



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2024

Maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentäminen ja muutokset maatilan pellonkäyttöstrategiaan

HiiliMaito-hankkeen (2020–2023) tulosraportti

Sari Kajava ja Auvo Sairanen (toim.)

Maidontuotannon hiilijalanjäljen pientäminen ja muutokset maatilan pellonkäyttöstrategiaan

HiiliMaito-hankkeen (2020–2023) tulosraportti

Sari Kajava ja Auvo Sairanen (toim.)

**Sanna Hietala, Olli Niskanen, Sanna Kykkänen, Arja Mustonen, Annu Palmio,
Karoliina Rimhanen, Marita Jääskeläinen ja Matti Vornanen**



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

ProAgria
Itä-Suomi

Viittausohje:

Kajava, S. & Sairanen, A. (toim.) 2024. Maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentäminen ja muutokset maatilan pellonkäyttöstrategiaan: HiiliMaito-hankkeen (2020–2023) tulosraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 70 s.

Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:

Sairanen, A., Hietala, S. & Kykkänen, S. 2024. Karkearehuosuuden vaikutus maidon hiilijalanjälkeen. Julkaisussa: Kajava, S. & Sairanen, A. (toim.). Maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentäminen ja muutokset maatilan pellonkäyttöstrategiaan: HiiliMaito-hankkeen (2020–2023) tulosraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 37–43

Pääkirjoittajien ORCID ID:t:

Sari Kajava <https://orcid.org/0000-0002-1769-4622>

Auvo Sairanen <https://orcid.org/0000-0003-1230-6288>



ISBN 978-952-380-872-0 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-872-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Sari Kajava ja Auvo Sairanen (toim.), Sanna Hietala, Olli Niskanen, Sanna Kykkänen, Arja Mustonen, Annu Palmio, Karoliina Rimhanen, Marita Jääskeläinen ja Matti Vornanen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisu vuosi: 2024

Kannen kuva: Kirsi Järvenranta/Luke

Alkusanat

Maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentäminen, muutokset maatilan pellonkäyttöstrategiaan (HiiliMaito) -hanke toimi Pohjois-Savon alueella 1.5.2020-31.12.2023. Hanketta toteutti Luonnonvarakeskus yhdessä ProAgria Itä-Suomen kanssa. Hanke sai päärahoituksensa Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Savon ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat Valio Oy, Osuuskunta Maitosuomi, Lantmännen Agro Oy ja Apetit Kasviöljy Oy.

Maatalouden ilmastokuormitukseen liittyvä aikaisempi tutkimustoiminta Suomessa on keskittynyt pitkälti pellolla tapahtuviin toimenpiteisiin ja peltomaan kasvihuonekaasupäästöihin. Lehmien ruokintavaihtoehtojen tarkastelu on keskittynyt enimmäkseen hillitsemään pötsin metaanintuotantoa. Maataloustuotanto on kuitenkin kokonaisuus, jossa maatilan rajalle laskeutu ympäristökuormitus on pellonkäytön ja eläinten ruokinnan summa. HiiliMaito-hankkeen tavoitteena oli muuttaa lypsykarjatilán pellonkäyttöä entistä nurmivaltaisempaan suuntaan ja samalla pienentää kokonaispeltoalan tarvetta erityisesti turvemaiden osalta. Näin kehitettiin lypsykarjan ruokintastrategiaa, joka tähtää maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentämiseen. Hankkeen toinen tavoite oli laskea näiden muutosten vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin ja maatalojen talouteen.

Tässä tulokset esitetään hankkeen keskeisimmät tulokset. Hankkeen aikana julkaistuja materiaaleja voi lukea projektisivujen kautta: www.luke.fi/fi/projektit/hiilimaito. Hankeajana tehtyjä peltomittakaavan toimenpiteitä on lisäksi kuvattu hankkeessa tuotetun Luke Maaningan karttapohjan kautta: www.luke.fi/maaninkakoetila.

Kiitämme Pohjois-Savon ELY-keskusta ja hankkeen muita rahoittajia ja yhteistyökumppaneita, koko hankehenkilöstöä ja erityisesti hankkeessa mukana olleita pilottimaitoiloja vuosien yhteistyöstä. Kiitokset yhteistyöstä erityisesti seuraaville hankkeille: Mainio Maito, Kestävyttä nurmesta, IRMA ja HiGrass. Kiitos myös hankkeen ohjausryhmälle arvokkaasta palautteesta ja mielenkiintoisista keskusteluista hankkeen aikana.

Luke Maaningalla 5.1.2024

Auvo Sairanen
Erikoistutkija, projektipäällikkö

Tiivistelmä

Auvo Sairanen

Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka.

Nurmirehuvaltainen ruokintamalli tarvitsee onnistuakseen hyvälaatuisen ja korkean sulavuuden nurmirehun. Viljan osuuden pienentäminen kompensoidaan väkirehun valkuaispitoisuuden lisäämisellä, jotta ruokinnan OIV-pitoisuus pysyy tavoitetasolla. Hyvin sulavaa säilörehua saadaan maksimoimalla ensimmäisen sadon rehu lypsylehmille, mikäli käytössä on riittävän suuri nurmiala eläinmäärään nähden. Nurmirehuvaltaiseen ruokintamalliin sopii korjuuajastrategiana myös nk. pikkukakkonen. Viljan osuuden pienentämisen etuna on lehmää kohti tarvittavan pinta-alan pieneneminen. Pellontarve 45 % väkirehuosuus-strategialla oli 1,95 ha/lehmä sisältäen uudistuksen ja vastaavasti 35 % väkirehuosuudella 1,70 ha/lehmä.

Matalaväkirehustrategiassa yksi ratkaistava kysymys on väkirehun painotus eri laktaatiovaiheiden kesken. Pelkona alkulaktaatiossa on ollut ketoosiriskin nouseminen, mikäli väkirehumäärää rajoitetaan tavanomaista pienemmäksi. Hankkeen ruokintakokeessa vertailukäsittelyinä oli tasaväkirehuosuus 35 % poikimisesta umpeenmenoon saakka tai väkirehumäärän painotus loppulypsykaudesta poikimisen jälkeiseen aikaan, jolloin keskimääräinen väkirehuosuus tuotantokautta kohti olisi 35 %. Tulosten perusteella väkirehuosuuden nosto alkulaktaatiossa ei parantanut lehmien energiatasetta eikä vähentänyt ketoosiriskiä. Loppulypsykaudella korkeampi väkirehutaso lisäsi lehmien elopainon nousua. Lisäväkirehusta saatava maidontuotannon lisäys oli alkulaktaatiossa huomattavasti loppulaktaatiota suurempi, joten väkirehuosuuden painotus alkulaktaatioon oli taloudellisesti järkevä vaihtoehto.

Hankkeen viidelle pilottitilalle tehtyjen maksuvalmius- ja tuotantokustannuslaskelmien perusteella väkirehustrategioiden erot taloudellisessa tuloksessa olivat pieniä. Matalaväkirehustrategia pienensi ostokustannusten osuutta ja paransi tilan kassaviljäämää. Kassavarannon muutoksen perusteella matalaväkirehustrategia sopii tilalle, jolla kiinteiden kustannusten poistot on tehty ja tuotanto on elinkaaren lopussa. Matalaväkirehustrategian maidon tuotantokustannus oli kuitenkin 1,3 snt/maitokilo suurempi verrattuna tavanomaiseen väkirehutasoon. Tuotantokustannusta nostaa kiinteiden kustannusten jakaantuminen pienempään maitomäärään, joten tavanomainen tuotanto on investoineille tiloille taloudellisesti kannattavin vaihtoehto.

Matalaväkirehuvaihtoehdon mukana maitotilalle vapautuu peltoalaa vaihtoehtoiskäyttöä varten. Yksi mahdollisuus olisi viljan myynti tilan ulkopuolelle. Maitotilalla viljan tarvitsemien tuotantopanosten kustannus on kuitenkin korkea suhteessa saatavaan viljasatoon. Pilottitilojen ohran tuettu tuotantokustannus vaihteli 21–30 snt/kg. Oman viljan tuotanto on perusteltua, mikäli tuettu kustannus alittaa markkinoilta ostettavan viljan hinnan tilalle tuotuna. Viljanviljelyä voi perustella myös osana nurmen uusimista ja viljelykiertoa.

Luke Maaningan koetoimipaikalla on demonstroitu myös muita pellonkäytön vaihtoehtoisia muotoja, joista olisi hyötyä maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentämisessä. Toimiviksi vaihtoehtoisiksi todettiin esimerkiksi ruokonata ja ruokohelvi. Ruokonata syväjuurisena kasvina muodostaa kestävästi hiilivaraston ja sietää kuivuusjaksoja hyvin lisäten nurmen satovarmuutta. Ruokohelven vaihtoehtoiskäyttö kuivikkeeseen ja rehuntuotannon välillä vaikuttaa myös lu-

paavalta strategialta. Palkokasvien viljelyn lisäämisen tavoitteena on pienentää mineraalityypilannoitteiden määrää lisäämällä biologista typensidontaa. Yksi Luke Maaningalla testatuista palkokasveista oli rehumailanen, joka osoittautui peltomittakaavassa haastavaksi viljellä muun muassa rikkapaineen takia. Onnistuessaan rehumailanen voi tuottaa suuria kuiva-ainesatoja ja lannoitekustannussäästöjä.

Luke Maaningalla tutkittiin myös kenttäkokeena monilajisia hiiliviljelyseoksia verraten niitä tavanomaiseen kahdenlajin rehunurmiseokseen sadon määrän ja ravitsemuksellisen laadun osalta. Kaistoilta kerätyn sadon maittavuutta lypsyylehmille tutkittiin lyhytaikaisessa "maittavuustestissä". Monilajisten seosten kasvilajikoostumus muuttui huomattavasti nurmivuosien kuluessa. Matalasta D-arvosta huolimatta monilajiset hiilinumiseokset olivat lypsyylehmille maittavia rehuja, mutta matalan energiapitoisuuden vuoksi ne voivat rajoittaa maidontuotantoa. Monilajisten seosten yleisiä käyttösuosituksia varten niiden sopivuutta eri eläinryhmien ruokintaan tulisi tutkia huomattavasti laajemmin.

Hankekauden alussa valiolaisilla tiloilla käyttöön otettu maidontuotannon sopimusmalli kannustaa väkirehutason pienentämiseen matalan maidonhinnan aikana ja vastaavasti väkirehutason nostoon, kun maidosta maksetaan korkeaa hintaa. Maidontuotannon kokonaismäärä on pienentynyt sopimusmallin lanseerauksen jälkeen ja tuotannon tasaamisen tarve on vähentynyt. Kausivaihtelua esiintyy edelleen, mutta korkean tuotannonvaiheen paine matalakatteisen maitojauheen valmistukseen on pienentynyt.

Matalaväkirehutason yksi peruste on pienentynyt pellontarve tuotettua maitolitraa kohti. Samalla maankäyttösektorin päästöosuus maitolitraa kohti pienenee. Maidon hiilijalanjälki mallinnettiin LCA-periaatteen mukaan huomioiden väkirehustrategian mukaisen rehuntuotannon tarvitsema pinta-ala. Pelkästään kivennäismaalla tuotetulla rehulla ja väkirehuosuudella 45 % maidon hiilijalanjälki oli 1,12 kg CO₂-ekv/kg ekm. Vastaavasti väkirehuosuudella 35 % hiilijalanjälki oli 1,03 kg CO₂-ekv/kg ekm, eli päästövähennys oli noin 10 %. Mikäli kaikki rehu olisi tuotettu turvemaalla, maidon hiilijalanjälki olisi vastaavasti ollut 5,26 ja 4,65 kg CO₂-ekv/kg ekm. Ohran ja rypsirouheen korvaaminen kauralla ja rypsiपुरisteella vähensi maidon hiilijalanjälkeä 2 %. Yasso-mallilla laskettu maan hiilensidonnän lisäys kivennäismaalla jäi 20 v seurantajaksolla keskimäärin 0,02 kg CO₂-ekv/kg ekm. Tulosten perusteella turvemaiden osuus rehuntuotannossa on ylivoimaisesti merkittävin tekijä maidon hiilijalanjäljessä.

Asiasanat: hiilensidonta, hiilijalanjälki, elinkaarianalyysi, maidontuotanto, nurmirehut, pellonkäyttö, päästöt, sopimusmallit, tuotantokustannuslaskelmat, väkirehut

Sisällys

1. Nurmirehuvaltainen ruokintamalli	7
1.1. Nurmirehun osuuden vaikutus maitotuotokseen	8
1.2. Väkirehuosuuden vaikutus tilan pellonkäyttöön	9
1.3. Lypsylehmien nurmirehuvaltaisen ruokinnan väkirehustrategia	11
2. Vaihtoehtoisen rehuntuottomallin tuotantokustannukset pilottitiloilla	17
2.1. Maksuvalmius	19
2.2. Kannattavuus ja tuotantokustannukset	21
2.3. Herkkyystarkastelu	22
2.4. Nurmen ja viljojen tuotantokustannus	26
3. Maidon sopimusmallin vaikutus tuotannon toteutukseen	30
4. Pellonkäyttöstrategian vaikutus ilmastokuormitukseen	33
4.1. Maan hiilivaraston muutos	33
4.2. Karkearehuosuuden vaikutus maidon hiilijalanjälkeen	37
5. Matalahiilisen maitotilan pellonkäyttövaihtoehtoja	44
5.1. Vaihtoehtoja nurmituotantoon	44
5.2. Hiiliviljelyseokset lypsylehmien ruokinnassa	59
Viitteet	67

1. Nurmirehuvaltainen ruokintamalli

Auvo Sairanen, Luke

Märehtijöihin perustuvan ruuantuotannon etu on ihmisravinnoksi kelpaamattoman rehun muuttaminen korkean ravintoarvon elintarvikkeiksi. Maailmanlaajuisesti maatalousmaasta kotieläintuotanto vie 77 % ja kasvintuotanto 23 %. Kotieläinten suurta osuutta selittää osaltaan heikkokuntoisten alueiden hyödyntäminen laiduntamalla (<https://ourworldindata.org/land-use>). Mahdollisen eläintuotannon loppuessa nämä alueet todennäköisesti metsittyisivät. Suomessa laitumen osuus on pieni, mutta pohjoisissa olosuhteissa hyvin kasvava nurmi hyödynnetään säilörehuna. Nurmen keskimääräinen satopotentiaali on maataloilla kaksin- tai kolminkertainen viljaan verrattuna ja viljan satotaso lähenee nollaa Pohjois-Suomeen siirryttäessä.

Lypsylehmien rehustuksesta väkirehun osuus on ProAgrian tuotosseurantatilaston (Huhtamäki 2023) mukaan 45 %. Viljan osuus lehmien koko rehunkulutuksesta on noin 25 % sisältäen kaupallisten rehujen viljan. Lehmien ruokinta ei sinällään viljaa tarvitse ja sen käyttö perustuu ainoastaan tuotoksen lisääntymiseen ja taloudellisen tuloksen parantamiseen. Viljan käyttöä kuitenkin olisi hyvä saada pienemmäksi sekä ympäristöllisistä että eettisistä syistä. Viljan energia on tehokkainta hyödyntää käyttämällä se sellaisenaan ruuaksi.

Hehtaariohtainen peltotuki on pitänyt viljan hinnan edullisena suhteessa sen tuotantovaikutukseen, mikä on johtanut nykytasoiseen väkirehuosuuteen lehmien ruokinnassa. Nurmen satotaso on yli kaksinkertainen viljaan verrattuna, jolloin rehukiloa kohti maksettu tuki on nurmella alle puolet viljan tuesta. Viljan optimaalinen käyttömäärä pienenisi, jos maataloustukea maksettaisiin pinta-alan sijaan viljeltävän kasvin keskimääräisen satopotentiaalimukaan. Saldon mukaan maksettava tuki on käytännössä mahdoton, koska tukivalvonnan vaatimaa saldonmittausta ei ole olemassa ja toisaalta sato vaihtelee karjan tarpeen mukaan. Satopotentiaali taas on kohtuullisen vakio käytettävän maalajin mukaan. Nurmisatona voidaan jopa käyttää yhtä vakiolukua koko Suomessa. Viljan satopotentiaali taas riippuu leveysasteesta.

Nurmi voi parhaimmillaan sitoa ilmakehän hiiltä maaperään ja viljanviljely puolestaan vähentää maan hiilivarastoa. Nämä hiilipitoisuuden muutokset kuuluvat maankäyttösektorin (LULUCF) kautta raportoitaviin päästöihin. Maidontuotannon hiilijalanjälkeä saadaan pienennettyä vähentämällä rehuntuotantoa eloperäisillä mailla, pidentämällä eläimen tuotantoaikaa, kasvattamalla maahan kohdistuvien hiilisyötteiden määrää esimerkiksi nurmen leikkuukorkeutta nostamalla, suosimalla monivuotisia ja syväjuurisia nurmia viljelykierrossa, vähentämällä muokatuun maan osuutta rehuntuotannossa ja käyttämällä rehustuksessa elintarviketeollisuuden sivutuotteita. Kokonaan viljankäytöstä ei taloudellisista syistä voida toistaiseksi luopua, mutta karkearehun osuutta voidaan lisätä. Tällöin voidaan käyttää termiä karkearehuvaltainen ruokinta. Tässä hankkeessa karkearehuvaltaiseksi vaihtoehdoksi on valittu 35 % väkirehuosuus, jolloin viljan osuus lypsylehmien ruokinnasta pienenee 25 prosentista 15 prosenttiin lehmien koko rehunkulutuksesta. Tämä vastaa 250 miljoonan viljakilon vähennyspotentiaalia vuodessa. Säästyvä vilja, tai vilja-ala, voidaan ohjata esimerkiksi bioenergian tuotantoon tai käytetään suoraan ihmisravinnoksi. Osa viljanviljelystä vapautuvasta peltoalasta ohjautuisi lisääntyvän nurmirehun tarpeen täyttämiseen.

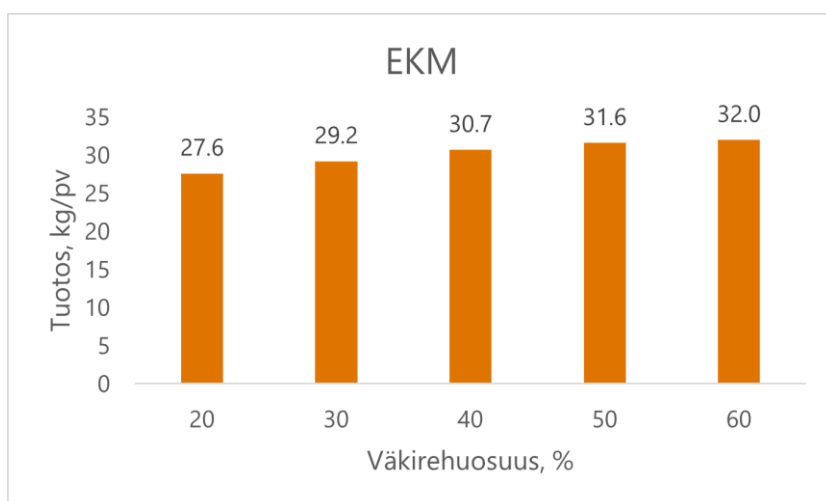
Hiehojen rehunkulutuksesta viljaa on 5 % ja umpilehmillä vastaavasti 2 %. Näiltä eläinryhmiltä viljasta voitaisiin luopua kokonaan, mikä vastaisi 32 miljoonan kilon vähennystä viljankulutuksessa.

Maankäyttösektorilta peräisin olevan maidon hiilijalanjäljen pienentäminen perustuu tarvittavan kokonaispeltoalan vähenemiseen (=nurmen viljaa korkeampi satotaso) ja keskimääräisen hehtaarin hiilensidonnan parantamiseen. Peltoalan vähentämisen vaikutus on suuri, mikäli se voidaan kohdistaa turvemaihin. Maitotilat eivät välttämättä viljele viljaa itse, joten nurmirehuvaltainen strategia vapauttaa viljatilojen satoa märehitijöiden rehuhuollosta vaihtoehtoiseen käyttöön. Kaikille maatiloille nurmiosuuden kasvattaminen ei onnistu, koska tuotanto voi perustua pieneen peltoalaan ja tilan ulkopuolella tuotettuun viljaan.

Työpaketissa luodaan nurmirehuvaltainen ruokintamalli lypsykarjalle. Ruokintastrategia pohjautuu pääosin aikaisempaan tietoon kasvien satotasoista ja rehujen tuotosvaikutuksista. Ruokintamalli pitää sisällään korkealaatuisen ensimmäisen sadon nurmirehun kohdentamisen lypsylehmille, väkirehumäärän painotuksen tuotantokauden mukaan, uudiskarjan ruokinnan ja laiduntamisen. Tavoitteena viljankäytön vähentämiselle on, että viljasta luopuminen ei aiheuta maidontuottajalle taloudellisia menetyksiä.

1.1. Nurmirehun osuuden vaikutus maitotuotokseen

Viljaa käytetään lehmien ruokinnassa, koska se lisää rehunsyöntiä ja samalla maitotuotosta. Viljaruokinnan vaste on käyräviivainen eli viljalisan vaikutus on suuri, kun lähdetään nostamaan osuutta viljattomasta tasosta ja maitotuotostavaste pienenee väkirehuosuuden noustessa (Kuva 1). Korkeilla väkirehutasoilla vilja alkaa aiheuttaa lehmille hapanpötsiä, ja tuotokset eivät enää nouse ja kääntyvät lopulta laskuun. Viljan käyttö heikentää kuidun sulatusta ja tätä kautta heikentää nurmiosuuden hyväksikäyttöä. Yhteisvaikutuksena viljan käyttömäärän lisääminen lisää yhtä maitokiloa kohti tarvittavaa peltoalaa. Väkihuosuuden talousoptimi voidaan laskea ruokinnansuunnitteluohjelmilla, mutta tämänhetkisinä maidon ja viljan hintasuhteilla optimointi nostaa väkirehuosuutta niin suureksi kunnes matala kuitupitoisuus tai dieetin tärkkelyspitoisuus tulevat viljaruokintaa rajoittaviksi tekijöiksi.



Kuva 1. Maitotuotoksen lisääntyminen väkirehuosuuden kasvaessa Lypsikki tuotosvastemallin mukaan. Väkihuuina ohra ja rypsirouhe, OIV-pitoisuus kaikissa vaihtoehdoissa 95 g/kg ka.

Matalaväkirehustrategiassa viljan osuuden pienentäminen ei saa vähentää ruokinnan OIV-pitoisuutta. Vilja sisältää enemmän OIV:tä kuin nurmi, joten viljan määrän pienentäminen lisää lisävalkuaisen käyttömäärää ja samalla väkirehun OIV-pitoisuutta. Kuvan 1 mukaan vakioitu ruokinnan OIV-pitoisuus 95 g/kg ka lisää rypsirouheen päiväannosta 1,8 kilosta 3,2 kiloon kun väkirehuosuus pienenee 60 prosentista 20 prosenttiin. Samalla viljan määrä pienenee 11,5 kilosta 0,5 kiloon kuiva-ainetta. Kuvan 1 maitotuotoserot suurenisivat, jos viljan osuuden pienentämisen lisäksi myös ruokinnan OIV-pitoisuus pienenesi väkirehuosuuden vähentyessä. Mahdollinen valkuaisruokinnan rajoittaminen kuuluu typen hyväksikäytön tehostamiseen.

Nurmirehun sulavuuden paraneminen lisää myös nurmen OIV-pitoisuutta, joten matalaväkirehuskenaariossa viljan valkuaista voidaan osittain kompensoida nurmen sulavuutta lisäämällä. Tämä onnistuu parhaiten kolmen korjuun strategialla. Myöhään syksyllä korjatun sadon tuotantovaikutus jää usein pienemmäksi kuin mitä rehuanalyysin perusteella voisi odottaa (Sairanen ym. 2022). Kolmen korjuun vähemmän käytetty versio on nk. pikkukakkonen, jota käyttäen koko kesän nurmisadosta voidaan saada hyvin sulavaa (Sairanen ym. 2023).

Koetoiminnassa on käytetty myös alle 30 % väkirehuosuuksia aina laidunkauden nollaväkirehutasoon saakka (Sairanen ym. 2006). SOLID-hankkeessa (Rinne & Sairanen 2016) käytettiin läpi tuotokauden tasaväkirehuosuutta 25 %. Käytetty strategia ei tuottanut lehmille mainittavia hedelmällisyys- tai terveysongelmia, mutta tuotostaso jäi odotetun matalaksi. Poikimisen jälkeisessä herutusvaiheessa matala väkirehutaso yhdistettynä matalaenergiseen nurmirehuun heikentää energiatasetta ja altistaa ketoosille, joten ruokinta väkirehuosuus/nurmirehun laatu täytyy mitoittaa herutusvaiheen lehmät huomioiden. Väki-rehuosuuden painotuksen vaikutusta lehmien tuotokauden mukaan on tutkittu hankkeen ruokintakoeosuudessa ja tulokset löytyvät tulosraportin kappaleesta 1.3.

HiiliMaito-hankkeeseen valitut vertailustrategiat olivat perusskenaario 45 % väkirehuosuus ja alennettu väkirehutaso 35 %. Erotus on maltillinen ja tällä tasolla matalaväkirehuosuus on vielä realistinen toteutettava. Vastaavat mallinnetut tuotostasot olivat 31,2 kg EKM/pv (Vr 45 %) ja 30,0 kg EKM/pv (Vr 35 %). Vertailun selkeyttämiseksi molemmissa strategioissa käytettiin samaa säilörehua, vaikka väkirehutason pienentämisen tuotostappiota voitaisiin korvata säilörehun D-arvon nostamisella.

1.2. Väki-rehuosuuden vaikutus tilan pellonkäyttöön

Viljan osuuden pienentäminen vähentää maidontuotannon vaatimaa peltoalaa. Peltoalan muutos riippuu nurmen ja viljan satusuhteesta. Intensiivisessä viljelyssä nurmen satopotentiaali on yli kaksinkertainen viljaan verrattuna. Satoero on pienin Etelä-Suomessa ja suurenee pohjoista kohti siirryttäessä. Taulukossa 1 viljalle valittu 3 tn/ha satotaso on pienempi verrattuna Suomen ohranviljelyn kolmen viimeisimmän vuoden keskiarvoon 3,4 tn/ha (Luke tilastotietokanta), koska karjatiljoilla viljaa viljellään suojaviljana nurmen uusinnassa ja karjatiljojen sijainti on viljasuomea pohjoisemmassa.

Taulukko 1 mukainen maidontuotannon tarvitsema pinta-ala on intensiivisesti viljelty. Lannoitustasona on käytetty nurmelle 200 kg N/ha ja viljalle 90 kg N/ha. HiiliMaito-hankkeessa pellonkäytölle on kaksi näkökulmaa. Maidon hiilijalanjäljen laskennassa huomioidaan LCA periaatteen mukaisesti vain maidontuotannon vaatima peltoala. Säästynyt peltoala on kuitenkin edelleen maatalan käytössä ja tilan täytyy päättää mitä säästyvälle pellolle tehdään. Tyypillisesti maatala pienentää viljelyintensiiteettiä, koska pelloista luopuminen vähentäisi tilan saa-

maa peltotukea. Kauimmaisat ja heikoimmat lohkot voidaan ohjata viherkesannoksi, joka lisää maan hiilensidontamahdollisuuksia. Säästyvän pellon osalta ympäristön kannalta paras vaihtoehto olisi viljellä talouskeskuksen lähellä olevia lohkoja intensiivisesti ja luopua turvemaiden rehuntuotannosta. Korkeaa nurmisatoa on pidetty taloudellisesti kannattavan tuotannon perustaa, mutta maksimisadon sijaan tilan tulee ajatella tarpeen mukaista satotasoa jaettuna käyttötarkoituksen mukaisille lohkoille.

Taulukko 1. Maitotilan tarvitsema peltoala tavanomaisella ja alennetulla väkirehuosuudella. Nuorkarjan osuus on laskettu 35 % uudistuksenmukaisesti.

	Väkirehu 45 %	Väkirehu 35 %	
Lypsylehmiä	1,0	1,0	kpl
Uudishiehoja	0,79	0,79	kpl
Nurmiala	0,97	1,06	ha
Nurmisato	6,30	6,30	tn ka/ha
Vilja-ala	0,98	0,64	ha
Viljasato	2,60	2,60	tn ka/ha
Yht peltoala	1,95	1,70	ha

Maatiloilla voi olla lähtökohtaisesti eläinmäärään nähden suuri peltoala ja tällöin myös tilan keskinurmisato on pieni. Peltoja ei lannoiteta maksimin mukaan ja osalla lohkoista saatetaan korjata vain yksi sato. Tämä on usein taloudellisesti järkevin vaihtoehto, koska rehuntuotannosta ylijäävän pellon viljelyvaihtoehdot vaativat erikoisosaamista tai pohjoisessa ei yksinkertaisesti ole nurmiviljelylle kannattavia vaihtoehtoja. Palkokasveja on esitetty lisävalkuaisen kottimaisuusasteen nostajaksi, mutta palkoviljojen maitotuotosvasteet ovat olleet rypsirouhetta heikommät. Palkokasvien etu on kuitenkin mineraalilannoitustarpeen pienentäminen ja maidontuotannon kokonaisuutta ajatellen palkokasvien osuutta rehuntuotannossa tulisi lisätä. Rypsinviljely olisi yksi potentiaalinen viljelyvaihtoehto, mutta se vaatii huomattavaa erikoisosaamista etenkin tuholaistorjunnan osalta.

Maitotilat tuottavat tyypillisesti vain osan tarvitsemastaan viljasta, koska omalla tilalla tuotettuna tuotantokustannus on erikoistuneita viljatilaja korkeampi rahtikustannuksesta huolimatta. Automaattilypsyssä käytetään houkutusrehua robotilla ja näiden rehujen mukana tulee myös viljaa tilalle. Viljan osuuden pienentäminen ei tällaisilla tiloilla pienennä tilan omaa vilja-alaa, mutta pienennystä vastaava ala on muualla pois maidontuotannosta ja vapautuu muuhun käyttöön. Kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta katsottuna pellon omistussuhteet eivät kuitenkaan vaikuta maidontuotannosta aiheutuvaan kuormitukseen, ellei tarkasteluun oteta mukaan pellon vaihtoehtoiskäyttöä.

1.3. Lypsylehmien nurmirehuvaltaisen ruokinnan väkirehustrategia

Sari Kajava ja Auvo Sairanen, Luke

Lypsylehmien väkirehuokinnassa joudutaan päättämään, miten väkirehu jaetaan eri tuotokauden vaiheissa. Perusvaihtoehtoina ovat tasaväkirehumalli läpi tuotantokauden tai väkirehun jako maitotuotoksen ja tuotosvaiheen mukaan.

Yleinen käsitys on, että korkeatuottoiset lehmät tarvitsevat suuremman väkirehuosuuden (ts. dieetin energiapitoisuuden) verrattuna pienituottoisiin. Tutkimusten mukaan keskilaktaatiossa olevilla lehmillä väkirehutason nosto lisää maitotuotosta riippumatta lehmän maitotuotostosta (esim. Sairanen ym. 2022). Suurituotoksinen lehmä syö paljon, ja seosrehuruokinnassa syöntimäärän lisääntyessä myös väkirehukilot lisääntyvät. Erillisruokinnassa jaettava väkirehumäärää on lisättävä tuotoksen mukaan, jotta väkirehuosuus ei pienene säilörehun syönnin lisääntyessä.

Väkirehusta saatava tuotosvaste on riippuvainen lehmien energiataseesta, joka on negatiivinen tuotantokauden alussa ja paranee lypsykauden edetessä. Väkirehun sisältämästä energiasta saatava marginaalituotto (kg EKM/lisä MJ ME) on sitä parempi, mitä negatiivisempi lehmän energiatase on. Näin ollen väkirehuosuuden siirtäminen loppulypsykaudesta tuotannon alkuvaiheeseen parantaa maidontuotannon rehuhyötysuhdetta tasaväkirehuokintaan verrattuna.

Poikimisen jälkeinen aika on lehmän aineenvaihdunnan ja terveyden kannalta haastava vaihe, koska syöntikyvyyn kehittyessä hitaasti energiantarve ylittää pitkään eläimen energiansaannin (Rukkwamsuk ym. 1999). Maidontuotannon käynnistyessä lehmän energiantarve moninkertaistuu nopeasti eikä ravintoaineiden saanti ole riittävää, mikä johtaa negatiiviseen energiataaseeseen. Luonnollisena sopeutumismekanismina kasvaneeseen energiantarpeeseen eläin purkaa kudoksistaan rasvahappoja, glyserolia ja aminohappoja, mikä suurissa määrin voi olla terveyden kannalta haitallista. Rasvakudoksen purkaminen lisää veren vapaiden rasvahappojen (NEFA) pitoisuutta, mikä tiettyjen raja-arvojen ylittyessä on havaittu heikentävän eläimen immunipuolustusta ja lisäävän riskiä sairastua ketoosiin (Rukkwamsuk ym. 1999). Negatiivisen energiataaseen ja ketoosin on havaittu vaikuttavan heikentävästi lehmien kiimakiertojen käynnistymiseen ja hedelmällisyyteen (Wathes ym. 2007, Shin ym. 2015, Alemu ym. 2023). Ketoosin tyypillisimpiä oireita ovat syönnin ja maitotuotoksen pieneneminen (Guliński 2021).

Alkulypsykauden energiavajetta yritetään parantaa lisäämällä rehuannoksen väkirehuosuutta ja samalla energiapitoisuutta. Väkirehuosuuden lisäksi energiansaantia voidaan lisätä karkearehun sulavuutta parantamalla. Väkirehuosuuden lisäämien nostaa vastaavasti maitotuotosta eikä energiatase tämän vuoksi välttämättä parane väkirehuosuuden muutoksen myötä.

Loppulypsykaudella lehmien ongelma on usein päinvastainen alkulypsykauteen nähden, ja energiansaanti on energiankulutusta suurempaa, mikä johtaa eläinten lihomiseen. Loppulypsykauden lihominen ja kuntoluokan kasvu altistavat seuraavan transitiivaiheen aineenvaihduntasairauksille (esim. Rathbun ym. 2017). Lihavat lehmät purkavat kudosvarastojaan runsaasti poikimisen jälkeen, mikä pienentää syöntiä ja pahentaa negatiivista energiataasetta (esim. Shin ym. 2015). Kierre lisää myös poikimahalvauksen (Aleri ym. 2016) ja utaretulehduksen riskiä (Valde ym. 2007).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kumpi väkirehuruokintastrategia – tasaväkirehumalli vai väkirehun painotus tuotosvaiheen mukaan – on parempi vaihtoehto, kun tavoitellaan tavanomaista matalampaa väkirehuosuutta lypsylehmien ruokinnassa koko tuotantokaudella. Tutkimuksessa keskityttiin alku- ja loppulypsykauden tuotosvaiheisiin, koska näistä tuotosvaiheista on keskilaktaatiokauteen verrattuna vähemmän tutkittua tietoa.

Ruokintakoe

Luke Jokioisilla toteutetussa ruokintakokeessa tutkittiin, miten lypsylehmien väkirehuruokinta kannattaa toteuttaa, kun tavoitteena on tavanomaista matalampi (noin 35 %) väkirehuosuus koko tuotantokaudella. Kokeessa selvitettiin väkirehumallin vaikutuksia alku- ja loppulypsykauden lehmien maitotuotokseen, energiataseeseen sekä elopaino- ja kuntoluokkamuutokseen. Tutkittavina väkirehuruokintamalleina olivat tasaväkirehustrategia ja väkirehun painotus lypsykauden vaiheen mukaan.

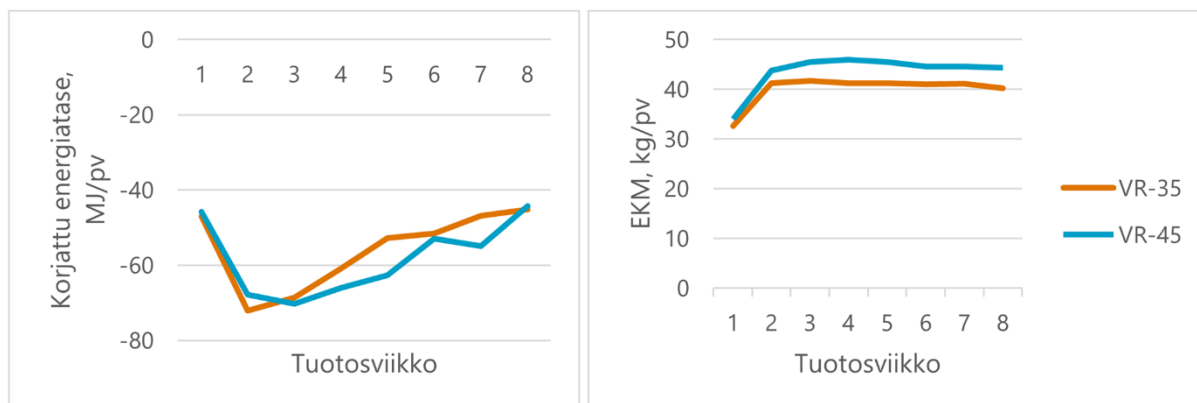
Ruokintakoe toteutettiin keväällä 2023 kahtena eri osakokeena, jossa alkulypsykauden eläimet muodostivat oman ja loppulypsykauden eläimet oman ryhmänsä. Alku- ja loppulypsykauden ryhmien kautta simuloitiin koko laktaatiovaiheen väkirehumallia.

Kokeen molemmissa koeryhmissä oli 20 Nordic Red -rotuista lypsylehmää, joista alkulypsykauden lehmät aloittivat kokeen heti poikimisensa jälkeen, ja loppulypsykausiryhmän lehmät aloittivat kokeen yhtäaikaaisesti. Koe toteutettiin PMR-kokeena, jossa perusrehuna käytettiin 25 % väkirehua sisältävää seosrehua ja koeruokinnat säädettiin tavoitteenmukaisiksi väkirehukioskiruokinnalla. Lehmät jaettiin satunnaisesti kahteen eri väkirehuruokintaryhmään, jossa alkulypsykauden lehmien koko dieetin väkirehuosuudet kokonaisuiva-ainesyönnistä olivat 35 % tai 45 % ja loppulypsykauden lehmien 27 % tai 35 %. Lisäksi alkulypsykauden eläimille annettiin molemmissa ruokintaryhmissä propyleeniglykolia 2 dl/pv. Kokeen alkaessa loppulypsykauden lehmien poikimisesta oli kulunut keskimäärin 213 päivää.

Dieetin karkearehuna käytettiin timotei-nurminatasäilörehua (D-arvo 697). Eläimet olivat kokeessa kahdeksan viikkoa. Lehmiltä mitattiin päivittäin rehunkulutus, maitotuotos ja elopaino. Lisäksi eläinten kuntoluokat määritettiin kokeen alussa ja lopussa. Alkulypsykauden eläimiltä otettiin verinäytteet tuotosviikoilla 1, 3 ja 6 BHBA- (betahydroksivoihappo) ja NEFA- (veren vapaat rasvahapot) pitoisuuksien määrittämistä varten.

Alkulypsykausi

Suurempi väkirehuosuus dieetissä lisäsi lehmien rehun kokonaissyöntiä (MJ/pv), energiakorjattua maitotuotosta (ekm) sekä valkuais- ja rasvatuotosta alkutuotantokaudella (Kuva 2). Suuremman maitotuotoksen takia väkirehun mukana lisääntynyt energiansaanti ei parantanut alkulypsykauden lehmien energiatasetta (Kuva 2). Lehmien energiataseet olivat huomattavan negatiiviset koko alkulypsykauden ajan eikä laskennallinen energiansaanti vastannut energiantarvetta kokeen viimeiselläkään viikolla. Koko kokeen aikainen lehmien korjattu energiatase oli keskimäärin -57 ja korjaamaton -42 MJ/pv. Tyypillisesti lehmien energiatase muuttuu positiiviseksi vasta 8–12 viikkoa poikimisen jälkeen (Mäntysaari & Mäntysaari 2010). Negatiivisimmillaan lehmien energiataseet olivat tässä kokeessa toisella ja kolmannella tuotosviikoilla, mikä on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa (Mäntysaari & Mäntysaari 2010, Palmio ym. 2016).



Kuva 2. Lehmien energiataseiden kehitys eri väkirehutasoilla (vas.) ja energiakorjattu maitotuotos (oik.) eri väkirehutasoilla ensimmäisten kahdeksan tuotosviikon aikana poikimisen jälkeen.

Negatiivisen energiataseen aikaisesta kudosvarastojen purkamisen suuruudesta indikoivat veren NEFA- ja BHBA-pitoisuudet eivät eronneet merkitsevästi ruokintaryhmien välillä (Taulukko 2). Pitoisuudet olivat suurimmillaan kolmannella tuotosviikoilla, mikä on ollut tyypillistä myös aikaisemmissa tutkimuksissa (Palmio ym. 2016). Numeerisesti NEFA-pitoisuus oli suurempi matalammalla väkirehuosuudella, mutta eläinten välillä oli paljon hajontaa erityisesti vr 35 % -ruokinnalla.

Taulukko 2. Väkirehuruokintason vaikutus veren NEFA- ja BHBA-pitoisuuksiin alkulypsykaudella.

	Väkirehutaso		SEM
	vr 35 %	vr 45 %	
Vapaat rasvahapot (NEFA), mmol/l	0,59	0,45	0,067
Betahydroksivoihappo (BHBA), mmol/l	1,40	1,47	0,189

Voimakkaassa energiavajeessa NEFA-pitoisuuden raja-arvona on pidetty 0,7 mmol/l (Adeyuyil ym. 2005), ja tässä kokeessa kuusi lehmää ylitti mainitun raja-arvon kolmannella tuotosviikolla. Kuudennella tuotosviikolla raja-arvon ylitti enää kolme lehmää, mikä viittaa energiataseen parantumiseen lypsykauden edetessä. Negatiivisen energiataseen aikana rasvakudoksen mobilisaatio lisääntyy, mikä kiihdyttää ketoaineiden muodostusta maksassa. Piilevän ketoosin raja-arvona on pidetty usein veren BHBA-arvoa $\geq 1,2$ mmol/l (Suthar ym. 2013), ja tässä kokeessa yli puolet lehmistä ylitti piilevän ketoosin raja-arvon kolmannella ja vielä kuudennellakin tuotosviikolla. Kliinisen ketoosin raja-arvon (BHBA > 3 mmol/l; McArt ym. 2012) ylittäviä mittauksia havaittiin yhdellä lehmällä kolmannella tuotosviikolla ja kahdella kuudennella tuotosviikolla. Tästä huolimatta yhdelläkään eläimellä ei ollut fyysisesti havaittavia ketoosin oireita eikä eläimiä tarvinnut hoitaa ketoosin takia kokeen aikana.

Keskimäärin lehmät laihtuivat ensimmäisten kahdeksan tuotosviikon aikana 650 g/pv matalammalla väkirehutasolla ja 810 g/pv korkeammalla väkirehutasolla, mutta ero ruokintojen vä-

lillä ei ollut merkitsevä. Lehmien kuntoluokka alkulypsykaudella laski kuitenkin merkitsevästi hieman enemmän korkeammalla väkirehutasolla (-0,48 vs. -0,40).

Ruokintakokeen aikana tai sen jälkeen ei lehmien hedelmällisyydessä havaittu poikkeavia tunnuslukuja karjan yleiseen hedelmällisyytilanteeseen verrattuna. Myöskään ruokintojen välillä ei havaittu eroja esimerkiksi siemennyskertojen tai lepokauden osalta.

Loppulypsykausi

Loppulypsykauden lehmien rehun kokonaissyönnissä eikä maitotuotoksissa havaittu merkitseviä eroja ruokintaryhmien välillä (Taulukko 3), vaikka numeerisesti tuotokset olivat isommalta väkirehuosuudella suuremmat. Rehun hyväksikäyttö (MJ ME/EKM kg) oli matalammalla väkirehutasolla suuntaa antavasti parempi eli lehmät tuottivat tehokkaammin maitoa käytettyyn energiamäärään nähden.

Matalammalla väkirehuosuudella olleiden lehmien elopainon muutos oli pienempi verrattuna korkeampaan väkirehuruokintaryhmään. Elopainon muutos oli keskimäärin peräti hieman negatiivinen vr 27 %-ryhmässä (-0,07 kg/pv), kun taas vr 35 %-ryhmässä lehmät lihoivat keskimäärin 0,18 kg/pv. Lehmien kuntoluokan muutoksessa ei havaittu merkitseviä eroja, mutta vr 35 %-ryhmän kuntoluokkamuutos oli kuitenkin numeerisesti suurempi, mikä on linjassaan elopainon muutoksen kanssa. Tulosten mukaan maltillisempi väkirehuruokinta voi vaikuttaa edullisesti lehmien elopainonhallintaan loppulypsykaudella, millä voi edelleen olla positiivisia vaikutuksia seuraavan lypsykauden alun yhteydessä (Rathbun ym. 2017).

Taulukko 3. Ruokintakokeen tuotantotulokset eri väkirehutasoilla alku- ja loppulypsykaudella.

	Alkulypsykausi		Loppulypsykausi	
	vr 35 %	vr 45 %	vr 27 %	vr 35 %
Syönti, kg ka/pv				
Säilörehu	13,3	11,7	14,9	14,1
Väkirehu	7,1	9,7	5,5	7,4
Kokonaissyönti	20,4	21,4	20,4	21,6
ME korjaamaton, MJ/pv	234	250	227	244
ME korjattu, MJ/pv	221	233	217	230
Maito, kg/pv	35,9	37,8	27,1	27,9
EKM, kg/pv	40,1	43,5	31,6	33,4
Valkuainen, g/pv	1 320	1 427	1 075	1 115
Rasva, g/pv	1 798	1 993	1 388	1 479
Pitoisuus maidossa, g/kg				
Rasva	49,0	51,2	51,6	53,3
Valkuainen	35,8	36,5	40,0	40,1
Urea, mg/dl	18	16	25	25
Rasva:valkuainen	1,37	1,39	1,29	1,33
Rehun hyväksikäyttö, MJ ME/EKM kg	3,74	3,78	4,66	4,85

Ruokinnan taloudellisuus

Väkirehuruokinta on eläinterveyden lisäksi erityisesti taloudellisesti ratkaistava kysymys. Ruokinta täytyy koostaa siten, että sijoitetulla rehukustannuksella saadaan mahdollisimman suuri maitotuotto vaarantamatta eläinterveyttä tai eläinten hyvinvointia. Talousoptimointi käyttää ruokintaratkaisujen osalta maitotuoton ja rehukustannuksen erotusta, josta käytetään nimitystä rehukate. Rehujen hintana käytetään tuettua tuotantokustannusta, koska markkinoilta ostettava viljan hinta määräytyy tuetun tuotantokustannuksen mukaan. Vertailukelpoisuuden vuoksi myös säilörehu tulee olla tuettuna kustannuksena.

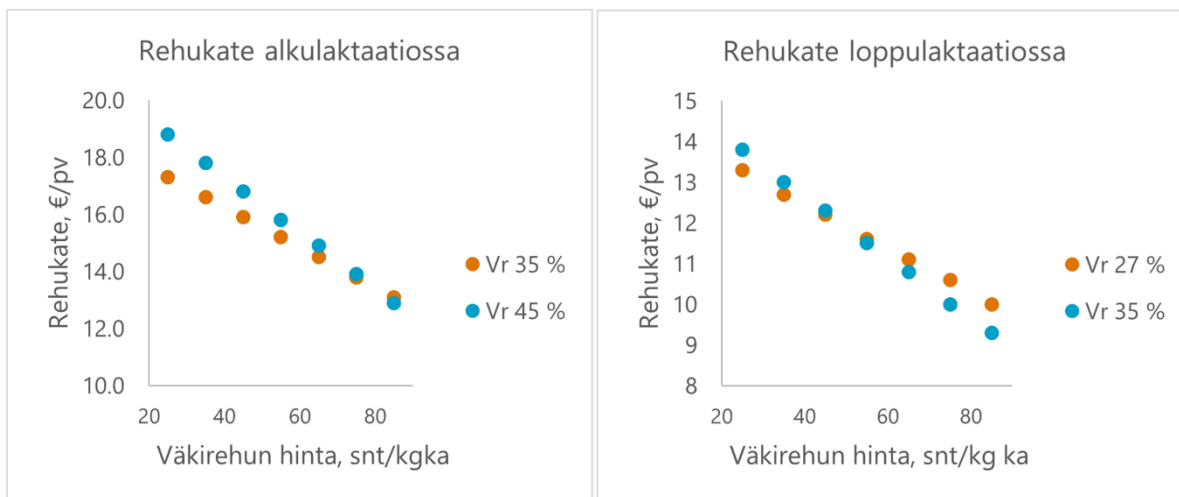
Ruokintakokeen rehukatelaskelmissa verrattiin väkirehuruokinnan kannattavuutta alku- ja loppulypsykauden välillä eri rehuhinnoilla. Laskelmassa maidon hinta perustui joulukuun 2023 Valion tilityshintaan C2-tukialueella. Maidon perushinta laskelmassa oli 45,7 snt/l, rasvalisä 0,55 snt/rasvakymmenys, valkuaislisä 0,70 snt/valkuaiskymmenys, litratuki 9,3 snt/l ja vastuullisuuslisä 2,0 snt/l. Maidon peruspitoisuudet olivat rasva 4,4 % ja valkuainen 3,5 %. Kymmenys tarkoittaa myydyn maidon pitoisuuden ja perusmaidon hinnan erotusta yhtä prosentin kymmenesosaa kohti.

Maidon pitoisuuskorjattu hinta laskelmassa oli alkulaktaatiossa 63/61 snt/l (Vr 35 ja Vr 45) ja loppulaktaatiossa vastaavasti 65/66 snt/l. Tavanomainen laskentahetken rehukustannus yhtä maitokiloa kohti oli alkulaktaatiossa 12 snt ja loppulaktaatiossa 15 snt. Rehukustannus on siten keskimäärin 22 % maitotulosta. Rehukustannuksen osuus on niin pieni, että väkirehun hinnan vaikutus optimoinnissa muodostuu yllättävän pieneksi väkirehusta saatavaan tuotosvasteeseen verrattuna. Tämä näkyy Kuvassa 3 etenkin alkulaktaation osalta. Väkirehun hinnan tulee nousta yli 75 snt/kg ka ennen kuin matalaväkirehuvaihtoehto tulee kannattavamaksi. Näin korkea rehuhinta tietysti veisi pohjan maidontuotannon kannattavuudelta. Loppulypsykauden osalta väkirehuvaste on alkukautta heikompi ja matala väkirehuosuus tulee kannattavamaksi väkirehun hinnalla 45 snt/kg ka. Loppulypsykauden osalta pieni väkirehuosuus ja väkirehun maidon rasvapitoisuutta nostava vaikutus osittain kompensoivat muuten heikkoa tuotosvastetta. Rasvasta maksettava hinta on kuitenkin noussut kohtuulliseksi valkuaiseen verrattuna.

Nurmirehun osuutta voitaisiin lisätä ohjaamalla hehtaarikohtaista tukea satopotentiaalin mukaan maksettavaksi. Tämä pienentäisi säilörehun tuettua tuotantokustannusta. Vaikutus väkirehuruokinnan optimiin jäisi kuitenkin pieneksi, koska rehun hinta on edelleen edullinen suhteessa maidon hintaan ja tuotosvasteen painoarvo on merkittävä. Esimerkiksi rehun hinnoilla säilörehu 10 snt/kg ka ja väkirehu 80 snt/kg ka väkirehuosuuksien 35 % ja 45 % rehukate on jotakuinkin sama.

Väkirehusta saatava tulonlisä yhtä lisäväkirehukiloa kohti on loppulypsykaudella huomattavasti alkulypsykautta heikompi, joten kokeen tulosten perusteella väkirehu kannattaa syöttää tuotoskauden alkuvaiheessa (Kuva 3). Loppulypsykaudella lehmien lihomisen haitallinen merkitys saattaa olla terveystalouden vuoksi suurempi verrattuna väkirehusta saatavaan tulonlisään. Hintaesimerkki osoittaa, että rehustuksen talousoptimoinnilla ei nykyisillä maidon ja rehun hintasuhteilla ole paljon merkitystä. Optimointi valitsee niin korkean väkirehutason kuin esimerkiksi dieetin maksimi tärkkelyspitoisuus tai NDF-kuituvaatimus sallivat. Jos maidon hinta pienenee rehun hintaan nähden, tuotanto tulee ylipäättään kannattamattomaksi ja edelleen optimoinnille ei jää paljon tehtävää.

Kokeessa käytetty alkulaktaatiokauden väkirehun tuotosvaste on negatiivisesta energiata-seesta johtuen huomattavasti keskilaktaatiota korkeampi. Yleistarkastelun voisi tehdä myös alku- ja loppulaktaatiokausien keskiarvona. Tässäkin tapauksessa pelkästään rehukatteen mu-kaan tehty optimointi tuottaisi huomattavan korkean väkirehuosuuden.



Kuva 3. Rehukatteet alku- ja loppulypsykaudella eri väkirehuruokintatasoilla.

Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen mukaan nurmirehuvaltaisessa ruokintamallissa väkirehuruokinta on kokonaisuuden kannalta parempi painottaa lypsylehmien alku- ja loppulypsykauden välillä tasaväkirehumalliin verrattuna. Suuremmasta väkirehuosuudesta alkulypsykaudella ei tässä kokeessa havaittu terveydellisiä etuja parantuneen energiataseen osalta. Toisaalta matala väkirehuosuus ei lisännyt ketoositapauksia. Suuremman maitotuotoksen ja taloudellisen tuloksen takia väkirehu on kuitenkin kannattavampaa painottaa alkutuotantovaiheeseen. Lisäksi loppulypsykauden lehmien matalamman väkirehutason myötä saavutettu pienempi elopainonmuutos vähentää lehmien lihomisriskiä. Tällä saavutetaan etuja lehmien seuraavan poikimisen ja tuotoskauden alkuvaiheen yhteyteen.

Nurmirehuvaltainen ruokintamalli sopii tilalle, jolla on riittävästi peltoalaa eläinmäärään nähden ja säilörehu voidaan korjata hyvin sulavana. Väkirehutason pienentyessä väkirehun OIV-pitoisuuden pitää nousta, jotta valkuaisruokinnan taso pysyy tavoitteen mukaisena. Laajemmin toteutettuna ruokintamalli tarvitsisi tukikompensaation, jotta väkirehun käytön pienentämisen maitotulomenetykset voidaan korvata tuottajalle.

2. Vaihtoehtoisen rehuntuottomallin tuotantokustannukset pilottitiloilla

Matti Vornanen ja Marita Jääskeläinen, ProAgria Itä-Suomi

Tässä osiossa tarkastellaan vaihtoehtoisen rehuntuottomallin ja ruokinnan taloudellisia vaikutuksia. Tarkastelussa on viiden maatilan joukko, joille tehtiin kahden vuoden pohjalta vertailulaskelmat nykyisen tuotantotavan ja vaihtoehtoisen rehustrategian välillä. Lähtötilanteen (nykytuotanto) väkirehutasoa vähennettiin vaihtoehdoskenaarioissa (skenaario 1 ja 2) 15 prosenttiyksiköllä. Vähennys oli joissakin pilottitilojen tapauksissa tätä tasoa pienempi, mikäli tilalla oli jo lähtötilanteessa alhaisempi väkirehutaso. Vaihtoehtoisen ruokinnan väkirehutason alarajana käytettiin 30 prosenttiyksikköä.

Vaihtoehdoissa skenaariolaskelmissa matalampi väkirehutaso muuttaa tilan pellon käyttöä, ruokinnan kustannusten lisäksi. Nurmirehuala kasvaa säilörehun menekin mukaan ja vastavasti viljakasvien pinta-ala pienenee. Kun tilan eri viljelytoimenpiteisiin ja ostopanoksiin kohdistuvat kustannukset ovat tiedossa, voidaan skenaarioihin johtaa uuden vaihtoehtoisen pelonkäytön viljelykustannukset sekä ostospanosten käyttömäärät. Matalampi väkirehumäärä hieman pienentää lehmien maitotuotosta, mikä huomioitiin ruokinnan laskelmien yhteydessä. Skenaario 2 on laskettu muutoin samoilla perusteilla kuin skenaario 1, mutta eläinmäärää on kasvatettu pienenevän maitotuotoksen mukaan, jolloin koko tilan vuoden aikana tuotettu meijerimaitomäärä asettuisi samaan tasoon nykytuotantoversioon kanssa. Suurempi eläinmäärä lisää myös nurmialan tarvetta. Skenaario 2 mukainen tarkastelu tehtiin kaikille tiloille, huolimatta siitä, olisiko eläinmäärän lisäys mahdollinen todellisuudessa.

Taulukko 4. Esimerkki laskettavista skenaarioista ja tuotannollisista muutoksista.

	Nykytuotanto	Skenaario 1	Skenaario 2
Väkirehutaso	45 %	30 %	30 %
Nurmiala	60 ha	75 ha	80 ha
Meijerimaitomäärä	9 500 L/eläin	9 000 L/eläin	9 000 L/eläin
Lehmämäärä	60 eläintä	60 eläintä	63 eläintä
Meijerimaitoa/vuosi	570 000 L	540 000 L	567 000 L

Vertailulaskelmien lähtötiedot perustuvat pilottitilojen vuosien 2020 ja 2021 ruokintasuunnitelmiin, viljelytapahtumiin ja kirjanpitoon. Jokaiselle tilalle tehtiin nykytuotantoon perustuen ProAgrian likvi-laskelmat, joilla suunniteltiin pitkän aikavälin taloutta. Lisäksi laskettiin myös maidon, nurmien ja viljojen tuotantokustannus, joiden avulla saatiin tieto, minkä verran tilalla tuotetut tuotteet maksavat.

Vaihtoehdoskenaarioita varten laskelmat tehtiin jokaiselle pilottimaatilalle uudelleen ja muuttuvat kustannuserät muokattiin vaihtoehtoisen mallin mukaisiksi. Ennustevuodet (2022–2025) perustuvat vuoden 2021 tuotantotietoihin. Kyseiseltä vuodelta selvitettiin viljelykasvien tuotantokustannukset, jolloin skenaarioiden väliset panoskäytön muutokset saatiin määritettyä ennustevuosille. Tilojen konekaluston ja rakennuskannan oletettiin pysyvän skenaarioissa lähtötilanteen mukaisina, jolloin kiinteät kustannukset pysyivät samoina.

Taulukko 5. Pilottitilojen vuoden 2021 tuotantoon perustuvat hinnat.

Vuoden 2021 hinnat				
Kaikki tilat, keskiarvo		Nykytilanne	Skenaario 1	Skenaario 2
Maidon hinta	e/100 litraa	39,74 €	39,75 €	39,74 €
Meijerituotos	L/lehmä	9413	8936	8944
Lehmiä	kpl	69,40	69,40	72,80
Pinta-ala	ha	121,66	121,66	121,66
Liikevaihtoa	-	259 595 €	246 526 €	258 733 €
Käyttökate per lehmä	euroa	1 885 €	1 915 €	1 933 €
Käyttökate		130 835 €	132 930 €	140 707 €
Ostorehukustannus	e/lehmä	1 104 €	900 €	908 €
Rehuviljan hinta	e/tn	162,49	159,55	163,77
Rypsin hinta	e/tn	326,04	318,16	318,06
Muu rehu, hinta	e/tn	305,41	331,24	331,20
Rehut yhteensä		76 616 €	62 493 €	66 091 €
Ostolannoitteen hinta	e/tn	306,58	306,95	307,83
Ostolannoitteet yhteensä		10 678 €	11 093 €	11 876 €
Poltto- ja voiteluaineet	e/ha	83,43	84,02	85,31
Sadonkäs. ja säil.aineet	e/ha	41,01	47,22	48,69
Siemenet ja kasvinvilj.tarv	e/ha	68,45	51,87	53,19
Ostettu konetyö	e/ha	121,76	118,84	123,30
Muut ostopanokset yht.		38 282 €	36 736 €	37 775 €
Kustannukset yht.		125 576 €	110 322 €	115 742 €

Pilottitilojen keskimääräinen kokoluokka oli vuonna 2021 noin 69 lehmää ja 122 hehtaaria. Meijeriin tuotetun maidon hinta oli keskimäärin 39,74 snt/litra. Käyttökate kertyi 1 885 euroa per lehmä, mikä tarkoittaa noin 130 000 euron käyttökate pilottitilojen keskimääräiselle tuotantokoolle. Pilottitilojen tuotannon ja hintojen muutoksien vaikutuksia on vertailtu myöhemmin tämän luvun herkkyystarkastelussa.

Nykytilanteen ja skenaarioiden välistä muutosta kuvattiin maksuvalmiuden ja kannattavuuden näkökulmista. Maksuvalmiuden mittareina olivat kassan ylijäämä kalenterivuoden lopussa sekä lehmäkohtainen käyttökateen muutos. Kannattavuuden mittareina olivat kannattavuuskertoimen, maidon tuotantokustannuksen sekä viljelykasvien tuotantokustannuksien muutos.

Tuotantokustannuksia laskettiin viidelle tilalle vuodelta 2021 ja kolmelle tilalle vuodelta 2022. Tiloista yksi oli luomutila ja muut tavanomaisessa tuotannossa. Kaikilla tiloilla korjattiin säilörehut pääasiassa itse, yhdellä käytettiin merkittävästi urakointia muuten. Korjuukoneina oli paalain, noukinvaunu ja ajosilppuri. Vuoden 2021 lannoitteet oli hankittu 2020 vuoden aikana, eikä 2022 laskelmissa ollut vielä kaikista kalleimmat lannoitteet käytössä. Kaikilla tiloilla nurmialaa oli reilusti karjan tarpeisiin, ja osalla hehtaarisadot jäivät tämän takia alhaisiksi. Reilun nurmialan myötä oli myös lannoitusta vähennetty. Yhdellä tilalla ei viljaa ollut lainkaan ja koko alan ollessa nurmella, se ei ollut intensiivisessä viljelyssä. Apilaa oli käytössä vain luomutilalla.

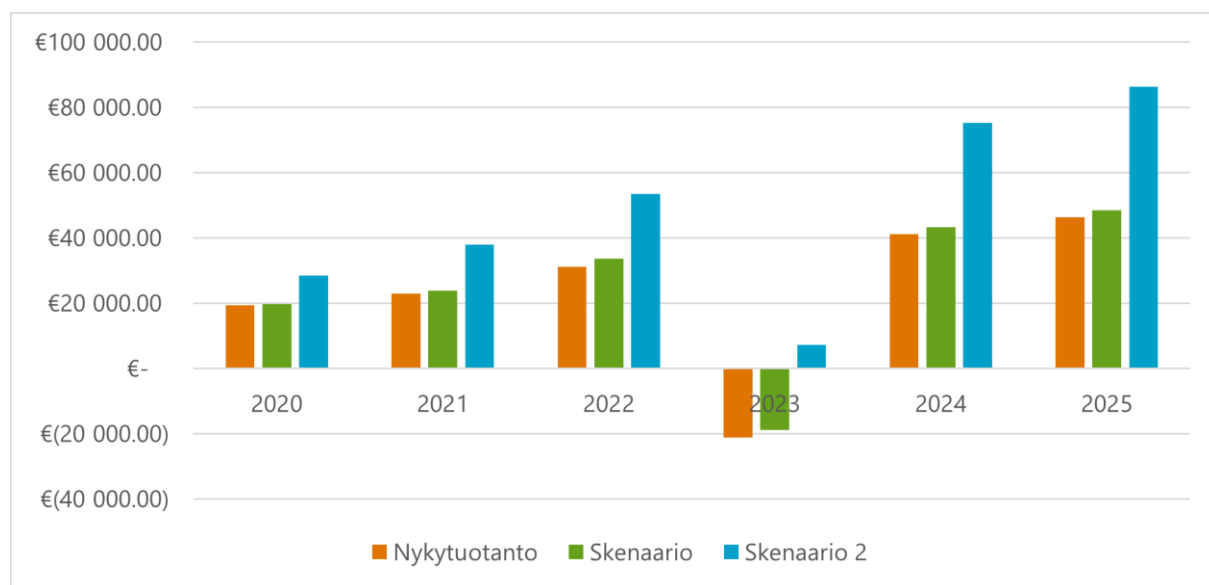
2.1. Maksuvalmius

Kassatilanteen muutos: vuosittainen yli-/alijäämä

Nykytuotantolaskelmissa, kun aikajaksona oli viiden vuoden ennuste, pilottitilojen kassan ylijäämän oli keskiarvona 46 369 euroa, eli keskimäärin 9 274 euroa vuodessa. Skenaariovaihtoehto 1:ssä kassan ylijäämä kasvoi vastaavasti 9 687 euroa vuodessa, eli samaa tasoa nykytuotantoversioon kanssa. Skenaario 2:ssa ylijäämää kertyi 86 259 euroa, eli kassavarat kasvoivat 17 252 euroa vuodessa. Skenaario 2:n lehmämäärä oli noin 4 kpl suurempi, kuin muissa skenaarioissa (72,1 kpl vs. 75,9 kpl).

Taulukko 6. Pilottitilojen kumulatiivinen kassan kertymä (yli-/alijäämä) ja kaikkien tilojen keskiarvo v. 2020–2025.

Vuosi	Nykytuotanto	Lehmät	Skenaario 1	Lehmät	Skenaario 2	Lehmät
2020	19 349 €	67,4	19 636 €	67,4	28 447 €	71,4
2021	22 978 €	69,0	23 818 €	69,0	37 886 €	72,6
2022	31 228 €	69,6	33 607 €	69,6	53 467 €	73,2
2023	-21 151 €	72,8	-18 811 €	72,8	7 136 €	76,6
2024	41 114 €	76,8	43 361 €	76,8	75 334 €	80,8
2025	46 369 €	76,8	48 436 €	76,8	86 259 €	80,8
Kaikki tilat	Nykytuotanto	Lehmät	Skenaario 1	Lehmät	Skenaario	Lehmät
Keskiarvo	9 274 €	72,1	9 687 €	72,1	17 252 €	75,9



Kuva 4. Pilottitilojen kumulatiivinen kassan kertymä (yli-/alijäämä) v. 2020–2025.

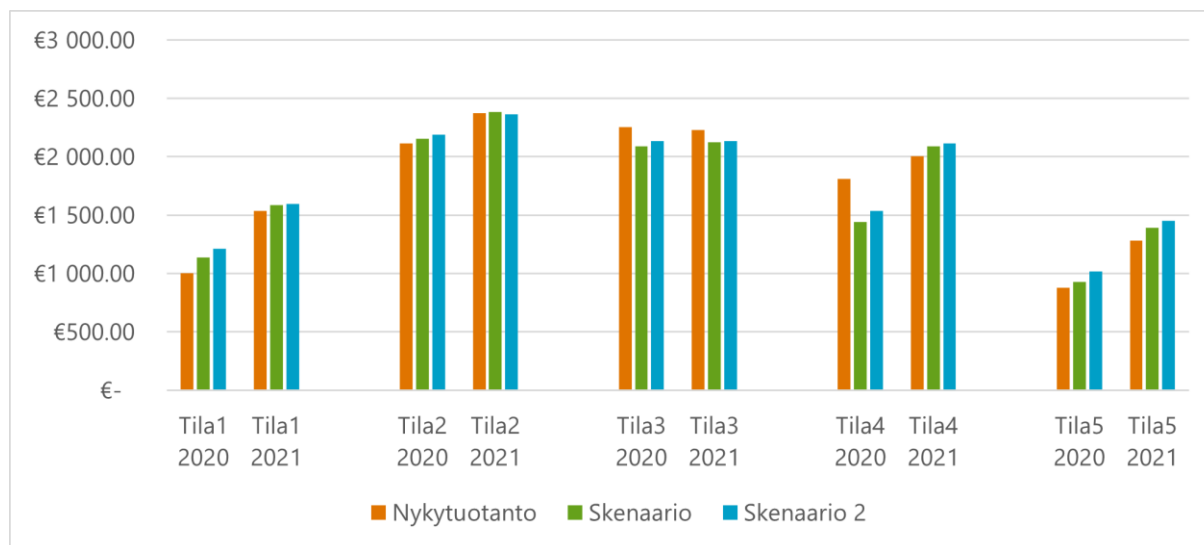
Laskelman ennustejaksolla on hieman vuosikohtaista vaihtelua. Esimerkiksi vuonna 2023 kassa oli nykytuotantoversiossa ja skenaario 1:ssä alijäämäinen. Kassan kehitykseen vaikuttavia ja selittäviä tekijöitä ovat muun muassa tilojen suunnittelemaat investoinnit, markkinahintamuutokset sekä muut tilatason tuotannolliset muutokset.

Käyttökate/lehmä

Nykytuotantoversioissa lehmäkohtainen käyttökateen keskiarvo oli eri vuosina välillä 1 611–1 885 euroa. Vuonna 2020 eri skenaarioiden käyttökateen erot olivat varsin pieniä. Skenaario 1 tuotti heikomman käyttökateen kuin lähtötilanteessa. Skenaario 2 tuotti hieman paremman käyttökateen kuin nykytuotanto. Vuodelta 2021 tehdyt tuotantokustannuslaskelmat tarkensivat muuttuvien kustannusten jakoa ja muutos skenaarioiden ja nykytuotannon välillä oli hieman suurempi. Molemmat vaihtoehtoskenaariot tuottivat paremman käyttökateen, kuin lähtötilanteessa.

Taulukko 7. Pilottitilojen käyttökate per lehmä vuosilta 2020 ja 2021.

Vuosi 2020	Nykytuotanto		Skenaario 1		Skenaario 2	
Käyttökate/lehmä	1 611,57	euroa	1 548,88	euroa	1 617,98	euroa
Lehmät	68,00	kpl	68,00	kpl	72,00	kpl
Vuosi 2021	Nykytuotanto		Skenaario 1		Skenaario 2	
Käyttökate/lehmä	1 885,23	euroa	1 915,41	euroa	1 932,78	euroa
Lehmät	69,40	kpl	69,40	kpl	72,80	kpl



Kuva 5. Käyttökate per lehmä, tilakohtaisesti esitettyinä v. 2020–2021.

Käyttökatteeseen vaikuttavimpana tekijänä on tilojen kustannusten muuttuminen siirryttäessä matalampaan väkirehutasoon. Jos tuotostason aleneman ja sitä kautta pienentyvän liikevaihdon muutos on suurempi kuin rehustuksen ja tuotantopanoksista saatava säästö, käyttökate pienenee. Pilottitilojen välillä oli eroja, niin kalenterivuosien, kuin skenaarioidenkin välillä. Osalla pilottitiloista käyttökate kasvoi vaihtoehtoisissa versioissa, kun taas osalla tiloista käyttökate pienentyi. Käyttökate vaihteli pienimmillään 880 euroa/lehmä ja isoimmillaan 2 386 euroa per lehmä.

2.2. Kannattavuus ja tuotantokustannukset

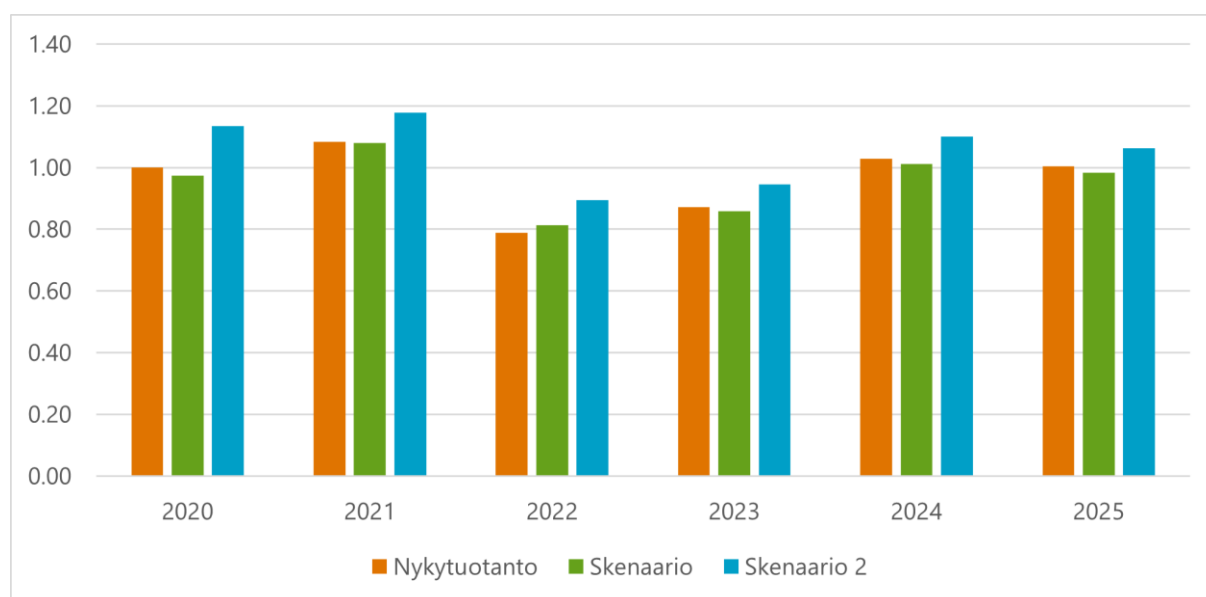
Kannattavuuskerroin

Kun kannattavuuskerroin on 1,00, tilan tuotanto riittää kattamaan yrittäjän palkkavaatimuksen ja omalle pääomalle asetetun korkovaatimuksen. Nykytuotantoversioissa pilottitilojen kannattavuuskerroin viiden vuoden tarkastelujaksolla oli keskimäärin 0,96. Skenaario 1 kannattavuuskerroin oli samaa tasoa, 0,95. Skenaario 2 kannattavuuskerroin oli muita versioita parempi, 1,05.

Vuosikohtaisesti tarkasteltuna, skenaario 2 kannattavuus oli aina laskelmaversioista paras. Skenaario 1 kannattavuus oli joka vuosi heikoin, paitsi vuonna 2022, kun rehujen hinnat nousivat nopeasti ja olivat selvästi aiempaa tasoa korkeammalla. Samaan aikaan maidosta saatava hinta nousi viiveellä.

Taulukko 8. Pilottitilojen kannattavuuskertoimen keskiarvot v. 2020–2025.

KAIKKI TILAT	Nykytuotanto		Skenaario		Skenaario 2	
Kannattavuuskerroin, keskiarvo	0,96	yks	0,95	yks	1,05	yks
Lehmät	72,1	kpl	72,1	kpl	75,9	kpl



Kuva 6. Pilottitilojen kannattavuuskertoimet vuosittain v. 2020–2025.

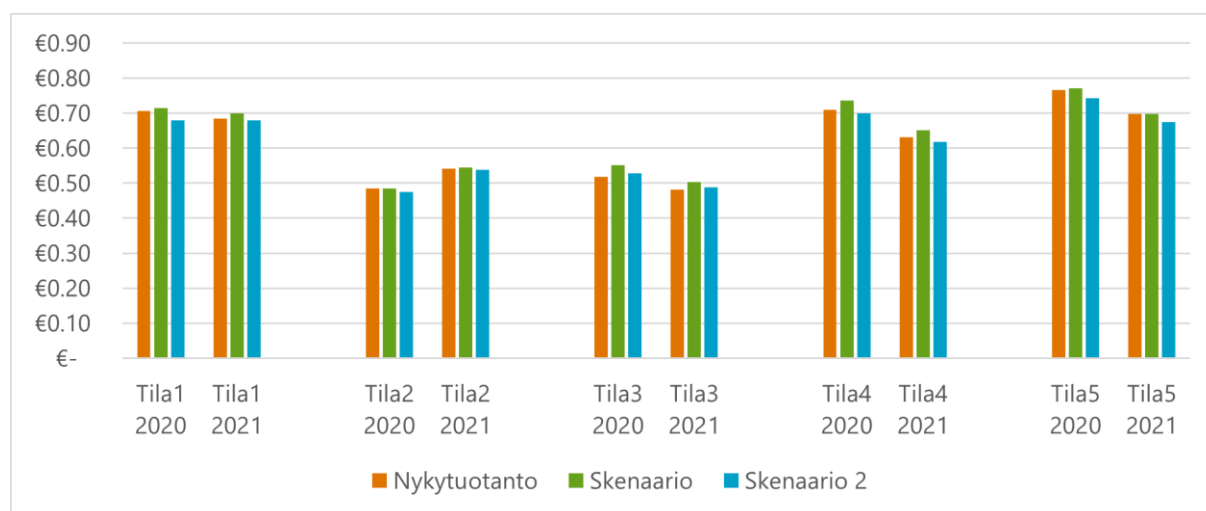
Kannattavuuskertoimen muutoksia selittää eniten liikevaihdon ja muuttuvien kustannusten väliset muutokset. Kun kiinteiden kustannusten ja työmäärän oletetaan pysyvän samana, kannattavuuden paraneminen edellyttäisi pienempiä muuttuvia kustannuksia verrattuna liikevaihtoon. Esimerkiksi skenaariossa 1 muuttuvien kustannusten suhde liikevaihtoon on hieman huonompi kuin nykytuotantoversiossa. Skenaariossa 2:ssa kasvava eläinmäärä kompensoi lehmäkohtaista tuotoksen alenemaa ja pitää liikevaihdon korkeampana. Kyseisessä versiossa yrittäjän palkka- ja korkovaatimukselle jäävä osuus on suurempi, minkä takia kannattavuus on siinä versioista paras.

Maidon tuotantokustannus

Nykytuotantoversioissa maidon tuotantokustannus v. 2020 ja 2021 oli keskimäärin 62,21 snt/litra. Korkein tuotantokustannus oli skenaario 1:ssä (ero nykytuotantoon +1,32 snt/litra) ja pienin skenaario 2:ssä (ero nykytuotantoon -0,99 snt/litra). Tilojen väliset tuotantokustannukset vaihtelivat 47 snt/litra ja 77 snt/litra välillä. Skenaario 2 oli kannattavin vaihtoehto jokaisella tilalla lähes jokaisena vuonna.

Taulukko 9. Pilottitilojen maidontuotantokustannusten keskiarvot v. 2020–2021.

Kaikki tilat	Nykytuotanto		Vr 35 %		Vr 35, lisätty eläinmäärä	
	keskiarvo	snt/kg	keskiarvo	snt/kg	keskiarvo	snt/kg
Tuotantokustannus, keskiarvo	62,21	snt/kg	63,53	snt/kg	61,22	snt/kg
Lehmät	68,70	kpl	68,70	kpl	72,40	kpl



Kuva 7. Maidon tuotantokustannus, tilakohtaisesti esitettynä v. 2020–2021.

Myös maidon tuotantokustannuksia selittää muuttuvien kustannuksien muutokset liikevaihtoon verrattuna. Kun tilojen olemassa olevat kiinteät kustannukset jakautuvat isommalle maitomäärällä ja liikevaihdolle, tekee se skenaariosta 2 paremmin kannattavamman vaihtoehdon.

2.3. Herkkyystarkastelu

Laskelmien ennustevuosien pohjana käytettyjä vuoden 2021 tietoja arvioitiin erilaisissa pannonhintojen tilanteissa, jolloin olisi mahdollista päätellä, millaisissa tilanteissa laskelmien tulokset voisivat pitää paikkansa.

Tilajoukon tietoja verrattiin ns. "matalan viljan hinnan"- tilanteeseen sekä "korkeiden ostopanosten hinnan"- tilanteeseen. Rehujen hintaindeksi oli perustilanteessa 100 %, matalan viljan hinnan tilanteessa 76 % (maidon ja viljan hintasuhde 0,32) ja korkeiden ostopanosten hinnan tilanteessa 136 % (maidon ja viljan hintasuhde 0,18). Ostolannoitteiden vastaavat hintaindeksit olivat 100 %, 90 % ja 180 %, sekä muiden tuotantopanosten hintaindeksit 100 %, 100 % ja 120 %.

Verrattavana tunnuslukuna oli perustilanteen käyttökate. Mikäli vaihtoehtoisten tilanteiden käyttökate jäi perustilanteen alle tai sen yli, laskettiin sen perusteella vaatimus maidon hinnalle, millä käyttökate olisi sama kuin perustilanteessa.

Taulukko 10. Nykytuotanto vuoden 2021 tiedoilla.

Nykytuotanto		Matala viljan hinta	Perustilanne, v. 2021 hinnat	Korkea ostopanosten hinta
Maidon hinta	e/100 litraa	39,74	39,74	39,74
Rehuviljan hinta	e/tn	124,19	162,49	220,78
Maidon ja viljan hintasuhte	yksikköä	0,320	0,245	0,180
Rehujen hintaindeksi	prosenttia	76 %	100 %	136 %
Ostorehukustannus	e/lehmä	843,77 €	1 103,98 €	1 500,04 €
Ostorehut yhteensä	euroa	58 558 €	76 616 €	104 103 €
Ostolann. hintaindeksi	prosenttia	90 %	100 %	180 %
Ostolannoitteen hinta	e/tn	275,92	306,58	551,84
Ostolannoitteet yhteensä	euroa	9 610 €	10 678 €	19 220 €
Tuotantopan. hintaindeksi	prosenttia	100 %	100 %	120 %
Muut tuotantopanokset	e/ha	314,66	314,66	377,59
Muut tuotantopan. yhteensä	euroa	38 282 €	38 282 €	45 939 €
Maitotuotto	euroa	259 595 €	259 595 €	259 595 €
Kustannukset yhteensä	euroa	106 450 €	125 576 €	169 261 €
Kustannukset 2021 hinnoilla	euroa		125 576 €	
Kustannusten muutos	euroa	-19 126 €	€	43 685 €
Käyttökate	euroa	149 961 €	130 835 €	87 150 €
Käyttökate 2021 hinnoilla	euroa		130 835 €	
Vaatimus maidon hinnalle	e/100 litraa	34,67	39,74	59,66

Nykytuotannolla pilottitilojen joukko kerrytti keskimäärin noin 130 000 euroa käyttökate, maidonhinnalla 39,74 snt/litra. Matalan viljan hinnan tilanteessa käyttökate kasvoi noin 19 000 euroa, jolloin vaatimus maidon hinnalle olisi 34,67 snt/litra. Korkeiden ostopanosten hinnan tilanteessa käyttökate heikkeni noin 44 000 euroa, jolloin vaatimus maidon hinnalle olisi 59,66 snt/litra.

Taulukko 11. Skenaario 1 vuoden 2021 tiedoilla.

SKENAARIO 1		Matala viljan hinta	Perustilanne, v. 2021 hinnat	Korkea ostopanosten hinta
Maidon hinta	e/100 litraa	39,75	39,75	39,75
Rehuviljan hinta	e/tn	124,23	159,55	220,85
Maidon ja viljan hintasuhte	yksikköä	0,320	0,249	0,180
Rehujen hintaindeksi	prosenttia	78 %	100 %	138 %
Ostorehukustannus	prosenttia	701,13 €	900,47 €	1 246,44 €
Ostorehut yhteensä	euroa	48 658 €	62 493 €	86 503 €
Ostolann. hintaindeksi	prosenttia	90 %	100 %	180 %
Ostolannoitteen hinta	e/tn	276,26	306,95	552,51
Ostolannoitteet yhteensä	euroa	9 983 €	11 093 €	19 967 €
Tuotantopan. hintaindeksi	prosenttia	100 %	100 %	120 %
Muut tuotantopanokset	e/ha	301,95	301,95	362,34
Muut tuotantopan. yhteensä	euroa	36 736 €	36 736 €	44 083 €
Maitotuotto	euroa	246 526 €	246 526 €	246 526 €
Kustannukset yhteensä	euroa	95 378 €	110 322 €	150 553 €
Kustannukset 2021 hinnoilla	euroa		110 322 €	
Kustannusten muutos	euroa	-14 944 €	€	40 232 €
Käyttökate	euroa	147 874 €	132 930 €	92 698 €
Käyttökate 2021 hinnoilla	euroa		132 930 €	
Vaatus maidon hinnalle	e/100 litraa	35,74	39,75	57,01

Vaihtoehtoskenaariossa 1, pilottitilojen joukko kerrytti keskimäärin noin 133 000 euroa käyttökate, maidonhinnalla 39,75 snt/litra. Matalan viljan hinnan tilanteessa käyttökate kasvoi noin 15 000 euroa, jolloin vaatimus maidon hinnalle olisi 35,74 snt/litra. Korkeiden ostopanosten hinnan tilanteessa käyttökate heikkeni noin 40 000 euroa, jolloin vaatimus maidon hinnalle olisi 57,01 snt/litra.

Taulukko 12. Skenaario 2 vuoden 2021 tiedoilla.

SKENAARIO 2		Matala viljan hinta	Perustilanne, v. 2021 hinnat	Korkea ostopanosten hinta
Maidon hinta	e/100 litraa	39,74	39,74	39,74
Rehuviljan hinta	e/tn	124,18	163,77	220,76
Maidon ja viljan hintasuhte	yksikköä	0,320	0,243	0,180
Rehujen hintaindeksi	prosenttia	76 %	100 %	135 %
Ostorehukustannus	prosenttia	688,35 €	907,85 €	1 223,73 €
Ostorehut yhteensä	euroa	50 112 €	66 091 €	89 087 €
Ostolann. hintaindeksi	prosenttia	90 %	100 %	180 %
Ostolannoitteen hinta	e/tn	277,05	307,83	554,10
Ostolannoitteet yhteensä	euroa	10 688 €	11 876 €	21 376 €
Tuotantopan. hintaindeksi	prosenttia	100 %	100 %	120 %
Muut tuotantopanokset	e/ha	310,49	310,49	372,59
Muut tuotantopan. yhteensä	euroa	37 775 €	37 775 €	45 330 €
Maitotuotto	euroa	258 733 €	258 733 €	258 733 €
Kustannukset yhteensä	euroa	98 575 €	115 742 €	155 794 €
Kustannukset 2021 hinnoilla	euroa		115 742 €	
Kustannusten muutos	euroa	-17 167 €		40 052 €
Käyttökate	euroa	157 874 €	140 707 €	100 655 €
Käyttökate 2021 hinnoilla	euroa		140 707 €	
Vaatus maidon hinnalle	e/100 litraa	35,42	39,74	55,55

Vaihtoehtoskenaariossa 2, pilottitilojen joukko kerrytti keskimäärin noin 140 000 euroa käyttökate, maidonhinnalla 39,74 snt/litra. Matalan viljan hinnan tilanteessa käyttökate kasvoi noin 17 000 euroa, jolloin vaatimus maidon hinnalle olisi 35,42 snt/litra. Korkeiden ostopanosten hinnan tilanteessa käyttökate heikkeni noin 40 000 euroa, jolloin vaatimus maidon hinnalle olisi 55,55 snt/litra.

Herkkyystarkastelu: Matala viljan hinta

Kun viljan hinta oli tarkastelussa alhainen, herkkyystarkastelun mukaan maidon hinta voisi kaikissa skenaarioissa laskea perustilanteeseen verrattuna. Nykytuotannolla käyttökate pysyisi ennallaan maidon hinnalla 34,67 snt/litra. Skenaario 1:ssä maidon hinnan tulisi olla 1,07 snt/litra ja skenaario 2:ssa 0,75 snt/litra enemmän, kuin nykytuotannolla. Eli matalan viljan hinnan aikaan nykytuotanto sietää paremmin matalaa maidon hintaa.

Herkkyystarkastelu: Korkeat tuotantopanosten hinnat

Herkkyystarkastelun tuloksista voisi päätellä, että vuoden 2021 tiedoilla vaihtoehtoiset skenaariot sietävät paremmin korkeita tuotantopanosten hintoja. Nykytuotannolla käyttökate pysyisi ennallaan maidon hinnalla 59,66 snt/litra. Skenaario 1:ssä maidon hinta voisi olla 2,65 snt/litra ja skenaariossa 2:ssa 4,11 snt/litra matalampi kuin nykytuotannolla.

Johtopäätökset

Erot tutkimuksessa laskettujen skenaarioiden välillä olivat pieniä. Skenaarioiden väliset erot selittyvät laskelmissa muuttuvien kustannusten ja tulojen välisestä suhteesta. Skenaario 1 (matalaväkirehutaso) ja nykytuotantoskenaario olivat kannattavuudeltaan saman tasoisia. Skenaario 2 (matalaväkirehutaso ja suurempi eläinmäärä) toi pilottitiloilla keskimäärin paremman lopputuloksen kuin muut laskelmaskenaariot. Matalampi väkirehutaso pudottaa maitotuotosta hieman, jolloin eläinmäärän lisääminen kompensoi alhaisempaa tuotostasoa. Kun kiinteiden kustannusten oletetaan pysyvän laskelmissa vakiona, suuremmalla liikevaihdolla tuloja jää muuttuvien kustannusten vähentämisen jälkeen enemmän kiinteiden kustannusten kattamiseksi.

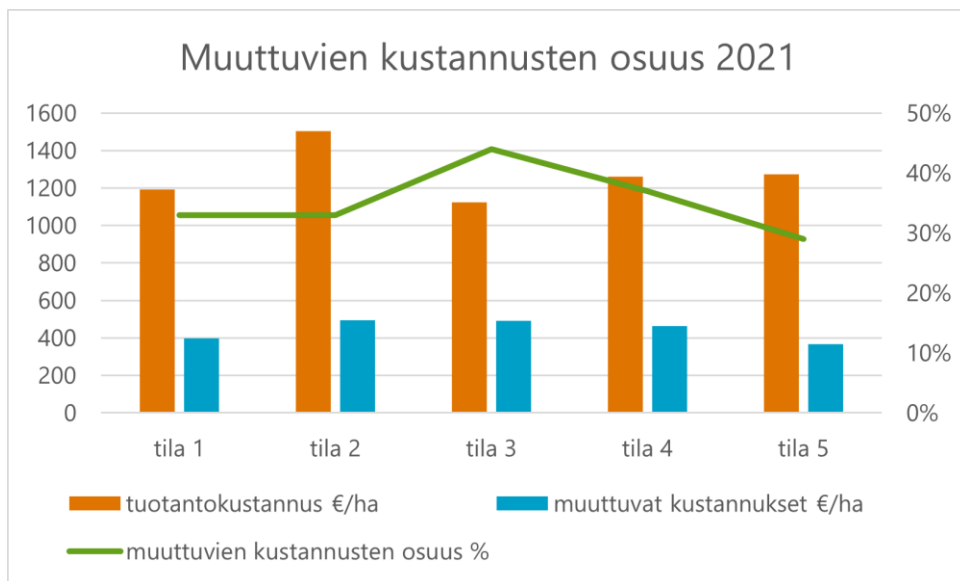
Laskelmien osalta on hyvä huomioida, että tarkastelu on teoreettinen ja käytännön tasolle vietäessä voi tulla aiheelliseksi pohtia, miten muun muassa korjuuketjut tai varastot riittävät. Kasvanut säilörehun korjuualla voi muuttaa esimerkiksi koneistuksen tarvetta, jolloin kiinteätkin kustannukset voivat kasvaa. Tällöin matalaväkirehumallin kustannukset saattavatkin kohota suuremmiksi kuin lähtötilanteessa. Myös skenaario 2:n tilanne eläinmäärän lisäämisestä ei välttämättä ole mahdollista, mikäli ylimääräisiä parsipaikkoja ei ole käytettävissä. Tilanne voisi kuitenkin tulla kysymykseen esimerkiksi silloin, kun maidon sopimusmäärä on aiemmin rajoittanut tuotantoa ja korkeatuottoisia eläimiä joutunut pitämään vähemmän, kuin mitä navetas- sa on parsipaikkoja. Tällöin väkirehumäärän pienentäminen voisi pienentää kustannuksia ja eläinmäärää voisi nostaa sellaiseksi, että tilan kokonaismaitomäärä pysyisi lähtötilanteen suuruisena.

2.4. Nurmen ja viljojen tuotantokustannus

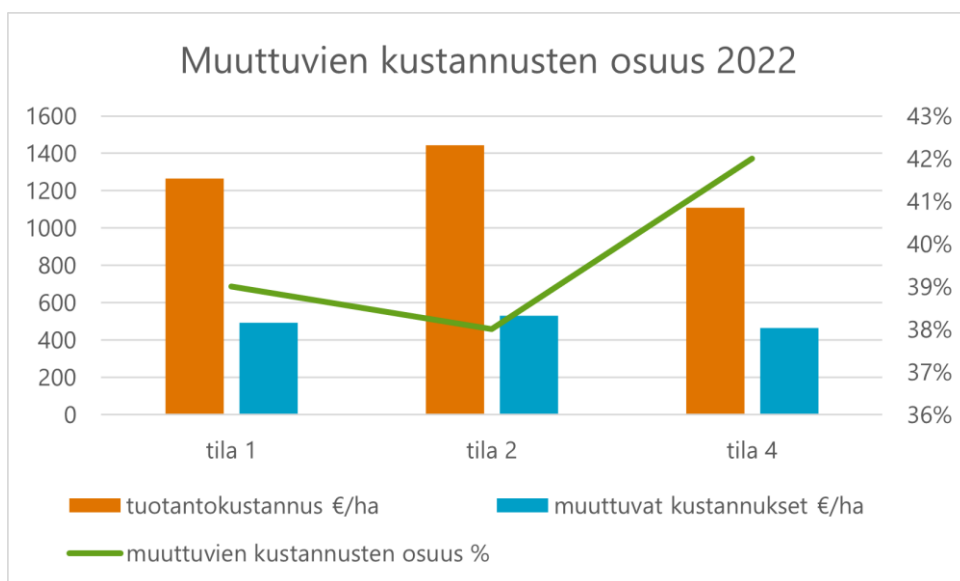
Nurmen ja viljan tuotantokustannuslaskelmia tehtiin viidelle hankkeen pilottitilalle vuodelta 2021 ja kolmelle tilalle vuodelta 2022. Tiloista neljä oli tavanomaisessa tuotannossa ja yksi tila oli luomutila. Eniten laskelmiin epävarmuutta aiheuttaa kasveille käytetyt työtunnit, sekä satoarviot, jotka perustuvat kuormien tai siilotilavuuksien mukaan tehtyihin laskelmiin. Pitkällä aikavälillä säilörehuvarasto ei voi poiketa karjan rehuntarpeesta, joten nettosatotasoa voidaan arvioida myös laskennallisesti. Tällöin sääolosuhteista johtuva vuosien välinen satovaihtelu jää pois. Laskennallisen sadon käyttö poistaa myös varastotappioiden määrittämisongelman.

Tuotantokustannuslaskelmat on tehty kaikki samalla periaatteella, mutta konekustannusten arvottaminen on haasteellista. Osalla tiloja oli käytössä sopimusaloja, jotka eivät ole viljelijän hallinnassa vaan niiltä korjataan sato, jota ei näissä laskelmissa huomioitu.

Säilörehun osalta hehtaarikustannukset 2021 vaihtelivat 1 123–1 502 €/ha, ja erilaisten satotaso- jen myötä myös tuotantokustannushinnassa (16,4–25,8 snt/kg ka) oli vaihtelua. Näistä korkeimmalla hehtaarikustannuksella olevalla oli yksikkökustannushinta alhaisin johtuen isom- masta hehtaarisadosta. Satotasot olivat 4 900–9 200 kg ka/ha. Muuttuvien kustannusten osuus hehtaarikustannuksista vaihteli 29–44 %. Korkein muuttuvien kustannusten osuus oli ti- lalla, joka ostaa urakointina paljon. Muuttuvien kustannusten osuus on suurin säilörehun tuo- tantokustannuksista, seuraavaksi suurimpana on konekustannus. Työkustannus lähenteli joil- lakin tiloilla konekustannuksen osuutta. Pellon kustannus nousi luomutilalla toiseksi suurim- maksi muuttuvien kulujen jälkeen.



Kuva 8. Muuttuvien kustannusten osuus pilottitilojen säilörehun tuotantokustannuksesta vuonna 2021.



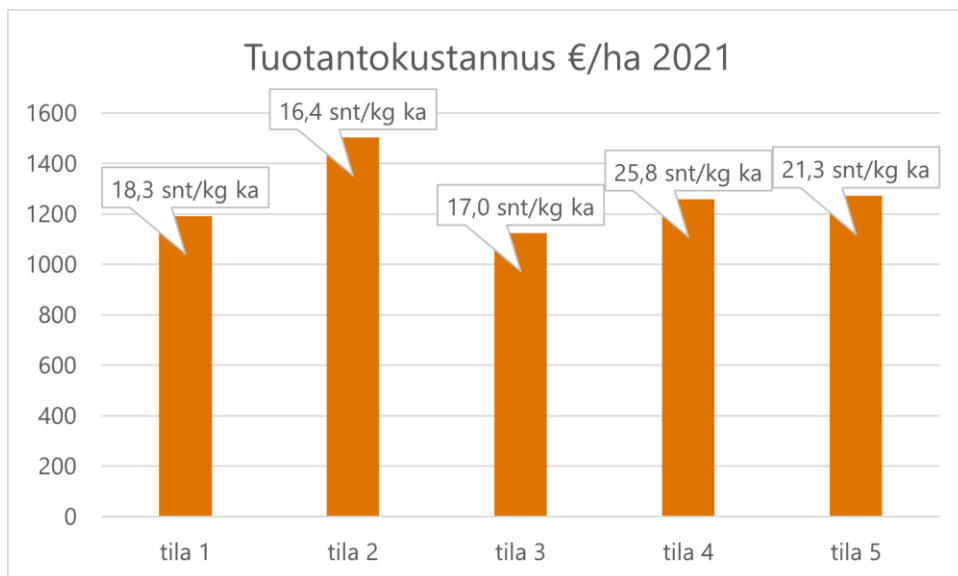
Kuva 9. Muuttuvien kustannusten osuus pilottitilojen säilörehun tuotantokustannuksesta vuonna 2022.

Säilörehun osalta hehtaarikustannukset 2022 vaihtelivat 1 110–1 445 €/ha ja vastaavasti tuotantokustannushinnat olivat 16,8–22,4 snt/kg ka. Myös tässä oli korkeimmalla hehtaarikustannuksella alhaisin yksikkökustannushinta, johtuen korkeammasta satotasosta. Satotasot olivat 5 180–8 600 kg ka/ha. Muuttuvien kustannusten osuus hehtaarikustannuksista vaihteli 38–42 %. Vuodelta 2022 ei saatu laskelmaa tehtyä tilalle, jolla muuttuvien kustannusten osuus oli vuonna 2021 suurin. Toteutuneissa laskelmissa rehunkorjuu tehtiin pääasiassa omilla koneilla.

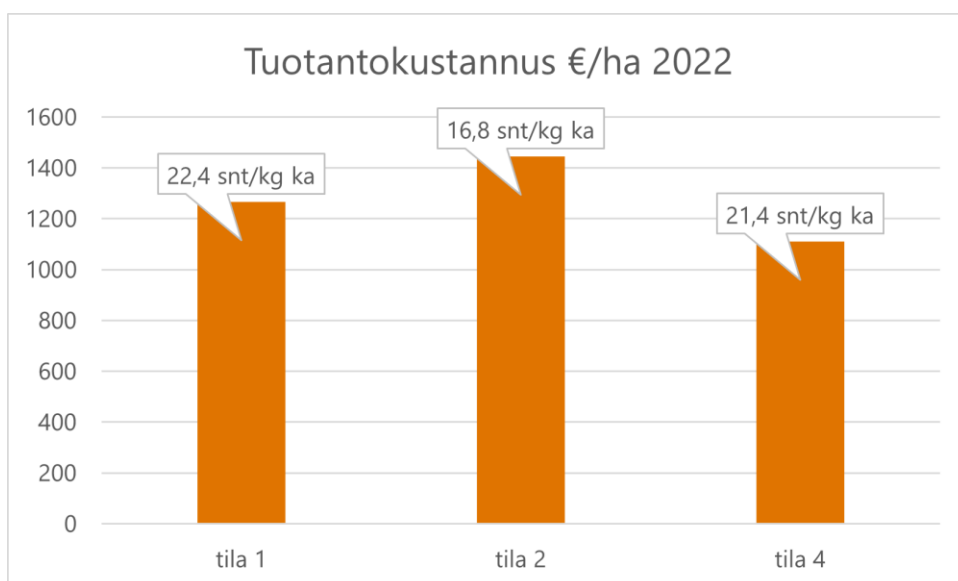
Nettotuotantokustannukset, joissa on tilan saamat tuet huomioitu, olivat säilörehulla 2011 5,2–14,9 snt/kg ka. Alin nettotuotantokustannus oli luomutilalla, jossa tukien osuus on suurempi, vastaavasti se oli korkein tilalla, jolla tuotantokustannus oli suurin. Nettotuotantokus-

tannukset olivat säilörehulla 2022 vastaavasti 10,1–12,8 snt/kg ka, nämä tilat olivat tavanomaisessa tuotannossa.

Muuttuviin kustannuksiin vaikuttaa merkittävästi lannoitehankinnat. Vuoden 2021 lannoitteet oli hankittu pääasiassa kaikilla 2020 vuoden puolella, samoin 2022 laskelmissa lannoitehankinnat oli tehty 2021. Näissä laskelmissa ei ollut vielä kaikkein kalleimpia lannoitteita käytössä, ja hinnat ovat vuoden 2022 nousseet huomattavasti edellisistä vuosista. Muuttuvissa kustannuksissa erityisesti lannoitteiden ja polttoaineen hinnannousu, sekä erityisesti paalaustiloilla muovikustannus, on nostanut kustannuksia.



Kuva 10. Pilottitilojen säilörehun tukemattomat tuotantokustannukset vuonna 2021.



Kuva 11. Pilottitilojen säilörehun tukemattomat tuotantokustannukset vuonna 2022.

Kaikilla tiloilla nurmialaa on reilusti karjan tarpeisiin, ja osalla hehtaarisadot jäävät tämän takia alhaisiksi. Reilun nurmialan myötä on myös lannoitusta vähennetty. Yhdelläkään tavanomaisella tilalla ei menty maksimilannoituksen mukaan ja lannoituksesta tingittiin enemmän 2022

vuodella toisen sadon kohdalla. Tähän vaikutti osaltaan runsas kevätsato. Yhdellä tilalla ei viljaa ollut lainkaan ja koko alan ollessa nurmella, se ei ole intensiivisessä viljelyssä.

Viljan osalta laskelmia tehtiin kolmelle tilalle 2021 ja kahdelle tilalle 2022. Vuoden 2021 viljasato oli erittäin huono kuivuuden takia ja näin siltä satovuodelta viljojen tuotantokustannus nousi korkeaksi. Satotasot olivat 1 700–2 670 kg/ha. Viljoilla hehtaarikustannus vaihteli 1 138–1 360 € ja tuotantokustannukset olivat 49,0–67,0 snt/kg. Muuttuvien kustannusten osuus tuotantokustannuksesta vaihteli 25–41 prosenttiin. Korkein muuttuvien kustannusten osuus oli tilalla, joka teetti paljon urakointina. Vastaavasti oman työn ja koneiden osuus oli pienempi tällä tilalla.

Nettotuotantokustannukset olivat viljoilla 2021 21,1–27,4 snt/kg ja vuonna 2022 vastaavasti 24,9–29,7 snt/kg. Nettotuotantokustannushintaa voi verrata siihen, millä hinnalla viljaa on ostettavissa. Nettotuotantokustannuksen jäädessä jatkuvasti ostoviljan hintaa korkeammaksi, viljanviljelyyn on kiinnitettävä huomioita, missä määrin sitä voi jatkaa. Ostoviljan hinta oli korkeimmillaan verottomana n. 300 €/tn ja siihen peilaten viljan viljely on ollut vielä järkevää. Luomutila oli myynyt viljaa ja saanut siitä paremman hinnan, kuin jos olisi käyttänyt sen tavanomaisessa tuotannossa olevalle omalle karjalle.

Vuoden 2022 viljojen tuotantokustannukset ovat myös korkeahkot. Osalla oli kuivuus vaivannut väärään aikaan, osalla vilja oli huonommilla lohkoilla. Satotasot olivat 2 433–3 429 kg/ha. Hehtaarikustannukset olivat 1 266 ja 1 431 €, tuotantokustannusten ollessa 41,8 ja 52,0 snt/kg. Muuttuvat kustannukset olivat nousseet 10 prosenttiyksikköä edellisestä vuodesta. Viljan osalta voi sanoa, että näiden laskelmien valossa niiden viljely oman karjan käyttöön on perusteltua mutta isoja uusinwestointeja ei ole järkevä tehdä.

Johtopäätökset

Tuotantokustannusten laskentaa kannattaa tehdä vuosittain, koska aina on jotain muutoksia, jotka vaikuttavat lopputulokseen. Laskelma on myös helpompi tehdä uudelleen, kun on jo kerran tehty pohjaa. Satotasojen tai korjattujen rehujen mittaaminen on erittäin tärkeää, mikäli halutaan saada tarkka yksikkökustannushinta selville. Laskelmat ovat niin tarkkoja kuin annetut lähtötiedot ovat.

Laskelmien avulla voi myös miettiä pellon käyttöä uudelleen, voisiko pinta-alan salliessa viljelyyn ottaa enemmän muita kasveja, niin ettei niiden vuoksi tarvitse tehdä isoja investointeja. Tällaisia vaihtoehtoja voisivat olla esimerkiksi monimuotoisuusalat ja yksivuotisten kasvien kiertoön öljykasvit tai palkokasvit. Näiden viljelystä on alueella hyviä kokemuksia ja niillä on merkitystä myös maanparannusmielessä ja myyntikasveina. Osalla tiloista viljaa oli vain uudistettavilla aloilla. Myös viljoista, vaikka ne olisivat suojaviljana, tulisi pyrkiä saamaan kunnan satoja. Tästä on hyviä kokemuksia Pohjois-Savon korkeuksilla, vaikka näillä pilottitiloilla ei siihen päästy. Nurmipalkokasvien käytöllä voidaan lannoituskustannuksia alentaa, toki siemenkustannus nousee hieman silloin. Se mikä laskelmien kautta ei tule ilmi, on peltojen kasvukunnan parantaminen. Sitä kautta saadaan laitetuille tuotantopanoksille vastetta. Hyviä lohkoja tulisi viljellä kunnolla ja lohkoja, joilta on mahdollista saada parempaa satoa, kunnostaa. Huonompikuntoisille tai hankalille lohkoille olisi hyvä pohtia muuta käyttöä.

3. Maidon sopimusmallin vaikutus tuotannon toteutukseen

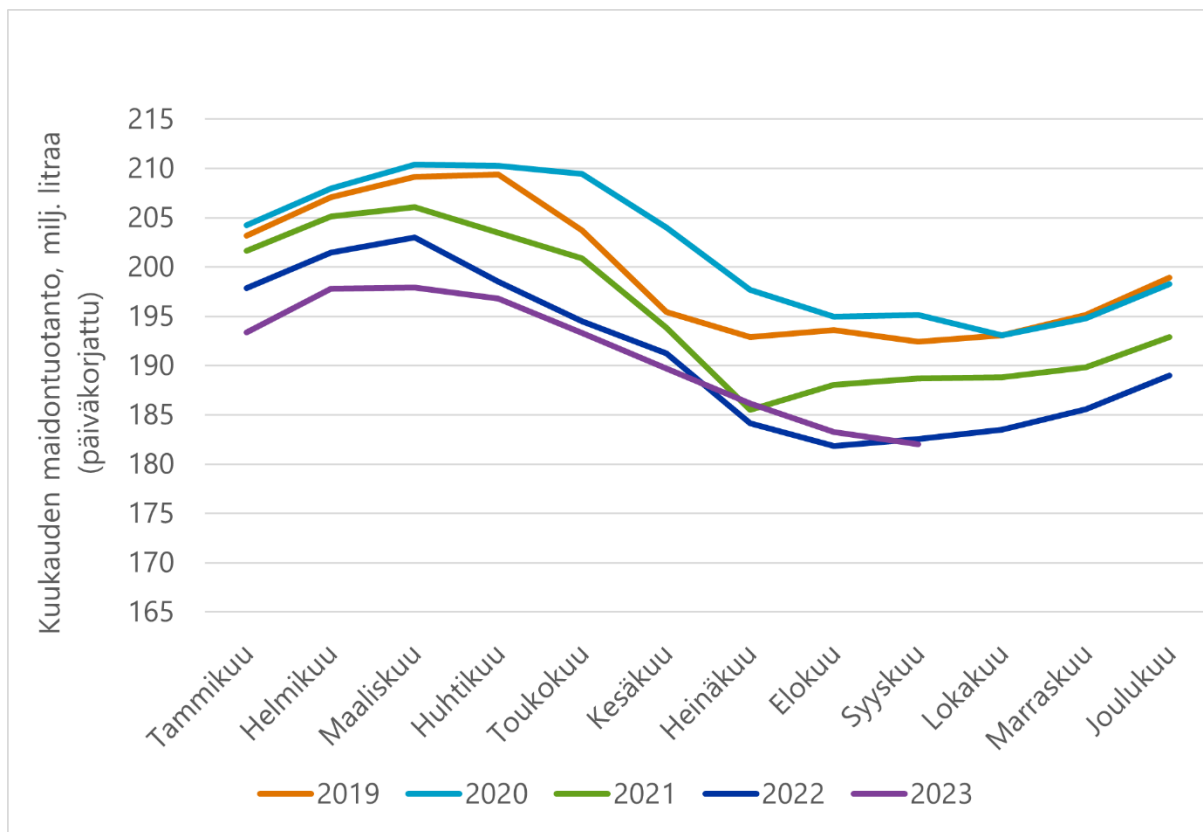
Olli Niskanen, Luke

Valio-ryhmä on suurin maidonjalostaja Suomessa noin 78 % hankintaosuudellaan maidon kokonaistuotannosta (2022). Ryhmässä lanseerattiin 1.1.2021 käyttöön sopimustuotantomalli, jonka alkuperäisenä tavoitteena on ollut mahdollistaa tuotantomäärän ohjaus paitsi kokonaistasolla, mutta myös vuoden sisäisessä vaihtelussa suhteessa jalostuskapasiteetin ja markkinoiden tilanteeseen. Sopimusmäärä on tilan historiallisen tuotannon tai hiljattain tehdyn investoinnin tuotantopotentiaalın perusteella tiloille muodostettu maidontuotannon kuukausikohtainen viitemäärä. Sopimusmäärää käytetään maidon hinnoitteluperiaatteena maidon kaksi-kolmihintamallissa. Hinnoittelumallın yksityiskohdat ovat kunkin hankintaosuuskunnan päätettävissä.

Sopimustuotanto mahdollistaa hankintaosuuskunnalle tuotannon kokonaismäärän hallinnan kahta kautta: 1) Laajennusinvestointia suunnittelevan tilan täytyy sopia osuuskunnan kanssa sopimusmäärästä syntyvälle lisätuotannolle ennen investointipäätöstä, sekä; 2) Sopimusmäärä mahdollistaa kaikkien tilojen tuotannon hillitsemiseen tai kasvattamiseen liittyvän hintaohjauksen, jossa sopimusmäärän ylittävälle tuotannolle voidaan maksaa eri hintaa kuin sopimusmäärän alittavalle tuotannolle.

Sopimustuotantoon siirtymistä ovat edeltäneet vuodet 2016–2020, jolloin navettainvestointien määrä on ollut erittäin korkealla tasolla, noin 120–160 miljoonaa euroa vuodessa, kun tätä edeltäneiden vuosien keskimääräinen määrä on ollut noin 80 miljoonaa euroa vuodessa, joskin vuosien välinen vaihtelu on huomattavaa. Uusia lehmäpaikkoja on vuosina 2016–2020 valmistunut vähintään 6 000–10 000 kappaletta vuodessa. Jakson aikana myös tuotannosta luopumisen tahti on ollut voimakasta, mutta tästä huolimatta kokonaistasolla muutaman edellisvuoden huipputuotanto ajoittui vuoteen 2020. Kasvava tuotantomäärä tilanteessa, jossa kotimarkkinoiden kysyntä etenkin nestemaitojen osalta hiipuu ja vientimarkkinoilta saatava tuotto ei vahvista tilityskyä on johtanut päätökseen tuotantomäärän hallinnan tarpeesta.

Tuotannon kokonaismäärä on kääntynyt laskuun vuoden 2020 jälkeen, mutta sopimustuotantoon siirtyminen ei kuitenkaan yksin selitä muutosta. Samoilta vuosilta on ajoittunut säilörehusatoon ja niiden ravitsevukselliseen laatuun liittyviä haasteita. Väkihuruokintaan puolestaan ovat vaikuttaneet vuoden 2021 heikko viljasato ja ajallisesti samaan aikaan ajoittunut laaja panoshintakriisi, jotka osaltaan ovat voineet vaikuttaa vuosien 2021 ja 2022 keskituotoksiin ruokinnan talouden kautta. Vuosina 2021 ja 2022 rakentamisinvestointien määrä puolestaan on romahtanut, minkä keskeinen selittäjä on sopimusmäärän myöntämisen edellytys ennen investointia, mutta toisaalta myös rakentamiskustannusten poikkeuksellinen nousu, joka on saanut monet investointia suunnitelleet lykkäämään rakentamisen aloittamista.



Kuva 12. Päiväkorjattu kuukausimaitomäärä 2019–2023.

Sopimusmallin vaikutuksia tuotantoon on selvittänyt kyselytutkimuksen avulla Rinta-Aho (2023). Tuotantoa olivat rajoittaneet sopimustuotantoon siirtymisen seurauksena 33,5 % vastanneista maitotilayrityksistä (n=149). Tuotannon rajoituksen toimenpiteinä nousivat yleisimpänä eläinmäärän vähentäminen (60 % tuotantoa rajoittaneista). Sen sijaan ruokinnan muutoksia, kuten väkirehuruokinnan vähentämistä, vastasi tehneensä vain 7 % vastaajista. Vasikoiden maitojuottoa oli lisännyt 5 % vastaajista ja 4 % kertoi ajoittaneensa siemennyksiä maitomäärän vaihtelun tasaamiseksi ja/tai lisänneensä liharotusiemennysten osuutta. Tuotantoa olivat sopeuttaneet muulla tavoin 16 % maitotilayrityksistä, jonka keinoina mainittiin kuitenkin yleisimmin navetan vajaatäyttöisyys ja keskituotoksen alentaminen, jotka tulisi siis lisätä edellä mainittuihin osuuksiin ruokinnan ja eläinten poistojen osalta, koska kysymys on käytännössä samasta asiasta.

Vuotuinen maidontuotannon määrä on kääntynyt laskuun ja hidastunut investointitahti voimistaa kehitystä edelleen vuosina 2023–2024. Metsäkatoasetukseen liittyvän epävarmuuden vuoksi, vuoden 2023 aloitettavaksi suunniteltuja investointeja suositeltiin viivästyttämään¹ asetuksen tulkinnan varmistumista odotellessa. Myös jatkossa investoinneissa edellytetään asetuksen huomiointia mm. rakennuspaikan valinnan ja laiduntamisen osalta. Tämä voi osaltaan vaikuttaa investointien määrään ja maitomäärän kehitykseen vuodesta 2024 eteenpäin. Epävarmuuksista huolimatta elinkeinon kokonaiskestävyyttä parantaville rakentamishankkeille tulee olemaan tilaa maitomäärän osalta ja sopimustuotannon tuotantomäärää hillitsevän vai-

¹ <https://mmm.fi/-/eu-n-metsakatoasetuksen-vaikutus-nauta-ja-lypsykarjatilojen-uusinvestointeihin-epaselva>

kutuksen voidaan ennakoida vähentyvän tulevaisuudessa. Sopimusmäärä ei luultavasti myöskään rajoita tuottavuuskasvua, sillä korkea tuotannosta luopumisten tahti mahdollistanee sopimusmääriin tarvittavien indeksitarkastusten sopimusmääriin.

Tuotannon vuotuinen kokonaismäärä on ollut 2000-luvulla voimakkaasta rakennekehityksestä huolimatta melko vakaata. Kuukausien välillä vaihtelua kuitenkin on, koska maidontuotannolle on tyypillistä, että keväällä maitomäärät ovat korkeampia kuin syksyllä. Alhaisimmillaan määrä on lokakuussa. Meijereiden kapasiteetin näkökulmasta optimaalista kuitenkin olisi, että maitoa tuotettaisiin mahdollisimman saman verran joka päivä ympäri vuoden (Kärkkäinen, ym. 2022). Viime vuosien trendit kuluttajakysynnässä, kuten nestemaitojen kysynnän aleneminen ovat kuitenkin vaikuttaneet myös maidonjalostuksen portfolioon ja siten myös teollisuuden tuotantolinjojen väliseen tasapainoon niin, että vuoden sisäisen vastaanotetun maitomäärän vaihtelun hillitseminen on tarpeellista.

Kuukausiperusteinen sopimusmäärä pyrkiikin samalla parantamaan Valiolaisten meijereiden kapasiteettihaastetta kannustamalla tuotannon kausivaihtelun tasaamiseen. Osalla muista meijereistä on käytössä perinteisempi kausivaihtelun hallinnan keino, kausihinnoittelu, joka ei kuitenkaan ota kantaa tuotannon kokonaismäärään. Kausihinnoittelun hyödyntämiseen sopivat keinot tuotannon tasaamiseen ovat kuitenkin samoja kuin sopimustuotannossa. Tuotantomäärän tasaamisen keinoja on esitelty lehtiartikkelissa (Sairanen & Niskanen 2021), jossa käsitellyistä keinoista merkittävintä olisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä saamaan lehtiä poikimaan touko-heinäkuussa, jolloin huipputuotanto olisi loppukesästä eteenpäin. Tämän lehmäryhmän tiinehtymisestä tulisi huolehtia yhdeksän kuukautta aiemmin eli edellisen vuoden kesällä. Valitettavasti monilla tiloilla varastossa olevat kesäkauden säilörehut saattavat olla ne talven jäljiltä huonoimmat, mitä on jäänyt jäljelle ja kiimantarkkailu kiireisimpinä kevät- ja kesäkuukausina voi olla haastavaa. Huomion kiinnittäminen näihin tekijöihin voi tarjota hyvän mahdollisuuden tasata tuotantomäärää sopimustuotannossa.

Johtopäätökset

Kokonaistuotannon rajoitustarve hintaporrastuksen kautta pienentynyt mallin lanseerausajankohtaan verrattuna useiden eri tekijöiden vaikutuksesta. Kausivaihtelu on kuitenkin tois-
taiseksi ollut lähes ennallaan. Tästä syystä tiloilla kannattaa pohtia strategiaa tuotannon vuotuisen vaihtelun tasaamiseksi mahdollisuuksien mukaan.

4. Pellonkäyttöstrategian vaikutus ilmastokuormitukseen

Karoliina Rimhanen ja Sanna Hietala, Luke

4.1. Maan hiilivaraston muutos

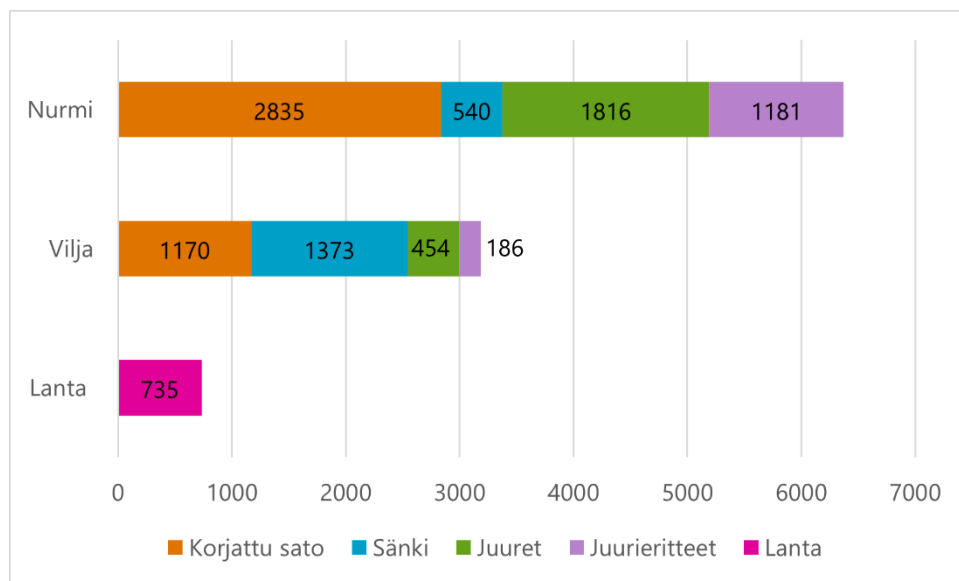
Maaperä on ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta tärkeässä roolissa, koska metsien ohella kivennäismaat pystyvät sitomaan ja varastoimaan hiiltä ilmakehästä. Jotta maataloussektorin ja sen tuotteiden ilmastovaikutuksien arviointi olisi mahdollisimman todenmukaista, tulisi maankäyttösektorin päästöt ja nielut sisällyttää mukaan arviointeihin. Laskentaan sisältyy kuitenkin vielä paljon epävarmuuksia, eikä nykyisissä hiilijalanjäljen arvioinneissa tyypillisesti näitä huomioida. Tässä työssä arvioimme HiiliMaito-hankkeen mallinnetuille strategioille ja hankkeen pilottitiloille, miten ruokintastrategian muutos korkeaväkirehun ruokinnasta (vr 45 %) matalaväkirehun ruokintaan (vr 35 %) heijastuu maan hiilivaraston kokoon Yasso07-maaperämallin avulla.

Laskennan vaiheet:

1. Maanpäällisten ja maanalaisten C syötteiden arviointi
2. Maan hiilivaraston muutosten arviointi Yasso maaperämallin avulla
3. Vuosittaisten hehtaarikohtaisten maaperän hiilipäästöjen arviointi

Maanpäällisten ja maanalaisten C syötteiden arviointi

Vaihtoehtoisille ruokintastrategioille laskettiin tilan kasvintuotannossa syntyvät ja kotieläinten lannasta peräisin olevat hiili-(C) syötteet, jotka kohdistuivat maaperään. Kasvintuotannosta peräisin olevien C syötteiden arviointi perustui tilan kotieläinten rehustuksessa tarvittavien rehuosien viljelytietoihin kasvilajin, satotason ja tuotantoalojen suhteen. Näiden tietojen ja kirjallisuudesta poimittujen tunnuslukujen avulla laskettiin maahan kohdistuvat C syötteiden määrä (kg C ha^{-1}), sisältäen arviot niin maanpäällisistä peltoon jäävistä biomassoista (kasvijätteet ja sännki) kuin myös maanalaisista C syötteistä (kasvien juuret ja juurieritteet) (Kuva 13). Erot ruokintastrategioiden välillä kumpuavat eroista nurmi- ja vilja-aloissa sekä kokonaispeltoalassa. Tilan kotieläinten lukumäärän perusteella arvioitiin syntyvän lannan määrä ja yhdistettynä kirjallisuudesta poimittuihin tunnuslukuihin laskettiin lannasta peräisin olevat maahan kohdistuvat C syötteet. Kaikki tilan C syötteet huomioiden laskettiin keskimääräiset hehtaarikohtaiset C syötteet vaihtoehtoisille ruokintastrategioille.



Kuva 13. Hankkeen mallinnettujen perusskenaarioiden mukaiset hiilisyötteet (kg C ha^{-1}) maanpäällisten (korjattu sato ja sänki) ja maanalaisten (juuret ja juurieritteet) sekä lannan syötteiden osalta.

Maan hiilivaraston muutosten arviointi Yasso maaperämallin avulla

Todellinen maaperän hiilivaraston koko on tuntematon ja arvio hiilivaraston muutoksesta perustuu teoreettiseen laskentaan. Laskennassa teoreettinen lähtökohta on maaperän hiilivaraston nykytila, joka on seurausta tilan käyttämisestä tuotantotavoista. Arvioimme, kuinka ruokintaskenaarion muutos matalaväkirehuruokintaan heijastuu tilan tuotantotapoihin, erityisesti nurmen ja viljan pinta-aloihin ja satotasoihin, joiden vaikutukset heijastuvat maahan kohdistuviin hiilisyötteisiin.

Vertasimme nykytilan (väkirehutaso 45 %) ja matalaväkirehuruokinnan (väkirehutaso 35 %) hiilisyötteiden vaikutusta maaperän hiilivaraston kokoon (Kuva 14).

Yasso07-maaperämalli arvioi kivennäismailla orgaanisen aineksen hajoamista hiilisyötteen laadun ja ilmastotiedon perusteella. Mallia hyödynnetään niin maatalous- kuin metsämailla maaperän hiilitaseen arvioinnissa. Mallin avulla arvioidaan maaperän hiilivaraston muutokset myös kansallisessa kasvihuonekaasuinventaarissa.

Yasso maaperämalli edellyttää tiedot hiilisyötteiden laadusta AWEN fraktioina. AWEN luokittelu kuvaa maatuvan eloperäisen aineksen kemiallista koostumusta sen mukaan kuinka suuri osuus aineksesta liukenee happoon (A), veteen (W) ja etanoliin (E) sekä kuinka suuri osuus on liukenematonta (Ns). Kirjallisuutta hyödyntäen arvioitiin keskimääräisten hehtaarikohtaisten C-syötteiden pysyvyys AWEN-hajoamislukissa (Palosuo ym. 2015).

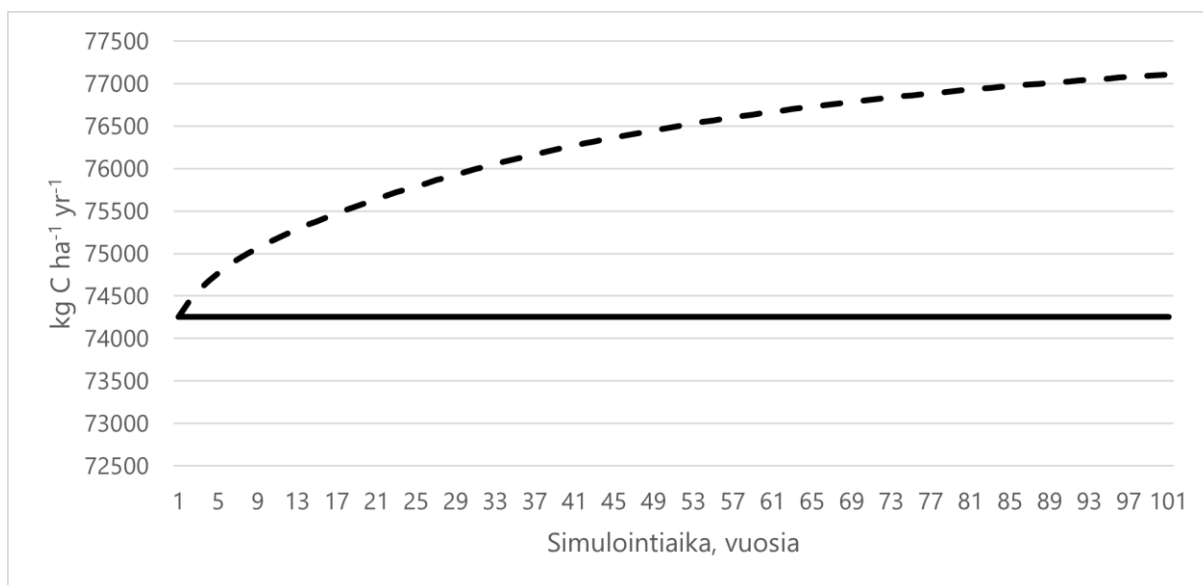
Rehuntuotantoon käytettävien viljelykasvien tuotantopinta-alatietojen (ha) ja hiilisyötetietojen (kg C ha^{-1}) sekä lannan määrän avulla arvioitiin keskimääräinen hehtaarikohtainen hiilisyötte. Tämä tieto hyödynnettiin Yasso mallin syötetietona.

Tilan nykyisten tuotantotapojen perusteella Yasso-malli ajettiin ns. tasapainotilaan. Arvio perustui oletukseen, jonka mukaan tilan tuotantotavat ovat pysyneet samanlaisina pitkän ajan, jonka seurauksena maaperän hiilivarasto on saavuttanut tasapainotilan ja on muuttumaton (Kuvassa 14 musta yhtenevä viiva). Simuloimme matalaväkirehuruokinnan vaikutusta maape-

rän hiilivaraston kokoon (kuvassa musta katkoviiva), 20 vuoden ja 100 vuoden ajanjaksoilla. Simulointi perustui oletukseen, jonka mukaan ajanhetkessä 0 tila muutti tuotantotapoja siirtymällä nykytilan 45 %:n väkirehuruokinnasta 35 % väkirehuruokintaan. Kuvassa katkoviiva kuvaa maaperän hiilivarastossa tapahtuvaa kasvua ruokinnan muutoksen käyttöönoton jälkeen 100 vuoden ajanjaksolla. Oletuksena on, että ruokinta pysyy muuttumattomana simulointiajanjakson ajan.

Vuosittaisten hehtaarikohtaisten maaperän hiilipäästöjen arviointi

Laskimme näiden kahden simulaatiokäyrän erotuksen 20 vuoden ja 100 vuoden kuluttua ruokintastrategian muutoksesta. Tämä erotus edustaa laskelmassamme maaperän hiilivarastossa tapahtuvaa muutosta (yleensä lisäisyyttä), mikä tapahtuu ruokintamuutoksen takia. Erotuksen suuruus kahden ruokintavaihtoehdon välillä vaihtelee simulointijakson aikana (Kuva 14). Hiilivaraston kasvu on voimakkainta ensimmäisen 5–10 vuoden aikana, kun muutos ruokinnassa on tapahtunut. Tämän takia laskimme erotuksen keskiarvon 20 vuoden (165 kg CO₂-ekv/ha/v) ja 100 vuoden (75 kg CO₂-ekv/ha/v) simulointiajanjaksolle ja käytimme tätä arvoa tehdesämme arvion vuosikohtaisesta maan hiilivaraston muutoksesta. Arvo muunnettiin vielä CO₂-ekvivalentiksi, ja liitettiin osaksi tilan kokonaispäästöarviota.



Kuva 14. Maaperän hiilivaraston muutos (kg C ha⁻¹) skenaariossa 45 % väkirehua (yhtenevä viiva) ja skenaariossa 35 % väkirehua (katkoviiva). Simulointikäyrien erotus edustaa maaperän hiilivarastossa tapahtuvaa hiilivaraston kasvua simulointiajanjaksolla.

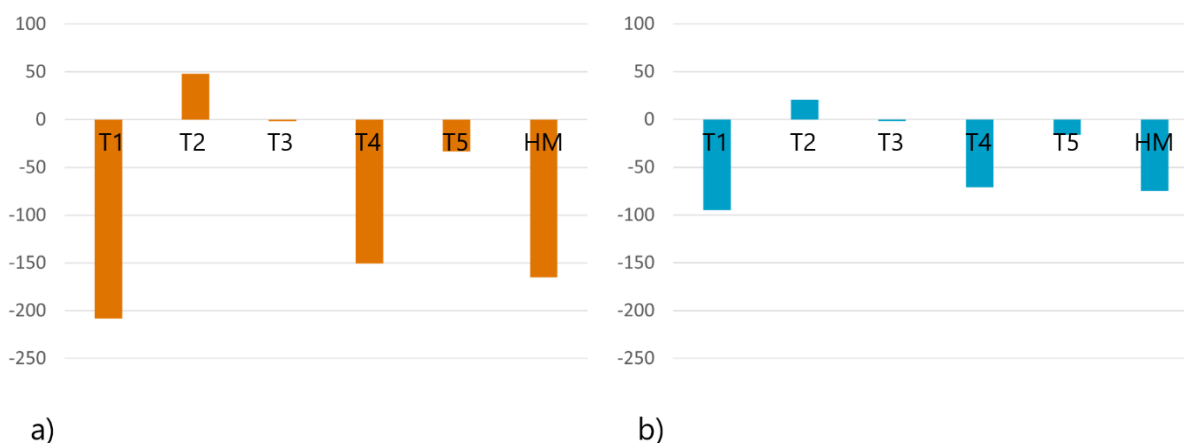
Laskelmat tehtiin pilottitilojen rehuntuotantoalalle hyödyntämällä tiloilta saatuja tietoja (Taulukko 13). Ruokinnan muutos matalaväkirehuvallaisempaan suuntaan vapauttaa peltopinta-alaa rehuntuotannosta. Tuloksista nähdään, että ruokintastrategian muutoksen vaikutus maaperän hiilipäästöihin vaihtelee eri pilottitiloilla (Kuva 15). Useimmilla tiloilla (T1, T3, T4 ja T5) ruokinnan muutos matalaväkirehuruokintaan kasvattaa maaperän hiilivarastoa eli saa aikaan hiilinielua. Tämä johtuu vilja-alan pienentymisestä ja nurmen tuotantoalan kasvusta. Tämän lisäksi lannan osuus hehtaarikohtaisessa hiilisyötteessä hieman kasvaa, mikä johtuu siitä, että eläinmäärä pysyy samana ja rehuntuotantoalan pienentyessä. T2 tilalla ruokinnan muutoksesta kuitenkin aiheutuu laskennallisesti hehtaarikohtaista päästön kasvua. Tämä johtuu siitä, että kyseisellä tilalla ei ole viljelyssä omaa viljaa, jolloin vilja-alan pienentyminen ja korvautuminen nurmialalla ei kyseisellä tilalla toteudu. Laskennassa hehtaarikohtainen suhteellinen hiili-

syöte pienenee, mistä seuraa maan hiilivaraston suhteellinen pienentyminen. Vakiona pysyvän eläinmäärän tuottama lannan osuus pienenee hehtaarikohtaisen hiilisyötteen arvioinnissa rehualan kasvaessa. Huomioitavaa on, että tämä laskenta ei huomioi ostovilja-alassa tapahtuvia muutoksia, jolloin väkirehun käytön vähentämisestä aiheutuvat päästövähennykset eivät näy näissä laskelmissa, mikä heijastuu T2 tuloksiin.

Taulukko 13. Laskennassa hyödynnettyjä tietoja pilottitiloilta (T1, T2, T3, T4 ja T5) ja HiiliMaidon mallinnetulla tilalla (HM).

	Nurmiala, ha		Nurmisato, kg ka/ha		Vilja-ala, ha		Viljasato, kg ka/ha		Lehmämäärä, kpl
	Vr 45 %	Vr 35 %	Vr 45 %	Vr 35 %	Vr 45 %	Vr 35 %	Vr 45 %	Vr 35 %	
T1	138	161	6 600	6 600	89	46	2 300	2 300	145
T2	51	55	3 650	3 650	0	0	0	0	30
T3	56	60	3 900	4 100	6	4	2 500	2 500	40
T4	95	121	5 380	5 380	37	11	2 360	2 360	71
T5	68	76	5 900	5 900	40	34	2 400	2 400	61
HM	0,97	1,06	6 300	6 300	0,98	0,64	2 600	2 600	1

Maaperän vuosittainen hiilensidonta oli 20 vuoden simulointijaksolla tarkasteltuna pilottitiloilla keskimäärin -69 kg CO₂-ekv/ha ja 100 vuoden simulointijaksolla keskimäärin -33 kg CO₂-ekv/ha. Ruokinnan muutos matalaväkirehualtaiseen suuntaan sai siis aikaan lievää hiilinielua. 20 vuoden simulointijakson korkeampi tulos selittyy sillä, että menetelmän muutoksen vaikutus on voimakkainta ensimmäisen 5–10 vuoden aikana uuden ruokinnan käyttöönoton jälkeen, joka heijastuu näin ollen korkeampana keskiarvotuloksena verrattuna 100 vuoden simulointiaikaan, jolloin myöhempinä vuosina tapahtuma maltillinen kasvu maan hiilivarastossa tasoittaa keskiarvolukua.



Kuva 15. Ruokinnan muutoksen vaikutus maaperän hiilivaraston kokoon (kg CO₂-ekv ha⁻¹ y⁻¹) 20 vuoden (kuva a) ja 100 vuoden (kuva b) simulointijaksolla pilottitiloilla (T1, T2, T3, T4 ja T5) sekä HiiliMaido mallitilalla (HM). Laskenta kattaa tilan rehuntuotantoalan. Negatiivinen arvo kuvassa tarkoittaa, että ruokinnan muutos matalaväkirehualtaisempaan suuntaan on saanut aikaan hiilinielua (palkit 0 alapuolella). Positiivinen arvo tarkoittaa, että ruokinnan muutoksesta on aiheutunut päästöjä (palkit 0 yläpuolella).

Maaperän hiilivaraston muutoksen arviointi on kokeellisesti aikaa vievää ja kallista. Mallintaminen tarjoaa mahdollisuuden arvioida eri skenaarioiden vaikutuksia maaperän hiilivarastoon karkeasti. Laskentaan sisältyy kuitenkin epävarmuuksia, jotka on hyvä tiedostaa. Arviot hiilisyötteistä perustuvat arvioihin korjatuista satotasoista. Laskennassa on hyödynnetty matemaattisia kaavoja, joiden avulla on arvioitu maanpäällisten, maahan jäävien kasvintähteiden sekä maanalaisten juurten ja juurieritteiden määrät. Erityisesti arvioihin maanalaisista hiilisyötteistä sisältyy paljon epävarmuuksia. Lisäksi todellisuudessa viljelytekniset toimet vaikuttavat eloperäisen aineksen hajoamiseen ja näin ollen maaperän hiilivaraston muutoksiin. Laskentaa ei voi soveltaa eloperäisille maille.

Todellisuudessa maaperän hiilivarasto vaihtelee paljon pienelläkin alalla. Alueilla, missä maan hiilivaraston koko on lähtötilanteessa pieni, saavutettava lisäisyys on suurempaa kuin alueilla, missä maan hiilivaraston koko on jo lähtötilanteessa korkea. Näin ollen tiloilla, joilla on jo esimerkiksi nurmia viljelykierrossa, potentiaali kasvattaa maan hiilivarastoa entisestään on pienempi kuin viljatiljoilla.

Maan hiilensidonnan potentiaali on korkeampi tiloilla, jotka eivät ole ottaneet käyttöön hiiliviljelytoimia, verrattuna tiloihin, joilla hiiliviljelytoimet ovat jo käytössä. Maaperän korkean hiilivaraston ylläpito eli hiilen säilyttäminen maaperässä on myös tärkeää, jotta estetään näistä varastoista tapahtuvat päästöt.

Maan hiilivaraston lisäisyyden arviointi on luotettavinta sellaisten maatalouden toimien osalta, joiden maahan kohdistuva hiilisyöte voidaan tarkimmin arvioida. Eri toimien yhdistäminen maksimoi maahan kertyvän hiilen määrän. Orgaanisen aineksen lisäys maaperässä parantaa maan kasvukuntoa ja maaperän terveyttä, mikä parantaa maan sadontuottokykyä, ravinteiden kiertoa, vedenpidätyskykyä, kasvitautilien ja tuholaisten hallintaa, maaperän eliöstön tilaa, sekä mahdollistaa hiilen sitoutumisen ja pitkäaikaisen varastoitumisen maaperään.

Johtopäätökset

Väkirehutason lasku kotieläinten ruokinnassa heijastuu myönteisesti tilan maankäyttösektorin päästöihin, jos tila tuottaa itse ruokinnassa käytettävän viljan, mikä ruokinnan muuttuessa johtaa vilja-alan pientymiseen ja nurmialan kasvuun. Tällöin vuosittainen suhteellinen hiilinielu voi lisääntyä yli -200 kg CO₂-ekv/hehtaari karkearehuvaihtoehdossa. Kaikkien hiilensidontaa edistävien menetelmien osalta hiilensidonta on nopeinta ensimmäisen 10 vuoden aikana menetelmän käyttöönoton jälkeen. Maaperän hiilivaraston säilyttäminen ja kasvattaminen kuitenkin edellyttää, että hyviä hiiliviljelykäytäntöjä ylläpidetään tilalla.

4.2. Karkearehuosuuden vaikutus maidon hiilijalanjälkeen

Auvo Sairanen, Sanna Hietala ja Sanna Kykkänen, Luke

Hankeosion tavoitteena oli tarkastella, miten ruokinnan väkirehuosuuden pienentäminen heijastuu maidon hiilijalanjälkeen lisääntyneen nurmialan ja vähentyneen rehuntuotannon kokonaispinta-alatarpeen kautta. Tarkasteltavat rehustusvaihtoehdot olivat 45 % ja 35 % väkirehutaso lypsylehmien ruokinnassa sekä 35 % väkirehuosuus kaura/rypsipuristeruokinnalla.

Matalaväkirehuvaihtoehdoksi valittu 35 % on maatiloilla vielä realistinen toteuttaa ilman merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Kannattavuuslaskelmat on esitetty raportin kappaleessa 2. Hankkeen ruokintakoeosuuden (tuloraportin kappale 1.3) mukaan poikimisen jälkeen 35 %

väkirehuosuus ei heikentänyt lehmien energiatasetta eikä lisännyt poikimisen jälkeistä ketosiriskiä verrattuna väkirehuosuuteen 45 %. Väkirehuosuuden lasku kuitenkin vaatii, että käytettävä nurmirehu on hyvälaatuista. Matalaväkirehuvaihtoehto ei ole taloudellisesti järkevä matalan D-arvon säilörehuilla.

Hiilijalanjäljen laskenta

Vertailtavien skenaarioiden vaikutus maitotuotokseen ja maatilán pellonkäyttöön on kuvattu kappaleessa "1. Nurmirehuvaltainen ruokintamalli". Hiilijalanjälvkivertailuun keskittyvässä mallinnuksessa laskettiin maitolitrán CO₂-ekv-kuormitus LCA-tyyppisellä laskennalla, jossa pötsin metaanituotanto, tilán pellonkäyttö ja lannoitus laskettiin skenaarioiden mukaisesti. Loput muuttujat olivat skenaarioiden välillä samat ja perustuivat aiemmista arvioista saatuihin lukuihin. Rakennusten ja koneiden valmistuksen päästökuormitus ei ole laskennassa mukana. Maankäyttösektorin päästöt laskettiin erikseen ja tulokset on esitetty pelkästään maataloussektorin osalta sekä lisättyä maankäyttösektorin päästöillä (LULUCF).

Laskennassa käytetyt oletukset

1. Ruokinnan vaikutus maitotuotokseen ja maatilán pellonkäyttöön tämän raportin kappaleiden 1.1 ja 1.2 mukaan.
2. Ostorehuille (rypsirouhe / puriste sekä kivennäiset) käytetään vakiopäästöä 0,57 CO₂-ekv/kg ka (Lypsikki LCA malli).
3. Ruuansulatuskanavan metaani on laskettu Ramin ja Huhtanen (2013) ennustemallilla, sama laskenta kuin Lypsikki tuotosvastemallissa. Metaanin karakterisointikertoimena on 28 kg CO₂-ekv/kg CH₄.
4. Lannoitteiden valmistuksen CO₂-päästö on 4,0 kg CO₂-ekv/kg N (energiaosuus, Enrebeef, NPK lannoitetyppi). Lannoitteiden levityksestä aiheutuva N₂O-päästö on 4,2 CO₂-ekv/kg N (maataloussektori).
5. Lannoituksen osalta lietteen sisältämästä kokonaistypestä 1 % oletetaan muuttuvan N₂O:ksi. Kilo lietteen kokonaistypeä tuottaa silloin 4,2 kg CO₂-ekv/kg N. Karakterisointikertoimena 264 kg CO₂-ekv/kg N₂O.
6. Turvemailta oletetaan vapautuvan viljan viljelyssä 20,41 kg N₂O/ha ja nurmiviljelyssä 8,95 kg N₂O/ha. Kivennäismailla ei ole N₂O-päästöjä. Päästöt kuuluvat maataloussektorilta raportoitaviin päästöihin.
7. Turvemailta vapautuva hiilidioksidi ja metaani yhteensä (LULUCF päästö, IPCC 2013) lasketaan alla olevan jaon mukaisesti, kg CO₂-ekv/ha. Kivennäismaan osalta kertoimet ovat peräisin RuokaMinimi hankkeesta maaperäseuranta vaihtoehtón mukaisesti (Saarinen 2019).

	Vilja	Nurmi
Turvemaa	29 259	21 655
Kivennäismaa	466	-106

8. Lantavaraston CH₄-päästö on lehmien osalta 15,2 kg CH₄/v/lehmä ja nuorkarjan osalta 2,6 kg CH₄/v/hieho (IPCC 2006).

9. Lantavaraston N₂O päästössä oletetaan, että vuoden aikana eritetystä typestä 40 % muuttuu haihtuviksi typpiyhdisteiksi. Tästä määrästä 1 % muuttuu N₂O-N:ksi (IPCC 2006).
10. Vaihtoehtoisesti lantavaraston CH₄- ja N₂O-päästö on vakio 0,04 kg CO₂-ekv/kg ekm Lypsikki LCA esimerkin mukaisesti.
11. Muut päästöt (polttoaine, tilan ulkopuoliset kuljetukset, sähkö, kuivikkeet, kalkitus, siemenet) oletetaan olevan yhteensä 0,09 kg CO₂-ekv/kg ekm ja luku on sama kaikille skenaarioille. Vakio on Lypsikki LCA esimerkin mukainen. Energian käyttö tulee lasketaan mukaan polttoaineena ja sähkönä sekä lannoitteiden valmistukseen käytettävän energian myötä.
12. Lasketuista kokonaispäästöistä maidontuotannolle allokoidaan 85 % ja lihalle 15 %. Allokaatio perustuu "Biophysical allocation by PECFR" jaotteluun, joka on maidon hiilijalanjäljen laskennassa useimmin käytetty vaihtoehto.

LCA-periaatteen mukaan tilan käytössä olevasta peltoalasta jyvitetään maidolle vain rehuntuotannon skenaarionmukaisesti tarvitsema ala. Karkearehuosuuden lisääminen vähentää peltoalan tarvetta, mutta laskelma ei ota kantaa mitä säästyvälle pellolle tehdään. Viljan osalta laskenta huomioi viljan kokonaismäärän riippumatta siitä, onko vilja tuotettu omalla pellolla vai käytetäänkö ostoviljaa. Pellon osalta päästö on kuitenkin samansuuruinen omistussuhteista riippumatta. Lannoituksen osalta oletetaan, että tilan tuottama liete voidaan käyttää tilan hyödyntämälle vilja-alalle. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tila joko tuottaa tarvitsemansa viljan itse tai viljaa tuottavan tilan läheisyydessä on lietettä luovuttava nautatila. Ruokinnassa käytettävän rypsirouheen oletetaan olevan öljytuotannon sivutuote eikä näin ollen tarvitse tuotantoonsa peltoalaa.

Nurmen osuuden lisääntymisestä johtuvaa maan hiilensidonnin muutos kivennäismaalla väkirehuosojen 35 % ja 45 % välillä on laskettu Yasso-mallilla (raportin kappale 4.1.) Hiilivaraston muutos on suhteellinen ja siinä oletetaan lähtötasona oleva väkirehu 45 % pellonkäytön hiilivarasto vakioksi.

Maidon hiilijalanjälki huomioi nuorkarjan 35 % uudistusprosentin mukaan. Nuorkarjan ja umpilehmien ruokinta on vakio eikä riipu käytettävästä skenaariosta. Samoin säilörehun laatu pidetään samana skenaariosta huolimatta. Viljelyssä ei ole apilaa eikä kokoviljaa.

Tulokset

Taulukossa 14 on esitetty väkirehuosuuden ja väkirehun öljypitoisuuden vaikutus maidon kokonaishiilijalanjälkeen. Maaperäpäästöjen perusvaihtoehdossa oletetaan, että tilalla ei ole turvemaaksi luokiteltavaa peltoa. Väkirehuisuus yksinään vaikuttaa mallin mukaan hyvin vähän pötsin metaanituotantoon. Karkearehuvaltaisessa strategiassa typen käyttö yhtä rehukiloa kohti pienenee ja samalla lannoituksen N₂O-päästö hieman pienenee. Maankäyttösektori pitää sisällään pellon CO₂-päästön, joka ei kivennäismaalla tuotetuilla rehuilla muodostu kovin merkittäväksi ja väkirehuosuuden pienentämisen etu maidon hiilijalanjälkeen käytetyillä päästökertoimilla jää 0,09 kg CO₂-ekv/kg ekm. Mikäli tilan pelloista 10 % on turvemaata, nousee karkearehuvaltaisemman strategian etu 0,15 kiloon CO₂-ekv/kg ekm. Nurmiviljelystä saatava päästöetu muodostuu suuremmaksi, jos maan hiilivaraston muutos otetaan huomioon. Oletetulla 165 kg CO₂-ekv (20 vuoden tarkastelujakso) suuremmalla hiilen sidontamäärällä nurmirehuvaltaisen strategian päästöetu lisääntyisi 0,02 kg CO₂-ekv/kg ekm.

Taulukko 14. Maidon hiilijalanjälki (CO₂-ekv/kg ekm) tavanomaisen ruokinnan ja alennetun väkirehutason välillä, kun rehu on tuotettu pelkästään kivennäismaalla.

	Tavanomainen	ohra rouhe	kaura puriste	
	45 % vr	35 % vr	35 % vr	
Metaani	0,48	0,47	0,45	sis uudiseläimet
Lannoitus	0,37	0,34	0,33	valmistus + N ₂ O
Lantavarasto	0,06	0,06	0,06	
Kasvijäännökset	0,04	0,04	0,04	N ₂ O
Muut	0,08	0,08	0,08	
Ostorehu	0,06	0,07	0,07	
Hiilensidonta		-0,02	-0,02	
LULUCF	0,03	-0,01	-0,01	
yhteensä	1,12	1,03	1,00	CO ₂ -ekv/kg ekm
yht (Maat + energiasekt)	1,09	1,04	1,01	CO ₂ -ekv/kg ekm

Taulukossa 15 on vertailu HiiliMaito-hankkeen laskelman väkirehuosuus 45 % ja Valion Carbolaskurilla tehtyjen 1000 tilan havaintojen välillä. HiiliMaito-laskelman hiilijalanjälki kivennäismaalla on 0,09 kg CO₂-ekv/kg ekm suurempi verrattuna Carbo-laskelmaan. HiiliMaidon hieman korkeampi päästöluku koostuu suurimmalta osalta märehitimen metaanista (+0,04 kg CO₂-ekv), viljelystä aiheutuvista N₂O-päästöistä (+0,05 kg CO₂-ekv) ja lantavaraston päästöstä (0,02 kg CO₂-ekv). Valion käyttämä jaottelu ei ole aivan sama kuin HiiliMaidossa käytetty ja suora vertailu on hankalaa.

Lantavaraston osalta Carbo-laskuri huomioi yleiskertoimia paremmin Suomen viileän keskilämpötilan ja lantavaraston täyttöasteen, mitkä seikat pienentävät päästöjä. Lannoituksen päästöt riippuvat taas lannoitustasosta ja laskelman lannoitus/sato -suhteesta.

Taulukko 15. Maidon hiilijalanjälki Valion Carbo-laskentatilojen 1000 tilan keskiarvona ja laskettuna HiiliMaidon perusskenaariolla.

CO ₂ -ekv/kg ekm	Valio tilakeskiarvo		HiiliMaito Vr 45 %	
	%	kg/kg ekm	%	kg/kg ekm
Märehitminen, CH ₄	44,1	0,44	43,7	0,48
Lantavarasto, CH ₄ +N ₂ O	3,9	0,04	5,5	0,06
Viljely kiv maat, N ₂ O	16,9	0,17		
Viljely turvemaat, N ₂ O	13,8	0,14		
Viljely, N ₂ O + CO ₂			30,3	0,34
Typen haihtuminen+ huuht	2,3	0,02		
Kasvijäännökset, N ₂ O			3,9	0,04
väkilannoitteet tuotanto, CO ₂	3,4	0,03	3,8	0,04
Ostorehut, CO ₂ -ekv	7,9	0,08	5,8	0,06
energia, lämpö, kalkki, CO ₂ -ekv	7,6	0,08	7,0	0,08
summa, CO ₂ -ekv/kg ekm	100	1,0	100	1,09

Pötsin metaani

Metaani on kolmanneksi suurin yksittäinen maatalouden kasvihuonekaasu (2,0 Mt/v) turve- maiden päästön ja typpilannoituksesta peräisin olevan N₂O-kuormituksen jälkeen. Maatalouden metaanikuormituksesta 90 % tulee märehitijöiden ruuansulatuksesta. Metaanin muodostumista voidaan jonkin verran hillitä, mutta se kuuluu olennaisena osana kuidunsulatusbiologiaan ja metaanista ei päästä kokonaan eroon.

Lehmien tuottaman metaanin lisäksi laskelmien täytyy huomioida uudiseläinten metaani, joka oli perusskenaariossa 0,13 CO₂-ekv/kg ekm. Lehmien osuudeksi metaanikuormituksesta jää siten 0,35 kg CO₂-ekv/kg ekm. Päästöluvuissa on huomioitu maidon 85 % allokaatio-osuus, mikä pienentää lukuarvoa lehmän päivittäiseen kokonaispäästöön verrattuna.

Öljypitoinen väkirehu vähensi mallissa metaanintuotantoa lypsylehmien osalta 6 %, mikä luku on pienempi kuin vastaavalla puriste+kauraruokinnalla toteutettu HiGrass-hankkeen 10 % metaanintuotannon vähennys Helsingin yliopiston sekä Luke Jokioisten vuoden 2023 ruokintakokeissa. Öljyisiä ei vähennä skenaariolaskennassa uudiseläinten kuormitusta eikä lannoituksen ympäristöpäästöjä, joten öljypitoisen rehun käyttö vähensi maidon hiilijalanjälkeä 0,03 kg CO₂-ekv/kg ekm. Dieetin öljypitoisuuden nosto yli viiden prosentin alkaa haitata kuidun sulatusta, joten luontaisesti öljyä sisältävien rehuosien käyttö on kokonaisuuden kannalta lähellä optimia. Kasviöljyn hinta sellaisenaan käytettynä on niin korkea, että sillä saavutettu päästövähennys olisi huomattavan kallis.

Paras tapa hallita metaanin osuutta maidon hiilijalanjäljessä on ylläpitää hyvän rehuhyötysuhteen tuotostasoa. Kehittyvien maiden 3 000 kilon maidon vuosituotoksella metaani ja koko maidon hiilijalanjälki on 2–3 kertainen esimerkiksi Suomeen verrattuna.

Dityppioksidin N₂O

Dityppioksidi on turvepelloilta peräisin olevan hiilidioksidin (7,9 Mt CO₂-ekv) jälkeen seuraavaksi suurin kasvihuonekaasulähde (3,1 Mt CO₂-ekv). Apilan biologinen typensidonta ei aiheuta päästöjä, mutta lietteen ja mineraalilannoituksen sisältämästä kokonaistypestä 1 % laskeaan muuttuvan N₂O:ksi. Ruokinnan raakavalkuaispitoisuus vaikuttaa myös lietteessä erittyvän typen määrään. Lisäksi turvemaat tuottavat jonkin verran N₂O:ta.

Lannoituksesta ja lannoitteiden valmistuksesta peräisin oleva kuormitus 0,44 CO₂-ekv/kg ekm vaikuttaa korkealta. Esimerkissä lannoitustaso nurmella on 200 kg N/ha ja viljalla 90 kg N/ha. Rehuosilokasta päästöä saadaan pienemmäksi, jos satotasoa voi ylläpitää alennetulla lannoitustasolla. Viljelyintensiteetin alentaminen runsaan peltoalan kautta vähentää hehtaarikohdasta N₂O-päästöä, mutta ei välttämättä rehuosilokasta kohti laskettua päästöä. Ympäristön kannalta paras vaihtoehto on tuotantopanoksia tehokkaasti hyödyntävä strategia. Typen suhteen tehokkain on luomutuotanto, joka hyödyntää biologista typensidontaa ja N₂O-päästölähteeksi jää lannan sisältämä typpi. Kaikki satotasoa ja maan kasvukuntoa ylläpitävät viljelytekniiset seikat pienentävät rehuosituotannon ympäristökuormitusta. Typpilannoituksella ylläpidetty korkea satotaso ei välttämättä ole kokonaisuuden kannalta paras vaihtoehto.

Lantavaraston päästökuormitus sisältää metaanin lisäksi myös dityppioksidia. Lantavaraston kuormitus on mallissa 0,02 kg CO₂-ekv/kg ekm ja se on ruokintaskenaariosta riippumaton, koska väkirehuosuuden muutos ei vaikuta lehmien valkuaisen kokonaissaantiin. IPCC-kertoimien mukaan varastoidun lannan tyyppistä muuttuu haihtuviksi typpiyhdisteiksi (NH₃ + NO_x)

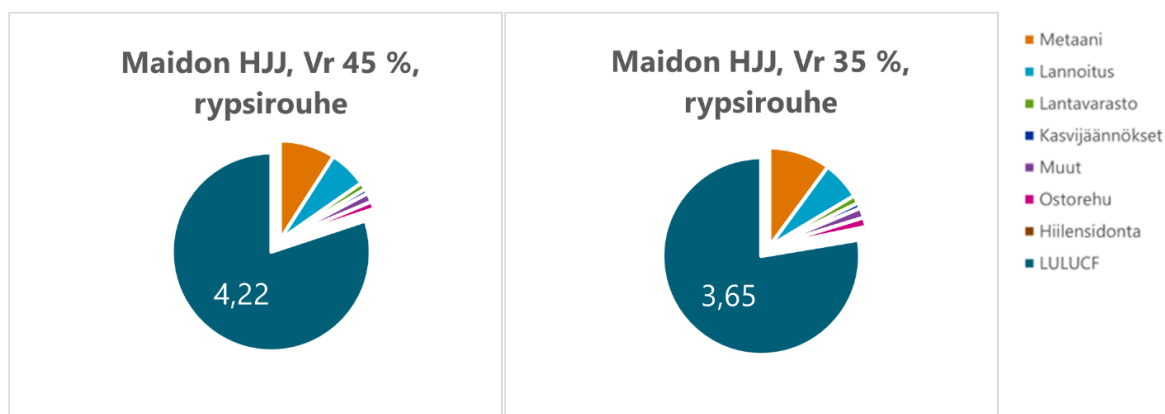
40 %. Typen haihtumistappion osuus on korkea verrattuna Suomen raportoimiin ammoniakkitappioihin ja niiden laskennassa käytettäviin kertoimiin.

Turvemaat

Turvemaan päästö peittoaa muut vaikutukset. Karkearehuvaltaisen ruokintavaihtoehdon päästövähennys on 0,55 kg CO₂-ekv/kg ekm verrattuna tavanomaiseen väkirehuosuuteen (Vr 45 %), jos tilan kaikki rehu tuotetaan turvemailla. Päästövähennys on pieni verrattuna tavanomaisen strategian kokonaishiilijalanjälkeen 5,3 CO₂-ekv/kg ekm (Kuva 16).

Käytännössä maatilat eivät viljele kaikkea viljaa omistamallaan turvemailla eli kuvan 16 tilanne on hypoteettinen ääritapaus, jossa myös tilan käyttämä vilja tuotetaan turvemailla. Turvemailla omistava tila kohdentaa nurmiviljelyn turvemailla ja joko kasvattaa viljan omistamallaan kivennäismaalohkoilla tai ostaa ainakin osan viljasta tilan ulkopuolelta, joka sekä todennäköisesti on tuotettu suurimmalta osaltaan kivennäismaalla. Jos esimerkiksi karjan tarvitsemasta nurmirehusta kaikki tuotetaan turvemailla ja viljasta vain 20 % nurmen uudistuksen vaatiman alan vuoksi, niin maidon hiilijalanjälki olisi tavanomaisella ruokinnalla 3,4 CO₂-ekv/kg ekm. Tässä tapauksessa suurin osa karjan tarvitsemasta viljasta tuodaan tilan ulkopuolelta. Tilanteessa, jossa tilan turvemailla tuotettu vilja korvataan kivennäismaalla tuotetulla ostoviljalla, saavutettava päästövähennys on 2,4 kg CO₂-ekv/kg ekm.

Talousoviossa (raportin kappale 2) on laskettu karkearehuvaltaisen maidon tuotantokustannuslisä 1,3 snt/kg ekm. Jos tilan pellot olisivat kaikki turvemaita ja väkirehuosuus pudotettaisiin 45 prosentista 35 prosenttiin, olisi päästövähennys edellä mainittu 0,55 kg CO₂-ekv/kg ekm (16,5 kg CO₂-ekv/pv) ja sitä vastaava tulonmenetys 0,4 €/pv. Säästetyn hiiliekvivalentitonin hinnaksi tulisi tässä tapauksessa 23 €/tn CO₂-ekv pelkästään strategiaa vaihtamalla.



Kuva 16. Turvemaan osuus maidon hiilijalanjäljestä tavanomaisella ruokinnalla ja alennetulla väkirehutasolla, jos tilan kaikki rehut tuotettaisiin turvemailla ja käytössä on IPCC päästökerroimet.

Toinen tapa laskea päästövähennyksen hintaa on arvioida maatalan tulonmenetys turvemaaviljelystä luovuttaessa tilanteessa, jossa maatilalla ei ole mahdollista saada korvaavaa peltoa. Tuotannosta luopumisen tulonmenetyksenä voi karkeasti käyttää tilan käyttökatetta, joka on HiiliMaidon pilottitilojen perusteella tyypillisesti 1 500 €/lehmä/vuosi. Käyttökate tarkoittaa tilan tulojen ja kustannusten erotusta pois lukien kiinteät kustannukset. Jos tila luopuu yhdestä lehmästä ja sen mukana 1,95 ha turvepeltoa, tila menettää käyttökatteen verran tulosta ja maidontuotannon piiristä poistuu 53 tn CO₂-ekv/v. Päästövähennyksen hinnaksi tulisi tällöin

28 €/tn CO₂-ekv. On kuitenkin huomattava, että päästövähennyksen suuruus on arvioitu IPCC kerrointen kautta ja tilan turvemaiden päästö voi todellisuudessa olla jotain muuta. Päästö riippuu esimerkiksi turvekerroksen paksuudesta. Toisaalta Suomen raportoimat päästöt perustuvat samoihin IPCC kertoimiin. Maidontuotannosta poistunut turvemaapysy edelleen paikoillaan, joten päästövähennyksen toteutuminen tarkoittaa samalla turvemaan ennallistamista eli vedenpinnan nostoa. Ennallistamisen kustannukset täytyy laskea tulonmenetykskustannusten päälle.

Turvemaista luopuminen aiheuttaa viljelijälle kustannuksia ja peltopinta-alan pienentäminen on mahdollista ainoastaan, mikäli tulonmenetykset korvataan esimerkiksi kompensatiomarkkinoiden kautta. Raportin kirjoitushetkellä tällaista maatalouden päästökauppamahdollisuutta ei ole käytettävissä.

Muut päästölähteet

Laskelman ostorehut ovat rypsirouhe/puriste ja kivennäiset. Matalaväkirehuvaihtoehdossa rypsin määrä on hieman perusskenaariota suurempi, koska ruokinnan OIV-pitoisuus on vakioitu ja viljan määrän pienentäminen vaatii vastaavasti rouheen käyttömäärän lisäämisen. Kaikille ostorehuille käytettiin samaa Lypsikki LCA:sta peräisin olevaa päästökerrointa.

Metaanin, ostorehujen, lannoituksen ja maankäytön lisäksi laskelmassa käytettyihin päästölähteisiin ei oteta kantaa ja ne ovat vakioitu samoiksi skenaarioiden välillä. Tarkoituksena on suhteellinen vertailu ja pienet yksittäiset päästölähteet oletetaan vakioiksi vaihtoehtojen välillä.

Johtopäätökset

Väkirehuosuuden pienentäminen 45 prosentista 35 prosenttiin on maatiloilla realistinen vaihtoehto, mutta lisää vaatimusta nurmirehun laadun onnistumisen kannalta. Karkearehuosuuden pienentämisen vaikutus pellon päästöihin mineraalimailla jäi pieneksi (0,09 kg CO₂-ekv/kg ekm), koska muokatun maan ja nurmen päästöluvut ovat kivennäismaatapauksessa samaa suuruusluokkaa ja hehtaariohtainen säästö jakaantuu hehtaaria kohti tuotetun maidon kokonaismäärällä.

Nurmirehuvaltaisen ruokinnan etu lisääntyy, mikäli säästyvä peltoala voidaan ohjata turvemaiden käytön vähentämiseen. Turvemaiden suuren päästökertoimen vuoksi niiden osuus on merkittävin tekijä maidon kokonaishiilijalanjäljessä. Turvemaatapauksessa tehokkain tapa vähentää päästöjä on luopuminen viljanviljelystä turvemaalla kokonaan ja korvataan se kivennäismaalla viljellyllä ostoviljalla. Päästön vähentäminen vaatisi pelloista luopumisen lisäksi ennallistamisen ja edelleen markkinaehtoisien päästökauppamallin olemassaoloa.

Ohran ja rypsirouheen korvaaminen kauralla ja rypsiuristeella pienensi maidon hiilijalanjälkeä 0,03 kg CO₂-ekv/kg ekm. Uusimmissa ruokintakokeissa rehun luontaisesti sisältämän öljyn metaaninvähennysvaikutus on ollut suurempi kuin laskennassa käytetyn ennusteen, joten kauran ja puristeen vähennyspotentiali voi olla tässä esitettyä suurempi. Hyvin merkittävästä vähennyksestä ei ole kyse, koska dieetin öljypitoisuus jää enimmillään viiteen prosenttiin.

Typpilannoituksesta ja rehun raakavalkuaisesta peräisin oleva dityppioksidi on maataloussektorilla toiseksi merkittävin yksittäinen kasvihuonekaasulähde. Päästöä voidaan rajoittaa vain tehostamalla typen hyväksikäyttöä. Ruokinnassa tämä tarkoittaa rehun raakavalkuaispitoisuuden pienentämistä ja peltoviljelyssä biologisen typensidonnan lisäämistä.

5. Matalahiilisen maitotilan pellonkäyttövaihtoehtoja

Arja Mustonen, Sari Kajava ja Auvo Sairanen, Luke

Nurmivaltaisella lypsykarjan ruokintastrategialla pyritään tehostamaan ja pienentämään tilan kokonaispeltoalan tarvetta ja samalla maidontuotannon hiilijalanjälkeä. Pellonkäytön tehostaminen mahdollistaa vapautuvan peltoalan ohjaamisen muuhun käyttöön. Vaihtoehtoiskäytön sijaan pellonkäytön intensiteettiä voi säätää esimerkiksi pellon kasvukunto ja lohkon etäisyys huomioiden. Luke Maaningan koetoimipaikalla on demonstroitu ja testattu erilaisia pellonkäytön vaihtoehtoisia muotoja, joista olisi hyötyä maidontuotannon hiilijalanjäljen pienentämisessä ja tilojen taloudellisen kannattavuuden parantamisessa. Tarkempia lohko kohtaisia havaintoja eri kasvukausilta voi lukea karttapohjan kautta osoitteesta: www.luke.fi/maaninkakoetila.

5.1. Vaihtoehtoja nurmituotantoon

Ruokonata-nurminata-vertailu

Luke Maaningalla perustettiin kasvukaudella 2021 ruokonata-nurminata-vertailulohko, jossa lohko jaettiin puoliksi eri kasvilajien kesken. Vertailulohkon tarkempi kuvaus löytyy karttasovelluksen Peltokoetoiminta-luettelosta nimellä "Ruokonata-nurminata-vertailu". Tavoitteena oli demonstroida puhdaskasvustoina syväjuurisen ruokonadan kuivuudenkestoa ja sadon tuottoetuja perinteiseen nurminataan verrattuna.

Nurmet (Karolina-ruokonata, Kasper-nurminata) perustuivat hyvin ohrasuojaviljan kanssa. Molemmat kasvustot talvehtivat hyvin. Muutamat aukkoiset kohdat olivat todennäköisesti kärsineet ennemmin kesän 2021 kuivuudesta kuin talvituhoista. Lohkoa lannoitettiin ainoastaan yhden kerran keväällä 2022 (113 kg N/ha). Ensimmäisessä rehunkorjuussa nurminata oli pahoin lakoontunut, minkä vuoksi rehua saatiin korjattua pystykasvustoiseen ruokonataan verrattuna huomattavasti vähemmän, ja rehua jäi paljon peltoon (Kuva 17). Rungas lakomassa voi karhotettaessa nousta jälkisadon joukkoon ja tätä kautta alentaa niin rehuarvoa kuin maittavuuttakin. Ruokonadan pysty kasvua on etu, koska vain siiloon saatu sato on eläimille käytettävissä.

Säilörehun raaka-ainenäytteiden perusteella (Taulukko 16) ruokonadan rehuarvo oli jopa ensimmäisessä sadossa nurminataa parempi. Samaan aikaan korjattaessa ruokonata tyypillisesti on nurminataa heikommin sulavaa, joten analyysitulokset on yllättävä. Vuoden 2023 ruokonadan jälkisadon sulavuus oli matala, mutta kuiva-ainesato korkea. Lukujen perusteella ruokonata on kehittänyt nurminataa huomattavasti nopeammin.

Taulukko 16. Ruokonata-nurminata-vertailulohkon sadot ja D-arvot kasvukausilta 2022 ja 2023.

	Nurminata		Ruokonata	
	Sato 1	Sato 2	Sato 1	Sato 2
Rehunkorjuu, pvm.	20.6.2022	1.8.2022	20.6.2022	22.7.2022
Sato, kg ka/ha	2 300	2 500	3 000	2 900
D-arvo	684	<i>ei analysoitu</i>	697	<i>ei analysoitu</i>
Rehunkorjuu, pvm.	21.6.2023	1.8.2023	21.6.2023	1.8.2023
Sato, kg ka/ha	2 600	1 500	2 300	3 200
D-arvo	681	681	684	645

Ensimmäisen rehunkorjuun jälkeen kasvustot jätettiin kasvukaudella 2022 kokonaan lannoittamatta, koska tilan nurmiala oli tarpeeseen nähden liian suuri. Sama ilmiö on monilla pohjoissavolaisilla peltoalaa kasvattaneilla tiloilla. Kuukauden kasvuajan jälkeen ensimmäisestä rehunkorjuusta ruokonata oli kasvanut kohtuullisen hyvin lannoittamattomuudesta huolimatta, mutta sen sijaan nurminata oli edelleen laidunasteella. Nurminata annettiin kasvaa ruokonataa verrattuna 10 päivää pidempään. Maan kasvukunto ja multavuus riittivät kohtuulliseen sadontuottoon lannoittamattomuudesta huolimatta. Nurmi jatkoi kasvuaan myös syksyllä, mutta kolmatta rehunkorjuuta lohkolle ei enää tehty. Puolet molemmista kasvustoista murskattiin peltoon syyskuun puolivälissä.

**Kuva 17.** Nurminata-ruokonata-vertailulohkon ensimmäinen niitto tehtiin 20.6.2022. Nurminadan kasvusto oli lakoontunutta, mutta ruokonata puolestaan niittohetkellä pystykasvuista. Nurminataa jäi paljon peltoon (Sari Kajava/Luke).

Kasvukaudella 2023 sekä nurminata että ruokonata lähtivät hyvin kasvuun, eikä nurmia vauvannut paha rikkaongelma. Ruokonadan osalta syksyllä murskatun kasvuston puoli vaikutti silmämääräisesti paremmalta, ja pystyyn jätetyllä puolella oli runsaasti vanhaa kasvustoa. Nurminadan puolella ei ollut havaittavissa eroa todennäköisesti siitä syystä, että massaa syksyllä murskauksen aikaan oli huomattavasti vähemmän ruokonataan verrattuna. Rehunkorjuun yhteydessä karhoilta otetuissa rehunäytteissä ei kuitenkaan ollut eroja murskatun ja ei-murskatun puolen välillä kummankaan kasvilajin osalta.

Koko kasvukauden aikana lohkoa lannoitettiin kaksi kertaa, yhteensä 85 kg N/ha. Ruokonata kasvatti massaa toisessa sadossa nurminataan nähden huomattavasti enemmän ja ruokonadan rehuarvot olivat toisessa sadossa nurminataa heikommat (Taulukko 16).

Kuivissa olosuhteissa ruokonata lisää satovarmuutta, koska syväjuurisena kasvina se ottaa ravinteita ja vettä tehokkaasti talteen myös pidemmän kuivuusjakson aikana. Ruokonadan juuristosta huomattava osa on kyntökerroksen alapuolella, joten nurmen uudistuksen yhteydessä se on paremmin suojassa hajotukselta. Näin ollen ruokonata muodostaa kestävämmän hiilivaraston verrattuna muihin heinäkasveihin. Talvituhoja ei havaittu kummallakaan kasvilajilla tässä vertailussa, mutta myös Niemeläinen ym. (2001) mukaan ruokonadan ja nurminadan talvenkestävyys on pääosin samaa tasoa, vaikka lajikekohtaisia eroja puoleen ja toiseen onkin. Näin ollen ruokonataa voi harkita seosnurmiin korvaamaan esimerkiksi nurminataa. Jälkisaadossa kahden korjuun strategiassa on kuitenkin huomattava, että D-arvo voi laskea matalaksi, mikä realisoitui myös tässä vertailussa. Ruokonata vaikutti kuitenkin sadontuotantominaisuuksiltaan potentiaaliselta kasvilajivaihtoehdolta erityisesti, jos etsitään vaihtoehtoja syväjuurisista nurmilajeista.

Talvenkestävä timotei-puhdaskasvusto

Kasvukaudella 2020 perustettiin kaksi lohkoa timotei-puhdaskasvustoa (Uula- ja Nuutti-lajikkeet, karttasovelluksen Peltokoeluettelon kohdat "Timotei Nuutti" ja "Timotei Uula"). Molemmat lohkot sijaitsevat kaukana tilakeskuksesta, ja tavoitteena oli talvenkestävyyden seurannan ohella demonstroida, kuinka kasvustot soveltuvat kahden rehunkorjuun strategiaan tai vaihtoehtoisesti säilöheinän tai kuivaheinän tuotantoon. Timotein puhdaskasvustot sopivat hyvin kuiva- ja säilöheinäksi naudoille, mutta erinomaisesti myös hevosille. Havaintolohkoilla viljelyn intensiteettiä laskettiin vaihtoehtona nurmen ylituotannolle. Strategiaan sisältyy lietteen käyttö yksinomaisena lannoitteena ja syyslannoitus nurmelle sekä nurmikierron pidentäminen. Nurmen iän pidentäminen on tehokas tapa vähentää nurmen uudistamisen yhteydessä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä (Li ym. 2023), mutta sen satovaikutuksia uudempiin timoteilajikkeisiin on tutkittu melko vähän.

Alennetun intensiteetin viljelystrategia on ehkä tavanomaisin tiloilla, joilla peltoa on runsaasti. Sen on havaittu olevan taloudellinen tapa muun muassa sääriskihin varautumisessa (Kässi ym. 2015). Tätä havainnointia varten perustettiin kaksi timotein puhdaskasvustoa; toinen pääasiassa kolmen korjuun strategiaan käytetyllä Nuutti-timoteilla ja toinen, noin päivää myöhemmin kukkivalla ja siten oletettavasti kahden korjuun strategiaan hyvin sopivalla Uula-timoteilla.

Ensimmäisenä satovuonna (ns. kontrollivuosi) korjuukertoja oli kolme ja jälkimmäisenä sato vuosina yksi tai kaksi. Kasvukaudella 2021 molemmilta ensimmäisen vuoden nurmilohkoilta nurmia lannoitettiin mineraalilannoitteella kasvukauden aikana yhteensä 200–240 N kg/ha,

32 P kg/ha ja 20–29 K kg/ha. Kasvukaudella 2021 perustettiin vielä yksi uusi timotei-puhdas-kasvusto (Uula) (Taulukko 17).

Taulukko 17. Uula- ja Nuutti-timoteilajikkeiden rehunkorjuuajat ja sadot kasvukausina 2021–2023.

Sato	Timotei, Nuutti, perustettu v. 2020			Timotei, Uula, perustettu v. 2020			Timotei, Uula, perustettu v. 2021	
	1	2	3	1	2	3	1	2
Rehunkorjuu 2021	9.6.	15.7.	30.8.	9.6.	15.7.	30.8.		
Sato, kg ka/ha	4 300	2 300	1 200	2 100	1 300	1 400		
Rehunkorjuu 2022	20.6.	30.8		1.7.	15.8.		20.6.	25.8.
Sato, kg ka/ha	3 760	2 100		1 600	2 000		3 000	4 400
Rehunkorjuu 2023	17.6.			17.6.	31.7.		17.6.	9.8.
Sato, kg ka/ha	2 600			4 500	2 700		4 200	3 500

Keväällä 2022 toisen vuoden nurmilohkoilla ei havaittu talvituhoja, ja nurmet olivat hyvässä kasvussa. Uula-lohkolla tehtiin kasvukauden aikana vain kevätlannoitukset (Suomensalpietari ja liete 117 N kg/ha) ja lohkolta korjattiin kuivaa heinää heinäkuun alussa (Taulukko 17). Toinen sato luovutettiin korjuuta vastaan naapuritalalle. Ruokinnalliselta laadultaan ensimmäinen sato vastasi normaali/myöhäinen-korjuuasteen kuiva-/säilöheinäsatoa; D-arvo 631–639 g/kg ka, RV 122–131 g/kg ka, NDF 607–628 g/kg ka ja sokeri 51–78 g/kg ka. Heinä oli melko kuivaa (kosteus 14–24 %) ja aistinvaraisesti säilynyt hyvin, joten se sopii hyvin käytettäväksi erityisesti pakkasjaksoilla. Rehun myynti hevosheinäksi olisi myös laatutulosten puitteissa mahdollista. Lohkolle tehtiin syyslannoitus lietteellä. Toinen timoteilohko (Nuutti) lannoitettiin vain keväällä (Suomensalpietari 90 N kg/ha), ja korjattiin rehuksi kaksi kertaa kasvukauden aikana. Toinen rehusato luovutettiin korjuuta vastaan naapuritalalle.

Ensimmäisen vuoden Uula-nurmi sai mineraalilannoituksen keväällä (90 kg N/ha), ja ensimmäinen sato korjattiin säilörehuksi hyvällä satotasolla ja rehuarvoilla (D-arvo 707; Taulukko 17). Toinen lannoitus tehtiin vain lietteellä (30 kg N/ha), ja kasvusto korjattiin umpilehmien rehuksi elokuun loppupuolella. Rehu oli ehtinyt jo alkaa tummua tyvestä, ja massaa tuli runsaasti mutta rehuarvot olivat umpilehmille sopivat (D-arvo 640 g/kg ka). Vuoden 2023 satoa varten lohko sai vielä syyslannoituksen lietteenä.

Kasvukaudella 2023 kolmannen vuoden nurmilohkot lannoitettiin kerran (kevätlannoitus, 60 kg N/ha). Toista lannoitusta ei tehty, ja rehua korjattiin kakkosadossa vain toiselta lohkolta (Uula-lajike) heinäkuun lopussa. Alennetun intensiteetin viljelystrategiassa neljännen sato vuoden nurmet ovat tyyppisiä, joten havaintolohkot jätettiin syksyllä 2023 kyntämättä. Jälki-seurannassa lohkojen rikkaruohottumista ja sadon määrää seurataan muissa hankkeissa.

Myös toisen nurmivuoden Uula-nurmen lannoitus oli kevyt (lietteenä 35 kg N/ha syksyllä ja Suomensalpietari 26 kg N/ha keväällä). Lohkolta korjattiin kaksi kohtuullista säilörehusatoa.

Virallisissa lajikekokeissa Nuutti ja Uula ovat satopotentiaaliltaan ja talvenkestävyydeltään melko samanlaisia (yhdeksän koetta 2–4 vyöhykkeellä vuosina 2015–16 ja 2020) (Luke 2022). Nuutilla toisen korjuun sato on noin 6 % Uulaa parempi. Uulan sato painottuu ensimmäiseen (+4 %) ja kolmanteen (+11 %) korjuuseen. Molemmat lajikkeet tähkälle tulon osalta myöhäisempi kuin yleisesti viljelty Grindstad, mutta keskenään ne olivat kehitysnopeudeltaan ja satoisuudeltaan melko tasaveroisia. Tässä raportoidussa vertailussa Nuutin kumulatiivinen sato oli vain noin 1 000 kg ka/ha Uulaa parempi. Lohkokohtaiset satovaihtelut lohkojen ja vuosien välillä olivat suuria ja osin myös yllättäviä. Verrattuna kontrollivuoteen toisena ja kolmantena satovuonna viljelyn intensiteetin laskeminen vähensi Nuutti-lohkon satoa 25–66 %. Myös Uula-lohkolla sato väheni toisena vuonna 25 %, mutta kolmantena vuonna sato oli puolitoista kertaa parempi kuin ensimmäisenä vuonna. Ilmeisesti Uulalle syksyllä annettu pienen liete-määrän ravinteet päätyivät sadon hyödyksi. Toinen Uula-lohko kasvoi 2022 selvästi paremmin kuin vanhempi Uula-lohko, vaikka lannoituksen kokonaisravinnemäärät olivat lähes samat. Tämä havainnollistaa lohko-eroja. Lisäksi toisella Uula-lohkolla havainnoitiin 2023 syyslevitetyn lietteen vaikutusta ensimmäiseen satoon puolittamalla kevään väkilannoitus. Satotasoon väkilannoituksen vähentämisellä ei näyttänyt tässä olevan vaikutusta.

Vaikka viljelyn intensiteetin laskun vaikutukset rehun määrään näyttivät melko vähäisiltä, ovat laatuvaikutukset yleensä suurempia. Tavallisesti korjuun myöhästyttäminen ylläpitää sadon määrä mutta alentaa rehun sulavuutta, jolloin rehun käyttökelpoisuus lypsylehmille heikkenee. Lannoittamattoman heinäurmen raakavalkuainen on tyypillisesti hyvin matala. Tämä ei itsessään ole ongelma, koska ruokintaa voi tarvittaessa täydentää muilla rehukomponenteilla (esimerkiksi palkonurmirehut, ks. raportin kappale Palko- ja syyspeltokasvit).

Viimeisenä havaintovuonna sadonkorjuuta ei kuitenkaan viivytetty, mutta satotaso säilyi silti kohtuullisena. Kohtuullinen sato saattaa olla seurausta siitä, että edellisenä vuonna annettun karjanlannan jälkivaikutus ohjautui melko hyvin sadon määrään. Lisäksi kevään kasvuolot saattoivat suosia timotein kasvua ja ravinteiden mineralisoitumista. Ilmiö on havaittu myös karjanlannalla tehdyillä typpilannoituksen kenttäkokeissa (Termonen ym. 2022).

Koska satotason lasku oli melko maltillista, voi karjanlannan käyttöön perustuva tuotannon intensiteetin lasku osalla lohkoista olla taloudellisesti perusteltua, jos vain rehuarvoiltaan heikommalle sadolle löytyy sopivia käyttökohteita. Vaikutukset rehun määrään olivat yllättävänkin vähäiset. Määrän vähentäminen edellyttäisi jälkisadon puhdistusniittoa maahan. Toisaalta paikallisesti myös tilan ulkopuolinen kysyntä voi olla merkittävää. Lannoitteiden korkeat hinnat, naapuruston kotieläintuotantoa laajentaneet tilat sekä sään ääri-ilmiöt lisäsivät karkearehun kysyntää seurantajakson aikana. Lisäksi monet hevostilat ja tallit ovat oppineet hyödyntämään ruokinnassa paaliin säilöttyä heinää ja käyttävät sitä kuivan heinän rinnalla alentamaan ruokintakustannusta. Alennettua intensiteetin lohkoilla voidaan paikallisesti lisätä naudatkarjalouden resilienssiä ja tehostaa karjanlannan ravinteiden hyväksikäyttöä.

Ruokohelpi osana rehu- ja huoltovarmuutta

Hiilineutraali Suomi 2035 (HIISI) -strategian mukaan Suomeen tulisi perustaa viljellylle turvellidoille 30 000 ha kosteikkoviljelmiä, joissa tuotetaan märillä tai vetetyillä turvemaidilla pääosin nurmea tai ruokohelpeä. Kansallisten tavoitteiden lisäksi uudistetun EU:n yhteisen maatalouspolitiikan (CAP) ohjelman mukaan pysyvien nurmien alaa tulee lisätä ja maanmuokkausta on vähennettävä. Potentiaalisista kosteikkoviljelykasveista ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) on käyttökelpoisin. Se on edullinen perustaa, kestää märkiä kasvuoloja tavanomaista seosnur-

mea paremmin ja sen satopotentiaali on suuri. Laajajuurisenä helpi soveltuu myös poutivien kivennäismaiden satokasviksi sekä hyväksi vaihtoehdoksi etälohkolla tapahtuvaan kertakorjuuseen. Sen käyttömuotoa voidaan tarpeen mukaan vaihtaa kuivikekäytön ja rehuntuotannon välillä.

Luke Maaningalle perustettiin kaksi ruokohelpilohkoa kasvukaudella 2021 ja yksi lohko 2022. Lohkot löytyvät karttasovelluksen Peltokoeluetelo-kohdista Ruokohelpi 1–3. Kasvukaudella 2021 Pedja-ruokohelpi kylvettiin kesäkuun viimeisellä viikolla kivennäismaalohkoille siemenmäärällä 12 kg/ha. Kevätkynnön vuoksi lohkot ehtivät kuivua liikaa ja orastuminen viivästyi. Myöhemmin kuuroluonteiset sateet aiheuttivat versojen kuolemista lohkon painanteissa. Perustamisvaiheen lannoitukseen käytettiin kalkkia 4 tn/ha sekä väkilannoitetyyppiä (58 kg N/ha). Ruokohelpi vakiintuu perustamisvaiheessa hitaasti ja on herkkä varjostukselle, joten suojakasvia ei käytetty ja näin ollen rikkaruohottuminen oli voimakasta. Kasvinsuojelu tehtiin laajavai-kutteisella Ariane S:llä elokuun puolivälissä.

Talven jälkeen aukkoiseksi jäänyt helpi täydennyskylvettiin seuraavana kesänä (15 kg/ha). Myöhemminä vuosina ruokohelpi on hyvin "itsekylvävä", jos sato korjataan keväällä kuivikeeksi, jolloin siemenet ovat ehtineet jo tuleentua ja karista.

Satovuosina lannoitukseen käytettiin naudan kuivikelantaa (2022, 25 m³/ha) tai naudan liete-lantaa (2023, 44 tn/ha). Lohkolle 2 ei kuitenkaan tehty lannoitusta keväällä 2023, mutta myöhemmin lohkolle tehtiin typpilannoitus (81 kg/ja). Vuoden 2022 typpitaso oli 72–74 kg N/ha.

Keväällä 2023 kivennäismaalle perustetuilta lohkoilta korjattiin kuiviketta toukokuun puolivälissä (Kuva 18). Kuivikesato oli noin 4 000 kg ka/ha (kuiva-aine 880 g kg/ka). Kuivikekorjuussa kulokkoa jäi maahan kaistamaisesti paljon, mikä heikensi paikoitellen uuden kasvuston liikkeelle lähtöä. Kuivikesadon lisäksi toiselta kivennäismaalohkolta korjattiin myös hiehorehua 20.6.2023 satoarviolta 2 300 kg ka/ha (D-arvo 616 ja raakavalkuainen 164 g kg/ka). Toinen sato korjattiin heinäkuun lopussa (D-arvo 563 ja raakavalkuainen 181 g kg/ka). Pelkästään kuivikekäyttöön varatulta lohkolta ei korjattu ollenkaan rehua kasvukauden aikana.

Lohkoilta korjatut kuivikkeet otettiin käyttöön Luke Maaningan navetan kestokuivikeosastolle syksyllä 2023. Ruokohelpi kuivikkeena on ollut käyttökokemusten mukaan olkea parempaa, koska lehmät pysyvät ruokohelpikuivituksella pidempään puhtaina. Ruokohelven olkea heikompi puoli on sen pölisevyys kuivituksen yhteydessä.

Ruokohelven kevätkorjuun ajoitus on koettu haasteelliseksi, koska roudan päältä korjuu on osoittautunut epävarmaksi roudattomien talvien yleistyessä. Kevätkorjuu on kokemusten mukaan parasta tehdä silloin kun maa kantaa hyvin, mutta kasvusto ei paalatessa karise. Kun varastointiin tarvittava kuiva-ainepitoisuus on saavutettu, on ensisijaisena korjuun kriteerinä kuitenkin pellon kantavuus, ei karisemistappion välttäminen. Ruokohelpeä korjattaessa kuivikeeksi on myös hyvä muistaa, että kesä- ja kevätkorjatut ruokohelvet ovat ominaisuuksiltaan erilaisia kuivikkeita. Kesäkorjattu ruokohelpi on sitkeämpi ja voi tukkia lietejärjestelmää. Kesäkorjattu helpikuivike sopii kuitenkin esimerkiksi kestokuivikepohjiin.

Vuonna 2022 eloperäiselle maalle perustettu ruokohelpikasvusto (Hirsisuo, Pedja, 15 kg/ha) kasvatti massaa kasvukauden aikana runsaasti, ja syyskuun alussa massa-arvio oli jo 4 500 kg ka/ha eikä aukkoisuutta ollut havaittavissa. Kesällä 2023 kasvu oli myös voimakasta, ja lohko korjattiin nuorkarjan ja umpilehmien rehuksi 20.6.2023 (D-arvo 625 ja raakavalkuainen 159 g/kg ka) satotasolla 3 600 kg ka/ha. Lohko liete-lannoitettiin kesäkuun lopussa

(30 m³/ha). Toinen rehunkorjuu toteutettiin 1.8.2023 (D-arvo 626 ja raakavalkuainen 204 g/kg ka) satoarviolla 3 400 kg ka/ha.

Ensimmäisten Luke Maaningan ruokohelpikokemusten mukaan ruokohelven vaihtoehtokäyttö kuivikkeen ja rehuntuotannon välillä vaikuttaa toimivalta strategialta. Raportin kirjoitushetkellä rehuja ei ole ollut vielä syötössä, ja aiheesta saadaan lisätietoa vasta myöhemmin. Ruokohelpi vaikuttaa kuitenkin tässä vaiheessa lupaavalta vaihtoehdolta naudatilojen rehuntuotannon turvaamisen ja kuiviketuotannon näkökulmasta.



Kuva 18. Ruokohelpi kaksi päivää ennen niittoa (13.5.2023) ja paalausta kuivikkeeksi. Uusi kasvu on jo alkanut. Paikoin paalauksessa paksuksi kerrokseksi karissut silppu pysäytti kasvun hetkeksi, mutta ei aiheuttanut peltoon pysyviä aukkoja (kuvat Arja Mustonen ja Sari Kajava/Luke).

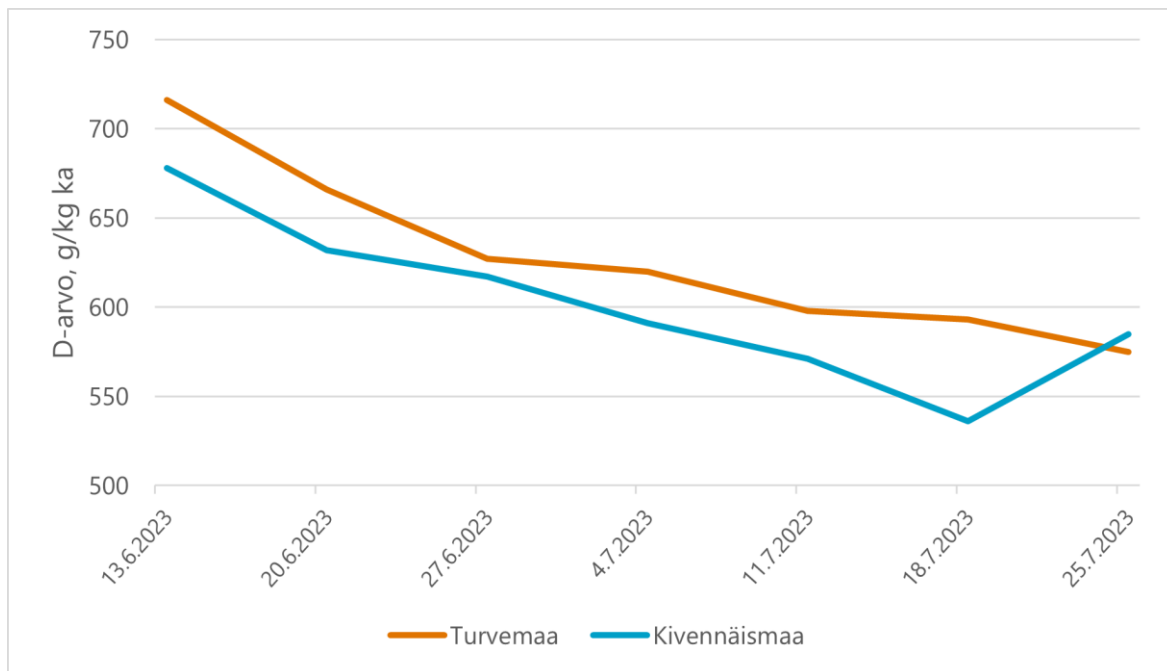
Ruokohelven rehuarvon kehitys kasvukauden aikana

Tällä hetkellä ruokohelven ainoa käyttömuoto on kuivikekäyttö, jossa se on hyvä vaihtoehto kuiviketurpeelle. Ruokohelven rehukäyttöä rajoittaa sen matala sulavuus. Uudistukseen kasvatettavien hiehojen ja ummassa olevien lehmien ruokinnan energiavaatimus on niin matala, että ruokohelpi voisi soveltua näiden eläinryhmien osalta myös rehukasviksi kuivan kesän rehuhuollon turvaajana. Tavanomaisena kesänä ruokohelpi korjataan keväällä kuivikekäyttöön ja uusi kasvusto nuorkarjan rehuksi, mikäli kesä osoittautuu vähäsateiseksi ja karkearehusta uhkaa tulla puutetta.

Ruokohelven rehuarvo alenee nopeasti ja korjuun ajoittaminen aikaisemman kokemuksen puuttuessa on haastavaa. Ruokohelven NIR:llä määritetyn D-arvon kehityksen ennustamiseksi Luke Maaningalla seurattiin yhden peltolohkon ruokohelpimassan kehitystä kahdesta eri mittapisteestä (edellisen kappaleessa kuvattu lohko Hirsisuo). Lohkon alalaita oli turvemaaksi luokiteltua eloperäistä maata ja ylälaita kivennäismaata.

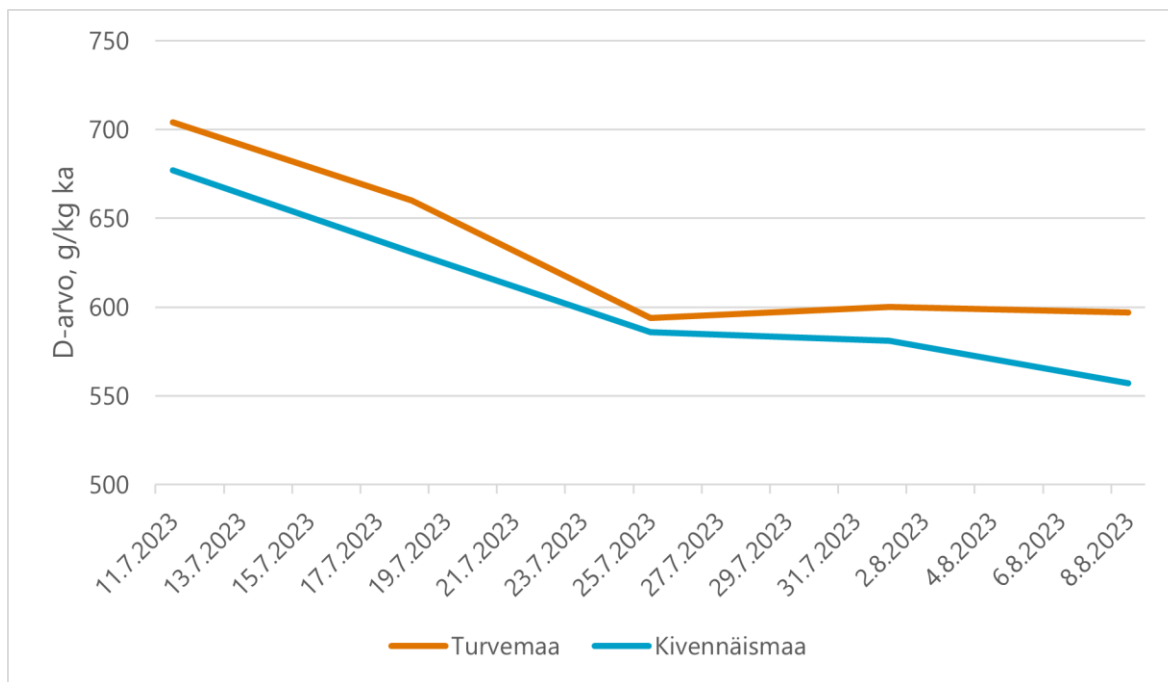
Kuvassa 19 on esitetty viikon välein otetun rehunäytteen D-arvon pienenemistä ensimmäisessä rehusadossa. Yleistasona turvemaalla kasvuston vanheneminen on ollut hitaampaa kivennäismaahan verrattuna. 20.6.2023 otetussa näytteessä turvemaan kasvuston D-arvo oli 666 g/kg ka ja kivennäismaalla 632 g/kg ka. 27.6.2023 otetussa näytteessä vastaavat D-arvot olivat 627 ja 617, mitkä arvot olisivat olleet vielä käyttökelpoisia nuorkarjan rehuksi. Mata-

limmillään sulavuus laskee heinäkuun loppupuolella 550 g/kg ka tietämille. Rehu on edelleen ei lypsäville kelpoista, mikäli joukkoon sekoitettaisiin lypsylehmille korjattua sulavaa säilörehua. D-arvon lasku päivää kohti laskettuna oli keskimäärin 3 g/kg ka eli 30 g kymmentä päivää kohti. Aikainen korjuuaste soveltuisi etukäteen suunniteltuun rehuvaraston ylläpitoon ja myöhäinen korjuu kuvaisi kuivan kesän hätävaratilannetta.



Kuva 19. Ruokohelven D-arvon muutos ensimmäisessä sadossa, kun kasvukausi on alkanut 7.5.2023. Kivennäismaan viimeisen näytteen otteen lukuarvo on näytteenotosta johtuvaa satunnaisvaihtelua.

Kuvassa 20 on esitetty jälkisadon D-arvon kehitys, kun ensimmäinen sato oli korjattu 19.6.2023. Sulavuus pysyi nurmiheinille tyypillisesti korkeana korjuun jälkeisten ensimmäisten kasvuvuikkojen ajan. Kolme viikkoa korjuun jälkeen sulavuus olisi riittänyt lypsylehmien rehuksi, kun näyteruutujen helpimassa oli noin 2 000 kg ka/ha (päiväkasvu 90 kg ka/ha). Heinäkuussa kasvustolla oli riittävästi vettä käytettävissä ja heinäkuun keskimääräinen päiväkasvu oli 170 kg ka/ha, mikä ylittää selvästi tavanomaisen nurmen sadontuottokyvyn. Edelleen turvemaalla sato oli hieman suurempi ja sulavuus korkeampi kivennäismaahan verrattuna. Näyteruuduilla sadon muodostuminen on suurempaa lohkon keskisatoon verrattuna, koska näytekohdat on valittu tasaisesti kasvavalta paikalta ilman ajopainanteita ja pellon laitavaikutusta. Jälkisadon osalta D-arvon alenema oli mittausjaksolla 4 g/kg ka/pv eli hieman ensimmäistä satoa nopeampi. Suurempi luku johtuu siitä, että analyysituloksia ei ole otettu heti ensimmäisen korjuun jälkeen. Sulavuuden alenema on suurimmillaan heinäkuun loppupuolelle, minkä jälkeen lasku tasaantui.



Kuva 20. Ruokohelven D-arvon muutos ensimmäisessä sadossa, kun kasvukausi on alkanut 7.5.2023. Kivennäismaan viimeisen näytepisteen lukuarvo on näytteenotosta johtuvaa satunnaisvaihtelua.

Ruokohelven D-arvon kehitys jälkisadossa, kun ensimmäinen sato on korjattu 19.6.2023. Sulavuuden alenema hidastuu selvästi heinäkuun loppupuolella.

Yhteenvetona ruokohelven kehityksestä voi todeta, että nuorella kasvuasteella rehuarvo on nurmille tyypillisen hyvä. Alkukehityksen jälkeen sulavuus alenee nopeasti ja korjuuajan valinta on tasapainoilua sulavuuden ja sadon määrän välillä. Ruokohelven satopotentiali on suuri ja tarvittaessa se on hyvä vaihtoehto turvaamaan karkearehun saatavuutta.

Palko- ja syyspeltokasvit

Luke Maaningalla testattiin kasvukaudella 2022 sekä härkäpapua (Sampo) että rehumailasta (Karlu) palkokasvien viljelyssä (Kuva 21). Härkäpavun ja rehumailasen tarkemmat toimenpiteet on kuvattu karttapohjan kohdassa Peltokoetoiminta: "Härkäpapu 2022" ja "Rehumailanen". Härkäpavukasvusto oli lupaava ja kasvusto paalattiin kokoviljaksi 16.8.2022 kohtuullisella, noin 4 000 kg ka/ha satotasolla, mutta korjuun aikaiset varisemistappiot olivat runsaat.



Kuva 21. Häikäpapukasvusto kasvoi hyvin kasvukaudella 2022, mutta varisemistappiot olivat runsaat korjuun yhteydessä (kuvassa keskellä). Rehumailasen (kuvassa oikealla) seassa viihtyivät rikkakasvit, koska kasvustoon ei tehty kasvinsuojeluruiskutusta (Sari Kajava/Luke).

Rehumailasta pidetään pellon happamuuden ja siihen läheisesti liittyvän maan korkean alumiinipitoisuuden keston suhteen sinimailasta vaatimattomampana (Liatukiene ym. 2020). Heiniin verrattuna vahva paalujuuri antaa kilpailuetua erityisesti jäykällä mailla. Lisäksi typpilannoituksesta voidaan luopua, kunhan kalium- ja fosforilannoitusta annetaan viljavuusluokan suosituslannoitusta vastaavasti.

Rehumailasen havaintolohkoksi valittiin 5,15 ha lohko, jonka maalaji vaihteli multavasta hieta-moreenista runsasmultaiseen hietaan. Lohkon viljavuus oli keskimääräinen; happamuus (pH 6,2) ja kalsium tyydyttävässä luokassa, fosfori ja kalium välttävässä ja magnesium hyvässä viljavuusluokassa. Rehumailanen perustettiin suoraan 24.5.2022 ilman suojakasvia. Siemenmääränä käytettiin 15 kg/ha ja lannoituksena lietelantaa 26 tn/ha (44 kg N, 13 kg P ja 80 kg K/ha). Perustetun Karlu-lajikkeen on havaittu ruutukokeissa olevan satoisa ja talvenkestävä. Myös uusia, erittäin satoisia ja kestäviä rehumailaslajikkeita on jalostettu, mutta saatavuus on vielä Suomessa heikkoa. Uusista lajikkeista tullaan raportoimaan Kestävyyttä nurmesta -hankkeen tulokset raportoinnin yhteydessä.

Ensimmäisen vuoden sadosta huomattava osa oli rikkakasveja. Rehumailaselle sopivat kasvinsuojeluaineet vaativat hyvät ruiskutusolosuhteet, sillä niiden teho rikkoihin on suhteellisen heikko ja huonoissa olosuhteissa tehoa ei saada lainkaan. Ruiskutukselle otollisia hetkiä oli kuitenkin vähän, ja rikot ehtivät kukalle. Tässä vaiheessa rikkoihin ei enää saada rikkatorjunnalla tehoa. Myös kestorikkakasveja esiintyi. Erityisesti peltolohkon notkelmissa juolavehneä oli runsaasti, kun taas kukkuloilla siemenitoiset rikot (savikka, pillike) olivat vallitsevia. Kova rikkapaine korostaa rikkakasvien hoidon merkitystä jo esikasvivuosina. Näin perustamisvuoden kasvinsuojelun epäonnistumisen haittoja voidaan vähentää. Rehumailaskasvusto niitettiin rikkakasvien poistamiseksi 11.8.2022 noin 3000 kg ka/ha satotasolla. Satoa ei sen rikkaisuuden takia käytetty rehuksi.

Perustamisvuotta seuraavana vuonna (2023, Kuva 22) lohkolta korjattiin lannoittamatta kaksi satoa. Ensimmäinen sato korjattiin 17.6. siiloon ja toinen 31.7. pyöröpaaleihin. Ensimmäisessä sadossa oli runsaasti voikukkaa. Myös perustamisvuonna itäneet hierakantaimet lähtivät voimakkaasti kasvuun, mutta näkyivät selvästi vasta jälkisadossa. Sato oli välttävää; ensimmäisen

sato noin 2 000 kg ka/ha ja toinen sato 2 800 kg ka/ha. Rehuanalyysin mukaan sadon D-arvo oli 599 g/kg ka, raakavalkuainen 199 g/kg ka ja kuitu 490 g/kg ka. Valkuaissatoa lohkolta saatiin 955 kg/ha, jossa tyypeä oli 152 kg/ha.



Kuva 22. Karlu-rehumailasan puhdaskasvusto 31.5.2023. Kasvu on lähtenyt hyvin liikkeelle, mutta laidunhistorian vuoksi aukkoihin oli tulossa hierakkaa ja voikukkaa. Perustamisvuoden rikkaisen kasvuston poistamisen ansiosta yksivuotisten siemenrikkojen määrä oli kuitenkin vähäinen (Arja Mustonen/Luke).

Varsinaiset taloudelliset hyödyt rehumailasan viljelystä voivat syntyä onnistuneesta peltoviljelyn- ja ruokinnan yhdistelmästä: Peltoviljelyn vähennettynä tuotantopanosten käyttönä ja mailasrehun valkuaisen oikein mitoitettuna käyttönä ruokinnassa. Sadon raakavalkuainen on nurmipalkokasveilla usein tarpeettoman korkealla, mutta seostamalla rehumailasta vähemmän valkuaista sisältävien seosrehukomponenttien kanssa pystytään valkuaisen hyväksikäyttöä parantamaan. Samoin mailasan matalaa D-arvoa voidaan kompensoida aikaisin korjatun nurmirehun hyvällä sulavuudella. Käytännön havaintojen mukaan eri säilörehulaatujen sekoittaminen lisää rehunsyöntiä ja vastaavasti myös maidontuotantoa. Seosrehuruokinnassa rehumailasan puhdaskasvuston satoa voidaan annostella rehuannokseen tarkasti. Seoskasvuston koostumus puolestaan vaihtelee riippuen korjuukerrasta ja lohkon ominaisuuksien mukaan.

Ruokinnassa haasteita voi syntyä rehumailasrehun syöntiä vähentävästä heikosta säilönnällisestä laadusta: Korkean valkuais- ja kalsiumpitoisuus sekä märkyys lisäävät rehumailasan puskurointikykyä ja heikentävät säilöntäaineen pH:ta laskevaa vaikutusta. Lisäksi rehun matala kuiva-ainepitoisuus ja sokerien määrä heikentävät biologisen säilönnän onnistumismahdollisuuksia merkittävästi. Hyvä esikuivatus ja hapon käyttö ovat perusedellytyksiä rehumailasten säilönnässä.

Viimeisissä timotein ja timotei-nurminatanurmen typpilannoituskokeissa on typpettömällä lannoituksella saatu keskimäärin 2 200–5 000 kg ka/ha satoja (Termonen ym. 2022). Verrattuna heinänurmeen rehumailasan typpilannoittamaton sato oli parhaimmillaan yli kaksikertainen. Toisaalta, jos heinänurmea kasvatetaan erittäin runsasmultaisella maalla, kuten korkeimman satoarvon kohdalla tehtiin, maan luontaisen typpivaraston mineralisaatio tuotti vastaavan ruutusadon kuin rehumailanen pelto-olosuhteissa. Lannoittamattoman heinänurmen ja rehumailasnurmen satoeron rahallista arvoa voi pohtia monella tavalla sekä määrän että rehun laadun kannalta. Typpilannoittamaton heinänurmen sadon raakavalkuainen oli matala (90–130 g/kg ka, mutta multavilla mailla ja jälkisadoissa raakavalkuainen voi olla yllättävän korkea (90–170 g/kg ka).

Yksi tapa arvottaa typpilannoittamattoman nurmen ja rehumailasnurmen satojen taloudellista eroa on laskea keskimääräisen suomalaisen typpilannoitustason (155 kg N/ha) lannoituskustannus (Virkajärvi ym. 2015), olettaen että fosfori ja kaliumlannoituksen tarve eivät rehumailasella ja heinänurmella eroa toisistaan. Typpilannoitteiden hinnoissa on viimeisien kahden vuoden aikana ollut huomattavaa heiluntaa. Korkeimmillaan typpilannoitteiden hinta oli 2022 syksyllä, jolloin salpietaryyppisten lannoitteiden hinta kipusi noin 600–700 €/tn (alv 0 %). Joulukuussa 2023 hinnat olivat kuitenkin maltillisemmat ja esimerkiksi YaraBela Suomensalpietarin hinta oli noin 424 €/tn (alv 0 %). Nykyisellään lannoitetypen hinta olisi siis 1,57 €/kg ja keskimääräisellä lannoitustasolla nurmen lannoituskustannus olisi 243 €/ha. Virkajärven ym. (2015) mukaan nurmien keskisato on noin 5 500 kg ka/ha, jolloin yhden kuiva-ainekilon typpilannoituskustannus olisi 4,42 snt. Näin vuoden 2023 esimerkkilohkon rehumailasadon (4 800 kg ka/ha), lannoitushyödyn arvoksi saadaan 212 €/ha. Esimerkkilohkon rehumailasella sitoma typpi (152 kg N/ha) ohjautui heinänurmea suuremmassa määrin sadon valkuaispitoisuuteen, jolloin kuiva-ainesato jäi rehumailasella noin 13 % heinänurmiä matalammalle tasolle. Jos peltoa on kuitenkin runsaasti käytössä, voi ainakin osa lannoitussäästöstä realisoitua kokonaistaloudellisessa tarkastelussa säästöksi, vaikka rehua jouduttaisiinkin korjaamaan suuremmalta alalta. Paremmalla viljelytekniikalla ja uusilla lajikkeilla päästään kuitenkin huomattavasti parempaan typensidontaan.

Uusilla rehumailaslajikkeilla ja huolellisella viljelytekniikalla kolmen vuoden keskisato on ollut jopa 7 400–8 500 kg ka/ha ilman typpilannoitusta (Korhonen ym. 2023). Typpilannoittamattomaan heinänurmeen koetulokseen verrattuna sadon lisä uusilla rehumailaslajikkeilla voisi olla 5 200–6 300 kg ka/ha ja runsasmultaiseen maan koetuloksiin verrattuna 2 400–3 500 kg ka/ha korkeampi. Tässä ruutukokeiden heinä- ja rehumailaskokeiden vertailussa satoero ei ole aivan teoreettinen, sillä osin koealue ja myös koevuodet ovat yhtenevät. Ruutukokeilla rikkakasvitorjunta ja niittojen ajoitus saatiin toteutettua kasvin kehityksen ja näin ollen myös sadonmuodostuksen kannalta paremmin. Myös kaliumlannoitukseen kiinnitettiin huomioita.

Rehumailasen sadon määrään ja samalla sen valkuaispitoisuuteen jäi peltomittakaavassa toteutettuna paljon parannettavaa. Huomattava osa heikosta sadosta oli seurausta harvasta ja aukkoisesta kasvustosta. Perustamisvaiheessa pätevät samat säännöt kuin sinimailaskasvuston perustamisessa: Riittävä maan kosteus kylvövaiheessa nopeuttavat itämistä, rikkakasvitorjunta tai nopeasti itävä suojakasvi, kuten ohra, vähentämään rikkakasvipainetta. Maaningan korkeudella ja siitä pohjoiseen suojakasvi tulisi korjata ajoissa (heinä-elokuun vaihteessa) esimerkiksi vihantarehuna. Myöhäinen suojakasvin poisto lisää talvituhojen riskiä, mikä on seurausta syyskesän liian pienestä yhteyttävien lehtien alasta. Päivän lyheneminen ja alentuneet lämpötilat käynnistävät yhteyttämistuotteiden varastoinnin pitkän talven varalle juureen (Julier ym. 2017). Erillistä korjuukertaa voi kuitenkin olla vaikea sovittaa tilan muuhun toimintaan, ellei käytössä ole paalausmahdollisuutta.

Toinen yleisesti käytetty keino nurmipalkokasvien viljelyvarmuuden lisäämiseksi on heinien lisääminen seokseen. Suomessa viljelyvarmuuden parantumista seoksien avulla ei kuitenkaan ole pystytty rehumailasella osoittamaan (Laurila ym. 2014). Myös satovuosien niittorytmiin on syytä kiinnittää huomioita. Vuoden 2022 ensimmäinen niitto tehtiin rikkakasvivilanteen hallitsemiseksi heinäsaailorehun korjuun yhteydessä. Aikainen niitto on kuitenkin jälkisadon kehityksen kannalta tärkeiden sivuversojen muodostuksen kannalta haitallinen ja saattoi osaltaan pienentää jälkisatoa. Mailasille suositellaan myös yleisesti kaliumlannoitusta, jota tässä ei kuitenkaan tehty.

Rehumailasten satopotentiaalin hyödyntäminen edellyttää huolellista viljelyä. Rikkakasvit tulisi hoitaa jo ennen rehumailasnurmen perustamista, suojakasvin käyttö vähentäisi myös rikkaruohottumista, niiton ajoitukseen ja tasapainoiseen ravinteiden käyttöön tulisi kiinnittää huomiota. Rehumailaset ovat ilman typpilannoitusta selvästi lannoittamatonta heinänurmea satoisampia ja tuottavat arvokasta valkuaisista nautojen ruokintaan. Huoltovarmuuden kannalta niiden etuna on typpilannoittamatonta heinänurmea suurempi sato, joka sopii matalan lannoitustason matalavalkuaisen heinänurmen täydentäjäksi nautojen ruokinnassa.

Syysrypsi

Syyskasvit lisäävät talvikasvipeitteisyyttä, ja esimerkiksi syysrypsin viljely voi olla yksi markkinakelpoinen vaihtoehto lypsykarjatilan viljelyn laajaperäistämisen sijaan. Öljykasvituotannon lisääminen varsinaisen rypsinviljelyalueen ulkopuolelle olisi tärkeää päätuotantoalueilla tapahtuvien sään ääri-ilmiöiden vaikutuksien tasaamiseen ja myös huoltovarmuuden kannalta. Vuonna 2021 Suomeen tuotiin öljynpuristukseen 111 000 tn rypsin- ja rapsinsiementä, oma tuotanto kattoi 27 % käytöstä. Lisäksi viime vuosina on tuotu 270 000–286 000 tn valmista rouhetta. Vuonna 2021 tästä 36 % tuotiin Venäjältä (Latvala ym. 2022). Ukrainan sodan aiheuttama markkinashokki näkyi seuraavan vuoden erittäin korkeina valkuaisrehujen hintoina.

Luke Maaningalla aloitettiin syysrypsin testaaminen tuotannossa kasvukaudella 2022 kolmella kasvulohkolla, jotka löytyvät karttasovelluksen Peltokoetoimintaluettelon kohdasta Syysrypsi, lohkot 1–3. Tavoitteena oli testata syysrypsin viljelyä osana nautakarjatilan viljelykiertoa ja kartoittaa viljelyn mahdollisuuksia sen I- ja II-viljelyvyöhykkeellä sijaitsevien pääviljelyalueiden ulkopuolella.

Syysrypsi kylvettiin varhain (28.7.2022), ja lajikkeina käytettiin talvenkestäviä Legato- ja uudempaa Arrivé-lajiketta. Kylvötiheydeksi tavoiteltiin 150 elävää siementä/ha. Varhaisen kylvön tavoitteena oli varmistaa 450–500 asteen lämpösumma ja taimien riittävä koko ennen talvea. Toisaalta testattiin myös riskiä kasvupisteen nousemisesta liian ylös, jolloin paleltumisriski kasvaa. Kahdella lohkolla esikasvina oli glyfosaatilla päätetty säilörehunurmi ja yhdellä lohkolla virna-vehnä-viherlannoitusnurmi. Siemenitoiset rikat torjuttiin perustamisen yhteydessä. Perustamislannoitus tehtiin naudan lietteellä. Kasvustojen perustaminen onnistui hyvin, mutta elokuun viimeisellä viikolla kasvustoissa havaittiin rapsipistiäisen toukkia, minkä vuoksi kasvustoihin suoritettiin kasvinsuojelu kahteen kertaan 23.8. ja 30.8. Syysrypsi elpyi kuitenkin kaikilla lohkoilla kohtuullisesti. Parhaiten rapsipistiäistuhoja kesti lohko, jossa esikasvina oli ollut virna-vehnä. Lämpösummatavoite ylitettiin ennen kasvukauden päättymistä lokakuussa.

Keväällä 2023 havaittiin että kolmesta lohkosta kahdella oli merkittäviä talvituhoja. Pahimmin tuhoista kärsineeltä lohkolta kaivettiin pian lumen sulamisen jälkeen huhtikuun lopulla kymmenen rypsin taimea juurineen elävyydestään. Taimet poimittiin näytelinjalta satunnaisesti tasavälein reilun 200 askeleen matkalta. Taimien lehdet leikattiin alas ja juuret pestiin ja taimet suljettiin muovipussiin, jotka sijoitettiin huoneenlämpöön, valoisaan paikkaan. Kahden päivän jälkeen taimia huuhdeltiin ja kasvatettiin pusseissa vielä toiset kaksi päivää. Puolet taimista kasvatti lehtiä. Testin pohjalta riittävä määrä rypsin taimia näytti lähtevän aukoista huolimatta kasvuun ja kaikki lohkot voitiin lannoittaa 15.5. Yhteensä perustamis- ja kevätlannoituksessa tyypeä annettiin 119–128 kg, fosforia 10–16 kg ja kaliumia 65–97 kg hehtaarille. Myös keväällä 2023 jouduttiin ruiskuttamaan tuholaisia, tällä kertaa rapsikuoriaisia, joiden ruiskutus tehtiin 19.5. Rypsin kukinta alkoi noin 22.5. ja jatkui noin kolme viikkoa (Kuva 23). Kukinnan voi-

makkuus näkyi hyvin myös satelliittikuvissa (Kuva 24). Pakkahomeen torjunta tehtiin kukinnan loppupuolella 14.6. Puinti tehtiin 14.8.2023.



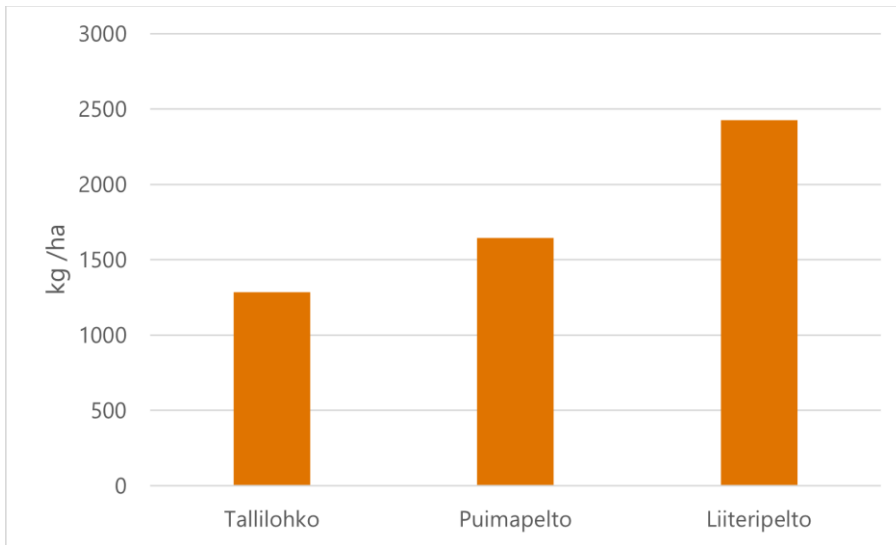
Kuva 23. Rypsin kukinta 15.6.2023 (Kirsi Järvenranta/Luke).



Kuva 24. Kahden syysrypsilohkon (Puimalapelto ja Liiteripelto) keltaisuusindeksi satelliittikuvassa täyskukinnan aikaan 11.6.2023. Kuvasta voi selvästi nähdä alueet, joissa esiintyi suuria talvituhoja ja jossa syysrypsi jäi harvaksi.

Syysrypsin keskisato oli hyvä, 1 820 kg/ha. Keskisato oli 500 kg/ha korkeampi kuin Luken tilastoima syysrypsin keskisato vuonna 2023. Lohkojen väliset satovaihtelut olivat kuitenkin suuria (Kuva 25). Parhaan lohkon sato oli 2 430 kg/ha kun taas huonoimman lohkon sato 1 280 kg/ha. Satoerot eivät johtuneet lajikkeesta vaan mitä ilmeisimmin erilaisesta ravinteiden saannista ja maan rakenteesta päätettyjen nurmilohkojen ja virna-viherlannoitus-lohkon välillä. Vaikka rypsilillä on paalujuuri, on huonorakenteisen maan todettu heikentävän sen elinvoimaa (Peltonen-Sainio ym. 2011). Tässä kokeessa esikasvivaikutus näkyi nopeana kasvuna ja kookkaina taimina, jotka myös toipuivat nopeasti rapsipistiäisen syönnin jälkeen. Korjuuolot

olivat hyvät ja sato oli täysin tuleentunut, sillä puintikosteus oli matala vaihdellen 10,3 ja 14,8 % välillä. Säilykseen varastossa rypsi tulee kuivattaa 7–9 % kosteuteen.



Kuva 25. Syysrypsin varastokostea hehtaarisato (9 %) kolmella havaintolohkolla. Tallilohko ja Puimalalohko perustettiin Arrivé-lajikkeella glyfosaatilla päätettyyn nurmeen ja Liiterilohko Legato-lajikkeella virna-vehnä-viherlannoituskasvustoon. Lohkojen lannoituksessa (liete ja väkilannoite) annettujen ravinteiden määrässä oli pieniä eroja, jotka eivät vaikuttaneet satoon. Suurin ero satoon tuli Liiteripellon paremmasta syyskasvusta ja talvehtimisestä.

Rypsin puristus tehtiin maatilapuristamolla. Noin 6,5 ha rypsi-alalta saatiin 11 800 kg rypsiä puristukseen. Puristus alkoi 18.9. ja erän puristus kesti noin kaksi viikkoa. Öljyä saatiin noin 3,5 tn. Öljyn ja puristeen laatu riippuvat suuresti rikkaisuudesta. Kaikkein aukkoisimmat kohdat jätettiin puimatta, mikä vähensi hieman rikkapitoisuutta. Rikkakasvin siemenet vähentävät öljyisaantoa, sillä puristuksessa rikkasiemenet imevät öljyä itseensä. Lisäksi rikansiemenet ja vihreät rypsiensiemenet aiheuttavat öljyn vaahtoamista puristuksen aikana. Rikat myös lisäävät puristeen pilaantumisen riskiä. Yhdessä valikoivan puinnin ja kuivurin esipuhdistuksen kanssa puristettava siemenenä oli riittävän puhdas, eikä mainittuja ongelmia esiintynyt. Öljy oli myös hyvän makuista, eikä siinä esiintynyt esimerkiksi pahkahomeen aiheuttamia makuvirheitä.

Rypsirouheeseen verrattuna rypsiuristeessa on enemmän rasvaa (öljyä) ja vähemmän valkuaisa. Havaintolohkojen rypsiä kuiva-ainetta oli 90 %, raakavalkuainen 28 % (315 g/kg ka), raakakuuti 10 % (110 g/kg ka), NDF-kuitu 17 % (189 g/kg ka) ja tuhka 6 % (67 g/kg ka). Puristeella korvattiin puolet lypsylehmien dieetin rypsirouheesta.

Tässä peltomittakaavan kokeessa syysrypsin viljely onnistui tilastoituun keskisatoon verrattuna keskimääräistä paremmin. Syysrypsiin ei näytä liittyvän samanlaista riskiä kasvupisteen nousemisesta liian korkealle, kuten syysrypsillä. Elinvoimainen kasvusto ja riittävä ravinteiden saanti syksyllä turvaavat taimien nopean kehityksen ja toipumisen tuholaisvioletuksesta. Viljelyn vieminen syysrypsin pääviljelyalueiden ulkopuolelle ei suojannut tuholaispaineelta. Nautakarjatilalla tuholaisien seuranta ja nopea torjunnan tarve voi kuitenkin muodostua haasteeksi. Ennen kevätlannoitusta kannattaa rypsiintaimille tehdä elävyystesti. Hyvän talvehtimisen varmistamiseksi kannattaa huomioida syysrypsin nurmea korkeammat vaatimukset pellon rakenteelle ja kuivatukselle.

5.2. Hiiliviljelyseokset lypsylehmien ruokinnassa

Sanna Kykkänen ja Annu Palmio, Luke Maaninka

Kiinnostus monilajisia nurmiseoksia kohtaan on noussut. Lajirunsaudella pyritään lisäämään viljelyvarmuutta, vähentämään typpilannoitustarvetta, kasvattamaan maan hiilivarastoja sekä lisäämään maatalousympäristöjen biodiversiteettiä. Seoskasvustojen hyötyjä hiilensidonnassa on tutkittu suhteellisen paljon (De Deyn ym. 2009, Fornara & Tilman 2008), mutta pohjoisista tuotanto-olosuhteissa tehtyjen tutkimusten määrä on hyvin rajallinen (Chen ym. 2020). Koska seoskomponenttien sadontuottokyky, kasvurytmi, talvenkestävyys ja ravitsemuksellinen laatu saattaa erota huomattavasti toisistaan, niiden viljelyvarmuus ja toimivuus eläinten rehuna voi tuottaa haasteita. "Hiiliviljelyyn" tähtäävien monilajisten rehunurmiseosten viljelyvarmuutta ja ruokinnallisia ominaisuuksia on tutkittu pohjoismaissa vähän.

Monilajisten seosten maan hiilivarastoja ylläpitävä/lisäävä vaikutus perustuu juuristoon ja tehokkaaseen yhteyttämiseen. Kasvilajien juuristot eroavat toisistaan ja siten lajivalinta vaikuttaa myös juuristosta tulevan hiilisyötteen (kuolleet juuret ja juurieritteet) määrään ja kemialliseen laatuun eri maakerroksissa. Tutkimuksissa korostetaan lajirunsauden (eng. species biodiversity) lisäksi nk. toiminnallisten ryhmien runsautta (eng. functional diversity) (Hooper ym. 2005, De Deyn ym. 2009). Rehunurmikasveja voidaan jakaa toiminnallisiin ryhmiin esimerkiksi typensidontakyvyn, juuriston rakenteen (syvä tai matala juuristo, paalujuuri) tai kasvutavan (matala, korkea, rönsyilevä jne.) perusteella. Markkinoille on lyhyen ajan sisällä tullut useita peltomaan hiilivarastojen ylläpitoon ja lisäämiseen tähtääviä nurmiseoksia. Seoskomponenteista osa on usein syväjuurisia (kuten ruokonata ja sinimailanen), typensidontaan kykeneviä (palkonurmet) tai kuivuutta kestäviä (koiranheinä, mailaset) tai paalujuurisia (puna-apila, mailaset).

Luonnonvarakeskuksen Kuopion Maaningan toimipaikalle (KHt, m) perustettiin vuonna 2020 kaistaviljelykoe. Koe toteutettiin "Maanviljelyn monihyötyiset ratkaisut ilmastokestävään ruokajärjestelmään (MULTA)" -hankkeessa. Koeasetelman päätutkimuskysymyksenä oli verrata monilajisia nk. hiiliviljelyseoksia tavanomaiseen kahdenlajin rehunurmiseokseen sadon määrän ja sen ravitsemuksellinen laadun osalta sekä mitata maan hiilivaraston mahdolliset muutokset. HiiliMaito-hanke testasi kaistoilta kerätyn sadon maittavuutta lypsylehmille lyhytaikaisessa "maittavuustestissä". Tässä raportoidaan maittavuustestissä havaitut päätulokset ja arvioidaan monilajisten seosten hyödyntämistä rehuna. Viljely ja satovasteet raportoidaan tarkemmin MULTA-hankkeessa.

Monilajiset seokset viljelyssä

Viljelytoimenpiteet on pääpiirteissään koottu Taulukkoon 18. Vertailtavia seoksia oli neljä (Taulukko 18). Viiden kasvilajin "Maltillinen hiilinurmi" (MC), 15 lajin seos "High carbon" (HC, Kuva 26) ja 12 lajin seos "HiiliMaito" (HMC). Kontrollina toimi tavanomainen heinäseosnurmi (NN+TT). Kaikkien seosten viljelytoimenpiteet, kuten lannoitus ja niittoajankohta, toteutettiin seoskohtaisesti. Kokeessa oli kaksi kaistaa (koko 50 m*12 m) kutakin seosta. Kaistat hoidettiin maatilamittakaavan koneilla (Kuva 26). HiiliMaito-seoksen satomittaukset toteutettiin vain vuonna 2021, eikä seos ollut mukana MULTA-hankkeen tutkimuksessa



Kuva 26. Monilajinen rehunurmiseos Luke Maaningalla 2021 (Sanna Kykkänen/Luke).

Taulukko 18. Kaistaviljelykokeen rehujen siemenseokset (% kokonaissiemenmäärästä 25 kg/ha) ja viljelytoimenpiteet pääpiirteissään (N=typpi, liukN=liukoinen typpi).

	Lajit ja lajikkeet	Niittoja/ lannoitus	Liete	N-jako sadoittain, kg liukN/ha
Tavanomainen (NN/TT):	Timotei Nuutti 70 % Nurminata Valtteri 30 %	3/suositus N, norm niittokorkeus 6 cm	Liete letkulevitys 30 tn toiselle sadolle	100 + 90 + 50
Maltillinen hiilinurmi (MC)	Timotei Tuure 50 % Nurminata Inkeri 10 % Ruokonata Karoliina 20 % Puna-apila Yngve 15 % Valkoapila Hebe 5 %	2/alennettu N, korotettu niittokorkeus 12 cm	Liete letkulevityksellä 30 tn toiselle sadolle	70 + 60 (liete)
High carbon -hiilinurmi (HC)	Naturcomin Retuhiilinurmiseos* https://www.naturcom.fi/tuote/retu-hiilinurmi/	2/alennettu N, korotettu niittokorkeus 12 cm	Liete letkulevityksellä 30 tn toiselle sadolle	70 + 60 (liete)
HiiliMaito- hiilinurmi (HMC)	Hiisi3-seos** 60 % Rehumailanen Ludvig 15 % Puna-apila Yngve 5 % Niittykattara Armada 10 %*** Sikuri 10 %	2/alennettu N, korotettu niittokorkeus 12 cm	Liete letkulevityksellä 30 tn toiselle sadolle	70 + 60 (liete)

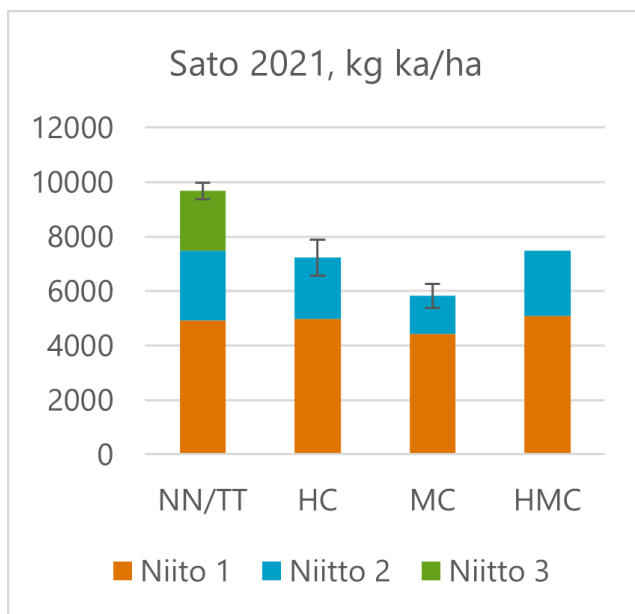
* 20 % timotei Tenho/Nuutti/Tryggve, 10 % sinimailanen Jögeva118/Creno, 10 % ruokonata Retu/Kora/Swaj, 8 % englanninraiheinä Riikka/Mathilde, 5 % nurminata Kasper/SW Minto/Arni, 5 % rehumailanen Karlu/Juurlu, 5 % rehu-kattara Lehis, 5 % sikuri kestävä, 5 % italianraiheinä Meroa, 4 % koiranheinä Amba, 5 % keltamaite Leo, 10 % puna-apila Ilte/SW Yngve/Rozeta, 4 % alsikeapila Frida, 3 % valkoapila, 1 % kumina

**Timotei Nuutti 35 %, Timotei Dorothy 15 %, Ruokonata Karolina 15 %, Nurminata Inkeri 10 %, englanninraiheinä Riikka 10 %, Puna-apila Lars /Ilte 7 %, Alsikeapila Frida (tai muu) 5 %, Valkoapila Jögeva/Hebe 3 %

*** Ei vakiintunutta lajinimeä, voidaan käyttää myös nimitystä laidunkattara

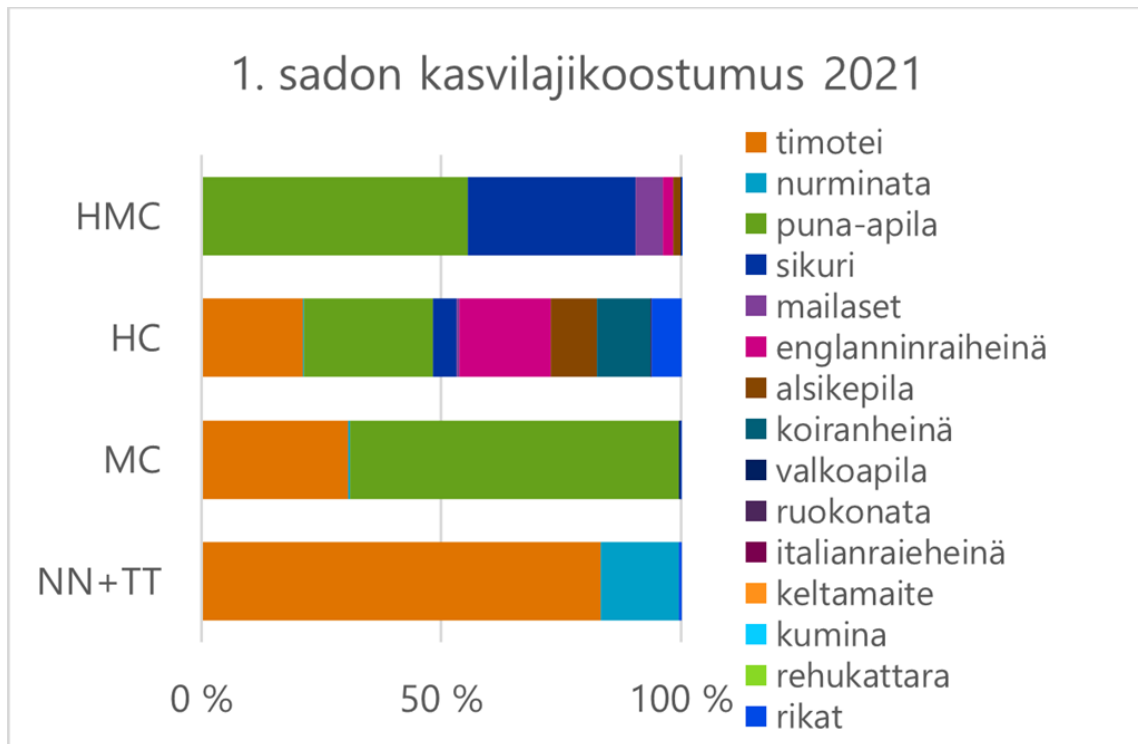
Ensimmäisenä satovuonna tavanomainen timotei-nurminataseos tuotti noin 9 700 kg ka/ha kolmessa korjuussa (Kuva 27). Monilajisten seosten kokonaiskuiva-aine sato oli matalampi. HC-hiilinurmella ja HMC-nurmella satotaso oli keskimäärin 7 300 ja maltillisella hiilinurmella noin 5 800 kg ka/ha. Kaikki hiilinurmiseokset niitettiin vain kahdesti ja niiden typpilannoitus-taso oli matalampi kuin tavanomaisella seoksella.

Kasvilajikoostumus vaihteli merkittävästi seosten ja niittojen välillä (Kuva 28). Tavanomaisella seoksella lajikoostumus pysyi niittojen välillä suhteellisen tasaisena ja timoteivaltaisena. Maltillisen hiilinurmen pääkasvi oli molemmissa sadoissa puna-apila, joskin sen osuus nousi ensimmäisestä sadosta (68 %) toiseen (75 %). Monilajisten seosten kasvilajikoostumus muuttui huomattavasti ensimmäisestä sadonkorjuusta toiseen. HC-seoksen pääkasveina oli ensimmäisessä sadossa puna-apila (27 %), timotei (21 %) ja englanninraiheinä (19 %). Toisessa sadossa pääkasveina oli sikuri (47 %) ja mailaset (10 %). HM-seoksen pääkasveina oli ensimmäisessä sadossa puna-apila (55 %) ja sikuri (35 %) sekä toisessa sadossa niin ikään sikuri (61 %) ja mailaset (24 %). Kasvilajikoostumuksen ja sitä myötä myös optimaalisen lannoituksen, korjuuajankohdan ja ravitsemuksellisen laadun muuttuminen huomattavasti vaikeuttaa sekä viljelytoimien ennakoitua että rehun käyttöä ruokinnassa. Huomattavia talvituhoja ei koalueella havaittu vuosien 2021–2023 aikana, vaikka harventumista tapahtuikin. Myös tiettyjen lajien dominointi kasvustoissa (erityisesti koiranheinä ja mailaset) oli myöhempinä vuosina huomattavaa. MULTA-hankkeen julkaisuissa tullaan tarkemmin perehtymään seosten kokonurmikieron sato- ja viljelyhavaintoihin.

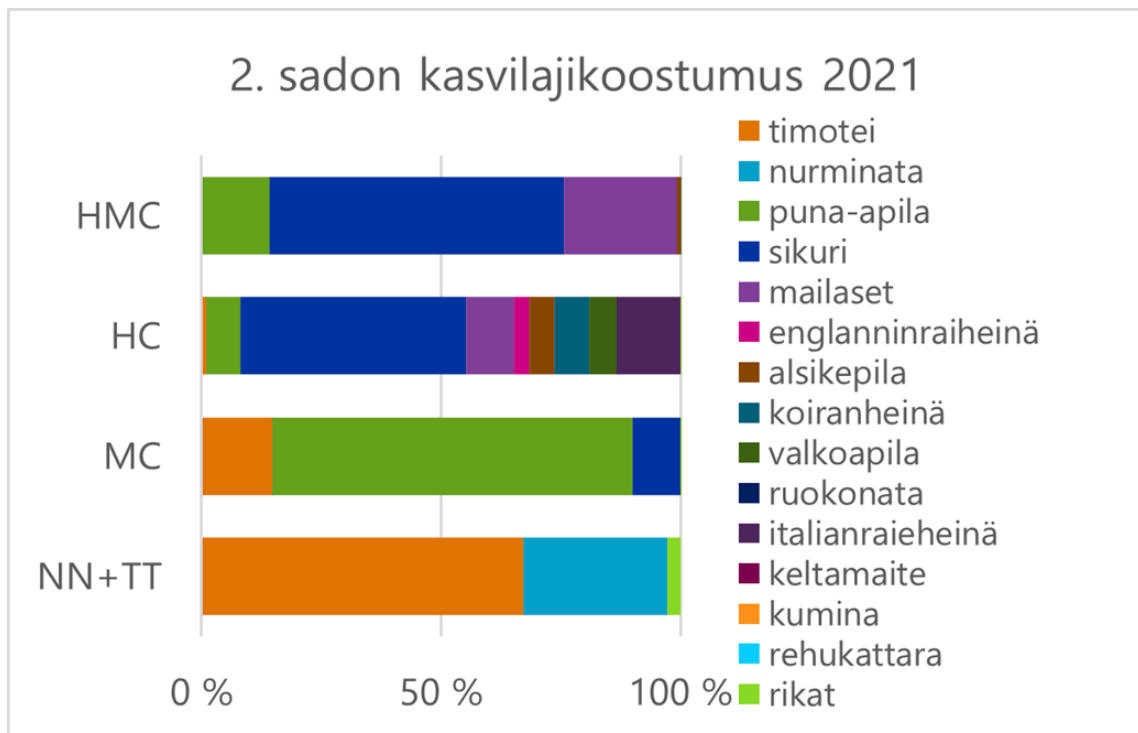


Kuva 27. Kuiva-aine sato tavanomaisella (TT/NN), High carbon (HC), Maltillinen (MC) sekä HiiliMaito (HMC) -seoksilla 2021.

a)



b)



Kuva 28. Seosten ensimmäisen (a) ja toisen (b) niiton kasvilajikoostumus (% kuiva-aineesta) vuonna 2021.



Kuva 29. Monilajisen High carbon-hiilinurmen ensimmäisen niiton kasvustoa ensimmäisenä tuotantovuotena. Kuvassa näkyy sikurin kukintoja, puna-apilaa sekä englanninraiheinän, koiranheinän ja timotein kukintoja. b) Runsaasti puna-apilaa sisältävä seos lakoontui korjuussa (Sanna Kykkänen/Luke).

Monilajiset seokset ruokinnassa

Kaistaviljelykokeessa tuotettujen ensimmäisen satovuoden rehujen maittavuutta lypsylehmille testattiin Maaningan tutkimusnavetassa loppukesästä 2021. Tutkimusnavetassa käynnissä olleen peruskorjauksen sekä koerehujen vähäisen määrän takia testin pituus oli vain 2,5 vuorokautta. HC-seoksesta käytettiin sekä ensimmäisen että toisen sadon rehuja, muista seoksista käytössä oli vain ensimmäisen sadon rehut. Rehut syötettiin lehmille seosrehuina, joissa tavoiteltu väkirehupitoisuus oli 30 %. Lisäksi eläimet saivat täysrehua kioskeista 1,5–3,0 kg/päivä tuotoskauden vaiheen mukaan. Testauksessa oli mukana 43 lypsylehmää, joilla oli tarjolla neljää erilaista seosrehua:

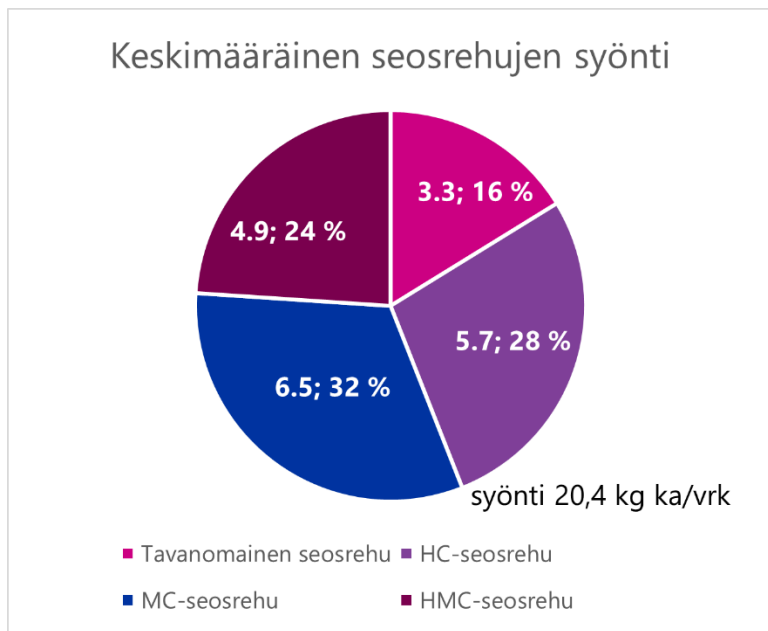
1. Tavanomainen seosrehu, jossa karkearehuna oli tavanomainen heinänurmi.
2. MC-seosrehu, jossa karkearehuna oli maltillinen hiilinurmi.
3. HC-seosrehu, jossa karkearehuna oli High carbon -nurmi.
4. HMC-seosrehu, jossa karkearehuna oli HiiliMaito-nurmi.

Maittavuustestissä käytettyjen nurmiseosten rehuarvot on esitetty Taulukossa 4. Kaikkien nurmiseosten D-arvot olivat matalia korkeatuottoisten lypsylehmien ruokintaa ajatellen. Matalimmat sulavuudet olivat Maltillisessa hiilinurmiseoksessa ja HiiliMaito-nurmessa. Nurmipalokasvien syöntiä lisäävän vaikutuksen ansiosta kaikkien monilajisten nurmiseosten syöntiindeksi oli kuitenkin yli 100. HC-hiilinurmen raakavalkuaispitoisuus oli muita korkeampi.

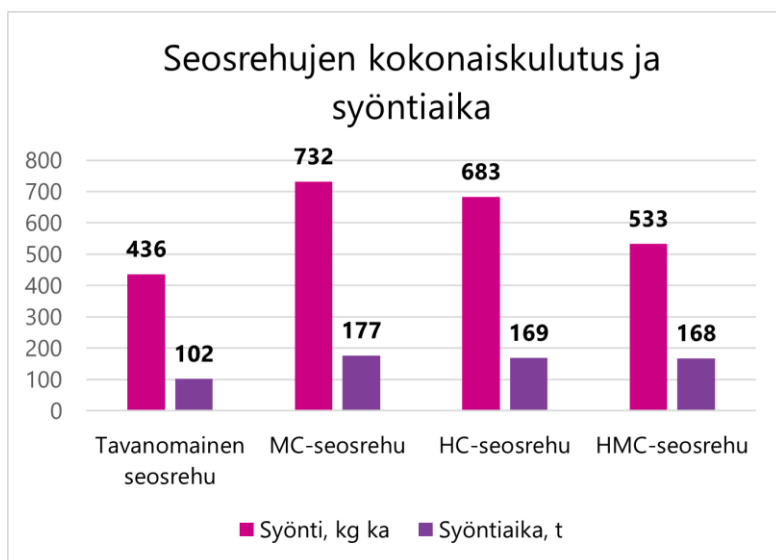
Taulukko 19. Maistelutestissä käytettyjen säilörehujen rehuarvot ja kemiallinen koostumus.

	Tavanomainen heinänurmi (NN+TT) 1. sato	Malitillinen hiilinurmi (MC) 1. sato	HC-nurmi 1. sato	HC-nurmi 2. sato	HiiliMaito- nurmi (HMC) 1. sato
Koostumus	-	-	-	-	-
Kuiva-aine g/kg ka	212	253	248	246	209
Raakavalkuainen g/kg ka	148	158	172	170	147
Kuitu (NDF) g/kg ka	542	458	502	439	458
D-arvo g/kg ka	658	635	659	662	632
Sulamaton kuitu (iNDF) g/kg ka	76	103	66	97	124
Tuhka g/kg ka	73	82	73	75	83
Rehuarvot	-	-	-	-	-
ME (energia-arvo) MJ/kg ka	10,6	10,2	10,5	10,6	10,1
OIV g/kg ka	80	84	89	89	83
PVT g/ kg ka	29	35	42	40	26
Syönti-indeksi	94	108	108	109	103
ME-indeksi	93	101	105	107	98
Kivennäis- ja hivenaineet	-	-	-	-	-
Kalsium g/kg ka	5,1	12,5	-	-	12,8
Fosfori g/kg ka	3,5	4	-	-	4,1
Kalium g/kg ka	28	27	-	--	27
Magnesium g/kg ka	1,6	2,7	-	-	2,9
Mangaani g/kg ka	43	45	-	-	52
Rauta g/kg ka	310	300	-	-	310
Kupari g/kg ka	7	14	-	-	11
Sinkki g/kg ka	33	31	-	-	33
K/(Ca+Mg) ekvivalenttisuhte	1,9	0,8	-	-	-
Säilönnällinen laatu	-	-	-	-	-
pH	4,01	3,99	4,16	4,28	3,89
Ammoniakkityppi g/kg N	37	7	29	15	1
Maito- ja muurahaishappo g/kg ka	70	74	74	56	82
Haihtuvat rasvahapot g/kg ka	13	9	13	13	9
Sokeri g/kg ka	44	79	41	85	68

Lehmät söivät testauksen aikana enemmän monilajisia nurmiseoksia sisältäviä seosrehuja kuin tavanomaista seosrehua (Kuvat 30 ja 31). Maittavinta oli MC-seosrehu ja seuraavaksi eniten syötiin HC-seosrehua, mutta eläinten mieltymyksissä oli paljon yksilöllistä vaihtelua. Osa lehmistä söi melko tasaisesti kaikkia tarjolla olleita seosrehuja, kun taas osa söi koko testauksen lähesomaan vain yhtä seosrehua.



Kuva 30. Lehmien keskimääräiset seosrehujen syönnit maistelutestissä. Lehmät söivät seosrehuja keskimäärin 20,4 kg ka/vrk. Eniten syötiin runsaasti puna-apilaa sisältävää MC-seosrehua ja vähiten perinteistä timotei-nurminata-säilörehua sisältävää seosrehua.



Kuva 31. Lehmien eri seosrehujen kokonaiskulutus ja syöntiaika maistelutestin aikana. HMC-seosrehua syötiin muita hitaammin, mikä luultavasti johtui säilörehun kurtisuudesta.

Testauksessa oli tarkoituksena, että kaikkia seoksia olisi jatkuvasti tarjolla, mutta eläimet ehtivät aina yön aikana syödä kaikki MC- ja HC-seosrehuja sisältäneet rehukupit tyhjiksi. HMC-seoksessa oli paljon paksuja sikurin kukkavarsia, jotka lehmät jättivät syömättä (Kuva 32).



Kuva 32. HMC-seosrehua vaa'alla varustetussa rehukupissa. HMC-nurmi korjattiin sikurin kannalta liian myöhään, joten säilörehussa oli paljon korsiintunutta kukkavartta, joka ei lehmille maistunut.

Johtopäätökset

Lyhyen testauksen perusteella monilajiset hiilinurmiseokset ovat lypsylehmille maittavia rehuja niiden matalasta D-arvosta huolimatta. Seokset sisälsivät muun muassa puna-apilaa ja mailasta, joiden tiedetään lisäävän kuiva-ainesyöntiä. Testauksen erittäin lyhyen keston takia eri nurmiseosten vaikutusta maitotuotokseen ja maidon pitoisuuksiin ei voitu arvioida. Hiilinurmiseosten matala energiapitoisuus kuitenkin oletettavasti rajoittaa maitotuotosta, joten tästä syystä ne eivät ole optimaalista karkearehua lypsäville lehmille. Mailaset ja apilat lisäävät karkearehun kalsiumpitoisuutta, mikä on epätoivottua umpilehmien ruokinnassa. Parhaiten monilajiset seokset vaikuttaisivatkin sopivan hiehojen ruokintaan.

Monilajisten seosten kasvilajikoostumus muuttui huomattavasti nurmivuosien kuluessa ja esimerkiksi koiranheinä yleistyi sitä sisältävissä seoksissa huomattavasti. Myöhemmistä nurmivuosista ei maistelutestejä toteutettu, mutta oletettavasti kasvilajikoostumuksen muuttuminen vaikuttaa myös rehun maittavuuteen. Lisäksi kasvilajikoostumus vaikuttaa oleellisesti rehuarvoihin ja rehujen soveltavuuteen eri eläinryhmien ruokinnassa. Monilajisten seosten kohdalla onkin erityisen tärkeää, että rehuanalyysit tehdään jokaisesta sadosta.

Viljelyssä monilajisten seosten haasteena on viljelytoimenpiteiden, kuten korjuun ja lannoituksen, optimointi seoskohtaisesti. Seosten muuttuva kasvilajikoostumus vuosien ja niittojen välillä vaatii viljelijältä kiinnostusta havainnoida kasvustoja ja toisaalta mahdollisuutta räätälöidä toimenpiteitä seoskohtaisesti. Satovarmuuden lisäämiseksi olisi perusteltua, että hyvin talvenkestävien lajien osuus olisi vähintään 50 % siemenseoksesta. Jos hiiliviljelyseokset todetaan toimiviksi maaperän hiilivarojen kasvattamisessa myös pohjoisilla, verrattain korkean multavuuden mailla ja intensiivisessä rehun tuotannossa, tulisi niiden viljelyä ja käyttöä ruokinnassa tutkia enemmän.

Viitteet

- Adeyuyil, A.A., Gruysi, E. & van Eerdenburg, F.J.C.M. 2005. Non esterified fatty acids (NEFA) in dairy cattle. A review. *Veterinary Quarterly* 27: 117–126.
DOI: 10.1080/01652176.2005.9695192
- Alemu, T.W., Santschi, D.E., Cue, R.I. & Duggavathi, R. 2023. Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β -hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation. *Journal of Dairy Science* 106: 5165–5181. DOI: 10.3168/jds.2022-22406
- Aleri, J.W., Hine, B.C., Pyman, M.F., Mansell, P.D., Wales, W.J., Mallard, B. & Fisher, A.D. 2016. Periparturient immunosuppression and strategies to improve dairy cow health during the periparturient period. *Research in Veterinary Science* 108: 8–17.
DOI: 10.1016/j.rvsc.2016.07.007
- Chen J., Lærke P.E., Manevski K. & Jørgensen U. 2020. Biomass production and soil carbon and nitrogen content with innovative cropping systems. *Grassland Science in Europe* 25: 466–468.
- De Deyn, G.B., Quirk, H., Yi, Z., Oakley, S., Ostle, N.J. & Bardgett, R.D. 2009. Vegetation composition promotes carbon and nitrogen storage in model grassland communities of contrasting soil fertility. *Journal of Ecology* 97: 864–875. DOI: 10.1111/j.1365-2745.-2009.01536.x
- Fornara, D.A. & Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology* 96: 314–322. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2007.01345.x
- Guliński, P. Ketone bodies - causes and effects of their increased presence in cows' body fluids: A review. 2021. *Vet World* 14: 1492–1503. DOI: 10.14202/vetworld.2021
- Hooper, D.U., Chapin III, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., ... & Wardle, D.A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs* 75: 3–35. DOI: 10.1890/04-0922
- Huhtamäki, T. 2023. Maidontuotannon tulosseminaari. Tuotosseurantakarjojen rehunkulutus 2022. <https://www.proagria.fi/ajankohtaista/maidontuotannon-tulosseminaari-2023>. ProAgria. Viitattu 1.10.2023.
- Julier, B., Gastal, F., Louarn, G., Badenhausser, I., Annicchiarico, P., Crocq, G., le Chatelier, D., Guillemot, E. & Emile, J.C. 2017. Lucerne (alfalfa) in European cropping systems. Teoksessa: Murphy-Bokern, D., Stoddard, F. & Watson, C (toim.). *Legumes in cropping systems* 168-192 s. CAB International. DOI: 10.1079/9781780644981.0168
- Korhonen, P., Kykkänen, S. & Mustonen, A. 2023. Kestävät ja satoiset rehumailaset haastavat puna-apilaa nautakarjatalousalueen nurmissa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 41. https://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/Abstraktikirja%202024_final.pdf. Viitattu 12.1.2024.

- Kässi, P., Känkänen, H., Niskanen, O., Lehtonen, H. & Höglind, M. 2015. Farm level approach to manage grass yield variation under climate change in Finland and north-western Russia. *Biosystems Engineering* 140: 11–22. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2015.08.006
- Kärkkäinen, L., Kainulainen, P., Kyytsönen, S., Kanala, T. & Koskimäki, O. 2022. Mihin maidot syksyllä häviävät? Tuotosseurantalehmien maitomäärien kuukausittaiset vaihtelut vuosina 2017–2019. <https://journal.fi/smst/issue/view/8286/1504>. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 40. Viitattu 15.10.2023. DOI: 10.33354/smst.115743
- Latvala, T., Väre, M. & Niemi, J. (toim.) 2022. Agri-food sector outlook analyses the current situation and the near-term prospects of Finnish agri-food sector. *Natural resources and bioeconomy studies* 55. Luonnonvarakeskus.
- Laurila, M., Huuskonen, A. & Luoma, S. 2014. Nurmipalkokasveja viljelyyn ja laidunnukseen Pohjois-Pohjanmaalle. <https://journal.fi/smst/article/view/75374/36805>. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 30. Viitattu 12.1.2024.
- Li Y., Korhonen, P., Kykkänen, S., Maljanen, M., Virkajärvi, P. & Shurpali, N.J. 2023. Management practices during the renewal year affect the carbon balance of a boreal legume grassland. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1158250
- Liatukiene, A., Skuodiene, R., Tomchuk, D. & Danyte, V. 2020. Evaluation of agro-biological traits of *Medicago sativa* and *M. varia* in a *Cambisol* and *Retisol*. *Zemdirbyste-Agriculture* 107: 41–48. DOI: 10.13080/z-a.2020.107.006
- Luke 2022. Viralliset lajikekokeet. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 6.1.2024. https://px.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/maatalous/maatalous_lajikekokeet_julkaisuviisi_2022_sato_timotei/610100sato_timotei.px/
- McArt, J.A.A., Nydam, D.V. & Oetzel, G.R. 2012. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95: 5056–5066. DOI: 10.3168/jds.2012-5443.
- Mäntysaari, P. & Mäntysaari, E.A. 2010. Predicting early lactation energy balance in primiparous Red Dairy Cattle using milk and body traits, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 60: 79–87. DOI: 10.1080/09064702.2010.496002
- Niemeläinen, O., Jauhiainen, L. & Miettinen, E. 2001. Yield profile of tall fescue (*Festuca arundinacea*) in comparison with meadow fescue (*F. pratensis*) in Finland. *Grass and Forage Science* 56: 249–258. DOI: 10.1046/j.1365-2494.2001.00271.x
- Palosuo, T., Heikkinen, J. & Regina, K. 2015. Method for estimating soil carbon stock changes in Finnish mineral cropland and grassland soils. *Carbon Management* 6: 207–220, DOI: 10.1080/17583004.2015.1131383
- Palmio, A., Sairanen, A. & Kokkonen, T. 2016. Negatiivisen energiataseen hallinta. Teoksessa: Palmio, A., Niskanen, O., Kajava, S., Kykkänen, S., Hyrkäs, M. & Sairanen, A. (toim.). Kesä-tävä karjatalous. KESTO-maidon ja nurmentuotannon tutkimuksen tuloksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2016. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016.

- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Laitinen, P., Salopelto, J., Saastamoinen, M. & Hannukkala, A. 2011. Identifying difficulties in rapeseed root penetration in farmers' fields in northern European conditions. *Soil Use and Management* 27: 229–237. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00331.x>
- Rathbun, F.M., Pralle, R.S., Bertics, S.J., Armentano, L.E., Cho, K., Do, C., Weigel, K.A. & White H.M. 2017. Relationships between body condition score change, prior mid-lactation phenotypic residual feed intake, and hyperketonemia onset in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100: 3685–3696. DOI: 10.3168/jds.2016-12085
- Rinne, M. & Sairanen, A. 2016. Mikä olisi sopiva ruokinnan intensiteetti maidontuotannossa? <https://journal.fi/smst/issue/view/5986/567>. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 32. Viitattu 4.1.2024.
- Rinta-Aho, V. 2023. Valioryhmän sopimustuotantoon siirtymisen vaikutukset maitotilayritysten kehittämissuunnitelmiin. *Agrologi YAMK-tutkinnon opinnäytetyö, Ruokaketjun kehittäminen, SeAMK*. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7939-72/Rinta-aho_Verna.pdf. Viitattu 1.11.2023.
- Rukkwamsuk T., Kruip T.A.M. & Wensing T. 1999. Relationship between overfeeding and overconditioning in the dry period and the problems of high producing dairy cows during the postparturient period. *Veterinary Quarterly* 21: 71–77. DOI: 10.1080/01652176.1999.9694997
- Ruokavirasto, 2022. Investointiavustusten määrä vuosittain. Henkilökohtainen tiedonanto.
- Sairanen, M., Kaljonen, M., Niemi, J., Antikainen, R., Hakala, K., Hartikainen, H., Heikkinen, J., Katri, J., Lehtonen, H., Mattila, T., Nisonen, S., Ketoja, E., Knuutila, M., Regina, K., Rikkonen, P., Jyri, S. & Varho, V. 2019. Ruokavaliomuutoksen vaikutukset ja muutosta tukevat politiikkayhdistelmät: RuokaMinimi-hankkeen loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:47. Valtioneuvoston kanslia, Helsinki.
- Sairanen, A., Khalili, H. & Virkajärvi, P. 2006. Concentrate supplementation responses of the pasture-fed dairy cow. *Livestock Science* 104: 292–302. DOI: 10.1016/j.livsci.2006.04.009
- Sairanen, A. & Niskanen, O. 2021. Maitotilan sopimushinnoittelu, keinot tuotannon tasaamiseen. *Käytännön maamies* 5/2021, s. 58–60. Rinnakkaistallenne saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021122963333>
- Sairanen, A., Juutinen, E. & Rinne, M. 2022. The effect of grass silage harvesting strategy and concentrate level on feed intake, diet digestibility and milk production of dairy cows. *Agricultural and Food Science* 31:160–174. DOI: 10.23986/afsci.113471
- Sairanen, A., Kajava, S., Palmio, A. & Rinne, M. 2023. Shortened first regrowth interval of grass silage as a harvesting strategy to improve nutrient supply for dairy cows: a case study. *Agricultural and Food Science* 32: 94–103. DOI: 10.23986/afsci.127253
- Shin, E.K., Jeong, J.K., Choi, I.S., Kang, H.G., Hur, T.Y., Jung, Y.H. & Kim, I.H. 2015. Relationships among ketosis, serum metabolites, body condition, and reproductive outcomes in dairy cows. *Theriogenology* 15: 252–60. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2015.03.014

- Suthar, V.S., Canelas-Raposo, J., Deniz, A. & Heuwieser, W. 2013. Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96: 2925–2938. DOI: 10.3168/jds.2012-6035
- Termonen, M., Kykkänen S., Korhonen P., Mustonen A., Seppänen M. & Virkajärvi P. 2022. Combination of cattle slurry and mineral N fertilizer for efficient grass production in Finland. *Grassland Science in Europe*, Vol. 27. *Grassland at the heart of circular and sustainable food systems*.
- Valde, J.P., Lystad, M.L., Simensen, E. & Østerås, O. 2007. Comparison of Feeding Management and Body Condition of Dairy Cows in Herds with Low and High Mastitis Rates. *Journal of Dairy Science* 90: 4317–4324. DOI: 10.3168/jds.2007-0129
- Virkajärvi, P., Rinne, M., Mononen, J., Niskanen, O., Järvenranta, K., & Sairanen, A. 2015. Dairy production systems in Finland. In: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegheer, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. & Hopkins, A. (Eds.). *Grassland and forages in high output dairy farming systems: Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation* 20: 51–66. Wageningen Academic Publishers.
- Wathes, D.C., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., Llewellyn, S., Morris, D.G., Kenny, D., Murphy, J. & Fitzpatrick, R. 2007. Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology* 68: Suppl 1:S232–41. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2007.04.00



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

