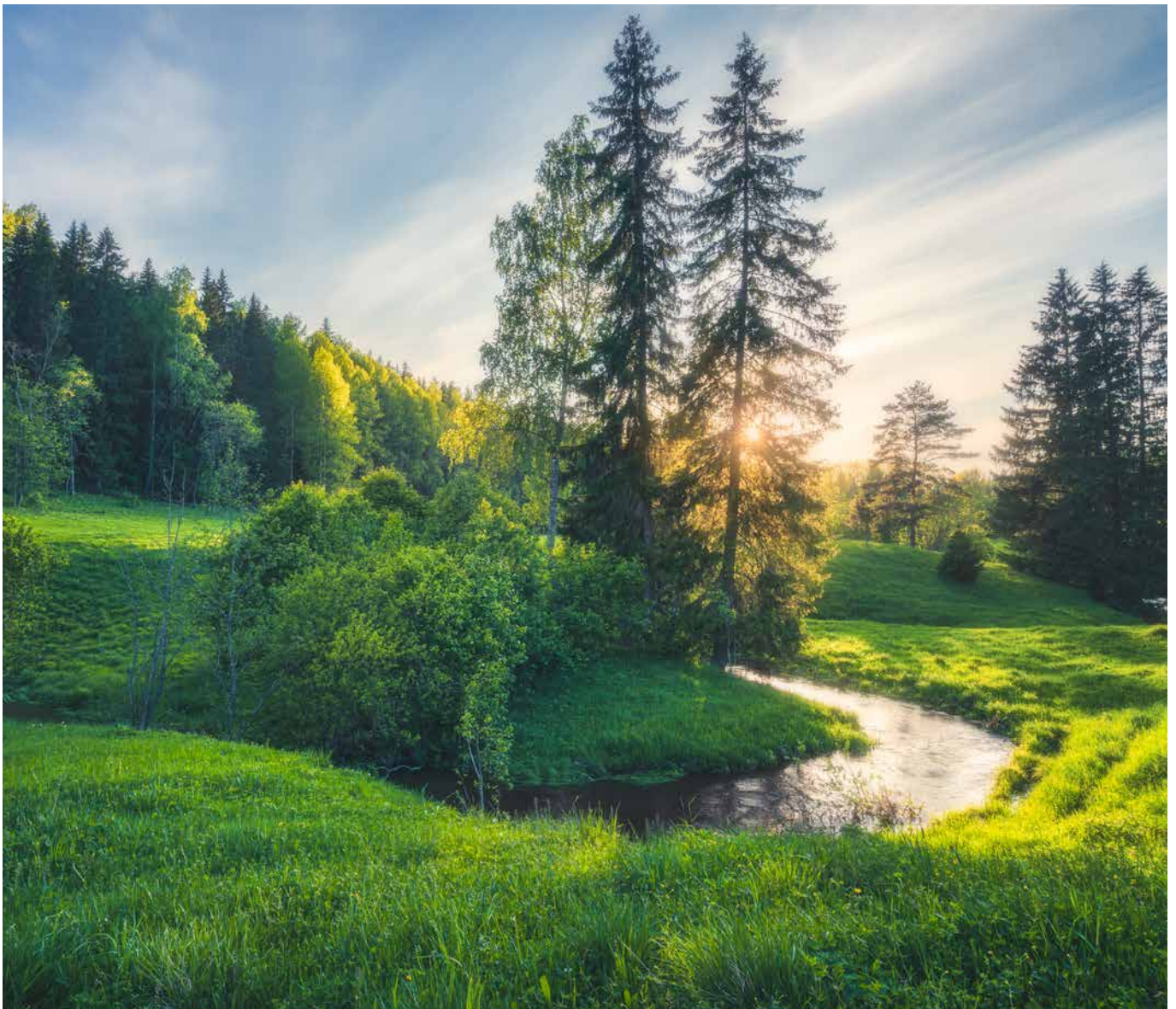


ANTTI IHO – IRINA NIINIVAARA – EMMA LUOMA

# Kohti tulosperusteisten järjestelmien soveltamista maa- ja metsätaloudessa



Hajakuormituksen hillintä ja luonnon monimuotoisuuden vahvistaminen





© Antti Iho, Irina Niinivaara, Emma Luoma

978-952-7599-10-5 (PDF)

978-952-7599-11-2 (painettu)

Kansikuva Timo Siivonen

Taitto Hanna Apunen

Akordi Oy:n julkaisuja

Helmikuu 2025



Maa- ja metsätalousministeriö  
Jord- och skogsbruksministeriet  
Ministry of Agriculture and Forestry

**Maa- ja metsätalousministeriön tilaama esiselvitys**

# Esipuhe

**VESIIN JA** ilmastoon kohdistuva ympäristökuormitus sekä luonnon monimuotoisuuden kohdistuva paine tulevat suhteessa yhä enemmän hajakuormituslähteistä: maa- ja metsätaloudesta sekä maankäytöstä. Tuloperusteiset järjestelmät tarjoavat vaihtoehdon hajanaisista lähteistä tulevien ympäristövaikutusten kustannustehokkaaseen ohjaamiseen. Niiden hyödyntäminen edellyttää vaikutusten riittävän tarkkaa arvioimista.

Tässä maa- ja metsätalousministeriön tilaamassa esiselvityksessä käsitellään tuloperusteisten järjestelmien käytännön soveltamista, erityisesti vaikutusten mittaamisen luomien mahdollisuuksien ja reunaehtojen näkökulmasta. Esiselvitys palvelee erilaisia valtionhallinnon tuloperusteisia järjestelmiä koskevia prosesseja. Se luo myös suuntaviivoja mahdollisten tuloperusteisten järjestelmien pilottihankkeiden valmisteluun ja etenkin niiden tavoitteiden asettamiseen ja mittareiden valintaan yhdessä tutkijoiden ja hallinnon edustajien kanssa.

Esiselvitys toteutettiin kahdessa vaiheessa: ensin tunnistettiin reunaehdot täyttävät mittarit tieteeseen perustuen, sitten arvioitiin niiden käyttökelpoisuutta hallinnon näkökulmasta. Työn ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin mittaamisen ja tuloperusteisten mallien yhteyksiä kirjallisuuden ja kansainvälisten esimerkkien kautta. Erityishuomio kohdistui seuraaviin kysymyksiin: mitkä tekijät vaikuttavat mallien hyödyntämiseen, miten mittaamista on käytetty erilaisissa ympäristöongelmissa ja mitä kansainvälisistä esimerkeistä voidaan oppia? Näistä kirjoitettiin taustaraportti.

Taustaraportin pohjalta järjestettiin kolme tutkijatyöpajaa, joihin kutsuttiin vesistöjen hajakuormituksen, maa- ja metsätalouden sekä maankäytön ilmastovaikutusten sekä luonnon monimuotoisuuden asiantuntijoita Luonnonvarakeskuksesta, Suomen ympäristökeskuksesta ja Helsingin yliopistosta. Työpajoissa käsiteltiin tuloperusteisten mallien periaatteita ja soveltuvuutta kuhunkin teemaan. Pajojen tavoitteena oli nostaa esiin ympäristötavoitteita, joihin arveltiin voitavan laatia tuloperusteisten järjestelmien edellytykset täyttäviä mittareita, indikaattoreita tai malleja. Näistä valikoitiin 1–3 lupaavinta ehdokasta kutakin teemaa kohti.

Tutkijatyöpajojen pohjalta kirjoitettiin raportti, jossa keskityttiin erityisesti näihin 1–3 teemakohtaiseen mittariin, indikaattoriin ja malliin. Raportin ja siitä käydyn keskustelun pohjalta ministeriön asiantuntijat valikoivat yhden mittarin kustakin teemasta, johon keskityttiin toisessa vaiheessa.

Toisessa vaiheessa tarkasteltiin peltomaan kasveille käyttökelpoisen fosforin määrää kuvaavaa P-lukua, luonnon monimuotoisuutta edistäviä pienvesien suojavyöhykkeitä sekä maa- tai metsätalouden ilmastovaikutusta kuvaavaa tilakohtaista hiilibudjettia. Näistä kirjoitettiin raportti taustamateriaaliksi marraskuun loppupuolella järjestettyyn hallinnon työpajaan. Työpajaan osallistui asiantuntijoita ympäristöministeriöstä, maa- ja metsätalousministeriöstä, Ruokavirastosta, Metsäkeskuksesta ja ELY-keskusten ilmastoyksiköstä. Työpajassa selvitettiin, kuinka käyttökelpoisina ehdotetut järjestelmät ja mittarit näyttävät, kun niitä tarkastellaan osana olemassa olevaa järjestelmää ja sen hallinnollisia prosesseja. Työskentely tuotti tietoa paitsi juuri näiden kolmen mittarin soveltuvuudesta, myös tietoa tuloperusteisten järjestelmien soveltuvuudesta yleisesti.

Tämä raportti kokoaa yhteen esiselvityksen eri vaiheiden tulokset mukaan lukien työpajat ja niiden pohjalta tuotetut kirjalliset taustamateriaalit. Kiitämme lämpimästi kaikkia työpajoihin osallistuneita aktiivisesta ja asiantuntevasta panoksestanne. Muistutamme, että esiselvityksen mahdolliset puutteet ovat kirjoittajien vastuulla.

# Sisällysluettelo

<b>Esipuhe</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>5</b>
1.1 Poliitiikan ja maanomistajien tahto.....	5
1.2 Tehokkuuden ja toimivuuden ehto .....	6
1.3 Esiselvityksessä keskitytään hajakuormitukseen .....	7
1.4 Esiselvityksen rakenne .....	7
<b>2 Hajakuormituksen hillinnän vaikeudesta ja tulosperusteisten mallien potentiaalista</b> .....	<b>8</b>
2.1 Nykyjärjestelmät ohjaavat toimintaa .....	10
2.2 Mittaaminen, indeksit ja mallintaminen tulosperusteisten järjestelmien taustalla .....	10
<b>3 Vesistökuormitus</b> .....	<b>12</b>
3.1 Mittareita, indikaattoreita ja esimerkkejä meiltä ja maailmalta .....	12
3.2 P-luku .....	18
3.3 Hallinnon näkökulmia P-lukuun.....	23
3.4 Muita mahdollisia vesistökuormituksen mittareita .....	25
<b>4 Biodiversiteetti</b> .....	<b>26</b>
4.1 Mittareita, indikaattoreita ja esimerkkejä meiltä ja maailmalta.....	27
4.2 Pienvesien suojavyöhykkeet.....	34
4.3 Hallinnon näkökulmia pienvesien suojavyöhykkeisiin .....	37
4.4 Muita mahdollisia biodiversiteettimittareita.....	39
<b>5 Ilmastopäästöt</b> .....	<b>40</b>
5.1 Mittareita, indikaattoreita ja esimerkkejä meiltä ja maailmalta.....	41
5.2 Tilakohtainen hiilibudjetti .....	43
5.3 Hallinnon näkökulmia pienvesien suojavyöhykkeisiin .....	46
<b>6 Johtopäätökset</b> .....	<b>48</b>
<b>Liite 1. Työpajojen toteuttaminen</b> .....	<b>50</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>52</b>

# 1 Johdanto

**PERINTEISESSÄ HAJAKUORMITUKSEN** ympäristöohjauksessa toimijoita palkitaan (tai rangaistaan) tietyistä toimenpiteistä. Tulospöerusteisissa järjestelmissä heitä palkitaan (tai rangaistaan) saavutetuista ja mitatuista parannuksista (heikennyksistä) ympäristökuormituksessa tai ympäristön tilassa. Tulospöerusteisilla järjestelmillä voidaan parhaimmillaan lisätä ympäristönsuojelun tehokkuutta (OECD 2022). Hyvin porrastetut korvaukset motivoivat ja kannustavat innovatiivisuuteen, sillä keinojen valinta on osallistujien päätettävissä. Ympäristönsuojelun alueilla, joissa maanviljelijöiden ja metsänomistajien paikallisella osaamisella on erityistä merkitystä, toimijoiden kekseliäisyyden valjastamisella voidaan paitsi saavuttaa tehokkuushyötyjä, myös lisätä ympäristönsuojelun mielekkyyttä.

Tulospöerusteisten järjestelmien onnistuminen edellyttää selkeitä tavoitteita, tarkasti määriteltyjä mittareita sekä mahdollisuutta mitata ja mallintaa vaikutuksia riittävän tarkasti. Järjestelmien tulee lisäksi tarjota osallistujille luottamusta siitä, että juuri heidän omat valintansa ratkaisevat sen, miten mitattavat ja palkittavat suureet kehittyvät. Hajakuormituksen, kuten maa- ja metsätalouden, kohdalla järjestelmien suunnittelu on vaikeaa. Onnistuessaan ne voivat kuitenkin tarjota kustannustehokkaita ratkaisuja.

## 1.1 POLITIIKAN JA MAANOMISTAJIEN TAHTO

**TULOSPÖERUSTEISTEN JÄRJESTELMIEN** kehittämiseen on poliittista tahtoa. Petteri Orpon hallitusohjelma korostaa tarvetta kehittää maatalouden ympäristöohjaukseen kustannustehokkaita järjestelmiä.<sup>1</sup> Maa- ja metsätalousministeriössä toimii Metsätalouden tulospöerusteiset tuet -työryhmä.<sup>2</sup> Euroopan unionin yhteinen maatalouspolitiikka (CAP) painottaa tuloksiin perustuvan ympäristöohjauksen tarvetta, ja esimerkiksi Ecoschemes-ohjelmat sopivat periaatteessa tukemaan tätä lähestymistapaa.<sup>3</sup> CAP-verkostossa toimii tulospöerusteisten järjestelmien työryhmä, joka pyrkii luomaan aiheesta yhteistä näkemystä, analysoimaan käytännön kokeiluja sekä opastamaan niiden suunnittelua ja vaikutusten arviointia.<sup>4</sup> OECD on tutkinut vaihtoehtoisten ohjauksjärjestelmien tehoa ja tulospöerusteisten järjestelmien toimivuutta.<sup>5</sup> FAO tarjoaa kattavia tietopaketteja aiheesta.<sup>6</sup> Melko kattavia listauksia ohjelmista löytyy muun muassa tulospöerusteisten mallien verkostosta.<sup>7</sup> CAP-verkoston tulospöerusteisten järjestelmien työryhmä julkaisee pian raporttinsa työstä Assessment of result-based interventions.<sup>8</sup>

YK:n biodiversiteettisopimuksen (CBD) alainen Kunming-Montrealin sopimus tavoittelee luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen pysäyttämistä 2030 mennessä. Sopimus sisältää konkreettisia tavoitteita suojelualoihin liittyen. Se tavoittelee myös vuosittaisen 200 miljardin

<sup>1</sup> <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165042>

<sup>2</sup> <https://mmm.fi/hanke2?tunnus=MMM055:00/2024>

<sup>3</sup> [https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/cap-2023-27_en)

<sup>4</sup> [https://eu-cap-network.ec.europa.eu/thematic-work/evaluation/assessment-results-based-interventions\\_en](https://eu-cap-network.ec.europa.eu/thematic-work/evaluation/assessment-results-based-interventions_en)

<sup>5</sup> [https://one.oecd.org/document/COM/TAD/CA/ENV/EPOC\(2021\)14/FINAL/en/pdf](https://one.oecd.org/document/COM/TAD/CA/ENV/EPOC(2021)14/FINAL/en/pdf)

<sup>6</sup> <https://www.fao.org/investment-learning-platform/themes-and-tasks/results-based-management/en/>

<sup>7</sup> <https://www.rbpnetwork.eu/>

<sup>8</sup> [https://eu-cap-network.ec.europa.eu/thematic-work/evaluation/assessment-results-based-interventions\\_en?pk\\_campaign=NN-catch-up&pk\\_cid=2404](https://eu-cap-network.ec.europa.eu/thematic-work/evaluation/assessment-results-based-interventions_en?pk_campaign=NN-catch-up&pk_cid=2404)

rahoituksen keräämistä biodiversiteetin suojeluun. Tämän esiselvityksen kannalta mielenkiintoinen on tavoite 19 d, jossa kannustetaan muun muassa luomaan innovatiivisia menetelmiä ekosysteempipalveluista maksamiseen ja biodiversiteetin kompensointiin ja sertifiointiin.<sup>9</sup>

Tulosperusteisten järjestelmien voisi ajatella helpottavan erityisesti viljelijöiden asemaa, sillä maanviljely on etenkin ravinnekuormituksen lähteenä ollut pitkään kielteisen julkisen huomion kohteena. Jos järjestelmä on rakennettu läpinäkyvästi tilakohtaisia tuloksia silmällä pitäen, saavutetuilla tuloksilla voi osoittaa, että asiat on tilalla hoidettu niin hyvin kuin niitä voi odottaa hoidettavan. Muun muassa Gars ym. (2024) mukaan viljelijät käytännössä kuitenkin pitävät perinteisiä, suojelutoimenpiteistä ja niiden kustannuksista korvaavia järjestelmiä parhaimpina. Tuloksen saavuttamisen epävarmuus on ilmeinen syy tähän (Niskanen ym. 2021). Hybridijärjestelmiä, joissa osa korvauksesta perustuu toimenpiteisiin ja osa tuloksiin, pidettiin parempina kuin puhtaasti tulosperusteisia järjestelmiä. Sumrada ym. (2022) selvittävät viljelijöiden halukkuutta siirtyä joko toimenpide- tai tulosperusteiseen laajaperäiseen viljelyn tukeen kahdella rajatulla (Natura) alueella. Viljelijät suosivat tulosperusteisia järjestelmiä, mahdollisesti niiden tarjoaman vapaamman toteutuksen takia.

## 1.2 TEHOKKUUDEN JA TOIMIVUUDEN EHTO

**HAJAKUORMITUKSEEN JA** maankäyttöön sovellettaessa järjestelmät kohtaavat tiettyjä rajoitteita ja reunaehtoja. Jotta järjestelmät todella olisivat tehokkaita, yksittäisen toimijan tulee voida luottaa siihen, että juuri hänen oma tekemisensä vaikuttaa mitattaviin ja sitä kautta palkittaviin asioihin (Massfeller ym. 2022). Tämä kiteyttää hajakuormitukseen sovellettavien tulosperusteisten järjestelmien tehokkuuden ja toimivuuden kaksikulotteisen ehdon:

*Ympäristöllisesti ja taloudellisesti tehokkaan tulosperusteisen järjestelmän tulee mitata ja palkita asioista, jotka kytkeytyvät tarpeeksi vahvasti ympäristötavoitteisiin ja sen tulee vakuuttaa ohjelmaan osallistujia siitä, että juuri hänen oma tekemisensä vaikuttaa siihen, saavuttaako hän halutun tuloksen ja siitä maksettavan palkkion.*

Tavoitteiden ja indikaattorien valinta on tasapainoilua näiden kahden ulottuvuuden välissä. Tarkkuuden lisääminen toisessa voi heikentää tarkkuutta toisessa.

Tulosperusteisten järjestelmien tulee asettaa selkeä tavoite ja tämän seuraamiseen tarkasti määritellyt mittarit. Järjestelmien tulee määritellä saavutettavista tasoista seuraavat palkkiot (tai rangaistukset) ja tavoitteille myös selkeät aikarajat. Johtuen hajakuormitukselle tyypillisistä piirteistä käytännön järjestelmissä on usein monia tavoitteita, joista jotkut voivat olla ensisijaisia, jotkut toissijaisia (Herzon ym. 2018). Järjestelmän kehittäjän vastuulle jää luoda toisaalta kompensoitotapa, joka kannustaa toimijaa muuttamaan valintojaan tuloksellisesti, toisaalta mittaamistapa, jolla saavutetut tulokset ja niiden kytkeytyminen toimijan valintoihin voidaan varmentaa. Edellytyksenä tällaisten mallien hyödyntämiselle on, että vaikutuksia voidaan mitata ja tarvittaessa mallintaa riittävän tarkasti ja kohtuullisin kustannuksin.

<sup>9</sup> <https://www.cbd.int/gbf/targets/19>

### 1.3 ESISELVITYKSESSÄ KESKITYTÄÄN HAJAKUORMITUKSEEN

**TÄSSÄ ESISELVITYKSESSÄ** keskitytään mittaamisen mahdollisuuksiin ja reunaehtoihin tulosperusteisissa malleissa, kun kohteena oleva ympäristöongelma liittyy nimenomaan hajakuormitukseen. Työn tarkoituksena on tarjota hallinnolle työkaluja kehittää tulosperusteisia järjestelmiä ensisijaisesti osaksi olemassa olevaa maa- ja metsätalouden sekä maankäyttösektorin ympäristöohjausta. Seuraavassa vaiheessa tämä tarkoittaisi järjestelmien pilotointia jollain valitulla alueella, tavoitteella ja mittaristolla.

Pistemäisesti ympäristöönsä vaikuttavaa ihmistoimintaa, kuten teollisuuslaitoksia tai yhdyskuntajätevesien puhdistuslaitoksia, voidaan mitata tarkasti ja kohtuullisin kustannuksin. Taloudelliset ohjauskeinot voivat perustua mitattuihin päästöihin. Esimerkiksi pistekuormittajien ympäristölupiin voidaan kirjata päästöille tarkkoja ainekohtaisia ylärajoja, tai hiilidioksidipäästöille voidaan perustaa päästökauppajärjestelmä, jossa kuormittajan on pidettävä hallussaan kaupattavia päästölupia mitattujen päästöjensä verran. Toki luissa voidaan myös vaatia tiettyä teknologiaa (BAT), jolloin ohjaus on toimenpide-, ei tulosperusteista.

Vesiin ja ilmastoon kohdistuva ympäristökuormitus sekä luonnon monimuotoisuuteen kohdistuva paine tulee kuitenkin suhteessa yhä voimakkaammin hajakuormituslähteistä, eli maa- ja metsätaloudesta ja maankäytön muutoksista. Hajakuormituksen roolin korostuminen ja julkisten suojeluresurssien niukkeneminen voimistavat tarvetta kehittää menetelmiä ja ohjauskeinoja tämällyypisen ympäristökuormituksen kustannustehokkaaseen hillintään. Tulosperusteiset mallit ovat tähän vartenotettava vaihtoehto.

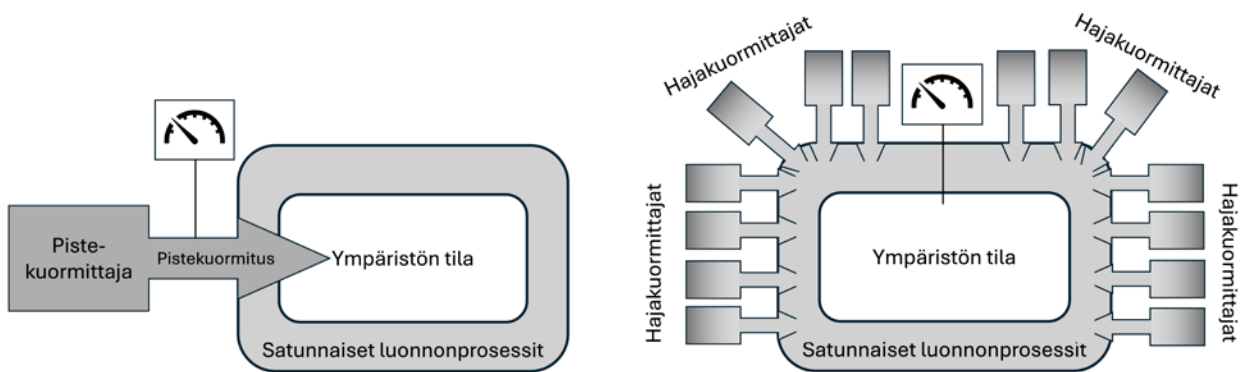
### 1.4 ESISELVITYKSEN RAKENNE

**SEURAAVASSA LUVUSSA** pureudutaan tarkemmin nimenomaan hajakuormituksen haasteisiin ja tulosperusteisten mallien soveltavuuteen hajakuormituksen hillinnässä. Siinä perustellaan myös, miksi tulosperusteisten mallien soveltuvuutta tarkastellaan teemoittain. Tämän jälkeiset luvut käyvät teema kerrallaan läpi tuloperusteisiin järjestelmiin soveltuvia tavoitteita ja niitä tukevia mittareita eri ympäristöteemoista: biodiversiteetti, ilmastopäästöt ja -nielut sekä vesistökuormitus. Kukin luku alkaa teeman yleisellä kuvauksella sekä Suomessa ja maailmalla olevien järjestelmien esittelyllä. Kunkin teeman viimeisessä alaluvussa käydään läpi hankkeen tutkijapajaa varten, sen aikana ja hallinnon työpajaa varten käsitellyt teemakohtaiset esimerkkitaavoitteet ja -mittarit. Esimerkkien käytännön soveltuvuutta hallinnon näkökulmasta kuvataan kunkin teeman yhteydessä, jotta ne pysyvät samassa kontekstissa, jossa näkemyksiä kerättiin. Tästä huolimatta niillä on laajempaakin soveltuvuutta. Kunkin teemaluvun loppuksi listataan tiiviisti muita tutkijapajassa esiin nostettuja mahdollisia mittareita, indikaattoreita ja malleja. Näiden lukujen jälkeen esitellään esiselvityksen johtopäätökset. Viimeisessä luvussa kuvataan, miten hankkeen työpajatyöskentely toteutettiin.

## 2 Hajakuormituksen hillinnän vaikeudesta ja tulosperusteisten mallien potentiaalista

**HAJAKUORMITUKSEN HILLINTÄMEKANISMEJA** kehittääksemme kannattaa ensin katsoa tekijöihin, joiden takia pistekuormituksen hillinnässä on onnistuttu paremmin. Tärkein syy on, että voimme hyväksytysti, toisin sanoen riittävän varmoin ekologisista västein, kohdistaa toiminnan monitoroinnin ja ohjaamisen suoraan lähtevään pistemäiseen ympäristökuormitukseen. Monitoroinnin hankaluus ei rajoita ohjauskeinojen valintaa.

Hajakuormituksen tapauksessa tilanne on toinen. Näiden kahden kuormitustyyppin piirteitä havainnollistaa kuva 1:



Kuva 1. Piste- ja hajakuormituksen keskeiset erot. Vasemmassa kuvassa on pistekuormittaja, jonka ympäristöön päätyvää kuormitusta voidaan mitata suoraan kohtuullisin kustannuksin, ja jonka ympäristöohjaus voidaan näin ollen kohdistaa suoraan päästöihin. Oikeassa kuvassa on lukuisia hajakuormittajia, joiden aiheuttamat ympäristövaikutukset eivät ole suoraan mitattavissa, eivätkä erotettavissa ympäristön tilasta.

Vasen kuva havainnollistaa pistekuormittajaa. Ajatellaan konkreettina vuoksi yhdyskuntajäteveden puhdistuslaitoksesta lähtevää typpi- ja fosforikuormitusta. Puhdistettu jätevesi johdetaan laitoksesta putkella purkupaikkaan, joka on ympäristön kuormituspiste. Lähtevän veden määrää ja ravinnepitoisuutta seurataan mittauksin säännöllisin väliajoin. Laitoksen sääntely perustuu ympäristölupaan, joka sisältää tarkat raja-arvot, joita ravinteiden eri jakeet (kuten fosfaattifosfori, kokonaisfosfori, ammoniumtyppi, nitraattityppi tai kokonaistyyppi) eivät saa ylittää. Eri laitosten luvissa rajat voidaan asettaa hieman eri jakeille.

Ympäristöön lähtevän kuormituksen voimakkuus ei riipu luonnon satunnaistekijöistä. Yhdyskuntajäteveden puhdistuslaitoksissa rankkasateet voivat toki saattaa viemärit tulvimaan ja aiheuttaa kuormituspiikkejä. Oleellista on, että ohjauksutustenkin määrä ja laatu voidaan mitata, vaikka purkupaikka ei olekaan samat kuin häiriöttömässä toiminnassa. Lisäksi ohjauksutusten riskin vähentäminen on perinteistä insinööri- ja rakennustyötä, käytännössä viemärijärjestelmän kunnon ylläpitoa ja erillisviemärintiverkoston laajentamista.

Pistekuormitukselle on myös tyypillistä, että kuormittajat ovat suuria ja niitä on harvassa. Esimerkiksi vähintään sataa henkilöä palvelevia jätevedenpuhdistamoja on Suomessa vain noin 350 (Vesi.fi 2022).

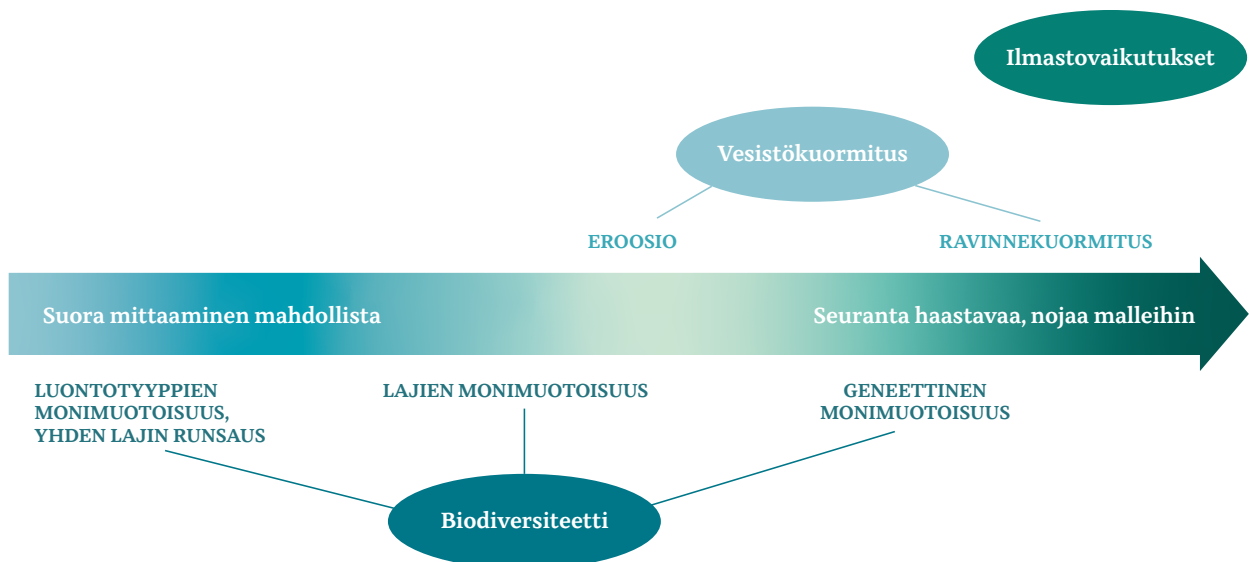


Maa- ja metsätalouden ympäristövaikutukset ovat luonteeltaan hajakuormitusta. Hajakuormituksen keskeiset piirteet poikkeavat ratkaisevasti pistekuormituksesta. Kuormittavia toimijoita on tyypillisesti suuri määrä ja jokaisen toimijan kuormitus tulee useasta, ei-pistemäisestä lähteestä. Nämä kuormituslähteet vaihtelevat vuoden ja säiden mukana. Runsaat sateet voivat esimerkiksi tuoda kuormitusta hyvin laajalta pinta-alalta. Vähävetisenä aikana kuormitus saattaa kulkea muutaman ojan tai salaojan kautta.

Keskeistä on myös se, että kuormituksen suuruuteen vaikuttaa merkittävästi ympäristön satunnaisuus. Maatilalta lähtevä kuormitus riippuu kasvi- ja teknologiavalintojen, tuotantopanosten käyttömäärien ja muiden viljelijän toimien lisäksi kuivatuksen ajoituksesta, johon vaikuttavat talven lumisuus ja kevään säät. Myös kasvukauden lämpösusma, sademäärä ja niiden jakauma vaikuttavat, sekä menneet valinnat, kuten peltomaahan kertyneiden ravinteiden määrä ja vertikaalinen kerrostuneisuus. Yksittäinen, voimakas sade voi aiheuttaa merkittävän kuormituspiikin, jonka voimakkuuteen vaikuttaa myös sateen ajoittuminen suhteessa kasvukauteen.

Yllä mainituista seikoista johtuen yksittäisen maatilalan kuormitusmäärät eivät ole vain viljelijän valintojen seurausta. Niitä ei myöskään päästä mittamaan, eikä näin ollen määrittämään, kuinka suureen osaan ympäristövaikutuksista kunakin vuonna ja kussakin paikassa maatilalla tehdyt päätökset vaikuttavat. Tämä rajoittaa hajakuormituksen ohjauksessa käytettäviä instrumentteja.

Hajakuormituksen tapauksessakaan kaikki ympäristövaikutukset eivät ole samalla lailla paikan suhteen epämääräisiä. Tällä tarkoitetaan tässä sitä, miten hyvin myönteinen tai kielteinen ympäristövaikutus voidaan nykyteknologian avulla liittää tiettyyn maantieteelliseen sijaintiin ja sitä kautta sen aiheuttajaan. Kuvassa 2 eri ympäristövaikutuksia on asetettu mittaamisen suhteen janalle, jonka vasemmassa päässä on biodiversiteetin mittaaminen ja oikeassa ravinnekuormituksen. Tämä jaottelu suoraan mittaamiseen, epäsuoraan mittaamiseen tai mallin avulla seuraamiseen vaikuttaa tulosperusteisten mallien soveltamismahdollisuuksiin ja siihen, millaisiin mittareihin ne voivat nojata. Tästä syystä näitä kolmea ympäristövaikutusta ja niiden seurannan tapaa käsitellään tässä esiselvityksessä omissa kappaleissaan.



Kuva 2. Luontotyyppien monimuotoisuutta voidaan seurata melko hyvin mittaamalla suoraan tai luomalla mittaamiseen perustuvia indikaattoreita. Lajien monimuotoisuutta voidaan mitata jossain määrin. Geneettisen monimuotoisuuden muutosten kytkeminen mittareilla ihmistoimintaan (ainakaan lyhyellä aikavälillä) ei ole mahdollista. Ravinnekuormituksen hallinta edellyttää voimakkaampaa malleihin nojautumista. Tulosperusteisissa malleissa mittaaminen on tällöin mallien parametrien mittaamista. Eroosion kytkeminen ihmistoimintaan ja maantieteellisesti tarkkaan alueeseen on lähempänä suoraa mittaamista kuin ravinnekuormituksen kohdalla.

## 2.1 NYKYJÄRJESTELMÄT OHJAAVAT TOIMINTAA

**KÄYTÄNNÖSSÄ YMPÄRISTÖTOIMENPITEIDEN** ohjausjärjestelmät maa- ja metsätaloudessa perustuvat käytänteisiin, joita joko edellytetään noudatettavan tai joiden noudattamiseen kannustetaan rahallisesti. EU:n yhteisen maatalouspolitiikan ehdollisuuden toimia (yhdistää aiemmat täydentävät ehdot ja viherryttämistuen) tulee noudattaa saadakseen ensimmäisen pilarin mukaisia viljelijätukia. Ehdollisuuteen kuuluu esimerkiksi se, että jokaisen vesistön varrella sijaitsevan peruslohkon vesistön puoleisella lohkon reunalla tulee olla kasvipeitteinen, muokkaamaton ja vähintään kolme metriä leveä suojakaista. Erillistä ympäristökorvausta voi saada laajemman suojavyöhykkeen ylläpitämiseen esimerkiksi vesistön varrella, kosteikon reuna-alueella, tulva-alueella, pohjavesialueella tai Natura-alueella.

Ympäristövaikutusten hillintä etukäteen määrätyillä toimenpiteillä tai pakollisilla teknologisilla ratkaisuilla jää vääjäämättä tehottomaksi pelkästään sen takia, että kuormitukseen vaikuttavat olosuhteet vaihtelevat niin paljon alueiden ja peltolohkojen välillä ja jopa lohkojen sisällä. Useissa maissa sääntely perustuukin osittain kriittisten kuormitusalueiden tunnistamiseen ja määrättyjen toimintatapojen edellyttämiseen tai kannustamiseen näillä alueilla (McDowell ym. 2024).

Tutkimuskirjallisuus on tarjonnut eri keinoja hajakuormituksen tehokkaaseen sääntelyyn. Tulospöusteisten lähestymistapojen kannalta keskeinen teoreettinen työ on Griffin ja Bromley (1982), joka osoittaa, että hajakuormitusta voi säännellä tehokkaasti, mikäli toimenpiteiden ja ympäristövaikutusten välille voidaan luoda matemaattiset kuvaukset jatkuvilla funktioilla. Tämä on tulospöusteisen hajakuormituksen ohjauksen toteuttamisen ehto, mikäli suora mittaaminen on mahdotonta: on kyettävä määrittelemään funktiot, indeksit tai mallit, jotka kytkevät mahdollisimman tarkasti todennettavissa olevat toimenpiteet ympäristövaikutuksiin.

## 2.2 MITTAAMINEN, INDEKSIT JA MALLINTAMINEN TULOSPERUSTEISTEN JÄRJESTELMIEN TAUSTALLA

**MITTAREILLA ON** keskeinen rooli tulospöusteisten järjestelmien käytössä. Kannustimet toiminnan muuttamiseksi nojaavat mittareihin, hallinto voi hyödyntää niitä suoraan tulosten seurantaan ja järjestelmän edelleen kehittämiseen. Juuri mittaaminen on yksi järjestelmien haasteista. Ympäristömuutosten seuranta ja muutosten kytkeminen maanomistajan valintoihin vaatii mittausten menetelmiltä paljon. Tuloksiin keskittyminen ennen kuin taustalla oleva luonnontieteellinen tietämys ja mittaamisen tekninen hallinta ovat tarpeeksi korkealla tasolla voi johtaa vääriin, lyhytaikaisia hyötyjä tuottaviin valintoihin.

Edellä sanottu on totta erityisesti hajakuormituksen mittaamisessa, mitä pidetään usein esteenä tulospöusteisten järjestelmien soveltamiselle. Asian voi kuitenkin kääntää myös toisin päin. Koska tulosten mittaaminen on vaikuttavuuden kannalta olennaista, tulospöusteiset järjestelmät pakottavat hallinnon ja toimialan keskittymään vaikeaksi tiedettyyn mittaamiseen ja sitä kautta tuloksen saavuttamiseen niin tehokkaasti kuin mahdollista. Vaihtoehtoisissa ohjaustavoissa tehokas toimenpiteiden kohdentaminen on mahdollista jättää vähemmälle huomiolle tai kokonaan unohtaa.

Tulospöusteiset järjestelmät eivät takaa hajakuormituksen hillintään samaa tehokkuutta kuin pistekuormituksen hillintään. Hajakuormituksen luonteeseen kuuluva satunnaisuus tuottaa ohjaamiseen vääjäämättä tiettyä tehottomuutta. Tulospöusteiset järjestelmät voivat kuitenkin parantaa tehokkuutta merkittävästi verrattuna nykyisiin sovellettaviin ohjauskeinoihin. Tavoitteena tulisikin olla tehokkuuden parantuminen nykyisestä.

Tulosperusteisten järjestelmien halutun ympäristövaikutuksen mittari on tyypillisimmin indeksi, joka koostuu yksittäisistä ympäristössä mitattavista asioista. Indeksiin voi kuulua sekä ympäristön mittaamiseen että toimintaan liittyviä asioita. Esimerkiksi Irlannin jokihelmisimpukkaohjelma palkitsee sekä tietyistä toimintatavoista että tuloksista.<sup>10</sup> Ohjelmat voi jaotella tämän piirteen mukaan joko puhtaisiin tulosperusteisiin tai hybridiohjelmiin.

Palkkiojärjestelmän kytkeminen sekä tekemiseen että tulokseen vähentää osallistujien taloudellista riskiä. Tulosperusteista osaa voi pitää tällöin eräänlaisena tulospalkkiona ja toimenpiteisiin perustuvaa kompensatiota vakuutuksena, joka kattaa osan osallistumisen kustannuksista.

Järjestelmien taustalla olevat mittarit muodostavat jatkumon yksiuotteisesti tulosperusteisista mittareista monimutkaisempiin indekseihin ja malleihin. Esimerkki yksiuotteisesta tulosperusteisesta mittarista on Suomessa käytössä oleva maakotkien suojeleohjelma (Hiedanpää ja Borgström 2014). Ohjelma sanoitetaan maakotkan porotaloudelle aiheuttamien haittojen korvausohjelmaksi, mutta toiminnallisesti sen rakenne on tulosperusteinen maakotkien suojeleohjelma. Paliskunnille maksetaan palkkioita sen mukaan, kuinka monta poikasia tuottavaa maakotkan reviiriä sen alueella on.<sup>11</sup> Ohjelma toisin sanoen palkitsee paliskuntia maakotkan olemassaolosta, eli suojele tuloksista. Tulosperusteisuuden mittarina on poikasia tuottava pesimäreviiri.

Mittareissa voi olla useampia kasvi- tai eläinlajeja. Esimerkiksi vuosien 2000 ja 2014 välillä Saksassa, Baden-Württembergin osavaltiossa käytössä ollut MEKA-B4 biodiversiteetti-ohjelma maksoi maanomistajalle korvauksen, mikäli hänen nurmimailtaan löytyi vähintään neljää villikukkien lajia 28 eri vaihtoehdosta (Russi ym. 2016). Ohjelma oli hybridityyppinen, eli siinä maksettiin kannustimia myös erikseen määritellyistä toimenpiteistä. Ohjelma rahoitettiin osittain CAP:sta ja on esimerkki siitä, että ainakin biodiversiteetin suojelemaan tähtääviä tulosperusteisiä ohjelmia on mahdollista sovittaa yhteiseen maatalouspolitiikkaan.

Espanjan Navarrassa 2015–2018 toiminut pienimuotoinen ohjelma maksoi yksiuotteisesti tulosperusteista kannustinta yhteensä 21 monivuotisten, ei-keinokasteltujen kasvien (viini, oliivit, mantelit) tuottajille (Massa ym. 2017). Lohkot saivat pisteitä yhteensä kahdeksasta eri asiasta, joista kuusi liittyi kasvillisuuteen. Esimerkiksi lajirikkaudesta annettiin 0–20 pistettä. Lajirikkauden arviointia varten teetettiin kuvallinen tietokortti ja järjestettiin koulutuspäivä. Lopullinen indeksi, jota vastaan maksettiin korvausta 0–600 €/ha, laskettiin kahdeksasta eri komponentista saatujen pistemäärien summana.

Jatkumon toisessa ääripäässä ovat laskennalliset mallit, joiden tuloksiin tulosperusteinen ohjaus kytketään. Tästä esimerkkinä on Uuden-Seelannin ravinnekuormituksen tilakohtainen ohjaus, josta kerrotaan enemmän ravinnekuormituksen yhteydessä.

Tässä esiselvityksessä käydään läpi eri teemojen mittareita ja esitellään huolellisemmin kustakin teemasta yksi ympäristötavoite ja siihen sopiva mittari. Näin valaistaan eri teemoihin liittyvien mittarien valintaan liittyviä haasteita.

<sup>10</sup> <https://www.pearlmusselproject.ie/farm-programme/>

<sup>11</sup> <https://www.metsa.fi/luonto-ja-kulttuuriperinto/lajien-suojelu/maakotka/>

# 3

## Vesistökuormitus

### 3.1 MITTAREITA, INDIKAATTOREITA JA ESIMERKKEJÄ MEILTÄ JA MAAILMALTA

**SUOMESSA POLTTAVIN** vesistökuormituksen osa-alue on ollut jo pitkään rehevöittävä ravinnekuormitus. Erityisesti sisävesien kriittinen ravinne ja merialueilla sinileväkukintoja aiheuttava fosfori on vesiensuojelun fokuksessa. Aiemmin huomiota on kiinnitetty lähinnä maatalouden ravinnekuormitukseen, mutta uudet tulokset metsien ravinnekuormituksista ovat osoittaneet niiden merkityksen aiemmin arvioitua suuremmaksi (Nieminen ym. 2018). Koska metsätalous on maankäytön ylivoimaisesti tärkein muoto, voimakkaat muutokset ominaiskuormitusarvoissa vaikuttavat huomattavan paljon kokonaiskuormitusarvoihin. On selvää, että talousmetsistä tulevan ravinnekuormituksen torjuntaan tulee keskittyä tulevaisuudessa voimakkaammin. Sarkkola ym. (2022) käyvät läpi potentiaalisia metsien ravinnekuormituksen mittareita kehitysehdotuksiin. Tutkijatyo-pajassa vahvistui käsitys, että tässä vaiheessa metsätalouden ravinnekuormituksen tulosperusteisten mittarien suurimpana haasteena on aiheen tuoreus. Tutkimus ei osaa vielä tarpeeksi luotettavasti arvioida erilaisten suojelumenetelmien vaikutuksia huuhtoumiin. Huuhtoumiin vaikuttavat hakkuukäytännöt ja puuston koostumus. Nämä ovat hitaasti muuttuvia ja tutkittavia asioita. Metsänomistajalla ei voida olettaa olevan merkittävää hiljaista tietoa aiheesta, jonka tutkimus on nostanut esille vasta muutama vuosi sitten. Maataloudesta puolestaan löytyy kuvaavia esimerkkejä ravinnekuormituksen tulosperusteiselle järjestelmälle. Esiselvityksen tämän osan huomio keskittyy maatalouden ravinnekuormitukseen ja erityisesti fosforiin.

#### MAATALOUDEN FOSFORIHUUHTOUMA JA SEN MALLINTAMINEN

**FOSFORIHUUHTOUMA KOOSTUU** karkeasti ottaen kiintoaineshuuhtoumasta ja liuenneen fosforin huuhtoumasta. Kiintoaineshuuhtoumaa voidaan jollain tarkkuudella arvioida eroosiomallien avulla. Näissä arvioidaan aina myös ravinnekuormia, mutta erityisesti liuenneiden kuormitusjakeiden arviointi on haastavaa.

Ehkä käytetyin huuhtouma- tai eroosiomalli erityisesti tilakohtaisen huuhtouman arvioimiseen on USLE:n paranneltu versio Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE.<sup>12</sup> Soil and Water Assessment Tool, SWAT<sup>13</sup> on yleisesti käytetty eroosion ja ravinnekuormituksen mallintamiseen, ehkä yleisemmin valuma-aluekohtaiseen mallinnukseen kuin RUSLE. Agricultural Policy/Environmental eXtender, APEX<sup>14</sup> on monipuolinen malli, johon voidaan kytkeä muun muassa SWAT. Siinä mallinnetaan ja ennustetaan myös liuenneen fosforin huuhtoumia sekä lohko- että valuma-alueetasolla ja lisäksi valumia, kiintoainekuormaa, ravinnekiertoa, satotasoja ja hiilen sidontaa.

APEX simuloi biofysikaalisia prosesseja ja sitä kautta huuhtoumia päiväkohtaisen säädäntä (menneen tai simuloidun tulevaisuuden), maaperän ominaisuuksia, topografian ja viljelytoimienpiteiden avulla. Mallilla voidaan simuloida erilaisten suojelutoimienpiteiden vaikutusta. APEXin haasteena on muun muassa liuenneen fosforin kuormituksen luotettava arvioiminen

<sup>12</sup> <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/rusle-soil-erosion-model-structure/rusle-soil-erosion-model-structure>

<sup>13</sup> <https://swat.tamu.edu/>

<sup>14</sup> <https://epicapex.tamu.edu/apex/>

etenkin kalibrointialueen ulkopuolelta (Ramirez-Avila ym. 2017, Bhandari ym. 2017). Sharpley ym. (2017) arvioi ja vertailee kattavasti erilaisia fosforinkuormitusmalleja.

Nimenomaan fosforiin keskittyvä, Yhdysvalloissa laajasti käytössä oleva P-indeksi on kehitetty paitsi huuhtoumariskin arviointiin, myös huuhtouman hallinnan ohjaukseen (Sharpley ym. 2003, Sharpley ym. 2008). P-indeksi huomioi sekä fosforihuuhtouman juurisyyt, kuten maaperän kasveille potentiaalisesti käyttökelpoisen fosforin pitoisuuden, että fosforin kulkeutumiseen vaikuttavat tekijät, kuten eroosion ja valuman. Nämä yhdistämällä luodaan lohkokohtaiset riskin- arviointipisteet. Pisteiden perusteella voidaan kohdentaa toimenpiteitä tehokkaimmalla tavalla. Indeksien tarkka muodostuminen voi vaihdella alueittain, joten sitä voidaan soveltaa erilaisiin olosuhteisiin. Indeksien on katsottu vaikuttaneen maatalouden ympäristönsuojelutoimenpiteiden kohdentamiseen käytännössä (McDowell ym. 2024). P-indeksissä on piirteitä, jotka soveltuisivat tulosperusteisten mallien pohjalle. Se pyrkii ympäristölliseen tarkkuuteen etäännyttä kuitenkaan viljelijän käytännön valinnoista ja politiikan rajoituksista. P-indeksien soveltuvuutta Pohjois- maihin ovat tarkastelleet esimerkiksi Heckrath ym. (2008).

Suomessa fosforilannoituksen kohdentamiseen käytetään ammoniumasetaattiuuttoon perustuvaa maaperän käyttökelpoisen fosforin mittausta (Vuorinen ja Mäkitie 1955). Yleisesti STP:ksi lyhynnetty (Soil Test Phosphorus), P-luvuksi kutsuttu mittari on myös varsin tarkka valumaveden liuenneen fosforin pitoisuuden ennustaja (Ekholm ym. 2005, Uusitalo ja Jansson 2002). Rutiinimaisesti käytettynä mittarina, joka korreloi hyvin ympäristövaikutuksen kanssa, ja johon viljelijällä on pitkällä aikavälillä mahdollisuus vaikuttaa, STP voi olla lupaava tulosperusteisen järjestelmän indeksin osa. Sitä käsitelläänkin seuraavassa luvussa tarkemmin.

Varsinaisia vedenlaatuun keskittyviä tulosperusteisia malleja on maailmalla muutamia. Chesapeake Bayllä on ravinnepäästökauppajärjestelmä, joka mahdollistaa pistekuormittajien ja maatalouden hajakuormittajien väliset päästöhyvitykset.<sup>15</sup> Hajakuormituskohteiden päästövähennykset lasketaan erillisellä työkalulla.<sup>16</sup> Samaan tapaan kuin hiilikompensatioissa, tilakohtaiset vähennykset perustuvat malliin. Hyvityksiä voi luoda muun muassa erikseen määrättyillä toimintatavoilla, kuten lannan kuljettamisella alueelta pois. Näiden vaikutukset mallinnetaan yllä mainitulla työkalulla. Korvaus määräytyy päästölupamarkkinoilla, eli se on päästöyksikön hinta.

## UUDEN-SEELANNIN MALLIIN POHJAUTUVA JÄRJESTELMÄ

**UUSI-SEELANTI ON** jaettu 16 alueeseen, joiden hallinto on keskitetty alueellisiin keskuksiin (regional council). Niille kuuluu muun muassa ympäristöhallinnon asioita.<sup>17</sup>

Pintavesien laadulle on määritelty kansallisia kriteerejä koskien rehevöitymistä ja ammonium- ja nitraattitypen pitoisuuksia. Jos kriteerit eivät täyty, alueellisten keskusten tulee laatia suunnitelmat kuormituksen vähentämiseksi.

Esimerkiksi Canterburyn alueella astui voimaan tehostettu ravinteiden hallinnan ohjelma helmikuussa 2015.<sup>18</sup> Ohjelmaan on sittemmin tehty muutoksia ja tarkennuksia. Seitsemäs muutoskierron on paraikaa hyväksymisprosessissa. Tavoitteet ja rajoitukset ovat erilaisia osavalmu-alueittain. Ohjelman yleiset tavoitteet liittyvät muun muassa luonnonvarojen hyvään hoitoon, niiden mahdollistavan hyvinvoinnin huomioimiseen ja valuma-aluekohtaiseen lähestymistapaan. Erityiset tavoitteet muun muassa maatalouden ravinnekuorman hillitsemiseksi määritellään tarkemmin kulloisenkin vesimuodostuman tarpeen perusteella. Tämän määrittelee tilatavoitteen mahdollistavan ja nykyisen kuormituksen erotus.

Vähennystavoitteen saavuttamiseksi maatiloja edellytetään i) seuraamaan ja pitämään kirjaa *mallinnetuista* ravinnepäästöistä, ii) seuraamaan hyviä viljelykäytäntöjä ja iii) tuottamaan tietoa tulevista, *mallinnetuista* ravinnepäästöistä. Mikäli alueelle on asetettu kuormituksen vähentämistavoite, tilan tulee saavuttaa annettu, *mallinnettu* kuormitustaso tilasuunnitelmassa määritellyssä ajassa.

<sup>15</sup> <https://www.dep.pa.gov/Business/Water/CleanWater/NutrientTrading/Pages/default.aspx>

<sup>16</sup> <http://www.cbntt.org/>, vaatii rekisteröitymisen

<sup>17</sup> <https://www.lgnz.co.nz/local-government-in-nz/councils-in-aotearoa/council-websites-and-maps/>

<sup>18</sup> <https://www.ecan.govt.nz/your-region/plans-strategies-and-bylaws/canterbury-land-and-water-regional-plan/canterbury-land-and-water-regional-plan/>

Alueellinen viranomaislainen päättää, mitä mallia se käyttää. Yleinen malli on tutkimuslaitosten ja toimialan yhdessä kehittämä Overseer.<sup>19</sup>

Uuden-Seelannin järjestelmä on siis vahvasti kohdistava ja se mahdollistaa tulosperusteisen ohjauksen alueilla, joissa kuormituksen vähentämistarve on suurta. Kohdistaminen tarkoittaa paitsi 16 alueen itsenäistä vastuuta tilatavoitteista, myös tilatavoitteiden tarkentamista ja toimenpiteiden kohdentamista alueiden sisällä.

Erityislaatuista ohjelmassa on se, että se säilyttää vastuun hajakuormittajalle, eikä kompensoi toimista. Siinä ei siis makseta tuloksesta, vaan rangaistaan sallitut rajat ylittävistä kuormituksesta. Tämä luo kohdentamiselle vahvat toimialan sisäiset kannustimet. Korvausvelvollisuudesta ei haluta laajaperäistä, toisin kuin tukijärjestelmästä haluttaisiin. Vuonna 1991 annetun Uuden-Seelannin luonnonvarojen hallintaa koskevan lain<sup>20</sup> mukaan saastuttajien on maksettava päästöjensä vähentämisen kustannukset ja kompensoitava vahingot. Laki myös asettaa todistustaakan saastuttajalle eikä se jätä hajakuormitusta lain sovellusalan ulkopuolelle.

### **USEAMMAN YMPÄRISTÖTAVOITTEEN OHJELMA – IRLANNIN JOKIHELMISIMPUKKAPROJEKTI**

**VUONNA 2023** päättynyt Irlannin jokihelmisimpukkaprojekti on tulosperusteinen kokeilu, jossa yhdistyvät biodiversiteetin ja vesiensuojelun piirteet. Projektilla tavoiteltiin latvavesien parempaa vedenlaatua ja sitä kautta jokihelmisimpukkapopulaation elinvoimaisuuden vahvistumista.<sup>21</sup> Tulosperusteisuus siis kohdistui biodiversiteettiin, mutta varsinainen ympäristöpaine, jota pyrittiin helpottamaan, liittyi veden laatuun.

Projektissa kehitettiin malli, jossa maanomistajia palkittiin saavutetuista tuloksista. Mallia sovellettiin kahdeksalla eri valuma-alueella. Palkkiot perustuivat yhdistelmään erilaisista indekseistä, joista osa oli selkeästi tulosperusteisia. Hybridimallin toinen osa perustui perinteisemmin maanomistajan tekemien toimenpiteiden havainnointiin ja niistä maanomistajalle koituvien kustannusten kattamiseen.

Tulosperusteisen osan seuranta nojasi kolmeen eri mittariin: elinympäristön laatuun, tulvatasankojen määrään sekä tilakohtaiseen kokonaisarvioon. Näiden summa muodosti tulosperusteisen osan. Indeksien määrätymistaulukot ovat havainnollisia, ja seuraavaksi esitetään niistä esimerkkejä.

#### **ELINYMPÄRISTÖN LAATU -MITTARI**

Pilottialueen maataloutta katsottiin harjoitettavan kolmentyyppisissä elinympäristöissä: nurmi- mailla, turvemilla sekä pensaistoalueella. Kullekin näistä luotiin kriteeristö, jotka pisteyttivät elinympäristön nolasta kymmeneen. Arvioitavia kriteerejä olivat muun muassa lajiston rikkaus, maaperän kosteus ja kasvuston rakenne. Kriteereissä oli myös negatiivisesti pisteisin vaikuttavia tekijöitä. Korvausta ei maksettu, mikäli pisteet jäivät alle neljän.

Tilojen hehtaarikohtaisissa palkkiotasoisissa oli portaat pinta-alan mukaan. Ensimmäisistä 30 hehtaarista sai suuremmat korvaukset kuin seuraavista 40 hehtaarista, ja näistä edelleen suuremmat korvaukset kuin tilan lopuista hehtaareista. Tämän katsottiin heijastelevan toimenpiteiden toteuttamisen kustannuksia. Mitä suurempi tila on, sitä isommalle pinta-alalle toimenpiteistä koituvat kiinteät kustannukset jakaantuvat.

Maksettavat hehtaarikohtaiset korvaustasot elinympäristön laadusta määriteltiin seuraavasti:

<sup>19</sup> <https://www.mpi.govt.nz/agriculture/farm-management-the-environment-and-land-use/overseer-a-nutrient-management-tool-for-farmers-and-growers/>

<sup>20</sup> <https://www.legislation.govt.nz/act/public/1991/0069/latest/DLM230265.html>

<sup>21</sup> [https://www.pearlmusselproject.ie/pearl\\_mussel\\_programme\\_info.pdf](https://www.pearlmusselproject.ie/pearl_mussel_programme_info.pdf)

Hehtaarikohtainen korvaus eri kokoluokissa			
Pistemäärä	0–30 ha	30–70 ha	> 70 ha
< 4	0	0	0
4	68 €	15 €	5 €
5	79 €	18 €	6 €
6	90 €	20 €	7 €
7	135 €	30 €	10 €
8	180 €	40 €	14 €
9	203 €	45 €	15 €
10	225 €	50 €	17 €

Taulukko 1. Hehtaarikohtainen korvaus kustakin elinympäristön laadun tasosta kullekin eri kokoluokalle. Esimerkiksi 75 hehtaarin tila, jonka pistemäärä on 6, saa korvausta  $30 \cdot 90 \text{ €} + 40 \cdot 20 \text{ €} + 5 \cdot 7 \text{ €} = 3535 \text{ €}$  (Pearl Mussel Programme).

#### TULVATASANKOJEN MÄÄRÄ -MITTARI

Tulvatasangot puskuroivat etenkin tulva-aikoina veden virtauksen nopeutta jokiuomissa. Tämä on tärkeää jokihelmisimpukoille. Tästä syystä viljelijöille maksettiin erillistä, elinympäristön laatu -pisteytykseen kiinnitettyä korvausta tulvatasankojen olemassaolosta. Korvaus maksettiin seuraavasti:

Jokeen rajautuvan peltoalan pituus	Keskimääräinen elinympäristön laatu -pisteytys							
	< 4	4	5	6	7	8	9	10
< 250 m	0	200 €	225 €	250 €	275 €	300 €	325 €	350 €
250–1000 m	0	280 €	315 €	350 €	385 €	420 €	455 €	490 €
> 1000 m	0	400 €	450 €	500 €	550 €	600 €	650 €	700 €

Taulukko 2. Tulvatasankojen määrästä maksettava ylimääräinen korvaus. Jos tilalla oli esimerkiksi yhteensä 800 metrin pituudella eri lohkojen jokeen rajautuvaa peltoalaa, ja näiden keskimääräinen elinympäristön laatu -pistemäärä oli 7, tilalle maksettiin 385 € korvausta tulvaniittyjen olemassaolosta (Pearl Mussel Programme).

#### TILAN KOKONAISARVIO -KERROIN

Tilalta jokeen kohdistuvaa, vedenlaatua heikentävää painetta arvioitiin erikseen. Saaduilla pisteillä kerrottiin yhteenlaskettu pistemäärä elinympäristö ja tulvaniitty -indekseistä.

Vedenlaatukertoimen määritteli kaksi kartoittajaa sekä toimitettuun dataan että maastokäynteihin nojaten. Arvioinnissa kerättiin kustakin valuma-alueesta tietoja ArcGIS Collector -ohjelman avulla.

Keskeiset kokonaisuudet arvioinnissa olivat karjan tai ajoneuvojen aiheuttamat vahingot, kiintoaines- ja ravinnepäästöt veteen sekä tilalle mahdollisesti muodostuneet pistekuormitusalueet, kuten ojitus ja eläinten tallaamat tai ajoneuvojen tiivistämät alueet. Mahdolliset kertoimet olivat 0,3, 0,6, 1 ja 1,2. Tilakohtaisen arvion lomake näytti tältä:

Pearl Mussel Project Whole-farm Assessment

---

**PMP Farmer ID:** \_\_\_\_\_

**Surveyor:** \_\_\_\_\_

**Survey date:** \_\_\_\_\_

**Overall whole-farm result:**

**Category:** **Multiplication factor:**

Poor	0.3
Inadequate	0.6
Good	1
Excellent	1.2

**Note on determining overall whole-farm result:**  
The result of the whole-farm assessment is the lowest score (0.3, 0.6, 1, or 1.2) achieved in any of the individual sections A-E below.

A Farmyard Assessment *(see overleaf for further details)*

**Do any of the following items present a risk to watercourses? (please tick)** Yes (0.6) / No (1.2)

<input type="checkbox"/> Silage Pit	<input type="checkbox"/> Separation of clean & dirty water	<input type="checkbox"/> Slurry storage	<input type="checkbox"/> Diesel / oil tanks	<input type="checkbox"/> Other
<input type="checkbox"/> Round bale storage	<input type="checkbox"/> Livestock handling areas	<input type="checkbox"/> Farmyards	<input type="checkbox"/> Loose houses - effluent being collected	<i>If 'Other' please specify:</i>
<input type="checkbox"/> Gutters & storm drains	<input type="checkbox"/> Farmyard manure storage	<input type="checkbox"/> Sheep dipping & spread areas	<input type="checkbox"/> Inappropriate use of pesticides	

B Farm nutrient balance indicator *(for farms with slurry storage only, see overleaf for further explanation)*

**Extent of suitable (trafficable) spread lands (X)?** \_\_\_\_\_ ha

**Number of livestock units housed over winter (Y)?** \_\_\_\_\_ LU

**Ratio of available spread lands to minimum required spread lands [X/(Y\*0.506)]:** \_\_\_\_\_

*Result of farm nutrient balance assessment:*

<span style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px;">Poor (0.3)</span> Ratio of available spread lands to minimum required spread lands: <0.6	<span style="background-color: #ff9800; color: white; padding: 2px;">Inadequate (0.6)</span> Ratio of available spread lands to minimum required spread lands: 0.6-0.8	<span style="background-color: #8bc34a; color: white; padding: 2px;">Adequate (1.2)</span> Ratio of available spread lands to minimum required spread lands: >0.8
---	--	---

C Level of damage to watercourses

**What is the level of damage to water courses as a result of livestock or vehicular access?**

<span style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px;">High (0.3)</span> Evidence of trampling and dunging in river. Presence of eroded banks and disturbed waterways. Direct pathway to natural watercourses.	<span style="background-color: #ff9800; color: white; padding: 2px;">Moderate (0.6)</span> Evidence of some poaching and trampling. Direct pathway to natural watercourses.	<span style="background-color: #ffeb3b; color: black; padding: 2px;">Low (1)</span> Access to drains evident but pathway to natural watercourses is impeded.	<span style="background-color: #8bc34a; color: white; padding: 2px;">None (1.2)</span> No evidence of damage to watercourses as a result of livestock access.
---	--	---	--

D Risk of nutrient or sediment entering watercourses

**What is the level of risk of sediment or nutrients entering watercourse?**

<span style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px;">High (0.3)</span> Absence of functional buffer zones from watercourses / drains. Bank erosion, slumping and poaching likely to be observed.	<span style="background-color: #ff9800; color: white; padding: 2px;">Moderate (0.6)</span> Buffer zones are absent or have been breached and there are pathways by which nutrients / sediment can enter watercourses and drains visible at some locations.	<span style="background-color: #ffeb3b; color: black; padding: 2px;">Low (1)</span> Pathways by which nutrients/sediment can enter watercourses are present but only as a minor pinch-point or Pathways to natural watercourses are impeded.	<span style="background-color: #8bc34a; color: white; padding: 2px;">None (1.2)</span> There are no visible pathways by which nutrients/sediment can enter watercourses and drains. No visible bank erosion, trampling or poaching.
---	---	---	--

E Flow

**Describe the drains on site.**

<span style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 2px;">Recently cleared/created (0.3)</span> Drains have been recently cleared or created flowing directly into natural watercourses.	<span style="background-color: #ff9800; color: white; padding: 2px;">Free flowing (0.6)</span> Drains are un-vegetated and/or free-flowing and follow direct pathway to natural watercourses.	<span style="background-color: #ffeb3b; color: black; padding: 2px;">Reduced-flow (1)</span> Drains are partly blocked and vegetated, and/or pathway to watercourse is impeded.	<span style="background-color: #8bc34a; color: white; padding: 2px;">Naturalised (1.2)</span> All drains are fully blocked and/or vegetated. Drains with gravel/cobble substrate & stable vegetated banks
--	--	--	--

**Reason for outcome:** \_\_\_\_\_

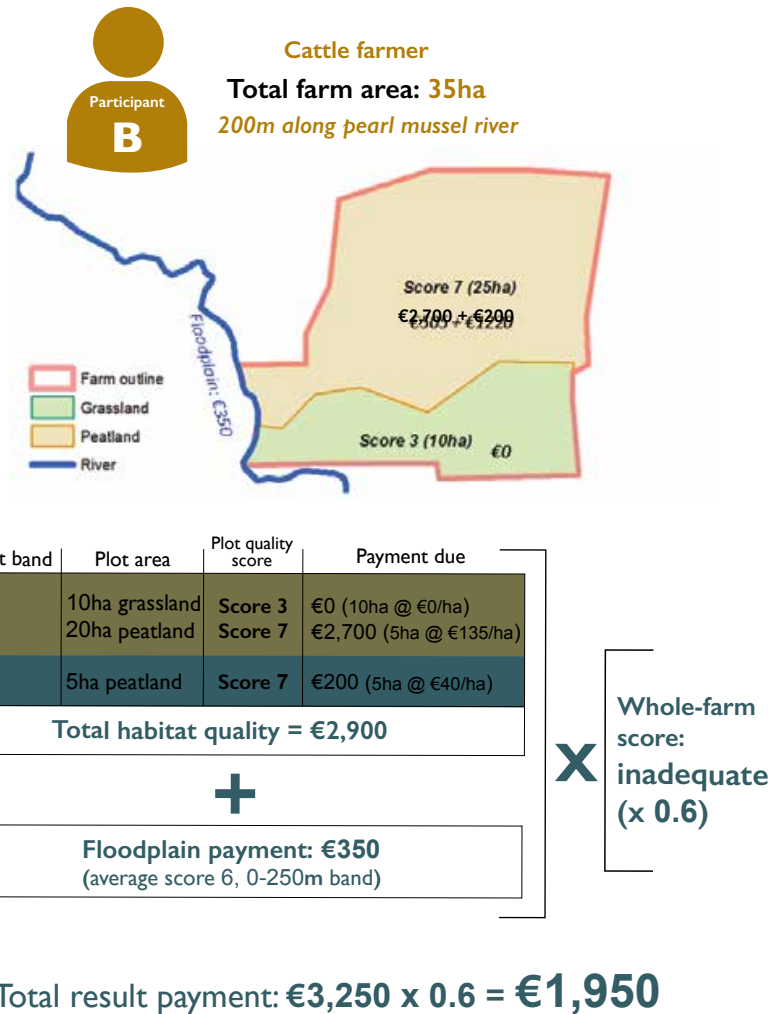
**Management advice:** \_\_\_\_\_

April 2020
Page 1 of 2



Esimerkkitalan saama lopullinen korvaus voisi näyttää tältä:

## Sample farm payment calculation:



Kuva 4. Esimerkki ohjelmassa maksettavan lopullisen korvauksen suuruudesta ja sen määräytymisestä (Pearl Mussel Programme).

Tämän lisäksi voitiin maksaa erillisiä korvauksia suoraan toimenpiteiden tekemisestä koituneita kustannuksia vastaan.

Lopullisen korvauksen määrittely on siis tässä(kin) järjestelmässä varsin monen mutkan takana. Tulospohjaisten järjestelmien tehokkuuden ehtona on toisaalta mahdollisimman hyvä ympäristöllinen ja toisaalta maanomistajan silmin mahdollisimman selkeä kytkös omien toimenpiteiden ja palkittavien mittarin arvojen välillä. Irlannin esimerkki havainnollistaa hyvin näiden kahden tavoitteen yhtäaikaisen saavuttamisen vaikeutta.

Overy ym. (2024) arvioivat, miten ohjelmassa käytetyt yksinkertaistetut, arvioitsijoiden tekemät vedenlaadun riskiarviot osuvat yksiin tarkempien biodiversiteetti- ja vedenlaatuindeksien kanssa. Näiden käyttö olisi epäkäytännöllistä järjestelmän pohjana niiden hitauden ja kalleuden takia. Osoittautuu, että käytetty vedenlaatuindeksi korreloi huonosti tarkempien biodiversiteetti- ja vedenlaatumittarien kanssa.

### 3.2 P-LUKU

**RAVINNEKUORMITUKSEN TAPAUKSESSA** fosforiluku (P-luku) nousee tässä esiselvityksessä esiin lupaavana tulos pohjaisen järjestelmän indikaattorina, joko yksin tai yhdistettynä toisiin mittareihin. P-luku mittaa kasveille käyttökelpoisen fosforin pitoisuutta peltomaassa. Sen korkeuteen vaikuttaa pitkän ajan kuluessa peltomaan fosforitase eli lannoitteesta saadun ja sadon mukana poistuneen fosforin erotus. P-luku heijastelee satotasoa ja se kytkeytyy voimakkaasti liuenneen fosforin huuhtoumariskiin. Suomessa mittari perustuu happamaan ammoniumasetaattiuuttoon (Vuorinen ja Mäkitie 1955).

#### P-LUKU YMMÄRRETÄÄN HYVIN

**TIETOPOHJA P-LUVUSTA** on laaja. Sen ymmärretään korreloivan vahvasti rehevöittävän fosforin kuormituksen kanssa. Indikaattorina P-luku on yksinkertainen. Se on kuitenkin tärkeää kytkeä toisiin mittareihin, jotka luovat pidäkkeitä ei-toivotuille huuhtoumajakeille, kuten kiintoaineelle tai typelle.

#### P-LUKU ON MUUTETTAVISSA VILJELIJÄN TOIMIN

**VAIKKA P-LUKU** reagoi toimenpiteisiin melko hitaasti, on toimenpiteitä, joiden avulla sitä voidaan laskea mitattavissa olevia määriä jo muutaman vuoden aikana. Nopein ja tehokkain keino fosforiluvun alentamiseen on nurmiviljely ja mahdollisimman monen sadon korjaaminen kasvukauden aikana. Tämän lisäksi tarvitaan ajoittainen kyntö, joka alentaa maaperän pintakerroksen P-lukua, joka on erityisen tärkeä liukoisen P-kuorman ajuri. Ilman kyntöä ylimmän pintakerroksen P-luku kohoaa muutamassa vuodessa. P-luvun seuraaminen ohjaa myös lannan käyttöä pois ylijäämäalueilta.

Mikäli P-luvun käyttöä tulosperusteisen ympäristöohjauksen indikaattorina pilotoidaan, on tärkeää seurata samalla varsinaisen ympäristövaikutuksen muutosta. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi tunnistamalla sopivia tulosperusteiseen ohjelmaan siirtyneitä lohkoja ja mittaamalla näiltä peltoaloilta lähtevän huuhtouman kehitystä. Esimerkiksi viiden vuoden mittausjaksolla tuloksia voidaan jo havaita. Lohkojen tulee olla sellaisia, joiden vesitalous on ympäristöstä mahdollisimman erillään. Tällöin mittauspisteet voidaan sijoittaa sekä salaojaputkien päähän että ojaan. Fosforin lisäksi voidaan mitata esimerkiksi nitraattityyppiä sähkönjohtavuuden avulla ja kiintoaineskuormaa jatkuvatoimisella sameuden mittaamisella. Seurannan tuloksia on mahdollista hyödyntää valuma-alueen mallien tarkentamiseen ja validointiin.

#### EPÄVARMUUDEN HALLINTA

**MIKÄLI TULOSPERUSTEISIIN** järjestelmiin liittyvä epävarmuus on liian suurta, maanomistajat eivät sitoudu niihin. Maanomistajaa kiinnostaa erityisesti varmuus siitä, miten oma toiminta vaikuttaa palkitsemisperusteisiin. P-luvun tapauksessa epävarmuutta aiheuttavat P-luvun muutosten ajallinen viive ja mittauksen epävarmuus. Jälkimmäinen voi liittyä sekä otantaan että varsinaiseen mittaamiseen.

#### OHJELMAN JÄRJESTÄJÄN TULISI MÄÄRITELLÄ HYVÄKSYTTY (HYVÄKSYTYT) LABORATORIO(T)

**PELTOVUORI (1999)** tutki kaupallisten laboratoriorien välisen ja sisäisen vaihtelun ja P-luvun suuruuden yhteyttä. Korkeimmilla P-luvuilla absoluuttinen vaihtelu oli suurempaa, mutta suhteellinen vaihtelu hieman pienempää.

Table 2. The results of soil P analyses carried out in five laboratories and the values of repeatability and reproducibility (95% probability) for the three different soils (mg dm<sup>-3</sup> of soil).

		Laboratory				
		A	B	C	D	E
Soil 1	1	12.4	11.0*	13.8	7.6	9.7
	2	10.6	10.0	12.0	7.6	11.0
	3	10.7	9.8	13.4	7.4	10.2
	4	12.7	10.0	12.5	7.5	10.0
Mean		11.6 <sup>b</sup>	10.2 <sup>b</sup>	12.9 <sup>bc</sup>	7.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>b</sup>
Grand mean	10.5					
Repeatability	2.0					
Reproducibility	5.9					
Soil 2	1	18.2	17.0	14.1	14.1	13.0
	2	16.4*	17.0	13.8	10.9	13.4
	3	18.0	17.0	13.5	13.5	13.4
	4	18.2	17.0	16.2	14.7	13.0
Mean		17.7 <sup>d</sup>	17.0 <sup>d</sup>	14.4 <sup>c</sup>	13.3 <sup>bc</sup>	13.2 <sup>bc</sup>
Grand mean	15.1					
Repeatability	2.8					
Reproducibility	6.4					
Soil 3	1	84.0	81.0**	63.2	58.0	89.6
	2	85.9	93.0	59.9	56.0	88.6
	3	85.5	93.0	54.5	54.0	86.9
	4	87.9	93.0	67.9	55.0	87.3
Mean		85.8 <sup>f</sup>	90.0 <sup>f</sup>	61.4 <sup>e</sup>	55.8 <sup>e</sup>	88.1 <sup>f</sup>
Grand mean	76.2					
Repeatability	10.8					
Reproducibility	46.6					

Means denoted with the same letter do not differ significantly ( $P < 0.05$ ). Testing was carried out using log-transformed values of original data. Values denoted by \* ( $P < 0.05$ ) and \*\* ( $P < 0.01$ ) are outliers.

*Taulukko 3. Laboratoriot A-E tutkivat maaperänäytteitä 1, 2 ja 3. Kukin maaperänäyte sekoitettiin ja jaettiin samanlaisiin osiin (pystyryviin merkitty numerointi 1–4), joista kustakin lähetettiin erät neljään kaupalliseen laboratorioon A-D ja Helsingin yliopiston omaan laboratorioon E. (Julkaisusta Peltovuori 1999).*

Peltovuoren tutkimuksessa otettiin maaperänäytteitä kolmelta eri pellolta. Näistä yksi oli korkean P-luvun pelto, yhden P-luku oli keskimääräinen ja yksi hieman tätä alempi. Kunkin pellon näytteet sekoitettiin huolellisesti ja jaettiin 20 astiaan, joista jokaiselle neljälle kaupalliselle laboratorioille ja yliopiston omalle laboratorioille lähetettiin kullekin neljä näytettä analyysiä varten. Yllä olevassa taulukossa kunkin laboratorion kohdalla olevien tulosten vaihtelu saman maaperän sisällä kertoo laboratorioden luotettavuudesta. Laboratorion sisäinen luotettavuus on sitä korkeampi mitä pienempi on näytteiden välinen ero. Esimerkiksi laboratorio A saa maaperä 3:n P-luvuksi 84,0–87,9 mg/l ja laboratorio C 54,5–67,9 mg/l. Laboratorio A:n sisäinen luotettavuus on korkeampi.

### **P-LUVUN ALENEMISEN PROSESSIT YMMÄRRETÄÄN, NUMEERISIA LISÄTIETOJA TARVITTAISIIN**

**YLLÄ KUVATTU** vaihtelu kertoo toisaalta siitä, että tulosperusteisessa järjestelmässä on hyvä analysoida näytteet mahdollisimman luotettavassa ja eri vuosina samassa laboratorioissa. Toisaalta vaihteluväliä pitää verrata siihen, kuinka paljon maaperän P-luku voi laskea seurantajakson aikana. Jos ohjelma kestää esimerkiksi viisi vuotta, voiko viljelijä luottaa siihen, että hänen aktiiviset toimenpiteensä näkyvät P-luvussa, eivätkä sekoitu yleiseen epävarmuuteen?

P-luvun pilotointi edellyttäisi nopeimpien maaperän kasveille käyttökelpoisen fosforin köyhdyttämispolkujen arviointia. Suomessa ei ole tehty tällaista analyysiä. Uusitalo ym. (2016) johtavat hyvin suuresta aineistosta tilastollisesti yhtälön, jolla voidaan arvioida P-luvun muutosta eri maalajeille, kun tase ja aika muuttuvat:

$$STP_t = -\frac{A}{B} + \left(\frac{A}{B} + STP_0\right)^{Bt}$$

jossa  $A = a + bP_{bal}$  ja  $B = cP_{bal} + d$ , jossa  $P_{bal}$  on vuotuinen fosforitase ja a, b, c ja d eri maalajeille määriteltäviä parametreja. Esimerkiksi savimaalla viiden vuoden aikana ja fosforitaseen ollessa vuosittain  $-10$  kg/ha, malli arvioi P-luvun laskevan luvusta  $80$  mg/l lukuun  $71$  mg/l. Samalla taseella P-luku laskee tasolta  $10$  mg/l tasolle  $9$  mg/. Menetelmä soveltuu P-luvun mahdollisimman nopean alenemisen arviointiin, mutta tilastollinen analyysi tulisi tehdä vain korkeimmille P-luvuille, joita oli aineistossa vähän. Siinä painottuivat keskimääräiset P-luvut ja keskimääräiset fosforitaseet. Regressioyhtälö kuvaa siis huonosti harvoja korkeiden P-lukujen ja fosforitaseiden havaintoja, mutta samaa aineistoa ja menetelmää voisi hyödyntää korkeimpien P-lukujen tarkasteluun.

Hollannissa toteutettiin empiirinen koejärjestely, jossa tarkasteltiin korkeiden P-lukujen laskua joko passiivisella tai aktiivisella köyhdyttämällä (Schelfhout ym. 2019). Passiivinen köyhdyttäminen tarkoitti nurmen niittämistä kaksi tai kolme kertaa vuodessa. Aktiivisessa köyhdyttämisessä niittämisen lisäksi nurmen satotaso maksimoitiin muulla panoskäytöllä (typpi, kalium). Aktiivinen köyhdyttäminen kaksinkertaisti fosforin poistumisen sadon mukana. Tätä kautta se vaikutti myös P-lukuihin. Nopeimmillaan P-luku laski viidessä vuodessa arvosta  $100$  mg/kg  $40$  yksiköllä (Hollannissa käytetään kemialliselta taustaltaan ja lukuarvoiltaan hieman erilaista Olsen-P-testiä).

Schelfhoutin ym. (2019) tulokset antavat vahvaa viitettä sille, että korkeimpien P-lukujen lasku jopa puoleen lähtötasosta on saavutettavissa viiden vuoden aikana. Kun huomioidaan, että P-luku korreloi lineaarisesti valumaveden liunneen fosforin pitoisuuden kanssa (Pote ym. 1996, Uusitalo ym. 2024, Nash ym. 2024) ja hiukkasmaisen fosforin biologisen käyttökelpoisuuden kanssa, vaikutus fosforikuormitukseen voisi olla erittäin suuri.

## YMPÄRISTÖLLINEN VAIKUTTAVUUS

**TARKASTELLAAN FOSFORIHUUHTOUMAN** potentiaalista muutosta kirjallisuuteen perustuvan esimerkkilaskelman avulla. Havainnollistaaksemme korkeiden P-lukujen alentamisen vaikutusta tarkastellaan kuvitteellista aluetta, jonka yhden lohkon P-luku on selkeästi korkeampi kuin muiden. Oletetaan, että tämän lohkon P-lukua saadaan alennettua. Muiden lohkojen huuhtouman oletetaan pysyvän ennallaan. Todellisessa tilanteessa P-luvut muodostavat jakauman, jossa korkeita P-lukuja on vähän (katso esimerkiksi Uusitalo ym. 2007).

Oletetaan lähtötilanteessa  $10$  hehtaarin alue, jolla on kymmenen samankokoista lohkoa. Olkoon yhden lohkon P-luku  $100$  mg/l ja yhdeksän muun  $8$  mg/l. Oletetaan, että jokaiselta lohkolta huuhtoutuu vuodessa hiukkasmaista fosforia  $0,7$  kg/ha (Kotkanojan lohkojen keskiarvo; Puustinen ym. 2010). Hiukkasmaisen P:n biologinen käyttökelpoisuus olkoon  $0,16$  (Ekholm ym. 2005). Hiukkasmaisen P:n rehevöittävä huuhtouma on kultakin lohkolta tällöin  $0,16 * 0,7 = 0,11$  kg, kymmeneltä lohkolta yhteensä  $1,1$  kg.

Liunneen fosforin pitoisuus valumavedessä riippuu lohkon P-luvusta. Uusitalo ja Jansson (2002) mukaan relaatiota kuvaa yhtälö:  $0,021 * P\text{-luku} - 0,015$  (mg/l). Valuma hehtaarilta olkoon noin  $300$  mm vuodessa (seuraten Ekholm ym. 2005). Tällöin liunneen fosforin vuosittainen huuhtouma on  $0,0567 * P\text{-luku} - 0,0405$  (kg/ha).

Alla oleva taulukko 4 esittää rehevöittävän, eli biologisesti käyttökelpoisen fosforin huuhtoumaa lähtötilanteessa ja tilanteessa, jossa P-luvultaan korkeimman lohkon P-lukua on saatu laskettua viiden vuoden aikana arvosta 100 mg/l arvoon 85 mg/l, 70 mg/l tai 55 mg/l. Kaikkien lohkojen hiukkasmaisen fosforin huuhtouma pysyy ennallaan. Yhdeksän matalimman P-luvun lohkot pysyvät myös fosforitilansa ja liunneen fosforin huuhtouman suhteen muuttumattomina. Liunneen fosforin huuhtouma kultakin näistä lohkoista on  $0,0567 \cdot 8 - 0,0405$  (kg) = 0,41 kg, yhdeksältä lohkolta yhteensä 3,72 kg.

Rehevöittävän fosforin kokonaishuuhtouma kultakin näistä lohkoista on 0,11 kg/ha (hiukkasmaisen fosforin rehevöittävä osuus) +  $0,0567 \cdot 8 - 0,0405$  (kg/ha) (liuennut fosfori, kun P-luku on 8 mg/l) = 0,53 kg/ha. Yhdeksän lohkon yhteishuuhtouma on siis 4,73 kg vuodessa.

Korkein P-luku	Liennut P huuhtouma, korkein P-luku	Liennut P huuhtouma, muut lohkot yht.	Rehevöittävä hiukkasmaisen P huuhtouma, kaikki lohkot yht.	Yhteensä	Vähennemä rehevöittävässä P:ssa
100 mg/l	5,63 kg	3,72 kg	1,1 kg	10,47 kg	–
85 mg/l	4,78 kg	3,72 kg	1,1 kg	9,62 kg	0,85 kg (8 %)
70 mg/l	3,93 kg	3,72 kg	1,1 kg	8,77 kg	1,7 kg (16 %)
55 mg/l	3,08 kg	3,72 kg	1,1 kg	7,92 kg	2,55 kg (24 %)

Taulukko 4. Kymmenen lohkon fosforihuuhtouman esimerkki. Yhdellä lohkolta on korkea P-luku (100 mg/l) ja yhdeksällä normaali (8 mg/l). Ensimmäinen sarake esittää korkeimman P-luvun. Toisessa sarakkeessa on liunneen, kokonaisuudessaan rehevöittävän fosforin huuhtouma tältä lohkolta. Kolmannessa sarakkeessa on yhdeksän muun lohkon liunneen fosforin huuhtouma. Neljännessä on kaikilta kymmeneltä lohkolta tulevan hiukkasmaisen huuhtouman rehevöittävän fosforin osuus. Viides sarake näyttää rehevöittävän fosforin (liuennut + hiukkasmaisen fosforin rehevöittävä osuus) kokonaishuuhtouman kymmenen hehtaarin alueelta. Viimeinen sarake näyttää, kuinka paljon huuhtouma laskee, kun korkeinta P-lukua saadaan alennettua.

Taulukko alleviivaa toisaalta sitä, miten suuri osa rehevöittävän fosforin huuhtoumasta tulee korkean P-luvun lohkolta (lähtötilanteessa yli puolet huuhtoumasta) ja toisaalta sitä, miten vaikuttava korkean P-luvun lasku on myös kokonaishuuhtouman kannalta. Mikäli korkein P-luku saadaan alennettua tasolle 55 mg/l, alueen rehevöittävän fosforin huuhtouma pienenee 24 %. Tämä siitä huolimatta, että yhdeksän muun lohkon huuhtouma pysyy muuttumattomana.

Uusitalo ym. (2007) kuvaa Lounais-Suomessa P-luvun jakaumia. Tuolloin lohkoja, joiden P-luku oli yli 100, oli 0,1 promillea lohkojen määrästä. Lohkoja, joiden P-luku oli yli 50 mg/l, oli 0,3 prosenttia. Jakauma tulisi päivittää ja selvittää sen edustavuus. Näiden perusteella olisi päätettävä, kuinka korkean P-luvun lohkoille järjestelmää kannattaisi kokeilla.

Keskeisiä selvitettäviä asioita ovat siis

- arvio P-luvun nopeimmasta mahdollisesta laskuvauhdista
- arvio siitä, kuinka isolle alueelle kokeilu rajoittuisi milläkin P-luvun alarajalla
- minkälaisia ympäristöllisiä vaikutuksia ja rahallisia kuluja kokeiluhankkeesta voisi odottaa.

### **P-LUVUN KERROSTUMINEN JA SEN VAIKUTUS HUUHTOUMAAN**

**ERÄS KESKEINEN** päätettävä asia tulosperusteisen järjestelmän taustalle on fosforin kerrostumisen huomioiminen. Esimerkiksi Baker ym. (2017) ja Uusitalo ym. (2024) osoittavat, miten nopeasti fosfori alkaa kerrostumaan maaperän ylimpään kerrokseen (0–5 cm), ja miten voimakkaasti tämä vaikuttaa liuenneen fosforin huuhtoumaan. Tämä johtuu siitä, että pellolle satava vesi on kontaktissa nimenomaan ylimmän kerroksen kanssa (Nash ym. 2024). Kerrostuminen tulisi huomioida ympäristövaikutusten takia. Jos esimerkiksi kahden lohkon 0–20 cm syvyydeltä otetun maanäytteen P-luvut olisivat identtiset, lohkojen liuenneen fosforin pitoisuudet valumavedessä voivat olla huomattavan erilaisia, mikäli toisen lohkon maaperän kasveille käyttökelpoinen P on voimakkaammin kerrostunut pintaan kuin toisella. Luonnonvarakeskuksen tutkimukset Kotkanojalta tulevat tuottamaan tähän tarkempaa tietoa kuluvan vuoden aikana.

### **P-LUVUN VAHVUUKSIA**

- Kytkeytyy kiistattomasti liuenneen fosforin huuhtoumaan ja hiukkasmaisen huuhtouman leville käyttökelpoisen fosforin määrään. Indikaattorissa on vahva tieteellinen tausta ympäristövaikutukselle.
- Peltomaan fosforitason alentaminen on lähes ainoa keino liuenneen fosforin vähentämiseksi. Liennut fosfori on kokonaisuudessaan rehevöittävä, eli levillä käyttökelpoista. Monin paikoin, esimerkiksi Saaristomerellä, keskeinen meren rehevöitymisen ajuri on fosfori.
- P-lukua seurataan rutiininomaisesti, se on tuttu viljelijöille ja hallinnolle.
- Lohkon P-luvun kehitykseen liittyy vain vähän satunnaisuutta muutaman vuoden ajalla tarkasteltuna. Viljelijällä on toisin sanoen vahva vaikutus P-luvun kehittymiseen.
- P-luku toimisi kannustimena sekä fosforitason alentamiseen (esimerkiksi nurmiviljely mahdollisimman monella niitolla ja korkealla satotasolla) sekä toimenpiteisiin, joilla estetään fosforitason nousua (esimerkiksi lannan kuljettaminen kauemmas levitettäväksi tai toimittaminen ravinnekierrätystukea saavaan biokaasulaitukseen).
- Indikaattori toimii sellaisten toimenpiteiden valitsemiselle, jotka nostaisivat alimpia fosforilukuja.

### **P-LUVUN HEIKKOUKSIA**

- Indikaattori reagoi melko hitaasti muutoksiin alemmilla fosforitasoilla. Tarvitaan useamman vuoden jakso, jotta indikaattori kannustaa alentamaan aidosti fosforitasoa.

### **MUUTA**

- Mittauksen suhteen pitää vakioda sekä lähtötaso, näytteiden ottajat että käytettävä(t) laboratoriot.
- Kerrostuneisuus olisi huomioitava jollain tavalla, esimerkiksi ottamalla näytteet koko muokaus-/kyntökerroksen syvyyden lisäksi myös 0–5 cm syvyydeltä.
- Lähtötaso voi olla korkeampi kuin mitä nykyiset mittaustulokset antavat ymmärtää. Viljelijällä on voinut historiassa ollut syitä ottaa näytteet valikoidusti lohkojen köyhemmiltä alueilta.
- Näytteiden otto ja seuranta tulee hoitaa joko kokonaan järjestelmän taholta, tai pitää luoda uskottavat tarkastukset ja väärin raportoinnin seuraamukset.
- Indikaattoriin on kytkettävä muita mittareita, jotta vältetään ei-toivottuja kehityssuuntia. Näitä voivat olla typpitase ja kiintoainekuormitus.
- Indikaattorin käyttö voi herättää kysymyksen siitä, onko reilua palkita menneisyyden liian korkeista lannoitustasoista. Tämä kysymys tulee tosin vastaan kaikissa tulosperusteisissa mittareissa. Tarkoitus on kohdentaa kannustimet sinne, missä niistä on eniten hyötyä. Tämä tarkoittaa kohteita, joissa haitta on lähtötilanteessa kaikkein suurin.

### 3.3 HALLINNON NÄKÖKULMIA P-LUKUUN

Hallinnon näkökulmasta esiselvityksessä tunnistettiin P-luvun käyttöön liittyen tarpeita tehdä tarkennuksia. Yleisesti ottaen tavoite ja mittari ovat kuitenkin kehityskelpoinen pari. Työssä tunnistettiin seuraavia ratkaistavia ydinkysymyksiä:

#### ***Kohdennetaanko ohjaus täsmällisesti vai laaja-alaisesti?***

On tärkeää kohdentaa ohjaus korkean P-luvun lohkoille sen sijaan, että matalia fosforitasoja pyrittäisiin laskemaan. Tilakohtaisia tietoja on kuitenkin käsiteltävä tietoturvallisesti ja varmistettava tiedon vastuullinen käyttö, jotta polarisoituneeseen keskusteluun ei päädy syötteitä yksittäisen viljelijän tai laajemmin elinkeinon syyllistämiseen.

Vain pienelle alalle kohdentamisessa voi olla myös ongelmia, sillä silloin ohjelma voidaan kokea palkitsemisena. Järjestelmässä palkittaisiin tiloja, joiden P-luvut mahdollistavat suurimmat tulokset ja näin ollen palkkiot. Ohjelmaa ei siis voi pitää laajojen alojen ympäristöohjelmien korvaajana vaan täydentäjänä.

#### ***Kenelle tuki maksetaan, kun pelto on vuokrattu, ostettu tai myyty?***

Vuokrapeltojen osuus käytettävissä olevasta maatalousmaasta on noin 38 prosenttia.<sup>22</sup> On päätettävä, osallistuuko järjestelmään vuokramaiden omistaja vai vuokralainen. Myyrän ym. (2005) mukaan vuokrapelloilla oli tyypillisesti hieman alempi P-luku kuin itse omistetuilla pelloilla. Ohjelmaa varten tulee selvittää, ovatko korkeimpien P-lukujen pellot tyypillisesti vuokrattuja vai omia. Peltokauppoja tapahtuu vuosittain. Ohjelmassa tulee selvittää etukäteen, miten toimitaan, jos ohjelmassa mukana oleva peltolohko vaihtaa omistajaa.

#### ***Mitkä ovat maksuperuste ja tuen taso?***

Maksuperuste voi olla osallistuvan lohkon keskimääräisen P-luvun lähtö- ja lopputilanteen erotus. Lähtötason luotettavaksi määrittämiseksi ohjelman järjestäjän tulee ottaa näyte ja teettää mittaukset. Vertailtavuuden vuoksi analyysit on teetettävä samassa laboratorioissa. Tuen tason valinta vaikuttaa siihen, miten houkuttelevaksi ohjelma koetaan. Tasoa voi yrittää arvioida oletettujen muutosten kustannuksilla, kuten lannan kuljettamisen tai viljelykasvin vaihtamisen kustannuksilla, mutta näistä on vaikea saada varmuutta. Jos tuen taso määritellään liian korkeaksi, ohjelman budjetti jää vajaaksi. Jos tuen taso asetetaan liian matalaksi, suosio on vähäistä ja rahaa jää yli.

Yksi esiin noussut mahdollisuus on tarjouskilpailu, jossa viljelijä tarjoaa P-luvun laskemista valitsemaansa korvausta vastaan. Tämä tulisi tehdä niin, että korvaus myönnetään alennettua P-luvun yksikköä kohden, jolloin viljelijän ei tarvitse tietää varmasti, minkälaiseen vähennystulokseen hän pääsee. Tässäkin tulee vastaan budjetin epävarmuus.

#### ***Mikä on maksutekniikka?***

Viljelijälle voidaan maksaa esimerkiksi kauden alussa korvaus, joka peritään takaisin, mikäli tavoitteita ei saavuteta. Vaihtoehtoisesti maanomistajalle voidaan maksaa palkkio vasta kauden lopussa tuloksen mukaan, tai käytetäänkö yhdistelmää näistä. On hyvä ottaa huomioon, että silloin kun tuotannon muutoksiin liittyy kiinteitä kustannuksia, jälkikäteen maksettava korvaus voi heikentää osallistumishalukkuutta.

Yksi mahdollisuus on laina, jonka takaisinmaksu on kytketty P-luvun laskuun. Fosforitason nousu vaikuttaisi vastaavasti lainan takaisinmaksuun.

<sup>22</sup> <https://www.luke.fi/fi/uutiset/vuonna-2023-peltomaa-oli-kalleinta-etelasuomessa>

Koska P-luvun kehittyminen on hidasta ja epävarmaa, on viljelijän motivoinnin kannalta tärkeää palkita fosforitason laskemisen lisäksi tehdyistä toimenpiteistä ja esimerkiksi maatalousneuvojan käyttämisestä viljelyn suunnitteluun. Pelkän toimenpiteen toteuttamisen lisäksi on kiinnitettävä huomiota myös toteutuksen laatuun. Näin toteutettuna kyseessä olisi hybridijärjestelmä, jossa viljelijä voisi olla varma toimenpiteisiin kohdistuvista korvauksista. Saavutukset P-luvun laskemisessa toisivat tulosperusteisen lisäkorvauksen. Myös hybridijärjestelmään voidaan sisällyttää tarjouskilpailun elementti: viljelijä voi itse ehdottaa, kuinka suureen lisäpalkkioon tyytyy alennettua P-lukuyksikköä kohden.

#### ***Haitan siirtyminen muualle tilan sisällä***

Järjestelmässä on varmistettava, ettei viljelijä voi valita yhtä lohkoistaan köyhdyttäväksi siten, että esimerkiksi ylimääräinen lanta siirretään levitettäväksi tilan toiselle lohkolle kasvattamaan sen fosforitasoa. Yksi mahdollisuus olisi edellyttää, että tilan muiden lohkojen P-luvut eivät saa kasvaa. Tällä taas olisi hallinnollisia kustannuksia: näytteitä jouduttaisiin ottamaan kaikilta tilan lohkoilta. Tilan ulkopuolelle siirtyvää lantaa tuskin voidaan valvoa, ja ylijäämäisen lannan levittäminen tilan ulkopuolelle onkin haluttava tavoite.

Tämä liittyy Do No Significant Harm -periaatteeseen, jonka mukaisesti tulee varmistaa, että P-luvun alentamiseen keskittymisestä ei aiheudu välillisesti muita ympäristöongelmia.

#### ***Tietoturva ja kytkös aiempaan ohjaukseen***

Kaikkiin järjestelmiin liittyvät tietoturvakysymykset pitää ottaa huomioon. Tämän indikaattorin suhteen pitää etukäteen päättää erityisesti, miten suhtaudutaan ympäristökorvausjärjestelmän puitteissa noudatettuihin, P-lukuihin sidottuihin lannoiterajoihin. Samoin on päätettävä, miten tämä suhtautuminen kommunikoidaan viljelijöille. On mahdollista, että viljelijä on aiemmin ottanut viljavuusnäytteitä valikoivasti siten, että arvot ovat todellista lohkon keskiarvoa alemmat. Uusi järjestelmä ottaisi itse maanäytteet lähtötason määrittämiseen. Siksi on päätettävä, miten silloin suhtaudutaan siihen, jos arvo on hyvin erilainen kuin se, jonka perusteella viljelijä on ohjannut fosforilannoitustaan.



### 3.4 MUITA MAHDOLLISIA VESISTÖKUORMITUKSEN MITTAREITA

#### KOTIELÄINTEN MÄÄRÄ HEHTAARILLA

**PERIMMÄINEN SYY** P-luvun nousuun on se, että fosforia annetaan pitkän aikavälin kuluessa lannoitteen tai lannan mukana enemmän kuin kasvit kykenevät hyödyntämään. Ilmiö on tyypillinen eläintiloilla, koska eläinten rehut korjataan tai ostetaan kauempaa kuin mihin niiden lanta levitetään, jolloin ravinteet kertyvät eläintilan pelloille.

Eläinmäärän pienentäminen vähentäisi myös ilmastopäästöjä mutta vain, mikäli toimenpide pienentäisi eläinten määrää globaalilla tasolla, eikä vähenemä yhdellä tilalla korvaantuisi kasvulla toisaalla. Jos kotieläinten määrä siirtyisi sellaisille eläintuotannon alueille, joissa hiilijalanjälki on alkuperäistä pienempi, ilmastopäästöt kokonaisuudessaan vähenisivät. Jos tuotanto siirtyisi alueille, joilla hiilijalanjälki on isompi, ilmastopäästöt kasvaisivat.

Eläinmäärä on viljelijän päätettävissä, joten sillä on kytkös sekä ympäristövaikutukseen että viljelijän valintoihin. Ympäristövaikutus on kuitenkin hyvin hidas, ja tulosperusteinen ohjaaminen käyttämällä P-lukua indikaattorina ajaa saman asian. On siis hyvä pohtia, onko fosforitasojen alentaminen eläinmäärän vähentämiseen ohjaamalla perusteltua.

Ohjauseleino ei ole mielekäs suurilla sika- ja siipikarjatililla, joilla eläimiä voi olla hyvin paljon ja omaa peltoalaa hyvin vähän. Yrittäjät tuskin tarttuvat tällaiseen kannustimeen.

Ohjaukseen saatettaisiin vastata raivaamalla uutta peltoa. Tällöin sekä ravinnehuuhtouma että ilmastopäästöt lisääntyisivät.

Tuotantoeläinten määrän vähentäminen globaalisti on melko laajasti jaettu tahtotila. Kotimaisen eläinmäärän vähentäminen on kiistanalaisempaa.

#### UUDEN-SEELANNIN MALLI SUOMEEN SOVELLETTUNA

**Uudessa-Seelannissa käytössä** oleva malli perustuu yksinkertaisimmallaan ominaiskuormituslukuihin, joita on jo saatavilla. Ongelmana on tukijoiden, hallinnon ja viljelijöiden yhteisesti hyväksymän mallipohjan luominen. Vaikka yksimielisyys löytyisi, ratkaisu olisi työläs toteuttaa.

#### REHEVÖITTÄVÄ EKVIVALENTTI

**Tilan rehevöittävä** ravinnekuormituksen määrä on mahdollista mallintaa noudattaen osittain Uuden-Seelannin esimerkkiä. Indikaattori laskettaisiin tyypin ja fosforin huuhtoumista asianmukaisia painokertoimia käyttäen.

#### METSIEN RAVINNEKUORMITUS

**Metsät ovat** merkittävä vesistöjen ravinnekuormituksen lähde. Metsistä aiheutuvaa kuormitusta osataan jo mallintaa, mutta tietopohja esimerkiksi eri toimenpiteiden vaikutuksista voi olla vielä ohutta. Tehokasta tulosperusteista järjestelmää on tälle pohjalle hankala rakentaa.

## 4

## Biodiversiteetti

**ERITYISESTI MONIMUOTOISUUDEN** tapauksessa mittarit ovat ehdollisia tavoitteen valinnalle. Rehevöitymisen torjunnassa toimenpiteet kohdistetaan rehevöittävien ravinteiden kuorituksen alentamiseen. Monimuotoisuudessa tavoite ei ole yksikäsitteinen. Monimuotoisuudella voidaan tarkoittaa luontotyyppien monimuotoisuutta, lajien monimuotoisuutta tai lajien sisäistä, geneettistä monimuotoisuutta. Näistä kunkin sisällä on laaja kirjo asioita, kuten lajeja ja luontotyyppisiä, joita politiikalla voidaan tavoitella. Näistä hyvin monelle on valmiita mittaustapoja. On kuitenkin huomattava, että mittaustavat ovat usein työvoimaintensiivisiä ja niiden kytkös maanomistajan toimintaan ei ole yhtä selvä kuin vaikka P-luvun tapauksessa.

Luonnon monimuotoisuuden suojelua kehystävät monet vakiintuneet kansalliset ja kansainväliset käytännöt, jotka tulee ottaa huomioon tavoitteita ja mittareita valmisteltaessa. Monimuotoisuuden suojelun tavoitteet on jo nyt sidottu erilaisiin mittareihin ja on tärkeää, että Suomessa mahdollisesti kehitettävät tulosperusteisuuden mittarit ovat linjassa kansainvälisten, jo vakiintuneiden mittarien kanssa. Myös luontotyyppien uhanalaisuusluokittelu ja niitä seuraava punainen kirja perustuvat vakiintuneisiin monimuotoisuuden seurannan mittareihin, ja kehitettävien tulosperusteisten mittarien tulee olla niiden kanssa yhteensopivia.

Metsien monimuotoisuuden suojelussa käytetään paljon ekologia indeksejä kuten jakuaindeksijä ja lajien määrän mittareita (Noss 1990). Näiden edellyttämää tiedonkeruuta voidaan yhdistää perinteisiin metsäinventointeihin (Corona et al. 2011). Esiselvitystä tehdessä rakennepiirteitä korostavia mittareita pidettiin sopivimpina tulosperusteisten järjestelmien pohjalle (katso myös Gao ym. 2014, Oettel ja Lapin 2021). Toisin sanoen mittareita tahdottiin saada lähemmäs metsänhoitoa ja maanomistajien valintoja. Ihmistoiminnan vaikutus rakennepiirteisiin kuten lehtipuiden osuuteen, lahopuiden määrään, suojavyöhykkeisiin sekä pienvesien ja purojen suojaisuuteen on helposti mitattavissa. Maanomistajan vaikutusmahdollisuudet rakennepiirteisiin omilla maillaan ovat vahvat ja niiden vaikutus monimuotoisuuteen on selkeä.

Lisäksi metsäympäristöillä on olemassa eräänlainen luonnollinen tila ja siihen kuuluvia luonnon piirteitä. Toisin sanoen vertailukohta on määriteltävissä. Myös ekologisen kompensaa-tion yhteydessä on kehitetty luontotyyppikohtaisia mittareita, jotka pureutuvat juuri näihin rakennepiirteisiin.<sup>23</sup> Samoin Euroopan Unionin ennallistamisasetus (erit. liitteet I, II ja VI) ja habitaattidirektiivi nojautuvat rakennepiirteisiin ja luontotyyppeihin.<sup>24</sup>

Maatalousympäristössä tilanne on toinen, koska maatalousmaisemassa ei ole varsinaista alkuperäistä tai luonnonmukaista tilaa. Maatalousympäristön monimuotoisuuteen on niin ikään kehitetty vakiintuneita mittareita. Näitä seurataan säännöllisesti kansallisella ja joidenkin mitta-rien tapauksessa alueellisella tasolla (kts. myös ennallistamisasetuksen liite IV).

Tarve maanomistajien väliselle yhteistyölle luo erityisen haasteen, kun halutaan synnyttää yhtenäisiä, monimuotoisuutta tehokkaasti tukevia suojelualueita (Keeley ym. 2018). Mittariston tulisi tunnistaa maanomistajien yhteistyössä saavuttamat vaikutukset monimuotoisuuteen (Pietsch 2018, Keeley ym. 2021). Toinen ilmeinen haaste on se, että monimuotoisuuden suojelu voi olla ristiriidassa esimerkiksi taloudellisten tavoitteiden kanssa.

<sup>23</sup> [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_/\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ ja\\_ kehittamishankkeet/Hankkeet/Ekologisen\\_ kompensaa-tion\\_ pilotointi](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_/_kehittaminen/Tutkimus_ ja_ kehittamishankkeet/Hankkeet/Ekologisen_ kompensaa-tion_ pilotointi)

<sup>24</sup> [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L\\_202401991](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401991), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:31992L0043>

Kaikki edellä mainittu alleviivaa sitä, että monimuotoisuuden suojelussa tulee ensin päättää tavoite, tavoitteen vaikutus muihin tavoiteltaviin asioihin sekä niiden suhde jo olemassa oleviin järjestelmiin ja sitoumuksiin. Tarkoitusta palvelevien mittarien valikointi tarjolla olevista on seuraava askel.

Ekologian näkökulmasta yksittäisten, eristettyjen suojelualueiden luominen ei ratkaise metsäluonnon pirstoutumista, ja maanomistajien yhteistyö olisi tärkeää luonnonsuojelutavoitteiden saavuttamiseksi. Euroopan Unionin 30 prosentin suojelutavoitteen saavuttaminen edellyttää tasapainoa talousmetsien ja suojelukohteiden välillä, ja tällöin tulosperusteisuuden mittarit tulisi kohdentaa tiettyyn prosenttiosuuteen alueista.

## **MALLINNUKSEN VÄLTÄMÄTÖNTÄ METSÄTALOUESSA PITKÄN AIKAJÄNTEEN VUOKSI**

**METSÄNHOIDON PITKIEN** kiertoaikojen vuoksi mallinnus on välttämätöntä ennakoimaan vuosikymmenten päästä syntyvää lahoppua ja monimuotoisuutta. Tulosperusteisuuden tulos syntyy tekemisen ja tekemättömyyden erotuksena. Jotta tulos voidaan identifoida, metsätaloudessa tulee ensin kyetä määrittelemään tulevaisuuden tilanne silloin, kun asioiden annetaan mennä normaalia rataansa. Tämä määrittelee perusuran. Ympäristövaikutusten huomioiminen esimerkiksi monimuotoisuutta vahvistamalla muuttaa kehityskulkuja, ja tulos on toteutuneen tilanteen ja perusuran erotus.

Tämä nostaa keskiöön taloudellisen mallinnuksen tarpeen. Metsänomistajan valintojen ymmärtäminen on edellytys muutosten ja sitä kautta tulosten määrittelemiselle. Taloudellinen mallinnus auttaa myös tunnistamaan päätöksentekomekanismeja, jotka saavat yhdessä paikassa saavutetut suojeluhyödyt mahdollisesti kumoutumaan toisille alueille aiheutuneiden ylimääräisten hakkuiden vuoksi. Samoin toimenpiteiden pysyvyys, joka on tärkeää ekologisten vaikutusten syntymisen kannalta, edellyttää maanomistajan taloudellisen toimintalogiikan ja -ympäristön ymmärtämistä.

## **4.1 MITTAREITA, INDIKAATTOREITA JA ESIMERKKEJÄ MEILTÄ JA MAAILMALTA**

**SUURIN OSA** maatalouteen sovelletuista tulosperusteisista mittareista kohdistuu luonnon monimuotoisuuden vahvistamiseen. Lajeja ja luontotyyppejä voidaan havaita kohtuullisen tarkasti ja kohtuullisin kustannuksin. Maanomistajalla on puolestaan hyvät mahdollisuudet vaikuttaa omalla toiminnallaan haluttujen luontotyyppien ylläpitoon omilla maillaan.

Luonnon monimuotoisuuden kolmesta ulottuvuudesta maanomistajalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa geneettiseen monimuotoisuuteen ainakaan lyhyellä aikavälillä, eikä tulosperusteisia kannustimia voi näin ollen kytkeä geneettisen monimuotoisuuden mittareihin.

Kun olemassa olevia ohjelmia katsotaan tarkemmin, huomataan, että varsin moni monimuotoisuuttakin tukeva tulosperusteinen ohjelma on hybridiluonteinen, eli se yhdistää tulos- ja toimenpideperusteisuutta (Herzon ym. 2017). Toisin sanoen ohjelma palkitsee ympäristövaikutukseen liittyvän tuloksen lisäksi myös perinteisten ohjauskeinojen tapaan itse toimenpiteiden toteuttamisesta.

Suomen Metso-ohjelmassa on vahvoja piirteitä tuen kohdentamisesta biodiversiteetin mukaisesti metsänomistajille.<sup>25</sup> On tulkinnanvaraista, kuinka paljon tulosperusteisuutta ohjelmassa halutaan nähdä. Pysyvän suojelun korvaus määräytyy kohteen luontotyyppin ja sillä olevan puuston lajin ja tilavuuden mukaan. Kyseessä on kuitenkin selkeästi myyntituottojen menetyksien kompensointi. Joka tapauksessa Metso-ohjelma on osoittanut vapaaehtoisen suojelun mahdollisuudet ja hyväksyttävyyden, kun kohteista maksettavat korvaukset ovat eri maanomistajille erilaisia (Koskela ja Karppinen 2021).

Biodiversiteetti-indikaattorien käyttö kansallisen ja EU-tason trendien seurantaan on rutiininaista. Euroopan Unionissa on 18 erilaista maatalousympäristön ja maankäytön ympäristönlaatuun liittyvää kansallisella tasolla (joissain tapauksissa NUTS2-3 tasoilla) seurattavaa

<sup>25</sup> <https://metsonpolku.fi/etusivu>

indikaattoria.<sup>26</sup> Näistä biodiversiteettiin suoraan kytkeytyviä ovat esimerkiksi lintupopulaatioindeksi C35 Farmland Birds Index ja HNV-indeksi C37 High nature value farming.

Lintupopulaatioindeksi mittaa sellaisten lintulajien populaatiokehitystä, jotka ovat riippuvaisia maatalousmaisemista, heijastellen täten maatalouskäytäntöjen vaikutusta luonnonvaraisiin eläimiin. HNV-indeksillä seurataan luonnon monimuotoisuutta tukevan maatalousmaan laajuutta, huomioiden erityisesti monimuotoiset niitty ja ei-intensiivisesti viljellyt peltomaat.

Seuraavaksi havainnollistetaan monimuotoisuuden mittareita tarkastelemalla tarkemmin Englannissa muutamassa eri kohteessa vuosina 2016–2018 toteutettua laajaa, maatalousympäristön monimuotoisuutta kuvaavaa tulosperusteista ohjelmaa (Chaplin ym. 2019).

## **ENGLANNIN BIODIVERSITEETTIPILOTTI**

**EUROOPAN KOMISSIO** rahoittamassa ja Natural Englandin ja Yorkshire Dalesin kansallispuiston viranomaisen tukemassa tulosperusteisessa pilotissa (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme, RBAPS) keskityttiin neljään biodiversiteettitavoitteeseen: lajirikkaisiin heinäniittyihin, pesivien kahlaajien elinympäristöön, lintujen talviruokintaan ja pölyttäjävaroihin. Hankkeeseen osallistui 34 viljelijää kahdelta maantieteelliseltä alueelta ja se kattoi 230 hehtaaria. Toinen alueista oli ylänköalueen pysyvää nurmea, toinen alempana sijaitsevia viljelyalueita.

Hankkeen tulokset ovat kokonaisuudessaan mielenkiintoisia. Vaikuttaa siltä, että indikaattorin lujempi kytkös viljelijöiden valintoihin korreloi järjestelmän ympäristövaikutusten kanssa. Toisin sanoen, mitä suoraviivaisempi yhteys, sitä tehokkaammin tulosperusteinen järjestelmä toimi. Tavanomaisiin järjestelmiin verrattuna hoidetut lintujen talviruokintapaikat olivat 43 prosenttia parempia kuin vertailupaikat, ja lajirikkaat niityt paranivat 24 prosenttia. Pesivien kahlaajien elinympäristöjen tulokset olivat paremmat kuin vertailualueilla.

Kannustinjärjestelmiin ei kuulunut minkäänlaista takuusummaa, vaan osallistujille maksettiin vain luotujen mittarien osoittamasta tuloksesta. Siksi on mielenkiintoista, että viljelijät olivat motivoituneita muuttamaan käytäntöjään ja useimmat heistä suhtautuivat myönteisesti tuloksiin perustuvan lähestymistavan joustavuuteen ja oikeudenmukaisuuteen. Koulutus ja vertaisoppiminen olivat avainasemassa, kun viljelijöitä autettiin ymmärtämään biologisen monimuotoisuuden tuloksia ja sitä, miten ne saavutetaan. Itsearviointi osoittautui vaikeaksi.

Pilotissa tavoiteltiin neljää vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen: niittyjen lajirikkauden lisäämistä, kahlaajien elinympäristöjen luomista, lintujen luontaisen talviruuan lisäämistä sekä pölyttäjien ravinnonsaannin (siitepöly ja mesi) parantamista. Nämä pisteytettiin erikseen. Pisteytyksen perusteena olleet indikaattorit ja pistemäärät käydään läpi seuraavissa kappaleissa. Osa-alueiden pisteet yhdistettiin melko monivaiheisesti lopulliseen pistemäärään ja siihen perustuviin korvaussummiin.

## **LINTUJEN TALVIRUOKA -INDIKAATTORI VILJELYALUEILLA**

Korvaus perustui indikaattoriin, jonka muodostumista varten arvioitiin neliömetrin koeruutu-kohtaiset raja-arvot seuraaville kasveille ja niiden osille:

<sup>26</sup> [https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DataPortal/context\\_indicators.html](https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DataPortal/context_indicators.html)

Kasvi	Sen osa ja raja-arvo
Ruisvehnä (risteytys), vehnä, kaura tai ohra	25 tähkää
Viljahirssi	4 tähkää
Kvinoa	2 siementävää kasvia
Rehuretiisi	1 siementävä kasvi
Auringonkukka	1 siementävä kasvi
Pellava	5 siementävää kasvia
Sinappi	2 siementävää kasvia
Ruistankio	5 siementävää kasvia
Kevätrapsi	1 siementävä kasvi
Tattari	4 siementävää kasvia

Taulukko 5. Lintujen talviruoka -indikaattorin kohdekasvien raja-arvot (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Arvio tehtiin kymmenen koeruudun otannasta. Mikäli taulukon raja-arvo saavutettiin kasvin osalta vähintään viidessä ruudussa, tämän kasvin katsottiin kasvavan peltolohkolla.

Korvaussummien laskemisessa käytettiin arviota kustannuksista, joita viljelijälle tulisi, mikäli hän aktiivisesti tuottaisi maksimimäärän läsnä olevia kasveja lohkolleen. Korvaustasot määriteltiin seuraavasti:

Kohdekasveja	Korvaussumma
5 tai enemmän	1011 €/ha
4	809 €/ha
3	606 €/ha
2	404 €/ha
1	202 €/ha
0	0

Taulukko 6. Lintujen talviruoka -indikaattorin korvaussummat (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

#### PÖLYTTÄJIEN RUOKA -INDIKAATTORI

Tässä indikaattorissa käytettiin samoja kohdekasveja kuin edellisessä, mutta indikaattorissa otettiin huomioon myös kukkivien kasvien kasvipeitteisyys. Kasvipeitteisyys arvioitiin toimijan oman arvion mukaan. Arvion tekeminen ohjeistettiin. Digitaalisen arvioinnin mahdollisuutta harkittiin, mutta sitä ei saatu toteutettua.

Korvaustasot muodostuivat seuraavalla tavalla:

Kohde kasveja	Kasvipeitteisyys pinta-alasta					
	0–49	50–59	60–69	70–79	80–89	90–100
5 tai enemmän	0 €/ha	508 €/ha	593 €/ha	677 €/ha	762 €/ha	846 €/ha
4	0 €/ha	424 €/ha	508 €/ha	593 €/ha	677 €/ha	762 €/ha
3	0 €/ha	338 €/ha	424 €/ha	508 €/ha	593 €/ha	677 €/ha
2	0 €/ha	254 €/ha	338 €/ha	424 €/ha	508 €/ha	593 €/ha
1	0 €/ha	169 €/ha	254 €/ha	338 €/ha	424 €/ha	508 €/ha
0	0 €/ha	0 €/ha	0 €/ha	0 €/ha	0 €/ha	0 €/ha

Taulukko 7. Pölyttäjien ruoka -indikaattorin korvaustasot (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Indikaattorit olivat hieman erilaisia Wensleydalen laidunalueilla. Perustaso on erilainen ja ympäristölliset tavoitteet on sovitettu niiden mukaan. Tavoitteiden, seurattavien tulosten ja käytettävien indikaattorien luominen seurasi Euroopan komissiolle vuonna 2014 tuotettua tulosperusteisten järjestelmien käsikirjaa Results Based Payments for Biodiversity Handbook (Keenleyside ym. 2014).

#### KAHLAAJIEN LUONTOTYYPI -INDIKAATTORI LAIDUNALUEILLA

Pesivät kahlaajalajit tarvitsevat hyviä elinympäristöjä ruokailuun, pesimiseen ja poikasten kasvattamiseen. Maanomistaja voi vaikuttaa näihin ominaisuuksiin kohtuullisen paljon. Kahlaaja-populaatioihin vaikuttavat monet muutkin tekijät, kuten elinympäristöjen pirstoutuminen. Nämä ovat kuitenkin tyyppillisesti maanomistajan ulottumattomissa paitsi hyvin suurten maanomistajien, kuten valtioiden tai muun julkisen sektorin tapauksessa.

Ominaisuudet, joita pidetään tärkeinä hyvälle kahlaajien pesimäympäristölle, vaihtelevat lajeittain ja mittakaavoittain. Kahlaajat siirtävät poikasiaan laajoilla alueilla, joten elinympäristövaatimukset ulottuvat myös laajalle alueelle. Alueiden tulisi olla avoimia, peltojen suurelta osin tasaisia ja niissä tulisi olla paikallisesti kosteita alueita. Pensasmaista kasvillisuutta tulisi olla jonkin verran ja kasvillisuuden korkeuden tulisi vaihdella.

Indikaattorit laadittiin näiden elinympäristövaatimusten pohjalle. Tulosperusteinen korvaus määräytyy useammasta yksittäisestä indikaattorista. Ensimmäinen kuvaa kasvuston korkeutta ja vaihtelevuutta:

Kriteeri	Pistemäärä
25–75 % kasvustosta on lyhyttä, muuten vaihtelevan korkuista. Ruohotuppaita runsaasti ja tasaisesti levinneenä	10
Yli 75 % kasvustosta pitkä. Lyhyen ruohon alueita vain eristyneissä paikoissa. Ruohotuppaita ei erotu korkean kasvillisuuden seasta.	5
Yli 75 % kasvustosta lyhyttä. Ruohotuppaita vähän tai ei ollenkaan.	5
Tasamittaista kasvustoa (lyhyttä tai pitkä), ei vaihtelua	1

Taulukko 8. Kahlaajien luontotyyppien kasvuston korkeuden indikaattori (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Lyhyellä tarkoitetaan tässä alle 5 senttimetrin mittaista, pitkällä yli 15 senttimetrin mittaista kasvustoa.

Toinen kriteeri liittyy sinivihvilän (*Juncus inflexus*) ja röyhyvihvilän (*Juncus effusus*) esiintymiseen. Niistä on korkeina kasveina hyötyä kahlaajille, mutta liian runsaina ne vähentävät ruokailulle tärkeitä, matalan kasvuston alueita. Tämä otetaan indeksissä huomioon seuraavasti:

Kriteeri	Pistemäärä
Sinivihvilän ja röyhyvihvilän peittävyys 10–30 % tasaisesti levittäytyneenä kuitenkin niin, että paikoin kasvusta tiheämpää.	10
Harva kasvusto, peittävyys 5–10 %.	5
Peittävyys yli 30 %, laajoja tiheän ja korkean kasvuston alueita.	5
Alle 5 % peittävyys.	1

Taulukko 9. Kahden erityisen kohdekasvin esiintyvyyden pisteytys kahlaajien elinympäristöt -indikaattorissa (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Kolmas kriteeri huomioi maaperän kosteiden alueiden esiintymisen. Luonnontieteellinen ymmärrys optimaalisesta kosteiden alueiden määrästä ja tyypistä ei kriteerin laatijoiden mukaan ollut täysin yksiselitteistä. Tämä vaikuttaa ohjauskeinon ympäristölliseen tehoon kokonaisuudessaan, sillä ei olla varmoja, minkälaisen ekologisen vasteen toivottu ympäristön muutos aiheuttaa. Viljelijälle pääasia on, että hän voi omalla toiminnallaan vaikuttaa indikaattorin arvoon mahdollisimman tarkasti. Kosteita alueita arvioitiin kahdella erillisellä kriteerillä, joista toinen keskittyi määrään, toinen laatuun. Määrällinen kriteeri oli seuraava:

Kriteeri	Pistemäärä
Maa on kauttaaltaan kostea ja siinä esiintyy tasaisesti märkiä pienempiä alueita.	10
Alle 10 % alueesta on kosteaa, esimerkiksi lähteiden lähellä. Muuten kuivaa.	5
Vähän tai ei ollenkaan kosteita alueita.	1

Taulukko 10. Maan kosteuden pisteytystaulukko Kahlaajien elinympäristö -indikaattorissa (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Laadullinen kriteeri oli seuraava:

Kriteeri	Pistemäärä
Märät alueet koostuvat matalista lätäköistä ja kostean maan kasveista, lätäköiden reunat ovat loivia ja niissä on vähemmän kuin 25 % korkeaa kasvustoa.	10
Alueella on märkiä alueita, mutta ne eivät täytä yllä olevia kriteerejä.	5
Märkien alueiden reunat ovat jyrkkiä, tiheän ja korkea kasvuston peittämiä ja siksi kahlaajille hankalasti saavutettavia.	1

Taulukko 11. Maan kosteuden laadullisten piirteiden pisteytystaulukko Kahlaajien elinympäristö -indikaattorissa.

Kokonaistulokseen vaikutti myös tiettyjen haittaa aiheuttavien toimintojen esiintyminen. Nämä saattoivat viedä muuten saadusta pistemäärästä huolimatta korvausoikeuden jopa kokonaan, mikäli haittaa aiheuttavaa toimintaa esiintyi yli 25 % alueesta. Jos sitä esiintyi 10 – 25 % alueesta, se vaikutti pistemäärään (ja korvaustasoon) laskevasti. Haittaa aiheuttaviin toimintoihin kuului:

- Koneiden aiheuttama haitta kasvustolle ja maaperälle
- Lisäruokinnasta (erit. talvella) aiheutunut näkyvä haitta
- Eläinten tallomalla aiheuttama haitta kasvustolle ja maaperälle
- Torjunta-aineiden aiheuttama haitta kasvustolle
- Uusien salaojien asentaminen

Lopullinen tulosperusteinen maksatus perustui pistemäärään, jossa laskettiin yllä olevien taulukon mukaisesti saadut pisteet ja vähennettiin näistä haittapisteet seuraavasti:

Kriteeri	Vähennettävä pistemäärä
Haittaa 10–25 % alueesta.	–20
Haittaa 5–10 % alueesta.	–10
Haittaa alle 5 % alueesta.	0

Taulukko 12. Indeksien vähennyspisteet Kahlaajien elinympäristö -indikaattorissa (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Jos haittaa oli yli 25 % alasta, hakija ei ollut oikeutettu korvaukseen.

Lopullinen pistemäärä kytkeytyi korvaustasoon seuraavasti:

Pistemäärä	< 9	10–19	20–29	30–39	40
Korvaus	42 €/ha	83 €/ha	125 €/ha	167 €/ha	209 €/ha

Taulukko 13. Kahlaajien elinympäristö -indikaattorin ja hehtaarikohtaisten korvaustasojen yhteys (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

#### NIITTYJEN LAJIRIKKAUS -INDIKAATTORI LAIDUNALUEILLA

Pilottiohjelman neljäs ympäristötavoite, niittyjen lajirikkaus, pyrittiin saavuttamaan laidunalueilla. Ideaalielinympäristön kriteerit noudattivat Natural Englandin “Common Standards Monitoring for lowland grassland” ohjeistusta (NE, 2013), kasviyhteisöjen standardoituja kuvauksia (Rodwell ym. 1992) ja Ison Britannian terrestriaalisen monimuotoisuuden seurantaohjeistusta.

Ideaaliniityillä tuli olla:

- Runsaasti erilaisia kukkivia kasveja
- Kukkivien kasvien ja ruohojen suhde yli 50:50
- Kasvit voivat kukkia ja siementää vuosittain
- Kasvustorakenne vaihteleva
- Lämpimien tai karjan laidunnusta
- Nurmisato korjataan vuosittain
- Rikkakasveja vähän tai ei ollenkaan, mikään tietty ruoho ei dominoi kasvustoa
- Ei paljasta maaperää
- Maaperän fosfori- ja kaliumpitoisuus alhainen



Lajirikkaus muunnettiin indikaattoriarvoksi luomalla 42 lajin lista. Yhdistämisellä pyrittiin välttämään sekaannuksia, sillä maanomistajat arvioivat itse lajien esiintymisen. Mukana oli myös lajeja, joista sai negatiivisia pisteitä.

Arviointi tehtiin otospohjaisesti laskemalla kaikki listalta löytyneet kasvit. Nämä muutettiin pisteiksi kertomalla kunkin kasvilajin pistekerroin sillä, kuinka monessa otoksessa kyseisen lajin kasvia havaittiin (yksi tai useampi kasvi).

Esimerkiksi, jos havaintoja tehtäessä huopaohdakea havaittiin kymmenestä otoksesta kolmessa (esimerkiksi yksi, yksi ja neljä kasvia), havaintomäärä oli kolme. Oheisen taulukon mukaisesti kasvilaji sai korkeimman pistekertoimen (4) ja sen tuoma kokonaispistemäärä tälle maanomistajalle oli 12 pistettä. Lajikohtaiset pistekertoimet määräytyivät seuraavan taulukon mukaan:

Kasvilaji	Pistekerroin
Hyvin harvinaiset lajit, kuten huopaohdake ja ruusukasveihin kuuluva <i>Acaena magellanica</i> .	+4
Lajit, joita löydetään vain ekologisesti parempilaatusilta niityiltä, kuten törmäkukat ja pukinjuuri.	+3
Tyypilliset niitylajit, kuten sakaramaitiaiset, angervot ja tuoksusimake.	+2
Ei-toivottavat lajit, kuten koiranputki.	-1
Ei-toivottavat lajit, kuten pelto-ohdake	-2

Taulukko 14. Niittyjen lajirikkaus -indikaattorin pistekertoimet (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Hehtaarikohtaiset, tulosperusteiset korvaussummat määriteltiin seuraavan taulukon mukaan:

Kokonaispistemäärä	Korvaus
40–79	134 €/ha
80–119	223 €/ha
120–159	312 €/ha
160–199	401 €/ha
>200	445 €/ha

Taulukko 15. Niittyjen lajirikkaus -indikaattorin hehtaarikohtaiset korvaustasot (Results-Based Agri-Environment Pilot Scheme).

Englannin kattava ja hyvin raportoitu pilottiohjelma osoittaa, että tulosperusteisista järjestelmistä on mahdollista tehdä ekologisesti verrokkejaan tehokkaampia ja käyttäjien hyväksymiä. Se myös osoittaa ympäristötavoitteiden konkreettisten mittarien haasteet biodiversiteetin tapauksessa. Suoraan tiettyihin luontotyyppisiin kytkeytyvät mittarit ovat helpommin luotavissa kuin lajikirjoon liittyvät. Lajien seuranta vaatii ihmistyötä. Toisaalta näin on joka tapauksessa, riippumatta ympäristöohjauksen työkaluista. Jos halutaan tarkasti tiettyjä tavoitteita, näiden mittaamiseen tulee olla valmis. Muuten tuloksia voi saada vain sattumalta.

## 4.2 PIENVESIEN SUOJAVYÖHYKKEET

**ESISELVITYKSESSÄ MONIMUOTOISUUDEN** mahdollisista tulosperusteisen järjestelmän kohteista valikoitui tarkemmin tarkasteltavaksi erityisesti metsäalueille tarkoitettu pienvesien suojavyöhykkeet -indikaattori. Suojavyöhykkeet ovat arvokasta elinympäristöä ympäröiviä puustoisia alueita. Ne ovat erityisen tärkeitä kosteiden elinympäristöjen, kuten pienvesien, lähteiden ja korprien, suojelemisessa. Ne suojaavat monimuotoisuutta ja vähentävät vesistökuormitusta sitomalla ravinteita ja maa-ainesta sekä tasoittavat veden lämpötilavaihteluita. Suojavyöhykkeet myös pienentävät rantojen eroosioriskiä ja toimivat tulvasuojina, täydentävät suojelualueverkostoja, ylläpitävät erityistä pienilmastoa, tarjoavat elinympäristöjä monille maa- ja vesieläimille sekä toimivat lajien leviämisreitteinä ja kalojen lisääntymisalueina.

Suomessa on runsaasti pienvesiä: puroja ja noroja on arviolta 100 000 kilometriä ja lähteitä 200 000 kappaletta. Purot ja norot ovat ensisijaisia elinympäristöjä 282 punaisessa kirjassa arvioiduille lajille (Hyvärinen ym. 2019). Näistä uhanalaisia ja silmälläpidettäviä on yhteensä 48 lajia.<sup>27</sup> Lähteiköt ovat ensisijaisia elinympäristöjä 187 lajille, joista uhanalaisia ja silmälläpidettäviä yhteensä 70 lajia.<sup>28</sup>

Suojavyöhykkeisiin kohdistuu lainsäädännöllisiä ja vapaaehtoisia suojelumekanismia. Metsälaki ja PEFC-sertifikaatti sallivat poimintahakkuut suojavyöhykkeellä. PEFC edellyttää perattujen purojen varsille vain hyvin kapeita, viiden metrin suojavyöhykkeitä, joilta runkopuut saa poistaa. FSC-sertifikaatti edellyttää tiukempaa suojelua: 20 metrin suojavyöhyke on jätettävä kokonaan metsänhoidon ulkopuolelle ja sen lisäksi on jätettävä 10 metriä leveä, peitteisenä hoidettava vyöhyke. Puustoltaan erirakenteisen ja lahoppuustaisen reunametsän suojavyöhykkeen tulee olla 30 metriä leveä. FSC:n piiriin kuuluu noin 10 % Suomen metsien pinta-alasta. Muilla alueilla ongelmina ovat vyöhykkeiden kapeus ja monimuotoisuuden kannalta tärkeän jatkuvuuden katkeaminen.

Tulosperusteisella järjestelmällä voi olla mahdollista lisätä vesistöjen varsien suojavyöhykkeiden yhtenäisyyttä ja monimuotoisuushyötyjä. Vapaaehtoisten sertifikaattien ja julkisen vallan ylläpitämisen järjestelmän hallinnolliset päällekkäisyydet tulosperusteisen järjestelmän kanssa tulisi kuitenkin selvittää. Sertifikaateista voi halutessaan poistua, jolloin suojavyöhykkeet eivät ole pysyviä. Parhaimmillaan tulosperusteinen järjestelmä voisi luoda kannustimen säilyttää tiettyjä rakenteellisia piirteitä tällaisissa tapauksissa. Vastaavasti tulosperusteinen järjestelmä voisi kannustaa vierekkäisiä metsänomistajia perustamaan suojavyöhykkeitä, joista palkittaisiin esimerkiksi leveyden, lehtipuuvaltaisuuden, lahoppuiden määrän ja löytyvien lajien perusteella. Tällöin saatettaisiin saavuttaa joustavampia tiukan suojelun ja sitä tukevien tulosperusteisesti ohjattujen alueiden kokonaisuuksia.

### EHDOTUS INDIKAATTORIKSI

**TULOSPERUSTEISEN JÄRJESTELMÄN** korvauksen perusteena voisi toimia portaittain indikaattori, jonka ensimmäinen askel olisi pienvesien kaukokartoittaminen, jolla todennettaisiin suojavyöhykkeen leveys, lehtipuuvaltaisuus ja kytketyneisyys toisiin suojavyöhykkeisiin. Toinen askel olisi mahdollisten mallien käyttäminen ja maastokäynnit, joilla selvitetäisiin lahoppuiden määrä ja vyöhykkeeltä löytyvät uhanalaiset ja silmälläpidettävät lajit.

### PIENVESIEN PAIKANTAMINEN

Pienvesien paikantaminen, niillä (mahdollisesti) sijaitsevat suojavyöhykkeet ja niiden leveydet ja puuston koostumukset voitaisiin toteuttaa kaukokartoituksena. Kaukokartoituksin tehtävissä osioissa esimerkkinä voi toimia Metsähallituksen Ylä-Lapin luonnon kaukokartoitusprojekti.<sup>29</sup> Sen tavoitteena oli päivittää 2,8 miljoonan hehtaarin alueen 1990-luvulla kerätty biotooppitieto satelliitti- ja laserkeilausaineistoja hyödyntäen. Suomen ympäristökeskus (SYKE) kehitti projektin yhteydessä uusia kaukokartoitusmenetelmiä luontotyyppien seurantaan. Kaukokartoitusta

<sup>27</sup> putkilokasveja 2, sammalia 15, jäkäliä 1, leviä 2, sieniä 4, selkärangattomia 23 ja nisäkkäitä 1

<sup>28</sup> putkilokasveja 7, sammalia 14, sieniä 1 ja selkärangattomia 48

<sup>29</sup> <https://www.metsa.fi/projekti/yla-lapin-kaukokartoitus/>

täydennettiin maastokartoituksilla. Ylä-Lapin kartoituksessa käytettiin Euroopan unionin Copernicus-ohjelman Sentinel-1 ja Sentinel-2 satelliitteja, Copernicus-ohjelman eri kaukokartoituksatelliiteista keräämiä Very High Resolution (VHR) -kuvia sekä Maanmittauslaitoksen ilmakuvia ja laserkeilausaineistoja.<sup>30</sup> Lisäksi käytettiin Metsähallituksen suojelualueiden kuviotietojärjestelmän biotooppikuviotietoja.

SYKE on kartoittanut arvokkaat pienvedet 1990-luvulla.<sup>31</sup> Kartoitus tulisi tarkentaa ja täydentää. Ylä-Lapin päivivitysoppeja voisi käyttää hyödyksi tulosperusteisen indeksin kehittämisessä. Järjestelmä tulisi rakentaa siten, että indikaattori reagoisi myös poimintahakkuisiin suoja-työhykkeellä. Se siis palkitsisi siitä, että poimintahakkuita ei tehdä. Toisaalta sen tulisi reagoida erityisen voimakkaasti, mikäli poimintahakkuit kohdistuisivat lehtipuustoon, lahoppuustoon tai vanhoihin puihin. Lehti- ja lahoppuustolla sekä vanhoilla puilla on merkittävä rooli metsälajiston monimuotoisuudelle. Vesistöjen suoja-työhykkeet tukevat vesiliöstöä pidättämällä orgaanista ainesta, tarjoamalla elinympäristöjä ja ylläpitämällä hyönteisravintoa kaloille. Indikaattorin tulisi siis palkita siitä, että purouomiin on jätetty kaatuneita puita. Olisi selvitettävä, missä määrin purouomiin kaatuneiden puiden määrää voidaan seurata kaukokartoitusmenetelmin.

Haastavaa tällaisen järjestelmän kehittämisessä on kytkeytyneisyyden huomioiminen. Ekologisesti tämä olisi erittäin tärkeää. Tämä tarkoittaisi sitä, että maanomistajan saama indikaattorin arvo olisi riippuvainen myös siitä, minkälaiset pienvesien suoja-työhykkeet naapurien mailla on. Muun muassa Parkhurst ym. (2002) esittävät, miten tällainen ryhmäkannustin voitaisiin kytkeä biodiversiteetin suojeluun. Haasteena on se, että indeksin suuruus ei ole enää yhden maanomistajan käsissä. Toisaalta ekologisen vaikuttavuuden lisäämiseksi maanomistajien välistä yhteistyötä olisi joka tapauksessa voimistettava. Tulosperusteisen järjestelmän ekologinen aluebonus voisi toimia tällaisen yhteistyön kannustimena.

#### SUOJAVYÖHYKKEEN MONIMUOTOISUUDEN ARVIOINTI

Yllä olevat tiedot voidaan tuottaa pääosin kaukokartoitusmenetelmin, tosin purouomissa olevan puuston määrän arviointi saataisi vaatia kohdekäyntiä. Monimuotoisuuden arviointiin voitaisiin käyttää tarkempaa paikkatietoaineistoa, joiden avulla kullekin suoja-työhykkeelle luodaan oma optimaalinen rakennetyypittely, jonka lähestymisestä maanomistajaa palkitaan.

GIS-SUS-hankkeessa tarkasteltiin tällaista lähestymistapaa (Annala ym. 2022). Siinä kehitettyjä menetelmiä voitaisiin melko suoraan soveltaa tulosperusteisten mallien indikaattorin komponenteiksi. Hankkeessa käytettiin topografista kosteusindeksiä (DTW), joka korreloi tiettyjen kasvilajien esiintymisyleisyyden kanssa. Indeksi kuvaa maanpinnan ja pohjaveden pinnan korkeuseroa, mikä puolestaan ilmenee maan suhteellisena kosteutena. Tämän lisäksi hankkeessa tarkasteltiin RUSLE-mallin avulla maaperän eroosioriskiä ja kiintoaineksen pidättäytymistä.

Viimeisessä vaiheessa tulisi huomioida kunkin kohteen monimuotoisuuden kannalta hienopiirteisemmät tekijät, kuten esimerkiksi punaisen kirjan uhanalaiseksi tai silmälläpidettäviksi luetellut lajit. Tyypillisesti monimuotoisuutta tukevissa tulosperusteisissa järjestelmissä uhanalaisia lajeja ryhmitellään ja pisteytetään siten, että joidenkin avainlajien löytyminen tuottaa maanomistajalle pisteitä. Kartoitus voi perustua asiantuntijakäynteihin, tai maanomistajien omiin, opastettuihin käynteihin, kuten Irlannin jokihelmisimpukkaohjelmassa ja Englannin biodiversiteettipilotissa.

Indikaattorin kehittämisessä saattaisi olla hyödyllistä tutkia tarkemmin Ruotsissa kehitettyä ekologisen kompensaation kokeilujärjestelmää. Sen puitteissa suoritettiin vuonna 2023 ensimmäinen kauppa, jossa Swedbank osti Orsa Besparningsskogilta verifioitujan biodiversiteettiyksiköitä.<sup>32</sup> Niiden laskeminen perustui Sveriges lantbruksuniversitetin (SLU) kehittämään menetelmään, jossa on sekä toimenpiteistä että tuloksista palkitsevia osia. Nuutila (2023) on tarkastellut Ruotsissa käytetyn indikaattorin komponentteja. Pisteytyksen parametreina toimivat lahoppuun määrä, alueella olevien ekologisesti arvokkaiden puiden lukumäärä, puulajien runsaus, uhanalaisten ja muiden nimettyjen indikaattorilajien löytyminen sekä maaperän ja

<sup>30</sup> <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/copernicus>

<sup>31</sup> <https://can.ymparisto.fi/dataset/arvokkaat-pienvedet-1990-luku>

<sup>32</sup> <https://www.swedbank.com/sustainability/environment/biodiversity.html>

pohjakaasvillisuuden laatuluokitus. Näiden perusteella ala pisteytetään ja jaetaan luokkiin biodiversiteetti-arvon mukaan.

Puuston latvuston ominaisuuksia, kuten lehtipuuvaltaisuutta, voidaan tarkastella kaukokartoitusmenetelmin. Majasalmi ja Rautiainen (2020) osoittavat näiden ominaisuuksien korreloivan aluskasvuston monimuotoisuuden kanssa.

Lahopuun määrä heijastelee metsän luonnonmukaisuutta ja monimuotoisuutta (Kuuluvainen 2002). Kunttu ym. (2015) arvioi lahopuun määrää pinta-alayksikköä kohti eri indikaattorein ja vertailee näitä. Indikaattoreina ovat lahopuun tilavuus, monimuotoisuus, kantojen lukumäärä, joka kertoo aiemmista hakkuista ja korreloi siis negatiivisesti luonnonmukaisuuden kanssa, kelojen lukumäärä sekä lahopuun ikä- ja määräjakauma. Viimeisin kertoo, miten hyvin ja tasaisesti lahopuuta on päässyt muodostumaan aikojen saatossa. Sen katsotaan korreloivan paremmin vallitsevan lajien monimuotoisuuden kanssa kuin pelkästään tällä hetkellä havaittava lahopuun määrä (Sverdrup-Thygeson ja Lindenmayer 2003). Metsän luonnonmukaisuus näyttäytyi Kuntun ym. (2015) tutkimuksessa hieman erilaiselta, valitusta mittarista riippuen. Lahopuun tilavuus oli parhaiten linjassa muiden mittarien kanssa. Tulosperusteisiin järjestelmiin sen soveltuvuutta heikentää se, että sen mittaaminen oli työlästä.

Jutras-Perreault ym. (2023) tutkivat LiDAR-mittausten ja optisten kuvantamismenetelmien soveltuvuutta lahopuun määrien kaukokartoitukseen Norjassa.<sup>33</sup>

#### **PIENVESI-INDIKAATTORIN VAHVUUDET**

- Vaiheittainen lähestymistapa kaukokartoituksesta kohti hienojakoisempaa arviointia säästää kustannuksia ja auttaa keskittymään monimuotoisuuden kannalta tärkeille alueille. Se mahdollistaa myös indikaattorin tarkkuuden valitsemisen. Tarkkuus voidaan jättää kaukokartoitustasolle, jos hyväksytään ekologisissa vaikutuksissa tietty epävarmuus.
- Indikaattori voi ottaa huomioon yksityiskohtaisia, kansallisella tasolla vakiintuneita luontoarvojen indikaattoreita (punaisen kirjan lajit), mikäli se viedään hienojakoiselle tasolle.
- Indikaattori yhdistää terrestriaalisen ja akvaattisen monimuotoisuuden.

#### **PIENVESI-INDIKAATTORIN HEIKKOUEDET**

- Indikaattoriin on vaikea kytkeä taloudellisen päätöksenteon kannalta tärkeitä asioita. Metsään kohdistuvan ohjauksen on otettava taloudellinen käyttäytyminen jotenkin huomioon. Järjestelmän pitäisi tuottaa lisäyksellisiä ympäristöhyötyjä. Miten metsänhoidon perusura määritellään? Heikkenevätkö luontoarvot ehkä toisaalla?
- Mikäli indikaattoriin sisällytetään hienojakoisempia piirteitä, tavoiteltavat vaikutukset voivat irtikytkeytyä maanomistajan päätöksenteosta. Maanomistaja ei voi tai hänen ei voida olettaa osaavan toimillaan tuoda uhanalaisia lajeja varmasti puronvarteensa, vaikka muuttaisikin sen rakenteellisilta piirteiltään ideaaliksi.
- Maanomistajan valintojen ja mitattavan vaikutuksen välinen ajallinen viive voi olla hyvin pitkä.

#### **MUUTA**

- Kyseeseen tulisi todennäköisesti hybridijärjestelmä, jossa maksettaisiin sekä tuloksesta että toimenpiteistä.
- Indikaattorin tarkempi kehittäminen edellyttäisi monimuotoisuustavoitteen tarkempaa määrittelyä.

<sup>33</sup> LiDAR-mittauksessa (Light Detection and Ranging) muodostetaan mitattavasta kohteesta heijastuvan laserin avulla siitä hyvin tarkka kolmiulotteinen kuva.

### 4.3 HALLINNON NÄKÖKULMIA PIENVESIEN SUOJAVYÖHYKKEISIIN

Hallinnon näkökulmasta pienvesien suojavyöhykkeille perustuva tulosperusteinen järjestelmä on kehityskelpoinen, tosin varauksin ja tietotarpein. Esiselvitystä tehdessä nousi esiin, että Metsäkeskuksella on jo hyvät edellytykset tuottaa tietoa pienvesien reunaan jätetyistä suojakaistoista kaukokartoituksen avulla. Kaukokartoitukseen perustuva tieto on valtakunnallisesti kattavaa ja suojakaistojen olemassaolo ja leveys on mahdollista todentaa.

Lajitieto puolestaan ei ole tällä hetkellä helposti saatavilla ja sen laatu on heikko, mikä heikentää mahdollisuuksia ottaa huomioon monimuotoisuuden kannalta keskeiset lajit, kuten raakut tai lohikalat.

Koska pienvesiä on niin paljon, on tärkeää kohdentaa tuki alueellisesti esimerkiksi tietyn uhanalaisen lajin esiintymisen perusteella tai muulla tavalla. Tukeen voitaisiin maksaa bonusta silloin, kun suojavyöhyke on pidempi, ulottuu useamman maanomistajan alueelle tai on monimuotoisuudeltaan laadukkaampi. Kohteen laadulle voitaisiin luoda määritelmät tavoiteltavista rakennepiirteistä ja lajeista.

Seuraavat kysymykset nousivat esiselvityksessä keskiöön suojavyöhykkeisiin sovellettavien tulosperusteisten mallien yhteydessä.

#### ***Miten painotetaan suojavyöhykkeen pituutta vs. kohteen ja vyöhykkeen laatua?***

Tämä kysymys on aina keskeinen monimuotoisuuden suojelussa, kun tavoite on yksittäistä lajia tai luontotyyppiä laajempi. On päätettävä, mitä kaikkia asioita tavoitellaan ja miten eri tavoitteita painotetaan. Lisäksi on valittava, miten tavoite kohdistuu monimuotoisuuden eri tasoihin ja miten laajaan vaikutukseen eri tasoilla pyritään.

Valinta tulee tehdä yhtä aikaa tavoitteen määrittämisen kanssa hyödyntäen ekologista tietoa suojavyöhykkeen pituuden, leveyden ja laadun monimuotoisuusvaikutuksista. Vesistökuormituksen esimerkkitaapauksessa tavoite oli rehevöittävän fosforikuormituksen vähentäminen. P-luvun toimivuutta mittarina voidaan arvioida objektiivisesti siitä näkökulmasta, kuinka hyvin sen taso heijastelee rehevöittävää fosforikuormitusta, ja kuinka hyvin sen taso on viljelijöiden valittavissa. Suojavyöhykkeen tapauksessa mittaria ei voida arvioida objektiivisesti ennen subjektiivista tavoitteen valintaa.

#### ***Mikä on maanomistajan kanssa tehtävän sopimuksen kesto vs. metsänkäsittelyn sykli? (Uusitaanko sopimus aina hakkuiden yhteydessä?)***

Metsien käyttöön liittyvien järjestelmien tulee huomioida päätöksenteon pitkät aikasyklit. Esimerkiksi metsänomistaja, joka ei ole suunnitellut hakkuita tehtäväksi seuraavaan 15 vuoteen, voisi tarjota rantavyöhykkeitään suojelujärjestelmän piiriin täksi ajaksi ja saada suojavyöhykkeelle kehittyvästä monimuotoisuudesta tulosperusteista tukea. Tämä ei kuitenkaan tuottaisi lisäyksellistä monimuotoisuutta. Suojavyöhykkeen puustoon ei olisi koskettu ilman järjestelmääkään.

Järjestelmässä tulisi voida erottaa kaksi asiaa: suojavyöhykkeen jättäminen hakkaamatta ja kehittyvän suojavyöhykkeen monimuotoisuuden tukeminen. Ensimmäinen tavoite edellyttää jälleen taloudellisten päätöksenteon huomioimista. Metsänkäsittelyn perusura tulisi määritellä, jotta tiedettäisiin oletusarvoinen hakkuuajankohta ja -tyyli. Tulosperusteisilla järjestelmillä kiertoaikaa voitaisiin joko pidentää, tai suojavyöhykkeet voitaisiin suojella kokonaan. Pidentämisen ekologisia hyötyjä tulisi tarkastella ja verrata perusuraan ja toisaalta täyteen suojeluun.

Olemassa olevan suojavyyhykkeen monimuotoisuuden tukeminen kiertoaikoihin puuttumatta voisi olla toinen järjestelmässä tuettava asia.

***Onko lahopuun määrä tunnistettava maastossa vai voidaanko se mallintaa?***

Ehdotettu lähestymistapa on vaiheittainen. Tiettyyn pisteeseen asti kohteita voidaan löytää ja analysoida kaukokartoitusmenetelmin. Mitä tarkemmin mennään tietyn suojavyyhykkeen monimuotoisuuspiirteisiin, sitä vaikeampi kaukokartoitusta on hyödyntää. Lahopuun määrä on indikaattorina hyvä, koska maanomistajalla on mahdollisuus vaikuttaa lahopuun määrään ja koska se korreloi useiden monimuotoisuushyötyjen kanssa. Lahopuiden määrää voidaan myös tietyllä tarkkuudella arvioida kaukokartoitusmenetelmin.

Lahopuun määrässä on monia ulottuvuuksia, kuten kokonaistilavuus, lajikirjo ja ajallinen jakauma (Kunttu ym. 2015). Pesonen ym. (2008) osoittivat, että kaatuneet kuolleet puut voidaan arvioida kaukokartoitusmenetelmin (ALS, eli Airborne Laser Scanning, LiDAR-teknologian yksi tyyppi) varsin tarkasti, mutta pystyssä olevia, kuolleita puita ei niinkään. Jutras-Perreault ym. (2023) yhdistivät LiDAR-dataa ja optisia kuvantamismenetelmiä. Yksittäisten pystyssä olevien kuolleiden puiden tunnistamiseen kehitetty menetelmä toimi kohtuullisella tarkkuudella. Tarkkuus ei ehkä kuitenkaan riittäisi tulosperusteisten mallien palkitsemisjärjestelmän pohjalle, vaan maastokäyntejä tarvittaisiin lisäksi.

***Miten olemassa olevan pienvesiaineiston heikon laadun (ojat, purot, norot) vaikutusta voidaan hallita?***

SYKE:n 1990-luvulla tekemä arvokkaiden pienvesien kartoitus tulisi päivittää järjestelmän ensimmäisessä vaiheessa. Tarkennus tulisi tehdä joko valitulla painopistealueella tai sitten sitä mukaa, kun kohteita tarjottaisiin järjestelmään. Aineiston päivittäminen voitaisiin tehdä kaukokartoitusmenetelmin. Aiemmin mainittu Metsähallituksen Ylä-Lapin projektin toimii kotimaisena esimerkkinä tällaisesta projektista.

## 4.4 MUITA MAHDOLLISIA BIODIVERSITEETTIMITTAREITA

### MAATALOUSMAAN MONIMUOTOISUUDEN MITTARI

**MAATALOUSMAAN MONIMUOTOISUUDESTA** löytyy runsaasti esimerkkejä maailmalta, myös Euroopasta.<sup>34</sup> Irlannin ACRES-järjestelmä pyrkii kanavoimaan tulotukea, mutta samalla hyödyttämään ympäristöä niin paljon kuin mahdollista.<sup>35</sup> Siinä on vahvoja tulosperusteisia elementtejä, mutta myös tiettyjä ongelmia. Keskeinen ongelma on se, että tulosta verrataan verrokkitasoihin, ei tilan omaan aiempaan tasoon. Tällöin lisäyksellisyys voi toteutua puutteellisesti, koska järjestelmä palkitsee keskimääräistä pienemmän ympäristöjalanjäljen viljelijöitä.<sup>36</sup> Joka tapauksessa järjestelmän tuloskortit (scorecards) tarjoavat käytännön esimerkkejä siitä, mitä ja miten voidaan mitata.

Maatalouden monimuotoisuuden mittarien valinnassa voidaan hyödyntää kuvien avulla kohtuullisen helposti tunnistettavia indikaattorilajeja, esimerkiksi niitty- ja kesantomaiden kasveja, kuten päivänkakkara tai harakankello. Biodiversiteetin suojelun ohjauksessa korostuu erityisen voimakkaasti aiemmin mainittu: mittarit voidaan valita vasta, kun tavoite on määritelty. Mittarien valinnassa on tunnistettava ekologisen tarkkuuden ja kannustavuuden välinen tyyppilinen ristiveto.

### LINNUSTO

**LINNUSTO VOISI** olla kiinnostava indikaattori, sillä tiedetään että esimerkiksi haarapääsky on vähentynyt jopa 80 %. Mittaaminen on kuitenkin aikaa vievää, eivätkä kannanvaihtelut ole suoraan yhdistettävissä maanviljelijän päätöksiin. Kantoihin vaikuttavat myös kuivuus talvehtimisaalueilla ja talviruokinta. Lisäksi jo nyt tukiperusteena on talviruokinta lintupellolla. Ohjelmien päällekkäisyys voisi olla ongelmallista.

### PERINNEBIOTOOPIT

**VALTAKUNNALLISESTI ARVOKKAIDEN** perinnebiotooppien kannustamista tulosperusteisesti kannattaisi edistää. Päällekkäisyyskysymykset tulisi selvittää.

### MAA- JA METSÄTALOUDEN REUNA-ALUEET

**TÄSTÄ KESKUSTELTIIN** yleisellä tasolla: ekologiesti rikkaiden reuna-alueiden ongelmana on niiden osuminen kahden toimialan ja niihin liittyvien ohjausjärjestelmien väliin.

<sup>34</sup> <https://www.rbpnetwork.eu/>

<sup>35</sup> John Muldowney. Esitelmä maatalouden ympäristötiedon vaihtopäivillä 14.11.2024.

<sup>36</sup> <https://www.gov.ie/en/service/f5a48-agri-climate-rural-environment-scheme-acres/>

## 5

## Ilmastopäästöt

**MAATALOUDEN JA** maankäytön ilmastopäästöt ovat merkittäviä. Esimerkiksi turvepeltojen viljely pienentää maankäyttösektorin hiilinielua noin 6,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv (Lång ym. 2023).<sup>37</sup> Turve- mailla voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä ja voimistaa hiilinieluja. Tehokkaiden ohjauskeinojen tarve on siis suuri niin ympäristöllisistä kuin taloudellisistakin näkökulmista. Varsinaisia tulosperusteisia järjestelmiä on käytössä vielä varsin vähän.

Maankäytön ilmastopäästöt tulevat koko maa-alalta ja niiden suora mittaaminen on näin ollen mahdotonta. Periaatteessa mittayksikkö on yksikäsitteinen: vähennys tai hiilinielun lisäys hiilidioksidiekvivalenttina ilmaistuna. Samoin maksettavalla kompensaatiolla on vertailutaso: hiilitonni markkinahinta. Yhtä lailla selvää on, ettei mittaamista voi käyttää tulosperusteisen järjestelmän kompensaation perusteena. Kaasujen päästöt mielivaltaisen isoilta pinta-aloilta on mallinnettava ja kompensaatiot maksettava mallinnettujen päästöjen ja mallinnettujen perusurien erotuksen perusteella.

Perusuran arviointi on kriittistä lisäyksellisyyden takaamiseksi. Maankäyttöön liittyvää päätöksentekoa on vaikea eristää rajatulle alueelle tai sektorille. Tämä tuo lisähaasteensa tulosperusteisten mallien käyttämiseen. Vaikka järjestelmästä saataisiin luotua sellainen, että se mittaa ympäristöllisesti keskeistä asiaa ja tämä asia olisi maanomistajan päätettävissä, nimenomaan ilmastopäästöihin tuo haasteensa myös päästöjen herkkä siirtyminen maankäytön muotojen sisällä ja välillä taloudellisen päätöksenteon ajamana. Hakkuiden viivästyttämisestä voidaan esimerkiksi palkita metsänomistajaa. Hakuut ovat täysin metsänomistajan päätösvallan alla, ja kiertoajan pidentäminen kasvattaa hiilinielua. Mutta nettovaikutus voi kumoutua, jos hakuut siirtyvät saman omistajan toisille alueille tai markkinavoimien kautta toisten metsänomistajien metsiin.

Myös päästökaupparektorin kautta tapahtuvat heijasteet voivat vähentää nettovaikutusta. Maankäyttösektorilla saavutettavat päästövähennykset heijastuvat kansallisiin päästötavoitteisiin ja voivat vähentää tarvetta päästövähennyksille päästökaupparektorilla. EU:n laajuisen päästökaupparektorin ansioista vaikutus tapahtuu päästöoikeiden hinnan kautta koko markkina-alueella. Toisaalta vähennysten/nielujen syntyminen maankäyttösektorilla voidaan kansantalouden näkökulmasta nähdä kustannustehokkaana päästövähennysallokaationa. Ympäristöhyötyjä se ei kuitenkaan välttämättä nettomääräisesti lisää. Toisaalta tämän sektoreiden välinen hiilivuoto voidaan myös korjata välittäjämekanismin eli päästökaupparejtelmän ja hinnan kautta.

Hiilipäästöjen tulosperusteisessa järjestelmässä on huomioitava myös kattavat ja yhä kehittyvät yksityisen sektorin hiilimarkkinat. Riippumatta yllä mainituista haasteista yksityisen sektorin kysyntä maankäyttösektorilla luotaville, verifioituille hiilivähennyksille tulee voimistumaan. Mahdollisten tulosperusteisten järjestelmien tulee olla harmonisoituja tämän kansainvälisen kehityksen kanssa. Aiheesta on käynnissä hankkeita ja jo julkaistuja selvityksiä.<sup>38</sup> Assmuth ym. (2024) käyvät kattavasti läpi hiilikompensaatioiden mahdollisuuksia ja riskejä taloudellisista, ekologisista, sosiaalisista ja oikeudellisista näkökulmista olemassa olevan kirjallisuuden perusteella.

<sup>37</sup> Viljelyn maaperäpäästöistä lasketaan maataloussektorin päästöiksi vain dityppioksidipäästöt, turpeen hajoamisesta syntyvät hiilipäästöt lasketaan mukaan maankäyttösektoriin.

<sup>38</sup> Kts. esim. <https://www.ptt.fi/hankkeet/hiilikompensaatioiden-kehityspolujen-vaikutukset-kolkom/> ja <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164604>



Tulosperusteisuuden soveltuvan mittaamisen ytimessä ovat siis mallit. Mallien kehittämisen taustalla on oma mittaamis- ja tutkimusmaailmansa, jota ei ole tässä mahdollista käydä läpi. Seuraavassa esitellään erilaisia käytännön työkaluja hiilipäästöjen ja -nielujen arviointiin maankäyttösektorilla.

## 5.1 MITTAREITA, INDIKAATTOREITA JA ESIMERKKEJÄ MEILTÄ JA MAAILMALTA

**PÄÄSTÖJEN ARVIOINTI** on monimutkaista ja perustuu erilaisiin malleihin ja työkaluihin. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPPC tarjoaa yksityiskohtaisia työkaluja maatalouden ja maankäyttösektorin ilmastopäästöjen seurantaan.<sup>39</sup> COMET-Farm on Yhdysvaltain maatalousministeriön (USDA) ja Coloradon osavaltionyliopiston kehittämä ilmainen verkkopohjainen työkalu, jonka avulla maanviljelijät ja maanomistajat voivat arvioida maankäyttökäytäntöjensä kasvihuonekaasupäästöjä ja hiilensidontaa.<sup>40</sup> Se tarjoaa yksityiskohtaisia, tilakohtaisia arvioita kasvihuonekaasupäästöistä ja hiilinieluista.

FAO:n kehittämän Ex-Ante Carbon balance Tool (EX-ACT) avulla voidaan arvioida maa- ja metsätaloushankkeiden vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin ja hiilensidontaan. Nimensä mukaan se tarjoaa ennakoarvioita hankkeiden ilmastohyödyistä.<sup>41</sup> Työkalua käytetään muun muassa kestävän kehityksen hankkeiden ohjaamisessa. Muita laskentatyökaluja ovat muiden muassa Cool Farm Tool,<sup>42</sup> Century-malli,<sup>43</sup> GLEAM<sup>44</sup> ja Carbon Benefit Tools.<sup>45</sup>

Tarjolla olevat työkalut ovat nopeakäyttöisiä, mutta niissä on merkittävää epävarmuutta (katso esimerkiksi Ball ym. 2023). Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että mallinnettavat ilmiöt ovat monimutkaisia ja puutteellisesti tunnettuja.

Huolimatta mittauksen ja mallintamisen epävarmuuksista, joitain tulosperusteisia järjestelmiä on olemassa. Usein niiden rahoitus tulee hiilimarkkinoilta, toisin sanoen yksityiseltä sektorilta. Hiilimarkkinat itsessään ovat toki julkisen sektorin luomia ja mahdollistamia. Käytännössä tällaiset ohjelmat ovat hiilivähennysten eli ilmastoyksiköiden sertifiointiohjelmaa. Ranskan Label Bas-Carbone -järjestelmä<sup>46</sup> käyttää maatalouden päästövähennemien mallintamiseen CAP<sup>2</sup>ER-työkalua.<sup>47</sup> Järjestelmä varmentaa ja mahdollistaa myös metsätaloudessa tehtäviä vähennyksiä. Päästövähennysyksikön varmentaminen on monivaiheinen prosessi, josta mallintaminen on vain yksi osa.<sup>48</sup>

Suuren mittakaavan avaus on Vihreän ilmastorahaston (Green Climate Fund, GCF) marraskuussa 2024 julkaisema ilmoitus siitä, että heidän rahoitusperiaatteensa omaksuvat REDD+ mukaisen tulosperusteisen mallin.<sup>49</sup> Pariisin sopimuksen kannalta keskeinen GCF on globaali toimija, joka tukee kehittyvien maiden päästövähennystoimia ja ilmastomuutokseen sopeutumista. Se kanavoi rahoitusta kehittyneiltä talouksilta kehittyville maille. Päätöksen merkitys tulee olemaan ennen kaikkea siinä, että se lisää tarvetta kehittää hajakuormitussektorin hiilidioksidipäästöjen tulosperusteisen ohjaamisen mittareita ja malleja.

Maailmanpankin Forest Carbon Partnership Facility'n (FCPF)<sup>50</sup> alla toimiva Mosambikin tulosperusteinen metsiensuojeluohjelma pyrkii estämään metsäkatoa, suojelemaan

<sup>39</sup> <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

<sup>40</sup> <https://comet-farm.com/home>

<sup>41</sup> <https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/ex-act/es/>

<sup>42</sup> <https://coolfarm.org/>

<sup>43</sup> <https://web.jrc.ec.europa.eu/policy-model-inventory/explore/models/model-century/>

<sup>44</sup> <https://www.fao.org/gleam/en/>

<sup>45</sup> <https://agledx.ccafs.cgiar.org/estimating-emissions/agriculture-ghg-calculators/carbon-benefit-tools-cbp/>

<sup>46</sup> <https://label-bas-carbone.ecologie.gouv.fr/>

<sup>47</sup> <https://www.fao.org/partnerships/leap/news-and-events/news/detail/en/c/1253517/>

<sup>48</sup> Järjestelmän englanninkielinen kuvaus: [https://ec.europa.eu/enrd/sites/default/files/the\\_label\\_bas\\_carbone\\_gleizes\\_cnpf\\_o.pdf](https://ec.europa.eu/enrd/sites/default/files/the_label_bas_carbone_gleizes_cnpf_o.pdf)

<sup>49</sup> <https://www.greenclimate.fund/news/gcf-board-s-usd-1-billion-climate-projects-signals-increased-climate-finance-ahead-cop29>

<sup>50</sup> <https://www.forestcarbonpartnership.org/fcpf-standard/>

biodiversiteettiä ja vähentämään hiilidioksidipäästöjä.<sup>51</sup> Ohjelmassa palkitaan kehitysmaille suunnatun REDD±viitekehityksen<sup>52</sup> mukaisista, verifioiduista metsäkatoa hillitsevistä toimista. Ohjelmassa palkitaan päästövähennyksistä, jotka kerrotaan mallinnettavan kansainvälisten standardien mukaan. Maailmanpankin mittauskäytännöistä ja kaukokartoituksen hyödyntämisestä niissä, katso World Bank (2021).

California Compliance Offset Program (CCOP) on osa Kalifornian osavaltion Cap-and-Trade -tyyppistä päästökauppaohjelmaa.<sup>53</sup> Se mahdollistaa päästöhyvitysten muodostamisen hajakuoritussektoreilla, kuten maataloudessa, metsätaloudessa tai metaanin talteenotossa. Säänneilyt sektorit voivat kompensoida omia päästöjään ostamalla näitä hyvityksiä. Hankkeissa hyväksytyjä toimia ovat muiden muassa metsänhoidon parantaminen, metsänistutus, kaatopaikkojen tai karjan metaanin talteenotto ja sellaiset maankäytön muutokset, jotka edistävät hiilen sitomista.

Kalifornian hiilidioksidipäästöjen kompensointiohjelmassa päästövähennyksiä arvioidaan käyttämällä standardoituja määrittelymenetelmiä tietyille hanketyypeille. Jokaisessa hankkeessa noudatetaan alakohtaista protokollaa, jonka mukaisesti lasketaan ero perusuran (miten päästöt kehittyisivät ilman hanketta) ja hankkeen toteutuneiden päästöjen välillä. Akkreditoidut ulkopuoliset tarkastajat todentavat nämä vähennykset.

Kompensaatiohankkeilla on siis tyypilliseen tapaan kolmansien osapuolien verifioimat standardit. Hankkeiden on osoitettava, että vähennykset ovat lisäisiä, todennettavissa olevia ja pysyviä. Vähennykset ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenttitonneina.

CCOP:lla on protokollat eri päästölähteiden määrittelemiseen ja varmentamiseen. Esimerkiksi riisinviljelyn metaani- ja dityppioksidipäästöjen vähennysten määrittelemisessä<sup>54</sup> käytetään biogeokemiallista DeNitrification-DeComposition (DNDC) -prosessimallia.<sup>55</sup> Malli on kalibroitu Kalifornian, Arkansas'n, Missourin, Mississippin ja Louisianan riisintuotantoalueilla. Näiden alueiden viljelijät voivat osallistua ohjelmaan.

Tanskassa on otettu käyttöön maatalousvero, joka kohdistuu kasvihuonekaasupäästöihin, erityisesti märehäntäjien metaanipäästöihin ja lannoitteiden aiheuttamiin dityppioksidipäästöihin.<sup>56</sup> Maatalouden osuus Tanskan ilmastopäästöistä on merkittävä. Päästöt lasketaan karjan ja lannoitteiden päästökertoimien perusteella. Viljelijöiden on raportoitava vuosittain. Viranomaiset tekevät tarkastuksia varmistaakseen, että raportointi on oikein, ja määräävät seuraamukset laiminlyönneistä.

Suuresta potentiaalista huolimatta mittaamisen ja päästövähennysten lisäyksellisyyden ja pysyvyyden haasteet ovat ilmeisiä maatalouden ja maankäytön tulospäätteissä ohjelmissa. Haasteiden ratkaisua on pohdittu Suomessa muun muassa Pellervon taloustutkimuksen Hiilikompensaatioiden kehityspolkujen vaikutukset -hankkeessa (katso esimerkiksi Laturi ym. 2023).

Ohjelmien kehittäminen on kuitenkin vilkasta. Julkisen sektorin ohjelmista mainittakoon vielä Australian Carbon Farming Initiative<sup>57</sup> ja yksityisen sektorin ohjelmista hankintaketjun hiilijalanjäljen pienentämiseen Bayerin Carbon Program,<sup>58</sup> Nestlén ohjelma<sup>59</sup> ja Tescon Planet Plan.<sup>60</sup>

<sup>51</sup> <https://blogs.worldbank.org/en/nasikiliza/results-based-climate-finance-boosts-sustainable-forest-conservation-mozambique>

<sup>52</sup> <https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/redd/what-is-redd>

<sup>53</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/cap-and-trade-program>

<sup>54</sup> <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/compliance-offset-program/compliance-offset-protocols/rice-cultivation-projects>

<sup>55</sup> <https://www.dndc.sr.unh.edu/>

<sup>56</sup> <https://investindk.com/insights/denmark-is-the-first-country-in-the-world-to-introduce-carbon-tax-on-livestock-farming>

<sup>57</sup> <https://cer.gov.au/schemes/australian-carbon-credit-unit-scheme>

<sup>58</sup> <https://bayerforground.com/carbon-initiative>

<sup>59</sup> <https://www.nestle.com/sustainability/climate-change/zero-environmental-impact>

<sup>60</sup> <https://www.tescopl.com/sustainability/planet-plan>

## 5.2 TILAKOHTAINEN HIILIBUDJETTI

**ILMASTOPÄÄSTÖJEN HILLINNÄSSÄ** tulosperusteisen järjestelmän esimerkiksi valikoitui tilakohtainen hiilibudjetti. Esille nostetuista tulosperusteisten järjestelmien ehdotuksista tämä vaatisi eniten valmistelutyötä.

Tilakohtainen hiilibudjetti liikkuu kolmesta valitusta indikaattorista yleisimmällä tasolla. Tässä luvussa kuvataan indikaattorin peruseräotteita. Sen komponentit ovat olemassa ja vaikuttavuus voisi olla erittäin suuri, mutta sen kehittäminen vaatisi jonkin verran työtä.

Ilmastopäästöissä on käytännössä vain yksi mahdollinen laskentayksikkö: hiilidioksidiekvivalentti. Monimutkaisempi kysymys on, miten sitä voitaisiin mitata, mallintaa ja hyödyntää tulosperusteisissa järjestelmissä. Ilmastopäästöjä maaperästä ei voi mitata samaan tapaan kuin uhanalaisten lajien yksilöitä tai puronvarsien suojavyöhykkeiden leveyksiä. Yhtä selvästi kuin mittayksikkö tulee olla hiilidioksidiekvivalentti, tulosperusteisen järjestelmän indikaattorin tulee pohjautua malleihin.

Ilmastopäästöjen rajoittamisessa on tyypillisenä ongelmana lisäyksellisyyden epämääräisyys (mistä tiedämme, että toimenpide tehtiin ohjauksesta johtuen, ja että sitä ei olisi tehty muuten) sekä toimenpiteiden mahdolliset sivuvaikutukset sektorin sisällä ja sektorien välillä. Esimerkiksi hakuiden välttäminen yhdessä kohdassa voi tarkoittaa sitä, että metsänomistaja hakkaa vastaavan määrän metsää jossain toisessa kohdassa. Sektorien välillä siirtymä voi tarkoittaa esimerkiksi metsän raivaamista pelloksi.

Maa- ja metsätalouden ilmastopäästöjen ohjausta tulisikin tarkastella samassa järjestelmässä. Tulosperusteinen malli tulisi rakentaa tila- tai yrityskohtaiseksi, jolloin se kattaisi molemmat sektorit sekä muun maankäytön. Kantavana ajatuksena on tuoda yhteen ne sektorit, jonka päästöihin maanomistajan ratkaisut vaikuttavat. Asiaa voi monimutkaistaa se, että ilmastopäästöjen kansallisen ja kansainvälisen tason seurannassa ja raportoinnissa maa- ja metsätalouden päästöt luetaan eri kokonaisuuksiin. Maatalouden päästöistä taakanjakosektorille luetaan metaanipäästöt kotieläinten ruuansulatuksesta, metaani- ja dityppioksidipäästöt lannankäsittelystä, dityppioksidipäästöt maatalousmailta (tässä huomioidaan muiden muassa päästöt keinolannoituksesta, orgaanisista lannoitteista ja typen mineralisaatiosta kivennäismailla), hiilidioksidipäästöt kalkituksesta ja urean käytöstä sekä metaani- ja dityppioksidipäästöt oljen peltopoltosta. LULUCF-sektorille maataloudesta luetaan esimerkiksi ojituksen metaani- ja dityppioksidipäästöt ja peltojen hiilivarastojen muutokset. Metsätalouden päästöt lasketaan LULUCF-sektorille.

Maataloudessa voidaan arvioida eri tuotantotapojen hiilipäästöjä ja -nielejä. Peltomaiden hiilitaseiden seuranta perustuu näytteenottoon tietyiltä alueilta ja toimii pohjana hiilensidonnän mallinnukselle. Esimerkiksi HiiletIn-hankkeessa selvitettiin maatalouden hiilensidonnän mahdollisuuksia.<sup>61</sup>

Metsänomistajille luotava tulosperusteinen malli edellyttää metsänomistajan tietoa ja ymmärrystä metsän hiilivarastointipotentiaalista ja sen tehokkaasta kerryttämisestä. Yleinen ehto tulosperusteisten mallien tehokkuudelle on, että toimija osaa saavuttaa vaadittuja ympäristötavoitteita nokkelammin kuin sääntelijä. Hiilipäästöjen tapauksessa tämä ei toteudu, koska hiilen karkaamiselle tai pidättymiselle ei ole kertynyt sukupolvien aikaista hiljaista tietoa. Esimerkiksi turvemaiden puiden kasvu voi alentaa vedenpintaa, mikä kiihdyttää hiilen vapautumista. Hilmarin-hankkeessa pohditaan, voisiko metsänomistajille tarjota hiilisuunnitelmia, jotka sisältäisivät erilaisia toimenpiteitä hiilipäästöjen vähentämiseen.<sup>62</sup> Metsänomistajilla on kuitenkin usein halukkuutta vain lyhytkestoisiiin, 5–10 vuoden sitoumuksiin, mikä tekee pitkäaikaisen hiilensidonnän tavoittelemisesta haastavaa.

Hiilensidonta voisi perustua pohjavedenpinnan nostamiseen, jolloin alasta voisi muodostua hiilinielu. Tulosperusteinen ohjaus kannattaisi kohdentaa turvemaille ja käyttää esimerkiksi tarjouskilpailua kohteiden priorisoinnissa. Toiminnan lopettamiseen, kuten turvetuotannon alasaajoon, tulosperusteinen malli ei sovellu. Siihen kannattaa kehittää romutuspalkkiojärjestelmien kaltaisia menetelmiä.

<sup>61</sup> [https://maaseutuverkosto.fi/wp-content/uploads/2024/11/HiiletIn\\_Loppuraportti-6966303\\_1\\_1.pdf](https://maaseutuverkosto.fi/wp-content/uploads/2024/11/HiiletIn_Loppuraportti-6966303_1_1.pdf)

<sup>62</sup> <https://www.luke.fi/fi/projektit/hilmarin>

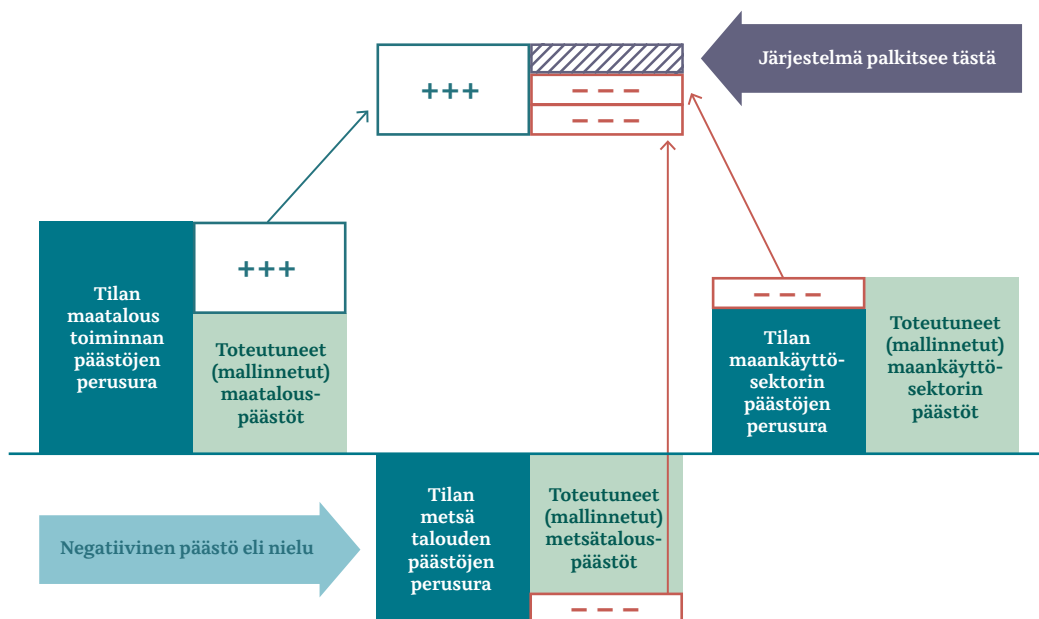
Keskeinen haaste erityisesti metsätalouden hiilipäästöjen ja hiilen sidonnan mittaamisessa on perusuran määrittäminen ja sitä kautta lisäyksellisyden varmentaminen. Perusura voi määriä metsätaloudessa kasvupaikan, metsänhoitosuosituksen tai metsänhoitosuunnitelmien pohjalta, ja maataloudessa esimerkiksi aiempien päästöjen perusteella. Toimenpiteiden vaikutukset näkyvät metsässä usein hitaasti pitkän kasvusyklin takia, mikä pitää huomioida mittaria rakennettaessa.

Valtiolle on tärkeää, että päästövähennykset voidaan todentaa ja laskea kansallisiin tilastoihin. Valtio ei halua tukea toimenpiteitä, joilla ei ole osoitettavaa vaikutusta. Turvemaiden hiilipäästöjen hillitseminen on Suomessa yksi kustannustehokkaimmista keinoista vähentää päästöjä, ja näiden päästöjen määrä on pian lähes samaa luokkaa kuin fossiilisten polttoaineiden päästöt.

Seuraavaksi esitettävä ehdotus mittariksi taklaa esiin nostettuja haasteita, etenkin sektoreiden sisäistä ja välistä hiilivuotoa. Toisaalta se hyödyntää rikasta mallivalikoimaa, jolla hiilivarastoja ja niiden muutoksia voidaan arvioida sekä maa- että metsätaloudessa. Ehdotettu lähestymistapa muistuttaa Uuden-Seelannin ravinnekuormitusmallia, mutta käsittää yhden tilan kokonaisuudessaan.

### EHDOTUS INDIKAATTORIKSI

**TILAKOHTAINEN, MAA-** ja metsätalouden rajat ylittävä hiilibudjetti tekee mahdolliseksi sen, että maanomistaja valitsee keinot tilan päästöjen hallintaan ja hiilen sidontaan maatalouden ja metsätalouden sisällä ja niiden välillä. Mallia voitaisiin käyttää esimerkiksi siten, että tilaa paljakkaisiin (tai tilalta edellytettäisiin) perusuraa korkeammasta nettohiilensidonnasta. Perusuran määrittely perustuisi tilakohtaisiin lähtötietoihin, kuten metsänhoitosuositukseen ja CAP-tukien keräjäkasveihin, märehtijöiden määrään ja maaperään. Alla oleva kuva 5 selventää indikaattorin toimintaa:



Kuva 5. Tilan hiilibudjetti tulospöusteisen mallin pohjana. Maataloudelle ja metsänhoidolle sekä maankäytölle määritellään päästöjen perusurat. Määräajan kuluttua (esimerkiksi viisi vuotta) määritellään toiminnan havaittavien piirteiden (maatalouden tuotantomenetelmät, eläinten lukumäärä, ruokintatavat; metsätalouden puuston määrä, puulajijakauma; maankäytön tunnusluvut) avulla toteutuneet päästöt. Perusuran ja toteutuneiden päästöjen erotus on tulospöusteisessa mallissa mitattava suure (raidoitettu laatikko), johon palkkio perustuu.

Hiilibudjetin toteutumisen seurannassa käytettäisiin malleja, jotka huomioivat tilakohtaiset kasvihuonekaasupäästöt. Tämän tueksi on olemassa tietolähteitä, kuten Luken PeltoOptimin pisteytykset ja Metsäkeskuksen metsävaratiedot.

Mittarissa tai ainakin sitä hyödynnettäessä tulisi huomioida Do No Significant Harm -kriteerit (DNSH) haitallisten sivuvaikutusten estämiseksi. Hiilensidonta ei saisi haitata biodiversiteettiä tai lisätä ravinnekuormitusta. Esimerkiksi metsien lannoitus voi parantaa hiilensidontaa mutta lisätä ravinnekuormaa. Vastaavasti luonnonhoitopeltojen säilyttäminen voi aiheuttaa uusien alueiden raivaamisen jossain muualla.

Märehtijät ovat merkittävä päästölähde, mutta niiden päästöjen vähentämiseksi tarvittaisiin monipuolisia ratkaisuja. Eläinten määrän leikkaaminen on vain yksi vaihtoehto, jota ei voida tavoitella ilman kokonaisvaltaista ruokaturvan ja tilainvestointien huomiointia.

#### **TILAKOHTAISEN HIILIBUDJETIN VAHVUUKSIA**

- Metsä- ja maatalouspuolen arviointimallit ovat enimmäkseen valmiina.
- Indikaattori mahdollistaa maanomistajalle suuren valinnanvapauden toimenpiteiden välillä.
- Indikaattori poistaa sektorin sisäisen ja sektorien välisen ”hiilivuodon” kannustimen yhden tilan sisällä.
- Indikaattori voisi huomioida jopa eläintuotannon päästöt ja tuoda kannattavuutta esimerkiksi ruokintamuutoksiin.

#### **TILAKOHTAISEN HIILIBUDJETIN HEIKKOUKSIA**

- Perusuran määrittäminen on vaikeaa etenkin metsätaloudessa. Mikä on metsänomistajan tavoitefunktio?
- Indikaattorin luominen vie aikaa, vaikka erilliset komponentit ja osamallit ovatkin valmiina.
- Do No Significant Harm -komponentti saattaa olla monimutkainen rakennettava.

#### **MUUTA**

- Mallinnusten kytkeminen tilastointiin ja inventaarioihin on tärkeää.
- Indikaattori tuo maatalouden ja metsätalouden hiililaskentajärjestelmät yhteen.
- Indikaattorissa on samat haasteet kuin ilmastoyksiköiden luomisessa, katso KolKom-hanke.<sup>63</sup>

---

<sup>63</sup> [https://www.ptt.fi/wp-content/uploads/2024/02/ptt\\_raportteja\\_287.pdf](https://www.ptt.fi/wp-content/uploads/2024/02/ptt_raportteja_287.pdf)

### 5.3 HALLINNON NÄKÖKULMIA TILAKOHTAISEEN HIILIBUDJETTIIN

Hallinnon näkökulmasta tilakohtaisen hiilibudjetin toteuttamiskelpoisuus oli heikompi kuin kahden muun indikaattorin, P-luvun ja suojakaistojen. Ehdotettu lähestymistapa osoittautui laajaksi ja sekavaksi, ja ratkaistavat ydinkysymykset olivat liian kaukana ratkaisuisista. Huomio kiinnittyi erityisesti seuraaviin:

#### ***Onko tilan maa- ja metsätaloutta mahdollista tarkastella yhdessä?***

Maa- ja metsätalous eivät aina ole kytköksissä siten, että yhteisen hiilibudjetin muodostaminen olisi mielekäästä tai edes mahdollista. Metsänomistajat ovat heterogeeninen ja monitavoitteinen ryhmä. Moniin metsätiloihin ei liity maatilaa, ja isoilla tiloilla maatalous ja metsätalous on usein yhtiötetty omiksi osakeyhtiöikseen. Lisäksi maanviljelyä ja metsänhoitoa suunnitellaan hyvin eripituisilla aikajäniteillä. Myöskään hallinnon rakenteita ei ole luotu maa- ja metsätalouden tarkasteluun yhdessä. Epäselväksi jäi, miten maa- ja metsätalous suhteutuvat toisiinsa, kumpi kompensoi kumpaa.

#### ***Miten nielut huomioidaan? Miten perusura määritellään?***

Merkittävimpänä puutteena esitetyssä ohjauskeinossa pidettiin puuttuvaa yhteisymmärrystä perusurasta sekä puuttuvaa seurantaa ja rooleja. Lisäksi kivennäismailla puuston hiilensidonnan lisäisyyden osoittaminen on haaste. Riskin nähtiin jäävän valtiolle.

#### ***Miten vielä keskeneräisen datatalouden (omistajuus, luotettavuus, avoimuus ja toimivuus) vaikutuksia voidaan hallita?***

Kattava järjestelmä edellyttäisi hyvin suuren tila- tai yrityskehittämisen tiedon keräämistä järjestelmään. Esimerkiksi perusuria koskeva tieto tulisi olla tallessa kaikilta järjestelmään osallistujilta. Tämä luo huomattavan tietojärjestelmähaasteen.

#### ***Miten huomioidaan sekä alueiden väliset erot että tasavertaisuus?***

Tasavertaisuus nousi esille erityisesti hiilibudjetin kohdalla ja jonkin verran muissakin yhteyksissä. Alueiden ja toimijoiden välinen tasapuolisuus on selkeästi keskeisimpiä työstettäviä asioita, ei pelkästään hallinnon sisällä vaan todennäköisesti koko yhteiskunnan tasolla. Tulospöytäkirjoissa järjestelmissä yhdenvertaisuus tarkoittaa yhtäläisiä sääntöjä, mutta ei yhdenmukaista lopputulosta. Järjestelmän nimenomaisena tarkoituksena on kohdentaa toimenpiteitä tehokkaasti ja mahdollisimman edullisesti sinne, missä niistä saadaan suurin ympäristöhyöty. Tämä on peruuttamattomassa ristiriidassa tasapuolisen tukirahan allokoinnin kanssa. Tulospöytäkirjoissa järjestelmä voi toimia osana laajaperäisempää ympäristönormistoa ja -ohjausta, mutta itsessään se tulee – mikäli se toimii suunnitellusti – kohdentamaan toimenpiteet ympäristöllisesti merkittävimmille alueille ja toimijoille.

#### ***Mistä rahoitus saadaan: Onko valtiolla tähän rahaa? Kenen resursseista siirretään? (huomioiden kansallinen ja kansainvälinen sääntely)***

Metsäpinta-alat ovat valtavia. Järjestelmä, joka pyrkii kasvattamaan hiilensidontaa metsissä, tulee kannustamaan kiertoaikojen pidentämiseen tai metsien suojeluun. Kuten Metso-ohjelmasta nähdään, hakkuutulosten menetyksistä vaadittavat kompensatiot tulisivat olemaan suuria. Suurille pinta-aloille maksettavat suuret kompensatiot tarkoittavat budjetillisesti kallista ohjelmaa. Mistä tähän otetaan rahat?

**Mikä on valtion rooli?**

Valtion rooli järjestelmässä jäisi epäselväksi, mikäli se ei olisi myös rahoittaja. Rahoittamisen ongelmat puolestaan ovat ilmeiset (kts. edellä). Jos valtio ei rahoita, olisi etukäteen varmistuttava siitä, että se ei osallistumisellaan sotke yksityisten hiilimarkkinoiden kehittymistä. Kaiken kaikkiaan ehdotetussa järjestelmässä nähtiin epämääräisyyttä sekä toiminnallisuuden että toimijuuden tasolla.

**Tilakohtaisen hiilibudjetin mahdollisuuksia I: turvemaiden maaperäpäästöt**

Esiselvitystä tehdessä pidettiin kuitenkin mahdollisena tilakohtaista hiilibudjettia turvemaiden maaperäpäästöihin kohdennettuna ohjauskeinona. Turvemaiden hiilipäästöjä voidaan leikata suhteellisen nopeasti ja lisäisyys ja pysyvyys ovat kivennäismaita paremmin hallittavissa. Vahvuuksina nähtiin maanomistajan itsenäisyys tilan ilmastovaikutusten hallintaa koskevassa päätöksenteossa sekä hallinnon mahdollisuus kehittää mallia päästö- ja nielutiedon karttuessa.

Paraikaa käynnissä olevassa, Luonnonvarakeskuksen vetämässä TARJOKE-hankkeessa kehitetään tarjouskilpailumallia yksityisen ja julkisen rahoituksen tehokkaaseen kohdentamiseen turvelpeltojen vettämiseen.<sup>64</sup> Mallissa edullisimmat ja ympäristöhyödyiltään parhaat pellot poistetaan viljelystä pysyvästi tai pitkäksi aikaa. Edullisuus perustuu siihen, että maanomistajat tekevät vapaaehtoisia tarjouksia maistaan. Ympäristöhyötyjen vertailua varten malliin luodaan tapa kvantifioida kustakin kohteesta vettämällä saavutettava ilmastohyöty.

**Tilakohtaisen hiilibudjetin mahdollisuuksia II: ei-voittoa maksimoivat julkiset toimijat**

Hiilibudjettia pidettiin tulosperusteisen ohjauskeinon sijaan mahdollisena vapaaehtoisena tapana arvioida omaa toimintaa tietynlaisille, ei-kaupallisille toimijoille. Seurakunnat, kunnat ja muut julkisyhteisöt omistavat sekä metsiä että maatalousmaita. Hiilibudjettiajattelun avulla ne saisivat tietoa omasta hiilijalanjäljestään. Järjestelmästä tulisi kevyempi, jos sen käyttötarkoitus olisi tiedon tuottaminen päätöksenteon taustalle. Jos ympäristövaikutusten mittaaminen on oikeiden rahallisten kompensatioiden taustalla, vaatimukset sen tarkkuudelle ja tasapuolisuudella ovat ankarat. Tiedon tuottaminen julkisten toimijoiden oman päätöksenteon taustalle olisi eri asia. Tässä tosin palataan aiempiin kysymyksiin valtion roolista.

<sup>64</sup> <https://www.luke.fi/projektit/tarjoke>

## 6

## Johtopäätökset

**TULOSPERUSTEISET JÄRJESTELMÄT** voivat tarjota kustannustehokkaan keinon hajakuorimituksen hallintaan, mutta ne edellyttävät tarkkaa vaikutusten arviointia. Tässä esiselvityksessä keskityttiin tulosperusteisten järjestelmien käytännön soveltamiseen mittaamisen mahdollisuuksien ja reunaehtojen näkökulmasta.

Mittausteknologioiden kehittyminen ja tutkimustiedon kertyminen luovat lisää mahdollisuuksia hajakuorimituksen seurantaan. Tulosperusteisten mallien soveltamista hajakuorimitukseen ei kuitenkaan rajoita pelkästään mittaamisen teknologia. Merkittävin haaste on se, että tavoitteiden ja niitä seuraavien mittarien on toteutettava yhtä aikaa kaksi eri tehtävää. Niiden on toisaalta oltava mahdollisimman tarkkoja ympäristön muutosten kuvaajia. Toisaalta niiden on reagoitava nimenomaan yhden maanomistajan valintoihin.

Tarkinkaan mittari ei voi poistaa hajakuorimituksen luonnetta, jonka keskeisin piirre on, että havaittavaan ympäristön tilaan vaikuttavat useiden eri toimijoiden valinnat sekä satunnaiset luonnonprosessit.

Vaikka tulosperusteisia järjestelmiä ei voida hajakuorimituksen tapauksessa perustaa suoraan ympäristön tilan mittaamiseen, niitä voidaan kuitenkin hyödyntää mittaamalla ja mallintamalla muuttujia, jotka ovat mahdollisimman vahvasti kytkeytyneitä sekä ympäristön tilaan että yksittäisen päätöksentekijän valintoihin. Tehokkaiden tulosperusteisten järjestelmien luomisen ytimessä onkin tällaisten mitattavien asioiden ja mittarien identifioiminen. Tämä on tasapainoilua ympäristöllisen ja ohjauksellisen osumatarkkuuden välillä.

Esiselvityksessä tarkasteltiin kolmea hajakuorimituksen ympäristöteemaa: vesistönsuojelua, luonnon monimuotoisuutta ja ilmastopäästöjä. Teemat eroavat toisistaan sen mukaan, miten vahvasti mittauksen tulee perustua monipuolisiin malleihin tai yksinkertaisempiin indikaattoreihin.

Vesiensuojelussa rehevöitymisen torjunta on keskeinen tavoite, erityisesti maatalouden fosforikuorimituksen osalta. Peltomaahan kertynyt fosfori aiheuttaa liuenneen fosforin huuhtoumia etenkin alueilla, joilla fosforia on annettu runsaasti. P-luku, joka kuvaa peltomaan kasveille potentiaalisesti käyttökelpoisen fosforin pitoisuutta, on lupaava indikaattori tulosperusteisille malleille. Se kytkeytyy vahvasti sekä viljelijän valintoihin että rehevöitymiseen.

Luonnon monimuotoisuuden tulosperusteisessa suojelussa haasteena ovat monimuotoisuuden eri tasot ja niiden sisäinen monipuolisuus. Jo tavoitteen määrittelemine on haastavaa. Esiselvityksessä tarkasteltiin pienvesien suojavyöhykkeitä potentiaalisena tulosperusteisen mallin kohteena. Ne ovat elinympäristöjä, jotka suojelevat monimuotoisuutta, vähentävät vesistökuorimitusta, ehkäisevät eroosiota ja tukevat lajien säilymistä. Suomessa pienvedet ovat tärkeitä elinympäristöjä lukuisille uhanalaisille lajeille. Suojelun onnistumista mittaava indikaattori voisi aluksi hyödyntää kaukokartoitusmenetelmiä ja edetä vaiheittain tarkempiin, avainlajeihin keskittyviin maastokäynteihin.

Ilmastopäästöjä maa- ja metsätaloudesta sekä maankäytöstä ei voida mitata suoraan, mutta mallien käyttö mahdollistaisi tulosperusteiset järjestelmät. Esiselvityksessä tilakohtainen hiilibudjetti arvioitiin potentiaalisesti indikaattoriksi. Budjetti kattaisi maa- ja metsätalouden sekä muun maankäytön päästöt, palkiten nettopäästöjen pienentämisestä mallinnettuun perusuraan nähden. Haasteita ovat perusuran määrittely, erityisesti metsätaloudessa. Indikaattorin kehittäminen vaatii aikaa, ja Do No Significant Harm -periaatteen huomiointi voi olla monimutkaista.



Tarkastelluista kolmesta indikaattorista tilakohtainen hiilibudjetti oli hallinnon kannalta vaikein ja epämääräisin toteuttaa. Sen valmistelu vaatisi paljon työtä, sen kustannukset olisivat korkeat ja yhteensovittaminen olemassa oleviin julkisen ja yksityisen sektorin ohjelmiin mahdollisesti mutkikasta. Pienvesien suojavyöhykeindikaattori oli hallinnon kannalta kehityskelpoisempi. Tosin siihenkin liittyi tärkeitä selvitettäviä kysymyksiä, ennen kaikkea liittyen metsänhoidon perusuran määrittelyyn.

P-luku on hallinnolle ennestään tuttu. Siihen liittyvät haasteet ovat pitkälti samoja kuin missä tahansa tulosperusteisessa järjestelmässä: Onko meillä henkisiä valmiuksia siirtyä toimenpiteistä maksamisen alueellisesta tasapuolisuudesta ympäristönsuojelun tuloksista palkitseeseen? Tämä tarkoittaisi tehostettujen ympäristönsuojelutoimenpiteiden keskittymistä vain sinne, missä niitä eniten tarvitaan ja missä niistä olisi eniten hyötyä.

Tulosperusteisten mallien pilotoiminen P-luvulla voisi olla opettavainen ensimmäinen askel hajakuormituksen hallinnan tulosperusteisten mallien kehittämisessä. P-luvun piirteet tekevät onnistumisesta aidosti mahdollista. Siinä on riittävästi haastavia piirteitä, jotta se testaa aidosti järjestelmän toimivuutta. Lisäksi se tuo esiin kaikkien tulosperusteisten järjestelmien kriittisiä piirteitä, kuten tasapuolisuuden ja kohdentamisen välisen jännitteen.

Pilotointia varten tulisi tehdä jonkin verran valmistelevaa työtä yhdessä alan tukijoiden kanssa. Tulisi päivittää mahdollisten pilottialueiden P-lukujakaumat ja määritellä, mille tasolle ja millä perusteella ohjelmaan osallistumisen P-luvun alaraja määritellään. Lisäksi olisi selvitettävä, miten maaperän fosforin kerrostuminen ja muut mahdolliset piirteet otetaan huomioon. Hallinnon kanssa tulisi päättää näytteenoton toteutuksesta, palkkiomalleista, pilotin ajallisesta kestosta sekä maksatustavoista ja -aikatauluista.

Tahtotila maatalouden tukijärjestelmien uudistamiseen voi johtaa siihen, että ympäristötoimenpiteissä tullaan siirtymään kohti tulosten saavuttamiseen kannustamista. Tämä tarkoittaa jonkinasteisten tulosperusteisten järjestelmien käyttöönottoa. Niiden aktiivinen opettelu tulee aloittaa ennen kansallisen tason soveltamista. Oppirahat tulevat halvemmaksi rajatussa kokeilussa. Teoreettiset tutkimukset aiheesta eivät itsessään tule tuottamaan riittävästi uutta oppia. Tarvitaan huolellisesti valmisteltu käytännön ponnistus, jossa viljelijöiden ja hallinnon valmius uusiin järjestelmiin punnitaan. Myös pilotin jälkeen järjestelmään kannattaa jättää joustavia elementtejä. Tämä mahdollistaa sen, että kertyviä oppeja päästään soveltamaan järjestelmän kehittämisessä.

Pilotista oppiminen tulee suunnitella etukäteen. Kokeiluhankkeista on hyötyä, jos jo niitä suunniteltaessa mietitään kriittisesti, mistä asioista ja millä lailla hankkeessa aiotaan oppia. Myös pilotin yleisen koejärjestelyn toteuttamiseen tarvitaan tutkijakunnan apua. Systemaattinen oppiminen on toimivan kokeilukulttuurin ehto.

# Liite 1.

## Työpajojen toteuttaminen

### TUTKIJOIDEN TYÖPAJAT

Esiselvitystyötä varten tutkijoille järjestettiin kolme kolmetuntista työpajaa, kukin eri teemasta. Teemat olivat ravinnekuorma, ilmasto ja monimuotoisuus. Työpajojen tavoitteena oli keskustella mittaamisen reunaehdoista ja tunnistaa kuhunkin ympäristöongelmaan sopivia mittareita.

Kutsuttavat valittiin heidän erikoisosaamisensa ja työpajatyöskentelyn luonteen mukaan Luonnonvarakeskuksesta, Suomen ympäristökeskuksesta ja Helsingin yliopistosta. Tavoitteena oli parhaiden asiantuntijoiden aktiivinen joukko, jolla intensiivinen työpajatyöskentely olisi mielekästä. Kutsut lähetettiin syyskuun alussa ja kutsuttavien osallistuminen varmistettiin soittamalla heille. Samalla heitä pyydettiin nimeämään työpajan tavoitteita ajatellen mielestään sopivia kollegoita, ja kutsuttavien joukkoa laajennettiin näiden ehdotusten perusteella. Lopuksi kutsulista tarkistettiin ja täydennettiin Maa- ja metsätalousministeriön edustajien kanssa.

Osallistujille lähetettiin ensimmäinen versio esiselvityksestä tutustuttavaksi sekä lyhyt työskentelyyn orientoiva ennakkotehtävä työpajaa edeltävällä viikolla.

Kaikki kolme työpajaa järjestettiin Helsingissä Viikin kartanon kokoustiloissa 29.10. – 30.10.2024. Tilaisuudet kestivät kukin kolme tuntia ja ne järjestettiin samalla rakenteella:

- Päivän tavoitteet ja esittäytymiskierros
- Alustus pienryhmätyöskentelyyn: Tulosperusteinen ohjaus ja mittarit
- Pienryhmätyöskentely
  - I keskustelu: Millaista muutosta järjestelmän tulisi tavoitella?
  - II keskustelu: Mitä mittaamalla tavoiteltu muutos voidaan todentaa? Mitkä olisivat soveltuvia mittareita ja miksi?
- Yhteinen pienryhmien purku ja tunnistettujen mittareiden priorisointi
- Työn seuraavat askeleet

Ravinnekuormitusta koskevaan teemapajaan osallistui yksi tutkija Helsingin yliopistolta, yksi Suomen ympäristökeskuksesta ja kuusi tutkijaa Luonnonvarakeskuksesta. Monimuotoisuutta käsitelleeseen työpajaan osallistui yksi tutkija Suomen ympäristökeskuksesta, kaksi Luonnonvarakeskuksesta ja kaksi Helsingin yliopistolta. Ilmastoaiheiseen työpajaan osallistui yksi tutkija Helsingin yliopistolta ja neljä tutkijaa Luonnonvarakeskuksesta.

Työpajojen keskustelut kirjattiin muistiin. Lisäksi pienryhmien työn purussa tärkeimmät huomiot kirjattiin yhteisesti näkyviin fläppitaululle keskustelua helpottamaan. Näiden muistiinpanojen avulla työpajan lopputulokset koottiin esiselvitykseen.

## HALLINNON TYÖPAJA

Hallinnon edustajille järjestettiin yksi neljän tunnin työpaja, jossa käsiteltiin kustakin esiselvityksen kolmesta teemasta yhtä tutkijoiden ehdottamaa mittaria, indikaattoria tai mallia. Käsitellyt ehdotukset olivat: P-luku, pienvesien suojavyöhykkeet ja tilakohtainen hiilibudjetti. Työpajan tavoitteena oli tuoda esiin hallinnon näkökulmia tulosperusteiseen ohjaamiseen, tunnistaa edellytyksiä tulosperusteisuuden käyttöönotolle sekä käsitellä ehdotettujen mittarien käyttökelpoisuutta.

Maa- ja metsätalousministeriön edustajat valitsivat kutsuttavat heidän työkuvansa ja kokemuksensa mukaan. Kutsut lähetettiin marraskuun alussa Maa- ja metsätalousministeriöstä. Ilmoittautuneille lähetettiin tiivistelmä esiselvityksen tuloksista tutustuttavaksi työpajaa edeltävällä viikolla. Työpaja järjestettiin Helsingissä Pasilan virastokeskuksen Työ 2.0 Lab -tilassa 25.11.2024.

Työpajan keskustelut kirjattiin muistiin esiselvitystä varten. Lisäksi pienryhmissä tärkeimmät esiin nousseet asiat kirjattiin yhteisesti näkyviin fläppipapereille. Pienryhmien keskustelun jäsentämisessä käytettiin apuna jakoa neljään kategoriaan, jotka olivat: huomiot, huolet, ydinkysymykset ja ratkaisut. Näiden muistiinpanojen avulla työpajan lopputulokset koottiin esiselvitykseen.

### Työpajan rakenne

- Työpajan ohjelma ja tavoitteet
- Työpajaan virittäytyminen ja esittäytymiskierros
- Yhteinen keskustelu: Millainen muutos tulosperusteiseen ohjaamiseen siirtyminen olisi?
- Alustus pienryhmätyöskentelyyn: Esiselvityksen alustavat tulokset ja tutkijatyöpajoissa tunnistetut mahdolliset mittarit
- Pienryhmätyöskentely: Ehdotettujen mittareiden käytettävyyden ja hyväksyttävyyden arviointi ja jatkotyöstö.
  - Pienryhmä: P-luku
  - Pienryhmä: Pienvesien suojavyöhykkeet
  - Pienryhmä: Tilakohtainen hiilibudjetti
- Yhteinen purku: pienryhmien tunnistamat ratkaistavat ydinkysymykset
- Työpajan tulosten hyödyntäminen ja jatkoaskeleet

Työpajaan osallistui kaikkiaan 26 hallinnon edustajaa: kaksi osallistujaa oli ELY-keskusten ilmastoyksiköstä, kaksi Ympäristöministeriöstä, kolme Metsäkeskuksesta, viisi Ruokavirastosta ja loput 14 Maa- ja metsätalousministeriöstä.

# Lähteet

- Annala, M., Hilli, A., Hotanen, J.-P., Hokajärvi, R., Jokikokko, P., Karttunen, K., Kesälä, M., Kuoppala, M., Lehtoranta, V., Leinonen, A., Marttila, H., Meriö, L.-J., Karhunen, H., Piirainen, S., Porvari, P., Salmivaara, A., Vaso, A. and Mykrä, H.**, 2022. Paikkatietoon ja luontoarvoihin perustuva metsäpurojen suojavyöhykkeiden suunnittelu. GIS-SUS-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 47/2022. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/553063> (viitattu 19.11.2024).
- Assmuth, A., Autto, H., Halonen, K.M., Haltia, E., Huttunen, S., Lintunen, J., Lonkila, A., Nieminen, T.M., Ojanen, P., Peltoniemi, M. and Pietilä, K.**, 2024. Forest carbon payments: A multidisciplinary review of policy options for promoting carbon storage in EU member states. *Land Use Policy*, 147, p.107341.
- Baker, D.B., Johnson, L.T., Confesor, R.B. and Crumrine, J.P.**, 2017. Vertical stratification of soil phosphorus as a concern for dissolved phosphorus runoff in the Lake Erie basin. *Journal of environmental quality*, 46(6), pp.1287–1295.
- Ball, K.R., Burke, I.C., Collins, D.P., Kruger, C.E. and Yorgey, G.G.**, 2023. Digging deeper: Assessing the predictive power of common greenhouse gas accounting tools for soil carbon sequestration under organic amendment. *Journal of Cleaner Production*, 429, p.139448.
- Bhandari, A.B., Nelson, N.O., Sweeney, D.W., Baffaut, C., Lory, J.A., Senaviratne, A., Pierzynski, G.M., Janssen, K.A. and Barnes, P.L.**, 2017. Calibration of the APEX model to simulate management practice effects on runoff, sediment, and phosphorus loss. *Journal of Environmental Quality*, 46(6), pp.1332–1340.
- Chaplin, S., Robinson, V., le Page, A., Ward, D., Hicks, D., Scholz, E.M., Keep, H. and le Cocq, J.**, 2019. Pilot results-based payment approaches for agri-environment schemes in arable and upland grassland systems in England. Natural England Joint Publication JP0031. Saatavilla: <https://publications.naturalengland.org.uk/publication/6331879051755520?category=35001> (viitattu 10.10.2024).
- Corona, P., Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S. and Barbati, A.**, 2011. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring. *Forest ecology and management*, 262(11), pp.2061–2069.
- Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P. and Ylivainio, K.**, 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, ecosystems & environment*, 110(3–4), pp.266–278.
- Gars, J., Guerrero, S., Kuhfuss, L. and Lankoski, J.**, 2024. Do farmers prefer result-based, hybrid or practice-based agri-environmental schemes? *European Review of Agricultural Economics*, 51(3), pp.644–689.
- Gao, T., Hedblom, M., Emilsson, T. and Nielsen, A.B.**, 2014. The role of forest stand structure as biodiversity indicator. *Forest Ecology and Management*, 330, pp.82–93.
- Griffin, R.C. and Bromley, D.W.**, 1982. Agricultural Runoff as a Nonpoint Externality: A Theoretical Development. *American Journal of Agricultural Economics* 64, pp.547–552.
- Heckrath, G., Bechmann, M., Ekholm, P., Ulén, B., Djodjic, F. and Andersen, H.E.**, 2008. Review of indexing tools for identifying high risk areas of phosphorus loss in Nordic catchments. *Journal of Hydrology*, 349(1–2), pp.68–87.
- Herzon, I., Birge, T., Allen, B., Povellato, A., Vanni, F., Hart, K., Radley, G., Tucker, G., Keenleyside, C., Oppermann, R. and Underwood, E.**, 2018. Time to look for evidence: Results-based approach to biodiversity conservation on farmland in Europe. *Land use policy*, 71, pp.347–354.
- Hiedanpää, J. and Borgström, S.**, 2014. Why do some institutional arrangements succeed? Voluntary protection of forest biodiversity in Southwestern Finland and of the Golden Eagle in Finnish Lapland. *Nature Conservation*, 7, pp.29–50.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. and Liukko, U.-M. (toim.)**, 2019. Suomen lajien uhanalaisuus 2019. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/items/zec69a48-d943-488c-927f-19bbf9f92cb5> (viitattu 3.12.2024).
- Jutras-Perreault, M.C., Næsset, E., Gobakken, T. and Ørka, H.O.**, 2023. Detecting the presence of standing dead trees using airborne laser scanning and optical data. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 38(4), pp.208–220.
- Keeley, A.T., Basson, G., Cameron, D.R., Heller, N.E., Huber, P.R., Schloss, C.A., Thorne, J.H. and Merenlender, A.M.**, 2018. Making habitat connectivity a reality. *Conservation Biology*, 32(6), pp.1221–1232.
- Keeley, A.T., Beier, P. and Jenness, J.S.**, 2021. Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation*, 255, p.109008.
- Keenleyside, C., Radley, G., Underwood, E., Hart, K., Allen, B. and Menadue, H.**, 2014. Results-based Payments for Biodiversity Guidance Handbook: Designing and implementing results-based agri-environment schemes 2014–20. Prepared for the European Commission, DG Environment, Contract No ENV.B.2/ETU/2013/0046, Institute for European Environmental Policy, London. Saatavilla: <https://www.rbpnetwork.eu/media/rbaps-handbook.pdf> (viitattu 18.10.2024).
- Koskela, T. and Karppinen, H.**, 2021. Forest owners' willingness to implement measures to safeguard biodiversity: values, attitudes, ecological worldview and forest ownership objectives. *Small-scale Forestry*, 20(1), pp.11–37.
- Kuuluvainen, T.**, 2002. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. *Silva fennica*, 36(1), pp.97–125.

- Lankoski, J. and Ollikainen, M.**, 2013. Maatalouden ravinteiden huuhtoutumisen hallintaan tähtäävien politiikkojen biotaloudellinen arviointi. *European Review of Agricultural Economics*, 40(2), pp.293–316.
- Laturi, J., Aalto, L., Forsman-Hugg, S., Horne, P., Laine, A., Kinnunen, P., Korhonen, O., Kujala, P., Noro, K., Mäntylä, I. and Valonen, M.**, 2023. Vapaaehtoiset hiilimarkkinat maankäyttösektorilla – kehitys, kysyntä ja toimenpiteet Suomessa. PTT raportteja 285. Saatavilla <https://www.ptt.fi/wp-content/uploads/2023/05/PTTTrap285.pdf> (viitattu 3.12.2024).
- Lång, K., Hakola, S., Iho, A., Kekkonen, H., Miettinen, A., Niskanen, O., Ojanen, H. and Wejberg, H.**, 2023. Turvepeltojen kosteikko-ohjelma: Ehdotus kosteikkoviljelyyn varatun rahoituksen käytöstä vuosina 2023–2025. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2023. Luke. Saatavilla <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/553135> (viitattu 4.12.2024).
- Massa, C.A., Yoldi, U.I., Gartzandia, A.B., Rodríguez, F.L., Ventura, D.C. and Solanas, M.R.**, 2017. RBAPS in Navarra (Spain): scoring and payment procedure in agro-Mediterranean systems. Presentation at the International workshop on High Nature Value Farmlands (HNFS). Saatavilla [https://www.researchgate.net/publication/340448668\\_RBAPS\\_in\\_Navarra\\_Spain\\_scoring\\_and\\_payment\\_procedure\\_in\\_agro-Mediterranean\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/340448668_RBAPS_in_Navarra_Spain_scoring_and_payment_procedure_in_agro-Mediterranean_systems) (viitattu 4.12.2024).
- Massfeller, A., Meraner, M., Hüttel, S. and Uehleke, R.**, 2022. Farmers' acceptance of results-based agri-environmental schemes: A German perspective. *Land Use Policy*, 120, p.106281.
- McDowell, R., Kleinman, P.J., Haygarth, P., McGrath, J.M., Smith, D., Heathwaite, L., Iho, A., Schoumans, O. and Nash, D.**, 2024. A review of the development and implementation of the critical source area concept: A reflection of Andrew Sharpley's role in improving water quality. *Journal of Environmental Quality*.
- Myyrä, S., Ketoja, E., Yli-Halla, M. and Pietola, K.**, 2005. Land improvements under land tenure insecurity: The case of pH and phosphate in Finland. *Land economics*, 81(4), pp.557–569.
- Nash, D.M., McDowell, R.W., Kleinman, P. J. A., Moore, P.A., Duncan, J. M., Haygarth, P. M., Smith, D. R. and Iho, A.**, 2024. A conceptual model for dissolved phosphorus mobilization from legacy sources. Forthcoming in *Journal of Environmental Quality*, pp.1–20.
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Hellsten, S., Marttila, H., Piirainen, S., Sallantausta, T. and Lepistö, A.**, 2018. Increasing and decreasing nitrogen and phosphorus trends in runoff from drained peatland forests—is there a legacy effect of drainage or not? *Water, Air, & Soil Pollution*, 229, pp.1–10.
- Noss, R.F.**, 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4(4), pp.355–364.
- Nuuttila, O.**, 2023. Assessing Current Biodiversity Status (CBS) from remote sensing data in boreal forests. Master's thesis, Master's Programme in Geoinformatics. Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/c8fda892-1795-4a5b-a8ac-fcc464f2c1e2/content> (viitattu 20.11.2024).
- OECD**, 2022. Making Agri-Environmental Payments More Cost Effective, OECD Publishing, Paris. Saatavilla: <https://doi.org/10.1787/4cf10d76-en> (viitattu 3.10.2024).
- Oettel, J. and Lapin, K.**, 2021. Linking forest management and biodiversity indicators to strengthen sustainable forest management in Europe. *Ecological Indicators*, 122, p.107275.
- Overy, P., Moran, J., Crushell, P., Lally, H. and Byrne, D.**, 2024. Assessing watercourse quality using results-based indicators in an agri-environment scheme. *Journal of Environmental Management*, 357, p.120716.
- Pagiola, S., Arcenas, A. and Platias, G.**, 2005. Voivatko ympäristöpalveluista maksettavat maksut auttaa vähentämään köyhyyttä? Latinalaisen Amerikan tähänastisten kysymysten ja todisteiden tarkastelu. *World Development*, 33(2), 237–253.
- Parkhurst, G.M., Shogren, J.F., Bastian, C., Kivi, P., Donner, J. and Smith, R.B.**, 2002. Agglomeration bonus: an incentive mechanism to reunite fragmented habitat for biodiversity conservation. *Ecological economics*, 41(2), pp.305–328.
- Peltovuori, T.**, 1999. Precision of commercial soil testing practice for phosphorus fertilizer recommendations in Finland. *Agricultural and Food Science in Finland*. Vol 8: 299–308.
- Pesonen, A., Maltamo, M., Eerikäinen, K. and Packalén, P.**, 2008. Airborne laser scanning-based prediction of coarse woody debris volumes in a conservation area. *Forest Ecology and Management*, 255(8–9), pp.3288–3296.
- Pietsch, M.**, 2018. Contribution of connectivity metrics to the assessment of biodiversity—Some methodological considerations to improve landscape planning. *Ecological Indicators*, 94, pp.116–127.
- Pote, D.H., Daniel, T.C., Moore Jr, P.A., Nichols, D.J., Sharpley, A.N. and Edwards, D.R.**, 1996. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. *Soil Science Society of America Journal*, 60(3), pp.855–859.
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiaho, J., Linjama, J., Niinioja, R. and Tattari, S.**, 2010. VIHMA—A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 138(3–4), pp.306–317.
- Ramirez-Avila, J.J., Radcliffe, D.E., Osmond, D., Bolster, C., Sharpley, A., Ortega-Achury, S.L., Forsberg, A. and Oldham, J.L.**, 2017. Evaluation of the APEX model to simulate runoff quality from agricultural fields in the southern region of the United States. *Journal of Environmental Quality*, 46(6), pp.1357–1364.
- Russi, D., Margue, H., Oppermann, R. and Keenleyside, C.**, 2016. Result-based agri-environment measures: Market-based instruments, incentives or rewards? The case of Baden-Württemberg. *Land Use Policy*, 54, pp.69–77.
- Sarkkola, S., Nieminen, M. and Piirainen, S.**, 2022. Vesistökuormitus metsätaloudessa—Uusia kuormitusmittareita Kansallisen metsästrategian seurantaan: Asiantuntijaselvitys. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 96/2022. Luke. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/552677> (viitattu 3.12.2024).
- Schelfhout, S., De Schrijver, A., Vanhellemont, M., Vangansbeke, P., Wasof, S., Perring, M.P., Haesaert, G., Verheyen, K. and Mertens, J.**, 2019. Phytomining to re-establish phosphorus-poor soil conditions for nature restoration on former agricultural land. *Plant and Soil*, 440, pp.233–246.
- Sharpley, A.N., Weld, J.L., Beegle, D.B., Kleinman, P.J., Gburek, W.J., Moore, P.A. and Mullins, G.**, 2003. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 58(3), pp.137–152.
- Sharpley, A.N., Kleinman, P.J. and Weld, J.L.**, 2008. Environmental soil phosphorus indices. Soil sampling and methods of analysis, pp.141–159.
- Sharpley, A., Kleinman, P., Baffaut, C., Beegle, D., Bolster, C., Collick, A., Easton, Z., Lory, J., Nelson, N., Osmond, D. and Radcliffe, D.**, 2017. Evaluation of phosphorus site assessment tools: Lessons from the USA. *Journal of environmental quality*, 46(6), pp.1250–1256.
- Sverdrup-Thygeson, A., Lindenmayer, D.B.**, 2003. Ecological continuity and assumed indicator fungi in boreal forest: the importance of the landscape matrix. *For. Ecol. Manage.* 174, 353–363.

- Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Valkama, E., Ketoja, E., Vaahtoranta, A., Virkajärvi, P., Grönroos, J., Lemola, R., Ylivainio, K., Rasa, K. and Turtola, E.,** 2016. A simple dynamic model of soil test phosphorus responses to phosphorus balances. *Journal of environmental quality*, 45(3), pp.977–983.
- Uusitalo, R. and Jansson, H.,** 2002. Dissolved reactive phosphorus in runoff assessed by soil extraction with an acetate buffer. *Agricultural and Food Science in Finland*, 11, pp.343–353.
- Uusitalo, R., Lemola, R., Šuštar, M., Kurkilahti, M., Kaseva, J. and Turtola, E.,** 2024. Strategic tillage of no-till decreased surface and subsurface losses of dissolved phosphorus. *Journal of Environmental Quality*, 53(5), pp.657–668.
- Vesi.fi** 2022. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: <https://www.vesi.fi/vesitieto/yhdyskuntajatevesien-aiheuttamavesistokuormitus/> (viitattu 30.8.2024).
- World Bank,** 2021. Assessment of Innovative Technologies and Their Readiness for Remote Sensing-Based Estimation of Forest Carbon Stocks and Dynamics. Saatavilla: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/6ffdb3bf-53df-598f-9235-3c35559702dd> (viitattu 12.12.2024).
- Vuorinen, J. and Mäkitie, O.** 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63.





Maa- ja metsätalousministeriö  
Jord- och skogsbruksministeriet  
Ministry of Agriculture and Forestry