

# VALUMA-ALUEEN ERI LÄHTEISTÄ TULEVAN VESISTÖKUORMITUKSEN ARVIOINTI JA VÄHENTÄMISMAHDOLLISUUDET

Sirkka Tattari, Markku Puustinen, Jari Koskiaho, Elina Röman, Juha Riihimäki  
Suomen ympäristökeskus  
**Helsinki 31.3.2015**

Tilaja: Energiateollisuus ry:n koordinoima ympäristöpooli





## Sisällysluettelo

<b>Tiivistelmä</b>	2
<b>1. Taustaa</b>	3
<b>2. Kuormituslähteet</b>	5
2.1 Metsätalousmaa	5
2.2 Maatalousmaa	9
2.3 Haja-asutus	15
2.4 Rakennettu maa	15
2.5 Turvemaat ja turvetuotantoalueet	16
<b>3. Selvitys suomalaisista ominaiskuormitusluvuista (typpi, fosfori, kiintoaine, orgaaninen aines)</b>	17
3.1 Metsätalous	18
3.2 Maatalous	18
3.3 Taustakuorma	19
3.4 Laskeuma	19
3.5 Haja-asutus	19
3.6 Hulevedet	19
3.7 Turvetuotanto	20
3.8 Yhdyskunnat	20
3.9 Teollisuus, kalankasvatus ja turkistarhaus	20
<b>4. Kokonaiskuormitus ja kasvuriskit</b>	22
4.1 Kuormituksen jakautuminen lähteittäin	22
4.2 Arviointiin sisältyvä epävarmuus	24
4.3 Metsätaloudesta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet	25
4.4 Maataloudesta aiheutuvan kuormituksen vähentämismahdollisuudet	26
4.5 Turvetuotannosta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet	27
4.6 Jätevesien puhdistaminen	28
4.7 Haja-asutuksen aiheuttamien vesien puhdistaminen	28
4.8 Hulevesien puhdistaminen	29
4.9 Kuormituksen kasvuriskit (ilmastomuutos, maankäytön muutokset)	29
<b>5. Vesistöjen tila tarkasteltavilla esimerkkialueilla</b>	30
5.1 Yleistä vesistöjen luokittelusta	30
5.1.1 Vesistön tilaluokittelu esimerkkialueilla	30
5.2 Kalkäjoen valuma-alue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta	32
5.2.1 Kalkäjoen valuma-alue ja maankäyttö	32
5.2.2 Veden laadun mittaukset	34
5.2.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin	37
5.2.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalin arviointi	39
5.2.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta	39
5.3 Saarijärven reitin vesistöalue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta	39
5.3.1 Saarijärven reitin vesistöalue ja maankäyttö	39
5.3.2 Veden laadun mittaukset	43
5.3.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin	45
5.3.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalin arviointi	47
5.3.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta	48
5.4 Yhteenveto alueista	48
<b>Viitteet</b>	49

## Tiivistelmä

Tämä julkaisu on tehty Energiateollisuus ry:n koordinoiman ympäristöpoolin tilaustyönä Suomen ympäristökeskuksessa (Syke). Raportin kirjoittajat ja työssä käytettyjen aineistojen käsittelyyn osallistuneet ovat hydrologi Sirkka Tattari, agronomi Markku Puustinen, tutkimusinsinööri Jari Koskiahho, tutkija Elina Röman ja vanhempi tutkija Juha Riihimäki. Työn tavoitteena oli koota keskitetysti vesistökuormitusta kuvaavia kuormittajakohtaisia ominaiskuormituslukuja ja selvittää niiden perusteella eri maankäyttömuotojen alueellisia kuormitusosuuksia. Työssä kuvataan laajalti eri kuormittajien taustatietoja, niissä tapahtuneita muutoksia, kuormitusvertailujen vaikeutta ja ennen kaikkea käytettävissä olevan tiedon epävarmuutta.

Kuormitusluvut tarkentuvat sitä mukaa kun uutta kattavampaa ja tarkempaa tutkimustietoa saadaan julkaistua. Esim. maatalouden kuormitusluvut perustuvat pienten valuma-alueiden seurantoihin, joista 30 vuoden ajalta kertyneestä aineistosta on parhaillaan valmistumassa uusin päivitetty tieteellinen artikkeli. Aikaisempi artikkeli on vuodelta 2002. Vastaavanlaista seuranta-aineistoa kokoavaa menetelmää ja tulosten tieteellistä julkaisumenettelyä on sovellettu metsätalouden kuormituksen sekä taustakuormituksen arvioinnissa. Pistemäistä kuormitusta kuvaavat tunnusluvut ovat luotettavampien mittaussjärjestelmien vuoksi hajakuormituslukuja tarkempia. Tässä työssä esitetyt kuormitusluvut ovat luonteeltaan keskimääräisiä lukuja. Raportissa annetaan myös selonteko ihmistoiminnan aiheuttaman kuormituksen vähentämismahdollisuuksista ja selvitetään kuormituksen mahdollisia kasvuriskejä yleisluontoisesti koko Suomen tasolla, vesienhoito-alueilla ja tarkemmin kahdella valitulla vesistöalueella. Maankäyttöä on tarkastelu kaikilla em. tasoilla, mm. maatalous ja rakennettu alue keskittyvät Suomenlahden ja Kokemäenjoen-Saaristomeren ja Selkämeren vesienhoitoalueille ja ojitetut turvemaat Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueelle.

Työssä on tuotu esille myös mallien käyttöä, joiden avulla voidaan saada monipuolisempi käsitys kuormituslukujen virhelähteistä. Valtakunnallisten kuormitusarviointien tarkkuus riittää kuormituslähteiden kokonaistarkasteluun. Rajatummissa alueellisissa tarkasteluissa lopputulos voi jäädä epäselväksi. Tällaisessa tilanteessa esiin nousevia kysymyksiä ovat kuormituslähteen suhde toiseen kuormituslähteeseen tai taustakuormituksen osuus kokonaisainevirtaamassa. Esimerkiksi maatalouden keskimääräinen kuormitusluku voi sisältää myös taustakuormitusta. Todellisuudessa tällä ei olisi juurikaan merkitystä lähdekohtaiseen kuormitusjakaumaan sen vuoksi, että maatalouden pinta-alakohtainen typpi- ja fosforikuorma (fosfori  $1,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ , typpi  $15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ) on kymmen- kaksikymmenkertaista taustakuormitukseen (fosfori  $0,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ , typpi  $1,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ) verrattuna. Sen sijaan taustakuormaa kuvaavaan kuormituslukuun sisältyvä, esim. 20 %:n virhe, vaikka olisikin absoluuttisena arvona mitättömän pieni, aiheuttaisi koko maa-alueelle (30,4 milj. ha) laskettuna suuren muutoksen ainevirtaamien jakaumiin. Orgaanisen aineksen heikommasta seuranta- ja tutkimustaustasta johtuen vain osalle kuormituslähteistä voidaan esittää arvio orgaanisen kuormituksen suuruudesta.

Tässä esitetyt kuormitusluvut ovat työvälina mm. vesienhoidon suunnitteluun tai tuotannollisen toiminnan vesistövaikutusten arviointiin (taulukko 2). Lukuihin liittyvän epävarmuuden vuoksi niiden käyttö ja tulosten merkityksen arviointi edellyttää perehtymistä itse kuormituslukuihin ja niiden taustoihin. Keskimääräiset luvut eivät välttämättä kuvaa todellista kuormitusta kaikissa olosuhteissa, mikä ilmenee jo lukujen suurena vaihteluvälinä (liite1). Kuormituslukujen ohella on oleellista tietää tarkasti myös tuotannollinen pinta-ala, jolla kuormitusta muodostuu. Eri aikoina ja eri lukuihin perustuvat valtakunnalliset tai alueelliset kuormitusjakaumat ("kuormituspiirakat") eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Kokonaisuutta on aina tarkasteltava vastaanottavan vesistön näkökulmasta. Huomioitava on myös se, että vesistön tila-arvio voi muuttua tarkemman vesistöseurannan tuloksena, mikä taas vaikuttaa vesistön kuormituksen sietokykyyn.

## 1 Taustaa

Maankäytöstä ja muusta ihmistoiminnasta aiheutuu lähes aina ravinne- ja kiintoainekuormitusta vesistöihin. Luonteeltaan maa- ja metsätalouden sekä haja-asutuksen aiheuttama kuormitus on ns. haja-kuormitusta, jossa tarkkaa päästölähdettä ei voida paikallistaa. Yhdyskuntien, teollisuuden ja turvetuotannon päästöt puolestaan edustavat pistekuormitusta, jonka lähde ja sijainti ovat yleensä tarkoin määriteltävissä. Oman kuormituslähteensä muodostavat kaupunkien hulevedet. Typpi- ja fosforikuormitus aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä ja kiintoainekuormitus puolestaan sameutumista, liettymistä ja umpeenkasvua.

Kuormituksen aiheuttamien vesistövaikutusten voimakkuus ja laajuus riippuvat mm. maankäytön alueellisesta laajuudesta, toimenpiteiden voimaperäisyydestä ja valuma-alueen ominaisuuksista. Orgaaninen aines ei kiihdytä vesistöjen rehevöitymistä samalla tavoin suoraviivaisesti kuin levillä helpommin käyttökelpoisessa muodossa olevat ravinteet. Orgaaninen aines kuitenkin kuluttaa hajotessaan veden happea ja hapettomuus puolestaan voi vapauttaa pohjasta ravinteita. Lisäksi orgaaninen aines aiheuttaa epämiellyttävää rantojen liettymistä ja mataloitumista, mikä on haitallista vesien virkistyskäytölle. Orgaanisen aineksen pitoisuuksia ja kuormitusta ilmaistaan paitsi orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC) ja liukoisen fraktion osuutena (DOC), myös kemiallisena (COD) ja biologisena (BOD) hapenkulutuksena. Tässä julkaisussa ilmoitettuja, eri raporteista ja artikkeleista poimittuja orgaanisen aineen kuormituksen arvoja on yhteismitallistettu TOC:ksi seuraavien suhdelukujen mukaisesti:

- $TOC = COD_{Mn} / 1,25$  (luonnonvedet, lähde: Koistinen, 2012)
- $TOC = BOD_{7/0,35}$  (puhdistettu jätevesi, lähde: University of Technology Hamburg-Harburg).

Lähtökohtaisesti luonnontilaisesta poikkeavien eri maankäyttömuotojen laajuus on merkittävä ihmisperäisen kuormituksen taustatekijä. Metsien osuus Suomen koko maapinta-alasta on noin 86 % (Metsätalostollinen vuosikirja, 2014). Maatalous on toiseksi merkittävin maankäyttömuoto kattaen noin 7,4 % Suomen maapinta-alasta (Maataloustilastot 2012). Rakennetun maan pinta-ala on arviolta 3,1 % ja turvetuotantoala (v. 2012) 0,19 % maapinta-alasta.

Vesistövaikutukseltaan eri kuormittajat poikkeavat kuitenkin toisistaan ja eri maankäyttömuodoilta tuleva kuormitus vaihtelee merkittävästi muun muassa tuotantovaiheen mukaan, erityisesti hydrologisten tekijöiden vaikutuksille alttiina olevassa maa- ja metsätaloudessa sekä turvetuotannossa. Metsätaloudessa tuotantosykli on 80 -100 vuotta, minkä aikana metsätalouden eri toimenpiteet aiheuttavat kestoltaan rajatun vaikutuksen kuormitukseen. Tämän jälkeen kuormitus palautuu tasolle, joka poikkeaa melko vähän luonnontilaisesta kuormituksesta. Turvetuotanto on tasaisesti hydrologisen vuosisyklin vaikutuksen alla, ja kuormitus voi vaihdella tuotannon eri työvaiheiden sekä veden kierron yhteisvaikutuksena. Oleellista on se, että turvetuotannossa kuormitusta muodostuu koko tuotantoalalta. Maataloudessa taas vuoden mittainen tuotantosykli eri työvaiheineen ja hydrologinen sykli yhdessä aiheuttavat tasoltaan edellisistä poikkeavan kuormituksen, joka vaihtelee ajallisesti ja peltokohtaisesti.

EU:n vesipuitedirektiivin vesienhoidon keskeisenä tavoitteena on estää mm. em. kuormituslähteiden aiheuttama jokien, järvien ja rannikkovesien sekä pohjavesien tilan heikkeneminen sekä pyrkiä kaikissa vesissä vähintään hyvään tilaan. Lisäksi erinomaisiksi tai hyviksi arvioitujen vesien tilaa ei saa heikentää. Vesienhoitoa suunnitellaan vesienhoitoalueittain (VHA), joita on Manner-Suomessa viisi: Vuoksen (VHA1), Kymijoki-Suomenlahden (VHA 2), Kokemäenjoen, Saaristomeren- ja Selkämeren (VHA 3), Oulujoen- Iijoen (VHA 4) ja Kemijoen (VHA 5) vesienhoitoalueet (kts. kuva 1). Lisäksi Ruotsin ja Norjan kanssa on muodostettu kaksi kansainvälistä vesienhoitoaluetta: Tornionjoen (VHA 6) sekä Tenojoen, Näätämönjoen ja Paatsjoen (VHA 7) vesienhoitoalueet. Ahvenanmaa muodostaa oman vesienhoitoalueen ja vastaa itse EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpanosta. Tässä raportissa ei käsitellä Ahvenanmaan aluetta. Vesienhoitoalueiden maankäyttö on esitetty taulukossa 1.

Vesienhoidon keskeinen lähtökohta on tunnistaa keskeiset kuormituspaineet, jossa osatehtävänä on osittaa vesistöihin tuleva ravinnekuormitus tarkasti eri kuormituslähteille kullakin vesienhoitoalueella. Tätä asiaa on tutkittu ja tarkasteltu erikokoisissa mittakaavoissa kooten havaintoaineistoa pitkältä aikaväliltä eri kuormituslähteistä ja kuormittajalähteille on tuotettu ominaisia kuormituslukuja. Kuormituslukujen keskinäinen vertailu ja käyttö kuormituslaskennassa edellyttävät lukujen tasavertaistamista ja yksiselitteistä ohjeistusta niiden käytöstä, esim. koskeeko kuormitusluku koko



sektorin piirissä olevaa pinta-alaa vai ainoastaan nettomääräistä toimenpidealaa. Esim. maataloudessa on esitetty koko viljelyalaa koskevat ominaiskuormitusluvut (taulukko 2) ja yksittäisiä toimenpiteitä koskevia kuormituslukuja eri maalajeille ja eri kaltevuusluokille (liite 1). Lukujen käyttötarkoitus ja mahdollisuudet ovat siis erilaiset.

Metsätaloudessa vesistökuormitusta aiheutuu lähinnä metsien hakkuista, lannoituksesta ja kunnostusojituksesta, joita toteutetaan vuosittain vain osalla koko metsäalasta. Aiemmin metsätalouden kuormituslaskelmia on tehty erikseen uudistusojituksen, kunnostusojituksen (perkaus, täydennysojitus), raskaasti muokattujen (auraus, mätästys) uudistushakkuiden, kevyesti muokattujen (äestys, laikutus) uudistushakkuiden, muokkaamattomien uudistushakkuiden, kivennäismaiden typpilannoituksen ja turvemaiden fosforilannoituksen ravinnehuuhtoutumista (Kenttämies & Mattsson, 2006). Nytemmin metsätalouden vaikutukset kuormitusarvioiden laskennassa on luokiteltu edellisestä poiketen kolmeen ryhmään: kunnostusojitukset, päätehakkuit ja lannoitus. Vuonna 1996–2012 uudistus- eli päätehakkuita tehtiin keskimäärin 165 250 ha:lla, kunnostusojituksia 70 368 ha:lla ja lannoitusta 29 179 ha eli yhteensä 264 797 ha. Harvennushakkuista, kulotuksesta ja metsäteiden rakentamisesta aiheutuvat ravinnepäästöt on arvioitu niin pieniksi, että niille ei ole esitetty lainkaan kuormituslukuja (Kenttämies ja Mattsson 2006, toim.). Oleellista on se, että metsätalouden kuormituksen laskenta perustuu kolmeen em. toimenpiteeseen ja nettomääräiseen toteutettujen toimenpiteiden vuosittaiseen pinta-alaan, mikä tuottaa kuormituslisäyksen edellisten vuosien kuormitukseen 10 vuoden ajan.

Maataloudessa kuormitusta aiheuttavia viljelytoimenpiteitä, kuten maanmuokkausta ja lannoitusta, taas toteutetaan keväisin ja syksyisin koko viljelyalalla joka vuosi. Pääsyyinä metsä- ja maatalouden kuormituseroihin on maatalouden selvästi metsätaloutta voimaperäisemmät vuosittain tai muutaman vuoden välein pellolla toistuvat toimenpiteet. Metsätalouden osuus kokonaiskuormituksesta on pieni, mutta se saattaa paikallisesti olla merkittävää. Metsätaloustoimenpiteiden aiheuttama kuormitus on voimakkainta 1–3 vuotta toimenpiteen jälkeen, mutta kuormitus voi jatkua jopa yli 10 vuotta. Edellä mainittujen lähteiden lisäksi merkittävää mutta vaikutuksiltaan yleensä paikallisempaa vesistökuormitusta aiheuttavat haja-asutus, rakennetun alueen hulevedet, yhdyskuntien päästöt, teollisuus ja muut pistekuormitusta aiheuttavat elinkeinot, kuten kalankasvatus ja turkistarhaus.

Tässä vesistökuormitusraportissa selvitetään eri maankäyttömuotojen osuuksia alueellisesti ja kootaan yhteenveto eri maankäyttömuotojen ominaiskuormitusluvuista. Näiden perusteella arvioidaan kokonaiskuormituksen jakautumista lähteittäin ja tarkastellaan arviointiin sisältyvää epävarmuutta. Raportissa annetaan myös selonteko ihmistoiminnan aiheuttaman kuormituksen vähentämismahdollisuuksista ja selvitetään kuormituksen mahdollisia kasvuriskejä yleisluontoisesti koko Suomen tasolla ja tarkemmin kahdella valitulla vesistöalueella.

Taulukko 1. Maankäyttö vesienhoitoalueittain Corine 2012 maankäyttötietokannan mukaan (pinta-alat taulukossa koskevat Suomen osuutta vesienhoitoalueista).

Alue	Nro	Pinta-ala	Maapinta-ala	Sisävedet	Metsät	Maatalous	Rakennettu ala
			km <sup>2</sup>	%		% maa-alasta	
Vuoksen VHA	VHA1	58 109	46 980	15,0	86,2	7,3	3,4
Kymijoen–Suomenlahden VHA	VHA2	57 028	43 785	11,3	80,2	12,0	5,8
Kokemäenjoen–Saaristomeren–Selkämeren VHA	VHA3	83 289	65 019	4,2	72,6	18,6	5,1
Oulujoen–Iijoen VHA	VHA4	68 028	59 739	6,1	82,5	5,1	2,0
Kemijoen VHA	VHA5	54 806	51 418	3,0	79,0	0,9	0,8
Tornionjoen VHA	VHA6	14 570	13 689	3,4	82,8	1,2	1,1
Tenojoen–Näätämönjoen–Paatsjoen VHA	VHA7	25 543	23 092	6,8	85,0	0,1	0,3

## 2 Kuormituslähteet

Tässä luvussa tarkastellaan vesistöihin tulevien ravinteiden kuormituslähteitä, niiden keskeisiä kuormitukseen vaikuttavia ominaisuuksia ja kuormituslähteissä pitkällä ja keskipitkällä aikavälillä tapahtuneita muutoksia. Kuormituslähteiden tarkastelussa hahmotetaan niiden ominaisia luonteenpiirteitä ja ihmisen aiheuttaman kokonaiskuormituksen taustaa.

### 2.1 Metsätalousmaa

Metsätalouden käsitteitä:

Metsätalousmaa – maata, joka ei ole maatalousmaata, rakennettua maata yms.

Metsämaa (puustollinen) – maata, jolla puuston potentiaalinen vuosikasvu on vähintään keskim. 1 m<sup>3</sup> vuodessa

Kitumaa – puuston potentiaalinen vuosikasvu alle 1 m<sup>3</sup>, mutta vähintään 0,1 m<sup>3</sup> vuodessa

Joutomaa – puuston vuosikasvu on alle 0,1 m<sup>3</sup> vuodessa

Muu metsätalousmaa – sisältää metsäautotiet, metsätalouden pysyvät varasto ja tonttialueet

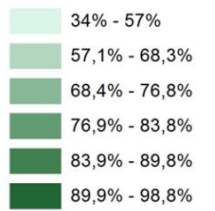
Valtakunnan metsien 11. inventoinnin (VMI 11) 2009–2012 mukaan metsätalousmaata Suomessa on yhteensä 26 174 km<sup>2</sup>, josta puustollista metsämaata on 20 312 km<sup>2</sup>, kitumaata 2 447 km<sup>2</sup>, joutomaata 3 218 km<sup>2</sup> sekä metsäteitä, varastoja ym. alueita 197 km<sup>2</sup>. Alueluovutusten jälkeen (Neuvostoliitolle) metsätalousmaan kokonaispinta-ala on ollut muuttumaton, mutta puustollisen metsämaan ala on kasvanut 1940-luvun alusta 3 000 km<sup>2</sup> jouto- ja kitumaan pinta-alojen vastaavasti pienentyessä. Metsätalousmaasta kankaita on 17 228 km<sup>2</sup> ja soita 8 748 km<sup>2</sup>. Soiden osuus metsätalousmaasta on 34 %.

Metsäalan osuus maa-alasta (kuva 1) on käänteinen peltoalaosuuteen nähden. Metsien osuus vesistöjen 2. jakovaiheen tarkastelussa on yli 80 % laajoilla Järvi-Suomen, Kainuun ja Pohjois-Suomen alueilla. Vastaavasti Etelä-, Lounais- ja Länsi-Suomen maatalousvaltaisilla alueilla metsien osuus maa-alasta on tyypillisesti alle 60 %.

Valtapuusto metsä- ja kitumaalla on mäntymetsää, jonka osuus puuston kokonaistilavuudesta 2 332 milj. m<sup>3</sup>:stä on 50 %. Kuusen osuus kokonaistilavuudesta on 30 %, koivun osuus 17 % ja muiden lehtipuiden osuus 3 %. Kokonaistilavuudesta 90,3 % on puuntuotantoalueen puustossa. Puuston kokonaistilavuus on kasvanut 1930-luvun lopulta (nykyistä metsätalousmaa-alueella vastaavalla alueella) 1370 milj. m<sup>3</sup> kokonaistilavuudesta 70 %. Vastaavasti metsien vuosikasvu on kaksinkertaistunut 1930-luvun lopulta 47,4 milj. m<sup>3</sup>:sta (2,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>) 104 milj. m<sup>3</sup>:iin (4,6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> v<sup>-1</sup>). Puuston poistuma oli vuonna 2012 69,85 milj. m<sup>3</sup> ja on vaihdellut vuosina 2000–2011 59,70–72,93 milj. m<sup>3</sup> vuodessa.

Metsien hakkuu-alat vuosittain ovat laajoja (kuva 2), vuonna 2013 metsiä hakattiin 718 000 ha:lla. Suuri osa hakkuista on harvennushakkuita, joissa hakkuiden aiheuttamat vesistövaikutukset jäävät melko pieniksi. Vuosina 2003–2007 avohakkuiden määrä oli keskimäärin 148 000 ha ja vuosina 2008–2012 keskimäärin 115 000 ha. Vastaavasti metsiä uudistettiin vuonna 2013 121 000 ha:lla. Metsien uudistuksen yhteydessä vuonna 2013 metsää muokattiin 107 000 ha.

### Metsien osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla



Päävesistöalueet

Vesienhoitoalueet

VHA1 - Vuoksen vesienhoitoalue

VHA2 - Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalue

VHA3 - Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalue

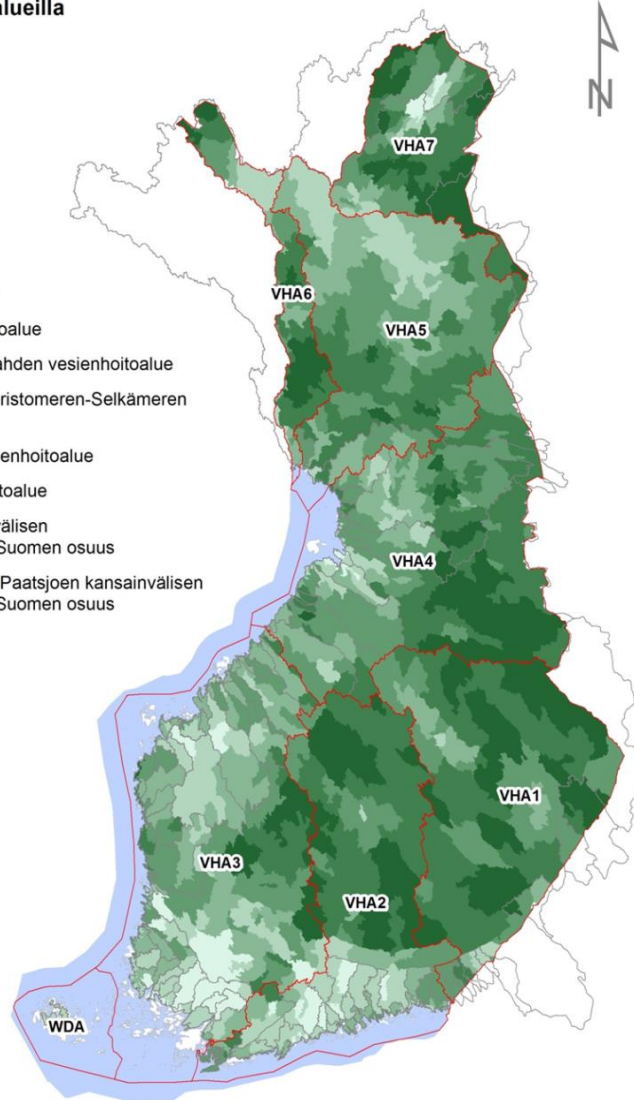
VHA4 - Oulujoen-lijoen vesienhoitoalue

VHA5 - Kemijoen vesienhoitoalue

VHA6 - Torniojoen kansainvälisen vesienhoitoalueen Suomen osuus

VHA7 - Teno-, Näätämö- ja Paatsjoen kansainvälisen vesienhoitoalueen Suomen osuus

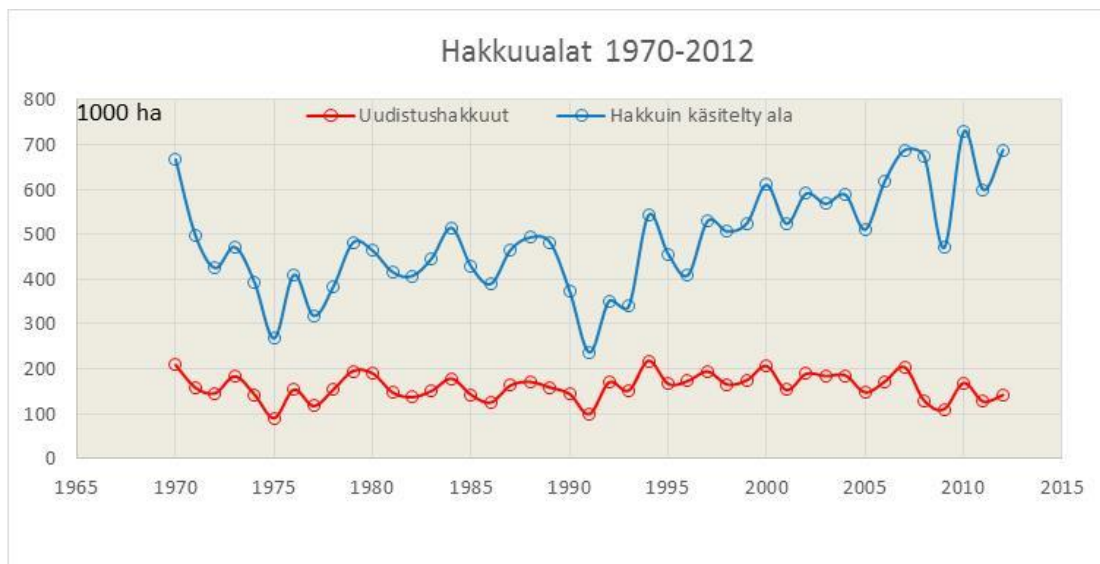
WDA - Ahvenanmaa



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta I-mij – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE  
Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Meda, MAVI, LIVI, VRK, MML Maastotietokanta 05/2012)

0 125 250 Km

Kuva 1. Metsien osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla.

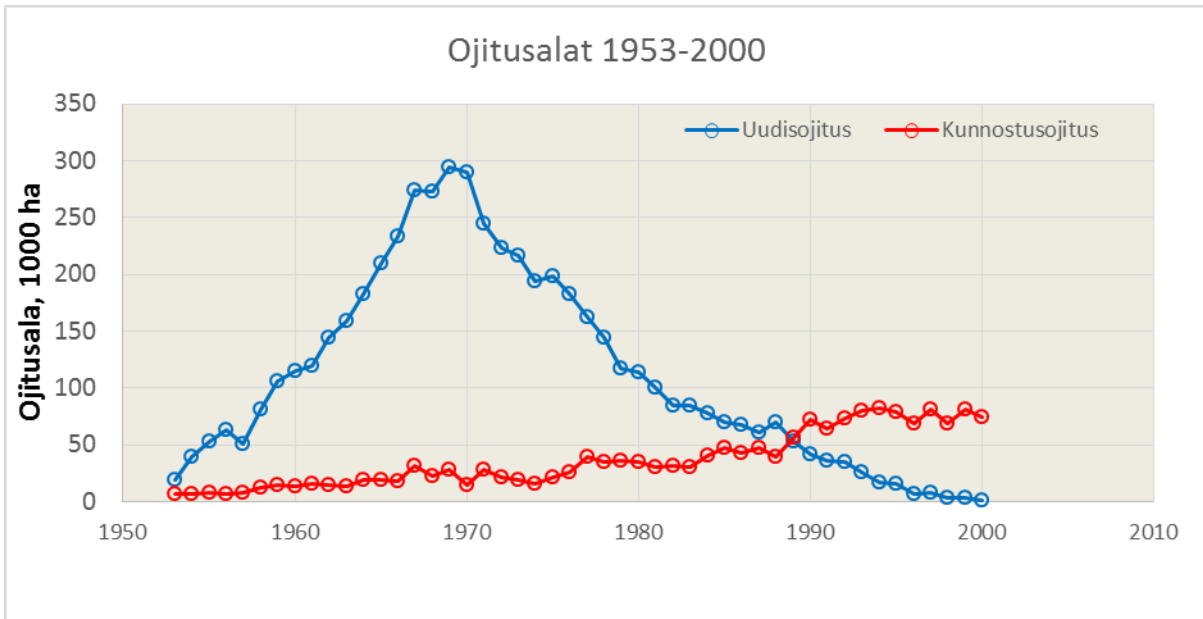


Kuva 2. Uudistushakkuut ja koko hakkuin käsitelty ala v. 1970–2012.

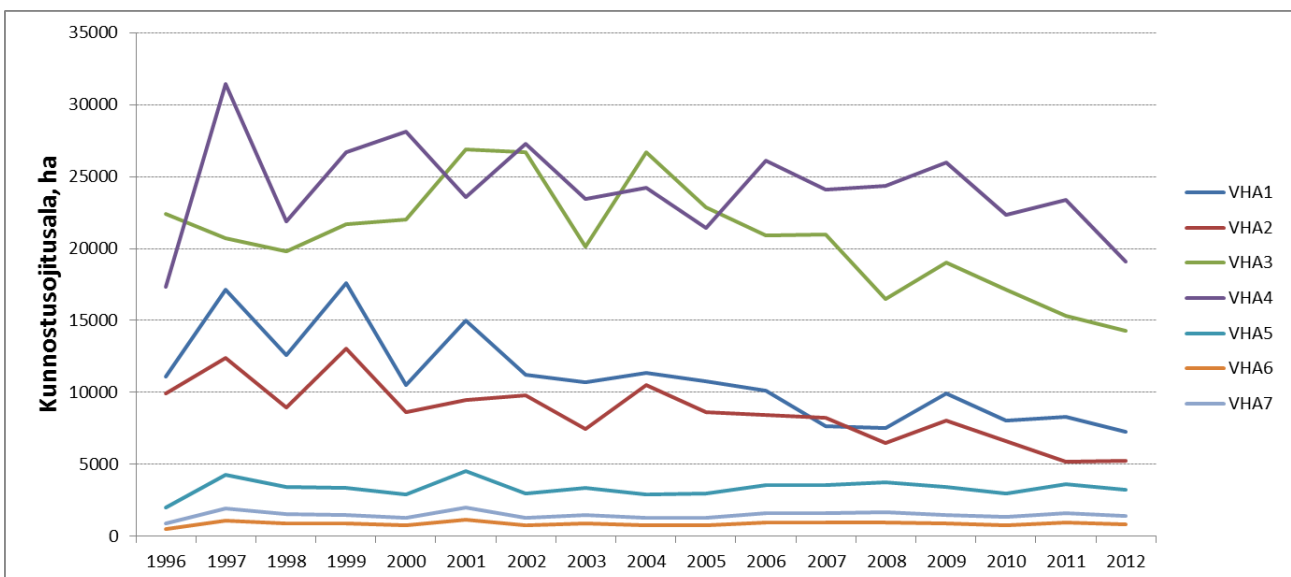


## Ojitus

VMI 11:n mukaan suometsien alasta (8 749 km<sup>2</sup>) on ojitettu runsaat puolet eli 4 675 km<sup>2</sup>. Lisäksi kangasmetsiä on ojitettu 1 318 km<sup>2</sup>. Kunnostusojituksia on tehty vuosina 2000–2013 keskimäärin 19 630 km 67 430 ha:lle vuodessa, keskimäärin 291 m hehtaarille. Tasaisena jatkuessaan näillä kunnostusojitusten määrillä koko ojitetun metsäalan kunnostusojitus veisi aikaa lähes 90 vuotta. Määrät eivät teknisesti vastaa kunnostusojituksen tarvetta ja on odotettavissa, että ojitukset rapautuvat ja osa metsien kunnostusojituksista jää tekemättä. Kuvassa 3 on esitetty uudistusojitus- ja kunnostusojitusalat v. 1953–2000. Uudistusojituksen huippu oli 60-luvun lopulla, jonka jälkeen ojitusalat ovat laskeneet voimakkaasti. Kuvasta 4 havaitaan, että kunnostusojitusalat (v. 1996–2012) ovat vähentyneet vesienhoitoalueilla 1–4, ja pysyneet jokseenkin samalla tasolla alueilla 5–7.



Kuva 3. Uudistusojitus- ja kunnostusojitusalat v. 1953–2000.



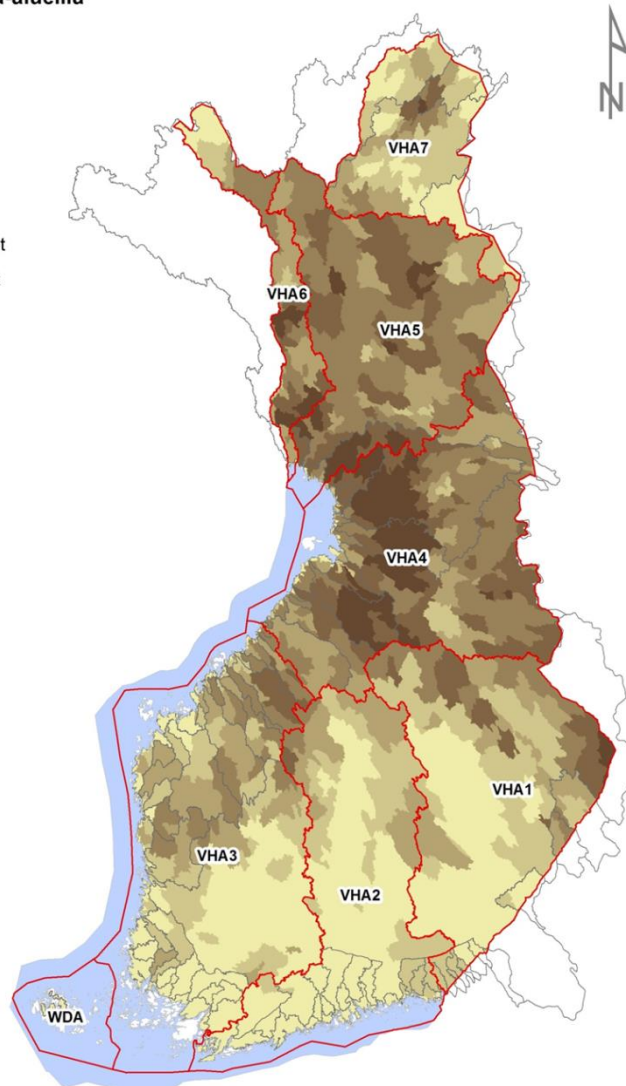
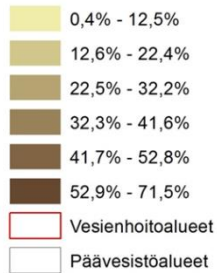
Kuva 4. Kunnostusojitusalat vesienhoitoalueittain v. 1996–2012.

Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta Oulun läänin ja Pohjois-Karjalan alueilla on yleisesti yli 25 %, monin paikoin yli 40 % (kuva 5a, b). Tämä kuvaa ojitusten laajuutta, mutta toisaalta turvemaiden sijaintia juuri näillä alueilla. Etelä-Suomessa turvemaiden määrä maa-pintalasta on melko pieni. Osa turvemaista, erityisesti maatalouskäytössä olevat saraturvemaat, on kuivatuksen seurauksena muuttunut vähitellen kivennäismaiksi.

## Lannoitus

Metsien lannoitus oli laaja-alaisinta 1970-luvulla, Vuonna 1975 lannoitusala oli 243 962 ha. Tästä huippuvuodesta lannoitusalat pienenevät viidessä vuodessa alle 100 000 ha:iin ja edelleen 1990-luvulle tultaessa muutamaan tuhanteen metsähehtaariin. Sittemmin 2000-luvun alkuvuosina lannoitusalat ovat nousseet noin 20 000 metsähehtaarin tienoille. Viime vuosina lannoitusalat ovat edelleen kasvaneet ollen vuonna 2013 jo 41 000 metsähehtaaria.

### Turvemaiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta I miljö – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE

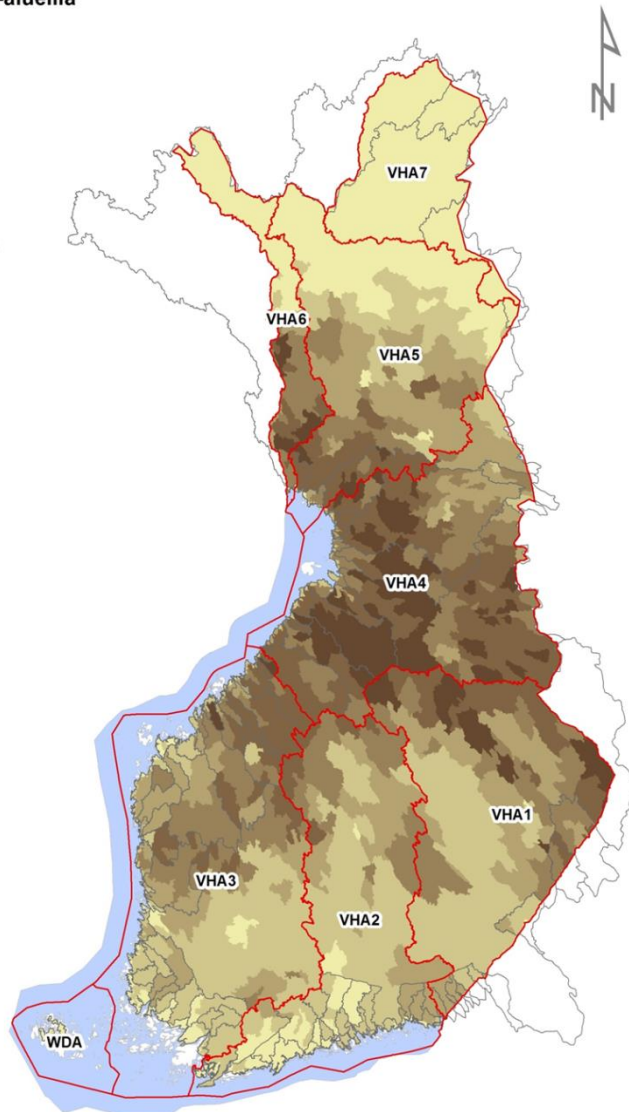
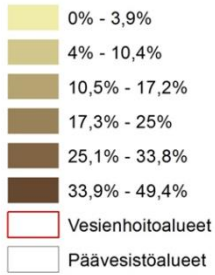
Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Metla, MAVI, LIVI, YRK, MML Maastietokanta 05/2012)

Soiden ojitustilanne: ©SYKE (pohjautuu MML aineistoon)



Kuva 5a. Turvemaiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla.

### Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta I milj – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE  
Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Metla, MAVI, LIVI, VRK, MML Maastietokanta 05/2012)  
Soiden ojitustilanne: ©SYKE (pohjautuu MML aineistoon)

0 125 250 Km

Kuva 5b. Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla.

## 2.2 Maatalousmaa

Viljelykäytössä olevat pellot sijaitsevat pääasiassa Suomenlahden, Saaristomeren ja Perämeren rannikoilla (kuva 6). Järvi-Suomen alueella on alle 20 % koko maan peltoalasta.

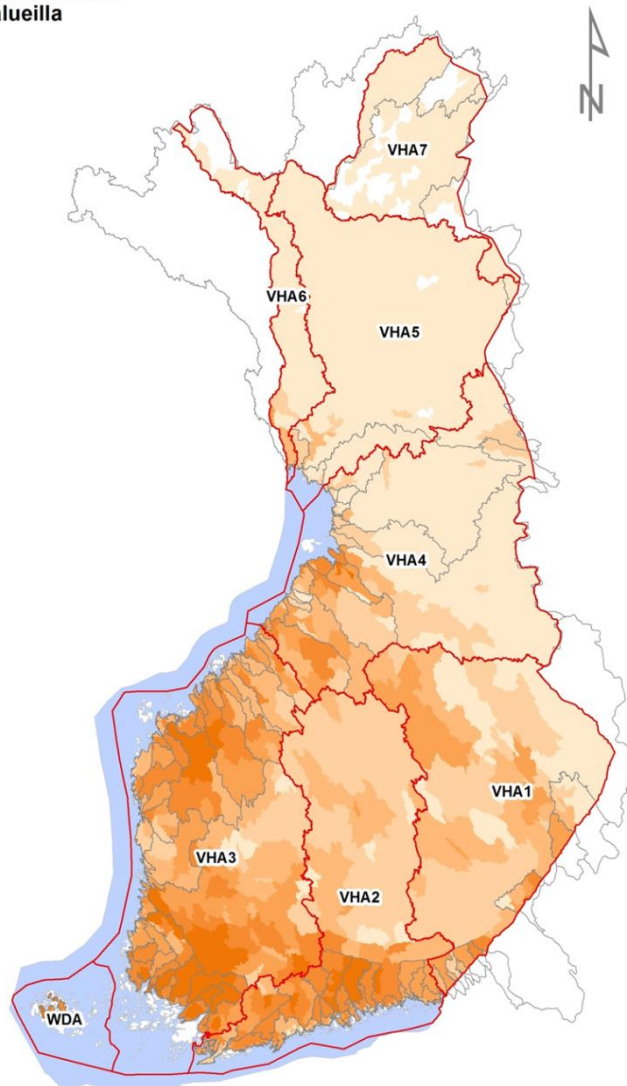
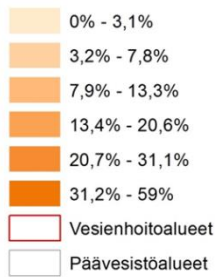
### Maankuivatus

Pellot sijaitsevat melko lähellä vesistöjä. Peltolohkojen kuivatusvesien purkupisteestä lähimpään alapuoliseen vesistöön on matkaa näitä yhdistävää uomaa pitkin keskimäärin 2,3 km (med.1 km). Peltojen pinta-alasta 74 % rajoittuu peruskuivatusuomaan ja 13 % vesistöön. Peltoalasta 87 %:lla on siten suora yhteys vesistöön ja 13 % peltoalasta kuivatusveden johdetaan maastoon, josta ei ole uomayhteyttä vesistöön.

Peruskuivatushankkeet on toteutettu pääsääntöisesti useamman maatalon yhteisenä hankkeena tätä varten perustetuissa ojitusyhtiöissä (nyk. ojitusyhteisö). Vesilain mukaiset peruskuivatushankkeet on pääsääntöisesti toteutettu alle 10 km<sup>2</sup> alueiden kuivatuksena, joiden yhteydessä toteutettu uoma on nimetty tarkoitustaan kuvaavalla nimellä valtaojaksi ja uoman vaikutuspiirissä oleva alue kuivatusalueeksi. Peruskuivatushankkeissa on perattu kuivatustarkoituksessa myös yli 10 km<sup>2</sup> alueiden

uomia eli puroja vesilain asettamissa rajoissa. Ojitusyhteisöjen ja kuivatusalueiden lukumäärästä ei ole tarkkaa tietoa, mutta niitä on arvioitu olevan useita kymmeniä tuhansia.

### Maatalousmaan osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta1milj – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE  
Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Metla, MAVI, LIVI, YRK, MML Maastotietokanta 05/2012)

0 125 250 Km

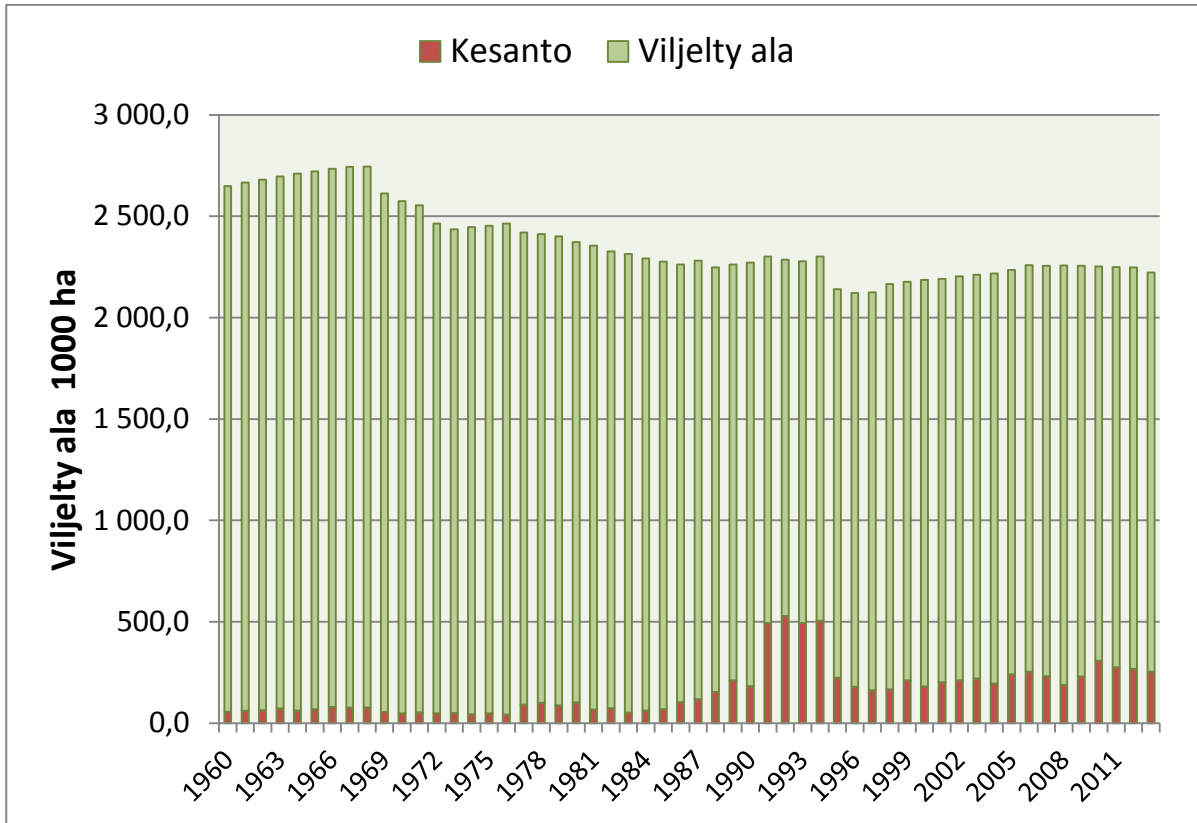
Kuva 6. Maatalousmaan osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla.

Peltojen paikalliskuivatus on toteutettu pääsääntöisesti salaojituksena, jota on toteutettu 58 %:lla peltoalasta. Avo-ojituksella kuivatetaan edelleen 27 % ja peltoalasta ilman paikalliskuivatusta voidaan viljellä 15 %. Paikalliskuivatusjärjestelmät muodostavat yhdessä peruskuivatusjärjestelmien kanssa laaja-alaisen verkoston koko maatalousmaalle, mikä on ehkä maatalousmaamme luonteenomaisin piirre - kuivatusvesillä on lyhyt matka ja ajallinen viive vesistöihin. Uomaverkostossa poistettava vesimäärä muodostuu vuosisadannan aiheuttamasta valunnasta, pieni osa siitä päättyy pohjavesivalunnaksi. Keskimäärin peltohehtaarilla valuntaa muodostuu vuodessa 2500–3000 m<sup>3</sup>. Ilman tehokasta maankuivatusta kasvinviljely Suomessa ei ole mahdollista.

#### *Peltoala ja peltoalan muutokset*

Maatalousmaan osuus maapinta-alasta on Suomessa suhteellisen pieni (7,4 %) verrattuna esim. Tanskaan tai Puolaan. Maatalousmaan osuus maan eri osissa vaihtelee, Varsinais-Suomessa se on noin 30 %, Uudellamaalla reilu 20 %, Etelä-Pohjanmaalla 20 % ja Pohjois-Pohjanmaalla noin 7 %. Maapinta-alalle suhteutettuna maatalousmaata on eniten VHA 3:lla, jonka maa-alasta 19 % (56 524 km<sup>2</sup>) on maatalousmaata. VHA 2:n maa-alasta maatalousmaata on 12 % (36 467 km<sup>2</sup>) ja VHA 1:n 7 % (22 184 km<sup>2</sup>).

Suurimmillaan viljely- ja kesantopellon kokonaisala oli vuonna 1968 (2 746 100 ha), josta se vähitellen pieneni 1990-luvun alkuvuosiin mennessä 458 300 hehtaarilla (kuva 7). Keskimääräinen viljelyala EU:iin liittymistä edeltävinä vuosina 1990–94 oli 2 287 780 ha. Vuodesta 1994 vuoteen 1995 peltoala pieneni 160 600 ha, koska monet pienet maatilat lopettivat viljelyn Suomen liityttyä EU:iin. Peltoala kasvoi vähitellen takaisin 1990-luvun keskimääräiselle tasolle peltojen palautuessa vuokrateltoina viljelykseen, ollen v. 2010 2 253 300 ha.



Kuva 7. Viljelty ala ja kesanto v. 1960–2013. Lähde MMM-Tike.

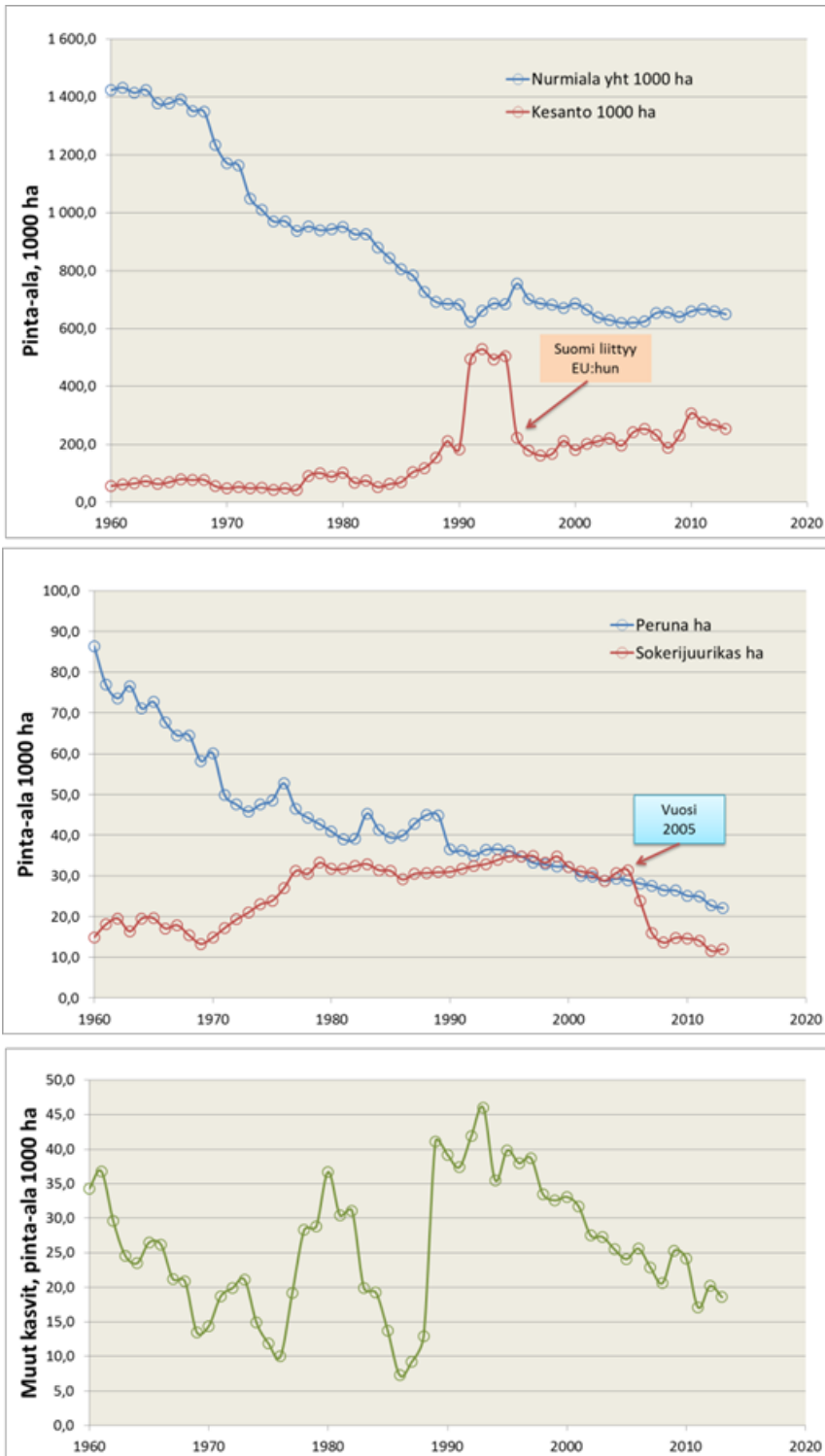
Tämä kehitys näkyy myös mautilojen lukumäärän pienenemisenä ja toisaalta vuokratelton osuuden (viljelyalasta) kasvuna. Vuodesta 1990 vuoteen 2000 lähes 50 000 maatilaa lopetti viljelyn, mikä kehitys jatkui vielä 2000-luvulla, jolloin vuoteen 2010 mennessä 17 000 maatilaa lopetti tuotannon. Vuonna 2010 Suomessa oli yhteensä 62 767 maatilaa. Niinpä mautilojen keskipeltoala on kasvanut koko ajan. 1990-luvun alussa mautilojen keskimääräinen peltoala oli 24 ha ja vuonna 2010 jo 36,7 ha. Vuokratelton osuus viljelyalasta oli 1990-luvun puolella välillä noin 20 % ja vuonna 2010 noin 35 %.

Viljely- ja kesantoalan pitkäaikaismuutosten taustalla on myös muita tekijöitä, kuten. pellon metsitys ja uuden pellon raivaus. Maataloustilastoissa näkyvät pitkän aikavälin peltoalaa koskevat muutokset ovatkin nettomääräisiä pinta-alamuutoksia. Vuosien 1970–2004 välisenä aikana peltoa metsitettiin 242 000 ha (Metsätilastollinen vuosikirja) ja vuosina 1974–1988 uutta peltoa raivattiin 86 400 ha sekä vuosina 2000–2011 saman verran eli 85 400 ha (Niskanen & Lehtonen 2014). Suurimmat vuosiraivojen pinta-alat em. jaksoilla ovat vaihdelleet 1000–14 000 ha. Kokonaisuudessaan peltoalan väheneminen johtuu peltoviljelystä poistuneen alan metsityksestä. Uuden pellon raivaaminen sen sijaan on ollut vaatimattomampaa, joskin jatkuvaa toimintaa.

Oman erityispiirteensä pellon käyttöön toi 1990-luvun alussa ns. velvoitekesannointi, keskimäärin 450 000 ha, josta kaksi kolmasosaa oli viherkesantona (kuva 8). Kesantoala puolittui EU:iin liittymisvuonna 1995 223 300 ha:iin ja on sen jälkeen vaihdellut 200 000 peltohehtaarin molemmin puolin. Nurmien osuus peltopinta-alasta on suurinta pohjoisilla vesienhoitoalueilla (VHA 4–7). Rannikon alueilla nurmiviljely on vähäisintä (kuva 9).

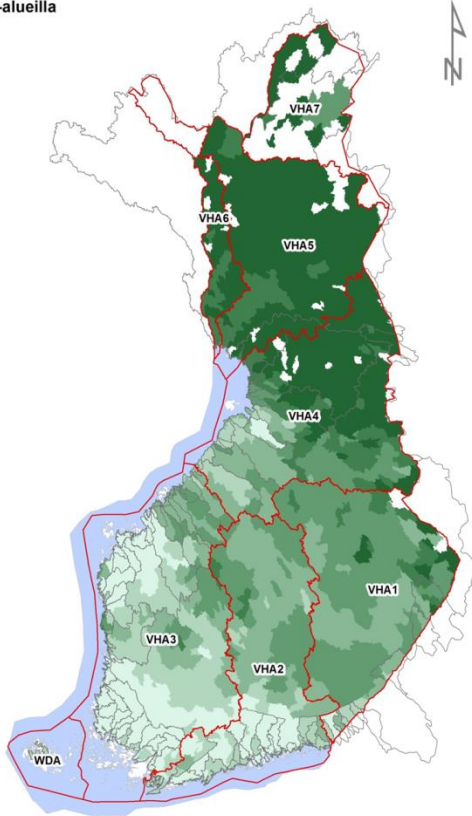
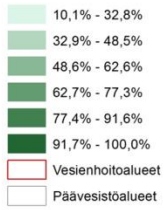


Peltojen keskikaltevuus suhteutettuna vesienhoitoalueen peltopinta-alaan on esitetty kuvassa 10. Kaltevimmat pellot ovat VHA 2:lla ja VHA 1:llä.

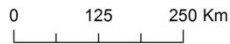


Kuva 8. Nurmen ja kesannon (ylin kuva), sokerijuurikkaan ja perunan (keskellä) sekä luokan "muut kasvit" (alin kuva) pinta-alojen muutokset v. 1960–2013.

**Nurmien osuus peltopinta-alasta  
2. jakotason valuma-alueilla**

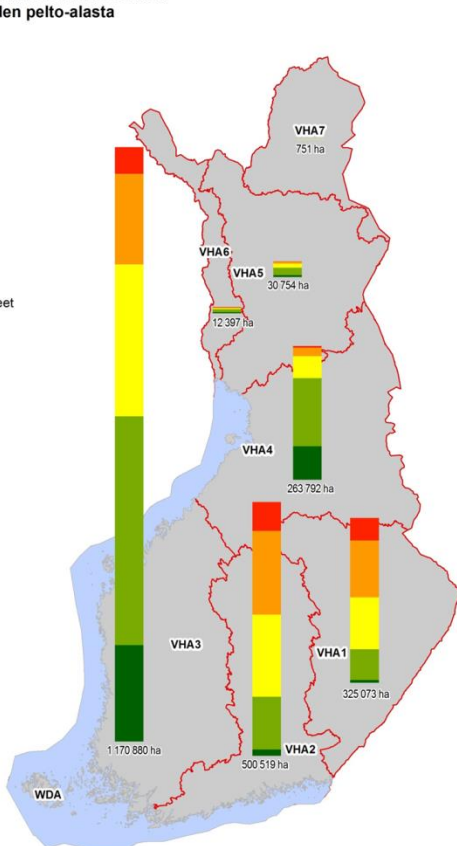
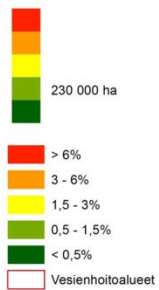


Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, RantaIimij - Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE  
Peltolohkot vuonna 2012: © MARI



Kuva 9. Nurmien osuus peltopinta-alasta 2. jakotason valuma-alueilla.

**Peltojen eri kaltevuusluokkien osuudet  
Vesienhoitoalueiden pelto-alasta**



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, RantaIimij - Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE  
Peltolohkot vuonna 2012: © MARI  
Korkeusmalli 10 M: © Maanmittauslaitos, SYKE



Kuva 10. Peltojen eri kaltevuusluokkien osuudet Vesienhoitoalueiden peltoalasta.

## Maatalousteknologia ja pellon käyttö

Maatalouden uudenaikaistuminen alkoi 1950-luvulla, jolloin tuotantoa tehostettiin uusien viljelykäytäntöjen ja kasvinjalostuksen avulla ja samanaikaisesti lannoitteiden käyttöä lisättiin. Kemiallisten lannoitteiden käyttömäärät olivat maksimissaan 1980-luvun lopulla, jonka jälkeen lannoitusmäärät ovat tulleet voimakkaasti alaspäin, mikä tulee esille ravinnetaseiden voimakkaana laskuna. 1950-luvulla peltoalasta yli puolet oli nurmella tai laitumella, kun nykyään näiden osuus peltoalasta on noin yksi neljäsosa. Vastaavasti kevätiljojen viljelyala sekä kesantoala ovat kasvaneet.

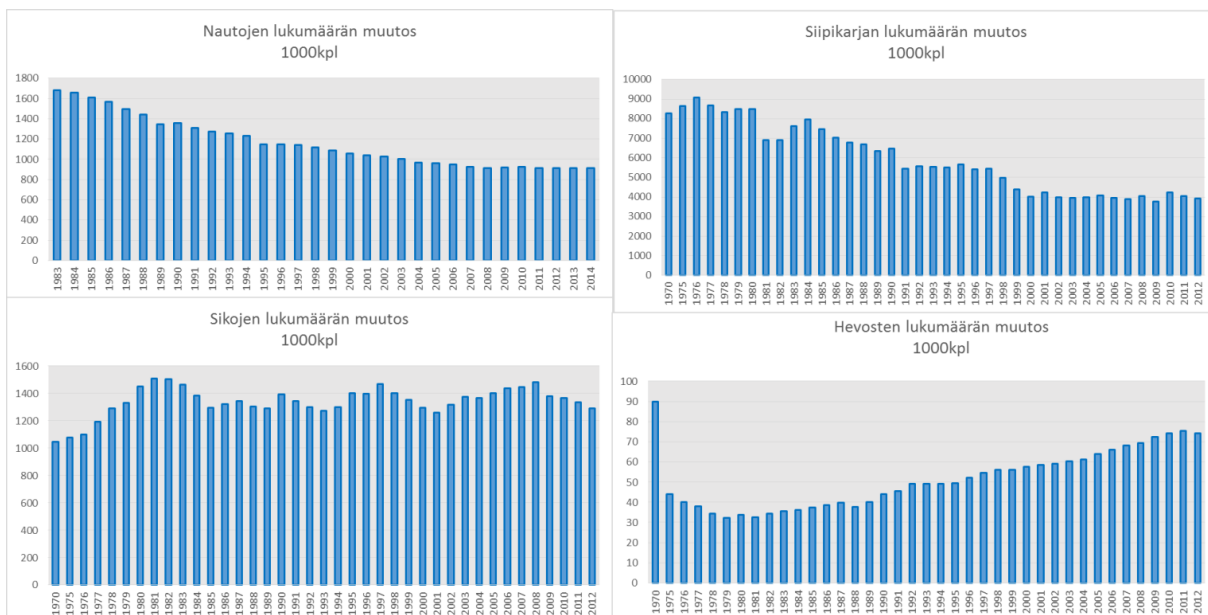
Perunan viljelyala on pienentynyt 1960-luvun lähes 90 000 ha:sta noin 20 000 ha:iin. Sokerijuurikkaan pinta-ala oli enimmillään noin 35 000 ha 1990-luvulla, mutta pieneni sittemmin noin 10 000 ha:iin yhden sokeritehtaan lopetettua kokonaan toimintansa. Muiden kasvien ryhmässä (mm. härkäpapu, pellava, kumina, ruokohelpi) viljelyalat ovat vuosittain vaihdelleet, mutta myös tämän ryhmän viljelyalat ovat voimakkaassa laskussa (kuva 8). Tarkasteltaessa kokonaisuutta todellisilla peltojen pinta-alatiedoilla ja viljelykasvien pinta-alamuutoksilla, kasvinviljelyn keskittymistä erikoiskasvien osalta ei yleisesti ole tapahtunut. Sen sijaan pitkällä aikavälillä nurmikasvien ja kevätkylvöisten viljakasvien väliset pinta-alaosuudet ovat muuttuneet merkittävästi (kts. kuvat 7 ja 8).

## Kotieläimet

Nautaeläinten määrä on vähentynyt 1980-luvun alun noin 1,7 milj. naudasta 2010-luvun alkuun mennessä runsaaseen 0,9 milj. nautaan, siis lähes puolittunut. Suuri alenema on tapahtunut lypsykarjan määrässä ja tämän seurauksena nuorten nautojen määrä on samassa suhteessa pienentynyt. Emolehmien määrä on kasvanut, mutta lähtötilanne on ollut niin matala, ettei kasvu juurikaan tule esille kokonaistilastoissa.

Sikojen lukumäärässä on tapahtunut voimakkaita muutoksia molempiin suuntiin viimeisen 30 vuoden aikana. Sikojä on nyt lähes 1,3 miljoonaa, mutta tuotannollis-taloudellisista syistä johtuen määrä on voimakkaasti laskemassa. Myös siipikarjan (broilerit ja kanat) määrä on puolittunut 1970-luvun puolenvälin 9 miljoonasta runsaaseen 4 milj. lintuun 2010-luvulla. Lampaiden ja hevosten määrät ovat edellisiin verrattuna melko pieniä. Lampaiden määrä on pysynyt kymmeniä vuosia ennallaan ja hevosten määrä on kasvanut 1960–70 lukujen taitteessa tapahtuneen voimakkaan pienenemisen jälkeen (kuva 11).

Kotieläintuotantoa jatkavien maatilojen yksikkökoot ovat kasvaneet samaan aikaan kun tilaluku on voimakkaasti pienentynyt. Myös sianlihan tuotannossa sikatilojen määrä on pienentynyt ja yksikkökoot ovat kasvaneet. Kotieläinten kokonaismäärän väheneminen on yleisesti ollut niin voimakasta, että tuotannon keskittymisestä ei juurikaan voida puhua kuin korkeintaan sianlihan tuotannossa. Tällä hetkellä sikatilojen määrä on voimakkaassa laskussa niiden heikon kannattavuuden vuoksi.



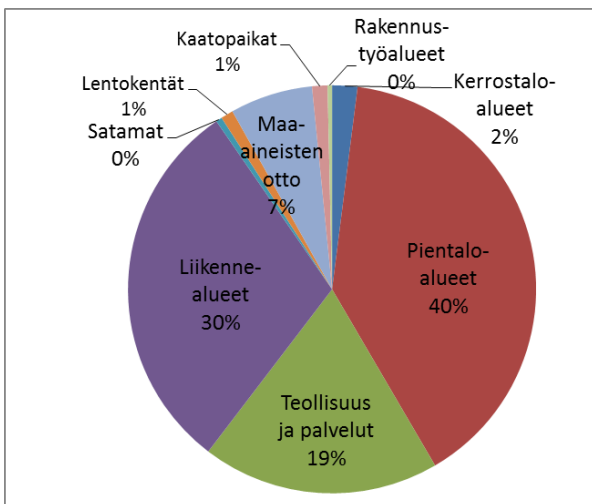
Kuva 11. Kotieläinten lukumäärien muutoksia.

## 2.3 Haja-asutus

Viemäröinnin ulkopuolella asuvien asukkaiden määrästä ei ole olemassa tarkkaa tietoa, mutta haja-asukkaiden määrää on sen sijaan arvioitu yksittäisissä hankkeissa. Esimerkiksi vuonna 2004 haja-asukkaiden määrää arvioitiin Rakennus- ja huoneistorekisterin (v. 2000) perusteella. Tilastoista ilmenee viemäriverkostoon liittymättömien asukkaiden ja asuinhuoneistojen määrä haja-asutusalueilla ja taajamissa. Tieto on paikkaan sidottua, joten se on mahdollista yhdistää esim. 3. jakovaiheen vesistöalueiden rajaustietoon. Haja-asutuksen piiriin kuului vuonna 2000 Suomen väestöstä noin 19 % eli noin 1 000 000 asukasta. Vapaa-ajan asuntojen määräksi arvioitiin silloin 460 000, joista noin 30 000 oli liittynyt viemäriverkostoon. Uusimpien (2014) arvioiden perusteella haja-asutusalueilla ilman yleistä viemäröintiä asuu yli miljoona (1 069 337) suomalaista. Vapaa-ajan asuntojen määräksi arvioidaan nyt 369 389. Tämä luku poikkeaa kuitenkin Tilastokeskuksen vuonna 2013 esittämästä luvusta, jonka mukaan Suomessa olisi 499 000 kesämökkiä. Haja-asukkaiden määrään sisältyy epävarmuutta, koska eri lähteistä saaduissa luvuissa on eroja. Käytännössä viemäröinnin ulkopuolella asuvien määrä tulee todennäköisesti laskemaan asukkaiden liittyessä yleiseen viemäröintiin.

## 2.4 Rakennettu maa

Suomen asukastiheys on vain noin 18 as/km<sup>2</sup>. Rakennettua maata on eniten Uudellamaalla, vajaa 14 % maapinta-alasta. Varsinais-Suomessa, Kymenlaaksossa, Hämeessä ja Satakunnassa rakennettua maata on yli 6 % maa-pinta-alasta. Vähiten rakennettua maata on Lapissa, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla. Rakennettua alaa (käsittäen asuinalueet, teollisuuden, palveluiden ja liikenteen alueet, maa-ainesten ottoalueet sekä kaatopaikat, kuva 12) on Suomessa yhteensä v. 2012 aineiston perusteella 9338 km<sup>2</sup>. Maapinta-alalle suhteutettuna rakennettua alaa on eniten VHA 2:lla, jonka maa-alasta 6 % (2 544 km<sup>2</sup>) on rakennettua. VHA 3:n maa-alasta rakennettua on 5 % (3 320 km<sup>2</sup>) ja VHA 1:n 3 % (1 574 km<sup>2</sup>).



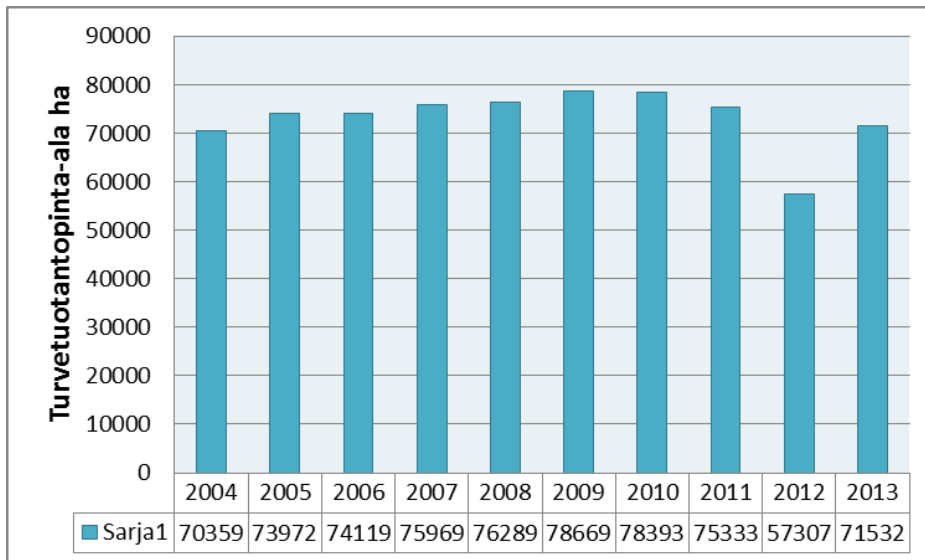
Kuva 12. Rakennetun alueen jakautuminen eri sektoreihin vuoden 2012 Corine-maankäyttöaineiston mukaan, kun virkistys- ja vapaa-ajan toiminta-alueita ei oteta huomioon.

Rakennettua alaa ja sen muutosta on voitu seurata valtakunnan tasolla vasta vuodesta 2000 lähtien, jolloin julkaistiin ensimmäinen Corine - maankäyttöaineisto osana EU:n aikaansaamaa koko Euroopan laajuista maankäyttöaineistoa. Suomen aineiston rasterikoko vuosina 2000 ja 2006 oli 25 metriä, ja vuonna 2012 se tarkentui 20 metrin rasterikokoon. Aineiston tarkkuuden muutos sekä paikkatieto- ja kaukokartoitusmenetelmien kehittyminen kuitenkin aiheuttavat sen, että aineistot eivät ole keskenään suoraan verrattavissa. Aineistoista pystyy silti selvittämään hetkellisiä tunnuslukuja sekä suhteellisia muutoksia eri alueilla. Rakennettu ala kasvoi vuodesta 2000 vuoteen 2006 suhteellisesti eniten vesienhoitoalue (VHA) 2:lla (2,6 %). Pienintä kasvu oli VHA 7:llä (1,7 %). Vuodesta 2006 vuoteen 2012 muutos oli suurinta VHA 5:lla (4,7 %) ja pienintä VHA 1:llä ja VHA 3:lla (2 %). Vuosina 2000–2006 rakennetun alueen eri luokista kasvoi eniten pientaloalueet; vuosina 2006–2012 eniten kasvua oli teollisuuden ja palveluiden pinta-alassa. Jos aineistosta jättää pois virkistys- ja vapaa-ajan toiminta-alueet, rakennetusta alasta v. 2012 aineiston perusteella 40 % oli pientaloalueita. Liikennealueet kattoivat rakennetusta alueesta 30 %, teollisuus 19 %.

## 2.5 Turvemaat ja turvetuotantoalueet

GTK:n selvityksen mukaan (<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/turve/turvemaat.html>, VMI Valtion metsien inventointi, Metsätalostollinen vuosikirja, Soidensuojeluohjelma 2013, Bioenergia ry, 2013, Myllys ym. 2012) Suomessa on 9,06 milj. ha turvemaita (noin 30 % maapinta-alasta). Näistä ojittamattomia on 31,7 %, metsätalousmaita 51,7 %, suojelun piirissä 13,2 %, maatalouskäytössä 2,8 % ja turvetuotannossa 0,7 %. Turvemaita voidaan kartoittaa myös muista paikkatietoaineistosta: Corine 2012 perusteella turvemaiaksi luokitellaan kosteikot ja avoimet suot (luokka 4.1.1 ja 4.1.2) ja omina luokkinaan ovat turvemaidella sijaitsevat eri metsätyypit (3.1.1.2 lehtimetsät, 3.1.2.2 havumetsät, 3.1.3.2 sekametsät, 3.2.4.3 harvapuustoiset alueet turvemaidella). Corinissa ei ole omaa luokkaa maatalousalueilla olevista turvepelloista.

Myös Suomen maannostietokannan (Lilja ym. 2009) avulla voidaan kartoittaa turvemaita. Maannostietokannassa alueet, joissa maan pinnalla on yli 40 cm turvetta, luokitellaan Histosoleiksi eli orgaanisiksi maannoksiksi. Turvemaatalousmaat voidaan rajata mm. Corinen 2012 maatalousmaiden perusteella. GTK:n selvityksen mukaan turvemaiden osuus on laskenut v. 1955 tasosta 10,4 milj. ha vähitellen nykyiselle tasolle 9,06 milj. ha. Ojitettuja alueita oli 1955 0,8 milj. ha, vuonna 2005 4,92 milj. ha ja vuonna 2010 niiden määrä oli vähentynyt tasolle 4,76 milj. ha. Turvetuotannon aiheuttamaa vesistökuormitusta on tallennettu VAHTI-tietojärjestelmään v. 2004 lähtien. Sitä ennen turvetuotanto on yleensä laskettu osaksi hajakuormitusta. Turvetuotantoalat (kuva 13) ovat pysyneet melko samalla tasolla lukuun ottamatta vuotta 2012 jolloin tuotantoaloissa tapahtui selkeä lasku.

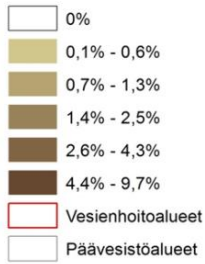


Kuva 13. Turvetuotannon pinta-alat v. 2004–2013 koko Suomessa VAHTI-tietojärjestelmän mukaan (hakuehto: tila aktiivinen, kunnostusvaiheessa + tuotannossa + tuotantokunnossa, mutta ei tuotannossa).

Suurimmillaan turvetuotantoalueiden osuus maa-alasta on vesienhoitoalueilla VHA3 ja VHA4 (kuva 14). Kun tarkastellaan turvemaiden osuuksia maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla, suurimmat osuudet ovat Vuoksen Piimäjoen vesistöalueella (4.38), Iijoen alueella (61.12), Kymijoen alueella (14.67) ja Karvianjoen vesistöalueella (36.07). Turvepeltojen osuudeksi koko maassa tulee 254 000 ha, mikä on runsas 11 % koko peltoalasta. Ojitettujen turvemaiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla on suurin Oulujoen VHA4:illä (katso kuva 5b). Kohtalaisen suuria ojitusosuuksia löytyy myös Tornionjoelta (VHA6) ja Vuoksen (VHA1) alueen pohjoisosasta.



## Turvetuotantoalueiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla

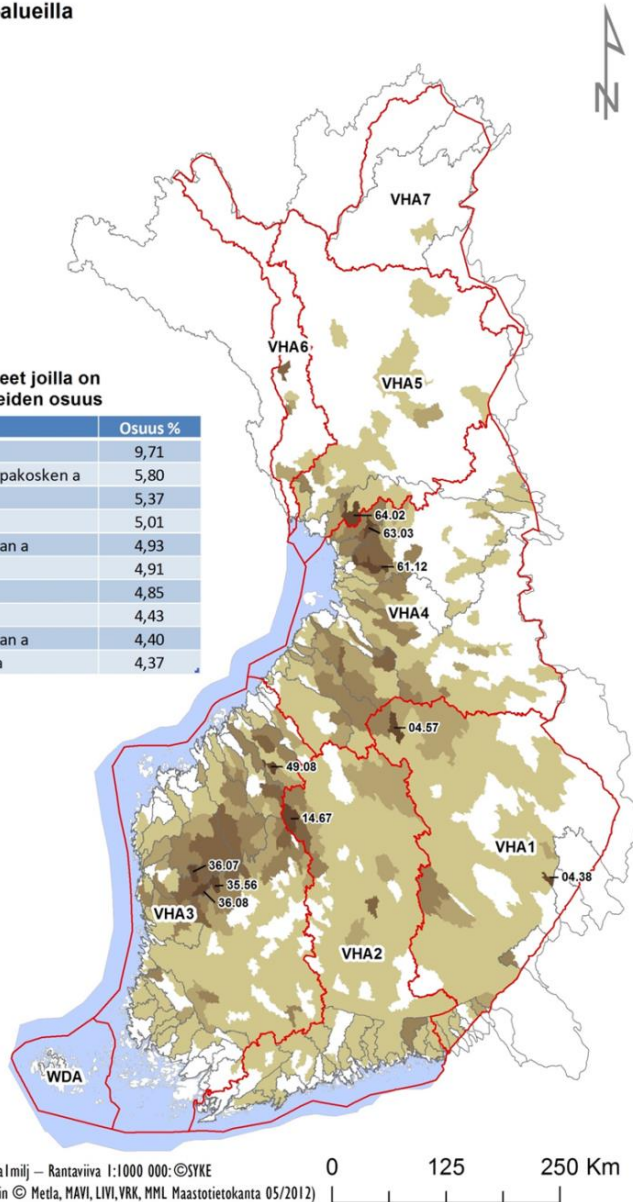


### 2. jakotason valuma-alueet joilla on suurin turvetuotantoalueiden osuus

Tunnus	Nimi	Osuus %
04.38	Piimäjoen va	9,71
61.12	Maalismaan - Haapakosken a	5,80
14.67	Vahankajoen va	5,37
36.07	Nummijoen va	5,01
49.08	Perhonjoen yläosan a	4,93
36.08	Suomijoen va	4,91
35.56	Kuivasjärven va	4,85
04.57	Luujuoen va	4,43
64.02	Simojoen keskiosan a	4,40
63.03	Kivijoen alaosan a	4,37



Valuma-aluejako, Vesienhoitoalueet, Ranta I miltä – Rantaviiva 1:1000 000: ©SYKE  
Corine maanpeite 2012: © SYKE (osittain © Meda, MAVI, LIVI, VRK, MML Maastietokanta 05/2012)



Kuva 14. Turvetuotantoalueiden osuus maa-alasta 2. jakotason valuma-alueilla.

## 3 Selvitys suomalaisista ominaiskuormitusluvuista (typpi, fosfori, kiintoaine, orgaaninen aines)

Tässä luvussa tarkastellaan käytävissä olevia vesistöihin tulevan typen, fosforin, kiintoaineen ja orgaanisen aineen kuormittajakohtaisia ominaiskuormituslukuja, kuormituksen vaihtelua, epävarmuutta ja kuormituslukujen käytettävyyttä. Kokemuseräisen tiedon karttuessa esim. seurannan tuloksena myös ominaiskuormitusluvut tarkkenevat. Ominaiskuormitusluvut ovat yksi keskeinen osa ihmisen aiheuttaman kokonaiskuormituksen ja kuormittajakohtaisten osuuksien arviointia.

Taulukkoon 2 on koottu tietoa eri haja- ja pistekuormituslähteiden kuormitusluvuista. Tiedot on koottu SYKEN VAHTI-tietojärjestelmästä, KUSTAA-työkalun (Launiainen ym. 2014) avulla sekä kirjallisuuslähteistä. Niiden kuormituslähteiden, joiden kuormitus vaihtelee hydrologisten olosuhteiden mukaan (hajakuormitus pl. haja-asutus), luvut ovat useamman vuoden keskiarvoja. Hydrologiasta riippumattomien kuormituslähteiden (pistemäinen kuormitus + haja-asutus) luvut vastaavat nykytilannetta (2010-luku). Tarkempia, vaihteluvälejä ja eri kuormituslähteiden sisäistä vaihtelua kuvaavia tunnuslukuja on esitetty liitteessä 1. Eri lähteistä peräisin olevasta orgaanisen aineksen kuormituksesta ei ole koottu tietoa systemaattisesti vastaavalla kattavuudella kuin ravinteiden ja kiintoaineen, joten tässä esitettyjen,

pelkästään kirjallisuustietoon perustuvien orgaanisen aineksen kuormituslukujen epävarmuus on suurempaa kuin ravinne- ja kiintoainekuormitusten.

Huomattava on se, että kuormituksen vuosivaihtelu perustuu suurelta osin hydrologiseen vaihteluun. Ihmisperäisen kuormituksen (maatalous, metsätalous, turvetuotanto ym.) muutokset johtuvat taas valunnan pitoisuuksien muutoksesta. Toisin sanoen, vuosittain muuttuvat kuormitusluvut ovat hydrologiaperusteisia, kun taas pitkän ajan muutokset kuormitusluvuissa johtuvat ihmistoiminnan muutoksista. Tässä yhteydessä esitettävät pitkänajan keskimääräiset kuormitusluvut kuvaavat riittävässä määrin eri lähteiden suhteellisia kuormitusosuuksia.

### 3.1 Metsätalous

Metsätalouden kuormitus syntyy metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamasta valunnan ja eroosion lisääntymisestä, mikä aiheuttaa kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumista pintavesiin. Vuosina 1996–2012 uudistus- eli päätehakkuita tehtiin keskimäärin 165 250 ha:lla, kunnostusojituksia 70 368 ha:lla ja lannoitusta 29 179 ha eli yhteensä 264 797 ha. Toimenpidepinta-alat ovat jossain määrin päällekkäisiä. Merkittävimpiä vesistökuormitusta aiheuttavia metsätaloustoimenpiteitä ovat metsänuudistamishakkuut, lannoitus ja kunnostusojitus (vrt. kappale 2.1). Metsätalouden ominaiskuormitusluvut edustavat tilannetta jossa metsätalouden vesiensuojelusta on huolehdittu asianmukaisin menetelmin (suojavyöhykkeet, kaivukatkot, lietekuopat ja laskeutusaltaat, pintavalutuskentät) (Joensuu ym. 2012).

Metsätaloustoimenpiteen aiheuttama vesistökuormitus on suurinta heti ensimmäisinä vuosina toimenpiteen jälkeen ja pienenee ajan kuluessa. Toimenpiteestä riippuen kuormituksen on havaittu kestävän kahdesta (kivennäismaiden typpilannoitus) kymmeneen (metsänuudistaminen ja kunnostusojitus) vuotta. KUSTAA-työkalussa käytetään keskimääräisiä ominaiskuormituslukuja kuormituksen kestoajalta. Päätehakkuut aiheuttavat Lepistön ym. (2014) mukaan 33 %:n TOC-kuormituksen kasvun tasolle  $77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ . Ruotsissa Schelker ym. (2012) havaitsivat avohakkuiden kasvattaneen liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) kuormituksen jopa kolminkertaiseksi. Myös Lundinin (1999) ja Niemisen (2004) tutkimusten mukaan avohakkuut kasvattavat merkittävästi DOC-kuormitusta.

### 3.2 Maatalous

Maatalouden vesistökuormitus aiheutuu peltoviljelystä ja karjataloudesta. Kivennäismaiden pelloilta tuleva kiintoainekuormitus vaihtelee välillä  $50\text{--}5000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ , kokonaistypen kuormitus välillä  $6\text{--}22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  ja kokonaisfosforin kuormitus välillä  $0,5\text{--}2,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (Tattari & Linjama 2004, Väisänen & Puustinen 2010). Tätäkin suurempaa kuormituksen vaihtelua on todettu yksittäisinä tavanomaista poikkeavina vuosina. Turvemaidella on havaittu kivennäismaita huomattavasti suurempia typen huuhtoumia,  $38 \text{ kg}$  typpeä hehtaarilta vuodessa (Huhta & Jaakkola 1993). Suurin osa peltojen eroosiosta ja ravinnehuuhtoumista muodostuu kasvukauden ulkopuolella syysateiden ja lumen sulamisen aiheuttamien suurten valumahuippujen aikoina. Siten erityisesti syksyllä tehtävä muokkaus (kyntö, äestys, kultivointi) tai vaihtoehtoisesti pellon pitäminen ympärivuotisesti kasvipeitteisenä ratkaisevat, kuinka paljon eroosiota ja kiintoaineksen mukana kulkeutuvaa ravinnekuormitusta tapahtuu.

Vuosikuormituksen tasoon vaikuttaa lisäksi myös pellon kaltevuus, maalaji ja vesitalous (salaojituksen toimivuus ym.). Maatalouden aiheuttamalle vesistökuormitukselle on tyypillistä huomattavan suuri sää- ja hydrologisista tekijöistä johtuva vuosivaihtelu. Maatalouden vesistökuormitusta on pyritty alentamaan aktiivisesti 1990-luvulta lähtien mm. erilaisten ympäristökijärjestelmien avulla (Aakkula ym. 2010).

Orgaaninen aines ylläpitää viljelymaan kasvukuntoa ja parantaa maan rakennetta, vähentää tiivistymis- ja eroosioriskiä sekä parantaa maan kykyä pidättää vettä ja ravinteita. Lisäksi orgaanisen aineksen hajotustoiminta ylläpitää luontaista ravinteiden kiertoa. Orgaanisen aineksen vähentyminen viljelyalueilta on yksi EU:n tasolla todetuista maaperän tilaan liittyvistä uhkista. Ongelma on havaittu myös Suomessa, jossa maatalousmaasta on arvioitu huuhtoutuvan orgaanista hiiltä (TOC)  $220 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (Heikkinen ym. 2013). Koko valtakunnan tasolla tämä vastaa  $484\,000$  tonnin vuotuista TOC-huuhtoumaa maataloudesta. Viljely- ja pellonmuokkaustoimenpiteillä olisi pyrittävä ehkäisemään hiilen vähentymistä maaperästä ja edistämään orgaanisen aineksen kertymistä maahan.

### 3.3 Taustakuorma

Luonnontilaisilta maa-alueilta vesistöihin kulkeutuvia ainevirtoja ja tästä aiheutuvaa vesistökuormitusta kutsutaan taustakuormaksi (luonnonhuuhtoumaksi). Taustakuormaa on Suomessa selvitetty 21 pienellä luonnontilaisella valuma-alueella (Mattsson ym. 2003, Kortelainen ym. 2006). Mattssonin ym. (2003) vuosien 1997–1999 aineiston perusteella keskimääräinen kiintoainekuorma luonnontilaisilta alueilta on  $5,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (vaihteluväli  $0,92\text{--}48 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ). Typen ja fosforin taustakuormat ovat puolestaan keskimäärin  $1,3$  ja  $0,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (vaihteluvälit  $0,29\text{--}2,3$  ja  $0,02\text{--}0,15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ). Orgaanisen kokonaishiilen (TOC) taustakuorma oli keskimäärin  $62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (vaihteluväli  $30\text{--}100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ ). Vuotuinen valunta oli keskimäärin  $310 \text{ mm}$  (vaihteluväli  $210\text{--}530 \text{ mm}$ ), mikä Mattssonin ym. (2003) mukaan on lähellä pitkänajan keskiarvoa. Lepistö ym. (2014) raportoivat pohjoisen, valtaosin lähes luonnontilaisen Simojoen valuma-alueen orgaanisen kokonaishiilen (TOC) kuormitukseksi vuosina 2001–2008  $17\,000 \text{ t}$  vuodessa, mikä vastaa  $58 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ .

### 3.4 Laskeuma

Ilmasta tuleva kuiva- ja märkälasseuma vaikuttaa koko valuma-alueen typpi- ja fosforitaseeseen. Sadeveden laatua ja sadeveden mukana tulevan laskeuman määrää seurataan SYKEN ylläpitämän valtakunnallisen seurantaverkon avulla (Vuorenmaa 2004). Mittausasemat on sijoitettu pääosin haja-asutusalueille, joilla ei ole merkittäviä ilman epäpuhtauksien paikallisia päästölähteitä. Vesistöön suoraan kohdistuva laskeuma huomioidaan KUSTAA-työkalussa. Sen sijaan maa-alueille kohdistuvan laskeuman mukanaan tuomien ravinteiden katsotaan sisältyvän taustakuormaan. Suomessa typen oksidien päästöt ilmaan ovat vähentyneet viimeisten 20 vuoden kuluessa vuoden 1990  $290\,000$  tonnista vuoden 2010  $170\,000$  tonniin. Sen sijaan vuotuiset ammoniumpäästöt ovat pysyneet samalla ajanjaksolla suurin piirtein samalla tasolla eli noin  $35\,000\text{--}40\,000$  tonnissa ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)). Suomessa typpilaskeuma vaihtelee  $1\text{--}6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  siten, että laskeuma on korkein eteläisimmässä Suomessa ja pienin Pohjois-Lapissa.

### 3.5 Haja-asutus

Haja-asutuksen jätevesien puhdistustilanne ei ole yhtä hyvä kuin taajamajätevesien. Arviolta yli  $300\,000$  kiinteistöä on viemäriverkoston ulkopuolella. Vuonna 2011 voimaan tulleen jätevesiasetuksen (209/2011) mukaan tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta myös näiden kiinteistöjen jätevedet on käsiteltävä niin, että kiintoaine- ja ravinnepitoisuudet laskevat. Haja-asutusalueella olevien vakinaisten asuntojen tuottamat jätevedet vastaavat yleensä laadultaan ja asukaskohtaiselta määrältään taajamien asuntoja. Sen sijaan loma-asumisesta aiheutuvassa kuormituksessa on paljon vaihtelua, sillä asuntojen varustelutaso ja vedenkäyttö vaihtelevat vakinaisia asuntoja enemmän. Suurin osa huviloilta tulevasta jätevedestä on pesutiloista ja saunoista tulevia ns. harmaita jätevesiä, jotka eivät vähäisestä ravinne- ja kiintoainepitoisuudestaan johtuen vaikuta yhtä haitallisesti vesistöihin kuin vesikäymälöiden jätevedet. Myös huvilan etäisyydellä rannasta on merkitystä vesistökuormituksen määrään. KUSTAA-työkalussa käytettävät haja-asutuksen ominaiskuormitusluvut perustuvat Ronnun ja Santalan (1995) esittämiin puhdistamattomien ja puhdistettujen jätevesien lukuihin.

### 3.6 Hulevedet

Asutuksen ohella vesistökuormitusta syntyy myös rakennetulta maa-alueelta sade- ja lumensulamivedestä muodostuvien hulevesien kulkeutuessa vesistöihin. Hulevedet johdetaan yleensä kohdealueelta sadevesiviemärien ja/tai pintaajien avulla, mutta vain pieni osa hulevesistä puhdistetaan. Rakennettua maata (talot, tiet, kadut, pihat, varasto- ja pysäköintialueet ym.) oli Suomessa v. 2011 n.  $4,4\%$  maapinta-alasta (Ympäristötilasto 2013) ja osuus on jatkuvassa kasvussa. Taulukkoa 2 varten arvioitiin Corine-maankäyttötietokannan perusteella hulevesiä tuottavaksi pinta-alaksi  $2,3\%$  maa-alasta ( $0,69$  milj, ha).

Rakennetuilta alueilta huuhtoutuva typpi ja fosfori ovat lähtöisin jätteistä, eläinten jätöksistä, laskeumasta sekä pinnan eroosiosta hajoavasta orgaanisesta aineksesta. Lisäksi ravinteita päätyy pintavesiin viemärien vuodoista ja jätessäiliöistä. Hulevesien kiintoainepitoisuudet ovat selvästi taustakuormaa suurempia, sillä rakennetuilta maa-alueilta tulevat virtaamat ovat suurempia ja virtaamavaihtelut voimakkaampia kuin luonnonympäristöistä pienemmän suotautumiskapasiteetin, vähäisemmän haihdunnan ja maan heikomman veden- ja aineiden pidätyskyvyn johdosta (Kotola & Nurminen 2003).

KUSTAA:n ominaiskuormitusluvut hulevesille (Liite 1) perustuvat keskiarvoon Kotolan & Nurmisen (2003) sekä Peltola-Thiesin (2005) raportoihin lukuihin tapaustutkimuksista erilaisilta rakennetuilta mailta. Liitteen 1 luvut ovat hieman korkeampia kuin taulukossa 2 esitetyt, uusimman suomalaisen tutkimuksen (Valtanen 2015) sisältämät arviot. Koska aineistoissa on edustettuina useita tyypillisiä rakennettuja alueita, on oletettavaa että niiden avulla kuormituksen suuruusluokka voidaan arvioida kohtuullisen hyvin vaikka paikallinen vaihtelu voi olla suurta. Vaihteluväliksi oletetaan em. tutkimuksissa havaittu erityyppisten rakennettujen maiden kuormituksen vaihteluväli.

### 3.7 Turvetuotanto

Turvetuotantoalueilta valuva vesi on yleensä ravinteikkaampaa, tummempaa ja sisältää enemmän liuenneita orgaanista kiintoainetta kuin luonnontilaisilta soilta purkautuva valumavesi (Kløve ym. 2013). Siten turvetuotanto voi aiheuttaa paikallisesti merkittävää vesistökuormitusta, vaikka tuotannossa oleva pinta-ala ja kuormitus koko valtakunnan tasolla onkin vähäinen maa- ja metsätalouteen verrattuna. Turvetuotannon vesistökuormituksen suuruuteen vaikuttavat tuotantosoiden turpeen ominaisuudet, ilmastotekijät, kuivatusojien syvyys ja kaltevuus sekä soilla tehtävät tuotantotoimet ja toteutetut vesiensuojelurakenteet (Kløve ym. 2013). Keskeisiä syitä turvetuotantoalueiden kiintoaine- ja ravinnekuormituksen synnylle ovat ojituksen, kasvipeitteen poiston ja suon kuivatuksen seurauksena lisääntyvä ja äärevöityvä valunta, sekä kuivatusojista ja turpeen korjuusta aiheutuva hienon orgaanisen aineen eroosio, sen nopeutuva hajoaminen ja kulkeutuminen vesistöihin.

Kemiallisella hapenkulutuksella (COD) mitattuna luonnontilaisilta suoalueilta on arvioitu huuhtoutuvan orgaanista ainesta keskimäärin  $73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  ja turvetuotantoalueilta tähän verrattuna lähes kolminkertaisesti;  $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  (Leskelä ym. 2010). Verrattuna metsäojitettuihin suoalueisiin, joille turvetuotanto on pääosin sijoitettu, ero olisi kuitenkin pienempi. Pöyryn (2014) tekemässä ominaiskuormituslaskelmissa COD:n luonnonhuuhtoumaksi on arvioitu  $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  ja turvetuotantoalueelta lähteväksi COD-kuormitukseksi velvoitetarkkailuaineiston perusteella  $183 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$  silloin, kun käytössä on ympärivuotinen pintavalutuskenttä. Vanhan metsäojitusalueen COD-kuormitus on Pöyryn (2014) selvityksen mukaan  $139 \text{ kg ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$ . Koko valtakunnan tasolla turvetuotantoalueilta huuhtoutuu 9 500 tonnia TOC:ia vuodessa. Orgaanisen aineksen (erityisesti humuksen) poistaminen turvetuotannon valumavesistä on haasteellisempaa kuin teollisuuden pistemäisistä päästöistä. Esim. Kløve ym. (2012) totesivat raportissaan, että normaalista ravinteidenpoistossa varsin hyvin toimivilla kosteikoilla ei turvetuotantoalueilla ole juurikaan vaikutusta valumavesien humuspitoisuuksiin.

### 3.8 Yhdyskunnat

Yhdyskuntajätevesien aiheuttamaksi kuormitukseksi katsotaan jätevedenpuhdistamoilla käsiteltyjen jätevesien johtaminen vesistöihin. Tulvatilanteiden aikaisissa poikkeustapauksissa voidaan joskus joutua myös ohijuoksettamaan käsittelemättömiä jätevesiä suoraan vesistöön. Koska tämänkaltainen kuormitus tulee kultakin puhdistamolta yhdestä selkeästi määritetystä pisteestä, se luokitellaan pistekuormitukseksi erotuksena edellä kuvattuihin hajakuormituslähteisiin. KUSTAA-työkalussa käytetyt ominaiskuormitusluvut perustuvat ympäristöhallinnon OIVA -tietokannan tietoihin jätevesipuhdistamojen päästöistä. Nykyisillä puhdistusmenetelmillä voidaan jäteveden fosforista ja kiintoaineesta ottaa talteen yli 90 %, mutta typestä vain noin puolet.

### 3.9 Teollisuus, kalankasvatus ja turkistarhaus

Pistekuormitusta syntyy myös mm. teollisuuslaitosten, kalanviljelylaitosten ja turkistarhauksen suorista, viemäriverkostoon johtamattomista päästöistä. Teollisuudessa eniten kuormitusta syntyy prosesseissa, joissa ei ole suljettua vedenkiertoa. Merkittävintä teollisuuden vesistökuormitusta aiheuttaa Suomessa massan- ja paperintuotanto, joskin sen aiheuttama kuormitus on merkittävästi vähentynyt viimeisen 30 vuoden aikana (Ojanen 2008). KUSTAA-työkalun ominaiskuormitusluvut sellun ja paperin valmistukselle perustuvat SYKEN ja Ikosen (2012) raportoihin keskimääräisiin kuormituslukuihin tuotantoyksikköä kohti. Muista teollisuudenaloista merkittävää kuormitusta voivat aiheuttaa mm. lannoitevalmistus ja kaivosteollisuus. Näiden aiheuttama kuormitus on kuitenkin tapauskohtaista. Kalanviljelylaitosten ja turkistarhojen vesistökuormitus aiheutuu pääasiassa kalojen tai turkiseläinten jätöksistä ja syömättä jääneestä rehusta. Eniten merkitystä on rannikoilla olevilla kalanviljelylaitoksilla, jotka vaikuttavat



lähiympäristön merialueiden vedenlaatuun. Turkistarhoilla on vaikutusta lähinnä Pohjanmaan rannikolla. KUSTAA-työkalussa käytetyt kalanviljelyn typen ja fosforin ominaiskuormitusluvut perustuvat SYKEN keräämiin tietoihin ja turkistarhauksen vastaavat luvut Nyroosin ym. (2006) esittämiin lukuihin.

Teollisuuden ja yhdyskuntien aiheuttamaa orgaanisen aineen kuormitusta kuvataan VAHTI-tietokannassa biologisella hapenkulutuksella (BOD7). Teollisuuden (lähinnä sellun ja paperin tuotanto) aiheuttama BOD7-kuormitus on ollut viime vuosina alle 10 000 tonnia vuodessa (vastaa 26 000 tonnia TOC), mikä on tehokkaiden vesiensuojeluinvestointien ansiosta vain murto-osa 1970-luvun tasosta (yli 300 000 tonnia vuodessa BOD7). Myös yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilta tuleva kuormitus on laskenut 1970-luvun tasolta 30 000–40 000 tonnia BOD7 vuodessa tasolle 3000–4000 tonnia BOD7 vuodessa 2000-luvulla (vastaa 8600–11 000 tonnia TOC).

Taulukko 2. Kiintoaineen, kokonaisravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormitus eri päästölähteistä. Orgaanisen kokonaishiilen (TOC) luvut pelkästään kirjallisuusviitteistä. Lähdekohtainen fosforin ja typen kuormitusosuus on laskettavissa taulukkoarvojen perusteella joko ihmisperäisenä kuormituksena tai kokonaisainevirtaamana.

	Pinta-ala	Kiintoaine		Kokonaisfosfori		Kokonaistyyppi		TOC	
	Milj. ha	kg ha <sup>-1</sup> v <sup>-1</sup>	1000 kg/v	kg ha <sup>-1</sup> v <sup>-1</sup>	1000 kg/v	kg ha <sup>-1</sup> v <sup>-1</sup>	1000 kg/v	kg ha <sup>-1</sup> v <sup>-1</sup>	1000 kg/v
<b>Hajakuormitus</b>									
Luonnonhuuhtouma <sup>1</sup>	30,4	5,1	155 000	0,05	1 500	1,3	39 500	57	1 730 000
Metsätalous <sup>2</sup>	0,28*	255	71 000	0,47	130	5,8	1 600	77 <sup>7</sup>	21 600 <sup>7</sup>
Maatalous <sup>3</sup>	2,2	610 <sup>4)</sup>	1 340 000	1,10	2 400	15,0	33 000	220	484 000
Laskeuma veteen <sup>1</sup>	3,5			0,10	350	3,0	10 500		
Haja-asutus <sup>5</sup>	1,07**	5,2***	5 600	0,37***	400	2,5***	2 700		
Hulevedet <sup>6</sup>	0,69	297	205 000	0,39	270	4,7	3 200		
<b>Pistemäinen kuormitus</b>									
Yhdyskuntajätevedet <sup>5</sup>					160		10 900		9 800
Teollisuus <sup>5</sup>			15 400		170		3 700		26 000
Kalanviljelylaitokset <sup>5</sup>					90		780		
Turkistarhaus <sup>5</sup>					45		430		
Turvetuotanto <sup>5</sup>	0,065	53	3 400	0,30	20	8,1	524	146 <sup>8)</sup>	9 500 <sup>8)</sup>
<b>Yhteensä</b>					<b>5 535</b>		<b>106 834</b>		

Lähteet:

<sup>1)</sup> KUSTAA-työkalu (Launiainen ym. (2014)

<sup>2)</sup> Finér ym. (2010)

<sup>3)</sup> Vuorenmaa ym. (2002),

<sup>4)</sup> Puustinen ym. 2010

<sup>5)</sup> VAHTI-tietojärjestelmä,

<sup>6)</sup> Kotola & Nurminen (2003) ja Valtanen (2015).

<sup>7)</sup> Lepistö ym. (2014), avohakkuut.

<sup>8)</sup> Pöyry (2014)

\*arvioitu metsätaloustoimenpiteiden piirissä oleva pinta-ala vuodessa, koko metsäpinta-ala 26,1 milj. ha. Metsä uudistaminen ja kunnostusojitus vaikuttavat 10 vuotta ja lannoitus 2-5 vuotta. Arvot taulukossa edustavat kymmenen vuoden keskimääräistä vuosikuormitusta toimenpideohjien pysyessä samoina. Nämä luvut voivat poiketa liitteen 1 luvuista.

\*\*henkilömäärä (milj. as.) viemäriverkon ulkopuolella

\*\*\*per haja-asukas



Täsmennyksiä taulukkoon 2

Metsätalous

- KUSTAA perustuu moniin kirjallisuusviitteisiin Suomessa ja Ruotsissa tehdyistä kenttäkokeista/seurannoista, joissa tutkimusalueiden määrä on vaihdellut yhdestä kymmeneen ja havaintojaksot muutamasta vuodesta useisiin kymmeneen vuosiin

Maatalous

- Vuorenmaa ym. (2002), pienet valuma-alueet, tarkastelujakso 1981–1995, n=4
- Puustinen ym. (2010), VIHMA-koekentät, aineisto koottu 1980-luvulta vuoteen 2002, n = 7 koekenttää, lohkoja enemmän.

Taustakuormitus

- Mattsson ym. (2003), tarkastelujakso 1997–1999, n=21 pientä luonnontilaista aluetta

Laskeuma

- Vuorenmaa (2004), tarkastelujakso 1973–2000, n=19

Hulevedet

- Kotola & Nurminen (2003), 1 vuoden pituinen jakso 2001–2002, n=3
- Melanen (1981), 3 vuoden pituista jaksoa 1977–1979, n=6
- Valtanen (2015), 2 vuoden pituista jaksoa 2008–2010, n=3 (tämä ei sisälly KUSTAAseen)

## 4 Kokonaiskuormitus ja kasvuriskit

Tässä luvussa tarkastellaan vesistöihin tulevan kuormituksen suuruusluokkaa ja kasvuriskejä lähteittäin sekä eri lähteistä tulevan kuormituksen ominaispiirteitä. Esim. hajakuormitus poikkeaa luonteeltaan pistemäisestä kuormituksesta. Kuormituksen hallinta kuitenkin edellyttää kuormittajakohtaisia toimenpiteitä, joiden vertailuissa yhteismitallisuus on välttämätöntä kustannustehokkaiden toimenpiteiden osoittamiseksi.

### 4.1 Kuormituksen jakautuminen lähteittäin

Alla olevat kokonaisfosforin ja -typen piirakkakuvat (kuvat 15 ja 16) perustuvat useisiin eri tietolähteisiin. Uuden vesienhoitosuunnitelman (v. 2012) pistekuormitustiedot saatiin ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI) vuosina 2006–2012. Hajakuormituksen kokonaisfosfori- (P) ja kokonaistyyppikuormitusta (N) koskevat tiedot on saatu Suomen ympäristökeskuksessa kehitetystä WSFS42 VEMALA-vesistömallijärjestelmästä (V1-versio; Huttunen ym. 2015). Pelloilta aiheutuvaa kuormitusta on järjestelmässä kehitetty eniten. Kuormituksen suuruutta on pyritty arvioimaan VIHMA- (Puustinen ym. 2010) ja ICECREAM-malleilla (Tattari ym. 2001, Bärlund ym. 2009), jotka arvioivat ravinnekuormitusta ottaen huomioon muun muassa sadannan/valunnan, pellon maalajin, kaltevuuden, viljeltävän kasvin, pellon fosforiluvun ja viljelykäytännöt. Metsätaloudesta ja luonnonhuuhtoumasta tulevan kuormituksen arvioimiseen on hyödynnetty ensimmäisellä vesienhoidon kaudella käytettyä VEPS-tietojärjestelmää (Tattari & Linjama 2004). Tämän lisäksi metsätalouden kuormitusarvioita on korjattu saatujen vesistöhavaintojen perusteella.

WSFS-VEMALA hyödyntää VEPS-järjestelmän mitattuja päivitystietoja laskeumasta (märkä- ja kuivalaskeuma) sekä arvioitua hulevesikuormitusta. Suoraan vesistöihin tuleva laskeuma sisältyy osaksi aineiden luonnollista kiertokulkua, osa laskeumasta on taas ihmisen aikaan saamaa. Haja- asutuksesta tuleva kuormitusarvio perustuu rakennus- ja huoneistorekisteristä (RHR) saatavaan tietokantaan sekä asukkaan tai loma-asunnon keskimääräiseen ominaiskuormitukseen. Kuvissa 15 ja 16 on esitetty kokonaistyyppien- ja fosforin jako eri kuormituslähteisiin vesienhoitoalueittain. Kuvien piirakoissa on mukana myös laskeuma järveen, vaikka osa laskeuman ravinnekuormasta onkin peräisin ravinteiden luonnollisesta kierrosta.

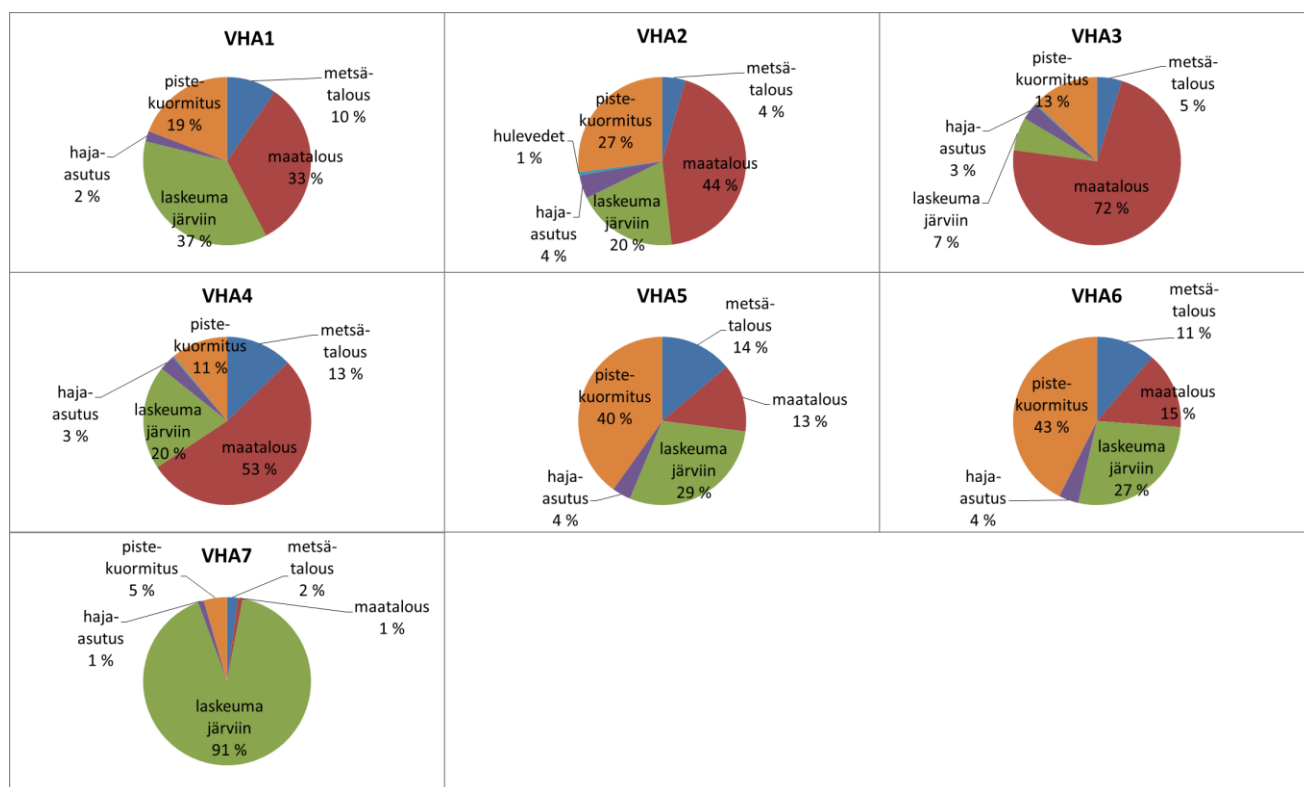
Typhen osalta maatalous on suurin kuormittaja VHA:lla 2-4. Järvien vähäinen osuus korostaa maatalouden osuutta VHA 3:lla. Laskeuman osuus on suoraan verrannollinen alueen järvisyyteen: mitä enemmän järviä, sitä suurempi sen osuus on piirakasta. Maatalous ja metsätalous ovat yhtä suuria

kuormittajia pohjoisilla alueilla VHA 5-7. Pistekuormituksen osuus kokonaiskuormasta on suurinta alueilla 5-6. Taustakuorman osuus kokonaiskuormasta on pienin alueilla 2-3 ja lähes 90 %:ia kokonaiskuormasta alueella VHA 7.

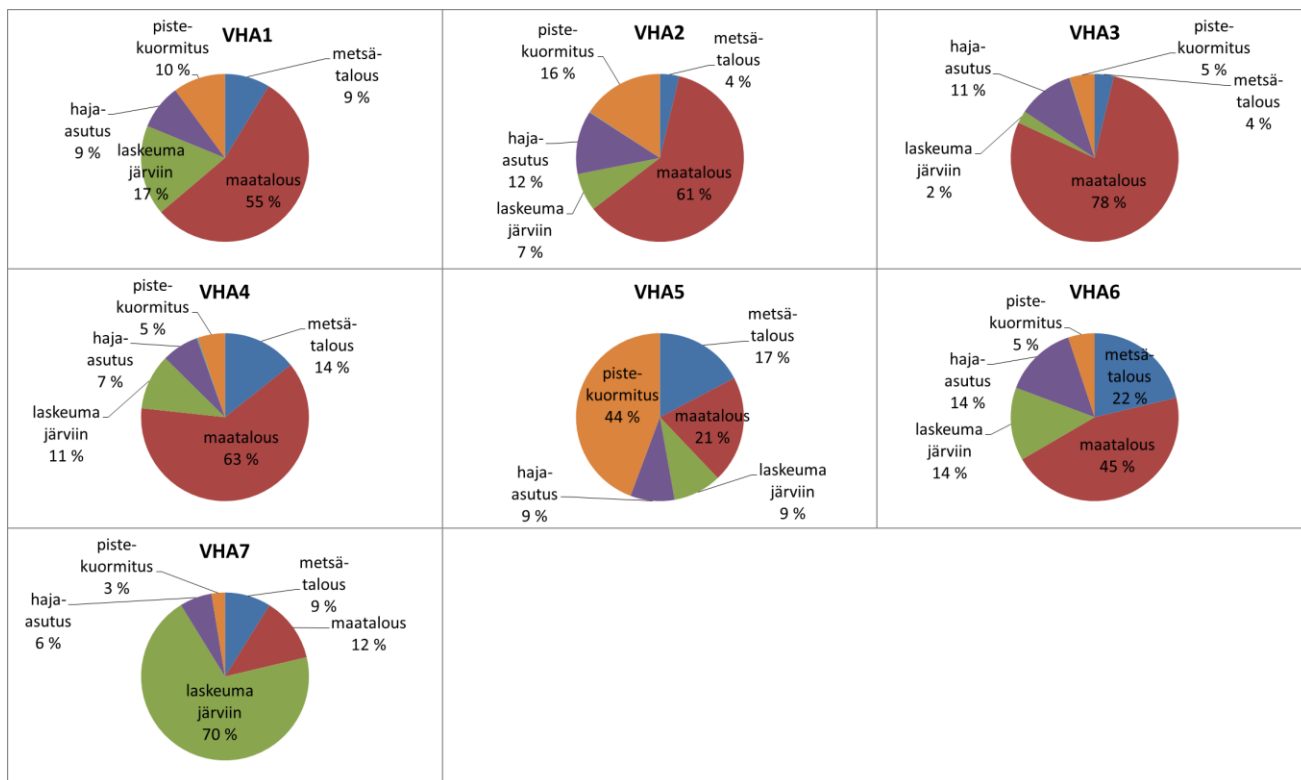
Fosforin piirakkakuvio muistuttaa paljon typen vastaavaa, mutta fosforin osalta maatalouden osuus kokonaiskuormasta on suurempi. Pistekuormitus puolestaan on pienempi ja samoin myös laskeuman osuus. Tornionjoen VHA 6:lla maatalouden osuus kokonaisfosforikuormasta on huomattavasti suurempi kuin typen tapauksessa. VHA 5:lla pistekuormituksen osuus on korkea, 44 %:ia kokonaiskuormasta. Taustakuorman osuus kokonaisfosforikuormasta on vähäistä alueilla VHA 2 ja 3 ja suurinta pohjoisilla alueilla.

Turvetuotannosta aiheutuva ravinnekuormitus on sisällytetty pistekuormitukseen vuodesta 2004 lähtien. Sitä ennen turvetuotannosta aiheutuva kuormitus laskettiin hajakuormituksen osaksi. Turvetuotannon osuus pistekuormituksen kokonaismäärästä on fosforin osalta 5,2 % ja typellä vastaavasti 4,3 % (v. 2004–2011 keskiarvo).

Eri tietolähteistä koottujen piirakkakuvien vertailtavuuteen on syytä suhtautua varauksella, varsinkin jos tarkkoja lähtötietoja ei ole esitetty. Tässä kappaleessa esitetyt kuvat perustuvat vesienhoitoalueiden virallisiin EU:lle raportoituihin tietoihin. Seuraavassa kappaleessa käsitellään kuormituksen arviointiin liittyviä virhelähteitä.



Kuva 15. Arvio typpikuorman jakaumasta vesienhoitoalueilla VHA1-7.



Kuva 16. Arvio fosforikuorman jakaumasta vesienhoitoalueilla VHA1-7.

## 4.2 Arviointiin sisältyvä epävarmuus

Kiintoaine- ja ravinnekuormituksen arviointiin sisältyy monenlaista epävarmuutta. Kuormitus on laskennallinen suure, joka koostuu valuman/virtaaman ja vedenlaadun eli pitoisuuden tuloksena. Valumaa mitataan yleensä päivittäin/tunneittain mittapadolla (vedenpinnan korkeus), vesinäytteitä otetaan joko manuaalinäytteenotolla, in-situ mittausantureilla tai keräten automaattinäytteenottimilla näytteitä, jotka analysoidaan jälkepäin laboratoriossa. Kuormituslaskennassa tyypillisesti epävarmuutta aiheuttaakin vedenlaatumittausten riittämätön määrä. Joissakin tapauksissa on käytössä vain hetkelliset virtaamamittaukset, joka aiheuttaa huomattavaa epävarmuutta kuormaan. Näytteenoton tavoitteena tulisi olla mahdollisimman tasapainoinen havaintosarja, jossa sekä tulvahuippujen että alivirtaamajaksojen lisäksi olisi edustettuna vesinäytteitä myös nousevan ja laskevan virtaaman jaksoilta.

Kuormitus muodostuu väistämättä monen tekijän (maalaji, kasvillisuus, maaperän ravinteisuus, turpeen ominaisuudet, ojitushistoria, lannoituskäytännöt, viljelykäytännöt, topografia ym.) yhteisvaikutuksesta. Toisaalta tiedetään hehtaarikohtaisen kuormituksen vaihtelevan laajalla vaihteluvälillä (liite 1). Lohkokohtaisen tai yksittäisen toimenpidealueen tarkka kuormituksen määrittäminen on käytännössä mahdotonta, ellei paikalta ole hyviä mittauksia.

Alueiden ryhmittelyn avulla voidaan arvioida samankaltaisten alueiden kuormitusta ilman paikkakohtaisia mittauksia, mutta tällöinkin tulos sisältää väistämättä suurta epävarmuutta. Tämä koskee myös mallinnuksella saatuja arvioita, mikäli mallin kalibrointiin ei ole riittävästi havaintotietoja ja lähtöarvoja. Koekenttäaineistoista ja pieniltä valuma-alueilta voidaan myös koota tyypillisiä kuormituslukuja ja käyttää niitä isompien alueiden kokonaiskuorman laskennassa.

Kuormituksen vuosivaihtelu on niin suurta, että esimerkiksi vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutukset peittyvät lyhyellä aikavälillä tähän vaihteluun. Kuormituksen vähentämistoimenpiteiden vaikutusten arviointi pelkästään vesinäytteisiin perustuen on ongelmallista, käytännössä lähes mahdotonta, ellei näytemäärä ole riittävä kohtalaisen pitkältä ajanjaksolta. Usein vesiensuojelumenetelmän täystoimivuus havaitaan vasta muutamia vuosia toimenpiteen käyttöönoton jälkeen (kosteikot, pintavalutuskentät). Hyvä seuranta edellyttää myös erilaisten hydrologisten vuosien vaikutusten arviointia toimenpiteen tehokkuuteen. Valuma-alueetasolla vaikutusseurannassa on välttämätöntä havainnoida myös ns. referenssialuetta, joilla vastaavia toimenpiteitä ei tehdä. Uuden jatkuvatoimisen mittaustekniikan käyttö valuma-alue seurannoissa on tämän vuoksi suositeltavaa. Huomattavaa on kuitenkin se, että

automaattilaitteetkin tarvitsevat säännöllistä huoltoa ja datan laadunvarmistusta toimiakseen moitteettomasti.

Samankin vesiensuojelumenetelmän tehokkuus vaihtelee paikallisten olosuhteiden vaihdellessa, joten ei ole järkevää esittää yhtä pidätysprosenttia tietyn toimenpiteen tehokkuudelle. Parhaimmillaan pidätystehot ovat jopa yli 70 %:n luokkaa (Koskiahho & Puustinen 2015, käsikirjoitus), mutta huonoimmillaan vesiensuojelumenetelmä voi esim. epäonnistuneen mitoituksen myötä jopa lisätä kuormitusta. Oleellista on aina arvioida tapauskohtaisesti toimenpidettä ja toteuttamispaikan olosuhteita.

Koska eri kuormituslähteiden kuten maatalouden, metsätalouden, haja-asutuksen ym. kuormitus arvioidaan eri menetelmillä, ne sisältävät väistämättä erisuuruisia virhelähteitä. Erityisesti niiden esittäminen samassa, kuormituksen suhteellisia osuuksia kuvaavassa piirakassa, herättää kysymyksiä. Jos yhdenkin kuormituslähteen absoluuttinen kuormitusarvio muuttuu esim. käytettävän laskentamenetelmän tarkentumisen vuoksi, se vaikuttaa myös kaikkien muiden kuormituslähteiden suhteellisiin osuuksiin. Tällöin tiedon käyttäjälle jää epäselväksi se, onko suhteellisen kuormitusjakauman ajassa tapahtunut muutos todellista kuormitusmuutosta. Tätä suhteelliseen piirakkakuviioon liittyvää hämmennystä onkin mahdollista hälventää tarkastelemalla niitä aina yhdessä vastaanottavaan vesistöön tulevan kokonaiskuormituksen kanssa. Tarkastelua on mahdollista kehittää edelleen esim. laskemalla valuma-alueelle kokonaiskuormituksen kuormitusarvio pinta-alayksikköä kohden ( $\text{kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$ ). Tämä luku olisi yhteismitallinen ja vertailtavissa myös muihin valuma-alueisiin. Jos kuormitustasot ylittävät vesistön sietokyvyn, vasta silloin kuormituksen suhteellisella jakaumalla olisi todellista käyttöarvoa. Kun pienillä valuma-alueilla tehdyt pitkäaikaiset mittaukset antavat varsin luotettavaa tietoa eri maankäyttömuotojen kuormitustasoista, se saattaa menettää suuren osan evidenssiarvostaan suhteellisia kuormitusosuuksia kuvaavissa piirakoissa, joihin on samalla kertaa yhdistetty muita kuormittajia koskevia mahdollisesti hyvinkin epävarmoja tietolähteitä.

Mahdollisia muita syitä yksittäisen vesistöalueen kuormituksen virhearviointiin:

- Peltojen korkeat fosforiluvut (lannoitus)
- Karjanlannan runsas käyttö ja turvemaapelot
- Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteet kunnostusojitusalueilla ovat yksityismailla lähinnä vain kiinto-aineen laskeutumiseen perustuvia, jolloin ravinteiden pidätys jää heikoksi
- Vanhat ojitukset: vaikka vanhoilta ojituksilta tuleva kuormitus olisi vain vähän luonnonhuuhtoumaa suurempaa, niin suurelta pinta-alalta kuormitusta kuitenkin kertyy.
- Pistekuormituksesta (VAHTI) puuttuu kuntien luvittamia pieniä laitoksia, mutta toisaalta pienillä teollisuuslaitoksilla ei ole useinkaan omaa jätevedenpuhdistamoa, vaan vedet johdetaan kunnalliseen viemäriin ja ovat siis VAHTI-kuormituksessa mukana.
- Haja-asutuksen sijoittuminen vesistöjen varrelle ja siitä johtuvat suorat päästöt
- Hulevesien osuus on arvioitua suurempi (mm. RYVE-tutkimus)
- Viherrakentamisen aiheuttamat ravinnepäästöt
- Rannikkojokien vesistöalueilla monin paikoin minerotrofisissa soissa esiintyvät vivianiittikerrostumat, joista ojituksen (myös turvetuotannon) seurauksena mobilisoituu mm. fosforia
- Turkistarhauksen kuormitusta ei ole arvioitu

#### 4.3 Metsätaloudesta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet

Metsätaloustoimenpiteistä kunnostusojitus, maanmuokkaus, uudistushakkuu ja energiapuun korjuu aiheuttavat pääasiassa kiintoainekuormitusta. Kunnostusojituksessa vesiensuojelumenetelmiin kiinnitetään nykyisin erityistä huomiota jo hankkeen suunnitteluvaiheessa ja pyritään mahdollisuuksien mukaan vähentämään toimenpiteen haitallisia vaikutuksia. Metsänlannoitus ja hakkuu aiheuttavat lähinnä ravinnepäästöjä (Joensuu ym. 2008). Metsätaloudessa on käytössä osittain samat vesiensuojelumenetelmät kuin maataloudessakin. Esim. suojavyöhykkeitä käytetään molemmissa jättämällä vyöhyke käsitellyn alueen (hakkuualue, peltolohko) ja vesistön väliin. Metsätalouden kunnostusojituksessa kiintoainekulkeumaa vähennetään jättämällä ojiin kaivu- ja perkauskatkoja. Veden

virtausta ja siten kiintoaineen kulkeutumista voidaan hidastaa myös ojien pohjalle rakennetuilla pohjapadoilla tai virtaamasäätöpadoilla. Yksi tehokkaimmista vesiensuojelumenetelmistä metsätaloudessa on pintavalutuskentät, joiden avulla kiintoaineen lisäksi voidaan vähentää myös liuenneiden ravinteiden kulkeutumista vesistöön. Keskiparkeilla ja karkeilla (pohjamaa) kivennäismailla on käytössä myös laskeutusaltaita. Edellä mainittujen menetelmien lisäksi myös kosteikkoja on käytetty vesien puhdistajana metsätaloudessa. Yleensä toimenpidealueen vesiensuojelumenetelmäpaletti koostuu alueelle soveltuvista parhaista käytännöistä. Yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksista ei ole olemassa koottua selvitystä.

Metsätaloudessa vesiensuojelumenetelmien tehokkuutta ei yleensä arvioida erikseen paikkakohtaisesti, vaan esim. nykyisin käytössä olevissa laskentamenetelmissä (esim. Finér ym. 2010) oletetaan, että kaikkien toimenpiteiden yhteydessä huolehditaan vesiensuojelusta tämänhetkisten parhaiden käytäntöjen mukaisesti. Mikäli näin ei menetellä, metsätaloustoimenpiteiden aiheuttamaa kuormitusta aliarvioidaan käytössä olevilla laskentamenetelmillä. Laskennassa ei myöskään huomioida sitä, että erilaisilla alueilla vesiensuojelumenetelmien tehokkuus vaihtelee mm. alueen ominaispiirteistä johtuen.

#### 4.4 Maataloudesta aiheutuvan kuormituksen vähentämismahdollisuudet

Maatalouden ympäristötoimenpiteitä on toteutettu laaja-alaisesti vuodesta 1995 lähtien maatalouden ympäristötukijärjestelmän ohjauksessa. Toimenpiteet voidaan ryhmitellä kolmeen ryhmään: pelloilla, pellon reunalla ja pellon ulkopuolella tehtävät ympäristötoimenpiteet. Erilaisten toimenpiteiden tehokkuuden keskinäinen vertailu on periaatteessa yksinkertaista, tarvitaan vain yhteinen mittari toimenpiteiden vaikutuksista. Tarvitsee siis määrittää, kuinka paljon toimenpide pienentää kiintoaine- ja ravinnekuormitusta peltohehtaaria kohden vuodessa ( $\text{kg ha}^{-1} \text{v}^{-1}$ ). Jos tunnetaan toimenpiteen kustannukset mm. investoinnit, kuoletusaika, hoito- ja ylläpitokulut, voidaan laskea myös toimenpiteen kustannustehokkuus, kuten menetelmäkohtainen fosforikilon pidättämiskustannus.

##### *Pelloilla tehtävät toimenpiteet*

Pelloilla tehtäviksi vesiensuojelutoimenpiteiksi katsotaan kaikki ne viljely- ja muokkauskäytäntöjen muutokset, jotka vähentävät kiintoaine- ja ravinnekuormitusta edeltävään tilanteeseen verrattuna. Tässä lähtökohtana on maatilan tuotantosuunta ja mahdollisuudet tehdä tarvittavia muutoksia. Tärkeimmät pelloilla tehtävät toimenpideryhmät ovat lannoitustasojen madaltaminen ja syksyllä tehtävän intensiivisen maanmuokkauksen eli syyskynnön korvaaminen kevennetyllä muokkauskäytännöllä, talviaikaisella sängellä tai suorakylvöllä.

Vuodesta 1995 lähtien mineraalilannoitteiden keskimääräinen käyttö on alentunut merkittävästi. Hehtaarikohtainen fosforilannoitteiden käyttö aleni runsaasta 30 kg:sta alle 10 kg:aan ja typpilannoitteiden 115 kg:sta alle 80 kg:aan hehtaaria kohden. Tämän muutoksen seurauksena fosforitaseet alenivat noin 60 % ja typpitaseet 35 %. Lannoitteiden osalta karjalannan käyttö on suurin pullonkaula. Koko lantamäärän ravinnesisältö pelloille tasaisesti levitetynä tuottaisi fosforia hehtaarille noin 8 kg ja typpeä lähes 50 kg. Nyt koko lantamäärä käytetään vain karjataloustopelloille, noin 30 %:lle peltoalasta.

Syystä, että maatiloista ja peltoalasta yli 90 % on sitoutunut ympäristötukijärjestelmään, muokkauskäytäntöjen muutokset ovat olleet hyvin laaja-alaisia. Vaikka ympäristötukijärjestelmän rakenteesta johtuen toimenpidealat ovat käytännössä merkittävästi pienempiä kuin sitoutuneisuuden perusteella voisi odottaa, on syksyllä kynnetyin pellon pinta-ala pudonnut noin 1,2 milj. ha:sta runsaaseen 500 000 ha:iin. Muutos on erittäin merkittävä.

##### *Suojavyöhykkeet*

Vesiensuojelutoimenpiteenä toteutettavalla suojavyöhykkeellä tarkoitetaan kaltevan pellon alimpaan reunaan viljelyksestä poistettavaa määrämittaista aluetta. Ympäristötukijärjestelmässä minimileveys on ollut 15 m. Suojavyöhykkeen eroosiota ja ravinnekuormitusta pienentävä vaikutus arvioidaan suojavyöhykkeellisen ja suojavyöhykkeettömän peltolohkon kuormituserona. Kun peltolohkon kuormitus riippuu myös sen viljelykäytöstä, suojavyöhykkeen vaikutusta arvioitaessa on otettava huomioon viljelykäyttöön jäävän peltolohkon viljelykäytäntö. Näin ollen suojavyöhykkeelle saadaankin suuri määrä kuormituksen pienentämistä kuvaavia vaikutuslukuja.



Ympäristötukijärjestelmän piirissä on ollut viime vuosina noin 8000 suojavyöhykehehtaaria. Tukijärjestelmän edellyttämänä suojavyöhykkeet ovat itsenäisiä kasvulohkoja ja siten niillä ei ole peltolohkoketerissä yksiselitteistä kytkentää alkuperäiseen kasvulohkoonsa. Arviolta suojavyöhykkeellisten kasvulohkojen kokonaispinta-ala voi olla jopa 90 000 ha. Ts. suojavyöhykkeiden määrä olisi lähes kolmasosa kokonaistarpeesta.

### *Kosteikot*

Peltojen ulkopuolella sijaitsevat kosteikot pidättävät yläpuoliselta valuma-alueelta tulevaa kiintoaine- ja ravinnekuormaa. Kosteikkoon pidättyvän aineksen määrä riippuu pääsääntöisesti kahdesta tekijästä, kosteikkoon tulevan aineksen kokonaismäärästä ja kosteikon viipymästä. Kosteikkoon tulevan veden kiintoaine- ja ravinnepitoisuus riippuvat erityisesti peltoalan osuudesta yläpuolisella valuma-alueella, ts. mitä enemmän peltoa sitä enemmän kuormaa. Vaikutusten arvioinnissa lasketaan tulevan kokonaiskuorman ja peltoalan keskimääräinen kiintoaine- ja ravinnekuormitus hehtaaria kohden vuodessa. Kosteikkoon jäävän ainesmäärän perusteella saadaan selville vähennys-% ja toisaalta peltohehtaaria kohden keskimääräinen kuormituksen väheneminen vuodessa. Kosteikon perustamis- ja hoitokustannusten mukaan saadaan laskettua pidättyneen fosforikilon hinta. Tällä menettelytavalla kosteikot saadaan verrannollisiksi peltotoimenpiteisiin ja suojavyöhykkeisiin.

Maatalouden vesiensuojelukosteikkoja on toteutettu koko ympäristöohjelmien aikana hyvin vähän. Ensimmäisellä ohjelmakaudella toteutettiin noin 500 kosteikkoa ja laskeutusallasta. Sen jälkeen niiden perustaminen pysähtyi ja vilkastui uudelleen ns. ei-tuotannollisten investointien tuella. Kosteikkojen kokonaismäärä on kuitenkin edelleen niin pieni, että valtakunnan tasolla niiden ei voida katsoa pienentäneen maatalouden kiintoaine- ja ravinnekuormitusta.

## **4.5 Turvetuotannosta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämismahdollisuudet**

TASO-hankkeen raportissa ”Turvetuotannon kuormitus” esitetään kattava katsaus turvetuotannon vesiensuojelumenetelmiin ja niiden tehokkuuteen (Klöve ym. 2012). Turvetuotannossa on käytössä lähes samoja vesiensuojelumenetelmiä kuin metsätaloudessakin. Kemikalointia ei kuitenkaan käytetä metsätaloudessa. Myös metsätalouden pintavalutuskentät ovat mitoitukseltaan pienempiä kuin turvetuotannossa ja vedet ohjautuvat kentälle painovoimaisesti. Vesiensuojelun tehokkuus todennetaan ohjeistuksen mukaisesti tehon tarkkailulla, johon sisältyy vesinäytteen otto samalla kertaa vesienkäsittelyrakenteen ylä- ja alapuolelta. Näin otettu näyte ei tarkalleen ottaen edusta samaa vettä, mutta riittävällä näytemäärällä saadaan selville menetelmän tehon taso. Samoin kuin metsätalouden kunnostusohjelmien suunnittelussa, myös turvetuotannon vesistökuormitus pyritään saamaan vähäiseksi jo tuotantoalueen suunnitteluvaiheessa. Uutta aluetta suunniteltaessa erityistä huomiota kiinnitetään sekä suoaluetta kuivaavan ojaverkoston että myös vesiensuojelurakenteiden sijoittamiseen ja mitoitukseen.

Sarkaojarakenteiden avulla voidaan poistaa turvetuotantoalueiden valumavesistä kiintoainetta ja sen mukana liikkuvia ravinteita. Humusaineen, hienomman kiintoaineen ja liukoisten ravinteiden poisto niillä ei kuitenkaan onnistu. Turvetuotantoalueen vesiensuojelurakenteita ovat mm. kosteikot, laskeutusallat ja kasvillisuuskentät, joilla voidaan vähentää erityisesti kiintoainekuormaa. On esitetty, että roudattomana aikana niiden avulla päästään kohtalaiseen kiintoaineen vähenemään (Savolainen ym. 1996). Veden virtausta pyritään hidastamaan virtaamansäätörakenteiden avulla, jolloin suurten valumiin aikainen kiintoainekuorma vähenee. Virtaamansäätö on todettu sopivaksi useimmille turvetuotantoalueille (Väyrynen ym. 2008). Vesien käsittely pintavalutuksella on todettu yhdeksi turvetuotantoalueiden parhaimmista vesiensuojelumenetelmistä. Turvetuotantoalueilla on myös käytössä kemiallinen vedenpuhdistus, mutta se soveltuu lähinnä kesäaikaiseen puhdistukseen. Pintavalutus kentän ohella kemiallinen puhdistus luetaan turvetuotantoalueiden parhaimpien ja käyttökelpoisimpien menetelmien joukkoon.

## 4.6 Jätevesien puhdistaminen

Valvonta ja kuormitustietojärjestelmän (VAHTI) vuoden 2013 tietojen mukaan koko maan osalta jätevedenpuhdistamojen kokonaistypen puhdistusprosentti oli 61 ja kokonaisfosforin 96. Tässä laskennassa kunkin laitoksen puhdistusteho painotettiin asukasvastineluvulla. Laitoksia on yhteensä 361 ja yhteenlaskettu asukasvastineluku on 7 909 758. Parhaimmat fosforin puhdistustehot olivat tyypillisesti isoissa kaupungeissa (taulukko 3). Alle 80 %:n tehoon jäätiin ison asukasvastineluvun alueilla mm. JVP-Eura Oy:n jäteveden puhdistamolla (puhd. % 79, avl 57 214) ja Mäntän paperitehtaalla (puhd. % 79, avl 34 526).

Taulukko 3. Jätevedenpuhdistamojen kokonaisfosforin puhdistus-% asukasvastineluvultaan 10:n suurimman mukaan järjestettynä.

Puhdistamo	Puhd. % P	Puhd % N	asukas- vastineluku
HELSINGIN SEUTU, VIKINMÄEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO	96,79	92,44	1 221 499
TURUN SEUDUN PUHDISTAMO OY, KAKOLANMÄKI	98,26	76,55	534 971
PORIN VESI, LUOTSINMÄKI, JÄTEVEDENPUHDISTAMO	97,82	80,67	491 080
HSY, SUOMENOJAN JÄTEVEDENPUHDISTAMO	95,94	73,42	429 897
TAMPEREEN VESI, VIKKANLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMO	94,91	24,96	378 000
HÄMEENLINNAN SEUDUN VESI OY, PAROISTEN PUHDISTAMO	98,27	60,46	307 629
SALON KAUPUNKI, KESKUSPUHDISTAMO	96,52	76,08	211 699
OULUN VESI, TASKILAN JÄTEVEDENPUHDISTAMO	84,90	19,63	196 845
KUOPION VESI, JÄTEVEDENPUHDISTAMO, LEHTONIEMI	97,70	22,35	172 543
KYMEN VESI OY, MUSSALON JÄTEVESILAITOS	95,54	80,83	172 254

Kokonaistypen puhdistusteho vaihteli kymmenen suurimman asukasvasteluvun alueella 19,6 %:sta (Oulun vesi) Viikin jätevedenpuhdistamon 92 %:n tehoon (taulukko 3). Alhaisia puhdistustehoja oli suuren asukasvasteluvun alueella mm. Forssan viemärlaitoksella (29 %), Tampereen Rahilan puhdistamolla (23 %), Joensuun Kuhasalon puhdistamolla (14 %) ja Rovaniemen kaupungin jätevedenpuhdistamon teho oli vain 8 %.

Pistekuormituksen väheneminen kohdistuu jatkossa typpikuormituksen alentamiseen. Parantamisen varaa löytyy jopa joissakin isoissa kaupungeissa ja sen ohella jätevesilietteiden uusiokäyttö vaatii lisäselvityksiä. Paremmat typen puhdistustekniikat ovat jo tiedossa ja jo käytössä joillakin puhdistamoilla, joten lähinnä menetelmän kalleus on esteenä uudistukselle.

## 4.7 Haja-asutuksen aiheuttamien vesien puhdistaminen

Jäteveden käsittelyvaatimusten lähtökohtana on haja-asutuksen teoreettinen kuormitusluku (Ympäristöministeriö, 2011). Laskennallinen luku kuvaa sitä, kuinka paljon tavanomaisesta vesikäymälällä varustetusta asumisesta syntyy jätevedeen joutuvia haitta-aineita henkeä kohden ennen jäteveden käsittelyä. (Haja-asutuksen jätevesiasetus 209/2011).

Orgaanisen aineen kuormitusluku on 50 g/vrk → 18,3 kg/v  
 Fosforin kuormitusluku on 2,2 g/vrk → 0,8 kg/v  
 Typen kuormitusluku on 14 g/vrk → 5,1 kg/v

On selvää, että kuormitus vaihtelee tapauskohtaisesti eri kiinteistöjen ja ajankohtienkin välillä. Asetuksen vähimmäisvaatimukset puhdistukselle ovat orgaanisen aineen osalta vähintään 80 %, kokonaistypen 30 % ja kokonaisfosforin 70 %. Ympäristöministeri Sanni Grahn-Laasonen esitti 18.12.2014 haja-asutuksen jätevesien käsittelyn siirtymäaikaa pidennettäväksi aina 15.3.2018 asti.

Puhdistusrakenteita ovat mm. umpisäiliöt, jonka sisältämät jätevedet kuljetetaan käsiteltäväksi kunnan jätevedenpuhdistamolle. Maahan imeytyksessä jätevesi painuu kohti pohjavettä ja samalla ravinteet pidättyvät maahiukkasiin kulkiessaan maakerrosten läpi. ”Puhdistunut” jätevesi voi joko sekoittua pohjaveteen tai kulkea kerrostuneena pohjaveden kanssa. Menetelmä soveltuu erityisesti ns. harmaiden vesien käsittelyyn. Maasuodattamossa jätevesi johdetaan erityiseen suodatinkerrokseen, joka voi olla joko hiekkaa tai tehdasvalmisteista suodatinmateriaalia. Kerroksen alapuolelta vedet johdetaan esim. avo-ojaan. Näiden menetelmien lisäksi on myös mahdollista perustaa oma pienpuhdistamo, joka

perustuu osittain samaan tekniikkaan kuin isot jätevedenpuhdistamot. Haja-asutuksen osalta puhdistusmenetelmät ovat varsin teknisiä ja edellyttävät hyvää suunnittelua ja huoltoa. Haja-asutusalueiden jätevesien puhdistustehosta on olemassa suhteellisen vähän paikan päällä tehtyjä mittauksia, joten lukuihin sisältyy suurta epävarmuutta.

## 4.8 Hulevesien puhdistaminen

Vesihuoltolain mukaan vesihuoltolaitos on vastuussa hulevesien poisjohtamisesta ja myös niiden käsittelystä. Perinteisesti hulevesiä johdetaan pois joko avo-ojiin ja puroihin tai seka- ja erillisviemäroinnin kautta suoraan vesistöihin. Valtaosa vesistä johdetaan kaupungeissa erillisviemäroinnin kautta, harvaan asutuilla alueilla vedet kulkeutuvat maastoon tai ojien kautta vesistöihin.

Huleveden laatuun vaikuttavat liikenne ja muut ilmansaasteet ja maasta huuhtoutuvat ravinteet ja haitalliset aineet kuten typpi, fosfori, raskasmetallit ja öljyt. Hulevesille ei Suomessa ole määritelty raja-arvoja haittapitoisuuksien suhteen. Suomessa on lisäksi tutkittu ja selvitetty vain vähän vaihtoehtoisia, ekologisia hulevesien puhdistusratkaisuja.

Luonnontilaisessa ympäristössä kasvillisuus pidättää ja haihduttaa suuren osan vedestä ja loppu vesi suodattuu maakerrosten läpi muodostaen pohjavettä tai valuu osin pinta- tai pintakerrosvaluntana vesistöön. Kaupunkiympäristössä asfaltoidut kadut ja pihat estävät veden imeytymisen maaperään ja tämän johdosta pintavalunta tulee usein äärevinä valuntapiikkeinä. Kaupunkialueille muodostuvista pienilmastoista johtuen sadanta on siellä yleensä suurempaa ja haihdunta vastaavasti pienempää kuin maaseudulla. Valuntahuippuja voidaan pienentää hidastamalla veden kulkureittejä mm. viherryttämällä kaupunkialueita. Esim. pihojen ja kattoterassien viherryttämällä voidaan lisätä haihduntaa ja vähentää pintavaluntaa. Samoin ojien ja purojen paikallisilla puhdistusratkaisuilla voidaan vähentää kiintoaine- ja ravinnekuormaa sekä muiden haitallisten aineiden kulkeutumista. Hulevesistä ei ole saatavilla tietoa yllä mainittujen puhdistustoimenpiteiden tehosta.

## 4.9 Kuormituksen kasvuriskit (ilmastomuutos, maankäytön muutokset)

Vaihtoehtoihin tietolähteisiin ja tutkimuksiin perustuvien eri maankäyttömuotoja koskevien laskennallisten kuormituslukujen epävarmuus johtuu yhtäältä riittämättömästä tutkimuksesta ja vajavaisista tietolähteistä sekä toisaalta kuormituksen muodostumisprosesseihin liittyvästä suuresta luonnollisesta vaihtelusta. Tässä voidaan asian tarkastelemiseksi esittää erilaisia jakolinjoja, mm. pistemäinen kuormitus vs. hajakuormitus, suljetut vs. avoimet systeemit, hydrologia-riippuvaiset vs. siitä riippumattomat systeemit. Oleellista on kuitenkin hahmottaa epävarmuutta aiheuttavien tekijöiden keskinäiset suhteet ja tältä pohjalta pyrkiä täydentämään puuttuvaa tietoa. Tämä on kuitenkin helpompaa todeta kuin toteuttaa, varsinkin kun edellä esitetyt kuormitusluvut vaihteluineen ovat monelta osin ajassa muuttuvia. Joissakin lähteissä kuormitus pienenee hallitusti ja joissakin kasvaa hallitsemattomasti tai merkittävät kasvuriskit ovat jo olemassa.

Eri kuormituslähteitä koskevat kuormituksen potentiaaliset kasvuriskit tulisi tiedostaa, jotta niihin voidaan varautua jo etukäteen. Samalla se kuitenkin monimutkaistaa em. kuormituslukuihin liittyvän epävarmuuden haltuunottoa. Nyt ajateltavissa olevia keskeisimpiä kuormituksen kasvuriskejä ovat ilmastonmuutos, rakennetun ja katetun maapinnan pinta-alan kasvaminen, kaivosteollisuuden laajeneminen ja erilaisten maankäyttöön liittyvien tuotantomuotojen merkittävä laajeneminen.

Ilmastonmuutos leudontaessaan talvijaksoja, jolloin sateet tulisivat lumeen sijaan vetenä ja maa ei olisi lainkaan roudassa, vaikuttaisi laajasti maa- ja metsätalouden, turvetuotannon ja rakennettujen alueiden hulevesien vesistökuormitukseen. Maataloudessa kiintoainekuormitus ja ravinteiden huuhtoutuminen kasvaisivat ilman laaja-alaisia ympäristötoimenpiteitä, mm. talviaikaista kasvipeitteisyyttä, pahimmillaan kaksinkertaiseksi ja jopa enemmän. Metsätaloudessa ympäristövaikutukset olisivat samankaltaisia ja samalla metsien hakkuulosuhteet talviaikaisissa hakkuissa vaikeutuisivat merkittävästi. Ilmaston lämpenemisestä aiheutuva kuormituksen kasvun hallinta edellyttäisi maa- ja metsätaloudessa merkittävää ympäristötoimenpiteiden lisäystä, jonka määrästä ei toistaiseksi ole laajoja arvioita.

Rakennettujen alueiden pinta-alan laajeneminen lisää suoraviivaisesti kuormitusriskiä, jos rakentamisen yhteydessä ei huomioida hulevesien käsittelyä. Ilmastonmuutos edelleen lisää tätä kasvuriskiä. Erilaisten maankäyttömuotojen tuotannollinen laajeneminen, vaikka siinä otettaisiin huomioon ympäristövaikutusten hallinta, lisää kuormitusta. Vastaanottavien vesistöjen tila ei muuttuisi pitkällä aikavälillä vain siinä tapauksessa, että tuotannollisen toiminnan seurauksena vesistöihin tulisi tuotantoalueilta samanlaista vettä kuin saman alueen luonnontilaisissa olosuhteissa. Oleellista tässä ei siis olekaan se, että mikä on mahdollisen puhdistusmenetelmän vähentämiskyky vaan se, kuinka paljon puhdistetun veden laatu poikkeaa luonnontilaisesta ja mikä on vastaanottavan vesistön vallitsevan laatuluokan sietomarginaali.

Monet em. kuormituksen kasvuriskit toteutuvat vasta pitkällä aikavälillä. Kun vesistöjen tila muuttuu erityisesti hajakuormitteisissa vesistöissä hyvin hitaasti, vesienhoito toimenpiteineen on nähtävä kaksijakoisena. Toisaalta vesienhoitotoimenpiteet on priorisoitava tapauskohtaisesti akuuttiin vastaanottavan vesistön vallitsevaan tilanteeseen, mutta samalla on arvioitava toimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksia, minkä arvioinnissa keskeisenä osana ovat myös kuormituksen kasvuriskit.

## 5 Vesistöjen tila tarkasteltavilla esimerkkialueilla

Tässä luvussa tarkastellaan vesistön tilaa kahdella vesistöalueella, joiden kuormitus muodostuu erityyppisistä kuormituslähteistä. Tarkastelussa arvioidaan kuormituksen jakautumista eri lähteille ja vesienhoitosuunnitelmien toimenpiteiden tarvetta vesistöjen tilan perusteella. Tarkastelussa pohditaan vesienhoitotoimenpiteiden toteuttamiseen liittyviä tarvearvioiteja.

### 5.1 Yleistä vesistöjen luokittelusta

Pintavesien ekologisen tilan luokittelu perustuu yleisesti biologisten, hydrologis-morfologisten ja fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden arviointeihin. Fysikaalis-kemiallisten laatutekijöiden luokittelu perustui vesienhoidon suunnittelun ensimmäisellä luokittelukierroksella (v. 2008) kokonaisfosforin ja -typen pitoisuuksien vuosimediaanien luokkarajoihin. Toisella luokittelukierroksella (2012) tarkasteltiin myös klorofyllin ja kokonaisravinteiden suhteita siten, että tyyppikohtaisesti määritettiin vertailuolot klorofyllille ja sitä vastaavat arvot kokonaisfosforille ja -typelle. Luokittelua varten vesistöt (järvet 13 tyyppiä) ja joet (9 tyyppiä) on tyyppitelty niiden koon, humus- ja ravinnepitoisuuksien sekä valuma-alueen maaperän (joet) mukaan.

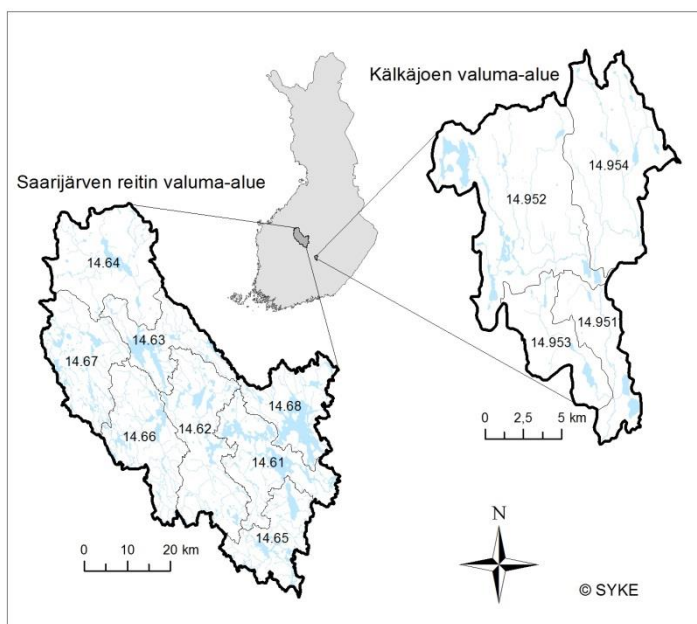
Pintavesien kemiallinen tila luokitellaan vertaamalla vesimuodostuman vuosittaisten seuranta- ja tarkkailutuloksien keskiarvoja kyseiselle aineelle asetettuun ympäristölaatuunormiin (vuosikeskiarvon tavoitearvo). Luokitteluarvioissa ELY-keskuksen tulee tarkastella vesimuodostumakohtaisesti luokittelun perusteena olevan aineiston riittävyttä, luotettavuutta ja laatua, mm. onko vesinäytteet sertifioidun näytteenottajan ottamia ja onko analyysit tehty standardien mukaisesti vertailukokeisiin osallistuvassa laboratorioissa.

Luokittelussa kunkin vesimuodostuman kohdalle merkitään tieto luokittelun perusteista ja luotettavuudesta. Tiedon tulee näkyä myös vesienhoitosuunnitelmissa. Kemiallisen tilan luokittelun tulee perustua vuosien 2006–2012 tai vuosien 2008–2012 seuranta-aineistoihin. Mikäli uusia tietoja ei ole käytössä, voidaan soveltuvin osin käyttää vanhempaa aineistoa.

Puutteellisiin seuranta-aineistoihin perustuvia luokitteluja voidaan joissakin tapauksissa vahvistaa asiantuntija-arvioilla. Tällöin luokittelu tulee perustella huolellisesti. Perustelu voi olla esimerkiksi se, ettei kuormittavaa ainetta joudu vesimuodostumaan – ei ole päästölähteitä tai aine ei ole kaukokulkeutuva.

#### 5.1.1 Vesistön tilaluokittelu esimerkkialueilla

Kymijoen vesistöalueella sijaitsevat Kälkäjoen vesistöalue (14.95) ja Saarijärven reitti (14.6) valittiin yksityiskohtaisemman tarkastelun kohteeksi. Tärkeimpänä alueiden valintakriteerinä pidettiin sitä, että alueilla on vaihtelevaa maan käyttöä ja useita eri kuormituslähteitä. Kälkäjoen alue on pinta-alaltaan 209 km<sup>2</sup> ja Saarijärven reitin pinta-ala on 3119 km<sup>2</sup> (kuva 17).

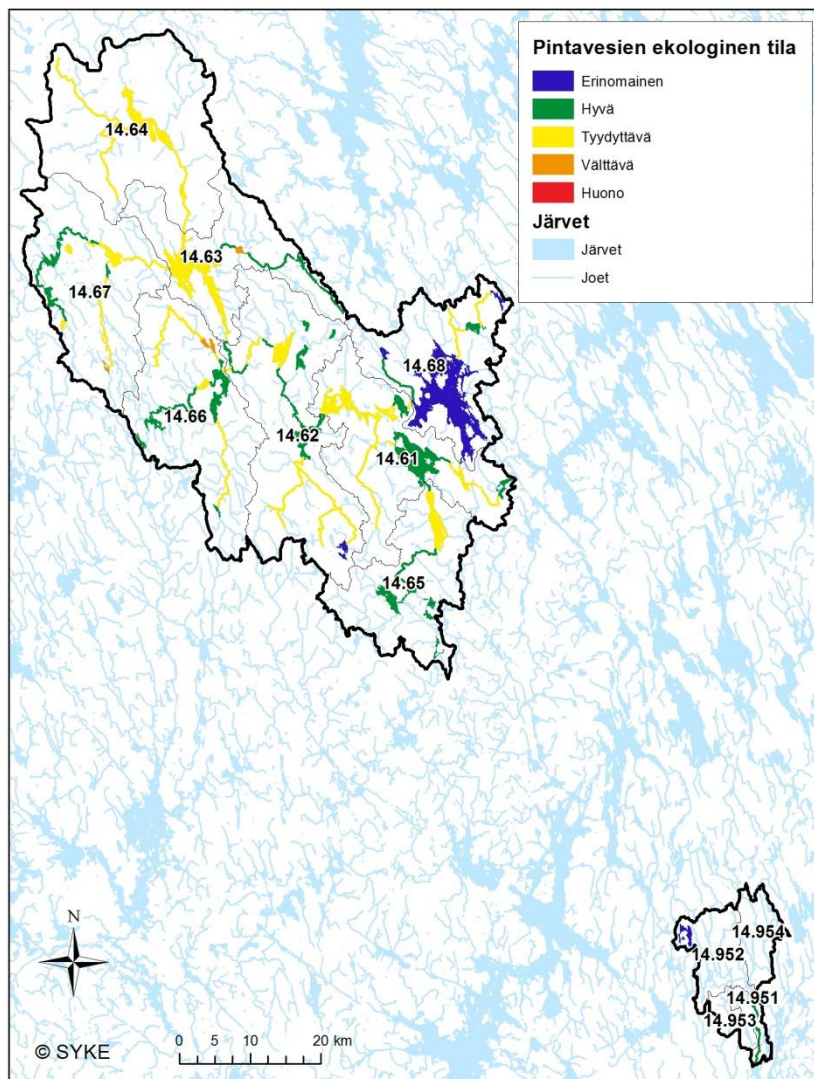


Kuva 17. Kälkäjoen ja Saarijärven reitin vesistöalueiden sijainti ja jako osa-alueisiin. Vesistöt näkyvät sinisellä.

Kälkäjoella pintavesien ekologinen sekä kemiallinen tila ovat hyvät. Saarijärven reitin vesien tilaa on luokiteltu 81 joki- ja järvi-kohteella. Erinomaisessa ekologisessa tilassa on 4 %, hyvässä tilassa 47 %, tyydyttävässä 43 %, välttävässä tilassa 4 % ja huonossa tilassa 1 % vesimuodostumista (kuva 18). Vaikka Saarijärven reitin valuma-alueen ekologinen tila vaihtelee arvioituissa vesimuodostumissa huonosta erinomaiseen, on vesien kemiallinen tila kuitenkin Kyyjärveä lukuun ottamatta hyvä. Lisäksi on huomioitavaa, että ekologisen tilan luokitus perustuu vain yhden järven kohdalla laajaan aineistoon. Suppeaan aineistoon perustuvia luokituksia on tehty 32 vesimuodostumalle, asiantuntija-arvioon tai muihin vesimuodostumiin perustuvia luokituksia 23 vesimuodostumalle ja vedenlaatuluokitteluun perustuvia, jolloin aineistossa ei ole biologisia laatutekijöitä, 27 vesimuodostumalle.

Vesienhoitosuunnitelmien mukaan joissakin vesimuodostumissa tavoitellaan saavutetaan vuoden 2021 sijaan vasta vuoteen 2027 mennessä. Syynä tähän useimmiten on se, että kuormituksen vähentäminen edellyttää tehokkaiden vesiensuojelutoimien käyttöä joen valuma-alueella ja ulkoisen kuormituksen vähentäminen ei välittömästi näy vesimuodostuman ekologisessa tilassa. Joissakin tapauksissa myös hydrologis-morfologisen tilan muutos on suuri ja kunnostusmahdollisuudet ovat rajalliset. Usein myös biologinen data on puutteellista ja pohjanläheisestä vedestä mitattujen fysikaaliskemiallisten muuttujien korkeat arvot vaativat lisäselvityksiä ja seurantaan tarvitaan lisää muodostuman luokittelun varmistamiseksi.





Kuva 18. Kälkäjoen ja Saarijärven reitin pintavesien ekologinen tila v. 2012 luokituksen mukaan.

## 5.2 Kälkäjoen valuma-alue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta

### 5.2.1 Kälkäjoen valuma-alue ja maankäyttö

Kälkäjoki sijaitsee Kymijoen vesistöalueella Mäntyharjun reitin valuma-alueella (14.95) ja se laskee Puulan Siikaveteen. Joki kuuluu pintavesityyppiin ”Keskisuuret turvemaiden joet” ja sen sekä kemiallinen että ekologinen tila on luokiteltu hyväksi. Tilassa ei ole tapahtunut muutosta tarkasteluvuosien 2006 ja 2012 aikana.

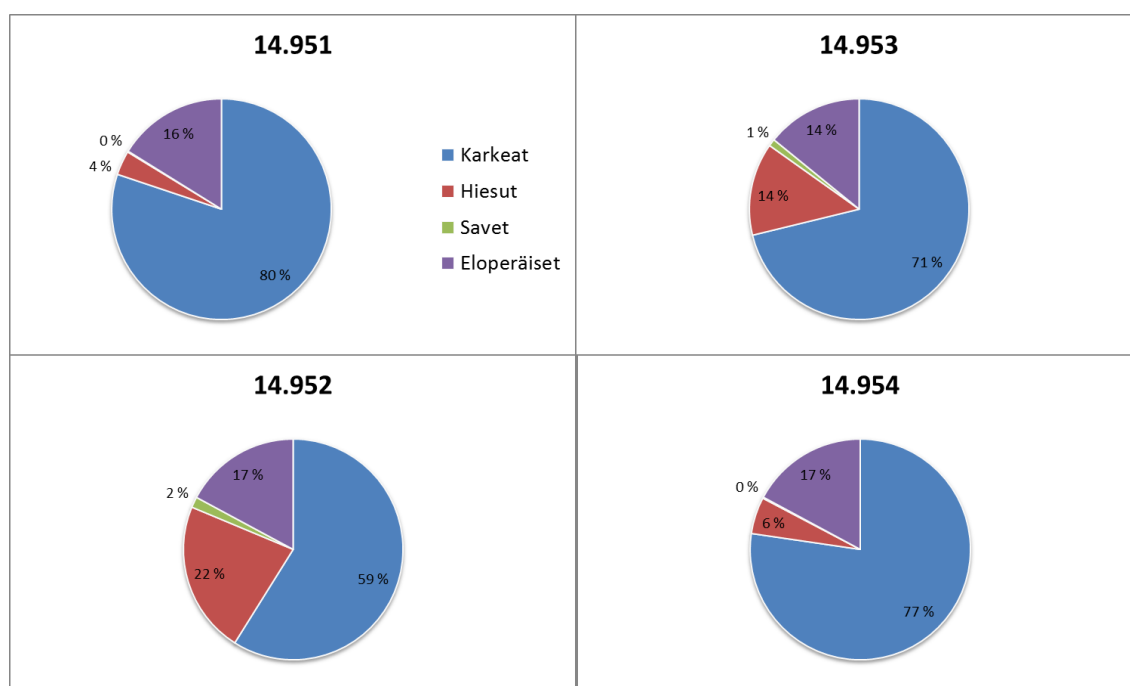
Joen valuma-alue muodostuu neljästä osavaluma-alueesta (taulukko 4). Alueet 14.953 ja 14.954 sijaitsevat latvesivistössä, alueelle 14.952 laskevat puolestaan alueen 14.954 vedet ja alueelle 14.951 vedet laskevat kaikista osa-valuma-alueista. Soiden (kosteikot + metsät turvemaidella) osuus pinta-alasta on alueella melko korkea, runsaimmin alueella 14.953. Haja-asukkaita suhteutettuna pinta-alaan on eniten alueella 14.952, jossa on myös suurin loma-asuntotiheys.

Maatalousmaata on vähiten alueella 14.952 ja muilla noin 4 % maapinta-alasta. Kaltevimmat pellot, keskikaltevuus 2,3 %, sijaitsevat alueella 14.954 ja tasaisinta (keskikaltevuus 0,1 %) on alueella 14.952. Eniten turvetuotantoa on alueella 14.953, jossa sen osuus maapinta-alasta on yli 11 %. Taulukon 4 perusteella suurin kuormituspotentiaali on alueella 14.953.

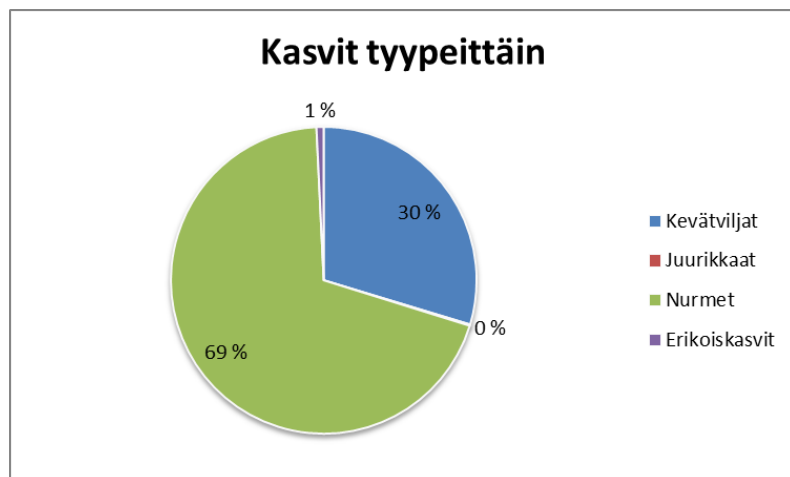
Taulukko 4. Kälkäjoen osavaluma-alueiden maankäyttötietoja.

Jakotunnus	Pinta-ala km <sup>2</sup>	Järvisyys %	Maatalousmaa	Kosteikot	Metsät turvemilla	Metsät, kaikki	Turvetuotanto	Haja-asutus lkm	Eläimet EY
			% maa-alasta						
14.951	27,0	4,1	4,0	5,4	14,3	89,6	2,3	37,0	22
14.952	91,2	5,9	1,3	1,1	15,5	95,9	0,4	113,0	25
14.953	28,1	3,0	4,3	12,4	18,2	82,2	11,2	9,0	0
14.954	62,9	1,4	4,5	2,5	14,4	91,7	2,0	98,0	81
<b>YHTEENSÄ</b>	209,2	3,9	3,1	3,6	15,4	91,9	2,6	257,0	128

Alueen peltojen maalaji on valtaosaltaan karkeaa hiekkaa, eloperäisten maalajien osuus vaihtelee 14-17 % (kuva 19). Alueilla 14.952 ja 14.953 on hiesumaita 22 ja 14 %, vastaavasti. Suurin osa, 70 % pelloista on nurmella ja muut 30 % kevätiljalla (kuva 20). Alueella on 128 eläinyksikköä. Alueen ainoa pistekuormittaja VAHTI- tietojärjestelmän mukaan on turvetuotanto. Vuonna 2013 tuotannossa oli 5 turvesuoaluetta (taulukko 5).



Kuva 19. Kälkäjoen eri osa-valuma-alueiden peltojen maalajiosuudet.



Kuva 20. Kälkäjoen viljelyalueiden vallitsevat kasvit.

Taulukko 5. Kalkäjoen pistekuormitus vesiin vuosina 2005 ja 2013 VAHTI-tietojärjestelmästä.

Kuormittaja	Kuormitus kg v. 2005			Kuormitus kg v. 2013		
	Kiintoa.	P <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>	Kiintoa.	P <sub>tot</sub>	N <sub>tot</sub>
Havulohi		25	158,09			
Mesiänsuo (VAPO)				1 320	9,3	626
Jokipolvensuo, Rääsuo, (VAPO)	3 284	21	581	2 458	38,11	668
Havusuo, Pihlassuo (VAPO)	16 608	91	3 625	10 671	21,9	1 662
<b>Yhteensä</b>	<b>19 892</b>	<b>137</b>	<b>4364,09</b>	<b>14 449</b>	<b>69,31</b>	<b>2 956</b>

Paikkatietopohjaisia metsätalouden toimenpidetietoja ei ole keskitetysti saatavilla. Sen vuoksi vesistöalueen hakkuu- ja kunnostusojitusmääriä arvioitiin Keski-Suomen metsäkeskuksen Metsätaloustalouden vuosikirjan tietojen pohjalta. Metsätaloustoimenpiteitä (uudistushakkuu, kunnostusojitus ja lannoitus) tehtiin vuonna 2012 1,1 %:lla koko metsäpinta-alasta. Kalkäjoen tapauksessa toimenpiteitä tehtiin tämän arvion mukaisesti noin 2,1 km<sup>2</sup>:n pinta-alalla.

Yhteenvedon voidaan todeta, että maatalousmaata alueella on 6,2 km<sup>2</sup>, seuraavaksi suurin maankäyttömuoto pinta-alaltaan on turvetuotanto (5,2 km<sup>2</sup>). Pienin pinta-ala, 2,2 km<sup>2</sup>, on metsätalouden toimenpiteiden vaikutusten alaisena. Valtaosa alueesta on siis luonnontilaista. Haja-asukkaita alueella on 1,3 as/km<sup>2</sup>. Eläinyksikköjä on yhteensä 128, joka suhteutettuna maatalousmaan pinta-alaan tekee 0,2 EY/maatalousmaahehtaari.

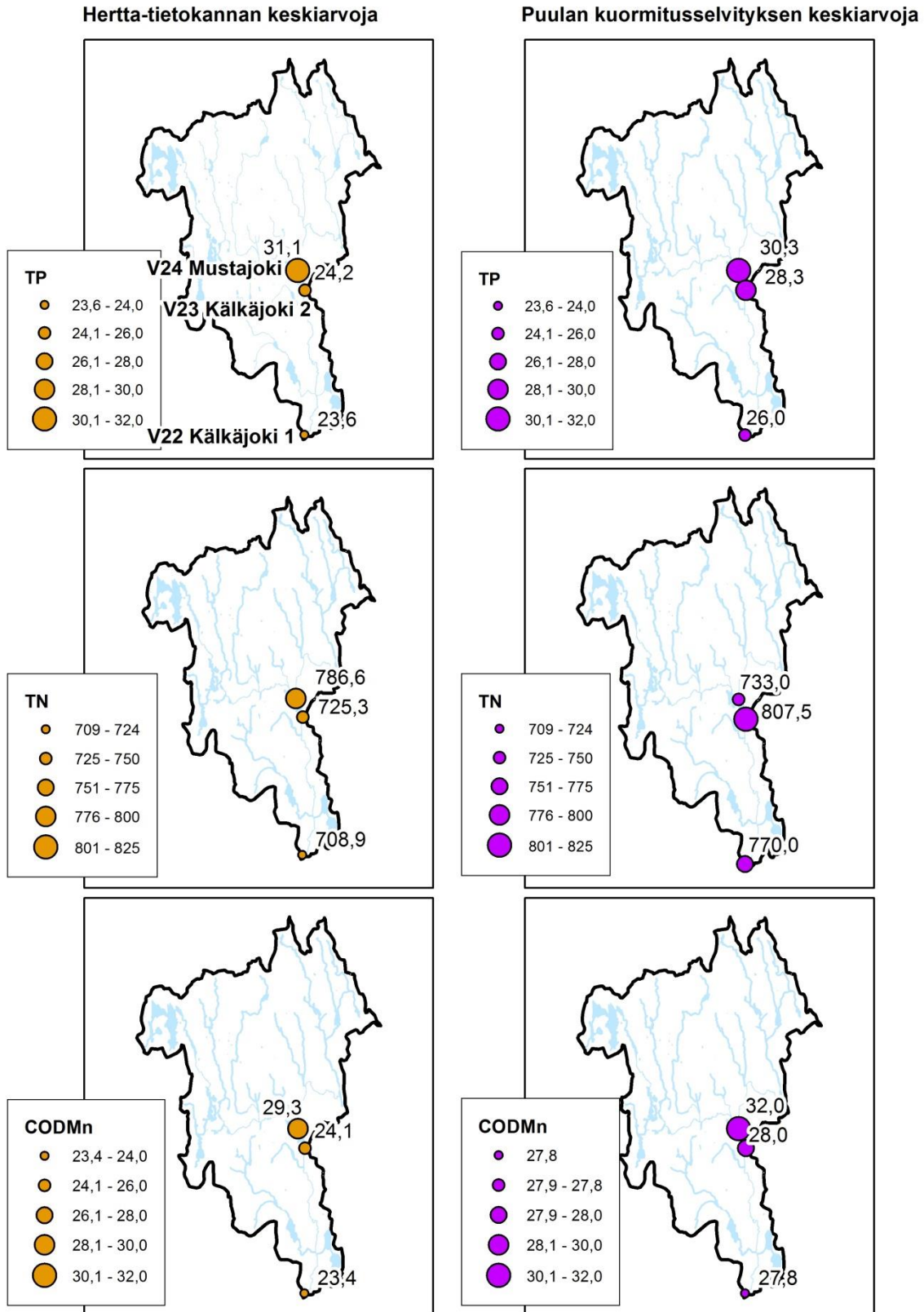
## 5.2.2 Veden laadun mittaukset

Veden laadun mittauksia on niukasti saatavilla Kalkäjoen vesistöalueella. Suurin osa näytteistä on Kalkäjoki 1:stä (V22), mutta näytemäärä jää tässäkin tapauksessa vähäiseksi eli 4 näytettä vuodessa. Näin ollen vesinäytteiden määrä ei riitä luotettavan vuosikuorman arvioimiseen ja siksi myöskään VEMALA-mallia ei voi luotettavasti kalibroida kyseiselle alueelle.

Kuvassa 21 esitetään vedenlaatutuloksia ympäristöhallinnon Hertta-tietokannan ja Puula-raportin (Roiha, 2014) näytteenottopisteistä. Vertailussa käytettiin kolmea pistettä (yläjuoksulta alajuoksulle päin ja niitä vastaavat osavaluma-alueet), joiden näytemäärä oli suurempi kuin 4:

- V24 Mustajoki: 14.954
- V23 Kalkäjoki 2: 14.954 + 14.952
- V22 Kalkäjoki 1: kaikki osavaluma-alueet

Hertan arvot perustuvat 35 - 113 näytteeseen ja Puula-raportin 4 näytteeseen. Havaitaan, että Hertta-tietokannan mukaan Mustajoen V24 pitoisuudet ovat systemaattisesti suurempia kuin alempien purkupisteiden pitoisuudet. Tosin erot pisteiden välillä ovat pieniä. Puulan kuormituslaskelmissa hetkellisten mittausten keskiarvot ovat samaa suuruusluokkaa kuin Hertta-tietokannan vastaavat, ainoastaan Mustajoen purkupisteen pitoisuusarvot ovat esim. kokonaistypen osalta pienempiä kuin muissa pisteissä.

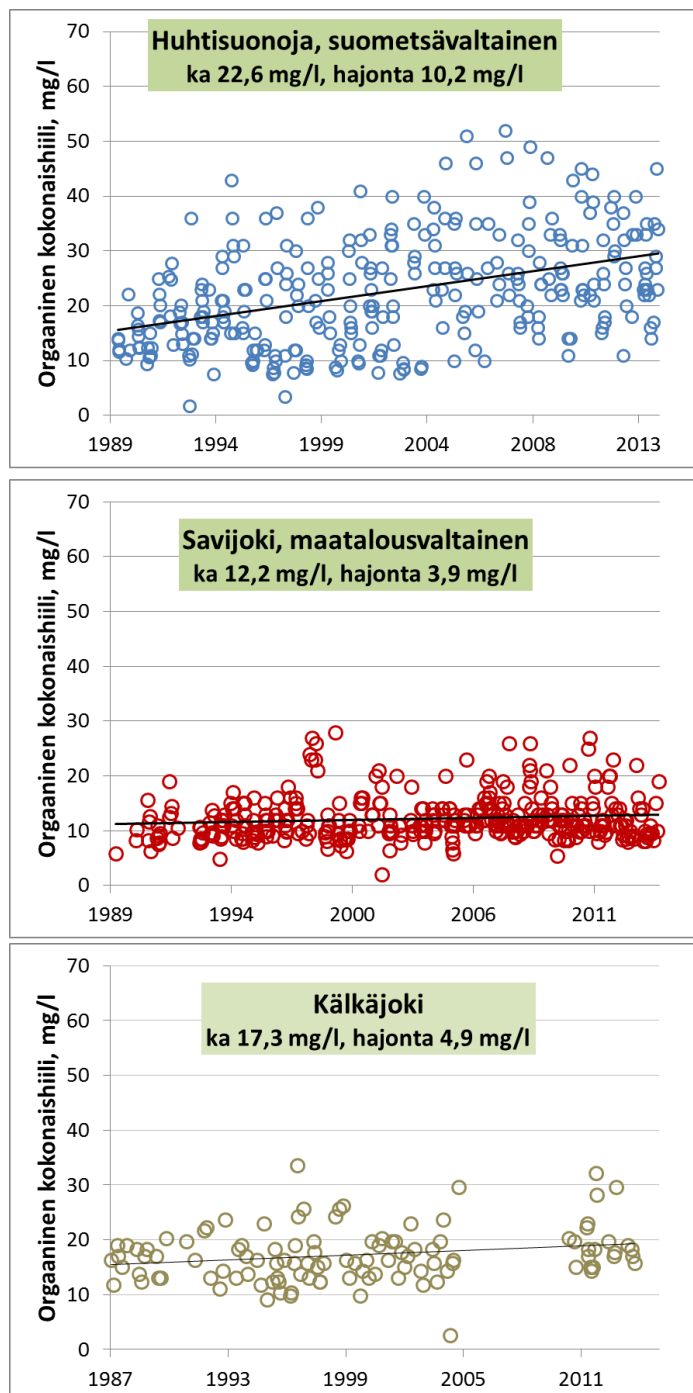


Kuva 21. Kälkäjoen kolmen eri mittauspisteen pitoisuusarvoja Hertta-tietokannasta ja Puulan kuormitus selvityksen 4 näytteen keskiarvoja.

Mattssonin (2014) mukaan metsätalousalueen keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus on  $625 \mu\text{g l}^{-1}$ , kokonaisfosforipitoisuus  $37 \mu\text{g l}^{-1}$  ja kiintoainepitoisuus  $5,4 \text{ mg l}^{-1}$ . Luonnontilaisen alueen vastaavat pitoisuudet ovat  $344 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $12 \mu\text{g l}^{-1}$  ja  $0,53 \text{ mg l}^{-1}$  vastaavasti. Kälkäjoen tyyppipitoisuus on 1,7 kertaa suurempia kuin luonnontilaisen alueen vastaavat pitoisuudet, kokonaisfosforin osalta pitoisuudet ovat

noin kaksinkertaisia luonnontilaiseen alueeseen verrattuna ja kiintoaineen osalta 12 kertaa suurempia (tosin mittauksia vähän).

Kälkäjoen kokonaistyyppipitoisuudet ovat noin 20 % suurempia ( $115 \mu\text{g l}^{-1}$ ) kuin vastaava keskimääräinen metsätalousalueen pitoisuus (Mattsson ym. 2014). Kokonaisfosforipitoisuudet taas puolestaan ovat noin kolmasosa metsätalousalueiden keskimääräisistä pitoisuuksista. Kiintoaineita on mitattu vähemmän, mutta näiden mittausten perusteella pitoisuudet Kälkäjoella ovat 13 % suurempia kuin keskimäärin metsätalousalueilla.



Kuva 22. Orgaanisen kokonaishiilen pitoisuuden vaihtelu suometsävaltaisella Huhtisuonojan, maatalousvaltaisen Savijoen ja Kälkäjoen valuma-alueilla.

Kemiallista hapen kulutusta ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) on mitattu Kälkäjoki 1:ssä vuosina 1987-2013. Kyseisenä aikana  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ :n keskipitoisuus oli 22,5 mg/l ja keskihajonta 7,2 mg/l. Kälkäjoki 1:ssä on samanaikaisesti mitattu TOC:ia ja  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ :ia ainoastaan vuonna 2011, mutta muuttujien välinen riippuvuus on erittäin hyvä ( $r^2=0,97$ ). Siten muunnosyhtälöä on perusteltua käyttää vertailtaessa Kälkäjoen ja pienten valuma-alueiden TOC:n mittauksia. Kuvan 22 mukaan Kälkäjoen TOC:n havaintojen perustaso ja hajonta on

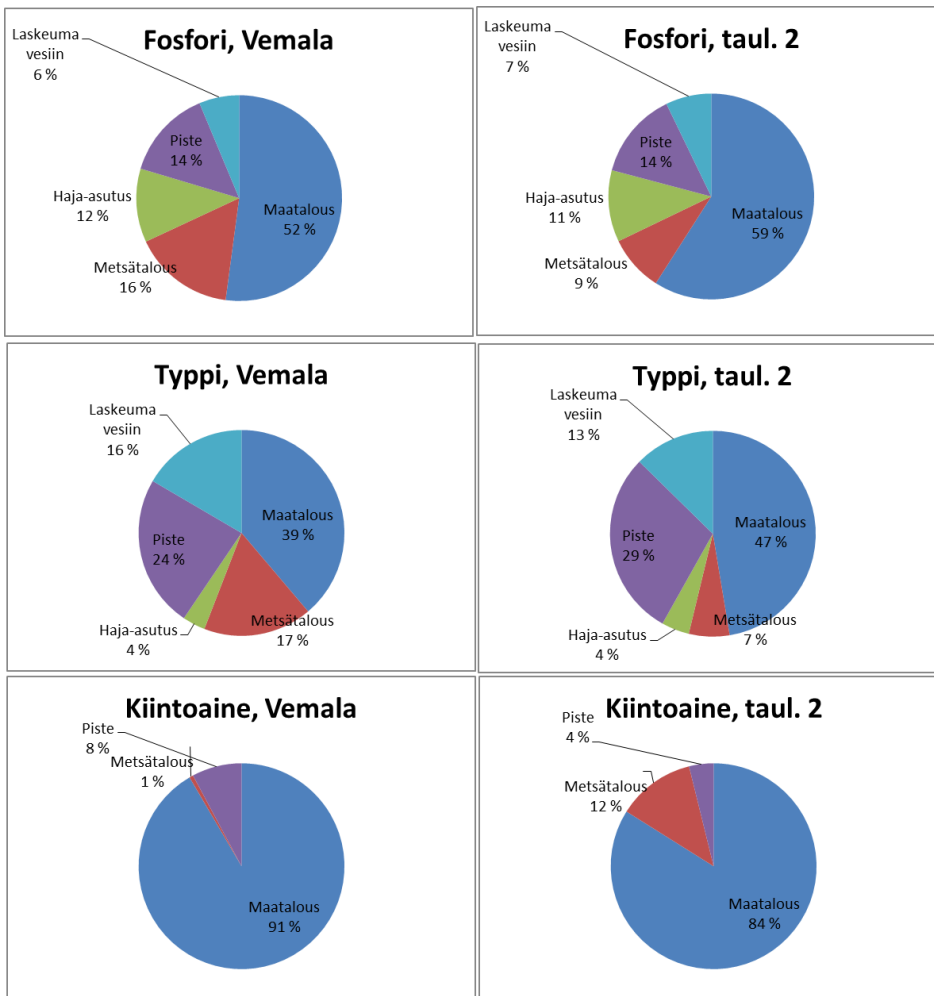


pienempää kuin vastaavan suometsävaltaisen Huhtisuonojan tutkimusvaluma-alueen taso. Havaitaan myös, että maatalousvaltaisella alueella TOC:n taso on alhaisempi ja hajonta pienempää kuin metsävaltaisilla alueilla.

### 5.2.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin

Kälkäjoen ravinne- ja kiintoainekuormaa on mallinnettu SYKE:n VEMALA-mallilla. Kuvassa 23 kuormituksen jakautuminen eri ihmisperäisiin lähteisiin on laskettu myös taulukon 2 ominaiskuormitusarvoilla ja vastaavilla maankäytön pinta-aratiedoilla. Molempien laskentamenetelmien mukaan suurin typpi-, fosfori- ja kiintoainekuormittaja on maatalous. VEMALA-mallilla laskettuna maatalouden osuus kokonaiskuormasta on hieman pienempi kuin käytettäessä taulukon 2 keskimääräisiä ominaiskuormituslukuja. Tämä selittyy sillä, että metsätalouden osuus on jälkimmäisellä menetelmällä laskettuna pienempi, koska näissä arvioissa on oletettu parempi tehokkuus vesiensuojelussa kuin VEMALA-laskennassa. Tyypellä pistekuormituksen (=turvetuotanto) ja ilmaperäisen järviin tulevan laskeuman osuus on suurempi kuin fosforilla. Pääpiirteittäin kuormituksen jakaumakuviot (kuva 23) on kuitenkin samansuuntainen menetelmästä riippumatta.

Aiemmin tehdyn Roihan (2014) hetkellisten pitoisuusarvojen pääkomponentti- ja korrelaatioanalyysin mukaan maatalousmaa, rakennettu alue, metsäalue ja vesialue omasivat vahvat negatiiviset korrelaatiot vedenlaatu- ja pitoisuuksien kanssa. Em. tekijöillä olisi siten kuormitusta pienentävä vaikutus. Tämä on selvästi ristiriidassa aiempien tulosten kanssa (mm, Aakkula ym. 2010, Tattari 2015). Positiivinen merkitsevä korrelaatio löydettiin pitoisuuden ja soistuneiden maa-alueiden ja turvetuotantoalueiden välillä. Hetkittäisten vesinäytteiden tulosten käyttö tilastollisessa analyysissä on kuitenkin pulmallista, koska näytteenottohetken hydrologinen tilanne vaikuttaa veden laatuun ja näytteenottoa on vaikea suunnitella siten, että hydrologinen tilanne olisi kaikissa pisteissä samanlainen.



Kuva 23. Kälkäjoen typpi-, fosfori- ja kiintoainekuorma jaoteltuna ihmisperäisiin lähteisiin VEMALAn ja taulukon 2 ominaiskuormituslukujen mukaan v. 2000–2013.

Kälkäjoen purkupisteessä (Kälkäjoki 1:ssä, V22) vuosien 2000–2014 keskimääräinen typpikuorma on VEMALA- mallin mukaan 2,9 kg/ha vuosi, fosforikuorma 0,09 kg/ha vuosi ja kiintoainekuorma 11,8 kg/ha vuosi. TOC:n vuosien 2000–2014 keskimääräinen kuorma on mallin mukaan 40,3 kg/ha. Tulosten tarkastelussa on huomattava, että TOC:in osalta mallin kalibrointiin oli käytössä vain vuoden 2011 havainnot ja muidenkin muuttujien osalta vesinäytteiden määrä jäi vähäiseksi, joka heikentää mallitulosten oikeellisuutta.

Taulukko 6. Fosforin, typen, kiintoaineen ja TOC:in kokonaiskuormat ( $\Sigma$ kuorma), vastaavat luonnonhuuhtoumat (LH) sekä LH:n osuus kokonaiskuormasta laskettuna VEMALA-mallilla ja taulukon 2 ominaiskuormitusluvuilla Kälkäjoen 3. jakotason valuma-alueilla.

Fosfori	Vemala			Taulukko 2		
	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %
Jakotunnus	kg/v	kg/v		kg/v	kg/v	
14.951	319	125	39	302	130	43
14.952	716	427	60	724	429	59
14.953	373	103	28	385	136	35
14.954	649	275	42	738	310	42
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2056</b>	<b>930</b>	<b>45</b>	<b>2149</b>	<b>1005</b>	<b>47</b>

Typpi	Vemala			Taulukko 2		
	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %
Jakotunnus	kg/v	kg/v		kg/v	kg/v	
14.951	9300	4800	52	5997	3368	56
14.952	24250	17830	74	15673	11160	71
14.953	11680	4920	42	8237	3548	43
14.954	17930	11900	66	14231	8058	57
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>63160</b>	<b>39450</b>	<b>62</b>	<b>44138</b>	<b>26133</b>	<b>59</b>

Kiintoaine	Vemala			Taulukko 2		
	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %
Jakotunnus	kg/v	kg/v		kg/v	kg/v	
14.951	45600	960	2	86239	13211	15
14.952	27960	2990	11	137996	43782	32
14.953	52010	850	2	108796	13917	13
14.954	101130	2250	2	226620	31611	14
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>226000</b>	<b>6000</b>	<b>3</b>	<b>559650</b>	<b>102522</b>	<b>18</b>

TOC	Vemala			Taulukko 2		
	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma %
Jakotunnus	kg/v	kg/v		kg/v	kg/v	
14.951	127160	127160	100	181062	147657	82
14.952	496110	496110	100	526310	489331	93
14.953	154080	154080	100	228075	155546	68
14.954	398490	398490	100	438375	353304	81
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1175000</b>	<b>1175000</b>	<b>100</b>	<b>1373822</b>	<b>1145839</b>	<b>83</b>

Myös luonnonhuuhtouman osuus kokonaiskuormasta laskettiin kahdella eri menetelmällä, VEMALA-mallilla ja käyttäen taulukon 2 ominaiskuormituslukuja (taulukko 6). Luonnonhuuhtouman osuus kokonaisfosforikuormasta vaihteli välillä 45–47 %, typpikuormasta 59–62 %, kiintoainekuormasta 3–18 % ja TOC:sta 83–100 %. Vaihteluväli on suhteellisen pieni erityisesti fosforille ja typelle, kun taas kiintoaineen ja TOC:in osalta eri menetelmien välillä on huomattavia eroja. Tämä johtuu kiintoaineen ja TOC:in laskentaan sisältyvästä suuresta epävarmuudesta.

## 5.2.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalin arviointi

Puulan kuormitus selvitys esittää maatalouden kuormituksen vähentämiseksi suojavyöhykkeitä, maanmuokkauskäytännön muutoksia, talviaikaisen eroosion torjuntaa, lannoituksen vähentämistä ja viljelykasvien muutosta. Kälkäjoen alueella lähes 70 % peltopinta-alasta on nurmella, joten suojavyöhykkeiden lisäys on järkevää vain viljapelloilla.

Jos vesistöalueen ulkoinen ravinne- ja kiintoainekuormitus pysyy nykyisellä tasollaan, alueella ei todennäköisesti ole tarvetta vähentää nykyistä kuormitusta ja vesistön ekologinen ja kemiallinen tila säilyvät hyvänä. Kuormitusta voidaan toisaalta jonkun verran vähentää ottamalla käyttöön parhaita vesiensuojelutekniikkaa maa- ja metsätaloudessa, haja-asutuksen jätevesien käsittelyssä sekä turvetuotannossa. Tosin ei ole tiedossa, kuinka paljon niissä on parantamisen varaa.

Koska taustakuormituksen osuus alueen ainevirtaamista on vallitseva (typpikuormasta 59 %, fosforikuormasta 47 %, TOC:sta 83 %), mahdollisten parempien käytäntöjen vaikutus valuma-alueen purkupisteen vesien laadussa jää joka tapauksessa vähäiseksi. Koko alueen kuormitus poikkeaa melko vähän luonnontilaisesta. Ainoastaan vesistöihin tulevaa kiintoaineksen määrää on mahdollista pienentää maatalouden laaja-alaisilla toimenpiteillä. Maatalouden osuus pienestä peltoalasta huolimatta on kokonaisainevirtaamista 84–91 %.

## 5.2.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta

Vastaanottavan vesistön tila on luokiteltu hyväksi eikä tilassa myöskään ole tapahtunut muutosta vuosien 2006 ja 2012 välillä. Kiinnostava kysymys onkin kuinka paljon ravinne- ja kiintoainekuormituksen pitäisi kasvaa, että Siikaveden tila laskee alempaan luokkaan ”tyydyttävä”. Tähänkään ei ole tiedossa yksiselitteistä vastausta.

Koko vesistöalueen tilaa pysyvästi muuttavat ympäristöriskit ovat lähinnä laaja-alaiset maankäyttöä koskevat muutokset, loma-asutuksen voimakas laajeneminen ja ilmastonmuutos. Kahta ensin mainittua riskiä voidaan pitää melko pienenä juuri nyt. Sen sijaan ilmaston lämpenemisen seurauksena talvikausien lämpeneminen johtaessaan pysyvään maan roudattomuuteen lisää vääjäämättä niin ravinteiden ja orgaanisten aineiden huuhtoutumista kuin kiintoainekulkeumaa. Tässä tilanteessa pienetkin maankäytön muutokset lisäisivät vesistökuormitusta huomattavasti keskimääräisiä ominaiskuormituslukuja enemmän.

## 5.3 Saarijärven reitin vesistöalue, maankäyttö ja kuormituksen hallinta

### 5.3.1 Saarijärven reitin vesistöalue ja maankäyttö

Saarijärven reitti koostuu vaihtelevista joki, koski- ja järvisuuksista. Vedet ovat tyypillisesti karuja ja humuspitoisia ja vesikasvillisuus on yleensä niukkaa. Erinomaisessa ekologisessa tilassa reitin vesimuodostumista on 4 %, hyvässä tilassa 47 %, tyydyttävässä 44 % välttävissä tilassa 4 % ja huonossa tilassa 1 %. Saarijärven reitti koostuu kahdeksasta toisen jakovaiheen osa-alueesta (taulukko 7). Järvisyys alueella on melko suurta, keskimäärin 9 %. Suurin järvi-% on alueella 14.68 (21 %) ja myös alueilla 14.61 ja 14.63 järvi-% ylittää kymmenen prosenttia.

Maatalousmaata on Saarijärven reitin vesistöalueella on keskimäärin 7,3%, eniten alueella 14.61 ja vähiten alueella 14.68. Kosteikkojen (luokka sisältää avosuot, turvetuotantoalueet, sisämaan kosteikot maalla ja vedessä) osuus maa-pinta-alasta on suurin alueilla 14.67 ja 14.64. Turvemaalla olevia metsiä

on runsaasti lähes kaikilla alueilla lukuun ottamatta aluetta 14.61. Turvetuotantoa on suhteellisesti eniten alueella 14.67, jossa taas maatalouden osuus on vähäisin.

Taulukko 7. Saarijärven reitin vesistöalueen 2. jakovaiheen alueiden maan käyttö.

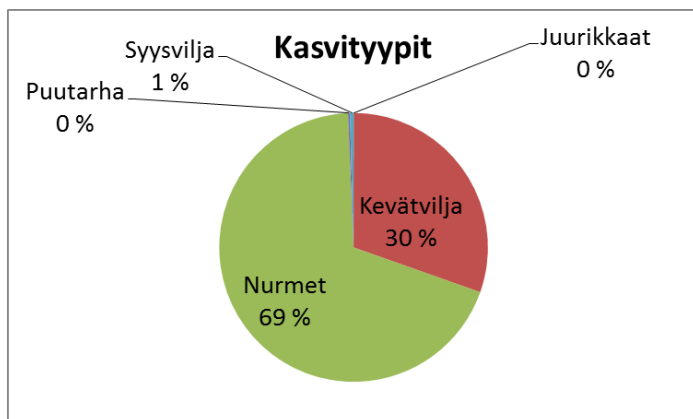
Jako- tunnus	Pinta- ala	Järvi- syys	Maatalous- maa	Kostei- kot	Metsät turvemailla	Metsät kaikki	Turve- tuot.	Eläi- met
	km <sup>2</sup>	%	% maa-alasta					EY/ha*
14.61	377,0	14,6	13,1	0,7	5,9	80,8	0,0	0,22
14.62	509,8	6,4	8,9	1,8	13,6	87,0	0,9	0,62
14.63	294,9	12,5	8,1	3,9	18,7	84,4	0,9	0,20
14.64	519,4	4,2	7,6	7,3	27,0	83,2	1,3	0,49
14.65	290,4	9,1	8,2	1,3	16,3	87,1	0,1	0,58
14.66	408,2	5,3	5,2	5,0	21,3	88,1	2,6	0,32
14.67	398,6	5,8	3,3	12,6	27,7	82,8	5,4	0,46
14.68	318,8	21,0	4,0	0,7	15,6	93,0	0,0	0,27
YHT.	<b>3117,1</b>	<b>9,1</b>	<b>7,3</b>	<b>4,6</b>	<b>18,9</b>	<b>85,5</b>	<b>1,6</b>	<b>0,41</b>

\* Eläinyksikkö per maatalousmaa ha



Kuva 24. Saarijärven reitin 2. jakovaiheen alueiden peltojen maalajit.

Saarijärven reitin peltojen vallitseva maalaji on karkea hiekka. Alueilla 14.61, 14.62 ja 14.68 on yli 30 % helposti erodoituvaa hiesumaata. Eloperäisiä maita on kaikilla alueilla yli 10 % peltopinta-alasta, eniten orgaania maita on alueilla 14.64 ja 14.65 (kuva 24). Kuten Kälkäjoen vesistöalueella, myös Saarijärven reitin peltojen vallitseva kasvityyppi on nurmet (69 %) ja seuraavaksi eniten alueella on kevätilviljoja 30 % (kuva 25). Muiden kasvien osuus on merkityksetön. Alueen peltojen kaltevuus vaihtelee osa-alueittain. Tasaisinta on alueilla 14.64 ja 14.67 ja suurimmat kaltevuudet esiintyvät alueilla 14.62 ja 14.65 (kuva 26).



Kuva 25. Saarijärven reitin peltojen vallitsevat kasvit.



Kuva 26. Saarijärven reitin 2. jakovaiheen vesistöalueiden peltojen kaltevuusjakaumat.

Pistekuormitus (asutus ja turvetuotanto) on reilusti vähentynyt kiintoaineen, fosforin ja typen osalta vuodesta 2005 vuoteen 2013 (taulukko 8). Saarijärven reitin asumuksen jäteveden kuormitus on saatu kuriin siirtoviemäröinnillä (taulukko 9), kun vielä vuonna 2005 asutusjäteveden osuus koko pistekuormasta oli kiintoaineen osalta 11 %, fosforin osalta 46 % ja typen osalta 55 %. Teollisuuden kuormasta turvetuotannon osuus on lähes 100 %. Tosin kuormitus on myös teollisuuden osalta vähentynyt verrattaessa vuosien 2005 ja 2013 tilanteita (taulukko 10).



Taulukko 8. Kiintoaineen, fosforin ja typen pistekuormitus (kg) vuosina 2005 ja 2013 Saarijärven reitin osavaluma-alueilla.

Alue	Kiintoaine (kg/vuosi)		Fosfori (kg/vuosi)		Typpi (kg/vuosi)	
	2005	2013	2005	2013	2005	2013
14.61	3588	135	234	0,5	19256	16
14.62	15952	15407	182	329	3656	2251
14.63	14302	5298	208	24	8764	754
14.64	27241	15337	258	50	7908	2078
14.65	6629	1214	377	5	3692	143
14.66	44072	26928	311	89	8865	3022
14.67	64676	45433	415	241	11771	9524
14.68	0	0	4	0	0	0
<b>Yht.</b>	<b>176 460</b>	<b>109 752</b>	<b>1 989</b>	<b>739</b>	<b>63 912</b>	<b>17 788</b>

Taulukko 9. Jäteveden puhdistamon (asutus) kiintoaine-, fosfori- ja typpikuormat v. 2005 ja 2013 Saarijärven reitin osavaluma-alueilla.

Alue	Kiintoaine (kg/vuosi)		Fosfori (kg/vuosi)		Typpi (kg/vuosi)	
	2005	2013	2005	2013	2005	2013
14.61	3423	0	233	0	19227	0
14.62	245	0	11	0	245	0
14.63	7118	0	162	0	7493	0
14.64	2023	0	98	0	3448	0
14.65	5289	0	369	0	3460	0
14.66	675	0	37	0	1190	0
14.67	0	0	0	0	0	0
14.68	0	0	4	0	0	0
<b>Yht.</b>	<b>18 773</b>	<b>0</b>	<b>914</b>	<b>0</b>	<b>35 063</b>	<b>0</b>

Taulukko 10. Teollisuuden (=turvetuotannon) kiintoaine, fosfori ja typpikuormat v. 2005 ja 2013 Saarijärven reitin osavaluma-alueilla.

Alue	Kiintoaine (kg/vuosi)		Fosfori (kg/vuosi)		Typpi (kg/vuosi)	
	2005	2013	2005	2013	2005	2013
14.61	166	135	1	0,5	29	16
14.62	15707	14279	100	329	2777	2251
14.63	7184	5298	46	24	1271	754
14.64	25218	15337	160	50	4460	2078
14.65	1340	1214	8	5	237	143
14.66	43397	26928	275	89	7675	3022
14.67	64676	45433	415	241	11771	9524
14.68	0	0	0	0	0	0
<b>Yht.</b>	<b>157 688</b>	<b>108 624</b>	<b>1 005</b>	<b>739</b>	<b>28 220</b>	<b>17 788</b>

Metsätalouden toimenpiteistä ei ole valtakunnallista paikkatietopohjaista aineistoa, joten tässäkin tapauksessa oletetaan, että toimenpiteitä on tehty 1,1 % metsäpinta-alasta. Saarijärven reitin alueella toimenpiteiden oletettiin kohdistuvan 29,3 km<sup>2</sup>:n pinta-alalle.

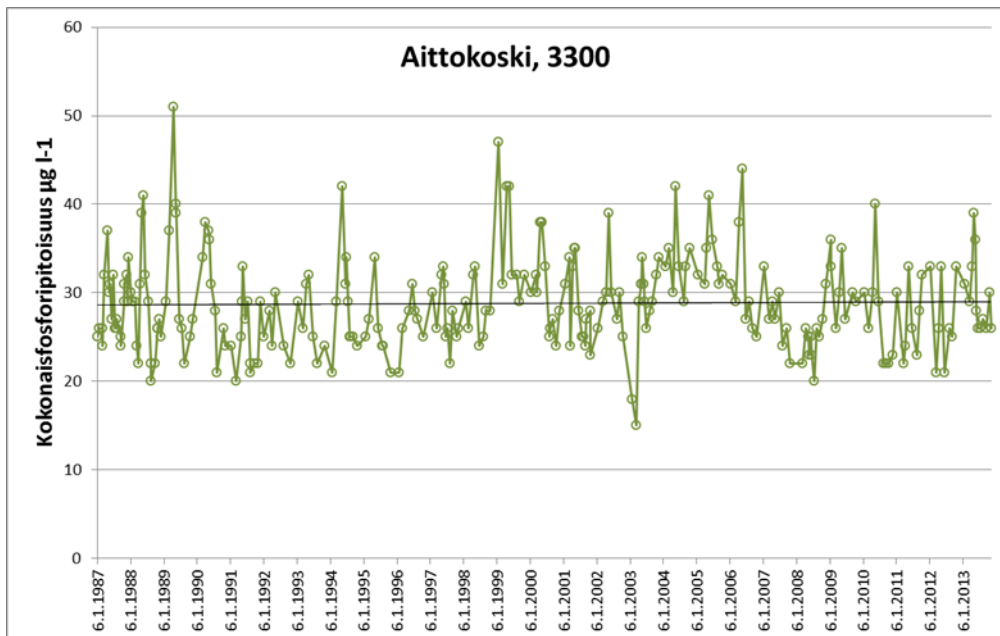
Yhteenvetona voidaan todeta, että Saarijärven reitin vesistöalueella kuormitusta aiheuttavat ihmistoiminnasta johtuvista toiminnoista suurin on maatalous (206,9 km<sup>2</sup>), seuraavaksi suurin maankäyttömuoto on turvetuotantoala (45,3 km<sup>2</sup>) ja metsätaloustoimenpiteitä on arviolta tehty 29,3 km<sup>2</sup>:n alalla. Eläintiheys on 0,41 eläinyksikköä per ha. Haja-asukkaita on 1,5 as/km<sup>2</sup>.

### 5.3.2 Veden laadun mittaukset

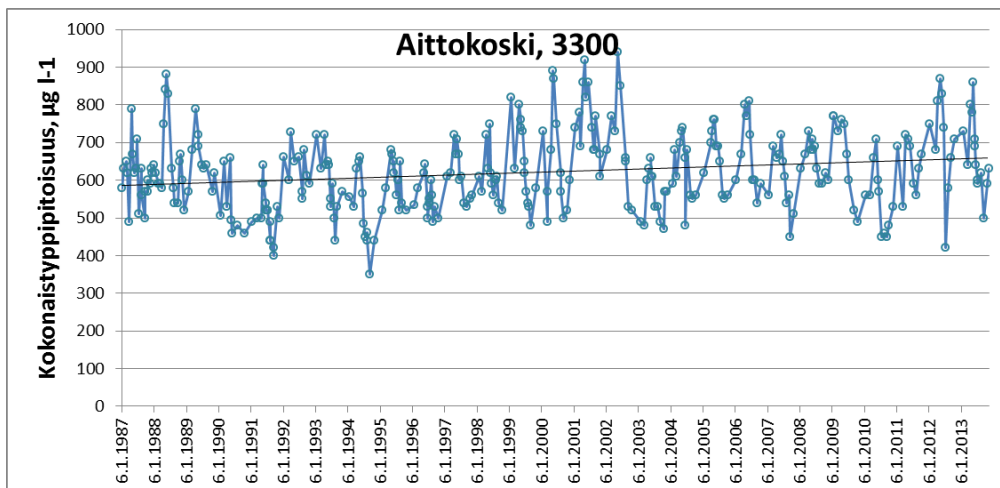
Saarijärven reitillä vedenlaadun mittauksia on tehty eniten alueella 14.61. Muun muassa Aittokosken pisteessä (sijainti merkitty kuvaan 31) otettiin vuosien 1987–2013 aikana 357 vesinäytettä, eli keskimäärin 14 näytettä vuodessa. Toiseksi suurin näytemäärä on samalla osa-valuma-alueella, Murronjoella, josta otettiin 124 näytettä vuosien 1995–2013 aikana, eli keskimäärin 7 näytettä vuodessa.

Aittokosken veden laatuhavaintojen pitkän jakson havaintojen perusteella nähdään, että fosforipitoisuudessa ei ole tapahtunut muutosta vuosien 1987–2013 aikana, mutta työssä, kiintoaineessa ja kemiallisessa hapen kulutuksessa havaitaan selvää nousevaa trendiä (kuvat 27–30). Keskimääräinen fosforipitoisuus jaksolla 1987–2013 on  $29 \mu\text{g l}^{-1}$ , vastaava typpipitoisuus  $621 \mu\text{g l}^{-1}$  ja kiintoainepitoisuus hieman lyhyemmällä jaksolla  $1,9 \text{ mg l}^{-1}$ .

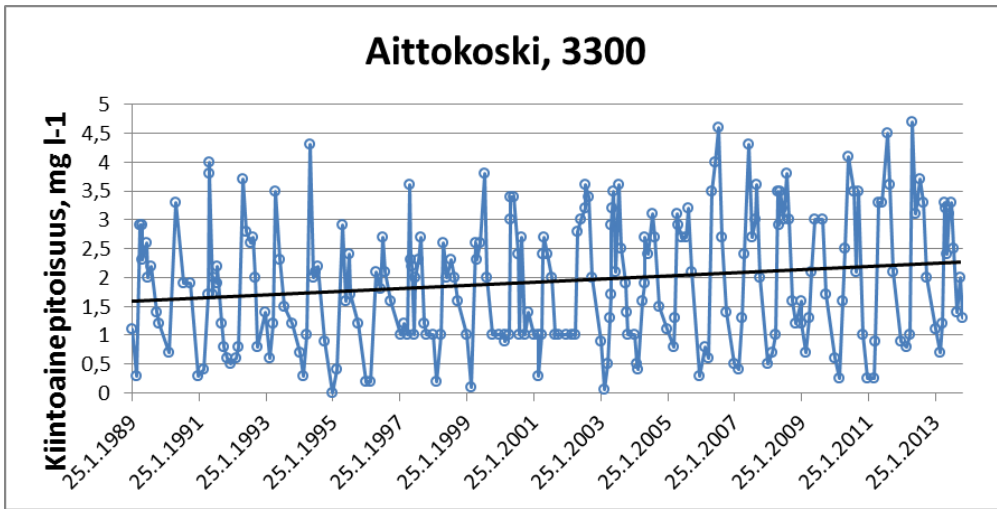
Luonnontilaisen alueen vastaavat pitoisuudet ovat typelle  $344 \mu\text{g l}^{-1}$ , fosforille  $12 \mu\text{g l}^{-1}$  ja kiintoaineelle  $0,53 \text{ mg l}^{-1}$ . Saarijärven Aittokoskessa pitoisuudet ovat typelle 1,8 ja fosforille 2,4 kertaa suuremmat ja kiintoaineelle 3,5 kertaa suuremmat.



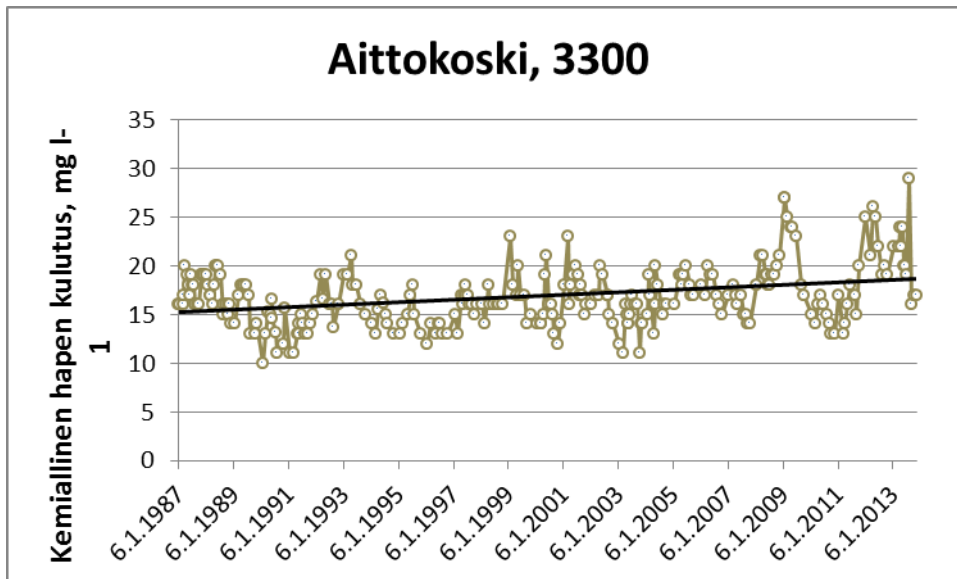
Kuva 27. Aittokosken kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu vuosina 1987–2013. Trendiviiva on kuvassa esitetty mustalla viivalla.



Kuva 28. Aittokosken kokonaistypipitoisuuden vaihtelu vuosina 1987–2013. Trendiviiva on esitetty kuvassa mustalla viivalla.

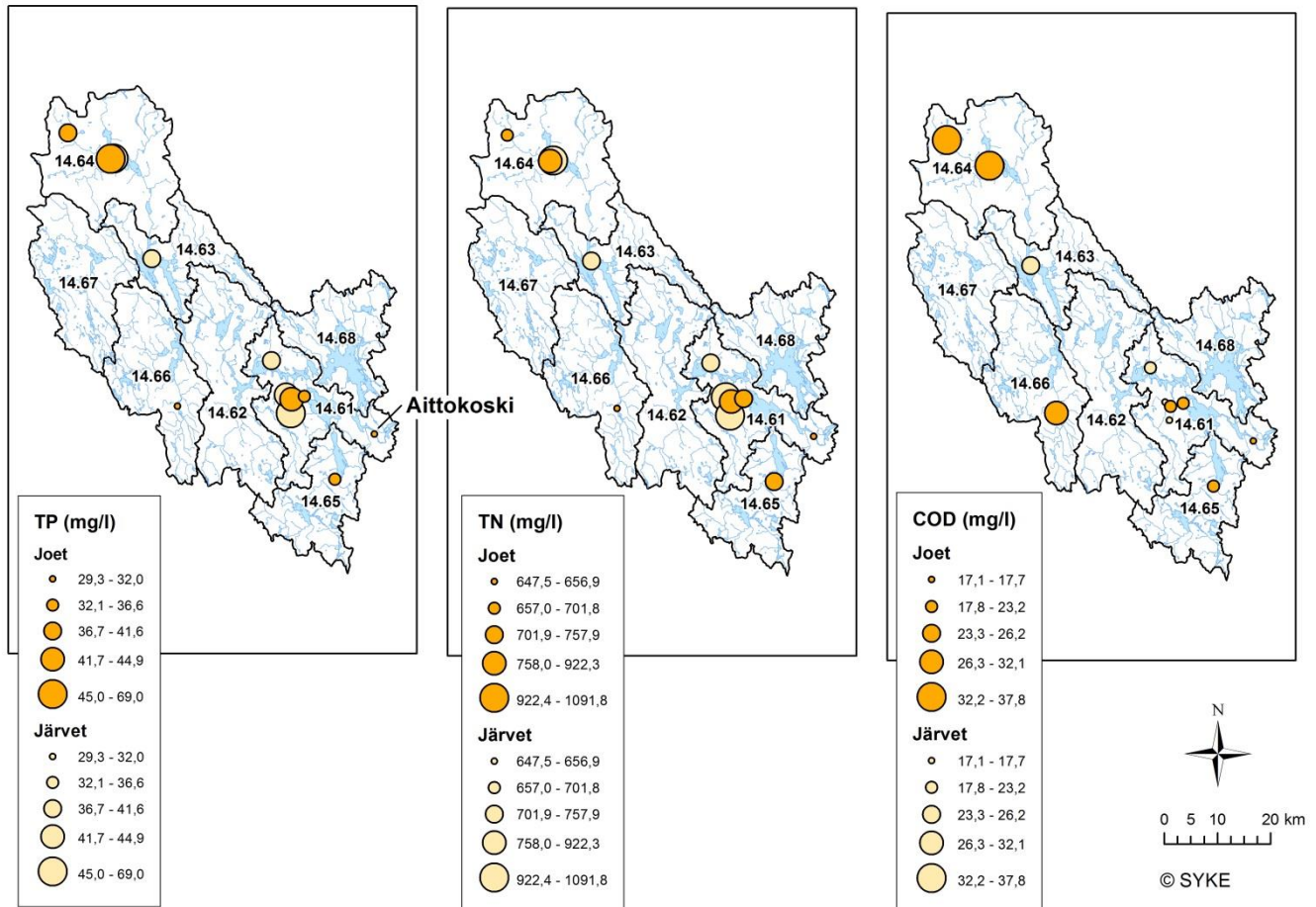


Kuva 29. Aittokosken kiintoaineen vaihtelu vuosina 1989–2013. Trendiviiva on esitetty kuvassa mustalla viivalla (osa havainnoista määritysrajalla tai jopa alapuolella).



Kuva 30. Aittokosken kemiallisen hapen kulutuksen ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ) vaihtelu vuosina 1989–2013. Trendiviiva on esitetty kuvassa mustalla viivalla.

Kuvassa 31 on puolestaan esitetty kaikkien joki- ja järvihavaintojen kokonaisfosforin, -typen ja kemiallisen hapen kulutuksen tasoeroja alueen eri havaintopisteissä. Kuvasta havaitaan, että suurimmat yksittäisten havaintojen pitoisuudet esiintyvät alueella 14.64 ja 14.61. Pitoisuustasot ovat pienempiä järvien alapuolisissa joissa johtuen järvien hyvästä ravinteiden pidätyskyvystä. Saarijärven reitillä pitoisuustasot ovat hieman korkeampia kuin Kälkäjoella.

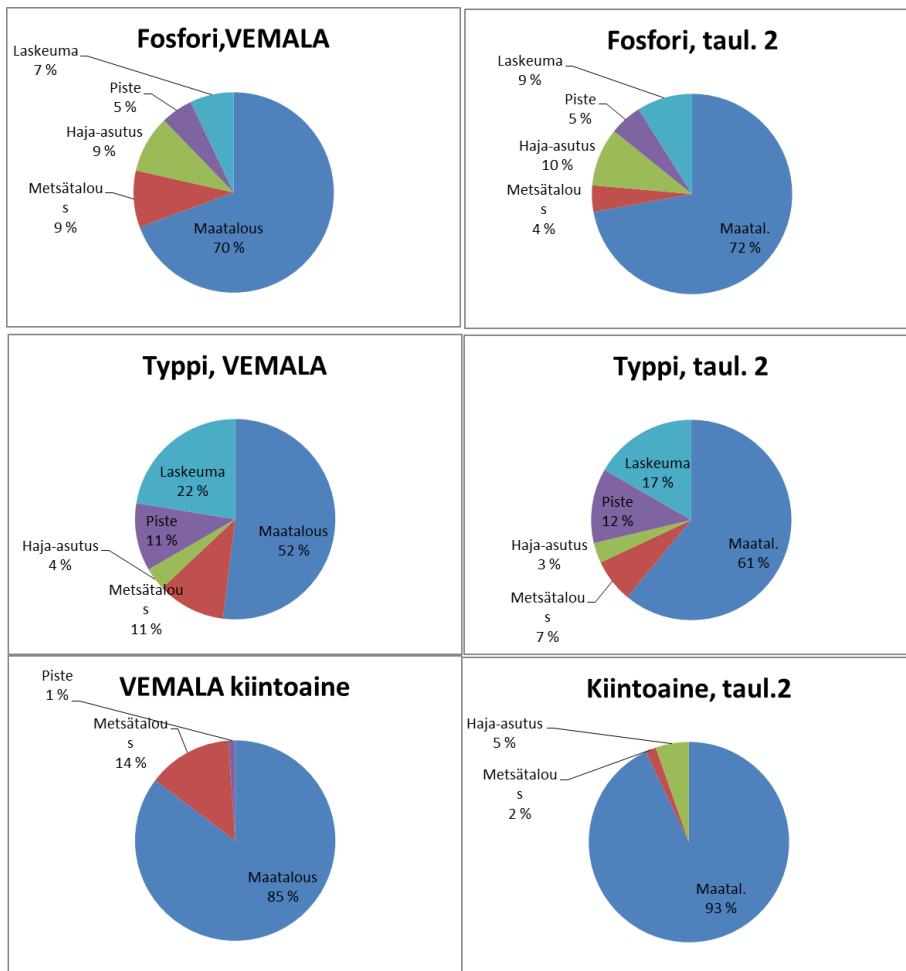


Kuva 31. Typpi- ja fosforipitoisuuden sekä kemiallisen hapen kulutuksen tasoeroja valuma-alueen joki- ja järviseurantapisteissä.

### 5.3.3 Kuormituslaskenta ja jakauma päästölähteittäin

Kuten Kälkäjoen tapauksessa, myös Saarijärven reitillä maatalous on suurin kuormittaja niin typen, fosforin kuin kiintoaineenkin osalta. Sen osuus kokonaiskuormasta on typen ja fosforin osalta selvästi suurempi kuin Kälkäjoen tapauksessa, jossa maatalousmaan osuus maapinta-alasta oli pienempi. Kiintoaineen osalta Saarijärven VEMALA-arviossa metsätalouden osuus on suurempi kuin Kälkäjoella (kuva 32).

VEMALA mallin mukaan Saarijärven reitin pisteen Aittokoski (ks. kuva 31) vuosien 2000–2014 keskimääräinen typpikuorma on 2,3 kg/ha vuosi, fosforikuorma 0,09 kg/ha vuosi ja kiintoainekuorma 9,9 kg/ha vuosi (turvetuotanto sisältyy pistekuormaan).



Kuva 32. Saarijärven reitin valuma-alueen (14.6) kokonaistyyppi, ja –fosforin sekä kiintoaineen jakautuminen eri ihmisperäisiin kuormituslähteisiin laskettuna sekä VEMALA- mallilla että käyttäen taulukon 2 ominaiskuormituslukuja.

Luonnonhuuhtouman osuutta kokonaiskuormasta arvioitiin kahdella eri menetelmällä, VEMALA- mallilla ja käyttäen Taulukon 2 ominaiskuormituslukuja (taulukko 11). Sen osuus kokonaisfosforikuormasta vaihteli välillä 31–33 %, typpikuormasta 44–52%, kiintoainekuormasta 10–41 % ja TOC:sta 75–94 %. Erot eri menetelmien välillä ovat pieniä fosforille ja typelle, kun taas kiintoaineen ja TOC:in osalta eri menetelmien välillä on huomattavia eroja. Tämä johtuu todennäköisesti kiintoaineen ja TOC:in laskentaan sisältyvästä suuresta epävarmuudesta.

Taulukko 11. Fosforin, typen, kiintoaineen ja TOC:in kokonaiskuormat ( $\Sigma$ kuorma), vastaavat luonnonhuuhtoumat (LH) sekä LH:n osuus kokonaiskuormasta laskettuna VEMALA-mallilla ja taulukon 2 ominaiskuormitusluvulla Saarijärven reitin 2. jakotason valuma-alueilla.

Fosfori	Vemala			Taulukko 2		
	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma
Jakotunnus	kg/v	kg/v	%	kg/v	kg/v	%
14.61	7612	1873	25	8082	2489	31
14.62	8744	2632	30	4733	1290	27
14.63	5137	1407	27	4691	1878	40
14.64	8628	2793	32	3538	1260	36
14.65	4216	1419	34	4986	1934	39
14.66	5565	2101	38	8032	2386	30
14.67	4540	1967	43	7176	1610	22
14.68	3545	1529	43	4322	1319	31
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>47987</b>	<b>15721</b>	<b>33</b>	<b>45558</b>	<b>14165</b>	<b>31</b>



Typpi	Vemala			Taulukko 2		
Jakotunnus	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma
	t/v	t/v	%	t/v	t/v	%
14.61	183	77	42	142	65	46
14.62	199	107	54	83	34	40
14.63	124	54	43	96	49	51
14.64	200	105	53	72	33	45
14.65	94	53	57	98	50	51
14.66	138	80	58	144	62	43
14.67	130	78	60	125	42	33
14.68	105	55	53	78	34	44
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1173</b>	<b>610</b>	<b>52</b>	<b>839</b>	<b>368</b>	<b>44</b>
Kiintoaine	Vemala			Taulukko 2		
Jakotunnus	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma
	t/v	t/v	%	t/v	t/v	%
14.61	2579	481	19	2741	254	9
14.62	3540	899	25	1489	132	9
14.63	1711	773	45	1150	192	17
14.64	4666	3026	65	818	128	16
14.65	943	33	3	1570	197	13
14.66	1621	413	25	2988	243	8
14.67	1527	955	63	2823	164	6
14.68	1232	713	58	1528	135	9
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>17819</b>	<b>7292</b>	<b>41</b>	<b>15107</b>	<b>1445</b>	<b>10</b>
TOC	Vemala			Taulukko 2		
Jakotunnus	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma	$\Sigma$ kuorma	LH	LH/ $\Sigma$ kuorma
	t/v	t/v	%	t/v	t/v	%
14.61	2423	2418	100	3812	2837	74
14.62	3505	3378	96	1987	1471	74
14.63	2071	2031	98	2737	2141	78
14.64	5559	5343	96	1681	1436	85
14.65	2114	2109	100	2822	2204	78
14.66	3714	3375	91	3758	2720	72
14.67	4647	3854	83	2790	1835	66
14.68	1024	1024	100	2007	1504	75
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>25057</b>	<b>23533</b>	<b>94</b>	<b>21592</b>	<b>16149</b>	<b>75</b>

### 5.3.4 Kuormituksen vähentämispotentiaalın arviointi

Saarijärven reitin vesistöalueella ulkoista ravinne- ja kiintoainekuormitusta on vähennettävä, jotta vesien hyvä tila saavutetaan. Vesienhoitosuunnitelmassa ehdotettuja toimenpiteitä vesimuodostumien tilan parantamiseksi vuosille 2016–2021 ovat mm.

#### Maatalous

- maatalouden suojavaikykkeet, kosteikot ja laskeutumisaltaat
- talviaikainen eroosion torjunta
- ravinteiden käytön hallinta
- lannan ympäristöystävällinen käyttö

*Metsätalous*

- metsien kunnostusojituksen perusrakenteet
- metsälannoituksen suojakaistat
- Ojitettujen, mutta jatkokasvatuskelvottomien soiden jättäminen ennallistumaan
- uudistushakkuiden suojakaistat

*Haja-asutus*

- Keskitetyn viemäroinnin toteuttaminen haja-asutusalueille
- Kiinteistökohtaisten jäteveden käsittelyjärjestelmien käyttö ja ylläpito, vakituiset asunnot & vapaa-ajanasunnot

*Turvetuotanto*

- turvetuotannon vesiensuojelun perusrakenteet
- virtaaman säätö
- kemiallisen käsittelyn lisäys, pienkemikalisointi - ympärivuotinen
- ojitettu (ja ojittamaton) pintavalutuskenttä pumppaamalla
- Kasvillisuuskenttä/kosteikko, ei pumppausta

Vesienhoitosuunnitelmissa esitetään maatalouden kuormituksen vähentämiseksi suojavyöhykkeitä, talviaikaisen eroosion torjuntaa, lannoituksen vähentämistä ja viljelykasvien muutosta. Saarijärven reitin alueella lähes 70 % peltopinta-alasta on nurmella, joten suojavyöhykkeiden lisäys on järkevää vain viljapelloilla. Perinteisten vesiensuojelumenetelmien lisäksi alueella voisi hyödyntää myös uusia innovatiivisia menetelmiä, kuten erilaisten kalkkipohjaisten aineiden ja biopolymeerien testausta lisätoimenpiteenä riskialttiimmilla pelloilla. Kerääjäkasvien käyttöä kannattaisi myös lisätä ja harkita biomassan hyödyntämistä muutenkin kuin lisäämällä eloperäisen aineksen määrää maahan.

Saarijärven reitillä melko pienestä peltoprosentista huolimatta maatalouden kuormituksen alentamiselle on paremmat edellytykset kuin Kälkäjoella. Vaikka Saarijärven reitillä taustakuormituksen osuus kokonaisainevirtaamissa on pienempi kuin Kälkäjoella, on sen osuus kuitenkin niin suurta, että merkittäväkin kuormittajakohtainen kuormituksen leikkaaminen vaikuttaa kokonaisainevirtaamiin suhteellisen vähän. Niinpä maatalouden ohella talkoisiin täytyy osallistua myös muiden kuormittajien pienestä suhteellisesta kuormitusosuudesta huolimatta. Myös lisääntyvät kunnostusojitukset, metsänlannoitukset ja kantojen nosto bioenergian tuotannossa voivat potentiaalisesti kääntää kuormituksen uudelleen nousuun.

### 5.3.5 Ympäristöriskit vastaanottavan vesistön kannalta

Kuten Kälkäjoen tapauksessa, vesistöalueen tilaa pysyvästi muuttavat ympäristöriskit ovat lähinnä laaja-alaiset maankäyttöä koskevat muutokset, loma-asutuksen voimakas laajeneminen ja ilmastonmuutos. Esimerkiksi maataloudessa vallitsevan tuotantosunnan muutos johtaessaan laajan nurmialan säännölliseen vuosittaiseen muokkaukseen (kyntö) on riski. Ilmaston lämpenemisen seurauksena haitalliset vaikutukset olisivat moninkertaiset. Lisäksi ilmaston muutoksen vaikutukset Saarijärven reitin kaltaisilla turvemaapitoisilla vesistöalueilla lisäävät mineralisaatiota ja näin ollen hiilen ja typen huuhtoutumista. Tästä johtuen maankäyttömuutokset voivat olla suuri riski.

Saarijärven reitin vesien hyvä tila saavutetaan vesienhoitosuunnitelmien mukaan vasta vuonna 2027. Kuormituksen vähentäminen edellyttää tehokkaiden ja laajamittaisten vesiensuojelutoimien välitöntä käyttöönottoa, joiden vaikutukset näkyvät kuitenkin vasta hitaasti. Niissä tilanteissa, joissa ihmisperäisen kuormituksen osuus kokonaisainevirtaamista on suuri, toimenpiteiden vaikutukset näkyvät nopeammin erityisesti paikallisissa pistekuormitustilanteissa.

### 5.4 Yhteenveto alueista

Tässä esimerkkinä toimineen kahden vesistöalueen tarkastelu nostaa monia vesienhoitoon ja sen suunnitteluun liittyviä kysymyksiä esille. Erityisesti vesistöjen luokittelun taustalla olevien ravinnevirtojen merkityksen arviointi suhteessa tarvittaviin vesienhoitotoimenpiteisiin ja niiden kustannustehokkuuteen nousevat keskiöön.

Vesienhoidon suunnittelussa lähtökohtana on paineiden tunnistus, jonka perusteella tarvittavat toimenpiteet voidaan kohdentaa kuormituksen alkulähteille. Yksi käytetyimpiä ainevirtaamien alkuperää kuvaavia menettelyjä on esittää vuosikuormitus vesistöalueilla tai tapauskohtaisesti pienemmillä valuma-alueilla kuormituksen suhteellisina jakaumina. Tässä on huomattavaa se, että varsinkin hajakuormituksen osalta jakaumat ovat yleensä hyvin samantapaisia riippumatta absoluuttisesta kuormitustasosta tai vesistöjen tilasta. Tämä tulee esille erityisesti maatalousperäisen kuormituksen suurena osuutena, vaikka viljellyn maan pinta-ala olisi vain muutama prosentti valuma-alueen pinta-alasta. Tilanteissa, joissa vesistöön tulevien ainevirtaamien määrä on pieni ja vesistön tila on hyvä, ei kuormituksen suhteellisella jakaumalla vesienhoidon suunnittelussa ole enää käyttöä. Kuormitusta voidaan pienentää kustannustehokkaasti vain silloin kun sitä on todennetusti olemassa.

Vesienhoidossa edellytetään kuormituslähteille varmentavia toimenpiteitä, jotta vesientila ei heikentyisi tulevaisuudessa. Varmuuden vuoksi suunniteltavien toimenpiteiden sijaan tulisi kullekin vesistön esittää kuormituksen raja-arvot, joiden alapuolella kaikkien aktiivisten maankäyttö- ja tuotantomuotojen tulisi olla pysyvästi. Kuormittuneiden vesistöjen kohdalla tämä merkitsee aktiivisia vesienhoitotoimenpiteitä ja hyvässä tilassa olevien vesistöjen kohdalla varautumista niiden toteuttamiseen sekä jatkuvaa valppaana oloa erityisten riskien esim. uusien tuotantomuotojen aiheuttamien kuormituslisäysten varalle. Tämän lisäksi myös ilmaston muutos aiheuttaa todellisen riskin vesistöjen tilaan.

Vesistöjen tila muuttuu pitkällä aikavälillä siihen tulevien ravinnemäärien mukaan, mikä koskee sekä ravinnevirtojen kasvua että alenemista. Yksittäisen kuormittajan tai kuormittajien laajamittaisilla vesiensuojelutoimenpiteillä saadaan aikaiseksi vesistövaikutuksia, mikäli kokonaisainevirtaamat pienenevät. Pieniä muutoksia ei mittauksilla pystytä todentamaan. Käytännössä yksittäisen kuormituslähteen omat toimenpiteet usein tahtovat jäädä vaikutuksiltaan vaatimattomiksi. Aiheuttaako sitten samansuuruinen kuormituksen lisäys herkemmin näkyviä vesistömuutoksia huonompaan suuntaan - tätä ei tiedetä.

Esimerkkialueista Kälkäjoella vesistön tila on hyvä, eikä välittömille vesiensuojelutoimenpiteille ole tarvetta. Kysymys on lähinnä siitä, muuttuuko vesistöjen tila pidemmällä aikavälillä nykyisten maankäyttömuotojen pysyessä ennallaan esim. ilmaston muutoksen paineissa. Saarijärvenreitin varrella on selkeämmin tarvetta kaikkien sektoreiden vesiensuojelutoimenpiteille, joita on myös esitetty vesienhoidon toimenpideohjelmissa. Erityisesti orgaanisen hiilen ja kiintoaineen kuormitusarviot ovat molemmilla alueilla epävarmoja, mikä tulee esille eri laskentamenetelmien tulosten eroina. Tarkemmat vesistöjen tila-arviot edellyttävät tiheämpää vesinäytteiden analysointia, joista voi seurata myös luokittelun muutos vaikka vesistön ulkoisessa kuormituksessa ei olisi tapahtunutkaan muutosta. Vesistöjen tila-arvioiden epävarmuudet johtavat tilanteeseen, jossa ei voida varmuudella sanoa mistä vesistön tilan muutos johtuu.

## Viitteet

- Aakkula, J., Manninen, T. & Nurro, M. (toim.). 2010. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Väiliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 1/2010. 145 s.
- Bärlund, I., Tattari, S., Puustinen, M., Koskiaho, J., Yli-Halla, M., Posch, M. 2009. Soil parameter variability affecting simulated field-scale water balance, erosion and phosphorus losses. *Agricultural and Food Science* 2009; 18 (3-4): 402-416.
- Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, 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. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 33 s. <http://hdl.handle.net/10138/37973>.
- Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V. & Regina K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469.

- Huhta, H. & Jaakkola, A. 1993. Viljelykasvien ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983-87. Maatalouden tutkimuskeskus, tiedote 20/93.
- Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. 2015 (accepted). A national scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. Environmental Modeling and Assessment.
- Ikonen, U. 2012. Suomen kemiallisen metsäteollisuuden päästökehitys vuoteen 2020. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Ympäristötekniikka. Diplomityö. 137 s
- Joensuu, S., Makkonen, T., Vuollekoski, M., Leinonen, A., Sarkkola, S. 2008. Metsätalouden vesiensuojelu. Vesitalous 6.
- Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S & Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - kouluttajan aineisto. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki 137 s.
- Kenttämies, K., Mattsson, T. (toim.) 2006. Metsätalouden vesistökuormitus MESUVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816, 160 s.
- Kløve, B., Saukkoriipi, J., Tuukkanen, T., Heiderscheidt, E., Heikkinen, K., Marttila, H., Ihme, R., Depre, L. & Karppinen, A. 2012. Turvetuotannon vesistökuormituksen ennakointi ja uudet hallintamenetelmät. Suomen ympäristö 35/2012. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 31 s.
- Kløve, B., Tuukkanen, T., Marttila, H., Postila, H. & Heikkinen, K. 2013. Turvetuotannon kuormitus – kirjallisuuskatsaus ja asiantuntija-arvio turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä. TASO-hankkeen raportti 29 s. (PDF).
- Koistinen, A. 2012. Keski-Suomen vesien tila. Maakuntavaltuusto, Saarijärvi 6.6.2012. Keski-Suomen ELY-keskus.
- Kortelainen, P., Mattsson, T., Finér, L, Ahtiainen, M., Saukkonen, S. & Sallantausta, T. 2006. Controls on export of C, N, P and Fe from undisturbed boreal catchments, Finland. *Aquatic Sciences* 68: 453–468.
- Koskiahho, J. & Puustinen, M. 2015. Retention performance of two constructed wetlands as determined from 7- and 4-year continuous time series recorded automatically with sensors. *Ecological Engineering* (käsikirjoitus).
- Kotola, J. & Nurminen, J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia - valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla, osa 2: koealuetutkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Teknillinen korkeakoulu, Espoo. 203 s.
- 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. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2014. Suomen ympäristökeskus (SYKE), Helsinki. 55 s.
- Lepistö, A., Futter, M.N. & Kortelainen, P. 2014. Almost 50 years of monitoring shows that climate, not forestry, controls long-term organic carbon fluxes in a large boreal watershed. *Global Change Biology* 20: 1225–1237.
- Leskelä A., Pienimäki, M. & Pekkala, M. 2010. Selvitys turvetuotannon humuspäästöistä ja humuksen merkityksestä vesistöissä. Pöyry Finland Oy.
- Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T. & Tamminen, P. 2009. Suomen maannostietokanta. Käyttöopas versio 1.0. MTT Tiede 6, 71 s.
- Lundin, L. 1999. Effects on hydrology and surface water chemistry of regeneration cuttings in peatland forests. *International Peat Journal* 9: 118–126.

- Mattsson, T., Finér, L., Kortelainen, P. & Sallantausta, T. 2003. Brook water quality and background leaching from unmanaged forested catchments in Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 147: 275–297.
- Mattsson, T., Finér, L., Joensuu, S., Tattari, S., Penttinen, J., Ilvesniemi, H., Hiltunen, T., Makkonen, T., Seppälä, M., Hilska-Aaltonen, M. 2014. Metsätalouden vesistöille aiheuttamaa kuormitusta seurataan. *Vesitalous* 5/2014, s. 29-32.
- Metsätalastollinen vuosikirja –Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2012. Metsäntutkimuslaitos. Vammalan kirjapaino Oy, Sastamala. 452 s.
- Myllys, M., Lilja, H., Regina, K. 2012. The area of cultivated organic soils in Finland according to GIS datasets. In: *Proceedings of the 14th International Peat Congress, Peatlands in Balance*, Stockholm, Sweden, June 3-8, 2012. 5 p.
- Nieminen, M. 2004. Export of dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorous following clear-cutting of three Norway spruce forests growing on drained peatlands in southern Finland. *Silva Fennica* 38(2): 123–132
- Niskanen, O. & Lehtonen, E. 2014. Maatilojen tilusrakenne ja pellonraivaus Suomessa 2000-luvulla. MTT:n raportti 150.
- Nyroos, H., Partanen-Hertell, M., Silvo, K. & Kleemola, P. (toim.). 2006. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 - Taustaselvityksen lähtökohdat ja yhteenveto tuloksista. *Suomen ympäristö* 55, 68 s.
- Ojanen, P. 2008. Vesistökuormituksen kehitys ja metsäteollisuudelta vaadittavat vesiensuojelutoimenpiteet Kaakkois-Suomessa. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2008. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, Kouvola. 74 s.
- Peltola-Thies, J. 2005. Rakennetun ympäristön aiheuttama vesistökuormitus. Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. (toim.). *Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta*. Ympäristöministeriö, Helsinki. *Suomen ympäristö* 776. 116 s.
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiaho, J., Linjama, J., Niinioja, R., Tattari, S. 2010. VIHMA - A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2010; 138 (3-4): 306-317
- Pöyry Finland Oy. 2014. Turvetuotantoalueiden ominaiskuormitus selvitys – Vedenlaatu- ja kuormitustarkastelu vuosien 2008–2012 tarkkailuaineistojen perusteella. *Bioenergia ry.* 78 s. + liitteet.
- Roiha, T. 2014. Puulan länsiosan kuormitus selvitys - Kuormituslähteiden ja kuormituksen ajallisen ja paikallisen vaihtelun tunnistaminen. 78 s. (selvitystyö).
- Rontu, M. & Santala, E. 1995. Haja-asutuksen jätevesien käsittely. *Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja* 584. *Vesi- ja ympäristöhallitus*, Helsinki. 64 s.
- Savolainen, M., Heikkinen, K. & Ihme, R. 1996. Turvetuotannon vesiensuojeluohjeisto. *Ympäristöopas* 6. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 84 s.
- Schelker, J., K. Eklöf, K. Bishop, & H. Laudon. 2012, Effects of forestry operations on dissolved organic carbon concentrations and export in boreal first-order streams, *Journal of Geophysical Research* 117, G01011.
- Tattari, S., Bärlund, I., Rekolainen S., Posch, M., Siimes, K., Tuhkanen, H-R. & Yli-Halla, M., 2001. Modeling sediment yield and phosphorus transport in Finnish clayey soils. *Transactions of ASAE* 44: 297-307.
- Tattari, S. & Linjama, J. 2004. Vesistöalueen kuormituksen arviointi. *Vesitalous* 3: 26–30.
- Tattari, S., Lepistö, A., Koskiaho, J., Linjama, J., Puustinen, M. 2015. Maa- ja metsätalouden aiheuttama hajakuormitus – havaintaanko muutoksia pitkällä jaksolla? *Vesitalous* 2/2015:19-24.



University of Technology Hamburg-Harburg. LESSON A1: CHARACTERISTIC, ANALYTIC AND SAMPLING OF WASTEWATER > Definition and measurement of wastewater parameters > Chemical Parameters > Interrelationship between BOD, COD and TOC.  
(online: [http://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/lessons/lesson\\_a1/lm\\_pg\\_1068.html](http://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/lessons/lesson_a1/lm_pg_1068.html))

Valtananen, M. 2015. Effects of urbanization on seasonal runoff generation and pollutant transport under cold climate. Helsingin yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. (Tohtorinväitöksen käsikirjoitus).

Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepistö, A., Kenttämies, K., Kauppila, P. 2002. Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental Monitoring and Assessment* 76:213-248.

Vuorenmaa, J. 2004 Long-term changes of acidifying deposition in Finland (1973–2000). *Environmental Pollution* 128, 351–362.

Väisänen S. & Puustinen M. (toim.) 2010. Maatalouden vesistökuormituksen hallinta. Seuranta, mallit ja kustannustehokkaat toimenpiteet vesienhoidon toimenpideohjelmassa. Suomen Ympäristö 23. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 26 s.

Väyrynen, T., Aaltonen, R., Haavikko, H., Juntunen, M., Kalliokoski, K., Niskala, A-L. & Tukiainen, O. 2008. Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas. Ympäristöopas, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, 87s.

Ympäristöministeriö, 2011. Haja-asutuksen jätevedet. lainsäädäntö ja käytännöt. Ympäristöopas, 125 s.

Ympäristötilasto. 2013. Ympäristö- ja luonnonvarat 2013. Tilastokeskus. Edita Prima, Helsinki, ISBN 978–952–244–442–4 (pdf).