

# Ympäristön tilan seurannan strategia 2030

Ympäristöministeriön julkaisuja  
2022:28



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet

Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:28

# Ympäristön tilan seurannan strategia 2030

Ympäristön tilan seurannan strategian päivityksen koordinaatioryhmä

Ympäristöministeriö Helsinki 2022

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](http://vnjulkaisumyynti.fi)

Ympäristöministeriö

CC BY-SA 4.0

ISBN pdf: 978-952-361-207-5

ISSN pdf: 2490-1024

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2022

## Ympäristön tilan seurannan strategia 2030

<b>Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:28</b>		<b>Teema</b>	Ympäristönsuojelu
<b>Julkaisija</b>	Ympäristöministeriö		
<b>Yhteisötekijä</b>	Ympäristön tilan seurannan strategian päivityksen koordinaatioryhmä		
<b>Kieli</b>	Suomi	<b>Sivumäärä</b>	114

### Tiivistelmä

Ympäristön tilan seurannan strategia 2030 jatkaa ympäristöministeriön vuonna 2003 aloittamaa ympäristöseurantojen arviointi-, kehittämis- ja uudistamisprosessia. Strategiatyön keskeinen tavoite on määritellä toimintamallit, joiden avulla voidaan kustannustehokkaasti tuottaa luotettavaa ympäristötietoa tukemaan päätöksentekoa, edistämään kestävän kehityksen tavoitteita ja täyttämään kansainvälisten ympäristösopimusten edellyttämiä sitoumuksia. Seurannan tulee vastata eri käyttäjäryhmien tarpeisiin ja tuottaa luotettavan kuvan Suomen ympäristön tilasta.

Strategian uudistamiseen koottiin koordinaatioryhmä keskeisten ympäristöseurantaa toteuttavien organisaatioiden edustajista. Ryhmä toi työhön maamme parhaan asiantuntemuksen ja sitoutti toteutukseen myös laajemmin edustamansa organisaation asiantuntemusta. Koordinaatioryhmä määritteli myös uuden strategian toteuttamiseen tarvittavan toimenpideohjelman rakennetta ja toimintatapoja.

Strategialla on viisi päätavoitetta:

- 1) Lisätään ja sujuvoitetaan ympäristöseurannan yhteistyötä ja ympäristödatan hyödynystä,
- 2) Kehitetään ja otetaan käyttöön uusia seurantamenetelmiä,
- 3) Automatisoidaan seurantatiedon keräys, analysointi ja tiedon välitys,
- 4) Sopeutetaan seuranta vastaamaan nopeasti muuttuviin ympäristöpaineisiin ja ilmiöihin ja
- 5) Kehitetään tiedonhallinnan rakenteita ja toimintatapoja ja varmistetaan tiedon mahdollisimman vapaa saatavuus kaikille käyttäjäryhmille. Strategian toteutusta arvioidaan ja muokataan säännöllisesti alkaneen strategiakauden aikana.

**Asiasanat** seuranta, strategiat, ympäristön tila, ympäristönmuutokset, ympäristönsuojelu

<b>ISBN PDF</b>	978-952-361-207-5	<b>ISSN PDF</b>	2490-1024
<b>Asianumero</b>		<b>Hankenumero</b>	VN/21251/2020

**Julkaisun osoite** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-207-5>

## Strategi för uppföljning av miljöns tillstånd 2030

---

<b>Miljöministeriets publikationer 2022:28</b>		<b>Tema</b>	Miljövård
<b>Utgivare</b>	Miljöministeriet		
<b>Utarbetad av</b>	Samordningsgruppen för utveckling av miljöuppföljningen		
<b>Språk</b>	Finska	<b>Sidantal</b>	114

---

### Referat

Strategin för uppföljningen av miljöns tillstånd 2030 är en fortsättning på den utvärdering, utveckling och reform av miljöövervakningen som miljöministeriet påbörjade 2003. Strategiarbetets centrala mål är att fastställa kostnadseffektivt verksamhetsmodeller för att stödja beslutsfattandet, främja målen för hållbar utveckling och fullgöra de förbindelser som de internationella miljöavtalen förutsätter. Miljöövervakningen borde tillgodose olika användargrupperns behov och producera en tillförlitlig bild av den finländska miljöns tillstånd.

En koordineringsgrupp med representanter från centrala miljöövervakning organisationer bildades för strategiarbetet. Koordineringsgruppen bidrog till arbetet med den bästa expertisen i landet. För att genomföra arbetet engagerade gruppen även expertisen inom den bredare representationen. Koordineringsgruppen fastställde även den struktur och de handlingsmodeller för åtgärdsprogrammet som behövs för att genomföra den nya strategin.

Strategin har fem huvudmål:

- 1) Samarbetet inom miljöövervakning och användningen av miljödata utökas och görs smidigare,
- 2) Nya övervakningsmetoder bör utvecklas och införas,
- 3) Insamlingen, analyseringen och förmedlingen av övervakningsuppgifter bör automatiseras,
- 4) Övervakningen bör anpassas så att den motsvarar de olika snabbt föränderliga formerna av miljöbelastning,
- 5) För att alla användargrupper ska ha tillgång till informationen bör man se till att strukturerna och handlingsmodellerna för informationshantering utvecklas. Strategins genomförande regelbundet bedömas under strategiperioden.

**Nyckelord** Uppföljning, strategi, miljöns tillstånd, miljövård

---

**ISBN PDF** 978-952-361-207-5

**Ärendenummer**

**ISSN PDF** 2490-1024

**Projektnummer** VN/21251/2020

---

**URN-adress** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-207-5>

---

## Monitoring Strategy of the State of the Environment 2030

---

<b>Publications of the Ministry of the Environment 2022:28</b>		<b>Subject</b>	Environmental protection
<b>Publisher</b>	Ministry of the Environment		
<b>Group author</b>	Co-ordination team for the development of environmental monitoring		
<b>Language</b>	Finnish	<b>Pages</b>	114

---

### Abstract

The Strategy for Environmental Monitoring 2030 continues the systematic development, assessment and renewal of environmental monitoring, launched by the Ministry of the Environment in 2003. The overarching aim of the current strategy work is to create objectives that enable the cost-effective production of monitoring data to support the Sustainable Development Goals (SDGs), environmental decision-making and the fulfilment of obligations of international environmental agreements. The strategic guidelines aim to ensure that the monitoring data responds to information needs of the people and provides a reliable overview of the state of the Finnish environment.

A coordination group with representatives from several organisations was appointed to update the strategy in 2020. The task of the coordination group was to commit the necessary expertise for the work and to guide and support the compilation of the strategy. In addition to updating the strategy, the coordination group also drew up an operational programme for the implementation of the new strategy.

The strategy has five main objectives: 1) Increasing and streamlining cooperation in monitoring and the use of monitoring data, 2) Implementation and mobilisation of new monitoring methods, 3) Automation of the collection, production and distribution of monitoring data, 4) Quick adaptation of monitoring to new environmental challenges and phenomena and 5) Development of infrastructure and the management of data. The progress of the work will be followed and updated several times during the strategy period (2022-2030).

**Keywords** Monitoring, strategy, state of the environment, environmental protection

---

<b>ISBN PDF Reference number</b>	978-952-361-207-5	<b>ISSN PDF Project number</b>	2490-1024 VN/21251/2020
----------------------------------	-------------------	--------------------------------	-------------------------

---

**URN address** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-207-5>

---

# Sisältö

<b>Ympäristöongelmien ratkaiseminen ja kestävyysmurroksen edistäminen edellyttää luotettavaan tietoon perustuvaa vaikuttavuuden arviointia .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Ympäristön tilan seurannan strategian 2030 tavoitteet .....</b>	<b>13</b>
2.1 Yhteistyö tiedontuottajien ja tiedon käyttäjien välillä on sujuvaa ja seurantatietoa hyödynnetään tehokkaammin .....	13
2.2 Uudet seurantamenetelmät ovat rutiinikäytössä .....	14
2.3 Tiedon keräys, tuottaminen ja jakelu on automatisoitu .....	15
2.4 Seuranta on adaptiivista ja huomioi uudet ilmiöt .....	15
2.5 Ympäristöseurannan tuottama tieto on yhteen toimiva, avoin ja saatavilla .....	16
<b>3 Edellisen seurantastrategian linjausten toteutuminen .....</b>	<b>18</b>
<b>4 Toimintaympäristön keskeisimmät muutokset Suomessa 2010–2020 .....</b>	<b>22</b>
4.1 Seurannan toteutus ja toimijat .....	22
4.2 Seurannan infrastruktuurit .....	25
4.3 Kansainväliset ja kansalliset sitoumukset .....	27
4.4 Kestävä kehitys ja globaalit ilmiöt .....	30
<b>5 Kehitysnäkymiä .....</b>	<b>32</b>
5.1 DNA tunnistustekniikat .....	32
5.2 Passiivikeräimet .....	33
5.3 Koneoppiminen .....	34
5.4 Kaukokartoitus .....	35
5.4.1 Satelliittihavainnot .....	35
5.4.2 Droonien käyttö .....	37
5.5 Automaattiset mittarit ja analysointimet .....	37
5.6 Monilähteen datan integrointi (Datafuusio) .....	38
<b>6 Toimenpiteet seurantojen kehittämiseksi .....</b>	<b>40</b>
6.1 Toimenpiteet yhteistyön sujuvoittamiseksi ja seurantatiedon hyödynnettävyyden parantamiseksi .....	40
6.2 Toimenpiteet uusien menetelmien käyttöönottamiseksi .....	40



6.3	Toimenpiteet tiedon keräyksen, tuottamisen ja jakelun automatisoimiseksi .....	41
6.4	Toimenpiteet seurannan adaptiivisuuden ja uusien ilmiöiden huomioimiseksi ....	42
6.5	Toimenpiteet ympäristön seurantoihin liittyvän tietoinfrastruktuurin kehittämiseksi .....	43
<b>7</b>	<b>Uuden ympäristön tilan seurannan strategian toimenpideohjelman kuvaus ja rakenne</b> .....	<b>44</b>
<b>Liitteet</b>	.....	<b>46</b>
	Liite 1: Toimintaympäristössä tapahtuneet muutokset .....	46
	Liite 1.2: Sisävesien seuranta - joet ja järvet .....	50
	Liite 1.3: Pohjavesien seuranta .....	53
	Liite 1.4: Itämeri .....	57
	Liite 1.5: Ilma ja ilmansaasteet .....	62
	Liite 1.6: Meteorologinen seuranta .....	65
	Liite 1.7: Ilmastonmuutos .....	67
	Liite 1.8: Maaperän seuranta .....	72
	Liite 1.9: Haitalliset aineet vesiympäristössä.....	77
	Liite 1.10: Biodiversiteetti- ja ekosysteemiseurannat .....	81
	Liite 1.11: Rakennettu ympäristö ja vähähiilinen rakentaminen .....	88
	Liite 1.12: Jätteseuranta .....	92
	Liite 1.13: Kiertotalous .....	98
	Liite 1.14: Tiedonhallinta .....	102
	Liite 1.15: Tutkimusinfrastruktuurit ympäristöseurannoissa .....	107
<b>Lähteet</b>	.....	<b>109</b>



## **YMPÄRISTÖONGELMIEN RATKAISEMINEN JA KESTÄVYYSMURROKSEN EDISTÄMINEN EDELLYTTÄÄ LUOTETTAVAA TIETOOA PERUSTUVAA VAIKUTTAVUUDEN ARVIOINTIA**

Ympäristötilan seurannan strategia 2030 jatkaa Suomen ympäristöhallinnon pitkäjänteistä työtä luotettavan ympäristötiedon tuottamisen varmistamiseksi. Käyttäjille avoin, kustannustehokas ja ajantasainen tiedon tuotto edellyttää tiedontuottajien kitkatonta yhteistyötä, modernien automatisoitujen seurantamenetelmien kehittämistä ja uusien tiedonhallinnan ja –jakelun sovellusten käyttöönottoa.

Viimeisen vuosikymmenen aikana ympäristömuutosten laajuus ja vakavuus on paljastunut aiemmin luultua suuremmaksi. Muuttunut toimintaympäristö asettaa uusia haasteita myös ympäristöseurannalle, ja tiedon tuotantoa pitää ohjata ja muokata siten, että voimme vastata myös uusiin esiin nousseisiin kysymyksiin ja ohjata korjaavia toimia, kuten kestävyysmurrosta ja vihreää siirtymää. Esimerkiksi biodiversiteetin vähenemisen ja elinympäristöjen pirstoutumisen vaikutusten arviointi ja mallinnus edellyttää uusien molekyylibiologisten lajinmääritysmenetelmien ja satelliiteilla tapahtuvan kaukokartoituksen tehokasta käyttöönottoa. Toisaalta myös perinteiset lajiston ja elinympäristöjen pitkäaikaisseurannat ovat nousseet uuteen arvoon, sillä ne tarjoavat monesti ainoan mahdollisuuden analysoida ja mallintaa asteittain tapahtuvia, ihmisiän mittakaavassa verrattain hitaita ympäristömuutoksia, kuten ilmastonmuutosta ja lajikatoa. Ympäristötiedon tarve kasvaa myös siirryttäessä fossiilitaloudesta uusiutuvaan energiaan perustuviin kiertotalousyhteiskuntiin.

Kaikille käyttäjille avoin ympäristötieto luo uusia mahdollisuuksia myös tutkimukselle, innovaatioille ja esimerkiksi uudenlaisten ympäristöpalveluiden tarjonnalle. Pitkällä tähtäimellä tavoitteena on reaaliaikaisesti päivittyvä, monilähteinen ympäristödata, jota voidaan hyödyntää sääennusteiden tapaan esimerkiksi haitallisten leväkukintojen ja muiden ympäristöhaittojen ennakoinnissa. Tällaista tarkat ennusteet ja skenaariot mahdollistavaa tietopohjaa hyödyntäen voidaan myös sopeutua ajoissa laajempiin yhteiskunnan turvallisuutta ja toimintaa uhkaaviin ympäristömuutoksiin. Lisääntyvä tiedon tarve avaa markkinoita uudelle kaupalliselle toiminnalle mm. kartoitus- ja analyysipalveluiden ja satelliittiteknologian alalla.

Kansainvälinen yhteisö vastaa esiin nousseisiin haasteisiin kunnianhimoisilla globaaleilla ympäristöohjelmilla, jotka tarkastelevat ilmastonmuutosta, luontokatoa, saastumista ja luonnonvarojen käyttöä yhdessä. Kansallisella tasolla nämä ympäristötavoitteet huomioidaan lainsäädännössä, ympäristöpoliittisissa strategioissa ja hallitusohjelmassa, jotka ovat osin vielä kansainvälisiä sopimuksia haastavampia. Ympäristötavoitteiden vaikuttavuuden arviointiin ja tietoon perustuvaan päätöksentekoon tarvitaan luotettavan ympäristötiedon ajantasaista tuotantoa, eri lähteistä saatavan tiedon monipuolista hyödyntämistä ja tulosten nopeaa analysointia ja jakelua.

Marraskuu 2022

Juhani Damski,  
Kansliapäällikkö, Ympäristöministeriö

# 1 Johdanto

Kolmas ympäristön tilan seurannan strategia jatkaa vuonna 2003 ympäristöministeriön (YM) aloittamaa (Ympäristön seurannan strategia, 2003) ja vuonna 2010 jatkettua (Ympäristön tilan seurannan strategia 2020, 2011) ympäristön seurannan suunnitelmallista kehittämis-, arviointi- ja uudistamistyötä.

Strategiatyön tavoitteena on luoda tavoitteita, jotka mahdollistavat seurantatiedon kustannustehokkaan tuottamisen tukemaan kestävän kehityksen tavoitteita, ympäristöön liittyvää päätöksentekoa sekä raportointivelvoitteiden täyttämistä. Seurantatiedolla tarkoitetaan tässä kaikkea julkisen ja yksityisen tahon tuottamaa, toistuvaan mittaustoimintaan perustuvaa ympäristötietoa (kansainväliset ja kansalliset seurannat, tutkimusohjelmat, velvoite- ja päästötarkkailut). Strategisilla linjauksilla pyritään lisäksi varmistamaan, että seurantatieto vastaa kansalaisten tietotarpeisiin ja antaa luotettavan kokonaiskuvan Suomen ympäristön tilasta ja siihen vaikuttavista muutospaineista. Ympäristön seurannan pitää lisäksi vastata viime vuosikymmenen aikana toimintaympäristössä tapahtuneisiin muutoksiin.

YM asetti ympäristön tilan seurannan strategian päivityksen koordinaatioryhmän toimikaudeksi 1.11.2020 – 30.6.2021. Koordinaatioryhmän tehtävänä oli ohjata ja tukea strategiapäivityksen toteuttamista sekä sitouttaa tarvittavat asiantuntijat työn toteutukseen omassa organisaatiossaan.

Koordinaatioryhmän lisäksi seurantoja tekevien organisaatioiden seuranta-asiantuntijoiden ja sidosryhmien osallistuminen on ollut keskeistä onnistuneen päivitysprosessin läpiviemiseksi ja kunnianhimoisen strategian saavuttamiseksi. Edellisen seurantastrategian tavoitteiden toteutumista arvioitiin ja toimintaympäristössä tapahtuneita muutoksia kartoitettiin ympäristön tilan seuranta toteuttavien organisaatioiden asiantuntijoille osoitetun kyselyn avulla vuodenvaihteessa 2020–21. Kysely lähetettiin yli 250 seurannan asiantuntijalle ja vastauksia saatiin 69 asiantuntijalta. Strategian tavoitteita ja niiden toteuttamiseksi vaadittavia toimenpiteitä työstettiin koordinaatioryhmän työpajoissa sekä ryhmän jäsenten fasilitoimissa organisaatiokohtaisissa työpajoissa. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Ympäristötiedon foorumin järjestämiin työpajoihin osallistui yhteensä yli 100 seuranta-asiantuntijaa. Toukokuussa 2021 järjestettiin seurantastrategian sidosryhmätilaisuus, jonka tavoitteena oli esitellä uuden strategian tavoitteita sekä innostaa sidosryhmiä

osallistumaan syksyllä 2021 alkavaan toimenpideohjelmaan. Tilaisuuteen osallistui yli 40 asiantuntijaa yrityksistä, yliopistoista, järjestöistä, liitoista ja yhdistyksistä.

Strategian tavoitteiden ja vaadittavien toimenpiteiden tunnistamisessa hyödynnettiin eri työpajoissa ja tilaisuuksissa syntyneen materiaalin lisäksi myös laajasti sidosryhmien palautteita ja seurantaan toteuttavien organisaatioiden kuvauksia toimintaympäristössä tapahtuneista muutoksista (Liite 1). Tuloksena syntyivät uudet ympäristön tilan seurannan strategiset tavoitteet ja ehdotetut toimenpiteet vuoteen 2030, jotka huomioivat seurannan tulevat kehitystarpeet.

Koordinaatioryhmän kokoonpano:

- Puheenjohtaja Tanja Suni, tutkimusjohtaja, YM
- Koordinaattori Kristian Meissner, johtaja, SYKE
- Sihteeri Elise Järvenpää, erikoissuunnittelija, SYKE

Jäsenet:

- Teemu Seppä, kansainvälisten asiain neuvos, maa- ja metsätalousministeriö (MMM)
- Eero Pehkonen, neuvotteleva virkamies, MMM
- Juha Lahtela, neuvotteleva virkamies, YM
- Kari Lehtinen, johtaja, ELY-keskus
- Mari Rajala, johtaja, ELY-keskus
- Sanna-Riikka Saarela, ryhmäpäällikkö, SYKE
- Saku Anttila, kehittämispäällikkö, SYKE
- Leena Finér, professori, Luonnonvarakeskus (LUKE)
- Sakari Sarkkola, tutkija, Luonnonvarakeskus (LUKE)
- Hannele Hakola, tutkimusprofessori, Ilmatieteen laitos (IL)
- Päivi Meriläinen, erikoistutkija, Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos (THL)
- Jaana Jarva, johtava asiantuntija, Geologian tutkimuskeskus (GTK)
- Jouni Pihlaja, yksikön päällikkö, GTK
- Aino Juslén, johtaja, Luonnontieteellinen keskusmuseo (Luomus)
- Jari Valkama, intendentti, Luomus
- Santtu Kareksela, erikoissuunnittelija, Metsähallitus
- Antti Otsamo, kestävän kehityksen päällikkö, Metsähallitus
- Juha Hyyppä, osastonjohtaja, Maanmittauslaitos (MML)
- Sanna Kaasalainen, johtaja, Maanmittauslaitos (MML)
- Sanna Marttinen, toiminnanjohtaja, TULANET

Koordinaatioryhmän pysyvänä asiantuntijana toimi ympäristöseurantojen koordinoinnista ympäristöministeriössä vastaava neuvotteleva virkamies Petri Liljaniemi. Lisäksi ryhmän työtä tukivat toiminnanjohtaja Outi Silfverberg ja koordinaattori Marja Järvenpää Ympäristötiedon foorumista.

Seurantastrategian päivittäminen pohjautuu edellisen strategian tavoitteiden ja seurantojen lisäksi ympäristöministeriön vuoteen 2030 ulottuvan strategian vaikuttavuustavoitteisiin (Ympäristöministeriö, 2018). Tulevan seurantastrategiakauden keskeiset tavoitteet tunnistettiin yhteistyössä ympäristön tilan seurantaan toteuttavien organisaatioiden seuranta-asiantuntijoiden ja ympäristön tilan seurannan strategian päivityksen koordinaatioryhmän jäsenten kanssa. Jokaiselle päätavoitteelle tunnistettiin joukko alatavoitteita ja muutostarpeita, joita käsiteltiin myös yhdessä sidosryhmien kanssa. Seuraavassa esitellään tarkemmin viisi keskeistä tavoitetta. Myöhemmissä luvuissa kuvataan tavoitteiden määrittelyn taustat sekä toimenpiteet, joilla asetetut tavoitteet pyritään saavuttamaan.

## 2 Ympäristön tilan seurannan strategian 2030 tavoitteet

### 2.1 Yhteistyö tiedontuottajien ja tiedon käyttäjien välillä on sujuvaa ja seurantatietoa hyödynnetään tehokkaammin

- Laajennetaan kansallista ja kansainvälistä seurantayhteistyötä menetelmien, seurantamuuttujien ja tiedonhallinnan harmonisointi ja integrointi huomioiden.
- Eri seurantatoimijoiden ja –ohjelmien väliset synergiat tunnustetaan ja hyödynnetään.
- Tiedonvälitystä parannetaan ja yhteistyötä syvennetään tiedontuottajien ja -käyttäjien välillä.
- Seurantakoordinaatiota ja tietojärjestelmiä kehitetään tiedon tuottajien ja käyttäjien yhteistyönä paremman kokonaiskuvan saamiseksi ympäristön tilasta.
- Strategian ensimmäisen tavoite on kehittää yhteistyötä seurannan prosessien sekä tiedontuottajien ja -käyttäjien välillä.

Tavoitteena on myös tuottaa kattavampi kokonaiskuva ympäristön tilasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä sekä parantaa seurantojen yhteistyötä ja synergioita esim. ympäristö- ja luonnonvaraseurantojen välillä. Seurantatietoa tuottavien organisaatioiden sisäistä ja niiden välistä tiedonvaihtoa seurannoista on systemaattisesti parannettava, jotta eri seurantaohjelmien välisiä synergioita voidaan hyödyntää entistä paremmin poikkihallinnollisesti mm. ajankohtaisten ilmiöiden seuraamisessa. Seurantajärjestelmien sekä seurantatuloksien yhteiskäyttöä ja yhteismitallisuutta voidaan parantaa yhteiskehittämällä tietojärjestelmiä ja käyttämällä yhteisiä standardeja ja vertailumittauksia. Tämä kuitenkin edellyttää mm. eri tiedontuottajien tulkintojen yhdistämistä tiedoista, jotka suorasti tai epäsuorasti riittävät tunnistamaan yksittäisiä henkilöitä tai havaintoryppäitä. Kansainvälisen yhteistyön vahvistamisella on tiedontuotannossa ja tietojen vaihdossa sekä tietojen käytettävyydessä keskeinen rooli. Tätä edistäisi suomalaisten toimijoiden entistä aktiivisempi ja koordinoitumpi toiminta kansainvälisissä järjestöissä, hankkeissa ja tutkimusinfrastruktuureissa.

Seurantaa toteuttavien organisaatioiden välisen yhteistyön parantamisen lisäksi tarvitaan tiedonkäyttäjien kanssa tiiviimpää yhteistyötä tiedon käytettävyyden parantamiseksi

ja päätöksenteon pohjaksi puuttuvan tiedon tuottamiseksi. Myös tiedonkäyttäjien pääsyä seurantatietoon tulee parantaa. Seurantatietoa ei nykyisin aina pystytä tuottamaan oikea-aikaisesti tiedontarvitsijoille. Myös tutkimuksessa syntyvä, ennustamisen mahdollistava tieto pitäisi ketterämmin liittää osaksi seurantoja. Tämä korostaa ennakoivan tiedon tuottamisen tarpeen, tiiviimmän tutkimuksen ja seurannan välisen yhteistyön ja oikea-aikaisen, kohdennetun viestinnän merkitystä.

Kehittämistyössä on huomioitava erityisesti seurannan toteuttajaorganisaatioiden ulkopuolisten tahojen, kansalaisten, kansalaisjärjestöjen, yliopistojen ja yritysten erilaiset lähtötasot ja valmiudet tiedon tuottamiseen ja käyttämiseen. Seurannan ulkopuolisten tahojen (kuten esim. kuten ICOS, eLTER, INAR, AnaEE, ACTRIS ja FINMARI) tuottamaa tietoa tulee tulevaisuudessa käyttää entistä enemmän lisätiedon lähteenä mm. ilmiöiden vaikutuksia ympäristön tilaan arvioitaessa. Tiedonvälityksen tulee olla jatkuvaa vuoropuhelua tiedon tuottajien ja käyttäjien välillä.

## 2.2 Uudet seurantamenetelmät ovat rutiinikäytössä

- Seurantaa ja seurannassa käytettyjä menetelmiä uudistetaan pitkäjänteisesti ja systemaattisesti samalla turvaten niiden korkea laatu.
- Uusien menetelmien hyväksyttävyyttä, parhaiden käytäntöjen kehittämistä ja standardointia edistetään aktiivisella kansainvälisellä yhteistyöllä.
- Uusien menetelmien käyttöönottoa edistetään kehittämällä prosesseja, laadunvarmennusta ja kriteerejä käyttöönotolle (kansallisena ja kansainvälisenä yhteistyönä).

Strategian toisena tavoitteena on uudistaa seurantaa ja seurannassa käytettyjä menetelmiä pitkäjänteisesti ja systemaattisesti samalla turvaten niiden korkea laatu ja riittävä kattavuus. Nykyinen seuranta perustuu monilta osin hyvin perinteisiin toteutus- ja toimintatapoihin. Tämä on osin perusteltua seurannan keskeisten aikasarjojen jatkamiseksi, mutta voi muodostaa myös esteen vaihtoehtoisten tai tehokkaimpien seurantamenetelmien tai toteutustapojen käyttöönotolle ja nopean teknologisen kehityksen hyödyntämiselle.

Uusien menetelmien käyttöönoton tulee perustua hyvin perusteltuihin päätöksiin ja läpinäkyviin prosesseihin. Seurantavelvoitteita sisältävän lainsäädännön kehitys on huomioitava; lait ja direktiivit heijastavat säädösaikansa teknistä kehitystä ja vakiintuneita käytäntöjä, ja saattavat pahimmillaan estää potentiaalisten uusien menetelmien käyttöönoton. Suomi kuuluu seurannan kehittämisessä usein kansainväliseen kärkeen ja lainsäädännön kehittäminen sekä toteutusohjeiden päivittäminen tulee rakentaa kansainväliselle yhteistyölle.



## 2.3 Tiedon keräys, tuottaminen ja jakelu on automatisoitu

- Tiedon keräämistä, jalostamista ja käytettävyyttä parannetaan prosessien automatisoinnilla.
- Seurannan koordinointia, datan monikäyttöisyyttä ja kykyä vastata uusiin tietovaatimuksiin kehitetään.
- Innovatiiviset uudet menetelmät ja mahdollisuudet otetaan käyttöön koko tiedon arvoketjussa.

Strategian kolmas tavoite on seurantatiedon prosessiketjujen automatisointi. Automatisointi edellyttää onnistumista tavoitteessa kehittää yhteistyötä seurannan prosessien sujuvoittamiseksi (kts kpl 5.1) ja seurantatiedon hallinnan suunnitelmallista kehittämistä eri toimijoiden välisellä yhteistyöllä. Automatisointi tarvitsee lisäksi sitä tukevan tietoinfrastruktuurin kehittämistä ja olemassa olevan tietoinfrastruktuurin modernisointia. Laadunvarmennuksen automatisointiin ja reaaliaikaisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä seurantatiedon määrän kasvaessa rutiininomaiset asiantuntijatarkastukset eivät tule riittämään seurantatiedon laadun ja luotettavuuden takaamiseksi.

Tulevaisuudessa lähes reaaliaikaisen ja usein päivittyvän seurantatiedon tarve ja käyttö tulevat voimakkaasti yleistymään. Datan käyttötarpeet voivat lisäksi muuttua lähivuosina ja ympäristödatan helpon toisiokäytön varmistaminen ja uusien tietovaatimusten täyttäminen tulevat olemaan keskeisiä tekijöitä ympäristön tilan seurannan tavoitteiden saavuttamisessa. Keskeinen edellytys tässä yhteydessä on mm. metatietorakenteiden ja -sanastojen parantaminen, yhtenäistäminen ja käyttö.

## 2.4 Seuranta on adaptiivista ja huomioi uudet ilmiöt

- Uusia tietolähteitä ja tiedontuottajia kuten eurooppalaisia ja kansallisia tutkimusinfrastruktuureita hyödynnetään monipuolisemmin ja innovatiivisesti.
- Adaptiivisuutta, reaaliaikaisuutta ja ennakoivaa tiedontuotantoa tukevaa datainfrastruktuuria kehitetään.
- Erilaisten ilmiöiden seurantarave huomioidaan systemaattisesti seurantojen kehittämisessä ja suuntaamisessa.

Seurantastrategian neljäs tavoite painottaa seurannan sopeutuvuutta ja joustavaa kykyä vastata seurannalle asetettuihin uusiin sisällöllisiin tai menetelmällisiin vaatimuksiin. Seurannan adaptiivisuus edellyttää lisätietolähteiden kuten esimerkiksi tutkimusinfrastruktuurien käyttöä, joiden avulla voidaan tunnistaa luotettavasti, varsinaisesta seuranta-kehiksestä riippumatta, myös poikkeavia tapahtumia seurantakohteissa. Lisätietoa voivat tuottaa mm. täysin uudet toimijat tai satelliittihavainnoista tehdyt automaattiset

muutosanalyysit, joiden perusteella kohteeseen voidaan staattisista seurantasuunnitelmista poiketen kohdentaa lisää seurantaa. Lisätietoa voi käyttää myös harventamaan seurantakohteiden seurantaväliä, mikäli lisätietolähde ei ilmennä mitään muutosta aiempaan ja seurantapisteen olosuhteissa ei aputietojen perusteella ole muuttuneet. Ymmärryksen lisääminen uusista ilmiöistä, ja niiden huomioon ottaminen seurannassa vaatii myös monialaista ja poikkihallinnollista keskustelua, tiedonvaihtoa ja yhteiskehittämistä.

Ilmiöiden tutkimisessa ja seurannassa lisätiedolla voi olla suuri rooli. Satelliittiaineistot ja intensiivisesti vedenlaatua mittaavat mittausasemat tarjoavat uusia keinoja mm. ilmastonmuutoksen seurauksena tapahtuvan vesien tummumisen/ruskettumisen, arktisen vihertymisen ja Itämeren happamoitumisen seurantaan. Tutkimusinfrastruktuurit tuottavat harmonisoituja pitkäaikaisaineistoja esimerkiksi ilmanlaadusta ja metsien ja ilmakehän vuorovaikutuksista (ICOS) tai meren fysikaalisista, kemiallisista ja biologisista ominaisuuksista koko vesipatsaasta eli pintakerroksesta pohjaan (FINMARI). Suuri osa sidosryhmien omistamasta ”harmaasta” lisätiedosta kuten yritysten keräämä lisätieto, jää nykyisin hyödyntämättä, vaikka se voisi olennaisesti parantaa seurannan ajallista ja alueellista kattavuutta erityisesti ilmiöiden osalta. Tavoitteena on seuraavan strategiakauden aikana edistää sekä täysin uuden, että sidosryhmien omistaman lisätiedon käyttöä seurannan ja tutkimuksen tukena

## 2.5 Ympäristöseurannan tuottama tieto on yhteen toimiva, avoin ja saatavilla

- Yhteistyötä eri seurantatietoa hallitsevien ja tarjoavien toimijoiden välillä kehitetään.
- Luodaan tilannekuva ympäristöseurantaan liittyvien toimijoiden, toimintojen, tietojen ja tietojärjestelmien tilanteesta.
- Tunnistetaan tärkeimmät kehittämistarpeet seurantojen tuottaman tiedon laadun määrittämiseen.
- Seurantatiedon hallinnassa huomioidaan kasvavat tiedonhallinnan tietoturva ja -suoja vaatimukset.

Viides tavoite painottaa eri ympäristön seurantoihin liittyvien tietojärjestelmien ja aineistojen yhteentoimivuuden, avoimuuden sekä saatavuuden kehittämistä. Seurantoihin liittyviä tietojärjestelmiä ja aineistoja hallinnoi usea eri toimia Suomessa ja tiedonhallintaan liittyvää kokonaiskuva on vielä hajanainen. Ympäristöseurantojen kehittäminen aiheuttaa muutos- ja kehittämistarpeita myös tietovarannoille ja tietojärjestelmille.

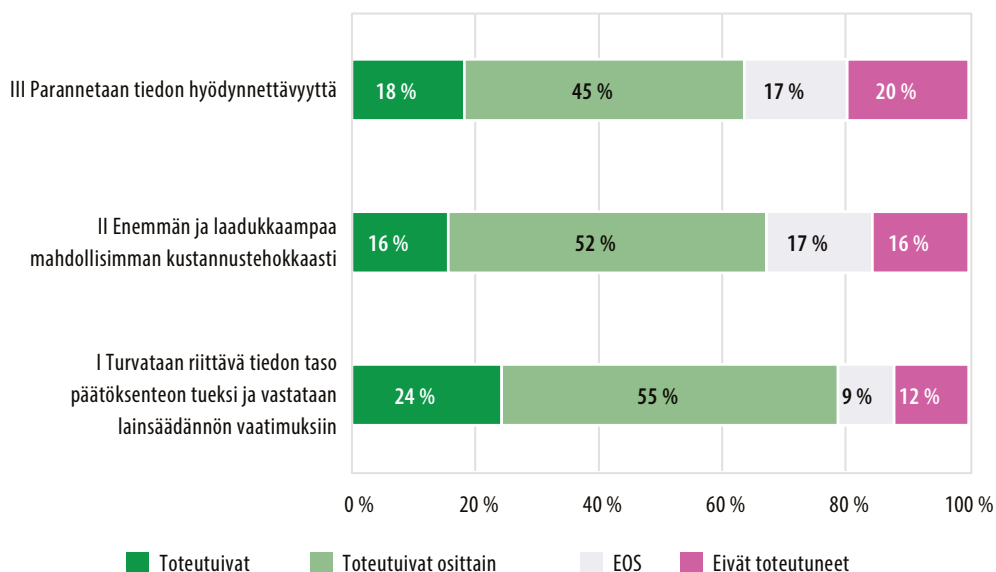
Kehittämiskohteiden identifioimiseksi tulee määrittää ympäristöseurantatiedon tiedonhallinta kokonaisuuden nykytilanne sekä asettaa tiedonhallinnalla eri toimijoiden yhteinen tavoitetila. Näiden kuvausten pohjalta luodaan kehittämisen tiekartta kustannusarvioineen.

Tunnistettuja tietojärjestelmiin liittyviä kehittämistarpeita seuraavalla strategiakaudella liittyy mm. tiedon avoimuuteen, käyttöoikeuksiin, seurantatiedon laadun merkitsemiseen ja laatutiedon löydettävyyden parantamiseen. Tietojärjestelmien ja tietovarantojen kehittämisessä tulee huomioida myös kasvavat tietoturva- ja henkilötietojen käsittelyyn liittyvät tietosuojavaatimukset entistä enemmän.

### 3 Edellisen seurantastrategian linjausten toteutuminen

Ympäristöministeriö asetti vuonna 2013 MONITOR2020-ohjelman toteuttamaan edellistä seurantastrategiaa. MONITOR2020-ohjelman strategiset tavoitteet olivat: 1) Turvataan riittävä tiedon taso päätöksenteon tueksi ja vastataan lainsäädännön vaatimuksiin, 2) Enemmän ja laadukkaampaa mahdollisimman kustannustehokkaasti ympäristön tilan seurantojen koko tuotantoketjussa sekä 3) Parannetaan tiedon hyödynnettävyyttä. MONITOR2020-ohjelman väliarvioinnissa 2015 todettiin ohjelman onnistuneen hyvin mm. seurannan tuottavuuden ja taloudellisuuden parantamisessa. Ohjelma ei kuitenkaan pysynyt saavuttamaan kaikkia sille asetettuja tavoitteita osoitettujen resurssien puitteissa (YM3/065/2015). Edellisen seurantastrategian tavoitteiden toteutumista arvioitiin uudelleen vuonna 2020 ympäristön tilan seurantaan toteuttavien organisaatioiden asiantuntijoille osoitetun kyselyn avulla. Valtaosa asiantuntijoista arvioi tavoitteiden toteutuneen ainakin osittain (Kuvio 1).

**Kuvio 1.** Asiantuntijoiden (n=64 tai 66) arvio edellisen ympäristön tilan seurantastrategian tavoitteiden toteutumisesta toteutumishajelmakaudella 2011–2020 (EOS: en osaa sanoa).



Riittävän tiedon tason turvaamisen koettiin kyselyvastauksissa yleisesti toteutuneen osittain tai jopa hyvin. Mutta esimerkiksi pohjaveden haitallisten aineiden seurannan todettiin edenneen vain vähän suurten kustannusten takia. Samoin uusien ilmiöiden, kuten ilmastonmuutoksen, lajikadon ja vieraslajien vaikutuksia ei vastaajien mielestä seurattu riittävästi.

Seurantastrategian ensimmäinen tavoite jäi vajaaksi myös maa- ja metsätalouden vaikutusten seurannan osalta. Maa- ja Metsätalouden vaikutusten seuranta (MAAMET) ja Metsätalouden vesistövaikutusten seuranta saatiin vakiinnutettua osaksi kansallista seurantaa, mutta seurannan kattavuus ja edustavuus koetaan edelleen riittämättömäksi. Riittävän tiedon tason ei katsottu myöskään toteutuvan läheskään kaikkien meriseurannan osa-alueiden osalta. Meriseurannan puutteita täydennettiin strategiakauden lopulla uudistetussa merienhoidon seurantaohjelmassa, mutta sen toteutus on vasta alkamassa.

Vesienhoidon edellyttämää pintavesien seurantaa jouduttiin julkishallinnon säästöpainneiden takia supistamaan vuonna 2015. Samalla tiedon tuotannossa siirryttiin ulkoistettuun toimintamalliin (ks. kpl 4.1). Tämä johti vastaajien mielestä vähäisempään tietoon vesimuodostumista (oman maastotyön vaihtuminen ostopalveluun vähensi liikkumavaraa seurannan alueellisessa ohjaamisessa ja seurantaohjelman ulkopuolisen tarkkailun toteuttamisessa), mutta ulkoistuksen myötä saavutettiin myös mittavat vuosittaiset säästöt, jotka voitiin allokoida muuhun ympäristöseurannan vaatimaan toimintaan. Saavutetut säästöt kohdennettiin pääosin seurantamenetelmien kehittämishankkeisiin ja tietojärjestelmien uudistamiseen. Tietojärjestelmien uudistamisen katsottiin olevan kaukokartoituksen kehittämisen ja havainnoinnin automatisoinnin ohella edellisen seurantastrategian selkeimpiä edistysaskelia, mutta työn todettiin olevan kesken ja vaativan lisäresursointia.

Vuoden 2010 seurantastrategiassa tavoitteena oli seurantojen täydentäminen kansallisen lainsäädännön ja kansainvälisten sopimusten vaatimusten mukaisiksi hyödyntämällä uusia teknologioita. Strategiakauden onnistumisena pidettiin satelliittimittausten ja kaukokartoituksen käyttöä ympäristöseurannan alueellisen kattavuuden parantamiseksi, mikä on tukenut erityisesti vedenlaatusovelluksia ja maanpintamittauksia. SYKEN kehittämää vedenlaadun kaukokartoitussovellusta käytettiin ensimmäistä kertaa vesienhoidon ekologisen tilan arvioinnin tausta-aineistona vuoden 2019 luokittelussa. Sovelluksen avulla käytettävissä olevien havaintojen määrä moninkertaistui eritoten rannikon ja merialueen vesimuodostumien osalta. Satelliittihavainnoinnin lisäksi kehitettiin lennokkeihin (dronet) ja ilmakuvauksiin perustuvia kaukokartoitusmenetelmiä ympäristövalvonnan, kunnossuunnittelun ja maankäytön seurannan tarpeisiin. Dronet on strategiakauden lopulla otettu rutiinikäyttöön ELY-keskuksissa ja muissa hallinto-organisaatioissa.

Vaikka menetelmien kehittämisessä otettiin tärkeitä edistysaskelia, uusien teknologioiden validointi on osoittautunut haastavaksi ja osin aikaa vieväksi. Esimerkiksi kaukokartoitus- ja paikkatiedon hyödynnettävyyttä mm. luontotyyppien tunnistuksessa ja ympäristökunnostusten suunnittelussa on testattu suhteellisen lyhyen aikaa, eikä vakiintuneita parhaita käytäntöjä (BAT) ole vielä muodostunut. Virallinen kansallinen ja kansainvälinen menetelmästandardointi on tätäkin pidempi prosessi.

Edellisen seurantastrategian toinen tavoite oli tuottaa entistä laadukkaampaa tietoa kustannustehokkaasti ympäristön tilan seurantojen koko tuotantoketjussa. Asiantuntijat arvioivat tavoitteen toteutuneen pääosin. Seurannan kustannustehokkuuden katsottiin parantuneen esimerkiksi velvoitetarkkailun ja muun seurannan päällekkäisyyden vähentymisen ja yhteistyön lisääntymisen myötä. Velvoitetarkkailutulosten hyödyntäminen mm. vesienhoidossa on tehostunut, vaikka tulosten tallennus kansallisiin tietorekistereihin on edelleen osin puutteellista. Ympäristölupien lupaehtoihin sisällytettävä velvoite tuotetun datan julkiseen rekisteriin kirjaamisesta tulisi vastaajien mielestä tehdä laajasti pakolliseksi tulevalle seurantastrategian toteutuskaudella. Velvoitetarkkailutietojen yhdistämistä viranomaisseurantaan katsottiin edelleen tarpeelliseksi kehittää.

Vaikka seurannan toteutuskustannukset alenivat maasto- ja laboratoriotyön ulkoistamisen myötä erityisesti vesiseurantojen osalta, nähtiin vesistöseurannan laadunvalvonnan vaikeutuneen ja yleisen laadun huonontuneen kilpailutuksen myötä. Yhtenä parannusehdotuksena tuleviin kilpailutuksiin esitettiin, ettei koko seuranta annettaisi jatkossa yksittäisen konsultin hoidettavaksi. Yhden palveluntuottajan toimintamallin toteutuksen todettiin olevan altis häiriöille. Vastaajat korostivat, että palvelun laadun tulee olla ensisijainen kriteeri ostopalvelua valittaessa. Julkishallinnon tiukka kilpailuttamislainsäädäntö tekee edellä esitettyjen parannusesitysten toteuttamisesta haastavaa. Seurannan laatua parantaisivat myös vertailulaboratorioitoinnin varmistaminen ja kehittäminen sekä hallinnolle ja seurannan toteuttajille suunnatun koulutuksen (esim. ”laatupäivien”) järjestäminen ja yhtenäisistä toimintatavoista sopiminen. Useissa seuranta-asiantuntijoiden vastauksissa nousi esiin seurannan laatuun ja laadun valvontaan liittyviä ongelmia ja vastauksissa painotettiin, että seurantadatan laadun tarkastuksessa tulisi tulevaisuudessa hyödyntää henkilötyön sijaan automatisoitua virheiden tunnistusta.

Seuranta-asiantuntijoiden mielestä tavoiteltu uusien menetelmien hallittu käyttöönotto ja jalkauttaminen toteuttajille on edelleen kesken. Käyttöönottoa ovat hidastaneet käytökokemusten ja yhtenäisten ohjeistojen puute sekä seurantamenetelmien osalta jäljessä laahaava lainsäädäntö. Vastaajat jäivät kaipaamaan selvää linjausta siitä, miltä osin uudet menetelmät voisivat korvata perinteistä seuranta. Olettamus, että uudet menetelmät olisivat automaattisesti joko halvempia tai vähemmän työllistäviä tai vähentäisivät näytteenottotarvetta, ei vastaajien mielestä useinkaan toteudu (uusien menetelmien laadunvarmistus edellyttää usein perinteisen seurantaverkon säilyttämistä ainakin osittain).

Kustannusten luotettava arviointi ja vertailu uusien ja perinteisten menetelmien kesken on haastavaa. Myös kansalaishavainnoinnin hyödyntämiselle asetetut odotukset jäivät vastaajien mielestä laajasti toteutumatta. Tämän arveltiin osittain johtuneen puutteellisista mahdollisuuksista integroida kansalaistieto nykyisiin tietojärjestelmiin. Toinen usein mainittu syy on kansalaishavainnoilla kerätyn tiedon puutteelliseksi arvioitu luotettavuus ja laadunvarmistuksen haasteet.

Vuoden 2010–2020 seurantastrategian toinen päätavoite sisälsi myös seurannan koordinaation ja toteutusorganisaatioiden välisen yhteistyön parantamisen: Tavoitteen saavuttamisessa edistyi osittain TULANET-verkoston tutkimuslaitokset, yliopistot (erityisesti luonnontieteelliset museot) sekä Metsähallituksen luontopalvelut tiivistivät yhteistyötä mm. biodiversiteettiseurannassa. Myös merenhoidon avomeriseurannan toteutuksessa onnistuttiin Itämeren maiden välisenä yhteistyönä tehdyn seurantamenetelmien ja -ajankohtien harmonisoinnin myötä.

Vastaavaa kansallista yhteistyötä tarvitaan vielä mm. maaperän seurannan kehittämisessä. Maaperän seurantatietoa tuottavat useat laitokset (mm. Luke, SYKE, GTK), mutta seurannat ovat sirpaleisia, osin kertaluonteisia kartoituksia eikä niistä saa kokonaiskuvaa maaperän suojelun tarpeisiin. Eri tarpeisiin tehdyistä seurannoista ei muodostu kattavaa kokonaiskuvaa, johon sisältyisivät keskeiset maalajit, maannokset ja maankäyttömuodot. Kuluneella strategiakaudella yhteistyö ei edennyt toivotusti, joten tarve koordinoitulle yhteistyölle on edelleen olemassa.

Vuoden 2010–2020 seurantastrategian kolmannen tavoitteen (tiedon hyödynnettävyyden parantaminen) ei katsottu laajemmin toteutuneen. Esimerkiksi kuntien viranomaisten valvonnan alla olevan velvoitetarkkailun laajemman hyödyntämisen osalta seurantastrategian tavoitteet jäivät laajalti toteutumatta. Kunnissa vallitseva resurssipula vaikeuttaa seurannan tulosten valvontaa ja tiedon saatavuuden kehittämistä. Vaikka seurantadataa kertyisi, se saatetaan osin arkistoida ja levittää vielä paperimuotoisena, jonka seurauksena käyttökelpoinen, julkinen ympäristödata ei päädy kansallisiin rekistereihin jatkohyödynnettäväksi. Tämän takia seurannan tulokset eivät myöskään laajenna päätöksenteon tietopohjaa ja kerätyn tiedon tarjoama hyöty jää saavuttamatta.

Seurantatiedon hyödynnettävyyttä ja saatavuutta pystyttiin parantamaan julkaisemalla lajit.fi-, vesi.fi- ja Itämeri.fi-verkkosivut. Tutkimuslaitokset paransivat myös avoimen datan saatavuutta verkkopalveluissaan. Asiantuntijat nostivat esiin tarpeen kehittää edelleen aineistojen systemaattista tiedonhallintaa niiden jatkokäytön turvaamiseksi. Tarve kehittää eri aineistojen yhteiskäytön ja erilaisten tietojen integroinnin työkaluja ja saatavuutta on edelleen merkittävä tulevilla seurantastrategiakaudella.



## 4 Toimintaympäristön keskeisimmät muutokset Suomessa 2010–2020

### 4.1 Seurannan toteutus ja toimijat

Ympäristöministeriöllä on ympäristölainsäädännön kautta päävastuu useimmista ympäristön tilan seurannoista, mutta lisäksi myös useat muut ministeriöt (MMM, TEM, LVM) ohjaavat omaan toimialaansa kuuluvia ympäristön tilan seurantoja. Tutkimuslaitoksista SYKE vastaa laajasti ympäristöhallinnon tuottaman seurantatiedon kokoamisesta, analysoinnista ja seurantoihin liittyvien raportointivelvoitteiden käytännön toteutuksesta. Myös muut valtion tutkimus- ja liikelaitokset, kuten Luonnonvarakeskus (Luke), Ilmatieteen laitos (IL), Metsähallitus (MH) ja luonnontieteellinen keskusmuseo (LUOMUS) toteuttavat merkittäviä osia ympäristön tilan seurannoista ja tiedon kokoamisesta. Ympäristön tilan seurantaan liittyviä mittaustuloksia tuottavat ELY-keskukset, tutkimuslaitokset (ml. yliopistot), ympäristöalan konsultit, yritykset ja kunnat.

Kuluneen vuosikymmenen aikana ympäristön seuranta toteuttavissa organisaatioissa on tapahtunut merkittäviä muutoksia. Vuosina 2008–2016 vallinnut globaali talouslama aiheutti suuria säästöpainetta julkishallinnolle ja valtiollisille organisaatioille. Talouspaineet yhdistettynä alkaneen vuosituhannen aikana toteutettuun julkishallinnon pienentämiseen ja tehostamiseen johtivat henkilöstön karsimiseen, toimintojen fuusiointiin ja organisaatiouudistuksiin, jotka vaikuttivat merkittävästi ympäristön seurannan laajuuteen, toteutukseen ja resursseihin.

Valtion aluehallinto uudistui 1.1.2010. Uudistus muutti voimakkaasti eri hallinnonalojen rahoitus- ja ohjausvastuita aluehallinnossa. Työ- ja elinkeinokeskusten, Tiehallinnon tiepiirien ja alueellisten ympäristökeskusten yhdistäminen alueellisiksi ELY-keskuksiksi ja aluehallintovirastojen (AVI) perustaminen keskittivät aluevirastojen ylläpidon ja kehittämisen päävastuun työ- ja elinkeinoministeriölle ja valtiovarainministeriölle. Tämä johti ympäristöministeriön ohjausmahdollisuuksien vähenemiseen eritoten henkilöressurssien ohjauksen ja kehittämisen osalta. ELY-keskusten Ympäristö ja luonnonvarat -ympäristövastuualueen henkilöressurit ovat kaventuneet merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana erilaisen tuottavuus- ja säästöohjelmien seurauksena. ELY-keskusten työajanseurannan mukaan vuonna 2012 erilaisiin ympäristöseurannan tehtäviin (pl. maastotyö, joka ulkoistettiin vuonna 2016) käytettiin 52 henkilötyövuotta (htv), kun taas vuonna 2020 vastaava työ määrä oli 27 htv. Seurannan henkilöressurit siis vähenivät vertailukautena 48 prosenttia.

Suomen talouden taantumasta seuranneet säästötoimet johtivat yt-neuvotteluihin ELY-keskuksissa vuoden 2014 lopulla ja alkutalvella 2015. ELY-keskusten säästötarpeeksi arvioitiin 33 miljoonaa euroa. Henkilöressurssien osalta karsintatarpeeksi arvioitiin neuvottelujen päättyessä 220 henkilötyövuotta. Ympäristön tilan seurannan osalta tämä johti kenttätoiminnan ulkoistamiseen ja aluekeskusten omien näyttö- ja maastotöiden suunniteltua nopeampaan alasajoon (laboratorio- ja varikkotoiminnot oli jo valtaosin ulkoistettu). Lisäksi ELYjä veloitettiin karsimaan seurantakustannuksiaan 20 %. SYKEN kehittämän seurantapisteen ja seurantatiheyden edustavuutta arvioivan ”optimointityökälyn” avulla vesistöseurannan toteutusta kyettiin karsimaan hallitusti, ja arvioitiin, että kansallisen seurannan luotettavuus ei sen osalta oleellisesti olisi heikentynyt. Tehty henkilötyön ulkoistus ei kuitenkaan suoraan johtanut todellisiin säästöihin, sillä ulkoistetun seurannan maastotehtävien arvioidut kustannukset kattava summa jouduttiin varaamaan ostopalveluihin osoitettuihin resursseihin.

ELY-keskusten aikaisemmin itse hoitamat ympäristön tilan seurannan näyttö- ja analyysipalvelut kilpailutettiin vuoden 2015 aikana. Sopimukset saatiin laadittua loppuvuonna, ja kolmivuotiset sopimukset tulivat voimaan vuoden 2016 alussa. Seuraava sopimuskausi alkoi uuden kilpailutuksen jälkeen vuonna 2019. Kilpailutus on säästänyt ostopalveluihin varattuja resursseja, joita on voitu suunnata seurantamenetelmien kehitykseen ja kansainvälisten velvoitteiden luomiin seurannan kehittämis- ja laajentamistarpeisiin. Toisaalta kaupallisten ostopalvelujen käyttö on vaatinut aiempaa enemmän laadunvalvontatyötä ELY-keskuksissa, ja laatuongelmien ratkonta on vaatinut merkittävän henkilöressurssin. Siksi ELYille osoitettiin 2020 rahoitus ostopalvelujen laadunvalvontaan keskittyvän laatuasiantuntijan palkkaukseen. Lisäksi ympäristötietojärjestelmiin kehitetään parhailaan tietotyökaluja automaattiseen laadunvalvontaan ja virheiden tunnistukseen. Vastaava automaattinen laadunvarmennustyö on käynnissä myös satelliittihavaintojen automaattisen tietotuotannon osalta.

Tutkimuslaitoskentällä suurin muutos oli Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL), Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) fuusio Luonnonvarakeskukseksi (Luke). Lukeen liitettiin edellisten lisäksi myös MMM:n tietopalvelukeskuksen tilastotehtävät. Uuden tutkimuslaitoksen perustamisen yhteydessä määriteltiin uusia linjauksia taloudellisesti merkittävien toimintojen ja perusseurannan osalta, ja eri sektoreille asetettiin säästövelvoitteita, jotka johtivat seurantojen kriittiseen arviointiin ja karsintaan etenkin pitkäaikaisten habitaatti- ja lajistoseurantojen osalta (esim. Yhdennetyn seurannan metsäkohteet, kalaston yhteisöseurannat). Säästöjen johdosta Luken henkilöstöressurssi pieneni vuonna 2015 noin 210 henkilötyövuoden verran, joista moni kohdistui tutkimusta tukeviin palveluihin, kuten seurantoja tekevään henkilöstöön. Monien perusseurantojen lopettamisen lisäksi jäljelle jäävien seurantojen rahoitus siirtyi enenevässä määrin ulkopuolisella hankerahoituksella tehtäväksi mikä merkitsi samalla monien seurantojen lyhytjänteistymistä. Uusien menetelmien ja automatisointien

käyttöön otolla on pystytty tehostamaan seurantoja, mutta yhä edelleen monen keskeisen seurannan edellytys on maastossa tehtävä työ. Yksi merkittävistä Lukessa käynnissä olevista pitkäjänteisistä seurantakokonaisuuksista on valtakunnan metsien inventointi, joka tuottaa tietoa alueittaisista ja koko maan metsävaroista, maankäytöstä ja metsien omistussuhteista, metsien terveydentilasta, metsien monimuotoisuudesta sekä metsien hiilivaroista ja niiden muutoksista. Metsäseurantoihin sisältyvät myös metsätuhojen ja -tuholaisien esiintyminen, metsäpuiden kukinnan ja käpysadon runsaudet, metsämarjojen satoennusteet. Muita keskeisiä Luken seurantajärjestelmiä ovat riistan, kalakantojen, porolaidunten, seleeninsaannin, kasvintuhoojien ja vieraslajien seurannat. Luke tuottaa vuosittain myös maataloussektorin sekä maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF) -sektorin päästö- ja poistumatiedot Suomen kasvihuonekaasuinventaarioon.

Merentutkimuslaitos sulautettiin vuoden 2009 alusta SYKEen ja Ilmatieteen laitokseen (IL). Laitoksen fyysikaalinen tutkimus ja seuranta aallokko-, vedenkorkeus- ja jääpalveluineen siirrettiin IL:een ja veden kemian ja biologian tutkimus SYKEen merikeskukseen. SYKE koordinoi yhdessä YM:n ja Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa Suomen merenhoitosuunnitelman mukaista meren tilan seurantaa. SYKE on toteuttavana tahona Suomen kansallisessa avomeren tilan seurannassa. Merellä toimiminen edellyttää kallista infrastruktuuria sekä merentutkimusalusta, minkä vuoksi seuranta hoidetaan kansallisesti keskitetysti. Vuonna 2018 peruskorjattu ja modernisoitu tutkimusalue Aranda kykenee vastaamaan uusiin haasteisiin ainakin tulevat 15 vuotta. SYKE vastaa avomeren tilan seuranta-aineistojen hallinnasta mukaan lukien datan toimittaminen kansainvälisiin tietokantoihin ja tukee tarvittaessa ELY-keskuksia rannikkovesien seurannassa. SYKE ja IL:n toteuttama avomeren seuranta on alueellisesti yhteensovitettu Ruotsin, Venäjän ja Viron seurantojen kanssa.

Ilmatieteen laitoksen Arktinen avaruuskeskus Sodankylän satelliittikeskuksessa arkistoidaan ja lasketaan useita seuranta-aineistoja liittyen mm. EU:n Copernicus-kaukokartoitusohjelmaan. Sodankylästä toimitetaan satelliittihavaintoja ja tuotteita mm. Itämeren jääpalvelulle, ilmaliikenteelle liittyen tuhkapilviin, tulvatilanteen ja lumipeitteen sekä avaruussään seurantaan. Havaintotoimintaa on laajennettu erityisesti hiilen- ja vedenkierron prosessien tutkimukseen, ml. esim. monipuoliset kasvihuonekaasuhavainnot. Sodankylän mittausinfrastruktuuria hyödynnetään lisäksi kasvavassa määrin satelliittihavaintojen laadun ja luotettavuuden varmentamiseen.

Vuonna 2009 perustettiin luonnonvara- ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä LYNETH MMM:n ja YM:n alaisten tutkimuslaitosten välille. Yhteenliittymään kuuluivat Ruokavirasto (Evira), Geodeettinen laitos, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT), Metsätutkimuslaitos (Metla), Riista ja kalatalouden tutkimuslaitos (RKTL), Geologian tutkimuskeskus (GTK) sekä Suomen ympäristökeskus (SYKE). Yhtenä LYNETHin pilottihankkeena käynnistyi vuonna 2010 biodiversiteettiseurantojen kehittäminen. Lisäksi vuonna 2011 perustettiin sosiaali- ja terveysalan asiantuntijalaitosten (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL,

työterveyslaitos TTL ja säteilyturvakeskus STUK) yhteenliittymä SOTERKO, jonka yhtenä tavoitteena oli tietovarantojen näkyväksi tekeminen ja käytön laajentaminen. Tutkimuslaitosuudistuksen seurauksena LYNET ja SOTERKO laajenivat vuonna 2015 siten, että samoja organisaatioita toimi molemmissa verkostoissa. LYNETin ja SOTERKOn toiminta päättyi, kun niihin kuuluneet tutkimuslaitokset perustivat sopimusperusteisesti uuden yhteistyöelimen. Vuonna 2018 toimintansa aloittaneeseen Tutkimuslaitosten yhteenliittymä TULANETiin kuuluu kymmenen valtion tutkimuslaitosta: Geologian tutkimuskeskus (GTK), Ilmatieteen laitos (IL), Luonnonvarakeskus (Luke), Maanmittauslaitos (MML), Ruokavirasto, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Säteilyturvakeskus (STUK), Teknologian tutkimuskeskus (VTT Oy), Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) ja Työterveyslaitos (TTL). TULANETin yhtenä tavoitteena on edistää joustavaa yhteistyötä ja resurssien tehokasta käyttöä tiedon tuottamiseen, tiedon laatuun, tutkimus- ja tietoinfrastruktuureihin ja tietoaineistoihin liittyvissä asioissa.

## 4.2 Seurannan infrastruktuurit

Ympäristön tilan seuranta nojaa useisiin keskeisiin tutkimus- ja seurantainfrastruktuureihin, joihin tässä yhteydessä luetaan seurannan toteutukseen tarvittavat mittausjärjestelyt, analyyseja tuottavat tutkimuslaitokset ja laboratoriot, seurannan tietojärjestelmät sekä näiden päälle rakennetut sähköiset palvelut.

Edellisen strategiakauden aikana tehdyt linjaukset valtion itse toteuttaman seuranta-työn vähentämisestä toteutuivat ELY-keskusten ulkoistaessa mittaus- ja laboratoriotointansa. Poikkeuksen muodostavat seurantatietoa hallitsevat ja jakavat palvelut ja jatkuvatoimiset mittausasemat, joiden määrä on selkeästi kasvanut viimeisen strategiakauden aikana. Vastavalmistunut jatkuvatoimisten mittausten tiekartta tarkentaa vaadittavat toimenpiteet jatkuvatoimisten mittausten laajennetulle käyttöönotolle vesiseurannoissa (Korhonen, ym., 2021). Automaattiasemien laadunvalvonta on nykyisillään vaihtelevaa (mm. kalibroinnit ja huollot), mutta asiaan on kiinnitetty huomiota, ja laadittu oppaita mittausten toteutukseen ja laadunvarmistukseen. Mittaustulosten laadunvarmistukseen ja vertailuun laboratorioanalyysien kanssa tulee suunnata jatkossakin kohdistetusti voimavaroja.

Mittausjärjestelyihin luettaviin infrastruktuureihin kuuluvat myös satelliitit ja niiden käsittelyyn sekä hallintaan tarvittavat järjestelmät. Satelliittikuvilta voidaan tuottaa toistaiseksi vain osa ympäristön tilan seurantaan tarvittavasta informaatiosta, mutta menetelmä tuo merkittävän parannuksen tiedon ajalliseen ja alueelliseen kattavuuteen. Uudet satelliittiohjelmat (esimerkiksi EU:n Copernicus ohjelma) tuovat enenevässä määrin tarkempaa ja kattavampaa tietoa myös ympäristösovellusten käyttöön. Satelliittihavaintojen nykyistä laajempi hyödyntäminen eri ympäristöseurannoissa nähdäänkin merkittävänä

mahdollisuutena. Tietomäärän ja hyödyntämismahdollisuuksien karttuessa vaatimukset satelliittitiedon käytön mahdollistaville alustoille kasvavat. SYKE on jo ottanut tiedonhallinnassa käyttöön eri satelliittikuvien hyödyntämiseen tarkoitettuja pilvipohjaisia ratkaisuja, mutta näiden laajamittainen hyödyntäminen osana eri ympäristöseurantoja edellyttää pitkäjänteistä kehittämistä ja resursointia. SYKEN tuottamat, satelliittihavaintoihin perustuvat ympäristötiedot ovat avoimesti kaikkien saatavilla TARKKA-palvelusta<sup>1</sup>. Tutkimus- ja viranomaiskäyttöön rajattua analysoitua vesien tilan dataa jaetaan STATUS-palvelun kautta<sup>2</sup>.

Ilmatieteen laitoksen seurannassa käytetyn taustahavaintoverkon kattavuutta on parannettu liittämällä se osaksi kansainvälisiä mittausverkostoja, kuntien ylläpitämiä mittausverkkoja ja täydentämällä sitä satelliittimittauksin. Ilmanlaadun satelliittihavainnointia rajoittaa vielä suppea parametrialikoima, sillä nykyisillä satelliitti-instrumenteilla saadaan mitattua rutiininomaisesti vain typpidioksidia ja hiilimonoksidia. Tekniikka kehittyy kuitenkin myös näiltä osin.

Suomessa valtion organisaatiot/laitokset vastaavat pääosin ympäristötiedon tiedonhallinnasta. Ympäristön tilan seurannan tietovarantojen suunnittelu, tiedon varastointi ja jalostaminen ja jakelu loppukäyttäjille on pääosin hajautettu eri seurantoja koordinoiville vastuulaitoksille. Tietojärjestelmiä päivitettäessä tavoitteena on integroida nykyisin hajallaan olevia tietovarantoja ja tarjota tietoa käyttäjille keskitetysti muutamien portaalien kautta (mm. Itämeri.fi, lajit.fi ja vesi.fi).

Teknologinen kehitys on nopeaa, ja ympäristötiedon määrä kasvaa uusien menetelmien käyttöönoton myötä koko ajan. Monen uuden menetelmän osalta (esim. eDNA, dronekuvat) metatietorakenteista ei kuitenkaan ole vielä vakiintuneita standardeja. Mahdollisuudet vastaanottaa ja varastoida uusien menetelmien tuottamaa dataa olisi luotava pikaisesti yhteistyössä kansallisten ja kansainvälisten toimijoiden kanssa menetelmien käyttöönoton vauhdittamiseksi.

Ympäristön seurannan tietovarantojen keskeisimmät kehittämistarpeet liittyvät tietojen ja tietojärjestelmien yhteentoimivuuden parantamiseen, uuden teknologia omaksumiseen, kykyyn vastata tietomäärän jatkuvaan kasvuun, virheellisten seurantatietojen automatisoituun havaitsemiseen sekä tiedon jakelun ja datan avoimuuden kehittämiseen, kuten käyttäjäliittymien toimivuuden ja käyttäjäystävällisyyden parantamiseen.

1 Palvelu saatavilla: <https://wwwi4.ymparisto.fi/i4/fin/tarkka/>

2 Palvelu ei ole julkinen.

## 4.3 Kansainväliset ja kansalliset sitoumukset

Suuri osa seurannoista perustuu kansainvälisiin sopimuksiin tai säädöksiin. Näistä keskeisimpiä ovat EU:n direktiivit ja neuvoston päätökset, jotka on sisällytetty jäsenmaiden kansalliseen lainsäädäntöön. Kokemus on osoittanut lainsäädäntöön sisällytetyn seurantavelvoitteen toimivuuden: lakisäätteisten seurantojen toteutus on huomattavasti turvatumppaa kuin seurantojen, joiden toteutusta ei ole sisällytetty lainsäädäntöön tai jollain muulla tapaa velvoitettu.

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 30.12.2004/1299, 2004) sisältää EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin (2000/60/EY) sekä meristrategiadirektiivin (mm. 2008/56/EY) EU-jäsenmaita velvoittavan lainsäädännön. Laki asetuksineen on keskeinen pinta- ja pohjavesien sekä Itämeren seurannan kannalta. Myös Itämeren suojelusopimus edellyttää laajaa ympäristö- ja kuormitusseurantaa yhteistyössä muiden Itämeren maiden kanssa Itämeren suojelukomission (HELCOM) koordinoimana (12/1980). HELCOM-seuranta on täysin integroitu merenhoidon seurantaan.

Haitallisia aineita koskevat seurantavelvoitteet kohdentuvat Suomeen pääasiassa EU-säätelyn kautta. EU-säätelyä ja raportointivelvoitteita raamittavat kuitenkin paljon myös YK:n puitteissa solmitut kemikaaleja koskevat ympäristösopimukset. Ympäristön seurannan kannalta merkittävimpiä ovat Minamatan elohopeasopimus, pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) koskeva Tukholman sopimus sekä niiden täytäntöön panemiseksi annetut EU-asetukset (2017/939/EU; 2006/507/EY).

Sisävesissä ja meressä esiintyviä haitallisia aineita koskevat seurantavelvoitteet on sisällytetty asetukseen vesiympäristölle haitallisista aineista (1022/2006). Typpiyhdisteiden vesistökuormitusta seurataan ja raportoidaan Nitraattidirektiivin (91/676/ETY) velvoitteiden mukaisesti. Kyseisen direktiivin vaatimukset on sisällytetty ympäristönsuojelulain nojalla annettuun valtioneuvoston asetukseen. Lainsäädännön vaatimukset on otettu huomioon ympäristöhallinnon seurantaohjelmissa (sisävedet, pohjavedet, rannikkovedet, avomeri ja haitalliset aineet). Uimavesien tila seurataan kunnan terveydensuojeluviranomaisen toimesta uimavesidirektiivin ja Sosiaali- ja terveysministeriön yleisten uimarantojen uimaveden laatuvaatimuksia ja valvontaa koskevan asetuksen (177/2008).

Ilman epäpuhtauksien tiedot kerätään ja raportoidaan YK:n ilmastosopimuksen ja kaukokulkeutumissopimuksen mukaisesti. Ympäristöhavaintojen lisäksi kasvihuonekaasujen kuormitusta arvioivissa indikaattoreissa ja malleissa käytetään tausta-aineistona väestörekisterikeskuksen tilastoja väestörakenteesta ja energian kulutuksesta. EU:n ilmanlaatua koskevat direktiivien seurantavelvoitteet raportoidaan säännöllisesti komissiolle. Hap-paman ja rehevöittävän laskeuman vaikutuksia seurataan Päästökattodirektiivin määräysten mukaisesti. Mainitut direktiivit on viety kansalliseen lainsäädäntöön ja sisällytetty

ympäristönsuojelulakiin. Lisäksi Venäjän, Baltian maiden sekä Keski- ja Itä-Euroopan maiden kanssa tehdään yhteistyötä päästöjen ja kaukokulkeumien vähentämiseksi. Ympäristöhallinto on mukana koordinoimassa lähialueiden ympäristötiedon keräämistä ja raportointia.

Eurooppalaisen luonnon suojelua ja sen seuranta ohjaavista direktiiveistä tärkeimpiä ovat luonto- ja lintudirektiivi, jotka Suomen kansallisessa lainsäädännössä on sisällytetty luonnonsuojelulakiin. Biodiversiteettistrategian (COM/2020/380 final) voimaantulo 2020 asetti biologiselle seurannalle uusia haasteita, joiden vaikutukset ulottuvat myös muihin biologista seuranta sisältäviin direktiiveihin (mm. 2008/56/EY; 2000/60/EY) perustuviin seurantoihin. Lisäksi biodiversiteettistrategialla on vahvat linkit EU:n nollapäästötavoitteeseen ja YKn biodiversiteettisopimukseen (78/1994). Komission tuoreessa nollapäästötavoitteeseen liittyvässä tiedonannossa on määritetty tavoite yhdenmennyksestä päästöjen seurantakehikosta, joka vahvistaa EUn yhteisesti määriteltyjen päästötavoitteiden saavuttamista. EU:n pyrkimykset vahvistaa eri direktiiviseurantojen keskinäisiä synergioita tulevat heijastumaan kansalliseen seurantaan ja luovat tarpeen entistä tiiviimmälle yhteistyölle ympäristön tilan seurannan parissa työskentelevien organisaatioiden välillä. Parhaimmillaan tämä lisää synergiaetuja ja vähentää ristiriitaisia tuloksia ja päällekkäistä työtä.

YKn biodiversiteettisopimukseen (78/1994) ja EU:n biodiversiteettistrategian tavoitteiden mukaisesti biodiversiteetin arvot tulisi sisällyttää kansantalouden tilinpitoon. Tätä tukemaan on kehitetty ekosysteemitilinpito, joka hyväksyttiin osittain kansainväliseksi tilastostandardiksi YK:n tilastokomitean kokouksessa maaliskuussa 2021. Samaan aikaan tämän kansainvälisen prosessin kanssa Eurostat:n ympäristö- ja energiatilastojohtajat ovat valmistelleet Euroopan ympäristötilinpitoa koskevan asetuksen ((EU) 691/2011) muuttamiseen tähtäävää tilastoasetusta. Tilastoasetuksen muutoksen odotetaan astuvan voimaan vuonna 2023 ja ensimmäiset pakolliset raportoinnit koskien ekosysteemipalveluiden tarjonnan ja kysynnän määrää ja arvoa ovat odotettavissa vuodelle 2026 tai 2027. Ekosysteemipalveluiden tilastointi raportoidaan vuosittain. Ekosysteemien fyysisten määrien ja ekosysteemien tilan raportointi on odotettavissa samoin vuosille 2026 tai 2027. Ekosysteemin määrän ja tilan raportointi on odotettavissa joka 3. vuosi.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD (2012/27/EU) määrää EU:n jäsenmaat asettamaan vähimmäistason energiatehokkuudelle uusissa, vanhoissa ja korjatuissa rakennuksissa. Lisäksi direktiivi velvoittaa jokaisen jäsenmaan ottamaan käyttöön energiatehokkuustodistukset. Energiapalvelu eli ESD-direktiivi (2006/32/EY) vaatii EU-maita laatimaan kansalliset energiansäästösuunnitelmat. YM:llä on kummankin osalta seuranta- ja raportointivelvollisuuksia.



Osana tulevaa EU:n maaperästrategiaa komissio muun muassa kehittää toimenpiteitä, joilla voidaan merkittävästi lisätä pilaantuneiden alueiden kartoittamista, tutkimista, arvioimista ja kunnostamista. Tulevassa ehdotuksessa, joka koskee oikeudellisesti sitovia luonnon ennallistamista koskevia EU:n tavoitteita, tarkastellaan huonontuneiden maaperän ekosysteemien ennallistamista. Komissio aikoo myös laatia EU:n prioriteettiseurantaluettelon maaperää pilaavista aineista. Lisäksi edistetään julkisten ja yksityisten rahoitusmahdollisuuksien saatavuutta pilaantuneen maaperän kartoitus-, tutkimus- ja kunnostustarkoituksiin, sekä lisätään yleistä tietoisuutta näistä rahoitusmahdollisuuksista. Pilaantuneisiin alueisiin liittyvien toimenpiteiden lisäksi maaperästrategian aloitteen tavoitteena on suojella maaperän hedelmällisyyttä, vähentää maaperän eroosiota ja sulkemista, lisätä organisen aineksen määrää, ennallistaa vaurioitunutta maaperää ja määritellä maaperän ”hyvä ekologinen tila”.

Nykyisissä direktiiviseurannoissa on selkeitä puutteita, jotka ilmenivät 2016 seurannan ja raportoinnin toimivuustarkastelussa (SWD/2017/0230 final) ja kemikaalistrategiassa (COM/2020/667 final). Nämä yleiset puutteet liittyvät mm. luotettavien, ympäristön tilasta kertovien indikaattoreihin sekä seurantajärjestelmien kykenemättömyyteen arvioida eri kemikaalisekoitusten vaikutusta ympäristöön ja erityisesti maaperään. Lisäksi seurannan ja raportoinnin toimivuustarkastelussa ilmeni tarve hyödyntää moderneja seurantamenetelmiä laajemmin täydentämään nykyistä seurantatietoa.

Suomi on yksi maailman kahdeksasta arktisesta valtiosta, ja osaltaan sitoutunut huolehtimaan pohjoisen ja arktisen ympäristön seurannasta (Suomen arktisen politiikan strategia, 2021). Suomi osallistuu seurantaan ja siihen perustuvaan raportointiin kansainvälisessä yhteistyössä Arktisen neuvoston puitteissa. AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) -työryhmä vastaa ympäristön tilan, ml. haitallisten aineiden ja ihmisen terveyden seurannasta ja CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna) -työryhmä vastaa arktisen biodiversiteetin seurannasta ja arvioinnista. AMAP on myötävaikuttanut merkittävästi kansainvälisten kemikaalisopimusten syntyyn ja osallistuu tiiviisti mm. POP-yhdisteiden ja elohopeaseurantoihin sekä tieteellisen yhteistyöhön. CAFF:n alainen CBMP (Circumpolar Biodiversity Monitoring Program) kehittää arktisten merien, rannikoiden, sisävesien ja terestristen habitaattien biodiversiteetin seurantaa ja tietovarantoja. Edellä mainittujen elinympäristöjen eliöstöstä on laadittu nykytilannetta kuvaavat raportit, joita on tulevaisuudessa tarkoitus päivittää säännöllisesti raportointikausittain. Arktiselle alueelle pyritään muodostamaan edustavien seuranta-asemien verkosto kansallisia seurantoja ja tutkimushankkeita hyödyntäen. Verkosto tuottaa tietoa myös Tukholman sopimuksen globaaliarviointiin sekä UNEPin elohopean globaaliin arviointiraporttiin. Arktisessa seurannassa alkuperäiskansojen perinteisen luonnontiedon ja kansalaishavainnoinnin hyödyntämisellä on merkittävä rooli. SAON (Sustaining Arctic Observing Networks) -yhteistyön tavoitteena on Arktisen alueen havaintoasemien välisen yhteistyön ja tulosten yhteiskäytön lisääminen.

Laajempien kansainvälisten ympäristösopimusten lisäksi Suomella on rajajokisopimukset naapurimaidensa Ruotsin, Norjan ja Venäjän kanssa. Rajajokisopimukseen sisältyvät myös yhteiset seurantaohjelmat, jotka edellyttävät kattavaa ja tiheää vedenlaadun seuranta. Näiden sopimusten ansiosta Tornionjoesta, Tenajoesta, Paatsjoesta ja useasta Suomen ja Venäjän rajajoesta on saatu kerättyä laadukkaat, pitkän aikavälin kattavat vedenlaatuaineistot sekä mm. kalastoa koskevaa biologista aineistoa.

Varsinaisten seuranta koskevien kansainvälisten ja kansallisten sitoumuksien lisäksi on joukko seurannan aineistoja koskevia sitoumuksia. EU:n INSPIRE-direktiivin tavoitteena on, että ympäristöä kuvaavat paikkatietoaineistot ovat saatavilla yhtenäisessä muodossa kaikissa jäsenmaissa ympäristön tilan seuranta varten. Tavoitteena on myös tehostaa paikkatietojen käyttöä, lisätä viranomaisten yhteistyötä ja luoda edellytyksiä monipuolisten kansalaispalveluiden syntymiselle. INSPIRE-direktiivi (2007/2/EY) sekä laki (421/2009) ja asetus (725/2009) paikkatietoinfrastruktuurista ohjaavat julkishallintoa toteuttamaan palvelut, joiden avulla paikkatieto saadaan helposti käyttöön. INSPIRE-säädösten toimeenpanoa ohjaa maa- ja metsätalousministeriö, ja toteutuksen tuki- ja asiantuntijapalveluista vastaa Maanmittauslaitos.

Valtiovarainministeriön asettama Tiedon hyödyntämisen ja avaamisen -hanke (2020–2022) edistää julkisen tiedon entistä laajempaa ja tehokkaampaa hyödyntämistä koko yhteiskunnassa. Suomi on sitoutunut EU:n avoimen datan direktiivin ((EU) 2019/1024) toteuttamiseen. Avoimen datan periaatteen mukaan tietoaineistojen tulee olla avoimesti saatavilla ja uudelleenkäytettävissä yhtenäisin, selkein ja kaikille tasapuolisin ehdoin. Aineistojen tulee olla pääsääntöisesti maksuttomia. Vaikka datojen avoimuudessa on edelleen jonkin verran ministeriökohtaisia eroja, on ympäristöhallinto ollut tiedon avoimuuden edelläkävijä, sillä sen tietojärjestelmät ovat merkittävältä osin olleet Internetissä vapaassa käytössä jo vuodesta 2008. Myös TULANET:in puitteissa on laadittu tutkimuslaitosten yhteinen aineistopolitiikka, jonka lähtökohtana on tutkimusaineistojen nykyistä avoimempi saatavuus.

## 4.4 Kestävä kehitys ja globaalit ilmiöt

Vuonna 2015 voimaan astunut YK:n kestävän kehityksen agenda määrittelee 17 kestävyystavoitetta ja 169 indikaattoria (Agenda2030, 2015). Kestävän kehityksen agendalla ei ole lainsäädännöllisesti suoria vaikutuksia ympäristön tilan seurantaan. Välilliset vaikutukset ovat kuitenkin merkittävät mm. Suomen hallitusohjelman ja valtioneuvoston muutostekijätarkastelun (Valtioneuvoston kanslia, 2009; 2017; 2019) kautta ja tulevat kasvamaan ympäristön tilan seurantastrategiakaudella 2021–2030 myös EU:n vihreän kehityksen ohjelman (COM/2019/640 final) toimeenpanon myötä. Esimerkkinä YK:n kestävyystavoitteiden vaikutuksesta EU-tasolla on keväällä 2021 annettu Euroopan komission tiedonanto

koskien saasteettomuustoimintaohjelmaa (Zero Pollution Action Plan), jonka toteutukseen liittyy yli 200 nykyistä EU:ssa käytettyä indikaattoria (COM/2021/141 final).

Valtioneuvosto tunnisti vuonna 2017 15 keskeistä muutostekijää, joilla ennustettiin olevan suuria vaikutuksia Suomelle vuoteen 2030 mennessä. Näistä kolme liittyvät suoraan ympäristöön ja useilla muilla on välillisiä vaikutuksia. Valtioneuvoston tunnistamien muutostekijöiden ja YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden välillä on vahva linkki. Ympäristöministeriön strategiassa 2030 asetettiin näiden muutostekijöiden avulla kolme vaikuttavuustavoitetta: 1) hyvä ympäristö ja monimuotoinen luonto, 2) hiilineutraali kiertotalousyhteiskunta, 3) kestävä kaupunkikehitys. Ympäristöministeriön strategian vaikuttavuustavoitteille määritettiin edelleen painopisteitä ja toimenpidepolkuja ympäristön huomioivan, kestävän muutoksen saavuttamiseksi. Vuonna 2022 uudistetussa, vuoteen 2035 ulottuvassa strategiassa edellä mainitut tavoitteet ovat kiteytyneet Vihreän siirtymän toteutukseen ja hiilinegatiiviseen, lajikadon ja saastumisen pysäyttäneeseen Suomeen.

Vaikuttavuustavoitteiden taustalla olevat globaalit ilmiöt; ilmastonmuutos, luontokato, kaupungistuminen ja kiertotalous, eivät sinänsä ole uusia, mutta niiden vaikutuksia ei ole aikaisemmin juurikaan seurattu. Nykyisiin seurantojen toteutustapoihin tarvitaan muutoksia, jotta ilmiöiden vaikutuksia ympäristön tilaan pystytään seuraamaan. Ympäristön tilan seurannan strategisten tavoitteiden toteuttamisen lisäksi tarvitaan kehitystyötä, jotta politiikkatoimien vaikuttavuutta tavoitteiden saavuttamisessa pystytään arvioimaan.

Teknologiakehitys ja -murros tuovat uusia mahdollisuuksia entistä reaaliaikaisempaan ja ennustavampaan tietoon ympäristön tilasta. Teknologisen potentiaalin täysimittainen hyödyntäminen seurannoissa tulee vaatimaan paitsi tutkimus- ja kehitystyötä, myös selkeitä panostuksia yhteiskäyttöisempään tietoinfrastruktuuriin ja uusien teknologioiden käyttöönottoon. Tietoinfrastruktuuriin tulee luoda myös liittymäkohtia kansalaisten ja yritysten tuottamalle informaatiolle. Ilmiöiden seuraaminen tulee vaatimaan myös uusinta teknologiaa käyttävien tutkimusinfrastruktuurien tuottaman tiedon ja seurannan välisen yhteyden ja vuorovaikutuksen määrätietoista vahvistamista.

## 5 Kehitysnäkymiä

Viimeisen 10 vuoden aikana on tapahtunut sarja teknologisia läpimurtoja, jotka mahdollistavat uusien seurannan mittaus- ja analyysimenetelmien käyttöönottoa. Näihin teknologisiin läpimurtoihin lukeutuvat mm. suuria tietomääriä siirtävien 4g- ja 5g-verkkojen yleistyminen, läpimurto koneoppimisalgoritmeissa ja molekyylibiologisissa menetelmissä. Murrokset ovat johtaneet mm. kaukokartoitussovelluksien lisääntymiseen, automaattisen hahmontunnistuksen kehittymiseen sekä ympäristönäytteiden DNA-tunnistustekniikoiden kehitykseen kohti operatiivista käyttöä. Jäljempänä käsitellään valikoima kansainvälisiä kehityssuuntia, joilla on potentiaalia vaikuttaa voimakkaasti ympäristön tilan seurantaan tulevalle strategiakaudella. Useiden uusien menetelmien kohdalla kansallinen rutiinikäyttöönotto edellyttää menetelmän ja sen tiedonhallinnan kehitystyötä. On varmistettava, että Suomi edistää menetelmien kehittämistä ja standardointia paitsi kansallisesti, myös EU-tasolla ja muilla kansainvälisillä foorumeilla.

Seuraavassa esitellään esimerkkejä nopeasti kehittyvistä uusista seurantamenetelmistä. Osa huomioitiin jo edellisessä ympäristön tilan seurannan strategiassa ja sisällytettiin toimenpideohjelmaan. Aiemman strategian toteutussuunnitelmassa mainituista kehittyvistä uusista menetelmistä alta puuttuu mm. kansalaishavainnointi. Listauksesta puuttuvia menetelmiä tullaan myös jatkokehittämään aiemmassa työssä luodulta pohjalta.

### 5.1 DNA tunnistustekniikat

Uuden polven sekvensointimenetelmien nopea kehitys, sekvensointisyvyyden paraneminen, sekvensointiin kuluvan ajan pieneneminen ja sekvensointikustannusten aleneminen ovat mahdollistaneet molekyylibiologisten seurantamenetelmien laajamittaisen pilotoinnin ja käyttöönoton useiden eri eliöryhmien osalta muun muassa biodiversiteetin kartoittamisessa, uhanalaisten lajien havaitsemisessa ja vieraslajien leviämisen tarkkailemisessa (Compson, ym., 2020). Molekyylibiologiset menetelmät mahdollistavat objektiivisen, kansainvälisesti helposti vertailtavan ja toistettavan lajintunnistuksen sekä laajamittaisen synkronoidun havainnoinnin ja tavoittavat monia vaikeasti havaittavia ja huonosti tunnettuja eliöryhmiä, jotka jäävät perinteisiin menetelmiin perustuvien seurantojen ulkopuolelle. Useat menetelmät (esim. viivakoodaus) ovat viime strategiakauden aikana kehittyneet teknologisessa valmiusasteessa (TRL) prototyyppivaiheesta (TRL 3-4) TRL 6-8 tasolle, jossa tekniikan on osoitettu toimivan operationaalisessa toiminnassa. DNA-menetelmien analyysikustannukset ovat nykyisin joko samat tai jopa alemmat kun perinteisillä tunnistusmenetelmillä. Alan nopea teknologinen kehitys tulee edelleen laskemaan analyysihin-  
toja, jolloin menetelmien käyttö on erittäin kustannustehokasta: paikallisilla vesi- ja ilmanäytteillä voidaan jatkossa tavoittaa joko yksittäisiä lajeja tai koko lajisto laajalta alueelta,

jonka kartoittaminen perinteisin menetelmin ei nykykustannusten takia ole mahdollista. Erilaisia molekyylibiologisia lähestymistapoja ovat muun muassa DNA-viivakoodaukseen perustuvat lajikohtaiset PCR-testit, kvantitatiivinen PCR (qPCR), jolla voidaan kohdelajin tunnistamisen lisäksi määrittää sen runsaus näytteessä, sekä niin sanottuihin uuden sukupolven sekvensointimenetelmiin perustuva metaviivakoodaus, jolla voidaan määrittää suuri osa yksittäisessä näytteessä esiintyvistä lajistosta (Pawlowski, ym., 2020). Näytematriisi vaihtelee menetelmittäin, ympäristö- tai eDNA menetelmistä puhutaan, kun näytettä ei oteta suoraan eliöstä vaan esimerkiksi vedestä, sedimentistä tai ilmasta (Ruppert, ym., 2019). Toinen tapa määrittää lajit eliöstönäytteistä perustuu näytematriisissa olevan eliöstön homogeenointiin (esim. Elbrecht, ym., 2017). Erilaiset metagenomi- ja metatranskriptomianalyysit puolestaan tarjoavat paljon uutta geenitason tietoa toiminnallisen aktiivisuuden yhä tarkempaan tutkimiseen (esim. Mäki & Tirola, 2018).

DNA-menetelmien laajamittainen käyttöönotto seurannoissa (TRL 9) on lähivuosina mahdollista mutta edellyttää kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä ja vuoropuhelua, yhteisiä standardeja ja menetelmien validointia. Käyttöönotto edellyttää oppaita näytteenottoon, näytteiden käsittelyyn ja aineistojen analysointiin. Lisäksi on luotava avoimia tietokantoja, joista sekvenssitieto on helposti saatavissa ja joissa datan käytettävyyteen ja jäljitettävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota. Erityistä huomiota on kiinnitettävä myös siihen, miten hyvin olemassa olevat lajikirjastot tällä hetkellä tunnistavat pohjoiset lajit. Suomessa meneillään olevassa eDNA-menetelmien käyttöönoton tiekartan laadinnassa tullaan tunnistamaan tarvittavat toimenpiteet, joilla edistetään molekyylibiologisten menetelmien kansallista käyttöönottoa. Lisäksi kansainvälinen yhteistyö menetelmien standardointiin liittyen tulee vauhdittamaan menetelmien laajamittaista käyttöönottoa EU:ssa.

## 5.2 Passiivikeräimet

Passiivikeräimiä käytetään laajalti haitallisia aineita koskevissa tutkimuksissa, joissa selvitetään pieninä pitoisuuksina esiintyvien kemikaalien mittaamista vesistöissä. Tutkittavana olevien yhdisteryhmien kemikaalit kertyvät keräimessä olevaan vastaanottavaan faasimateriaaliin. Erilaisilla faaseilla voidaan tutkia eri kemikaaliryhmien kuten esim. organisten hiilivetyjen, raskasmetallien tai lääkeaineiden pitoisuuksia. Keräimien avulla voidaan havaita vesinäytteissä alle määritysrajan jääviä pitoisuuksia, sillä pienet pitoisuudet voidaan keräimen avulla konsentroida mitattavalle tasolle. Yhdisteiden pitoisuus vesissä voi vaihdella, jolloin hetkellisen kertavesinäytteenoton ajankohta vaikuttaa havaittuun pitoisuuteen. Passiivikeräimiä altistetaan pidempi ajanjakso, jolloin korkeat ja matalat pitoisuudet keskiarvoistuvat.

Passiivikeräimet sopivat täydentämään ja jopa korvaamaan nykyisiä biologisiin kudoksenäytteisiin perustuvia menetelmiä silloin kun kemikaalipitoisuudet näytematriisissa ovat

hyvin alhaisia tai tilanteissa, jossa pitoisuudet vaihtelevat altistusjakson aikana. Passiivikeräimien avulla voidaan määrittää kemikaalien eliöihin kertyvää, ns. biosaatavaa osuutta. Altistusjakson keskimääräisten kemikaalipitoisuuksien lisäksi keräimestä voidaan myös selvittää kerääntyneen haitta-ainekokooman toksisuus uuttamalla kertyneet kemikaalit faasimateriaalista ja käyttämällä uutosta ekotoksikologissa testeissä. Keräimen keräämän näytteen toksisuuden määrittäminen kertoo enemmän näytepaikan olosuhteista kuin tiettyjen haitta-aineiden pitoisuuksien mittaaminen yksittäisistä vesinäytteistä, sillä usein kaikkia kerääntyneitä yhdisteitä ei voida resurssisyistä määrittää.

Passiivikeräimiä voidaan käyttää erilaisissa matriiseissa jäte- ja pintavesistä sedimenttiin. Keräimiä käytettäessä voidaan yksinkertaistaa sedimentti- ja biologisten näytteiden monimutkaiset uutto-, puhdistus- ja analyysimenetelmät ja useassa tapauksessa säästää materiaali- ja analyysikuluissa. Keräimet ovat keskenään riittävän samanlaisia, jotta menetelmä voidaan standardisoida eri matriiseille ja kemikaaleille, kun taas eliöaltistuksissa tuloksiin voivat vaikuttaa eliöyksilöiden väliset erot.

Passiivikeräinten teknologinen valmiusaste vaihtelee TRL 6 ja 9 välillä keräinmalleista ja analysoitavista matriiseista riippuen. EU:n ohjeistuksissa passiivikeräimet esitetään vaikutusperusteisiin menetelmiin tarvittavan haitta-ainekokooman keräämiseen sopivana työkaluna (European Commission, Directorate-General for Environment, 2014) sekä biologista seuranta täydentävänä menetelmänä ((EU) 83/2014). Passiivikeräinmenetelmän ISO standardi on julkaistu vuonna 2011 (ISO 5667-23:2011). Direktiivissä (2013/39/EU) uusien seurantamenetelmien, kuten passiivikeräimien kehittämistä kannustetaan jatkamaan.

## 5.3 Koneoppiminen

Koneoppiminen ja tekoäly ovat kehittyneet valtavasti harppauksin viimeisten 10 vuoden aikana. Kehitystä on tapahtunut kaikilla koneoppimisen osa-alueilla ja erityisesti neuroverkkoalgoritmien kehitys on ollut nopeaa. Niin sanottu syväoppiminen, ja sen tarvitseman laskentatehon ja syöttöaineiston kasvu ovat tuoneet suuria, näkyviä muutoksia, kuten pitkälle kehittyneitä kuvien ja puheen tunnistusta ja muodostamista. Tämän lisäksi yleistyneet, helppokäyttöiset, vapaan lähdekoodin ohjelmistoratkaisut omien syväoppimisarkkitehtuurien rakentamiseen ja opettamiseen ovat edistäneet teknologioiden laajamittaista soveltamista. Ympäristöseurannan kannalta keskeisimpiä kehitysalueita on kuvantunnistus, jota on sovellettu mm. satelliittikuvien analysointiin (jäättilanne, lumen tulo, levättilanne suurissa vesistöissä, luonto-/maapeitetyypit), eliöiden tunnistamiseen ja äänien analysoimiseen. Koneoppimiseen perustuva lajintunnistus on viime strategiakauden aikana teknologisessa valmiusasteessa (TRL) kehittynyt prototyyppivaiheesta (TRL 3-4) operationaaliseen käyttöön (TRL 6-8). On näköpiirissä, että koneoppimiseen perustuva eliöiden tunnistus voi kehittyä täysimittaiseen TRL 9 käyttöön tulevan strategiakauden aikana.

Toinen toistaiseksi vähän hyödynnetty koneoppimisen sovelluskohde on seurantatoiminnan optimointi esimerkiksi logistiikan ja muuttujavalikoiman osalta.

Satelliittiaineistojen tulkinnessa koneoppimismenetelmät ovat jo pidemmän aikaa olleet rutiinikäytössä muun muassa vedenlaadun tulkinnessa järvi- ja merialueilla sekä pilvisten alueiden tunnistamisessa. Koneoppimismenetelmät ovat monella alalla tulleet jo osaksi päivittäin toimivaa automatisoidusti laatuvarmennettua aineistotuotantoa. Uusien seurantalaitteiden kehittyminen kasvattaa jatkossa analysoitavan datan määrää. Nykyiselläänkin koneoppiminen on välttämätön apuväline kasvavien datamäärien laatuvarmennuksessa ja esikäsittelyssä. Tarve lisätä esimerkiksi koneoppimiseen perustuvien virheentunnistustyökalujen soveltamista ympäristön tilan seurannassa tulevilla seurantastrategiakaudella ilmenee myös seuranta-asiantuntijoille osoitetussa kyselyssä.

## 5.4 Kaukokartoitus

### 5.4.1 Satelliittihavainnot

Satelliitteihin perustuvaa kaukokartoitustietoa on jo tällä hetkellä saatavilla kattavasti ja tiedon määrä tulee kasvamaan voimakkaasti tulevina vuosikymmeninä. Ympäristön seurannan kannalta tärkeitä kansainvälisiä kaukokartoitustiedon tarjoajia ovat Euroopan Unionin avaruusjärjestön Copernicus -ohjelma, siihen kuuluvat Sentinel-satelliittisarjat sekä yhdysvaltalaisen NASAn eri satelliittisarjat. Molemmat avaruusohjelmat tuottavat maksuttomia satelliittihavaintoja globaalilla kattavuudella, osa jopa päivittäin ja tärkeimpien satelliittisarjojen jatkuvuus on taattu pitkälle eteenpäin. Eri satelliittien havaintolaitteita on suunniteltu siten, että kokonaisuudella voidaan kattaa myös ympäristön seurannan ja ilmastomuutoksen tarpeita monipuolisesti.

Molempien avaruusohjelmien suunnitelmissa on kehittää instrumentteja paremmiksi sekä havaintotarkkuuden, että laitteiden havainnointiominaisuuksien osalta. Tällä hetkellä havainnot saadaan Suomen alueelta keskiresoluutiolla (300m-1km) päivittäin ja tarkemmin (10-60m) noin kahden-kolmen päivän välein. Tarpeellista lisäaineistoa saadaan enenevässä määrin myös Copernicus-ohjelman kaupallisten toimijoiden oheisohjelmista, jotka tuottavat muun muassa erittäin tarkkan maastoerotuskyvyn (0.5 - < 3 m) havainnot. Näillä aineistoilla voidaan vastata pienipiirteisempiin seurantarapeisiin, joiden havainnointi on riittävää harvemmin, kuten kerran parissa vuodessa.

Suomen ympäristöhallinto on kehittänyt pitkäjänteisesti satelliittitietoon pohjautuvaa ympäristön seuranta erityisesti vedenlaadun, maanpeitteen ja sen käytön, lumi- ja järvijääpeitteen sekä viime aikoina myös elinympäristöjen osalta. Kerätystä tiedosta koostetaan sekä päivittäistä että pidemmän aikavälin tilastoaineistoa sekä raportoinnin (mm.

EU Vesipuitedirektiivi, HELCOM-tila-arvioinnin tarpeet), seurannan, että tutkimuksen tarpeisiin. Aineistoa on saatavilla osin jo 2000-luvun alusta harmonisoituina aikasarjoina ja sen käyttöä on liitetty erityisesti seurantaa sekä raportointia kehittäviin hankkeisiin viime vuosina. Satelliittihavaintoaineistoja ei pitäisikään jatkossa enää katsoa muita aineistoja täydentävänä lisäaineistona, vaan ennemmin alueellisesti kattavana pohjana, jonka avulla maastosta ja muuten koottua aineisto voidaan kohdentaa tarkemmin ja hyödyntää nykyistä huomattavasti laaja-alaisemmin.

Satelliittien kyky mitata eri ympäristökohteita kehittyä lähitulevaisuudessa. Esimerkkisi Copernicus-ohjelman Sentinel -ohjelmaa ollaan nykyisen suunnitelman mukaan laajentamassa vuodesta 2025 alkaen satelliitti-instrumenteilla, jotka pystyvät havainnoimaan nykyistä tarkemmin antropogeenisiä CO<sub>2</sub> päästöjä, maan pinnan lämpötilaa, meren ja jään pinnan ominaisuuksia, maan peitettä sekä metsä- ja maatalousmaan ominaisuuksia. Myös tulevan Copernicus ohjelman Sentinel NextGeneration-sarjan myötä (arvioitu käyttöönotto vuoden 2033 jälkeen) havaintojen alueellinen tarkkuus tulee parantumaan noin 2,5–5 m:iin, joka tuo uusia mahdollisuuksia erityisesti pienipiirteisten luontokohteiden säännöllisen seurannan kehittämiseen. Suomella on tällä hetkellä aktiivinen rooli Copernicus-ohjelmassa, jonka kautta Suomi myös saa merkittävää tutkimuksellista rahoitusta. Copernicus-ohjelman sisältöön ja tulevaisuuteen voi ja kannattaa vaikuttaa myös kansallisesti ja tämän mahdollisuuden suunnitelmallinen hyödyntäminen on myös ympäristön seurannan tulevaisuuden kannalta tärkeää.

Satelliittien keräämän havaintoaineiston nykyistä kokonaisvaltaisempi hyödyntäminen ympäristön seurannassa on kansainvälisestikin tunnistettu tarve. Viime vuosina avaruusjärjestöt ovat merkittävästi edistäneet satelliittitiedon saatavuuden ja hyödyntämiseen liittyviä palveluita. On nähtävissä, että Euroopan ja globaalien tason ympäristön tilan seurannassa ja raportoinnissa tullaan enenevässä määrin ottamaan globaalit aineistot raportoinnin pohjalle. Globaaliin ympäristön tilan arvioihin kehitetyt menetelmät eivät kuitenkaan usein ole riittävän tarkkoja ja sovellu kansallisiin tarpeisiin. Suomen luonnon erityiset ominaisuudet kuten tummat vesialueet, elinympäristöjen pirstaleisuus, kasvillisuus, muutokset lumipeitteessä edellyttävät kansallisen satelliittiseurannan edelleen kehittämistä, ylläpitämistä ja soveltamista. Satelliittitiedon hyödyntäminen ympäristön seurannassa on Suomessa kansainvälisellä tasolla korkeatasoista. Olennaisen tärkeää onkin pysyä nopeassa kehityksessä mukana, ja arvioida, hyödyntää sekä jatkojalostaa kansainvälisten toimijoiden (mm. Copernicus-palvelut) aineistoja oman kehitystyön ohella. Satelliittiaineistojen nykyistä laajempaan hyödyntämiseen ympäristön seurannassa liittyvien eri toimijoiden väliseen yhteistyöhön, tutkimukseen sekä tekniseen kehitykseen liittyviä tarpeita myös lähitulevaisuudessa.



## 5.4.2 Droonien käyttö

Drooni-teknologia on kehittynyt merkittävästi viimeisen 10 vuoden aikana. Drooneista eli kauko-ohjatuista lennokeista on tullut halvempia ja niiden keskimääräinen käyttöaika on pidentynyt. Samaan aikaan tietoliikennetkaisu ja datan käsittely ovat kehittyneet, mikä osaltaan on tehnyt droonien käsittelystä ja datan keräämisestä niiden avulla helpompaa. Tämän lisäksi kehittyneet tiedonsiirtomahdollisuudet ja koneälyratkaisut sallivat kerätyn datan automaattisen analysoinnin. Ympäristöseurannassa etenkin maastokuvaukset lentävien droonien avulla ovat yleistyneet mutta myös maastossa kulkevien sekä kelluvien ja sukeltavien droonien käyttö ympäristömittauksissa on yleistymässä. Droonit sallivat pääsyn kohteisiin, joihin pääsy on ihmisille joko erityisen hankalaa (esim. upottavat suot) tai joihin menemistä halutaan ympäristönsuojelullisista syistä välttää. Tällä hetkellä drooneja ohjataan pääosin manuaalisesti, mutta jatkossa myös droonien autonominen ohjaus tulee olettavasti yleistymään siinä määrin kuin ilmailumääräykset sallivat. Droonien käytön teknologinen valmiusaste ympäristöseurannan kannalta vaihtelee käyttökohteesta riippuen prototyypivaiheesta operationaaliseen käyttöön. Ympäristövalvonnassa (mm. turvesuot, kaatopaikat) droonien käyttö on aluehallinnossa jo lähes rutiininomaista. Droonien automaattisen ohjauksen yleistyminen voisi mahdollistaa systemaattista droonien avulla tapahtuvaa ympäristötiedon keräystä. Drooni-teknologian laajamittaista käyttöönottoa seurannassa hidastaa kuitenkin yhteisen mittaustoiminnan ja datastandardien puute. Myös uusien lupakäytäntöjen määräykset asettavat huomioon otettavia rajoituksia ja velvollisuuksia droonien käyttäjille.

## 5.5 Automaattiset mittarit ja analysaattorit

Automaattiset analysaattorit ja mittarit ovat rutiinikäytössä mm. ilmanlaadun valvonnassa ja hydrologisissa mittauksissa, joissa seurantaverkot on valtaosin automatisoitu. Automaattimittauksin saadaan suuri määrä havaintoja, ja niiden avulla voidaan tarkentaa huomattavasti esimerkiksi vuodenaikaisvaihtelun vaikutuksen arviointia ilmaperäiseen kuormitukseen tai vesistöjen virtaamiin.

Aiemmalla strategiakaudella pilotoitiin laitteistoja vedenlaadun analysointiin, ja kehitettiin ohjeita ja suosituksia automaattiasemien perustamiseen ja ylläpitoon. Jatkuva Laatu-hankkeessa laadittiin suunnitelma kansallisen automaattiseurantaverkoston perustamiseksi (esim. Lepistö, ym., 2010; Tattari, ym., 2019). Ensi vaiheessa suunnitelmasta ollaan toteuttamassa jokisuilla sijaitsevien asemien verkosto, joka tehostaa erityisesti jokien kautta Itämereen päätyvän kuormituksen seuranta.

Pääosa vesien- ja merenhoidon edellyttämän seurannan toteutuksesta ja kehittämisestä toteutetaan edelleen maastossa ja aluksilla tehtävänä näytteenotto- ja mittaustyönä sekä laboratorioanalyysinä. Jatkuvat toimistien mittareiden rutiininomainen käyttö lisääntyy

etenkin tarkkailuissa, joissa seurataan tietyn paineen vaikutuksia (esimerkiksi ravinnetai kiintoainekuorma) ja tarvitaan paljon havaintoja eri virtaamaolosuhteissa tapahtuvan kuormituksen arvioimiseksi. Jatkuvatoimisten mittareiden tulokset ovat myös käyttökelpoisia kaukokartoitusaineistojen laadunvarmistuksessa. Maastomittareiden oma laadunvarmistus vaatii kuitenkin tarkkaa ja standardoitua näytteenotto- ja analyysiaineistoa, joten perinteisen In Situ-havainnoinnin ja edustavan seurantaverkoston tarve säilyy tulevaisuudessakin. Automaattisten vedenlaatumittareiden parametrivalikoima on nykyisellään varsin niukka, joten in situ-mittausten seurannan tarve pysynee pitkään nykytasollaan eritoten pohjavesien ja haitallisten aineiden seurannan osalta.

Itämeren kauppalaivoihin tukeutuvassa Alg@line-järjestelmässä osa mittauksista (mm. lämpötila, suolaisuus, sameus, klorofylli-a) tehdään jatkuvatoimisin suoraan läpivirtaavasta vedestä ja osa (mm. ravinteet) määritetään järjestelmän automaattisesti ottamista vesinäytteistä myöhemmin laboratoriossa. Järjestelmää kehitetään mm. selvittämällä epäorgaanisia ravinteita ja haitallisia aineita (esim. öljy) suoraan läpivirtaavasta vedestä mitaavien antureiden käyttökelpoisuutta (Kaitala, S., & Seppälä, J., 2020). Lisäksi testataan kasvi- ja eläinplanktonia kuvantavien virtausstometrilaitteiden soveltuvuutta. Läpivirtaus-analysointilaitteita on testattu myös pieniin aluksiin ja veneisiin asennettuina, jolloin voidaan kartoittaa hyvinkin pienialaisia kohteita ja tarkentaa esimerkiksi pistekuormituksen vaikutusarviointia. Menetelmää pilotoidaan rannikon kalanviljelylaitosten vesistövaikutusten arvioinnissa.

Vastikään uudistetulla SYKE:n tutkimusalus Arandalla tehtävällä työllä on keskeinen merkitys avoimen Itämeren seurantamenetelmien laadunvalvonnassa ja kehittämisessä. Vesipatsaan fysikaalisen tilan (CTD) ja happipitoisuuden operatiivinen seuranta on jo pitkään tapahtunut automaattisin anturein. Myös nitraatin, fosfaatin, pH:n ja rikkivedyn mittaamisissa on mahdollista jatkossa siirtyä sondimittauksiin, joskin fosfaatin märkämäärällinen sondimittaus on aikaa vievää (Raateoja, 2020). Meren vedenalaisen äänenpainetason (melu) jatkuvatoiminen seuranta mereen asennetuin hydrofonein on pilotointivaiheessa (Pajala & Kankaanpää, 2020).

## 5.6 Monilähteisen datan integrointi (Datafuusio)

Tulevalla seurantakaudella yleistyy tarve yhdistää eri tutkimusinfrastruktuurien tuottamat, muodoiltaan vaihtelevat datat, sekä ilmiöiden seuraamiseksi että entistä tarkempien tilanekuvien tai ennusteiden tuottamiseksi. SYKE:ssä on esimerkiksi kehitetty satelliittitulkintojen ja erilaisen in-situ-datan yhdistämiseksi datafuusio-järjestelmä, jota on käytetty mm. kalankasvatuksen vesistövaikutusten seurantaan (Malve, ym., 2021a; 2021b). Järjestelmä hyödyntää digitaalisia seurantajärjestelmiä ja on integroitavissa uudistettavaan vesien- ja merenhoidon tietojärjestelmään. Kehitetty datafuusio-järjestelmä yhdistää pitkiä

aikasarjoja tuottaviin asemahavaintoihin ja automaattisiin mittauksiin perustuvat seuranta-aineistot ja satelliittituotteet sisävesien, Itämeren ja rannikkoalueiden veden laadusta ja parantaa syntyvän tiedon alueellista ja ajallista kattavuutta ja luotettavuutta (Laine, ym., 2017). Lisäksi järjestelmä mahdollistaa paikallisten vaikutusten suhteuttamisen vedenlaadun laaja-alaisempiin vesimuodostuma- tai merialuetason vaihteluihin. Tällä on suuri merkitys vesien ja meren ekologisessa seurannassa ja luokittelussa sekä ympäristöön vaikuttavien hankkeiden luvituksessa ja lupien valvonnassa (Paloniitty, ym., 2017).

Edellä kuvatun kaltaisten järjestelmien tai yhdistämistapojen kehitys on toistaiseksi ollut melko vähäistä ja tekninen valmiusaste jää usein alle tason TRL 5. Tarvittavaa menetelmäkehitystä hidastaa mm. datan yhdistämiseen tarvittavan metatiedon kuvauksien puute, datojen eriateinen avoimuus sekä ajallisesti riittävän kattavan mittausaineiston luominen. Sisävesien osalta Säkylän Pyhäjärvellä on tutkimushankkeissa pilotoitu jatkuvatoimisten mittausten, mallinnuksen ja kaukokartoitustulkintojen integrointia (esim. Lepistö, ym., 2010). Kokemukset pilotointikohteista sisä- ja rannikkovesissä tukevat suoraan datafuusion kehitystyötä (ks. luku 4.6).

## 6 Toimenpiteet seurantojen kehittämiseksi

Tavoitteiden toteuttamiseksi tarvittavia toimenpiteitä käsiteltiin alustavasti ympäristön tilan seurannan toteuttajaorganisaatioiden seuranta-asiantuntijoille järjestetyissä työpaikoissa. Ympäristön tilan seurannan strategian toteutukseen perustettava toimenpideohjelma jatkaa strategiaprosessia kehittämällä ja määrittelemällä toimenpiteitä tarkemmin.

### 6.1 Toimenpiteet yhteistyön sujuvoittamiseksi ja seurantatiedon hyödynnettävyyden parantamiseksi

Seurantojen koordinaation, työnjaon ja vuorovaikutuksen parantamiseksi ehdotetaan yhteistyö- ja koordinaatioryhmän perustamista. Perustettavan yhteistyö- ja koordinaatioryhmän keskeisenä tehtävänä tulee olla myös avoimen yhteistyön kehittäminen ympäristön tilan seurannan sidosryhmien kanssa. Lisäksi on harkittava tarve erillisille seuranta-kohtaisille yhteistyöelimille. Viime seurantastrategiakaudella perustettiin useita organisaatiokohtaisia avoimen tiedon portaaleja. Tiedon käyttäjillä on haaste löytää tarvitsemaansa tietoa monien portaalien joukosta. Yleisen tietoisuuden, tiedon helpon löydettävyyden ja avoimen seurantatiedon käyttöasteen kohentamiseksi tulee selvittää kaikille ympäristön tilan seurannoille yhteisen, avoimen portaalin perustamista, joka toimii ponnahduslautana eri ympäristön tilan seurantoihin. Myös ohjelmointirajapintojen tarkat tekniset kuvaukset, tarvittavien käyttöoikeuksien luovuttaminen, ohjelmointirajapintojen yhtenäinen käyttö ja tietojärjestelmien yhteiskehittäminen ovat edellytyksiä tavoitteen saavuttamiseksi. Seurantojen operatiivisen työn ja tietojärjestelmien ylläpidon rahoitus on varmistettava, työtä tehdään jo liian hanke pohjaisesti.

### 6.2 Toimenpiteet uusien menetelmien käyttöönottamiseksi

Seurannan toteuttajaorganisaatioiden yhteistyönä tulee laatia prosessi uusien seurantamenetelmien käyttöönotolle. Lisäksi tulee edistää em. prosessin kautta sopiviksi tunnistettujen uusien menetelmien hyväksyttävyyttä, laadunvarmennusta ja standardointia sekä

kansallisesti että kansainvälisesti hyödyntäen olemassa olevia yhteyksiä keskeisiin organisaatioihin ja verkostoihin. On keskeistä, että suunnitelmiin sisällytetään kaikki uusien menetelmien käytöstä seuraavat resurssitarpeet ja tietoinfrastruktuurin vaatimukset yli yksittäisen toteutusorganisaation tai kansallisten rajojen.

Uusien menetelmien hyväksyminen seurannoissa käytettäväksi on nykyisillään epäselvä ja osin subjektiivinen. Uusien menetelmien käyttöönoton nopeuttamiseksi on laadittava selkeä prosessi ja yleinen kriteeristö, joka sisältää mm. tarkastelun menetelmän luotettavuudesta, ympäristövaikutuksista, sen tuomasta lisäarvosta, siihen liittyvistä rajoituksista, vaaditusta asiantuntemuksesta (vrt. Mack, ym., 2020) ja kustannustehokkuudesta (Hyvärinen, ym., 2021). Tarkastelun tekeminen vaatii aktiivista menetelmän testausta, pilotointia ja riittäviä käyttökokemuksia rutiininomaisesta käytöstä. Tulevalla seurantakaudella on keskeistä määritellä selkeä kriteeristö ja prosessiketju hyväksymiselle. Myös jo nykyisin käytössä olevat seurantamenetelmät tulee määrääjain altistaa kriittiselle tarkastelulle samoin vaatimuskriteeristöin. Tämän kriteeristön tulisi huomioida seurannan kannalta keskeiset puolet kuten ajallinen ja alueellinen edustavuus, mittauksen tarkkuus ja tarvittava kattavuus ilmiöiden mittaamiseen. Ainoastaan näillä tavoin voidaan ratkaista seurannan modernisaatiotarpeet objektiivisesti ja nopeuttaa sopivien uusien menetelmien käyttöönottoa seurannoissa.

### 6.3 Toimenpiteet tiedon keräyksen, tuottamisen ja jakelun automatisoimiseksi

Seurantatietojen tallentamisen, jakelun ja saatavuuden kannalta keskeistä on niiden yhteensopivuuden parantaminen seurantojen kokonaisarkkitehtuuria kehittämällä. Yhä edelleen useat ympäristötietoa sisältävät aineistot ovat rakennettu eri logiikoilla, eivätkä niiden sisältämät tiedot ole koneluettavassa muodossa, eivätkä siten myöskään automatisoitavissa. On luotava dataspesifisiä tarkkuusvaatimuksia (esim. kansainvälisten metatietostandardien noudattamista) ja kehitettävä datavirtoja tiedon nopeamman käytettävyyden edistämiseksi. Seurannan parametrit tulee suunnitella yhdessä ilmiöitä tarkastelevien tahojen kanssa vuorovaikutuksellisessa prosessissa. Ministeriöltä tuleva rahoitus on tietoinfrastruktuurin kehitystyön kannalta keskeinen. Ministeriöltä seurannalle ohjattun rahoitukseen tulee jatkossa aina liittää ehtoja yhteistyön, yhdensopivuuden varmistamisen ja yhteiskehittämisen osalta. Tietoaineistoille, jotka jo täyttävät keskeiset automatisoinnin vaatimukset, tulee varata riittävä rahoitus käytettyjen tietojärjestelmien nykyaikaistamiseen ja ylläpitämiseen. Ajantasaisten tietojärjestelmien varaan voidaan rakentaa säännöllisesti ja automaattisesti päivittyviä laajaan käyttöön tarkoitettuja tietoaineistoja, kuten interaktiivisia visualisointeja ja ajantasaisia automaattisia dataraportteja.

## 6.4 Toimenpiteet seurannan adaptiivisuuden ja uusien ilmiöiden huomioimiseksi

Jotta seurannat voisivat olla adaptiivisia, ts. että seurantajaksojen välillä kertyvän, varsinaiseen seurantaohjelmaan kuulumattoman lisätiedon valossa voisi tehdä muutoksia seurantasuunnitelmiin, on luotava rakenteita reaaliaikaisen datan automaattisen tulkinnan hyödyntämiseksi ja siirryttävä käyttämään entistä vaativampia analyysi- ja datalouhintamenetelmiä, jotka hyödyntävät mm. koneoppimista. Edellytyksenä adaptiivisuuden käyttöönotolle on myös luotettavan lisätietolähteen olemassaolo ja adaptiivisuuden periaatteen aktiivinen sisällyttäminen seurantasuunnitelmiin. On tärkeä havaita, ettei adaptiivisuutta voida soveltaa tulevilla seurantastrategiakaudella ilman merkittäviä panostuksia adaptiivisuutta tukeviin datainfrastruktuureihin ja seurannan toteuttajaorganisaatioiden tuottamien tietojen yhteiskäytön parantamiseen. Adaptiivisuutta ei ole myöskään mahdollista toteuttaa ilman ministeriöiden yhteistyötä ja seurannan yleisten yhteistyö- ja koordinaatiivastuiden selkeyttämistä.

Adaptiivisuuden tuominen seurantoihin ei edellytä yksittäisen tietoratkaisun tuottamista vaan seurantatietojen yhteentoimivuuden ja yhteiskäytön kehittämistä. Organisaatioiden välinen kehitystyö parantaa kykyä vastata uusien ilmiöiden vaikutuksiin ja uusiin seurannalle asetettuihin tavoitteisiin, sekä mahdollistaa myös muiden kuin ympäristön tilan seurannan toteuttavien tahojen tuottaman tiedon integroinnin. Adaptiivisuuden soveltamista ympäristön tilan seurantaan voivat hidastaa nykyiset ulkoistetut seurannan näytteenoton ja analytiikan palvelut, joiden joustavuutta tulee pyrkiä parantamaan. Adaptiivisuuden soveltamismahdollisuuksia ja mahdollisia kustannusvaikutuksia seurannan toteutukseen tulee selvittää.

Adaptiivisuuden kehittämiseen tarvitaan lisäksi kiinteää vuoropuhelua tutkimuksen ja tiedon loppukäyttäjien kanssa. Vuoropuhelun fasilitoimiseksi, yhteistyön kehittämiseksi sekä toiminnan rahoituspohjan ja toteutuksen edistymisen seuraamiseksi tulee luoda yhteistyöryhmä. Toistaiseksi käyttämättä jäävän yritysdatan hyödyntämiseksi viranomaisarvioinneissa ja tutkimuskäytössä tulee kehittää käyttöoikeuksilla hallittava testialusta (ns. hiekkalaatikko – sandbox), johon yritykset tai muut tahot voivat tuoda omaa ei-avointa dataa. Testialustan kehittämisessä tulisi kuulla ja osallistaa sekä tiedontuottajia, että nykyisten tietojärjestelmien ylläpitäjiä.

## 6.5 Toimenpiteet ympäristön seurantoihin liittyvän tietoinfrastruktuurin kehittämiseksi

Seurantojen toteuttajaorganisaatioiden tiedonhallintaan liittyvää yhteistyötä tulee kehittää edelleen. Ympäristöseurantaan liittyvien toimijoita ja tiedonhallinnan kokonaisuva, nykytilannetta sekä tavoitetilaa tulee tarkentaa, jotta tietojärjestelmien ja aineistojen yhteentoimivuutta, avoimuutta sekä saatavuutta voidaan suunnitelmallisesti edistää. Eri toimijoiden välisellä yhteistyöllä tunnistettujen kehittämistarpeiden kautta voidaan ympäristöseurantoihin liittyvää tietoinfrastruktuuria, ja sen rahoitusmallia, lähteä kehittämään yhteisesti sovitussa järjestyksessä.

## 7 Uuden ympäristön tilan seurannan strategian toimenpideohjelman kuvaus ja rakenne

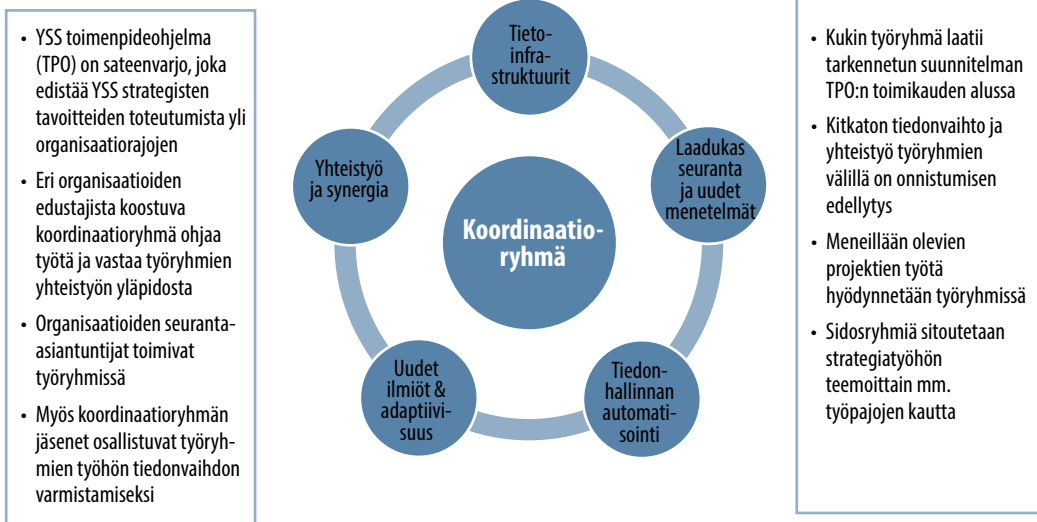
Ympäristön tilan seurannan strategiatyö jatkuu erillisessä vuoden 2022 lopussa alkavassa toimenpideohjelmassa. Ympäristöministeriön asettama ja vetämä toimenpideohjelma kattaa kauden 2022-2030.

Seurantastrategiaprosessia seuraava toimenpideohjelma toimii eräänlaisena sateenvarjona, jonka tehtävänä on edistää ympäristön tilan seurannan strategisten tavoitteiden toteutumista yli organisaatorajojen. Toimenpideohjelman puitteissa pyritään myös ohjaamaan rajallisia resursseja ja edistämään tiedonkulkua siten, että päällekkäiseltä työltä ja hankkeiden väliseltä epätoivottavalta kilpailulta vältytään. Toimenpideohjelmaa koordinoi yhteistyö- ja koordinaatioryhmä, joka muodostetaan seurantastrategiaa valmistelleiden organisaatioiden ja muiden seurannan kannalta keskeisten sidosryhmien asiantuntijoista.

Yhteistyö- ja koordinaatioryhmän keskeisin tehtävä on koordinoida toimenpideohjelmaa ja edistää ja kehittää yhteistyötä seurantaan toteuttavien tahojen välillä, seurantaan tukevien tutkimusinfrastruktuurien kanssa sekä sidosryhmien ja seurantatiedon käyttäjien kanssa. Toimenpideohjelmaa johtaa YM ja sen koordinaattorina toimii SYKE. Yhteistyö- ja koordinaatioryhmän lisäksi perustetaan temaattisia työryhmiä edistämään strategisia tavoitteita. Työryhmien kokoonpanossa ja työskentelyssä kiinnitetään erityistä huomiota sujuvaan koordinaatioon, ryhmien väliseen yhteistyöhön ja jatkuvaan tiedonvaihtoon tilannekuvan hallinnan varmistamiseksi. Työryhmät ovat: Uudet ilmiöt ja adaptiivisuus, Yhteistyö ja synergia, tietoinfrastruktuurit, Laadukas seuranta ja uudet menetelmät, sekä Tiedon tuotannon automatisointi. Seurannan toteuttajaorganisaatioissa meneillään olevat seurantaan kehittävät projektit on tarkoitus hyödyntää täysimääräisesti toimenpideohjelmaa toteuttavissa työryhmissä.



**Kuvio 2.** Luonnos ympäristön tilan seurannan strategian toimenpideohjelman rakenteesta ja keskeisistä toimintaperiaatteista.



# Liitteet

## Liite 1: Toimintaympäristössä tapahtuneet muutokset

### Liite 1.1: Hydrologinen seuranta

Jari Uusikivi SYKE, Sari Metsämäki SYKE

#### Nykytila

Hydrologinen seuranta on olennainen osa hydrologista palvelua ja vesitilannepalvelua, joka tarjoaa viranomaisille, elinkeinoelämälle ja kansalaisille tietoja maamme vesivaroista. Hydrologisen palvelun muotoja ovat tiedot ajankohtaisesta vesitilanteesta, hydrologiset ennusteet ja varoitukset, vesistöjä ja vesivaroja koskevan tiedon kokoaminen, vesiensuojelun ja -hoidon tukeminen sekä muut asiantuntijapalvelut kuten lausunnot ja arvioinnit.

Hydrologisen seurannan nykytilaa ja kehittämistä on käsitellyt maa- ja metsätalousministeriön asettama VETO-hanke ja sen loppuraportti vuodelta 2017 (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017). Hankkeen mietinnön seurauksena hydrologisen tiedon tuotannossa vedenkorkeuden ja virtaaman osalta otettiin käyttöön tilaaja-tuottaja järjestämismalli. Mallissa tilaajana toimii keskitetysti koko maan osalta Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus (EPO-ELY) ja tuottajina alueellisesti kilpailutetut konsultit. Suomen ympäristökeskus (SYKE) koordinoi koko hydrologista seurantaohjelmaa, tuottaa mittauksiin perustuvia tietoja ja vastaa ELY-keskusten kanssa laadunvarmennuksesta. SYKE ylläpitää ja kehittää hydrologisen seurannan tarvitsemat tietojärjestelmät.

Hydrologiseen seurantaan kuuluu mittauksia noin 1 000 kohteesta seuraavista suureista:

- lumen vesiarvo (lumikuorma)
- vesistöjen vedenkorkeus ja virtaama
- valuma maa-alueilta vesistöihin
- maa- ja pohjavesivarasto (maankosteus ja pohjaveden korkeus)
- vesistöjen jääpeite ja lämpötilat sekä maa-alueiden roudan syvyys

Vedenkorkeuden seuranta on kokonaisuudessaan automatisoitu jatkuvatoimisilla laitteilla ja mittausrakenteita on toimintavarmuuden lisäämiseksi ja huoltokäyntien vähentämiseksi kahdennettu useilla asemilla viime vuosina. Pohjaveden pinnankorkeuden seurantaverkosto automatisoidaan vuosien 2021–2022 aikana.

SYKE ja ELY-keskukset hankkivat merkittävän osan havaintotiedosta havait-sijoilta. Havait-sijat ovat tehtävänsä opastettuja kansalaisia, joiden kanssa on solmittu toimeksianto-sopimus säännöllisestä hydrologisten havaintojen teosta valtakunnallisilla ja alueellisilla havaintoasemilla ja -paikoilla. Havait-sijoita käytetään eniten sellaisten havaintojen tekemi-seen, joita ei voida automatisoida (esim. lumilinjat, jäänpaksuus, routa), mutta he tekevät myös pääosan automatisoitujen pohjavesi- ja valunta-asemien tarkistusmittauksista.

Edellä kuvattuun seurantaan käytetään tällä hetkellä SYKEssä henkilöresursseja noin 12 htv ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksissa (ELY-keskukset) noin 10 htv. Sen lisäksi seurannan järjestämiseen käytetään noin 1 500 000 euroa vuodessa, johon sisältyy mm. havait-sijapalkkiot, ulkoistetut ostopalvelut ja laitehankinnat.

Tärkeänä tiedonhankintatapana on satelliittikaukokartoitus, jolla tätä nykyä tuo-tetaan sekä lumitietoa että tietoa järvien jäätilanteesta koko Suomen alueelta päivittäin. SYKE tuottaa MODIS-satelliittikuviin perustuvaa tietoa lumen peittämästä alasta 500 m ruutukoossa (lumenpeittävyys prosentteina ruudun pinta-alasta), ja tiedon järvien jäästä (jäässä/sula) sekä vastaanottaa Ilmatieteenlaitokselta tietoa lumen vesiarvosta 10 km ruu-tukoossa. MODIS-dataan perustuvissa seuranta-aineistoissa tiedon saantia rajoittaa pilvi-syys; pilvien läpi eivät käytössä olevat optiset satelliitti-instrumentit näe. Kuitenkin lumi-kartta ja jääkartta tuotetaan päivittäin; kartassa pilviset alueet on merkitty erikseen varsi-naisesta lumi/jäätiedosta. Tässä aineistossa sekä pilvien että lumen ja jään tulkintaa suorit-tavat algoritmit on kehitetty SYKEN tietokeskuksessa, ja itse laskenta tapahtuu Satelliitti-kuvakeskuksen koneilla Sodankylässä, josta valmiit aineistot saadaan SYKEen jo satelliitin kuvauspäivänä. Lumen peittämästä alasta lasketaan automaattisesti myös valuma-alue-kohtaiset keskiarvot, jotta ne vastaisivat hydrologisen mallin laskenta-alueita ja olisi-ivat näin mahdollisimman hyvin käytettävissä mallin tarpeisiin. Tuotetut lumikartat eivät rajoitu vain Suomen alueelle, vaan ne kattavat koko Pohjois-Euroopan. Valuma-aluekohtai-nen tieto menee heti valmistuttuaan hydrologisen mallin käytettäväksi ja kartat tallenne-taan lisäksi SYKEN Tarkka-palveluun. Järjestelmän ylläpitoon ja laadunvalvontaan menee tällä hetkellä noin 3 viikkoa vuodessa. Käsittelemätön satelliittidata on maksutonta.

### Haasteet ja kehitystarpeet

Hydrologinen seuranta on olennainen osa vesitilannepalvelua, ja sen kehittämien tapah-tuu osana koko vesitilannepalvelun kehittämistä. Hydrologisen seurannan osalta on tun-nistettu seuraavia haasteita:

- Huolehditaan ja vahvistetaan SYKEN ja Ilmatieteen laitoksen (IL) välistä tiivistä yhteistyötä, johon molemmat laitokset ovat sitoutuneet. Yhteistyön puitteissa on mm. varmistettu riittävä tietojen vaihto, kehitetty asiantuntemusta ja pal-veluita sekä poistettu seurannan päällekkäisyyksiä.

- Varmistetaan nykyisin käytössä olevan henkilöresurssin säilyminen lähes ennallaan
- Varmistetaan eläkkeelle jäävän henkilöstön tietotaidon suunnitelmallinen siirtäminen
- Varmistetaan kokonaisrahoitus hydrologisen palvelun infrastruktuurin ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi.

Koska hydrologinen seuranta on kiinteä osa vesitilannepalvelua, myös hydrologisen seurannan kehittämisessä pitää ottaa huomioon tietojärjestelmien kehittäminen. Avoimen datan saavutettavuudesta ja saatavuudesta sekä www-palveluiden kehittämisestä tulee huolehtia osana vesitilannepalvelua ja yhteistyössä esim. PISARA- ja SYTYKE-hankkeiden ja vesi.fi – kehityksen kanssa. Hydrologisen seurannan tietojärjestelmien kehitykseen on kertynyt kehitysvelkaa, joka pitäisi saada purettua, jotta uudempia menetelmiä voidaan tehokkaasti ottaa seurannassa käyttöön. Havaintojen lisääntynyt automaatio ja avoimen datan vaatimus ovat lisänneet tietojärjestelmien kuormitusta ja lisännyt kehittämisen tarvetta, johon ei ole resurssien vähyyden takia pystytty vastaamaan.

### Tavoitteet vuoteen 2030

Hydrologisen seurannan linkitystä tutkimukseen tulee vahvistaa ja erityisesti mittausmenetelmien kehittämiseen ja tutkimukseen pitää panostaa nykyistä enemmän. Lumen vesi-arvon uusien mittausmenetelmien ja kaukokartoitusmenetelmien soveltamista hydrologiseen seurantaan pitää edistää nykyistä vahvemmin ja ottaa soveltuvilta osin operatiiviseen käyttöön. Samoin tulee hyödyntää SYKE:n kansalaishavaintoalustaa sekä edistää menetelmien kehittämistä kansalaistiedon ja -havaintojen käyttämiseksi hydrologiseen seurantaan ja seurantaverkon täydentämiseen.

Vedenkorkeusmittalaitteiden kahdennusta tulee jatkaa kattamaan kaikki valtakunnallisen seurannan asemat. Tällä saadaan lisättyä seurantaverkon toimintavarmuutta tulvatilanteissa ja vähennettyä huoltokäyntien kustannuksia.

Suomen hyvän hydrologisen osaamisen käyttöä kansainvälisissä tehtävissä tulee kasvattaa.

Kuivuustilanteiden kokonaiskuvan ja tulvaennusteiden parantamiseksi maankosteushavaintojen seurantaverkkoa ja hyödyntämistä pitää parantaa. Lopetettujen haihdunta- ja lysimetriseurantojen sijasta haihdunnasta saadaan seurantatietoa maankosteushavaintojen avulla. Maankosteusseuranta on nykyisin hajaantunut usean toimijan hoidettavaksi (ainakin SYKE ja GTK). Näiden eri seurantojen yhdenmukaisuus ja vertailukelpoisuus tulee selvittää. Vertailukelpoisten seurantojen aineistot pitäisi saada yhdestä paikasta hyödynnettäviksi.

Koska optisen satelliittidatan käyttöä rajoittaa pilvisyys, kehitetään tutkakuviin perustuvaa järjestelmää lumenpeittoalan arviointiin. Tutkasignaali tunkeutuu pilvien läpi, joten tieto saadaan säästä riippumatta. Tämä on tärkeää varsinkin keväällä, jolloin lumen sulanta on paljolti sateista johtuvaa. Tutkakuvilta saatava lumisuustieto ei yllä optisten kuvien tasolle tarkkuudeltaan, mutta se on tärkeä tiedon täydentäjä pitkien pilvisten jaksojen aikoina.

## Liite 1.2: Sisävesien seuranta - joet ja järvet

Marko Järvinen SYKE, Sari Mitikka SYKE

### Nykytila

Järvien ja jokien vesienhoitoalueiden seurantaverkko on ELY-keskusten ylläpitämä ja laadittu yhteistyössä SYKE:n ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) kanssa. Seurantapaikat, niihin linkitetyt havaintopaikat ja seurattavien laatutekijöiden metatiedot (kasviplankton, pohjaeläimet, vesikasvit, piilevät, kalat, fysikaalis-kemiallinen vedenlaatu, hydrologiset ja morfologiset tekijät) tallennetaan SYKE:n ylläpitämään valtakunnalliseen tietojärjestelmään (Hertta – Vesienhoidon suunnittelu – Vesien tilan seuranta). Seurannassa kerätyt laatutekijäkohtaiset tiedot tallentuvat kukin omaan Hertan osajärjestelmäänsä. Vesienhoidon seurantaverkko koostuu sekä valtion varoin kustannetusta seurannasta (ns. perusseuranta) että toiminnanharjoittajien kustantamasta vesistöjen velvoitetarkkailusta (ns. toiminnallinen seuranta). Perusseurannassa laatutekijöiden ja muuttujien valikoima on laaja. Toiminnallisessa seurannassa laatutekijät ja muuttujat ovat valittu sen mukaan, miten herkkiä ne ovat ilmaisemaan kuormittavaa toimintaa. Seurannassa ja velvoitetarkkailussa käytettävien menetelmien tulee olla yhtenäisiä, interkalibroituja ja standardoituja, jotta ne ovat vertailukelpoisia. Seuranta ja tarkkailu tuottavat vuosittain aineistoa vesien tilan ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun ja raportointeihin (2000/60/EY; 91/676/ETY; (EU) 2016/2284).

Ympäristöhallinnon jokien ja järvien seurantaohjelman ostopalvelujen kustannukset ELY-keskuksissa ovat 2,2 milj. euroa vuodessa. Seurannan toteutus vaatii henkilöresursseja 11 htv (ELYt) ja 5,5 htv (SYKE). Lisäksi kustannuksia syntyy LUKE:n toteuttamassa kala-seurannassa. ELY-keskusten henkilöressit ovat vähentyneet edellisen strategiakauden (2010-2020) aikana huomattavasti. Näytteenotto toiminnan ulkoistamisen myötä henkilötyötä karsittiin noin 30 henkilötyövuotta. Mutta ilman näytteenotto työ ulkoistustakin karsinta on ollut merkittävää: ELY-keskusten pintavesien seurannan toteutukseen osoittama työresurssi on pienentynyt 31 prosenttia vuodesta 2012 vuoteen 2020 (2012: 16 htv, 2020: 11 htv). Myös SYKE:ssä seurantaan käytettävien htv-resurssien määrä ja samalla toimintojen määrä on eläköitymisten myötä vähentynyt (mm. kasviplanktonanalyysi, velvoitetarkkailun koordinointi).

Velvoitetarkkailujen kustannuksista ei ole tuoretta arviota. Vuonna 2004 kokonaiskustannukseksi on arvioitu noin 1,1–2,5 milj. euroa vuodessa (Vuoristo, 2010). Velvoitetarkkailun maksavat pääosin kuormittavan toiminnan harjoittajat, ja seurannan laajuus ja sisältö on määritelty toiminnan vaatimassa ympäristöluvassa. ELY-keskukset käyttävät velvoitetarkkailujen valvontanäytteisiin ja erikoisanalyysiin 104 000 euroa vuodessa. ELY-keskusten

muihin seurantapalveluihin ja -kuluihin kuluu 400 000 euroa vuodessa (Luontoinventoinnit, ympäristöprojektit jne.).

Maa- ja metsätalouden aiheuttaman hajakuormituksen ja sen vesistövaikutusten seuranta ("MaaMet-seuranta") palvelee vesienhoitoa sekä yllä mainittujen direktiivien edellyttämää raportointia. Vuonna 2021 hankkeen kustannukset ovat noin 700 000 euroa (pl. pohjavedet). Juomavesi- ja uimavesidirektiivien mukaiset seurannat liittyvät vesienhoitoalueen seurantaan. Uimavesidirektiivin nojalla hankittujen tulosten perusteella laadittu yhteenveto uimaveden laadun luokituksista toimitetaan vuosittain Terveysten ja hyvinvoinnin laitoksesta (THL) SYKELLE vesienhoidon kehittämisen tarvetarkastelua varten. Toisaalta myös VPD:n nojalla hankittuja seurantatietoja hyödynnetään Euroopan Unionille (EU) raportoitavien ns. EU-uimarantojen uimavesiprofiileiden laatimisessa. Uimarantojen seurannasta ja laadunvalvonnasta vastaavat kunnat.

### Haasteet ja kehitystarpeet

Vesienhoitolain mukaan pintavesien seuranta on järjestettävä niin, että vesien tilasta saadaan yhtenäinen ja monipuolinen kokonaiskuva. Vuosien 2012–2017 seurantatietojen perusteella tehty ekologinen luokitus kattoi Manner-Suomessa 1960 jokea ja 4625 järveä, joista ilman luokka-arviota jäi 15 jokea ja 31 järveä. Biologisia muuttujia ei ollut luokittelutekijänä 53 prosentissa jokia ja 39 prosentissa järviä, mikä on selvä puute seurannassa sekä luokituksessa. Myös systemaattinen vesimuodostumien morfologisten ominaisuuksien seuranta on tähän asti puuttunut rutiiniseurannasta, joskin näytteenoton yhteydessä tehdään havaintoja seurantapisteen ja lähivaluma-alueen ominaisuuksista.

Ympäristöhallinnon seurantaohjelman täydentäminen vesipuitedirektiivin vaatimusten mukaiseksi seurannaksi arvioitiin YSS2020-raportissa (Ympäristöministeriö, 2011) vaativan vähintään 1,5 milj. € lisärahoitusta vuosittain. Erityisesti biologisessa seurannassa on edelleen tarve kaksinkertaistaa seurannan määrä, mikä tarkoittaisi biologisen seurannan kokonaiskustannusten nousun 1,2 milj. euroon vuodessa nykyisestä 0,6 milj. eurosta. Viime vuosien aikana ELY-keskusten ostopalvelutyöryhmän kautta tehty seurantojen keskitetty kilpailutus on alentanut seurannan kustannuksia. Seurannan kattavuutta varsinkin biologisen seurannan osalta tarkasteltiin vuonna 2022 toteutetun toteutetun vesiseurantojen kilpailutuksen yhteydessä.

### Tavoitteet vuoteen 2030

Vesien tilan seurannassa on lisätty jatkuvatoimisten vedenlaadunmittareiden käyttöä. Automaattimittarit tuottavat tietoa useista vedenlaatu muuttujista jopa useita kertoja tunnissa, joten seurannan käyttöön tulevan datan määrä kasvaa merkittävästi. Samoin kaukokartoituksen hyödynnyksen vedenlaadun havainnoinnissa lisää käsiteltävän datan määrää

moninkertaiseksi perinteiseen seurantaan verrattuna. Tämän tiedon laadunvarmistuksen automatisointia kehitetään ja tavoite on saada tilastollisten mallien ja tekoälyn avulla esiin aineiston poikkeamat ja mahdolliset virheet. Vastaava laaduntarkkailu on käytössä jo Vedenlaaturekisterissä (VESLA), jossa sillä tarkkaillaan eri laboratorioista siirrettävän datan laatua. Lisäksi lisääntyvän datan käsittelyyn tarvitaan vuorokausikeskiarvojen ja vaihteluvälin laskentaa, ja esikäsittelyn datan tuontia muun vedenlaatutiedon yhteyteen Vedenlaatu-järjestelmään.

Ympäristöhallinnon seurannan hallintajärjestelmää on kehitetty ja toimintoja yhtenäistetty (vuosisuunnittelu, tilaukset, seurannan toteuma ja kustannukset). Hallintajärjestelmä ("Seurannan Suunnittelu –SeSu") vaatii vielä kehitystyötä. Haasteena on esimerkiksi vesistöjen velvoitetarkkailun havaintopaikkojen ja seurattavien muuttujien tilaustoiminnot, hallinta ja hyödyntäminen seurannan kokonaissuunnittelussa.

Suomen osalta komissio on kiinnittänyt huomiota siihen, että vaikka vesien laadun seuranta onkin muutoin kattavaa, seurantaa tulisi kehittää ja tehostaa maatalouden kuormittamisessa kohteissa. Komission palautteessa on kiinnitetty huomiota muun muassa pohjavesien ja rannikkovesien seurannan kehittämistarpeeseen. Yksi mahdollisuus lisätä seurantatiedon määrää ja kattavuutta olisi hyödyntää laajemmin ja tehokkaammin automaattisten seuranta-asemien käyttöä ja saatavilla olevia satelliittiaineistojen tulkintoja vedenlaadusta. On myös pohdittu mahdollisuuksia vahvistaa maatalouden vesistökuormituksen seuranta perustamalla laajempi seurantaverkko nykyisen, melko suppean MaaMet-seurannan tilalle (Ympäristöministeriö, 2020). Maatalouden päästöihin ja niiden vähentämiskeinoihin liittyviä tutkimuksia on tehty runsaasti eri tutkimustahojen yhteistyönä ja tutkimushankkeiden tulosten tehostettu hyödyntäminen osana seurantoja olisi myös varmistettava.

### **Siirtyminen uusiin seurantamenetelmiin**

Sisävesiseurannan suuri haaste on, miten tulevaisuudessa voidaan kerätä riittävän edustava informaatio vesien tilasta ja sen muutoksista nykyisillä tai jopa vähemmillä resursseilla. Erityisesti biologisen seurannan täydentäminen on yhä suuri haaste. Vaikka uusia menetelmiä on otettu käyttöön, nykyinen näytteenottoon ja laboratoriossa tehtäviin analyysiin perustuva seurantajärjestelmä on edelleen työvoimavaltaista.

Viimeisten vuosien aikana on kehitetty menetelmiä, joilla pystytään täydentämään ja lisäämään kenttätöystä ja laboratoriomäärityksistä saatavaa tietoa. Tällaisia ovat mm. kaukokartoitus, matemaattiset mallit, jatkuvatoimiset mittaukset, molekyylibiologiset lajintunnistusmenetelmät sekä kansalaishavainnot ja joukkoistaminen. Menetelmien käyttöönotto laajemmin edellyttää kuitenkin vielä lisätutkimusta ja kehitystyötä mm. laadunvarmistuksen ja tietovarantojen arkkitehtuurin osalta. Lisäksi uudet seurantamenetelmät on saatava vakiinnutettua, standardoitua ja hyväksyttyä myös kansainvälisesti (EU:n direktiivien seurantavelvoitteet, kansainvälinen seurantayhteistyö).



## Liite 1.3: Pohjavesien seuranta

Jari Uusikivi SYKE, Janne Juvonen SYKE, Mira Tammelin SYKE, Annika Anttila SYKE, Jari Rintala SYKE, Jyrki Laitinen SYKE, Ritva Britschgi SYKE

### Nykytila

Ympäristöhallinnon valtakunnallisessa pohjavesien perusseurannassa tarkkaillaan sekä pohjaveden määrää osana hydrologista seurantaa, että laatua osana vesienhoidon kemiallisen tilan seurantaa. Valtakunnalliset seuranta-asetat, joita on noin 75 kappaletta, sijaitsevat mahdollisimman luonnontilaisilla alueilla ja edustavat erilaisia hydrogeologisia olosuhteita. Seuranta-asetilla mitataan pohjaveden pinnankorkeutta ja laatua. Pinnankorkeutta mitataan manuaalisesti kahdesti kuussa ja osalla asemista on myös jatkuvatoimisia automaattimittareita. Pinnankorkeuden seurantaverkosto automatisoidaan vuosien 2021–2022 aikana. Laatunäytteitä otetaan 2-4 kertaa vuodessa ja niistä analysoidaan erityisesti epäorgaanisia aineita, osassa asemista analysoidaan myös torjunta-ainepitoisuuksia.

Vesienhoidon seuranta koostuu määrällisen tilan seurannasta sekä kemiallisen tilan perus- ja toiminnallisesta seurannasta. Määrällisen tilan seuranta nojaa pitkälti vedenottamoiden pinnan korkeuden tarkkailuvelvoitteisiin, mutta sitä täydennetään valtakunnallisten seuranta-asettien ja yksittäisten havaintopaikkojen pinnan korkeuden seurannoilla. Läheskään kaikkia vedenoton kannalta tärkeitä pohjavesialueita ei ole voitu liittää määrällisen tilan seurantaverkkoon puutteellisten havaintotietojen takia. Kemiallisen tilan perusseurantaverkkoon kuuluu niin ikään valtakunnalliset seuranta-asetat ja vedenottamot. Näiden lisäksi muissa seurannoissa tehtyjä perusseurantaparametrien analyysejä voidaan hyödyntää pohjavesialueiden tilaluokituksessa. Kemiallisen tilan toiminnallisen seurannan verkko koostuu toiminnanharjoittajien veloitettarkkailuista ja mm. seuraavissa kappaleissa esiteltävien MaaMet- ja kloridiseurannan paikoista.

Maa- ja metsätalouden hajakuormituksen seurannan (MaaMet) pohjavesiseurantahanke on tärkeä osa valtakunnallista pohjavesiseurantaohjelmaa. Se toimii osana vesipuitedirektiivin (2000/60/EY) toimeenpanoa ja tukee myös nitraattidirektiivin (91/676/ETY) toimeenpanoa. MaaMet-seuranta painottuu pohjavesien ravinnepitoisuuksien ja kasvinsuojeluinpitoisuuksien seurantaan. Maa- ja metsätalouden kuormituksen seurantaverkko on koottu pohjavesialueista, joilla harjoitetaan ravinnekkuormitusta aiheuttavaa viljelyä ja/tai karjataloutta, sekä pohjavesialueista, joilla harjoitetaan tai on aikaisemmin harjoitettu turkistarhausta. Tämän lisäksi mukana on pohjavesialueita, joilla maataloustoiminnassa käytetyt kasvinsuojelaineet ovat mahdollisesti aiheuttaneet pohjaveden huonon tilan. Maa- ja metsätalouden kuormituksen pohjavesiseurannan kohteena on ollut yhteensä yli 200 pohjavesialuetta. Vuosittain seurattavia pohjavesialueita on noin 50–70 kappaletta.

ELY -keskusten Liikenne- ja infrastruktuurivastuualueet vastaavat liukkaudentorjunnan vaikutusten seurannasta pohjaveden laatuun erillisen seurantaohjelman mukaisesti. Pohjaveden kloridipitoisuuksien hallintaa voidaan edelleen tehostaa pohjaveden laadun säännöllisellä seurannalla ja nykyistä tarkemmalla tieosuuskohtaisella suolan käytön dokumentoinnilla pohjaveden muodostumisalueilla. Tiesuolausmäärien ja -käytäntöjen muutokset sekä suojelutoimenpiteet näkyvät pohjavesien tilassa vuosien viiveellä, joten pitkät pohjaveden laadun seurannat ovat välttämättömiä tutkittaessa esimerkiksi luiskasuojauksen toimituutta ja tiesuolauskäytäntöjen muutosten vaikutuksia. Tieriskirekisteri (TSRR) on apuväline pohjavesivaikutusten arvioimiseen ja hallintaan. Rekisteriin olisi perusteltua tallentaa jo olemassa olevien tietojen lisäksi esimerkiksi pohjavesialuekohtainen kloridipitoisuus- ja tiesuolaushistoria, vaihtoehtoisten liukkaudentorjunta-aineiden käyttömäärät, luiskasuojauksen rakennusvuodet ja luiskasuojatuilta alueilta johdettavien hulevesien purkupaikat (Lindroos & Nystén, 2015).

Pohjavesien perusseurannan analyysiin käytettiin 2020 noin 270 000 euroa ja seurataan noin 4 henkilötyövuotta (SYKE + ELY-keskukset).

Pohjavedenoton velvoitetarkkailun osalta on valmistunut nykytilan tarkastelu, jonka yhteydessä annettiin myös suositukset tarkkailusuunnitelman laadintaan ja tarkkailun järjestämiseen (Rintala, 2019). Pohjavedenoton velvoitetarkkailujen toteutukseen kuuluvat havaintolaitteiston asennus ja ylläpito sekä seurantapisteiltä tehtävät havainnot ja analyysit:

- **Velvoitetarkkailuun käytettäviä havaintoputkia on yhteensä noin 4000 kpl** (uusia velvoitetarkkailun havaintoputkia asennetaan noin 20 putkea per vuosi).
- **Pohjaveden korkeuden määrittely.** Vedenottoluvassa määritellään yleensä tarkkailemaan pohjaveden korkeutta keskimäärin joka toinen kuukausi.
- **Pohjaveden laadun tutkiminen.** Tarkkailusuunnitelmaan liittyvä mahdollinen pohjaveden laadun tarkkailu ja tarkkailutiheys määräytyy tapauskohtaisesti.
- **Muu tarkkailu ja raportointi;** luontokohteet, vesimuodostumat ym.
- **Kustannukset yhteensä noin miljoona Euroa vuodessa**

Muita pohjavesiin liittyviä velvoitetarkkailuja tehdään **maa-ainestenoton yhteydessä**. Näiden osalta vuosikustannusten arvioidaan olevan noin 2,3 miljoonaa Euroa vuodessa.

## Haasteet ja kehitystarpeet

Nykyinen pohjavesien perusseuranta ei anna riittävän kattavaa kuvaa pohjavesien laadusta ja määrästä. Pohjavesialueiden nykyistä ryhmittelyä perusseurannassa pitää tarkastella ja tarvittaessa muuttaa ryhmiä ja/tai niitä edustavia havaintopaikkoja siten, että seuranta antaa riittävän luotettavan kuvan ryhmään kuuluvien pohjavesialueiden laadusta. Näin saadaan myös perusseurantaverkon kattavuutta parannettua.

Seurantatiedot tulee yhdistää ja ylläpitää keskitetysti kaikkien tiedonkäyttäjien saatavilla olevaan tietojärjestelmään ja myös tavoitella yhdenmukaisia näytteenotto- ja analyysimenetelmiä eri toimijoiden kesken. Tällä vältetään hankitun analyysitiedon hajaantuminen ja vaikea löydettävyyys eri lähteistä. Yhdellä tietojärjestelmällä mahdollistetaan aineiston käyttö pitkäaikaisvaikutusten arviointiin. Pohjavesitietojärjestelmän kehitystyössä tulee varmistaa, että tuotetut havainto- ja analyysitiedot voidaan helposti siirtää suoraan sähköisesti tietojärjestelmään. Tietojärjestelmäratkaisujen tulisi tukea tiedon ylläpitoa, laadunvarmennusta sekä avointa saatavuutta ja käytettävyyttä. Kuntien myöntämissä ympäristöluvuissa sekä maa-ainestenottoluvuissa on veloitettu toiminnanharjoittajia seuraamaan pohjavesiä. Näiden tarkkailutietojen saamista ELY-keskukseen ja yhteiseen tietojärjestelmään tulisi parantaa. Samanlaisia puutteita on vesienhoidon riskialueiksi nimetyillä pohjavesialueilla toteutetun seurannan tulosten saamisessa osaksi kansallista tietovarantoa.

Uusien pohjavesien tilalle riskejä aiheuttavien haitallisten ja vaarallisten aineiden tutkimusta tulisi edistää erityisesti PFAS-yhdisteiden ja lääkeaineiden osalta. Kolmansissa vesienhoitosuunnitelmissa on nimetty 165 pohjavesialuetta selvityskohteeksi. Lisäseuranta on kohdennettava erityisesti näille alueille. Seuranta-asemien ylläpitoa tulisi tehostaa, rakenteet tulisi kartoittaa ja tarpeettomat rakenteet poistaa.

## Tavoitteet vuoteen 2030

Pohjavesiseurannan suuri haaste tulevaisuudessa on, miten voidaan kerätä riittävä, ajantasainen ja laadukas informaatio pohjavesien tilasta ja sen muutoksista nykyisillä resursseilla. Nykyinen seurantajärjestelmä on työvoimavaltaista, sillä pinnankorkeusmittaukset, näytteenotto, laboratorioissa tehtävät analyysit ja laadunvarmistus ovat pitkälti manuaalista työtä. Sisävesien seurannassa on kehitetty menetelmiä, joissa kenttätyövaihetta voidaan vähentää. Tällaisia ovat mm. kaukokartoitus, matemaattiset mallit sekä automaattiset mitausanturit. Tällä hetkellä ei ole olemassa kokonaisarviota siitä, kuinka laajasti nämä menetelmät soveltuvat pohjavesiseurantoihin ja kuinka paljon perinteistä seuranta voidaan korvata näillä menetelmillä riittävän informaation saamiseksi. Erilaisissa tutkimuksissa ja hankkeissa saatua kokemusta voidaan kuitenkin hyödyntää menetelmien käyttökelpoisuuden ja luotettavuuden arvioimiseksi.

Tarpeita seurantatiedolle on tunnistettu myös seuraaviin aiheisiin liittyen:

- Todelliset luonnontilaiset taustapitoisuudet eri maalajien alueilla. Nykyisellään lähes kaikkeen saatavaan pohjaveden seurantatietoon liittyy ihmistöiminnan vaikutus ja on ollut vaikea löytää luonnontilaisia alueita.
- Seurantarve geologiasta aiheutuvalle (mm. happamat sulfaattimaat, mustaliuskeet, uraani, radon, arseeni) pohjaveden kuormitukselle.
- Ihmisen kuormituksesta kertovat pitoisuudet. Pohjaveden seurantatietoa ei ole riittävästi yleisestä ihmistöiminnasta (asutus) kertovilta alueilta, puutteita on myös erityisesti metsä- ja maatalouden eri toimenpiteiden vaikutuksien osalta.
- Soranoton seurannan osalta tutkimuksellista seuranta kaivattaisiin aktiivisen oton alueilla pinta-alavaikutuksen selvittämiseksi.
- Pintavesien ja meren vaikutus vedenottoon muuttuvissa/ääreissä sääolosuhteissa sekä meriveden yleinen vaikutus rannikkoalueiden pohjaveteen tulisi selvittää. Yleisesti puuttuu seurantakohteet, joissa voidaan tarkastella rantaimeytymistä tai muuta pintavesi-pohjavesi vuorovaikutusta ja siinä tapahtuvia muutoksia muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.
- Pohjavesiriippuvaisten ekosysteemien osalta seurantatietoa kaivataan mm. jotta tunnistettaisiin ne tekijät, jotka vaikuttavat näiden luontotyyppien harvinaistumiseen ja niiden tilan heikkenemiseen.
- Riittävän kattava ja edustava seuranta-asemaverkosto valtakunnallisen kuuuustilanteen arviointiin tulisi varmistaa.
- Pohjaveden mikrobiologisen laadun ja mikromuovien seuranta tulee kehittää.
- Vedenottamoilta laajempia analyyskejä (eri haitta-ainepitoisuuksia) sekä vedenottamoiden valuma-alueiden riskinarvion ja – hallintaan perustuvan seurannan lisäämistä vedenoton tarkkailuohjelmiin tarvitaan.
- Seurannan tulisi täydentää malminetsinnässä tehtävien syväkairausten rekisteröinnillä järjestelmään.
- Aineistojen metatietojen laatua tulee parantaa, ja vanhojen aineistojen metatiedot tarkistaa,
- Nykyisin vähän hyödynnettävien seurantojen tilanne ja tarpeellisuus tulisi kartoittaa.
- Pohjavirtaaman osuuden eli pohjaveden purkautumisen osuus vesistöjen virtaamaan on paikoin tunnistettu huonosti.

## Liite 1.4: Itämeri

Samuli Korpinen SYKE, Petra Roiha IL, Aarno Kotilainen GTK, Jenni Attila SYKE, Lasse Kurvinen Metsähallitus

### Nykytila

Meriympäristön seuranta on koottu kokonaisuudessaan merenhoidon seurantaohjelmaan (Suomen ympäristökeskus, 2020), joka kattaa erittäin laajasti Itämeren ekosysteemin ja siihen liittyvien paineiden seurannan. Seurantaohjelma on voimassa 2020–2026 ja se on päivitetty edellisestä vuosien 2014–2020 ohjelmasta. Seuranta on tarkasti kuvattu raportissa 'Seurantakäsikirja Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaan vuosille 2020–2026' (Ympäristöministeriö, 2020).

Nykyinen seurantaohjelma koostuu 14 ohjelmasta, jotka jakautuvat 44 alaohjelmaan (ks. Taulukko 1). Alaohjelmien kuvauksissa luetellaan seurattavat muuttujat, toteuttajat, vastuutahot, käytettävät menetelmät ja miten seuranta kytkeytyy kansallisiin ja kansainvälisiin velvoitteisiin.

Päivitetystä merenhoidon seurantaohjelmassa on uusina kohteina panostettu roskaantumisen seurantaan, äänenpaineen seurantaan ja mallintamiseen, merenpohjan luontotyyppien seurantaan sekä kaukokartoituksen käyttöön luontotyyppien, vedenlaadun ja kasviplanktonin pigmenttien seurannassa. Luontotyyppien seurannassa VELMU-ohjelma on tehnyt menetelmällistä kehitystyötä, jota nyt sovelletaan hiekka- ja sorapohjien ja putkilokasvien seurannassa.

Merenhoidon seurantaohjelman kokonaiskustannukset ovat karkeasti arvioiden noin 6 milj. € vuodessa. Tämä jakaantuu useiden valtion laitosten ja virastojen kesken.

**Taulukko 1.** Merenhoidon seurantaohjelma alaohjelmineen

<b>Ohjelman nimi</b>	<b>Alaohjelmien nimet ja vastuuviranomaiset<sup>3</sup></b>
Luonnon monimuotoisuus: merinisäkkäät	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Hylkeiden runsaus (<u>Luke</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Hylkeiden terveydentila (<u>Luke</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Pyöriäisen levinneisyys ja runsaus (<u>YM</u>)</li> </ul>
Luonnon monimuotoisuus: linnut	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Saariston pesimälinnut (<u>MH LP</u>, <u>SYKE</u>, <u>Luke</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Talvehtivat vesilinnut (<u>SYKE</u>)</li> <li>— Merilintujen joukkokuolemien esiintyminen (<u>Luke</u>, <u>MH LP</u>, <u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Merikotkan pesimämenestys (<u>SYKE</u> ja <u>MH LP</u>)</li> <li>— Metsästyssaalis (<u>Luke</u>, Suomen riistakeskus ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> </ul>
Luonnon monimuotoisuus: kalat	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Vaellussiika (<u>Luke</u>)</li> <li>— Meritaimen (<u>Luke</u>)</li> </ul>
Luonnon monimuotoisuus: merenpohjan elinympäristöt	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Avomeren pehmeiden pohjien eläinyhteisöt (<u>SYKE</u>)</li> <li>— Rannikkovesien pehmeiden pohjien eläinyhteisöt (<u>rannikon ELY-keskukset</u>, <u>SYKE</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Rannikkovesien makrolevä- ja sinisimpukkayhteisöt (<u>rannikon ELY-keskukset</u>, <u>SYKE</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Rannikkovesien hiekka- ja sorapohjat (<u>MH LP</u>)</li> <li>— Rannikkovesien putkilokasviseuranta (<u>MH LP</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Merenpohjan fyysinen menetys ja vahinko (<u>rannikon ELY-keskukset</u>, <u>SYKE</u>, <u>MH LP</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> </ul>

<sup>3</sup> Vastuuviranomaisista käytetyt lyhenteet: aluehallintovirastot (AVIt), elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset), Ruokavirasto, Ilmatieteen laitos (IL), Metsähallituksen luontopalvelut (MH LP), Rajavartiolaitos (RVL), Luonnonvarakeskus (Luke), Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto (Valvira), Suomen ympäristökeskus (SYKE), Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL).

Ohjelman nimi	Alaohjelmien nimet ja vastuuviranomaiset <sup>3</sup>
Luonnon monimuotoisuus: vesipatsaan elinympäristöt	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Eläinplanktonin koostumus ja määrä (<u>SYKE</u> ja rannikon ELY-keskukset)</li> <li>— Kasviplanktonin koostumus ja määrä ja leväkukintojen lajisto (<u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Uimavesien mikrobiseuranta (<u>rannikon terveysuojeluviranomaiset</u>, AVIt, Valvira, THL ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Vesipatsaan fysikaalinen seuranta (<u>IL</u>, <u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Aallokko, vedenkorkeus ja jää (<u>IL</u>)</li> </ul>
Luonnon monimuotoisuus: luonnonsuojelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Luonnonsuojelun tiedonkeruu (<u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset, MH LP ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> </ul>
Vieraslajit	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Vieraslajit (<u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> </ul>
Kaupalliset kalakannat	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Kalatalouden EU-tiedonkeruuohjelma (<u>Luke</u>)</li> <li>— Kaupallisen kalastuksen saalistilastointi (<u>Luke</u>)</li> </ul>
Rehevöityminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Vesipatsaan kemiallinen seuranta (<u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Ravinteiden, orgaanisen aineen ja kiintoaineen kuormitus (<u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> <li>— Kasviplanktonin pigmentit (<u>SYKE</u>, rannikon ELY-keskukset ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> </ul>
Hydrografian muutokset	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Merkittävät muutokset lämpötiloissa (<u>rannikon ELY-keskukset</u> ja <u>STUK</u>)</li> <li>— Merkittävät muutokset suolapitoisuusoloissa ja virtauksissa (<u>rannikon ELY-keskukset</u> ja <u>Ahvenanmaan maakuntahallitus</u>)</li> </ul>

Ohjelman nimi	Alaohjelmien nimet ja vastuuviranomaiset <sup>3</sup>
Epäpuhtaudet ympäristössä	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Avomeren haitalliset aineet ja niiden vaikutukset (SYKE)</li> <li>— Rannikkovesien haitalliset aineet ja niiden vaikutukset (SYKE, rannikon ELY-keskukset, Luke ja Ahvenanmaan maakuntahallitus)</li> <li>— Luvitetun toiminnan haitallisten ja vaarallisten aineiden päästöt rannikkovesiin (rannikon ELY-keskukset, SYKE ja Ahvenanmaan maakuntahallitus)</li> <li>— Jokien kautta mereen päätyvä haitallisten ja vaarallisten aineiden kuormitus (SYKE ja rannikon ELY-keskukset)</li> <li>— Haitallisten ja vaarallisten aineiden ilmaperäinen laskeuma mereen (SYKE)</li> <li>— Valvontalennoilla havaitut alusöljypäästöt (RVL)</li> <li>— Radioaktiivisuus Itämeressä (STUK)</li> <li>— Radioaktiivisten aineiden päästöt mereen (STUK)</li> </ul>
Epäpuhtaudet ihmisravinnossa	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Epäpuhtaudet ihmisravinnoksi käytettävässä kalassa (Ruokavirasto, THL ja SYKE)</li> </ul>
Roskaantumisen	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Makroroskan määrä ja laatu (SYKE)</li> <li>— Mikrokooppisen roskan määrä ja laatu (SYKE)</li> <li>— Jättemäärät (rannikon ELY-keskukset ja Ahvenanmaan maakuntahallitus)</li> </ul>
Energia, mukaan lukien melu	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Itämeren vedenalainen melu (SYKE ja rannikon ELY-keskukset)</li> </ul>

## Haasteet ja kehitystarpeet

Seurantaohjelman menetelmät perustuvat useissa tapauksissa vuosikymmenien kansainväliseen tutkimus- ja HELCOM-yhteistyöhön. Seuranta on viime vuosina siirtynyt lukuisten kehityshankkeiden myötä yhä enemmän automaattisten menetelmien ja kaukokartoituksen käyttöön ja mallintamisen hyödyntämiseen.

Meriseurannan tiekartta kuvaa SYKEN meriseurantojen kehitystarpeita ja kehityksen suuntaa (Pitkänen, H., Raateoja, M., Kankaanpää, P., Uusitalo, L., Heiskanen, A.-S., Kettunen, J., Kankaanpää, H., & Korpinen, S. (toim.), 2020). Tiekartta korostaa perinteisten ja ns. uusien menetelmien toisiaan täydentävyyttä ja yhteiskäyttöä, jotta meren tilasta saadaan ajallisesti ja alueellisesti mahdollisimman kattava käsitys. Tiekartan mukaan automatisointi, kaukokartoitus, hahmontunnistus ja digitaaliset tiedon jakokanavat tulevat lisääntymään useissa SYKEN seurantaohjelmissa. Haitallisten aineiden ja niiden vaikutusten seuranta on jatkuvan kehityksen alla johtuen uusien aineiden jatkuvasta käyttöönotosta. Pakollisten seurattavien aineiden listaa päivitetään EU-tasolla ja kansalliset selvitykset antavat tukea



uusien aineiden haitallisuudesta. Sen lisäksi uudehkojen seuranta-kohteiden kuten roskaantumisen ja äänenpaineen (melun) seurannassa tehdään edelleen tutkimustyötä, joka tukee seurannan menetelmäkehitystä. Merkittävimpiä kehitystöitä tehdään FINMARI-konsortion alla, jossa lukuisat hankkeet selvittävät mm. seurannan automatisointia, DNA-sekvensointia, hahmontunnistusta sekä automaattisia havaintoja liitimiltä, pysyviltä asemilta ja vapaasti ajelehtivilta Argo-pojjuilta. Näiden kehitystä on kuvattu mm. yllä mainitussa tiekarttaraportissa.

Suomen Itämeren meriympäristön seurantaohjelma on alun perin kehitetty veden laadun ja saastumisen vaikutusten seurantaan ja siksi sen suurimpana heikkoutena voidaan pitää luonnon monimuotoisuuden ja luontotyyppien levinneisyyden arvioinnin puutetta. Seurantaohjelma kykenee vain heikosti vastaamaan EUn biodiversiteettistrategian asettamiin kysymyksiin luontokadon laajuudesta ja suunnasta. Biodiversiteettiseurannan puutteesta johtuen ei ole kattavaa tietoa nykyisen N2000-verkoston tai merensuojelualueiden tehoavuudesta lajien ja habitaattien suojelussa. Biodiversiteettiseuranta ei usein ulotu ranta- luontoon, vaikka se voisi muodostaa vedenalaisen luonnon kanssa merkittävän toiminnallisen kokonaisuuden.

### Tavoitteet vuoteen 2030

- Meriympäristön seurannassa automatisointia ja kaukokartoitusta kehitetään ja tiedon jakamista parannetaan. Hyödynnetään koordinoitusti automatisoituja mittauksia ja kaukokartoitusta perinteisten menetelmien tukena. Eri lähteistä saatavien mittausaineistojen tulee olla yhteensopivia ja vertailukelpoisia, automaattisesti laatuvarmennettuja ja helposti saatavilla.
- Meriluonnon monimuotoisuutta seurataan hyödyntäen VELMU-ohjelmaa, geneettisiä ja kuvantavia menetelmiä, sekä kaukokartoitustietoja. Seuranta tulisi suunnitella siten, että se antaa tietoa luontokadon ajallisista muutoksista ja alueellisesta vaihtelusta sekä merensuojelualueiden ja niillä tehtävien toimenpiteiden ekologisesta tehokkuudesta.
- Kartoitusta ja seuranta tulisi laajentaa myös rantaluontoon, jotta voidaan tunnistaa merkittävimmät vedenalaisen ja terrestrisen luonnon kokonaisuudet vesirajan molemmin puolin.
- Avomeren ja rannikon välisten vaihettumisvyöhykkeiden monitieteinen seuranta ja mallinnus käynnistetään vahvistamaan niissä tapahtuvien muutosten todentamista.
- Meriympäristön seurannan toteuttamisessa ja uusien menetelmien käyttöönotossa tullaan toimimaan vahvassa eurooppalaisessa ja globaalissa yhteistyössä muiden rannikkomeren toimijoiden kanssa.

## Liite 1.5: Ilma ja ilmansaasteet

Pia Anttila IL, Jussi Vuorenmaa SYKE, Päivi Merilä Luke

### Nykytila

Ilmansuojelun seuranta edellyttävät mm. useiden EU-direktiivien kansallinen täytäntöönpano sekä YK:n Euroopan Talouskomission ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumista koskeva yleissopimus (UNECE CLRTAP) ja sen pöytäkirjat. Ilmanlaatua, laskeumaa sekä muita ilmakehän koostumuksen muutoksia koskevat mittaustulokset sekä vaikutusseuranta ekosysteemeissä ovat keskeisiä ilmansuojelun seurannan indikaattoreita.

### Ilmanlaatu ja laskeuma

Ilmanlaatudirektiivien edellyttämästä ilmanlaadun seurannasta vastaa taajama-alueilla kunnat ja päästöjä aiheuttava teollisuus (noin 100 reaaliaikaista asemaa) ja maaseutu- ja taajama-alueilla IL (noin 10 reaaliaikaista asemaa). IL vastaa myös pääosasta kaukokulkeutumisopimuksen edellyttämää pitoisuus- ja laskeumaseuranta Suomessa (ns. EMEP-asetat) sekä osallistuu muihinkin kansainvälisiin ilmakehän muutoksen seuranta- ja tutkimusverkkoihin (esimerkiksi Global Atmosphere Watch (GAW) ja Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure (ACTRIS)). Näiden tehtävien hoitamiseksi IL ylläpitää myös ilmakehän laboratoriota sekä direktiivien edellyttämää kansallista ilmanlaadun referenssilaboratoriota. Uutta on satelliittihavaintojen hyödyntäminen Suomen seuranta-alueiden ilmanlaadun objektiivisessa arvioinnissa. Ilmanlaadun tietojärjestelmä on integroitu IL:n muihin tietojärjestelmiin ja sitä kautta IL hoitaa keskitetysti ja automatisoidusti kansallisen ilmanlaadun seurantatiedon keräämisen, analyysit, arvoinnit sekä raportoinnin ja jakelun. Tietoaineiston jakelukanavista tärkeimmät ovat kansalaisille suunnattu verkkopalvelu (ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu) sekä INSPIRE-direktiivin vaatimustasoinen, digitaalinen, kone-luettava avoin rajapinta sovelluskehittäjille. SYKE suunnittelee mahdollisuuksia uusien POPs-yhdisteiden keräykseen sadevesilaskeumasta, mikäli tulevaisuuden tutkimus- ja viranomaistarpeet tätä vaativat.

### Ilmansaasteiden vaikutukset ekosysteemeihin

Kansainvälisessä ilmansuojelupolitiikassa kerätään myös seurantatietoa ilmansaasteiden vaikutuksista ekosysteemeissä kaukokulkeumasopimuksen ja EU:n päästökattodirektiivin (NECD) alaisuudessa. Kaukokulkeumasopimuksen kansainvälisissä yhteistyöohjelmissa (International Cooperative Programmes, ICP) kerätään seurantatietoa ekosysteemin eri osa-alueilta (ICP Waters, ICP Forests, ICP Integrated Monitoring, ICP Vegetation). Lisäksi ICP Modelling and Mapping mallintaa laskeuman kriittisten kuormien ylityksiä. Suomen

ympäristökeskus (SYKE) toimii Waters-, Integrated Monitoring- ja Modelling and Mapping-ohjelmien, ja Luonnonvarakeskus (Luke) toimii Forests-ohjelman kansallisena koordinaatiokeskuksena. Laitokset raportoivat osa-alueensa tulokset kansainvälisille ohjelma-keskuksille. Ympäristön yhdennetty seuranta (Integrated Monitoring) ja metsien intensiiviseuranta (ICP Forests Level II) ovat myös osa Suomen pitkäaikaisen ekologisen tutkimuksen verkoston (LTER Finland), Euroopan LTER verkoston (eLTER) ja kansainvälisen LTER verkoston (ILTER) toimintaa. Ympäristön yhdennetty seuranta toteutetaan SYKE:n, IL:n, Luken, Geologian tutkimuskeskuksen (GTK), elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY) ja eri yliopistojen yhteistyönä, metsien intensiiviseuranta Lukessa. Ilmansaasteiden vaikutuksia ekosysteemeihin pohjoisilla alueilla tutkitaan myös arktisten alueiden seuranta- ja arviointiohjelman (AMAP) puitteissa.

EU:n päästökattodirektiivi (NECD) edellyttää ilmansaasteiden vaikutusten seuranta- ja raportointia makeanveden sekä maa-alueiden ekosysteemeissä koordinoitusti olemassa olevien, direktiiveihin ja kaukokulkeumasopimukseen perustuvien vastaavien seuranta-ohjelmien kanssa. Suomessa aineistoa kerätään ja raportoidaan yhteensä 37 seurantapaikalta. SYKE kerää pintavesituloksia pääasiassa ICP Waters- ja ICP Integrated Monitoring-ohjelmien sekä vesipuitedirektiivin (VPD) yhteydessä 26 seurantapaikalta. Luke kerää maa-ekosysteemituloksia pääasiassa ICP Forests-ohjelman yhteydessä kahdeksalta mittaustapaikalta, minkä lisäksi IL mittaa otsonikuormitusta neljältä seurantapaikalta, jotka kuuluvat EMEP- tai GAW-verkkoihin. SYKE vastaa mittaustietojen kokoamisesta ja raportoinnista Euroopan ympäristökeskukselle (EEA) ja EU-Komissiolle.

### **Ilmansaasteiden päästöt**

Direktiivien ja sopimusten edellyttämästä ilmansaasteiden päästötietojen raportoinnista vastaa SYKE.

Ilman ja ilmansaasteiden seurannan kustannukset ovat noin 3,2 milj. euroa vuodessa (IL, SYKE, LUKE, kunnat ja toiminnanharjoittajat). IL:n, SYKE:n ja Luken käyttämät henkilöresurssit ovat noin 16,6 htv yhteensä.

### **Haasteet ja kehitystarpeet**

Ilmanlaadun seuranta Suomessa toimii pitkälti EU-direktiivien ja perinteisten kv. seurantaohjelmien asettamien minimivaatimusten mukaisesti. Nämä ohjelmat eivät välttämättä parhaalla mahdollisella tavalla palvele ilmanlaadun kansallisten erityispiirteiden esiintuomista. Direktiivien/ohjelmien muutokset toisaalta ovat hitaita, eikä uutta tietoa ja tekniikkaa voi niiden piirissä nopeasti hyödyntää. Toiminnanharjoittajat rahoittavat noin puolet taajamien ilmanlaadun seurannan kustannuksista (vuonna 2015). Päästöjä aiheuttavan teollisuuden vähentyessä myös rahoitus pohja heikkenee. Kun myös julkisen rahoituksen

paineet ovat suuret, seurantojen laajentaminen Suomelle tärkeisiin aiheisiin (esim. pienpoltto/musta hiili) on vaikeaa.

Ilmansaastekuormitus on vähentymässä, mutta etenevä ilmastonmuutos vaikuttaa aineiden biogeokemialliseen kiertoon ja vapautumiseen ympäristöön. Muutokset ilmentyvät hitaasti, ja prosessit ovat monimutkaisia ja yhdysvaikutteisia, ja niistä ei tiedetä vielä riittävästi. ICP-ohjelmat tuottavat aineistoa myös biodiversiteetistä ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista ekosysteemeihin. Ilmansaasteiden ja ilmastonmuutosten vaikutusseuranta tulisi siten kustannusten optimoimiseksi integroida mahdollisimman tehokkaasti. Seurannan jatkuvuus tulisi turvata, sillä muutoksia voidaan havaita vain pitkäjänteisellä, vuosikymmeniä kestäväällä intensiivisellä seurannalla. Direktiivi voi asettaa uusia vaatimuksia/laajennuksia vaikutusseurannalle, ja seurantaohjelman tulee tarvittaessa mukautua mahdollisiin muutoksiin.

### Tavoitteet vuoteen 2030

Ilmanlaadun seuranta pysyy vähintään nykyisessä laajuudessa ja pystyy joustavasti mukautumaan ilmanlaadussa tapahtuviin muutoksiin ja uusiin ilmiöihin. Joustokykyä haetaan ottamalla käyttöön uusia kustannustehokkaita tekniikoita (esim. satelliitit, sensorit) ja toisaalta edelleen lisäämällä yhteistyötä esim. yliopistojen järjestämän seurannan kanssa.

Ilmansaasteiden ekologinen vaikutusseuranta on direktiivin edellyttämää toimintaa, ja jatkuu myös tulevaisuudessa. Monipuolinen seuranta mukautuu kansainvälisten sopimusten ja EU-lainsäädännön muutoksiin ja palvelee mahdollisten uusien ilmiöiden tuomaan tietotarpeeseen. Yhteistyö ja työnjako eri laitosten välillä on toimivaa, ja mahdolliset uudet kehittämiskohteet ratkaistaan yhteistyössä.

## Liite 1.6: Meteorologinen seuranta

Maria Santanen IL, Anu Petäjä IL

### Nykytila

Meteorologinen seuranta on olennainen osa Ilmatieteen laitoksen yhteiskunnan, elinkeinoelämän ja kansalaisten tarpeisiin tuottamia sää- ja meripalveluita. Laitoksen tehtävänä on hankkia ja ylläpitää luotettavaa tietoa ilmakehän ja merien fysikaalisesta tilasta ja kemiallisesta koostumuksesta sekä ilmastosta (212/2018).

Ilmatieteen laitoksen havaintoasemaverkostoon kuuluu yhteensä noin 400 erityyppistä havaintoasemaa, joista noin puolet kuuluu kansainvälisiin mittausverkostoihin. Verkostossa havainnoidaan jatkuvasti säätilaa niin maalla kuin merellä, ilmanlaatua, meriveden korkeutta ja aallokkoa. Mitattavia havaintosuureita on satoja erilaisia ja niiden havaintotiheys vaihtelee 1 minuutista aina vuorokauden välein tehtäviin havaintoihin. Valtaosa havainnoista tehdään automaattisesti ja automaatioaste kasvaa koko ajan.

Havaintoasemien sijoittelussa on huomioitu havaintojen kattavuus, paikallinen edustavuus, asiakas/käyttötarve ja kustannustehokkuus. Havaintoja tehdään esimerkiksi kaikilla Suomen ilmastovyöhykkeillä, yhtä lukuun ottamatta. Havaintojen luotettavuuden varmistamiseksi (lähes kaikki) havainnot kulkevat automaattisen laadunvalvonnan (AQC) läpi ja lisäksi epäilyttävät havainnot tarkastetaan manuaalisesti (HQC). Havaintoverkoston ylläpitoon ja kehittämiseen käytetään vuosittain IL:n Havaintoyksikössä noin 75 henkilötyövuotta.

Havaintojen lisäksi sääpalveluun kuuluu oleellisena osana erilaiset ennusteet ja varoitukset yhteiskunnalle, elinkeinoelämän ja kansalaisille. IL seuraa ympäri vuorokauden säätä Suomessa ja maailmalla. Tilanteen mukaan väestöä varoitetaan vaarallisista tai haitallisista ilmiöistä. Lisäksi IL:n on mahdollista antaa vaaratiedote, kun meteorologiset kriteerit sille täyttyvät. Ennustepalveluihin kuuluvat lentosääpalvelut, maanpuolustuksen turvaamiseksi ja puolustusvoimien muun toiminnan varmistamiseksi sekä normaalioloissa että normaaliolojen häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa.

Valtaosa meteorologisen seurannan tuottamasta tiedosta on saatavilla IL:n avoimen datan -palvelusta. Tulevaisuudessa näitä on tarkoitus avata entistä enemmän.

## Haasteet ja kehitystarpeet

Automaatiota, kaukokartoitusmenetelmiä ja mallinnusta hyödyntämällä on voitu parantaa seurantatietoa ilmakehästä ja merialueista kustannustehokkaasti. Lähivuosien haasteena on uusia havaintoverkoissa käytettyjä laitteita niiden tullessa käyttöikänsä päähän kustannustehokkaasti ja samalla kehittää mittausverkkoja ja -menetelmiä vastaamaan käyttäjien tulevaisuuden tarvetta.

Nykyisen havaintoverkoston laajentaminen ei ole taloudellisesti mahdollista, vaan jatkossa on tehtävä entistä enemmän yhteistyötä eri tahojen kanssa. Ympäristöstä tuotetun olosuhdetiedon määrä tulee jatkossa kasvamaan. Laitoksen tuottaman havaintodatan ja ulkoisten havaintolähteiden hyödyntäminen osana IL:n palvelutuotantoa vaatii kehitystyötä tietojärjestelmiin ja havaintojen jälkiprosessointiin ja jakeluun.

Uusien menetelmien käyttöönotto ja hyödyntäminen vaatii kehittämistä ja testausta. Tulevaisuuden haasteisiin vastaaminen edellyttää henkilöstön osaamisen kehittämistä ja toisaalta työajan suuntaamista ylläpitotoiminnasta kehittämiseen. Varmistetaan nykyisin käytössä olevan henkilöresurssin säilyminen lähes ennallaan sekä varmistetaan eläkkeelle jäävän henkilöstön tietotaidon suunnitelmallinen siirtäminen.

## Tavoitteet vuoteen 2030

Havaintoverkkoja ja -järjestelmiä kehitetään ja ylläpidetään entistä enemmän loppukäyttäjien sekä yhteistyötahojen kanssa. Havaintoverkkojen kehittämisessä keskeinen tavoite on koko Suomen kattava säätutkaverkosto vahvistamalla tutkaverkkoa etenkin Pohjois-Suomessa.

Oman havaintotuotannon lisäksi etsimme ja hankimme joukkoistettuja ja IoT (Internet of Things)-havaintoja sekä ulkoisia havaintolähteitä IL:n palvelutuotannon parantamiseksi ja perusverkoston tueksi. Kehitämme ulkoisten datalähteiden laadunvalvontaa ja hyödynämme kehitystä myös omille havainnoille. Ylläpidämme ulkoisten havaintolähteiden tuotantoa osana IL:n muuta tuotantoa.

Uusia havaintomenetelmiä ja -algoritmejä sekä laadunvalvontaa kehitetään yhdessä sidosryhmien kanssa painottuen pohjoisiin olosuhteisiin ja korkean vaikuttavuuden sääilmiöihin. Uudet havaintomenetelmät tuottavat tietoa erityisesti ilmakehän rajakerroksesta ja merestä täydentäen satelliittimittauksia. Aiemmin ainoastaan tutkimusmittauksina saatuja havaintoja otetaan osaksi operatiivista tuotantoa. Avaamme havaintodataa ja ohjelmistojen lähdekoodia IL:n periaatteiden mukaisesti. Saatamme historialliset havainnot digitaaliseen muotoon ja varmistamme niiden laadun.

## Liite 1.7: Ilmastonmuutos

Mikael Hildén SYKE, Nina Pirttioja SYKE, Alekski Lehikoinen LUOMUS

\* THL:n ja Luken asiantuntijat ovat osallistuneet katsauksen koostamiseen ja hyväksyneet tekstin.

### Tausta

Laadittava seurantastrategia koskee ympäristön tilan muutoksia ja pääosin lakisääteisiä (kotimaisen tai EU-lainsäädännön edellyttämiä) seurantoja. Ilmastonmuutos on lakisääteisten velvoitteiden suhteen haasteellinen, koska kasvihuonekaasuseurantojen ja nielu-  
jen muutosten lisäksi lainsäädännössä ei ole määritelty täsmällisesti mitä pitää seurata. Sään ja sitä kautta ilmaston muuttumista seurataan laajasti Ilmatieteen laitoksen toimesta ja seurannat liittyvät laajoihin kansainvälisiin seurantajärjestelmiin, mutta ilmastonmuutosten vaikutusten seuranta perustuu usein tietoihin, joiden taustalla on jokin muu seurantatehtävä kuin ilmastonmuutoksen vaikutuksiin keskittyvä. Sellaisia ympäristön tilan seurantamuuttujia, joita voi käyttää myös ilmastonmuutoksen etenemisen seuraamiseksi on useita. Esimerkiksi lintuaineistot mahdollistaisivat useiden ilmastonmuutosindikaattoreiden muodostamisen.

Luonnosteltavassa strategiassa ei ole osattu huomioida kaikkea, jota olisi hyödyllistä seurata ilmastonmuutoksen ymmärtämiseksi tai sen hallinnan kehittämiseksi. Esimerkiksi kasvihuonekaasuinventaarista vastaava Tilastokeskus ei ole kuulunut strategian valmistelusta vastaavaan YSS2030-koordinaatioryhmään. Kasvihuonekaasuinventaario tuottaa kuitenkin ympäristön seurannan kannalta relevanttia tietoa ja liittyy myös moniin strategiassa käsiteltyihin seurantoihin. Siksi olisi tärkeää, että kasvihuonekaasuinventaario sisällytetään tulevaisuudessa strategiaan ja että sen tuottajat, erityisesti Tilastokeskus, osallistuvat jatkossa seurantastrategian laatimiseen. Tämä on jäljempänä tunnistettu kehittämis-  
kohteeksi, myös siksi, että esimerkiksi LUKE vastaa merkittävästä ympäristönseurannasta maankäyttösektorin kasvihuonekaasuinventaarion muodossa ja kasvihuonekaasupäästöjen ja -nielujen muutokset liittyvät suoraan ympäristön tilan muutoksiin.

### Nykytila

Ilmastonmuutokseen seurannan yksilöidyt vaatimukset perustuvat EU-asetukseen energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta ((EU) 2018/1999, tulevaisuudessa eurooppalaiseen ilmastolakiiin) ja ne keskittyvät kasvihuonekaasuinventaarioon ja nielujen seurantaan. Myös YK:n ilmastopuitesopimus velvoittaa vuosittaiseen kasvihuonekaasuinventaarioon.

Kuvaukset kansallisista seurantajärjestelmistä on julkaistu maaraporteissa (Tilastokeskus, 2022).

Ilmastonmuutoksen vaikutusten seuranta on kuvattu yksityiskohtaisesti seuraavissa raporteissa

- SIETO (Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja toimintamallit) 2017-2018, raportti (Hildén, ym., 2018) ja policy brief (Valtioneuvoston kanslia, 2018)
- SUMI (Suojelualueverkoston suunnittelu muuttuvassa ilmastossa<sup>4</sup>)
- SUOMI (Sopeutumisen alueelliset ulottuvuudet ja ohjaukset muuttuvaan ilmastoon<sup>5</sup>)

SIETO (Sää- ja ilmatoriskien arviointi ja toimintamallit) -hankkeessa tunnistettiin mm. seurattavat vaaratekijät, altistuvat toimialat sekä haavoittuvuutta kuvaavia mahdollisia aineistoja. Seurattaviksi vaaratekijöiksi määriteltiin muutokset elinympäristöissä ja lajien levinneisyydessä, populaatioiden tilassa ja uhanalaisuudessa, sekä menetykset ekosysteemi-palveluissa ja biomassan alueellisessa riittävydessä. Edelleen vaaratekijöitä ovat muutokset vieraslajien, kasvituholaisten sekä ihmisten, eläinten ja kasvien tautien ja niiden vektoreiden esiintymisessä. Altistuville toimialoille (Energia, liikenne, luonnon monimuotoisuus, luonnonvarat, rahoitus- ja vakuutustoiminta, rakennettu ympäristö, teollisuus, terveys, vesivarat ja virkistyskäyttö) määriteltiin seurantatahot. Haavoittuvuutta voivat kuvata hyvin erilaiset aineistot (mm. väestöä kuvaavat taloudelliset, sosiaaliset ja terveydelliset tunnusluvut, kiinteän omaisuuden ja infrastruktuurin määrää ja ominaisuuksia kuvaavat aineistot sekä luonnonoloja ja -varoja kuvaavat aineistot).

SUMI (Suojelualueverkoston suunnittelu muuttuvassa ilmastossa) -hankkeessa (2017-2019) keskeisenä tavoitteena oli tuottaa uutta tietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista Suomen suojelualueverkostoon ja suojelualueilla esiintyviin lajeihin ja luontotyyppisiin sekä niihin kohdistuviin muihin uhkiin. Keskeisinä tarkastelukohteina olivat EU:n luontodirektiivin liitteiden II ja IV lajit, lintudirektiivin lajit, luontodirektiivin liitteen I luontotyyppit sekä luonnontilaisten metsien hiilitase.

Lajien osalta pyrkimys oli tunnistaa lajeja, jotka ovat herkkiä ilmastonmuutokselle Suomessa. Tarkastelun fokuksessa olivat:

4 Lisätietoa SUMI-hankkeesta: [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Suojelualueverkosto\\_muuttuvassa\\_ilmastossa\\_SUMI](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Suojelualueverkosto_muuttuvassa_ilmastossa_SUMI)

5 Lisätietoa SUOMI-hankkeesta: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomi-hanke>



- Putkilokasvit
- Jäkälät
- Lahopuusienet
- Linnut
- Kasvinsyöjähyönteiset (perhoset)
- Lahopuukovakuoriaiset

Hankkeessa selvitettiin myös 52 luontodirektiivin liitteisiin II tai IV kuuluvan lajin paikallispopulaatioiden altistumista ilmastonmuutokselle ja esiintymiä ympäröivien alueiden maankäytön haitallisuutta tai suotuisuutta populaatioille.

Lintuseurannat voidaan esittää esimerkkinä siitä, miten lajiseurantoja voitaisiin käyttää hyväksi ilmastonmuutoksen seurannassa. Indikaattoreihin perustuvat aineistot ovat käytettävissä, mutta niiden muuttaminen seurantajärjestelmäksi vaatisi kehitystyötä ja resursseja. Mikäli tämänkaltaisia ilmastoseurantoja kehitetään, on olennaista aineistojen keruun rahoituksen turvaaminen. Esimerkiksi rengastuksen organisoinnin rahoitus Luomuksella ei ole tällä hetkellä vakaalla pohjalla.

Suomen Ilmastopaneelin SUOMI (Sopeutumisen alueelliset ulottuvuudet ja ohjauskeinot muuttuvaan ilmastoon) -hankkeessa (2021–2022) tarkastellaan erityisesti alueellisten ilmastonmuutokseen liittyvien seurausten ja riskien kehitystä.

Ilmastoseurannan taustalla on myös sopimuksia ja kansainvälisiä seurantaohjelmia. YK:n Ilmastopuitesopimus (Yhdistyneet kansakunnat, 1992) luo yleiset puitteet seurannalle edellyttämällä osapuolilta mm. toimia ilmastonmuutokseen sopeutumiseen sekä maaperän, metsien ja merien hiilivarastojen ja hiilinielujen turvaamista.

Ympäristön yhdennetyn seurannan ohjelma (ICP Integrated Monitoring)<sup>6</sup> ja metsien seurantaohjelma (ICP Forests) tähtäävät ensisijaisesti selvittämään kaukokulkeutuvien saasteiden (esim. typpi- ja rikkiyhdisteiden, sekä raskasmetallien ja otsonin) ja muiden ympäristömuutosten (esim. ilmastonmuutoksen) vaikutuksia elinympäristöömme/ekosysteemeihin. Ohjelmissa kerätään alueellisia inventointitietoja, biologisia seurantatietoja ja kemiallisia mittaustuloksia eri ekosysteemin osista valuma-alue- tai ekosysteemitasoilla. Seurannat kuuluvat UN-ECE:n kaukokulkeutumista koskevan yleissopimuksen ”Valtiosta toiseen tapahtuvan ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumista koskevat yleissopimuksen tekemistä” (81/462/ETY) alaisiin seurantaohjelmiin (kts. Ilma ja Ilmansaasteet).

<sup>6</sup> Ympäristön yhdennetty seuranta Suomessa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Luonto/Seurannat/Ympariston\\_yhdennetty\\_seuranta](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Luonto/Seurannat/Ympariston_yhdennetty_seuranta)

Arktisen neuvoston pysyvät työryhmät, kuten AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Program), CAFF (Conservation of Arctic Flora and Fauna), PAME (Protection of the Arctic Marine Environment) sekä SAON (Sustaining Arctic Observing Network) kokoavat ilmastomuutoksen vaikutusten kannalta olennaista tietoa ja maat ovat kehittäneet seurantoja, jotka palvelevat näitä. Esimerkiksi lumi ja ikirouta havainnot palvelevat ilmastomuutoksen vaikutusten seurantaa.

## Haasteet ja kehitystarpeet

### Ilmastovaikutusten seurannan yleiset puitteet

Tuleva eurooppalainen ilmastolaki (COM/2020/80 final) edellyttää yleisellä tasolla seurannan kehittämistä. Sen perusteella jäsenmailla on yleinen velvollisuus seurata ilmastomuutoksen vaikutuksia, mutta seurantakohteita ei ole yksilöity. Tuleva EEA:n raportti "Changing climate hazards in Europe" (2021) antaa osviittaa muuttujista, joista ollaan yleisesti kiinnostuneita, mutta raportti keskittyy lähinnä fysikaalisiin muuttujiin. EEA on aiemmin julkaissut mm. raportit "Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016", jonka aiheina ovat esim. terveys, maatalous, energia, liikenne ja turismi) ja "The European Environment State and Outlook 2020", jossa tarkastellaan ilmastomuutoksen vaikutuksia niin ekosysteemien kuin yhteiskunnan kannalta (European Environment Agency, 2017; 2019).

Ilmastomuutoksen lakisääteisen seurannan osalta tarkastelua olisi mahdollista jäsentää SIETO-raportissa esitetyn jaon kautta (vaaratekijät, altistuminen, haavoittuvuus). Tämä jäsenitys sopisi kansalliseen riskiarviointiin, jonka laatiminen perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston päätökseen unionin pelastuspalvelumekanismista (1313/2013/EU). Aihetta on SUOMI-hankkeessa syvennetty alueellisilla tarkasteluilla, jotka tukisivat sopeutumisen suunnittelua.

Jos kasvihuonekaasujen seuranta sisällytetään tulevaisuudessa seurantastrategiaan, joudutaan päättämään minkä sektorin ja organisaation toteutettavaksi ko. seurannat kuuluvat. Maankäyttösektorin kasvihuonekaasuinventaario liittyy mitä suurimmassa määrin ympäristön tilaan koska siinä seurataan ja tarkastellaan koko maankäyttösektorin päästöjä ja nieluja sekä maankäytön muutoksia. Asia on merkityksellinen myös eurooppalaisella tasolla. Fossiilisten polttoaineiden käytön aiheuttamat päästöt eivät sen sijaan välittömästi näy ympäristön tilassa, vaan vaikutukset ilmenevät globaalien päästöjen seurauksena. Ne voidaan osittain rinnastaa ilmansaasteisiin, jolloin voidaan myös tarkastella mm. mustan hiilen ja muiden lyhytikäisten ilmastopakotteiden vaikutuksia ympäristöön samalla tavalla kuin muiden ilmansaasteiden vaikutuksia.

## Tavoitteet vuoteen 2030

Ympäristön tilan seurannalle tulee ilmastonmuutoksen vaikutusten tarkastelemiseksi asettaa seuraavat tavoitteet

1. soveltuvat muut lakisäätöiset ympäristöseurannat tulee toteuttaa siten, että niiden avulla on mahdollista muodostaa mahdollisimman kattava kuva ilmastonmuutoksen vaikutusten etenemisestä. Tämä edellyttää eri seurantajärjestelmien yhteen toimivuutta ja seurantojen voimavarojen varmistamista.
2. ympäristöseurannat tulee EU:n asettamien seurantavelvoitteiden toteuttamisessa (eurooppalainen ilmastolaki) täydentää siten, että ne palvelevat kansallisia ja alueellisia riskinarvioiteja (1313/2013/EU)
3. ilmastoseurantojen tulee mahdollistaa sopeutumistoimien vaikutusten ja vaikuttavuuden arviointia.

Tavoitteiden toteuttaminen edellyttää käytännössä, että käydään läpi muut lakisäätöiset seuranta-alueet ja tarkastellaan missä määrin ne kattavat niitä seurantamuuttujia, joita on käytetty hyväksi ilmastonmuutoksen vaikutusten ja riskien arvioimiseksi. Tämän pohjalta voidaan tunnistaa tarve säätää mahdollisista täydentävistä seurantavelvoitteista. Tämä työ on perusteltua toteuttaa kansallisen sopeutumissuunnitelman uudistamistyön yhteydessä (2022).

## Liite 1.8: Maaperän seuranta

Teija Haavisto, SYKE, Timo Tarvainen GTK, Jaana Jarva GTK, Outi Pyy SYKE, Visa Nuutinen Luke, Päivi Merilä Luke, Raisa Mäkipää Luke

### Nykytila

Suomen maaperä on melko ohutta ja nuorta. Sille on ominaista märkyys, happamoitumis-herkkyys ja kemikaalien hidas hajoaminen. Maaperä on käytännössä lähes uusiutumaton luonnonvara. Suojelemalla maaperää voidaan turvata maan ekologiset, tuotannolliset ja kulttuuriset toimintaedellytykset. Maaperän suojeleminen edellyttää tietoa maaperän tilan muutoksista eli maaperän seuranta. Muutokset maaperässä ovat yleensä hitaita ja kun ne havaitaan, on niihin yleensä jo vaikea puuttua. EU-alueella tunnistettuja, Suomen kannalta relevantteja maaperäuhkia ovat eroosio, tiivistyminen, orgaanisen aineksen ja hiilen väheneminen, pilaantuminen haitallisilla aineilla, hajakuormitus, maaperän sulkeminen rakentamisella ja monimuotoisuuden väheneminen.

Seurantatietoa tuottavat useat laitokset, joista keskeisimmät ovat Luke (aiemmin sekä Metla että MTT), SYKE ja GTK. Seurannat ovat kuitenkin sirpaleisia, osin kertaluonteisia eikä niistä saa kokonaiskuvaa maaperänsuojelun tarpeisiin. Seurantojen pääasiallinen tavoite on usein muu kuin suoraan maaperään liittyvä tai ne koskevat vain jotain tiettyä toimintaa tai ilmiötä. Osassa seurantoja jatkuvuus on epävarmaa ja seurantojen laatu kärsii, kun niitä toteutetaan silloin, kun projektirahoitusta on saatavilla.

Peltomaiden kemiallisen tilan valtakunnallista seurantatutkimusta (Valse) tekee Luonnonvarakeskus (Luke). Tutkimus on toteutettu vuosina 1974, 1987, 1998, 2009 ja 2018. Parhailaan käynnissä olevalla kierroksella on mukana 630 näytealaa. Kokoomanäytteistä määritetään pääravinteet, hiilipitoisuus, happamuus, hivenravinteet ja maalaji sekä raskasmetallit. Kolmivuotisen hankkeen resurssit kokonaisuudessaan tällä kierroksella ovat: 4,17 htv ja 530 000 euroa.

Käynnissä olevalla kierroksella seurantanäytteistä tutkitaan ensimmäistä kertaa mikrobi- ja maaperäeläinyhteisöjen monimuotoisuus DNA-menetelmin BioValse-hankkeessa (2020–21) ja PesResValse-hankkeessa (2021–23) osasta näytteitä torjunta-ainejäämien pitoisuudet. Näiden molempien hankkeiden resurssit kokonaisuudessaan ovat 1 htv ja 260 000 euroa.

Metsämaaperän inventointi on toteutettu kansallisin varoin 8. Valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä 1986–95. Tällöin maanäytteet otettiin ja analysoitiin valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) yhteydessä perustetuilta pysyviltä koealoilta. Otokseen sisältyi n.

1000 turvemaa-alaa ja lähes 1000 kivennäismaa-alaa. Maaperänäytteenotto toistettiin n. 700 koealalla EU:n Forest Focus -ohjelman rahoituksella vuosina 2006–2007 (BioSoil-projekti). Kansallista metsämaaperän seurantaohjelmaa ei ole, joten sen kehittäminen edellyttää resurssien kohdentamisen seurannan toteuttamiseen sisältäen seurattavien maaperätunnusten määrittelyn, valtakunnallisen aineiston keruun ja analysoinnin.

Suomi raportoi ilmastositomukselle metsien maaperän hiilivaraston muutokset soveltaen malleja, joiden kehittämiseen ja testaamiseen on käytetty em. valtakunnallisia maaperäaineistoja. Mäkipää ym. (2008) ovat arvioineet mm. maaperän hiilivarastojen muutosten seurantaan tarvittavien näytepisteiden määrää, näytteenoton aikaväliä ja kustannuksia. Mallinnettavan aineiston yksityiskohtaisuudesta riippuen arviot kattavan näytteenotto-kierröksen kustannuksista vaihtelevat 1,5 miljoonasta neljään miljoonaan euroon.

ICP Forests Level II -seurantaohjelmassa tietoja on kerätty 12 (osin 14) metsiköstä metsämaan kemiallisista muuttujista (mm. pH, hiili, ravinteet) 10 vuoden välein (1995, 2006, 2016). Nykyisin havaintoaloja on 8 kpl. Suotovedestä kerätään näytteet kuukausittain kasvukauden aikana. Laskeumaa seurataan jatkuvasti (ICP Forest, 2022). Vuoteen 2008 saakka seuranta tehtiin viranomaistehtävänä. Vuoden 2016 maaperänäytteenotto ja analyysit toteutettiin kansallisin varoin. Level II-seurannan toimintajatkuvuus pelkästään Luken rahoituksella jää aliresurssoiduksi.

GTK on tehnyt maaperän geokemiallista kartoitusta useissa erillisissä, kertaluonteisissa kartoitusohjelmissa (Koljonen, 1992; Salminen, 1995) ja on vastannut eurooppalaisten geokemiallisten kartoitusten toteuttamisesta Suomessa (Reimann, ym., 2003; Salminen, ym., 2005; Reimann, ym., 2014). Lisäksi GTK:ssa on toteutettu erillinen kartoitusohjelma (2009-2020) happamien sulfaattimaiden ominaisuuksista ja esiintymisestä Suomessa<sup>7</sup>. Tällä hetkellä käynnissä on maaperän taustapitoisuuskartoitus, jossa kootaan tietoja maaperän alkuaine- ja haitta-ainepitoisuuksista kasvukeskuksista ja niiden ympäristöstä sekä kaivosten lähiympäristöstä ja mineralisoituneilta alueilta<sup>8</sup>. Lisäksi GTK:lla on parikymmentä mittausasemaa, joissa on seurattu maaperän lämpötilaa ja kosteutta vuodesta 1998 lähtien.

Paikallisen maaperän pilaantumisen osalta kohteiden tunnistamisen, tutkimusten ja puhdistusten etenemistä seurataan Maaperän tilan tietojärjestelmän (MATTI) avulla. Sen sisälön kehittämisestä ja ylläpidosta vastaa SYKE, teknisestä toteutuksesta KEHA ja kohdetietojen kokoamisesta alueelliset ELY-keskukset.

---

7 Kartoitusohjelman tulokset karttapalvelussa: <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>

8 Maaperän taustapitoisuudet nähtävillä karttapalvelussa: <https://gtkdata.gtk.fi/tapir/index.html>

Hajakuormitusta koskevaa tietoa saadaan peltoalueiden seurannasta metallien osalta ja ICP Forest seurannassa ravinne- ja ilmansaasteiden laskeumista. Maaperän tiivistymisen ja eroosion seuranta ei sisälly nykyisiin seurantaohjelmiin. LUKE on kehittänyt peltojen karttapohjaisen eroosioherkkyysluokituksen (Lilja, ym., 2017). Maaperän biodiversiteetistä on tutkimustietoa etenkin uusien molekyylibiologian menetelmien myötä, mutta seuranta ei ole olemassa.

Peltomaiden seurantatiedoista näkyy orgaanisen hiilen vähenevä trendi (Luonnonvarakeskus, 2019). Kivennäismailla kasvavien metsien maaperän hiilen määrän pitkäaikaisista muutoksista on suhteellisen vähän intensiivisesti ja systemaattisesti mitattua tietoa (Lindroos & Merilä, 2019; ICP Forest, 2022). MMM:n rahoittamassa Maaperätiedon kehittäminen (MaaTI) -hankkeessa<sup>9</sup> Luke yhteistyössä GTK:n ja Helsingin ja Turun yliopistojen kanssa kehittää ja testaa menetelmiä, joilla pystytään tuottamaan nopeasti ja kustannustehokkaasti maaperätietoa koko maahan, erityisesti turvemaille mm. hiilivarastoista ja niiden muutoksista.

## Haasteet ja kehitystarpeet

Edellisen seurantaohjelman laatimisen jälkeen maaperän merkitys monien keskeisten ympäristöongelmien kannalta on korostunut EU:ssa ja globaalisti. Maaperään liittyviä tavoitteita sisältyy nyt useisiin poliittisiin aloitteisiin. EU:n vihreän kehityksen ohjelma (Green Deal) nostaa maaperän kunnon/tilan ja ruuan ensi kertaa yhdeksi viidestä keskeisestä yhteiskunnallisesta haasteesta. Mission board on soil health and food asettaa tavoitteeksi, että vuoteen 2030 mennessä 75% EU:n maaperästä on hyvässä kunnossa tai sen tila on merkittävästi ja mitattavasti parantunut kaikkien niiden indikaattoreiden osalta, jotka ovat alle hyväksyttävän raja-arvon. ”Caring for soil is caring for life” -raportissa ehdotetaan 8 indikaattoria, joilla maaperän tilaa tulisi seurata kaikissa jäsenmaissa.

Maaperän tilaan kohdistuvia tavoitteita ja seurantavelvoitteita on esitetty myös EU:n pelolta pöytään (Farm to Fork) -ohjelmassa, komission toimintaohjelmassa kohti saastetonta ilmaa, vettä ja maaperää (Zero Pollution) ja EU:n biodiversiteettistrategiassa. Lisäksi vielä kuluvan vuoden 2021 aikana EU tulee julkistamaan uuden maaperästrategian ja tulossa on myös EU säädös luonnon ennallistamisen tavoitteista, joka koskee myös pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamista.

Parlamentin päätöksessä maaperän suojelusta 28.4.2021 on tarkasteltu laajasti maaperänsuojelun tarvetta EU:ssa. Siinä mm. korostetaan edustavan, yhtenäisin indikaattorein ja menetelmin koko EU-alueen laajuisesti toteutetun maaperänseurannan tarvetta. Samalla

9 Lisätietoa hankkeesta: <https://mmm.fi/-/maaperätiedon-kehittaminen-maati>

pidetään tervetulleena EU Soil Observatoryn perustamista ja vaaditaan komissiota varmistamaan sen pitkäaikainen toiminta, mukaan lukien säännölliset seurannat.

EU vaikuttaa panostavan vahvasti LUCAS (Land Use and Coverage Area frame Survey) -seurantaan ja siinä osana olevaan maaperäseurantaan (LUCAS Soil). Seurantoja on tehty vuosina 2009, 2015 ja 2018 ja seuraavan pitäisi toteutua vuonna 2022. Mitatut muuttujat ovat olleet fysikaalisia ja kemiallisia muuttujia, mutta vuonna 2018 on pienelle osalle näytepisteitä lisätty biodiversiteetin, maaperän tilavuuspainon ja orgaanisen kerroksen paksuuden mittaaminen. Kaikki LUCAS-seurannoista (25 000 pistettä) ja Copernicus-ohjelman kaukokartoituksista kertyvä tieto kootaan joulukuussa 2020 julkistettuun EU Soil Observatoryyn. Komission tavoitteena on, että jäsenmaiden kansalliset seurannat integroitaisiin LUCASin kanssa EU Soil Observatoryyn ja näytepisteiden määrä kymmenkertaistuisi. Tarkoituksena on käyttää kertyneitä tietoja EU:n politiikkojen vaikutusten seurantaan, tutkimusten ja innovaatioiden tueksi. Suomessa LUCAS-näytepisteitä vuonna 2009 oli 1716 kpl ja vuonna 2015 1149 kpl. Oulun pohjoispuolella LUCAS-näytepisteverkosto on erittäin harva. LUCAS-seurannan ajantasaisen aineiston saatavuudessa kansalliseen käyttöön on ollut haasteita. Olisi tärkeää selvittää LUCAS-näytepisteiden edustavuus eri maankäyttömuodoissa ja maaperätyypeillä, tulosten vertailtavuus kansallisten seurantojen tuloksiin (mm. näytteenottosyvyydet ja -menetelmät, analyysimenetelmät) sekä se, voitaisiinko LUCAS-tietoja käyttää kansallisten seurantatietojen vertailutietoina tai täydentäjinä. Maatalousmaan osalta tietojen saatavuutta, raportointia, harmonisointia, standardisointia ja seurantamenetelmiä pyritään kehittämään osana EJP SOIL -hanketta.

Tällä hetkellä voimakkaassa muutoksessa olevan EU:n maaperäpolitiikan lisäksi haasteena seurannoissa on Suomelle tyypillinen maaperäolojen ja maankäytön mosaiikkimainen vaihtelevuus pienelläkin alueella. Siksi seurantatietojen alueellista edustavuutta on vaikea saavuttaa, ja peruskartoituksetkin maaperämuodostumista ovat osin vielä puutteellisia.

Keskeisin haaste maaperän seurantojen osalta on koordinoinnin järjestäminen ja resursointi. Tarvittava tieto Suomen maaperästä sekä sen suojelusta ja kestävästä käytöstä on hyvin hajanaista. Ongelmana on tiedon heikko saatavuus, käytettyjen tutkimusmenetelmien kirjo sekä varsinaisen seurantatiedon puuttuminen, sillä suuri osa tutkimuksista on kertaluontoisia. Eri tarpeisiin tehdyistä seurannoista ei muodostu kattavaa kokonaiskuvaa, johon sisältyisivät keskeiset maalajit, maannokset ja maankäyttömuodot. Maaperän seurannan osalta tulisi mahdollisimman pian koota yhteen keskeiset olemassa olevat maaperää koskevat tutkimus- ja seurantatiedot ja arvioida niiden kattavuus sekä edustavuus ja tunnistaa tietoaukot. Tämän vuoksi tarvitaan tiivistä yhteistyötä eri tutkimuslaitosten välillä. EU-lainsäädännön kehittyminen tulee edellyttämään jatkossa myös kansallisten maaperän tietojärjestelmien, seurannan ja indikaattoriraportoinnin kehittämistä.

Selkein puute tähän asti on ollut biologisten muuttujien puuttuminen seurannoista. Maaperän hiilivarantojen ja niiden muutoksien arviointi on kehittynyt ja maankäyttösektorin tieto-ohjelmaan kuuluvan Maaperätiedon kehittäminen-hankkeen odotetaan sitä edelleen parantavan.

Kestävän kehityksen tavoitteiden seurannassa SYKEN vastuulla on 15.3.1 Land degradation neutrality -tavoitteen seuranta. Seuranta tulisi tehdä kolmella indikaattorilla (maapeitteen muutokset, maa-alueiden tuottavuuden muutokset, maanpäällisten ja maaperän hiilivarantojen muutokset). Kahteen ensimmäiseen indikaattoriin SYKE pystyisi tuottamaan tietoa, kunhan vain saataisiin kehitettyä soveltuvat laskentamenetelmät. Maaperän hiilivarastojen osalta tiedot ovat Lukella, jonka panosta tarvittaisiin kolmannen indikaattorin kehittämiseen.

### Tavoitteet vuoteen 2030

Kuten jo edellisellä strategiakaudella 2011 ehdotettiin, tulisi maaperäseurantojen koordinoimiseksi ja kehittämiseksi asettaa maaperän seurannan kehittämistyöryhmä. Tavoitteena olisi, että eri maaperäseurannat muodostaisivat jatkossa toisiaan täydentävän kokonaisuuden ja että keskeiset ja välttämättömät seurantarpeet olisi tunnistettu ja seurantajärjestelmä olisi luotu mahdollisimman tehokkaaksi ja tarkoituksenmukaiseksi. Olemassa olevien seurantojen jatkuvuus tulisi varmistaa. Jatkossa tulisi pohtia myös nykyistä yksityiskohtaisemmin maaperän tilaa, kuormitusta ja suojelua koskevan tietotarpeen yhteyksiä muuhun ympäristön ja luonnonvarojen seurannan kehittämiseen. Tärkeitä yhteyksiä ovat mm. alueiden käytön ja rakennetun ympäristön seuranta (tiedon puutteita mm. maaperän sulkemisesta rakentamisella), haitallisten aineiden seuranta (niukasti valtakunnallista seurantatietoa haitallisten aineiden pitoisuuksista koko maaympäristössä), biologisen monimuotoisuuden seuranta (maaperäeliöstö puuttuu lähes kokonaan seurannoista), ilmastonmuutosta koskeva raportointi (puutteita mm. maaperää koskevissa laskentamenetelmissä) ja kestävää maa- ja metsätaloutta koskeva raportointi (runsaasti EU-lainsäädäntöönkin nojaavia raportointivelvoitteita). EU:n komission suunnitelmat tukeutua politiikkatoimien vaikutusten arvioinnissa enenevässä määrin LUCAS-seurantatuloksiin herättää hieman huolta, koska näytepisteverkosto on Pohjois-Suomessa hyvin harva eikä ole selvää käsitystä, miten hyvin kansalliset ja LUCAS-tulokset vastaavat toisiaan.



## Liite 1.9: Haitalliset aineet vesiympäristössä

Katri Siimes SYKE, Ville Junntila SYKE, Jaakko Mannio SYKE

### Nykytila

Haitallisten aineiden seurannan päätarkoitus on tuottaa valtakunnallisesti mitattua tietoa vesien kemiallisen tilan ja haitallisten aineiden aiheuttamien riskien arvioinnille sekä riskinhallintatoimien suunnittelulle ja tehokkuuden toteutamiselle. Nykyseuranta on suunniteltu täyttämään EU-säädöksissä ja kansainvälisissä ja alueellisissa sopimuksista tulevia vaatimuksia kustannustehokkaasti. Lähtökohtana on pidetty vesien- ja merenhoidon mukaisia seurantavelvoitteita. Lisäksi on eräitä sektori/aineryhmäkohtaisia vaatimuksia kuten kasvinsuojeluaineiden seuranta ympäristöstä. Seurantojen tavoitteena on tuottaa mahdollisimman integroidulla seurantaverkolla tietoa monille foorumeille. Aineiden suuren lukumäärästä johtuen seuranta perustuu voimakkaasti riskiperustaiseen priorisointiin, kartoitusten käyttöön sekä ainekohtaisesti räätälöityihin näytematriiseihin (pinta-vesi, sedimentti, kalat). Seuranta on pyritty suuntaamaan kuormituksen määrää ja lähdeettä edustavasti kuvaaville alueille referenssialueita unohtamatta.

Eliöstöön kertyviä aineita seurataan pääosin kaloista, osin simpukoista. Kalaseurantaa on vesien- ja merenhoidon puitteissa harmonisoitu sekä kansallisesti että yhteistyössä Ruotsin kanssa. Kalojen haitallisten aineiden seurantasuunnitelmat ovat keskeisiltä osiltaan julkaistu (katso Mannio, ym., 2019; Lehtonen & Kankaanpää, 2019; Suomen ympäristökeskus, 2020). Kalojen haitta-aineita analysoidaan vuosittain 15 järvellä, 10 rannikopaikalla ja 5 avomeripaikalla.

Koska vasta hiljattain aloitetut eliöseurannat eivät vielä ole voineet vastata VPD:n edellyttämään tietoon eli siihen onko muutosta tapahtunut (trendiseuranta), sisältää seurantasuunnitelma pysyvien ja kertyvien aineiden osalta myös sedimenttiprofiilien (retrospektiivisen) tutkimisen. Muutossuuntien tunnistamisen nopeuttamiseksi toteutetaan myös eräillä asemilla vuotuista eliöseurantaa. Suomessa kalojen preparointi tehdään elintarvikenormien mukaisesti (589/2014/EU; 333/2007/EY), jotta tuloksia voidaan käyttää luotettavimmin myös ihmisaltistuksen arviointiin. Yhdennetty kemiallisbiologinen seurantastrategia on myös linjassa meristrategiadirektiivin vaatimusten kanssa.

Vesistä analysoitavien aineiden seuranta on keskittynyt virtavesiin. Mereen laskevista joista seurataan raskasmetalleja ja tusinalla jokipaikalla kartoitetaan vuosittain vaihtuvia orgaanisia aineryhmiä. Näytteitä otetaan noin kerran kuussa yhtenä vuonna kuusivuotisjakson aikana (katso Mannio, ym., 2019). Viranomaisten seurannan lisäksi tulisi olla veloitettarkkailua aina silloin kun veteen kohdistuva kuormitus on niin suurta, että sillä voi olla

haitallisia vaikutuksia. Lisäksi maa- ja metsätalouden kuormituksen seuranta on päätetty olevan viranomaisten vastuulla (katso MaaMet-hanke<sup>10</sup>). Lisäksi toteutetaan erilaisia kartoitushankkeita, joista esimerkiksi EU:n laajuisen tarkkailuainelistan kartoitukset toistuvat vuosittain, vaikka analysoitavat aineet vaihtuvat parin vuoden välein.

Haitallisten aineiden analytiikka ja mittauksia tekevien laitosten yhteistyö on kehittynyt hyvin: Valtion tutkimuslaitosten (esim. SYKE, THL) laboratoriot ovat keskittyneet eri aineryhmiin ja/tai matriisien analytiikkaan. Osa ympäristöhallinnon seurantojen analytiikasta on kilpailutettua, mutta erikoisanalytiikkaa tekeviä laboratorioita ei ole Suomessa montaa.

Seurantatiedon hallintaa on tehostettu. Ympäristöhallinnon haitallisten aineiden mittaus-tulokset ja toiminnanharjoittajien veloitettarkkailutiedot tallennetaan vesinäytteiden osalta pinta- ja pohjavesien laaturekistereihin (VESLA, POVET) ja aiemmin hajallaan ollut tieto sedimentteihin, eliöihin ja maaperän eri jakeisiin kertyneistä haitallisista Kertymärekisteriin (KERTY). Nämä järjestelmät ovat olleet tehokas väline tiedon kustannustehokkaan analysointiin ja kokoamiseen ympäristön tilanarviointeja varten. Kaikki tieto ei kuitenkaan vieläkään järjestelmiin tule ja tätä voisi edelleen kehittää.

### Haasteet ja kehitystarpeet

Haitallisten aineiden seurannan kattavuutta ja yhteistyötä tulee lisätä. VPD:n, sen tytärdirektiivien sekä meristrategiadirektiivin kansallisten veloitteiden täytäntöönpanon kannalta ympäristöhallinnon vastuulla olevia vaarallisten ja haitallisten aineiden vesiseurantoja on jatkuvasti kehitettävä ja osittain laajennettava nykyisestä sekä näytteenottoaikojen että seurattavien aineiden analyysimäärien osalta. Vastaavia kehittämistarpeita tulee myös monista kansainvälisistä sopimuksista.

Sisävesien osalta seurannan tulisi olla vesienhoitoa koskevan lainsäädännön mukaisesti nykyistä enemmän ELY-vetoista. ELYihin tarvittaisiin haitallisiin aineisiin lisäresursseja. Lisäksi tarvitaan kansallista koordinoitua, jota tällä hetkellä tekee SYKE, ja siitä voisi olla hyvä saada kirjaus myös säädöksiin. Merialueiden seurannassa SYKEN ja muiden tutkimuslaitosten vastuu on suurempi. Merenhoidon seurannoille on olemassa käsikirja (Suomen ympäristökeskus, 2020), mutta sen suunnitelmaa ei voida toteuttaa ilman pysyviä resursseja. Rannikkovesiä koskevat sekä vesienhoidon että merenhoidon veloitteet, koska ne ovat vaarallisia aineita koskien kaikkein monikuormitteisimpia alueita.

10 Lisätietoa hankkeesta: [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Maa\\_ja\\_metsatalouden\\_kuormituksen\\_ja\\_sen\\_vesistovaikutusten\\_seuranta](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Maa_ja_metsatalouden_kuormituksen_ja_sen_vesistovaikutusten_seuranta)

Jotta haitallisten aineiden seurannat saataisiin kustannustehokkailla toimilla velvoitteiden tasalle, tulisi tutkimuslaitosten ja ELY-keskusten aktiivisesti etsiä mahdollisuuksia seurantojen yhdistämiseen ja uudistamiseen, uusien aineiden kartoitusten hyödyntämiseen, yhteistyökumppaneiden löytämiseen ja resurssien kohdentamiseen. Tässä yhteydessä voidaan tarvita myös strateginen suunnitelma ympäristönäytepankin aineiston keräämiseen ja käyttöön.

Velvoite/yhteistarkkailun osuus seurannan kokonaisuudessa tulisi olla nykyistä tärkeämmässä asemassa ja velvoitetarkkailutietojen yhdistämistä viranomaisseurantaan on parannettava. Lupa- ja valvontaviranomaisten mahdollisuuksia kemikaalien parempaan huomioimiseen lupapäätöksissä on päivitettävä ja kehitettävä vanhoja lupia tarkistettaessa ja uusia myönnettäessä.

Tunnettujen ja uusien ongelmien kehityssuunnista on tuotettava tietoa jatkuvilla pitkäaikaisseurannoilla. Lisäksi tulisi koota mallien kehittämiseen ja kalibrointiin soveltuvia aineistoja. Itämeren toinen kokonaisvaltainen tila-arviointi osoitti, että seurannan luotettavuuden lisäämiseksi tarvitaan aiempaa enemmän muuttujia ja havaintoja eräiltä rannikkoalueilta (HELCOM, 2018).

Jatkossa tulisi kehittää myös pitoisuustulosten nopeaa tarkistamista sekä velvoitetarkkailussa että viranomaisseurannassa. Tiedonkulkua eri tahojen välillä pitäisi edelleen parantaa ja poikkeavien havaintojen ilmoitusreitit selventää myös tutkimuslaitosten, ELY-jen, kuntien ja ministeriöiden välillä. Korkeista pitoisuuksista pitäisi seurata nopeasti otettava uusintanäyte ja tarvittaessa seurannan kehittäminen (adaptiivisuus). Tälle tulisi varata myös resursseja.

Mittausaineistojen siirto erilaisten tietojärjestelmien välillä, erityisesti kansainvälisellä tasolla, aiheuttaa ajoittain ongelmia. Osittain ongelmat johtuvat liian vähäisistä siirtoprosessiin kohdennetuista resursseista. Tämä voi aiheuttaa ongelmia, mikäli esimerkiksi EU-tason raportoinneissa näyttää siltä, että tietoa ei ole lainkaan olemassa. Lisäksi voisi olla mielekästä keskustella muiden tahojen kanssa tietojen vaihdosta eri sektorien tietojärjestelmien välillä (esim. Luke, GTK, THL jne).

### Tavoitteet vuoteen 2030

Tietämystä aineiden käytöstä ja päästölähteistä tulee parantaa, jotta seuranta ja kartoituksia voidaan kohdentaa nykyistä paremmin oikeille paikoille. Tulevaisuudessa voisi olla mielekästä laajentaa joidenkin aineiden (esim. PFOS, TBT, PAH) seurantamatriiseja. Yhteistyötä EU-maiden välillä lisätään tulevaisuudessa myös PARC-hankkeessa (Horizon European Partnership -hanke). Sen tarkoitus on tukea EU:n ja kansallisten kemikaaliriskien arviointia ja hallintaa uudella tiedolla ja uusilla menetelmillä, joilla vastataan nykyisiin ja tulevaisuuden ihmisten terveyden ja ympäristön suojelemisen haasteisiin

EU:n vihreän kehityksen ohjelman ja nollapäästöstrategian hengessä. Kumppanuus kokoaa yhteen Euroopan ja jäsenvaltioiden kemiallisten riskien arviointielimet ja sääntelyviranomaiset sekä tiedeyhteisön kemikaaliriskinarvioinnin kehittämiseksi EU:ssa.

Uusien haitallisten aineiden kartoitusten ja päästölähteiden identifioiminen sekä uusien materiaalien käytöstä aiheutuvien paineiden seuranta on oleellista, jotta uusiin uhkiiin osataan reagoida riittävän nopeasti. Uusien paineiden seurantatyötä tehdään mm. Itämeren suojelusopimuksen ja arktisen yhteistyön puitteissa. Tämä tehtävä lankeaa valtionhallinnolle, eikä sitä voida toteuttaa pelkästään yksittäisten tutkimushankkeiden varassa. Monista lähteistä laajalle levinneitä, pysyviä aineita ei voida myöskään säilyttää yksinomaan yhteistarkkailujen piiriin.

Suomen on aktiivisesti osallistuttava EU- ja Itämeriseurantojen kehittämiseen riskinarviointiin perustuen. Esimerkiksi kartoituksilla, sedimenttiselvityksillä ja integroidun pitoisuus-vaikutusseurannan pilottikokeilla voidaan tuottaa tarkennettua tietoa seurannan kustannustehokkaan suunnittelun ja toteutuksen pohjaksi.

Haitallisten aineiden ympäristötutkimuksessa on tavoiteltava proaktiivisuutta. Tästä voidaan edistää käyttämällä kahta menetelmää, joita ei ole otettu kunnolla käyttöön Suomessa:

1. "Nousevien" aineiden kartoitukset ns. non-target ja suspect screening -menetelmillä, joilla voidaan tunnistaa tuhansia aineita.
2. Eliövasteiden eli vaikutusten tutkiminen (biotestit, biomarkerit, ekologiset indikaattorit)

Näiden ohella tarvitaan tunnettujen ongelmien (mm. pysyvät aineet POP ja Hg, mutta myös lääke- ja kasvinsuojeluaineet) arviointia mallintamalla sekä ajassa että paikassa ja tuottamalla skenaarioita tulevaisuudesta. Tähän ei ole pystytty panostamaan riittävästi resurssien kohdentuessa tilanarviointeihin.

Tutkimusprojektit ovat tuottaneet uusia menetelmiä ja näkemyksiä seurannan suuntaamiseksi. Esimerkiksi vaihtelevien liukoisten pitoisuuksien seurannassa passiivikeräimet ovat osoittautuneet erittäin hyväksi keskiarvoistavaksi menetelmäksi. Vaikutuspohjaisilla indikaattoreilla voidaan havaita myös samankaltaisesti vaikuttavien aineiden yhteisvaikutuksia – usein jo huomattavasti pienemmillä pitoisuustasoilla tai edullisemmin kuin yksittäisten aineiden analyysit mahdollistaisivat (esim. hormonivaikutukset). Menetelmiä tulee kehittää edelleen ja ottaa niitä aktiivisesti käyttöön myös ns. viranomaisseurannoissa. Toisaalta vielä ei ole menetelmiä, joilla voitaisiin havaita aineiden hetkelliset korkeat pitoisuudet. Vaikka kemian analytiikka on parantunut merkittävästi viime vuosikymmeninä, kaikkien aineiden (erityisesti hormonien, joidenkin torjunta-aineiden ja eräiden lääkeaineiden) kohdalla ei vielä ole vakiintuneita analyysimenetelmiä, joilla voitaisiin havaita riittävän pieniä pitoisuuksia.

## Liite 1.10: Biodiversiteetti- ja ekosysteemiseurannat

Petteri Vihervaara, Peter Kullberg, Päivi Sirkiä, Saku Anttila, Martin Forsius (SYKE); Jari Val-kama, Alekski Lehtikoinen, Aino Juslén (LUOMUS); Raisa Mäkipää, Katja Holmala (Luke); Santtu Kareksela & Kaisa Junninen (Metsähallitus)

### Nykytila

Biodiversiteettiseuranta käsittää maa-, sisävesi- ja meriympäristöjen laji-, luontotyyppi- ja ekosysteemiseurannat. Sisävesien ja Itämeren osalta nämä on myös kuvattu erillisissä luvuissaan.

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että kuluneen vuosikymmenen (2011–2020) aikana monien biodiversiteettiseurantojen ylläpito oli haastavaa vähenevien resurssien ja julkiseen sektoriin kohdistuvien taloudellisten leikkausten vuoksi. Olemassa olevista tietotarpeista huolimatta seurantoja ei juurikaan kehitetty ja samalla useita seurantoja ajettiin alas. Vuosikymmenen loppua kohden kiinnostus seurantojen ylläpitoon ja kehittämiseen kasvoi niin Suomessa kuin kansainvälisestikin ja viimeisen kahden vuoden aikana Suomessa on tehty hallitusohjelman luonnonsuojelumäärärahakorotusten avulla merkittäviä uusia avauksia biodiversiteettiseurantojen kehittämiseksi ja uudistamiseksi. Esimerkkejä merkittävistä uusista panostuksista luonnon tilan seurantaan ovat HELMI- ja METSO-ohjelmien toimeenpanoa tukevat hankkeet sekä Suomen ekosysteemiobservatorion (Finnish Ecosystem Observatory FEO<sup>11</sup>) käynnistäminen. Lajitietokeskuksen perustaminen ja kehittäminen ovat edistäneet lajihavaintojen käyttöä myös seurannoissa.

SYKE, Luke, Luomus ja Metsähallitus vastaavat suurimmasta osasta biodiversiteettiseurannoista. Tärkeä osa seurantoja ovat vapaaehtoisten tekemät lajistoseurannat, kuten linnusto-, perhos- ja uusimpana kimalaisseurannat. Jonkin verran lähinnä kartoitustyyppistä seurantaa tekevät myös SYKE:n koordinoimat eliötyöryhmät. Lisäksi esimerkiksi Etelä-Karjalan allergia- ja ympäristöinstituutti osallistuu päiväperhosseurantoihin, ja ELY-keskukset toteuttavat esimerkiksi lajisuojelun alueellista toimeenpanoa tukevia uhanalaisten lajin esiintymien seurantoja.

Biodiversiteettiseurannat voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään: i) systemaattisiin lajistoseurantoihin, ii) luontotyyppien ja ekosysteemien rakennetta ja kuntoa tarkasteleviin seurantoihin, sekä iii) ekosysteemien toimintaa ja ekosysteemiprosesseja koskeviin seurantoihin. Seurantojen systemaattisuus ja jaksollisuus vaihtelee hyvin paljon seurannan

---

11 Hankkeen kotisivu: [www.feosuomi.fi](http://www.feosuomi.fi)

mukaan. FEO-hankkeen yhteydessä on kerätty lista tällä hetkellä tiedossa olevista systemaattisista lajiseurannoista, joihin kuuluu 38 eliöryhmää (joukossa myös yksittäisten lajien seurantoja), mutta läheskään kaikkia lajiseurantoja ei toteuteta säännöllisesti, eivätkä ne ole spatiaalisesti riittävän kattavia.

Lajistoseurannat muodostavat tärkeimmän tietopohjan monille ympäristön tilaa kuvaaville indikaattoreille, kuten esimerkiksi luonnontila.fi-sivustolla oleville kansallisille biodiversiteetti-indikaattoreille, joita käytetään esimerkiksi raportointiaessa kansainvälisen biodiversiteettisopimuksen (Convention on Biological Diversity, CBD) toimeenpanosta neljän vuoden välein. Muita tärkeitä politiikkaprosesseja, jotka ohjaavat biodiversiteettiseurantojen priorisointia, ovat kuuden vuoden välien toteutettavat EU:n luonto- ja lintudirektiivin raportoinnit, sekä kymmenen vuoden välein tehtävät lajien ja luontotyyppien uhanalaisarvioinnit (Punaiset kirjat). Uusimpana nousevana tarpeena on tunnistettu tarve ryhtyä seuraamaan ekosysteemien tilaa ja kuntoa Eurostatin toimeenpaneman ekosysteemitilinpäivityksen myötä (vuodesta 2023 alkaen). Kuntien ja maakuntien tarve ajantasaiselle luontotiedolle on niin ikään voimakkaassa kasvussa. Käynnissä olevassa Luonnonsuojelulain uudistuksessa luontotiedon tuotanto ja hallinta on yksi erityisesti tarkasteltava osa-alue.

Luke kerää valtakunnan metsien inventoinnissa (VMI) vuosittain tietoa kasvupaikoista ja niiden tilasta. Lisäksi VMI:n yhteydessä on vuosina 1951-1953, 1985-1986 ja 1995 inventoitu metsä- ja suokasvillisuus. Kasvillisuusinventointi toistetaan nyt 25 vuoden tauon jälkeen ja se tuottaa ajantasaista tietoa metsä- ja suokasvillisuuden muutoksista (Operaatio Mustikka 2021-2022<sup>12</sup>). Kasvillisuusinventoinnin yhteydessä kerätään myös maaperänäytteet, joista on mahdollista analysoida maaperäeliöstön diversiteetti, jos analyysien rahoitus järjestyy. SYKE:ssä on käynnistetty myös kansallisen luontotyyppiseurannan suunnittelu ja kehittäminen osana FEO-hanketta. Luontotyyppien tilaa on arvioitu aiemmin sekä luontodirektiivin raportoinnin yhteydessä että luontotyyppien uhanalaisuusarvioinneissa, mutta varsinaista seurantaa ei ole aiemmin tehty. Metsähallitus seuraa kuitenkin erityisesti hoitotoimenpiteiden vaikutusta luontotyyppien tilaan suojelualueilla. FEO-hankkeessa kehitetään erityisesti kaukokartoituksen sekä eDNA ja muiden molekyylibiologisten menetelmien käyttöönottoa rutiiniseurantojen tueksi. Ekosysteemi-prosessien seurannan osalta eLTER-verkoston intensiivimittausasemien rooli on keskeinen. Suomen Akatemian tiedartalla olevat tutkimusinfrastruktuurit, kuten FinBIF, FINMARI ja INAR RI, tukevat osaltaan biodiversiteettiseurantoja, vaikka niiden pääpaino onkin tutkimuksessa eikä seurannoissa. Kansainväliset verkostot, kuten GBIF ja GEO BON, sekä vuonna 2021 käynnistetty Euroopan biodiversiteettikumppanuusohjelma (BiodivERsA+) korostavat biodiversiteettiseurantojen harmonisointia ja tähtäävät aineistojen yhteiskäytön edistämiseen.

12 Lisää tietoa hankkeesta: <https://www.luke.fi/fi/projektit/operaatio-mustikka>

## Seurantojen kustannusarvio

SYKEN Biodiversiteettikeskuksessa selvitettiin syksyllä 2020 terrestristen biodiversiteettiseurantojen ja niihin liittyvien T&K-hankkeiden vuotuiset kokonaiskustannukset (esimerkkivuosi 2020). Kokonaiskustannus oli 3.911.000 €, josta SYKEN omarahoitusosuus oli 1.010M€, YM rahoitti 2.860M€ ja MMM:n rahoitusosuus SYKEN hankkeissa oli 41k€. Summa on merkittävästi suurempi kuin monina aiempina vuosina, koska se pitää sisällään hallitusohjelman luonnonsuojelun vuotuisen 100 miljoonan €:n lisämäärärahan turvin käynnistettyjä HELMI- ja METSO-hankkeita sekä FEO-hankkeen erillismyönnön (1.3M€ vuodelle 2020, yhteensä n. 6 M€ neljälle vuodelle). Suoraan biodiversiteettiseurantoihin käytettyä htv-määrää on hankala erottaa muusta T&K-toiminnasta, ja lisäksi esimerkiksi LuTU-raportteihin ja direktiiviraportointiin käytettävä työmäärä vaihtelee raportointisyklin mukaan. Edellisessä YSS-arvioinnissa 2011 SYKEssä arvioitiin käytettävän 9 htv:tä BD-seurantoihin. Vuonna 2020 tilanne ei ole olennaisesti muuttunut jatkuvien seurantojen osalta, mutta HELMI-, METSO- ja FEO-hankkeiden johdosta voidaan karkeasti arvioida, että seurantojen kehittämisen parissa työskentelee ihmisiä n. 30-40 htv:n edestä. Näiden lisäksi tehdään myös meri- ja sisävesi-biodiversiteettiseurantoja, jotka on kuvattu omissa kohdissaan. Vertailun vuoksi Luken toteuttaman valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) kustannukset ovat n. 2.8M€ vuodessa.

Metsähallituksessa erityisesti Luontopalvelujen vastuulla on laaja kokonaisuus lajeihin ja ekosysteemien rakenteeseen ja toimintaan liittyviä pitkäaikaisseurantoja. Ekosysteemien seurannan muodostavat soiden ennallistamisen seurantaverkosto (erityisesti kasvilajiyhteisöt ja hydrologinen seuranta), monipuoliset erilaisten metsäisten elinympäristöjen hoitoon liittyvät seurannat (lahopuulisäykset, lehdot, paahdeympäristöt), perinnebiotooppien seurannat, sekä Itämeren ja pienvesien monimuotoisuuden ja tilan kartoitukseen liittyvät selvitykset. Nämä ovat erityisesti toimenpiteiden vaikutusten seuraamista, mutta tuottavat laajemminkin tietoa ekosysteemeihin ja luonnon monimuotoisuuteen liittyvistä muutoksista ja dynamiikasta. Lisäksi Metsähallitus tekee uhanalaisten lajien seurantoja (esim. naali, maakotka, saimaannorppa) ja seuraa suojelualueiden linnustoa linjalaskennoin. Ennallistamis- ja hoitoseurannat vaativat vuosittain usean henkilötyövuoden ja n. 150k€ rahallisen panostuksen, joka toteutetaan YM:n Metsähallituksen luontopalveluille myöntämällä vuotuisella rahoituksella. Seurantoihin liittyy myös vaikeammin määriteltävä määrä ulkoistettua aineistojen analysointia ja tutkimusyhteistyötä, joka on korvaamattomassa roolissa seurantojen tietosisällön muodostumisessa. Lisäksi soiden ennallistamisen seurantojen kehittämiseksi on erillinen Helmi-rahoitteinen projekti (2020-2023), vuosibudjetiltaan n. 120k€ (n. 1 htv + ulkoisia palvelu- ja materiaalihankintoja). Yllä mainittujen lajien lisäksi Luontopalvelut tekevät vuosittain laajasti laji-inventointeja ja -seurantoja, jotka osaltaan tuottavat arvokasta tietoa Suomen luonnon monimuotoisuuden tilasta ja muutoksista. Laji-inventointien ja -seurantojen kokonaisbudjetti on viime vuosina ollut n. 4M€ (karkea arvio).

Luomuksessa pitkäaikaisseurantojen koordinaatioon ja aineistojen käsittelyyn käytetään 8 henkilötyövuotta vuosittain. Lisäksi pitkäaikaisseurantoihin maastossa käytetään yhteensä noin 1 henkilötyövuosi. Kustannukset ovat yhteensä 0,85 M€ vuodessa. Ympäristöministeriö on rahoittanut Luomuksen koordinoimia pitkäaikaisseurantoja vuosittain noin 230 000 eurolla vuosittain. Lisäksi Luke on rahoittanut Luomuksen lintuseurantaa maatalousalu-eilla n. 30 000 eurolla vuodessa. Ympäristöministeriö on rahoittanut Lintuatlasta erillisenä hankkeena. Uusi lintuatlas on tällä hetkellä suunnitteilla vuosille 2022–2025. Luomuksen koordinoimiin seurantoihin osallistuu noin 1000 henkilöä vapaaehtoistyönä vuosittain. Suomen Lajitietokeskuksen järjestelmien kehittämiseen käytettävä henkilötyövuodet arvioidaan erikseen tiedonhallinnan osuudessa, mutta ne linkittyvät kiinteästi pitkäaikaisseurantojen asiantuntijatyöhön.

### Haasteet ja kehitystarpeet

Pitkäjänteinen biodiversiteettiseurantojen ylläpito ja kehittäminen on erittäin tärkeää. Seurantoihin liittyviä kehitystarpeita ovat erityisesti pitkäaikaisten seurantojen jatkon turvaaminen, seuranta-aineistojen laajempi yhteiskäyttö ja sujuvampi tiedon liikkuvuus sekä seurantojen sopeuttaminen muuttuviin olosuhteisiin (erityisesti ilmastonmuutokseen) ja tietotarpeisiin. Erittäin tärkeää on myös varmistaa ja vahvistaa tutkimukseen tarvittavia resursseja.

Olemassa olevat seurannat kohdistuvat vain hyvin pieneen osaan koko maamme lajistosta. Kaiken kattavia seurantoja ei liene realistista toteuttaa, mutta olisi tärkeää kehittää havaintojen keruuta ja aineistonhallintaa systemaattisemmaksi niin, että erilaisista aineistoista voidaan tehdä nykyistä monipuolisempia päätelmiä. Toisaalta kokonaisuuden kannalta on tärkeää tunnistaa esimerkiksi ne elinympäristötyypit, joiden monimuotoisuuden kehitystä nykyiset seurannat eivät riittävästi kuvaa. Myös maatalousvaikutteisten ympäristöjen luontotyyppien ja lajiston seuranta on puutteellista, vaikka maatalouden vaikutus biodiversiteettiin korostuu koko ajan. Eri lajiryhmien harrastusjärjestöjen ja vapaaehtoisten tekemää seurantatyötä täytyisi tukea niin, että harrastus kanavoituisi systemaattisemmaksi seurannaksi. Tämä edellyttää yhteistyössä kehitettyä ohjeistusta seurantamenetelmistä ja suunnitelmallista aineistonkeruun toistamista säännöllisin välein sekä työkaluja aineistojen sujuvaan tallentamiseen. Luontotyyppien kartoittamisen osalta olisi tärkeää, että kuntien ja maakuntien konsulteilla teettämien luontoselvitysten aineistot tallennettaisiin FEOon ja lajihavaintojen osalta laji.fi-järjestelmään. Biologisten asemien ja muiden intensiivisten seurantapisteidien roolia jatkuvassa seurannassa tulisi vahvistaa.

Uusien menetelmien kehittäminen ja käyttöönotto on välttämätöntä havaintojen ajallisen, alueellisen ja taksonomisen kattavuuden parantamiseksi. Perinteisiä seurantoja ei voi korvata pelkästään uusilla menetelmillä, mutta uusien menetelmien käyttöönotto voi täydentää, tukea ja parantaa perinteisiä seurantoja. Esimerkiksi molekyylibiologisten



menetelmien avulla voidaan saada aiempaa tarkempia arvioita vaikkapa uhanalaisten nisäkkäiden populaatiokoosta. Kaukokartoituksen avulla voidaan tunnistaa luontotyyppejä ja seurata niiden kunnossa tapahtuvia muutoksia laajoilla alueilla. Tekoälyn avulla voidaan automatisoida ja nopeuttaa vaikkapa yöperhosseurannoissa kertyvien suurien näytämäärien tulkintaa. Uusien menetelmien käyttöönotosta seuraavia haasteita ovat esimerkiksi suurien datamäärien hallinta, sekä vanhojen ja uusien menetelmien yhteensovittaminen. Suurin monia biodiversiteettiseurantoja koskeva haaste on tiedon saaminen riittäväällä spatiaalisella ja ajallisella kattavuudella. On myös erittäin tärkeää varmistaa, että biodiversiteettiseurannat ovat kansainvälisesti vertailukelpoisia, mikä edellyttää menetelmien harmonisointia ja standardointia.

Yhteisinä ja jatkuvina tarpeina ympäristö- ja biodiversiteettitiedon hallinnassa ovat aineistojen avoimuus, yhteentoimivuuden kehittäminen, alati kasvavien tietomassojen hallinta ja jakaminen sekä kerätyn tiedon laadunhallinta. Avoimien aineistojen käyttökelpoisuus on suorassa suhteessa tietomallien ja -järjestelmien yhteentoimivuuteen, mikä edellyttää yhteistyötä yli organisaatorajojen. Noudattamalla FAIR-periaatteita (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2022) päästään parhaaseen tulokseen ja tähän on panostettava kaikkien toimijoiden palvelujen kehittämisessä. Osaamista tulee parantaa lisäämällä resursointia tietomanagerien (Data Manager) ja tietovastaavien (Data Steward) rekrytointiin ja koulutukseen.

Tiedon avoimuuden ja harmonisoinnin lisäksi tavoitteena on tiedon laadun luokittelu niin, että eri tieteenalojen, koulutussektorin ja päätöksentekijöiden on kyettävä helposti ja luotettavasti käyttämään juuri omaan tarkoitukseen sopivaa tietoa hyödyksi. Tähän liittyy myös tiedon rikastamiseen ja laadun parantamiseen tehtyjen työkalujen kehittäminen.

Biodiversiteetin eri osa-alueiden näkökulmasta suurimpia puutteita nykyisissä seurannoissa ovat eliöyhteisöjen sekä toiminnallisen monimuotoisuuden seuranta. Toiminnallinen monimuotoisuus liittyy vahvasti myös ekosysteemiprosessien toimintaan; ekosysteemiprosessit ovat monien ekosysteemipalveluiden perusta. Myöskään maaperän biodiversiteettiä ei edelleenkään juuri seurata, vaikka aiheen merkitys oli tunnistettu jo edellisessä 2011 tehdyssä YSS-arvioinnissa.

## Tavoitteet vuoteen 2030

Ympäristön tilan seurannalle tulee biodiversiteetti- ja ekosysteemiseurantojen osalta asettaa seuraavat tavoitteet:

1. Taataan pitkäjänteisen seurannan edellytykset biodiversiteetin eri osa-alueiden, luontotyyppien ja ekosysteemiprosessien osalta. Tämä edellyttää riittävästi resurssointia olemassa olevien seurantojen turvaamiseksi ja kehittämiseksi, sekä merkittävää uutta rahoitusta puuttuvien seurantojen käynnistämiseksi ja ylläpitämiseksi.
2. Tiivistetään eri toimijoiden yhteistyötä. Tämä edistää sekä hallinnollisten vastuiden kirkastamista siitä, kuka vastaa mistäkin seurannasta, että tietojen yhteentoimivuuden parantamista. Luonnonsuojelulakiuudistuksessa määriteltävien luontotietojen hallinta vahvistaa ja selkeyttää eri toimijoiden yhteistyötä ja vastuunjakoa omalta osaltaan. Kuntien, maakuntien ja yritysten rooli luontotiedon tuottajina ja hyödyntäjinä on edellytys paikallisille ja vaikuttaville toimille biodiversiteetin ottamiseksi huomioon esimerkiksi maankäytön suunnittelussa. Lisäksi on välttämätöntä lisätä yhteistyötä kansainvälisesti ja EU:ssa, jotta seuranta tukee biodiversiteetin turvaamista edistävää päätöksentekoa ja luontoperustaisia ratkaisuja laaja-alaisesti. Tuetaan kansalaistiedettä ja vapaaehtoisten harrastusryhmien mahdollisuuksia osallistua seurantoihin ja havaintojen hyödyntämiseen.
3. Kaukokartoitus, molekyylibiologiset menetelmät ja tekoäly sekä muut uudet menetelmät tukevat seurantoja ja havainnoista tehtäviä johtopäätöksiä. Näiden menetelmien rutiininomainen käyttö edellyttää, että niiden tutkimukseen ja käyttöönnottoon panostetaan strategisesti tutkimuslaitoksissa sekä asiantuntijoiden koulutuksessa.
4. Laajennetaan seurantojen ajallista, alueellista ja taksonomista kattavuutta, jotta ymmärretään paremmin, mikä on luonnon tila ja kehityssuunta. Käynnistetään puutteellisesti tunnettujen lajiryhmien ja eliöyhteisöjen sekä toiminnallisen monimuotoisuuden seurantaa. Aloitetaan valtakunnallinen luontotyyppien ja maaperän biodiversiteetin seuranta. Kehitetään jo olemassa olevia seurantoja (esim. lajistoseurannat ja VMI:n laajentaminen metsäluonnon monimuotoisuutta kuvaavien mittareiden osalta).
5. Integroidaan biodiversiteettiä ja ekosysteemipalveluita kuvaava tiedontuotanto päätöksentekoa tukeviin järjestelmiin. Esimerkkeinä päätöksentekoprosesseista, joissa seurantatietoa tarvitaan, ovat uuden vuoteen 2030 ulottuvan kansallisen biodiversiteettistrategian toimenpiteiden seuranta indikaattoreiden avulla, kansatalouden- ja ekosysteemitilinpidon tiedontuotanto, maankäytön suunnittelu paikallistasolla sekä ekosysteemien ennallistamis- ja suojelutoimenpiteiden priorisointi.

6. Perustetaan luontotyyppitietoa tuottavien kansallisten organisaatioiden yhteinen työryhmä, jonka tehtävänä on määrittää luontotyyppeihin liittyvä ydintieto ja edistää tiedon yhteentoimivuutta ja saatavuutta.

Tavoitteiden toteuttaminen edellyttää eri toimijoiden tiivistä yhteistyötä. Tavoitteena on, että Suomen ekosysteemiobservatorio FEO:n kehitys jatkuu suunnitelman mukaan vuoteen 2024 asti, jonka jälkeen sen toiminta on vakiintunut ja jatkuu laajapohjaisena yhteistyönä. FEO:n aikana kehitettävät luontotiedon yhteiskäyttöä edistävät ratkaisut ovat laajasti käytössä, ja uudet seurantamenetelmät, kuten kaukokartoitus ja eDNA-analyysit tuottavat rutiininomaisia tietotuotteita ja tukevat esimerkiksi luontotyyppien seurantaa. FEO:n ja Lajitietokeskuksen tuottamaa tietoa hyödynnetään laajasti niin tutkimuksessa, raportoinnissa kuin kuntien ja maakuntien alueidenkäytön suunnittelussa. Kansainvälisesti biodiversiteettiseurantojen harmonisointia kehitetään EuropaBON H2020 -hankkeessa sekä EU:n biodiversiteettikumppanuusohjelman tukemana vuosina 2021-2028. Suomi on tässä prosessissa edelläkävijä maa mm. FEO:n ja Lajitietokeskuksen tarjoamien parhaiden käytänteiden ansiosta. Kannustetaan ja tuetaan vapaaehtoisten osallistumista seurantoihin sekä uusien seurantojen käynnistämistä olennaisille lajiryhmille, joilla seurannat nykyisellään puuttuvat.

## Liite 1.11: Rakennettu ympäristö ja vähähiilinen rakentaminen

Marko Tainio (SYKE), Päivi Malmi (SYKE), Janne Pesu (SYKE), Sanna-Riikka Saarela (SYKE), Larri Liikonen (ELY), Kari Oinonen (SYKE), Anniina Salmela (THL), Anu Turunen (THL)

### Nykytila, haasteet ja kehitystarpeet ja tavoitteet vuoteen 2030

Rakennetun ympäristön osalta tietoa tarvitaan alueiden käytön, rakentamisen ja rakennetun ympäristön, kulttuuri- ja luontoympäristön tilan ja kehityksen seurantaan sekä maankäyttö- ja rakennuslain (MRL) mukaisten tavoitteiden edistämiseen maankäytön suunnittelun ja rakentamisen ohjauksessa. Seurantatiedoista suurin osa tuotetaan ympäristöhallinnon ulkopuolella, kuten kunnissa. Muualla tuotetut tiedot ovat lähtökohta rakennetun ympäristön, yhdyskunta- ja aluerakenteen spatiaaliselle mallintamiselle ja siten seurannalle. Tietoa kootaan myös EU-direktiivien raportointien vaatimusten mukaisesti (kts. melu).

### MRL ja sen kokonaisuudistus

MRL koskee alueidenkäytön suunnittelun ja rakentamisen ohjausta. Pääasiallinen keinovalikoima koostuu suunnitteluinstrumenteista (valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, kaavoitus ja merialuesuunnittelu), lupamenettelyistä (rakennus- ja muut luvat sekä suunnittelutarveratkaisu) sekä muista keinoista (kuten kunnan rakennusjärjestys, kansalliset kaupunkipuistot sekä hulevesiä koskeva sääntely). Vuonna 2000 voimaan tulleeseen lakiin on tehty voimassaolonaikana lukuisia muutoksia. Vuonna 2018 virallisesti käynnistetyin kokonaisuudistuksen päätavoitteita ovat hiilineutraali yhteiskunta, luonnon monimuotoisuuden vahvistaminen, rakentamisen laadun parantaminen ja digitalisaation edistäminen. MRL kokonaisuudistus tulee todennäköisesti merkitsemään seurannan ja seurantatiedon analysoinnin kehittämistarpeita useaan asiakokonaisuuteen liittyen.

### Rakennetun ympäristön ja alueidenkäytön tila ja kehitys

Erityinen painotus on kaupunkiseutujen kehityksellä, sisältäen mm. yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet, jotka kuvaavat alueen jakaantumista auto-, joukkoliikenne- ja kevyen liikenteen kaupunkeihin. Myös aluerakenteen kehityksen arviointi kaupunki-maaseutu-typologian pohjalta on tärkeää. Seuranta perustuu paikka- ja tilastotietojen käyttöön, mallinnukseen sekä sähköisiin palveluihin. Tiedontuottajia on useita. Alueidenkäytön seurannan kustannukset ovat n. 4 htv, mutta seurannan luonteista työtä tehdään ulkopuolisen rahoituksen projekteissakin, myös tutkimusprojekteissa, sillä oleellista on tiedon tulkinta ja synteesit. Alueidenkäytön tilanteet ovat moninaisia ja seurantaraportit muuttuvat jatkuvasti.

Rakennetun ympäristön seurantatietoa tarjotaan tiedon käyttäjille rajapinnoissa, tiedostoina sekä sähköisten palvelujen kuten Elinympäristön tietopalvelun Liiterin kautta.

Seurantatieto tukee kestävyysmurroksen aikaansaamista tukien ilmastonmuutoksen hillintää, biodiversiteetin heikkenemisen vähenemistä sekä vähäisempää luonnonvarojen käyttöä. Tämä tarkoittaa mm. vähähiilistä liikkumista, rakentamista ja asumista, tehokkaampia kiertotalousratkaisuja ja uusia palveluratkaisuja. Näitä tavoitteita tukevaa tietoa on huonosti saatavilla. Tietoa monipaikkaisuudesta, palveluista, liikkumisesta ja muusta käyttäytymisestä on samoin huonosti saatavilla. Lisäksi tällä hetkellä haasteena on Tilastokeskuksen muuttuneet tietosuojatulkinnat, jotka estävät parhaan saatavilla olevan tiedon hyödyntämisen seurannassa, tutkimuksessa ja viranomaistoiminnassa

Tavoitteena vuoteen 2030 mennessä on, että yhteistyö tiedon tuottajien kesken toimii hyvin ja seurannan käytössä on paras aineisto salassapitosäännösten rajoittamatta sitä. Uusia tietolähteitä, kuten puhelinten sijaintidataa, esineiden internet dataa (Internet of Things eli IoT data), Mobility as a service (MAAS)-dataa ja muuta automaattisesti tuotettua dataa pystytään hyödyntämään kunnolla. Hyödyntämistä varten tarvitaan kuitenkin tiedon avoimuutta ja käyttöön saamista lainsäädännön avulla, sekä uusia teknologisia ratkaisuja (tekoäly, koneoppiminen).

### **Rakennetun ympäristön (RY) tietojärjestelmä**

SYKE on valittu syksyllä 2020 Rakennetun ympäristön (RY) tietojärjestelmän vastuuviranomaiseksi. Osana ympäristöministeriön Ryhti-hanketta SYKE määrittelee ja toteuttaa rakennetun ympäristön tietojärjestelmän vähimmäistoteutuksen vuoden 2023 loppuun mennessä. Vähimmäistoteutuksen käyttöönoton jälkeen järjestelmää ylläpidetään ja jatkokehitetään. Lopullisena tavoitteena on vuoteen 2030 saada käyttöön valtakunnallinen rakennetun ympäristön tietojärjestelmä, joka kokoaa yhteen suunnitelma- ja rakennustiedot yhteen toimivassa muodossa. Päälekkäisen tiedon kerääminen vähenee merkittävästi ja tieto pysyy ajan tasalla. Yhteensopiva tieto on esteettömästi käyttäjien saatavissa koko yhteiskunnassa. Laadukas tieto auttaa tekemään parempia päätöksiä sekä edistää liiketoimintaa ja palveluja.

Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä tulee uudistamaan, täydentämään ja kokoamaan yhteen nykyisiä, hajallaan olevia rakennetun ympäristön tietoja. Se tulee olemaan monen rakennettuun ympäristöön liittyvän seurantatiedon tietolähde. SYKEN nykyisin ylläpitämistä rakennetun ympäristön seurantoihin liittyvistä järjestelmistä RY-tietojärjestelmä tulee aikanaan korvaamaan ainakin osittain ELY-keskusten ympäristövastuualueiden ylläpitämät alueidenkäytön paikkatietoaineistot (GISALU) ja yleiskaavapalvelun. Kaavoituksen seurannan tilasto tulee puolestaan saamaan tietonsa jatkossa RY-tietojärjestelmän kautta – myös asemakaavojen seurantatiedot tullaan saamaan sieltä, jolloin erillistä asemakaavan

seurantalomaketta ei enää tarvita. Myös rakennustiedot SYKE saa rakennetun ympäristön seurantaan varten jatkossa RY-tietojärjestelmästä. Rakennetun ympäristön tietojärjestelmä mahdollistaa kattavamman, tiheimmän ja ajantasaisen rakennetun ympäristön seurannan rakennusten, rakentamisen, asumisen ja kaavoituksen osalta. Tietoja voidaan hyödyntää nykyisissä sähköisissä palveluissa ja niiden uusissa versioissa, sillä olemassa olevat rajapinta-, tietokanta- ja tietovarastoratkaisut ovat ajan tasalla.

### **Vähähiilinen rakentaminen**

Vaatimukset rakennusten energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin liittyvälle raportoinnille ovat kasvaneet ja tulevat sekä lisääntymään, että muuttumaan lähitulevaisuudessa merkittävästi. Euroopan unionin uusi energiaunionin hallintomalli aiheuttaa muutoksia kaikkiin EU:lle tehtäviin raportointeihin ja Pariisin ilmastopopimus muuttaa YK:lle tehtävää raportointia. Lisäksi Suomessa on käynnissä kansallisia rakennussektoriin vaikuttavia ilmastopolitiikkaprosesseja, joiden seuranta, raportointi ja kehittäminen vaativat uudenlaista laskentaa ja raportointia. Näitä tarpeita varten aiemmin, noin 10 vuotta sitten, kehitetyt mallit ovat aivan elinkaarensa lopulla, eikä lisääntyneitä ja muuttuvia raportointitarpeita voida enää niiden avulla toteuttaa. SYKE on aloittanut malleihin liittyvän kehitystyön (2021–2022) ja hakee sille myös YM:n tukea.

Uusi MRL tuo alustavien suunnitelmien mukaan myös uusia tarpeita. Suunniteltu ilmasto selvityksen edellyttäminen rakentamislupavaiheessa ja päästörajoiden asettaminen edellyttävät vertailukelpoista tietoa rakentamisen materiaalien ja prosessien yksikköpäästöistä. Tätä tarvetta varten SYKE tulee ylläpitämään rakentamisen päästötietokantaa. Tiedon ajantasaisuusvaatimus edellyttää myös jatkuvaa rakennustuotteiden ja rakentamisen seuranta. Kehityshankkeen jälkeen seuranta jatkunee SYKEN lakisäätöisenä tehtävänä.

Rakentamisen murros ja elinkaarisen seurannan yleistymisen tuovat haasteita seurannan jatkuvien kehitystarpeiden muodossa ja onkin ensiarvoisen tärkeää, että tietojärjestelmä saadaan modernisoitua ja saavutetaan hyvä yhteen toimivuus ja muunneltavuus mm. rajapintojen ja yhteisten, ajantasaisina ylläpidettyjen lähtötietojen avulla. Tämä on yhteinen haaste kaikille alan toimijoille.

### **Sisäilma**

Tällä hetkellä ei ylläpidetä tai kerätä systemaattisesti tietoaineistoja rakennetusta sisäympäristöstä. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos yhteistyössä sidosryhmien kanssa tuottaa kuitenkin tutkimuksen ja selvityksien kautta tietoa suomalaisen rakennuskannan tilasta. Tavoite on vuoteen 2030 mennessä löytää keino kerätä yhteismitallista dataa, jonka avulla voidaan seurata sisäympäristöjen tilaa useammalla sektorilla. Esimerkiksi kuntien kiinteistönhallinnan järjestelmiin tallennettavan tiedon käyttämistä seurantaan rakennuskannan tilasta kansallisesti tulisi selvittää.

## Melu

Rakennettuun ympäristöön liittyvää meluseurantaa tehdään ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) mukaisesti viiden vuoden välein. Meluselvitykset kohdistuvat yhdeksään suurimpaan kaupunkiin (Helsinki, Espoo, Vantaa, Tampere, Turku, Oulu, Kuopio, Lahti, Jyväskylä sekä osana pääkaupunkiseutua Kauniainen). Lisäksi meluselvitykset tehdään vilkkaimmista maanteistä, joilla liikkuu yli 3 milj. ajoneuvoa vuodessa, rautateistä, joilla liikkuu yli 30000 junaa vuodessa sekä lentoasemista, joilla on 50 000 lentoonlähtöä ja laskeutumista / vuosi. Maanteitä seurannassa on n. 2100 km, rautateitä 240 km ja yksi lentoasema Helsinki-Vantaa. Selvitykset tehdään laskennallisesti direktiivin mukaisesti. Meluselvityksen kohteena olevissa kaupungeissa asuu n. 2 100 000 asukasta. Lisäksi maanteiden ja ratojen läheisyydessä em. kaupunkien ulkopuolella asuu jonkin verran asukkaita.

Seurannan kustannukset jakautuvat kaupungeille sekä toiminnanharjoittajille. Yhteensä kustannukset meluselvityksistä ovat luokkaa 1,0–1,5 miljoonaa euroa. Valtiolle (YM, SYKE, ELY) aiheutuvat kustannukset jäävät suhteellisen pieniksi ja koostuvat virkatyöstä (ohjaus, tietojen kerääminen, tietojen muokkaaminen ja raportointi) ja ovat ehkä luokkaa muutamia kymmeniä tuhansia.

Muilta osin meluseurantaa ei tehdä kootusti, vaikka kunnissa tehdään runsaasti meluselvityksiä kaavoitukseen liittyen. Myöskään ympäristöluvallisten laitosten mahdollisia meluselvityksiä eikä niiden tietoja koota mihinkään keskitetysti. Seurantaa tai tiedonkeräämistä varten on olemassa meluntorjunnan tietojärjestelmä, mutta sitä ei ole otettu kuntien tms. puolesta käyttöön sen käyttöoikeuksien kankeuden takia.

Meluselvitykset keskittyvät vain suurimpiin kaupunkeihin ja väyliin, joten osa melulle altistumisesta jää piiloon. Tästä syystä seurantaa tulisi laajentaa kansallisesti direktiiviä laajemmalle. Nämä selvitykset voisivat olla yksinkertaistettuja ja niiden toistamisen tiheys voisi olla viiden vuoden sijaan kerran 10 vuodessa. Laskennallisten melutasojen lisäksi olisi hyvä, että seurantaa tehtäisiin myös mittauksin valituissa kohteissa, jolloin voitaisiin seurata myös laskentatulosten ja mittaustulosten yhtenäisyyttä. Meluseuranta voisi tapahtua joko laajalla sensoriverkolla tai/ ja muutamilla liikkuvilla mittausasemilla.

Vuoteen 2030 mennessä, meluselvitysten tiedot tulisi saada entistä paremmin asukkaiden tietoon, jotta asukkaat voisivat tehdä halutessaan päätöksiä asuinalueensa valinnassa. Jatkossa tulisi myös selvittää, tulisiko ja olisiko mahdollista, että seurantaa (END meluselvityksiä) kehitetään jollakin tapaa niin, että tulokset olisivat paremmin hyödynnettävissä tutkimuslaitosten yms. puolelta. Esimerkiksi melutasot voitaisiin laskea julkisivuilla kaikkiin kerroksiin, jolloin saataisiin paremmin tietoa melulle altistumisesta. Mahdolliset tarkemmasta laskennasta aiheutuvat kustannukset voisivat tulla valtion/tutkimuslaitosten maksettaviksi.

## Liite 1.12: Jäteseuranta

Tuuli Myllymaa, Hanna Salmenperä, Kirsi Merilehto (SYKE)

### Nykytila

Yhteiskunnan tuottamat jätemäärät kertovat lahjomattomalla tavalla luonnonvarojen käytöstä, kiertotalouden tavoitteiden toteutumisesta ja kulutuksemme kestävyydestä. Jätteitä ovat materiaalit, jotka niiden haltija poistaa käytöstä ja joille ei ole sellaisenaan löydettävissä käyttömahdollisuutta. Kestävä jätehuolto edellyttää vahvaa sääntelyä. Suomen jätelainsäädäntö seuraa EU:n jätelainsäädännön kehitystä, mutta on joiltakin osin EU-säädöksiä tiukempaa. Jätteisiin liittyvän lainsäädännön tavoitteena on estää jätteistä ja niiden sisältämistä aineista aiheutuvia ympäristö- ja terveysvaikutuksia, vähentää jätteiksi päättyvien materiaalien määrää, lisätä materiaalien uudelleenkäyttöä ja kannustaa jätteiden kierrätykseen uudelleen raaka-aineiksi.

Mitattavien tavoitteiden asettamiseksi ja ohjauskeinojen oikeaksi kohdentamiseksi tietoja jätteiden määristä kerätään ja seurataan säännöllisesti. Jätetiedot perustuvat tietoihin, joita toiminnanharjoittajat ja tuottajat itse syöttävät toiminnastaan erilaisiin järjestelmiin. Näistä järjestelmistä viranomaiset poimivat tiedot edelleen valtakunnallisen jätesuunnitelman, kansallisen lainsäädännön, EY:n jätetilastoasetuksen, EY:n jätteitä koskevien direktiivien, Baselin sopimuksen ja muiden kansainvälisten ympäristösopimusten vaatimusten mukaiseen raportointiin.

Jätteisiin liittyvät nykyiset kansalliset raportointivelvoitteet EU:lle liittyvät toimialoilla ja yhdyskunnissa tuotettujen jätteiden kokonaisjätemääriin, yhdyskuntajätteiden tuottajavastuulainsäädännön alaisiin tuotteisiin ja niistä syntyviin jätteisiin (ajoneuvot, autonrenkaat, paperi, sähkö- ja elektroniikkaromu, akut ja paristot, pakkaukset), rakennus- ja purkujätteisiin, kaivannaisjätteisiin, öljyihin ja öljyjätteisiin, jätteiden maasta tuontiin ja maastavientiin, ja näiden jätteiden käsittely- ja hyödyntämistietoihin. Jätteiden käsittelystä raportoidaan kierrätys, hyödyntäminen materiaalina ja energiana sekä jätteiden päätyminen kaatopaikoille. Lisäksi EU:lle raportoidaan tiedot jätelaji- että jätteenkäsittelymenetelmäkohtaisia tavoitteiden saavuttamisesta. Suomen ympäristökeskuksen raportoimat kansainväliset seurantaraportit tallennetaan SYKEN ylläpitämään CKAN-metatietopalveluun.

Valtakunnallisen jätesuunnitelman ja jätteen määrän ja haitallisuuden ohjelman toteutusta ja vaikuttavuutta seurataan väliarviointien avulla suunnitelmakauden aikana ja sen lopuksi. Jätedirektiivi edellyttää seurantaa ja ohjelman uudistamista vähintään joka kuudes vuosi. Suunnitelmassa esitettyjen tavoitteiden ja toimenpiteiden toteutumisen arvioimiseksi on valittu seurantaindikaattorit, jotka perustuvat pääasiassa valtakunnallisiin



jätetilastoihin. Valtakunnallista jätesuunnitelmaa uudistetaan parhaillaan vastaamaan jätedirektiivi-uudistuksen vaatimuksia. Myös seurantaindikaattorit päivitetään yhteen sopiviksi uusien tavoitteiden ja toimenpiteiden kanssa.

### Haasteet ja kehitystarpeet

Jäteseurannan haasteena on vastata jatkossa laajeneviin raportointitarpeisiin EU:n uudistuneen jätėsääntelyn myötä. Aiempaa vaativampien seuranta- ja raportointivelvoitteiden toimeenpanosta on arvioitu aiheutuvan SYKELLE merkittäviä pysyviä lisävoimavaratarpeita.

Uutta jätėsääntelyä voidaan kuitenkin pitää mahdollisuutena tuottaa uutta tietoa ja kurtuttaa osaamista ja siten kehittää kiertotalouden ohjausta ja jätealan toimintaympäristöä. Varautuminen uusiin velvoitteisiin luo uusia mahdollisuuksia myös sidosryhmäyhteistyölle ja tiedon syventämiselle. Uusia aihepiirejä ovat mm. uudelleenkäyttö, jätteen kuljetukset, kiinteistökohtainen kompostointi ja elintarvikkejätteet. Tietojen kerääminen edellyttää uusien tietojärjestelmien rakentamista. Ympäristöministeriö toteuttaa vuosina 2021–2022 hanketta nk. jäte- ja tuotetietojärjestelmän kehittämiseksi. Järjestelmään on tarkoitus kerätä tarvittavat tiedot jätehuollon seuraamiseksi ja valvomiseksi sekä EU:n raportointia ja jätetilastointia varten ja samalla parantaa jätteisiin ja tuotteisiin liittyvän tiedon laatua, käytettävyyttä ja hallintaa. Laajan tietojärjestelmäkokonaisuuden yhtäaikainen kehittäminen mahdollistaa samalla tietorakenteiden suunnittelun alusta alkaen toisiaan tukevaksi kokonaisuudeksi, joka palvelee kaikkea jätetiedon tuotantoa. Niin tietojärjestelmäsuunnittelussa kuin muussa kehitystyössä haasteena on löytää sopiva tasapaino tiedon avaamiseen liittyvien ja luottamuksellisen ja salassa pidettävän tiedon hallinnan tavoitteiden kanssa.

### Tavoitteet vuoteen 2030

Kestävän yhteiskunnan mahdollistajaksi on tunnistettu tiedon ja teknologian hyödyntäminen, ja tämä toteutunee myös jäteseurannan kohdalla. Jäteseurannan tulevaisuudessa korostunee tiedon digitalisointi, monipuoliset järjestelmät tiedon mahdollisimman tehokkaaksi keräämiseksi ja raportoimiseksi sekä mahdollisimman avoimet rajapinnat tiedon jakamiseksi viranomaisten välillä mutta myös muiden kiinnostuneiden käyttöön. Optimitilanteessa raportointien tuottamaa tietoa käytetään monipuolisesti erilaisten tutkimusten ja selvitysten tietolähteinä, liiketoimintaideoiden runkona ja tutkimus- ja kehitystoiminta ja raportoinnin tiedontuotanto ja asiantuntemus tukevat toisiaan.

Yhteiskunnan tietotarpeita vastaisi yhä vahvempi alueellisen tiedon tuottaminen, myös jätteistä. Kestävän kaupunkikehityksen tavoitteena on saada lähiympäristöstä sosiaalisesti ja ekologisesti kestäviä. Sosiaalisesta kestävyttä on mm. keräyspisteiden hyvä saatavuus ja asukkaiden mahdollisuus omalla toiminnallaan osallistua kestävä arjen

toteuttamiseen. Tulevaisuutta on myös asukkaiden yhä vahvempi sitouttaminen kestäviin elämäntapoihin osallistamisen ja kansalaistiedon keräämisen kautta. Näillä keinoin ja hyödyntämällä tehokkaasti erilaisia viestinnällisiä keinoja jätetieto voi toimia edistämään tärkeää tavoitetta, arvojen ja asenteiden muutosta, jotka yhdessä digitalisoinnin yleistymisen kanssa lisäävät mahdollisuuksia laadukkaasti tiedon tuottamiseen ja etenkin muovin kierrätyksen kasvuun ja kestäväan käyttöön. Yhdessä kiertotalouden tavoitteiden toteuttamisen kanssa jäteseuranta voi olla mukana uudistamassa yhteiskuntaa.

**Taulukko 2.** Kansainväliset raportointivelvoitteet

Raportoitava tieto	Tiheys	Tiedon tuottaja	Velvoittava lainsäädäntö ja viranomainen	Tiedon raportoija
Jätteiden syntymäärät jäteluokittain ja toimialoittain	joka toinen vuosi	Tilastokeskus (mm. ympäristönsuojelun valvonnan sähköinen asiointijärjestelmä YLVA)	EY:n jätetilastoasetus, Eurostat	Tilastokeskus
Jätteiden käsittelymäärät jäteluokittain ja käsittelytavoittain	joka toinen vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	EY:n jätetilastoasetus, Eurostat	Tilastokeskus
Yhdyskuntajätteiden syntymäärät käsittelytavoittain	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	EY:n jätetilastoasetus, Eurostat	Tilastokeskus
Kotitalousjätteen kierrätysaste	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	Jätedirektiivi, EU komissio	SYKE
Rakennus- ja purkujätteen määrät käsittelytavoittain, materiaalina hyödyntämisen aste	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	Jätedirektiivi, EU komissio	SYKE
Jätteiden tuonti- ja vientimäärät	joka vuosi	Suomen ympäristökeskus SYKE (kv. jätesiirtoasiakasrekisteri)	Baselin sopimus, EU komissio	SYKE
Kaatopaikalle sijoitettujen yhdyskuntajätteiden määrä ml. niiden biohajoava osuus	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	Kaatopaikkadirektiivi, EU komissio	SYKE
Kaivannaisjätealueiden lukumäärä	joka vuosi	SYKE (ELY-keskukset, YLVA)	Kaivannaisjätedirektiivi, EU komissio	SYKE (toistaiseksi)
Kaivannaisjätealueiden poikkeukselliset tapahtumat	joka vuosi	ELY-keskukset	Kaivannaisjätedirektiivi, EU komissio	SYKE

Raportoitava tieto	Tiheys	Tiedon tuottaja	Velvoittava lainsäädäntö ja viranomainen	Tiedon raportoija
Jätevesilietteiden synty- ja käsittelymäärät, maataloudessa hyödynnettävien lietteiden sisältämät ravinne- ja raskasmetallipitoisuudet	joka vuosi	Tilastokeskus ja SYKE (mm. YLVA)	Lietedirektiivi, EU komissio	SYKE
Romuajoneuvojen (henkilö- ja pakettiautot) määrä ja kierrätysaste	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (Tuottajarekisteri TURRE)	Romuajoneuvodirektiivi, EU komissio	Pirkanmaan ELY-keskus
Käytettyjen akkujen ja paristojen määrä ja kierrätysaste	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	Akku- ja paristodirektiivi, EU komissio	Pirkanmaan ELY-keskus
Jätepaperin määrä ja kierrätysaste	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	VNa keräyspaperin erilliskeräyksestä ja kierrätyksestä	Pirkanmaan ELY-keskus
Pakkausjätteen määrä ja kierrätysaste	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	EU:n pakkaus- ja pakkausjätedirektiivi, EU komissio	Pirkanmaan ELY-keskus
Käytöstä poistettujen renkaiden määrä ja kierrätysaste	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	VNa käytöstä poistettujen renkaiden erilliskeräyksestä ja hyödyntämisestä	Pirkanmaan ELY-keskus
Sähkö- ja elektroniikkaromun (SER) määrä ja kierrätysaste	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	WEEE-direktiivi, EU komissio	Pirkanmaan ELY-keskus
SE-laitteiden uudelleenkäyttömäärä	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	Valtakunnallinen jätesuunnitelma (VALTSU), ympäristöministeriö (YM)	SYKE (VALTSU)
SERin hyödyntämismäärä	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU)
Biohajoavien yhdyskuntajätteiden määrä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA) ja SYKE	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU)
Kompostoidun biohajoavan jätteen määrä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU)
Mädätetyn biohajoavan jätteen määrä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU)
Biokaasulaitosten määrä	joka vuosi	SYKE (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU)
Elintarvikejätteen määrä	??	Luonnonvarakeskus LUKE	Jätedirektiivi, EU komissio	LUKE

**Taulukko 3.** Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuraintindikaattorit

<b>Raportoitava tieto</b>	<b>Tiheys</b>	<b>Tiedon tuottaja</b>	<b>Velvoittava lainsäädäntö ja viranomainen</b>	<b>Tiedon raportoiija</b>
Jättemäärä toimialoittain	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Jätteiden käsittelymäärät	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Vaarallisten jätteiden määrä toimialoittain	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Vaarallisten jätteiden käsittelymäärät	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Pakkausjätteiden kierrätysasteet jakeittain	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Jätesirtoasetuksen mukaisesti luvitetut, maasta viedyt ja tuodut jättemäärät	joka vuosi	SYKE (FTFSi)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Jätteiden kuljetusmaksujen hintakehitys	joka vuosi	Tilastokeskus	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Ympäristöliiketoiminnan arvonlisäys jätehuollon ja kierrätyksen toimialalla	joka vuosi	Tilastokeskus	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Ympäristöliiketoiminnan työllisyys jätehuollon ja kierrätyksen toimialalla	joka vuosi	Tilastokeskus	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Syntyvä yhdyskuntajättemäärä, t/v ja kg/asukas/v	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Yhdyskuntajättemäärän kehitys suhteessa BKT:n kehitykseen	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Yhdyskuntajätteen käsittelymäärä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Syntyvä rakentamisen kokonaisjättemäärä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)

Raportoitava tieto	Tiheys	Tiedon tuottaja	Velvoittava lainsäädäntö ja viranomainen	Tiedon raportioija
MARA-ilmoitusten määrä sekä niiden mukaisesti hyödynnetyn jätteen määrä	joka vuosi	SYKE	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
SE-laitteiden uudelleenkäyttö	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Sähkö- ja elektroniikkaromun hyödyntämismäärä	joka vuosi	Pirkanmaan ELY-keskus (TURRE)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Biohajoavien yhdyskuntajätteiden määrä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA) ja SYKE	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Kompostoidun biohajoavan jätteen määrä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Mädätetyn biohajoavan jätteen määrä	joka vuosi	Tilastokeskus (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)
Biokaasulaitosten määrä	joka toinen vuosi	SYKE (mm. YLVA)	VALTSU, YM	SYKE (VALTSU-seuranta)

## Liite 1.13: Kiertotalous

Tiina K. M. Karppinen SYKE, Enni Ruokamo SYKE, Tuuli Myllymaa SYKE

Kiertotalouden periaatteet eivät ole uusia, mutta yleisesti tunnistettuna käsitteenä kiertotalous vakiintui julkiseen keskusteluun 2010-luvun aikana. Euroopan komission Kierto kuntoon – Kiertotaloutta koskeva EU:n toimintasuunnitelma (COM/2015/0614 final) vuodelta 2015 ja edelleen vuoden 2020 toimintasuunnitelma A new Circular Economy Action Plan – For a Cleaner and More Competitive Europe, vahvistivat kiertotalouden asemaa eurooppalaisessa keskustelussa. Samalla tarve mitata kiertotalouden edistymistä ja muutosten vaikutuksia lisääntyi.

Sitran kiertotalouden tiekartta (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra, 2016) ja sen päivitys (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra, 2020) sekä Maailman kiertotalousfoorumin (WCEF) järjestäminen ovat profiloineet Suomen kiertotalouden mallimaaksi. Useat muut maat, kuten Alankomaat, ovat kuitenkin selvästi Suomen edellä kiertotalouden seurannassa ja sen edistyksen todentamisessa (Hanemaaijer, ym., 2021).

### Nykytila

#### Eurooppalainen seuranta

Eurostatin ylläpitämässä eurooppalaisessa kiertotalouden mittaristossa indikaattorit on nykyään jaettu neljään teemaan: tuotanto ja kulutus, jätehuolto, sekundääriset raaka-aineet sekä kilpailukyky ja innovaatiot (Eurostat, 2022). Eurooppalainen kiertotalousseuranta on tähän saakka nojannut vahvasti olemassa oleviin tietoaisteihin, minkä myötä jäte- ja materiaalivirrat painottuvat indikaattorijoukossa. Kiertotalouden keskeisimmät jätteen synnyn ehkäisyyn ja tuotteiden elinkaaren pidentämiseen liittyvät ilmiöt näkyvät heikosti (Bauer, ym., 2020; Moraga, ym., 2019).

Euroopan ympäristökeskus (EEA) ja Italian Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) tekivät vuonna 2020 aloitteen kiertotalouden eurooppalaisen mittariston kehittämisestä ja seurannan periaatteiden muotoilusta (EPA Network, 2022). Tämän prosessin tuloksena julkaistiin Bellagio-julistus, jossa määriteltiin kiertotalouden mittaamiseen tarvittavien indikaattorien erilaiset tyypit, laatuvaatimukset, mittaamisen eri tasot sekä tavoitteenasettelu (European Environment Agency, EPA Network, ISPRA, SNPA, 2020). Prosessissa korostettiin myös uudenlaisen tiedon tuotannon tarvetta. EEA on jatkanut työtä useilla selvityksillä, joiden kautta pyritään päivittämään kiertotalouden eurooppalaista mittaristoa ja kehittämään uusien tietolähteiden hyödyntämistä. Eurooppalaista kiertotalouden mittaristoa tullaan päivittämään vuoden 2021 aikana. Tämän lisäksi

useat kansainväliset verkostot, kuten UNECE, OECD, Eionet-verkosto, PACE, ISO ja EPA-verkosto ovat hankkeiden tai työryhmien kautta kehittämässä kiertotalouden seuranta (EPA Network, 2022). Suomessa EU:n kiertotalousindikaattorien tuottamisesta vastaa pääosin Tilastokeskus, mutta tietoja EU-seurantaan tuottavat myös Suomen ympäristökeskus SYKE, Luonnonvarakeskus Luke sekä ELY-keskukset ja ministeriöt.

### Kansallinen seuranta – Kiertotalouden strateginen ohjelma

Suomessa on vuoden 2020 aikana valmisteltu laajassa yhteistyössä kiertotalouden strategista ohjelmaa, jonka visiona on ”Suomi 2035: Hiilineutraali kiertotalousyhteiskunta on menestyvän taloutemme perusta” (Ympäristöministeriö, 2021). Ohjelma sisältää tavoitteita, toimenpiteitä ja seuranta kiertotalouden edistymisestä. Ohjelma hyväksyttiin Valtioneuvoston periaatepäätöksellä 8.4.2021 (Ympäristöministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö, 2021). Ohjelman mukaan kiertotalouden indikaattoreita tulee edelleen kehittää, mutta toiseksi ohjelmassa seurataan yhdeksää indikaattoria tai indikaattorijoukkoa (Taulukko 4).

**Taulukko 4.** Kiertotalouden strategisen ohjelman indikaattorit (Ympäristöministeriö, 2021)

Indikaattori tai indikaattorijoukko	Tietolähde
Kotimainen materiaalien kulutus (DMC)	Eurostat
Kotimaan loppukäytön vaatima materiaalipanos materiaaliakohtaisesti (RMC)	Tilastokeskus ja SYKE
Resurssituottavuus (BKT/RMC)	Tilastokeskus ja SYKE
Materiaalien kiertotalousaste (CMU)	Tilastokeskus
Kiertotaloustoimialojen liikevaihto ja yritysten määrä	Tilastokeskus
Ekoinnovaatiot	Eurostat
Innovatiiviset julkiset hankinnat	Eurostat
Yhdyskunta-, pakkaus- ja rakennusjätteen määrä ja kierrätysaste	Tilastokeskus, SYKE ja Pirkanmaan ELY-keskus
Kiertotalousbarometri: Kysely- ja haastattelututkimus yrityksille ja kuluttajille kiertotaloutta tukevista asenteista ja toimintamalleista (tilaustutkimus esim. joka neljäs vuosi)	

Kiertotalousohjelman seuranta edellyttää uutta tiedontuotantoa ainakin RMC:n, CMU:n, kiertotalousliikevaihdon ja kiertotalousbarometrien osalta. Toistaiseksi säännöllisesti toistuvaa tietojen tuotantoa näistä indikaattoreista ei ole. Kiertotalouden edistämiseen on varattu rahoitusta lähivuosille, ja myös ohjelmassa mainittujen indikaattorien tuottamisen rahoittamiseen on varauduttu.

Kiertotalousindikaattorien kehitystä on toistaiseksi tehty enimmäkseen hanketyönä. Esimerkiksi kiertotaloustoimialojen liikevaihtoa on selvitetty Tilastokeskuksessa Circwaste-hankkeen puitteissa vuonna 2020 (Tilastokeskus, 2020) ja RMC-laskenta perustuu Oulun yliopiston Thule-instituutin, SYKE:n sekä Geologian tutkimuskeskus GTK:n aiempaan SURE-hankkeen yhteistyöhön (Mäenpää, ym., 2017). Tutkimushankkeissa on myös tarkasteltu kiertotalouden sosiaalisia indikaattoreita, kuten alan koulutusta ja jakamistaloutta (Executing circular economy strategies in practice - Results and experiences from Circwaste project).

### Haasteet ja kehitystarpeet

Kiertotaloutta pidetään merkittävänä työkaluna ilmastonmuutoksen ja luontokadon hillitsemisessä (Ruokamo, ym., 2021). Nyt on myös herätty siihen, että mittaaminen on hyvin olennaista kiertotalouden strategisen edistämisen, tavoitteiden asettamisen ja kehityksen seurannan sekä kiertotalouteen liittyvän päätöksenteon kannalta. Kiertotalous voidaan nähdä ympäristön tilan seurannan strategian kuvaamana uutena ilmiönä, jonka mittamista ja seuranta tulee kehittää.

Toistaiseksi kiertotalouden seurannasta puuttuu Suomessa kattava mittaristo. Kiertotalouden strategisen ohjelman ja EU:n kiertotalouden indikaattorit painottuvat kokonaiskultukseen ja jätteisiin. Kiertotalouden kannalta monet olennaiset ilmiöt, kuten tuotesuunnittelu, tuotteiden käyttöikä sekä siihen vaikuttavat korjaaminen ja uudelleenkäyttö, tavaroiden korvaaminen palveluilla taikka omistamisen korvaaminen jakamistaloudella, jäävät pitkälti seurannan ulkopuolelle. Kiertotalousbarometreillä pyritään osin paikkaamaan näitä tietopuutteita.

Materiaalivirtojen seurannan tulisi tunnistaa myös hienovaraisempia muutoksia kulutustottumuksissa ja yritystoiminnassa. Materiaalivirroista tulisi seurata huomattavasti tarkemmin sekundääristen materiaalien käyttöä raaka-aineena, tarkastella myös määrältään pieniä, mutta strategisesti merkittäviä materiaaleja sekä tuottaa tietoa tuotteiden uudelleenkäytöstä. Näin kulutuksessa ja tuotannossa tapahtuva pienemmän mittaluokan kehitys voidaan tehdä näkyväksi kauan ennen kuin muutos näkyy kokonaismateriaalitaseissa. Myös uusiutumattomien raaka-aineiden korvaamista uusiutuvilla tulisi seurata, ja samalla tarkastella myös uusiutuvien raaka-aineiden käytön kokonaiskestävyyttä.



Vahvempi tavoitteiden asettaminen tukisi strategista työtä kulutuksen ja tuotannon muuttamisessa kestävämmäksi. Esimerkiksi kierrätysmateriaalien käytölle olisi tarpeen asettaa tuote- tai materiaaliakohtaisia määrällisiä tavoitteita.

On tärkeää jatkuvasti arvioida kiertotaloustoimiksi nimetyn toiminnan kokonaisvaikutuksia laajasti niin ympäristöön, talouteen kuin hyvinvointiin. Kaikki kiertotalous ei välttämättä ole kestävää.

Kiertotaloudelle tulisi Suomessakin laatia kattava mittaristo, joka huomioisi kestävyys- ja ulottuvuudet ja tunnistaisi yhteydet muihin mittaristoihin, kuten SDG-indikaattoreihin. Uusia tietolähteitä tulisi ottaa käyttöön. Lisäksi jo nykyisessä seurannassa on tarvetta tietojen keräämisen ja tuottamisen automatisoinnille.

## Liite 1.14: Tiedonhallinta

Riitta Teiniranta SYKE, Kari Lahti Luomus

### Nykytila

Ympäristön seurantaan liittyvän tiedon tiedonhallinta on useiden eri organisaatioiden vastuulla. Suomen ympäristökeskus (SYKE) koordinoi valtaosaa ympäristön tilan seurannasta ja niihin liittyvää tiedonhallintaa, myös Luonnonvarakeskus (LUKE), Luonnontieteellinen keskusmuseo Luomus, Metsähallitus (MH) ja Ilmatieteenlaitos (IL) koordinoivat merkittäviä osia ympäristön tilan tai siihen kytkeytyvistä seurannoista ja tiedon kokoamisen ohjauksesta. Ympäristön tilan seurantaan liittyviä mittaustuloksia tuottavat myös muut TULANET laitokset, ELY-keskukset, konsultit ja kunnat. Ympäristön tilan seurannan tietovarantojen suunnittelu, tiedon varastointi ja jalostaminen ja jakelu loppukäyttäjille on pääosin hajautettu eri seurantoja koordinoiville vastuulaitoksille. Seurantatietojen kokoaminen ja tiedonhallinta voi olla myös jaettu eri organisaatioille, esimerkiksi avomeriseurannan tietojen kokoamisesta vastaavat sekä SYKE ja IL. Tilastokeskus vastaa mm. kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion toteutuksesta ja raportoinnista Suomessa.

Julkishallinnon organisaatiot ovat panostaneet voimakkaasti avoimeen tietoon ja tietojen saatavuuteen rajapintojen kautta. Kehitystä ovat ohjanneet julkishallinnon tietovarantojen avaamiseen liittyvät linjaukset ja lainsäädäntö. Iso osa ympäristön seurantaan liittyvistä tiedoista on jo saatavilla organisaatioiden avoimeen tietoon liittyvien palveluiden kautta.

- SYKE julkaisee ympäristötietoon liittyviä tietovarantoja, tietojärjestelmiä ja palveluita kaikille avoimen palvelun<sup>13</sup> kautta, näiden aineistojen ja järjestelmien metatiedot on kuvattu SYKEN metatietopalvelussa<sup>14</sup>.
- IL:n tietoaaineistojen jakelukanavista tärkeimmät ovat avoimen datan jakelupalvelu<sup>15</sup> sekä kansalaisille suunnattu verkkopalvelu<sup>16</sup>.
- Luomuksen tarjoaa lajeihin liittyviä avoimia seurantatietoja Lajitietokeskuksen kautta<sup>17</sup> ja viranomaisille erillisen portaalin<sup>18</sup> kautta myös käyttörajoitettuja aineistoja viranomaistoiminnan tueksi.

13 Palvelun osoite: [www.syke.fi/avoindata](http://www.syke.fi/avoindata)

14 Metadatapalvelun osoite: [metadata.ymparisto.fi](http://metadata.ymparisto.fi)

15 Palvelun osoite: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoindata>

16 Kansalaisille suunnatun palvelun osoite: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>

17 Palvelun osoite: <https://laji.fi/>

18 Viranomaisille tarkoitetun palvelun osoite: <https://viranomaiset.laji.fi>

- GTKn keskitetty ja ajantasainen geologisten dokumenttien ja paikkatietotuotteiden selailu-, lataus- ja rajapintapalvelu tarjoaa myös avointa dataa<sup>19</sup>.
- Metsähallitus tarjoaa tietoa valtion maiden biotooppikuviosta avoimen rajapinnan kautta<sup>20</sup>.
- Tilastokeskus tarjoaa avointa tilastotietoa päätöksentekoa ja tutkimusta varten<sup>21</sup>.
- Luken tutkimuksen tulokset ja tietovarannot ovat avoimesti kaikkien käyttäjien hyödynnettävissä muun muassa julkaisujen, tilastojen, tutkimusaineistokuvausten ja verkkopalveluiden muodossa<sup>22</sup>.
- Digi- ja väestöviraston ylläpitämän avoindata -palvelun<sup>23</sup> tavoitteena on tarjota tietoa avoimesta datasta ja avoimista palveluista yhdestä paikasta.

Organisaatioiden omien palveluiden lisäksi avoimen meritiedon käytettävyyttä parannettiin edellisellä seurantakaudella tarjoamalla eri laitoksissa tuotettuja aineistoja kokoavien palveluiden kautta keskitetysti.

”Itämeren tila-aineistojen lataus -palvelu on SYKEN toteuttama ja ylläpitämä avoimen meridatan latauspalvelu<sup>24</sup>. Palvelu tarjoaa pääsyn SYKEN ja ILn hallinnoimiin vedenlaatua ja meren ominaisuuksia kuvaaviin havaintoaineistoihin. Palvelu mahdollistaa käyttäjälle havaintojen latauksen yhden luukun periaatteella riippumatta siitä, että kyseessä on eri organisaatioiden eri järjestelmistä sijaitsevista tietovarastoista. Meritiedon haku- ja latauspalvelun<sup>25</sup> on SYKEN avoimen meridatan palvelu, joka tarjoaa pääsyn useiden suomalaisten tahojen tuottamiin merellisiin paikkatieto- ja tutkimusaineistoihin sekä rajapintoihin keskitetysti.

### Julkisen hallinnon tiedonhallinnan ohjaus

Laki julkisen hallinnon tiedonhallinnasta (906/2019) sekä siihen liittyvät lait tulivat voimaan 1.1.2020. Laki edistää tiedonhallinnan yhdenmukaistamista, tietoturvallisuutta ja digitalisointia viranomaistoiminnassa. Laissa säädetään julkisuusperiaatteen ja hyvän hallinnon vaatimusten toteuttamisesta viranomaisten tiedonhallinnassa. Laki sisältää koko

19 GTKn avoimen datan palvelu: [geo.fi](https://geo.fi)

20 Metsähallituksen avoimen datan palvelu: <https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/paikkatieto/suojelualueiden-biotooppikuviot/>

21 Lisätietoa tilastokeskuksen avoimesta datasta [www.stat.fi/avoindata](https://www.stat.fi/avoindata)

22 Lisätietoa Luken avoimesta datasta: <https://www.luke.fi/avoin-tieto/>

23 Palvelun osoite: [www.avoindata.fi](https://www.avoindata.fi)

24 Palvelun osoite: <https://merihavainnot.ymparisto.fi/merihavainnot/>

25 [www.meriaineistot.fi](https://www.meriaineistot.fi)

julkista hallintoa koskevat säännökset tiedonhallinnan järjestämisestä ja kuvaamisesta, tietovarantojen yhteentoimivuudesta, tietojärjestelmien yhteentoimivuuden toteuttamisesta, teknisten rajapintojen ja katseluyhteyksien toteuttamisesta sekä tietoturvallisuuden toteuttamisesta.

Valtiovarainministeriö huolehtii, että julkisen hallinnon tiedonhallintaa sekä tieto- ja viestintätekniikan palvelujen tuottamista koskevan yhteistyön koordinoitua varten on järjestetty valtion virastoissa ja laitoksissa toimivien viranomaisten sekä kuntien viranomaisten yhteistyötavat ja -menettelyt. Yhteistyön toteuttamista varten ministeriö on asettanut tiedonhallinnan yhteistyöryhmiä. (Valtiovarainministeriö, 2022)

Valtiovarainministeriön asettama Tiedon hyödyntämisen ja avaamisen -hanke (2020-2022)<sup>26</sup> edistää julkisen tiedon entistä laajempaa ja tehokkaampaa hyödyntämistä koko yhteiskunnassa. Hankkeessa hyödynnetään mm. Avoimen tiedon ohjelman 2013-2015 ja lukuisten eri tahojen tekemää työtä tiedon avaamisen ja hyödyntämisen eteen. Hankkeen toimenpiteillä tuetaan myös osaltaan avoimen datan direktiivin ((EU) 2019/1024) kansallista toimeenpanoa. Hankkeessa tuotetaan ehdotus tiedon hyödyntämisen ja avaamisen strategisiksi tavoitteiksi, tuotetaan toimintamalli arvokkaiden tietoaineistojen tunnistamiseksi ja avaamiseksi ja tuetaan tiedon yhteentoimivuutta mm. laatimalla kansalliset ohjelmointirajapintojen (API) -linjaukset. API-linjausten avulla luodaan yhteiset periaatteet julkisen hallinnon API-kehittämiselle ja digitalisaation edistämiseksi. Hankkeen aikana luodaan ja käyttöön otetaan julkisen hallinnon ja julkisten yritysten avattavalle tiedolle laatu-riteerit tiiviissä yhteistyössä Tilastokeskuksen kanssa.

Avoimen datan direktiivillä ((EU) 2019/1024) tavoitellaan julkisen sektorin tietovarantojen avaamiseen liittyvän sääntelyn ja avaamisen prosessien yhdenmukaistamista ja tehostamista. Direktiivin on tarkoitus mm. edistää reaaliaikaista pääsyä dynaamiseen dataan, lisätä arvokkaan julkisen tiedon tarjontaa, puuttua yksinoikeusjärjestelyihin sekä tarkentaa marginaalikustannusten perimistä koskevia periaatteita. Direktiivillä tavoitellaan julkisen sektorin tietovarantojen avaamiseen liittyvän sääntelyn ja avaamisen prosessien yhdenmukaistamista ja tehostamista. Direktiivi on täytäntöön pantu lainsäädäntöön ja siinä muutettiin lakia viranomaisten toiminnan julkisuudesta (711/2021) ja lakia julkisen hallinnon tiedonhallinnasta (710/2021), sekä säädettäväksi uusia lakeja julkisten yritysten tietojen (211/2021) ja julkisesti rahoitetun tutkimustiedon uudelleenkäytöstä (713/2021).

INSPIRE -direktiivin (2007/2/EY) tavoitteena on, että ympäristöä kuvaavat paikkatietoaineistot ovat saatavilla yhtenäisessä muodossa kaikissa jäsenmaissa ympäristön tilan seuranta varten. Tavoitteena on myös tehostaa paikkatietojen käyttöä, lisätä viranomaisten

26 Lisätietoa hankkeesta: <https://vm.fi/tiedon-hyodyntaminen-ja-avaaminen>

yhteistyötä ja luoda edellytyksiä monipuolisten kansalaispalveluiden syntymiselle. INSPIRE-direktiivi sekä laki (421/2009) ja asetus (725/2009) paikkatietoinfrastruktuurista ohjaavat julkishallintoa toteuttamaan palvelut, joiden avulla paikkatieto saadaan helposti käyttöön. INSPIRE-säädösten toimeenpanoa ohjaa Maa- ja metsätalousministeriö, ja toteutuksen tuki- ja asiantuntijapalveluista vastaa Maanmittauslaitos.

### Haasteet ja kehitystarpeet

Ympäristöseurantaan liittyvien toimijoiden, toimintojen, tietojen ja tietojärjestelmien kokonaiskuvan saamiseksi nykytilanne ja kehittämistarpeet tulee kuvata kokonaisarkkitehtuurimenetelmiä hyödyntäen.

Vaikka tiedon avoimuuteen ja saatavuuteen on jo panostettu, kaikkia ympäristön seurantaan liittyviä tietoja ei ole avoimesti saatavilla. Tietojen avoimeen saatavuuteen tulee edelleen panostaa. Erityistä huomiota tulee kiinnittää myös rajapintojen hallintaan ja mahdollistaa tiedon käyttö niiden avulla. Tämä edellyttää kehittämistoimenpiteitä niin tiedon jakelussa kuin tiedon hyödyntäjien käyttöön tarkoitettujen sovelluksissa ja järjestelmissä. Yhteistyötä eri organisaatioiden välillä tulee lisätä tietovarantojen, API:n ja järjestelmien suunnittelussa. Tietojen avaamista voivat hankaloittaa myös vanhakantaiset tietojärjestelmät, joissa ei ole järjestelmää luotaessa huomioitu tarvetta tiedon jakamiselle.

Tiedon laatu on olennainen osa tiedon käytettävyyttä. Tämän vuoksi on erittäin tärkeää, että tieto on laatuluokiteltua, jotta käyttäjät pystyvät arvioimaan tiedon käytettävyyttä tarkoitukseensa. Laadun mukaan luokiteltu tieto tulee kuitenkin olla aina löydettävää, jotta tiedon laatua voidaan aina uudelleen arvioida ja parantaa annotoimalla (laatukommentointi). Tiedon piilottaminen mahdollisten laatuongelmien varjolla estää tiedon laadun arvioimisen ja parantamisen, ja on samalla vastoin avoimen tiedon periaatteita, jotka tähtäävät siihen, että tiedon käytön potentiaalia ei tule rajoittaa.

Tietojärjestelmien käyttö on usein rajattu vain tietyille organisaatioille, ja niiden käyttö muissa organisaatioissa on haasteellista. Näiden ei-avoimien tietojärjestelmien käyttäminen yli organisaatorajojen tulee mahdollistaa. Osa tiedoista on myös sellaisia, että niiden käyttöön voi liittyä rajoituksia. Erityisesti näiden tietojen käyttöön saaminen seurantatehtävissä vaatii vielä paljon kehittämistä.

Tietojen ja tietojärjestelmien yhteentoimivuudesta on vielä merkittäviä puutteita ja tietojen yhdisteltävyys on haasteellista. Sekä semanttisen että tekninen yhteentoimivuuden kehittäminen on oleellinen osa tiedon käytettävyyden ja saavutettavuuden kehittämistä.

Tietojärjestelmien ja tietovarantojen kehittämisessä tulee tiedon saatavuuden, luottamuksellisuuden ja eheyden ylläpitämiseksi huomioida myös kasvavat tietoturva- ja tietosuojavaatimukset sekä henkilötietojen käsittelyyn liittyvät tietosuojavaatimukset.

Osa nykyisistä seurannoista on vanhoja ja tarve seurantojen uudistamiselle aiheuttaa muutos- ja kehittämistarpeita tietovarannoille ja tietojärjestelmille.

### Tavoitteet vuoteen 2030

- Ympäristön seurantaan liittyvien tietojen tiedonhallinta on määritellyn kokonaisarkkitehtuurin mukaista.
- Ympäristön seurantaan liittyvät tiedot, myös käyttörajoitetut (ei-avoimet), ovat helposti ja yhteentoimivasti kaikkien tiedon käyttäjien saatavilla.
- Tietovarantojen metatiedot täyttävät niille asetetut kansainväliset standardit ja tiedon laatu on vähintään aineistotasolla selvästi kuvattu ja aineistoja pitää pystyä hakemaan metatiedoissa kuvattujen luokittelujen avulla.
- Tietovarantojen ja tietojen yhteiskäyttöä helpotetaan yhteisillä prosessointialustoilla, joka tarjoaa tarvittavat tiedot ja ohjelmistot seurantatietoja tuottavien käyttöön.
- FAIR-periaatteet (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2022) ovat keskiössä avointa tietoa ohjaavissa politiikoissa ja toimintaohjeissa, ja tietovarannot on kyettävä arvioimaan FAIR-kriteeristön suhteen.

## Liite 1.15: Tutkimusinfrastruktuurit ympäristöseurannoissa

Sanna Marttinen Tulanet, Saku Anttila SYKE, Aino Juslén Luomus

### Nykytila

Tutkimusinfrastruktuurit ovat suomalaista määritelmää mukaillen välineiden ja laitteistojen kokonaisuuksia, tietoverkkoja, tietokantoja, aineistoja ja palveluita, jotka mahdollistavat tutkimuksen toteuttamisen sen eri vaiheissa (Digi- ja väestövirasto, 2022). Ne tukevat myös tutkijan koulutusta ja opetusta sekä ovat osa tutkimus- ja innovaatiokapasiteettia. Tutkimuksen lisäksi ne voivat tuottaa tietoa erilaisiin kansallisten ja kansainvälisten velvoitteiden täyttämisen, viranomaistoiminnan, elinkeinoelämän ja kansalaisten tarpeisiin. Monet tutkimusinfrastruktuurit ovatkin tärkeitä ympäristön seurantatiedon tuottamisen ja jakamisen välineitä.

Tutkimusinfrastruktuurit voivat olla keskitettyjä, hajautettuja tai virtuaalisia kokonaisuuksia tai näiden yhdistelmiä. Suomessa tutkimusinfrastruktuureita hallinnoivat ja operoivat pääsääntöisesti tutkimusorganisaatiot: yliopistot, valtion tutkimuslaitokset ja ammattikorkeakoulut. Myös yritysten hallinnassa on tutkimusinfrastruktuureja.

Tutkimusorganisaatioiden tutkimusinfrastruktuureja on viime vuosina pyritty kokoamaan isommiksi kokonaisuuksiksi palvelutarjonnan kehittämiseksi ja yhteistyön tuomien synergiaetujen hyödyntämiseksi. Suomen Akatemian hallinnoimalle kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartalle (FIRI, Finnish Research Infrastructure) on koottu Suomelle tärkeitä tutkimusinfrastruktuureita (Suomen akatemia, 2020). Tiekartalla olevien lisäksi Suomessa on paljon paikallisesti tai omalla alallaan merkittäviä tutkimusinfrastruktuureita. FIRI-tiekartan tutkimusinfrastruktuureista erityisesti seuraavat nähdään olennaisina ympäristöseurantojen kannalta:

- Suomen merentutkimuksen infrastruktuuri FINMARI - Finnish Marine Research Infrastructure
- Ilmakehä- ja ympäristötutkimuksen tutkimusinfrastruktuuri - Integrated Atmospheric and Earth System Science Research Infrastructure (INAR RI)
- Suomen Lajitietokeskus - Finnish Biodiversity Information Facility (FinBIF)
- Maa-avaruus-tutkimusekosysteemi - Earth-space research ecosystem (E2S)
- Metsäekosysteemin spatiotemporaalisten muutosten mittausinfrastruktuuri - Measuring Spatiotemporal Changes in Forest Ecosystem (Scan4estEcosystem)
- CSC - Tieteen tietotekniikan keskus Oy:n tutkimusinfrastruktuuripalvelut - CSC's Research Infrastructure Services
- Kumppanuus eurooppalaisessa suurteholaskennan ekosysteemissä - Partnership for Advanced Computing in Europe (EuroHPC)

Monet FIRI-tiekartan tutkimusinfrastruktuureista kuuluvat monikansallisiin eurooppalaisiin tutkimusinfrastruktuurien verkostoihin. Suomi on näissä jäsenenä joko eurooppalaisen tutkimusinfrastruktuurien strategiafoorumin ESFRI:n (European Research Infrastructure) tai valtiosopimusten kautta.

Ympäristön seurantatietoa tuottavista infrastruktuureista käytetään toisinaan myös termiä seurantainfrastruktuurit. Seurantainfrastruktuurit voivat olla teknisesti moninaisia ja sisältää mm. kansallisen ympäristöseurantadatan keräämisen. Ympäristöseurantoihin käytetään mm. ELY-keskusten, kuntien ja teollisuuden hallinnoimia infrastruktuureita. Seurantavelvoitteiden ja tutkimuksen ympärille rakentuneet infrastruktuurit ovat osin päällekkäisiä, minkä takia tutkimusinfrastruktuurien ja seurantainfrastruktuurien välille ei voida vetää selvää rajaa. Kokonaiskuva Suomen tutkimus- ja seurantainfrastruktuureista ja näiden liitännöistä on yhä hajanainen. Kymmenen tutkimuslaitoksen osalta tiedot on koottu Tutkimuslaitosten yhteenliittymä Tulanetin toimesta raportiksi (Marttinen, 2021).

### Haasteet ja kehitystarpeet

jjjjj

Suomen tutkimusinfrastruktuurien tarjoamat palvelut voisivat tukea nykyistä vahvemmin ympäristön seurantoja, mutta haasteena on kokonaiskuvan puuttuminen ja aiheeseen liittyvän terminologian vakiintumattomuus, mikä vaikeuttaa aiheesta käytävää keskustelua. Tutkimusinfrastruktuureista koottua tietoa löytyy lähinnä Suomen Akatemian hallinnoimalta FIRI-tiekartalta (Suomen akademia, 2020) ja tutkimuslaitosten osalta Tulanetin kokoamasta raportista (Marttinen, 2021). Kummassakaan ei ole selkeästi pyritty erittelemään niiden roolia ympäristön seurantatiedon tuottamisessa. Keskeinen haaste on myös toiminnallisten rajapintojen ja yhteistyömuotojen kehittäminen, joka on merkityksellistä etenkin isojen ympäristöhaasteiden selvittämisessä.

Ympäristön seurantojen näkökannalta tutkimusinfrastruktuureihin liittyviä kehittämistarpeita ovat mm. avoimen tieteen periaatteiden ja käytäntöjen edistäminen läpileikkaavasti yli organisaatio- ja hallinnonalojen rajojen, terminologian selkeyttäminen sekä ympäristön seurantaan liittyvien toimintojen tunnistaminen tutkimusinfrastruktuureissa ja näiden entistä parempi liittäminen osaksi ympäristöseurannan tavoitteita. Erilaisten infrastruktuurien väliset synergiat tulisi tunnistaa ja kehittää niiden välisiä toiminnallisia rajapintoja, yhteistyömuotoja ja yhteistyötä ja avointa tiedonjakoa. Lisäksi tutkimus- ja seurantainfrastruktuurien rahoitusta tulisi pyrkiä kehittämään pitkäjänteisesti.



## LÄHTEET

- Bauer, B., Lander S. N., Watson, D., Borgman, E., Egebaek, K., Sepponen, S., Luoma, P., & Hansen, O. J. (2020). *Pre-study: Indicators on circular economy in the Nordic countries*. Pohjoismaiden ministeriöneuvosto. Noudettu osoitteesta <https://pub.norden.org/temanord2020-543/>
- Compson, Z. G., McClenaghan, B., Singer, G. A., Fahner, N. A., & Hajibabaei, M. (2020). Metabarcoding From Microbes to Mammals: Comprehensive Bioassessment on a Global Scale. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, s. 581835. doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.581835>
- Digi- ja väestövirasto. (31. toukokuuta 2022). Sanastot. Noudettu osoitteesta <https://sanastot.suomi.fi/>
- Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi COM/2020/80 final. (2020). *Ehdotus puitteiden vahvistamisesta ilmastoneutraaliuden saavuttamiseksi ja asetuksen (EU) 2018/1999 muuttamisesta (eurooppalainen ilmastolaki)*. Euroopan komissio, Ilmastotoimien pääosasto. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020PC0080&from=FI>
- Elbrecht, V., Vamos, E. E., Meissner, K., Aroviita, J., & Leese, F. (2017). Assessing strengths and weaknesses of DNA metabarcoding-based macroinvertebrate identification for routine stream monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 8(10), ss. 1265-1275. doi:<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12789>
- EPA Network. (31. toukokuuta 2022). *Monitoring progress in Europe's circular economy*. Noudettu osoitteesta <https://epanet.eea.europa.eu/reports-letters/monitoring-progress-in-europes-circular-economy>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi (EU) 2018/1999. (2018). *Asetus energiaunionin ja ilmastotoimien hallinnosta, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusten (EY) N:o 663/2009 ja (EY) N:o 715/2009, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivien 94/22/EY, 98/70/EY, 2009/31/EY, 2009/73/EY, 2010/31/EU, 2012/27/EU...* Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi (EU) N:o 691/2011. (2011). *Asetus Euroopan ympäristötilinpäätöksen ETA:n kannalta merkityksellinen teksti*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/691/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2016/2284. (2016). *Direktiivi tiettyjen ilman epäpuhtauksien kansallisten päästöjen vähentämisestä, direktiivin 2003/35/EY muuttamisesta sekä direktiivin 2001/81/EY kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti)*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/2284/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/1024. (2019). *Direktiivi avoimesta datasta ja julkisen sektorin hallussa olevien tietojen uudelleenkäytöstä*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY. (2000). *Direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY. (2002). *Direktiivi ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta - Komission lausunto ympäristömelun arviointia ja hallintaa koskevan direktiivin sovittelukomitealle*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/49/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/32/EY. (2006). *Direktiivi energian loppukäytön tehokkuudesta ja energiapalveluista sekä neuvoston direktiivin 93/76/EY kumoamisesta*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2006/32/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2007/2/EY. (2007). *Direktiivi Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/56/EY. (2008). *Direktiivi yhteisön meriympäristöpolitiikan puitteista (meristrategiadirektiivi)*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/56/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/27/EU. (2012). *Direktiivi energiatehokkuudesta, direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj>

- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2013/39/EU. (2013). *Direktiivi direktiivien 2000/60/EY ja 2008/105/EY muuttamisesta vesipolitiikan alan prioriteettiaineiden osalta ETA:n kannalta merkityksellinen teksti*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2013/39/oj>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston päätös N:o 1313/2013/EU. (2013). *Direktiivi unionin pelastuspalvelumekanismista ETA:n kannalta merkityksellinen teksti*. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dec/2013/1313/oj>
- European Commission, Directorate-General for Environment. (2014). *Technical report on aquatic effect-based monitoring tools*. Publications Office. doi:<https://data.europa.eu/doi/10.2779/72812>
- European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. EEA Report No 1/2017. Noudettu osoitteesta [https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016/at_download/file)
- European Environment Agency. (2019). *The European environment - state and outlook 2020*. European Environment Agency. Noudettu osoitteesta [https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/soer-2020/at_download/file)
- European Environment Agency, EPA Network, ISPRA, SNPA. (2020). *Bellagio Declaration - Circular Economy Monitoring Principles*. European Environment Agency. Noudettu osoitteesta <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/notizie/bellagio-declaration-final.pdf>
- Eurostat. (31. toukokuuta 2022). *Which indicators are used to monitor the progress towards a circular economy?* Noudettu osoitteesta <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators>
- Hanemaaijer, A., Kishna, M., Brink, H., Koch, J., Gerdien, P. A., & Rood, T. (2021). *Netherlands integral circular economy report 2021 - English Summary*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Noudettu osoitteesta [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/2021-pbl-icer2021\\_english\\_summary-4228.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/2021-pbl-icer2021_english_summary-4228.pdf)
- HELCOM. (2018). *State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016*. Baltic Sea Environment Proceedings 155. Noudettu osoitteesta [http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp-content/uploads/2018/07/HELCOM\\_State-of-the-Baltic-Sea\\_Second-HELCOM-holistic-assessment-2011-2016.pdf](http://stateofthebalticsea.helcom.fi/wp-content/uploads/2018/07/HELCOM_State-of-the-Baltic-Sea_Second-HELCOM-holistic-assessment-2011-2016.pdf)
- Hildén, M., Haavisto, R., Harjanne, A., Juhola, S., Luhtala, S., Mäkinen, K., Parjanne, A., Peltonen-Saisio, P., Pili-Sihvola, K., Pöyry, J., & Tuomenvirta, H. (2018). *Ilmastokestävä Suomi - Toimintamalli sää- ja ilmastorisikien arviointien järjestämiseksi*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 44/2018. Noudettu osoitteesta [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161016/44-2018-Ilmastokestava%20Suomi\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161016/44-2018-Ilmastokestava%20Suomi_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hyvärinen, H., Skyttä, A., Jernberg, S., Meissner, K., Kuosa, H., & Uusitalo, L. (2021). Cost-efficiency assessments of marine monitoring methods lack rigor—a systematic mapping of literature and an end-user view on optimal cost-efficiency analysis. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7), ss. 1-13. doi:<https://doi.org/10.1007/s10661-021-09159-y>
- ICP Forest. (31. toukokuuta 2022). Level II. Noudettu osoitteesta <http://icp-forests.net/page/level-ii>
- International Organization for Standardization. (2011). *Water quality — Sampling — Part 23: Guidance on passive sampling in surface waters (ISO Standard No. 5667-23)*. Noudettu osoitteesta <https://www.iso.org/standard/50679.html>
- Kaitala, S., & Seppälä, J. (2020). Alg@line – Itämeren tosiaikainen leväseuranta. Teoksessa J. Attila;K. Dahlbo;S. Kaitala;K. Kallio;H. Kankaanpää;V. Karvinen; . . . L. Uusitalo, *Meriseurannan tiekartta – SYKEN ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurainten nykytila ja kehittäminen*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 26/2020. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/320467>
- Koljonen, T. (toim.). (1992). Suomen geokemian atlas. Osa 2. Espoo: Geologian tutkimuskeskus.
- Komission asetus (EU) N:o 589/2014. (2014). *Asetus näytteenotto- ja määritysmenetelmistä tietyissä elintarvikkeissa olevien dioksiinien, dioksiinien kaltaisten PCB-yhdisteiden ja muiden kuin dioksiinien kaltaisten PCB-yhdisteiden pitoisuuksien tarkastusta varten sekä asetuksen (EU) N:o 252/2012...* Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/589/oj>
- Komission asetus (EU) N:o 83/2014. (2014). *Asetus lentotoimintaan liittyvistä teknisistä vaatimuksista ja hallinnollisista menettelyistä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 216/2008 mukaisesti annetun asetuksen (EU) N:o 965/2012 muuttamisesta*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/83/oj>
- Komission asetus (EY) N:o 333/2007. (2007). *Asetus näytteenotto- ja määritysmenetelmistä elintarvikkeiden lyijy-, kadmium-, elohopea-, epäorgaanisen tina, 3-MCPD- ja bentso(a)pyreenipitoisuuksien virallista tarkastusta varten (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti)*. Euroopan yhteisöjen komissio. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/reg/2007/333/oj>
- Komission kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaaliskomitealle ja alueiden komitealle SWD/2017/0230 final. (2017). *Toimet ympäristöraportoinnin virtaviivaistamiseksi*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=SWD:2017:230:FIN>
- Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, Eurooppa-neuvostolle, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaaliskomitealle ja alueiden komitealle COM/2019/640 final. (2019). *Euroopan vihreän kehityksen ohjelma*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj>

- Komission tiedonanto euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle COM/2015/0614 final. (2015). *Kierto kuntoon - Kiertotaloutta koskeva EU:n toimintasuunnitelma*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>
- Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle COM/2020/667 final. (2020). *Kestävyyttä edistävä kemikaalistrategia - Kohti myrkyttöntä ympäristöä*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0667>
- Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle COM/2021/141 final. (2021). *Tiedonanto luonnonmukaisen tuotannon kehittämistä koskevasta toimintasuunnitelmasta*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:52021DC0141>
- Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle COM/2020/380 final. (2020). *Vuoteen 2030 ulottuva EU:n biodiversiteettistrategia - Luonto takaisin osaksi elämäämme*. Euroopan komissio. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380>
- Korhonen, J., Seppälä, J., Näykki, T., Kuoppala, M., & Lehtoranta, J. (2021). *Roadmap for continuous in situ aquatic monitoring in SYKE*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Noudettu osoitteesta <https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/pro-situ>
- Laine, M., Haario, H., Kettunen, J., & Malve, O. (2017). Havaintojen yhdistämisellä tehoavedenlaatuseurantaan. *Vesitalous, 2017*(2), ss. 12-16. Noudettu osoitteesta [https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2017/03/VT1702\\_lowres.pdf](https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2017/03/VT1702_lowres.pdf)
- Laki eräitä yleishyödyllisiä palveluita tuottavien yritysten tiedon uudelleenkäytöstä 711/2021. (15. heinäkuuta 2021). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210712>
- Laki Ilmatieteen laitoksesta 212/2018. (6. huhtikuuta 2018). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180212>
- Laki julkisen hallinnon tiedonhallinnasta 906/2019. (9. elokuuta 2019). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190906>
- Laki julkisen hallinnon tiedonhallinnasta annetun lain muuttamisesta 710/2021. (15. heinäkuuta 2021). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210710>
- Laki julkisin varoin tuotettujen tutkimusaineistojen uudelleenkäytöstä 713/2021. (21. heinäkuuta 2021). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210713>
- Laki paikkatietoinfrastruktuurista 421/2009. (12. kesäkuuta 2009). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090421>
- Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 30.12.2004/1299. (30. joulukuuta 2004). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>
- Laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain 16 ja 34 §:n muuttamisesta 711/2021. (15. heinäkuuta 2021). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210711>
- Lehtonen, K., & Kankaanpää, H. (2019). Seurantaehdotus avomerelle. Teoksessa K. Siimes;E. Vähä;V. Junttila;K. Lehtonen;& J. Mannio, *Haitalliset aineet Suomen vesissä* (ss. 118-119). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2019. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/301460>
- Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kiiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiaho, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälähti, T., Rasmus, K., & Tattari, S. (2010). *Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa – pilottina Säskylän Pyhäjärvi*. Suomen ympäristökeskus. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/37985>
- Lilja, H., Puustinen, M., Turtola, E., & Hyväluoma, J. (2017). *Suomen peltojen karttapohjainen eroosioluokitus: Valtakunnallisen kattavuuden saavuttaminen ja WMS-palvelu*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2017. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-431-1>
- Lindroos, A., & Merilä, P. (2019). *Muutokset metsämaan hiilen määrässä ajanjaksolla 1995 – 2016 metsien intensiivisen seurannan*. Posterisitys maaperätieteiden päivillä 2019.
- Lindroos, N., & Nystén, T. (2015). *Salpausselän pohjaveden kloridipitoisuuksien muutokset ja niihin vaikuttavia tekijöitä*. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 11/2015. Noudettu osoitteesta [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2015-11\\_salpausselan\\_pohjaveden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-11_salpausselan_pohjaveden_web.pdf)
- Luonnonvarakeskus. (25. syyskuuta 2019). *Luke*. Noudettu osoitteesta Hiilen määrä peltomaassa: <https://stat.luke.fi/indikaattori/hiilen-määrä-peltomaassa>
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2017). *Vesivarojen käyttöön ja hoitoon liittyvien tehtävien hoidon järjestäminen maa- ja metsätalousministeriön toimialalla (VETO)*. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisut. Noudettu osoitteesta [https://mmm.fi/documents/1410837/4045459/VETO\\_loppuraportti\\_FINAL.pdf/a2976f9b-9ac4-487f-8d96-9a119c16cdd4/VETO\\_loppuraportti\\_FINAL.pdf?t=1487163283000](https://mmm.fi/documents/1410837/4045459/VETO_loppuraportti_FINAL.pdf/a2976f9b-9ac4-487f-8d96-9a119c16cdd4/VETO_loppuraportti_FINAL.pdf?t=1487163283000)

- Mack, L., Attila, J., Aylagas, E., Beermann, A., Borja, A., Hering, D., Kahlert, M., Leese, F., Lenz, R., Lehtiniemi, M., Liess, A., Lips, U., Mattila, O.-P., Meissner, K., Pyhälähti, T., Setälä, O., Strehse, J. S., Uusitalo, L., Willstrand W., A., & Birk, S. (2020). A Synthesis of Marine Monitoring Methods With the Potential to Enhance the Status Assessment of the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science*, 7, ss. 1-16. doi:<https://doi.org/10.3389/fmars.2020.552047>
- Malve, O., Kallio, K., Siivola, E., & Kervinen, M. (2021b). Kalankasvattamoiden vedenlaatuvaikutusten seuranta datafuusion avulla. *Vesitalous*, 2021(3), ss. 43-47. Noudettu osoitteesta [https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2021/05/Vesitalous-3-2021\\_nettti\\_150dpi-2.pdf](https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2021/05/Vesitalous-3-2021_nettti_150dpi-2.pdf)
- Malve, O., Kallio, K., Siivola, E., Kervinen, M., Kankainen, M., & Keto, V. (2021a). *Datafuusiomenetelmän käyttö kalankasvattamoiden vedenlaatuvaikutusten seurannassa Saaristomerellä*. Luonnonvarakeskuksen julkaisu 51/2021. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-245-2>
- Mannio, J., Junntila, V., & Korhonen, M. (2019). Seurantaehdotus sisä- ja rannikkovesille. Teoksessa K. Siimes;E. Vähä;V. Junntila;K. Lehtonen;& J. Mannio, *Haitalliset aineet Suomen vesissä: tilanne ja seurannan suuntaviivat* (ss. 113-117). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2019. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/301460>
- Marttinen, S. (toim.). (2021). *Tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuurit 2021*. Tutkimuslaitosten yhteenliittymä Tulanet. Noudettu osoitteesta <http://tulanel.fi/wp-content/uploads/2021/03/Tutkimuslaitosten-tutkimusinfrastruktuurit-2021-final.pdf>
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*(146), 452-461. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045>
- Myllymaa, T., Pitkänen, K., Karppinen, T. K. M., Savolahti, H., Dahlbo, H., Judl, J., Neuvonen, J., Ahponen, H., Lepistö, K., Savolainen, H., Ukkonen, A., Rehunen, A., Nurmio, K., Karhinen, S., & Alhola, K. (2021). *Executing circular economy strategies in practice - Results and experiences from Circwaste project*. Suomen ympäristökeskus SYKE. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/329090>
- Mäenpää, I., Heikkinen, M., Piñero, P., Mattila, T., Koskela, S., & Kivinen, M. (2017). *MFAfin - Finnish material flow accounts Method Description*. Suomen ympäristökeskus SYKE, Oulun yliopiston Thule-instituutti, Geologian tutkimuskeskus GTK. Oulu: Suomen Akatemia. Noudettu osoitteesta <https://www oulu.fi/sites/default/files/content/MFAfin%20-%20Method%20description.docx.pdf>
- Mäki, A., & Tirola, M. (2018). Directional high-throughput sequencing of RNAs without gene-specific primers. *BioTechniques*, 65(4), ss. 219-223. doi:10.2144/btn-2018-0082
- Mäkipää, R., Häkkinen, M., Muukkonen, P., & Peltoniemi, M. (2008). The costs of monitoring changes in forest soil carbon stocks. *Boreal Environment Research*, 13(suppl. B), ss. 120-130. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016083123310>
- Neuvoston direktiivi 91/676/ETY. (1991). *Direktiivi vesien suojelemisesta maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta*. Euroopan yhteisöjen neuvosto. Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/676/oj>
- Neuvoston direktiivi 91/676/ETY. (1991). *Direktiivi vesien suojelemisesta maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamalta pilaantumiselta*. Euroopan yhteisöjen neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dir/1991/676/oj>
- Neuvoston päätös (EU) 2017/939. (2017). *Elohopeaa koskevan Minamatan yleissopimuksen tekemisestä Euroopan unionin puolesta*. Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dec/2017/939/oj>
- Neuvoston päätös 2006/507/EY. (2006). *Päätös pysyviä orgaanisia yhdisteitä koskevan Tukholman yleissopimuksen hyväksymisestä Euroopan yhteisön puolesta*. Euroopan unionin neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dec/2006/507/oj>
- Neuvoston päätös 81/462/ETY. (1981). *Päätös valtiosta toiseen tapahtuvaa ilman epäpuhtauksien kaukokulkeutumista koskevan yleissopimuksen tekemisestä*. Euroopan yhteisöjen neuvosto. Noudettu osoitteesta <http://data.europa.eu/eli/dec/1981/462/oj>
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (31. toukokuuta 2022). *FAIR-periaatteet*. Noudettu osoitteesta <https://www.fair-data.fi/tietoa-fairdatasta/fair-periaatteet/>
- Pajala, J., & Kankaanpää, H. (2020). Ihmisen tuottama vedenalainen melu. Teoksessa J. Attila;K. Dahlbo;S. Kaitala;K. Kallio;H. Kankaanpää;V. Karvinen;. . . L. Uusitalo, *Meriseurannan tiekartta – SYKEN ylläpitämien ja koor-dinoimien meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 26/2020. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/320467>
- Paloniitty, T., Kettunen, J., & Malve, O. (2017). Ympäristötiedon tuotanto uudistuu – muuttuvatko luvitus ja valvonta? *Vesitalous*, 2017. Noudettu osoitteesta [https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2017/03/VT1702\\_lowres.pdf](https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2017/03/VT1702_lowres.pdf)
- Pawlowski, J., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Mächler, E., & Altermatt, F. (2020). Environmental DNA applications for biomonitoring and bioassessment in aquatic ecosystems. *Environmental studies*, ss. 1-70. doi:<http://www.bafu.admin.ch/uw-2010-e>



- Pitkänen, H., Raateoja, M., Kankaanpää, P., Uusitalo, L., Heiskanen, A.-S., Kettunen, J., Kankaanpää, H., & Korpinen, S. (toim.). (2020). *Meriseurannan tiekartta - SYKEN ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen*. Suomen ympäristöseurannan raportteja 26/2020. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5182-8>
- Raateoja, M. (2020). Avomeren kemiallinen seuranta. Teoksessa J. Attila;K. Dahlbo;S. Kaitala;K. Kallio;H. Kankaanpää;V. Karvinen;. . . L. Uusitalo, *Meriseurannan tiekartta – SYKEN ylläpitämien ja koordinoimien meren tilaseurantojen nykytila ja kehittäminen*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 26/2020. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/320467>
- Reimann, C. (toim.), Birke, M., Demetriades, A., Filzmoser, P., & O'Connor, P. (2014). (GEMAS ) *Chemistry of Europe's Agricultural Soils*. Geologisches Jahrbuch.
- Reimann, C. (toim.), Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Giucis, A., Gregorauskiene, V., Lukashov, V. K., Matinian, N. N., & Pasieczna, A. (2003). *Agricultural Soils in Northern Europe*. Stuttgart, Germany: Schweizerbart Science Publishers.
- Rintala, J. (2019). *Pohjavedenoton velvoitetarkkailu - Nykytila sekä suosittu tarkkailusuunnitelman laadintaan ja tarkkailun järjestämiseksi*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 42/2019. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/306872>
- Ruokamo, E., Savolainen, H., Seppälä, J., Sironen, S., Räisänen, M., Auvinen, A.-P., & Antikainen, R. (2021). *Kiertotalous vähähiilisyden edistäjänä ja luonnon monimuotoisuuden turvaajana*. Suomen ympäristökeskus SYKE. Ympäristöministeriö. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-205-1>
- Ruppert, K., M., Kline, R. J., & Rahman, M. S. (2019). Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. *Global Ecology and Conservation*, e00547(17). doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00547>
- Salminen, R. (toim.). (1995). *Alueellinen geokemiallinen kartoitus Suomessa vuosina 1982-1994*. Espoo: Geologian tutkimuskeskuksen julkaisuja 130.
- Salminen, R., Batista, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamić, J., & Tarvainen, T. (2005). *FOREGS Geochemical Atlas of Europe, Part 1: Background Information, Methodology and Maps*. Geologian tutkimuskeskus.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 177/2008. (28. maaliskuuta 2008). *Asetus yleisten uimarantojen uimaveden laatuvaatimuksista ja valvonnasta*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2008/20080177>
- Suomen akatemia. (2020). *Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartalle 2021-2024 valitut tutkimusinfrastruktuurit*. Suomen akatemian tiedote 11.12.2020. Noudettu osoitteesta <https://www.aka.fi/globalassets/2-suomen-akatemia-toiminta/5-ajankohtaista/1-tiedotteet-ja-uutiset/2020/kansallisten-tutkimusinfrastruktuurien-tiekartalle-2021-2024-valitut-tutkimusinfrastruktuurit.pdf>
- Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. (2016). *Kierrolla kärkeen - Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025*. Sitra. Noudettu osoitteesta <https://www.sitra.fi/julkaisut/kierrolla-karkeen/>
- Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra. (2020). *Kriittinen siirto - Suomen kiertotalouden tiekartta 2.0*. Sitra. Noudettu osoitteesta <https://www.sitra.fi/hankkeet/kriittinen-siirto-kiertotalouden-tiekartta-2/>
- Suomen ympäristökeskus. (2020). *Seurantakäsikirja Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelmaan vuosille 2020–2026*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 47/2020. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5340-2>
- Tattari, S., Tarvainen, M., Kallio, K., Lepistö, A., Näykki, T., Raateoja, M., & Seppälä, J. (2019). *Laatukäsikirja jatkuvatavoimille vedenlaadun mittauksille - Opas hyväksi käytännöiksi*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2019. Noudettu osoitteesta <http://hdl.handle.net/10138/299105>
- Tilastokeskus. (2020). *Kiertotalous*. Noudettu osoitteesta Kiertotalousliiketoiminnan indikaattorit: <https://www.stat.fi/tup/kiertotalous/kiertotalousliiketoiminnan-indikaattorit.html>
- Tilastokeskus. (31. toukokuuta 2022). *Maaraportit ja kaksivuotisraportit YK:n ilmastopimukselle*. Noudettu osoitteesta [https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_maaraportit.html](https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_maaraportit.html)
- Valtioneuvosto. (2020). *Valtioneuvoston päätös 21251/2020*.
- Valtioneuvosto. (2021). *Suomen arktisen politiikan strategia*. Valtioneuvoston julkaisuja 53/2021. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-872-7>
- Valtioneuvoston asetus paikkatietoinfrastruktuurista 725/2009. (1. lokakuuta 2009). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090725>
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006. (23. marraskuuta 2006). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061022>
- Valtioneuvoston kanslia. (2009). *Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009. Noudettu osoitteesta [https://vnk.fi/documents/10616/622958/J2809\\_Valtioneuvoston+tulevaisuusselonteko+ilmasto+ja+energiapolitiikasta.pdf](https://vnk.fi/documents/10616/622958/J2809_Valtioneuvoston+tulevaisuusselonteko+ilmasto+ja+energiapolitiikasta.pdf)
- Valtioneuvoston kanslia. (2017). *Valtioneuvoston yhteiset muutostekijät*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 14/2017. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-458-0>

- Valtioneuvoston kanslia. (2018). *Ilmastokestävyyttä ja sääriskien hallintaa luonnonvara-alojen pitkäaikaisaineis-tojen turvin*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja 20/2018. Noudettu osoitteesta <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=26801>
- Valtioneuvoston kanslia. (2019). *Valtioneuvoston muutostekijäkortit 2019*. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 10/2019. Noudettu osoitteesta [https://vnk.fi/documents/10616/15754210/Muutostekijakortit\\_2019.pdf](https://vnk.fi/documents/10616/15754210/Muutostekijakortit_2019.pdf)
- Valtiosopimus 12/1980. (1980). *Asetus Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskevan yleis-sopimuksen voimaansaattamisesta*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1980/19800012>
- Valtiosopimus 78/1994. (1994). *Asetus biologista monimuotoisuutta koskevan yleissopimuksen voimaansaatta-misesta*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1994/19940078>
- Valtiovarainministeriö. (31. toukokuuta 2022). *Julkisen hallinnon tiedonhallinnan ohjaus*. Noudettu osoitteesta <https://vm.fi/julkisen-hallinnon-tiedonhallinnan-ohjaus>
- Vuoristo, H. (2010). *Velvoitetarkkailun hoito ympäristöhallinnossa ja SYKE:n rooli velvoitetarkkailussa*. Muistio 3. maaliskuuta 2010.
- Yhdistyneet kansakunnat. (1992). *YK:n ilmastonsuojelun puitesopimus*. Yhdistyneet kansakunnat. Noudettu osoitteesta [https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf)
- Yhdistyneet kansakunnat. (2015). *Yleiskokouksen päätöslauselma 25. syyskuuta 2015: Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Noudettu osoitteesta [https://kestavakehitys.fi/docu-ments/2167391/2186383/Agenda2030\\_ep%C3%A4virallinen+suomennos.pdf/707fe444-6540-49d6-86a3-fd6bee1cf345/Agenda2030\\_ep%C3%A4virallinen+suomennos.pdf/Agenda2030\\_ep%C3%A4virallinen+suomennos.pdf](https://kestavakehitys.fi/documents/2167391/2186383/Agenda2030_ep%C3%A4virallinen+suomennos.pdf/707fe444-6540-49d6-86a3-fd6bee1cf345/Agenda2030_ep%C3%A4virallinen+suomennos.pdf/Agenda2030_ep%C3%A4virallinen+suomennos.pdf)
- Ympäristöministeriö. (2003). *Ympäristön seurannan strategia*. Ympäristöministeriön moniste 114/2003.
- Ympäristöministeriö. (2011). *Ympäristön tilan seurannan strategia 2020*. Ympäristöministeriön raportteja 23/2011. Noudettu osoitteesta <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/41382>
- Ympäristöministeriö. (2018). *Strategia 2030*. Ympäristöministeriö. Noudettu osoitteesta <https://www.ym.fi/download/noname/%7B4ABFD0F8-6476-4B40-878F-259A0B98C6C0%7D/137607>
- Ympäristöministeriö. (2020). *Nitraattidirektiivin täytäntöönpano Suomessa: Raportointijakso 2016-2019*. Ympäristöministeriön julkaisuja 2020:28. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-427-7>
- Ympäristöministeriö. (2020). *Suomen merenhoitosuunnitelman seurantaohjelma vuosille 2020-2026*. Ympäristöministeriö. Noudettu osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B3A03181A-4022-4160-A010-0B92B1860CB1%7D/161244>
- Ympäristöministeriö. (6. heinäkuuta 2021). *Kiertotalous*. Noudettu osoitteesta *Kiertotalouden strateginen ohjelma*: <https://ym.fi/kiertotalousohjelma>
- Ympäristöministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö. (30. maaliskuu 2021). *Valtioneuvoston periaatepäätös kiertotalouden strategisesta ohjelmasta*. 11. Noudettu osoitteesta [https://ym.fi/docu-ments/1410903/42733297/Valtioneuvoston+periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+8.4.2021+kiertotalouden+strategisesta+ohjelmasta.pdf/ae1e0d0-802f-b272-e424-50c9cd1c5f5e/Valtioneuvoston+periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+8.4.2021+kiertotalouden+strategi](https://ym.fi/documents/1410903/42733297/Valtioneuvoston+periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+8.4.2021+kiertotalouden+strategisesta+ohjelmasta.pdf/ae1e0d0-802f-b272-e424-50c9cd1c5f5e/Valtioneuvoston+periaatep%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+8.4.2021+kiertotalouden+strategi)
- Ympäristöministeriön arviointiraportti YM3/065/2015. (2015). *MONITOR2020-ohjelman ja MONITOR2015-hankkeen arviointi*. Ympäristöministeriö.



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet

ISBN: 978-952-361-207-5 PDF  
ISSN: 2490-1024 PDF