



**Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 14/2025**

## **Askeleita kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä**

Alueelliset ratkaisukeinot eloperäisten maatalousmaiden ilmastovaikutusten hillitsemisessä (ARMI) -hankkeen tuloksia

**Hanna Kekkonen, Henri Honkanen, Marika Laurila,  
Hannu Ojanen, Sanna Saarnio, Aura Salmivaara, Riitta Savikko  
ja Jaana Sorvali**



# **Askeleita kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä**

Alueelliset ratkaisukeinot eloperäisten maatalousmaiden  
ilmastovaikutusten hillitsemisessä (ARMI) -hankkeen tuloksia

**Hanna Kekkonen, Henri Honkanen, Marika Laurila,  
Hannu Ojanen, Sanna Saarnio, Aura Salmivaara, Riitta Savikko ja Jaana Sorvali**

**Viittausohje:**

Kekkonen, H., Honkanen, H., Laurila, M., Ojanen, H., Saarnio, S., Salmivaara, A., Savikko, R. & Sorvali, J. 2025. Askeleita kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä : Alueelliset ratkaisukeinot eloperäisten maatalousmaiden ilmastovaikutusten hillitsemisessä (ARMI) -hankkeen tuloksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 14/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 52 s.

Hanna Kekkonen ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-9041-6899>



ISBN 978-952-419-020-6 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-020-6>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Hanna Kekkonen, Henri Honkanen, Marika Laurila, Hannu Ojanen, Sanna Saarnio, Aura Salmivaara, Riitta Savikko ja Jaana Sorvali

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2025

Julkaisuvuosi: 2025

Kannen kuva: Hanna Kekkonen, kuvassa turvepeltoa, muokattua viljan sänkeä ja punainen rakennus

## Tiivistelmä

Hanna Kekkonen<sup>1</sup>, Henri Honkanen<sup>2</sup>, Marika Laurila<sup>1</sup>, Hannu Ojanen<sup>3</sup>, Sanna Saarnio<sup>4</sup>, Aura Salmivaara<sup>2</sup>, Riitta Savikko<sup>3</sup> ja Jaana Sorvali<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus, Oulu, <sup>2</sup> Luonnonvarakeskus, Helsinki, <sup>3</sup> Luonnonvarakeskus, Jokioinen, <sup>4</sup> Luonnonvarakeskus, Joensuu

Alueelliset ratkaisukeinot eloperäisten maatalousmaiden ilmastovaikutusten hillitsemisessä (ARMI) -hankkeen tavoitteena oli etsiä ratkaisuja erityisesti eloperäisten viljelymaiden ilmastovaikutusten hillitsemiseksi. Hanke tuotti tietoa erilaisten nurmikiertojen kasvihuonekaasupäästöistä (KHK) eloperäisillä mailla ja selvitti eloperäisten maiden ojitustekniikoiden toimivuutta. Lisäksi selvitettiin ja aktivoitiin alueellisia ja paikallisia vaikuttamismahdollisuuksia ilmastomuutoksen hillinnän ja sopeutumisen edistämiseksi maataloudessa. Paikallisia vaikuttamismahdollisuuksia pohdittiin viljelijöiden näkemyksiä kuunnellen. Hankkeen toteutti Luonnonvarakeskus vuosina 2022–2024, ja sen toimintaa tukivat omalla asiantuntijapanostuksellaan Valio Oy, Nautasuomi Oy, Salaojayhdistys ry ja Salaojituksen tukisäätiö sr sekä MTK Pohjois-Suomi ry.

Koko nurmikierron aikaisia KHK-päästöjä on toistaiseksi tutkittu turvemaidella hyvin vähän. ARMI oli ilmeisesti ensimmäinen kesä uudistuksen vaikutuksia tutkinut hanke ja toi siten uutta tieteellistä tietoa aiheesta. Tilakokeiden perusteella nurmen kesä uudistusta ei voi suositella nurmiviljelykierron kasvihuonekaasupäästöjä vähentäväksi keinoksi.

Hanke tunnisti tietoaukkoja maatalousmaiden ojitustiedoissa, mikä vaikuttaa kasvihuonekaasuinventaarion, ravinnekuormituslaskennan ja DTW-indeksin (depth-to-water, etäisyys pohjaveteen) laskentoihin. Hankkeessa tehtiin kattava arvio avo-ojitettujen peltolohkojen määrästä, mitä voidaan hyödyntää kartoituksen edelleen kehittämisessä. Hieman yli kolmannes (43 770 kpl) kartoituksen peltolohkoista luokitui avo-ojitetuksi. Näillä lohkoilla vähintään 30 cm paksun turvemaan pinta-ala oli 136 000 ± 7 000 ha (5 % virhemarginaalilla). Peltolohkojen valintakriteereistä johtuen pääosa tästä pinta-alasta oli vähintään 40 cm turvekerroksen turvemaita.

Hankkeessa selvitettiin paikallis- ja aluetoimijoiden näkökulmia ja ratkaisuja maatalouden ilmastopäästöjen hillintään, turvepeltojen ilmastoystävälliseen käyttöön sekä maatalouden alueellisen ilmastotyön nykytilaa. Menetelminä olivat ilmastostrategioiden kirjallisuusselvitys, kyselytutkimus sekä lähi- ja etätyöpajat. Hankkeen tuotoksista voivat hyötyä niin viljelijät, kuntien maaseutuhallinnon ja ilmastohankkeiden toimijat kuin turvepeltoteemojen kanssa työskentelevät henkilöt.

ARMI-hanke on osa maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni -ilmastotoimenpidekokonaisuutta. Toimenpiteillä pyritään vähentämään maa- ja metsätalouden ja muun maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä ja vahvistamaan hiilinieluja ja varastoja. Lisää toimenpidekokonaisuudesta täällä: [mmm.fi/maankayttosektorin-ilmastosuunnitelma](http://mmm.fi/maankayttosektorin-ilmastosuunnitelma).

**Asiasanat:** maatalous, turvepellot, ilmastomuutos, kasvihuonekaasut, ojitustieto, aluetoimijat, paikkatieto

## Abstrakt

Hanna Kekkonen<sup>1</sup>, Henri Honkanen<sup>2</sup>, Marika Laurila<sup>1</sup>, Hannu Ojanen<sup>3</sup>, Sanna Saarnio<sup>4</sup>, Aura Salmivaara<sup>2</sup>, Riitta Savikko<sup>3</sup> och Jaana Sorvali<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Naturresursinstitutet, Oulu, <sup>2</sup> Naturresursinstitutet, Helsinki, <sup>3</sup> Naturresursinstitutet, Jokioinen, <sup>4</sup> Naturresursinstitutet, Joensuu

Syftet med projektet Regionala lösningar för begränsning av klimatpåverkan av jordbruks torvmark (ARMI) var att hitta lösningar för att begränsa klimatkonsekvenserna av i synnerhet torvjordbruksmark. Syftet med projektet var att ta fram mätdata om växthusgasutsläppen (VHG) från olika gräsmarkscykler i torvmark och att samla in information om hur dräneringstekniken fungerar i torvjordar. Dessutom ville man utreda och aktivera regionala och lokala möjligheter att påverka jordbrukets mål om koldioxidneutralitet och främja anpassningen till klimatförändringen inom jordbruket, särskilt genom att granska metoder för torvmark och lyssna på jordbrukarnas synpunkter. ARMI-projektet genomfördes av Naturresursinstitutet under 2022–2024, och verksamheten stöddes också av Valio Oy, Nautasuomi Oy, Täckdikningsföreningen och Stödstitfelsen för Täckdikning sr och Centralförbundet för lant- och skogsbruksproducenter MTK Norra Finland.

Hittills har VHG-utsläppen under hela gräscykeln studerats i mycket liten utsträckning på torvmarker. ARMI var tydligen det första projektet som undersökte effekterna av sommarförnyelsen. Projektets resultat gav således ny kunskap jämfört med tidigare vetenskaplig kunskap. På basis av resultaten av ARMI-projektet kan sommarförnyelsen inte rekommenderas som ett sätt att minska växthusgasutsläppen.

I projektet identifierades också informationsluckor i Finlands uppgifter om dränering av jordbruksmark. Det finns betydande brister i beräkningen av VHG-inventeringen, näringsbelastningen och DTW-indexet (DTW, depth-to-water, avstånd till grundvatten), vilket delvis beror på att det inte finns tillgång till information om dikesnätet på jordbruksmark. I detta projekt kunde man dock göra en heltäckande uppskattning av antalet öppna dikade skiften, vilket är en bra grund för att utveckla kartläggningen ytterligare. Drygt en tredjedel (43 770 stycken) av de ingående åkerskiftena klassificerades som öppna dikade. På dessa skiftens areal är den minst 30 cm tjocka torvjorden  $136\,000 \pm 7\,000$  ha (med en felmarginal på 5 %). På grund av de kriterier som användes vid valet av de åkerskiften som skulle klassificeras, består huvuddelen av denna areal av minst 40 cm torvjord i torvlagret.

I projektet utreddes lokala och regionala aktörers perspektiv och lösningar för att begränsa klimatutsläppen från jordbruket och en klimatvänlig användning av torvåkrar samt nuläget för det regionala klimatarbetet inom jordbruket. De metoder som användes var en litteraturstudie av klimatstrategier, en kartläggning samt workshops på plats och på distans.

ARMI-projektet är en del av jord- och skogsbruksministeriets program Fånga kolet - klimatlösningar inom markanvändningssektorn. Syftet med åtgärderna är att minska växthusgasutsläppen från jord- och skogsbruk och annan markanvändning samt att stärka kolsänkor och kollager. Mer om paketet här: [mmm.fi/sv/markanvandningssektorns-klimatplan](http://mmm.fi/sv/markanvandningssektorns-klimatplan)

**Sökord:** jordbruk, torvåkrar, klimatförändringen, växthusgaser, dräneringsdata, regionala aktörer, rumsliga information

## Abstract

Hanna Kekkonen<sup>1</sup>, Henri Honkanen<sup>2</sup>, Marika Laurila<sup>1</sup>, Hannu Ojanen<sup>3</sup>, Sanna Saarnio<sup>4</sup>, Aura Salmivaara<sup>2</sup>, Riitta Savikko<sup>3</sup> and Jaana Sorvali<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Natural Resources Institute Finland, Oulu, <sup>2</sup> Natural Resources Institute Finland, Helsinki

<sup>3</sup> Natural Resources Institute Finland, Jokioinen, <sup>4</sup> Natural Resources Institute Finland, Joensuu

The aim of the "Regional Solutions for Mitigating the Climate Impacts of Organic Agricultural Soils" (ARMI) -project was to find local solutions to reduce climate impacts of Nordic cultivated peat soils. We measured greenhouse gas (GHG) emissions of different grassland cycles from cultivated peat soils and collected information about functionality of drainage techniques in peat soils. We researched and activated regional and local opportunities to promote mitigation and adaptation to climate change in agriculture. This was done especially by listening farmers' views. ARMI project was coordinated by Natural Resources Institute Finland (Luke) during 2022-2024, and project had also self-funded expertise help from Valio Oy, Nau-tasuomi Oy, The Finnish Field Drainage Association and the Drainage Foundation sr and The Central Union of Agricultural Producers and Forest Owners (MTK) Northern Finland.

GHG emissions throughout whole grass cultivation cycles have been studied very little in cultivated peatlands, so these results are first long-term results from several points at the same time. ARMI was also apparently the first project to study the effects of the summer renewal of grass and results provided new scientific knowledge. Based on the results of the ARMI project's farm trials, summer grass renewal cannot be recommended as a means of reducing GHG emissions from grass cultivation.

We also identified major information gaps on data of agricultural land drainage systems. There are significant shortcomings in the calculation of the GHG-inventory, nutrient load and DTW index (DTW, depth-to-water), which are partly due to lack of spatial ditch network information from agricultural land areas. We were able to create a comprehensive estimate of the number of open-drained field parcels, which is a good basis for further development. Main result was that slightly more than one-third (43,770) field parcels which were included to calculation were classified as open-drained. The area of peat soil in these field parcels which had at least 30 cm thick peat layer was 136,000 ± 7,000 ha (with a 5% margin of error). Due to selection criteria main of this area is at least 40 cm thick peat layered.

We also studied the perspectives and solutions of local and regional actors for mitigating GHG emissions from agriculture and for climate-friendly use of cultivated peatlands. We also summarized current state of regional climate work in agriculture. Our methods were literature review of regional and local climate strategies, survey, face-to-face and remote workshops.

ARMI project was part of the Catch the carbon -climate solutions in the land use sector program of the Ministry of Agriculture and Forestry. These measures aim to reduce greenhouse gas emissions from agriculture, forestry and other land use and to strengthen carbon sinks and storages. More about the package here: [mmm.fi/en/climate-plan-for-the-land-use-sector](http://mmm.fi/en/climate-plan-for-the-land-use-sector)

**Keywords:** agriculture, cultivated peatlands, climate change, greenhouse gases, drainage data, regional actors, spatial information

# Sisällys

<b>1. Hankkeen tausta ja toiminta tiivistetysti .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Kokonaisen nurmikierron aikaiset kasvihuonekaasupäästöt turvepelloilta ..</b>	<b>10</b>
2.1. Aineisto ja menetelmät .....	10
2.2. Tulokset .....	18
2.3. Johtopäätökset .....	24
<b>3. Avo-ojitettujen turvepeltojen määrän arviointi koneoppimisen avulla .....</b>	<b>26</b>
3.1. Aineisto ja menetelmät .....	26
3.2. Tulokset .....	27
3.3. Johtopäätökset .....	31
<b>4. Alueelliset mahdollisuudet maatalouden ilmastotoimien edistämiseksi.....</b>	<b>32</b>
4.1. Alueellinen ilmastotyö maataloudessa -selvityksen antia .....	32
4.2. Turvepeltojen käytön tulevaisuus -työpajojen antia.....	34
4.2.1. Maakuntien yhteisiä näkökulmia turvepeltojen käyttöön ilmastotoimiin ja maataloustuotantoon.....	34
4.2.2. Kohdemaakuntien painotuksia turvepeltojen käyttöön ilmastotoimiin ja maataloustuotantoon.....	37
4.2.3. Millaisia toimintamahdollisuuksia aluetoimijoilla nähdään olevan turvepeltojen käytön tulevaisuudessa?.....	39
4.3. Muut hankkeen tuotokset.....	43
<b>5. Toimintasuositukset .....</b>	<b>44</b>
<b>Viitteet.....</b>	<b>45</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>48</b>

# 1. Hankkeen tausta ja toiminta tiivistetysti

Alueelliset ratkaisukeinot eloperäisten maatalousmaiden ilmastovaikutusten hillitsemisessä (ARMI) -hankkeen (2022–2024) tavoitteena oli etsiä ratkaisuja erityisesti eloperäisten viljelymaiden ilmastopäästöjen vähentämiseksi. Eloperäisten viljelymaiden, turvepeltojen, ilmastovaikutukset ovat maataloussektorilla ja maankäyttösektorilla merkittävässä roolissa (Lehtonen ym. 2021). Turvepellot varastoivat runsaat määrät hiiltä ja typpeä, mutta kuivatus ja viljelytoimet saavat aikaan näiden vapautumisen päästöinä ilmakehään ja vesistöihin.

Hankkeen avulla pyrittiin etsimään alueellisia ratkaisukeinoja Maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmassa (MISU) (MMM 2022) mainittujen, turvepelloille kohdennettujen ilmasto- ja ympäristöä hyödyttävien maankäytön toimenpiteiden jalkauttamiseen. Turvepeltojen ilmastoviisaiden viljelykäytäntöjen tavoitteena on hidastaa turpeen hajoamista ja siten hillitä kasvihuonekaasujen vapautumista ilmakehään. Erityisesti Pohjois-Suomessa maataloudella on suuri alueellinen ilmastovaikutus, koska eloperäisten viljelymaiden osuus kokonaisviljelyalasta on suuri (Kekkonen ym. 2019).

Maankäytön ilmastosuunnitelman (MISU) toimenpiteitä turvepelloille

- vettämistoimenpiteet (kuten ennallistaminen, kosteikkoviljelyyn siirtyminen tai CAP-toimenpiteenä toteutettava ilmasto-kosteikko),
- monivuotisten kasvien suosiminen turvepelloilla (kuten CAP-toimenpiteen pitkäaikainen nurmiviljely) sekä
- huonotuottoisista, tuotannollisesti kannattamattomista turvepelloista luopuminen.

ARMI-hankkeen yhtenä tavoitteena oli tuottaa mittaustietoa eloperäisten maiden erilaisten nurmikiertojen kasvihuonekaasupäästöistä. Hankkeessa myös selvitettiin turvemaiden ojitustilannetta. ARMI-hankkeen avulla lisättiin aluetason tietoisuutta turvepeltojen ilmastovaikutuksista. Hankkeessa pyrittiin aktivoimaan alueen paikallistoimijoita kehittämään alueen maataloutta tukevia ratkaisuja turvemailta muodostuvien päästöjen ehkäisemiseksi ja hillitsemiseksi. ARMI-hankkeen tavoitteet on kiteytetty kuvaan 1. Seuraavaksi näitä kolmea teemaa kuvataan hieman tarkemmin.



**Kuva 1.** ARMI-hankkeen tavoitteet.

ARMI-hankkeessa jatkettiin Orgaanisten maiden ilmastopäästöjen hillintä nautakarjatiloiilla (OMAIHKA)-hankkeessa (2020–2023) aloitettuja eloperäisten viljelymaiden kasvihuonekaasumittauksia nurmikierron aikaisten kasvihuonekaasupäästöjen tarkentamiseksi. Kasvihuonekaasumittauksia tehtiin kuudella eri pilottikohteella Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa ja Pohjois-Savossa. Koko nurmikierron aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä on tähän mennessä tutkittu turvemaidella hyvin vähän, ja ARMI oli ilmeisesti ensimmäinen kesäuudistuksen vaikutuksia tutkinut hanke. Siten hankkeen tulokset toivat uutta tietoa aiempaan tieteelliseen tietoon verrattuna. Mittauksista saatavat tulokset tukevat mm. nurmiviljelyn päästökerrointen päivittämistä ja tätä kautta eloperäisiä viljelymaita koskevaa päätöksentekoa.

Hankkeen ojitustietoa koskevassa työpaketissa tunnistettiin tietoaukkoja ojitustiedossa maatalousmaiden osalta. Puutteet vaikuttavat kasvihuonekaasuinventaarion ja ravinnekuormituksen sekä DTW-indeksiin (DTW, depth-to-water, etäisyys pohjaveteen) laskentaan. Kasvihuonekaasuinventaariossa ensisijaisena tarpeena on saada arvioitua maatalousmaiden maatalousojien määrä (metreinä). Myös kosteusindeksien arvot vääristyvät laskennan ojitustiedon ollessa puutteellista, koska laskenta arvioi veden virtausreitit virheellisesti.

Lisäksi hankkeessa kehitettiin paikallisen vaikuttamisen mahdollisuuksia, edistettiin viljelijöiden ja aluetoimijoiden vuorovaikutusta ja etsittiin alueyhteisöissä mahdollisuuksia vaikuttaa eloperäisille maatalousmaille kohdentuviin ilmastotoimiin. Alueellisesta vaikuttamisesta ilmastotyössä Suomessa on kokemusta mm. Hinku-kuntien toiminnan kautta (Hiilineutraali Suomi). Maatalouteen kohdistuvien toimenpiteiden viestinnässä ja paikallisten ratkaisukeinojen edistämiseksi on vielä kehitettävää. Hankkeen avulla pyrittiin osallistamaan paikallisia ja alueellisia toimijoita (esimerkiksi kuntatasolta ja maakuntatasolta) ja pohtimaan, millaisia mahdollisuuksia heillä voisi olla maatalouden ilmastotoimien edistämiseksi. Hankkeen avulla pyrittiin selvittämään aluetoimijoiden mahdollisuuksia tukea maanomistajia ilmastotyössä. Hankkeessa pyrittiin löytämään keinoja, joilla voitaisiin aluetasolla tukea maatalouden sopeutumista ilmastonmuutokseen ja maatalouden ilmastotavoitteiden saavuttamista sekä maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Hanke toteutti ja tuki Kansallisen

ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelman 2022 (MMM 2014b) ja Maatalouden ilmasto-ohjelman (MMM 2014a) ja Maatalouden ilmastotiekartan (Lehtonen ym. 2020) tavoitteita.

Hankkeen tuottamat materiaalit säilyvät saatavilla hankkeen päätyttyäkin muun muassa hankkeen verkkosivulla [www.luke.fi/projektit/armi](http://www.luke.fi/projektit/armi). Hankkeen tuotoksista voivat saada apua ja hyötyä omaan toimintaansa niin viljelijät, kuntien maaseutuhallinnon ja kuntien ilmastohankkeiden toimijat kuin turvepeltoteemojen kanssa aluehallinnossa työskentelevät.

Kiitämme hankkeen kasvihuonekaasumittausten kanssa ahertaneita Luke Ruukin infrastruktuuripalveluista: Linda Grönholm, Jani Markus, Jani Kurunsaari sekä Luke Maaningalta mittauksista vastanneita: Petra Manninen ja Sanni Semberg. Kiitos Luken julkaisupalveluiden Elina Virkkuselle raportin taitosta.

## 2. Kokonaisen nurmikierron aikaiset kasvihuonekaasupäästöt turvepelloilta

### 2.1. Aineisto ja menetelmät

ARMI-hankkeessa jatkettiin kasvihuonekaasumittauksia OMAIHKA-hankkeessa (Orgaanisten maiden ilmastopäästöjen hillintä nautakarjatiloiilla -hankkeessa) valituilla kuudella kohteella (Taulukko 1). ARMI-hankkeelle kuuluvat mittaukset alkoivat alkukesällä 2022 ja jatkuivat alkukesään 2024. ARMI-hankkeessa myös otettiin käyttöön lisää mittausten menetelmiä tarkempien tulosten saavuttamiseksi (Taulukko 2). Tavoitteena oli seurata nurmiviljelykierron aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä erilaisilla turvepelloilla Pohjois-Pohjanmaalla, Pohjois-Savossa ja Kainuussa.

**Taulukko 1.** Kasvihuonekaasujen mittauskohteet ja viljelytilanteet.

Kohde	Vertailutilanne	Viljelytilanne 2020	Viljelytilanne 2021	Viljelytilanne 2022	Viljelytilanne 2023
Tila 1, Pohjois-Pohjanmaa	avoin ja suljettu salaojakaivo = kuivempi ja märempi alue samalla peltolohkolla	vanha rehunurmi	nurmen kesäuudistus, vanha nurmi, joka kynnettiin syksyllä	rehunurmi, nurmen kevätuudistus, viljapelto	rehunurmi, rehunurmi, vilja
Tila 2, Pohjois-Pohjanmaa	salaojitettu pitkään viljelty ja avo-ojitettu 12 v. viljelty peltolohko	nurmi kylvetty viljan alle	rehunurmi	rehunurmi	rehunurmi
Tila 3, Pohjois-Pohjanmaa	osa suuresta lohkoista, jolla kaksi viljelytilannetta	vanha nurmi, osa kynnetty syksyllä	nurmen kevätuudistus, nurmen kesäuudistus	rehunurmi, rehunurmi	rehunurmi, rehunurmi
Tila 4, Pohjois-Savo	osa suuresta lohkoista, jolla yksi viljelytilanne	nurmi kylvetty viljan alle	rehunurmi	rehunurmi	rehunurmi
Tila 5, Pohjois-Savo	yksi lohko, jolle kaksi viljelytilannetta	nurmen kesäuudistus, nurmen syyskyntö	kevätuudistus, rehunurmi	rehunurmi, rehunurmi	rehunurmi, rehunurmi
Tila 6, Kainuu	pitkään viljelty lohko ja vain 2 v. sitten raivattu lohko	vanha nurmi, viljapelto (ei satoa)	vanha nurmi, nurmi (ei satoa)	vanha nurmi, nurmi (ei satoa)	vanha nurmi, nurmi (ei satoa)

**Taulukko 2.** Mitattavat suureet sekä mittausmenetelmät.

Luokka	Mitattava suure	Menetelmä
Kaasut	Ekosysteemihengitys	Pimeäkammio tai lumigradientti
	N <sub>2</sub> O	Pimeäkammio tai lumigradientti
	CH <sub>4</sub>	Pimeäkammio tai lumigradientti
	Maahengitys	Paljaan maan pimeäkammio
	Hiilidioksidin nettovaihto	Valokammio
Kasvusto	Kuiva-aine	Määräalanäytteet
	Yhteyttävä pinta-ala	Canopeo/RapidScan-ohjelma
Taustamuuttujat	Maan lämpötila	Tomst-laite
	Maan kosteus	Tomst-laite
	Pohjavedenpinnan korkeus	Hobo-tallennin/käsimittaukset
Maaperä	Turpeen syvyys	Turvekaira
	Maan hiilipitoisuus	LecoCN-analyysi
	Maan typpipitoisuus	LecoCN-analyysi
	Muut ravinteet ja pH	Eurofins viljavuusanalyysi

Kasvihuonekaasuja (ekosysteemihengitys CO<sub>2</sub>, dityppioksidi N<sub>2</sub>O ja metaani CH<sub>4</sub>) mitattiin pimeäkammion menetelmällä. Kasvukauden aikana mittauksia tehtiin keskimäärin kerran kahdessa viikossa ja kasvukauden ulkopuolella harvemmin, noin kerran kuukaudessa. Mittauksia varten jokaiselle käsittelylle asennettiin neljä kappaletta vesiurallisia alumiinikauluksia (60 cm x 60 cm), joiden liepeet ulottuivat noin 10–15 cm:n syvyyteen. Kaulukset oli sijoitettu kuhunkin käsittelyyn sarkaojien tai kylvösuunnan mukaiseen jonoon muutaman metrin päähän toisistaan (Kuva 2). Sarkaojallisissa kohteissa kaulukset sijaitsivat ojanreunan ja saran keskikohdan puolella välissä. Viljelytoimenpiteiden ajaksi kaulukset nostettiin maasta ylös ja asennettiin jälkeen päin takaisin samoille paikoille. Pimeäkammion mittauksissa kauluksen uriin lisättiin vettä, jolloin alumiininen 40 cm korkea kammio voitiin asettaa ilmatiiviisti kauluksen päälle.

Mittauksen aluksi kammioista otettiin ruiskun avulla tyhjiöityyn näyteputkeen yksi 20 ml:n kaasunäyte. Mittausta jatkettiin yhtäjaksoisesti puoli tuntia ja kaasunäytteitä otettiin yhteensä neljä 10 minuutin välein. Koko mittauksen ajan kammioon asennettu tuuletin sekoitti ilmaa, ja lämpötila kammion sisällä mitattiin jokaisena näytteenottohetkenä. Kaasunäytteet analysoitiin laboratoriossa kaasukromatografilla (Agilent 7890 Agilent Technologies, Inc., Wilmington, DE, USA). Typpikaasua ja kaasuseosta tunnetuilla CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-pitoisuuksilla käytettiin määrittämään seitsemän kalibrointipistettä, joiden avulla laskettiin kammioista otettujen näytteiden kaasupitoisuudet. Neljän näytteen pitoisuuden ja näytteenoton ajanhetkien välille sovittiin lineaarinen regressiosuora. Hetkellinen kaasuvuo määritettiin sovitettuna suorana kulmakertoimen ja ideaalikaasun tilanyhtälön avulla. Mittauksen hyväksymiskriteerinä CO<sub>2</sub>:lle käytettiin näytepisteiden lineaarisuutta ajan suhteen eli jos  $R^2 \geq 0,9$ , niin mittaus hyväksyttiin. N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-vuo olivat usein lähellä nollaa ja siten niiden pitoisuuden muutos puolen tunnin mittausjakson aikana ei käytössä olleen mittaustarkeyden perusteella aina näyttänyt lineaarisena. Koska niiden vuon vähäisyys oli kuitenkin totta, käytettiin CO<sub>2</sub>-vuon lineaarisuutta myös N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-mittausten hyväksymiskriteerinä.



**Kuva 2.** Tilan1 kuivan puolen ilmakuva, jossa näkyy kaulusten sijainti. Kuva: Henri Honkanen / Luke.

Paljaan maan hengitystä varten pimeäkammiokaulusten viereen asennettiin halkaisijaltaan 27 cm:n ilmastointiputket. Putkien korkeus oli 30 cm ja ne asennettiin noin 10 cm:n syvyyteen. Putken sisältä kaikki vihreä kasvusto poistettiin ja pidettiin kitkemällä poissa hankkeen ajan. Myös putket nostettiin viljelytoimenpiteiden ajaksi ylös. Mittauksen aikana putken päälle asennettiin kansi, johon oli kytketty Vaisalan GMP-343 hiilidioksidianturi, joka mittasi myös lämpötilaa. Kannessa oli lisäksi tuuletin, joka sekoitti ilmaa mittauksen ajan. Putken yläreunaan oli asennettu kumitiiviste, jonka ansiosta kannen ja putken välinen liitos oli ilmatiivis mittauksen ajan.

Mittaukset aloitettiin yhden minuutin kestoisena viiden sekunnin mittausvälillä, mutta aikasarjan pituutta nostettiin jo alkukesästä 2022 kahteen minuuttiin, jotta saataisiin tarkempia mitaustuloksia. Alku- ja loppukasvukaudesta mitattiin viisi minuuttia, koska hiilidioksidivuot olivat silloin hyvin pieniä. Aikasarjan alusta poistettiin datapisteitä ensimmäisten 20 sekuntien ajalta, sillä hiilidioksidivuoto ei ollut yleensä vielä silloin tasoittunut. Hiilidioksidipitoisuuksien ja mittausajanhetkien välille sovitettiin lineaarinen regressiosuora, jonka kulmakerroin kertoi CO<sub>2</sub>-pitoisuuden muutosnopeuden kammioalavuudessa kammion pinta-alaa kohden. Se muutettiin ideaalikaasun tilanyhtälön ja yksikkömuutosten avulla yksikköön g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Mikäli lineaarisen regression selitysaste oli ( $R^2$ ) < 0,9, mittaukset suunniteltiin hylättäviksi. Se olisi kuitenkin poistanut hyvin paljon pieniä arvoja ja täten vinouttanut mallinnuksia, joten hylkäyskriteeriksi lisättiin  $S_{xy} > 95 \%$  ( $S_{xy}$  on lineaarisen regression mittapisteiden residuaalien keskiahjonta ja 95 % on käytetty raja-arvo, joka on 95 % osuus mittauksen residuaalien keskiahjonnasta, eli enimmillään havainnoista olisi ollut mahdollista poistaa 5 % koko aineistosta, jos näillä olisi toteutunut myös ehto  $R^2 < 0,9$ ), (Kutzbach 2007).

Talvella lumen paksuuden ollessa yli 15 cm kaasuvuot mitattiin lumigradienttimenetelmällä (Sommerfeld ym. 1993, Maljanen ym. 2003). Kaasunäytteet imettiin pillillä ilmasta, lumen sisältä 10 cm:n välein sekä lumen alta 1 cm maan pinnan yläpuolelta kolmesta eri kohdasta kustakin kauluksesta. Lisäksi otettiin tilavuustarkat näytteet lumiprofiilista jokaisen käsittelyn kohdalta ja punnittiin ne lumen huokoisuuden määrittämiseksi. Kaasuvuo laskettiin Fickin ensimmäisen lain avulla.

Valokammioimenetelmällä arvioitiin kasvien yhteyttämän hiilen määrää. Valokammiona toimi 25 cm tai 60 cm korkea alumiiniprofiilista ja 1 mm paksusta, läpinäkyvästä polykarbonaattilevyistä rakennettu kammio. Kammioon oli kytketty Vaisalan GMP-343 hiilidioksidianturi, Vaisalan HMP-110 lämpötila- ja kosteusanturi, kaksi tuuletinta ja LI-190 PAR-anturi (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA). Valokammioilla mitattiin samoista kauluksista kuin pimeäkammioillakin. Mittauksia tehtiin noin kahden viikon välein ja yksi mittaus kesti yhden minuutin ja mittausresoluutio oli 5 sekuntia. Alku- ja loppukasvukaudesta mittauksia tehtiin myös kahden minuutin ajan. Kasvien yhteyttämistä tutkittiin eri valaistusolosuhteissa, mitä varten käytössä oli kaksi harsoa ja yksi pimennysverho (Kuva 3). Näin mittauksia saatiin tehtyä neljällä eri valaistusolosuhteella (noin 100 %, 50 %, 25 % ja 0 % silloisesta säteilymäärästä). Pilvisellä säällä sekä alku- ja loppukasvukaudesta käytettiin vain kirkasta kammiota ja pimennysverhoa. Mittauksia tehdessä pyrittiin suosimaan pilvetöntä taivasta tai tasaista pilvisyyttä. Kaasuvuo laskettiin samalla tavoin kuin paljaanmaan hengityksissä.



**Kuva 3.** Mittausten tekoa pimennetyllä valokammioilla ja taustalla näkyy pimeäkammioita.  
Kuva: Kati Ylitalo / Luke

Maan lämpötilaa ja kosteutta mitattiin yhtäjaksoisesti 15 minuutin välein Tomst TMS-4 -tallentimilla (Tomst s.r.o. Praha). Jokaiseen käsittelyyn asennettiin kaksi mittalaitetta, joista toinen laite mittasi lämpötilaa 6 cm:n syvyydeltä ja kosteutta 0–6 cm:n kerroksesta. Toinen mittasi molempia 30 cm:n syvyydestä. Mittalaitteet kerättiin pois viljelytoimenpiteiden, kuten kynnön ja niiton ajaksi. Lämpötilamittauksiin jääneitä aukkoja täydennettiin maan lämpötilamallin (Zheng ym. 1993) ja Ilmatieteenlaitoksen lähimmän sääaseman ilmanlämpötila-

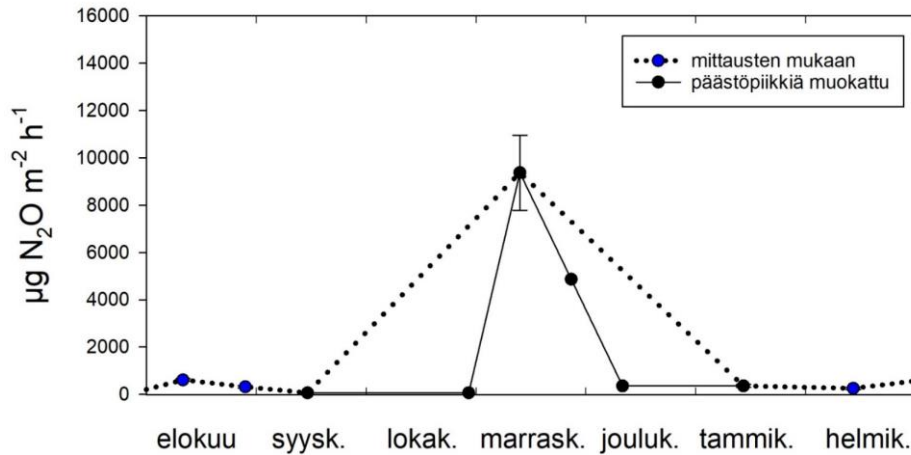
aineiston avulla. Ilmatieteenlaitoksen (CC BY 4.0) tuottamaa ilmanlämpötilaa ja kokonaissäteilyä (kokonaissäteily muutettiin PAR-säteilyksi kertoimella 2.04 (Meek ym. 1984)) hyödynnettiin CO<sub>2</sub>-mallien taustamuuttujina.

Rei'itetty, 120 cm pitkä muoviputki työnnettiin kairan avulla tehtyyn reikään kunkin kauluksen viereen pohjavedenpinnan mittaamista varten. Pohjavedenpinnan etäisyys pellon pinnasta mitattiin pietsometrillä tai rullamitalla jokaisen pimeäkammionmittauksen yhteydessä. Lisäksi yhteen putkeen per käsittely asennettiin yksi Onset Hobo waterlevel logger (Onset, Bourne, United States) -paineanturi mittaamaan yhtäjaksoisesti puolen tunnin välein painetta, joka samasta putkesta tehdyn vedenpinnankorkeusmittauksen perusteella muutettiin vedenpinnan korkeuden aikasarjaksi.

Kasvustosta otettiin määrääalanäytteitä (0,25 m x 0,5 m) kaksi kappaletta jokaisen kauluksen ympäristöstä niittojen yhteydessä eli kaksi tai kolme kertaa vuodessa. Lisäksi kaulusten sato korjattiin niittojen yhteydessä, jotta kasvuston kuivapainoja pystyttiin vertaamaan saman kasvukauden hiilidioksidin bruttofotosynteesi- ja ekosysteemihengitysarvioihin. Nurmen kuiva-ainesadosta 45 % oletettiin olevan hiiltä (Jensen ym. 2005). Kasvuston yhteyttävää pinta-alaa mitattiin valokammionmittausten yhteydessä ensin vuonna 2022 Canopeo-sovelluksella (Canopeo-app, Oklahoma State University Department of Plant and Soil Sciences 374 AGH, Stillwater, OK 74078) ja vuonna 2023 RapidScan (Holland Scientific, Inc. Lincoln, NE) reflektanssimittarilla. Menetelmää vaihdettiin Canopeosta RapidScaniin laitteen nopeamman toiminnan takia.

Mitatuista kasvipeitteisyyksistä muodostettiin kasvillisuusindeksi (saa arvoja välillä 0–1). Sitä varten Canopeo-aineisto jaettiin luvulla 100 (data oli vihreä pinta-ala prosentteina). RapidScanilla mitattiin kasvustosta heijastuvaa valoa. Laitteella mitattiin infrapunaa (NIR) ja punaista aallonpituutta, jotka jakamalla keskenään saatiin kasvillisuusindeksi RVI (ratio vegetation index). RVI jaettiin vielä luvulla 10 (suurin mitattu RVI), jotta saatiin muodostettua Canopeo-aineiston kaltainen indeksi 0–1. Mittaus onnistuttiin tekemään vain harvoin juuri ennen niittoa tai välittömästi sen jälkeen. Tämän takia edellinen mitattu kasvillisuusindeksi jatkettiin ajanhetkeen juuri ennen niittoa, jonka jälkeen indeksi pudotettiin arvoon 0,2, joka oli Canopeolla mitattu keskiarvo niitetylle nurmelle. Talviaikana kasvipeitteisyyden indeksi oli 0. Nollapiste ennen talvea valittiin lumen tulon tai maan jäätyneen perusteella ja vastaavasti viimeinen nolla-arvo keväällä oli lumien lähdön tai maan sulamisen aikana (ajanhetki valittu maan lämpötilamittauksista). Mittausten väliset ajat interpoloitiin.

Vuotuinen N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-vuo arvioitiin interpoloimalla lineaarisesti mittauspäivien välissä oleville päiville arvio N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-vuosta ja laskemalla päiväkohtaiset arvot yhteen. Koska mitaukset päättyivät alkukesällä 2024 viidellä kohteella aiemmin kuin ne alkukesällä 2020 alkoivat, N<sub>2</sub>O- ja CH<sub>4</sub>-vuon oletettiin jatkuvan muutaman puuttuvan päivän verran samana kuin viimeisessä mittauksessa toukokuun lopulla. Lisäksi Tilalla 3 havaittiin marraskuussa 2021 suuri päästö, mutta mittauksia oli silloin harvassa muun muassa lomien ja olosuhteiden takia (ei riittävästi lunta lumigradienmittauksiin, mutta lunta ja pakkasta vaikeuttamassa kammionmittauksia). Jotta marraskuun yksittäisen mittauskerran suuri päästö ei olisi liikaa korostunut lineaarisessa interpoloinnissa (edellinen mittaus syyskuussa ja seuraava tammikuussa), suuren päästön oletettiin käyttäytyvän samoin kuin Tilan 5 vuoden 2020 kesä uudistuksen aikana. Kuva 4 havainnollistaa päästöpiikin maltillistamista.



**Kuva 4.** Koska mittauksissa oli kahden kuukauden tauko ennen ja jälkeen suuren päästön marraskuussa 2021, niin interpolointia varten oletettiin, että päästö oli pari viikkoa ennen suurta päästöä alhainen (lokakuun lopulla = edellisellä mittauskerralla syyskuussa), pari viikkoa suuren päästön jälkeen noin puolet siitä (=huippupäästön ja seuraavan mittauksen keskiarvo) ja neljä viikkoa suuren päästön jälkeen alhainen (=seuraavan mittauskerran päästö tammikuussa).

CO<sub>2</sub>-vuositaseet laskettiin empiirisiä ekosysteemimalleja hyödyntäen, sillä hiilidioksidivuo vaihtelee hetkellisesti riippuen yhteyttämis- ja hengitysnopeutta säätelevien ympäristötekijöiden vaihtelusta. Valokammioilla mitattiin ekosysteemin nettovuota (NEE) sekä pimennysverholla pimentäen ekosysteemihengitysnopeutta (ER) samoissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa. Kun oletetaan kasvien ja maaperäeliöiden hengitysnopeus valossa samaksi kuin pimeässä, niin näiden mittausten perusteella voidaan laskea kasvien yhteyttämisnopeus (GP, g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>):

$$GP = NEE - ER$$

Maastomittauksia vastaavien, laskettujen GP-arvojen ja samaan aikaan mitattujen ympäristötekijöiden avulla ratkaistiin kasvien yhteyttämistä kuvaavan epälineaarisen mallin (Long ym. 1985) tuntemattomat parametrit:

$$GP = \frac{A_{max} * PAR}{k + PAR} * VI * T_{scale}$$

jossa PAR on fotosynteesiä aktivoiva säteily, VI on kasvillisuusindeksi ja T<sub>scale</sub> on fotosynteesin lämpötilariippuvuutta kuvastava indeksi. A<sub>max</sub> kuvastaa GP:n maksimiarvoa ja k fotosynteesin saturaatiota suhteessa valon määrään. Malli sovitettiin jokaiselle kaulukselle ja kullekin vuodelle erikseen.

Ratkaistujen yhtälöiden ja ympäristötekijöiden aikasarjojen (yhteyttämisseiteily, ilman lämpötila, yhteyttävän kasvillisuuden määrä) avulla arvioitiin yhteyttämisenopeus jokaiselle tunnille, jotka summaamalla saatiin laskettua vuositaset kullekin kaulukselle. Edellisen yhtälön lämpötilariippuvuus (Raich ym. 1991) on muotoa:

$$T_{scale} = \frac{(T - T_{min})(T - T_{max})}{(T - T_{min})(T - T_{max}) - (T - T_{opt})^2}$$

jossa  $T$  on mitattu lämpötila,  $T_{min}$  eli yhteyttämisen pienin mahdollinen lämpötila on  $-2\text{ °C}$ ,  $T_{max}$  eli suurin mahdollinen lämpötila on  $40\text{ °C}$  ja optimilämpötila on  $20\text{ °C}$  (vrt. Kandel ym. 2013).

Ekosysteemihengitys ( $ER$ ) sisältää sekä maaperän hengityksen ( $ER_{hetero}$ ) että kasvien hengityksen ( $ER_{auto}$ ) (Lloyd & Taylor 1994):

$$ER = R_{hetero} + R_{auto}$$

Samalla mallilla arvioitiin kummankin hengityksen tuntemattomat parametrit. Maaperän hengityksestä:

$$R_{hetero} = R_{0s} * \exp\left(E_{0s} \left(\frac{1}{56.02} - \frac{1}{T_{soil} + 46.02}\right)\right)$$

ratkaistiin maaperän hengitys maan lämpötilan ollessa  $10\text{ °C}$  ( $R_{0s}$ ) ja ekosysteemin lämpötilariippuvuus  $E_{0s}$ . Maahengitys tällä yhtälöllä oli riippuvainen vain maan lämpötilasta,  $T_{soil}$ .

$$R_{auto} = VI * R_{0p} * \exp\left(b_d \left(\frac{1}{10 + 273} - \frac{1}{T_{air} + 273}\right)\right)$$

Kasvien hengitys oli riippuvainen kasvillisuuden määrästä ( $VI$ ) ja ilman lämpötilasta ( $T_{air}$ ). Empiirisellä mallilla tästä yhtälöstä ratkaistiin kasvien hengitys lämpötilassa  $10\text{ °C}$  ( $R_{0p}$ ). Kasvien hengityksen lämpötilariippuvuutena käytettiin arvoa 5000 (Lohila ym. 2003). Kun kullekin kaulukselle ja vuodelle oli ratkaistu omat yhtälöt, niillä arvioitiin vuosittaiset tuntiaikasarjat mitattujen lämpötilojen ja kasvillisuusindeksien avulla. Vuosittaiset saatiin laskemalla tuntiaikasarjat yhteen. Vuosittaiset hiilidioksidin nettotasearviot laskettiin summaamalla kasvien yhteyttämisen (negatiivinen vuosi) ja ekosysteemin hengitys (positiivinen vuosi).

Kasvien yhteyttämisenopeuden sekä ekosysteemin ja paljaan maan hengityksenopeuden mallinnuksissa yksittäiset poikkeavat arvot määriteltiin residuaalien perusteella. Jos standardisoitujen residuaalien arvo ylitti arvon kolme, ne poistettiin, jotta yksittäiset poikkeamat eivät vaikuttaisi liikaa mallien tulokseen. Tämä johti yhteyttämisen malleissa 85 datapisteen poistoon 3632 datapisteestä ja ekosysteemin hengityksen malleissa 56 datapisteen poistoon 3617 datapisteestä. Vastaavasti paljaan maan hengityksessä yhteensä 64 datapistettä poistettiin 2657 datapisteestä eli 0–2 arvoa mallinnusta kohden.

Keskimäärin yhdessä mallinnuksessa (yhtä vuotta ja yhtä mittauskaulusta kohden) yhteyttämistä sekä ekosysteemin hengitystä varten käytettiin noin 30 datapistettä (vähintään 9 ja enintään 68 yhteyttämässä, vähintään 19 ja enintään 50 ekosysteemin hengityksessä). Maahengityksessä määrä jäi noin 16 (vähintään 9, enintään 29) datapisteeseen. Käytettävissä olevien datapisteiden määrä yhtä mallinnusta kohden vaihteli suuresti riippuen vuodesta ja mitauskohteesta. Esimerkiksi kasvien yhteyttämistä varten Tilan 6 vanhalla pellolla (6A) käytössä oli vain 9 datapistettä vuonna 2023, sillä edellisen vuoden uudistus piti pellon pitkään kasvitomana. Mitattujen ja mallinnettujen arvojen välinen korrelaatio ( $R^2$ ) oli kasvien yhteyttämällä keskimäärin 0.85 (vähintään 0.43, enintään 0.99), ekosysteemihengityksillä 0.77 (vähintään 0.28, enintään 0.97) ja maahengityksellä 0.66 (vähintään -0.10, enintään 0.96). Maahengityksestä kolme epäonnistunutta mallinnusta poistettiin (negatiiviset korrelaatiot), mutta muita poistoja ei tässä vaiheessa tehty, vaan kaikki muut mallit hyväksyttiin.

Ekosysteemihengityksen malleista kymmenessä esiintyi poikkeavia arvoja mallinnetulla  $E_s$ -parametrilla (arvot negatiivisia tai yli 1000), pääosin Tilalla 1B ja 1E. Etenkin korkeat arviot johtivat mallien kaoottiseen yliarvioimiseen korkeilla maan lämpötiloilla. Tämän takia nämä kohteet mallinnettiin uudestaan annetuilla  $E_s$  arvoilla, jotka perustuivat Tilalla 1 maahengityskaulusten keskiarvoon sekä kahdessa muussa kauluksessa kyseisen käsittelyn keskiarvoon hyväksytyistä mallinnoista. Ekosysteemihengityksen ja kasvien yhteyttämisen malleissa huonot korrelaatiot ilmenivät pääosin Tilalla 3 vuonna 2023. Kyseisellä tilalla oli tuolloin tehty yllättäviä toimenpiteitä, joiden seurauksena kaulusten paikkoja oli jouduttu muuttamaan. Tämä aiheutti mittauksissa arvoja, jotka eivät olleet mallinnukseen soveltuvia. Mallien vuositaseet olivat kuitenkin linjassa mitattujen arvojen kanssa, kuten muillakin matalan korrelaation malleilla, joten tässä vaiheessa malleja ei tulosesittelystä poistettu. Huonojen korrelaatioiden malleilla oli hankalaa arvioida hetkellisten  $CO_2$ -voiden paikkansapitävyyttä, mutta vuositaseessa erot yli- ja aliarviointien kanssa tasoittuivat.

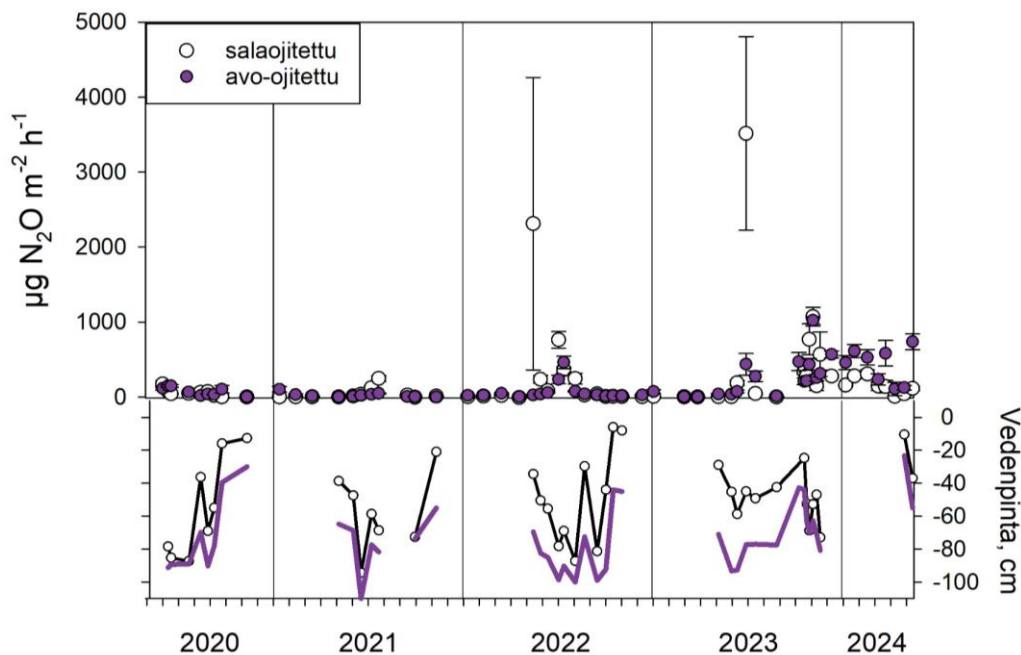
$CO_2$ -vuota mitattiin maahengityksenä vuodesta 2021 lähtien ja myös ekosysteemin nettovuona vuodesta 2022 lähtien. Eli maahengityksestä saatiin koostettua vuositaseet kolmelle vuodelle (20.5.2021 – 19.5.2024) ja ekosysteemin nettovuolle kahdelle vuodelle (15.5.2022 – 14.5.2024). Vuosiaikasarjan alkupäivä valittiin sen mukaan, miten saatiin parhaat mahdolliset aineistot käyttöön vuositaseille. Maahengitysmittauspisteitä perustettaessa pintamaata piti muokata ja vihreä kasvillisuus poistaa. Tästä syystä kyseisen vuoden mittaustulokset oletettiin vastaavan nurmen perustamisvuoden päästöjä, vaikka kyseisen kohteen nurmi olisikin perustettu jo edellisenä vuonna. Tilan 1 käsittelyissä B, C, E ja F nurmen uudistus tehtiin vasta 2022, jolloin perustamisvuoden päästöt saatiin kyseisiltä kohteilta siltä vuodelta. Koko nurmikierron päästöjä varten tehtiin oletus, että nurmikierto koostui uudistusvuodesta, joka oli joko syyskynnön jälkeinen vuosi tai kesäuudistuksen aikainen vuosi. Lisäksi kiertoon kuului kolme sadonkorjuuvuotta, joiden aikana ei muokkauksia tapahtunut.

Tavallisten nurmivuosien vuositaseista laskettiin keskiarvot. Koko nurmikierron päästöjä varten laskettiin yhteen jokaisen käsittelyn perustamisvuoden päästöt sekä tavallisen vuoden päästöt kerrottuna kolmella. Tavallisten vuosien osalta päätettiin hyödyntää tuloksia sekä maahengitysvuositaseista, että ekosysteemin nettohiilitaseista (eli ekosysteemin nettovuon ja sadon mukana poistuneen hiilen summa). Tulokset kummallakin menetelmällä olivat samaa kokoluokkaa ja täten päästökertoimen tueksi saatiin enemmän aineistoa.

## 2.2. Tulokset

### N<sub>2</sub>O-vuot

Dityppioksidivuot vaihteli suuresti sekä ajallisesti että paikallisesti kaikilla tutkimuspelloilla. Pääsääntöisesti vuot oli nollan tuntumassa, mutta ajoittain esiintyi suuria päästöjä esimerkiksi lannoitusten jälkeen sekä erityisesti kasvuston uudistamisen yhteydessä (Kuva 5). Uudistaminen, tapahtui se joko perinteisen kasvuston lopettamisena ja kyntämisenä syksyllä ja uuden kylvämisenä keväällä tai ensimmäisen sadon korjuun jälkeen kesäkuussa, näkyi selvästi myös vuosipäästöissä kaikilla tiloilla (ks. Liite 1). Suurimmat päästöt havaittiin, kun kesäuudistuksen aikaan oli lämmintä ja sopivan kosteaa (Tila 5). Toisaalta Tilalla 3 sekä kesäuudistus että perinteinen syyskyntö-kevätkylvö-uudistus johtivat erittäin suuriin päästöihin. Sen sijaan Tilalla 1 perinteinen nurmen uudistus johti huomattavasti suurempiin päästöihin kuin kuivana kesänä tehty kesäuudistus. Toisena ääripäänä erottuvat vasta pari vuotta vanhan raivion N<sub>2</sub>O-päästöt. Kun peltoa yritettiin kunnostaa viljelyyn (2020 ja 2021) päästöt olivat muiden turvepeltojen tasolla, mutta kun lohko jätettiin kesannolle eikä mitään viljelytoimia tehty (2022 ja 2023), niin vuosipäästöt jäivät olemattomiksi (Liite 1, Tila 6). Tilalla 1 oli kahtena vuotena myös viljakaistoja, joiden N<sub>2</sub>O-päästöt olivat samaa suuruusluokkaa kuin nurmikaistoilla. Salaojen avoinna tai kiinni pitäminen ei näyttänyt vaikuttavan päästöjen suuruuteen, sillä peltolohkolla oli turvetta vain 25–35 cm, ja pohjaveden pinta laski kasvukaudella syväälle kivennäismaahan asti molemmilla puolilla peltoa.

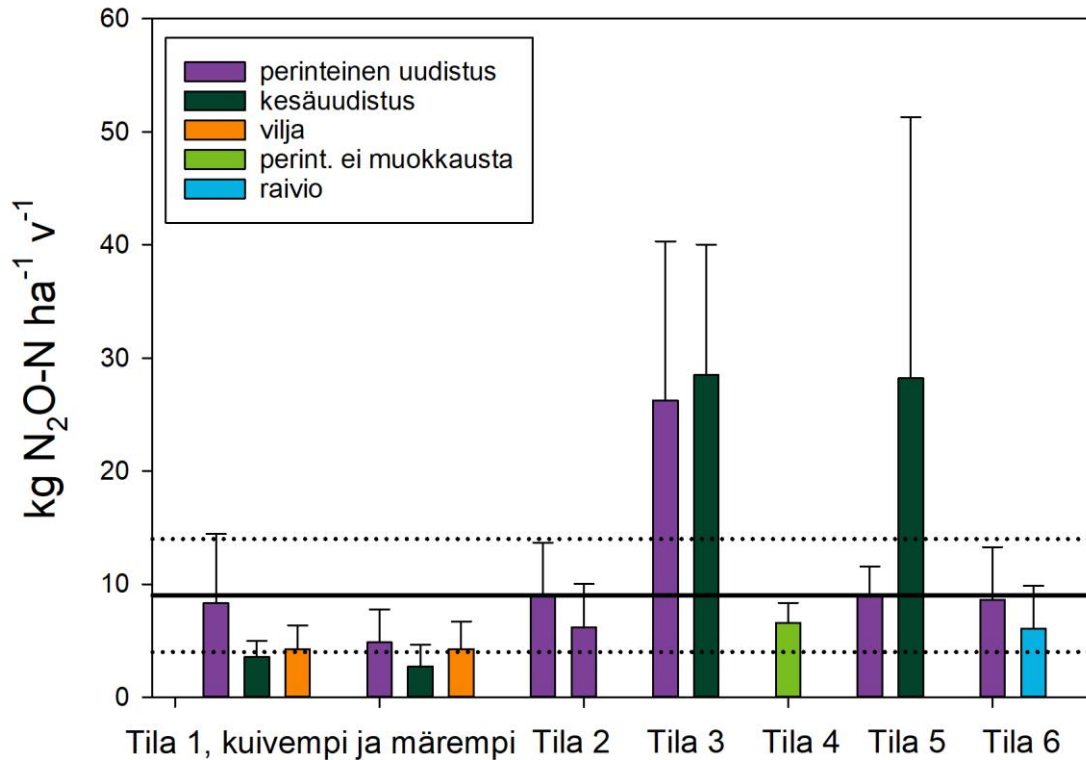


**Kuva 5.** Tilan 2 keskimääräinen ( $\pm$  keskiarvon keskivirhe) dityppioksidivuot mittauskerroittain koko tutkimusjakson aikana. Samat viljelytoimet tehtiin kahdella vierekkäisellä loholla, joista kauemmin viljelyssä ollut oli salaojitettu ja nuorempi vielä avo-ojitettu. N<sub>2</sub>O-päästöt olivat molemmilla lohkoilla kaiken kaikkiaan vähäisiä (vrt. Liite 1). Joitain lyhytaikaisia purkauksia on havaittu joissakin kauluksissa esimerkiksi kevätlannoituksen jälkeen 2022 ja juuri lannoitustan ennen 2023. Lisäksi syksyllä 2023 lietteen ajon ja kyntämisen jälkeen päästö lisääntyi kaikissa kauluksissa koko loppusyksyn ja talven ajaksi.

Koko neljävuotisen tutkimusjakson keskimääräiset  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt sekä perinteisesti uudistetuissa että kesäuudistetuissa nurmissa vaihtelivat nykyisen päästökertoimen molemmin puolin (Kuva 6). Keskimäärin kesäuudistettujen nurmien päästöt ( $20,1 \pm 8,3 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ,  $n = 3$ ) olivat selvästi suuremmat kuin samoilla lohkoilla perinteisesti uudistettujen nurmien keskimääräiset päästöt ( $14,6 \pm 5,9 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ,  $n = 3$ ) tai kaikkien perinteisesti uudistettujen lohkojen päästöt ( $11,3 \pm 3,0 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ,  $n = 6$ ). Kun uudistaminen (edellisen kasvuston lopettaminen, maahan muokkaaminen ja uuden kasvuston kylvö) sisältyi tutkimusjaksoon eli koko nurmikierto huomioitiin, niin  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt olivat perinteisessä uudistamisessa 19 prosenttia suuremmat kuin kansallisessa päästölaskennassa käytetyn pohjoisen havumetsävyöhykkeen nurmien päästökerroin ( $9,5 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ).

Kolmen kesäuudistukseen pohjautuvan nurmikierron keskimääräiset päästöt olivat jopa kaksinkertaiset päästökertoimeen verrattuna. Vaikka kesäuudistus ei aina johtanut suuriin päästöihin, täydessä kasvussa olevan kasvuston lopettamisessa ja maahan muokkaamisessa vapautuu sitä hajotettaessa runsaasti typpeä ja mikäli kosteusolosuhteet ovat sopivat,  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt voivat olla todella suuria, kun vastakylvetty kasvusto ei vielä pysty kilpailemaan typen käytöstä. Vastaavasti vanhan kasvuston lopettaminen syksyllä ja muokkaaminen maahan lannan kanssa tai ilman voi sopivissa kosteusolosuhteissa johtaa suuriin  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöihin kasvillisuuden kilpailevan typenoton puuttuessa. Myös kevään ja niiton jälkeisen lannoituksen jälkeen voi tulla sopivissa kosteusoloissa lyhytaikaisia  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöjä, mutta nämä ovat suuruudeltaan huomattavasti pienempiä kuin kasvuston lopettamisen ja maahan muokkaamisen yhteydessä havaitut suurpäästöt ja siten nurmen korjuuvuosien  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt olivat kaikilla kohteilla uudistusvuotta pienempiä (Liite 1).

Yhtä tutkimusaluetta lukuun ottamatta perinteisellä tavalla uudistetun nurmen koko nurmikierron aikaiset keskimääräiset päästöt vastasivat hyvin nykyisin käytössä olevaa päästökerointa (Kuva 6). Viljakaistojen vuotuiset  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt jäivät selvästi pienemmiksi kuin yksivuotisten kasvien päästökerroin ( $13 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ) todennäköisesti siksi, että niillä kasvoi heiniä vahvana aluskasvustona.

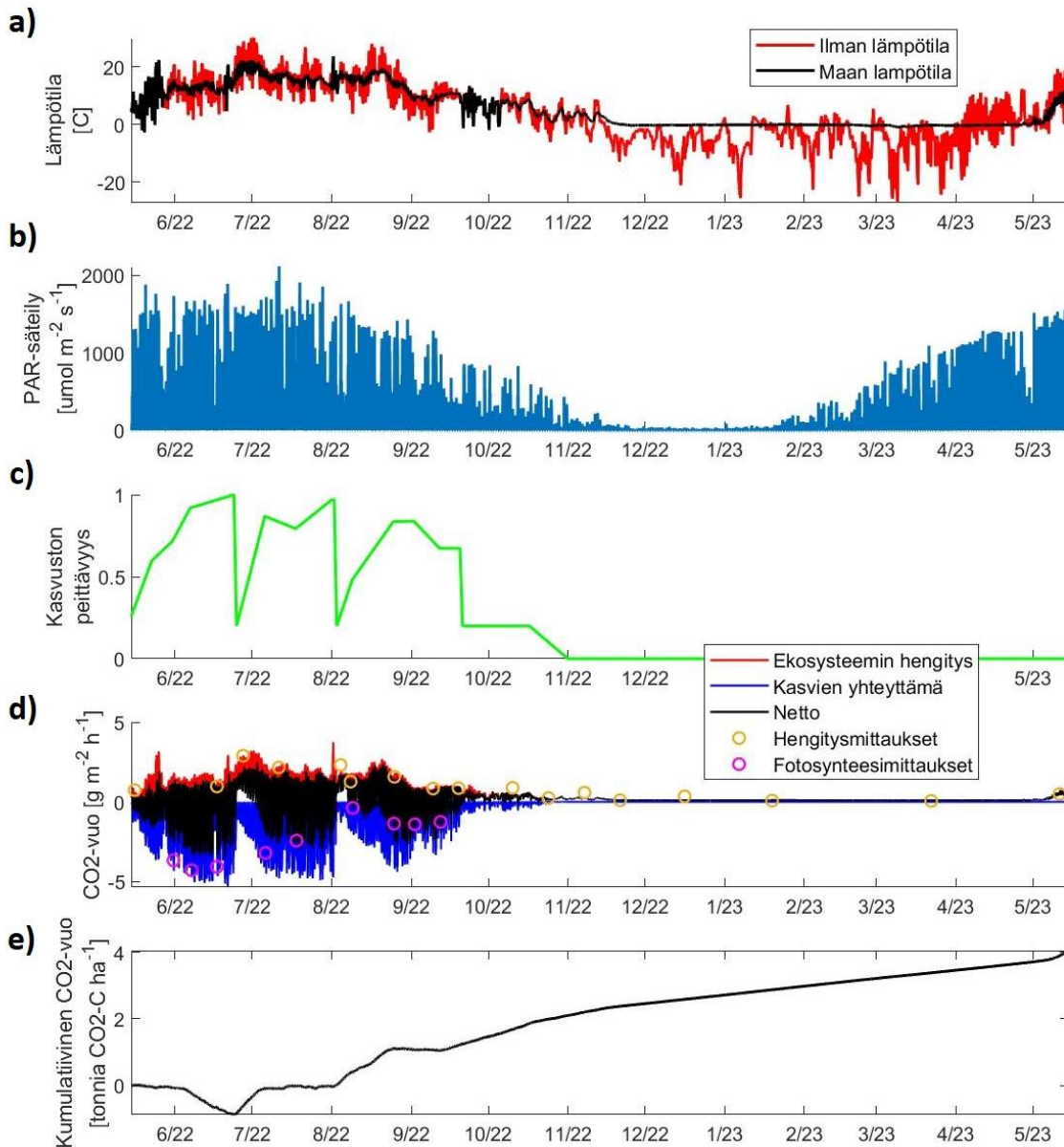


**Kuva 6.** Dityppioksidin päästökeskiarvot pilottitiloilla. Neljän vuoden keskimääräiset ( $\pm$ keskiarvon keskivirhe)  $N_2O$ -päästöt kuuden tilan tutkimuslohkoilla. Poikkeuksena Tilan 1 kesäuudistuksen keskiarvo 3 vuodelta ja viljan keskiarvo 2 vuodelta.

### CO<sub>2</sub>-vuot

Yhteyttämisnopeuden, ekosysteemihengityksen ja maahengityksenopeuden sekä samaan aikaan vallinneiden ympäristöolosuhteiden (lämpötila 5 cm syvyydellä turpeessa, ilman lämpötila, yhteyttämissäteily ja kasvipeitteisyys) välille sovitettiin kauluskohtainen malli (Kuva 7 a-c). Mallin parametrien ja ympäristömuuttujan yhtenäisen aikasarjan avulla laskettiin tunnittaiset arviot eri CO<sub>2</sub>-voista, jotka yhteen laskemalla saatiin arvio vuotuisesta pellon yhteyttämisestä, ekosysteemihengityksestä ja kasvittoman turpepellon CO<sub>2</sub>-päästöstä (Kuva 7 d). Nettovuon tuntiaikasarjasta saatiin laskettua kumulatiivinen summa, joka on vuositase (Kuva 7 e.)

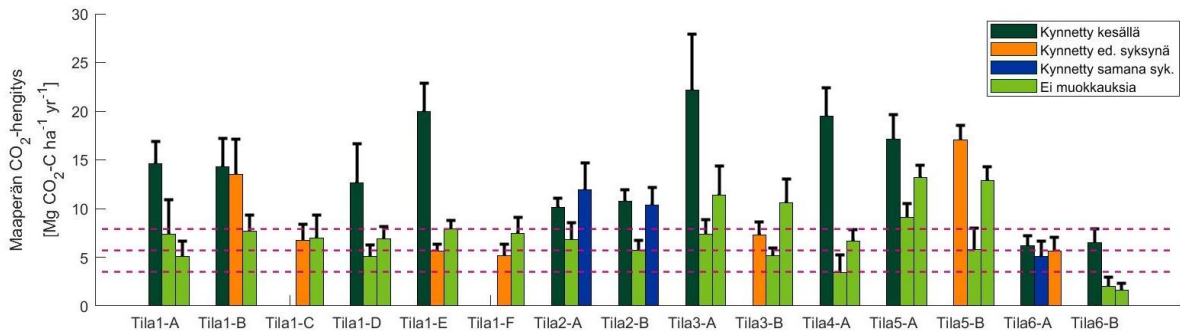
Esimerkkikuvasta ilmenee selkeästi, kuinka nurmen kasvu ajoittuu lyhyelle kasvukaudelle, joka tässä esimerkissä kesti noin neljä kuukautta. Jo syyskuun lopussa säteily määrä oli vähäistä, lämpötila oli matala ja kasvien kasvu jäi vähäiseksi. Talviaika oli myös pitkä, lunta oli maassa marraskuun alusta toukokuun alkuun. Vaikka ilman lämpötila oli nollan alapuolella, maata suojaava lumikerros piti maan lämpötilan nollan tuntumassa, jolloin pieniä päästö määriä syntyi koko talven ajan. Kesäisin niiton vaikutus näkyi selvästi yhteyttävän kasvipinta-alan vähenemisenä, mutta kasvipeitteisyys palasi nopeasti.



**Kuva 7.** Esimerkki CO<sub>2</sub>-taseiden mallinnuksesta yksittäisestä kauluksesta kohteelta, Tila-1A. Taustamuuttujina mallissa käytetään ilman ja maan lämpötilaa (a), PAR-säteilyä (b) sekä vihreän kasvuston peittävyttä (c), joka tässä on esitetty kasvillisuusindeksinä 0–1. Ekosysteemimalleilla saadaan arvioitua tuntiaikasarjat ekosysteemin hengitykselle ja kasvien yhteyttämällä hiilidioksidille (d). Näiden summa on nettovuoto. Kuvaan on lisätty mittaukset, joihin malli perustuu. Kuvassa e on esitetty nettovuonon kumulatiivinen summa. Positiiviset luvut kuvastavat hiilihävikkiä eli hiiltä vapautuu enemmän ilmakehään kuin mitä kasvit sitä sitovat.

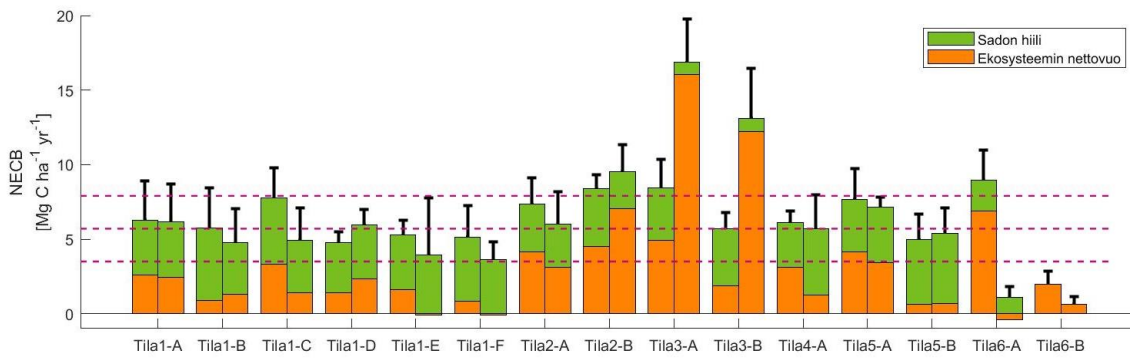
Paljaan maan hengityksen vuositasetta laskettiin jokaisen kohteen kolmelle eri vuodelle, pois lukien Tila1-C ja F, joiden mittaukset alkoivat vasta vuonna 2022 (Kuva 8). Pääsääntöisesti perustamisvuoden 2021 maahengitykset olivat suuria, kaikki kohteet huomioiden  $12,8 \pm 5,0 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ . Muiden vuosien, jolloin mitään poikkeavaa toimenpidettä, kuten kyntöä, ei tapahtunut (katso Kuva 8, lisäksi Tila 3 vuonna 2023 jätetty pois keskiarvosta), maahengitykset jäivät vähäisemmiksi, keskimäärin  $6,8 \pm 2,1 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  ja ilman Tila 6:n tuloksia

$7,1 \pm 1,6 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (Tila 6-B oli kesanto, sillä satoa ei korjattu). Kansallisessa päästölaskennassa orgaanisten maiden nurmiviljelylle käytetään kerrointa  $5,7 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  ja yksivuotisille kasveille kerrointa  $7,9 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (IPCC 2014, Maljanen ym. 2010). Tavallisen nurmivuoden tulokset asettuvat näiden kertoimien väliin, mutta perustamisvuoden tulokset ovat selvästi korkeammat. Ruohikkoalueille (hylätyille pelloille) käytössä oleva päästökerroin on  $3,5 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ , jonka Tila 6-B mitatut arvot ( $1,8 \pm 0,7 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ) alittavat. Iltään Tila6-B oli myös uusiin pelto, raivio, jota yritettiin viljellä 2020–2021, mutta jolla ei tehty enää vuosina 2022–2023 mitään viljelytoimenpiteitä.



**Kuva 8.** Paljaan maan CO<sub>2</sub>-hengitysten vuositasoiden keskiarvot sekä keskihajonnat (n = 4) kultakin tilalta ja käsittelyltä vuosilta 2021, 2022 ja 2023. Mustalla värillä on merkitty ne vuodet, joiden aikana on tehty kesä uudistus, oranssilla värillä on ne uudistusvuodet, joita edeltävänä syksynä on päätetty kasvusto sekä tehty syyskynä. Sinisellä värillä on merkitty ne vuodet, jolloin uudistuskyntö on toteutettu syksyllä. Vihreällä värillä on merkitty ne vuodet, jolloin mittauskohteilla ei ole tehty muokkauksia. Punaisista poikittaisista katkoviivoista ylin kuvastaa yksivuotisten kasvien, keskimäinen nurmien ja alin hylättyjen peltöjen kansallisia kertoimia orgaanisten maiden päästölaskennassa.

Ekosysteemin nettohiilitase laskettiin summaamalla ekosysteemin nettovuo ja pellolta sadon mukana poistuva hiili, jotta tulokset vastaisivat pellon hiilitasetta (Kuva 9). Pääpiirteittäin tulokset olivat samansuuntaisia kuin maahengityksessä. Kun huomioidaan vain kohteet, joiden vuositasoiden aikana ei tehty uudistukseen liittyviä tai muita poikkeavia toimenpiteitä, nettohiilitase oli keskimäärin  $5,6 \pm 1,9 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (ks. vaalean vihreät pylväät Kuva 8, pois lukien Tila 3 vuodelta 2023). Ilman Tilan 6 kesantoa (B), keskimääräiset nettopäästöt olivat  $5,9 \pm 1,5 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ . Tulokset vertautuvat hyvin kansallisessa päästölaskennassa käytettyyn orgaanisten maiden nurmiviljelyn kertoimeen ( $5,7 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ). Tilan 6 kesanton nettopäästöt olivat keskimäärin  $1,3 \pm 0,9 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  mikä jää selvästi alle ruohikko maiden päästökertoimen  $3,5 \text{ Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ .



**Kuva 9.** Ekosysteemin nettohiilitaseen (NECB) keskiarvot ja keskihajonnat vuosilta 2022 ja 2023 jokaiselta mittauskohteelta. Hiilitase koostuu ekosysteemin nettovuosta (oranssi), sekä sadon mukana poistuneesta hiilestä (vihreä). Jokainen keskiarvo ja hajonta on laskettu neljästä kauskohtaisesta vuositasesta. Punaisista poikittaisista katkoviivoista ylin kuvastaa yksivuotisten kasvien, keskimäinen nurmien ja alin hylättyjen peltojen/luonnonlaitumien kansallisia kertomiamia orgaanisten maiden päästölaskennassa.

Neljän vuoden nurmikierron päästöjä arvioitiin kuvissa 8 ja 9 esiintyvien vuositasoiden perusteella. Kesä uudistuksessa olleiden kohteiden koko nurmikierron CO<sub>2</sub>-päästöt olivat  $36,4 \pm 5,9$  Mg CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> ja syysuudistuksessa  $28,3 \pm 5,5$  Mg CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> eli vuositasolla keskimäärin  $9,1 \pm 1,5$  Mg CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup> ja  $7,1 \pm 1,4$  Mg CO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>. Vastaavasti CO<sub>2</sub>-ekvivalentteihin muunnettuna kesä uudistuksen päästöt olivat  $33,4 \pm 5,4$  Mg CO<sub>2</sub>-ekv. ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup> ja syysuudistuksen päästöt  $25,9 \pm 5,0$  Mg CO<sub>2</sub>-ekv. ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>. Syysuudistuksen päästöissä ei ole huomioitu uudistuksen aloitusta eli siihen ei ole sisällytetty sitä vuotta, jolloin kyntö on tehty ja sen jälkeistä talvea. Tosin yleensä pelto on kynnetty myöhään syksyllä, jolloin maa on kylmä ja talviajan päästöt ovat pienempiä kuin kesällä.

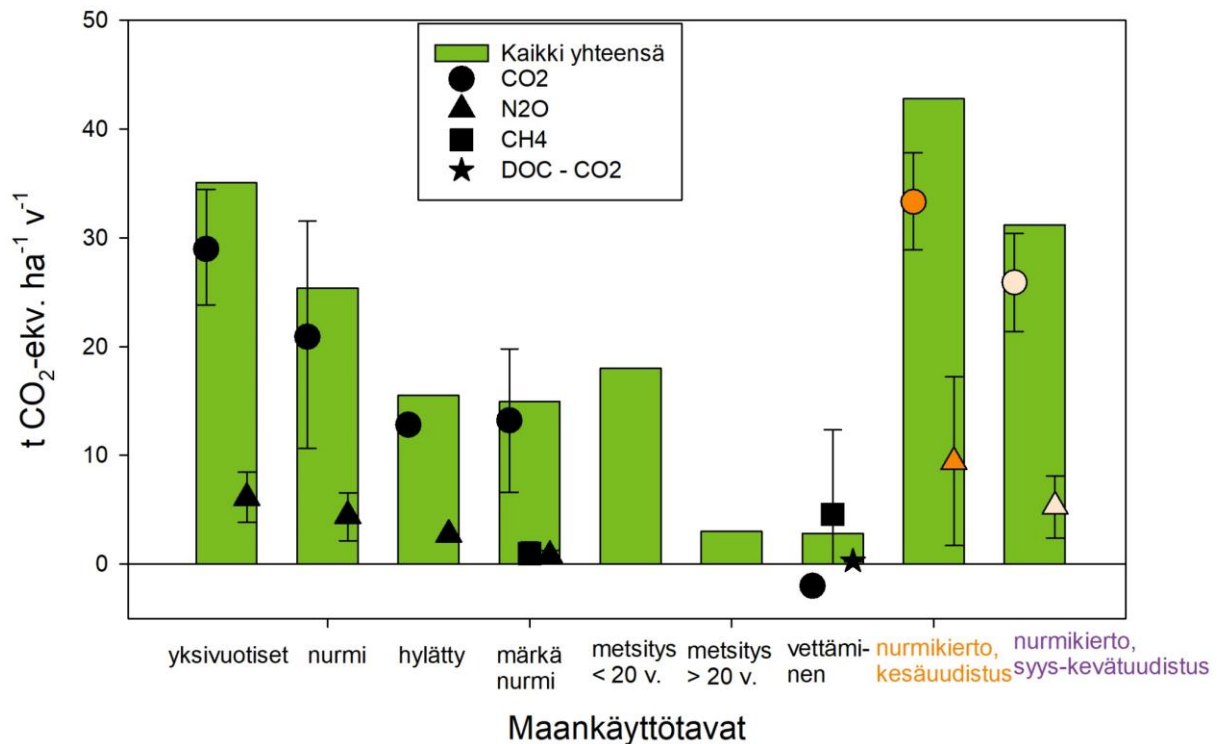
### Päästökertoimet

Tämän tutkimusaineiston perusteella lasketut hiilidioksidin ja dityppioksidin yhteispäästöt koko nurmikierron ajalle olivat suurempia kuin nykyisin käytössä olevat päästökertoimet tavanomaisesti ojitetuille, nurmiviljelyssä oleville turvellidoille (Kuva 10). Tämä johtui siitä, että edellisen kasvuston maahan muokkaaminen lisäsi uudistusvuoden päästöjä nurmen korjuuvuosiin verrattuna, eikä tätä ollut huomioitu päästökertoimien pohjalla olevissa tutkimuksissa (Hetmanenko ym., *lähetetty käsikirjoitus*). Kolmella tilalla suoritettun kesä uudistuskokeen perusteella kasvukaudelle sijoittuva nurmen lopettaminen ja uuden kylväminen lisää kasvihuonekaasupäästöjä keskimäärin enemmän kuin perinteinen nurmen kyntäminen syksyllä ja uuden kylväminen keväällä.

Vaikka kesä uudistus ei aina johda suuriin päästöihin, se aiheuttaa riskin poikkeuksellisen suuriin päästöihin, erityisesti N<sub>2</sub>O:n kohdalla. Tämä näkyy myös siinä, että dityppioksidin osuus (22,0 %) kesä uudistukseen pohjaavan nurmikierron kokonaispäästöstä ( $42,8$  t CO<sub>2</sub>-ekv. ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>) oli suurempi kuin dityppioksidin osuus (17,0 %) perinteiseen uudistamiseen pohjaavan nurmikierron kokonaispäästöstä ( $31,2$  t CO<sub>2</sub>-ekv. ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>) tai dityppioksidin osuus (17,4 %) nykyisestä päästökertoimesta ( $25,3$  t CO<sub>2</sub>-ekv. ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>). Näiden tulosten perusteella nurmen kesä uudistusta ei voi suositella nurmiviljelykierron kasvihuonekaasupäästöjä vähentäväksi keinoksi.

Koko nurmikierron aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä on tähän mennessä tutkittu turvemilla hyvin vähän, ja tämä on ilmeisesti ensimmäinen kesä uudistuksen vaikutuksia tutkinut hanke. Koska CO<sub>2</sub>-mittauksia ei tehty koko neljän vuoden jaksolla ja uudistusvuodet jouduttiin arvioimaan kasvittomien näytenpisteiden perustamistilanteiden perusteella ja nurmenkorjuuvuodet kahden korjuuvuoden tulosten perusteella, tuloksia pitäisi tarkentaa mittaamalla hiilidioksidin nettovaihtoa ja maahengitystä koko nurmikierron ajalta. Myös dityppioksidin vuosipäästöarvot tarkentuisivat tiheämmällä mittausväillä toteutettuna. Näiden tulosten perusteella nurmiviljelyn päästökerroin pitäisi päivittää vastaamaan koko nurmikierron aikaisia päästöjä.

### Turveltojen päästökertoimet



**Kuva 10.** Nykyisin käytössä olevat kasvihuonekaasupäästöjen kertoimet erilaisessa käytössä oleville turvemilla sekä tämän tutkimuksen perusteella koko nurmikierron ajalle arvioidut päästökertoimet siten, että uudistus on suoritettu kesällä tai perinteisesti syyskynnöllä ja kevätkylvöllä suojaviljaan. Eri symbolit kuvastavat eri kasvihuonekaasujen osuutta (keskiarvo ± 95 %:n luottamusväli) koko päästökertoimesta.

### 2.3. Johtopäätökset

Hankkeessa testattiin nurmen kesä uudistusta mahdollisena keinona vähentää uudistuksesta syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Ajatuksena oli, että kesä uudistuksessa pelto on hyvin lyhyen ajan kasvittomana ja siten uusittu kasvusto olisi nopeasti kilpailemassa ravinteista mikrobiston kanssa. Samalla kesken kasvukauden lopetettu nurmikasvusto kuitenkin lisää peltoon paljon ravinteikasta kariketta, joka hajoaa kesäolosuhteissa nopeasti lisäten siten CO<sub>2</sub>-päästöjä ja sopivan kosteissa olosuhteissa N<sub>2</sub>O-päästöt voivat olla poikkeuksellisen suuria. Vaikka kuivissa olosuhteissa näin ei näyttäisi käyvän, kesä uudistus aiheuttaa merkittävän

riskin kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymiselle tavanomaiseen nurmen uudistukseen verrattuna. Kolmella tilalla tehdyn kokeen perusteella nurmen kesäuudistusta ei voi suositella nurmiviljelykierron kasvihuonekaasupäästöjä vähentäväksi keinoksi.

Tämän hankkeen tutkimusten perusteella tavanomaisesti uudistettujen nurmien koko nurmikierron aikaiset kasvihuonekaasupäästöt olivat keskimäärin suuremmat kuin nykyisin käytössä oleva pohjoisen havumetsävyöhykkeen nurmien päästökerroin. Tämä selittyy sillä, että nykyisen päästökertoimen taustalla olevissa tutkimusjaksoissa ei ole ollut mukana edellisen kasvuston lopettamista ja maahan muokkaamista (Hetmanenko ym., *lähetetty käsikirjoitus*). Uudistaminen lisää sekä CO<sub>2</sub>- että N<sub>2</sub>O-päästöjä nurmen korjuuvuosiin verrattuna. Siten nurmiviljelyn päästökerroin pitäisi päivittää vastaamaan koko nurmikierron aikaisia päästöjä.

Koko nurmikierron aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä on tähän mennessä tutkittu turvemailla hyvin vähän, ja tämä on ilmeisesti ensimmäinen kesäuudistuksen vaikutuksia tutkinut hanke. Siten nämä tulokset toivat uutta tietoa aiempaan tieteelliseen tietoon verrattuna ja tulokset pyritään julkaisemaan tieteellisessä aikakauslehdessä. Koska CO<sub>2</sub>-mittauksia ei tehty koko neljän vuoden jaksolla ja uudistusvuodet jouduttiin arvioimaan kasvittomien näytepisteiden perustamistilanteiden perusteella ja nurmenkorjuuvuodet kahden korjuuvuoden tulosten perusteella, tuloksia pitäisi tarkentaa mittaamalla hiilidioksidin nettovaihtoa ja maahengitystä koko nurmikierron ajalta. Myös dityppioksidin vuosipäästöarviot tarkentuisivat tiheämmällä mitausvälikillä toteutettuna.

### 3. Avo-ojitettujen turvepeltojen määrän arviointi koneoppimisen avulla

Suomessa maaperätieto, esimerkiksi turvemaiden tunnistaminen, on kansainvälisesti verrattuna keskimäärin hyvällä tasolla (esim. Räsänen ym. 2023). Useissa maissa maatalousmailla sijaitsevien turvemaiden määrää tai sijaintia ei tiedetä. Monissa maissa vastaavanlaatuisia aineistoja ei ole koostettu valtakunnallisesti, vaan maaperätietoja täytyy koota useista aineistoista, ne ovat puutteellisia tai tietojen kokoaminen on kesken (Cornu ym. 2023). Suomessakin on kuitenkin edelleen kehittämistarpeita mm. kasvihuonekaasuinventaarion laskentamenetelmien tarkentamiseksi. Yksi kehittämistarpeista liittyy maatalousmaiden ojitustietoon.

#### 3.1. Aineisto ja menetelmät

Hankkeessa selvitettiin eri ojitusmenetelmien osuutta turvepelloilla. Turvepellot voidaan kuivattaa sala- tai sääätosalaojituksella, avo-ojituksella tai suursarkaojituksella. Valtakunnallisesti eri ojitusmenetelmien vallitsevuudesta turvemaannoksilla ei ole tarkkaa aiempaa tietoa. Tässä hankkeessa ojitustieto-osion toteutuksessa hyödynnettiin kaukokartoitusmenetelmää. Kaukokartoituksen avulla saatiin arvio avo-ojitettujen turvepeltojen osuudesta. Tieto avo-ojitettujen turvepeltojen määrästä alueittain auttaa ilmastotoimenpiteiden kohdentamisessa turvepelloille. Esimerkiksi nykyisellä EU:n maatalouspolitiikan rahoituskaudella turvepelloille tarjotaan tukea sääätosalaoituksen perustamiseen sekä vedenpinnan korottamiseen (Suomen CAP-suunnitelma 2023–2027). Salaojitettujen ja sääätosalaojitettujen turvepeltojen määrää ei aineiston perusteella kuitenkaan voitu arvioida. Avo-ojien osalta voitiin tunnistaa ainoastaan ojitustapa, mutta tarkempaa jaottelua avo- ja suursarkaojituksiin ei voitu tehdä.

Kaukokartoituksella tehtävä tunnistaminen on tehokas ja kehitettävissä oleva menetelmä ojien tunnistamiseksi maastosta. Suomesta ei ole saatavilla toistaiseksi aineistoa maatalousojien määrästä, sijainnista, leveydestä tai kasvukauden aikaisesta vedenpinnan korkeudesta. Hankkeen tulokset osoittavat tarpeen kehittää ojitustietoa. Tarkennetun ojitustiedon avulla voidaan kartoittaa veden virtausreitit, tarkentaa tietoa ravinnekuormituksesta valtauomiin ja tukea kasvihuonekaasuinventaariota ojien metaanipäästöjen laskemiseksi. Virtavesiverkoston kokonaiskuvan kannalta on olennaista saada aineisto koottua jatkuvana siten, että ojalinjojen lisäksi aineistossa tulisi huomioida esimerkiksi teiden alla tierummuissa kulkevat omat sekä peltoalueella esiintyvät rummut ja alitukset. Sääätosalaoituksen tunnistamista voidaan kehittää seuraavassa vaiheessa esimerkiksi painaumien tai säätokaivojen huomioimisella peltoalueilla.

Avo-ojitettujen peltolohkojen tunnistamiseen käytettiin hyväksi koneoppimisen menetelmistä oppivia hermoverkkoja, jotka ovat ihmisen aivojen toimintaa jäljitteleviä matemaattisia malleja. Käytimme *'convolutional neural network'* (CNN) -menetelmää, jossa hyödynnetään konvoluutiokerrosta. Se auttaa havaitsemaan paikallisia kuvioita ja piirteitä, kuten reunoja ja tekstuureja. Tällaista menetelmää on hyödynnetty muissakin vastaavissa ojituksen tunnistustutkimuksissa (Du ym. 2024, Koski ym. 2023, Lidberg ym. 2023). Tässä hankkeessa käytettiin yksinkertaisempaa menetelmää perinteisemmässä kuvan luokittelutehtävässä, koska käytössä oli suhteellisen karkeaa pintamalliaineistoa verrattuna tiheämpää LiDAR-aineistoa hyödyntäviin tutkimuksiin.

Vuoden 2022 peruslohkorekisteristä valittiin luokitteluun ne peltolohkot, joiden alueesta yli puolella on MaaTu-aineiston mukaan vähintään 40 cm paksuinen turvekerros. Näiden lisäksi valittiin mukaan ne peltolohkot, joiden alueella on GTK:n luokituksen mukaan paksuturpeista turvemaata. Yhteensä näitä peltolohkoja oli 125 484 kpl kattaen 393 270 hehtaarin pinta-alan. Tästä pinta-alasta 240 110 hehtaarilla turvekerros on vähintään 30 cm, ja johtuen valintakriteeristä enemmistö tästä turvealasta on paksuturpeista (>60 cm turvekerros 74 % turvealasta, ja 30–40 cm turvekerros noin 20 % turvealasta).

Kaikille peltolohkoille haettiin 2 m -korkeusmalli Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta, laskettiin kaltevuus (käyttäen *'gdalDEMProcessing'* työkalua Hornin kaltevuuden laskentamenetelmällä, Horn 1981) ja muunnettiin harmaasävykuvaksi.

Yhteensä 1 255 peltolohkoa valittiin satunnaisesti, ja visuaalisesti tarkastelemalla ne luokiteltiin kahteen luokkaan sen mukaan, olivatko avo-ojat selkeästi eroteltavissa. Joissakin epäselvissä tapauksissa tarkasteltiin ilmakuvia. Niiden pohjalta voitiin luokittelu tehdä tarkemmin, mutta ilmakuvia ei laajemmin käytetty tässä vaiheessa hyväksi. Reunaojia ei huomioitu, vaan keskityttiin tunnistamaan selkeästi sarkaojitetut ja kattavasti avo-ojitetut peltolohkot.

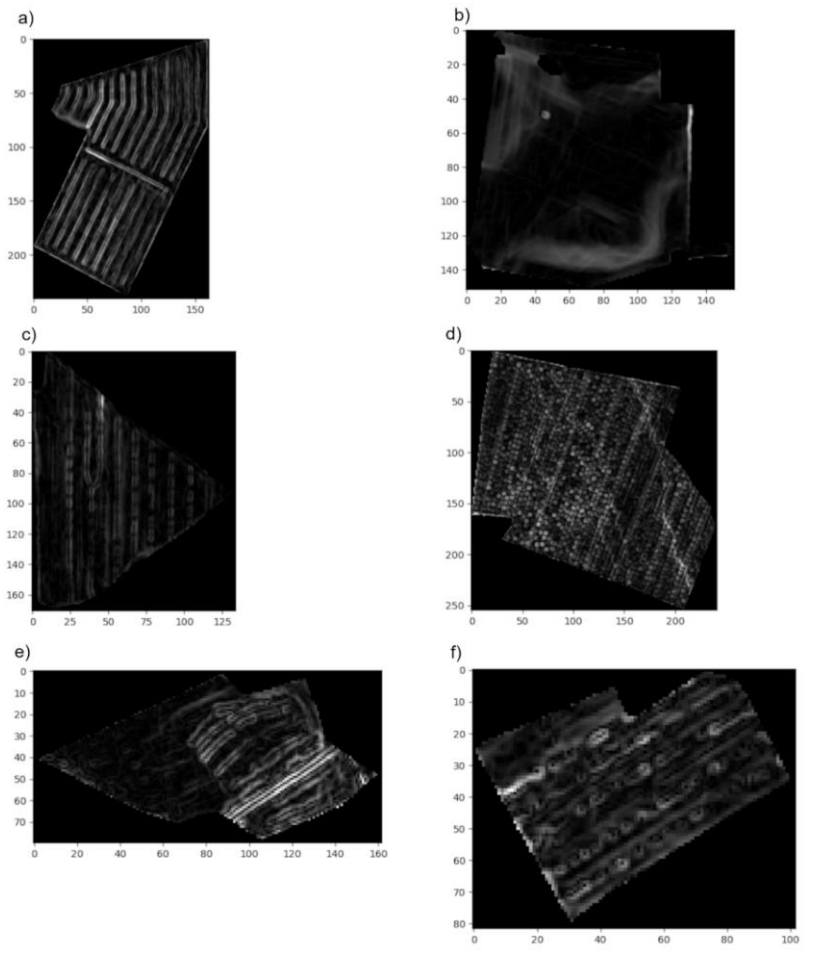
Tieteen tietotekniikkakeskus CSC:n puhti-palvelimella tensorflow-moduulin työkaluilla opetusaineiston pohjalta muodostettiin CNN-malli. Siinä mallin luomiseen käytettiin 80 % opetusaineistosta ja mallin toimivuutta testattiin jäljelle jääneelle viidesosalle. Malli oli kolmikerroksinen konvoluutioneuroverkko, joka tekee kuvista ensin samankokoisia (256×256). Sitten se käsittelee kuvia pienentämällä niiden kokoa vaihteittain kolmella erilaisella konvoluutiokerroksella ja käyttää välissä *'max-pooling'*-kerroksia tiivistämään informaatiota ja vähentämään mallin laskennallista monimutkaisuutta. Lopussa on yhdistetty kerros, josta mallin on tarkoitus oppia monimutkaisia yhdistelmiä kuvien piirteistä. Ennen lopullista luokittelutulosta oppimisvaiheesta poistetaan 50 % neuroverkon yksiköistä, jotta malli ei ylisovita ja pystyy paremmin yleistämään luokittelua opetusaineiston ulkopuoliseen dataan. Viimeinen kerros tekee luokittelun käyttäen sigmoid-aktivointifunktiota, jonka antamasta arvosta (välillä 0–1) otettiin kokonaisluku, ja sen perusteella peltolohko oli luokiteltu joko avo-ojitetuksi (1) tai ei-avo-ojitetuksi (0).

Mallin tulosten validoimiseksi ja mallin toimivuuden arvioimiseksi tarkoitettujen tunnusten laskemiseksi luokiteltiin lisäksi 626 satunnaisesti valittua peltolohkoa. Näiden pohjalta tehtiin konfuusiomatriisi, joka tiivistää luokittelumallin tulokset vertaamalla ennustettuja ja todellisia arvoja. Se koostuu neljästä pääkomponentista: *'True Positives (TP)'* eli malli ennusti avo-ojitetuksi ja se oli oikein; *'True Negatives (TN)'* eli malli ennusti ei-avo-ojitetuksi ja se oli oikein; *'False Positives (FP)'* eli malli ennusti avo-ojitetuksi, mutta lohko ei ollut avo-ojitettu (tyypin I virhe); sekä *'False Negatives (FN)'* eli malli ennusti ei-avo-ojitetuksi, mutta lohko on avo-ojitettu (tyypin II virhe). Näistä lasketaan osuvuus (*'precision'*,  $TP/(TP+FP)$ ) ja herkkyys (*'recall'*,  $TP/(TP+FN)$ ) ja näiden harmonisena keskiarvona saadaan f1-tunnus ( $2*precision*recall/(precision+recall)$ ), joka on hyvä mittari mallin toimivuudesta. Konfuusiomatriisin tunnuksista saadaan myös mallin tarkkuus (*'accuracy'*,  $(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$ ).

### 3.2. Tulokset

Koneoppimisen menetelmät ovat erittäin riippuvaisia opetusaineiston laadusta. Tässä työssä opetusaineisto tehtiin kahden paikkatietoasiantuntijan avulla ja pääosin luokittelu oli selkeää (**Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** 1 a, b). Joidenkin lohkojen kohdalla tarkasteltiin ilmakuvan avulla, näkyykö oja ilmakuvassa vai onko kyseessä mahdollisesti sittemmin salaojitettu

kohde, jossa ojat on tukittu (**Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** 1 f). Lisäksi joissakin tapauksissa vain osa lohkoista on ojitettu. Luokittelussa noudatettiin periaatetta, että jos on selkeästi nähtävissä sarkatyypistä ojitusta, luokitellaan lohko ojitetuksi (**Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** 1 e). Jos taas lohkoa halkoo keskeltä oja, ja muuten lohko on selkeästi ojitettamaton (yli 40 m etäisyydellä), luokiteltiin kohde ojitamattomaksi. Lisäksi joukossa oli pelto-ohkoja, joilla kaltevuuskuva näytti selkeästi säännömukaisia rakenteita, mutta ei kuitenkaan selkeää ojarakennetta (**Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** 1 d). Silloin lohko luokiteltiin ei-avo-ohitetuksi. On siis huomioitava, että lohkon luokitteluun liittyy epävarmuutta jo opetusaineistoa luotaessa.



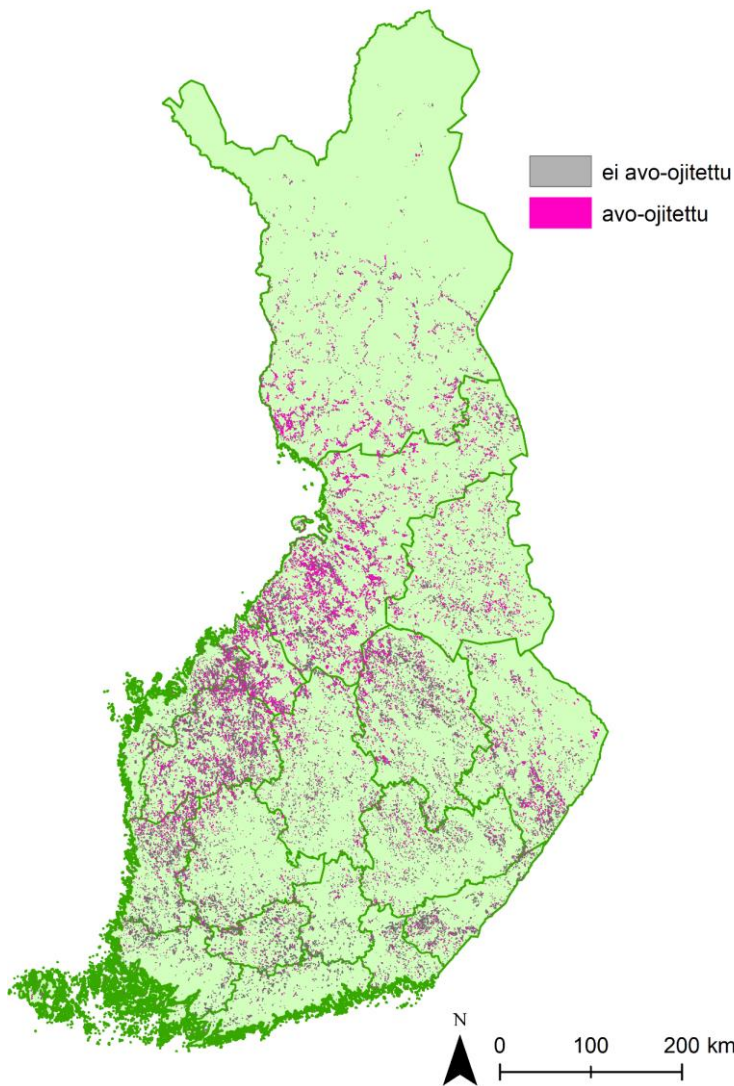
**Kuva 11.** Esimerkkejä peltolohkojen luokittelusta. Selkeästi avo-ohitettu peltolohko, jonka malli ja luokittelija tunnistaa (a). Selkeästi ei avo-ohitettu peltolohko, jonka malli tunnistaa oikein ja myös luokittelija (b). Kuvissa c–f on esimerkkejä tapauksista, joihin liittyy epävarmuutta. Malli luokittelee c- ja e-kartat ojitetuksi, kuten myös opetusaineistossa. Lohkojen d ja f kohdalla malli oli yhteneväinen validointiaineiston kanssa (eivät ole avo-ohitettuja), mutta näissä on nähtävissä rakennetta, joka voisi olla peruja ojituksesta.

CNN-malli onnistui lohkojen luokittelussa suhteellisen hyvin. Testiaineiston perusteella tarkkuus oli 81 %. Erillisen validointiaineiston pohjalta luotu konfuusiomatriisi sekä siitä laskettu f1-luku (Taulukko 3) arvolla 0.73 vahvistavat, että mallia voidaan käyttää peltolohkojen luokitteluun ja antamaan karkean arvion avo-ohitetujen peltolohkon määrästä. Tässä saavutettu f1 luku edustaa hieman parempaa tasoa kuin Du ym. 2024 tutkimuksessa ja hieman matalampaa tasoa kuin Lidberg ym. 2023 ja Koski ym. 2023 tutkimuksissa.

**Taulukko 3.** Konfuusiomatriisi ja sen pohjalta lasketut tunnusluvut CNN-mallin toimivuudesta täysin itsenäisellä validointiaineistolla (n=626).

	<b>Luokiteltu avo-ojitetuksi</b>	<b>Luokiteltu ei avo-ojitetuksi</b>
<b>Malli luokittelee avo-ojitetuksi</b>	TP: 160	TN: 350
<b>Malli luokittelee ei avo-ojitetuksi</b>	FN: 50	FP: 66
osuvuus ( <i>'precision'</i> )	0.71	
herkkyys ( <i>'recall'</i> )	0.76	
f1	0.73	
tarkkuus ( <i>'accuracy'</i> )	0.81	
virhemarginaali tarkkuuden pohjalta	0.03	

Mukaan otetuista peltolohkoista hieman yli kolmannes (43 770 kpl) luokitui avo-ojitetuksi. Näiden lohkojen alueella vähintään 30 cm:n paksun turvemaan pinta-ala on 136 000 ± 7000 ha (5 % virhemarginaalilla). Johtuen kriteereistä, joilla luokiteltavat peltolohkot valittiin, pääosa tästä pinta-alasta on vähintään 40 cm:n turvekerroksen turvemaita. Luokittelun ulkopuolelle jäi peltolohkoja, joiden alueella voi olla 30–40 cm paksuisen turvekerroksen turvemaita, ja mikäli näitä on myös avo-ojitettu, voi avo-ojitetun turvemaan pinta-ala olla edellä esitettyä lukua isompi. Lisäksi ne peltolohkot, joiden lohkon paikkatiedoista on leveät ojat leikattu pois, saattavat saada tällä menetelmällä ei-avo-ojitetun luokan, sillä kaltevuustieto ojan kohdalta puuttuu.



**Kuva 12.** Avo-ojitettujen turvemaapeltolohkojen sijainti Suomessa. Avo-ojitettujen peltolohkojen esiintymisessä ei ole nähtävissä alueellista keskittyneisyyttä. Suurin osa turvepelloista on sijoittunut Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan alueelle.

Menetelmässä luokiteltiin peltolohkoista kaltevuuden perusteella tehtyjä harmaasävykuvia opetusaineiston pohjalta luodulla mallilla. Tehtävässä hyödynnettiin melko yksinkertaista konvoluutioneuroverkkoihin pohjautuvaa menetelmää, mutta saavutettiin kuitenkin kohtuullisen luotettava arvio avo-ojitettujen peltolohkojen määrästä ja niiden alueella olevan turvemaan pinta-alasta. Lidberg ym. (2023) ja Koski ym. (2023) tutkimuksissa menetelmä oli monikerroksisempi ja hyödynsi useampaa lähtöaineistotasoa. Lisäksi lähtöaineisto oli tiheää LiDAR-aineistoa, kun taas tässä käytetty 2 m-korkeusmalli on selkeästi karkeampaa ja vastasi tietosisällöltään Du ym. (2024) käyttämää aineistoa. Tässä hankkeessa pystyttiin kuitenkin luomaan koko maan kattava alustava arvio avo-ojitettujen turvemaapeltolohkojen määrästä ja sijainnista (ks. kuva 12).

### 3.3. Johtopäätökset

ARMI-hankkeessa koneoppimisen avulla yritettiin saada tiettävästi ensimmäistä kertaa arvio ojitettujen turvepeltojen määrästä Suomessa. Tässä hankkeessa kehitetyn menetelmän avulla voidaan tukea erityisesti turvemaiden ilmastovaikutusten tarkempaa laskentaa kasvihuonekaasuinventaariossa. Menetelmä vaatii kehitystyötä, jotta kaikki ojat saataisiin laskettua, mutta tulokset rohkaisevat menetelmän jatkokehittämiseen ja osoittavat, että saatavilla on riittävää teknologiaa ojaverkoston laskemiseksi kaukokartoitusmenetelmin. Arviota ojitustavoista turvepelloilla voidaan hyödyntää myös esimerkiksi erilaisten ilmastotoimien tarpeen tai kohdentamismahdollisuuksien arvioimisessa. Tällaisia toimia voivat olla esimerkiksi salaojitukseen kohdistetut investointituet.

Hankkeessa tunnistettiin tietoaukkoja koko Suomen maatalousmaidien ojitustiedossa. Ojitus-tiedon tietoaukot vaikuttavat niin kasvihuonekaasuinventaarion, ravinnekuormituslaskennan kuin DTW-indeksin laskennan luotettavuuteen. Kasvihuonekaasuinventaariossa ensisijaisena tarpeena on arvioida maatalousmaidien maatalousojien määrä (metreinä). Niin ikään kosteusmallien tulokset vääristyvät virheellisen laskennan vuoksi, koska laskenta ei kykene huomioimaan ojituksia ennen kuin niiden sijainnit saadaan osaksi mallia.

Maatalousmaidien ojituksen kartoittamiseksi olisi hyödynnettävä uutta tiheäpulsista LiDAR-aineistoa ja aineistoon tulisi luoda ojaverkostot kehittyneillä menetelmillä (kuten Koski ym. 2023, Lidberg ym. 2023). Sen jälkeen avo-ojitettujen peltolohkojen tunnistaminen on mahdollista suoraviivaisilla paikkatietoanalyysimenetelmillä. Tässä hankkeessa pystyttiin koko maan kattavan tiheäpulsisen pistepilviaineiston vielä uupussa luomaan kattava arvio avo-ojitettujen peltolohkojen määrästä, jonka pohjalta on hyvä lähteä kehittämään kartoitusta eteenpäin. Jatkotoimenpiteenä tulosten pohjalta ollaan käynnistämässä hanketta, jolla saataisiin koottua maatalousmaidien ojatieto.

## 4. Alueelliset mahdollisuudet maatalouden ilmastotoimien edistämiseksi

Hankkeessa selvitettiin paikallis- ja aluetoimijoiden näkökulmia ja ratkaisuja maatalouden ilmastopäästöjen hillintään. Lisäksi selvitettiin maatalouden alueellisen ilmastotyön nykytilaa. Tavoitteena oli tuottaa tietoa hyvistä ja toimivista käytännöistä päästövähennysten saavuttamiseksi. Vaikka kaikki maatalouden ilmastonäkökulmat huomioitiin hankkeessa tiedonkeruussa, keskityttiin hankkeen tulosten koonnissa erityisesti tarkastelemaan turvepeltojen käyttöä.

Alueellisina toimijoina turvepellon päästövähennyksien tukena on tarkasteltu erityisesti kuntia, kuntien maaseutuhallintoa, maakuntaliittoja ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksia (ELY-keskuksia). Myös elintarvikeyritysten ja maatalojen näkökulma on ollut mukana. Vaikka ilmastolain (423/2022) asettama velvoite kuntien ilmastosuunnitelmista ja siihen liittyvästä tuesta (14 a §) tulee poistumaan, tekee osa kunnista joka tapauksessa ilmastosuunnitelmia. Ilmastosuunnitelmahankkeet voivat tukea myös turvepeltojen käyttöön liittyvää suunnittelua. Kuntatason ilmastotyölle ei ole ollut saatavissa valtion rahoitusta enää vuoden 2024 alusta alkaen (YM 2024), mikä asettaa haasteita kunnallisen ilmastotyön jatkolle.

### 4.1. Alueellinen ilmastotyö maataloudessa -selvityksen antia

Hankkeen tuloksista tuotettiin tämän julkaisun lisäksi erillinen selvitys [Alueellinen ilmastotyö maataloudessa](#) (Sorvali ym. 2024). Alueellista ilmastotyötä maataloudessa tarkastellaan raportissa kolmella eri tavalla kootun aineiston kautta. Alueellisen ilmastotyön nykytilan kuvaamiseksi selvitykseen koottiin maakuntien ja kuntien ilmastostrategiat ja muut strategiat, joista selvitettiin, miten maatalous ja turvepeltojen ilmastotoimet on niissä käsitelty. Tämän lisäksi selvityksessä avattiin paikallis- ja aluetoimijoille valtakunnallisesti lähetetyn kyselytutkimuksen tuloksia maatalouden ja erityisesti turvepeltojen ilmastotoimien osalta. Kyselytutkimuksen perspektiivinä oli, millaisina aluetoimijat kokivat vaikuttamismahdollisuutensa paikallisen maatalouden ilmastotoimien tukemisessa. Kirjallisuus selvityksen sekä kyselytutkimuksen lisäksi selvityksessä avataan lisäksi ARMI-hankkeen kohdemaakuntien Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Pohjois-Savon aluetoimijoille vuonna 2023 kohdennettujen työpajojen antia.

Selvityksen pääkohdat tiivistettiin seuraaviksi toimintasuosituksiksi (Sorvali ym. 2024):

- **Maatalouden ilmastotavoitteet ja -toimenpiteet tulisi sisällyttää lakisäätöihin ja toistuvasti päivitettäviin maakunnallisiin ohjelmiin ja suunnitelmiin, kuten alueellisiin maaseudun kehittämishjelmiin tai -suunnitelmiin.** Tällä varmistetaan, ettei maataloutta koskeva ilmastotyö jää yleiselle tasolle, vaan sisältyy tarkempina tavoitteina ja toimenpiteinä alueen kehittämistä ohjaaviin asiakirjoihin. Myös seuranta ja arviointi tapahtuu osana maakuntien normaalia toimintaa ja kytkeytyy tällä tavalla paremmin olemassa oleviin prosesseihin, joille on olemassa pysyvä rahoitus.
- **Erityisesti maatalousvaltaisten kuntien ilmastotyötä maatalouden osalta tulisi vauhdittaa esimerkiksi maakuntien ja kuntien yhteistyöllä tai kuntien yhteisellä strategiatyöllä.** ELY-keskusten valtakunnallinen ilmastoyksikkö voisi tukea maatalousvaltaisten kuntien ilmastotyötä ainakin tiedonvälityksellä maankäyttösektorin

ilmastoratkaisuista. Toimintamalleja tulisi aluetasolla helpottaa niin, että maanomistajalle olisi mahdollisimman helppoa lähteä toteuttamaan ilmastotoimia ja mahdolliset korvaukset maanomistajille olisivat kannattavia.

- **Maatalouden ilmastotoimien tulisi tukea myös maatalouden ja alueiden elinvoiman kehittämistä.** Turvepeltoalueet ovat vahvaa kotieläintuotannon aluetta Suomessa, ja ilmastotoimenpiteiden suunnittelun pitää tapahtua rinnan alueiden taloudellisesta elinvoimaisuudesta ja muista ympäristötavoitteista huolehtimisen kanssa. Haasteellisten teemojen käsittely vaatii harkintaa ja osapuolten välistä hyvää yhteistyötä. Luottamus oikeudenmukaiseen prosessiin ja maanomistajan päätösvaltaan pitää säilyttää. Pohjoisia tuotantomalleja tulee aktiivisesti kehittää. Alue toimijoiden tulee turvata maatalouden elinvoimaisuutta ja ruoantuotannon jatkuvuutta esimerkiksi kehittämällä julkisten hankintojen osaamista, huomioimalla alan säilymismahdollisuudet kaavoituksessa tiheämmin asutuilla seuduilla ja kehittämällä alueellista ruokajärjestelmää. Turvepelloilla kosteikkoviljelymenetelmillä (märässä maaperässä) voitaisiin tuottaa monenlaisia maatalouden tuotteita, ruoan, rehun ja kuivikkeiden lisäksi esimerkiksi energiapajua kunnan lämpölaitokseen, kasvualueiden raaka-aineita, villiyrtejä, marjoja ja tekstiilien sekä rakennusmateriaalien raaka-aineita. Tämä vaatii arvoketjujen kehittämistä muilta toimijoilta ja mahdollisesti myös tukikelpoisiksi hyväksytyjen viljelykasvien listan laajentamista.
- **Toimenpiteiden toteuttamista varten tulisi aluekohtaisesti myöntää erillisrahoitusta.** Maatalouden ilmastotoimenpiteitä koskevien strategioiden laatimiseen tarvitaan maakunta- ja kuntatasolla resursseja. Myös maanomistajat odottavat kohtuullista korvausta maankäytön muutoksista. Turvepeltojen merkitys maataloudelle vaihtelee alueellisesti. Niinpä elinkeinon turvaavat, mutta samalla ilmastotavoitteita tukevat käytännön ratkaisut ilmastotoimenpiteiden jalkauttamiseksi vaihtelevat alueellisesti. Turvepeltojen käytöstä riippuvaisilla alueilla turvepeltojen viljelystä luopuminen kokonaan ei ole alkutuotannolle mahdollinen vaihtoehto vaikuttamatta tilojen toimintaan. Tarvitaan tietoa turvepeltojen ilmastoviisaammista viljelykäytännöistä niin alue-, paikalliskun- kuin tilatasollekin. Suosituksessa 1 esitetyt ohjelmat tukisivat aluetason suunnittelua ja toimenpiteiden kohdentamista paikallisesti alueen maatalouselinkeinon kehityksen huomioiden. Alueellisella rahoituksella varmistetaan toteuttamiskelpoisten toimenpiteiden kohdentaminen. Alueelliset suunnitelmat voivat tukea muun muassa valtakunnallisten CAP-tukien suunnittelua palvelemaan paremmin alueellisia tavoitteita tai kansallisten rahoitusten, kuten aiemmin myönnetyn kosteikkorahoituksen kaltaisten ilmastotoimenpiteiden kohdentamista tehokkaasti.
- **Kosteikkojen perustamisen toimintamalleja tulisi helpottaa.** Kosteikkojen perustamiseen tarvitaan avaimet käteen -malleja, jossa viljelijältä riittää prosessin aloitus ja muut toimijat hoitavat paperityön ja toteuttamisen. Ilmastotoimille olisi tarve saada maatalouden tukijärjestelmää yksinkertaisempia rahoitusmalleja. Hallinnon toimet voivat olla viljelijän kannalta liian hitaita ja raskaita.
- **Tilusjärjestelyjen mahdollisuudet turvepeltojen ilmastopäästöjen vähentämiseen tulisi saada hyödynnettyä.** Tilusjärjestelyissä turvepeltojen käyttöä voitaisiin ohjata ilmastoystävällisempään suuntaan, kuten nurmiviljelyalaa tarvitseville tiloille, ja löytää kosteikkojen perustamiseen sopivia kohteita. Tilusjärjestelyiden kautta jatkavien ja

laajentavien tilojen voi olla mahdollista saada tarvittavaa lisäviljelyalaa kohtuullisen läheltä tilakeskusta. Tilusjärjestelyiden kautta pystytään vähentämään vuokrapeltojen määrää ja lisäämään tilojen omassa omistuksessa olevan pellon määrää, mikä voi helpottaa tilojen tulevaisuuden suunnittelua. Tilusjärjestelyiden kautta voitaisiin tavoittaa aktiivisen viljelytoiminnan ulkopuolellakin olevien peltomaiden maanomistajia ja auttaa kohdentamaan ilmastotoimista toisaalta viljelyn tehostamistoimia ja toisaalta ekstensiivisemmän viljelyn ilmastotoimia ja vettämistoimia optimaalisemmin.

## 4.2. Turvepeltojen käytön tulevaisuus -työpajojen antia

Aluetoimijoille järjestettiin vuonna 2024 Turvepeltojen käytön tulevaisuus -työpajoja ARMI-hankkeen ja Turvepeltojen käytön tiekartta -hankkeen yhteistyönä. Työpajoja järjestettiin yhteensä 11 kappaletta, työpajoissa käsiteltiin yhden tai kahden maakunnan näkökulmia. Työpajat järjestettiin etätyöpajoina Teams alustaa hyödyntäen. Etätyöpajojen antia on kerrottu tarkemmin julkaisussa [Turvepeltojen käytön tiekartta vuoteen 2050](#) (Lehtonen ym. 2024). Tässä ARMI-hankkeen raportissa täydennetään työpajojen tuottaman aineiston analyysiä alueellisia toimintamahdollisuuksia koskevalla luvulla, mutta ei toisteta kaikkea tiekarttaraportista löytyvää analyysiä, eikä menetelmätietoa tai toteutuksen arviointia.

Seuraavissa kappaleissa tulokset on koottu työpajakeskustelujen aineiston analyysin pohjalta kolmesta eri näkökulmasta:

1. Ensimmäisessä alaluvussa on koottu työpajoissa valtakunnallisesti yhteiseksi koottuja teemoja turvepeltojen käytöstä ja ilmastotoimien yhteensovittamisesta.
2. Toisessa alaluvussa on koottu hankkeen kohdealueen maakuntien, Pohjois-Pohjanmaan, Pohjois-Savon ja Kainuun alueella nousseita painotuksia turvepeltojen ilmastotoimista.
3. Kolmannessa alaluvussa on koottu työpajoissa nousseita teemoja ja ideoita siitä, miten aluetoimijat voisivat tukea paikallista maataloutta ilmastotoimien jalkauttamisessa.

### 4.2.1. Maakuntien yhteisiä näkökulmia turvepeltojen käyttöön ilmastotoimiin ja maataloustuotantoon

Työpajojen tuottamasta aineistosta on etsitty näkökulmia, jotka ovat yhteisiä monille maakunnille ja jotka osallistujat nostavat usein esille turvepeltoteemasta keskustellessa. Näitä maakuntien yleisiä ja yhteisiä näkökulmia on kuvattu seuraavassa. Nämä näkökulmat soveltuivat myös ARMI-hankkeen kohdemaakuntiin Pohjois-Pohjanmaalle, Pohjois-Savoon ja Kainuuseen, vaikka tavoitteena olikin saada valtakunnallinen käsitys aluetoimijoiden mahdollisuuksista osallistua oman alueen maatalouden ilmastotoimien edistämiseen.

- Turvepeltojen ilmastotoimiin toivotaan ja tarvitaan taloudellisia porkkanoita viljelijöille. Ilmastotoimien toivotaan olevan vapaaehtoisesti valittavia. Taloudellisen tuen lähteeksi toivotaan niin maataloustukien suuntaamista ilmastotoimien suuntaan kuin kansallisia tukia maataloustukien ulkopuolelta. Yhdeksi mahdolliseksi rahoituslähteeksi työpajoissa nähdään päästövähennysteeman ympärille syntyvät hiilimarkkinat, rahoituslähteinä mainitaan myös tarjouskilpailumenettely, säätiöt ja järjestöt. Rahoituksen suhteen tarvittaisiin varmuutta korvausten pitkäaikaisuudesta, esimerkiksi EU:n maatalouspolitiikan rahoituskausi on lyhyt turvepeltojen toimien vaikuttavuuden kannalta. Ilman

pitkäjänteistä näkymää on vaikea saada luottamusta turvepeltojen ilmastotoimien tekemisen kannattavuuteen.

- Työpajoissa turvepeltojen ilmastotoimiin toivotaan oikeudenmukaisuutta. Oikeudenmukaisuusnäkökulmia lähestytään niin taloudellisesta, sosiaalisesta kuin alueellisesta näkökulmasta. Turvepeltojen ilmastotoimet eivät saisi kaatua viljelijöiden kuormaksi. Koska turvepeltoja on joillain seuduilla paljon ja joillain vähemmän, on toimenpiteiden ja taloudellisen tuen suuntaamisen alueellinen oikeudenmukaisuus monessa työpajassa esillä.
- Oikeudenmukaisuus eri ulottuvuuksineen liittyy myös turvepeltojen ilmastotoimien vaatimaan ajattelutavan muutokseen. Tätä muutostarvetta kuvaa erään työpajan padlet-alustan sitaatti "Soiden kuivatus katsottu aiemmin hyveeksi. Mistä rahoitus toisen-suuntaiseen toimintaan?". Soita on aiemmissa yhteiskunnallisissa tilanteissa tarvittu pelloiksi. Nykyisessä yhteiskunnallisessa tilanteessa ympäristötavoitteiden ratkaisujen kehittäminen on yhteinen yhteiskunnan työ.
- Työpajoissa nostetaan esiin, että aktiivisessa viljelykäytössä olevien peltojen lisäksi on lopettaneiden iäkkäiden viljelijöiden, perikuntien ja kuolinpesien aktiiviseen viljelyyn käyttämättömiä turvepeltoja. Työpajaosallistujien näkemysten mukaan ne kannattaisi valjastaa ilmastotoimiin ensisijaisesti. Näin turvepeltojen ilmastotoimet eivät tuottaisi haittaa maatalouselinkeinolle. Haasteena tässä on maanomistajien tavoittaminen, koska näiden maanomistajien tietoja ei esimerkiksi maataloustukihakujen kautta välttämättä ole saatavilla. Lisäksi tarvittaisiin näille pelloille soveltuvia "avaimet käteen"-ratkaisuja, jolloin maanomistajan ei tarvitsisi itse osata hoitaa esimerkiksi kosteikon perustamista, vaan sen hoitaisi yritys tai järjestö sellaista ratkaisua toivovan maanomistajan puolesta.
- Työpajojen osallistujien näkemysten mukaan marginaaliturvepeltoa löytyy ja kiinnostusta suunnata ilmasto- ja ympäristötoimia niihin löytyy myös. Marginaaliturvepeltoa työpajoihin osallistuneet viljelijät kuvailevat sanoilla hankala viljellä. Marginaaliturvepelloiksi työpajakeskusteluissa määritellään pellot, jotka ovat märkiä, pieniä, kaukana tilakeskuksesta, niihin on heikot tieyhteydet, ne eivät kannu koneita tai ne ovat olleet jo kauan luonnonhoitonurmena (esimerkiksi 15 vuoden ajan).
- Useissa työpajoissa nähdään tilusjärjestelyissä kiinnostavia mahdollisuuksia. Keskusteluissa tuodaan esiin, että tilusjärjestelyiden avulla voitaisiin saada jatkaville tiloille peltoja lähempää tilakeskusta ja siten auttaa tilojen kehittymistä. Tilusjärjestelyissä nähdään myös mahdollisuuksia löytää ilmasto- ja ympäristötoimiin soveltuvia lohkoja ja ohjata niitä siihen käyttöön.
- Työpajojen alustuksissa esillä oli paksujen turvepeltojen vettäminen ja poistaminen viljelykäytössä. Useassa keskustelussa pohdittiin, että onnistuuko vettämiseen potentiaalisesti soveltuvien kohteiden vettäminen käytännössä. Vettäminen tarvitsee paljon suunnittelua ja osaamista ja maanomistajien yhteistyötä. Huonosti toteutettuna vettäminen saattaa olla lose-lose-tilanne ja tuottaa haittoja ilmastolle, ympäristölle, ihmisten välisille suhteille ja taloudelle. Alla muutama sitaatti työpajoista kuvaamaan tästä aiheesta käytyjä keskusteluja.

*"Osaamista ja koulutusta kosteikkojen perustamiseen tarvitaan. Viljelijöillä on jonkin verran kiinnostusta päätoimialan ulkopuolisiin asioihin, mutta harmillisen usein ei löydy osaajia ja tekijöitä ottamaan koppia viljelijöiden kiinnostuksesta. Kiinnostus lähteä toteuttamaan ympäristötoimia ei saisi jäädä kiinni tiedon ja tekijöiden puutteesta."*

*"Yllätyin, kuinka pieni osa turvepelloista on vettämiskelpoista. Kuten Heikki Lehtonen sanoi, vielä ei tiedetä miten vettäminen edes käytännössä onnistuisi. Olennaista mielestäni, että peltoja ei hylätä vaan maanomistajaa vahvasti kannustetaan ottamaan alueet muuhun järkevään käyttöön. Toisaalta, niin kuin tiedetään, ei se metsittäminenkään ihan helppoa ole."*

- Työpajojen alustuksissa esillä ollut kosteikkoviljely herätti vastakaikua. Työpajaosallistujat kertoivat, että eläinten kuivikkeille on tarvetta karjatalousalueilla naudoilla ja toisaalta myös hevosilla, kun turpeen kuivikekäyttö vähenee. Kuivikepulaan kosteikkoviljely ruokohelpi tai paju voisi tarjota ratkaisuja.
- Työpajakeskusteluissa nostettiin esille, että vuokrapeltojen suuri osuus vaikeuttaa peltoihin investoimista, ympäristötoimia ja tilusjärjestelyitä. Vuokrapelloilla pitkäjänteisyyttä, isoja muutoksia tai suuria taloudellisia investointeja edellyttävien toimien tekeminen ja kustannusjako voi olla hankalampaa.
- Työpajoissa pohdittiin, että jostain tulisi saada taloudellista lisäarvoa kotimaisille huipputuotteille. Ympäristö- ja ilmastoasiat tulevat jatkuvasti vastaan tuottajille, mutta ovatko kuluttajat valmiita maksamaan ilmastoystävällisemmistä tuotteista, joita viljelijät veloitetaan kiristyvien mallien kautta tuottamaan. Tällä hetkellä kuluttajat eivät välttämättä ole valmiita maksamaan.
- Työpajakeskusteluissa korostetaan, että viljelijät tarvitsevat tukea ja neuvoja muutosten teossa. Viljelijöille tarvitaan palvelua, tilakohtaista osaamista, neuvontaa, ohjausta ja kannattavuuslaskentaa.
- Lisäksi useissa työpajoissa nostettiin esiin, että nuoret tulevat viljelijät tarvitsevat positiivisen tulevaisuusnäyn maatalousalan kehittämisessä. Nämä nuoret viljelijät ovat tärkeässä roolissa ilmastonmuutokseen varautumisessa maatalouden osalta. Epätietoisuus ja epävarmuus turvepeltokysymyksessä ei edistä tilojen jatkamishalukkuutta.

#### 4.2.2. Kohdemaakuntien painotuksia turvepeltojen käyttöön ilmastotoimiin ja maataloustuotantoon

Aluetyöpajojen keskusteluiden ja kirjausten pohjalta on etsitty näkökulmia, jotka ovat erityisiä tietyille alueelle. Näitä alueellisia näkökulmia ja painotuksia ARMI-hankkeen kohdemaakuntien osalta on kuvattu seuraavassa.

**Pohjois-Pohjanmaalla** halutaan säilyttää kannattava nautakarjatalous ja esimerkiksi puhdas-kaura tulevaisuudessakin. Maakunnan marginaaliturvepeltoja nähdään voitavan hyvin käyttää ilmasto- ja ympäristötoimiin, se lähestymistapa nähtäisiin hyödylliseksi jatkavien tilojen kehittämisen kannaltakin. Maakunnassa metsäkatoasetus (EUDR) on tällä hetkellä lähes pysäyttänyt pellonraivauksen. Maakunta vaikuttaisi voivan olla Suomessa tällä hetkellä turvepelto- ratkaisujen kehittämisen veturi: toisaalta turvepeltojen pinta-ala on suuri, toisaalta on myös intoa kehittää ratkaisuja ja ratkaisuja jo pilotoidaan ja toteutetaan. Tilusjärjestelyissä nähdään alueella paljon ratkaisupotentiaalia. Maakunnassa halutaan etsiä aktiivisesti uusiakin ratkaisuja, esimerkiksi biohiilen tuotannossa pajusta on raaka-ainepulaa ja paju soveltuisi kosteikkoviljelyssäkin tuotettavaksi, maakunnassa on kiinnostusta käyttää turvepeltojen tähdenurmea biokaasun raaka-aineeksi, maakunnasta löytyy ilmastokosteikon tehnyt maatila, ja aurinkoenergiakentät herättävät kiinnostusta. Muutamassa näkemyksessä metsitys koetaan viljelijäidentiteettiin helpommin istuvaksi kuin ennallistaminen mitään tuottamattomaksi alueeksi. Maakunnassa hieman pelätään, miten peltojen maalaji vaikuttaa jatkossa esimerkiksi pellon arvoon, investointipäätöksiin, lainojen saantimahdollisuuksiin ja näiden kautta tilojen maksuvalmiuteen ja eriarvoistumiseen. Työpajassa nostettiin esiin näkemys, että mieluummin haluttaisiin maksaa viljelijöille päästövähennyksistä kuin EU:lle sakkoa toimimattomuudesta. Työpajassa esitettiin nykyisen EU:n maatalouspolitiikan rahoituskauden Turvepeltojen nurmet – toimenpiteeseen konkreettisia korjausehdotuksia: jos tukitaso olisi suunniteltu tukitaso, ei toteutunut, silloin toimenpide olisi kiinnostava, kasvinsuojeluaineiden käyttömahdollisuutta toivottiin kolmen-neljän nurmivuoden jälkeen, kyntömahdollisuutta toivottiin raitioiden tullessa, ja toivottiin, että toimenpiteen myöhempinä vuosina, kolmen-neljän nurmivuoden jälkeen, ei olisi sadonkorjuuvelvoitetta, koska näiltä pelloilta saatava heikompilaatuinen rehu voi siilossa pilata muiden peltojen parempilaatuista satoa.

**Kainuussa** on huolta rakennekehityksen vaikutuksista tilamääriin ja siitä, miten peltoja ja tiloja saadaan pidettyä tuotannossa. Työpajaosallistujat kokivat, että Kainuussa melko paljon myös jo käytöstä poistuneita turvepeltoja, joihin toimenpiteitä olisi myös tärkeä kohdistaa aktiivisessa viljelykäytössä olevien peltojen sijaan. Lisäksi keskusteltiin siitä, että jos jatkavilla tiloilla turvemaita poistuu tuotantokäytöstä ja kivennäismaita pitäisi saada niiden tilalle, niin se voi olla hankalaa useimmille tiloille ilman uuden pellon raivaamista, koska muilta vapautuvat pellot voivat olla kaukana. Tosin Kainuussa jo nykyään viljellään paljon etäälläkin olevia peltoja. Tähän haasteeseen yhdeksi ratkaisuksi kylämäisillä viljelyseuduilla nähdään tilusjärjestelyt. Työpajakeskusteluissa pohdittiin myös, että perinteiselle maataloustuotannolle pitäisi löytää kannattavia vaihtoehtoja, esimerkiksi kuivikkeet, nurmijalosteet, hiilensidonta, aurinkopaneelit ja uudet innovaatiot.

*"Tuotantokäytössä olevat pellot voidaan jättää vettämistoimien ulkopuolelle. Ensisijaisesti pitää huolehtia viljelyvarmuudesta. Enempi huolehtaa, miten peltoja ja tiloja saadaan pidettyä tuotannossa. -- Etenkin nautakarjataloutta jatkaville tiloille turvattava toimintanedellytykset. Painotus ilmastoimissa tulisi olla nautakarjatalouden ulkopuolisilla tiloilla. -- Pitäisikö saada raivata suopellon tilalle uutta kivennäispeltoa ja kustantaisiko joku pellon teon?"*

**Pohjois-Savossa** halutaan turvata kehittyvien tilojen mahdollisuudet. Tilat ovat kehittäneet oman tuotantonsa lähialueella olevien peltojen varaan ja esimerkiksi lypsykarjatilojen täytyy pystyä tuottamaan rehunsa näillä pelloilla, sillä rehuja ei kannata tuoda kaukaa. Tilusjärjestelyissä nähtiin mahdollisuuksia löytää myös ilmasto- ja ympäristötoimiin soveltuvia pelloja. Maakunnassa marginaaliturvepellon käyttö ilmastotoimiin saa kannatusta. Turvepeltojen vahvemmissa ilmastotoimissa mahdollisuutena nähtiin kasvihuonekaasupäästövähennysten lisäksi turvepeltojen vesistö päästöjen vähentäminen, luonnon monimuotoisuudelle kosteikoista saatavat hyödyt ja hiilimarkkinoilta mahdollisesti saatavat tulot. Työpajassa pohdittiin pellon hintatasoa: kivennäismaan hintataso voi nousta, toisaalta turvepeltoihin on käytetty rahaa, ja investoinnin arvo voi romahtaa. Pellon arvon koetaan voivan olla suorien kaupahintojen lisäksi myös vakuusarvoihin liittyvä tulevaisuuden haaste. Turvepellot ovat osassa maakuntaa olleet maatalouden kehittymiselle tärkeitä.

*"Viljelykelpoiset pellot tulee säilyttää tuotannossa, koska ilmastonmuutos aiheuttaa säiden ääri-ilmiöiden vuoksi paljon vahinkoa äärikuivuuksien tai sateiden vuoksi. On tärkeää, että silloin edes joku onnistuu viljelyssä. Monimuotoisuus peltojenkin osalta pidettävä mielessä. Niihin vain kaikki tieto ja tuki, että viljely tapahtuu mahdollisimman "päästöttömästi"."*

*"Kiuruvesi on erittäin voimasta turvepeltoaluetta. Suuret turvepeltoalat tulleet vuosittain vaihteessa merkittävässä määrin vapautuneista turvetuotantoalueista. Syntyneet peltoalat ovat isoja, monien satojen hehtaarien alueita, joilla 0,5–1 km mittaisia sarkoja. Näille alueille myös hyvä tiestö, Vapon rakentamat asfalttitiet. Infra mahdollistaa suur-  
tuotannon, esim. maitomäärät nousseet pitäjässä kymmeniä miljoonia litroja. Laajat turvepellot mahdollistaneet loikan rakennekehityksessä."*

#### 4.2.3. Millaisia toimintamahdollisuuksia aluetoimijoilla nähdään olevan turvepeltojen käytön tulevaisuudessa?

Turvepeltojen käytön tulevaisuus -etätyöpajoissa yksi keskusteluosion kysymys koski aluetoimijoiden roolia turvepeltojen ilmastoratkaisuiden edistämiseksi. Kysymys oli: "Millaisia keinoja aluetoimijoilla voisi olla maatalouden ilmastotoimien tukemisessa turvepeltojen osalta?" Seuraavassa esitetään tähän aihepiiriin liittyvien työpajakeskusteluiden antia ARMI-hankkeen kohdemaakunnissa ja sitten koko Suomessa.

**Ilmastotoimien kohdentaminen** ensisijaisesti ongelmallisille ja kannattavuudeltaan heikoille turvepelloille oli yhteinen näkemys kaikissa kolmessa ARMI-hankkeen maakunnassa, Pohjois-Pohjanmaalla, Pohjois-Savossa ja Kainuussa. Samalla voisi vapautua tukioikeuksia tuottavammille pelloille, mikä mahdollistaisi peltojen tuottavuuden nousun laajemmassa mittakaavassa. Huolena on, miten pellot ja tilat saadaan ylipäättään pidettyä tuotannossa. Jatkavien maatilojen tuotantomahdollisuuksien turvaaminen ja kehittäminen koettiin hyvin tärkeänä.

**Tilusjärjestelyt** nähtiin kaikissa kolmessa maakunnassa yhtenä mahdollisuutena aluetoimijoille edistää turvepeltojen ilmastotoimia. Pohjois-Pohjanmaalla käynnissä olevissa tilusjärjestelyissä on tarkoitus kokeilla ilmasto- ja ympäristötoimien kohdentamista turvepelloille. Kainuun työpajassa todettiin, että MTK tai hanke voisi olla auttamassa toimituksen alkuunpanossa, mutta aloite tilusjärjestelyyn olisi tultava viljelijöiltä. Tilusjärjestelyjä puoltaa vuonna 2025 voimaan tuleva ELY-keskuspohjainen purkujonolista. Siinä vapautuvaa korvauskelpoisuutta ryhdytään jakamaan niin, että ensimmäisenä listalla ovat tilusjärjestelyjen alla olevat lohkot. Tällöin omien korvauskelvottomien lohkojen osalta olisi mahdollista päästä listan kärkeen, vaikka tilusjärjestelyä tehtäisiin pienemmässäkin mittakaavassa.

**Vettämisen osaamiseen** tarvitaan koulutusta. Tähän aluetoimijat voivat vaikuttaa muun muassa hanketoiminnan kautta. Pohjois-Savossa on käynnistynyt Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistyksen hanke "Kouluttaudu kosteikkosuunnittelijaksi". Pohjois-Pohjanmaalla oppia kosteikon toteutukseen on lähdetty hankkimaan Utajärvelle perustetun pilottikosteikon avulla ProAgria Oulun koordinoimassa Vedet haltuun valuma-alueilla -hankkeessa. Viljelijöiden kiinnostus lähteä toteuttamaan ympäristötoimia ei saisi jäädä kiinni tiedon ja tekijöiden puutteesta.

Käytöstä poistuvien turvepeltojen **metsitys nähtiin yhtenä hyvänä vaihtoehtona** niiden jatkokäytölle, jos se vain olosuhteiden puolesta on mahdollista. Pohjois-Pohjanmaan työpajassa pohdittiin metsittämisen voivan olla houkuttelevampi vaihtoehto kuin vettäminen, joka saataan kokea tuottamattomana vaihtoehtona mahdollisesta tuesta huolimatta. Viljelystä luopuille kaivattaisiin keinoja myös tukikelpoisen pellon metsitykseen. Olennaista on, että peltoja ei hylätä vaan maanomistajaa vahvasti kannustetaan ottamaan alueet muuhun järkevään käyttöön, todettiin Pohjois-Savon työpajassa.

Ilmastotoimien kohteeksi suunniteltujen marginaalipeltojen **nurmelle** pohdittiin **monihyötyisiä ratkaisuja**. Pohjois-Pohjanmaalla keskusteltiin mahdollisuuksista hyödyntää nurmea biokaasun tuotannossa. Jos marginaaliturvepellon sato voitaisiin määritellä tähteeksi, se soveltuisi biokaasuntuotantoon. Kainuussa ideoitiin nurmen käyttöä kuivikkeiden raaka-aineena ja yhteislaitoksen perustamista kuivikkeiden tuotantoon.

**Tiedotus** on yksi keskeinen aluetoimijoiden käytettävissä oleva keino ilmastotoimien edistämiseksi, ja tähän tulisi olla käytettävissä riittävästi resursseja myös hallinnossa. Esimerkiksi

vettämisen eri rahoituslähteistä ei ole riittävästi tietoa, todettiin Pohjois-Pohjanmaalla. Pohjois-Savossa tiedotustarvetta tunnistettiin olevan muun muassa monivuotisten kasvien viljelymahdollisuuksista turvepelloilla, ja miten tässä voisi lisätä yhteistyötä kasvinviljely- ja kotieläintilojen välillä. Viljelijät tarvitsevat tilakohtaista neuvontaa ja tukea muutosten teossa.

Aluetoimijoiden roolia turvepeltojen ilmastoratkaisuiden edistämässä koskevan keskustelun anti Turvepeltojen tulevaisuus -työpajoissa koko Suomen osalta on koottu taulukkoon 4.

**Taulukko 4.** Miten aluetoimijat voisivat tukea maatalouden ilmastotoimia turvepeltojen osalta? ARMI-hankkeen kohdemaakunnat vahvemmalla kehyksellä. Suuralueet eri väreillä.

Maakunta	Aluetoimija-kysymys	Muista kysymyksistä esiin nousseita teemoja, joihin aluetoimijat voisivat olla kytköksissä ja edistämässä
Lappi	<b>Kaavoitus:</b> ei rakentamista tms. kivennäismaille. <b>Neuvontaa</b> viljelijöille, myös lopettaville, perikunnille. <b>Ympäristöpalvelu</b> vettämiseen/ennallistamiseen vrt. Luonnonperintösäätiö: aluetoimijat kohtauttamaan toteuttajaa ja maanomistajia. <b>Hankkeet:</b> rahanjako / toteutus	<b>Toimien kohdentaminen:</b> Lounais-Lapissa turvattava <b>elinvoimainen maatalous – huoltovarmuus</b> - muualla Lapissa enemmän potentiaalia ilmasto- ja ympäristötoimiin, mm. tulvivat pellot. <b>Maiseman</b> avoimuus säilyy vettämässä. Kuivikkeen kosteikkoviljely. Valuma-aluenäkökulma: <b>vesiensuojelu</b> , eri maankäyttömuotojen huomiointi. <b>Oma kestävyystiekartta</b> Lappiin.
Pohjois-Pohjanmaa	Tätä kysymystä ei käsitelty työpajamuistioissa, ei esillä työpajassa suorana kysymyksenä	<b>Pilottikosteikko</b> hankkeessa. <b>Tilusjärjestelyt. Välittäjä</b> rahoittajan ja viljelijän välille. <b>Tiedotusta</b> vettämisen rahoitusvaihtoehdoista. <b>Hallintoon resursseja</b> riittävästi (tiedotus). <b>Tilakohtaista</b> neuvontaa ja tukea. Vettämisen osaaminen. Biohiilituotannossa <b>pajusta puute. Metsitykseen</b> ohjeistusta. <b>Metsäkatoasetus:</b> epävarmuus vaikutuksista. <b>Rehuntuotantoalan</b> tarpeen ennakointi. <b>Jatkaville tiloille mahdollisuudet kehittyä. Toimien kohdentaminen</b> keskiteydyt marginaali-turvepeltoihin, näiden <b>nurmi biokaasuntuotantoon</b> - monihyötyinen ratkaisu?
Kainuu	<b>Tilusjärjestelyt: MTK / hanke</b> voisi olla auttamassa.	<b>Kuiviketuotanto nurmesta – yhteislaitoksen hankinta:</b> lisätuloja Kainuuseen. Perinteiselle tuotannolle <b>kannattavia vaihtoehtoja</b> , uudet <b>innovaatiot</b> . Miten saadaan <b>tilat pidettyä tuotannossa: toimien kohdentaminen</b> muille kuin nautakarjatilaille. Kainuussa ruotsalaistutkijaa kiinnostava kosteikkohanke.
Pohjois-Savo	<b>Tiedotus.</b> Nuorille <b>alueen vetoimatekijät</b> tärkeitä. <b>Osaamista ja koulutusta</b> kosteikkosten perustamiseen. Kouluttaudu kosteikkoviljelijäksi <b>-hanke</b> (Savo-Karjalan vesiensuojeluyhdistys).	Kehittyvien <b>maatilojen tuotantomahdollisuudet</b> turvattava. <b>Toimet kohdennettava</b> pienille huonokuntoisille pelloille. <b>Viljelystä poisjäävät pellot</b> hylkäämisen sijasta muuhun käyttöön, yhtenä vaihtoehtona <b>metsitys. Kosteikkoyrittäjä</b> hoitamaan maakunnan kohteita. <b>Tilusjärjestelyt. Kunnan ympäristötoimen tiedonsaanti-mahdollisuudet</b> tilojen turvepelloista. Hiilineutraali Pohjois-Savo (HIPOVA) <b>-hanke:</b> maankäyttösektorin päästölaskenta
Etelä-Savo	<b>Aluetoimijoiden resurssit,</b> mahdollisuudet toimia?	<b>Kuivikkeille</b> tarvetta, <b>ruokohelpeä</b> turvepelloilla? <b>Lisää vaihtoehtoja</b> ympäristöpainotteiseen muutospolkuun: <b>ennallistusta</b> turvepelloille, <b>lisääarvoa esim. hilla?</b> Ruoantuotannon turvaaminen, <b>huoltovarmuus. Maatalousala houkuttelevammaksi</b> jatkajille, <b>erilaisia mahdollisuuksia</b> pienille tiloille. <b>Käytöstä poistuvien turvepeltojen</b> jatkokäyttö: <b>metsitystä</b> , osin <b>aurinkovoimatuotantoon. Kosteikkoviljelyn</b> kehittäminen, karjan soveltuminen? <b>Tilakohtaiset tarkastelut: neuvonnan rooli</b> , riittävästi työkaluja? – <b>tutkimuksen rooli?</b> <b>Turvepeltojen luokittelu: viljelykäytössä jatkavat</b> (panostaminen näille, mm. tuhkalannoitus), <b>ongelmalliset lohkot</b> (ympäristöpainotteisemmat toimet). <b>Positiivinen viestintä, mahdollisuuksien kautta</b> parempia tuloksia.

Pohjois-Karjala	<p><b>Viljelytekniikoiden</b> kehittämisen, <b>koulutusta ja tukea</b> viljelijöille. <b>Viestintää</b> rahoitus- ym. tuista, keinovalikoimasta, toimien kustannuksista, vaikutuksista ja vaikuttavuudesta.</p>	<p>Turvepeltojen <b>monivuotiset kasvit</b> -&gt; <b>aktiivihiilitehdas</b> olisi ympäristöteko. <b>Monivuotoisuutta ja hiilensidontaa syväjuurisilla monivuotisilla</b> kasveilla, mm. mesiangervo, ojakellukka ym. <b>Hanhipeltoja</b> turvepeltoista, Metsähallitus testaa turvetuotantoalueella. <b>Rahkasammalten siirtoistutukset</b>, hyviä tuloksia ennallistetuilla turveilla eri yhdistysten hankkeissa. <b>PK ELY suosittelee säätösalaajitusta</b> mustaliuskealueiden salaajitushankkeisiin: vesiensuojeluilmastohyödyt win-win. <b>Kannustusta</b> yleisemminkin säätösalaajitukseen ja veden pinnan säätelyyn turveilla. <b>Tilusjärjestelyt</b>. Turvetuotannossa olleiden lohkojen <b>ennallistaminen</b>. Turvepeltojen <b>sijainnista tietotarvetta: täsmäneuvontaa</b> merkittäville turvepeltojen viljelijöille? <b>Kasvinviljelytekniikoiden</b> kehittyminen: monikerroksisia kasvihuoneita ja turpeesta riippumattomia kasvualustoja?</p>
Pohjanmaa – Keski-Pohjanmaa*	<p><b>Tilusjärjestelyt. Positiivista viestintää</b> nuorille/tuleville viljelijöille. Viljelytekniikkaan ja säätösalaajitukseen <b>tietoutta ja porkkanoita</b>. <b>Keskitytään mahdollisuuksiin turvata maataloutta</b> ja edistää siellä asioita, maakuntien turvepellot elintarviketuotannolle olennaisia. <b>Kysytään viljelijöiltä</b> näkemyksiä. <b>Biokaasun edistäminen</b>, ylimääränurmista raaka-ainetta ja ravinteita?</p>	<p><b>Kosteikkoviljelyssä</b> potentiaalia. <b>Haastetaan rahoitussektoria</b> miettimään työkaluja koko <b>ruokaketjun osallistamiseen</b> turvepeltojen kestävämpään käyttöön.</p>
Etelä-Pohjanmaa	<p>Panostaminen <b>osaamiseen, koulutukseen ja neuvontaan</b>. Horisontti-hankkeessa esillä kasvialustat ja kosteikkoviljely, <b>pilottitiloilla</b> ilmastotoimia ja niiden auditoinnin testausta sekä <b>demotapahtumia</b>. <b>Koulutusta vesitalouden suunnittelijoille (SEDU), valuma-alueenäkökulma</b>.</p>	<p><b>Nurmibiojalostamoilla proteiineja</b> E-P:n ylimääränurmilta korvaamaan tuontirehuja? Turvepeltojen rooli <b>aurinkovoiman sijoittumisessa</b> – ilmastonäkökulma, ja tuotto vrt. kosteikkoviljely? Mahdollisuuksia ja haasteita <b>ruokohelven kosteikkoviljelyssä</b>, sen viljely hiilinegatiivista. <b>Lyhytkiertopaju</b> yksi vaihtoehto.</p>
Keski-Suomi	<p><b>Monipuolista tiedottamista</b> viljelijöille. <b>Koulutus-, verkostoitumis- ja inspiroitumistilaisuuksia</b> eri toimijoille. Eniten <b>paukkuja muutospositiivisyyteen</b>. Yhdessä paikallisesti <b>uusien arvoketjujen rakentamista</b>, mm. <b>kosteikkoviljely</b>. <b>Alue- ja tilakohtaista suunnittelua ja neuvontaa</b>.</p>	<p>Pellot pidettävä tuotantokäytössä - <b>huoltovarmuus; ei juurikaan kärsi ympäristöpainotteisesta muutospolusta huolimatta</b>, miten viestitään päättäjille? <b>Aurinkovoiman sijoittaminen</b> kytkettävissä turvepeltojen käytön ympäristötavoitteisiin? Raportti Keski-Suomen energiamurroksesta ja sen vaatimista <b>maankäytön ohjauksen ja kaavoituksen</b> tarpeista. <b>Ruokohelpi ja osmankäämi</b> kiinnostavia mahdollisuuksia märille alueille. <b>Ennallistamisasetuksen</b> ja luonnonsuojelulain <b>vapaaehtoisen kompensaaion</b> vaikutukset turvepeltojen käyttöön tulevaisuudessa? <b>Metsäkatoasetuksen</b> tulkinta?</p>
Pirkanmaa	<p><b>Tilusjärjestelyt</b>. Maatiloille <b>tiedotusta</b>. <b>Hanketoiminta</b>: kunnat, MTK. ELYn <b>ilmastoverkosto</b>.</p>	<p><b>Valuma-alueuunnittelu</b>: myös kuivat jaksot huomioon, laajemmalla suunnittelulla <b>kustannustehokkuutta</b> mm. <b>yhteiset investoinnit</b>, toiminnan <b>koordinaattoreina</b> esim. järjestely-yhtiöt tai kuntien ilmastoverkostot + MTK tavoittamaan viljelijöitä. <b>Turvetuotantoalueiden jatkokäyttö</b>: kysyntää isoille tiloilla, peltokäytön ympäristöriskit, <b>ohjaus muuhun kuin peltokäyttöön?</b> <b>Aurinko- ja tuulivoima</b> osin valtaamassa entisiä turvetuotantoalueita. Onnistuuko <b>vettäminen ja laiduntaminen aurinkopaneelikentillä?</b> <b>Kannustetaan säätösalaajitukseen</b>, rakennekalkkibuumista mallia. <b>Nuoret viljelijät</b> vastaanottavaisempia.</p>

Satakunta	<b>Vesistökuunnostushanke</b> (Kokemäenjoen vesien-suojeluyhdistys): <b>valuma-alue-tarkastelu, maanomistajien aktivointia</b> kunnostustoimiin.	<b>Vaihtoehtojen mahdollisuus</b> , viljelijän näkökulma. Turvemaat viljakasveillekin tärkeitä, <b>huoltovarmuus</b> . Panostettu <b>tilusjärjestelyihin</b> . <b>Tarvetta lisämaihin</b> laajentavilla tiloilla, sukupolvenvaihdoksilla <50-vuotiaita saatu mukaan. Viljelystä luopuvilta vapautuvat vähätuottoiset turvemaat, <b>metsitys</b> voisi kiinnostaa. Mahdollisesti laajentuva <b>perunanviljely</b> voi myös vaikuttaa turvemaihin. <b>Ojitus-hankkeissa</b> turvemaakysymysten pohdinta voisi olla hyvä. Turvepeltojen <b>kohdentaminen nurmenviljelijöille?</b> – vaatisi <b>mallinnusta ja hyviä esimerkkejä</b> .
Häme	<b>Viestintä</b> viljelijöille, <b>positiivisia</b> mahdollisuuksia. Paikallisia tilaisuuksia, hoksautusta, <b>kohtaa-mahdollisuuksia</b> .	<b>Nuurilla viljelijöillä</b> lähtökohtaisesti hyvä asenne, mutta tuotava <b>asiat oikealla tavalla esille</b> , terminologia tutuksi. <b>Monitavoitteisuus</b> : myös <b>vesiensuojelu ja monimuotoisuus</b> huomioon mahdollisuuksien mukaan, parhaita <b>win-win</b> ratkaisut. <b>Tilojen yhteistyö – viljelykierto</b> , hyvillä esikasveilla vielä viisaampaa suunnittelua. <b>Hampun viljely</b> , Oitissa hampputehdas. Herättelyä turvepeltojen <b>vettämiseen yhteistoimintana - ojitusyhteisöjen</b> toimesta hiili-markkinoille tai tarjouskilpailuun?
Varsinais-Suomi	<b>Alue toimijat tukemassa</b> hankkeita ja viljelijöitä, mutta <b>osaa-mista puuttuu</b> . Neuvonnallisia <b>hankkeita: kokonaisvaltaista tarkastelua</b> .	<b>Tilojen mielenkiinnon herättäminen</b> voi olla vaikeaa: <b>keppi vai porkkana</b> , vaikuttaa suhtautumiseen. <b>Ympäristöhyötymarkkinat</b> kehittymättömiä, odotuksia niille on. <b>Säätösalaajitukseen opastusta</b> . Ilmastotoimien <b>kohdentaminen marginaalipeltoihin</b> . Kannatusta <b>metsitykseen / maisema ja perinnebiotoopit</b> huomioon. <b>Ohjeistusta tuotantotapojen</b> muutokseen. Etsitään tuotantoa tukevia ilmastotoimia. Ympäristötoimissa <b>vesiensuojelu</b> tärkeä tavoite maakunnassa. <b>Vesiensuojelu- ym. kosteikkojen</b> myötä turvepeltoja poistunut käytöstä pienessä mittakaavassa. <b>Ojitusyhteisöt</b> mukaan vettämisen suunnitteluun: <b>naapurivaikutukset</b> huomioon.
Uusimaa	<b>Ojitusyhteisöjen</b> kartoitus ja <b>herättely?</b> - naapuruston huomiointi.	<b>Uusien ansaintamahdollisuuksien</b> kehittäminen. <b>Säätösalaajitus</b> , resilienssiä viljelyyn kuivina kausina. <b>Asiantuntija ennallistamisen/vettämisen suunnitteluun</b> – pellon märkänä pitäminen haasteellista, haihdunta suurta; Vesihäiriö- <b>hankkeessa opittua</b> . Vettämishankkeiden suunnitteluun <b>koulutusta</b> . Toimenpiteiden <b>kohdentaminen paksaturpeisille pelloille</b> järkevää: tehokkaammin päästövähennyksiä ja investoinnitkin pitkäjänteisempiä näille.
Kymenlaakso	<b>Toimintaedellytyksiä</b> kosteikkoviljelyn raaka-aineita/tuotteita hyödyntäville <b>yrityksille</b> . <b>Julki-set hankinnat</b> tukemaan alueloutta ja sitä kautta <b>motivoimaan ilmastotoimiin</b> . Harjun oppimiskeskuksessa on käynnistynyt <b>EU-hanke</b> selvittämään <b>kuiviketurpeen vaihtoehtoja</b> hevosille: pilotointiin mm. <b>paju</b> , edistetään <b>helposti loppusijoitettavia</b> materiaaleja.	<b>Ruokohelven viljely ja kuivikekäyttö</b> yksi mahdollisuus, kokemusta jo alueella. MTK:n Megabuustia- <b>hankkeessa</b> etsitään <b>tiloille jatkajia</b> ja edistetään sukupolvenvaihdoksia. <b>Tilusjärjestelyt</b> .
Etelä-Karjala	Tietoa ei saatavissa, koska työpajan keskusteluosioon ei saatu osallistujia	

\* Pohjois-Suomeen kuuluva Keski-Pohjanmaa on poikkeuksellisesti Länsi-Suomen kohdassa työpajaan osallistuneen toisen maakunnan Pohjanmaan mukaisesti.

### 4.3. Muut hankkeen tuotokset

Hankkeessa on tuotettu viljelijöiden ja neuvojen avuksi tietokortti "[Kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä](#)" (Kekkonen ym. 2023) ja tietokortti kevennettyjen muokkausmenetelmien vaikutuksista turvepeltojen ilmastopäästöihin, "[Suorakylvön ilmastovaikutukset turvepelloilla](#)" (Honkanen & Kekkonen 2024). Tietokortit löytyvät myös raportin liitteistä.

Hankkeen loppuvaiheessa toteutettiin kysely- ja haastattelututkimus viljelijöiden valmiuksista maatalouden hiilineutraaliuden edistämiseksi. Tämä ARMI-hankkeen työ jatkoi maanviljelijöiden ilmastoteemaan liittyvien näkemysten tutkimusta, jota on tehty haastatteluilla vuosina 2016–2019 ja kyselyillä vuosina 2018, 2020 ja 2022 (ks. esim. (Sorvali ym. 2021). ARMI-hanke mahdollisti näin viljelijöiden ilmastonäkemyksen ajallisen muutoksen tutkimuksen. Viljelijäkyselyn ja haastatteluiden tulokset julkaistaan tästä loppuraportista erillisinä tutkimusjulkaisuina.

ARMI-hanke on osallistunut lasten ja nuoren maatalous- ja ruoantuotantoymmärryksen lisäämiseen toteuttamalla koululaisten maatalousteemapäiviä kuudella koululla yhdessä Luonnonvarakeskuksen MURU-hankkeen ja Maaseutuammattiin ry:n kanssa vuosien 2023–2024 aikana. Pohjois-Savossa järjestettyihin teemapäiviin osallistui yhteensä lähes tuhat lasta ja nuorta. Koululaisten maatalousteemapäivien antia on raportoitu verkkosivulla <https://www.il-mastoviisas.fi/kouluyhteisty/>.

Edellä mainittujen tuotosten lisäksi hanke oli aktiivisesti esillä monissa tapahtumissa, kuten maatalousnäyttelyissä, pellonpiennartapahtumissa, Ruukin tutkimusasemapäivillä ja Maataloustieteen päivillä. Hankkeen tutkijat ovat pitäneet alustuksia monissa muiden järjestämissä tapahtumissa, ja hankkeen tulosten antia esiteltiin [Turvepeltojen tulevaisuus -tapahtumassa 30.10.2024 Seinäjoella](#) ja livestriiminä. Tapahtuman kalvosarjat ovat saatavilla <https://www.il-mastoviisas.fi/turvepellot/> -sivulla.

Hankkeen tuloksia on tuotu saataville myös [blogina](#), ja tämän raportin lopussa esitettävät projektin [toimintasuositukset](#) on koottu erillisenä koontina hankesivuille. Lisäksi hanke on ollut esillä sosiaalisessa mediassa (mm. X) ja uutiskirjeissä. Hankkeen tuottamat materiaalit säilyvät saatavilla hankkeen päätyttyäkin muun muassa hankkeen verkkosivulla [www.luke.fi/projektit/armi](http://www.luke.fi/projektit/armi). Hankkeen tuotoksista voivat saada apua ja hyötyä omaan toimintaansa niin viljelijät, kuntien maaseutuhallinnon ja kuntien ilmastohankkeiden toimijat kuin turvepeltoteemojen kanssa aluehallinnossa työskentelevät henkilöt.

## 5. Toimintasuositukset

Tämän raportin tulosten pohjalta voidaan koota kuusi toimintasuositusta jatkotoimintaa varten. Toimintasuositukset sisältävät mittaustulosten pohjalta saatuja viljelijöille kohdennettavia konkreettisia viljelytoimia sekä tunnistettuja tieto- ja kehittämistarpeita tutkimukseen ja päästösentteihin:

1. Konkreettisenä toimenpidesuosituksena viljelijöille **nurmen uudistusta suositellaan välttämään kasvukauden aikana**, sillä kesä uudistukseen sisältyy riski todella suurista päästöistä perinteiseen uudistusajankohtaan (syyskylä ja kevätkylvö) verrattuna.
2. **Kokonaisten nurmikiertojen aikaisista ja erityisesti nurmen uudistuksen vaikutuksista päästöihin tarvitaan edelleen lisää tutkimusta**. Hankkeen tulokset antavat viitteitä, että nurmen uudistuksen vaikutuksen huomioiminen nostaa nurmikierron kokonaispäästöjä verrattuna nyt käytössä oleviin päästökertoimiin.
3. **Kattavampien CO<sub>2</sub>-päästötutkimusten jälkeen nurmiviljeltyjen turvepeltojen päästökerroin suositellaan päivittämään koko nurmikierron aikaisia tutkimustuloksia hyödyntäen**, sillä uudistustoimista koituu suurempia päästöjä kuin sadon kasvatukseen ja korjuuseen liittyvistä toimista, joiden aikaisiin tutkimuksiin nykyinen päästökerroin perustuu.
4. **Maaperäaineiston päivittämistarpeet tulee huomioida nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä** sekä keskeisenä työkaluna ilmasto- ja ympäristöpolitiikan toimeenpanon tukemisessa. MaaTu-aineiston päivittäminen säännöllisin aikavälein tulee huomioida tulevaisuuden tietotarpeisiin vastattaessa. Ajantasainen ja luotettava maaperäaineisto tukee Suomen kansallisten ja kansainvälisten ilmastopoliittisten sitoumusten suunnittelua, arviointia ja seuranta. Paikallisella tasolla alueellista maaperätietoa voidaan tarkentaa kohdennetuilla maaperäkartoituksilla sopivilla mittaustekniikoilla.
5. **Viljelijät tulee ottaa mukaan heitä koskevan politiikan kehittämistyöhön** erilaisten osallistavien menetelmien avulla. Maatalouden ilmastotyötä värittävää vastakkainasettelua pitäisi pyrkiä ratkaisemaan tuomalla eri toimijaryhmille mahdollisuuksia vuorovaikutukseen.
6. **Ojitustiedon kehittäminen on tarpeellista eloperäisten maatalousmaiden päästöjen laskennan kokonaiskuvan tarkentamiseksi sekä ympäristöystävällisempien toimenpiteiden kohdentamiseksi**. Tarkennetun ojitustiedon avulla voidaan saada käsitys veden liikkeistä virtavesiverkostossa ja uomien kuormitustilanteesta, tarkentaa tietoa ravinnekuormituksesta valtauomiin sekä tukea kasvihuonekaasuinventariota ojien metaanipäästöjen laskemiseksi. Virtavesiverkoston kokonaiskuvan kannalta on olennaista saada aineisto koottua jatkuvana siten, että ojalinjosten lisäksi aineistossa tulisi huomioida esimerkiksi teiden alla tierummuissa kulkevat uomat sekä peltoalueella esiintyvät rummut ja alitukset. Säättösalojituksen tunnistamista voidaan kehittää seuraavassa vaiheessa esimerkiksi painaumien tai säättökaivojen tunnistamisella peltoalueilla. Tarkennetun ojitustiedon avulla voidaan paremmin kohdentaa erilaisia ilmasto- ja ympäristötoimia erityisesti eloperäisille maatalousmaille.

## Viitteet

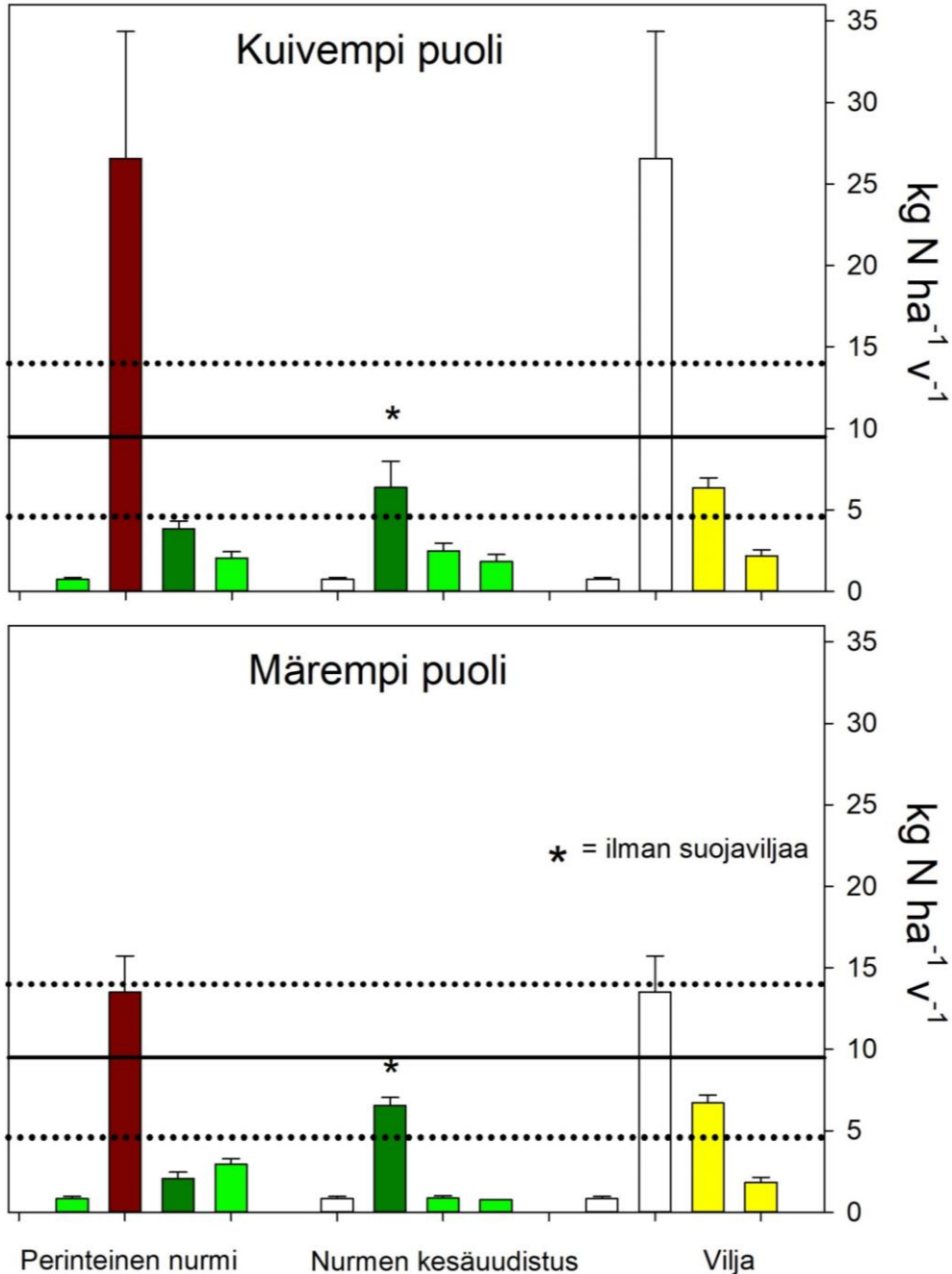
- Cornu, S., Keesstra, S., Bispo, A., Fantappie, M., vanEgmond, F., Smreczak, B., Wawer, R., Pavlů, L., Sobocká, J., Bakacsi, Z., Farkaslványi, K., Molnár, S., Møller, A.B., Madenoglu, S., Feziene, D., Oorts, K., Schneider, F., da Conceição Gonçalves, M., Mano, R., ... Chenu, C. 2023. National soil data in EU countries, where do we stand? *European Journal of Soil Science* 74(4): e13398. <https://doi.org/10.1111/ejss.13398>
- Du, L., McCarty, G.W., Li, X., Zhang, X., Rabenhorst, M.C., Lang, M.W., Zou, Z., Zhang, X. & Hinson, A.L. 2024. Drainage ditch network extraction from lidar data using deep convolutional neural networks in a low relief landscape. *Journal of Hydrology* 628: p.130591. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130591>
- IPCC 2014, 2013. Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, TG. (eds.). <https://www.ipcc.ch/publication/2013-supplement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories-wetlands/>
- Hiilineutraali Suomi. Hinku-verkosto. <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-fi/Hinku>, viitattu 1.11.2021.
- Hetmanenko, V., Lång, K., Saarnio, S., Kekkonen, H. IPCC default emission factors for boreal drained organic agricultural soils do not capture the enhanced emissions after grass renewal, *lähetetty käsikirjoitus*.
- Honkanen, H. & Kekkonen, H. 2024. Suorakylvön ilmastovaikutukset turvepelloilla. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2024110890288>
- Horn, B.K.P. 1981. Hill shading and the reflectance map in *Proceedings of the IEEE* 69(1): 14–47, Jan. 1981, doi: 10.1109/PROC.1981.11918.
- Ilmastolaki (423/2022). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20220423>, viitattu 21.10.2024
- Jensen, L.S., Salo, T., Palmason, F., Breland, T.A., Henriksen, T.M., Stenberg, B., Pedersen, A., Lundström, C. & Esala, M. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil. *Plant Soil* 273: 307–326. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-8128-y>
- Kandel, T.P., Elsgaard, L. & Lærke, P.E. 2013. Measurement and modelling of CO<sub>2</sub> flux from a drained fen peatland cultivated with reed canary grass and spring barley. *GCB Bioenergy* 5: 548–561. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12020>
- Kekkonen, H., Honkanen, H., Miettinen, A., Mustonen, A., Saarnio, S., Savikko, R., Hakala, T. & Tahvola, E. 2023. Kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä -tietokortti. Luke Tietokortti. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2023033134220>.
- Kekkonen, H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka, A. & Regina, K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. *Carbon Management* 10(2): 115–126. [doi:10.1080/17583004.2018.1557990](https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1557990)

- Koski, C., Kettunen, P., Poutanen, J., Zhu, L. & Oksanen, J. 2023. Mapping Small Watercourses from DEMs with Deep Learning—Exploring the Causes of False Predictions. *Remote Sensing*. 2023 15(11): 2776. <https://doi.org/10.3390/rs15112776>
- Kutzbach, L., Schneider, J., Sachs, T., Giebels, M., Nykänen, H., Shurpali, N.J., Martikainen, P.J., Alm, J. & Wilmking, M. 2007. CO<sub>2</sub> flux determination by closed-chamber methods can be seriously biased by inappropriate application of linear regression. *Biogeosciences* 4: 1005–1025. <https://doi.org/10.5194/bg-4-1005-2007>
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkonen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinnie, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet : Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 65/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 122 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-275-9>
- Lehtonen, H., Ojanen, H., Kekkonen, H., Niskanen, O., Savikko, R., Wejberg, H., Knuuttila, M., Stenberg, L., Niemi, J., Salmivaara, A. & Laurila, M. 2024. Turvepeltojen käytön tiekartta vuoteen 2050. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 89/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 154 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-980-2>
- Lehtonen, H., Saarnio, S., Rantala, J., Luostarinen, S., Maanavilja, L., Heikkinen, J., Soini, K., Aakula, J., Jallinoja, M., Rasi, S. & Niemi, J. 2020. Maatalouden ilmastotiekartta – Tiekartta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen Suomen maataloudessa. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020082161330>
- Lidberg, W., Paul, S.S., Westphal, F., Richter, K.F., Lavesson, N., Melniks, R., Ivanovs, J., Ciesielski, M., Leinonen, A. & Ågren, A.M. 2023. Mapping drainage ditches in forested landscapes using deep learning and aerial laser scanning. *Journal of irrigation and drainage engineering* 149(3:): 04022051.
- Lloyd, J. & Taylor, J.A. 1994. On the Temperature Dependence of Soil Respiration. *Funct.Ecol.* 8: 315–323. <https://doi.org/10.2307/2389824>
- Lohila, A., Aurela, M., Regina, K. & Laurila, T. 2003. Soil and total ecosystem respiration in agricultural fields: effect of soil and crop type. *Plant Soil* 251: 303–317. <https://doi.org/10.1023/A:1023004205844>
- Long, S. & Hallgren, J. 1985. Measurement of CO<sub>2</sub> assimilation by plants in the field and the laboratory, in: *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. Elsevier, pp. 62–94.
- Maljanen, M., Liikanen, A., Silvola, J. & Martikainen, P.J. 2003. Measuring N<sub>2</sub>O emissions from organic soils by closed chamber or soil/snow N<sub>2</sub>O gradient methods. *European Journal of Soil Science* 54: 625–631. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00531.x>
- Maljanen, M., Sigurdsson, B. D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J. T. & Martikainen, P.J. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences* 7: 2711–2738. <https://doi.org/10.5194/bg-7-2711-2010>

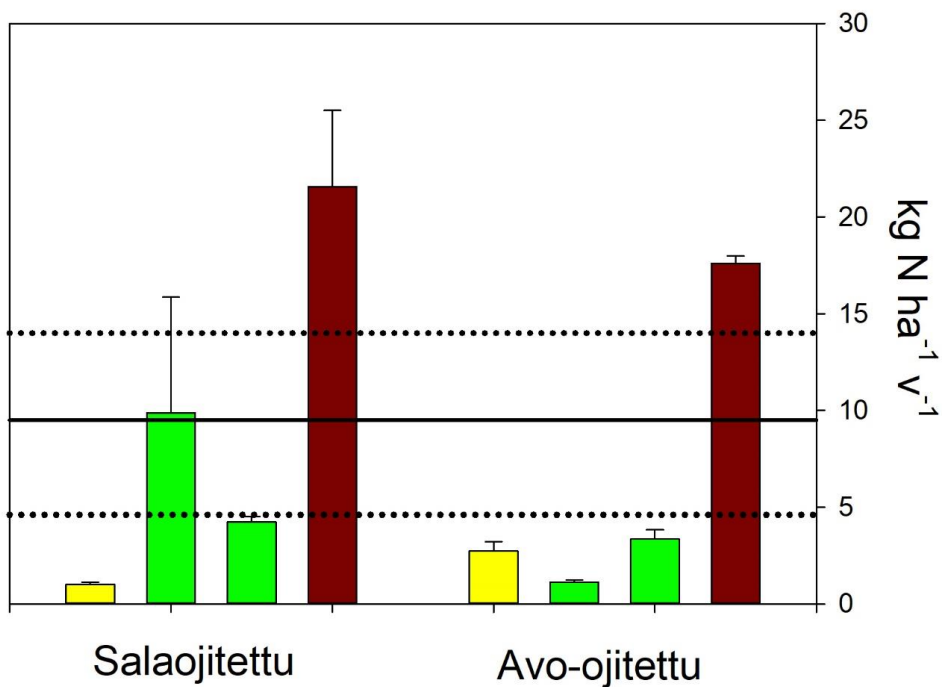
- Meek, D.W., Hatfield, J.L., Howell, T.A., Idso, S.B. & Reginato, R.J. 1984. A Generalized Relationship between Photosynthetically Active Radiation and Solar Radiation. *Agron.J.* 76: 939–945. <https://doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600060018x>
- MMM 2014a. Maatalouden ilmasto-ohjelma - Askeleita kohti ilmastoystävällistä ruokaa. Maa- ja metsätalousministeriö 2014. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 8/2014. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-871-8>
- MMM 2014b. Kansallinen ilmastonmuutokseen sopeutumissuunnitelma 2022. Valtioneuvoston periaatepäätös 20.11.2014. Maa- ja metsätalousministeriö 2014. <https://mmm.fi/documents/1410837/5120838/Kansallinen+ilmastonmuutokseen+sopeutumissuunnitelma+2022.pdf/1716aa76-8005-4626-bae0-b91f3b0c6396?t=1501159291000>
- MMM 2022. Valtioneuvoston selonteko maankäyttösektorin ilmastosuunnitelmasta. Maa- ja metsätalousministeriö. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2022:15. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-388-6>
- Raich, J.W., Rastetter, E.B., Melillo, J.M., Kicklighter, D.W., Steudler, P.A., Peterson, B.J., Grace, A.L., Moore III, B. & Vorosmarty, C.J. 1991. Potential Net Primary Productivity in South America: Application of a Global Model. *Ecol.Appl.* (1) 399–429. <https://doi.org/10.2307/1941899>
- Räsänen, T., Middleton, M., Pohjankukka, J., Mäkinen, V., Kivimäki, A., Pitkänen, T.P., Lerssi, J., Laatikainen, M., Väänänen, T., Auri, J., Heikkinen, J., Kanaoja, T., Kekkonen, H., Kivilompolo, J., Mylly, M., Möller, Å., Nousiainen, M., Oksanen, J., Puttonen, E., Salmivaara, A., Madetoja, J., Säätvuori, H., Torppa, J. & Salo, T. 2023. Turvemaiden digitaalinen kartointi ja turvepeltolohkojen tunnistaminen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 119/2023. 76 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-851-5>
- Sommerfeld, R.A., Mosier, A.R. & Musselman, R.C. 1993. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O flux through a Wyoming snowpack and implications for global budgets. *Nature* 361: 140-142.
- Sorvali, J., Kaseva, J. & Peltonen-Sainio, P. 2021. Farmer views on climate change – a longitudinal study of threats, opportunities and action. *Climatic Change* 164: 3–4: 19 p. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03020-4>
- Sorvali, J., Tuunainen, P., Yli-Viikari, A., Laurila, M., Berninger, K., Huttunen, M., Savikko, R. & Kekkonen, H. 2024. Alueellinen ilmastotyö maataloudessa. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 58/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 56 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-938-3>
- Suomen CAP-suunnitelma 2023–2027. [https://maaseutu.fi/wp-content/uploads/2023/11/Suomen-CAP-suunnitelma\\_31102023.pdf](https://maaseutu.fi/wp-content/uploads/2023/11/Suomen-CAP-suunnitelma_31102023.pdf) Viitattu 8.10.2024
- YM 2024. Kuntien ilmastosuunnitelmat. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/kuntien-ilmasto-suunnitelmat> . Viitattu 21.10.2024.
- Zheng, D., Hunt Jr, E.R., & Running, S.W. 1993. A daily soil temperature model based on air temperature and precipitation for continental applications. *Climate Research*, 2(3): 183–191.

## Liitteet

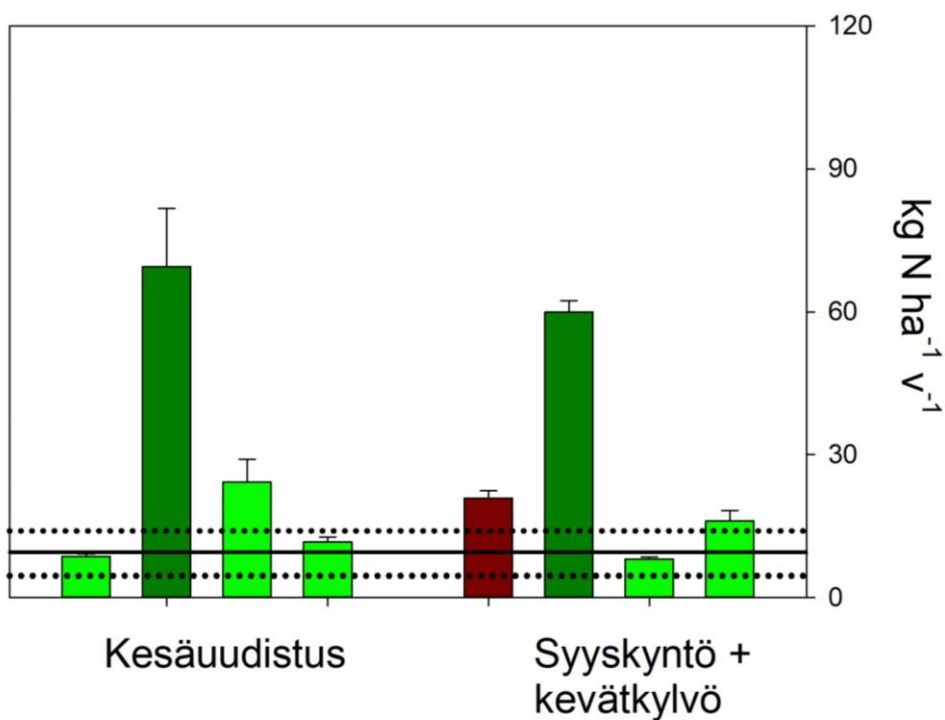
### Liite 1. Pilottitilojen dityppioksidin vuosipäästöt



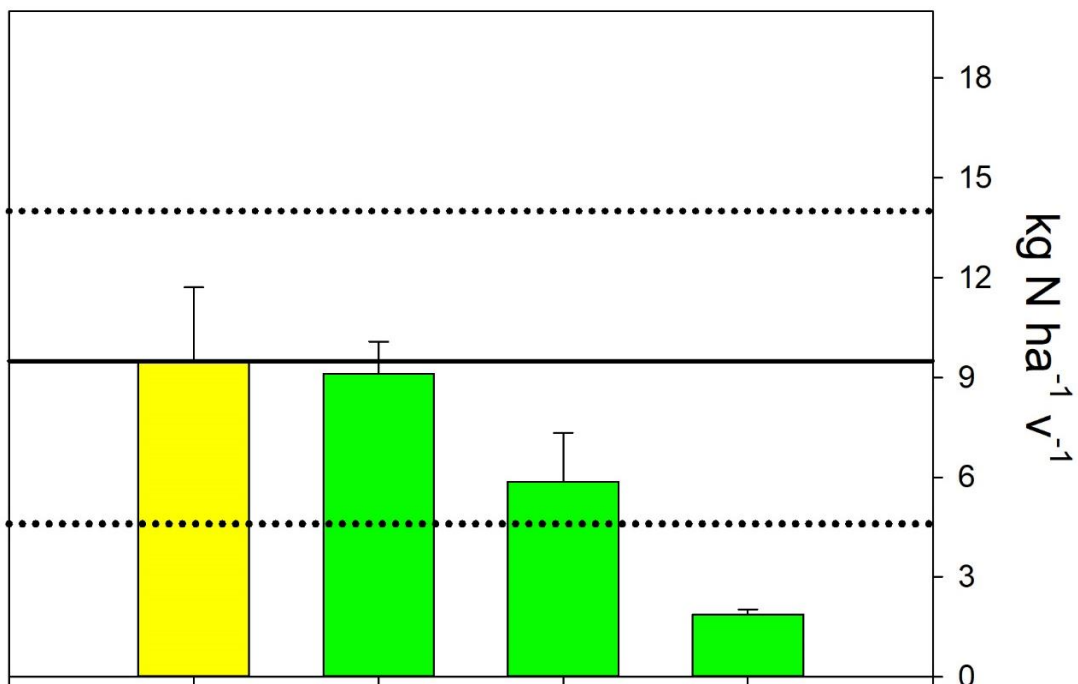
**Kuva 1.** Tilan 1 N<sub>2</sub>O-vuosipäästöt alkukesästä 2020 alkukesään 2024. Pylväiden värit kuvastavat viljelytoimenpiteitä: vaalean vihreä = nurmen korjuuvuosi, ruskea = nurmen korjuu + syksyllä kyntö, tumman vihreä = uuden nurmen kylvö (suojaviljaan), keltainen = vilja (alla heinää), valkoinen = ei mittauksia, mutta uudet koelamat perustettu entisen vanhan nurmen alueelle, jonka päästöt kopioitu edeltäville vuosille.



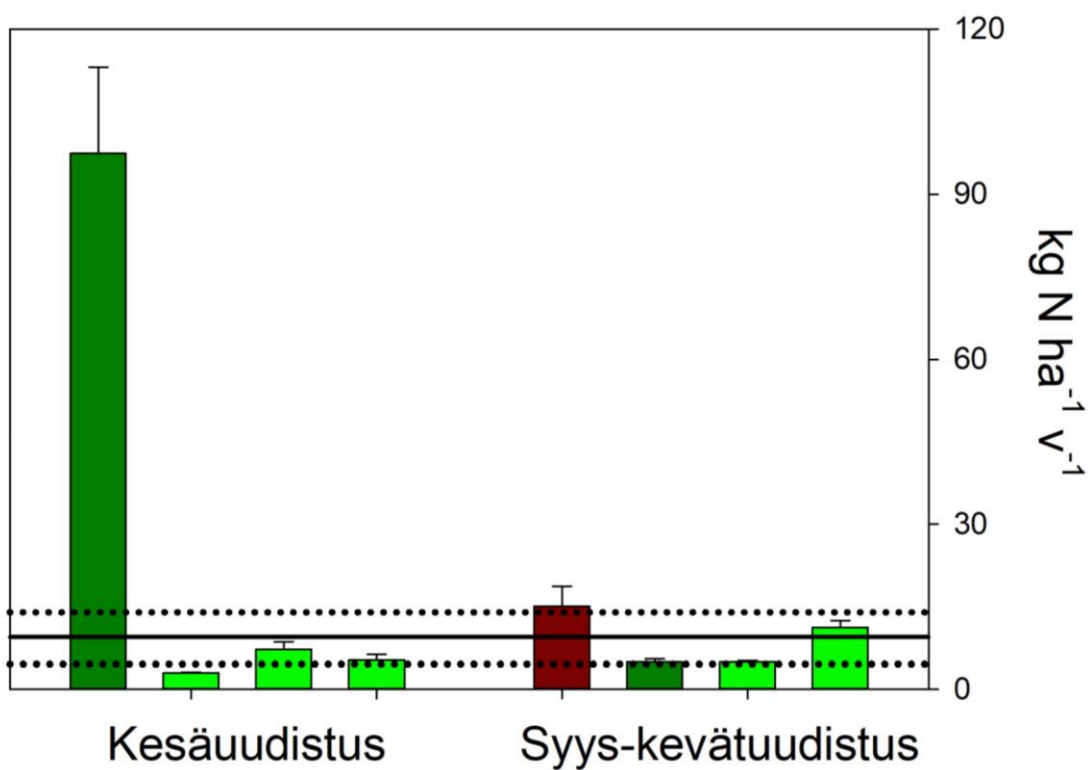
**Kuva 2.** Tilan 2 N<sub>2</sub>O-vuosipäästöt alkukesästä 2020 alkukesään 2024. Pylväiden värit kuvastavat viljelytoimenpiteitä: keltainen = vilja (alla heinää), vaalean vihreä = nurmen korjuuvuosi, ruskea = nurmen korjuu + syksyllä kyntö.



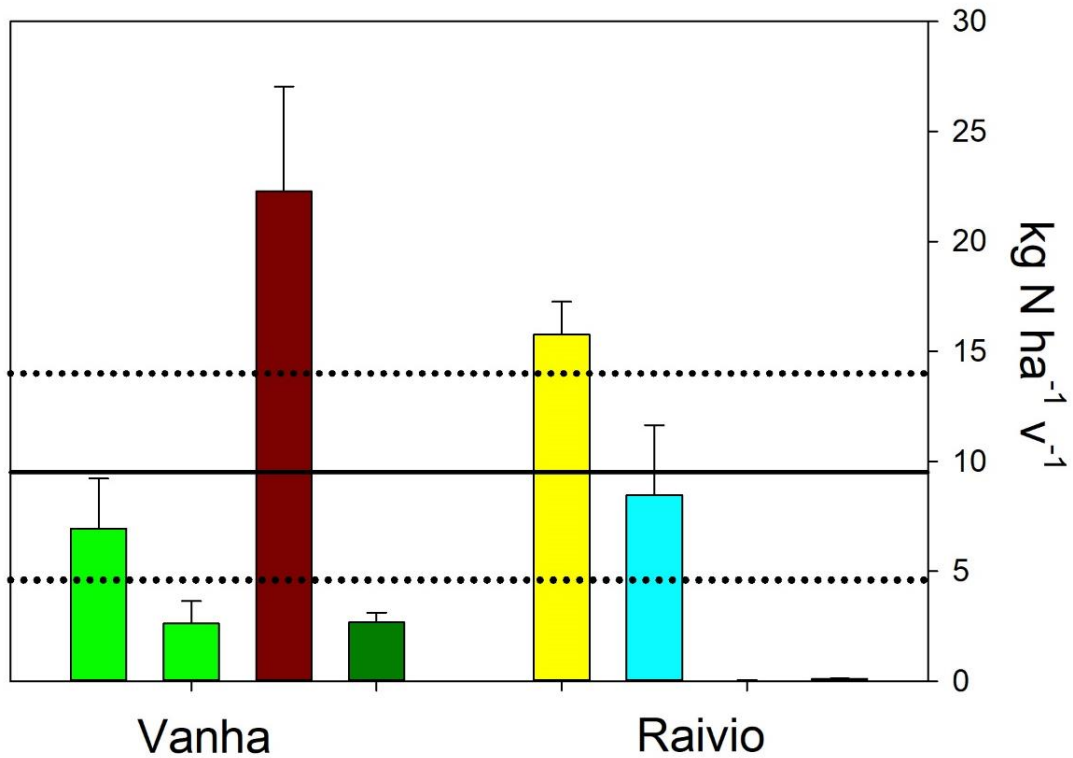
**Kuva 3.** Tilan 3 N<sub>2</sub>O-vuosipäästöt alkukesästä 2020 alkukesään 2024. Pylväiden värit kuvastavat viljelytoimenpiteitä: vaalean vihreä = nurmen korjuuvuosi, ruskea = nurmen korjuu + syksyllä kyntö, tumman vihreä uusi nurmi kylvetty viljan alle, joka korjattu rehuksi syksyllä.



**Kuva 4.** Tilan 4 N<sub>2</sub>O-vuosipäästöt alkukesästä 2020 alkukesään 2024. Pylväiden värit kuvastavat viljelytoimenpiteitä: keltainen = vilja (alla heinää), vaalean vihreä = nurmen korjuuvuosi.



**Kuva 5.** Tilan 5 N<sub>2</sub>O-vuosipäästöt alkukesästä 2020 alkukesään 2024. Pylväiden värit kuvastavat viljelytoimenpiteitä: tumman vihreä uusi nurmi kylvetty viljan alle, joka korjattu rehuksi syksyllä, vaalean vihreä = nurmen korjuuvuosi, ruskea = nurmen korjuu + syksyllä kyntö.



**Kuva 6.** Tilan 6 N<sub>2</sub>O-vuosipäästöt alkukesästä 2020 alkukesään 2024. Pylväiden värit kuvastavat viljelytoimenpiteitä: vaalean vihreä = nurmen korjuuvuosi, ruskea = nurmen korjuu + syksyllä kyntö, tumman vihreä = uuden nurmen kylvö, keltainen = vilja (alla heinää), vaaleansininen = kesanto.

**Liite 2. Tietokortti Kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä**

[Luke - Tietokortti - Kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä](#)

**Liite 3. Tietokortti Suorakylvön ilmastovaikutukset turvepelloilla**

[Tietokortti Suorakylvön ilmastovaikutukset turvepelloilla](#)

**Liite 4. Kalvosarja Kohti ilmastoviisaampia turvepeltojen viljelykäytäntöjä**

[Turvepeltojen viljelysuositukset](#)



**Löydät meidät  
verkosta**

**luke.fi**



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki