

## Vesistökuormitukseen vaikuttavat tekijät valuma-alueilla

Katri Rankinen<sup>1)</sup>, José Cano Bernal<sup>1)</sup>, Riitta Lemola<sup>2)</sup> ja Eila Turtola<sup>2)</sup>

- 1) Suomen ympäristökeskus
- 2) Luonnonvarakeskus

### Johdanto

Vesistöjen rehevöitymistä aiheuttavan fosfori- ja typpikuormituksen vähentäminen puoleen on edelleen vesiensuojelun keskeisin tavoite (Valtioneuvosto 2006). Maatalouden on arvioitu olevan selvästi suurin ravinnekuormittaja, ja sille asetettiin tavoitteeksi vähentää kuormitusta vähintään kolmanneksella vuosien 2001-2005 keskimääräisestä tasosta jo vuoteen 2015 mennessä. Lisäksi Vesipuitedirektiivi (WFD 2000) asettaa tavoitteeksi vesien hyvän ekologisen tilan viimeistään vuoteen 2027 mennessä. Siinä yksi ekologista tilaa mittaava indikaattori on veden ravinnepitoisuus.

Maatalouden ympäristöohjelma luotiin 1990-luvun puolivälissä torjumaan maatalouden aiheuttamia ympäristöhaittoja. Ohjelma on osa EU:n maatalouspolitiikkaa ja siihen liittyminen on viljelijöille vapaaehtoista. Ohjelman vesiensuojelun kannalta tärkeimmät laaja-alaiset toimenpiteet koskevat lannoitusta, sen enimmäismääriä, lannan levitysaikaa ja -tapaa, ja kasvipeitteisyyttä. Viimeisimmällä tukikaudella kasvipeitteisyystoimenpidettä on kohdennettu rannikkoseuduille (Kuva 1).

Maatalousvaltaisten alueiden typpikuormitus muodostuu suurelta osin helposti huuhtoutuvasta, kasveille käyttökelpoisesta nitraattitypestä. Maaperän fosfori kiinnittyy tiukasti maahiukkasiin, ja se kulkeutuu vesistöihin sekä eroosioaineksena mukana että liukoisena fosforina. Vain osa maan fosforivarannosta on liukoisessa, kasveille suoraan käyttökelpoisessa muodossa. Peltomaan fosforin kokonaismäärä ja erityisesti helppoliukoisen fosforin määrä vaikuttaa siihen, kuinka paljon fosforia kulkeutuu vesistöihin pelloilta tulevien pinta- ja salaojavalunnan mukana.

Maatalouden ravinnekuormitusta ei voida mitata valuma-alueella suoraan, mutta sen suuruus arvioidaan valuma-alueilta jokien kuljettamana mereen päätyvistä fosfori- ja typpikuormista. Kuormat riippuvat voimakkaasti jokien vuosivirtaamista, jotka vaihtelevat suuresti, ja tämän vuoksi virtaaman vaikutus suodatetaan pois, jotta nähdään muiden tekijöiden vaikutukset kuormitukseen.

Tässä työssä tutkittiin, miten maatalousvaltaisilta valuma-alueilta Itämereen kulkeutuvat kokonaisfosforin ja -typen kuormat muuttuivat vuosina 1985–2017, ja mitkä tekijät muutokseen vaikuttivat. Vuodesta 1995 eteenpäin Suomessa on toteutettu maatalouden ympäristöohjelmia, joiden neljä tukikautta on toteutettu vuosina 1995–1999, 2000–2006, 2007–2013, ja 2014–2020. Vuosia 1985–1989 ja 1990–1994 käytettiin tässä tarkastelussa vertailujaksoina.

### Materiaalit ja menetelmät

Työssä laskettiin 18 Itämereen laskevalle joelle todelliset sekä virtaamakorjatut kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet ja kuormat ympäristöhallinnon vedenlaatu- ja virtaamatietojen perusteella. Maatalouden ominaiskuormitusluku laskettiin virtaamakorjatuista kokonaiskuormista jakamalla se eri maankäyttömuotoihin käänteisellä laskennalla.

Jokien valuma-alueet olivat pääasiassa maatalousvaltaisia ja vähäjärvisiä, mutta vertailun vuoksi tarkasteluun otettiin mukaan myös muutama joki, joiden valuma-alueen peltoprosentti oli pieni (Taulukko 1 ja Kuva 1). Suomen peltoalasta 30 % sijaitsee yllä mainituilla valuma-alueilla. Aikaisempien tutkimusten perusteella maatalouden osuus Itämereen päätyvästä ravinteiden kokonaiskuormituksesta vaihtelee eri valuma-alueilla 20 ja 80 prosentin välillä (Rankinen, Keinänen et al. 2016).

Paikkatietoaineistoista ja tilastoista kerättiin tieto maankäytöstä (SLAM, SLICES ja CORINE paikkatietoaineistot), maatalouden toimenpiteiden muutoksista ELY-keskuksen tasolla (LUKE ja MAVI tilastot) sekä päivittäiset arvot sadannasta ja lämpötilasta lähimmällä ilmastoasemalla (Ilmatieteen laitoksen avoin data). Pistekuormitustiedot saatiin SYKEN VAHTI-tietokannasta. Pistekuormituksen raportoinnissa on meneillään siirtyminen uuteen järjestelmään (YLVA), mikä saattaa aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin. Lisäksi joillakin alueilla on saattanut tapahtua pistemäisiä päästöjä, joita ei ole raportoitu tietokantoihin (esim. <https://yle.fi/uutiset/3-6317268>, [https://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/4767140/Raisiojoen+paastosta+mereen+runsaasti+bakteer+eita+ja+ravinteitaveden+kayttoa+valtettava+kalastusta+lahialueella+ei+suositella?fbclid=IwAR1Md-qH0BuDjO2DaGq7YyWr7SI0S5HZtvO\\_R0kQ-rw94XBsvKZz6FcBrY](https://www.ts.fi/uutiset/paikalliset/4767140/Raisiojoen+paastosta+mereen+runsaasti+bakteer+eita+ja+ravinteitaveden+kayttoa+valtettava+kalastusta+lahialueella+ei+suositella?fbclid=IwAR1Md-qH0BuDjO2DaGq7YyWr7SI0S5HZtvO_R0kQ-rw94XBsvKZz6FcBrY)). Arviointiin tuo epävarmuutta se, että ympäristöohjelmaan liittymättömiä maatiloja on erityisesti Aurajoella ja Eurajoella.

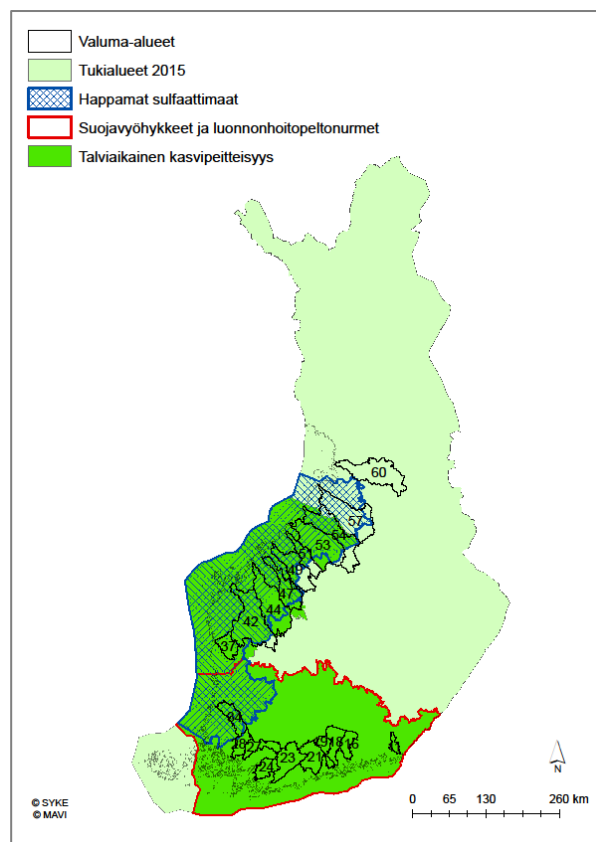
Jokien virtaamakorjattujen ravinnekuormien laskennassa käytettiin regressiomallia, jolla mallinnettiin veden ravinnepitoisuuden ja virtaaman välistä yhteyttä eri ohjelmakausina. Ravinnekuormituksen muutoksia selitettiin kolmen erilaisen lineaarisen sekamallin sovelluksen avulla (Generalized Linear Mixed Model, Dredge-analysis) ja menetelmäoppimisen ja regressiomallin yhdistelmällä (Boosted Regression Trees; (Elith, Leathwick et al. 2008)). Prosessipohjainen mallinnus (INCA; Integrated Nutrients in CAthments; (Whitehead, Wilson et al. 1998)) tehtiin kahdelle valuma-alueelle.

Maatalouden ominaiskuormitusluvut laskettiin inversiolaskentana MESAW-mallilla (Vassiljev and Stålnacke 2002). Maatalouden ominaiskuormitusluku on laskettu valuma-alueilta mereen menevästä kuormituksesta jakamalla se kuormituslähteisiin, ja poistamalla vesistöihin ja pohjavesiin pidättyvä osuus. Järvien tiedetään pidättävän sekä tyypeä että fosforia, joten tietystä järvestä lähtevä kokonaiskuorma seuraavaan vastaanottavaan pintavesistöön on pienempi kuin järveen saapuva kuorma. Lisäksi tyypeä pidättyy myös pohjavesiakvifereihin. Vaikka pidättyminen on pientä, niin viimeisimpien tutkimusten mukaan (Højberg, Hansen et al. 2017) se on valuma-alueitasolla merkittävää.

Tässä maatalouskuorman arvioissa on otettu myös huomioon uudet metsätalouden kuormitusluvut, ja erityisesti metsäojitusalueiden pysyvästi korkeampi kuormitustaso. Aikaisemmin on arvioitu, että metsätaloustoimenpiteiden ravinnekuormitusta nostava vaikutus katoaa kymmenessä vuodessa, ja kuormitus palaa tämän jälkeen taustakuormituksen tasolle. Ojitettujen metsätalousalueiden ravinnekuormituksen on nyt havaittu olevan aikaisempaa arviota korkeampi (Nieminen, Sallantaus et al. 2017), ja myös pysyvän korkeammalla tasolla. Metsistä tuleva ns. taustakuormitus taas on aikaisempia arvioita pienempi. Näiden laskennassa tapahtuneiden muutosten vuoksi maatalouden ominaiskuormitusluku asettuu korkeammalle tasolle kuin aikaisemmissa arvioinneissa. Maatalouden kuormituksessa tapahtuneen muutoksen suunta ja suuruus on kuitenkin sama kuin aikaisemmissa arvioissa.

Taulukko 1. Laskennassa käytetyt valuma-alueet ja niiden maankäyttö

Koodi	Joki	Merialue	Valuma-alueen pinta-ala	Järvien osuus	Peltojen osuus	Rakennettujen alueiden osuus
			km <sup>2</sup>	%	%	%
11	Virojoki	Suomenlahti	357	3.45	13.54	3.72
16	Koskenkylänjoki	Suomenlahti	895	4.33	29.84	5.74
18	Porvoonjoki	Suomenlahti	1273	1.53	30.60	9.83
19	Mustijoki	Suomenlahti	783	1.67	29.89	8.08
21	Vantaanjoki	Suomenlahti	1686	2.33	23.44	19.76
23	Karjaanjoki	Suomenlahti	2046	11.35	17.52	9.22
24	Kiskonjoki	Saaristomeri	629	5.57	22.47	6.74
27	Paimionjoki	Saaristomeri	1088	1.95	41.88	7.77
28	Aurajoki	Saaristomeri	874	0.72	35.89	11.79
34	Eurajoki	Selkämeri	1336	13.46	22.64	6.79
37	Lapväärtinjoki	Selkämeri	1098	0.94	13.07	2.99
44	Lapuanjoki	Pohjanlahti	4122	3.89	21.09	4.73
49	Perhonjoki	Pohjanlahti	2524	3.96	10.18	2.60
51	Lestijoki	Pohjanlahti	1373	6.18	10.30	2.40
53	Kalajoki	Pohjanlahti	3658	2.38	15.22	3.47
54	Pyhäjoki	Pohjanlahti	3712	6.49	9.45	3.04
57	Siikajoki	Pohjanlahti	4318	3.56	8.31	1.88
60	Kiiminginjoki	Pohjanlahti	3814	3.95	1.39	1.72

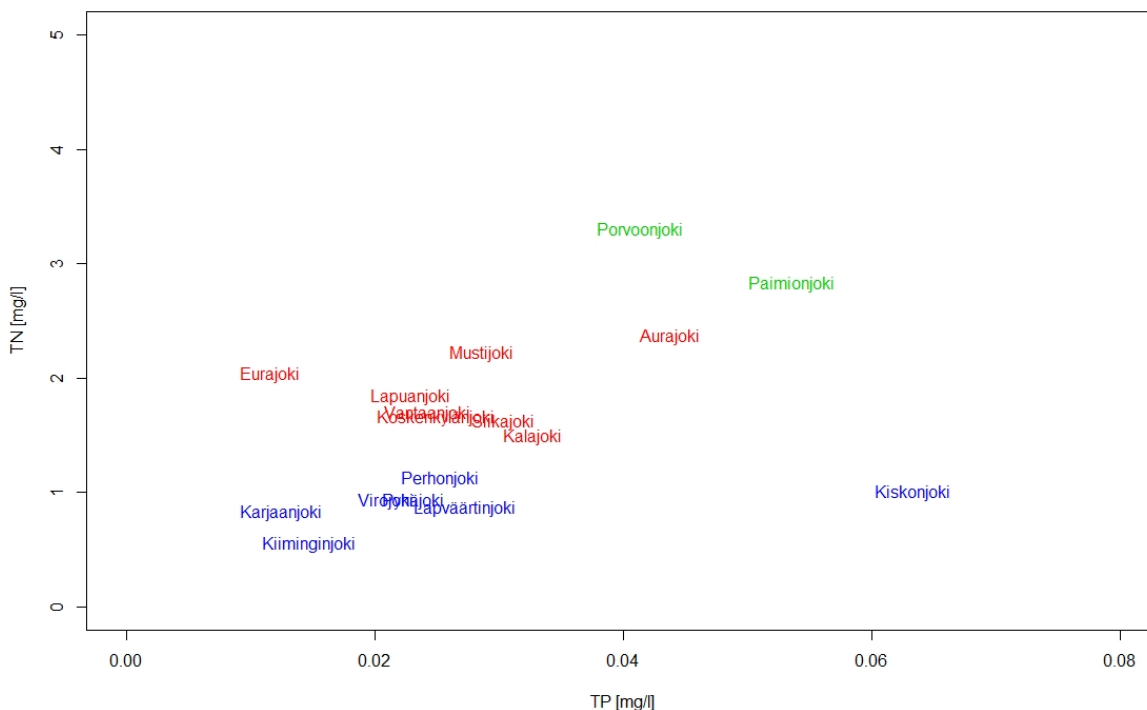


Kuva 1. Tarkasteltavien jokivaluma-alueiden sijainti. Viimeisimmän ympäristöohjelmakauden kohdentamisalueet osoitettu punaisella (suojavyöhykkeet ja luonnonhoitopellot), sinisellä (happamat sulfaattimaat) ja vihreällä (kasvipeitteisyys).

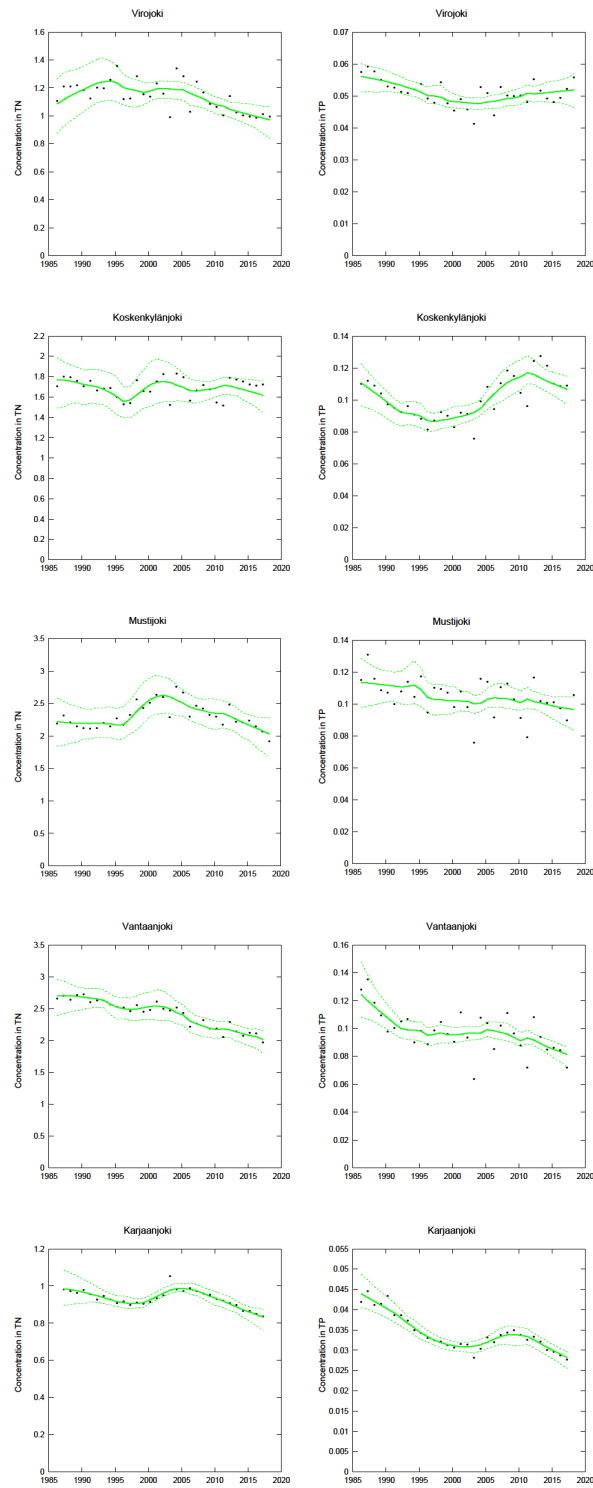
## Ravinnepitoisuuden muutokset

Joet voidaan jakaa kolmeen ryhmään veden typpi- ja fosforipitoisuuden perusteella (kuva 2). Suurimmat ravinnepitoisuudet ovat Saaristomereen laskevissa joissa, sekä muutamassa Suomenlahteen laskevassa joessa. Pohjanmaan joissa on näitä matalammat ravinnepitoisuudet. Eurajoki erottuu suhteellisen alhaisella kokonaisfosforin (TP) ja korkealla kokonaistypen (TN) pitoisuudellaan, ja Kiskonjoki taas korkealla fosforipitoisuudella.

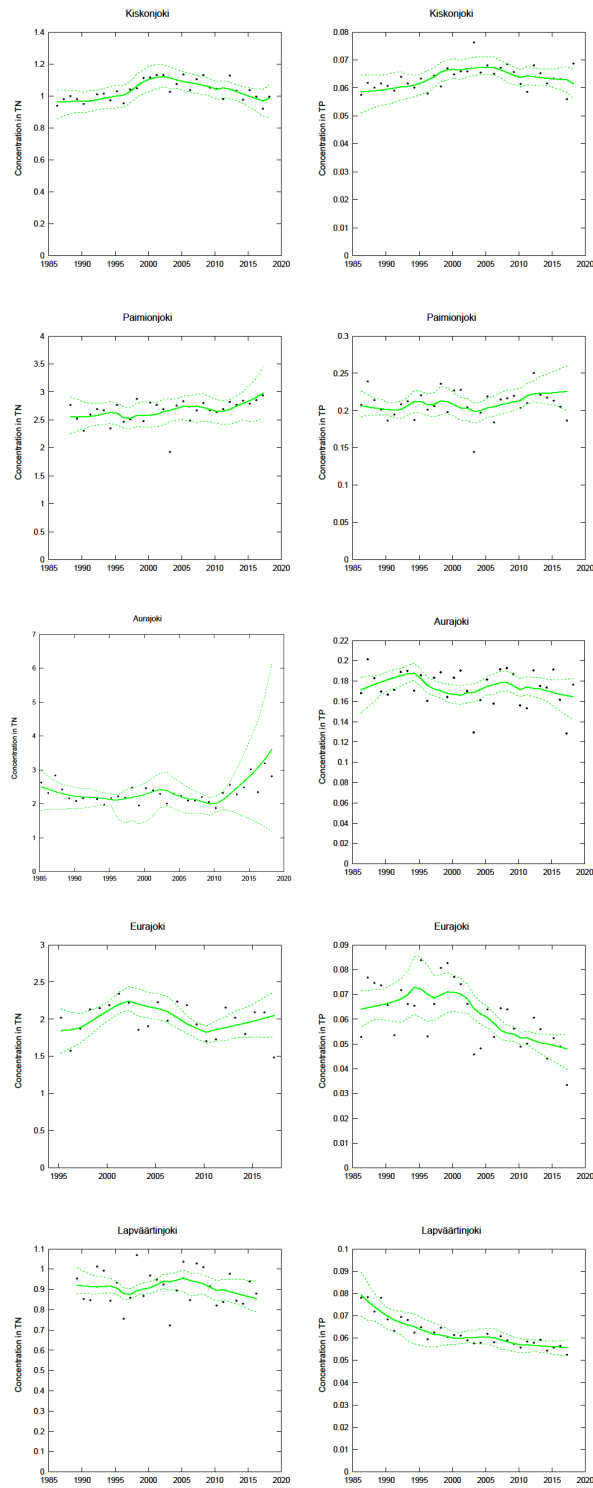
Yksittäisten jokien vuosittaisten ja virtaamakorjattujen pitoisuuksien muutokset ajan suhteen on esitetty kuvissa 3-5. Ravinnepitoisuudet ovat kääntyneet laskuun useimmissa Suomenlahteen ja Pohjanlahteen laskevissa joissa. Kokonaisfosforin pitoisuus Suomenlahteen laskevissa joissa on laskenut jo 1980-luvun puolivälistä alkaen, ja kokonaistypen pitoisuus on kääntynyt laskuun 2000-luvulla. Suoraan Saaristomereen laskevien jokien ravinnepitoisuudet eivät ole laskeneet, vaan ovat pikemminkin lievässä nousussa.



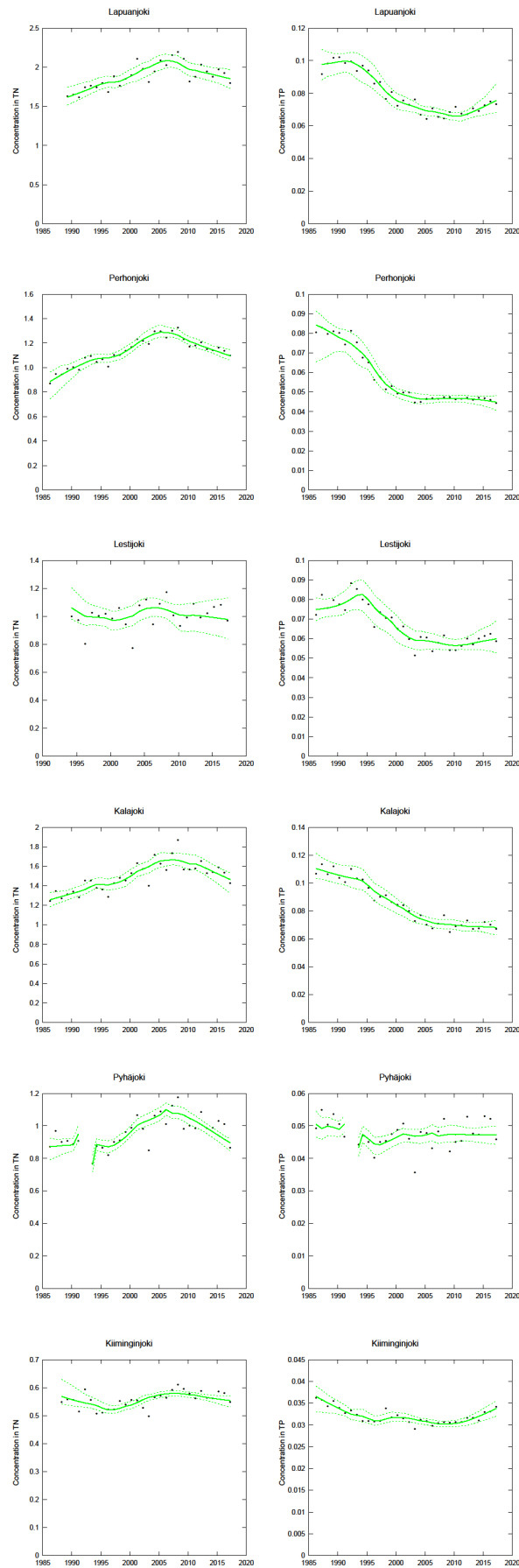
Kuva 2. Joet ryhmiteltyinä veden ravinnepitoisuuden mukaan viimeisimmällä tukikaudella



Kuva 3. Suomenlahteen laskevien jokien ravinnepitoisuuksien muutokset. Vihreä viiva kuvaa virtaamakorjattua ravinnepitoisuutta 95% luottamusvälillä (katkoviivat).

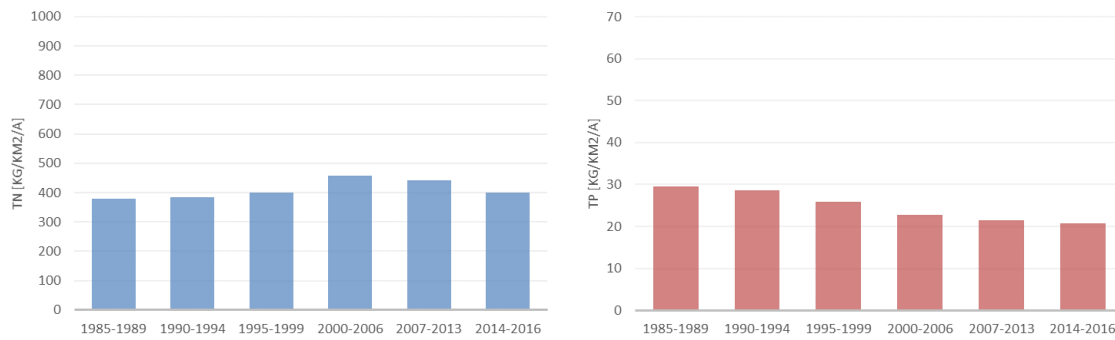


Kuva 4. Saaristomereen ja Selkämereen laskevien jokien ravinnepitoisuuksien muutokset. Vihreä viiva kuvaa virtaamakorjattua ravinnepitoisuutta 95% luottamusvälillä.

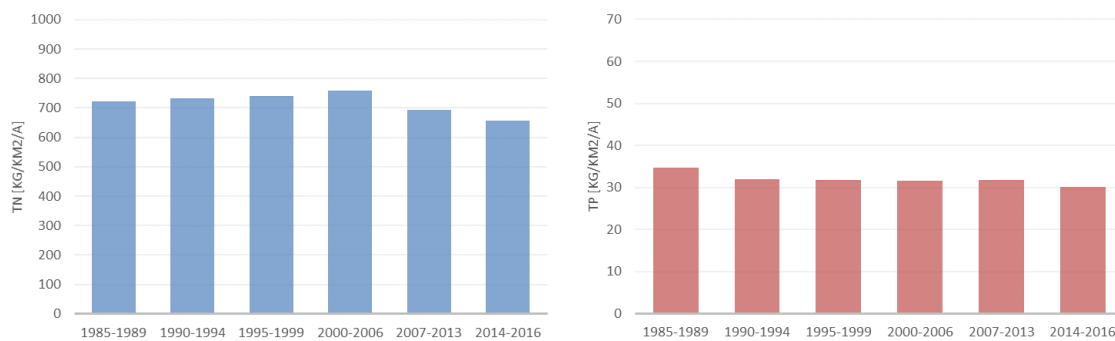


Kuva 5. Pohjanlahteen laskevien jokien ravinnepitoisuuksien muutokset. Vihreä viiva kuvaa virtaamakorjattua ravinnepitoisuutta 95% luottamusvälillä.

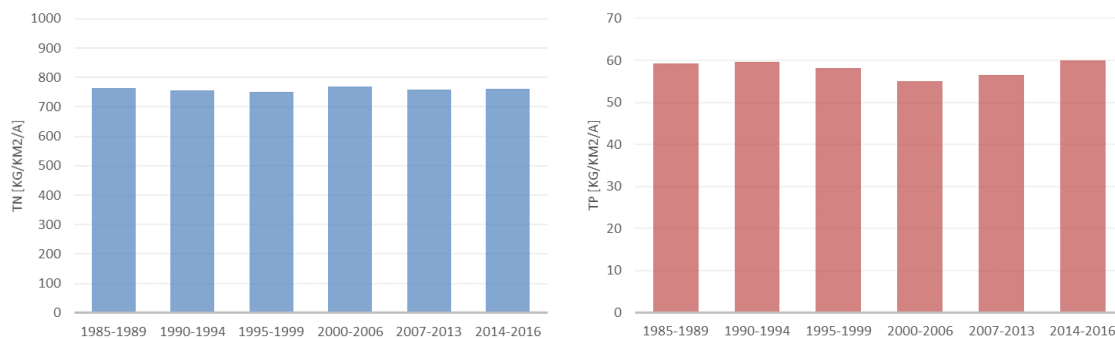
## Ravinnekuormituksen muutokset



Kuva 6. Pohjanmaan isojen jokien kuljettamat ravinnekuormat



Kuva 7. Suomenlahteen laskevien jokien kuljettamat ravinnekuormat



Kuva 8. Saaristomereen ja Selkämereen laskevien jokien kuljettamat ravinnekuormat

Jokien ravinnekuormat (t/a) olivat suurimpia Pohjanmaan isoissa joissa. Valuma-alueen pinta-alaan suhteutettu kuormitus ( $\text{kg}/\text{km}^2$ ) oli kuitenkin suurinta Saaristomeren valuma-alueella, missä peltojen osuus valuma-alueiden pinta-alasta on suuri ja maalajit eroosioherkkiä.

Kokonaisfosforin virtaamakorjattu kuormitus laski vuodesta 1985 lähes kaikilla valuma-alueilla. Ympäristöohjelman aikana fosforikuormitus oli korkeimmillaan ensimmäisellä jaksolla 1995-1999. Virtaamakorjattu typpikuormitus sen sijaan kasvoi vuodesta 1985 2000-luvun alkuun. Typpikuorman kasvu oli suurinta Pohjanmaan isoissa joissa (Kuva 3), missä suurin muutos tapahtui ensimmäisen ja toisen ympäristötukikauden välillä. Tähän yhtenä syynä oli turvemaiden raivaaminen pelloksi (Rankinen, Keinänen et al. 2016). Kolmannella ohjelmakaudella kuormitus näytti tasaantuneen, ja nyt viimeisellä ohjelmakaudella kääntynyt laskuun.



Huomattava typpikuormituksen lasku on tapahtunut Suomenlahden valuma-alueella (kuvat 4), kaikkiaan 13 % toiseen tukikauteen verrattuna. Pohjanlahteen menevä typpikuormitus on laskenut 12 % (kuva 5). Ensimmäisen tukikauden tasoon verrattuna Suomenlahteen menevä fosforikuormitus on laskenut 5 %, ja Pohjanlahteen menevä 20%. Saaristomereen laskevat jokialueet poikkeavat havaitusta laskevasta trendistä (kuva 6). Siellä sekä fosfori- että typpikuormitus on kääntynyt nousuun.

Todennäköisyydet sille, että jakson 2014-2016 keskimääräinen ravinnepitoisuus ja -ravinnekuorma ovat laskeneet niiden ympäristöohjelman aikaisesta korkeimmasta tasosta on taulukossa 2. Koska vuosittainen valunta vaikuttaa voimakkaammin ravinnekuormaan kuin pitoisuuteen, muutokset eivät aina ole saman suuruisia tai edes saman suuntaisia. Pohjanlahteen laskevien jokien virtaama näyttää kasvaneen nostamalla niiden kuljettamaa ravinnekuormaa. Muutamassa Lounais-Suomen joessa virtaama on vähentynyt.

Maatalouden typpikuormitus nousi vielä toisella tukikaudella, mutta on nyt kääntynyt laskuun. Lasku korkeimpaan kuormituslukuun verrattuna on noin 15 %. Maatalouden fosforikuormitus on laskenut koko ympäristötuen ajan, kaiken kaikkiaan noin 18 %.

Taulukko 2. Todennäköisyys sille, että ravinnepitoisuudet ja -kuormat ovat laskeneet jaksolla 2014-2016 niiden korkeimmasta tasosta

Koodi	Joki	Merialue	TN		TP		laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	nouseva trendi
			pitoisuus	kuorma	pitoisuus	kuorma					
11	Virojoki	Suomenlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
16	Koskenkylänjoki	Suomenlahti	keskimääräinen	hyvin korkea	hyvin korkea	hyvin korkea	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
18	Porvoonjoki	Suomenlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
19	Mustijoki	Suomenlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
21	Vantaanjoki	Suomenlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	hyvin korkea	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
23	Karjaanjoki	Suomenlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
24	Kiskonjoki	Saaristomeri	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
27	Paimionjoki	Saaristomeri	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
28	Aurajoki	Saaristomeri	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
34	Eurajoki	Selkämeri	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
37	Lapväärtinjoki	Selkämeri	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
44	Lapuanjoki	Pohjanlahti	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
49	Perhonjoki	Pohjanlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
51	Lestijoki	Pohjanlahti	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
53	Kalajoki	Pohjanlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
54	Pyhäjoki	Pohjanlahti	hyvin korkea	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
57	Siikajoki	Pohjanlahti	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi
60	Kiiminginjoki	Pohjanlahti	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	keskimääräinen	laskeva trendi	hyvin korkea	keskimääräinen	hyvin korkea	laskeva trendi

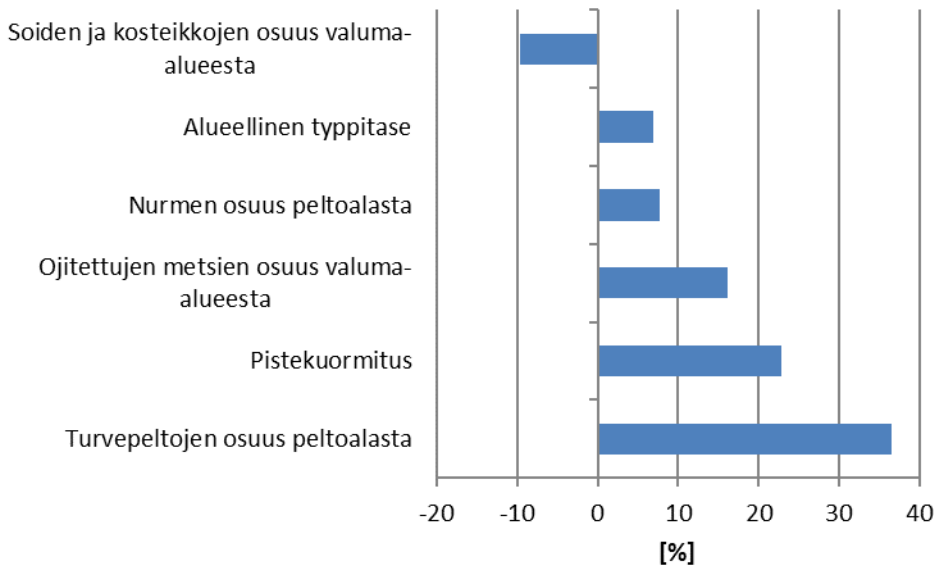
### Ravinnekuormitusta selittävät tekijät valuma-alueella

Itämereen menevää typpikuormitusta voidaan koko Suomen tasolla selittää valuma-alueen turvepeltojen ja metsäojitusten osuudella, pistekuormituksen määrällä ja typpitaseen muutoksilla. Kaikilla näillä on positiivinen vaikutus, eli tekijän nousu nostaa typpikuormitusta (Kuva 7). Soiden ja

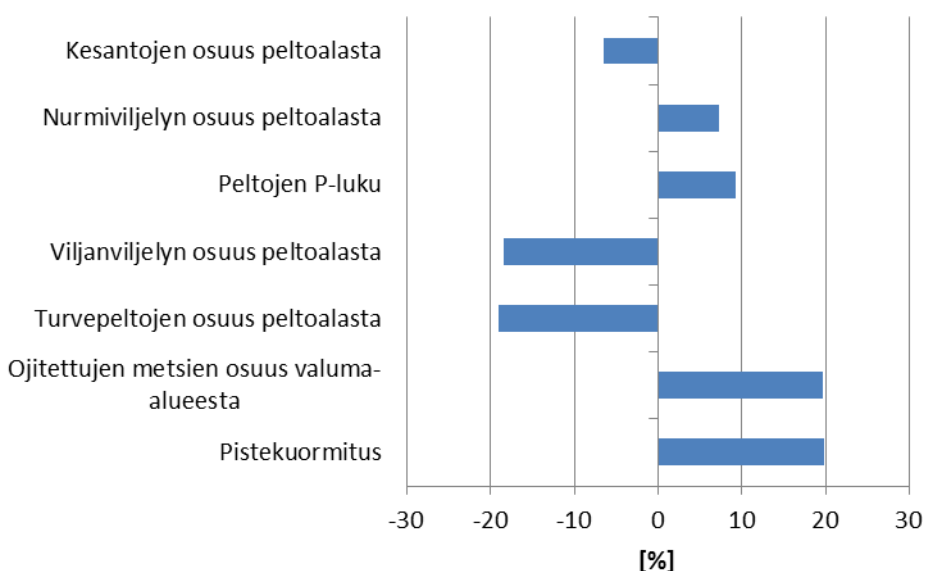
kosteikkojen osuus taas vähentää typpikuormitusta. Nurmiviljely näyttää nostavan typpikuormitusta, mutta aineistossa oli mukana jo ympäristötuen aikaisemmat vuodet, jolloin lannan syys- ja talvilevitykset olivat yleisiä. Ne lisäävät erityisesti helppoliukoisen nitraatin huuhtoutumista.

Fosforikuormitus selittyy pistekuormituksella, metsäojitusten ja turvepeltojen osuudella valuma-alueen pinta-alasta, alueen peltojen P-luvulla, sekä nurmien ja kesantojen osuudella peltoalasta. Viljanviljelyn ja kesantojen osuuden kasvaessa P kuormitus laskee. Viljanviljely asettui tässä aineistossa nurmiviljelyä edullisemmaksi, koska nurmivaltaisilla alueilla ennen ympäristöohjelmaa yleiset lannan talvilevitykset lisäsivät myös fosforin satunnaisia päästöjä. Samoin turvepeltojen osuuden kasvaessa kuormitus väheni, todennäköisesti sen takia, että uusien raivattujen peltojen fosforiluvut ovat alhaisia. Muut tekijät liittyivät kasvaneeseen kuormitukseen (Kuva 8).

Jokien ekologisen tilan kannalta veden ravinnepitoisuus on tärkeämpi kuin Itämereen menevä ravinnekuorma. Ravinnepitoisuuteen vaikuttaa kuitenkin lähes samat tekijät kuin ravinnekuormaan, tosin hieman eri painotuksella. Esimerkiksi typpitaseen ja maan P-luvun muutoksilla on suurempi vaikutus ravinnepitoisuuteen kuin ravinnekuormaan. Typpipitoisuuden suhteen myös ilman lämpötilan nousu tuli merkittäväksi negatiiviseksi tekijäksi, eli lämpötilan noustessa pitoisuus väheni.



Kuva 7. Typpikuormitukseen vaikuttavat tekijät ja niiden selittävä osuus BRT-mallissa



Kuva 8. Fosforikuormitukseen vaikuttavat tekijät ja niiden selittävä osuus BRT-mallissa

### Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ja tuotantoympäristön vaikutukset kahdella viimeisellä jaksolla

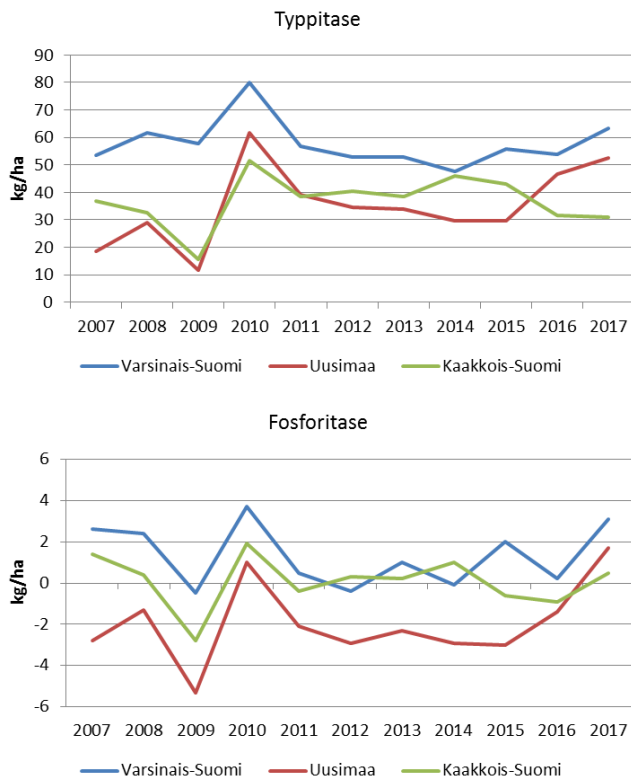
Kahden viimeisimmän ohjelmakauden ajalta on tilastot sellaisistakin maatalouden ympäristötoimenpiteistä, joita ei aikaisemmin ole tilastoitu. Näitä toimenpiteitä ovat erityisesti kasvipeitteisyyden muutokset, mm. suorakylvön ja kerääjäkasvien pinta-alat. Koska aineiston vähyyks ei anna mahdollisuutta aikasarjojen analysointiin, näiden toimenpiteiden vaikutusta vedenlaatuun arvioitiin Dredge-analyysillä. Tämä sovitaa aineistoon useita lineaaria malleja, ja valitsee niistä parhaat. Jos jonkin ravinnekuormitusta selittävä tekijä (esim. typpitase) tulee vaikuttavaksi useassa mallissa, sillä katsotaan olevan tilastollista selitysarvoa. Analyysi tehtiin vain Etelä-Suomen kasvinviljelyalueille (Virojoki-Eurajoki), sillä tällä alueella kasvipeitteisyystoimenpiteillä on suurempi vaikutus veden laatuun kuin nurmivaltaisessa Pohjois-Suomessa.

#### Muutokset ravinnekuormitukseen vaikuttavissa tekijöissä Etelä-Suomessa

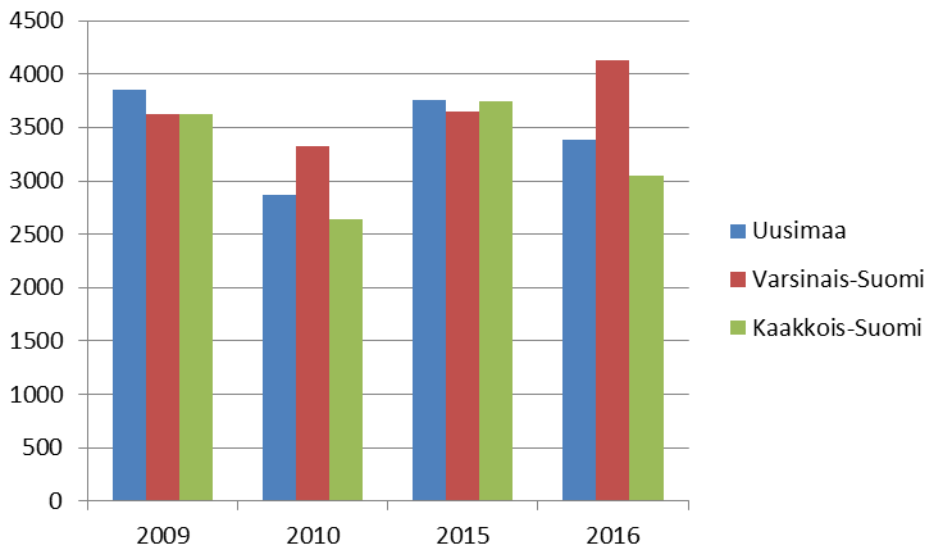
Sekä typpi- että fosforitaseet ovat nousseet Etelä-Suomessa viimeisimmällä tukikaudella (Kuva 9). Fosforitase on kaikilla tarkastelualueilla ollut kaksi viimeisintä tukikautta lähellä nollaa tai hieman negatiivinen. Typpitase taas on ollut noin 30–55 kg/ha. Varsinais-Suomessa ravinnetaseet ovat korkeammat kuin muilla alueilla. Ravinnetaseet lasketaan syötteiden (lannoitteet) ja poistojen (sadon otto) perusteella, joten satovaihtelut vaikuttavat suoraan vuosittaisiin ravinnetaseisiin (Kuva 10).

Muokkaamatta jättäminen ja kevennetty muokkaus ovat olleet suosittuja toimenpiteitä kahdella viimeisimmällä tukikaudella erityisesti Varsinais-Suomessa. Viimeisellä kaudella myös kerääjäkasvien pinta-ala on noussut (Kuva 11).

Varsinais-Suomi on siipikarjan ja sikojen tuotantoaluetta. Erityisesti siipikarjan, mutta myös nautojen määrä alueella on viime vuosina kasvanut (Kuva 13).



Kuva 9. Ravinnetaseiden muutokset Etelä-Suomessa

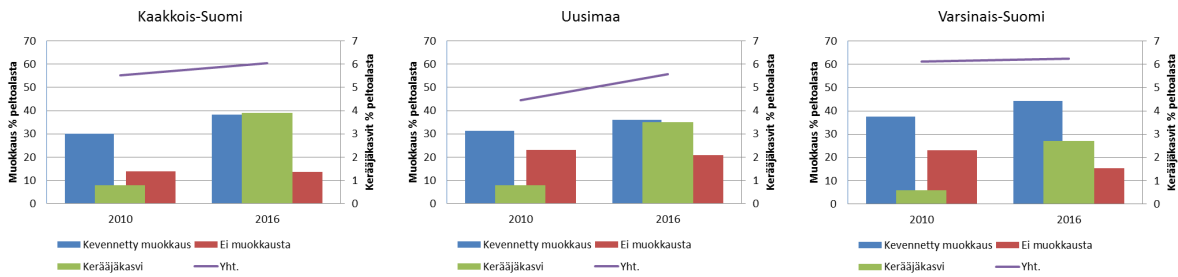


Kuva 10. Viljojen keskisatojen vaihtelu

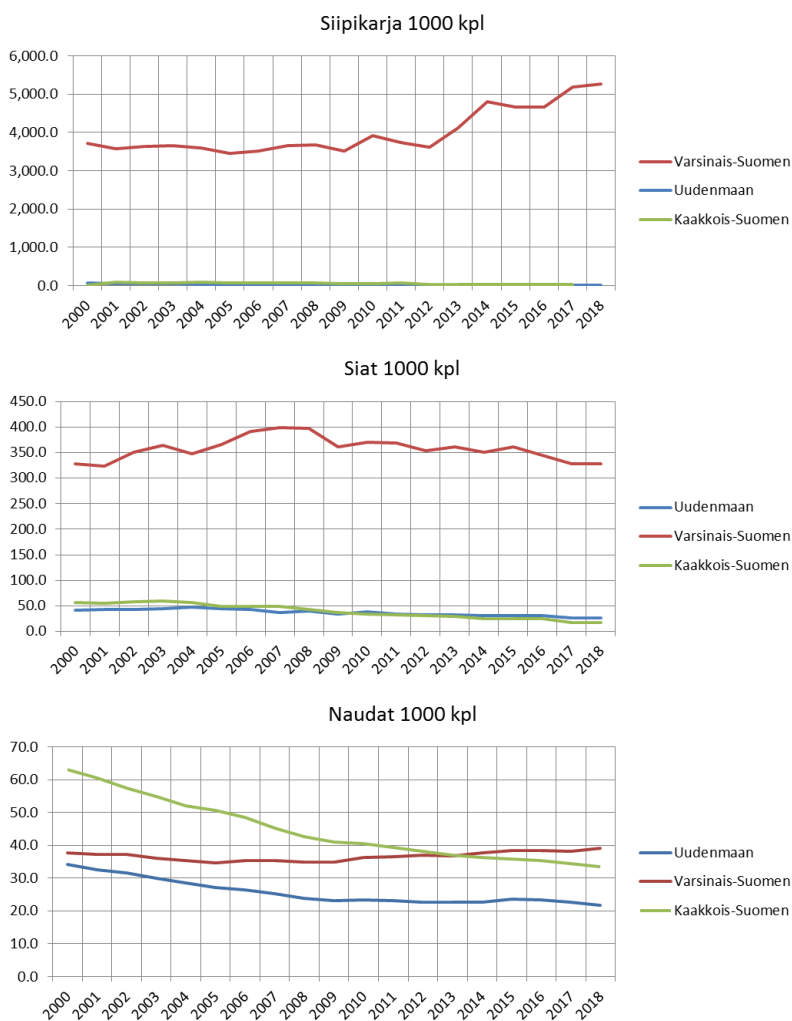
Vuoden keskilämpötilat ovat nousseet kaikilla Etelä-Suomen sääasemilla jopa 2 astetta vuodesta 1985 (Kuva 13). Korkein keskilämpötila on eteläisimmällä Lohja Porlan sääasemalla. Vastaavasti pakkaspäivien määrä on vähentynyt (Kuva 14) erityisesti eteläisimmillä sääasemilla.

Jätevesien typenpoisto on parantunut ja vähentänyt jokien pistekuormitusta Etelä-Suomessa. Huomattavin muutos tapahtui jo kolmannen ja neljännen ohjelmakauden välissä (Kuva 15).

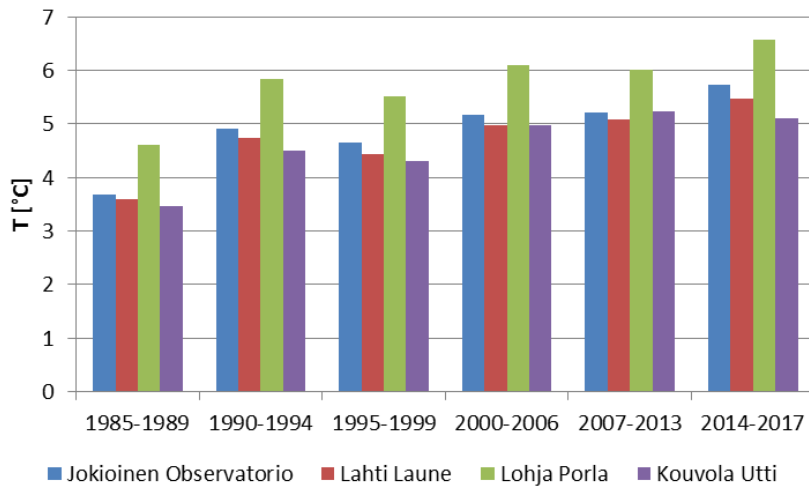
Pohjanmaan joissa typen pistekuormitus on sen sijaan jopa kasvanut. Kokonaisfosforin kuorma on jatkuvasti vähentynyt, mutta suurin muutos tapahtui jo ennen 1990-lukua.



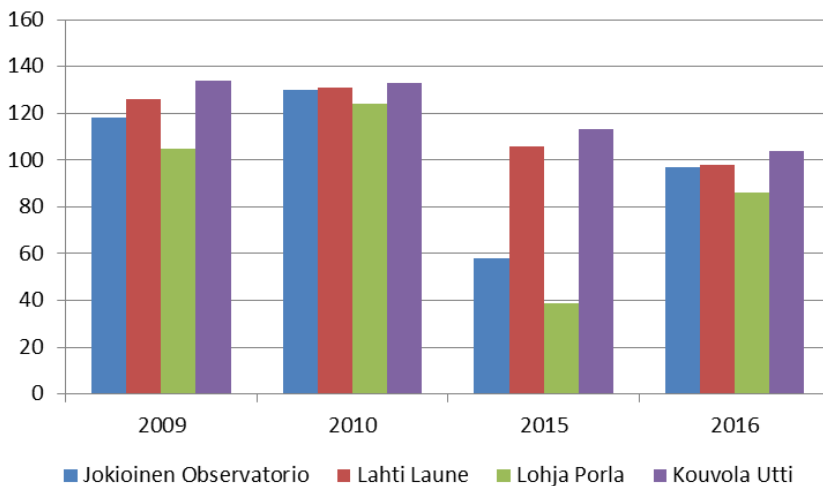
Kuva 11. Muokkaustoimenpiteiden ja kerääjäkasvien pinta-alojen muutokset



Kuva 12. Eläinmäärien muutokset Etelä-Suomessa



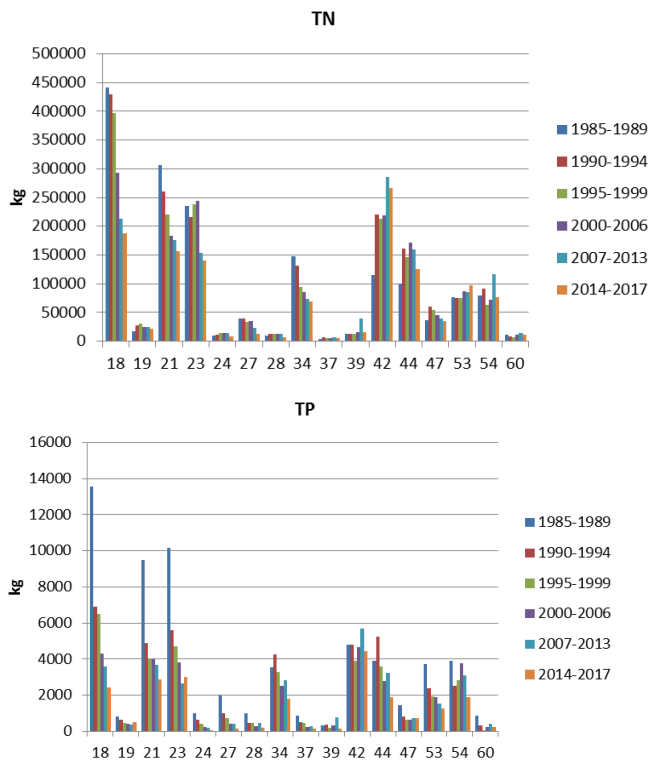
Kuva 13. Vuoden keskilämpötila Etelä-Suomen sääasemilla eri ympäristötukijakoissa.



Kuva 14. Kahden viime jakson pakkaspäivien lukumäärät Etelä-Suomen sääasemilla

### Tilastollinen analyysi

Analyysissä yhdistettiin suorakylvön ja kevennetyn muokkauksen pinta-alat. Nämä toimenpiteet vähensivät sameutta Etelä-Suomen joissa. Useimmissa malleissa toimenpiteet vähensivät myös kokonaisfosforin (TP) pitoisuutta, mutta tulos ei ollut yhtä yksiselitteinen kuin sameuden osalta. Toisaalta, syyskynnetty peltopinta-ala yksiselitteisesti lisäsi kokonaisfosforin pitoisuutta joessa. Suorakylvön ja kevennetyn muokkauksen pinta-alat nostivat liukoisen fosforin pitoisuutta joissa. Typpikuormitusta tarkasteltaessa yhdistettiin kerääjäkasvien pinta-alat suorakylvön ja kevennetyn muokkauksen pinta-aloihin, koska kerääjäkasvien pinta-alat ovat edelleen suhteellisen pieniä. Aikaisempien tutkimusten mukaan näiden toimenpiteiden tiedetään vähentävän pelloilta huuhtoutuvan typen määrää, vaikka vaikutusmekanismit ovatkin erilaisia. Nämä toimenpiteet vähensivät kokonaistypen pitoisuutta joissa.



Kuva 15. Kokonaistypen ja – fosforin pistekuormitus eri kausina

Eläinten lukumäärällä oli tilastollisesti selvä yhteys jokiveden ravinnepitoisuuteen, eli mitä enemmän tuotantoeläimiä valuma-alueella, sitä korkeammat ravinnepitoisuudet. Eläinten lannan ravinnepitoisuus sisältyy ravinnetaseisiin, joten eläinten määrällä on myös selvä ravinnetaseista riippumaton vaikutus.

Tässä analyysissä vuoden keskilämpötila nostaa typpikuormitusta, samoin kuin leudot talvet (indikaattorina pakkaspäivien lukumäärä). Lämpötilan merkitys vaikuttaa kuitenkin olevan selvästi pienempi kuin kasvipeitteisyyden. Vuoden keskilämpötilan nousu taas liittyi vähentyneeseen liukoisen fosforin pitoisuuteen.

### INCA tulokset

Prosessipohjaisella valuma-aluemallilla laskettiin kasvipeitteisyyden ja lannoituksen vähentämisen vaikutukset kahdella valuma-alueella, jotka sijaitsevat Uudenmaan ja Varsinais-Suomen alueella. Mallinnuksen avulla verrattiin nykyisiä viljelykäytäntöjä vuoden 1995 mukaisiin käytäntöihin.

Suurin muutos on tapahtunut ravinnetaseissa. Erityisesti fosforitase on laskenut vuodesta 1995, sillä se oli 11.8 kg/ha Uudellamaalla ja 18 kg/ha Varsinais-Suomessa. Vastaavasti, vuonna 1995 typpitase oli 66 kg/ha Uudellamaalla ja 89 kg/ha Varsinais-Suomessa (kuva 9). Kasvipeitteisyys ja kevennetty muokkaus oli melko suosittu toimenpide jo ennen ympäristötukea. Vuosina 1994-1995 Lepsämänjoen valuma-alueella kasvipeitteisyys oli 38% ja Yläneenjoen valuma-alueella 29% (Grönroos, Rekolainen et al. 1997).

Tulosten mukaan eroosioherkällä Lepsämänjoen valuma-alueella kasvipeitteisyys vähentää kokonaisfosforin kuormitusta vähentämällä eroosioainekseen sitoutuneen fosforin kulkeutumista. Yläneenjoen valuma-alueella maalajit ovat vähemmän eroosioherkkiä ja pellot tasaisempia, ja siellä

kasvipeitteisyys lisää liukoisen fosforin kuormitusta enemmän kuin vähentää eroosioainekseen sitoutuneen fosforin kuormitusta. (Rankinen et al. 2015)

## Yhteenveto ja johtopäätökset

Itämereen päätyvä kokonaisravinteiden kuorma on kääntynyt laskuun muualla, paitsi Saaristomeren valuma-alueella. Kokonaiskuormitukseen vaikuttaa monet tekijät valuma-alueella, mm. pistekuormitus ja metsätalouden toimenpiteet.

Koko maan tasolla maatalouden ravinnekuormitusluvut ovat laskeneet 15-20%. Tämä on oikean suuntainen muutos, vaikka ei vielä tavoita Vesiensuojelun tavoiteohjelman 30 % vähennystavoitetta. Tärkeimmät ympäristöohjelman toimenpiteet, jotka tähtäävät lannoituksen vähentämiseen ja kasvipeitteisyyden lisäämiseen, ovat kuitenkin osoittautuneet toimiviksi.

Koko Suomen tasolla ravinnetaseet ovat laskeneet, ja maan P-luvut kääntyneet laskuun. Nämä tekijät ovat selvästi vaikuttaneet Itämereen päätyvän typpi- ja fosforikuorman vähenemiseen. Edelleen pitäisi pyrkiä typpitaseen laskemiseen Varsinais-Suomessa, jossa korkeat ravinnetaseet näyttävät liittyvän eläintalouteen.

Peltojen kevennetyn muokkauksen ja muokkaamatta jättämisen yleisyys on osaltaan vähentänyt kiintoaineksen ja typen kuormitusta. Toimenpiteiden vaikutus kokonaisfosforin kuormitukseen ei ole yksiselitteinen, sillä ne lisäävät liunneen fosforin kuormitusta. Toimenpiteitä pitäisikin kohdentaa sellaisille eroosioherkille alueille, missä nettovaikutus on reaktiivisen fosforin kuormitusta vähentävä.

Yksittäinen typpikuormitusta lisäävä tekijä on turvepeltojen raivaus. Turvepeltojen ala kasvoi jaksolla 2010-2013 37 000 ha. Suurin lisäys tapahtui toisen ja kolmannen tukikauden välillä. Nyt pellonraivaus on 3600 ha/vuosi (Kekkonen H. 2017). Turvepeltojen raivaaminen pitäisi lopettaa, ja jo raivattujen peltojen viljelyyn kiinnittää erityistä huomiota. Fosforikuormitusta turvepellot eivät lisänneet, todennäköisesti sen takia, että uusien peltojen liukoisen fosforin varastot eivät ole päässeet pitkään jatkuneen lannoituksen seurauksena nousemaan.

Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa kahteen eri suuntaan. Toisaalta korkeampi vuoden lämpötila liittyy pidempään kasvukauteen ja kasvillisuuden parempaan liukoisten ravinteiden ottoon. Toisaalta lämpötilan nousu voi lisätä orgaanisen aineen hajoamista maassa, ja siten lisätä erityisesti typen kuormitusta. Leudot talvet lisäävät myös ravinnekuormitusta, tosin niiden vaikutus on toistaiseksi selvästi pienempi kuin viljelytoimenpiteiden.

Lounais-Suomen selvästi nousseille ravinnekuormille ei löytynyt yhtä yksittäistä selittäjää. Alueella on ilman lämpötila noussut ja leutojen talvien määrä lisääntynyt. Viimeisimmällä tukikaudella satovaihtelut ovat olleet suuria ja typpitase on pysynyt suhteellisen korkeana. Tällä alueella on myös suurimmat epävarmuudet raportoidun pistekuormituksen suuruudesta.



## Kirjallisuus:

Elith, J., J. R. Leathwick and T. Hastie (2008). "A working guide to boosted regression trees." Journal of Animal Ecology **77**(4): 802-813.

Grönroos, J., S. Rekolainen and A. Nikander (1997). Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen v. 1995. Suomen ympäristö **81**.

Højberg, A. L., A. L. Hansen, P. Wachniew, A. J. Żurek, S. Virtanen, J. Arustiene, J. Strömqvist, K. Rankinen and J. C. Refsgaard (2017). "Review and assessment of nitrate reduction in groundwater in the Baltic Sea Basin." Journal of Hydrology: Regional studies **12**: 50-66.

Nieminen, M., T. Sallantausta, L. Ukonmaanaho, T. M. Nieminen and S. Sarkkola (2017). "Nitrogen and phosphorus concentrations in discharge from drained peatland forests are increasing." Science of The Total Environment **609**: 974-981.

Rankinen, K., et al. (2015). "Comparison of impacts of human activities and climate change on water quantity and quality in Finnish agricultural catchments." Landscape Ecology **30**(3): 415-428.

Rankinen, K., H. Keinänen and J. E. Cano Bernal (2016). "Influence of climate and land use changes on nutrient fluxes from Finnish rivers to the Baltic Sea,." Agriculture, Ecosystems & Environment, **216**: 100-115.

Vassiljev, A. and P. Stålnacke (2002). "Source apportionment of nutrients in the Lake Peipsi drainage basin - experiments from a statistical model." Water Science and Technology.

WFD (2000). "Water Framework Directive. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy." Official Journal of European Community **L 327**: 1-73.

Whitehead, P. G., E. J. Wilson and D. Butterfield (1998). "A semi-distributed Integrated Nitrogen model for multiple source assessment in Catchments (INCA): Part I-model structure and process equations." the Science of the Total Environment **210/211**: 547-558.