



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 82/2022

# **Maankäytön vesistökuormitus ja sen vaikutukset vesiekosysteemeihin – katsaus käynnissä olevaan tutkimukseen ja tietotarpeisiin**

Innovative Land-Water Interfaces

Tuula Larmola, Mika Tähtikarhu, Jukka Ruuhijärvi, Sirpa Piirainen, Pauliina Louhi, Kirsi Järvenranta, Kirsi Usva ja Liisa Ukonmaanaho

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 82/2022

# **Maankäytön vesistökuormitus ja sen vaikutukset vesiekosysteemeihin – katsaus käynnissä olevaan tutkimukseen ja tietotarpeisiin**

Innovative Land-Water Interfaces

Tuula Larmola, Mika Tähtikarhu, Jukka Ruuhijärvi, Sirpa Piirainen, Pauliina Louhi,  
Kirsi Järvenranta, Kirsi Usva ja Liisa Ukonmaanaho

**Viittausohje:**

Larmola, T., Tähtikarhu M., Ruuhijärvi, J., Piirainen S., Louhi, P., Järvenranta, K., Usva, K. & Ukonmaanaho, L. 2022. Maankäytön vesistökuormitus ja sen vaikutukset vesiekosysteemeihin – katsaus käynnissä olevaan tutkimukseen ja tietotarpeisiin: Innovative Land-Water Interfaces. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 82/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 60 s.

Tuula Larmola ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-9350-6689>



ISBN 978-952-380-517-0 (Painettu)

ISBN 978-952-380-518-7 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-518-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Tuula Larmola, Mika Tähtikarhu, Jukka Ruuhijärvi, Sirpa Piirainen, Pauliina Louhi, Kirsi Järvenranta, Kirsi Usva ja Liisa Ukonmaanaho

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2022

Julkaisuvuosi: 2022

Kannen kuva: Erkki Oksanen, Luke.

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.omapumu.com/fi/>

## Tiivistelmä

Tuula Larmola<sup>1</sup>, Mika Tähtikarhu<sup>2</sup>, Jukka Ruuhijärvi<sup>1</sup>, Sirpa Piirainen<sup>3</sup>, Pauliina Louhi<sup>4</sup>, Kirsi Järvenranta<sup>5</sup>, Kirsi Usva<sup>2</sup> ja Liisa Ukonmaanaho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Luonnonvarakeskus. Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>2</sup>Luonnonvarakeskus Tietotie 4 31600 Jokioinen

<sup>3</sup>Luonnonvarakeskus Yliopistokatu 6 B 80100 Joensuu

<sup>4</sup>Luonnonvarakeskus Paavo Havaksen tie 3 90570 Oulu

<sup>5</sup>Luonnonvarakeskus Halolantie 31 A 71750 Maaninka

Kartoitimme Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja muiden organisaatioiden maankäytön vesistökuormituksen ja sen vaikutusten osaamista, käynnissä olevaa aihepiirin tutkimusta, vesistötoimenpiteiden vaikuttavuutta sekä tietotarpeita. Kokonaiskuvan muodostamisen tavoitteena on luoda edellytyksiä uusiin avauksiin maankäytön ja vesistökuormituksen keskeisten haasteiden ja ratkaisujen tunnistamisessa sekä kehittää aiempaa tehokkaammin uusia innovatiivisia lähestymistapoja ja menetelmiä mm. vesistöjensuojelutoimenpiteiden kohdentamiseen yhteistyössä alan toimijoiden kanssa (Innovative land-water interfaces, Innowater). Tiedonkeruu toteutettiin asiantuntijakyselyillä Luken tutkijoille, muiden tutkimusorganisaatioiden tutkijoille ja alan toimijoille. Sitä täydennettiin kirjallisuushauilla ja järjestämällä monitieteinen työpaja. Tämä katsaus tiivistää kartoituksen tulokset.

Kartoituksen perusteella tutkijayhteisöllä ja sidosryhmillä on syvällistä ja laaja-alaista osaamista vesistökuormituksesta ja sen vaikutuksista valuma-alueilta vesistöihin. Eri osa-alueita ja vaikutuksia tutkitaan runsaasti, mutta maankäytön sektorit ja skaalat yhdistävää tutkimusta on selvästi vähemmän. Tunnistimme neljä laajaa tutkimusteemaa, joissa tutkijayhteistyön lisääminen vahvistaisi maa- ja metsätalouden ympäristövaikutusten systeemistä ja tieteiden välistä tarkastelua: 1) Valuma-alueenäkikulma: kokonaiskuva kustannustehokkaista ja kohdistetuista vesiensojelu- ja maankäyttötoimenpiteiden vaikutuksista maiseman pelto-metsämosaiikissa, 2) maankäytön vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöihin ja -ekosysteemeihin, 3) maankäytön vesistövälitteiset kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset, 4) maa- ja metsätalouden tuotteiden elinkaariarviointi.

Vastaajista suurin osa oli kuormittavien tekijöiden ja kuormituksen vähentämisen asiantuntijoita. Kuormittaviin tekijöihin ja kuormituksen vähentämiseen liittyviä tietotarpeita ovat kuormituslähteiden suhteelliset kuormat ja niiden nykyistä kattavampi seuranta (ravinteet, kiintoaine, hiili, muut haitalliset aineet), prosessit, kuten hiilen muodot ja kulkeutuminen, sekä vesiensojelu- ja maankäyttötoimenpiteiden vaikutukset kuormiin. Nämä ovat myös keskeisiä tietotarpeita vesiekosysteemien prosessien lisäksi, kun selvitetään maankäytön ilmastovaikutusten kokonaiskuvaa ottamalla huomioon maankäytön muutosten ja kuormituksen vaikutukset valuma-alueen vesistöjen kasvihuonekaasupäästöihin. Vesieliö- ja ekosysteemivaikutuksia tutkittaessa olisi oleellista liittää maa- ja metsätalouden kuormituksen vaikutukset muuttuneen hydrologian ja biologis-fysikaalisten tekijöiden vaikutuksiin sekä selvittää eri vesiensojelumetelmien tehokkuutta monimuotoisuuden näkökulmasta. Maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjälki- ja elinkaarianalyysin tietotarpeita ovat metsätalouden tuotteiden elinkaarianalyysiin sopiva kuormitusmalli ja maatalouden päivitetty kuormitusmalli. Ylipäätään tarvitaan lisää tutkimusta eri tarkastelutasoilla: prosesseista ja mekanismeista valuma-alueen ja alueelliselle tasolle. Kokonaisuuksien tarkastelun mahdollistavat mallit ja aineistojen yhdistäminen mutta myös entistä kattavampi seurantatieto. Pistekuormituksen vähentyminen nähtiin onnistumisena ja hajakuormituksen hallitseminen nykyisenä haasteena.

Kyselyyn vastanneiden alan toimijoiden mukaan kolme tärkeää vesistöjen tilan uhkaa ovat ilmastonmuutos, maankäytön muutokset sekä ohjauskeinojen ja rahoituksen riittämättömyys tai kohdistuminen ja kolme tärkeintä mahdollisuutta ovat asenteiden ja yhteisen tahtotilan muuttuminen myönteisiksi vesien tilan parantamiselle, rahoituksen saatavuuden parantuminen sekä suunnittelua ohjaavan tiedon lisääntyminen.

**Asiasanat:** elinkaariarviointi, kasvihuonekaasu, monimuotoisuus, valuma-alue, vesiekosysteemi, vesieliö, vesistökuormitus

## Abstract

Tuula Larmola<sup>1</sup>, Mika Tähtikarhu<sup>2</sup>, Jukka Ruuhijärvi<sup>1</sup>, Sirpa Piirainen<sup>3</sup>, Pauliina Louhi<sup>4</sup>, Kirsi Järvenranta<sup>5</sup>, Kirsi Usva<sup>2</sup> ja Liisa Ukonmaanaho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Luonnonvarakeskus. Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

<sup>2</sup>Luonnonvarakeskus Tietotie 4 31600 Jokioinen

<sup>3</sup>Luonnonvarakeskus Yliopistokatu 6 B 80100 Joensuu

<sup>4</sup>Luonnonvarakeskus Paavo Havaksen tie 3 90570 Oulu

<sup>5</sup>Luonnonvarakeskus Halolantie 31 A 71750 Maaninka

Questionnaire surveys of the Innowater project mapped existing expertise and knowledge gaps regarding environmental loads to water bodies and their aquatic impacts. The surveys were targeted to the research community as well as to other stakeholder groups in Finland. The rationale was to combine expertise of Natural Resources Institute Finland's (Luke) and that of other organizations on these topics in a novel manner and create synergy for solving water challenges. The surveys were complemented with an interdisciplinary workshop for stakeholders. Luke's strengths and gaps in water expertise based on recent publications were also analyzed. This report summarizes these results.

Based on the surveys, it can be noted that from the point of view of expertise and knowledge needs, the volume of cross-sectorial and cross-scale research has been so far small compared to research focusing on narrower topics. On the other hand, both specific and broad substance expertise is well available in different sectors. We identified four research themes, which, in particular, could be strengthened through interdisciplinary collaborative studies on environmental impacts of agriculture and forestry: 1) Integrated view on catchment-scale water protection measures to ensure that they are targeted cost and site efficiently in mosaics of agricultural and forest landscapes, 2) The impacts of environmental loading on aquatic biota and ecosystems, 3) Land use induced aquatic greenhouse gas emissions and climatic impacts, 4) Life cycle assessments of agricultural and forestry products.

The largest share of the respondents had expertise on the sources of loading and the reduction of the loads. Regarding environmental loads to water ecosystems, the knowledge gaps focused mostly on (1) more comprehensive monitoring and quantification of the share of different sources from the total loads, (2) load generation processes (e.g. quantity, quality and transport of carbon) and (3) impacts of water protection and land-use procedures on the loads. More knowledge would be needed also on the magnitude of loads of nutrient, suspended sediment, carbon and especially of other, less studied, harmful substances. Regarding aquatic greenhouse gas emission and climatic impacts, the knowledge gaps were related to waterborne emissions and climatic impacts generated by land use (processes, climate interactions and land-use changes). Regarding ecosystem impacts, the main knowledge needs were impacts of (1) loads from agriculture and forestry, (2) changing hydrological and bio-physical factors and (3) effectiveness of different water protection measures from the point of view of biodiversity. Main knowledge needs of life cycle assessments were related to forestry products and biodiversity impacts. More information on ongoing research and knowledge gaps is found in Appendix 5.

According to the stakeholder responses, three most important threats to status of the aquatic ecosystems are climate change, land-use changes and lack of or mistargeting of policy instrument and funding. Three most often mentioned opportunities were positive changes in attitudes and mutual aims, increasing amount of available funding and increase in relevant

information for planning water protection measures. Reduction in point-source loads was considered a success and non-point source loads were seen as a current challenge.

Models and data integration combined with more comprehensive monitoring enable the improved assessment of the environmental loads to water bodies and their aquatic impacts in a larger context. Improved knowledge on the big picture is needed for more efficient targeting of the water protection measures. On the other hand, knowledge gaps prevail also regarding understanding of processes at small scale. Enhanced cooperation can be considered to have a role in the development of water protection.

**Keywords:** aquatic ecosystem, aquatic organism, catchment, diversity, environmental load to water bodies, greenhouse gas, life cycle assessment

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Katsaus Luken vesi- ja vesistökuormitus-osaamiseen .....</b>	<b>10</b>
2.1. Vesistökuormitus.....	12
2.2. Maankäytön vesistövälikkeiset kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset .....	12
2.3. Vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöihin ja ekosysteemeihin.....	12
2.4. Maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjälki, elinkaarianalyysi.....	12
2.5. Yhteistyökumppanit.....	13
<b>3. Vesistötutkimuksen muut tutkimusorganisaatiot ja alan toimijat .....</b>	<b>14</b>
3.1. Alan toimijoiden tavoitteet ja yhteistyökumppanit .....	14
3.2. Tärkeimmät uhat ja mahdollisuudet.....	14
<b>4. Tietotarpeet tutkimusaihepiireittäin ja niiden ratkaiseminen .....</b>	<b>16</b>
4.1. Vesistökuormitus: kuormittavat tekijät ja kuormituksen vähentäminen .....	16
4.1.1. Kuormituslähteiden tunteminen ja monitorointi .....	17
4.1.2. Prosessit .....	17
4.1.3. Vesiensuojelu- ja maankäyttötoimenpiteet, ohjauskeinot ja tutkimusyhteisön toiminta.....	18
4.1.4. Kiireisimmät tietotarpeet ja kuormien suuruudet.....	20
4.2. Maankäytön vesistövälikkeiset kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset .....	21
4.3. Vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöihin ja ekosysteemeihin.....	23
4.4. Maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjälki, elinkaarianalyysi.....	24
4.4.1. Tausta .....	24
4.4.2. Vesistökuormituksen arviointi elinkaariarvioinnissa .....	25
4.4.3. Vesistökuormituskyselyn tulos .....	25
<b>5. Vesistökuormitusta vähentävien toimien vaikuttavuus ja siihen liittyvät tietotarpeet.....</b>	<b>27</b>
5.1. Edistyminen vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantamisessa.....	27
5.2. Millaisten vesistöjen parantamisessa on parhaiten onnistuttu? .....	28
<b>6. Yhteenveto.....</b>	<b>30</b>
<b>Viitteet.....</b>	<b>31</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>32</b>



# 1. Johdanto

Luonnonvarakeskuksen (Luke) Innovative land-water interfaces (Innowater) -hanke kartoitti Luken ja sidosryhmien vesistökuormitusosaamista, käynnissä olevaa tutkimusta, tietotarpeita sekä vesistötoimenpiteiden vaikuttavuutta. Kokonaiskuvan muodostamisen tavoitteena on luoda edellytyksiä uusiin avauksiin maankäytön ja vesistökuormituksen keskeisten haasteiden ja ratkaisujen tunnistamisessa sekä kehittää aiempaa tehokkaammin uusia luovia lähestymistapoja ja menetelmiä yhteistyössä alan toimijoiden kanssa. Yhteistyön lisääminen lisää myös tutkimuksen vaikuttavuutta ja vahvistaisi maa- ja metsätalouden ympäristövaikutusten systemistä ja tieteiden välistä tarkastelua. Tiedonkeruu toteutettiin asiantuntijakyselyillä Luken tutkijoille, muiden tutkimusorganisaatioiden tutkijoille ja alan toimijoille, sekä kirjallisuushauilla ja järjestämällä monitieteinen työpaja. Tämä raportti tiivistää kartoituksen tulokset.

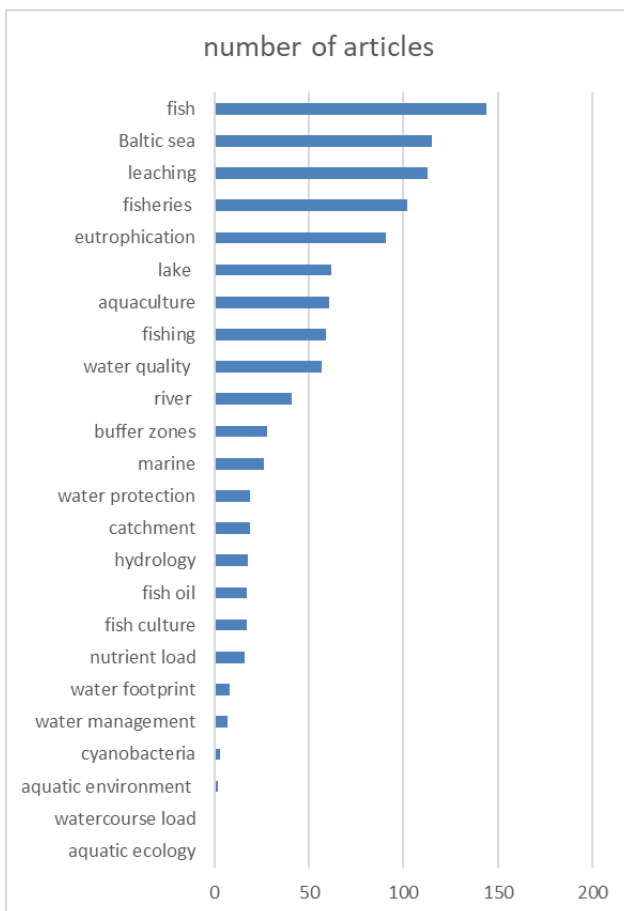
Asiantuntijakyselyt kohdistettiin kolmelle vastaajaryhmälle: 1) alan sidosryhmien edustajille (45) 2) yhdeksän muun tutkimusorganisaation tai yliopiston vesistötutkijoille (50) 3) kaikille Luken tutkijoille (N=820). Sidoryhmäkysely tehtiin suomen kielellä ja kohdistettiin asiantuntijoille, joilla oletettiin olevan kiinnostusta vesistökyseksiin, mm. luonnonsuojelujärjestöihin, Tapioon, vesiensuojeluyhdistykseen, Suomen metsäkeskukseen, yrityksiin ja valtionhallintoon. Tutkijakysely lähetettiin mm. Helsingin, Jyväskylän ja Oulun yliopiston, Suomen ympäristökeskuksen ja Geologian tutkimuskeskuksen tutkijoille, joiden tutkimuksen tiedettiin kohdistuneen vesistökuormitukseen liittyviin kysymyksiin. Luken ja muiden organisaatioiden tutkijakysely toteutettiin englanninkielisenä, koska tavoitteena oli saavuttaa myös ne, jotka eivät puhu suomea äidinkielenään. Tutkijakyselyt olivat sisällöltään samanlaiset, sidoryhmäkysely poikkesi hieman niistä. Kyselyt ovat liitteessä 1.

Kyseyt toteutettiin webropol-pohjalla huhtikuussa 2020. Kyselyyn vastasi yhteensä 52 ihmistä. Vastausprosentti oli 36 % sidoryhmäläisillä, 20 % ei Lukelaisilla tutkijoilla ja <3 % Luken tutkijoilla. Lukessa vastausprosentti oli alhainen, koska kysely lähetettiin kaikille tutkijoille (>800), eikä vain vesistötutkimusta tekeville. Kohdistaminen olisi vaatinut oman kyselynsä ja toisaalta tavoitteena oli kartoittaa laaja-alaisesti kiinnostusta ja asiantuntemusta, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää vesistötutkimuksissa, joten päätettiin lähettää kysely kaikille Luken tutkijoille.

## 2. Katsaus Luken vesi- ja vesistökuormitusosaamiseen

**Luken vesistötutkimuksen tieteellistä profiilia ja vaikuttavuutta** tarkasteltiin vuosien 2015–2020 julkaisujen avulla. Vesiin liittyvistä englanninkielisistä Luke Research -asiantuntijarekisterin asiansanoista 24 tuotti vähintään yhden osuman (osumia yhteensä 1036, haku Jukuri-tietokannasta 18.9.2020, Kuva 1). Lukella on vahvaa osaamista vesistökuormituksesta valuma-alueilta vesistöihin, kuten maa- ja metsätalouden rehevöittävästä ja humuskuormituksesta, kalakannoista sekä maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjäljistä. Yleisimmät osumat olivat Fish (+johdannaiset) 348 > Leaching 113 > Eutrophication 92. Huomionarvoista on, että yhdistelmät Fish AND Eutrophication ja Fish AND Water quality eivät tuottaneet osumia. Tutkittu ekosysteemi mainittiin asiansanana 244 kertaa, meriä näistä oli 58 % (Itämeri 47 %), järviä 25 % ja jokia 17 %. Tarkastelu osoittaa, että eri vesistökuormituksen osa-alueita ja vaikutuksia tutkitaan runsaasti, mutta sektorit ja osa-alueet yhdistävää tutkimusta on suhteessa selvästi vähemmän.

Vesi – ja vesistökuormitusosaamista kartoitettiin myös kokoamalla viiden viime vuoden aikana käynnissä olleita hankkeita tutkijoille lähetettyjen kahden kyselyn perusteella. Luken tutkijoiden vastauksista suurin osa liittyi kuormittaviin tekijöihin ja kuormituksen vähentämiseen. Luken tutkimusosaaminen on tiivistetty taulukossa 1 ja kuvattu tarkemmin kappaleissa 2.1–2.5 Taulukko 1 myös tiivistää tietotarpeet kaikkien kolmen kyselyn pohjalta ja luvut 4.1–4.4 tarkentavat näitä tietotarpeita.



**Kuva 1.** Luken vesiin liittyvät julkaisut 2015–2020. Pylväät (Number of articles) kuvaavat osumien määrää ko. asiansanaan Jukuri-tietokannassa (osumia yhteensä 1036, haettu 18.9.2020).

**Taulukko 1.** Käynnissä oleva tutkimus eri maankäyttösektorien vesistökuormituksesta ja sen vaikutuksista vesiluonnon tilaan sekä uudet tietotarpeet. Vesistökuormitukseen, erityisesti kuormittaviin tekijöihin liittyvät Luken hankkeet eritelty tarkemmin liitteessä 2.

Käynnissä oleva tutkimus	Uudet tietotarpeet
<b>Vesistökuormitus: kuormittavat tekijät ja kuormituksen vähentäminen</b>	
<p><b>Maatalous</b>  Turvepeltojen ympäristökuormat  Kivennäismaiden hydrologia, ravinnekuormat ja -taseet  Maanparannusaineet, kierrätyslannoitteet  Orgaaninen aines ja sen kuormat  Muut haitta-aineet  Mallinnus</p> <p><b>Metsätalous</b>  Metsänhoito ja sen vaikutukset  Vesienhallinta  Muut haitta-aineet  Mallinnus  Metsäbiomassat</p> <p><b>Muut</b>  Vesistöjen tila ja kunnostus  Jäte- ja hulevedet  Alueellinen ja valuma-alueittakaava  Akvaponinen viljely  Liukoinen orgaaninen aines  Sulfaattimaat ja kaivokset</p>	<p>Kuormituslähteiden tunteminen ja monitorointi  Prosessit  Vesiensuojelu- ja maankäyttötoimenpiteet  Ohjauskeinot</p> <p><i>Tutkimustarpeet tarkemmin kuvissa 5–8.</i></p>
<b>Maankäytön vesistövälimittaiset kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset</b>	
<p>Järvien kasvihuonekaasupäästöt  Tekoaltaiden kasvihuonekaasupäästöt  Rakennettujen pienten virtavesien ja patoal-  taiden metaanipäästöt ja patojen purkamisen  ilmastovaikutukset</p>	<p>Maatalouden huuhtouma-N<sub>2</sub>O-päästöt  Huuhtoutuvan hiilen määrä, laatu ja kohtalo:  sedimentoituminen/vapautuminen kaasuina  Sisäinen kuormitus  Maankäytön muutoksen vaikutukset vesien  KHK-päästöihin muuttuvassa ilmastossa</p>
<b>Vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöihin ja ekosysteemeihin</b>	
<p>Maa- ja metsätalouden hajakuormituksen ka-  lastovaikutusten seuranta</p> <p>Vesienhoidon kalastoseuranta</p>	<p>Maa- ja metsätalouden kuormituksen vaikutuk-  set kalastoon ja monimuotoisuuteen  Muuttuneen hydrologian ja muiden biologis-  fysikaalisten tekijöiden vaikutukset  Vesiensuojelumenetelmien tehokkuus vesien  monimuotoisuuden näkökulmasta</p>
<b>Maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjälki, elinkaarianalyysi</b>	
<p>Ruoka- ja puutarhatuotteiden rehevöittävä  vaikutukset, peltoviljelyn elinkaariarviointi  Vesijalanjälkiarviot  Ekotoksisuusvaikutukset</p>	<p>Metsätalouden tuotteiden vesistökuormitus-  malli  Metsäojituksen vaikutukset  Maatalouden kuormitusmalli päivitettävä</p>

## 2.1. Vesistökuormitus

Luken vahvuuksia on syvälinen ja laaja-alainen vesistökuormituksen asia- ja menetelmäosaaminen: mm. seurantaan, prosesseihin, vesiensuojelumenetelmiin, kestäviin tuotantomenetelmiin ja mallintamiseen liittyvä tutkimus (Liite 2). Aihepiirejä ovat vesienhallinnan sekä metsätalous- ja maataloustoimenpiteiden tutkimus vesistökuormituksen ja kestävyuden näkökulmasta ja uusimpina mallien kehitys ja digitalisaation mahdollisuuksien valjastaminen. Kehitettävää on siinä, että käynnissä olevat hankkeet keskittyvät useimmiten yksittäisiin eivätkä useisiin sektoreihin. Tarkemmin Luken osaamista kuvaavat käynnissä olevat hankkeet on luokiteltu liitteessä 2. Yleisesti nämä hankkeet toteutetaan yhdessä tutkimuskumppanien kanssa. Luken ulkopuolisista organisaatioista kyselyyn vastanneiden tutkijoiden käynnissä olevat hankkeet on ryhmitelty liitteessä 3.

## 2.2. Maankäytön vesistövälikkeiset kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset

Lukessa on kasvihuonekaasujen mittaamisen menetelmäosaamista, mutta tutkimusta maankäytön vesistövälikkeisistä kasvihuonekaasupäästöistä ja ilmastovaikutuksista on vähän. Kansalisen yhteistyönä mm. SYKE:n tutkijoiden kanssa on viime vuosina julkaistu Suomen järvien ilokaasupäästöjä käsittelevä tutkimus (Kortelainen ym. 2020) ja kansainvälisenä yhteistyönä tekoaltaiden kasvihuonekaasupäästöjä käsittelevä tutkimus (Prairie ym. 2017). Monitieteinen Hiihtolanjoen patojen purkuhanke tutkii ennallistamisen vaikutuksia vaelluskaloihin, alueen asukkaiden kokemia haittoja ja hyötyjä veden korkeuden muutoksista sekä myös rakennettujen pienten virtavesien ja patoaltaiden metaanipäästöjä ja patojen purkamisen ilmastovaikutusta (DamRem 2020–2022).

## 2.3. Vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöihin ja ekosysteemeihin

Vesistökuormituksen, erityisesti rehevöittävien ravinteiden ja happaman laskeuman vaikutuksia vesiekosysteemeihin ja -eliöihin on tutkittu pitkään ja paljon. Luken edeltäjien aikaan tutkimuksia tehtiin usein pohjoismaisissa yhteistyöhankkeissa. EU:n vesipuitteidirektiivin säätäminen vuonna 2000 käynnisti vesien ekologisen tilan mittaamisen kansainvälisen menetelmäkehityksen, jonka tuloksena syntyivät ekologisen luokittelun menetelmät eri eliöryhmille (kalat, kasviplankton, pohjaeläimet, vesikasvit ja pohjalevät) järville, joille ja rannikkovesille. Ravinnekuormituksen aiheuttama rehevöityminen on tärkein ympäristöpaine, jonka vaikutusta ekologinen luokittelu mittaa. Ekologisen tilan seurantaohjelma aloitettiin vuonna 2007. Luke vastaa viranomaistehtävänä kalaston ekologisen tilan seurannasta ja kalastoon perustuvasta jokien ja järvien ekologisesta luokittelusta sekä niiden kehittämisestä. Näitä toteutetaan yhteistyössä SYKE:n ja ympäristöhallinnon kanssa.

## 2.4. Maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjälki, elinkaarianalyysi

Elinkaarianalyysillä (LCA, Life cycle assessment) tarkoitetaan tuotteen tai palvelun koko sen elinkaaren ympäristövaikutusten tutkimista raaka-aineen hankinnasta tuotteen hylkäämiseen asti. Se on siis keino tutkia miten jokin tuote vaikuttaa ympäristöön ja sitä voidaan käyttää

hyödyksi esim. tuotteen hiilijalanjäljen tai muun ympäristövaikutuksen pienentämiseen teollisuudessa.

Lukessa tehdään elinkaariarviointia erilaisille tuotteille. Metsätalouden tuotteiden arvioinnissa ei kuitenkaan toistaiseksi ole tehty alusta pitäen vesistökuormitusten arviointia.

Ruokatuotteiden osalta tehdään puolestaan hyvin usein rehevöittävien vaikutusten arviointia, viimeksi mm. useammassa asiakashankkeessa (esim. kalatuote <https://apetit.fi/apetit-jarvikala-tuotteet-vastuullinen-valinta/>).

Veden niukkuusvaikutuksia eli ns. vesijalanjäljen arviointia tehdään myös mm. yhteisrahoitteisessa Sian- ja broilerinlihan ympäristösuorituskyky -hankkeessa, sekä edelleen laajempaa eläinperäisten tuotteiden kirjoa käsittelevässä Kotietu-hankkeessa.

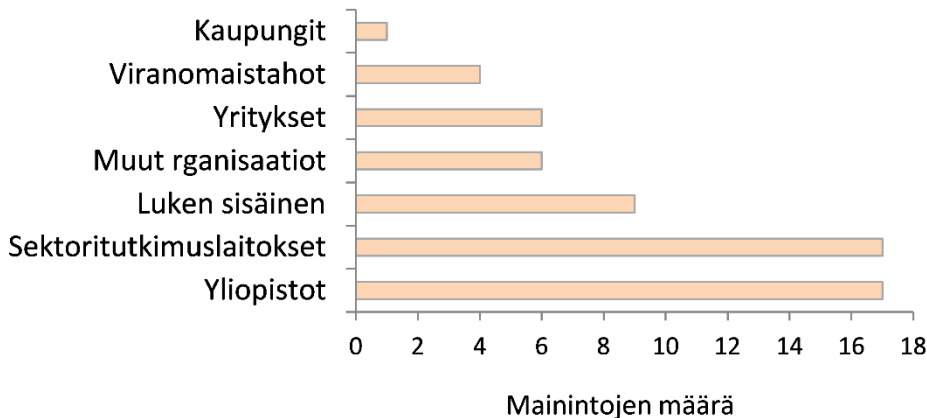
Biodiversiteettivaikutuksia ei toistaiseksi ole vielä paljon arvioitu, mutta arviointimenetelmää kehitetään mm. JustFood -hankkeessa.

Niin ikään yhteisrahoitteisessa Puutarha-LCA-hankkeessa tehdään puutarhatuotteiden osalta ekotoksisten vaikutusten, vesiniukkuuden ja rehevöittävän vaikutuksen arviointia.

LIFE IP Freshabit-hankkeen yhtenä tavoitteena on yhdistää erilaisia vesistökuormitusmalleja. Freshabitin Karjaajoki osahankkeeseen liittyvässä Luken ja Syken tutkimuksessa selvitetään valuma-alueella tehtävien toimien vaikutuksia joen raakkukantaan keskittyen erityisesti maatalouden osuuteen, joka on keskeisin veden laatuun vaikuttava maankäyttömuoto tutkimusalueella. Työssä tarkastellaan valuma-alueen aiheuttamaa kuormitusta yleisesti (ml maatalous) INCA-valuma-aluemallilla ja maatalouden aiheuttamaa kuormitusta erityisesti peltoviljelyn elinkaariarvioinnilla ja kehitetään ns. raakkuindikaattoria.

## 2.5. Yhteistyökumppanit

Luken tutkijoiden tärkeitä yhteistyötahoja ovat yliopistot ja sektoritutkimuslaitokset, muut organisaatiot (esimerkiksi säätiöt ja yhdistykset), yritykset (mukaan lukien viljelijät) ja viranomais-tahot (Kuva 2). Kyselyyn vastanneet tutkijat tekivät selvästi harvemmin yhteistyötä kaupunkien kanssa. Luken sisäinen yhteistyö mainittiin myös usein.



**Kuva 2.** Kyselyyn vastanneiden Luken tutkijoiden tärkeimmäksi mainitsemat yhteistyötahot.

### 3. Vesistötutkimuksen muut tutkimusorganisaatiot ja alan toimijat

Kokonaiskuvan muodostamiseksi myös alan muilta tutkimusorganisaatioilta ja alaa lähellä olevilta sidosryhmiltä kysyttiin eri maankäyttösektorien vesistökuormituksesta ja sen vaikutuksista vesiluonnon tilaan sekä tietotarpeista (ks. kysely liite 1). Kyselyyn vastasi yhteensä kymmenen alan tutkijaa Helsingin, Jyväskylän ja Oulun yliopistoista sekä Suomen ympäristökeskuksesta ja Geologian tutkimuskeskuksesta, joiden käynnissä oleva tutkimus on kuvattu taulukossa 1 ja hankkeet koottu liitteeseen 3.

Sidosryhmäkyselyn vastaajat edustivat vesiensuojeluyhdistyksiä (6), neuvontaorganisaatioita (3), valtionhallintoa (3) ja alan yrityksiä (4). Näiden organisaatioiden toiminnan maantieteellinen laajuus vaihteli valtakunnallisesta tai kansainvälisestä (4), maakunnalliseen (10) ja paikalliseen (2).

#### 3.1. Alan toimijoiden tavoitteet ja yhteistyökumppanit

Kyselyyn vastanneille muille kuin tutkimusorganisaatioiden edustajille ('sidosryhmille') tärkeitä aihekokonaisuuksia olivat yleisimmin maa- ja metsätalous, seuraavina tulivat yhdyskuntien jätevedet ja luonnonsuojeluohjelmat. Vähiten mainintoja saivat kalanviljely sekä teollisuuden energiantuotanto (Kuva 3). Kyselyyn vastanneet organisaatiot edistävät kuvassa 3 mainittuja aihekokonaisuuksia monin keinoin suunnittelu-, hanke-, koordinointi- ja neuvontatyönä. Tavoitteina ovat yhteistyön edistäminen eri toimijoiden kesken, tutkimus- ja kehittämistyö sekä tutkimukseen perustuvan tiedon jakaminen sekä monitorointi ja aineistojen tuottaminen. Organisaatioiden osaaminen on koottu liitteeseen 4.

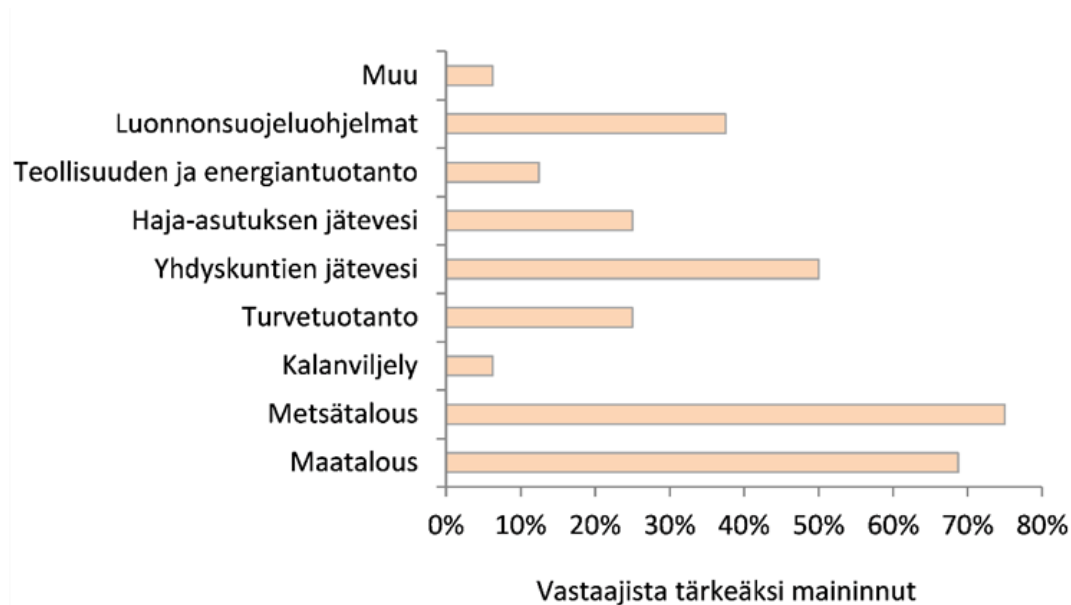
Yhteistyökumppaneina selvästi useimmin mainittiin viranomaiset, tutkimuslaitokset ja yhdistykset (Kuva 4). Melko usein kumppaneiksi mainittiin myös mm. kunnat, yksityishenkilöt (esimerkiksi ranta-alueiden asukkaat ja mökkeilijät) ja oppilaitokset. Kyselyn perusteella sidosryhmien (Kuva 4) ja tutkijoiden (Kuva 2) yhteistyötahot poikkeavat selvästi toisistaan. Sidosryhmien yhteistyötahot painottuvat tutkijoita enemmän käytännön toimijoihin. Sikäli tutkijoiden ja muiden sidosryhmien yhteistyötahojen voidaan katsoa täydentävän toisiaan hyvin.

#### 3.2. Tärkeimmät uhat ja mahdollisuudet

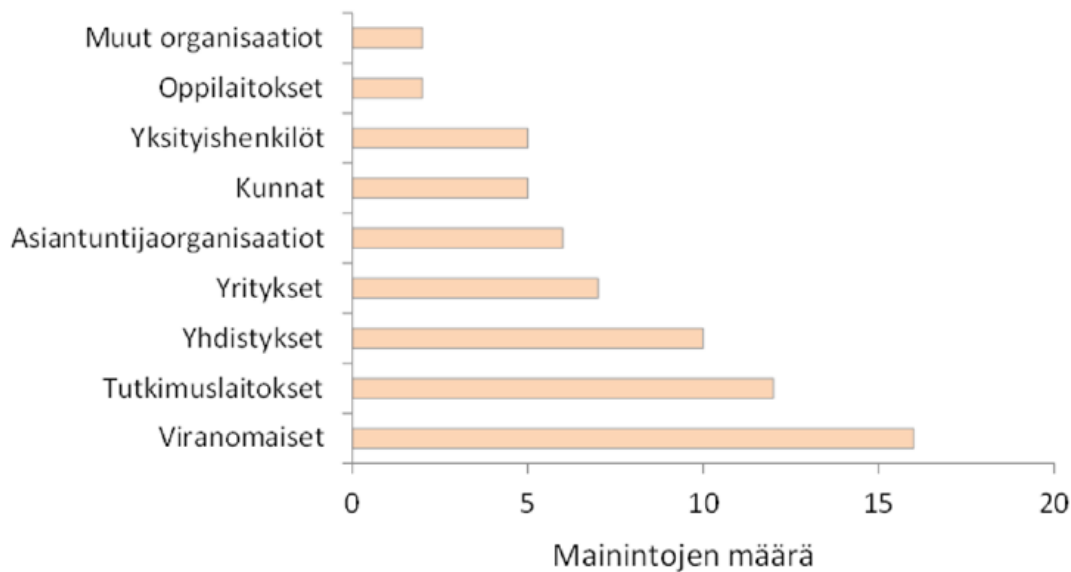
Kyselyyn vastanneiden alan toimijoiden mukaan kolme tärkeitä vesistöjen tilan uhkaa ovat ilmastonmuutos, maankäytön muutokset sekä ohjauskeinojen ja rahoituksen riittämättömyys tai kohdistuminen. Ilmastonmuutos, sen vaikutukset sademääriin ja sateen jakaumaan, lämpötilaan ja sään ääri-ilmiöihin mainittiin useimmin. Maankäyttöön liittyviä uhkia pidetään myös tärkeinä: valuma-alueiden, maatalouden, metsätalouden, turvetuotannon ja kaivosteollisuuden muutoksia ja niistä aiheutuvaa kuormitusta. Rahoituksen ja päätöksenteon haasteina mainitaan mm. toimenpiteiden kohdennus ensiapuun eikä syihin ja ylipäätään riittämätön rahoitus vesien kunnostukseen. Muita mainittuja uhkia olivat mm. vesistön kantokyvyn ylittävä kuormitus, vesieläinten monimuotoisuuden väheneminen, vieraslajit, haitta-aineet, liettyminen ja rehevöityminen.

Kolme useimmin mainittua mahdollisuutta ovat asenteiden ja yhteisen tahtotilan muuttuminen myönteisiksi vesien tilan parantamiselle, rahoituksen saatavuuden parantuminen sekä suunnittelua ohjaavan tiedon lisääntyminen. Tutkimustietoa on sovellettu mm. uusiin innovaatioihin ja tekniikan kehittämiseen, valuma-alueiden kunnostuksiin, soiden ennallistamiseen ja uusiin

metsänhoitomenetelmiin. Vesistöjen kunnostaminen luo myös mahdollisuuksia yhteisöllisyydelle, matkailulle ja kotimaisen kalan käytölle.



**Kuva 3.** Sidosryhmien näkökulmasta tärkeimmät aihekokonaisuudet sektoreittain.

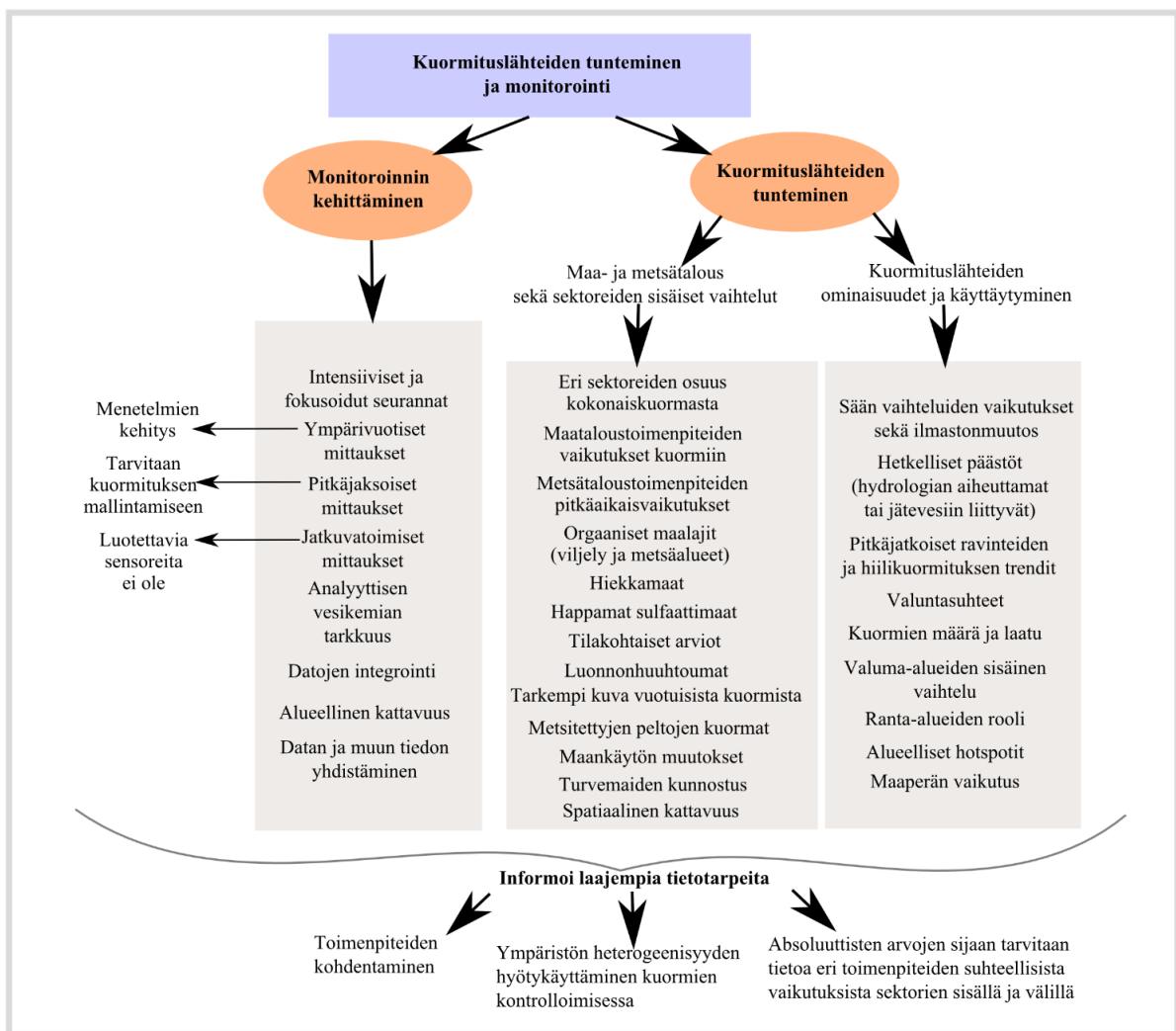


**Kuva 4.** Sidosryhmien tärkeimmäksi mainitsevat yhteistyötahot.

## 4. Tietotarpeet tutkimusaihepiireittäin ja niiden ratkaiseminen

### 4.1. Vesistökuormitus: kuormittavat tekijät ja kuormituksen vähentäminen

Taulukko 1 tiivistää tietotarpeet ja luvut 4.1–4.4 tarkentavat näitä tietotarpeita. Kuormittaviin tekijöihin liittyvät tutkimus- ja tietotarpeet voidaan jakaa viiteen eri luokkaan: (1) kuormituslähteiden tunteminen ja monitorointi, (2) prosessit, (3) vesiensuojelu- ja maankäyttötoimenpiteet, (4) ohjaukseen ja (5) tutkimusyhteisön toiminta. Tutkimus- ja tietotarpeet on jäsennellyt visuaalisesti kuvissa 5–8.



**Kuva 5.** Vesistökuormitukseen ja sen vähentämiseen liittyvät tutkimus- ja tietotarpeet tutkijoiden vastausten pohjalta jäsennellyinä.



#### **4.1.1. Kuormituslähteiden tunteminen ja monitorointi**

Kuormituslähteiden tunteminen nähtiin laajalti tärkeänä asiana ja siihen liittyen mainittiin useaan kertaan eri sektorien välisten kuormien suhteet. Lisäksi erilaisista ympäristöolosuhteista tarvitaan vielä tarkempaa tietoa, kuten tarkempia mittauksia orgaanisilta maalajeilta, happamilta sulfaattimailta sekä tarkempia tilakohtaisia kuormituslukuja maatalouteen. Kuormituslähteiden välisten suhteiden lisäksi tärkeänä asiana nähtiin kuormituslähteiden ominaisuudet ja käyttäytyminen. Esimerkiksi kuormituslähteiden valuntasuhteet, hetkelliset päästöt ja sään vaihteluiden vaikutukset nähtiin tärkeinä tekijöinä, joista tarvittaisiin lisätietoa (Kuva 5).

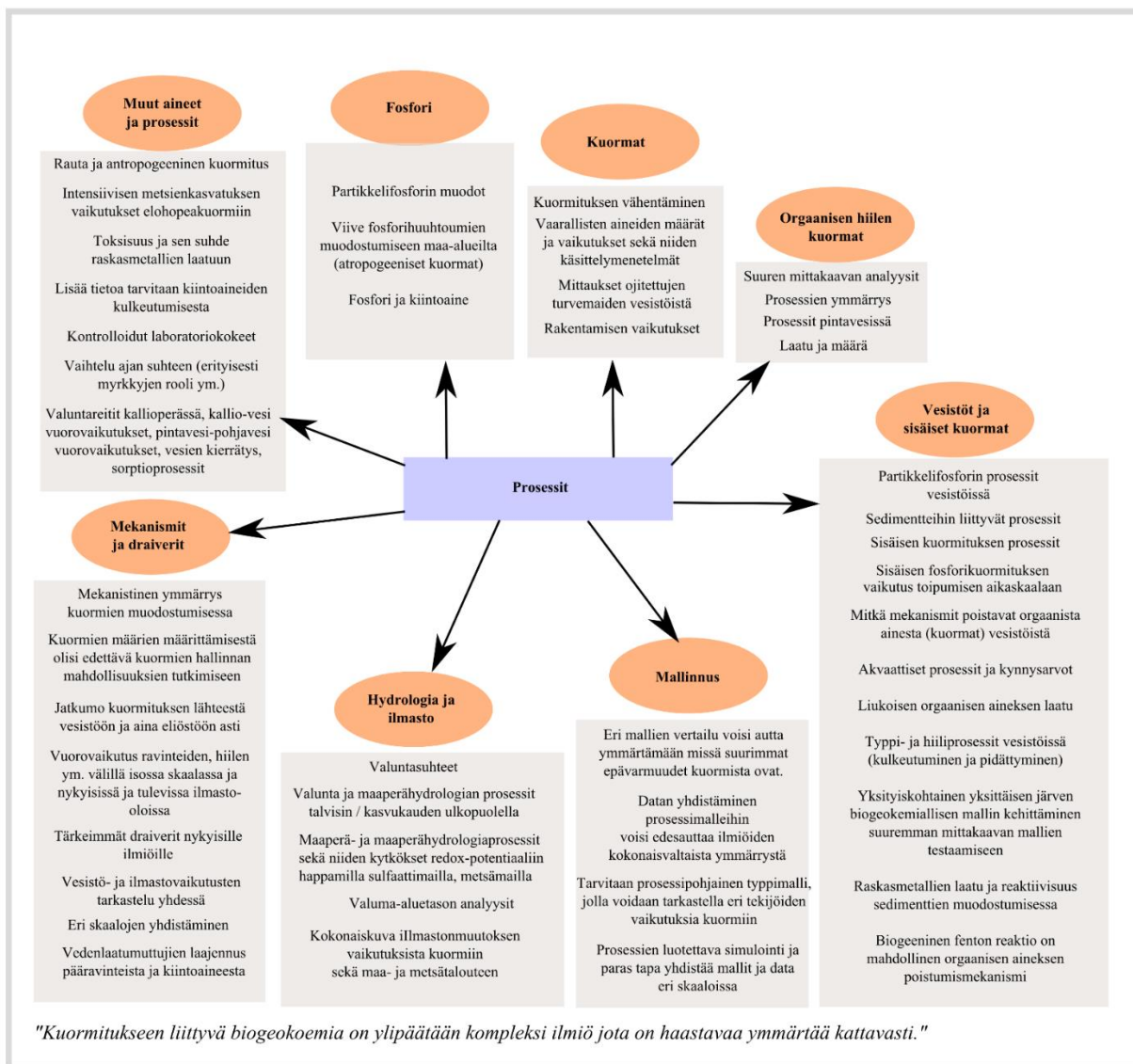
Kuormituksen seuranta tulisi kehittää erityisesti pitkäjaksoisemmaksi, ja intensiivisemmäksi (Kuva 5). Tämä vaatii jatkuvatoimisten ja ympärivuotisten mittausten menetelmien sekä aineistojen hallinnan kehittämistä.

Edellä mainitut tietotarpeet liittyvät myös toisiinsa, esimerkiksi toimenpiteiden tehokkaan kohdentamisen voidaan katsoa vaativan tietoa kuormituslähteiden paremmasta tuntemuksesta ja monitoroinnista. Kuormien vähentämisen kannalta mainittiin myös, että välttämättä absoluuttisia kuormitusarvoja ei tarvita, vaan tietoa eri toimenpiteiden suhteellisista vaikutuksista toimenpiteiden kohdentamiseksi.

#### **4.1.2. Prosessit**

Prosesseista hahmottui useita tietotarpeita (Kuva 6). Orgaanisen hiilen kuormien määrän ja laadun lisäksi hiilikuormituksen suuren mittakaavan tilannekuva on vielä epäselvä. Fosforin osalta tietotarpeiksi mainittiin partikkelifosforin muodot ja kuormien vaihtelu ajan suhteen. Yleisesti kuormien vähentämiseen liittyvät prosessit nähtiin tarpeellisina tutkimuskohteina. Muista aineista mainittiin erikseen mm. rauta ja raskasmetallien sekä kiintoaineiden kulkeutuminen. Mekaaninen ymmärrys kuormien muodostumisesta tarvitsisi tarkennusta ja mainittiin, että pelkästä kuormien määrien määrittämisestä olisi edettävä kuormien hallinnan mahdollisuuksien tutkimiseen. Vuorovaikutukset eri tekijöiden välillä kaipaavat yhä tarkennusta ja jatkumo kuormituksen lähteestä vesistöön ja eliöön saakka on yhä epäselvä (Kuva 6).

Prosesseihin liittyen hydrologian ja ilmastoon liittyvät tietotarpeet nähtiin myös laajalti oleellisina. Esimerkiksi valuntasuhteet ja kokonaiskuva ilmastonmuutoksen vaikutuksista kaipaaisi tarkennusta. Vesistöjen ja sisäisten kuormien osalta tärkeinä nähtiin sedimentteihin liittyvät prosessit, partikkelifosforin kohtalo vesistöissä ja aineiden pidäytyminen vesistöissä. Malleilla nähtiin olevan merkitystä epävarmuuksien tarkastelussa ja aineistojen yhdistämisessä (Kuva 6).



**Kuva 6.** Vesistökuormituksen prosesseihin liittyvät tutkimus- ja tietotarpeet tutkijoiden vastausten pohjalta jäsenneltynä.

#### 4.1.3. Vesiensuojelu- ja maankäyttötoimenpiteet, ohjaukset ja tutkimusyhteisön toiminta

Vesiensuojelu- ja maankäyttötoimenpiteiden tehokkuudesta saatiin osin kriittisiä vastauksia. Vesiensuojelutoimia ja -rakenteita ei pidetty hyvin tehokkaina ja tietotarpeena nähtiin yksittäisten koasetelmien yleistäminen ja toimenpiteiden kustannustehokkuus valuma- ja vesistöaluetasolla. Yleisesti kustannustehokkaiden menetelmien kehittämisen ja kokeileminen nähtiin tarpeelliseksi (Kuva 7): esimerkiksi happamien vesien käsittely, hiiltä pidättävän rakenteet ja ilmastomuutoksen vaikutus kuormien vähentämismahdollisuuksiin.

Ohjaukset vastauksia tuli huomattavasti aiempia kohtia vähemmän. Keskeinen kysymys ohjaukset osalta on, että kuinka säännöstöä ja tukipolitiikkaa pitäisi ohjata, jotta vesistökuormitus vähenisi tehokkaasti (Kuva 7). Lisäksi tietotarpeena mainittiin vaarallisten aineiden rajoitukset ja siihen liittyvä lainsäädäntö.

Tutkimusyhteisön toiminnan osalta tietotarpeisiin nähtiin liittyvän eri tieteenalojen ja organisaatioiden yhteistyötarpeen. Yleisesti ottaen mainittiin myös, että enemmän tutkimusta tarvittaisiin ja että menetelmäkehitystä voisi lisätä kaikkien tietotarpeiden osalta.



**Kuva 7.** Vesien suojeluun ja sen ohjauskeinoihin liittyvät tutkimus- ja tietotarpeet tutkijoiden vastausten pohjalta jäsennellynä.

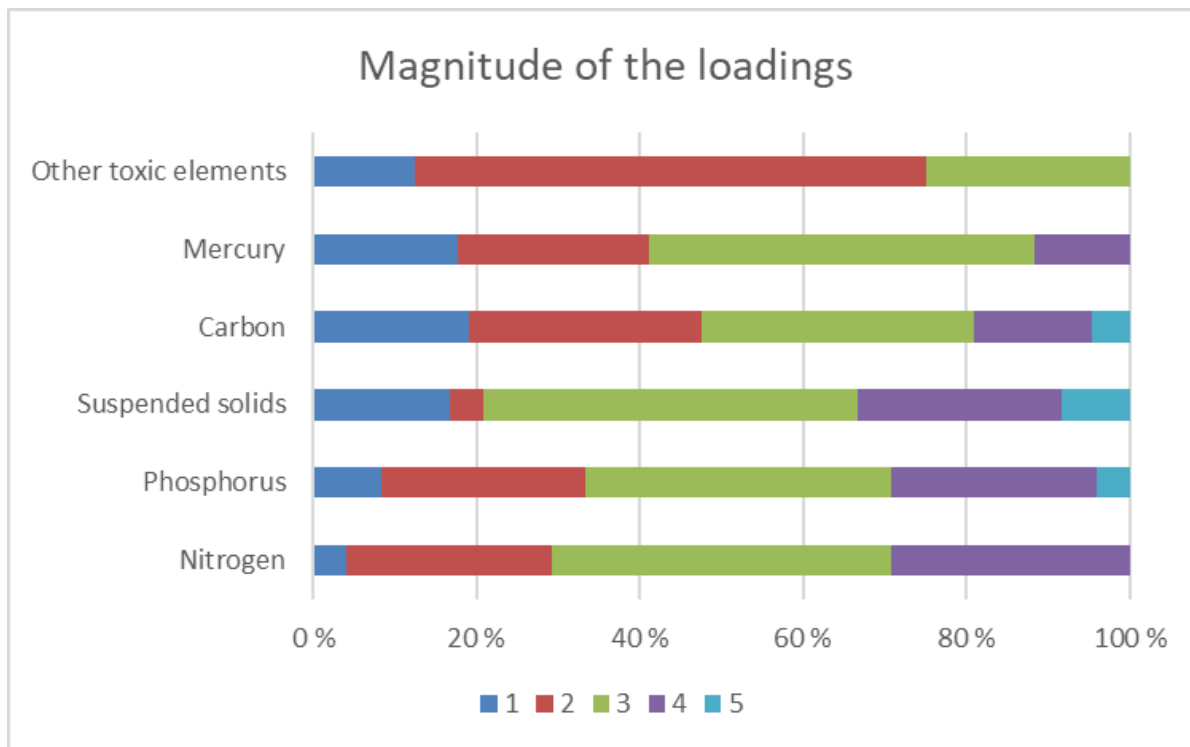
#### 4.1.4. Kiireisimmät tietotarpeet ja kuormien suuruudet

Myös kiireisimpien tietotarpeiden osalta korostuivat ravinnekuormat, kiintoainekuormat ja turvepeltojen kuormat (Kuva 8). Toisaalta niidenkin suhteen vastauksissa oli myös vaihtelevuutta ja mainittiin muun muassa kemikaali- ja lääkejäämakuormat sekä ilmastonmuutoksen vaikutukset (Kuva 8).

<b>Kiireisimmät tietotarpeet</b>	Ilmastonmuutokseen liittyvät asiat.	Maatalouden kuormitus Itämereen.	Maatalouspuolella ravinnerikkaiden biomassojen alueellinen keskittyminen.	Kuormien vähentäminen (typpi, fosfori, hiili).	Kiintoainekuormituksen vähentäminen (erosio).	Kriittisten ravinteiden kuormien vähentäminen
	Kuinka vähentää kuormitusta viljelyalueilta.		Turvepeltojen viljelyn aiheuttamien ravinnepäästöjen vähentäminen.	Happaman kuorman vähentäminen (happamat sulfaattimaat).	Kuinka fosforin vuoto lannoitetusta tai hajoavasta orgaanisesta maaperästä vesistöihin saadaan vähenemään.	
	Fosforin pidättyminen ja uusiokäyttö ravinteiden kierrätykseen tuleville vuosikymmenille.		Vesien kierrätys: voisi vähentää päästöjä merkittävästi.	Akvaattisten ympäristöjen itsepuhdistuskyky. Se määrittää antopogeenisen kuormituksen kohtalon.	Makea vesi on rajallinen resurssi jopa Suomessa - koskemattomia järviä on hyvin vähän.	
	Ilmastonmuutoksen vaikutukset eri maankäyttömuodoilla. Maankäyttömuotojen merkitys kokonaiskuormien kannalta riippuu sää- ja ilmasto-olosuhteista (esim. kuivat vs. märät vuodet).			Kiintoainekuormitus: orgaanista materiaalia kulkeutuu vesistöihin huomattavia määriä ja sillä on merkittäviä vaikutuksia. Säännöllistä pohjasedimentin seurantaa ei kuitenkaan ole - on vain liukoisen fraktion osalta. Näillä ilmiöillä on vaikutuksia myös hiilen kiertoon.	Esim. lääkejäämiät jätevesistä ja päästöt risteilyaluksilta.	
	Yksittäisenä aiheena kaivostoiminnassa käytettyjen kemikaalien ja prosessissa liukenevien luontaisten aineiden vaikutukset yhdessä ja erikseen, mikäli niitä pääsee vesistöön (riskin mahd. toteutumista ajatellen vaikutusten laadun ja laajuuden vaikutukset).			Turvealueet (viljellyt ja metsät). Tärkeimpien prosessien ja valuntareittien tunnistaminen voisi olla tärkeää.	Suometsien hoidon aiheuttama vesistökuormitus. Merkittävä vesistökuormituslähde, joka tullee kasvamaan.	

**Kuva 8.** Vesistökuormituksen kiireisimmät tietotarpeet tutkijoiden vastausten pohjalta jäseneltynä.

Kuormien suuruuksien tuntemisen osalta tutkijoiden vastausten perusteella kiintoainekuormat tunnetaan parhaiten (Kuva 9), joskin typen ja fosforin osalta vastaukset olivat samaa tasoa. Kiintoaineen osalta vastausten keskiarvo oli 3,0 (epävarmuus kohtalaista). Siten myös kiintoaineen suuruuksien määrän osalta kuormien suuruuden tuntemisessa olisi parantamisen varaa. Typen ja fosforin osalta keskiarvo olivat 2,9–3,0. Hiilikuormien määrien tuntemus arvioitiin tunnettuja ravinteita heikommaksi (keskiarvo 2,6; Kuva 9). Muiden haitta-aineiden osalta kuormien suuruudet arvioitiin heikoiten tunnetuksi (keskiarvo 2,1). Näiden haitta-aineiden osalta myös vastauksia saatiin huomattavasti vähemmän, mikä myös osaltaan osoittaa, että asiantunte-  
musta niiden osalta oli kyselyyn osallistujien kesken muita arvioituja aineita vähemmän. Muiksi oleellisiksi haitta-aineiksi vastaajat mainitsivat orgaaniset haitta-aineet, alumiinin, nikkelin, kuparin, sinkin, mangaanin, lääkejäämät, patogeeneit, raudan ja raskasmetallit.



**Kuva 9.** Tutkijoiden vastaukset, kuinka hyvin vesistöjä kuormittavien eri tekijöiden suuruus tunnetaan.

Arviointiasteikko 1–5:

- 1) Tieteellinen epävarmuus hyvin suuri puutteellisen ja ristiriitaisen tutkimustiedon vuoksi.
- 2) Tieteellinen epävarmuus suuri puutteellisen ja ristiriitaisen tutkimustiedon vuoksi.
- 3) Tieteellinen epävarmuus kohtalainen.
- 4) Tieteellinen epävarmuus vähäinen vankan tai yhdenmukaisen tutkimustiedon vuoksi.
- 5) Tieteellinen epävarmuus vähäinen vankan ja yhdenmukaisen tutkimustiedon vuoksi.

Scale in the assessment 1–5:

- 1) Scientific uncertainty on this issue is very large due to to limited evidence AND low agreement.
- 2) Scientific uncertainty on this issue is large due to limited evidence OR low agreement.
- 3) Scientific uncertainty on this issue is moderate.
- 4) Scientific uncertainty on this issue is low due to robust evidence OR high agreement.
- 5) Scientific uncertainty on this issue is very low due to robust evidence AND high agreement.

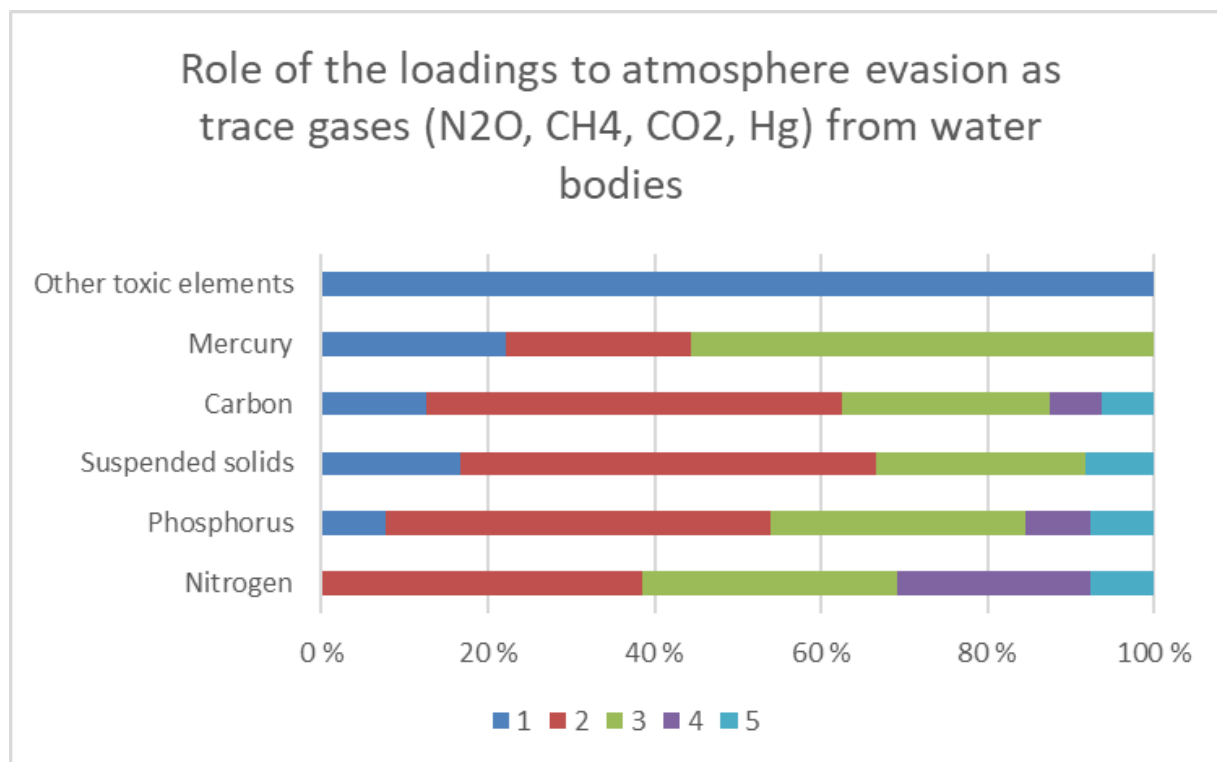
## 4.2. Maankäytön vesistöväälitteiset kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset

Kokonaiskuva maa- ja metsätalouden vesistö- ja ilmastovaikutuksista edellyttää, että otetaan huomioon huuhtoutuvan hiilen ja typen vapautuminen kasvihuonekaasupäästöinä alapuolisista vesistöistä. Tätä tutkimustietoa tarvitaan myös Luken viranomaistehtävissä. Kasvihuonekaasuinventario tarvitsee uudet vuotuiset arvot maatalousmaiden typpihuuhtoumalle, josta lasketaan lannoituksen ja muun typpilisäyksen epäsuorat huuhtouma- $N_2O$ -päästöt. Hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin (IPCC:n) oletuskertoimien huuhtoutuvan typen osuus on liian

suuri Suomen oloihin ja uusimman tutkimuksen mukaan järvien N<sub>2</sub>O-päästön vaste veden nitraattityypipitoisuuteen ei ole suoraviivainen. Uudet Kioton pöytäkirjan veloitteet ja ohjeet saattavat lisätä raportoitavia hiilikaasupäästöjä. Suurin uusista päästöluokista on turvemaan metsien liuenneen orgaanisen hiilen huuhtoutuminen ja vapautuminen ilmakehään alapuolisista vesistöistä. Suomen oloihin sopivaa laskentamenetelmää varten tarvitaan tutkimusta, miten viljely- ja metsänhoitotoimenpiteet vaikuttavat orgaanisen hiilen määrään, laatuun ja kohtaloon, mitkä tekijät vaikuttavat siihen, sedimentoituuko orgaaninen hiili vai mineralisoituuko ja vapautuuko hiilikaasuina.

Tutkijat arvioivat, että keskimäärin vesistökuormituksen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin tunnetaan huomattavasti huonommin (ka. 2,5, Kuva 10) kuin kuormittavien tekijöiden määrä (3,0) tai vaikutukset vesieliöihin (3,0, Kuva 11). Yli puolet vastaajista arvioi, että kiintoaineen, fosforin ja hiilen vaikutuksista on vain vähän tai ristiriitaista tietoa, vastaajista yli 60 %:n mukaan typen vaikutus sen sijaan tunnetaan vähintään kohtalaisesti. Suurin epävarmuus liittyy haitta-aineiden, kuten raskasmetallien, vaikutuksiin kasvihuonekaasupäästöihin. Tätä tulosta selittää se, että haitta-aineiden vaikutusmekanismit päästöihin lienevät epäsuoria. Lisäksi sisäisen ravitsemuksen, kuten sedimentistä liukenevan fosforin, merkitys erityyppisten järvien päästöihin tunnetaan puutteellisesti. Ylipäätään tarvitaan vesistökuormituksen ja kasvihuonekaasujen tutkimusta mikrobiprosesseista sekä vesi- ja sedimenttikemiasta valuma-alue ja alueellisella tasolla.

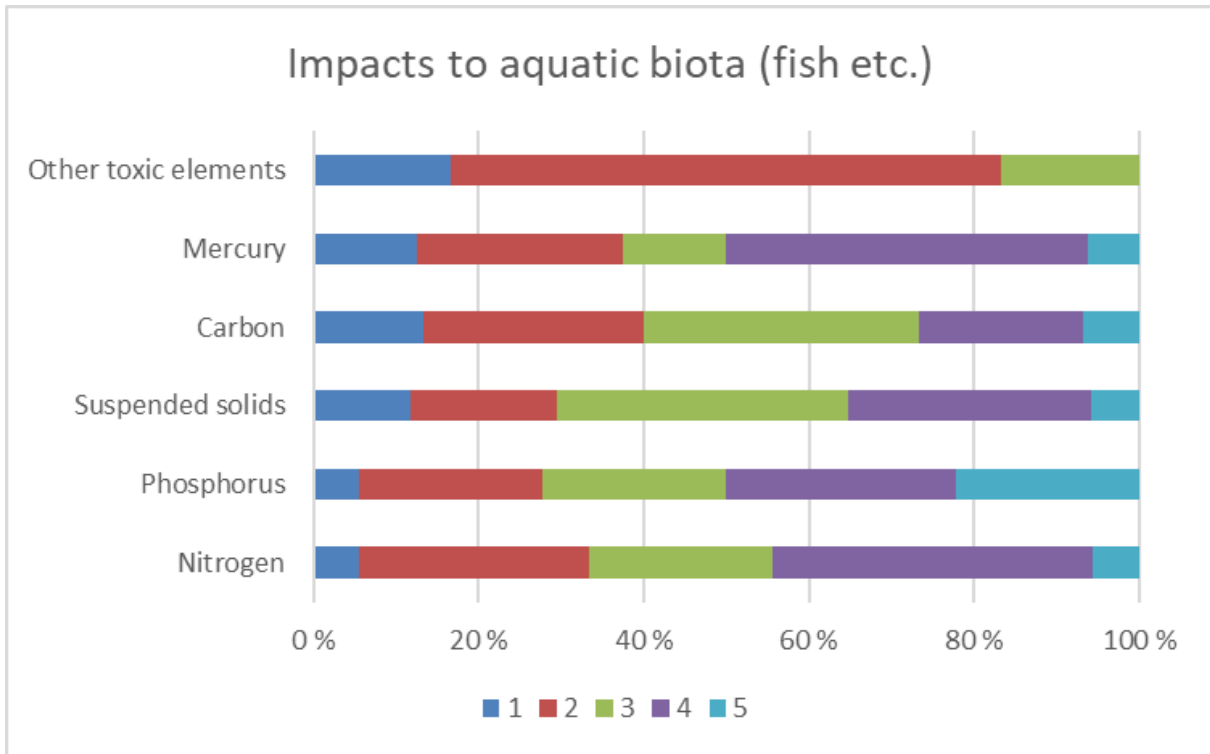
Ilmastonmuutosta, sen vaikutuksia sademääriin ja sateen jakaumaan, lämpötilaan ja sään ääri-ilmiöihin pidettiin merkittävänä uhkana vesistöjen tilalle. Vuorovaikutuksista sekä ilmaston että valuma-alueen maankäytön muuttuessa tarvitaan lisää tutkimusta. Muuttuva ilmasto myös vaatii vesiensuojelutoimenpiteiden sopeuttamista uusiin olosuhteisiin.



**Kuva 10.** Tutkijoiden vastaukset, kuinka hyvin vesistökuormituksen vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin tunnetaan (arviointiasteikko 1–5 kuten kuvassa 9).

### 4.3. Vesistökuormituksen vaikutukset vesieliöihin ja ekosysteemeihin

Valuma-alueen maankäytön aiheuttamat kiintoaine- ja liuenneen orgaanisen aineksen kuormitukset vesistöihin ovat ekologisilta vaikutuksiltaan vielä heikosti tunnettuja. Samoin niiden ja ravinnekuormituksen yhteisvaikutukset olisivat tärkeitä tutkimusaiheita. Ilmastomuutos, Suomessa etenkin runsastuva sadanta ja talvien leudontuminen vaikuttaa todennäköisesti päästöjä ja eroosiota lisäävästi, mikä korostaa näiden tietotarpeiden tärkeyttä. Haitta- ja vierasaineet (raskasmetallit, torjunta-aineet, teollisuus- ja kuluttajakemikaalit, lääkejäämät ja mikromuovit) voivat vaikuttaa haitallisesti vesieliöihin ja siirtyä niistä myös kalaa syövään ihmiseen. Näiden merkityksestä ja päästöjen hallinnasta tarvitaan lisää tutkimustietoa. Kaivostoiminta on myös kasvamassa ja samoin sen merkitys vesistöjen kuormittajana. Kaivosten jätevesissä on useita haitta-aineita ja niiden vaikutuksista ja aiheuttamista riskeistä ei olla kovin hyvin selvillä. Parempaa tietoa tarvittaisiin, jotta kaivoshankkeiden ympäristövaikutuksia voitaisiin luotettavammin arvioida. Vesistöjen kunnostustoimien ja valuma-alueiden vesiensuojelun vaikuttavuutta myös eliöihin ja ekosysteemeihin pitäisi tutkia, jotta toimet osattaisiin kohdentaa ja toteuttaa oikein.



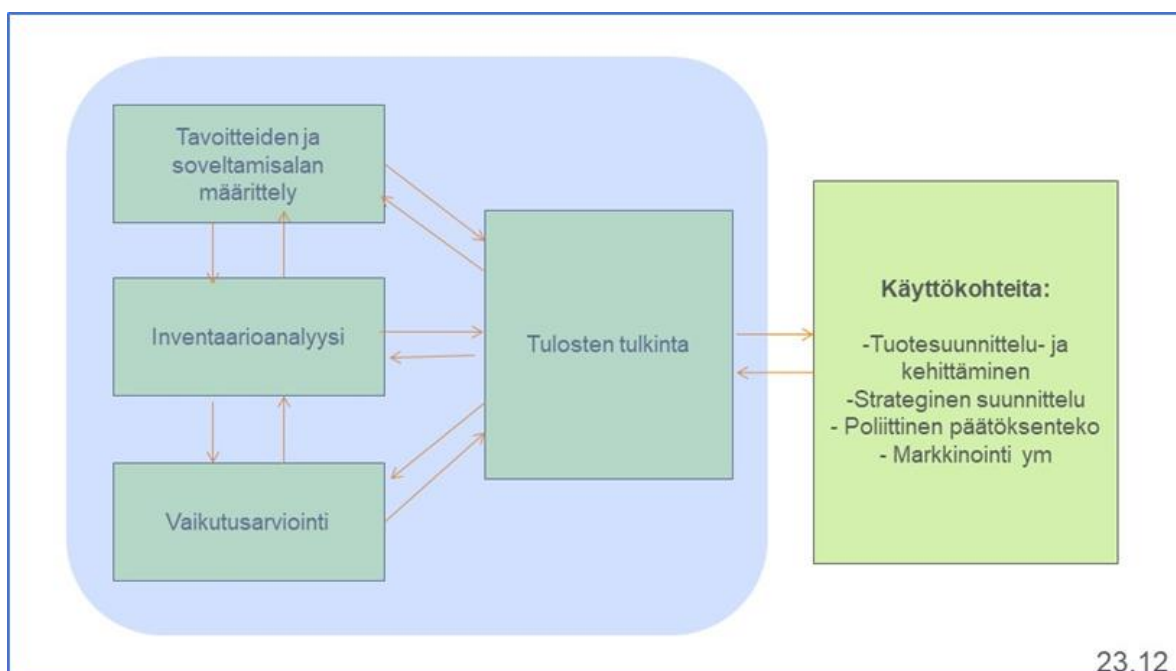
**Kuva 11.** Tutkijoiden vastaukset, kuinka hyvin vesistökuormituksen vaikutukset eliöihin ja ekosysteemeihin tunnetaan (arviointiasteikko 1-5 kuten kuvassa 9).

## 4.4. Maa- ja metsätalouden tuotteiden vesijalanjälki, elinkaarianalyysi

### 4.4.1. Tausta

Elinkaariarvioinnin periaatteita on standardoitu ISO 14040 -standardiksi. LCA:n pitää standardin mukaan sisältää neljä vaihetta:

- Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely - kuinka yksityiskohtainen arviointi on ja mitä ajanjaksoa siinä tarkastellaan, määritetään tutkittavat ympäristövaikutusluokat, joita voivat olla mm. ilmastovaikutus, rehevöityminen, toksiset vaikutukset, vesijalanjälki
- Inventaarioanalyysi (Life Cycle Inventory, LCI) - Inventaarioanalyysissä kerätään tarvittavat tiedot koko tuotejärjestelmästä
- Vaikutusarviointi (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) - siinä on tarkoitus arvioida mahdollisten ympäristövaikutusten merkittävyyttä. Siihen liittyvät vaiheet ovat luokittelu, karakterisointi, normalisointi ja arvotusvaihe. Esimerkiksi ilmastovaikutuslaskennassa typpioksiduulin karakterisointikerroin on yli 200 kertaa suurempi kuin hiilidioksidin 1, mikä tarkoittaa, että typpioksiduulin ympäristövaikutus on myös yli 200 kertaa suurempi kuin hiilidioksidin.
- Tulosten tulkinta - tunnistetaan tuloksiin vaikuttavia tekijöitä sekä arvioidaan tulosten herkkyyttä, täydellisyyttä ja johdonmukaisuutta. Siinä tehdään myös tulosten pohjalta johtopäätöksiä, tunnistetaan rajoituksia ja annetaan niiden pohjalta suosituksia kohderyhmälle.



**Kuva 12.** Elinkaariarvioinnin vaiheet ISO 14040:2006 mukaan.

Yksityiskohtainen elinkaariarviointi on usein melko työläs. Menetelmää voidaan kuitenkin keventää riippuen siitä, mitkä ovat arvioinnin tavoitteet. Yksinkertaistetussa elinkaariarvioinnissa keskitytään kaikkein keskeisimpiin elinkaaren vaiheisiin tai ympäristönäkökohtiin, esimerkiksi pelkkään ilmastovaikutukseen tai muuhun vaikutusluokkaan, jonka arvioidaan olevan keskeisen kyseisen tarkasteltavan tuotteen kannalta.



#### 4.4.2. Vesistökuormituksen arviointi elinkaariarvioinnissa

Vesistökuormituksia arvioitaessa tulee ensin päätettäväksi mitä vaikutusluokkia ollaan tarkastelemassa (*Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely*). Vesistöihin liittyviä vaikutuksia ovat esimerkiksi rehevöityminen, veden niukkuus, biodiversiteettivaikutukset tai ekotoksiset vaikutukset. Tämä määrittelyvaihe rajaa, mitä päästöjä ja kuormitustekijöitä *Inventaarioanalyysissä* karotetaan.

Vesistökuormituksen vaikutusten arvioinnissa suurimmat haasteet liittyvätkin inventaarioon. Koska kuormitustekijöitä on käytännön tilanteissa mahdotonta mitata, ne arvioidaan erilaisten päästömallien avulla. Esimerkiksi maatalouden rehevöittävää potentiaalia arvioitaessa turvautaan päästömalleihin, jotka voivat käyttää esimerkiksi pellon typpitasetta ja maan fosforilukua lähtöarvoina. Epävarmuutta aiheuttaa erityisesti elinkaarianalyysiin soveltuvan metsätalouden kuormitusmallien puuttuminen, ja maatalouspuolella kuormituksen mallit tarvitsevat päivityksen.

On huomattava, että kansainvälisesti elinkaariarvioinnissa käytetään yleisesti hyvin karkean tason päästömalleja esimerkiksi rehevöitymisen arviointiin. Suomessa kuitenkin pintavesiä on paljon, ja ne ovat rehevöitymiselle alttiita, joten kunnolliset päästömallit ovat meillä ehdoton edellytys.

Sekä maa- ja metsätalouden vesistökuormitukseen liittyy usein myös veden samentuminen, jolloin kyse on kiintoainekuormituksen lisääntymisestä. Tämä ei kuitenkaan ole vielä arvioitava vaikutusluokka, vaan vesien samentumisella on välillistä vaikutusta esimerkiksi ekosysteemiin. Tulisi harkita, tarvitaanko metsätalouden vesistökuormitusten arviointiin ihan uuden tyypistä lähestymistapaa, joka pystyy ottamaan paremmin monimutkaiset syy-seuraus-suhteet huomioon.

#### 4.4.3. Vesistökuormituskyselyn tulos

Elinkaarianalyysiin liittyvä kysymys oli:

*22. Element load - need to develop the improved method for element load assessment to be applied in life cycle assessment (the application is missing from forestry sector and need to be updated in agricultural sector), any suggestions*

Vastauksia saatiin Luken ulkopuolisilta tutkijoilta 4/10 ja Lukesta 10/26. Vastauksista ilmeni, että elinkaarianalyysit vesistökuormituksen yhteydessä on huonosti tunnettu asia, kysymyksen muotoilu oli myös osittain epäonnistunut, koska 'element load' termin ymmärrys aiheutti ongelmia. Element loadilla tarkoitetaan siis ainekuormitusta yleensä, sisältäen ravinteet, raskasmetallit yms. Useimmat vastanneet olivat tutkineet vesistökuormituksen vaikutuksia, sen sijaan vain yhdellä oli selvästi kokemusta elinkaarianalyysin tekemisestä tutkimusprojektinsa yhteydessä.

Havaitut tietoaukot/ongelmat

- Metsätalouden puolelta puuttuu elinkaarianalyysiin sopiva vesistökuormitusmalli
- Maatalouspuolen kuormitusmallit tulisi päivittää
- Ojituksen vaikutuksesta metsätalouden yhteydessä tiedetään liian vähän

Ratkaisuehdotuksia:

- LCA analyysien linkittäminen muuhun seurantalutkimukseen
- Jatkuvatoimisten/automaattisten seurantalaitteiden käytön lisääminen erityyppisille maankäyttöalueilla, erilaisille valuma-alueille jne.
- LCA analyyseissä on käytetty metsätalouden aiheuttaman kuorman laskemisessa ominaiskuormituslukuja, mikä on oikein, vaikutusarviointi vaatii kuitenkin parannusta. Tuotettua puu/m<sup>3</sup> kohden aine- ja kiintoainekuormaa on laskettu muutamissa julkaisuissa (esim. Saarivuori ym. 2013)
- LCA laskennassa tulisi huomioida paremmin kuormituslaskentaan liittyvät epävarmuudet
- Kuormituslaskennat tulisi tehdä käsittelyalueittain, esim. maatalouspuolella tilakohtaisesti/lohkoittain, metsätalouspuolella käsittelyaloittain/kuvioittain (hakkuut, ojitus jne.)

Valuma-alueitasoista kuormitusta voidaan laskea esim. KALLE (Finer ym. 2010) ja KUSTAA (Lau-niainen ym. 2010) työkaluilla. KALLE on metsätalousmaalta tulevaan luonnon taustakuormaan ja eri metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaan kuormituksen lisäykseen perustuva typpi-, fosfori- ja kiintoainekuormituksen laskentamenetelmä. KUSTAA-työkalu on ominaiskuormitusmenetelmään perustuva laskentaohjelma valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan. KUSTAA sisältää tyypillisimmät typen, fosforin ja kiintoaineen haja- ja pistekuormitusta aiheuttavat maankäytön toimenpiteet ja muut kuormituslähteet. Metsätalouden aiheuttamaa kuormitusta voidaan lisäksi mallintaa kehitteillä oleva NutSPaFHy-mallilla (N ja P) (Laurén ym. 2021), siitä ei kuitenkaan vielä ole käyttäjäystävällistä liittymää. Kunnostusojituksen aiheuttamaa ainekuormaa voidaan tarkastella suosimulaattorin avulla (<https://forest.fi/fi/artikkeli/suosimulaattori-auttaa-hillitsemaan-metsaojitusten-ymparistovaikutuksia/>), joka laskee, paljonko puuston kasvu lisääntyy tai vähenee ja miten pohjaveden pinta muuttuu, mikä taas vaikuttaa ravinne- ja alkuainepäästöihin turpeesta.

Maataloudesta tulevan N ja P kuorman laskentaan käytetään erillisiä malleja. Suomessa käytössä oleva rehevöittävän potentiaalin arviointi on kuvattu Saarinen ym. (2011) raportissa. Typen kuormitus perustuu typpitaseeseen. Typen ylijäämän oletetaan huuhtoutuvan pellolta vesistöön. Kuitenkin osan tyyppitaseesta oletetaan sitoutuvan matkalla, ja edelleen vain osan vesistöön päätyneestä tyyppitaseesta oletetaan olevan eliöille käyttökelpoisessa muodossa. Fosforikuormituksen arviointi perustuu maan fosforilukuun, ja fosforin oletetaan huuhtoutuvan eroosion johdosta maapartikkeleihin sitoutuneena sekä pinta- että salaojavaluntana.

Kansainvälisesti käytetty ReCiPe-malli puolestaan arvioi typpi- ja fosforihuuhtoumat ainoastaan prosenttiosuuksina lisätystä tyyppitaseesta ja fosforista.

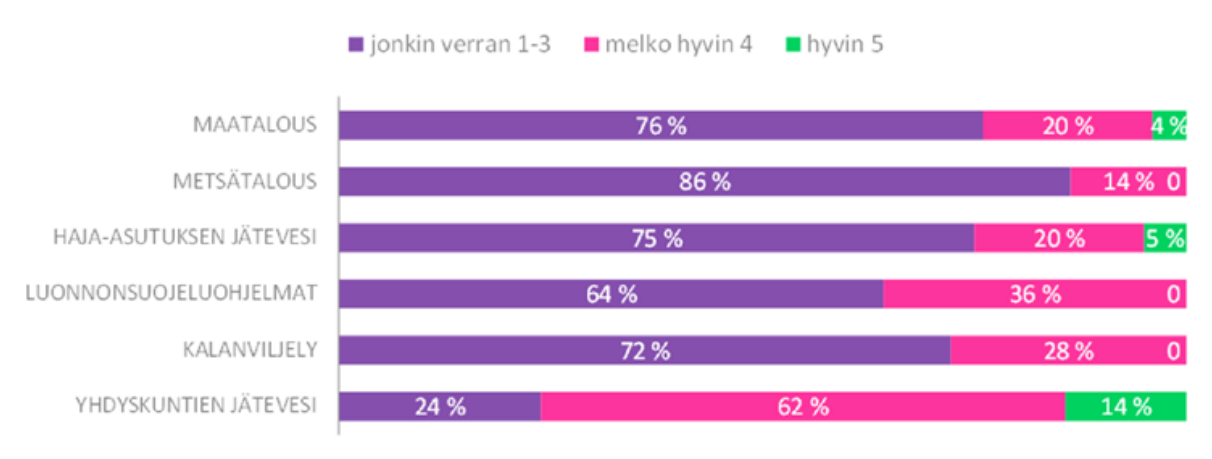
Veden niukkuusvaikutuksen arviointi ei liity ainekuormitukseen, vaan veden käyttöön resurs-sina. Niukkuusvaikutusten arviointiin on olemassa kansainvälisesti laajasti hyväksytty menetelmä (Boulay ym. 2017).

Biodiversiteettivaikutuksia ei niin ikään arvioida ainekuormiin perustuen. Sen sijaan ekotoksis-ten vaikutusten arviointi pohjautuu malliin, jonka avulla arvioidaan aineiden haitallisuus ja kul-keutuminen.

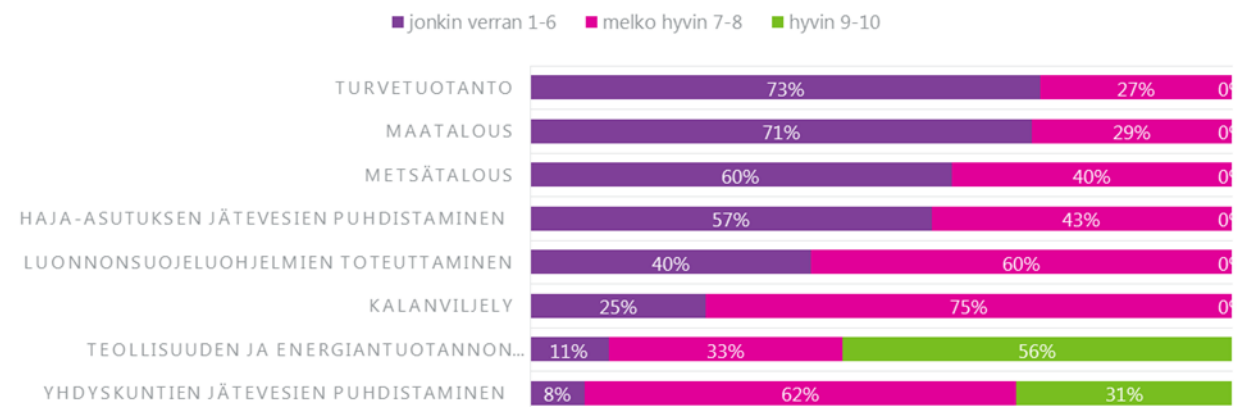
## 5. Vesistökuormitusta vähentävien toimien vaikuttavuus ja siihen liittyvät tietotarpeet

### 5.1. Edistyminen vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantamisessa

Sekä sidosryhmä- että tutkijakyselyiden vastaajat mainitsivat yleisimmin pistekuormituksen vähentymisen edistäneen vesistöjen tilan parantumista. Hajakuormitus nähtiin suurena nykyisenä haasteena. Tämä heijastuu vastauksissa eri sektoreiden edistymiseroista vesiluonnon tilan parantamisessa (Kuva 13, 14): Yhdyskuntien jätevesien puhdistamisen kaikki katsoivat edistyneen eniten. Sidosryhmävastauksissa turvetuotannon katsottiin edistyneen vähiten (Kuva 14) ja tutkijavastauksissa metsätalouden nähtiin edistyneen vähiten (Kuva 13). Kaiken kaikkiaan tutkijoiden vastaukset näyttäytyivät kriittisempinä kuin muiden sidosryhmien (vertaa Kuva 13 ja 14). Esimerkiksi sidosryhmistä 31 % arvioi yhdyskuntien jätevesien puhdistamisen edenneen ”hyvin”, kun tutkijoista vastaavasti asian näki 14 %. Vastaavasti sidosryhmistä 60 % mutta tutkijoista 86 % arvioi metsätalouden edistäneen vesiensuojelua vain ”jonkin verran”.



**Kuva 13.** Kyselyyn vastanneiden tutkijoiden arvio eri sektoreiden onnistumisesta vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantamisessa (asteikolla 1–10).



**Kuva 14.** Sidosryhmien arvio eri sektoreiden onnistumisesta vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantamisessa (asteikolla 1–10).

**Maataloudessa** vesistöjen tilan parantumista edistäneiksi toimenpiteiksi mainittiin erilaiset tekniset vesiensuojelutoimenpiteet. Yleisimmin mainittiin suojavyöhykkeet ja kosteikot, joskin niiden toimivuus keräsi myös kritiikkiä. Menetelmien toimivuudesta ja kohdentamisesta kaivattaisiin lisää tietoa. Lähes yhtä usein mainittiin viljelykäytäntöjen kehittyminen. Esimerkiksi lannoituskäytäntöjen kehittymisen ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden lisäämisen katsottiin edistäneen vesistöjen tilaa. Teknisinä menetelminä mainittiin myös kipsikäsittely ja kaksitasouomat. Teknisten ratkaisujen lisäksi mainittiin viestinnän ja koulutuksen merkitys (mm. Neuvo 2020 -järjestelmä).

**Metsätalouden** vesistöjen tilan parantumista edistäneet toimenpiteet olivat enimmäkseen teknisiä, kuten ojitusten vähentäminen, ojitusten suunnittelu, kosteikot, laskeutusaltaat ja suojavyöhykkeet. Toisaalta ratkaisujen tehokkuus ja kohdentaminen keräsi myös kritiikkiä. Valumaaluetasoinen suunnittelu sekä ohjauskeinot (lakimuutokset, tuet ja ohjeistukset) ovat myös edistäneet vesiensuojelua.

**Turvetuotannon** toimista vesien tilaa parantaneena tekijänä yleisimmin mainittiin vesienhallintatoimenpiteet, esimerkiksi valumavesien hallinta, pintavalutustekniikat ja kuivatusvesien käsittely ja lupien myöntämisperusteet. Ongelmana on hyvin hienojakoisen humusaineksen poistamisen menetelmien puutteet. **Kalanviljelyn** vesistöjen tilaa parantaneista toimista mainittiin erityisesti rehujen ja ruokintatekniikan kehittyminen. Lisäksi mainittiin sijainninhjaus, vesienkäsittely, veden kierron parempi hallinta sekä yleisesti uusien menetelmien kehittyminen ja yleistyminen (esim. kiertovesiviljely). **Haja-asutuksen jätevesien puhdistaminen** on kyselyn mukaan hyötynyt lainsäädännön kehittymisestä ja hyvin toimivasta jätevesineuvonnasta sekä tiedotuksesta. Merkittävänä tekijänä mainittiin myös viemäröintialueiden laajentuminen (mm. vesiosuuskunnat).

**Yhdyskuntien jätevesien puhdistamisessa** keskeistä on ollut tekniikan kehittyminen ja vaatimusten kiristyminen. Keskitetty ja tehokas vesienpuhdistus sekä viemäröintialueen laajentuminen ovat vähentäneet erityisesti merkittävästi fosforipäästöjä. Toisaalta hulevesien ja ylivuotojen hallinnassa on edelleen kehitettävää.

**Teollisuus ja energiantuotanto** on pystynyt parantamaan tilannetta merkittävästi viime vuosikymmenten aikana lisääntyneen tiedon ja kehittyneiden tekniikoiden avulla. Tämä on tapahtunut ympäristölupien kiristyessä. Kaivosteollisuus mainittiin yhtenä nykyisenä haasteena.

## 5.2. Millaisten vesistöjen parantamisessa on parhaiten onnistuttu?

Sidosryhmävastauksissa järvien tilan mainittiin yleisimmin edistyneen vesistöistä parhaiten: Pienet järvet ovat herkkiä toimenpiteille, mutta toisaalta myös herkkiä kielteisillekin muutoksille. Valuma-aluekohtaisen pitkäjänteisen työn mainittiin tuottaneen myönteisiä tuloksia, mutta kunnostustyön haasteena on, että työtä ei aina kohdenneta tai koordinoita hyvin ja että puuttuu resursseja, tietoa ja vaikutusten seuranta. Järvien toipuminen on hidasta ja pohjasedimentin kustannustehokkaita kunnostusmenetelmiä ei ole. Virtavesien eliöstön tilan parantamiseksi on tehty myös paljon työtä, mutta toteutuksesta vastaava organisaatiota ei ole järjestetty samalla tavalla kuin järville ja merelle. Edelleen pienvesiin ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Yleisinä haasteina vesien hoidolle mainittiin kuormituksen kasvu tulevaisuudessa ilmastonmuutoksen myötä.

Tutkijoiden ja sidosryhmien vastaukset olivat samankaltaisia. Tutkijavastauksissa toimenpiteiden mainittiin vaikuttaneen eniten lähivesiin ja pienissä vesistöissä, koska ne ovat herkempiä

ja helpompi hallita. Yhtenä kehityskohteena mainittiin herkät latvedet. Toisaalta suhteellisen heikkokuntoisten rannikkovesien tilan parantaminen vaatii toimenpiteitä ylempänä vesistösystemissä meren laajan valuma-alueen vuoksi. Tehokkaimpia mutta vasta vähän käytettyjä ovat toimenpiteet maa-alueilta tulevien kuormien vähentämiseksi. Maatalousvaltaisilla valuma-alueilla ja niiden alapuolisissa rannikkovesissä nähtiin vain vähän tilan parantumista vesiensuojelutoimenpiteistä huolimatta, Itämeren haasteena on esimerkiksi lämpenevän ilmaston vaikutus typpikuormiin.

## 6. Yhteenveto

Kyselytulosten perusteella sekä osaamisen että tietotarpeiden näkökulmasta eri sektorit ja tarkastelutasot ylittävää tutkimusta on tehty toistaiseksi vähemmän kuin pienempiin kokonaisuuksiin kohdistuvia hankkeita. Ylipäätään tarvitaan lisää tutkimusta eri tarkastelutasoilla: prosesseista ja mekanismeista valuma-alueen ja alueelliselle tasolle. Kokonaisuuksien tarkastelun mahdollistavat mallit ja aineistojen yhdistäminen mutta myös entistä kattavampi seurantatieto.

Kokonaisuuksien ymmärtämistä ja yhteistyön tiivistämistä tarvitaan mm. vesistöjen suojeletoimenpiteiden tehokkaampaan kohdentamiseen. Sidosryhmien mukaan kolme tärkeää vesistön tilan uhkaa ovat ilmastonmuutos, maankäytön muutokset sekä ohjauskeinojen ja rahoituksen riittämättömyys tai kohdistuminen. Sidosryhmät näkivät mahdollisuutena asenteiden ja yhteisen tahtotilan muuttumisen myönteisiksi vesien tilan parantamiselle, rahoituksen saatavuuden parantumisen sekä suunnittelua ohjaavan tiedon lisääntymisen.

Toisaalta suurien kokonaisuuksien lisäksi kyselytulosten perusteella tarvitaan yhä paljon prosessitutkimusta. Ajankohtaisina aiheina voidaan mainita hiili- ja ravinnekuormitus, joiden prosessien tutkimus (kuormien laatu, määrät ja kohtalo vesistöissä) edistää tietoa kuormien hallinnasta ja vähentämisestä valuma-alueen tasolla.

Ohjauskeinojen nähtiin vaikuttaneen vesiensuojeluun myönteisesti useilla sektoreilla. Tiedon tarkentuminen luo pohjaa tehokkaammille ohjauskeinoille myös tulevaisuudessa.

## Viitteet

- Boulay A-M., Bare J., Benini L., Berger M., Lathuillière M.J., Manzardo A., Margni M., Motoshita M., Núñez M., Pastor A.V., Ridoutt B., Oki T., Worbe S. & Pfister S. 2017. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). *Int J Life Cycle Ass* 23:368–378, <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1333-8>
- Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Lauren, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiaho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. *Suomen ympäristö 10/2010*, 33 s. <http://hdl.handle.net/10138/37973>
- Hökkä, H., Salminen, H., Ahtikoski, A., Kojola, S., Launiainen, S. & Lehtonen, M. 2016. Long-term impact of ditch network maintenance on timber production, profitability and environmental loads at regional level - a simulation study. *Forestry*, 90(2): 234–246.
- Launiainen S., Futter M., Ellison D., Clarke N., Finér L., Högbom L., Lauren A. & Ring E. 2013. Is the Water Footprint an appropriate tool for forestry and forest products – the Fennoscandian case. *Ambio*, 10.1007/s13280-013-0380-z. 2013.
- Launiainen, S., Sarkkola, S., Laurén, A., Puustinen, M., Tattari, S., Mattsson, T., Piirainen, S., Heinonen, J., Alakukku, L. & Finér, L. 2014. KUSTAA -työkalu valuma-alueen vesistökuormituksen laskentaan (Kustaa – a method for calculating nitrogen, phosphorus and sediment load from catchments). *Reports of the Finnish environment Institute 33/2014*. 55 p. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/144108/SYKEra\\_33\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/144108/SYKEra_33_2014.pdf?sequence=1)
- Laurén, A., Guan, M., Salmivaara, A., Leinonen, A., Palviainen, M. & Launiainen, S. 2021. NutSpaFHy—A Distributed Nutrient Balance Model to Predict Nutrient Export from Managed Boreal Headwater Catchments, *Forests*, 12(6): 808. <https://doi.org/10.3390/f12060808>
- Kortelainen, P. Larmola, T. Rantakari, M., Juutinen, S., Alm, J. & Martikainen, P. J. 2020. Lakes as nitrous oxide sources in the boreal landscape. *Global Change Biology*. 26: 1432-1445.
- Prairie, Y.T., Alm, J., Beaulieu, J., Barros, N., Battin, T., Cole, J., del Giorgio, P., DelSontro, T., Guérin, F., Harby, A. Harrison, J., Mercier-Blais, S., Serça, D., Sobek, S. & Vachon, D., 2017. Greenhouse Gas Emissions from Freshwater Reservoirs: What Does the Atmosphere See? *Ecosystems* 21: 1058–1071.
- Saarivuori, E., Launiainen, S., Finér, L., Hynynen, J., & Wessman, H. 2013. Nutrient and suspended solid loading in the value chain of a forest product. *Effibre Case studies*. 11s.
- Suosimulaattori: <https://forest.fi/fi/artikkeli/suosimulaattori-auttaa-hillitsemaan-metsaojituksen-ymparistovaikutuksia/>
- Saarinen, M., Kurppa, S., Nissinen, A. & Mäkelä, J. (toim.). 2011. Aterioiden ja asumisen valinnat kulutuksen ympäristövaikutusten ytimessä.

# Liitteet

## Liite 1 Kyselyt

Kysely tehtiin webropol pohjalle, ja tehtiin kolmelle ryhmälle:

1. sidosryhmille (45)
2. muille tutkijoille (50)
3. Luken tutkijoille (820)

Sidosryhmäkysely tehtiin suomen kielellä, tutkijoille ja Luken tutkijoille osoitettu kysely englanninkielisenä, koska tavoitteena oli saavuttaa myös ei suomea äidinkielenään puhuvat henkilöt. Tutkijakyselyt olivat sisällöltään samanlaiset, sidosryhmäkysely poikkesi hieman niistä (ks. Liitteet 1A-C). Kysely lähetettiin 1. kerran huhtikuun alkupuolella sähköpostitse ja muistutus siitä lähetettiin huhtikuun loppupuolella. Lukessa kysely lähetettiin kaikille tutkijoille, mutta koska vain vesistötutkimusta tekevien kartoittaminen olisi ollut jo oma kysely. Tutkijat, jotka olivat Luken ulkopuolisia, kartoitettiin omien verkostojemme kautta.



## Liite 1A Kysely Luken tutkijoille

### Researcher questionnaire - Innowater

Expert survey on the effects of agriculture and forestry on anthropogenic load to aquatic ecosystems

Please answer in English or in Finnish

#### 1. Contact information

First name	<input type="text"/>
Surname	<input type="text"/>
Job title	<input type="text"/>
Organization/Unit/Group	<input type="text"/>
e-mail	<input type="text"/>

#### 2. What is your area of expertise?

---

---

#### 3. What is your education?

- University degree (Master of Science etc.)
- Applied University degree
- Other
- I wish not to disclose

#### 4. Your experience as 'water expert' (years)

- no experience
- 0-2
- 2-5
- 5-10
- over 10

I wish not to disclose

5. Please list your own current projects/ your projects within last 5 years that are related to anthropogenic loading/run-off from agriculture, forestry or other sources and its effects to aquatic environments

---

---

---

---

---

6. What are the main knowledge gaps in anthropogenic loading/run-off effects to aquatic environments?

---

---

---

---

---

7. Arising from these knowledge gaps, what are the main research needs and suggested ways for improving the knowledge?

---

---

---

---

---

8. What is the most urgent issue in anthropogenic loading/run-off effects to aquatic environments to be solved and why?

---

---

---

---

---

9. Who are your most important partners (1-5) in solving problems in water loading issues?

1.

---

---

2.

3.

4.

5.

The following questions will cover different aspects of the impacts of agriculture and forestry on nutrient run-off and aquatic ecosystems. We gather your informed opinion to be able to summarize a report on the current state of knowledge and knowledge gaps, areas of consensus and uncertainty in ecological, economic and societal level effects of anthropogenic loading to aquatic environments. The questions are to identify areas of consensus and uncertainty in relative role of each runoff agent on aquatic ecosystems and atmospheric evasion and in ways to reduce nutrient loading now and under changing climate.

Please answer the questions - if you have little or no expertise concerning a particular question (no familiarity with the literature and not actively working on this particular question), skip it and check the **no expertise** box.

10. How well is the magnitude of the following loadings understood? Please estimate using the following scale 1-5.

1. Scientific uncertainty on this issue is very large due to limited evidence AND low agreement
2. Scientific uncertainty on this issue is large due to limited evidence OR low agreement
3. Scientific uncertainty on this issue is moderate
4. Scientific uncertainty on this issue is low due to robust evidence OR high agreement
5. Scientific uncertainty on this issue is very low due to robust evidence AND high agreement

Run-off agents

	1	2	3	4	5	no expertise
Nitrogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphorus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suspended solids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercury	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other toxic elements (pathogens etc.), name it _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Comments

---

14. How well is the role of the following loadings to atmosphere evasion as trace gases (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, Hg ) from water bodies understood?

Internal loading

	1	2	3	4	5	no expertise
Nitrogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphorus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suspended solids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercury	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other toxic elements (pathogens etc.), name it _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Comments

---



---



---



---

16. How effective have the following land use sectors been in improving the state of aquatic ecosystems in the most recent years

	1	2	3	4	5	no expertise
Agriculture	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forestry	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fish farming	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Municipality waste water treatment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rural waste water treatment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nature conservation programmes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Comments on effective ways to reduce water loading

---



---



---

---

---

18. In which aquatic ecosystems (small water bodies, lakes, Baltic sea) the adopted measures have been most or least effective in improving the condition of the ecosystems? Why?

---

---

---

---

19. The economic and societal impact of water protection (professional fishing, recreational activities, summer cottage etc.) and their effectiveness?

---

---

---

---

20. Element load - need to develop the improved method for element load assessment to be applied in life cycle assessment (the application is missing from forestry sector and need to be updated in agricultural sector), any suggestions?

---

---

---

---

21. Are you interested in participating in a workshop to discuss the survey results and research needs? The one day workshop will be held later in the autumn in Helsinki

- Yes  
 No

22. Which themes would be most interesting to you in the workshop?

- Nutrient and carbon loading from catchments and aquatic greenhouse gas emissions  
 Targeted mitigation of nutrient loading in agriculture and forestry

- Agricultural and forestry loads on fish and other aquatic organisms in lakes and
- The economic and societal impact of policies and their effectiveness
- Nutrient runoff and life cycle assessment.

## Liite 1B Kysely ei lukelaisille tutkijoille

### Researcher questionnaire - Innowater

Expert survey on the effects of agriculture and forestry on anthropogenic load to aquatic ecosystems

Please answer in English or in Finnish

#### 1. Contact information

First name	<input type="text"/>
Surname	<input type="text"/>
Job title	<input type="text"/>
Organization/Unit/Group	<input type="text"/>
e-mail	<input type="text"/>

#### 2. What is your area of expertise?

---

---

#### 3. What is your education?

- University degree (Master of Science etc.)
- Applied University degree
- Other
- I wish not to disclose

#### 4. Your experience as 'water expert' (years)

- no experience
- 0-2
- 2-5
- 5-10
- over 10

I wish not to disclose

5. Please list your own current projects/ your projects within last 5 years that are related to anthropogenic loading/run-off from agriculture, forestry or other sources and its effects to aquatic environments

---

---

---

---

---

6. What are the main knowledge gaps in anthropogenic loading/run-off effects to aquatic environments?

---

---

---

---

---

7. Arising from these knowledge gaps, what are the main research needs and suggested ways for improving the knowledge?

---

---

---

---

---

8. What is the most urgent issue in anthropogenic loading/run-off effects to aquatic environments to be solved and why?

---

---

---

---

---

9. Who are your most important partners (1-5) in solving problems in water loading issues?

1.

---

---



2.

3.

4.

5.

The following questions will cover different aspects of the impacts of agriculture and forestry on nutrient run-off and aquatic ecosystems. We gather your informed opinion to be able to summarize a report on the current state of knowledge and knowledge gaps, areas of consensus and uncertainty in ecological, economic and societal level effects of anthropogenic loading to aquatic environments. The questions are to identify areas of consensus and uncertainty in relative role of each runoff agent on aquatic ecosystems and atmospheric evasion and in ways to reduce nutrient loading now and under changing climate.

Please answer the questions - if you have little or no expertise concerning a particular question (no familiarity with the literature and not actively working on this particular question), skip it and check the **no expertise** box.

10. How well is the magnitude of the following loadings understood? Please estimate using the following scale 1-5.

1. Scientific uncertainty on this issue is very large due to limited evidence AND low agreement
2. Scientific uncertainty on this issue is large due to limited evidence OR low agreement
3. Scientific uncertainty on this issue is moderate
4. Scientific uncertainty on this issue is low due to robust evidence OR high agreement
5. Scientific uncertainty on this issue is very low due to robust evidence AND high agreement

Run-off agents

	1	2	3	4	5	no expertise
Nitrogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphorus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suspended solids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercury	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other toxic elements (pathogens etc.), name it _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Comments

---

---



---



---

12. How well are the impacts of the following loadings to aquatic biota (fish etc.) understood?  
Please use the same scale 1-5 as above.

	1	2	3	4	5	no expertise
Nitrogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphorus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suspended solids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercury	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other toxic elements (pathogens etc.), name it _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Comments

---



---



---



---

14. How well is the role of the following loadings to atmosphere evasion as trace gases (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, Hg) from water bodies understood?

Internal loading

	1	2	3	4	5	no expertise
Nitrogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Phosphorus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suspended solids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Carbon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mercury	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other toxic elements (pathogens etc.), name it _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Comments

---



---



---



---

16. How effective have the following land use sectors been in improving the state of aquatic ecosystems in the most recent years

	1	2	3	4	5	no expertise
Agriculture	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forestry	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fish farming	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Municipality waste water treatment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rural waste water treatment	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nature conservation programmes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Comments on effective ways to reduce water loading

---



---



---

---

---

18. In which aquatic ecosystems (small water bodies, lakes, Baltic sea) the adopted measures have been most or least effective in improving the condition of the ecosystems? Why?

---

---

---

---

19. The economic and societal impact of water protection (professional fishing, recreational activities, summer cottage etc.) and their effectiveness?

---

---

---

---

20. Element load - need to develop the improved method for element load assessment to be applied in life cycle assessment (the application is missing from forestry sector and need to be updated in agricultural sector), any suggestions?

---

---

---

---

21. Are you interested in participating in a workshop to discuss the survey results and research needs? The one day workshop will be held later in the autumn in Helsinki

- Yes  
 No

22. Which themes would be most interesting to you in the workshop?

- Nutrient and carbon loading from catchments and aquatic greenhouse gas emissions  
 Targeted mitigation of nutrient loading in agriculture and forestry

- Agricultural and forestry loads on fish and other aquatic organisms in lakes and
- The economic and societal impact of policies and their effectiveness
- Nutrient runoff and life cycle assessment.

## Liite 1C Sidosryhmäkysely

### sidosryhmä kysely - innowater

1. Edustamanne organisaatio on

---

---

---

---

2. Organisaationne pääasiallisen toiminnan maantieteellinen laajuus on:

---

---

---

---

3. Mikä on koulutuksenne

- tohtori
- korkeakoulututkinto
- ammattikorkeakoulututkinto
- muu
- en halua sanoa

4. Mikä on työkokemuksenne vesistöihin liittyvissä kysymyksissä

- ei kokemusta
- 0-2 vuotta
- 2-5 vuotta
- 5-10 vuotta
- yli 10 vuotta

Seuraavassa käsitellään sitä, miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantamisessa eri maankäyttösektoreilla viimeisen 10 vuoden aikana ja

mitkä toimenpiteet ovat sitä edistäneet.

Mikäli teillä ei ole asiantuntemusta/kokemusta asiasta, vastatkaa 'en osaa sanoa'.

5. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - maatalous

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ei lainkaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Erinomaisesti
				<input type="radio"/>							en osaa sanoa

6. Mitkä maataloudessa tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantumista?

---

---

---

---

---

7. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - Metsätalous

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ei lainkaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	erinomaisesti
				<input type="radio"/>							en osaa sanoa

8. Mitkä metsätaloudessa tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantumista?

---

---

---

---

---

9. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - kalanviljely

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ei lainkaan           erinomaisesti

en osaa sanoa

10. Mitkä kalanviljelyssä tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantumista?

---

---

---

---

11. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - turvetuotanto

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ei lainkaan           erinomaisesti

en osaa sanoa

12. Mitkä turvetuotannossa tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon parantumista?

---

---

---

---

13. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - Yhdyskuntien jätevesien puhdistaminen?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ei lainkaan           erinomaisesti

en osaa sanoa

14. Mitkä yhdyskuntien jätevesien puhdistamisessa tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon tilan parantumista?



---

---

---

---

---

15. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - Haja-asutuksen jätevesien puhdistaminen

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ei lainkaan           erinomaisesti

en osaa sanoa

16. mitkä haja-asutuksen jätevesien puhdistamisessa tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon parantumista?

---

---

---

---

---

17. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - Teollisuuden ja energiantuotannon vesistö päästöjen vähentäminen?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ei lainkaan           erinomaisesti

en osaa sanoa

18. Mitkä teollisuuden ja energiantuotannon vesistö päästöjen puhdistamisessa tehdyt toimenpiteet ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon parantumista?

---

---

---

---

---

19. Miten on edistytty vesistöjen ja vesiluonnon parantamisessa - luonnonsuojeluohjelmien

toteuttaminen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ei lainkaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	erinomaisesti
	<input type="radio"/> en osaa sanoa										

20. Mitkä luonnonsuojeluohjelmat ovat edistäneet vesistöjen ja vesiluonnon tilan paranemista?

---

---

---

---

---

21. Millaisten vesistöjen (pienvedet, järvet, meri) tilan parantamisessa on mielestänne onnistuttu parhaiten ja/tai epäonnistuttu ja miksi?

---

---

---

---

---

22. Mikä edellä esitetyistä aihekokonaisuuksista on edustamanne organisaation näkökulmasta tärkeimmät (1-3 aihetta)?

- maatalous
- metsätalous
- kalanviljely
- turvetuotanto
- yhdyskuntien jätevesi
- haja-asutuksen jätevesi
- teollisuuden ja energiantuotannon vesistö päästöt
- luonnonsuojeluohjelmat
- muu, mikä? \_\_\_\_\_

23. Kuvaillkaa lyhyesti organisaationne toimintaa ja tavoitteita edellä valitsemassanne

aihekokonaisuudessa

---

---

---

---

---

24. Mainitkaa mielestänne organisaationne tärkeimmät viimeisen viiden vuoden aikana toiminnassa olevat/olleet vesistökuormitukseen liittyvät hankkeet

---

---

---

---

---

25. Luetelkaa kolme mielestänne tärkeintä vesistöjen tilaan liittyvää uhkaa

1	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>

26. Luetelkaa kolme mielestänne tärkeintä vesistöjen tilaan liittyvää mahdollisuutta

1	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>

27. Mainitkaa oman vesistökuormitukseen liittyvän toimintanne kannalta 1-5 tärkeintä sidosryhmää tärkeysjärjestyksessä.

Sidosryhmä 1	<input type="text"/>
Sidosryhmä 2	<input type="text"/>
Sidosryhmä 3	<input type="text"/>
Sidosryhmä 4	<input type="text"/>
Sidosryhmä 5	<input type="text"/>

28. Oletteko kiinnostunut osallistumaan työpajaan, jossa käsittelemme tämän kyselyn tuloksia ja

tutkimustarpeita? Yhden päivän kestävä työpaja järjestetään syksyllä Helsingissä myöhemmin ilmoitettavana ajankohtana.

- olen kiinnostunut
- en ole kiinnostunut

29. Jos olette kiinnostunut osallistumaan työpajaan, lisää yhteystietonne alle (nimi ja sähköpostiosoite), niin olemme sähköpostitse yhteydessä teihin kuukautta ennen työpajan järjestämistä.

Etunimi	<input type="text"/>
Sukunimi	<input type="text"/>
Sähköpostiosoite	<input type="text"/>

30. Vapaaehtoinen palaute tästä kyselystä

---

---

---

---

---

## Liite 2 Luken vesistökuormitusosaaminen

### Maatalous

**PesticideLife** - Kasvinsuojeluaineiden ympäristöriskien välttäminen

**NSPPulp** ja **Kuitu** - Metsäteollisuuden kuitupitoisten sivutuotteiden käyttö maatalouden ravinnekuormituksen hill.

**Mobile Flip** - Siirrettävät ratkaisut maa- ja metsätalouden biomassan hyödyntämisessä

**Rakka** - Rakennekalkki maatal. Ymp. Kuorm. Vähentämisessä

**Ravinteiden kierrätys ja ravinnerikkaiden biomassojen prosessointi, maatalouden kuormituksen aihepiiriin liittyen (useita hankkeita, projektin nimiä ei annettu)**

**Turvepäästö, Elopäästö** ja **Elo** - Eloperäisten maiden viljelystä syntyvä ympäristökuormitus ja sen vähentäminen

**Tehotoimi** - Nautakarjatilojen tilatason toimet ravinnekuormituksen vähentämisessä – prosessit ja dynaaminen mallinnus, p-talouden optimointi (kustannus/hyöty laskelmat)

**Vikera** – Vihannestuotannon kestävä ravinnehuolto

**Lex4Bio** - Tietoa kierrätyslannoitteiden optimaaliseen käyttöön ottamalla huomioon kasvien P ja N tarve sekä tarvittavat teknologiat turvallisten kierrätyslannoitteiden valmistamiseksi

**ManureTools** ja **ManureStandards** - Tehokas ja kestävä lannankäyttö

**Go4Baltic** – kustannustehokas kuormituksen vähentäminen Itämeren alueella (politiikka/ohjauskeinot)

**Rakennekalkki vesiensuojelumenetelmänä (ei projektin nimeä mainittu)**

**Orgaanisen hiilen kuorma maatalousmailta (ei projektin nimeä mainittu)**

**Maatalouden kannattavuus ja tilakohtaiset ravinnetaseet (ei projektin nimeä mainittu)**

**Prosessipohjaiset hydrologiset mallinnukset (ei projektin nimeä mainittu)**

**Samassa Vedessä** - Fosforikuormitus luonnontieteellisesti, oikeustieteellisesti ja ympäristötaloudellisesti

**Turve II** - Turvemaiden viljelystä syntyvän vesistö- ja ilmastopäästöjen tutkimusympäristön perustaminen

**EFSOA** - Ympäristöystävällinen luomutuotanto

**Hyötyä taseista** - Ravinnetaseiden tulkinta ympäristön ja viljelyn hyödyksi

**TEHO Plus** - Maatalouden vesiensuojelun tehostaminen

**ORANKI** - Orgaaninen aines maan kasvukunnon ja vesistökuormituksen näkökulmasta maataloudessa

**STN MULTA** - Maanviljelyn monihyötyiset ratkaisut ilmastokestävään ruokajärjestelmään

## **A doctoral thesis project on pesticides**

### **Turvelpeltojen hiili- ja ravinnehuuhtoumat (ei projektin nimeä annettu)**

### **Säätösalaojitus turvelpeltojen hiili- ja ravinnepestöjen vähentämisessä (ei projektin nimeä annettu)**

**KWC** – Kuopio Water Cluster, vesistötutkimus infrastruktuurin kehityshanke, peltomittakaavan huuhtoumamittauskenttä, valuma-alueen jatkuvatoiminen mittauskenttä sekä olosuhdesäädettävän pintavaluntasimulaattorin kehittäminen

**OrVo** – Orgaanista voimaa peltoon ja parteen, orgaanisten lannoitteiden vaikutus maan rakenteeseen ja ravinnehuuhtoumiin

**Biosfääri** - Biotalousosaamis- ja tutkimusverkosto -kehittämishanke orgaanisten maanparannusaineiden vaikutus maan rakenteeseen ja ravinnehuuhtoumiin

## **Metsät ja metsätalous**

Metsätalouden vesistövaikutusten seurantaverkko

**CCF-PEAT** - Jatkuva kasvatusta ojitetuissa suometsissä taloudellisesta ja ympäristönsuojelullisesta näkökulmasta.

**Effibre** - Kotimaisen puu- ja biomassan tuotannon lisääminen kestäväällä tavalla

### **Metsänkasvatuksen ja ojituksen vaikutukset vesistöjen biodiversiteettiin (ei projektin nimeä annettu)**

### **Metsien lannoituksen vaikutukset vesistöihin, prosessit ja kuormien mallinnus (ei projektin nimeä annettu)**

**Suometsä-PPP** - Suometsien päästöjen hallinta

### **Vaiheittainen ennallistaminen vesienpuojelussa soiden ennallistamisalueilla**

### **Prosessipohjaiset hydrologiset mallinnukset (ei projektin nimeä annettu)**

**VNTEAS** - Metsienkasvatuksen vaikutus pohjavesiin

**HaSuMetsä** ja **Forest and Water H2O** - Metsienhoito ja vesienhallinta happamilla sulfaattimailla

**HYPE** - Hydrobiokemialliset prosessit ojitetuilla suometsillä

### **Epäorgaaninen kemia, metallien kulkeutuminen (ei projektin nimeä mainittu)**

**Hydro- and biogeochemical consequences after whole-tree harvesting in drained peatland forests** - Metsienhakkuun hydrobiokemialliset vaikutukset ojitetuilla suometsillä

**Part of national ICP Forests Level II programme in Projects MYT and NEC** - Maaperäkemia suometsämailla

**ADDBIO** - Ympäristöystävälliset metsäbiomassatuotteet- rahkasammalbiomassan korjuumenetelmät

## **Kokonaiskestävä ja hyväksyttävä puuntuotantoa turvemailta**

### **WAMBAF Tool Box – työkaluja vesiensuojeluun ja –hallintaan**

### **Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020**

**Vesileikko EAKR** - digitaaliset mallinnusmenetelmät ja aineistot käytännön työkaluiksi metsätalouden vesiensuojeluun

### **Joet ja vesistöt**

**Freshabit** - Vesistöjen tilan parantaminen

Metsänkasvatuksen ja ojituksen vaikutukset vesistöjen biodiversiteettiin

**Freshabit** - Vesistöhabitaattien kunnostaminen

**Elodea** - Vesiruton torjunta

**Ecoriver** - Rakennettujen jokien ekosysteemipalvelut

**Come** – Ravinteiden hallinta järvissä, joissa ja Itämeressä

**TANAKKA** – Taloudellisesti kannattava hoitokalastus

**Vesien- ja merenhoidon haitallisten aineiden ja niiden vaikutusten seurannat (esim. PRI-WAS)**

### **Muut**

**Mallien kehitys (KUSTAA ja NutSpafHy)** - Alueellisten ja valuma-alueen mallien kehitys vesistökuormituslaskentaan

**VillageWaters** - Jätevesien käsittely harvaan asutuilla alueilla

**Hulekas** - Hulevesien hallinta kasvillisuudella ja kasvualustoilla

**i-Tree** - Kaupunkipuiden kyky vähentää hulevesien määrää

**Rehulimaska, Pikkulimaska ja Pikkuli** - Akvaponinen viljely vesistökuormituksen vähentämiseksi kalankasvatuksessa

**YMPPI** - Valuma-alueittakaavan pintavesien hajakuormitus

**MULTIDOM** - Liukoisen orgaanisen aineksen rooli vesistökuormituksessa

**BALTICAPP** - Ekosysteemipalvelujen kysyntä ja tarjonta Itämeren alueella. Mallinnusraami linkittää ravinnukuormituksen muiden relevanttien tekijöiden kanssa.

**Kolarctic ENI CBC project "Geo-Bio Hazards in the Arctic Region"** - Kuormitus happamilta sulfaattimailta ja kaivoksista

### LIITE 3: Luken ulkopuolisista organisaatioista kyselyyn vastanneiden tutkijoiden vesistökuormitus-osaaminen

#### Maatalous

**PEATWISE** - Orgaanisten maiden käytön ilmastoviisaat menetelmät

**WaterAgri** - Veden ja ravinteiden pidättäminen maatalousmaaperissä

**WaterPeat** - Vesienhallinta turvemaiden kestävän käytön ja hallinnan kannalta

**ORANKI** - Orgaaninen aines maan kasvukunnon ja vesistökuormituksen näkökulmasta maataloudessa

#### Metsät ja metsätalous

**TurVI** - Työkaluja ja menetelmiä turvemaiden metsien vesistö- ja ilmastovaikutusten torjuntaan

**MetsäVesi** ja **Suovesi** - Metsistä ja Soilta tuleva Vesistökuormitus 2020

#### Metsätalouden vesistökuormituksen seurantaverkko

**GIS-SUS** - Pienvesien suojavyöhykkeiden suunnittelu paikkatietoon ja luontoarvoihin pohjautuen

**HydrologicalLIFE** - Soiden ennallistaminen

**MYR** - Orgaanisten maiden käytön ilmastoviisaat menetelmät

**PEATWISE** - Ojittamattomien soiden hydrologia ja ekosysteemit

**WaterPeat** - Vesienhallinta turvemaiden kestävän käytön ja hallinnan kannalta

**MEPO** - Metsätalouden pohjavesivaikutukset

**BioTar** - Turvemaiden käytön vaikutusten arviointi biologisilla mentelmillä

**REFORMWATER** - Metsienhoidon vesistövaikutusten vähentäminen

**CASCAS** - Hiilikuormitus metsäisiltä valuma-alueilta

**Biochar – novel water protection tool in acid sulphate soils** - Biohiili vesienhallinnassa happamilla sulfaattimailla

**Biochar, circular economy and the reduction of environmental impacts of forestry** - Biohiili metsätalouden ympäristövaikutusten vähentämisessä

#### Joet ja vesistöt

**Why brown waters keep their color - the role of iron in the fate of organic** - Raudan rooli orgaanisen hiilen kohtalossa/kulkeutumisessa

**CAPITAL** - Makean veden arvon selvittäminen monitoroimalla ja mallintamalla pohjoismaissa

**TEAQUILA** - Terminaalisten elektroniakseptorien rooli akvaattisten ekosysteemien tilan parantamisessa (biokemiallinen kierto ympäristön tilan parantamisessa)



**KaliVesi** - Vesistövaikutukset jokien ekologiseen tilaan kunnostustarpeiden kohdentamiseksi

**WaterAgri** – veden ja ravinteiden pidättäminen virtavesissä

**KOSTEIKKO** - Joet kuntoon kosteikoilla

**Sedimentary trace metals: unlocking the archives of past coastal marine hypoxia** - Sedimenttien tilan tutkimusta

**Phosphorus burial in Lake Vesijärvi** - Fosforin kertyminen rehevöityneisiin järviin

**Timescales of recovery from eutrophication in Finnish lakes** - Rehevöitymisestä toipumisen aikaskaalat

**Järvien kunnostus ja ravinteiden kierrätys sisäistä kuormitusta hyödyntämällä**

**HELCOM ACTION** ja **VN-TEAS Rannikon Tila** - Rannikkoalueiden tilan arviointi

**FRESHABIT** ja **HELCOM ACTION** - Vesistöjen tilan parantaminen

**Global patterns in stream energy and nutrient cycling, NCEAS** - Globaalit säännönmukaisuudet jokien ravinteiden kierrossa

## Muut

**DOMQUA** - Juomaveden käsittelyn sopeutuminen liukoisen orgaanisen aineksen määrän ja laadun muutokseen

**Kuopio Water Cluster** – Vesistötutkimusinfrastruktuurin sekä yhteistyöverkoston kehittäminen Pohjois-Savon alueella, kaivosvesien mallintaminen

**WaterSmart** - Kaivosten vesitaseiden mallintaminen

**Kaivosvesiverkosto** - Kaivosten hydrogeologia

**Kaupalliset selvitykset kaivosten vesien ja ympäristön hallintaan liittyen**

**Closedure** – Kaivosten sulkeminen

**BioWater** - Biotalous vesistövaikutukset

**WaterPeat** - Vesienhallinta turvemaiden kestävästä käytöstä ja hallinnasta kannalta

**BioTar** - Turvemaiden käytön vaikutusten arviointi biologisilla menetelmillä

**Vesiviesti** - Vesiviestillä vaikuttavuutta, hanke edistää kestävästä vesien käytöstä sekä vesienhoidon vaikuttavuutta, kattaa kaikki vesistöihin vaikuttavat toimialat (nettisivut: iisalmenreitti.fi)

## **Liite 4: Kyselyyn vastanneiden tutkimusyhteisön ulkopuolisten sidosryhmien vesistökuormitusosaaminen**

### **Neuvonta ja viestintä**

Haja-asutuksen neuvontaa  
Haja-asutuksen jätevesineuvonta-hankkeet  
Neuvonta vesistöjen kunnostustahoille ja osakaskunnille  
Neuvonta- ja tiedotus haja-asutuksen jätevesien käsittelystä  
Hajajätevesineuvonta  
Viestintähankkeet  
Neuvonta ja ohjaus vesi- ja ympäristönhoitoon liittyvissä hankkeissa, suunnittelussa ja rahoitusmahdollisuuksissa

### **Kunnostus ja suunnittelu**

Vesistöjen kunnostus- ja suunnitteluhankkeita (kunnostusta, ennallistamista, ruoppausta, ym.)  
Vesistökunnostus- ja vesistösuunnittelu  
Virtavesien kunnostus  
Laskeutus- ja kosteikkoaltaiden rakentamishankkeet  
Säännöstelypatojen muutostyöt pohjapadoiksi  
Vesienhoidon toteuttaminen  
Vesiensuojelu- ja hoitotoimenpiteet  
Vesien palauttaminen suojelualueille  
Kuormituksen alentaminen  
FRESHABIT LIFE IP - Vesistöjen tilan parantaminen ja vesistöhabitaattien kunnostaminen  
Hydrologia LIFE – Soiden, purojen ja lintuvesien turvaaminen  
Rannikko LIFE – Rannikon elinympäristöjen kunnostaminen  
ECONnect – Tiedot ilmastonmuutoksesta yhdistetään vedenalaiseen luontoon  
Vesienhuolto ja vesiensuojeluyhteistyö (jatkuva työ)  
Uusien maatalouden vesienhoitoratkaisujen testaaminen ja käyttöönoton edistäminen tilatasolla  
Metsätalouden vesiensuojelun kehittäminen  
Turvetuotannon vesiensuojelun kehittäminen

### **Laajat kokonaisuudet ja muuta**

Vesistövisio-hankkeet  
Koordinaatio- ja verkostonkehittämishankkeita  
Tutkimukset jätevesien UV-desinfiointin vaikutuksista vastaanottavaan vesistöön  
Jokitalkkaritoiminta virtavesien tilan ja ekologisen monimuotoisuuden parantamiseksi  
Metsänhoitosuosituksen päivittäminen  
Metsätalous pohjavesialueilla  
RAE-hanke – kiinnostus ja tietoisuus vesiensuojelun hyödyllisyydestä, vesienhoitotoimenpiteiden ja ravinteiden hyötykäytön edistäminen, karjalannan käsittelymenetelmien tehostaminen  
Tutkimushankkeisiin osallistuminen  
Vedenladun seurannan kehittäminen metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä  
Maa- ja metsätalouden peruskuivatuksen kehittäminen  
Luonnonmukaisen peruskuivatuksen vieminen käytäntöön  
Paikkatiedon hyödyntäminen kunnostusohjitus suunnittelun yhteydessä  
Kipsihankkeet  
Ravinnekuidun ja ravinnekalkin vaikutukset vesistökuormitukseen  
Maanläjitysalueet

## Liite 5: Summary of ongoing research (LUKE) and knowledge gaps

Ongoing research on environmental loads from different land-use sectors, on their impacts on the state of aquatic ecosystems and knowledge gaps.

Subject	Ongoing research	Knowledge gaps and research needs
<p><b>Loading sources and load reduction</b></p>	<p>Agriculture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Environmental loads from agricultural peat soils</li> <li>• Hydrology, nutrient loads and nutrient balances in mineral soils</li> <li>• Soil amendments, recycled fertilizers and organic matter</li> <li>• Other harmful substances and loads of organic matter</li> <li>• Modeling</li> </ul> <p>Forests and forestry:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forestry and its impacts</li> <li>• Water management</li> <li>• Other harmful substances</li> <li>• Modeling</li> <li>• Forest biomasses</li> </ul> <p>Rivers and other water systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• State and restoration of water systems</li> </ul> <p>Other:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Waste and storm waters</li> <li>• Regional- and catchment-scale</li> <li>• Aquaponics, solute organic matter, sulphate soils and mines</li> </ul> <p><i>Ongoing research projects are listed in Appendix 2 in Finnish</i></p>	<p>Loading sources and monitoring</p> <p>Processes</p> <p>Water protection and land-use procedures</p> <p>Policies</p> <p>Functioning of the research community</p> <p><i>The categories are listed in more detail in Figs. 5–8 in Finnish</i></p>

<p><b>Land-use-driven aquatic greenhouse gas emission and climatic impacts</b></p>	<p>Greenhouse gases from lakes</p> <p>Greenhouse gases from artificial lakes</p> <p>Methane emissions from constructed small rivers and reservoirs</p> <p>Climatic impacts of dam removal</p>	<p>Waterborne emissions and climatic impacts generated by land use</p> <p>Climatic impacts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultural loads: N<sub>2</sub>O emissions (national inventories)</li> <li>• Carbon leaching: quantity, quality and fate (sedimentation/decomposition)</li> </ul> <p>Climatic impacts of environmental loads to water systems</p> <p>Sediment processes</p> <p>Climate interactions</p> <p>Land-use changes</p>
<p><b>Impacts on organisms and ecosystems</b></p>	<p>Monitoring non-point source pollution impacts on fish stocks</p> <p>Fish stock monitoring</p>	<p>Impacts of loads from agriculture and forestry on fish stocks and biodiversity</p> <p>Impacts of changing hydrological and biophysical factors (e.g. shading and riparian vegetation) on water systems</p> <p>Efficiency of different water protection measures from the point of view of biodiversity</p>
<p><b>Water footprint and life cycle analyses of products from agriculture and forestry</b></p>	<p>Product life cycle analyses</p> <p>Estimates on the eutrophication impacts of food and garden products</p> <p>Water footprint estimates</p> <p>Ecotoxicity impacts</p> <p>Life cycle analyses of farming</p>	<p>Forestry products: Life cycle analyses of loads on water systems</p> <p>Biodiversity impacts</p>



luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000