta toimii kunnolla, tulisi pellon pH:n olla vähintään 6,0. Puna-apila kestää hyvin poutaa syvän paalujuuren ansiosta. Puna-apila on myös erinomainen kasvi sen typensitomisen takia. Puna-apila sopii erinomaisesti timotein kanssa siemenseokseen, koska niillä on samantapainen kasvurytmi. (Peltonen ym. 2010, 34.)

Valkoapila on kasvupaikan suhteen vaatimattomampi kuin puna-apila. Valkoapilan satotaso on myös hieman pienempi kuin puna-apilalla. Sen sadossa on erittäin korkea valkuaispitoisuus kuiva-aineessa ja siinä on myös matala kasviestrogeenipitoisuus, joka on parempi lehmille. (Peltonen ym. 2010, 35.)

Sinimailasen käyttö siemenseoksissa on yleistynyt paljon Suomessa ja se onkin erinomainen valkuaiskasvi säilörehussa. Sinimailasella on syvä ja voimakas juuristo, joka takaa hyvän kuivankestävyyden ja juuristo kuohkeuttaa samalla maata. Valkoapilan tapaan myös sinimailasella on pieni kasviestrogeenipitoisuus ja korkea valkuaispitoisuus, mikä on todella hyvä lehmän ruokinnan kannalta. Pellon peruskunnon on kuitenkin oltava kunnossa, jotta sinimailanen menestyy. Sinimailanen vaatii myös paljon lämpöä kasvaakseen, jonka takia sen sadon muodostus on hitaampaa keväällä. Sinimailasella on kuitenkin hyvä jälleikasvukyky. (Hyrkäs 2019, 16–17.)

Viljelyvarmuuden ja hyvän ruokinnallisen laadun takaamiseksi hyvä viljeltävä nurmiseos voisi sisältää esimerkiksi timoteita, ruoko- ja nurminataa, vähän raiheinää, apiloita ja sinimailasta. Seoksessa olisi hyvä olla kaikkia kasvilajeja sopivassa suhteessa, riippuen peltolohkosta ja kasvupaikasta. Huomioon pitää ottaa viljelyalueen olosuhteiden lisäksi kasvilajin sato, sulavuus, talvenkestävyys ja kasvurytmi. Monipuolisella seoksella saisi parhaassa tapauksessa lisättyä säilörehun viljelyvarmuutta ja parannettua ruokinnallista laatua. Seosta miettiessä kannattaa miettiä myös, onko säilörehu menossa syöttöön esimerkiksi lypsylehmille vai nuorkarjalle ja tämän perusteella valita sopivat suhteet eri kasvilajeille seoksessa. (Peltonen ym. 2010, 36–39.)

2.3 Luomun erityispiirteet säilörehun tuotannossa

Luomuviljelyssä, kuten myös tavanomaisessa viljelyssäkin, on tärkeää pitää pellon peruskunnosta hyvää huolta. Kun viljavuus on kunnossa, tuottaa pelto hyvän sadon ja pidättää ravinteita. Tällöin lannoittamisen tarve ja ravinteiden huuhtoutuminen vähenee. Luomussa etenkin ravinteiden tehokas hyödyntäminen on tärkeää. (ProAgria 2022, 1.)

Palkokasvit ovat luomuviljelyn perusta ja ne ovat merkittävässä osassa nurmentuotantoa (ProAgria 2022, 1). Luomuehtoihin kuuluu, että viljelykierrossa on oltava vähintään 30 % palkokasveja (Tuominen 2021, 20). Palkokasveilla on monia eri hyötyjä. Isoin hyöty on niiden typensidontakyky. Palkokasvien juurissa elää symbioosissa Rhizobium-bakteereja, jotka muodostavat palkokasvien juuriin juurinyströitä. Esimerkiksi apilanurmet voivat sitoa typpeä maahan jopa 250 kg/ha vuodessa. Palkokasveilla on myös maan rakennetta parantava vaikutus niiden syvien juurten ansiosta. (Kurki 2016, 13.)

Pellon pH:n on oltava noin 6, jotta biologinen typensidonta on mahdollista palkokasveilla. Myös ojituksen tulisi olla kunnossa, ettei vesi seiso pellolla ja kaasut eivät pääsisi vaihtumaan maahuokosissa. Mikäli palkokasvia ei ole käytetty pellolla aikaisemmin, voi siementen bakteeriympäys olla tarpeen. (ProAgria 2022, 1.)

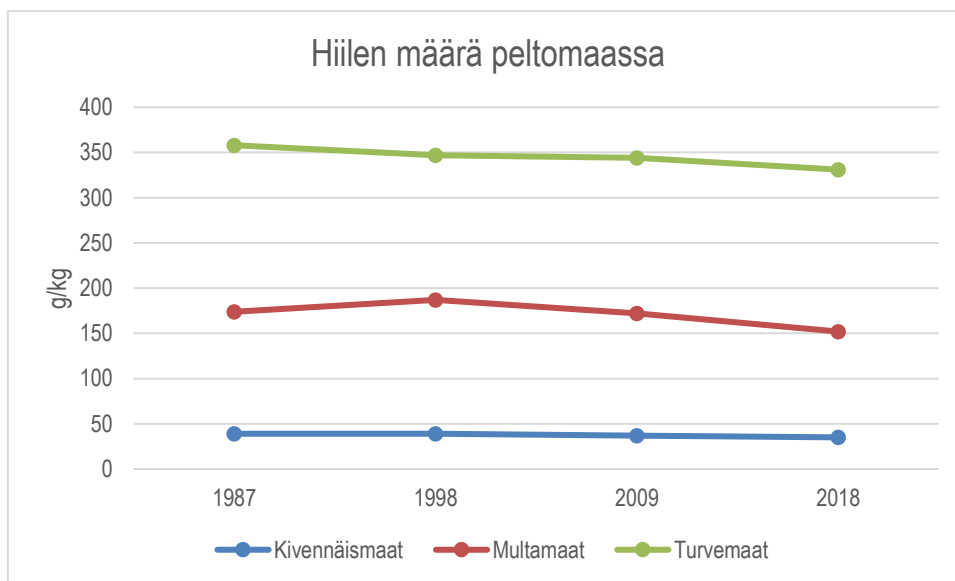
Puhdistusniitto on kasvinsuojelun kannalta paras keino vähentää rikkapainetta luomunurmipelloilla. Puhdistusniittoa ei kuitenkaan kannata tehdä liian lyhyeen sänkeen tai liian myöhään syksyllä, jotta

jälleenkasvukyky ja talvehtiminen eivät kärsisi. Myöskään tavallisen korjuun niittoa ei kannata tehdä alle 10 cm sänkeen, eikä myöskään liian myöhään syksyllä samasta syystä. (ProAgria 2022, 1–2.)

Lannoituksessa pitää ottaa huomioon kasvien oma typensidonta. Esimerkiksi apilat voivat kärsiä liiallisesta typpilannoituksesta ja nurmikasvit voivat hyötyä liikaa tästä, ja niiden osuus voi kasvaa haluttua suuremmaksi. Mikäli nurmille levittää lantaa, kannattaa valita sellaiset lohkot, joiden apilapitoisuus on alhainen. Lannanlevityksessä kannattaa ottaa myös huomioon se, ettei se aiheuttaisi tallausvaurioita, koska kasvien kasvu kärsii liian tiiviistä maaperästä. (ProAgria 2022, 1–2.)

3 HIILIVILJELY

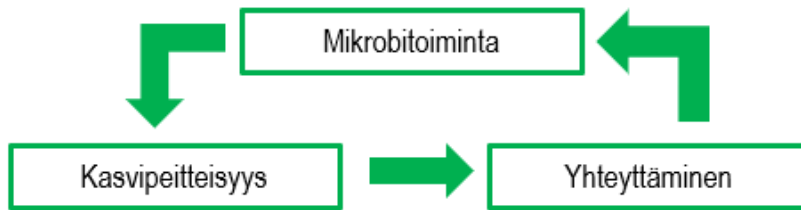
Multavuus, eli orgaanisen aineksen pitoisuus maaperässä (kuvio 1), on heikentynyt suomalaisilla pelloilla viimeisten vuosikymmenten aikana (Mattila & Rajala 2018). Suurimpia syitä maaperän multavuuden heikkenemiselle ovat orgaanisten lannoitteiden käytön väheneminen, monokulttuurinen viljelytapa sekä suhteellisen nuoret peltomaat (Heimsch ym. 2020, 7). Radikaaleja muutoksia maaperän multavuudessa on havaittu esimerkiksi eloperäisillä turve- ja multamailla (Heikkinen 2019).



KUVIO 1. Hiilen määrän kehitys suomalaisessa peltomaassa 1987-2018 (Luonnonvarakeskus 2018a)

3.1 Käsite ja merkitys

Hiiliviljelyllä tarkoitetaan viljelytapaa, jonka tärkeimpiä tavoitteita on huomioida kokonaisvaltaisesti maan biologinen, fysikaalinen ja kemiallinen kasvukunto (Backman ym. 2021, 50). Hiiliviljelyä voidaan harjoittaa mm. viljelemällä syväjuurisia kasveja, käyttämällä monipuolista viljelykiertoa ja alus- sekä kerääjäkasveja. Hiilensidonnan lisäksi hiiliviljelyyn kuuluu vahvasti luonnon monimuotoisuuden huomiointi, ympärivuotinen kasvipeitteisyys, ravinnehuuhtoutumien minimointi, tuotantopanosten optimaalinen hyödyntäminen ja hyvän satotason ylläpitäminen. (Kuvio 2.) (Heimsch ym. 2020, 5.)



KUVIO 2. Uudistavan viljelyn peruseriaate (Backam ym. 2021, 50)

Maankäytön rajut muutokset ovat vähentäneet merkittävästi maaperämme hiilivarastoja. Vuosikymmeniä jatkunut intensiivinen, toisinaan monokulttuurinen, viljelytapa ja uusien peltojen raivaaminen ovat aiheuttaneet hiilivarastojen hupenemisen sekä maaperän köyhtymisen. (Heimsch ym. 2020, 7.) Hiilinurmiseoksilla arvioidaan olevan lukuisia positiivisia vaikutuksia peltoekosysteemiin. Ristikukkaiset kasvilajit houkuttelevat pellolle pölyttäjiä, jotka ovat välttämättömiä koko ruuantuotannon kannalta. Pölyttäjien läsnäolosta hyötyvät myös alueen muut kasvit. (Gupta ym. 2014, 380.) Pölyttäjien läsnäolo tarjoaa tärkeää ravintoa myös linnuille (Hagelberg ym. 2022, 4). Monipuolisessa kasvustossa viihtyvät lisäksi tuholaisten luonnolliset viholliset (Backman ym. 2021, 38). Monimuotoiset kasvustot tarjoavat myös maaperän eliölle ravinteikkaan ja monipuolisen elinympäristön. Onkin arvioitu, että monipuolisten seosten avulla voidaan parantaa koko peltoekosysteemin monimuotoisuutta. (Gupta ym. 2014, 380.)

3.2 Hiilinurmiseokset

Hiilinurmiseoksia on saatavilla lähes jokaiselta siementen toimittajalta moneen eri käyttötarkoitukseen. Hiilinurmiseoksia voidaan hyödyntää säilörehutuotannon lisäksi mm. viherlannoituksessa ja kerääjäkasvikasvustoina. Hiilinurmiseokset sisältävät tyypillisesti useita eri kasvilajeja. Palkokasvien osuus seoksissa on usein suuri.

3.2.1 Orgaaninen aines ja sen merkitys

Hiilinurmiseosten tarkoituksena on parantaa maan kasvukuntoa sitomalla hiiltä maaperään. Hiilensidonta maaperään tapahtuu fotosynteesin yhteydessä. Fotosynteesissä kasvit sitovat yhteyttäessään hiilidioksidia ilmakehästä. Fotosynteesissä saamansa hiilimolekyylit kasvi sitoo orgaaniseen ainekseen. Noin puolet kasvien orgaanisesta aineksesta muodostuu hiilestä. Hiilen lisäksi orgaaninen aines koostuu mm. typestä, vedystä ja hapesta. Orgaaninen aines toimii maaperän toiminnan

kannalta keskeisten mikrobien tärkeimpänä ravintona. (Heimsch ym. 2020, 8.) Orgaanisen aineksen osuuden kasvaessa pellon multavuus lisääntyy. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Orgaanisen aineksen määrä multavuusluokittain (Luonnonvarakeskus 2018b)

Orgaaninen aines %	Multavuusluokka (lyhenne)
< 3	Vähämultainen (vm)
3-5,9	Multava (m)
6-11,9	Runsasmultainen (rm)
12-19,9	Erittäin runsasmultainen (erm)
20-39,9	Multamaa (Mm)
> 40	Turvemaa (Tm)

Maaperän orgaanisen aineksen ominaisuudet ovat hyvin vaihtelevia. Ominaisuuksien vaihtelevuus on tehnyt orgaanisten ainesten luokittelusta ja tutkimisesta vaikeaa. Orgaanisen aineksen luokittelu tehdään aineksen hajoamisnopeuden perusteella. Nopeasti, eli kuukausissa tai vuosissa, hajoavaa orgaanista ainesta kutsutaan labiiliksi orgaaniseksi ainekseksi. Labiili aines toimii maaperän eliöstön elämän ylläpitäjänä. Labiili aines tarjoaa ravintoa maaperän eliöstölle, joka vapauttaa hajotustoiminnallaan ravinteita kasvien käytettäväksi. Vilkas maaperän eliötoiminta parantaa maan kasvukuntoa mm. lisäämällä maamurujen kestävyyttä. (Heimsch ym. 2020, 8.)

Hitaasti hajoavaa, satoja vuosia kestäväää orgaanista ainesta kutsutaan stabiiliksi orgaaniseksi ainekseksi. Maan kasvukunnon kannalta on keskeistä lisätä stabiilin orgaanisen aineksen määrää. Stabiili orgaaninen aines on ominaisvaraukseltaan negatiivinen. Negatiivisen ominaisvarauksen vuoksi stabiili aines kykenee pidättämään ravinnekationeja kasveille. Stabiilin aineksen avulla joidenkin ravinteiden saatavuus kasveille paranee. (Heimsch ym. 2020, 8.)

Korkea orgaanisen aineksen määrä maaperässä on keskeistä hyvän kasvukunnon kannalta. Orgaaninen aines toimii ravintona maan eliöille, jotka hajottavat orgaaniseen ainekseen sitoutuneita ravinteita kasveille uudelleen käytettäväksi. Maaperän aktiivinen mikrobitoiminta parantaa maan mururakennetta, joka osaltaan parantaa murujen kestävyyttä ja pienentää eroosioriskiä. Lisäksi hyvä mururakenne pidättää kasveille tärkeitä ravinteita sekä lisää murujen joustavuutta. (Heimsch ym. 2020, 9.)

Hiilen määrää maaperässä voidaan kasvattaa hoitamalla maan rakennetta ja varmistamalla riittävä ravinteiden saanti. Hyvä maan rakenne ja riittävä lannoitus vahvistavat juuristoa ja lisäävät maanpäällistä hiilensidontaa, jolloin hiiltä saadaan sidottua enemmän maahan. Samaan aikaan hiilen sitoutumisen kanssa maaperästä vapautuu hiiltä mm. huuhtoutumisen ja eroosion seurauksena. Hiilen vapautumista maaperästä voidaan vähentää lisäämällä maaperän ympärivuotista kasvipeitteisyyttä ja monivuotisten kasvien osuutta viljelykierrossa. Lisäksi maan muokkausta keventämällä ja vähentämällä voidaan ehkäistä hiilen vapautumista maaperästä. (Heimsch ym. 2020, 10.)

Monivuotisten nurmikasvustojen viljelyä pidetään yleisesti tehokkaana hiilen sitojana. Ympärivuotinen kasvipeitteisyys, pitkä kiertoaika ja vähäinen maaperän muokkaaminen tekevät nurmista pääasiassa hiilen sitoja. Tutkimusten mukaan monivuotiset nurmikasvustot sitovat hiiltä maaperään noin 600–800 kg/ha/v. Verrokkina voidaan käyttää yksivuotisia kevätiljakasvustoja, jotka vapauttavat hiiltä n. 280–400 kg/ha/v. (Joonas 2019, 10.)

3.2.2 Hiiliviisaat viljelytekniikat eloperäisillä ja kivennäismaalajeilla

Suomessa viljellään eloperäisiä maita noin 260 000 ha:n alalla. Suurin osa eloperäisistä maista sijaitsee Pohjanmaan maakuntien, Kainuun ja Lapin alueella (Lehtonen ym. 2020, 28). Käytössä olevaa maatalousmaata Suomessa on noin 2,3 miljoonaa ha. Turvemaiden osuus koko viljelypinta-alasta on noin 10 %. (Luonnonvarakeskus 2022c.) Noin puolet Suomen maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä syntyy peltoviljelystä (Tilastokeskus 2021).

Eloperäisillä viljelymailla toimenpiteet tulee kohdistaa hajotusta hillitseviin menetelmiin (Kari 2022, 7). Tehokkaimpana toimenpiteenä päästöjen hillitsemisessä pidetään pohjaveden pinnan korkeuden sääntelyä. Pohjaveden pinnan korkeutta voidaan säädellä esimerkiksi säätösalaojituksen avulla. Pienelläkin pohjaveden pinnan nostolla voidaan vähentää vuotuisia hiilidioksidipäästöjä. (Maanvilja 2020, 28.) Eloperäisillä mailla tulee mahdollisuuksien mukaan viljellä monivuotisia kasveja ja minimoida muokkaustarve. Erityisen haitallisia toimia eloperäisillä mailla on kevätiljojen viljely ja syyskyntö. Näiden toimien vuoksi vuotuinen kasvipeitteisyys on matalalla tasolla, ja päästöt sekä huuhtoutuminen kasvavat merkittävästi verrattuna ympärivuotisesti kasvipeitteiseen kasvustoon. Oikeilla toimenpiteillä päästöjä ja ravinnehuuhtoumia voidaan kuitenkin hillitä. (Kari 2022, 10.)

Vajaatuottoisten eloperäisten maiden viljely on ympäristövaikutuksiltaan haitallista, ja se aiheuttaa-kin monella tilalla suurimman osan päästöistä (Maa- ja metsätalousministeriö 2021, 77). Vajaatuottoisten eloperäisten maiden kohdalla voidaan hyödyntää kesantoa, ennallistamista, kosteikkoviljelyä tai metsittämistä pellon ominaisuuksista riippuen (Kekkonen ym. 2022, 14). Nämäkään toimenpiteet eivät muuta vajaatuottoista maata hiilinieluksi, mutta pienentävät merkittävästi päästöjä ja ravinnehuuhtoumia sekä lisäävät ympäristön monimuotoisuutta (Heimsch ym. 2020, 28). Tehokain tapa ennaltaehkäistä eloperäisiltä mailta syntyviä päästöjä on jättää turvemaat raivaamatta viljelysmaaksi tai nostaa niiden satotaso. Raivausta voi välttää esimerkiksi tilusjärjestelyjen avulla. (Kari 2022, 24.) Tulevaisuudessa tukipolitiikka tulee ohjaamaan eloperäisten maiden käyttöä. Epävarman tukipolitiikan vuoksi tiloilla olisi jo nyt syytä valmistautua tilanteeseen, jossa eloperäisten maiden käyttöä tullaan joissain määrin rajoittamaan. (Maa- ja metsätalousministeriö 2021, 77.)

Kivennäismailla viljelytavan tulee olla orgaanista ainesta lisäävää. Parhaiten orgaanisen aineksen määrää kivennäismailla saadaan lisättyä maksimoimalla yhteyttäminen, kasvipeitteisyys ja mikrobitoiminta. (Backam ym. 2021, 52.) Syysviljat, kerääjäkasvit sekä monivuotiset kasvustot takaavat ympärivuotisen kasvipeitteisyyden. Ympärivuotisen kasvipeitteisyyden avulla yhteyttäminen määrä saadaan maksimoitua. Mikrobitoimintaa saadaan ruokittua lisäämällä maaperään orgaanisia syötteitä, kuten karjanlantaa, kasvitähteitä ja orgaanisia lannoitteita. (Malin 2020, 5.)

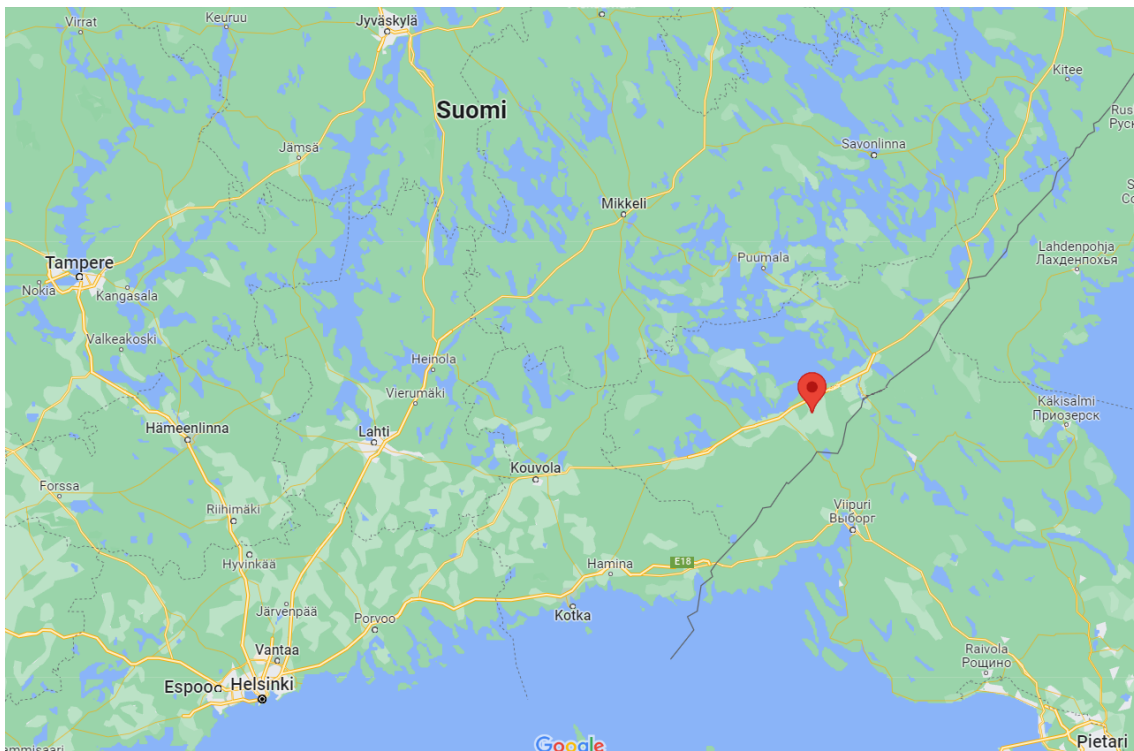
3.2.3 Hiilimarkkinat

Hiiliviljelyn ympärille on muodostumassa uudet markkinat. Uudet markkinat peltomaan hiilensidonnalle syntyvät, jos maatalous saadaan mukaan osaksi hiilikauppaa. Hiilimarkkinoilla toimijat hankkivat erilaisia hiilinielu- tai päästövähennyshyvityksiä kompensoidakseen toiminnastaan aiheutuvia päästöjä. (Heimsch ym. 2020, 52.) Maatalouden hiilimarkkinoihin liittyy kuitenkin vielä lukuisia epävarmuustekijöitä. Suurin ongelma liittyy hiilivaraston koon eli perusuran määrittämiseen. Tutkijoiden on ensin määritettävä perusuran koko ja normaalikehitys sekä saatava määrittämiseen käytettyille teorioille ja tekniikoille hyväksyntä. Läpinäkyvän ja tieteellisesti todistettavan hiilensidonnalla avulla maatalous saadaan mukaan hiilikauppaan. (Niemi ym. 2021, 59.) Hiilikauppa edellyttää vielä paljon tutkimustyötä sekä poliittista tahtoa. Toteutuessaan maatalouden hiilikauppa voisi parantaa maatalouden kannattavuuden lisäksi viljelymaan kasvukuntoa ja lisätä peltomaan hiilensidontaa. Arvioidaan, että uudistavan viljelyn menetelmillä voidaan kasvattaa maaperän hiilivaraston

kokoa. Hiilivaraston koon kasvattaminen viljelemällä esimerkiksi hiilinurmiseosta saattaa mahdollistaa viljelijälle oikeuden myydä hiilinieluja. (Heimsch ym. 2020, 53.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Mäkitalontila sijaitsee Etelä-Karjalassa, Lappeenrannan Joutsenossa (kuvio 3). Tila sijaitsee I viljelyvyöhykkeellä. Pellot ovat olleet luomuviljelyssä vuodesta 2006 lähtien. Aineiston keräämistä varten perustettiin kenttäkoe toimeksiantajan peltolohkelle. Koe toteutettiin yhdellä tilan loholla, jonka pinta-ala on 5,91 ha. Lohko kuvastaa tyypillistä tilan lohkoa. Lohkon pinta- ja pohjamaalaji on hietamoreeni ja multavuusluokka on multava. Viljavuustulokset ovat keväältä 2022 (taulukko 2).



KUVIO 3. Tilan sijainti (Jesse Parvinen; Google Maps 2022)

TAULUKKO 2. Viljavuustutkimukset kevät 2022 (Jesse Parvinen; Eurofins 2022)

Analyysi		Yksikkö	22-00083132	22-00083133	22-00083134	22-00083135
Näytteen nimi			Monilajinen tavallinen näyte	Monilajinen pohjamaanäyte	Kaksilajinen tavallinen näyte	Kaksilajinen pohjamaanäyte
Peruslohkotunnus			1731033102	1731033102	1731033102	1731033102
Nimi			Kahinpelto	Kahinpelto	Kahinpelto	Kahinpelto
Maalaji	FV(a)		HtMr	HtMr	HtMr	HtMr
Multavuus	FV(a)		rm	m	m	m
Johtoluku	FV(a)	10 mS/cm	0,9	1,0	0,6	0,6
pH	FV(a)		□ 5,9	□ 5,8	□ 6,0	○ 5,7
Kalsium (Ca)	FV(a)	mg/l	○ 920	● 780	● 710	● 610
Fosfori (P)	FV(a)	mg/l	● 3,4	● 3,7	● 1,8	● 2,0
Kalium (K)	FV(a)	mg/l	○ 100	□ 120	● 58	● 67
Magnesium (Mg)	FV(a)	mg/l	○ 82	○ 110	● 76	□ 150
Rikki (S)	FV(a)	mg/l	○ 9,0	○ 8,0	■ 15	□ 12
Kupari (Cu)	FV(a)	mg/l	□ 3,2	○ 2,0		
Mangaani (Mn)	FV(a)		□ 27	○ 21		
Sinkki (Zn)	FV(a)	mg/l	■ 20	■ 15		
Fosfori (P), varastorav.	FV	mg/l	○ 370	○ 280		
Magnesium (Mg), varastorav.	FV	mg/l	■ 2200	■ 2600		
Kalium (K), varastorav.	FV	mg/l	○ 930	□ 1100		
Kalsium (Ca), varastorav.	FV	mg/l	1600	1400		
Kationinvaihtokapasiteetti	FV	cmol/kg	8	7	6	7
Ca/ KVK	FV	%	59	56	59	44
K/ KVK	FV	%	3	4	2	2
Mg/ KVK	FV	%	9	13	11	18
Na/ KVK	FV	%	3	4	4	4
Kalkitustarve	FV	tonni/ha	6	5	3	5
Suosittelava kalkkilaji	FV		Vapaa-valintainen	Kalkkikivi-jauhe	Vapaa-valintainen	Kalkkikivi-jauhe

4.1 Lähtötilanteen kuvaus ja lohkon historia

Vuodesta 2016 lähtien lohkon viljelyhistoria on ollut seuraava: vuosi kauraa + nurmensiemen (apilapitoinen siemenseos), kolme vuotta nurmea, vuosi kauraa ja vuosi kevätrypsiä + nurmensiemen (kokeen siemenseokset) (taulukko 3). Aikaisempien vuosien nurmiseokset ovat sisältäneet timoteita, valko- ja puna-apilaa sekä sinimailasta. Lohkoa on viljelty normaalein luomuviljelyn ehdoin. Lohkoa on lannoitettuaudan lietelannalla aina perustamisvaiheessa. Säilörehua on korjattu 2–3 satoa vuodessa.

TAULUKKO 3. Lohkon viljelyhistoria

Lohkon viljelyhistoria	
Vuosi	Kasvi
2016	kaura + nurmensiemen (apila ja sinimailaspitoinen)
2017	säilörehunurmi
2018	säilörehunurmi
2019	säilörehunurmi
2020	kaura
2021	kevättrypsi + nurmensiemen

Koejäsenet kokeessa ovat Retu-timotei-seos ja Retu-hiilnurmi kivennäismaille. Taulukossa 4 on esitetty kokeen siemenseosten lajit ja lajikkeet sekä niiden prosenttiosuudet seoksessa. Retu-timotei-seos valittiin edustamaan tyypillistä nurmisiemenseosta. Timotei-ruokonataseoksia käytetään laajasti säilörehuntuotannossa Suomessa. Hiilnurmi-seos valittiin monipuolisen lajivalikoiman vuoksi.

TAULUKKO 4. Koejäsenet

Retu-hiilnurmi kivennäismaille	
Osuus (%)	Laji ja lajike
20	timotei Tenho
10	ruokonata Karolina
8	englanninraiheinä SW Birger
5	sinimailanen Jögeva 118
5	sinimailanen Creno
5	nurminata Lipoche
5	rehumailanen Karlu
5	rehukattara Lehis
5	rehusikuri Kestävä
5	italianraiheinä Meroa
5	keltamaite Leo
5	puna-apila Rozeta
5	puna-apila SW Yngve
4	koiranheinä Amba
4	alsikeapila Frida
3	valkoapila Sonja
1	kumina

Retu-timotei-seos	
Osuus (%)	Laji ja lajike
25	timotei Tenho
25	timotei Nokka
25	timotei Rakel
20	ruokonata Kora
5	ruokonata Karolina

4.2 Kokeen järjestely ja valmistelu

Koealue perustettiin keväällä 2021. Ensimmäisenä toimenpiteenä lohkolle tehtiin kultivointi noin 10 cm:n syvyyteen. Varhaisen kultivoinnin tavoitteena oli kuivattaa rikkakasvien juuria. Noin kolme viikkoa kestäneen kuivatuksen jälkeen lohko äestettiin läpileikkaavilla hanhenjalkaterillä varustetulla joustopiikkiäkeellä. Tämän jälkeen lohkolle levitettiin naudan lietelantaa 35 tonnia hehtaarille (kuvio 4). Lannoituksen jälkeen lohkolle tehtiin perusmuokkaus kyntämällä. Kyntämisen työsyvyys oli noin 20 cm. Kyntömuokkauksen jälkeen lohkolle tehtiin kylvömuokkaus läpileikkaavilla hanhenjalkaterillä varustetulla joustopiikkiäkeellä noin 5 cm:n syvyyteen. Ennen kylvöä lohko jaettiin kahteen osaan (kuvio 5) eri siemenseoksille. Kahtiajaossa otettiin huomioon lohkon pinnanmuotojen ja maalajien vaihtelu. Nurmen ja suojakasvin siementen kylvö tehtiin hajakylvönä rikkaäkeellä. Kylvön jälkeen lohko jyrättiin.

Näytteen tiedot:	Lietelanta		
Saapumispvm :	20.6.2018 00:00:00	Tutkimus alkoi :	25.6.2018
Pyydytyt analyysit :	PFVT7: Lanta-analyysi		
Näyte otettu	17.6.2018	Saapunut	20.6.2018
Maanparannusaineet		Tulos (MU)	
FVT17 FV Liukoinen typpi	Menetelmä : EN 13342; EN 13654-1 (mod.)		
Typpi (N), liukoinen	25,1 g/kg ka		
Typpi (N)	2,1 kg/tonni		
Typpi (N)	2,1 kg/m ³		
FVT16 FV Kokonaistyyppi	Menetelmä : EN 13654-1 (mod.); EN 13342		
(a) Typpi (N), kokonaispitoisuus	44,9 (± 9.0) g/kg ka		
(a) Typpi (N)	3,7 (± 0.7) kg/tonni		
(a) Typpi (N)	3,7 (± 0.7) kg/m ³		
FVT11 FV Fosfori (P), kokonaispitoisuus	Menetelmä : ISO 5516:1978		
(a) Fosfori (P), kokonaispitoisuus	7,4 (± 1.1) g/kg ka		
(a) Fosfori (P)	0,61 (± 0.09) kg/tonni		
(a) Fosfori (P)	0,62 (± 0.09) kg/m ³		
FVT06 FV Kalium, (K), kokonaispitoisuus	Menetelmä : ISO 5516:1978		
(a) Kalium (K), kokonaispitoisuus	39 (± 8) g/kg ka		
(a) Kalium (K)	3,2 (± 0.6) kg/tonni		
(a) Kalium (K)	3,2 (± 0.6) kg/m ³		
FVT13 FV Kuiva-aine ja kosteus	Menetelmä : ISO 6496:1999		
Kuiva-aine	8,2 %		
Kosteus	91,8 %		
FVT14 FV Tilavuuspaino			
Tilavuuspaino	1000 kg/m ³		

KUVIO 4. Lanta-analyysi (Jesse Parvinen; Eurofins 2018)



KUVIO 5. Koelohkon jako (Jesse Parvinen; Peltolohkot.fi 2022)

Koekasvuston perustamisessa hyödynnettiin suojakasvia. Suojakasvina kokeessa käytettiin kevät-rypsi Cordeliaa. Kevätrypsin kylvömäärä oli 7,5 kg hehtaarille. Retu-hiilinurmi kivennäis-maille -seosta kylvettiin 25 kg hehtaarille ja Retu-timotei-seosta 25 kg hehtaarille. Syksyllä suoja-kasvin sato korjattiin leikkuupuimurilla. Sadonkorjuun jälkeen rypsin sänki murskattiin vaakata-soleikkurilla korkeaan sänkeen.

Ensimmäiset havainnot kasvustosta teimme heinäkuun alussa 2021: tarkastelimme silmämääräi-sesti kasvuston itämistä ja kylvön onnistumista. Pitkin kesää tarkastelimme kasvuston kehitystä ja pyrimme tunnistamaan eri kasvilajeja kasvustosta. Rypsin versomisen aikana tarkastelimme kyl-vömäärän sopivuutta ja kylvön onnistumista. Kukinnan aikana tarkastelimme kasvuston tiheyttä ja nurmen kasvuston kehitystä. Samalla pystyimme havainnoimaan pölyttäjien määrää pellossa. Tu-leentumisen aikana seurasimme rypsin siemenen kehitystä ja pyrimme selvittämään sopivan puin-tiajankohdan. Sadonkorjuun jälkeen syksyllä 2021 havainnoimme nurmen perustamisen onnistu-mista tarkemmin. Syksyllä perustimme molemmille koeruuduille neljä pienempää havainnointiruua-tua, joiden koko oli 1 x 3 metriä. Havainnointiruutujen avulla selvitimme kyseisissä kohdissa kas-vavat kasvit ja määrittelimme ruudun kasvillisuuden tiheyden ja pituuden.

Havainnoimme kuoppatestien avulla lohkon kasvuston juuristoa ja maan tiivistymistä. Ensimmäiset kuoppatestit teimme rypsin sadonkorjuun jälkeen loppusyksystä 2021. Lisäksi teimme kuoppatestejä kasvukaudella 2022 ensimmäisen ja toisen rehusadon korjuun jälkeen. Keväällä 2022 lohko lannoitettiin naudan lietelannalla. Lietelantaa levitettiin lohkolle keväällä 30 tn hehtaarille. Lannoitus toteutettiin sijoittavalla veitsimultaimella varustetulla lietevaunulla (kuvio 6).



KUVIO 6. Lietelannan levitys keväällä 2022 (kuva: Jesse Parvinen)

Ennen säilörehunkorjuuta molemmilta ruuduilta kerättiin korjuuaikanäytteet. Korjuuaikanäytteiden avulla pystyimme optimoimaan korjuuajankohdan. Satomittaukset tehtiin koeruuduille sijoitetuilta satoalueilta. Satoalueiden koot olivat hiilinurmiseoksella 70 x 170 metriä ja timotei-ruokonataseoksella 70 x 135 metriä (kuvio 7). Satoalueet määräytyivät kasvuston ja täysimittaisten karheiden perusteella. Koeruutujen säilörehusato korjattiin yhdistelmäpaalaimella pyöröpaaleihin. Niitto toteutettiin niittomurskaimella, jonka työleveys oli 3,4 metriä. Koeruudut karhotettiin kaksiroottorisella karhottimella. Karhottamalla saimme yhdistettyä kolme karhetta.



KUVIO 7. Satoalueet (Jesse Parvinen; Peltolohkot.fi 2022)

4.3 Tulosten tulkinnessa käytettävät menetelmät

Satotaso kg ka/ha/v laskettiin paalaimesta saatujen paalien tuorepainojen ja rehuanalyyseistä saatujen kuiva-ainepitoisuuksien avulla. Ruokinnallista laatua mittasimme D-arvon, raakavalkuaisen, energia-arvon ja NDF-kuidun avulla. Tuloksia sadon laadusta ja määrästä saimme rehuanalyyseistä, jotka otettiin paaleista kairaamalla (kuvio 8). Korjuuaikanäytteillä selvitimme sopivan ajan kohdan sadonkorjuulle. Rehuanalyysit ja korjuuaikanäytteet teetimme ulkopuolisella toimijalla.



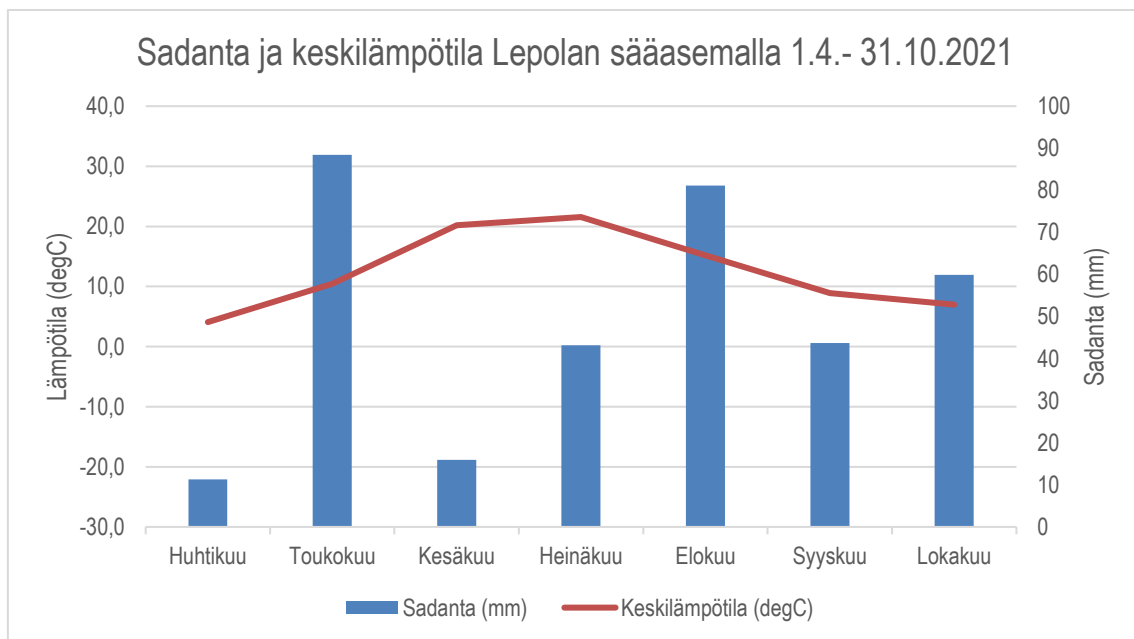
KUVIO 8. Näytteenottokaira (kuva: Jesse Parvinen)

5 TULOKSET

Kokeen tuloksiin vaikuttivat kasvukauden 2021 ja 2022 sääolosuhteet. Kuiva perustamisvuoden kevät näkyi nurmen rikkapaineessa. Satotasojen eroihin vaikutti epätasainen lannoitus seosten välillä.

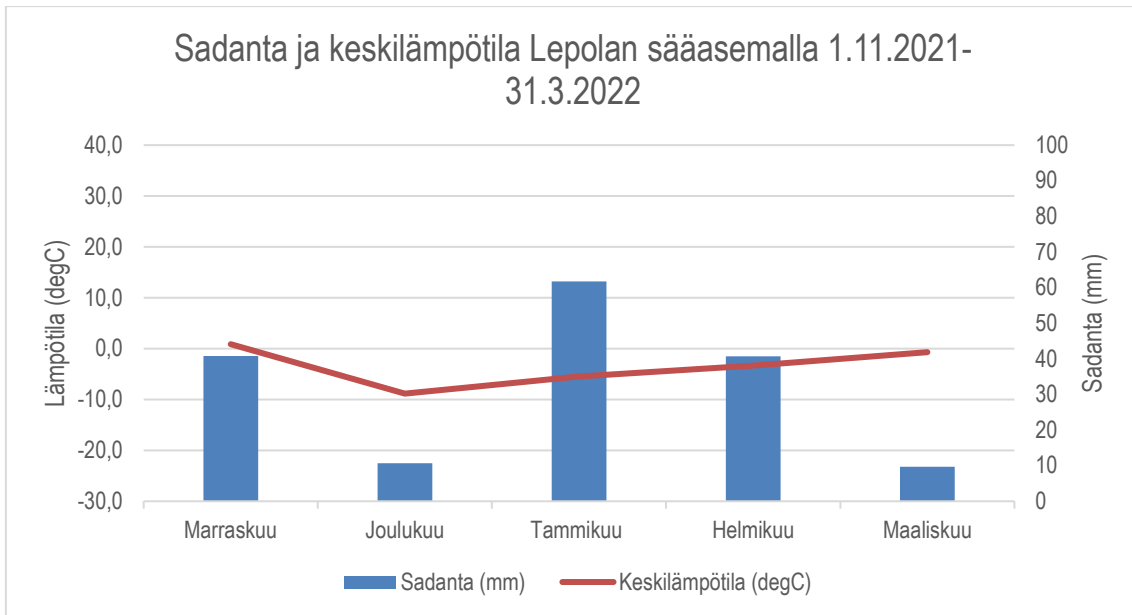
5.1 Säähavainnot

Säähavainnot koottiin Ilmatieteen laitoksen keräämästä säädatasta Lepolan sääasemalta Lappeenrannasta. Lepolan sääasema sijaitsee noin 20 km:n päässä koelohkosta. Nurmen perustamisvuonna kasvukaudella 1.4.–31.10.2021 tehoisa lämpösumma oli 1635 astetta ja sadanta 344 mm (kuvio 9). Kuiva alkukesä vaikeutti nurmen perustamista.



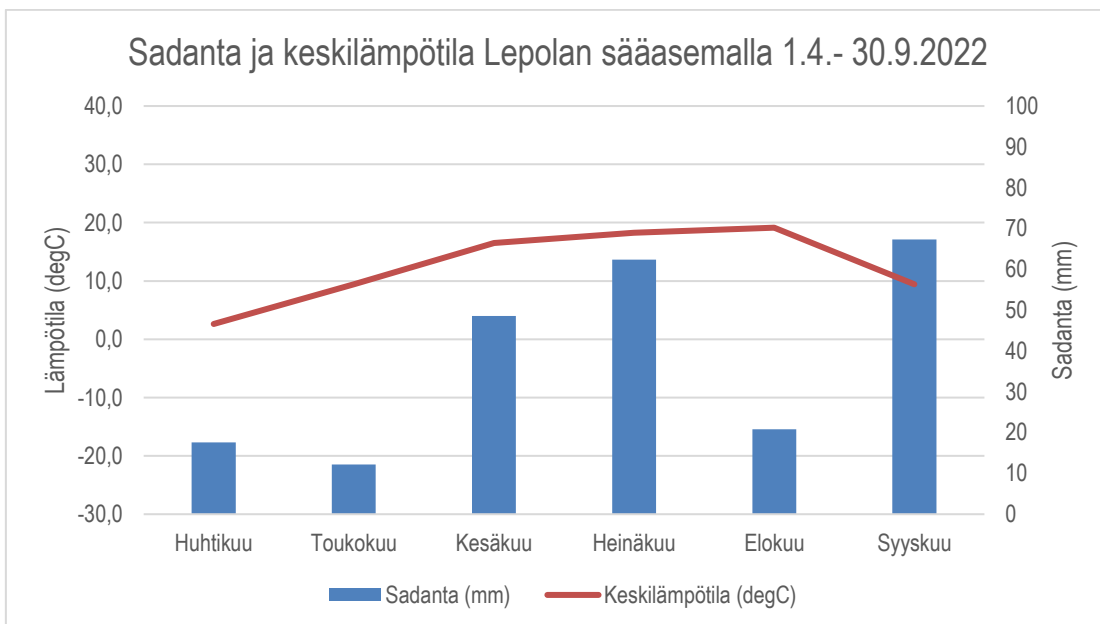
KUVIO 9. Ilmastodiagrammi koeruujuen perustamiskasvukaudelta (Ilmatieteen laitos 2022)

Kasvuston ensimmäisellä talvijaksolla 1.11.2021–31.3.2022 satoi 164 mm ja keskilämpötila oli -3,5 astetta (kuvio 10). Kasvuston talvehtimisolosuhteet olivat alueelle tyypilliset. Tammi- ja helmikuun ajan kasvustoa peitti lumikerros.



KUVIO 10. Ilmastodiagrammi koeruu- ja tammikuusta maaliskuuhun (Ilmatieteen laitos 2022)

Kasvukaudella 1.4.–30.9.2022 tehoisa lämpösumma oli 1448 astetta ja sadanta 230 mm (kuvio 11). Alkukesän kuivuus vaikeutti ensimmäisen sadon muodostumista. Toiselle sadolle kasvusto sai sateita varsinkin heinäkuussa. Elokuun alun hellejakso aiheutti kasvustossa nopeaa tuleentumista, jonka seurauksena sadon D-arvo laski merkittävästi.



KUVIO 11. Ilmastodiagrammi kasvukaudelta 2022 (Ilmatieteen laitos 2022)

5.2 Sadon määrä

Ensimmäinen sadonkorjuu tehtiin 11.–13.6.2022. Timotei-ruokonataseoksen koeruudun pinta-ala oli 0,95 ha (70 x 135 metriä). Ensimmäisessä sadonkorjuussa paaleja tuli seitsemän kappaletta. Paalien tuorepainon keskiarvo oli 715 kg. Paalien maksimipaino oli 770 kg ja minimipaino 680 kg. Kuiva-ainepitoisuus oli 25,5 %. Sadon määrä oli 1 343 kg ka/ha. (Taulukko 5.)

Hiilinurmiseoksen koeruudun pinta-ala oli 1,19 ha (70 x 170 metriä). Ensimmäisessä sadonkorjuussa paaleja tuli kuusi kappaletta. Paalien tuorepainon keskiarvo oli 773 kg. Paalien maksimipaino oli 805 kg ja minimipaino 750 kg. Kuiva-ainepitoisuus oli 24,4 %. Sadon määrä oli 951 kg ka/ha. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 5. Ensimmäisen sadon satotaso

	Paalien määrä (kpl)	Tuorepaino (kg)	Kuiva-ainepitoisuus (%)	Sato kg ka/ha
Timotei-ruokonataseos	7	715	25,5 %	1 343
Hiilinurmiseos	6	773	24,4 %	951

Toinen sadonkorjuu tehtiin 3.–6.8.2022. Toisessa sadonkorjuussa timotei-ruokonataseoksen ruudulta tuli kuusi paalia. Paalien tuorepainon keskiarvo oli 550 kg. Paalien maksimipaino oli 570 kg ja minimipaino 525 kg. Paalien kuiva-ainepitoisuus oli 53,7 %. Sadon määrä oli 1 865 kg ka/ha. (Taulukko 6.)

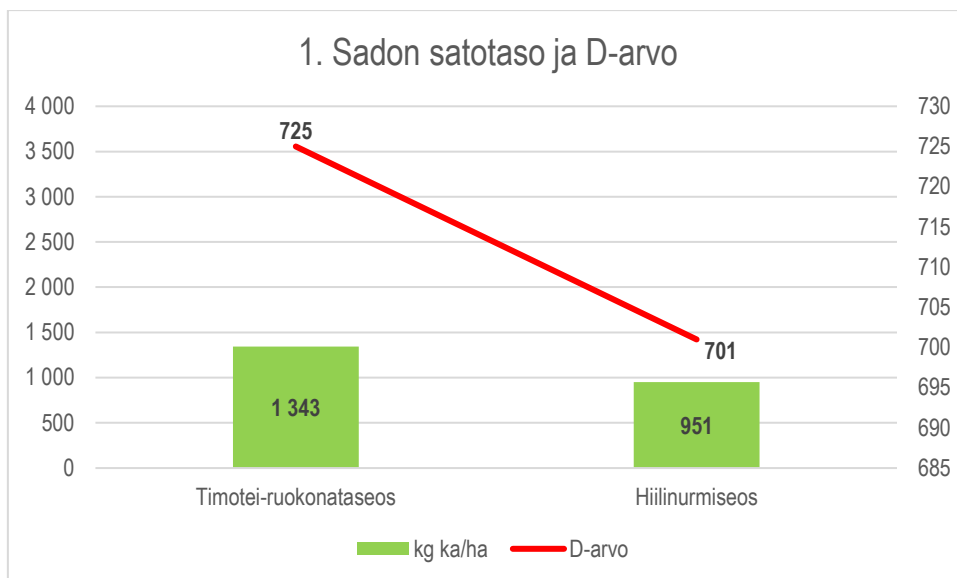
Toisessa sadonkorjuussa hiilinurmiseoksen ruudulta tuli 16 paalia. Paalien tuorepainon keskiarvo oli 539 kg. Paalien maksimipaino oli 555 kg ja minimipaino 520 kg. Paalien kuiva-ainepitoisuus oli 48,9 %. Sadon määrä oli 3 544 kg ka/ha. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Toisen sadon satotaso

	Paalien määrä (kpl)	Tuorepaino (kg)	Kuiva-aine-pitoisuus (%)	Sato kg ka/ha
Timotei-ruokotaseos	6	550	53,7 %	1 865
Hiilinurmiseos	16	539	48,9 %	3 544

5.3 Sadon ruokinnallinen laatu

Ensimmäisen sadon sadonkorjuun aloitus määräytyi korjuuaikanäytteen perusteella (taulukko 7). Ensimmäinen sato tehtiin D-arvon ollessa yli 700. Ensimmäisellä sadolla tähtäsimmekin hieman sulavampaan satoon D-arvon ollessa optimia korkeampi. Toiselle sadolle otimme kahtena eri ajankohtana korjuuaikanäytteet, joiden avulla saimme selville D-arvon alenemisen. Näytteiden ottojen välinen aika oli noin viikko (taulukot 8 ja 9). D-arvo ei laskenut yhtä nopeasti kuin ensimmäisen sadon aikana. Korjuuaikanäytteitä verrattaessa tulee hyvin ilmi se, että kaksilajisen seoksen sulavuus laskee hitaammin kuin monilajisen seoksen. Seoksen monipuolisuuden ansiosta myös raakavalkuaispitoisuus on suurempi ja kuidun määrä pienempi. Nämä ovat seurausta hiilinurmiseoksen lajien eri kasvurytmistä sekä näytteiden oton ajankohdasta. Korjuun ajankohta näytteiden mukaan on liian aikainen ensimmäisellä sadolla, jos paaleista haluttaisiin optimaalisia esimerkiksi D-arvon ja kuidun arvojen kannalta. Kun seoksessa on montaa eri lajia, on niiden keskinäinen kasvurytmi hieman erilainen kuin esimerkiksi heinäkasveja sisältävässä Retu-timotei-seoksessa. Palkokasvit ovat hyvä valkuaisen lähde nurmessa. Kuiva-ainepitoisuutta selittää se, että monilajisessa seoksessa on enemmän lehteviä kasveja, jotka pienentävät kuiva-ainepitoisuutta tuoreessa kasvustossa. Huomasimme myös, että sikuri oli yksi merkittävä kasvi, joka vaikutti kuiva-ainepitoisuuteen. Toisella sadolla erot olivat pienempiä kuin ensimmäisellä sadolla. (Kuvio 12.)



KUVIO 12. Ensimmäisen sadon satotason ja D-arvon vertailu

TAULUKKO 7. Korjuuaikanäytteet 8.6. (Jesse Parvinen; Valma 2022)

Korjuuaikanäyte kaksilajinen 8.6.			Korjuuaikanäyte monilajinen 8.6.		
Koostumus			Koostumus		
Kuiva-aine	212	g/kg	Kuiva-aine	149	g/kg
Raakavalkuainen	160	g/kg ka	Raakavalkuainen	186	g/kg ka
Kuitu (NDF)	473	g/kg ka	Kuitu (NDF)	388	g/kg ka
D-arvo	753	g/kg ka	D-arvo	766	g/kg ka
Sokeri	155	g/kg ka	Sokeri	129	g/kg ka
Sulamaton kuitu (iNDF)	31	g/kg ka	Sulamaton kuitu (iNDF)	21	g/kg ka
Tuhka	67	g/kg ka	Tuhka	89	g/kg ka
Rehuarvot			Rehuarvot		
ME (energia-arvo)	12,1	MJ/kg ka	ME (energia-arvo)	12,2	MJ/kg ka
OIV	90	g/kg ka	OIV	94	g/kg ka
PVT	25	g/kg ka	PVT	46	g/kg ka

TAULUKKO 8. Korjuuaikanäytteet 19.7. (Jesse Parvinen; Valma 2022)

Korjuuaikanäyte kaksilajinen 19.7.			Korjuuaikanäyte monilajinen 19.7.		
Koostumus			Koostumus		
Kuiva-aine	254	g/kg	Kuiva-aine	168	g/kg
Raakavalkuainen	123	g/kg ka	Raakavalkuainen	141	g/kg ka
Kuitu (NDF)	466	g/kg ka	Kuitu (NDF)	507	g/kg ka
D-arvo	703	g/kg ka	D-arvo	652	g/kg ka
Sokeri	173	g/kg ka	Sokeri	69	g/kg ka
Sulamaton kuitu (iNDF)	75	g/kg ka	Sulamaton kuitu (iNDF)	110	g/kg ka
Tuhka	63	g/kg ka	Tuhka	88	g/kg ka
Rehuarvot			Rehuarvot		
ME (energia-arvo)	11,2	MJ/kg ka	ME (energia-arvo)	10,4	MJ/kg ka
OIV	81	g/kg ka	OIV	78	g/kg ka
PVT	1	g/kg ka	PVT	24	g/kg ka

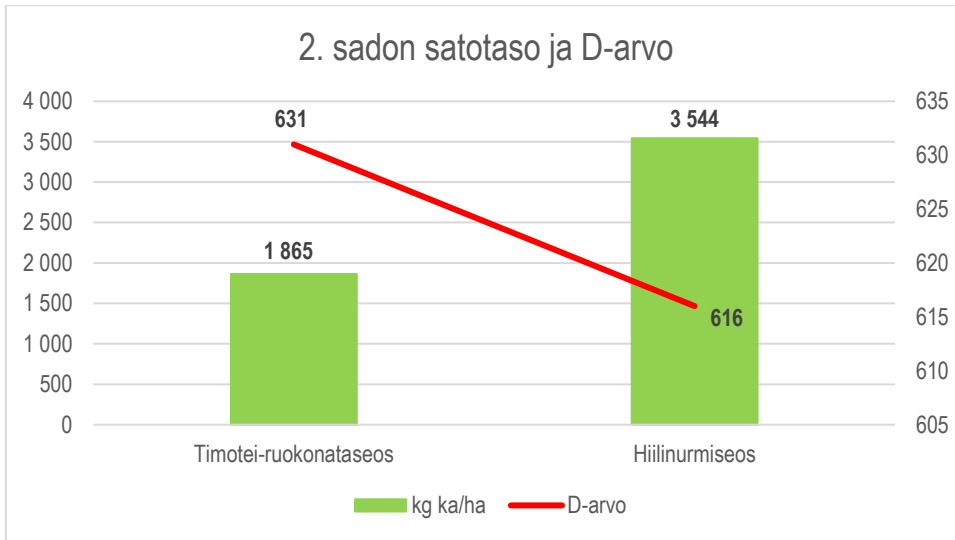
TAULUKKO 9. Korjuuaikanäytteet 27.7. (Jesse Parvinen; Valma 2022)

Korjuuaikanäyte kaksilajinen 27.7.			Korjuuaikanäyte monilajinen 27.7.		
Koostumus			Koostumus		
Kuiva-aine	270	g/kg	Kuiva-aine	276	g/kg
Raakavalkuainen	106	g/kg ka	Raakavalkuainen	100	g/kg ka
Kuitu (NDF)	500	g/kg ka	Kuitu (NDF)	516	g/kg ka
D-arvo	670	g/kg ka	D-arvo	624	g/kg ka
Sokeri	165	g/kg ka	Sokeri	149	g/kg ka
Sulamaton kuitu (iNDF)	91	g/kg ka	Sulamaton kuitu (iNDF)	123	g/kg ka
Tuhka	64	g/kg ka	Tuhka	68	g/kg ka
Rehuarvot			Rehuarvot		
ME (energia-arvo)	10,7	MJ/kg ka	ME (energia-arvo)	10	MJ/kg ka
OIV	76	g/kg ka	OIV	71	g/kg ka
PVT	-10	g/kg ka	PVT	-8	g/kg ka

Paaleista otettiin näytteet kairalla. Molemmista sadoista otettiin kokoomanäytteet kummankin seoksen paaleista. Molempien seosten jokaisesta paalista otettiin osanäyte, josta saatiin kokonaisnäyte kummankin seoksen osalta (taulukot 10 ja 11). Näytteiden perusteella voidaan tehdä ruokintasuunnitelma, joka vastaa lypsylehmän tarpeisiin. Ensimmäisen sadon paaleissa on paljon valkuaista ja energiaa, mutta liian vähän kuitua. Paalit eivät sopisi sellaisenaan kovin hyvin syötettäväksi lypsykarjalle. Toisen sadon paaleissa puolestaan ei ole sulavuutta eikä valkuaista niin paljon kuin sitä tulisi olla. Myös energian määrä on pieni. Kuidun määrä puolestaan on kohtalainen. Syönti-indeksi on ensimmäisen sadon paaleissa todella hyvä ja myös toisen sadon syönti-indeksi on kohtalainen.

Ensimmäisen sadon paalit korjasimme ensimmäisen sadon optimiajankohtaa aiemmin korkean su-
lavuuden saavuttamiseksi. Märät paalit ja biologinen säilöntäaine eivät olleet kaikkein paras yhdis-
telmä säilyvyyden kannalta ja tämän voi huomata esimerkiksi sokerien vähäisestä määrästä ja kor-
keasta haihtuvien rasvahappojen määrästä. Näistä arvoista voi todeta paaleissa tapahtuneen vir-
hekäymistä (taulukko 10).

Toisen sadon paaleissa ei havaittu virhekäymistä tulosten perusteella. Suurempi kuiva-ainepitoi-
suus vaikutti huomattavasti säilyvyyteen. Laadultaan toisen sadon paalit eivät ole kuitenkaan par-
haita mahdollisia lypsylehmien ruokintaan. Niissä on liian vähän energiaa ja valkuaista lypsyleh-
mien tarpeisiin. (Kuvio 13.)



KUVIO 13. Toisen sadon satotason ja D-arvo vertailu

TAULUKKO 10. Rehuanalyysit ensimmäinen sato (Jesse Parvinen; Valma 2022)

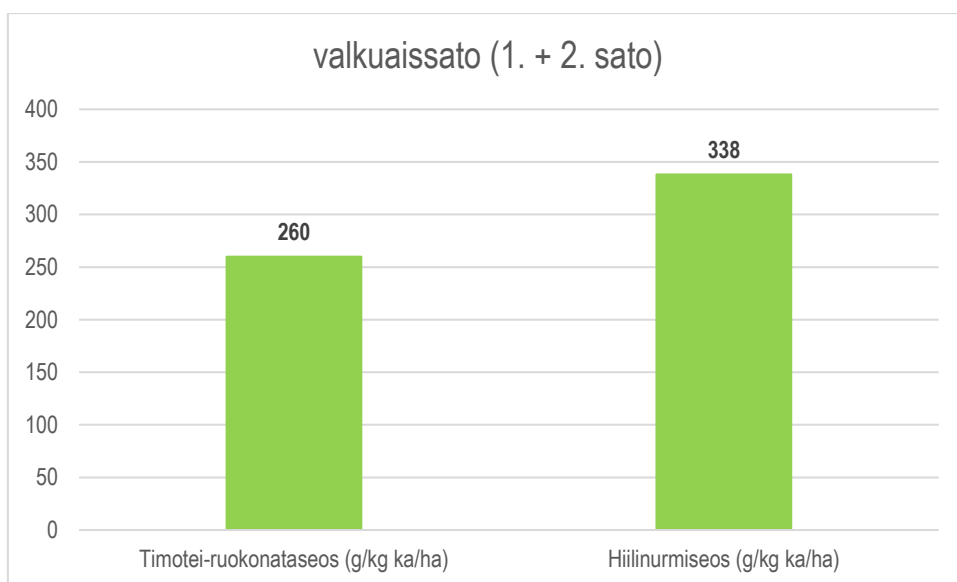
Kaksilajinen 1. sato				Monilajinen 1. sato			
Säilönnällinen laatu	Tulos	Yksikkö	Tavoitearvot	Säilönnällinen laatu	Tulos	Yksikkö	Tavoitearvot
pH	4,12		alle 4,14 (ka 255 g/kg)	pH	4,12		alle 4,10 (ka 244 g/kg)
Ammoniakkityppi	71	g/kg N	alle 40	Ammoniakkityppi	49	g/kg N	alle 40
Maito- ja muura-haishappo	73	g/kg ka	34,5-79,0 (Kuiva-aine 255 g/kg)	Maito- ja muura-haishappo	81	g/kg ka	35-80 (Kuiva-aine 244 g/kg)
Haihtuvat rasvahapot	27	g/kg ka	alle 10	Haihtuvat rasvahapot	25	g/kg ka	alle 10
Sokeri	34	g/kg ka	50 - 150	Sokeri	28	g/kg ka	50 - 150
Koostumus				Koostumus			
Kuiva-aine	255	g/kg	300 - 450	Kuiva-aine	244	g/kg	300 - 450
Raakavalkuainen	148	g/kg ka	130 - 160	Raakavalkuainen	170	g/kg ka	120 - 180
Kuitu (NDF)	495	g/kg ka	500 - 600	Kuitu (NDF)	421	g/kg ka	450 - 550
D-arvo	725	g/kg ka	680 - 700	D-arvo	701	g/kg ka	660 - 680
Sulamaton kuitu (iNDF)	33	g/kg ka	60 - 90	Sulamaton kuitu (iNDF)	37	g/kg ka	50 - 80
Tuhka	68	g/kg ka	50 - 100	Tuhka	88	g/kg ka	50 - 110
				Nurmipalkokasvin osuus	25	%	
Rehuarvot				Rehuarvot			
ME (energia-arvo)	11,6	MJ/kg ka	10,8 - 11,2	ME (energia-arvo)	11,2	MJ/kg ka	10,5 - 10,9
OIV	86	g/kg ka	71 - 88	OIV	93	g/kg ka	71 - 88
PVT	19	g/kg ka	14 - 46	PVT	35	g/kg ka	14 - 46
Syönti-indeksi	108		yli 105	Syönti-indeksi	113		yli 105
ME-indeksi	115		yli 105	ME-indeksi	117		yli 105
Kivennäis- ja hiivenaineet				Kivennäis- ja hiivenaineet			
Kalsium	5,3	g/kg ka	3,0 - 5,0	Kalsium	6,7	g/kg ka	5,0 - 10,0
Fosfori	2,3	g/kg ka	2,8 - 3,5	Fosfori	2,3	g/kg ka	2,8 - 3,5
Kalium	29	g/kg ka	20 - 30	Kalium	30	g/kg ka	20 - 30
Magnesium	1,7	g/kg ka	2 - 2,5	Magnesium	2,1	g/kg ka	2 - 2,5
Mangaani	41	mg/kg ka	40 - 100	Mangaani	47	mg/kg ka	40 - 100
Rauta	480	mg/kg ka	80 - 300	Rauta	1100	mg/kg ka	80 - 300
Kupari	8	mg/kg ka	6,0 - 10,0	Kupari	10	mg/kg ka	6,0 - 10,0
Sinkki	29	mg/kg ka	30 - 50	Sinkki	33	mg/kg ka	30 - 50
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,8		alle 2,2	K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,5		alle 2,2

TAULUKKO 11. Rehuanalyysit toinen sato (Jesse Parvinen; Valma 2022)

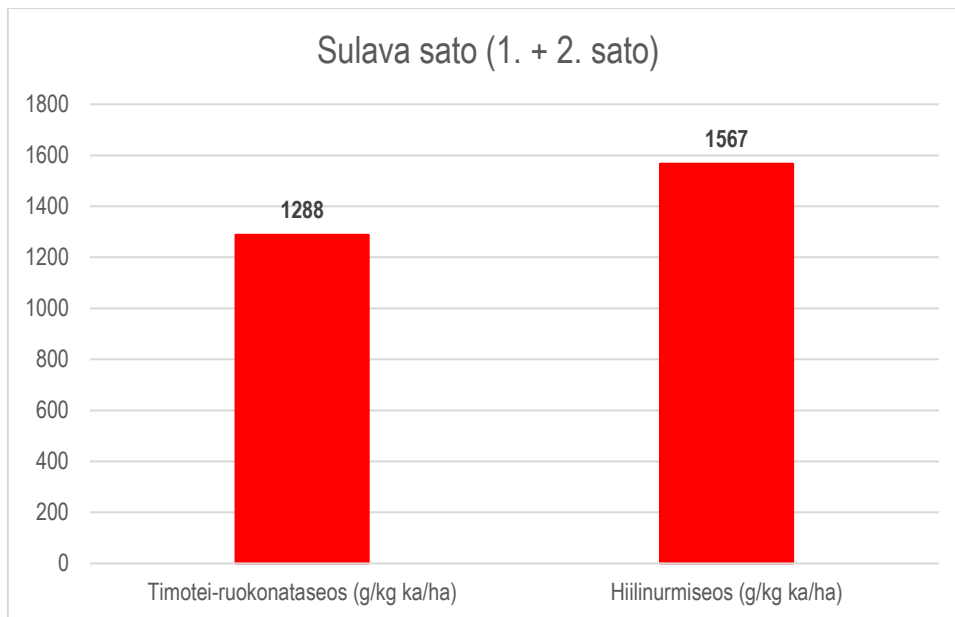
Kaksilajinen 2.sato				Monilajinen 2.sato			
Säilönnällinen laatu	Tulos	Yksikkö	Tavoitearvot	Säilönnällinen laatu	Tulos	Yksikkö	Tavoitearvot
pH	4,48		alle 5,27 (ka 537 g/kg)	pH	4,42		alle 5,08 (ka 489 g/kg)
Ammoniakkityppi	0	g/kg N	alle 40	Ammoniakkityppi	0	g/kg N	alle 40
Maito- ja muura-haishappo	24	g/kg ka	0-40 (Kuiva-aine 537 g/kg)	Maito- ja muura-haishappo	30	g/kg ka	0-40 (Kuiva-aine 489 g/kg)
Haihtuvat rasvahapot	5	g/kg ka	alle 10	Haihtuvat rasvahapot	7	g/kg ka	alle 10
Sokeri	115	g/kg ka	50 - 150	Sokeri	59	g/kg ka	50 - 150
Koostumus				Koostumus			
Kuiva-aine	537	g/kg	300 - 450	Kuiva-aine	489	g/kg	300 - 450
Raakavalkuainen	100	g/kg ka	130 - 160	Raakavalkuainen	114	g/kg ka	120 - 180
Kuitu (NDF)	488	g/kg ka	500 - 600	Kuitu (NDF)	483	g/kg ka	450 - 550
D-arvo	631	g/kg ka	680 - 700	D-arvo	616	g/kg ka	660 - 680
Sulamaton kuitu (iNDF)	117	g/kg ka	60 - 90	Sulamaton kuitu (iNDF)	138	g/kg ka	50 - 80
Tuhka	57	g/kg ka	50 - 100	Tuhka	75	g/kg ka	50 - 110
				Nurmipalkokasvin osuus	39	%	
Rehuarvot				Rehuarvot			
ME (energia-arvo)	10,1	MJ/kg ka	10,8 - 11,2 ka	ME (energia-arvo)	9,9	MJ/kg ka	10,5 - 10,9 ka
OIV	72	g/kg ka	71 - 88	OIV	76	g/kg ka	71 - 88
PVT	-9	g/kg ka	14 - 46	PVT	1	g/kg ka	14 - 46
Syönti-indeksi	99		yli 105	Syönti-indeksi	110		yli 105
ME-indeksi	89		yli 105	ME-indeksi	97		yli 105
Kivennäis- ja hiivenaineet			Tavoitearvot	Kivennäis- ja hiivenaineet			Tavoitearvot
Kalsium	9,5	g/kg ka	3,0 - 5,0	Kalsium	10,5	g/kg ka	5,0 - 10,0
Fosfori	3,2	g/kg ka	2,8 - 3,5	Fosfori	3,7	g/kg ka	2,8 - 3,5
Kalium	27	g/kg ka	20 - 30	Kalium	29	g/kg ka	20 - 30
Magnesium	3	g/kg ka	2 - 2,5	Magnesium	2,8	g/kg ka	2 - 2,5
Mangaani	41	mg/kg ka	40 - 100	Mangaani	35	mg/kg ka	40 - 100
Rauta	140	mg/kg ka	80 - 300	Rauta	180	mg/kg ka	80 - 300
Kupari	8	mg/kg ka	6,0 - 10,0	Kupari	9	mg/kg ka	6,0 - 10,0
Sinkki	31	mg/kg ka	30 - 50	Sinkki	32	mg/kg ka	30 - 50
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1		alle 2,2	K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1		alle 2,2

5.4 Sulava sato ja valkuaissto

Kuvioista 14 ja 15 voidaan todeta, että hiilinurmiseoksesta tuli kokonaisuutena parempi valkuais- ja sulava sato. Tähän vaikuttavat muun muassa rehun pitoisuuksien ja seosten kuiva-ainesatojen erot. Valkuaissatoa vertaillessa voidaan huomata selvä ero seosten välillä. Hiilinurmiseoksen palokasvit ja korkeampi typen määrä typensitojakasvien ansiosta on nostanut seoksen valkuaispitoisuutta ja satotasoa huomattavasti. Sulavassa sadossa voidaan huomata myös huomattava ero seosten välillä. Hiilinurmiseoksella on huonompi sulavuus, kun vertailee D-arvoa taulukoista 10 ja 11. Kuitenkin kuviossa 15 sulava sato on suurempi. Tämä johtuu siitä, että kokonaissatomäärä on hiilinurmiseoksella suurempi kuin timotei-ruokonata-seokselle, jolloin myös sulavaa satoa tulee ki-loina enemmän.



KUVIO 14. Valkuaissato



KUVIO 15. Sulava sato

5.5 Kasvustohavainnot

Tarkastelimme kasvustojen tiheyttä ja pituutta sekä kasvilajisuhteita perustamiltamme havaintoruuduilta. Lisäksi teimme laajempaa havainnointia tarkastelemalla koeruutujen yleisilmettä. Teimme koelohkolta myös kuoppatestejä.

5.5.1 Kasvustojen kasvilajisuhteet, pituus ja tiheys ensimmäisessä sadonkorjuussa

Tarkastelimme kasvuston tiheyttä, pituutta ja kasvilajeja perustamiltamme havaintoruuduilta sekä teimme laajempaa havainnointia tarkastelemalla koeruutujen yleisilmettä. Silmämääräisesti tarkasteltuna ensimmäisen sadon kasvustot näyttivät heikoilta. Kasvustosta paljastui aukkopaikkoja ja rikkakasvikeskittymiä molemmilta koeruuduilta. Lisäksi kasvuston haaleahko väritys kertoi ravinteiden niukkuudesta. Koeruutujen kasvustojen keskipituus oli korjuuhetkellä n. 40–50 cm.

Hiilinurmiseoksen ruuduilta havaitsimme kattavasti seoksen eri kasvilajeja. Merkittävimmät kasvilajit olivat timotei, nurminata, sikuri, rehu- ja sinimailanen. Lisäksi ruuduilla kasvoi rehukattaraa sekä puna- ja valkoapilaa. Hiilinurmiseoksen merkittävimpiä rikkakasveja olivat juolavehnä, voikukka, ohdake, lutukka, pillike, savikka ja vesiheinä. Ruudulla esiintyi lisäksi valvattia sekä yksittäisiä hevонhierakoita. Kasvuston tiheydeksi arvioimme silmämääräisesti noin 70 %. (Kuvio 16.)



KUVIO 16. Hiilinurmiseoksen havainnointiruutu ennen ensimmäistä sadonkorjuuta (kuva: Teppo Ala-Kasari)

Timotei-ruokonataseoksen havainnointiruuduilla kasvoi runsaasti timoteita ja ruokonataa. Merkittävimmät rikkakasvit olivat juolavehänä, voikukka, jauhosavikka, vesiheinä, ohdake ja valvatti. Kasvuston aukkoisuus aiheutti paikoin hyvin runsaita rikkakasviesiintymiä. Kasvuston aukkoisuuden merkittävin syy oli kuiva perustamisvuosi. Lisäksi timotei-ruokonataseoksen puolelle osui poutiva maankohoama, joka osaltaan aiheutti satokasveille haasteita ja antoi rikkakasveille elintilaa. Poutiva kohoama laski timotei-ruokonataseoksen koeruudun satotasoa. Kasvuston tiheydeksi arvioimme noin 60 %. (Kuvio 17.)



KUVIO 17. Timotei-ruokonataseoksen havainnointiruutu ennen ensimmäistä sadonkorjuuta (kuva: Teppo Ala-Kasari)

Kasvustohavaintojen lisäksi teimme molemmilta koeruuduilta kuoppatestejä ennen ensimmäistä sadonkorjuuta. Jokainen kuoppatesti oli yleisilmeeltään melko samanlainen. Tilan pellot ovat olleet luomutuotannossa noin 10 vuotta, jonka vuoksi multavuus on hyvällä tasolla. Kuopista löytyi runsaasti lieroja, mururakenne oli hyvä eikä merkittäviä tiivistymiä löytynyt. (Kuvio 18.)



KUVIO 18. Mururakenne ja lierot hiilinurmiseoksen koeruudulla (kuva: Teppo Ala-Kasari)

Mielenkiintoisin löytö kuoppatesteistä oli sikurin paalujuuri, joka ylettyi muokkauskerroksen läpi pohjamaahan asti. Juuren kokonaispituus oli noin 30 cm (kuvio 19). Sikurin maaparannusvaikutus on näiden kokemusten perusteella merkittävä. Yleisesti juuret olivat molemmilla seoksilla noin 10–15 cm.



KUVIO 19. Sikurin juuri ensimmäisen sadonkorjuun jälkeen (kuva: Teppo Ala-Kasari)

5.5.2 Kasvustojen kasvilajisuhteet, pituus ja tiheys toisessa sadonkorjuussa

Toinen sadonkorjuu ajoittui elokuun ensimmäiselle viikonlopulle. Ennen niittoa teimme tarkempia havaintoja molemmilta koeruuduilta. Tarkastelimme ruutujen kasvilajisuhteita, kasvien pituuksia ja kasvuston tiheyttä. Silmämääräisesti tarkasteltuna kasvusto näytti huomattavasti paremmalta ensimmäiseen satoon verrattuna. Rikkakasvien osuus varsinkin timotei-ruokonataseoksen puolella oli kasvanut ensimmäiseen sadonkorjuuseen verrattuna. (Kuvio 20.)



KUVIO 20. Yleiskuva kokeen peltolohkosta ennen toista sadonkorjuuta (kuva: Jesse Parvinen)

Hiilinumiseoksen osalta kasvusto näytti vahvalta ja hyvävointiselta. Erityisesti sikuri oli saanut voimaa kosteudesta ja lisääntyneestä valon määrästä. Parhaimmissa kohdissa sikurilla oli mittaa jopa 1,5 metrin verran. Hyvään kasvuun toiselle sadolle pääsivät myös mailaset ja apilat. Kasvuston keskipituus korjuuhetkellä oli n. 60–70 cm ja tiheys n. 80 %. Merkittävimpiä rikkakasveja olivat juolavehnä, lutukka, vesiheinä, ohdake, voikukka ja valvatti. (Kuvio 21.)



KUVIO 21. Hiilinurmiseoksen kasvusto ennen toista sadonkorjuuta (kuva: Jesse Parvinen)

Timotei-ruokonataseoksen koeruudulla kasvusto näytti heikolta, rikkaiselta ja aukkoiselta. Kasvuston vaaleahko väri kertoi ravinteiden puutteesta. Satokasvien keskipituus korjuuhetkellä oli n. 40 cm ja tiheys n. 60 %. Satokasveja, varsinkin timoteitä, oli kasvustossa kohtalaisesti. Ruokonataa oli kasvustossa suhteellisen vähän. Merkittävimmät rikkakasvit olivat valvatti, ohdake, voikukka, saunakukka ja juolavehänä. Timotei-ruokonataseoksen ruudulle oli levinnyt apilaa ja hieman sinimailasta todennäköisesti hiilinurmiseoksen puolelta ja vanhoista juuristoista. (Kuvio 22.)



KUVIO 22. Timotei-ruokonataseoksen kasvusto ennen toista sadonkorjuuta (kuva: Jesse Parvinen)

Teimme molemmilta koeruuduilta kuoppatestejä myös toisen sadonkorjuun jälkeen (kuvio 23). Kuoppatestien tuloksissa ei ollut tapahtunut merkittäviä muutoksia kahden kuukauden aikana. Juuristot olivat molemmilla ruuduilla hieman tihentyneet ja kasvaneet pituutta.



KUVIO 23. Mururakennetta ja juuristoa timotei-ruokonataseoksen koeruudulla toisen sadonkorjuun jälkeen (kuva: Teppo Ala-Kasari)

6 TULOSTEN TARKASTELU

Tuloksia tarkastelimme vertailemalla kuiva-ainesatoja ja rehuanalyysien tuloksia. Lannoituksen vaikutus tuloksiin oli suuri. Tämä näkyi sadon määrässä ja laadussa.

6.1 Sadon määrä

Ensimmäisessä sadonkorjuussa timotei-ruokonataseos tuotti 400 kg ka/ha enemmän satoa kuin hiilinurmiseos. Toisella sadonkorjuulla hiilinurmiseos tuotti 1 678 kg ka/ha paremman sadon kuin timotei-ruokonataseos. Kasvukaudella 2022 hiilinurmiseos tuotti satoa 1 286 kg ka/ha enemmän kuin timotei-ruokonataseos. Ensimmäisen sadonkorjuun satotaso oli molempien seosten osalta heikko. Toisessa sadonkorjuussa hiilinurmiseos tuotti määrällisesti hyvän sadon, mutta timotei-ruokonataseoksen satotaso oli heikko.

Ensimmäisen sadon heikkoon satotasoon vaikuttivat monet eri tekijät. Merkittävin tekijä sadon heikon muodostumisen kannalta oli epäonnistunut kasvuston perustaminen. Vuoden 2021 kasvukauden kuivuus näkyi koeruuduillamme harvana ja aukkoisena kasvustona. Harva kasvusto tarjosi hyvän ympäristön rikkakasvien kasvulle. Märkä ja kylmä kevät sekä alkukesä tarjosivat haastavat olosuhteet molemmille seoksille. Lisäksi kokeeseen valitsemamme lohko ei osoittautunut optimaaliseksi pinnanmuotojen vaihtelevuuden vuoksi, mikä näkyi ruuduilla epätasaisena kasvustona.

Molemmat ruudut lannoitettiin keväällä 2022 samanlaisilla käsittelyillä. Lannoituksen osalta käytösämme oli ainoastaan naudon lietelantaa. Kevään lannoitus oli kasvukauden ainoa lannoituskerta, mikä näkyi erityisesti timotei-ruokonataseoksella toisella sadolla matalana satotasona. Samanlainen lannoitus ei palvele molempia seoksia tasapuolisesti. Tämä vääristää kokeen tuloksia. Lietelannan levitys venyi loppukevääseen märkien olosuhteiden vuoksi, mikä osaltaan vaikutti ensimmäisen sadon kasvukykyyn. Lisäksi isolla lietevaunulla ajaminen kostealla pellolla jätti ruuduille ajouria, joiden vaikutus näkyi varsinkin ensimmäisessä sadonkorjuussa.

Lannoituksen optimoinnista teki erityisen hankalaa käytettävissä olevien teollisten lannoitteiden puute. Erilaisilla rakeisilla tai nestemäisillä väkilannoitteilla lannoitus olisi ollut helpompi optimoida ruuduille sopiviksi, jolloin tulosten vertailu keskenään olisi luotettavampaa. Lisäksi lannoituksen

vaikutusta kokeen tuloksiin olisi voitu arvioida lannoituksen nollaruutujen avulla. Saatujen tulosten osalta ei voida luotettavasti arvioida lannoituksen vaikutusta kummankaan siemenseoksen osalta, koska kokeessa ei ollut lannoituksen nollaruutuja.

Korjuuajankohtaa pyrittiin optimoimaan ottamalla kasvustosta korjuuaikanäytteitä. Korjuuaikanäytteiden tulosten avulla teimme päätöksen korjuun ajankohdasta, valmistelimme korjuukaluston kuntoon ja sovimme urakoitsijan kanssa töistä. Niitto ja karhotus ajoitettiin ensimmäisessä sadonkorjuussa paalausta edeltävälle päivälle. Paalauksen ja varastoimisen kannalta niitto olisi pitänyt aloittaa kaksi päivää ennen paalausta. Hiilinumiseoksen koeruudulla sikuri aiheutti paalaamiselle haasteita. Sikurin kostea lehtimassa sotkeutui paalaimeen, jonka vuoksi paaleista ei saatu tarpeeksi tiukkoja. Paalit piti jättää löysemmiksi, mikä aiheutti haasteita varastoinnin ja säilyvyyden osalta (kuvio 24).



KUVIO 24. Ensimmäisen sadon paalipino romahti, koska paalit jäivät löysiksi suuren kosteusprosentin vuoksi (kuva: Jesse Parvinen)

Toisen sadon korjuuajankohdan optimointi aiheutti haasteita. Lämmin jakso heinäkuun lopulla edesauttoi kasvuston vanhenemista. Korjuuaikanäytteiden perusteella sadon D-arvo oli laskenut jo

alle 700:n. Lisäksi meidän ja paalaajan aikataulujen sovittaminen tuotti haasteita. Toisen sadon niitto aloitettiin noin kaksi vuorokautta ennen paalaamista. Sadonkorjuuajankohtaan osui muutama päivän hellejakso, joka kuivatti karheet. Keruuta ei voitu nopeuttaa, koska paalausurakoitsija oli varattu tietylle päivälle. Karheet pääsivät kuivumaan kummankin seoksen osalta ylikuiviksi. Korjuuteknisesti kuiva karhe toimi kuitenkin paremmin kuin märkä karhe. Paalain söi karhetta hyvin ja teki paaleista tiukkoja. (Kuvio 25.)



KUVIO 25. Toisen sadon paalipino (kuva: Jesse Parvinen)

6.2 Sadon ruokinnallinen laatu

Yleisesti ensimmäisen sadon paalit olivat hyviä lypsylehmien ruokintaan etenkin, kun käytössä on seosrehuruokinta. Kokeen paalit syötettiin tilalla Lely Vectorilla, jolla oli helppo tehdä sopiva ape lypsylehmille kokeen paaleista ja muista käytössä olevista rehuista. Navetan puolella ape, jossa oli mukana kokeen paaleja, näytti maistuvan hyvin lehmille. Ensimmäisen sadon paalit olivat hyvä lisä syötössä olevan siilorehun lisäksi, sillä syötössä olevan siilorehun valkuaispitoisuus ei ollut kovin korkea, mutta kuitua oli hyvin.

Ensimmäisessä sadossa D-arvo oli tavoiteltua korkeampi, sillä korjasimme ensimmäisen sadon tiedostaen, että rehu oli liian sulavaa D-arvon ollessa yli 700, lisäksi kuidun arvot olivat aivan liian alhaiset. Tästä johtuen myös raakavalkuainen ja energia-arvot olivat todella hyvät, ehkä jopa hieman liian korkeat, jos paaleja syötettäisiin erillisruokinnassa. Toisaalta nurmen ollessa nuorta kuitua ei ollut niin paljon kuin sitä olisi hyvä olla. Paalit sopivat erinomaisesti aperuokintaan hieman vanhemman säilörehun lisäksi, niin kuin sitä käytettiinkin. Rehuanalyysyjä vertaillen selviää hyvin näiden kahden eri siemenseoksen välinen ero. Palkokasveja sisältävän monilajisen seoksen valkuaispitoisuus on korkeampi kuin kaksilajisen seoksen. Monilajisessa seoksessa on kuitenkin vähemmän energiaa huonommasta sulavuudesta johtuen.

Toisen sadon paalit olivat sadon sulavuudelta heikkoja D-arvon ollessa noin 600 g/kg ka. Myös kuiva-ainepitoisuus ei ole optimaalinen, kun se on noin 500 g/kg. Korjuuhetkellä tiedostimme toisen sadon olevan vanhaa. Korkea kuiva-ainepitoisuus tuli kuitenkin hieman yllätyksenä. Ensimmäisellä sadolla karheet eivät kuivuneet kovin nopeasti, joten toisella sadolla aloitimme niiton hieman aikaisemmin. Niiton hetkellä kuitenkin tuli muutaman päivän hellejakso ja tästä johtuen karheet menivät optimaalista kuivemmiksi lyhyessä ajassa. Säilyvyyden kannalta tämä oli kuitenkin hyvä asia. Säilörehuanalyysistä selvisi, ettei virhekyymistä ole ollut juuri lainkaan.

Toisen sadon paalit käyvät kuitenkin hyvin täydentämään seosrehuruokintaa. Niillä saadaan appeeseen lisää kuitua esimerkiksi vahvan säilörehun lisäksi. Matalasta valkuaismäärästä johtuen toisen sadon paalit eivät ole paras vaihtoehto ainoaksi säilörehuksi appeeseen. Ruokintasuunnitelman teko olisi haastavaa, jos siihen haluttaisiin lisätä riittävästi valkuaista ja energiaa, ilman että väkirehun osuus kasvaisi liian suureksi. Tämä ei ole optimaalinen tilanne millään tavalla, etenkin jos säilörehun lisäksi pitäisi lisätä esimerkiksi ohran viljelyä energian saannin takaamiseksi. Tähän voisi helpoiten vaikuttaa optimoimalla korjuuajankohta paremmaksi. Toisen sadon paalien rehuanalyysyjä vertaillen voidaan huomata jälleen monilajisen seoksen sulavuuden olevan heikompa kuin kaksilajisen seoksen. Muuntokelpoisen energian arvoissa ei ollut merkittävää eroa seosten välillä. Kaksilajisella seoksella energian määrä on hieman parempi kuin monilajisella seoksella. Raakavalkuaisen määrä on kuitenkin monilajisella seoksella parempi kuin kaksilajisella seoksella. Toisella sadolla kaksilajisen seoksen kalsiumpitoisuus oli todella korkea. Tämä kertoo korkeasta rikkakasvien osuudesta, jonka havaitsimme myös kasvustoa tarkastellessa. Muut arvot ovat keskenään hyvin lähellä toisiaan.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulosten mukaan timotei-ruokonataseos tuotti paremman kuiva-ainesadon ensimmäisessä sadonkorjuussa. Tulos oli odotettu, koska viileä ja kostea kevät suosi timoteita ja nurmi lannoitettiin karjanlannalla. Hiilinurmiseos tuotti merkittävästi paremman sadon toisella sadonkorjuulla. Erityisesti hiilinurmiseoksen palkokasvit, apilat ja mailaset, sekä syväjuurinen sikuri hyötyivät keskikesän kuivahkosta ja lämpimästä säästä. Kokonaissadon määrä seosten välillä oli suuri. Sadon määrään vaikutti lisäksi lannoitus (toista satoa ei lannoitettu) ja korjuuajankohta. Lannoitusmäärät eivät olleet kummankaan seoksen kannalta optimaalisia. Lannoituksen puutteellisuuden vuoksi on vaikea arvioida luotettavasti sen merkitystä seoksien sadon muodostuksessa.

Seosten välillä oli laadullisia eroja sulavuudessa ja valkuaispitoisuudessa varsinkin kesän kokonaissatoja vertailtaessa. Myös laatutulokset olisivat olleet paremmin vertailtavissa, jos lannoitus olisi ollut optimaalinen kummallekin seokselle. Valkuaispitoisuuden osalta hiilinurmiseos oli parempi kuin timotei-ruokonataseos, mutta sulavuus oli kaksilajisessa nurmiseoksessa parempi.

Hiilinurmiseos ei ollut tämän yhden, haastavissa olosuhteissa tehdyn, kokeen perusteella optimaalinen seos säilörehutuotantoon. Hiilinurmiseoksen siemenkustannukset olivat noin kaksi kertaa korkeammat verrattuna timotei-ruokonataseokseen. Lisäksi säilörehun ruokinnallisen laadun perusteella hiilinurmiseos oli suhteellisen kallis. Huonolaatuinen säilörehu lisää väkirehujen käyttöä ruokinnassa, mikä osaltaan nostaa ruokinnan kustannuksia. Hiilinurmiseos ei siis tuonut välitöntä lisäarvoa säilörehusadon määrään tai ruokinnalliseen laatuun. Kokeesta saatujen tulosten perusteella hiilinurmiseoksesta saatavat hyödyt eivät todennäköisesti korvanneet siementen kalliimpaa hintaa tai rehun sulavuuden heikkenemistä. Pitkällä aikavälillä hiilinurmiseos saattaa maksaa itsensä takaisin parempana maan kasvukuntana. Tätä arvioita ei kuitenkaan voitu vahvistaa yhden kasvukauden mittaisen kokeen perusteella.

Hiilinurmiseos sisälsi kaikkiaan 16 eri kasvilajia. Seoksen kasvilajeista noin 30 % oli palkokasveja: apiloita ja mailasia. Korkean palkokasviusuuden merkitys siemenseoksessa korostuu erityisesti luomutuotannossa biologisen typensidonnan vuoksi. Kokeessa hiilinurmiseos hyötyi korkeasta palkokasvipitoisuudesta vähäisen lannoituksen vuoksi. Syväjuuriset palkokasvit muodostivat merkittävän osan hiilinurmiseoksen sadosta. Heinäkasvit eivät selvinneet kuivasta perustamisvuodesta

palkokasvien tavoin. Heinäkasvien heikkoon menestykseen saattoi vaikuttaa koelohkon poutiva maankohoama, joka sijoittui timotei-ruokonataseoksen koeruudulle.

Koeruuduilta tekemiemme kuoppatestien perusteella hiilinurmiseoksen juuristo oli timotei-ruokonataseokseen verrattuna tiheämpi ja pidempi. Erityisesti sikurin paalujuurella on merkittävä maanparannusvaikutus. Sikurin juuri ylsi muokkauskerroksen läpi aina pohjamaahan asti. Lisäksi mailasten ja apiloiden juuret erottuivat juuristosta.

Hiilinurmiseoksen ongelmallisimmaksi kasviksi muodostui pitkän paalujuuren ja valtavat lehdet omaava sikuri. Sikuria oli ainoastaan noin 5 % siemenseoksessa. Sikuri pystyi kuitenkin muodostamaan rehevän kasvuston kuivan perustamisvuoden vuoksi jättäen lehtiensä alle sato- ja rikkakasveja. Kuivuuden vuoksi sikurin suhteellinen osuus kasvustosta kasvoi merkittävästi verrattuna sikurin siementen määrään seoksessa kylvövaiheessa. Kokemuksemme perusteella keskeisin syy sikurin osuuden merkittävään kasvuun kasvustossa olivat kuivat sääolosuhteet.

Sikurin suuri osuus kasvustossa aiheutti haasteita sadonkorjuussa. Ensimmäisessä sadonkorjuussa kasvusto niitettiin noin vuorokausi ennen paalauksen aloittamista. Lehtevä sikuri ei aiheuttanut haasteita niitossa tai karhotuksessa. Paalaamisvaiheessa sikuri kuitenkin aiheutti aluksi merkittäviä ongelmia. Sikurin lehtimassa sotkeentui paalaimen, eivätkä paalit pysyneet kasassa. Paalaajan piti löysätä paaleja merkittävästi, jotta paalit oli mahdollista saada ehjinä pois paalaimesta. Tämä aiheutti myöhemmin haasteita paalien varastoinnissa ja säilyvyydessä. Toisella sadonkorjuulla niitto aloitettiin aikaisemmin, jotta karheet ehtivät kuivaa tarpeeksi.

Hiilinurmiseos voi olla potentiaalinen vaihtoehto tavallisten nurmisiemenseosten tilalle. Seosta kannattaa muokata tilan tarpeen mukaan. Tasapainoisen rehukoostumuksen saavuttaminen on tärkeää, jotta saadaan paras mahdollinen hyöty lypsylehmälle ja lehmästä saadaan parhaat maitolitrat irti mahdollisimman kustannustehokkaasti. Seoksen avulla voidaan saada parempia ruokinnallisia arvoja ja isompia satoja, kun korjuuajankohdan optimoi siemenseoksen ja lohkon ominaisuuksien mukaan. Hiilinurmiseoksen hinta on kuitenkin hyvä ottaa huomioon kokonaisuutta mietittäessä.

8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli vastata kahteen tutkimuskysymykseen:

- 1) Onko viljeltävällä seoksella vaikutusta sadon määrään ja ruokinnalliseen laatuun?
- 2) Onko hiilinurmiseoksella potentiaalia säilörehuntuotannossa?

Korjuuajankohdan optimointi oli haasteellista kahden erilaisen siemenseoksen välillä. Käytännössä meillä ei ollut resursseja jakaa korjuuta kahteen eri ajankohtaan. Tämän vuoksi korjuuajankohdan määrittämisessä piti tyytyä kompromisseihin, mikä osaltaan vaikuttaa kokeen tulosten luotettavuuteen. Koejäsenten valinnassa ei mietitty tarpeeksi käsittelyyn, kuten niiton ajankohtaan tai lannoitukseen, liittyviä yksityiskohtia. Hiilinurmiseoksen verrokinurmiseokseksi olisi ollut hyvä valita esimerkiksi timotei-ruokonata-puna-apila-seos. Palkokasvia sisältävä seos olisi tasoittanut lannoituksesta johtuvia eroja.

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen voidaan todeta, että viljeltävällä seoksella on vaikutusta sadon määrään ja ruokinnalliseen laatuun. Tämän kokeen tuloksien perusteella emme kuitenkaan pysty määrittämään luotettavasti, mitkä asiat seoksessa, korjuussa ja sääolosuhteissa vaikuttavat sadon määrään ja ruokinnalliseen laatuun. Toiseen tutkimuskysymykseen voidaan todeta, että hiilinurmiseoksella voi olla potentiaalia säilörehuntuotannossa. Kokeesta saatujen tulosten perusteella ei kuitenkaan voida luotettavasti sanoa, missä sääolosuhteista, millä lannoitusmäärillä ja kuinka monella niitolla hiilinurmiseoksesta saadaan paras tulos irti.

Opinnäytetyöprosessi oli mielenkiintoinen. Erityisesti kenttäkokeen perustaminen ja tulosten kerääminen oli todella mielenkiintoista ja opettavaista. Kokeesta saatujen kokemusten perusteella aiomme molemmat tahoillamme hyödyntää oppimaamme kotitilojemme toiminnassa. Haluamme kiittää toimeksiantajaamme Mäkitalon tilaa yhteistyöstä.

LÄHTEET

Backman, Juha, Enroth, Beatrice, Stjernberg, Jan, Hakala, Kaija & Yli-Hemminki Pirjo 2021. Uudistuva kasvintuotanto. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto

Ellä, Anu, Jaakkola, Seija, Karlström, Tiina, Karttunen, Janne, Kokkonen Tuomo, Kyntäjä, Juho, Nokka, Sanna, Nousiainen, Juha, Palva, Reetta, Rinne, Marketta, Sairanen, Auvo & Vanhatalo, Aila 2010. Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto

Gupta, Rakesh Kumar, Reybroeck, Wim, Van Veen, Johan W. & Gupta, Anuradha 2014. Beekeeping for poverty alleviation and livelihood security. Hakupäivä 15.4.2022. [Beekeeping-for-Poverty-Alleviation-and-Livelihood-Security-Vol-1-Technological-Aspects-of-Beekeeping-PDF-Drive-dlot-vetgovet-was-first-indexed-by-Google-in-March-2021.pdf \(researchgate.net\)](#)

Hagelberg, Eija, Joonas, Juuso, Kaila, Lotta, Malin, Eliisa & Paukkunen, Juho 2022. Pölyttäjäystävällinen maatila. Periaatteet ja käytännöt pölyttäjäystävällisempään maatalouteen. Hakupäivä 1.9.2022. [Polyttajaystävällinen-maatila_v2-4.pdf \(carbonaction.org\)](#)

Hankkija 2022. Säilörehun tarve ja laadun merkitys. Hakupäivä 2.5.2022. <https://www.hankkija.fi/rehut/nautojen-ruokintaohjeet/ia-sailorehun-tarve-laadun-merkitys-2026721/>

Heikkinen, Jaakko 2019. Hiilen määrä peltomaassa. Luonnonvarakeskus. Hakupäivä 20.4.2022. [Hiilen määrä peltomaassa | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#)

Heimsch, Laura, Heinonsalo, Jussi, Helenius, Juha, Huusko, Karoliina, Höljer, Laura & Viskari, Toni 2020. Hiiliopas katsaus maaperän hiilen ja hiiliviljelyn perusteisiin. Hakupäivä 28.4.2022. [BSAG-hiiliopas-1.-painos-2020.pdf](#)

Hulsen, Jan & Aerden, Dries, Suomentaja Juho Kyntäjä 2014. Ruokintahavaintoja: käytännön opas terveiden ja tuottavien lypsylehmien ruokintaan. Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto

Hyrkäs, Maarit, Lemettinen, Jyri-Pekka, Manninen, Outi, Pakarinen, Kirsi, Rinne, Marketta, Seppänen, Mervi & Virkajärvi, Perttu 2012. Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit. Hakupäivä 22.10.2022. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/438263/mttraportti56.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hyrkäs, Maarit, Korhonen, Panu, Kykkänen, Sanna & Mustonen, Arja 2019. Päihittääkö sinimailanen puna-apilan? Hakupäivä 12.11.2022. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/543925/luke-luobio_17_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ilmatieteen laitos 2022. Havaintojen lataus. Hakupäivä 1.10.2022. [Havaintojen lataus - Ilmatieteen laitos](#)

Joona, Juuso 2019. Hiiliviljely käytännössä. Hakupäivä 1.11.2022. [Microsoft PowerPoint - Carbon Action Siuntio 27_6_2019_2 - Compatibility Mode \(wwf.fi\)](#)

Kari, Maarit 2022. Turvepelto-opas. Ratu-hanke 2022. Hakupäivä 15.10.2022. [turvepelto-opas \(proagria.fi\)](#)

Kekkonen, Hanna, Koikkalainen Kauko, Laurila, Marika, Lehtonen, Heikki & Virkkunen, Elina 2022. Turvepeltojen kosteikkoviljely ja pohjaveden korkeuden säätely. Kannattavuus ja päästövähennysmahdollisuudet. Hakupäivä 29.10.2022. [Turvepeltojen kosteikkoviljely ja pohjaveden korkeuden säätely : Kannattavuus ja päästövähennysmahdollisuudet \(luke.fi\)](#)

Kurki, Päivi 2016. Biologinen typensidonta ja sen potentiaali luomutiloilla. Hakupäivä 16.4.2022. <https://varsinais-suomi.mtk.fi/documents/197812/265869/Tarmontulva+P%C3%A4ivi-Kurki2016.pdf/eee5f930-f6c3-46cc-e473-14a03471d826?t=1545400141613>

Lehtonen, Heikki, Saarnio, Sanna, Rantala, Jukka & Niemi, Jyrki 2020. Maatalouden ilmastotiekartta. Tiekartta kasvihuonepäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. Hakupäivä 20.10.2022. https://www.mtk.fi/documents/20143/310288/MTK_Maatalouden_ilmastotiekartta_net.pdf/4c06a97a-c683-1280-65ba-f4666132621f?t=1597055521915

Luonnonvarakeskus 2018a. Keskimääräiset hiilipitoisuudet muuttujina vuosi, alue ja hiilipitoisuus g/kg. Hakupäivä 1.5.2022. [Keskimääräiset hiilipitoisuudet muuttujina Vuosi, Alue ja Hiilipitoisuus g/kg. PxWeb \(luke.fi\)](#)

Luonnonvarakeskus 2018b. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2018. Suomen peltojen maa-lajit, multavuus ja fosforipitoisuus. Hakupäivä 16.4.2022. [Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus \(luke.fi\)](#)

Luonnonvarakeskus 2022a. Tilastotietokanta. Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain. Hakupäivä 20.4.2022 http://statdb.luke.fi/PXWeb/api/v1/fi/LUKE/02_Maatalous/04_Tuotanto/22_Kaytossa_oleva_maatalousmaa/01_Kaytossa_oleva_maatalousmaa_ELY.px

Luonnonvarakeskus 2022b. Nurmesta tulosta – tiedotushanke. Hakupäivä 11.11.2022. <https://www.luke.fi/fi/projektit/nurtu-paaprojekti>

Luonnonvarakeskus 2022c. Tilastotietokanta. Käytössä oleva maatalousmaa ELY-keskuksittain. Hakupäivä 29.10.2022. [Käytössä oleva maatalousmaa muuttujina Vuosi, ELY-keskus, Muuttuja ja Laji. PxWeb \(luke.fi\)](#)

Maa- ja metsätalousministeriö 2021. YMP:n strategiasuunnitelmaraportti 2021. Hakupäivä 15.4.2022. [Suomen+CAP-suunnitelma tuloste+17.1.2022 nettiin.pdf \(mmm.fi\)](#)

Maa- ja metsätalousministeriö 2022. Luomusäilörehu. Hakupäivä 20.4.2022. https://moodle oulu.fi/pluginfile.php/775464/mod_resource/content/1/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6n%20tekstinohjaus%20luovalla.pdf

Maanvilja, Liisa 2020. Turvepelloissa mahdollisuus merkittäviin päästövähennyksiin. Käytännön Maamies 2020 (10), 26-28.

Malin, Eliisa 2020. Kerääjäkasviopas. Käytännön ohjeita kerääjäkasvien hyödyntämiseen Suomessa. Hakupäivä 30.10.2022. [Keraajakasviopas2020.pdf \(carbonaction.org\)](#)

Mattila, Tuomas & Rajala, Jukka 2018. Maan multavuuden hoito on tärkeää viljelijälle ja koko maapallolle. Luomulehti 2018 (3), 18. Hakupäivä 4.5.2022. [multavuuden-hoito-on-tarkeaa-viljelijalle-ja-koko-maapallolle-mattila-ja-rajala-ll-3-2018-1.pdf \(helsinki.fi\)](#)

Niemistö, Johanna, Seppälä, Jyri, Karvonen, Jaakko & Soimakallio, Sampo 2021. Päästökompensaatiot ilmastonmuutoksen hillinnän keinona Suomessa nyt ja tulevaisuudessa. Hakupäivä 31.10.2022. [Päästökompensaatiot ilmastonmuutoksen hillinnän keinona Suomessa – nyt ja tulevaisuudessa \(valtioneuvosto.fi\)](#)

Peltonen, Sari 2010. Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. (toim. Taina Harmoinen & Tapani Puurunen) Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto

ProAgria 2022. Monivuotiset rehunurmet luomutuotannossa. Hakupäivä 16.4.2022. https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/monivuotiset_nurmet_vihkotulostus_2.pdf

RavinneRenkin 2022. Syväjuuriset kasvit. Hakupäivä 22.10.2022. http://ravinnerenki.savonia.fi/images/Syv%C3%A4juuriset_kasvit.pdf

Tilastokeskus 2021. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2020. Hakupäivä 29.10.2022. [Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2020 \(tilastokeskus.fi\)](#)

Tuominen, Pirkko 2021. Luomutuotantoehdoista nyt ja 2021 jälkeen. Hakupäivä 16.4.2022. <https://www.mtk.fi/documents/197480/667565/ProAgria+Pirkko+Tuominen+Luomutuotantoehdoista+nyt+ja+2021+j%C3%A4lkeen.pdf/587fdddb-2006-d55f-f100-c1a426c8bd2d?t=1554461543873>