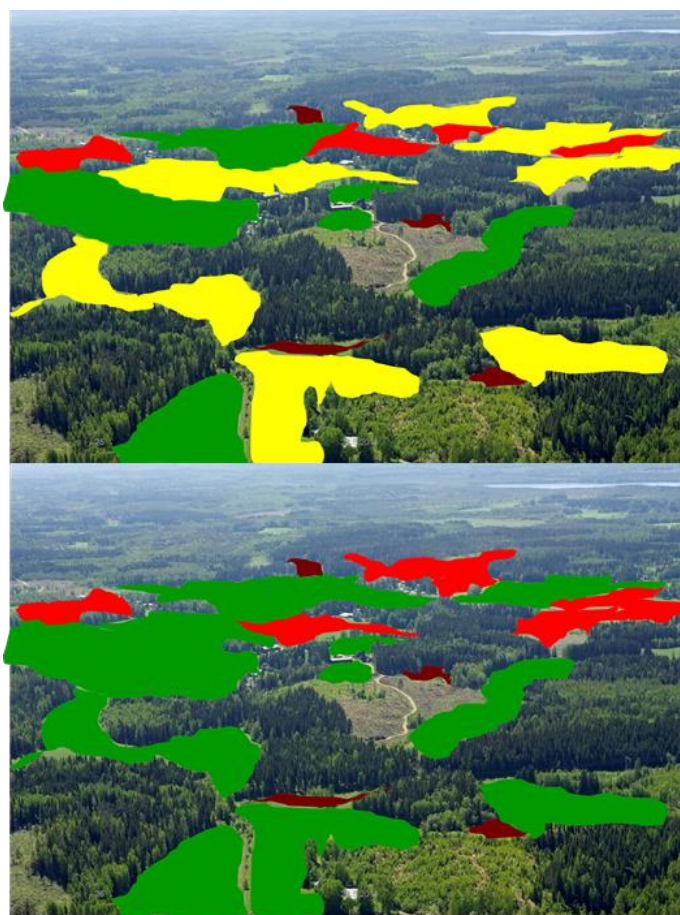


Pellon käytön optimointi tuotannon kestäväksi tehostamiseksi

PeltoOptimi

Pirjo Peltonen-Sainio, Heikki Lehtonen, Kristiina Regina ja Juha Tiainen

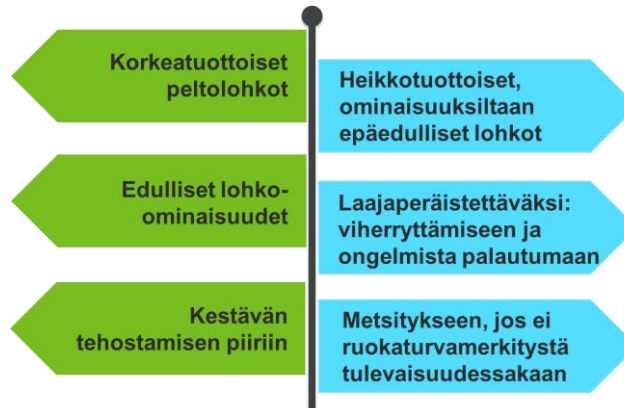


Loppuraportti

2018

1. Tutkimuksen tavoitteet

PeltoOptimi-hankkeen tavoitteena oli tuottaa Suomen peltojen tuotantokykykartoitus ja laatia peltojen tuotantokykyyn ja perusominaisuuksiin perustuva luokittelukriteeristö. Näihin perustuen tarkoituksena oli kehittää PeltoOptimi-työkalu, jonka avulla mitataan ja luodaan jatkuva valmius tarkastella uudelleen maatalouden toimintaympäristön murrosta ja sen aiheuttamia muuttuvia ympäristöllisiä, sosiaalisia, taloudellisia ja poliittisia paineita ja kannustimia. Tavoitteena oli, että kehitettävä työkalu auttaa viljelijää tunnistamaan parhaimmat ja heikoimmat peltolohkot, mikä ohjaa tulevia maankäyttömuutoksia kuvan 1 tapaan.



Kuva 1. Peruseriaate, kuinka PeltoOptimi-työkalu ohjaa peltolohkot niiden tuotantokykyyn ja muiden ominaisuuksien perusteella eri käyttötarkoituksiin: kestävään tehostamiseen, laajaperäistämiseen ja metsitykseen.

Tavoitteena oli arvioida työkalun osoittamien mahdollisten maankäyttömuutosten, kuten biomassan tuotantokykyyn, pitkäaikaisen viherpeitteisyyden sekä metsittämisen vaikutuksia hiilen sidontaan ja maankäyttösektorin ilmastotavoitteiden toteutettavuuteen eri skenaarioissa. Edelleen tavoitteena oli arvioida pellonkäyttömuutosten vaikutuksia maisemarakenteeseen ja riistan ja muiden eläinten elinympäristöjen määrään ja laatuun sekä luoda menettelyjä, joiden avulla luonnon monimuotoisuuteen liittyvät näkökohdat saadaan parhaalla mahdollisella tavalla sovitettua maatalouden tuotannollisiin tavoitteisiin. Erityisesti tutkittiin pellonkäyttömuutosten vaikutusta maatalousympäristön linnuston ja riistaeläinten runsauteen ja arvioitiin pellonkäyttömuutosten ja muiden tekijöiden, kuten ilmaston, yhteisvaikutuksia.

Hankkeelle asetettiin tutkimussuunnitelmassa seuraavat hypoteesit:

- Suomalaisten peruslohkojen tuotantokyky vaihtelee merkittävästi alueesta toiseen, mutta myös tilojen sisäinen vaihtelu on merkittävää; vaihtelua voidaan hyödyntää arvioitaessa tuotannon kestäväen tehostamisen toimenpiteiden kohdentamista
- Peltolohkojen tuotantokykyyn vaihtelun primäärisyyt ovat tunnistettavissa (OPAL-Life)
- Kestävän tehostamisen kannalta potentiaalisimpien lohkojen tuotantokykyä voidaan lisätä merkittävästi ja niillä on suurin potentiaali hyötyä ilmastonmuutokseen sopeutumisesta
- Tehostamisen ja laajaperäistämisen välille on löydettävissä sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä tasapaino

- Kansallinen tuotantokyky ei laske tuotantoa kestävästi tehostettaessa, vaikka osa peltoalasta laajaperäistetään ja ruokaturvan kannalta merkityksettömät lohkot metsitetään tai siirretään tuottamaan luontoarvoja tai muita ympäristöhyötyjä (OPAL-Life)
- Ennakoitavien maankäyttömuutosten myötä maatalouden kasvihuonekaasupäästöt vähenevät ja hiilinielut kasvavat
- Tuotannon osittaisella laajaperäistämällä, lohkojen välisellä kasvinvuorottelun suunnittelulla, suojavyöhykkeillä ja hiilinielujen luomiseksi ja vesiensuojelutarpeisiin perustettavien kosteikkojen avulla voidaan maatalousympäristön maisemarakennetta parantaa ja hyvien elinympäristöjen määrää lisätä tavalla, joka parantaa luonnon monimuotoisuutta ja mm. pölytyspalveluja sekä lintu- ja riistakantoja
- Maatalouden toimintaympäristön muuttuessa tarvitaan pellon käytön optimointia ja seurantaa tukeva työkalu
- Tuotannon kestävyyttä voidaan parantaa ja riippuvuutta ulkoisista tuotantopanoksista vähentää viljelyjärjestelmiä kehittämällä – erityisesti hyödyntämällä viljelykiertoja ja kasvinvuorottelua, typensitojakasveja, lantaa ja kierrätysravinteita, modernien lajikkeiden parantuneita ominaisuuksia (esimerkiksi ravinteiden käytön tehokkuuden sekä taudinkestävyyden parantumista)

Yllä olevista hypoteeseista osaan vastaamme varsinaisesti OPAL-Life -hankkeessa, joka jatkuu kevääseen 2020. Tämä tieto on merkitty sulkuihin hypoteesin perään. Teimme hankkeelle jo sen suunnitteluvaiheessa rajauksen, jonka mukaisesti ympäristövaikutukset koskevat ainoastaan kasvihuonekaasupäästöissä tapahtuvia muutoksia. Maankäyttösektorin ilmastotavoitteet ovat haasteelliset ja strategisesti oikein kohdennetuilla maankäyttömuutoksilla on suuri potentiaali vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja lisätä hiilinieluja. Pellon käytön optimoinnilla on toki myös mahdollisia vesiensuojelullisia vaikutuksia, jotka kuitenkin rajattiin hankkeessa toteutettavien tutkimusten ulkopuolelle. Koska lintujen ja riistan elinympäristöjen määrä ja laatu riippuvat maatalousympäristön maankäytöstä, voidaan maatalousmaan muutokset optimoida lintujen ja riistan hyväksi. Myös maataloutta hyödyttävien ekosysteemipalveluiden parantaminen on mahdollista, mutta esimerkiksi yhteyttä pölytyspalveluihin ei hankkeessa tutkittu.

2. Tutkimusosapuolet ja yhteistyö

Hakuaikaan Luonnovarakeskuksen (Luke) toiminta ei ollut vielä käynnistynyt, joten hankeryhmä koostui entisten MTT:n, Metlan ja RKT:n asiantuntijoista. Myönteisen rahoituspäätöksen myötä hanke käynnistettiin ja toteutettiin Lukessa. Tutkimukset toteutettiin viidessä työpaketissa: 1) Peltolohkojen tuotantokykykartoitus ja luokittelukriteeristö, 2) PeltoOptimi-arviointityökalun kehittäminen, 3) Pellon käytön optimoinnin herkkyyssosio-ekonomisille muutoksille, 4) Maankäyttömuutosten vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin sekä 5) Maankäyttömuutosten merkitys pesimälinnustolle ja riistalle. Tämän lisäksi oli työpaketti 6) Synteesi ja tiedottaminen.

Hanke toteutettiin lähes täysin alkuperäisen asiantuntijajoukon toimesta. Tutkimusprofessori Pirjo Peltonen-Sainio oli PeltoOptimi-hankkeen koordinaattori ja työpakettien 1, 2 sekä 6 vetäjä. Muina tutkijoina näissä työpaketeissa olivat erikoistutkija Lauri Jauhiainen sekä johtava tutkija Ari Rajala, joka toimii PeltoOptimi-hanketta täydentäneen OPAL-Life -hankkeen koordinaattorina. OPAL-Life -hanke laajensi yhteistyöverkostoa merkittävästi. Työpaketteihin 1 ja 2 saatiin lisävahvistusta Luken

määräaikaisten tutkijarekrytointien myötä, erityisesti Jaana Sorvali (työkalun kehittämistä tukevat viljelijöiden haastattelut)) ja Heikki Laurila (satelliittiaineistot tuotantokykykartoitusta varten). Tutkimusprofessori Heikki Lehtonen veti työpakettia 3, jonka tutkimuksiin osallistui myös väitöskirjaopiskelija Tuomo Purola. Tutkimusprofessori Raisa Mäkipää koordinoi työpaketin 4 ja vastasi yhdessä tutkimusprofessori Kristiina Reginan ja johtava tutkija Aleksi Lehtosen kanssa kyseisen työpaketin toteuttamisesta. Erikoistutkija Juha Tiainen veti yhdessä tutkimusassistentti Tuomas Seimolan kanssa työpaketin 5 tutkimukset.

OPAL-Life -hankkeen rahoituksen myötä (2015–2020) tutkimusryhmä laajeni merkittävästi kattamaan joukon asiantuntijoita Maanmittauslaitokselta (FGI, kaukokartoitus, dronet), Helsingin yliopistosta (laajaperäistettävien lohkojen heikkotuottoisuuden syyt), ProAgriasta Keskusten Liitosta ja Nylands Svenska Lantbrukssällskap'sta (NSL, neuvonta ja viljelijäyhteistyö) sekä Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitosta (MTK, viljelijäyhteistyö sekä politiikkavaikuttaminen EU:ssa). Lisäksi kyseisen hankkeen 20 pilottitilaa tuotti arvokkaan suoran vuorovaikutuskanavan eri tuotantosuurten ja -alueiden viljelijöihin.

3. Tutkimuksen tulokset

3.1. PeltoOptimi-työkalu

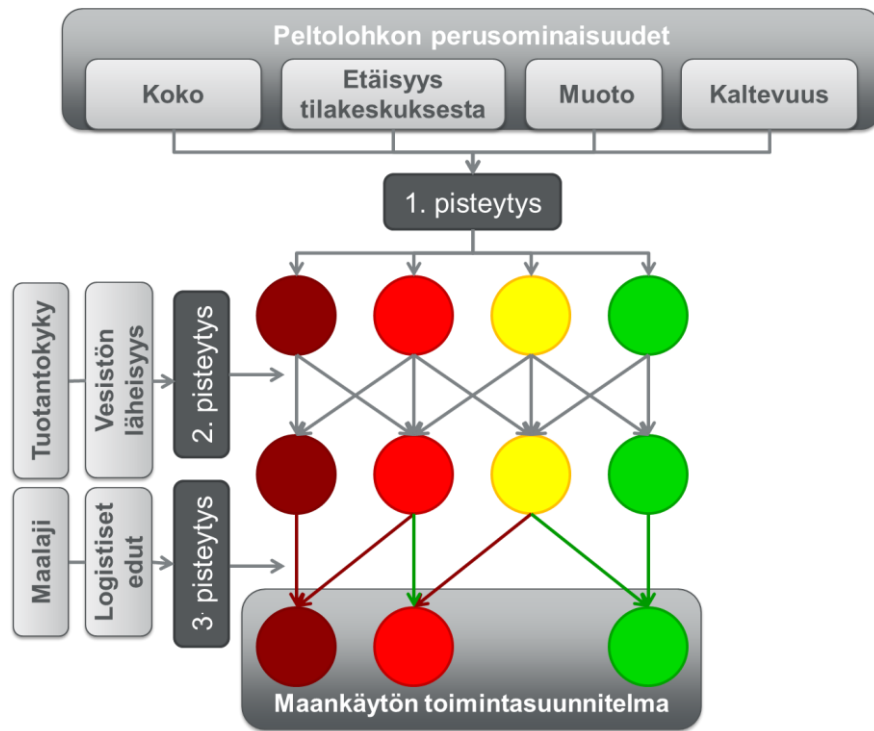
Menetelmät ja aineisto. PeltoOptimi-työkalun kehitystyö perustui peruslohkokohtaisiin, Suomen tuotanto-oloja kattavasti edustaviin aineistoihin, jotka koottiin eri lähteistä (erityisesti Mavin peltolohkorekisteri sekä Maannostietokanta) ja niihin pohjautuviin analyyseihin. Tutkimme muun muassa miten viljelijä kohdentaa lohkojaan eri viljelykasveille ja miten hän toteuttaa niissä eri viljelykiertoja huomioiden lohkon ominaisuudet^{1,2}. Tutkimuksia täydennettiin pilottiviljelijöiden haastatteluilla. Tavoitteena oli rakentaa työkalu, joka huomioi viljelijöiden päätöksentekoon vaikuttavia tekijöitä, jotta se olisi helppo viedä käytäntöön.

Työkalu rakennettiin kolmivaiheiseksi. Perustuen taustatutkimusten tuottamaan laajaan ymmärrykseen viljelijöiden peltolohkojen käyttöön vaikuttavista tekijöistä, ensimmäisessä vaiheessa tilan peruslohkot jaettiin kestävästi tehostettaviin (vihreä), laajaperäistettäviin (punainen), niiden välimaastoon (keltainen) tai metsitettäviin (tummanpunainen) lohkon perusominaisuuksien perustella (kuva 2). Laajaperäistämisen tarkoituksena oli siirtää heikkovasteiset lohkot viherryttämistoimien piiriin eli pois varsinaisesta ruoantuotannosta (kuva 1). Jokainen lohko-ominaisuus arvoitettiin taustatutkimuksiin nojaten, huomioiden miten merkittäviä ne ovat viljelijän päätöksenteolle. Jokainen suomalainen peruslohko sai arvosanan välillä 0–1 (1=paras mahdollinen). Toisessa vaiheessa arvioitiin kunkin lohkon tuotantokyky, mikä perustui satelliittikuviin. Vuodesta 2016 lähtien hyödynnettiin automaattisesti Maanmittauslaitokselta saatavia *Sentinel 2* -aineistoja. Tätä aiemmilta vuosilta koostetut satelliittikuvat perustuivat *Landsat 8* -aineistoihin. Aineistot tulevat täydentymään vuosittain automaattisesti. Satelliittikuvista tuotetut kasvillisuusindeksi-arvot (NDVI) hyödynnettiin sellaisenaan ilman satomuunnoksia, koska itse kasvillisuusmassa kuvaa jo sellaisenaan parhaiten peltolohkon kasvukykyä. NDVI-arvoja tarkasteltiin kasvilajeittain ja kunkin lajin sadontuoton kannalta tärkeimpänä kasvukauden ajankohtana. Näin saatiin tieto kunkin lohkon

¹ Peltonen-Sainio, P., Jauhainen, L., Sorvali, J., Laurila, H. & Rajala, A. 2018. Field characteristics driving farm-scale decision making on land allocation to primary crops at high-latitude conditions. *Land Use Policy* 71: 49-59

² Peltonen-Sainio, P., Jauhainen, L. & Sorvali, J. 2017. Diversity of high-latitude agricultural landscapes and crop rotations: increased, decreased or back and forth? *Agricultural Systems* 154: 25–33

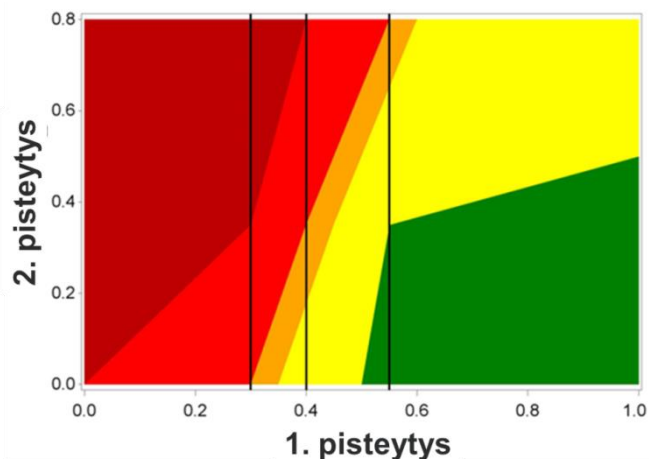
tuotantokyvystä, jota edelleen verrattiin verrokkialueen 10 prosentin parhaimmiston. Näiden erotuksena saatiin tuotantokykykuilu (%) kullekin peltolohkolle kuvaamaan pellon kasvukykyeroa muihin alueen lohkoihin nähden.



Kuva 2. PeltoOptimi-työkalun kolmivaiheinen pisteytysprosessi, jonka tuloksena saadaan tilakohtainen maankäytön toimintasuunnitelma.

Peltolohkon tuotantokykyarvion perusteella ensimmäisessä pisteytyksessä eri värein koodatut peruslohkot joko pysyvät ennallaan tai muuttuvat aina yhdellä askelmalla suuntaan tai toiseen. Esimerkiksi tilanteessa, jossa lohkon perusomaisuudet tuottivat ensimmäisessä pisteytyksessä vihreän arvion, väri saattoi vaihtua keltaiseksi suurehkon tuotantokykykuilun vuoksi. Edelleen työkalu huomioi vesistön läheisyyden, mutta vain siten, että tilanteessa, jossa peruslohko-ominaisuuksien ja tuotantokyvyn perusteella keltaisen värin saanut lohko oli hyvin lähellä punaisen rajaa, se siirtyikin laajaperäistettävien lohkojen joukkoon (kuva 3), erityisesti ravinteiden huuhtoumariskien vähentämiseksi.

Kuva 3. Ensimmäisen pisteytyskierroksen raja-arvot (pystyviivat) peltolohkojen kohdentamiselle perustuen neljään lohkon perusominaisuuteen. Toisen pisteytyskierroksen perusteella tapahtuvat muutokset lohko-kohtaloissa riippuen tuotantokykykuilun suuruudesta. Esimerkiksi tilanteessa, jossa tuotantokykykuilu on yli 50 %, vaihtuu lohko aina vihreästä keltaiseksi.



Kolmas pisteytys perustui peruslohkon vallitsevaan maalajiin. Mikäli kyseessä oli punainen lohko, joka oli turvemaata, se ohjautui laajaperäistämisen sijaan metsitettävien joukkoon. Lopuksi arvioitiin logistiset edut: mikäli esimerkiksi vihreäksi ohjautuvan lohkokoryppään keskellä oli yksittäinen laajaperäistettävä lohko, voitiin se siirtää kestävästi tehostettavien joukkoon.

Päätulokset. Itse PeltoOptimi-työkalu on työpaketin 2 avaintulos. Arvioimme lisäksi, kuinka esimerkiksi tilakoko vaikutti pellon kohdentumiseen. Suurilla (>100 ha) ja keskisuurilla tiloilla (60–99 ha) kestävästi tehostettavien lohkojen joukkoon ohjautui varsin rajallisilla tuotantokykyarvotiedoilla sekä asetetuilla raja-arvoilla 90–91 prosenttia peltolohkoista, kun pienillä tiloilla (<40 ha) osuus jäi 85 prosenttiin. Laajaperäistettävät alat vaihtelivat 8–15 prosentin välillä olleen suurimpia pienillä tiloilla. Metsitysaloissa huomioitiin ensi vaiheessa eloperäiset maat, jolloin niiden kokonaisalaksi tuli asetetuilla raja-arvoilla noin 14 000 ha, mutta maalajin rajauduttua pelkkiin turvemaihin, metsitysalat laskivat noin 4000 hehtaariin. Raja-arvoja voidaan muuttaa asetettavien tavoitteiden mukaisesti. Samoin laajaperäistettävien peltojen osuutta voidaan kasvattaa kestävästi tehostettavien kustannuksella, mikäli viljelijä voi ottaa parhaiden lohkojensa tuotantokyvyn paremmin käyttöön ja kohdentaa tilalla käytettävät tuotantopanokset lohkojen todellisen satopotentialin mukaisesti.

Pellonkäytön kohdentuminen erosi myös jossain määrin tilan tuotantosuunnasta riippuen. Naudanliha- ja lypsykarjatiloihin kestävästi tehostettavia lohkoja oli eniten, mutta tulos voi olla harhainen ja tilanne muuttua, kun nurmien NDVI-pohjaiset tuotantokykykartoitukset saadaan kattavasti mukaan tarkasteluihin. Kasvintuotanto- ja kotieläintilat poikkesivat toisistaan vain vähän (90–91 %) kestävästi tehostettavien lohkojen osalta, mutta nautakarja- ja hevostiloilla oli eniten metsitettäväksi ehdotettuja lohkoja. Toisaalta puutarhatiloilla oli selvästi muita vähemmän kestävästi tehostettavia lohkoja (78 %) johtuen usein pienestä tilakoosta ja pienistä ja muutenkin epäedullisista lohko-ominaisuuksista. Tämä toisaalta paljastanee perimmäisen syyn erikoistumiseen tilanteessa, jossa esimerkiksi tilan laajentaminen ei ole ollut mahdollista.

Toteutusvaiheen arviointi. PeltoOptimi-työkalun rakentaminen toteutui suunnitelmien mukaisesti. Suurimpana haasteena oli satelliittiaineistoista tuotettavien NDVI-arvojen työläys mentäessä ajassa taaksepäin. Maanmittauslaitoksen uuden automatisoidun järjestämän kehittämisen myötä PeltoOptimi-hanke saa suoraan NDVI-aineistot linkitettäväksi lohko kohtaisesti kasvilajitietoihin, joten työkalun tuotantokykyarvot paranevat merkittävästi tulevien vuosien aikana. Nurmille tehtävä tuotantokykyarvio osoittautui muita kasvilajeja haasteellisemmaksi johtuen vaihtelusta niittokertojen määrissä ja ajankohdissa ja nurmien useista satovuosista. Siksi nyt esitetyissä tuloksissa nurmien tuotantokykyä ei ole vielä otettu huomioon osana pisteytystä. Olemme kuitenkin kehittäneet menetelmän, joka tunnistaa ja edelleen arvioi tuotantokyvyn ennen kesän ensimmäistä niittoa saatavan NDVI-arvon perusteella. Nämä tiedot tullaan päivittämään takautuvasti nurmille. Tulevaisuudessa tiedot päivittyvät automaattisesti uusien satelliittiaineistojen saannin myötä. PeltoOptimi-työkalun saattaminen osaksi Luken Taloustohtori-portaalia oli tärkeä työkalun laajamittaista käytäntöön vientiä tukeva ratkaisu.

3.2. Pellon käytön optimoinnin herkkyys sosio-ekonomisille muutoksille

Menetelmät ja aineisto. Työpaketissa tarkasteltiin viljatilojen keskimääräistä pellonkäyttöä kahdella valitulla koelueella, Varsinais-Suomessa ja Pohjois-Savossa. Näistä ensin mainittu edustaa Suomen

parhainta satotasoa ja monipuolista viljelykasvivalikoimaa, kun taas jälkimmäinen on luonnonolosuhteiltaan selvästi epäedullisempi ja viljelykasvivalikoimaltaan suppeampi alue.

Aineistona käytettiin viljatilojen kesimääräistä pellonkäyttöä ja alueiden keskisatoja ajalta 2000–2014. Kasvilajikohtaiset maataloustuet ja hinnat otettiin huomioon. Ensi vaiheessa Luken DEMCROP-optimointimalli sovitettiin Varsinais-Suomen ja Pohjois-Savon tilanteisiin³. Malli huomioi tärkeimpien viljutiloilla viljeltävien kasvien satovasteet typpilannoitukseen, maan pH-lukuun ja fungisidien käyttöön sekä myös maltillisen sadon vähenemän, mikäli samaa kasvia viljellään samalla lohkolla useita vuosia peräkkäin. Alkutilanne eli pellonkäyttö tilalla keskimäärin, satotasot, typpilannoitus ja fungisidien käyttö sovitettiin vastaamaan tilastoja ja saatavissa olevia aineistoja. Toisessa vaiheessa DEMCROP-mallilla arvioitiin: 1) kasvien erilaisten tuottajahintatasojen (vertailukohtana keskihinnat 2000–2014) vaikutuksia pellon ja panosten käyttöön, satotaseihin ja katetuottoon, 2) typpiveron vaikutuksia edellä mainittuihin, 3) salaojituksen kannattavuutta sekä 4) tiivistyneiden peltolohkojen saneerausta (jankkurointi, puukuidun lisääminen ja viherlannoitusnurmi kolmen vuoden ajan). Salaojituksen ja pellon peruskunnostuksen kustannukset pohjautuvat OPAL-Life -hankkeessa tehtyihin laskelmiin. Salaojitukselle myönnettävä investointituki otettiin huomioon.

Päätulokset. Arvioitaessa eri hintatasojen vaikutuksia pellon ja panosten käyttöön ja satoihin todettiin, että molemmilla alueilla jakson 2000–2014 keskimääräisten hintojen nousu 20 prosentilla johti ohralla ja vehnällä suurempaan panosten, erityisesti kalkituksen ja fungisidien käyttöön. Pohjois-Savossa vehnän ja Varsinais-Suomessa mallasohran viljelyosuudet kasvoivat selvästi ja kesannon osuus aleni hintojen noustessa. Öljykasvien osuus kasvoi vain vähän, vaikka hinnat nousivat. Sadot nousivat 3–10 prosenttia ja katetuotto noin 30 prosenttia. Satotaso sekä vehnän ja mallasohran osuus peltoalasta alenivat vastaavasti, jos odotetut hinnat alenivat keskiarvotasostaan. Näin ollen panoskäyttö ja satotaso riippuvat merkittävässä määrin hinnoista ja hintaodotuksista, jotka pysyivät alhaisina usean vuoden ajan⁴.

Typpiverolla (10–30 % lisähinta epäorgaaniselle lannoitetyypelle) oli typen käyttöä alentava vaikutus. Epäorgaanisen typen korvautumista orgaanisella tyypellä ei otettu huomioon, vaan typpiveron oletettiin johtavan kaiken typpilannoituksen kallistumiseen typpiveron verran. Saaduissa tuloksissa typpivero johti typpilannoituksen vähenemiseen ja myös satotason heikkenemiseen. Huomion arvoista on, että ketjureaktiona typen hinnan nousulle ja aleneville sadoille myös peltolohkojen kalkitus sekä fungisidien käyttö vähenivät. Nämä typpiveron laukaisemat muutokset johtivat satotason laskuun usealla prosenttiyksiköllä. Eniten panoskäyttö alenisi tilakeskuksesta kaukana sijaitsevilla tai alhaisen satotason peltolohkoilla. Panosten käytön ja satotason alenemat ovat mahdollisia myös viljeltävyydeltään paremmilla peltolohkoilla, kuten lähellä tilakeskusta olevilla lohkoilla. Näin ollen typpivero ei johtaisi typen käytön tehostumiseen maatilatason mittakaavassa, vaikka näin voikin tapahtua yksittäisten kasvien ja peltolohkojen tapauksessa, joilla typpilannoitetta käytetään jo alkutilanteessa runsaasti pellon sadontuottoon nähden. Jos kuitenkin oletuksena on rationaalinen viljelijä, panosten käyttö on hintasuhteita vastaavaa jo alkutilanteessa, eikä typpivero välttämättä johda typen käytön tehostumiseen millään peltolohkolla. Päinvastoin sadot ja siten myös typen hyödyntäminen voivat vähentyä käsi kädessä kalkituksen ja kasvinsuojelun vähenemisen

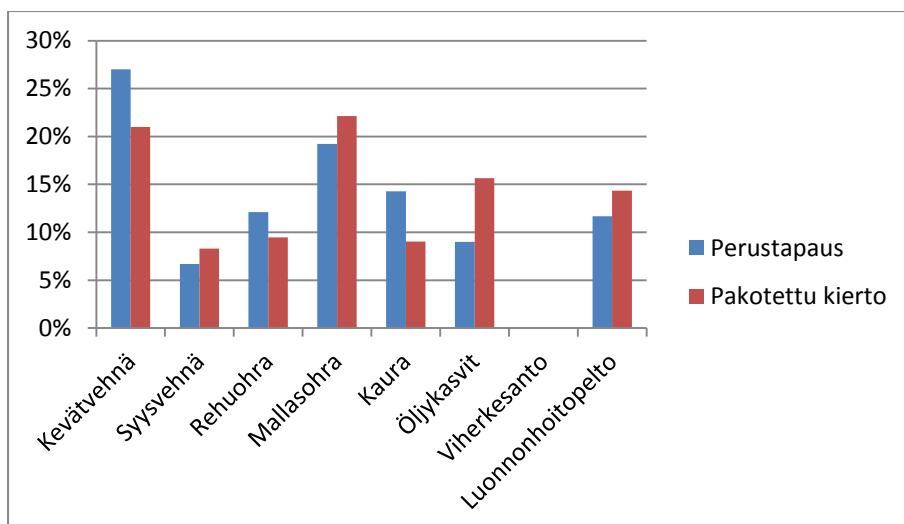
³ Purola, T., Lehtonen, H., Liu, X., Fulu, T. & Palosuo, T. 2018. Production of cereals in northern marginal areas: An integrated assessment of climate change impacts at the farm level. *Agricultural Systems* 2018 162: 191-204

⁴ OECD/FAO 2018. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en.

kanssa. Syynä typpiveron epäedullisille satovaikutuksille maatilamittakaavassa on myös hintasuhteiden heikkeneminen vuoden 2007 jälkeen, jonka vaikutuksesta kasvintuotannon kannattavuus on heikentynyt. Kun otetaan huomioon heikot hintaodotukset useaksi tulevaksi vuodeksi peräkkäin maailmanmarkkinoilla⁴, tuotantopanosten kallistuminen esimerkiksi typpiveron vaikutuksesta johtaisi suurella todennäköisyydellä tuotto-odotusten ja eri tuotantopanosten käytön laskuun.

Salaojituksen ja tiivistyneen peltolohkon saneerauksen kannattavuus oli kohtalaisen heikko Pohjois-Savon keskimääräisillä viljatililla (ohran satotaso 3000 kg/ha). Kannattavuus oli tulosten mukaan vain vähän parempi Varsinais-Suomessa tai Pohjois-Savon keskimääräistä korkeamman satotason viljatililla (n. 4000 kg/ha ohralla). Salaojituksen ja pellon saneerauksen takaisinmaksuajat ovat pitkiä, tyypillisesti 10–20 vuotta, koska katetuotot ovat pieniä ja alkuvuosien tulonmenetykset ovat tuntuvia. Salaojituksessa jää saamatta yhden ja pellon saneerauksessa jopa kolmen vuoden sato. Aiheutuva nettomääräinen tulonmenetykset (huomioiden sadon markkinahinta ja sen tuottamiseen tarvittavat panokset) on laskettava näiden investointien kustannukseksi. Parempi satotaso näiden investointien tuloksena antaa vain vähän katetta ja tuottoa investoinnille tilanteessa, jossa viljantuotannon kate ja kannattavuus ovat jo ennestään alhaisia. Tulosten mukaan esimerkiksi peltolohkolle kokonaan uutena tehtävä salaojitus ei maksa itseään takaisin ja on siksi kannattamaton investointi Pohjois-Savon keskimääräisellä viljatilalla, vaikka se nostaisikin huonosti ojitettujen peltojen sadon keskiarvotasolle (lähtötilanteesta -30 %). Jotta investointi olisi kannattava, satotason nousun tulee olla oletettua suurempi tai investointikustannuksen selvästi täysimittaista salaojitusta edullisempi. Tällainen tapaus voi olla täydennysojitus. Tiivistyneiden peltojen saneeraus on tulosten valossa salaojitusta parempi, mutta siinäkin investoinnin takaisinmaksuaika on pitkä, 10–15 vuotta molemmilla alueilla. Varsinais-Suomen tapauksessa suurempi satotaso antaa mahdollisuuden investointikustannukset selvästi ylittäviin nettotuottoihin 30 vuoden ajanjaksolla, joten takaisinmaksuajan tarkastelu ei kerro koko totuutta investoinnin kannattavuudesta. Jos tulevat kasvituotteiden hinnat ovat korkeampia kuin 2000–2014, se johtaisi investointikustannuksia moninkertaisesti suurempaan katetuottoon yli 30 vuoden ajanjaksolla, vaikka investoinnin takaisinmaksuaika olisi edelleen yli 10 vuotta. Vastaavasti 2000–2014 keskihintoja alhaisemmat tulevaisuuden hinnat eivät pidentäisi investoinnin takaisinmaksuaikaa, vaikka katetuottokertymä jäisi nettona lähes 10 prosenttia alhaisemmaksi. Toisin sanoen, jos peltolohkon saneerausinvestointi on keskihinnoin laskettuna selvästi kannattava, kannattavuus ei olennaisesti heikkene, jos tulevat hinnat ovat keskihintoja alhaisempia.

Lisäksi tutkittiin tapausta, jossa kaikille peltolohkoille asetettiin ehto, jossa pellonkäytöstä tuli olla 30 % öljykasveja tai viherkesantoa jokaisella 10-vuotisjaksolla. Tämän ajateltiin vähentävän riskiä maan tiivistymiselle. Tulosten mukaan koko tilan tasolla viljojen, erityisesti vehnän ja kauran sekä rehuohran, osuus alenisi nykyisestä 70 prosentista noin 60 prosenttiin (Kuva 4). Samalla luonnonhoitopellon (viherkesannon) ala kasvaisi 12 prosentista 15 prosenttiin. Katetuotto alenisi tällöin vain runsaan prosentin, koska viljantuotannon kannattavuus on heikko.



Kuva 4. Keskimääräisen Varsinais-Suomessa sijaitsevan viljatilän pellonkäyttö 30 vuoden aikana keskimäärin perustapauksessa (2000–2014 hinnat ja 2014–2020 ohjelmakauden tuet) ja tapauksessa, jossa jokaisella loholla viljeltäisiin syväjuurisia öljykasveja tai nurmikasveja vähintään kolmena vuotena kymmenestä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että salaojitus ja tiivistyneen pellon saneeraus ovat molemmat takaisinmaksuajalla tarkasteltuna heikosti kannattavia investointeja tulevasta hintatasosta riippumatta, vaikka nämä investoinnit voivat tuottaa investointikustannukseen verrattuna moninkertaisen katetuottokertymän pitkällä, 30-vuotisella ajanjaksolla. Näin erityisesti, jos kasvutuotteiden hinnat nousevat tai tilan satotaso on jo ennestään keskimääräistä parempi. Pitkä takaisinmaksu-aika ei kuitenkaan motivoi investointeihin viljelijää, joka ei arvosta yli 15 vuoden päästä saatavia tuottoja. Tällöin yhteiskunnan ja ympäristön kannalta suotuisat investoinnit voivat jäädä toteutumatta. Tulosten perusteella voidaan myös päätellä, että tiivistymän syntymisen ehkäiseminen monipuolisemmalla viljelykierrolla on todennäköisesti kannattavaa, jos tilan pelloilla on tiivistymiselle herkkiä peltolohkoja. Pelkkä markkinoiden ohjaus ei välttämättä johda pellon kasvukunnon paranemiseen. Monipuolisempi viljely aiheuttaa usein tulonmenetyksiä lyhyellä aikavälillä ja yksipuolisen viljelyn aiheuttama maan kasvukunnon heikkeneminen saattaa toteutua vasta useiden vuosien kuluttua, jolloin tilanteen korjaaminen vaatii aikaa ja panostuksia.

Toteutusvaiheen arviointi. Hankkeen aikana vahvistui käsitys, että pellonkäytön optimoinnin ja peruskunnostuksen sekä ojituksen analyysit on tulosten yleistettävyyden vuoksi tärkeä tehdä erilaisia olosuhteita edustavilla alueilla. Lisäksi tulokset on paremmin ymmärrettävissä ja tulkittavissa maatilatason ja erityisesti keskimääräisten viljatilojen esimerkkitapauksissa. Jos vastaavia tuloksia lasketaan yksittäisille tiloille, voivat ne toki poiketa merkittävästi käytetyistä keskiarvotapauksista, mutta kuitenkin ilman, että tuotehintamuutoksilla on suurta vaikutusta.

3.3. Maankäyttömuutosten vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin

Menetelmät ja aineisto. PeltoOptimi-työkalun ensimmäisen, vain lohkojen perusominaisuudet huomioivan, pisteytyskierroksen tuottamien pinta-alojen mukaan arvioitiin muutokset kasvihuonekaasupäästöissä tilanteessa, jossa metsitettäväksi ohjautuisi kaikki tummanpunaisen koodin saaneet lohkot ja laajaperäistettäväksi punaiset lohkot. Jo nyt laajaperäisessä viljelyssä olevat punaisen koodin saaneet lohkot jäivät pois analyysistä, mutta tummanpunaisen koodin saaneet ohjautuivat metsitykseen.

Lohkojen päästöt arvioitiin sekä nykytilanteessa että maankäytön muutoksen jälkeen, ja näiden erotus katsottiin potentiaaliseksi kasvihuonekaasuvaikutukseksi. Päästöarviot tehtiin ELY-keskuksittain erikseen kivennäismaille ja eloperäisille maille käyttämällä vuosien 2000–2016 keskimääräisiä hehtaarikohtaisia päästöjä kasvihuonekaasuinventaariossa raportoitujen lukujen perusteella. Mukana ovat maaperän hiilidioksidi-, dityppioksidi- ja yhdessä tapauksessa myös metaanipäästöt. Lohkon päästöiksi laskettiin sekä maatalous- että maankäyttösektorilla (LULUCF) raportoitavat päästöt. Joissakin tapauksissa päästöjä siirtyy maankäyttömuutoksen seurauksena maataloussektorilta LULUCF-sektorille, kuten eloperäisen maan päästö, joka raportoidaan pienemmällä päästökertoimella uudessa maankäytössä. Joissain tapauksissa päästö poistuu kokonaan, kuten lannoituksen päästö, kun on oletettu, että metsitetty pelto ei tarvitse typpilannoitusta. Metsityksen päästöt hehtaaria kohti vaihtelevat vuosittain riippuen siitä, mikä on metsitettyjen lohkojen ikäjakauma. Pitkän aikavälin keskiarvo heijastelee tätä vaihtelua ja todellisuudessa metsitysaktiivisuus vaihtelisi toki vuosien välillä. Lasketut luvut kertovat kasvihuonekaasuinventaariossa näkyvän vaikutuksen ensimmäisten 20 vuoden ajalta maankäytön muutoksen jälkeen tilanteessa, jossa kaikki PeltoOptimi-työkalun punaiseksi tai tummanpunaiseksi luokittelema ala kokisi muutoksen.

Päätulokset. Kivennäismaiden metsityspotentiaali vaihteli ELY-keskuksittain muutamasta kymmenestä kolmeen sataan hehtaariin, kun taas eloperäisten maiden metsitykseen ohjautui alle 10 hehtaaria kaikissa ELY-keskuksissa. Metsitykseen ohjautuvien lohkojen määrä on suurempi eteläisessä Suomessa kuin Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa. Suurin osa päästövähennyksestä ohjautuisi LULUCF-sektorille (taulukko 1). Kaiken kaikkiaan aktiiviviljelystä poistettavien lohkojen päästövähennyspotentiaali oli vähäinen, alle 16 kilotonnia.

Taulukko 1. Aktiivituotannossa olevan alan potentiaalisen metsityksen ala ja päästövaikutukset.

ELY-keskus	Pinta-ala (ha)			Päästöjen vähenemä (t CO ₂ -ekv.)		
	Kivennäismaa	Eloperäinen	Yhteensä	LULUCF	Maatalous	Yhteensä
Uusimaa	235	8	244	-1198	-302	-1499
Varsinais-Suomi	293	2	295	-1401	-331	-1732
Satakunta	44	6	50	-258	-78	-336
Häme	161	8	169	-814	-213	-1027
Pirkanmaa	292	1	293	-1393	-325	-1718
Kaakkois-Suomi	127	3	130	-643	-158	-800
Etelä-Savo	242	0	242	-1148	-266	-1414
Pohjois-Savo	324	3	327	-1573	-372	-1945
Pohjois-Karjala	175	1	175	-835	-195	-1030
Keski-Suomi	233	2	234	-1115	-263	-1378
Etelä-Pohjanmaa	49	2	51	-253	-65	-318
Pohjanmaa	39	10	49	-273	-92	-365
Pohj-Pohjanmaa	61	2	63	-318	-80	-398
Kainuu	61	4	65	-328	-87	-415
Lappi	90	3	93	-471	-118	-589
Ahvenanmaa	154	0	154	-727	-168	-896
Yhteensä	2580	56	2635	-12748	-3112	-15860

Laajaperäistettävien lohkojen määrät vaihtelivat ELY-keskuksissa välillä 500–2000 ha kivennäismaiden osalta, kun eloperäisten maiden ala jäi 1–30 prosenttiin kivennäismaiden vastaavasta (taulukko 2). Laajaperäistämisen päästövähennyspotentiaali arvioitiin suuremmaksi kuin metsityksen. Tarkasteltujen lohkojen 20 000 hehtaarin alalta saataisiin 65 kt CO₂-ekv. suuruinen päästövähennys, josta suurin osa näkyisi LULUCF-sektorilla. LULUCF-sektorin päästövähennys olisi 0,6 % viljelysmaiden raportoiduista hiilidioksidipäästöistä ja maatalouden päästövähennys 0,4 % maatalouden päästöistä.

Taulukko 2. Aktiivituotannossa olevan alan potentiaalisen laajaperäistämisen ala ja päästövaikutukset.

ELY-keskus	Pinta-ala (ha)			Päästöjen vähenemä (t CO ₂ -ekv.)		
	Kivennäismaa	Eloperäinen	Yhteensä	LULUCF	Maatalous	Yhteensä
Uusimaa	1399	51	1450	-2449	-1757	-4206
Varsinais-Suomi	2068	131	2200	-3775	-2636	-6411
Satakunta	855	74	928	-1981	-1178	-3159
Häme	1249	42	1290	-2083	-1547	-3630
Pirkanmaa	2057	36	2093	-2642	-2381	-5024
Kaakkois-Suomi	1013	41	1055	-1686	-1255	-2941
Etelä-Savo	1336	14	1350	-1593	-1520	-3114
Pohjois-Savo	2115	32	2147	-2870	-2479	-5349
Pohjois-Karjala	900	13	913	-1179	-1047	-2226
Keski-Suomi	1435	50	1485	-2015	-1700	-3715
Etelä-Pohjanmaa	1223	207	1430	-4026	-1943	-5969
Pohjanmaa	819	280	1098	-4525	-1694	-6219
Pohj-Pohjanmaa	773	121	894	-3464	-1416	-4880
Kainuu	472	40	512	-1552	-745	-2298
Lappi	456	89	545	-2960	-1027	-3987
Ahvenanmaa	523	27	550	-1184	-713	-1898
Yhteensä	18693	1247	19939	-39985	-25038	-65023

Jo laajaperäisessä käytössä olevaa alaa tarkasteltiin erikseen. Tästä kategoriasta löytyi alle 2500 ha metsitykseen ohjautuvaa alaa, josta 3 % oli eloperäistä maata. Tätä alaa tunnistettiin eniten eteläisestä Suomesta. Laajaperäisen alan metsityksestä saatava päästövähennys olisi noin 16 kt CO₂-ekv., joka kohdistuisi enimmäkseen LULUCF-sektorille (taulukko 3).

Yhteensä näiden potentiaalisten maankäytön muutosten vaikutus raportoituihin päästöihin olisi noin 100 kt CO₂-ekv., ja tästä 69 kt kohdistuisi LULUCF-sektorille ja 28 kt maataloussektorille. Prosentuaalinen vähenemä olisi LULUCF-sektorilla noin 1 % viljelysmaiden päästöistä ja maataloudessa noin 0,4 % kokonaispäästöistä.

Toteutusvaiheen arviointi. Kasvihuonekaasupäästöjen arviointilaskelmien suurin haaste oli PeltoOptimi-työkalun jatkuva kehittyminen, mikä pakotti tekemään laskelmat katkaisemalla jatkuvasti päivittyvä prosessi tiettyyn pisteeseen ja huomioimalla tässä loppuraportissa vain ensimmäisen pisteytysvaiheen tulokset, koska esimerkiksi nurmien osalta tuotantokykyarviot ovat edelleen rajallisia. Tilanne ja laskemat kuitenkin elävät aineistojen karttumisen myötä ja tutkimuksista tehtävä tieteellinen julkaisu tulee antamaan tätä ennakoivaa laskelmaa tarkemman

käsityksen päästövähennysten suuruudesta. Sinällään yllä kuvatut päätulokset eri päästövähennyslähteiden merkityksistä eivät tule ratkaisevasti muuttumaan.

Taulukko 3. Laajaperäisen alan potentiaalisen metsityksen ala ja päästövaikutukset.

ELY-keskus	Pinta-ala (ha)			Päästöjen vähenemä (t CO ₂ -ekv.)		
	Kivennäismaa	Eloperäinen	Yhteensä	LULUCF	Maatalous	Yhteensä
Uusimaa	436	6	442	-2830	-16	-2846
Varsinais-Suomi	480	1	481	-3042	-2	-3044
Satakunta	63	18	81	-634	-48	-682
Häme	233	3	236	-1508	-7	-1515
Pirkanmaa	320	6	326	-2103	-17	-2120
Kaakkois-Suomi	175	3	178	-1144	-7	-1151
Etelä-Savo	120	1	120	-764	-1	-766
Pohjois-Savo	124	2	126	-804	-4	-809
Pohjois-Karjala	104	0	104	-656	0	-656
Keski-Suomi	133	0	133	-844	-1	-845
Etelä-Pohjanmaa	61	6	67	-467	-16	-483
Pohjanmaa	39	20	59	-508	-53	-561
Pohjois-Pohjanmaa	25	2	27	-184	-6	-190
Kainuu	43	11	54	-413	-29	-443
Lappi	12	1	14	-94	-3	-97
Ahvenanmaa	15	0	16	-101	-1	-103
Yhteensä	2383	79	2463	-16096	-212	-16308

3.4. Maankäyttömuutosten vaikutukset pesimälinnustolle

Menetelmät ja aineisto. Maatalousympäristön pesimälinnusto käsittää runsaat 40 säännöllisesti pesivää ja toistakymmentä satunnaisemmin pesivää lintulajia. Niistä on riistalajeja seitsemän, ja neljä muuta kuuluu metsästyslainsäädännön piiriin. Lintujen laskenta tehtiin kolmen käyntikerran kartoitusmenetelmällä, joka on kuvattu perusteellisimmin Mytvas2-väliraportissa⁵. Laskenta-alueiden yhteispinta-ala on 46 000 ha peltoa, josta 38 000 ha on laskettu vähintään kahtena vuotena. Aineisto käsittää yhteensä noin 190 000 lintureviiriä vuosilta 2001–2018. Laskenta-alueet edustavat sangen hyvin maatalousympäristöjä linjan Oulu–Ilomantsi eteläpuolella, joskin Keski- ja Itä-Suomessa on laaja alue, jolla laskentoja on tehty hyvin vähän. Laskenta-aineistosta tehtiin erilaisilla lähestymistavoilla kolme analyysiä. Ensisijaisesti käytettiin vuoden 2010 aineistoa (joka oli suurin), mutta tutkimusalueet, joilta aineistoa oli myös joko vuodelta 2009 tai 2011, mutta ei vuodelta 2010, otettiin mukaan.

Ensimmäisessä tutkimuksessa⁶ mallinnettiin avoimen maatalousympäristön linnustoa 200 metrin säteisillä ympyräkoeloilla (12,56 ha), joita oli 657. Kultakin alueelta käytettiin vain yhden vuoden aineistoa sen välttämiseksi, että joku niistä vaikuttaisi yliedustettuna tulokseen. Koealoista tuli vähintään 50 % olla avointa maatalousympäristöä, niiden keskipisteen tuli sijaita viljellyllä pellolla

⁵ Tiainen, J., Holopainen, J., Seimola, T., Ekroos, J., Piha, M. & Vepsäläinen, V. 2004. Maatalousympäristön pesimälinnuston seuranta. Suomen Ympäristö 709: 92-109.

⁶ Ekroos, J., Tiainen, J., Seimola, T. & Herzon, I. 2018. Weak effects of farming practices corresponding to CAP greening measures on farmland bird diversity in boreal agricultural landscapes. Manuscript submitted.

eivätkä ne saaneet mennä päällekkäin. Koealoilla oli yhteensä n. 8200 ha maatalousmaata. Aineiston käsittely tehtiin yleisillä lineaarisilla malleilla. Lintuyhteisön (20 lajia) selitettävät muuttujat olivat koko linnuston sekä erikseen avoimella pesivien ja lohkojen reunoilla (pientareilla) ja ojanvarsilla pesivien lajien lajimäärä ja diversiteetti sekä yksittäisten lajien runsaus. Selittävät maisemarakennemuuttujat olivat etäisyys metsän reunaan, asutuksen osuus koealasta ja lohkojen välisten pientareiden pituus. Viljelyn monipuolisuutta mitattiin koealan viljelykasvidiversiteetillä, jonka laskemista varten lintujen ekologian kannalta samankaltaiset kasvit yhdistettiin. Lisäksi selittävinä muuttujina käytettiin viljelijöiltä edellytetyn viherryttämistoimenpiteen mukaisia kesantoja ja pysyviä nurmia.

Toisessa tutkimuksessa⁷ tarkasteltiin MYTVAS2-tutkimuksen ja Ahvenanmaan ympäristöohjelman vaikutustutkimuksen aineistojen valossa linnuston toiminnallista monimuotoisuutta lajikohtaisten toiminnallisten ominaisuuksien pohjalta. Sama tehtiin myös perhosille ja niittykasveille. Lähestymistavassa ryhmäkohtainen monimuotoisuus laskettiin lajien toiminnallisten ominaisuuksien perusteella (linnuilla pesäpaikka, ravinto, pesyekoko, reviirikoko, muuttostrategia). Lintuaineisto käsitti niin avoimen maatalousympäristön lajiston kuin sellaiset lajit, jotka pesivät peltojen ulkopuolella metsänreunavyöhykkeellä tai maatalojen talouskeskuksissa ja pihossa, mutta ovat riippuvaisia pelloista ja maataloudesta ravinnon hankinnassaan (40 tyypillistä maatalousympäristönlajia). Selittävinä muuttujina käytettiin maisemarakennetekijöitä ja maankäyttöä samaan tapaan kuin ensimmäisessä tutkimuksessa. Aineiston käsittelymenetelmänä olivat lineaariset sekamallit.

Kolmannessa tutkimuksessa⁸ käytettiin samoja aineistoja, mutta siinä tutkittiin HNVf:n (High Nature Value farmland) merkitystä linnustolle ja perhosille. Lintuaineisto laajennettiin käsittämään myös pelloilla ja laitumilla pesivät harvalukuiset lajit. Lajeja oli yhteensä 50. Selittävinä tekijöinä olivat Suomen HNVf:n komponentit, joita ovat perinnebiotooppien osuus, pysyvien laitumien osuus ja erityisympäristötukisopimusten kohteena olevat pellot (vahvat indikaattorit) sekä reunatiheys (pientareiden määrä, joka mittaa maiseman fragmentoituneisuutta), ekstensiivisesti viljeltyjen peltojen osuus sekä onko tilalla karjaa vai ei (heikot indikaattorit). Aineiston käsittelyyn käytettiin lineaarisia sekamalleja sekä yleisiä lineaarisia sekamalleja.

Päätulokset. Kaikkien kolmen tutkimuksen tulokset olivat samansuuntaisia. Monimuotoisen linnuston selittäjiä ovat maiseman pienipiirteisyys sekä kesannot ja nurmet erityisesti etäämpänä asutuksesta ja metsänreunoista. Ensimmäisen tutkimuksen tulos oli, että pysyvien nurmien ja laidunten määrä selitti linnuston lajimäärää ja diversiteettiä. Kesantojen määrä selitti linnuston diversiteettiä. Niiden merkitys oli suurempi keskellä peltoaukeaa kuin lähellä metsän reunaa. Suurempi viljelykasvidiversiteetti hyödytti joitain yksittäisiä lajeja, mutta ei vaikuttanut linnuston lajimäärään tai diversiteettiin. Pientareiden määrä lisäsi niin koko lajiston kuin erikseen pellolla pesivien ja pientareilla pesivien lajien määrää sekä koko linnuston diversiteettiä. Pientareiden määrä oli paljon merkittävämpi tekijä kuin yksikään viherryttämistekijöistä (viljelykasvidiversiteetti, pysyvät nurmet ja laitumet, kesannot).

⁷ Jonason, D., Ekroos, J., Öckinger, E., Helenius, J., Kuussaari, M., Tiainen, J., Smith, H. & Lindborg, R. 2017. Weak functional response to agricultural land use intensification among plants, butterflies and birds in Finland. *Ecography* 40:1221–1230. Doi: 10.1111/ecog.02268

⁸ Mäkeläinen, S., Harlio, A., Heikkinen, R. K., Herzon, I., Kuussaari, M., Lepikkö, K., Maier, A., Seimola, T., Tiainen, J. & Arponen, A. 2018. Does Finnish High Nature Value farmland indicator correspond to the farmland bird and butterfly diversity? Manuscript submitted.

Toisessa tutkimuksessa kaikki neljän käytetyn funktionaalisen diversiteetti-indeksin arvot pienenevät peltolohkojen koon kasvaessa ja viljanviljelyn lisääntyessä, toisin sanoen kuten edellisessä tutkimuksessa maiseman heterogeisuus (pientareiden sekä kesantojen, nurmien ja laidunten määrä) olivat merkittäviä linnuston monimuotoisuudelle. Kolmannessa tutkimuksessa HNVf:llä ei ollut suurta merkitystä linnuille. Linnuston monimuotoisuus ei juuri korreloinut vahvojen indikaattorien kanssa (toisin kuin perhosten), mutta heikoilla indikaattoreilla ja niistä erityisesti maisemarakenteen mosaiikkimaisuudella oli suuri merkitys.

Toteutusvaiheen arviointi. Tulokset osoittavat selkeästi, että kesannoinnin edistäminen sekä nurmien ja laitumien säilyttäminen on merkittävää linnuston kannalta. Koska maisemarakenteen mosaiikkimaisuus nousee kaikissa analyyseissä esille, on syytä korostaa pientareiden tärkeyttä. Lohkokoon kasvattaminen ja isojen piiriojien ja valtaojien hävittäminen vähentää pientareiden määrää. Pientareiden laatu on tärkeä: niillä tulisi olla leveyttä vähintään täydentävien ehtojen edellyttämän metrin verran, mielellään hieman enemmänkin. Yhtä lailla tärkeäksi tekijäksi nousevat kesannot ja nurmet avoimessa maatalousmaisemassa erityisesti silloin, kun siellä ei ole pientareita.

3.5. Julkaisut

PeltoOptimi-hanke on tuottanut suuren määrän erilaisia julkaisuja myös yhteistyössä aihepiiriä sivunneiden muiden hankkeiden ja yhteistyöverkostojen kanssa (erityisesti OPAL-Life, World Yield Gap Atlas, VILKAS).

Tieteelliset julkaisut ja niiden käsikirjoitukset

Ekroos, J., Tiainen, J., Seimola, T. & Herzon, I. 2018. Weak effects of farming practices corresponding to CAP greening measures on farmland bird diversity in boreal agricultural landscapes. Manuscript submitted.

Jonason, D., Ekroos, J., Öckinger, E., Helenius, J., Kuussaari, M., Tiainen, J., Smith, H. & Lindborg, R. 2017. Weak functional response to agricultural land use intensification among plants, butterflies and birds in Finland. *Ecography* 40:1221–1230. Doi: 10.1111/ecog.02268

Mäkeläinen, S., Harlio, A., Heikkinen, R. K., Herzon, I., Kuussaari, M., Lepikkö, K., Maier, A., Seimola, T., Tiainen, J. & Arponen, A. 2018. Does Finnish High Nature Value farmland indicator correspond to the farmland bird and butterfly diversity? Manuscript submitted.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Laurila, H. & Sorvali, J. 2018. Land use optimization tool for sustainable intensification of high-latitude agricultural systems. Manuscript.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Sorvali, J., Laurila, H. & Rajala, A. 2018. Field characteristics driving farm-scale decision making on land allocation to primary crops at high-latitude conditions. *Land Use Policy* 71: 49-59

Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. 2018. Monotonous crop sequencing calls for diversification at high latitudes. Manuscript submitted.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Sorvali, J. 2017. Diversity of high-latitude agricultural landscapes and crop rotations: increased, decreased or back and forth? *Agricultural Systems* 154: 25–33.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Lehtonen, H. 2016. Land use, yield and quality changes of minor field crops: Is there superseded potential to be reinvented in northern Europe? *PLOS ONE* DOI: 10.1371/journal.pone.0166403. 19 p.

Peltonen-Sainio, P., Laurila, H., Jauhiainen, L. & Alakukku, L. 2015. Proximity of waterways to Finnish farmlands and associated characteristics of regional land use. *Agricultural and Food Science* 24: 24-38.

Purola, T. & Lehtonen, H. 2018. Evaluating profitability of soil renovation investments under crop rotation constraints. Manuscript submitted.

Schils, R., Olesen, J.E., Kersebaum, K.-C., Rijk, B., Oberforster, M., Kalyada, V., Khitrykau, M., Gobin, A., Kirchev, H., Manolova, V., Manolov, I., Trnka, M., Hlavinka, P., Palosuo, T., Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Lorgeou, J., Marrou, H., Danalatos, N., Archontoulis, S., Fodor, N., Spink, J., Roggero, P.P., Bassu, S., Pulina, A., Seehusen, T., Uhlen, A.K., Żyłowska, K., Nieróbca, A., Kozira, J., Silva, J.V., Maçãs, B.M., Coutinho, J., Ion, V., Takáč, J., Mínguez, I., Eckersten, H., Levy, L., Herrera, J.M., Hiltbrunner, J., Kryvobok, O., Kryvoshein, O., Silvester-Bradley, R., Kindred, D., Topp, C.F.E., Boogaard, H., de Groot, H., Lesschen, J.P., Van Bussel, L., Wolf, J., Zijlstra, M., Van Loon, M. & Van Ittersum, M. 2018. Cereal yield gaps across Europe. *European Journal of Agronomy* 101: 109-120.

Muu viestintä tiedeyhteisölle ja laajalle yleisölle

PeltoOptimi-hankkeesta järjestettiin kutsuvierastilaisuus 29.9.2017 ja sen tuloksista on kirjoitettu haastatteluihin perustuen useissa alan valtaehdissä, kuten Maaseudun Tulevaisuus, Maatilan Pellervo ja Käytännön Maamies. PeltoOptimi-hankkeen tuloksia on esitelty laajasti seminaareissa, konferensseissa ja erilaisten kutsuesitysten muodossa. Valtaosa tuotoksista on löydettävissä Luken asiantuntijarekisteristä hakemalla julkaisuja eri asiantuntijoiden nimillä. Kyseiset tiedot päivittyvät myös hankkeen loppuraportoinnin jälkeen. Lisäksi PeltoOptimi-hankkeesta on laadittu tietoisuutyyppisiä blogi-kirjoituksia, twiittejä ja you tube -videoita. Näistä ja PeltoOptimi-työkalusta kerrotaan laajasti erityisesti OPAL-Life -yhteistyöhankkeen kotisivuilla (www.opal.fi).

4. Tulosten arviointi

4.1. Tulosten käytännön sovelluskelpoisuus

PeltoOptimi-työkalu. Hankkeen päätavoitteena oli tuottaa työkalu maatalousmaan käyttöä koskevien muutosten tukemiseen. Työkalu tuottaa systemaattisen ja vertailukelpoisen käsityksen käytettävissä olevan maatalousmaan ominaisuuksista, joilla on suuri merkitys niin tuotannon kannattavuudelle kuin ympäristövaikutuksillekin. Koska viljelijät ovat muutosten toimeenpanijoita, on tärkeää, että työkalu on helposti jokaisen viljelijän ulottuvilla. Työkalu kehitettiin dynaamiseksi. Se pohjautuu aineistoihin, jotka ovat saatavilla peruslohkoittain ja jotka täydentyvät vuosittain tietokantojen päivittyessä. Työkalun eri vaiheet on automatisoitu mahdollisimman pitkälle. Työkalu ottaa huomioon kunkin viljelijän kunkin vuonna viljelemät omat ja vuokralohkot.

Kehitettyä PeltoOptimi-työkalua koodataan parhaillaan osaksi Luken Taloustohtori-portaalia, josta se on vahvan tunnistautumisen kautta jokaisen suomalaisen viljelijän käytettävissä. Lisäksi viljelijät voivat antaa neuvoille ja/tai toisille viljelijöille oikeudet aineistojensa tarkasteluun.

Työkalu on kaikkien muiden ominaisuuksien paitsi jatkuvasti täydentyvien satelliittiaineistojen osalta täysin käyttövalmis. Ollakseen edustava ja luotettava, tavoitteena on, että kunkin peruslohkon tuotantokykyarvio perustuisi vähintään kolmeen laadukkaaseen satelliittikuvaan. Palvelu tulee kertomaan kunkin peruslohkon osalta, mikäli tämä kriteeri ei täyty, jolloin lohkon soveltuvuusarvio perustuu toistaiseksi vain lohkon fyysikaalisiin ominaisuuksiin. Aineistojen ennakoitaan täydentyvän

kattaviksi noin parin seuraavan vuoden aikana, sillä Maanmittauslaitos tuottaa automatisoituna peruslohkokohtaista tietoa jokaiselta onnistuneelta satelliitin kuvakselta muutaman päivän välein.

Työkalu tuotettiin maankäyttömuutosten omaehtoiseen ohjaamiseen, mutta sillä on monia sovellusmahdollisuuksia. Sitä voidaan hyödyntää peltomaan hinnoittelussa niin myynti- kuin vuokratarkoituksissa. Samoin se voi tukea tilusjärjestelyitä, erityisesti tuottaessaan vertailukelpoista tietoa vaihdettavien lohkojen ominaisuuksista mutta myös esimerkiksi siitä, voisiko viljelijän laajaperäistettäväksi ehdotettu etäinen lohko ollakin kestävästi tehostettava toisella, lohkoa lähempänä sijaitsevalla tilalla.

Maatilojen talous ja sosioekonomiset muutokset. Saadut tulokset korostavat odotettavissa olevien kasvituotteiden markkinahintojen merkitystä tuotannon intensiivisyyden ja satotasojen noston keskeisenä kannustimena. Panoskäyttö vastaa rationaalisen viljelijän päätöksissä suoraan panosten ja tuotosten hintojen muutoksiin. Esimerkiksi viljan alhaiset ja heikentyneet hinnat suhteessa panoksiin johtavat paitsi lyhyen aikavälin panoskäytön ja satotason alentumiseen myös kalkituksen ja pellon peruskunnostuksen kannattavuuden heikkenemiseen. Panosten käyttö ja satotaso ovat usein kannattavimpia tilakeskuksen lähimmillä peltolohkoilla. Kauimmaisilla lohkoilla pidetään tyypillisesti suurin osa tilan kesantoalasta. Tämä on myös huomioitu PeltoOptimi-työkalussa. Tarvitaan tuntuva hintojen nousu tai kustannusten aleneminen, jotta useita kasveja kannattaisi ottaa viljelyyn erityisesti etäisimmillä lohkoilla tai ylipäättään tiloilla, joilla satotaso on alhainen. Tulosten mukaan korkeammat hinnat eivät kuitenkaan johda automaattisesti monipuolisempaan viljelykiertoon, vaan jopa tuotannon viljavaltaisuuteen erityisesti Suomen suotuisimmilla viljelyalueilla.

Tuotannon keskimäärin heikosta kannattavuudesta seuraa kuitenkin toinen käytännön kannalta tärkeä tulos. Viherkesannon ja/tai syväjuuristen kasvien kuten öljykasvien lisääminen viljelykiertoon johtaisi nettomääräisesti vain reilun prosentin katetuoton vähenemiseen 30 vuoden ajanjaksolla. Se onkin suurella todennäköisyydellä kannattava toimi, jos vaihtoehtona on tiivistymän synty ja satotason lasku etenkin, kun tiivistymän korjauksen takaisinmaksuaika on hyvin pitkä.

Salaojituksen takaisinmaksuajaksi saatiin 10–20 vuotta, riippuen kustannuksista ja satotasoista. Näin ollen viljelijöiden on tärkeää huomata, että salaojitus- ja perusparannusinvestointien tuotot kattavat kustannukset vasta 10–20 vuoden aikajaksolla, vaikka nettomääräinen katetuottokertymä voikin olla selvästi kuluja suurempi 30 vuoden aikajänteellä. Jos satotaso on tilalla kauttaaltaan heikko, salaojitus ei maksa itseään takaisin. Jos yhteiskunnalle ja ympäristölle on edullista peltojen paremmat ojitukset ja perusparannukset, niihin kannustaminen on perusteltua, koska takaisinmaksuajat viljelijälle ovat pitkiä. Toisaalta on tärkeää huomata, että laajamittaiselle syväjuuristen kasvien viljelylle, osana peltojen kasvukunnon ylläpitämistä, tarvitaan todellista markkinakysyntää. Jos saadut markkinatuotot ovat selvästi vähäisempiä kuin viljalla, syväjuuristen kasvien viljely on kannattamatonta vähentyneistä tiivistymäriskeistä huolimatta.

Politiikkasuosituksina voidaan tulosten perusteella mainita ojituksiin ja pellon perusparannuksiin kannustaminen, koska niiden kannattavuus on joko heikko tai takaisinmaksuaika pitkä vaikka kannattavuus olisi parempikin 30 vuoden ajanjaksolla. Toisaalta esimerkiksi salaojitusten tuet ovat jo ennestään korkeat, jopa 40 % hyväksytyistä kustannuksista. Erilaisten kesantojen ja viherlannoitusnurmien tukeminen on tilan talouden kannalta tärkeää, koska niillä voidaan vähentää ojituksen ja perusparannuksen aiheuttamia markkinatuottojen menetyksiä alkuvuosina. Typpiverolla

on tulosten mukaan epäsuoria epäedullisia vaikutuksia myös muiden tuotantopanosten käyttöön ja siten satotasoon, eikä typpivero välttämättä johda parempaan typenkäytön tehokkuuteen.

Kasvihuonekaasupäästöt. Kasvihuonekaasupäästöjen arvioidut vähennykset olivat määrältään vähäisiä PeltoOptimi-työkulun nykyisillä asetuksilla. Mutta kunniahimon tasoa voidaan lisätä ja kasvuominaisuuksiltaan kaikista heikoimpien laajaperäistettävien peltojen vaihtoehtoista metsittämistä lisätä erilaisin tukitoimin, joita tällä hetkellä ei ole. Näitä PeltoOptimi-työkaluun liittyviä jatkotarkasteluja tehdään parhaillaan Valtioneuvoston kanslian rahoittamassa MISA-hankkeessa. Tarkasteluja jatketaan myös OPAL-Life -hankkeessa PeltoOptimi-tulostietojen päivittyessä mm. uusilla satelliittiaineistoihin perustuvilla lohkojen tuotantokykytiedoilla.

Yhteenlaskettuna kaikkien maankäyttömuutosten vaikutusten summa olisi vain 1,3 % nykyisistä viljelymaiden hiilidioksidipäästöistä. Taakanjakosektorilta poistuisi 0,4 % maatalouden päästöistä, kun osa N₂O-päästöistä loppuisi kokonaan ja osa siirtyisi LULUCF-sektorille. Pienet vaikutukset johtuivat pääasiassa juuri vaatimattomista pinta-aloista tarkastelluissa kategorioissa. Hehtaarikohdainen keskimääräinen vuotuinen päästövähennys oli kuitenkin suurehko, 3,3 t CO₂-ekv. Tällä voisi olla paikallisesti suurikin vaikutus, jos maankäyttöä alettaisiin ohjata esimerkiksi alueellisin kriteerein. On kuitenkin huomattava, että samoilla alueilla sekä poistuu peltoa käytöstä että raivataan uutta, joten nettotulos ei välttämättä vastaisi näitä laskelmia ELY-keskustasolla. Laskelma on karkea, mutta kuvastaa teoreettista alueittaista potentiaalia, mikä näillä toimilla olisi mahdollista saavuttaa soveltuvien kannustimien avulla.

Maankäyttömuutosten merkitys linnustolle. Työkaluun ei ole liitetty ominaisuutta, joka tekisi mahdolliseksi arvioida suoraan pellon käytön optimoinnin vaikutuksia linnuston monimuotoisuuteen. Linnuston monimuotoisuutta lisäävät mosaiikkimaisen maisemarakenteen säilyttäminen, mikä tarkoittaa peltolohkojen pitämistä mahdollisimman pieninä, lohkojen välisten ojien pientareiden säilyttämistä sekä kesanto- ja nurmilohkojen sisällyttämistä peltoaukeiden keskiosissa. Tämän tiedostaminen antaa viljelijälle mahdollisuuden puntaroida myös luontoarvoja tilusjärjestelyiden ja maankäyttötöratkaisujen yhteydessä. Lähtökohtaisesti yllä mainitut mosaiikkimaiset peltomaisemarakenteet pienine ja yksittäisine, kasvinvuorotteluun sisällytetyine viherryttämisaloinen saattavat olla jossain määrin vastakohtaisia PeltoOptimi-työkulun toimintaperiaatteelle, jossa logistiikkaedut ovat tärkeitä, joskaan eivät yksistään määrääviä, ajatellen tilan taloudellista kannattavuutta. Toisaalta PeltoOptimi-työkalu saattaa myös kannustaa viljelijöitä tilusjärjestelyihin, jolloin lohkon etäisyyden merkitys sen käytölle ei korostu niin voimakkaasti kuin nykytilanteessa voi käydä.

Linnuston osalta aineistojen mallintamista jatketaan edelleen OPAL-Life -hankkeen yhteydessä. Jatkotutkimuksin voidaan löytää vastauksia moniin avoinna oleviin kysymyksiin, kuten siihen, mikä on luomun, alueellisen erikoistumisen, keväisen kasvipeitteisyyden, muokkausmenetelmien ja/tai karjan laiduntamistavan merkitys linnuston monimuotoisuudelle. Monien lajien kannat kehittyivät 2000-luvulla suotuisasti todennäköisesti osin maatalouden ympäristöohjelmien, mutta erityisesti leutojen talvien ansiosta. Jotkut lajit kuitenkin taantuivat valtakunnallisesti tai osassa maata ja joidenkin lajien kohdalla oli myös ennakoitavissa huolestuttavaa kehitystä, joka on sittemmin toteutunut. Tällaisten lajien kantojen kehitykseen johtaneita syitä tutkitaan yksityiskohtaisemmin. Siltä osin kuin kantojen epäsuotuisa kehitys liittyy maatalousmaan käyttöön ja maatalouden käytäntöihin, voidaan esittää suosituksia kehityksen kääntämiseksi.

Vaikka PeltoOptimi-hankkeessa tavoitteeksi otettiin arvioida maankäytön muutosten vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen linnuston ja riistan kautta (jota ei arvioitu erillään muusta linnustosta eikä nisäkkäiden, lähinnä rusakon osalta), tulee huomata, että luonnon monimuotoisuus koostuu hyvin monista lajiryhmistä ja sitä voidaan mitata hyvin monin tavoin. Koko ryhmän käsittävää monimuotoisuustietoa viljelyiltä pelloilta meillä ei kuitenkaan ole olemassa kuin linnuista, maakiitäjäisistä ja rikkakasveista. Avoimeen maatalousympäristöön kuuluvat myös pientareet, joilta on olemassa aineistoa putkilokasveista, perhosista ja kimalaisista. Käytettävissä oleva lintuja koskeva aineisto on edustavin, ja siten on luontevaa käyttää sitä peltojen käytön optimoinnin vaikutusten arviointiin.

5. Loppuraportin tiivistelmä

Hankkeen päätuotos on Luonnonvarakeskuksen kehittämä PeltoOptimi-työkalu, joka ohjaa pellonkäyttömuutoksiin auttaessaan viljelijää tunnistamaan parhaimmat ja heikoimmat peltolohkot lukuisten eri lohko-ominaisuuksien perusteella. Työkalu tulee Luken Taloustohtori-portaaliin kaikkien viljelijöiden käyttöön. Työkalu on kolmivaiheinen ja se huomioi niin peltolohkojen fysikaaliset ominaisuudet kuin tuotantokyvyn. Tulostemme perusteella suurilla tiloilla on suhteessa enemmän kestävä tehostamisen piiriin ohjautuvia lohkoja kuin pienillä tiloilla. Kasvintuotanto- ja kotieläintilat eivät juuri poikenneet toisistaan, mutta nautakarja- ja hevostiloilla oli eniten metsitettäväksi ehdotettuja lohkoja. Metsitykseen kannustettavien, useilta ominaisuuksiltaan heikkojen turvepeltojen kokonaisuus tuli työkalun nykyasetuksilla noin 4000 hehtaaria, joten kasvihuonekaasupäästöjen arvioidut vähennykset olivat varsin vähäisiä. Kunniahimon tasoa voidaan kuitenkin lisätä ja PeltoOptimi-työkalun raja-arvoja muuttaa, mikäli esimerkiksi kasvuominaisuuksiltaan kaikista heikoimpien laajaperäistettävien peltojen metsittämiseen kannustettaisiin erilaisin tukitoimin. Toisaalta lohkon laajaperäistämisen eräänä tavoitteena on kasvukunnon palauttaminen viherryttämistoimien ja/tai perusparannusten myötä. Näin lohko voisi siirtyä osaksi tilan varsinaista tuotantoalaa. Hankkeessa tutkituilla perusparannustoimenpiteillä oli kuitenkin heikko kannattavuus ja/tai pitkä takaisinmaksuaika, joten eräs politiikkasuositus onkin kannustimien kehittäminen muilta lohko-ominaisuuksiltaan hyvien peltojen kasvukunnon parantamiseksi ja ylläpitämiseksi. Esimerkiksi kannustimet kesannon, viherlannoitusnurmen tai erilaisten saneerauskasvien viljelemiseksi vähentäisivät monipuolisemman viljelykierron kustannuksia ja menetettyjä tuottoja lyhyellä aikavälillä samalla, kun ne kannustaisivat parantamaan maan kasvukuntoa. Kasvituotteiden markkinahinnat ja rajallinen kysyntä eivät sinällään välttämättä tue riittävästi monipuolista viljelyä oloissamme. Toisaalta laajaperäistettävien peltojen osuutta voidaan kasvattaa kestävästi tehostettavien kustannuksella, mikäli viljelijä voi ottaa parhaiden lohkojensa tuotantokyvyn nykyistä paremmin käyttöönsä ja kohdentaa tilalla käytettävät tuotantopanokset lohkojen todellisen satopotentialin mukaisesti. Kasvituotteiden markkinahinnoilla on kuitenkin suuri merkitys satotasojen kehitykselle. Panosten käyttö on usein kannattavampaa tilakeskuksen läheisillä lohkoilla. Kaukaisilla lohkoilla onkin usein suuri osa tilan kesantoalasta. Myös PeltoOptimi-työkalu huomioi logistiikkaedut ja ohjaa etäiset, ominaisuuksiltaan heikot lohkot laajaperäistettäväksi. Toisaalta mosaikkimaiset peltomaisemarakenteet pienine ja yksittäisine, kasvinvuorotteluun sisällytetyine viherryttämisaloinen lisäisivät peltolinnuston monimuotoisuutta, mikä ei välttämättä toteudu täyspainoisesti PeltoOptimi-työkalussa, jossa logistiikkaedut ovat tärkeässä asemassa. Toisaalta kehitetty työkalu saattaa kannustaa viljelijöitä tilusjärjestelyihin, jolloin lohkon etäisyyden merkitys sen käytölle ei korostu yhtä voimakkaasti kuin nykytilanteessa voi käydä. Asioiden tiedostaminenkin jo antaa sinällään viljelijälle mahdollisuuden puntaroida myös luontoarvoja tilusjärjestelyiden ja maankäyttöratkaisujen yhteydessä.