



KUTOVA+ tarkastelut Temmesjoella

Raportti

Kati Martinmäki ja Teemu Ulvi
27.3.2012
Suomen ympäristökeskus

Päivittänyt
Turo Hjerppe
20.3.2013

Sisältö

1	Lähtökohta ja tavoite.....	3
2	Temmesjoen vesistöalue	3
2.1	Maankäyttö	3
2.2	Hydrologia ja vedenlaatu	5
2.3	Ekologinen tila	7
2.4	Vesienhoidon toimenpideohjelma	8
3	Käytetyt aineistot.....	10
3.1	Kuormituksen arvioiminen	10
3.2	Maankäyttötiedot	10
3.3	Reduktiotiedot.....	11
4	Tehdyt tarkastelut ja niiden tulokset.....	12
4.1	Versio 1.....	13
4.2	Versio 2.....	15
4.3	Versio 3.....	17
5	Johtopäätökset	19
6	Esille tulleita kehitystarpeita	20
7	Lähteet.....	20

1 Lähtökohta ja tavoite

Työn tavoitteena oli etsiä KUTOVA-laskentamallin avulla kustannustehokkaimpia vesienhoitotoimenpiteitä Temmesjoen vesistöalueelle. Työn yhteydessä oli tarkoitus myös tunnistaa laskentamallin rakenteeseen ja soveltamiseen mahdollisesti liittyviä ongelmia ja pohtia ja testata niiden ratkaisuvaihtoehtoja. Työ tehtiin Waterpraxis- ja GISBLOOM-hankkeiden yhteistyönä.

Waterpraxis-hankkeen yhteydessä vuosina 2009–2012 on Temmesjoen vesistöalueella käytetty VIHMA-mallia arvioitaessa maatalouden kuormituksen vähentämismahdollisuuksia. Lisäksi on sovellettu KUTOVA-laskentamallin aikaisempaa versiota (Kunnari 2008). Tulokset on koottu raporttiin Väisänen (2011).

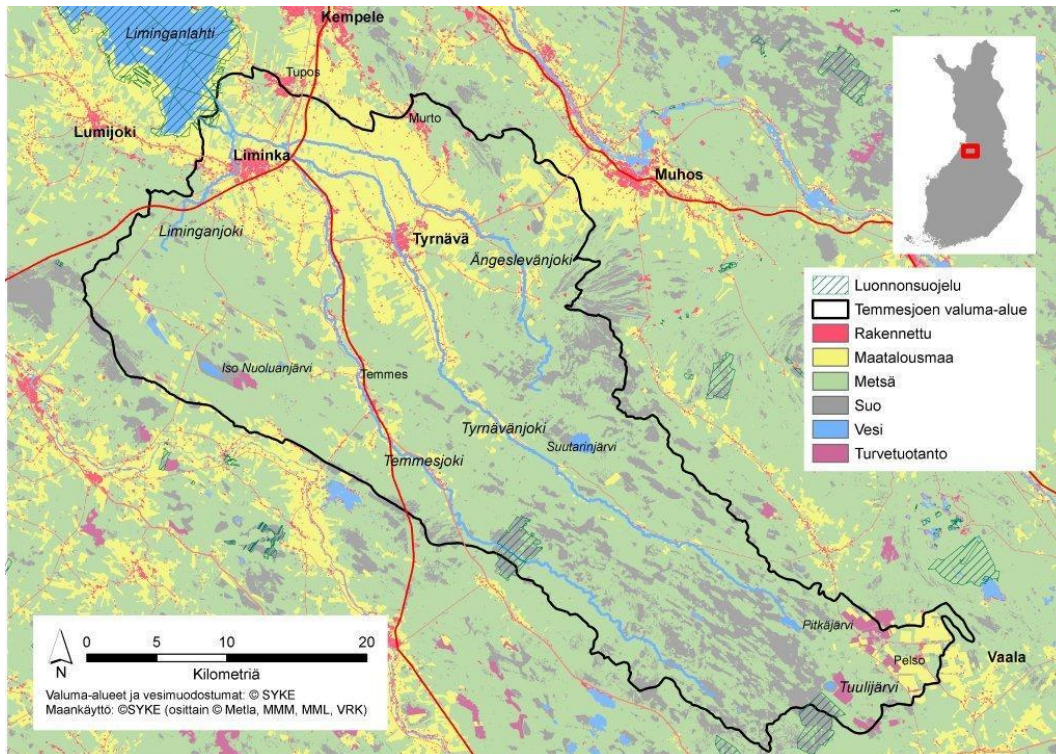
2 Temmesjoen vesistöalue

2.1 Maankäyttö

Temmesjoen vesistöalue (nro 58) sijaitsee pääosin Tyrnävän, Siikalatvan ja Limingan kuntien alueella Pohjois-Pohjanmaalla. Seutua luonnehtivat vähäinen järvisyys, tasainen peltolakeus, sitä ympäröivät suo- ja metsäalueet sekä voimakas maankohoaminen. Temmesjoen vesistö laskee Liminganlahteen, joka on kansainvälisesti merkittävä luonnonsuojelualue. Temmesjokeen laskevat joen alaosalla Tyrnävänjoki ja Ängeslevänjoki ja lisäksi Liminganjoki on yhdistetty kanavalla Temmesjokeen (Kuva 1). Taulukossa 1 on esitetty jokien valuma-alueiden pinta-alat, jokien pituudet ja putouskorkeudet.

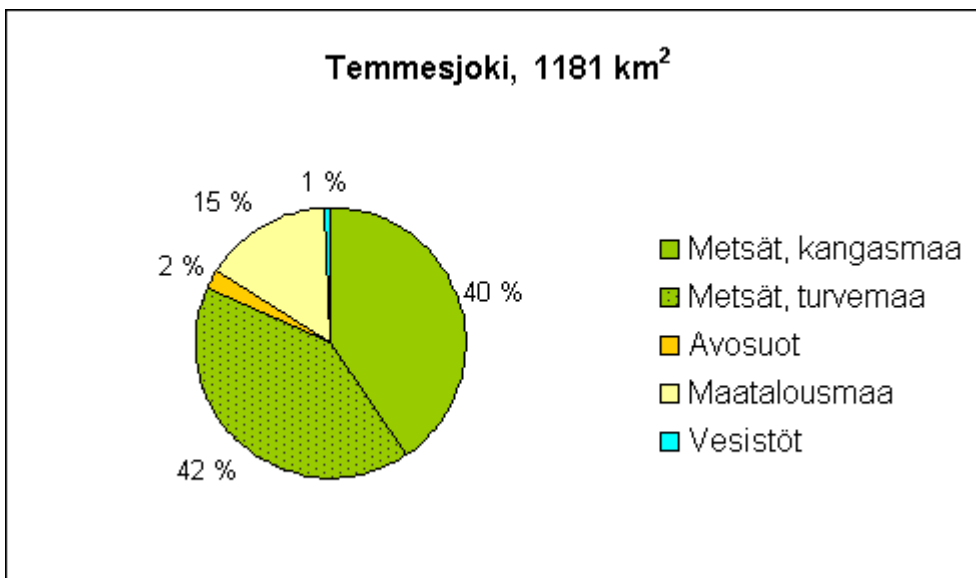
Taulukko 1. Temmesjoen vesistöalueen joet.

Joki	Valuma-alueen pinta-ala, km ²	Joen pituus, km	Putouskorkeus, m
Temmesjoki	1 181	73	100
Tyrnävänjoki	305	60	99
Ängeslevänjoki	262	37	50
Liminganjoki	143	16	40



Kuva 1. Temmesjoen vesistöalueen sijainti ja maankäyttö.

Yli neljä viidesosaa Temmesjoen vesistöalueen pinta-alasta on metsää ja suota. Vesistöalueen ala-osa on lähes täysin peltoa, jonka osuus koko vesistöalueen pinta-alasta on 15 %. Vesistöjen osuus on alle 1 % koko pinta-alasta.



Kuva 2. Temmesjoen vesistöalueen maankäyttö.

Maatalous on Temmesjoen vesistöalueen ala keskiosalla merkittävin maankäyttömuoto ja suurin vesistökuormittaja. Alueella harjoitetaan erityisesti paljon kuormittavaa perunanviljelyä. Vesistöalueen harvaan asuttua yläosaa hallitsee metsätalous. Asukkaita vesistöalueella on noin 12 000 ja asutus on keskittynyt Tyrnävän ja Limingan kuntakeskusten tuntumaan sekä jokivarsille. Yhdyskuntien ja vähäisen teollisuuden jätevedet käsitellään keskuspuhdistamolla Kempeleessä ja puhdiste-

tut jätevedet lasketaan suoraan mereen, joten ne eivät kuormita jokivesiä. Viemäriverkon ulkopuolella on noin 2000 kiinteistöä. Turvetuotantoa on melko vähän ja se sijoittuu pääasiassa Tyrnävänjoen latvoille.

2.2 Hydrologia ja vedenlaatu

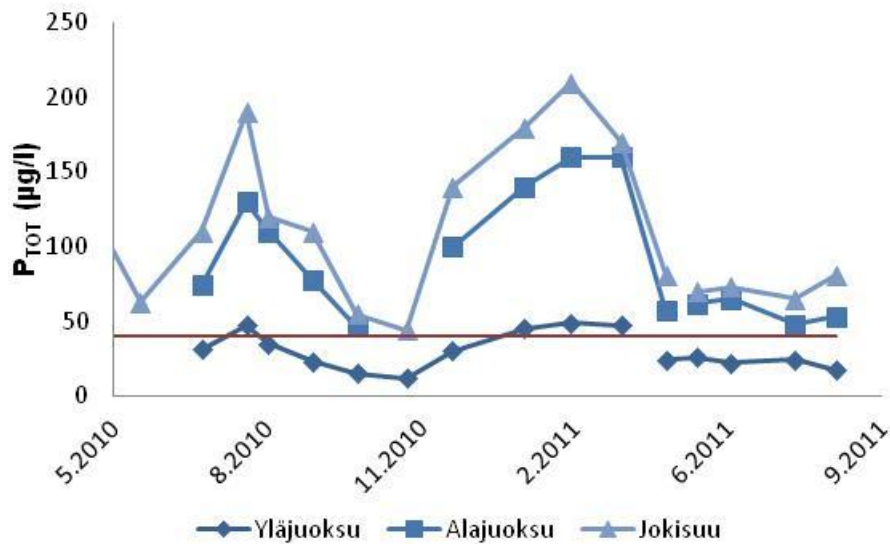
Temmesjoen vesistöalueen maaperä on tehokkaasti ojitettu. Myös alueen järvet on suurimmaksi osaksi kuivattu tai ne ovat kuivuneet ojitusten jälkeen ja jokiuomia on oiottu ja perattu. Ojitukset ovat heikentäneet valuma-alueen vedenpidätyskykyä niin, että kuivimpina kausina joki- ja puroumat ovat lähes kuivillaan. Toisaalta taas tulvariskit alueella ovat lisääntyneet. Vesistömallijärjestelmästä saatujen mallinnettujen virtaamien perusteella Temmesjoen vesistöalueen keskivirtaama (MQ) on 8,68 m³/s ja ylin virtaama (HQ) 112 m³/s.

Temmesjoen vesistöalueen jokien vesi on väriltään hyvin ruskeaa ja sameaa (taulukko 2). Pääasiallinen syy vesien voimakkaalle värille on soilta tuleva humus- ja rautapitoinen valumavesi. Veden sameus puolestaan on suurimmaksi osaksi peräisin alueen pelloilta, joilta huuhtoutuu hienojakoista kiintoainetta. Vedet ovat hyvin runsasravinteista ja etenkin fosforipitoisuudet ovat suuria.

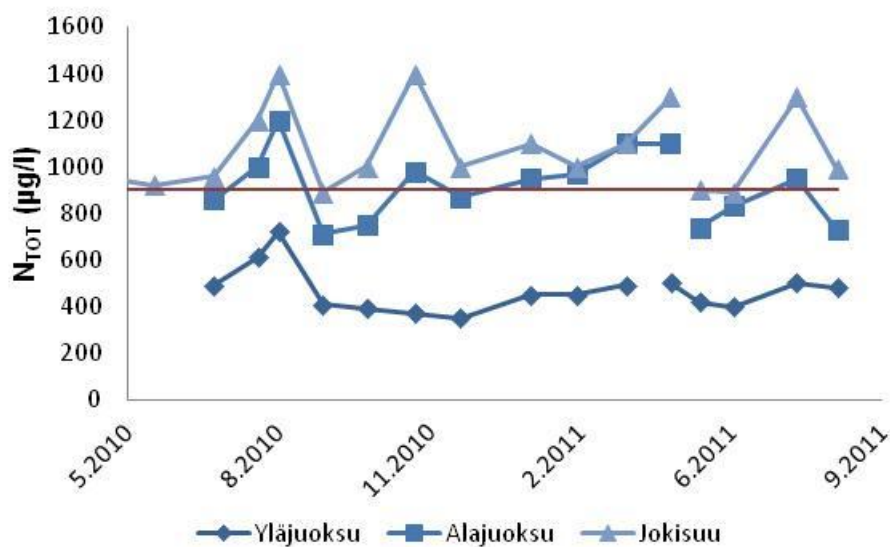
Taulukko 2. Vedenlaatutietoja Temmesjoen suulta pohjapadon kohdalta vuosilta 2001 - 2011.

		näytemäärä	minimi	maksimi	mediaani
Happi	kyll.%	202	21	128	83
	mg/l	192	3	13,6	9,5
Kemiallinen hapenkulutus	mg/l	194	5,2	39	18
Rauta	µg/l	205	640	15 381	4 000
Kiintoaine	mg/l	202	0,8	84	10
Kokonaisfosfori	µg/l	205	23	460	107
Kokonaistyyppi	µg/l	209	470	2 473	1 100
pH		207	4,5	8,0	6,8
Sameus	FNU	170	3,4	31	14
Väriluku	Pt mg/l	206	30	595	199
Sähkönjohtavuus	mS/m	206	3,4	200	20,15

Ravinnepitoisuudet kasvavat Temmesjoessa kokonaiskuormituksen lisääntyessä yläjuoksulta alajuoksulle. Temmesjoen yläosilla veden ravinnepitoisuudet ovatkin hyvällä tasolla, vaikka alempana uomassa etenkin kokonaisfosforipitoisuus ilmentää merkittävää rehevöitymistä (kuvat 3 ja 4).

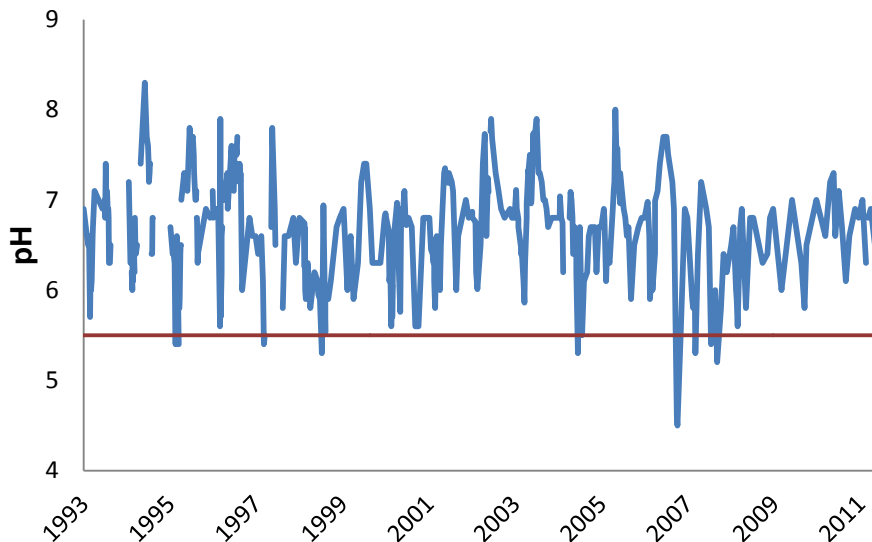


Kuva 3. Kokonaisfosforipitoisuus Temmesjoen yläjuoksulla, alajuoksulla ja jokisuulla. Punainen viiva kuvaa kokonaisfosforipitoisuuden hyvän tilan tavoitepitoisuutta (40 µg/l).



Kuva 4. Kokonaistyyppipitoisuus Temmesjoen yläjuoksulla, alajuoksulla ja jokisuulla. Punainen viiva kuvaa kokonaistyyppipitoisuuden hyvän tilan tavoitepitoisuutta (900 µg/l).

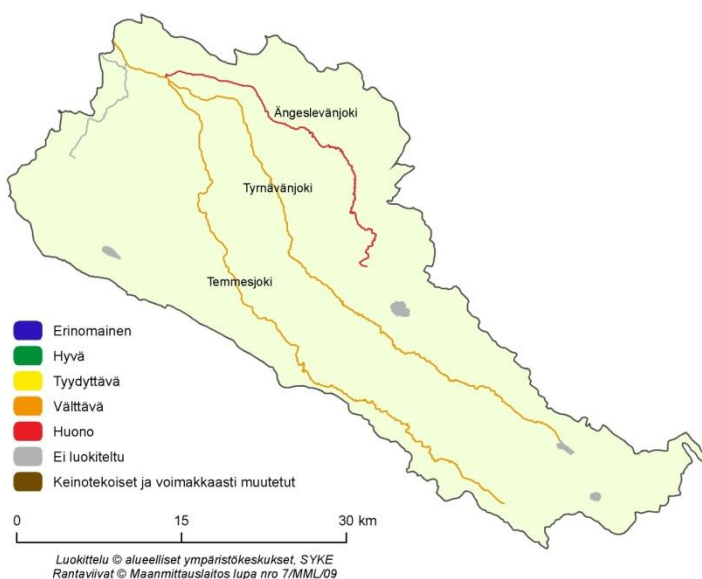
Temmesjoen vesistöalueen erityispiirre ovat happamat sulfaattimaat, joita saattaa esiintyä koko vesistöalueella aivan yläosille saakka. Kevään ja syksyn ylivirtaamatilanteissa jokiveden pH-arvot saattavat laskea hyvin happamalle tasolle (kuva 5).



Kuva 5. Veden pH Temmesjoen suulla. Punainen viiva kuvaa veden pH minimille asetettua hyvän tilan tavoitearvoa (> 5,5).

2.3 Ekologinen tila

Temmesjoen ja Tyrnävänjoen ekologinen tila on vesienhoidon ensimmäisellä suunnittelukierroksella luokiteltu välttäväksi ja Ängeslevänjoen huonoksi (kuva 6) (Pohjois-Pohjanmaan & Kainuun ympäristökeskus 2009). Biologisia aineistoja luokittelun pohjaksi oli tuolloin käytettävissä vain Tyrnävänjoelta. Temmesjoki ja Ängeslevänjoki on luokiteltu vain vedenlaatutietojen perusteella. Liminganjokea ja vesistöalueen järviä ei ole luokiteltu liian vähäisen aineiston takia. Esteenä hyvän ekologisen tilan saavuttamiselle on liian suuri ravinne- ja kiintoainekuormitus sekä joissa maaperästä tuleva happamuus ja metallikuormitus. Tilan parantuminen edellyttää aktiivista vesiensuojelua kaikessa toiminnassa sekä hajakuormituksen vähentämistä. Temmesjoen vesistöalueelle asetun tavoitteen mukaan alueen jokien tulisi saavuttaa hyvä tila vuoteen 2027 mennessä.



Kuva 6. Temmesjoen vesistöalueen jokien ekologinen tilaluokitus (Pohjois-Pohjanmaan & Kainuun ympäristökeskus 2009).

Waterpraxis -hankkeen yhteydessä hankittiin lisää biologista aineistoa ekologisen tilaluokittelun tarkentamiseksi. Tietoa kerättiin Temmesjoessa, Tyrnävänjoessa ja Ängeslevänjoessa esiintyvien vesikasvien, päällyslievien ja pohjaeläimien lajistosta sekä niiden runsaussuhteista. Lisäksi jokien vedenlaatua seurattiin tavallista tiheämmin vuosina 2010–2011. Todettiin, että sekä jokien biologiset muuttujat että veden fysikaalis-kemiallinen laatu edustavat pääasiassa tyydyttävää tilaa. Jokien pohjaeläimistö antoi muita biologisia tekijöitä korkeampia arvoja osoittaen hyvää tilaa Tyrnävänjoelle ja erinomaista tilaa Ängeslevänjoelle, vaikka kaikki muut muuttujat viittaavat tyydyttävään tilaan (taulukot 3 ja 4).

Taulukko 3. Jokien ekologisen tilan määräytyminen eri indeksien perusteella.

Joki	Tilaluokka				
	Vedenlaatu	Pohjaeläimet	Piilevät	Vesikasvit	Kalat
Temmesjoki	VÄLTTÄVÄ	HYVÄ	HYVÄ	TYYDYTTÄVÄ	-
Tyrnävänjoki	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ	TYYDYTTÄVÄ	TYYDYTTÄVÄ	TYYDYTTÄVÄ
Ängeslevänjoki	TYYDYTTÄVÄ	ERINOMAINEN	TYYDYTTÄVÄ	TYYDYTTÄVÄ	-

Taulukko 4. Jokien ekologinen tilaluokka.

Joki	Ekologinen tilaluokka
Temmesjoki	TYYDYTTÄVÄ
Tyrnävänjoki	TYYDYTTÄVÄ
Ängeslevänjoki	TYYDYTTÄVÄ

2.4 Vesienhoidon toimenpideohjelma

Temmesjoen vesistöalue kuuluu Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueeseen (VHA4), joka kattaa kaikki Pohjanlahteen laskevat vesistöt Kalajoesta Kuivajoelle saakka sekä Koillismaalta Venäjälle laskevat Koutajoen ja Vienan Kemien vesistöjen latvaosat. Vesienhoitoalueen pinta-ala on yli 68 000 km². (Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus & Kainuun ympäristökeskus 2009). Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen toimenpideohjelmassa 2010–2015 (2009) on todettu, että nykyisen käytännön mukaiset vesienhoidon toimenpiteet eivät riitä Temmesjoen vesistöalueella hyvän tilan saavuttamiseen, vaan tarvitaan paljon lisätoimenpiteitä. Niistä huolimatta, jokien arvioidaan olevan hyvässä tilassa vasta vuonna 2027.

Temmesjoen vesistöalueelle ei ole toimenpideohjelmassa esitetty yhdyskuntien jätevesien ja turvetuotannon valumavesien käsittelyn tehostamista suunnittelukaudella 2010–2015, vaan nykyisen käytännön mukaiset toimenpiteet on katsottu riittäviksi. Haja- ja loma-asutuksen jätevesien aiheuttaman kuormituksen on arvioitu vähenevän merkittävästi, kun uusi haja-asutuksen jätevesien käsittelyä koskeva lainsäädäntö vaatii kiinteistönomistajia parantamaan jätevesien puhdistusta kiinteistökohtaisilla järjestelmillä tai liittymään viemäriverkkoon. Koska nämä toimenpiteet perustuvat voimassa olevan lainsäädännön vaatimuksiin, niitä ei katsota vesienhoidon suunnittelussa lisätoimenpiteiksi. Maatalouden osalta on lähtökohtana, että nykyisen ympäristötukijärjestelmän mukaisia toimenpiteitä toteutetaan tulevaisuudessa tähänastisessa laajuudessa. Metsätaloudessa nykyiseen käytäntöön kuuluu, että kaikkien metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä toteutetaan vesiensuojelun perusrakenteet (lietekuopat, kaivu- ja perkauskatkot, laskeutusaltaat) ja hakkuiden ja lannoitusten yhteydessä jätetään suojavyöhykkeet vesistöjen varsille. Lisätoimenpiteitä on suunniteltu paljon maa- että metsätaloudelle.

Taulukoissa 5 ja 6 on esitetty Temmesjoen vesistöalueella nykyisin käytetyt vesienhoitotoimenpiteet ja suunnittelut lisätoimenpiteet suunnittelukaudelle 2010–2015. Taulukossa 5 esitetyt toimenpiteet, niiden kokonaismäärät ja kustannukset koskevat vain Temmesjoen vesistöaluetta. Taulukossa 6 on esitetty Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen eteläiselle, Kalajoesta Temmesjokeen ulottuvalle osa-alueelle suunnitellut yhteistoimenpiteet ja niiden kokonaismäärät. Kustannusten osuus Temmesjoen alueella arvioitiin suhteuttamalla vesienhoitoalueen eteläisen osa-alueen kokonaispinta-ala (15 300 km²) Temmesjoen vesistöalueen kokonaispinta-alaan (1 181 km²). Toimenpiteiden kustannukset Temmesjoen vesistöalueella on yhteenlaskettuna noin 6,6 miljoonaa euroa vuodessa.

Taulukko 5. Temmesjoen vesistöalueelle suunnitellut toimenpiteet.

<i>Toimenpide</i>	<i>Nykyiset toimenpiteet (n)/ Lisätoimenpiteet (l)</i>	<i>Kokonaismäärä</i>	<i>Yksikkö</i>	<i>Kustannukset (€/v)</i>
Maatalous				
Suojavyöhykkeet	l	30*	ha	13500
Kosteikot	l	15*	kpl	27000
Laskeutusaltaat	l	8	kpl	14400
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	l	2600*	ha	130000
Turvepeltojen nurmiviljely	l	250*	ha	12500
Säätösalaajitus	l	660*	ha	184500
Ravinnetaseen hallinta/optimaalinen lannoitus	l	22500*	ha	1125000
Vähennetty lannoitus	l	3810	ha	190500
Lietelannan sijoittaminen	l	240	ha	108000
Energiakasvien viljely	l	100	ha	45000
Haja- ja loma-asutuksen jätevedet				
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	n	391*	kiinteistö	152600
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	n	1011*	kiinteistö	526700
Nykyisten haja-asutuksen kiinteistökohtaisten järjestelmien käyttö ja ylläpito	n	337	kiinteistö	67400
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	n	108*	kiinteistö	28100
Nykyisten loma-asutuksen kiinteistökohtaisten järjestelmien käyttö ja ylläpito	n	325	kiinteistö	32500
Yhdyskunnat				
Viemäröinnin laajentaminen kaava-alueille	n	888	asukas	109800
Viemärlaitoksen käyttö ja ylläpito	n	10037	asukas	1505600
Turvetuotanto				
Vesiensuojelun perusrakenteet uusille tuotantoalueille	n	174	tuotantoha	14600
Vesiensuojelun perusrakenteiden käyttö ja ylläpito	n	625	tuotantoha	37500
Uusien tuotantoalueiden pintavalutuskentät pumpaamalla	n	174*	tuotantoha	20600
Pumpulla toteutettavien pintavalutuskenttien käyttö ja ylläpito	n	489	tuotantoha	14700
Vesistöjen kunnostus, säännöstely ja rakentaminen				
Virtavesien elinympäristökunnostus	l	3	vesimuodostuma	1800
YHTEENSÄ (kuormitusvähennys/kustannukset)		9 %**		4 362 300

* Toimenpidemäärä syötetty KUTOVAan TPO-vaihtoedossa

** KUTOVAan syötettyjen toimenpiteiden kuormitusvähennys koko Temmesjoella syntyvästä fosforikuormasta

Taulukko 6. Oulujoen-lijoen vesienhoitoalueen suunnitellut yhteistoimenpiteet. Taulukossa kokonaisuudella tarkoitetaan eteläisille vesistöille arvioitua toimenpiteiden määrää. Kustannukset on ositettu Temmesjoen alueelle pinta-alojen suhteella.

Toimenpide	Nykyiset toimenpiteet (n)/ Lisätoimenpiteet (l)	Kokonais- määrä	Yksikkö	Kustannukset (€/v) Temmesjoen alueella
Maatalous				
Nykyisen ympäristötuen mukaiset toimet	n	1	tuki	1783700
Tiedotus ja koulutus tiloille		715	kpl/v	16500
Metsätalous				
Hakkuiden suojavyöhykkeet	n	618	ha	18200
Lannoituksen suojakaistat kivennäismailla	n	120	ha	1400
Koulutus ja neuvonta		290	kpl/v	3300
Kunnostusojituksen vesiensuojelun perusrakenteet	n	98300	ha	29700
Metsätalouden eroosiohaittojen torjunta	n+l	90	kpl	4700
Kunnostusojituksen tehostettu vesiensuojelu		1032	kpl	27100
Tehostettu vesiensuojelusuunnittelu		2400	ha/v	900
Happamuuden torjunta				
Kuivatusolojen säätö		30000	ha	346500
Sulfaattimaiden täsmäkartoitus		17000	ha/v	39300
Koulutus ja neuvonta		250	kpl/v	5800
Vesistöjen kunnostus, säännöstely ja rakentaminen				
Valuma-alueen vedenpidätyskyvyn parantaminen		1	kpl	600
Pienten järvien kunnostus	n+l	13	kohde	4000
Pienten järvien kunnostuksen tarveselvitys ja suunnittelu		3	kohde	300
Purojen kunnostukset		2	kohde	600
Purojen kunnostustarveselvitys		1	kohde	600
KUSTANNUKSET YHTEENSÄ (euroa/vuosi)				2 283 200

3 Käytetyt aineistot

3.1 Kuormituksen arvioiminen

Kuormituksen arvioinnissa käytettiin VEMALA-mallia (Vesistömallijärjestelmän kuormituslaskentaosio), jolla arvioitiin valuma-alueelta tuleva fosforin kokonaiskuormitus. VIHMA-mallilla arvioitiin maatalouden kuormituksen suuruus. VEPS-järjestelmän avulla kuormitus ositettiin eri kuormituslähteisiin.

3.2 Maankäyttötiedot

Maatalous

Temmesjoen vesistöalueen kokonaispeltopinta-ala sekä syysviljojen ja nurmien alat arvioitiin Maa-seutuviraston ja maa- ja metsätalousministeriön (MAVI/TIKE) peltolohkorekisterin vuoden 2008 tietojen avulla.

Metsätalous

Metsätalouden toimenpidetiedot on kerätty Pohjois-Pohjanmaan alueellisen metsäohjelman seuranta-tiedoista vuosilta 2006–2010. Metsäohjelmassa Pohjois-Pohjanmaa on käsitelty yhtenä kokonaisuutena. Temmesjoen osuus maakunnan kokonaisuudesta on arvioitu suhteuttamalla Poh-

jois-Pohjanmaan metsien kokonaispinta-ala (3 524 000 ha) Temmesjoen valuma-alueen metsien kokonaispinta-alaan (93 166 ha). Hakkuiden osalta on otettu huomioon toteutuneet hakkuupinta-alat, johon sisältyvät avohakkuut ja luontaisen uudistamisen hakkuut. Laskelmissa on oletettu, että metsätalouden toimenpiteiden kuormitusvaikutus kestää 10 vuotta. Koska toteutumatiiedot ovat viideltä vuodelta, on hakkuiden toteutumapinta-alat kerrottu kahdella, että on saatu likimääräinen hakkuiden kokonaisala 10 vuoden ajalta.

Kunnostusojitusalat on kerätty Ympäristöhallinnon VESTY-tietojärjestelmästä. Laskelmissa on käytetty yhteenlaskettua ojitusalaa aikaväliltä 2002–2011, koska ojitusten kuormitusvaikutuksen on arvioitu kestävän 10 vuotta.

Turvetuotanto

Temmesjoen vesistöalueen turvetuotannon tiedot on kerätty VAHTI-, Valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä. Turvesoiden kokonaispinta-alaan on laskettu mukaan suot, jotka ovat järjestelmän tietojen mukaan joko "Tuotannossa" tai "Tuotantokunnossa".

Haja-asutus

Viemäröimättömän haja- ja loma-asutuksen määrä on kerätty Ympäristöhallinnon VEPS-, vesistökuormitusjärjestelmästä.

3.3 Reduktiotiedot

Waterpraxis-hankkeen yhteydessä on arvioitu VIHMA-mallilla maatalouden viljelykäytäntöjen muutosten ja vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia fosforikuormitukseen Temmesjoen vesistöalueella. Tulokset on esitetty erillisessä raportissa (Väisänen 2011), jonka avulla koottiin KUTOVA-mallin tarvitsemat maatalouden reduktiotiedot (taulukko 7).

Taulukko 7. Maatalouden toimenpiteiden reduktiot Temmesjoen vesistöalueella (Väisänen 2011).

Toimenpide	Reduktio %
Suojavyöhykkeet	1 %
Kosteikko	12 kg/kosteikko
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	5 %
Monivuotinen nurmiviljely	0 %
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	11 %

Turvetuotannon, metsätalouden ja haja-asutuksen reduktiotietoina käytettiin mallin oletustietoja, jotka on arvioitu VHS-työhön laadittujen ohjeistojen, saatavilla olevien tutkimusten ja haja-asutuksen jätevesiasetuksessa määrättyjen puhdistustehojen perusteella.

4 Tehdyt tarkastelut ja niiden tulokset

Tarkastelut Temmesjoen vesistöalueen aineistoilla tehtiin kolmella erilaisella KUTOVA-laskentamallin versiolla. Ensimmäinen tarkastelu tehtiin mallin perusversiolla, joka on kehitetty Kavianjoen tulevaisuustarkastelut -hankkeessa (luku 4.1).

Tehdyissä tarkasteluissa todettiin, että alkuperäisessä KUTOVA-laskentamallin versiossa on systemaattinen virhe luonnonhuuhtouman laskennassa. Virhe johtuu kuormituksen arviointimenetelmien erilaisista arviointitavoista. VIHMA- ja VEMALA-malleissa luonnonhuuhtouma sisältyy mallien antamiin kuormituslukuihin, mutta VEPS erottelee luonnonhuuhtouman erikseen, mutta samalla se vähentää yhtä suurella määrällä metsätalouden kuormitusosuutta. Tämä virhe vääristää luonnonhuuhtouman ja metsätalouden kuormitusosuuksia. Tehdyissä tarkasteluissa todettiin, että alkuperäisessä KUTOVA-laskentamallin versiossa on systemaattinen virhe luonnonhuuhtouman laskennassa. Virhe johtuu kuormituksen arviointimenetelmien erilaisista arviointitavoista. VIHMA- ja VEMALA-malleissa luonnonhuuhtouma sisältyy mallien antamiin kuormituslukuihin, mutta VEPS erottelee luonnonhuuhtouman erikseen, mutta samalla se vähentää yhtä suurella määrällä metsätalouden kuormitusosuutta. Tämä virhe vääristää luonnonhuuhtouman ja metsätalouden kuormitusosuuksia. Luonnonhuuhtouman laskenta korjattiin mallin toiseen versioon (luku 4.2).

Lisäksi todettiin, että metsätalouden vesienhoitotoimenpiteet on alkuperäisessä KUTOVA-versiossa esitetty hyvin yleisesti. Kaikki tärkeimmät vesiensuojelurakenteet (pintavalutus kentät, kosteikot, pohja- ja putkipadot) on mallissa yhdeksi toimenpiteeksi, vaikka ne ovat ominaisuuksiltaan ja puhdistustehoiltaan erilaisia. Metsätalouden laskentamenetelmän korjaamiseksi tarvitaan tietoa eri vesiensuojelurakenteiden puhdistustehoista ja vesiensuojelutoimenpiteiden lukumääristä, jotka olisi mahdollista alueelle toteuttaa. Kolmannessa tarkastelussa KUTOVA-laskentaa kehitettiin edelleen metsätalouden osalta (luku 4.3).

KUTOVA-mallilla arvioitiin, kuinka paljon fosforikuormitusta olisi Temmesjoen vesistöalueella mahdollista enintään vähentää toimenpideohjelmassa esitetyillä vesiensuojelutoimenpiteiden kustannuksilla. Arvioiduista kokonaiskustannuksista (kts. taulukot 6 ja 7) eli noin 6,6 miljoonasta eurosta vähennettiin vesistöjen kunnostukseen, säännöstelyyn ja rakentamiseen ja happamuuden torjuntaan liittyvien toimenpiteiden sekä nykyisen maatalouden ympäristötuen mukaisten toimenpiteiden kustannukset, jolloin ravinnekuormitusta vähentävien vesiensuojelutoimenpiteiden kustannuksiksi saatiin 2,2 miljoonaa euroa. Laskennassa rajoituksena voitaisiin käyttää myös toimenpiteillä saavutettavaa vaikutusta, esimerkiksi fosforikuormituksen vähenemistavoitetta.

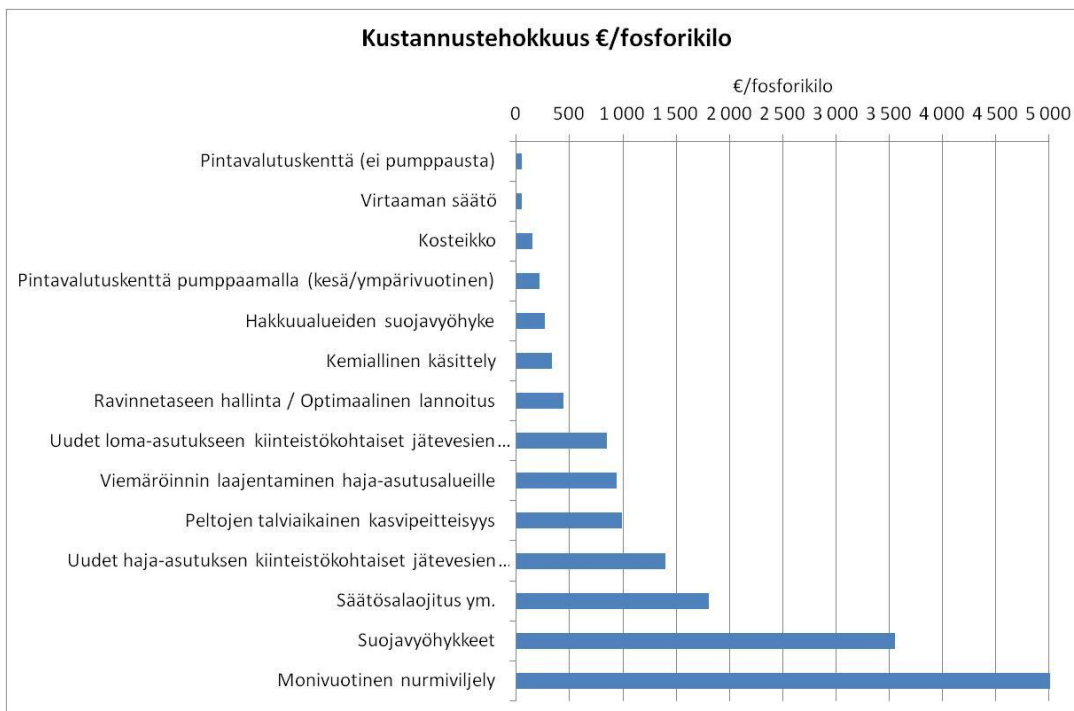
4.1 Versio 1

Ensimmäisessä tarkastelussa käytettiin mallin perusversiota, joka on kehitetty Karvianjoen tulevaisuustarkastelut -hankkeessa.

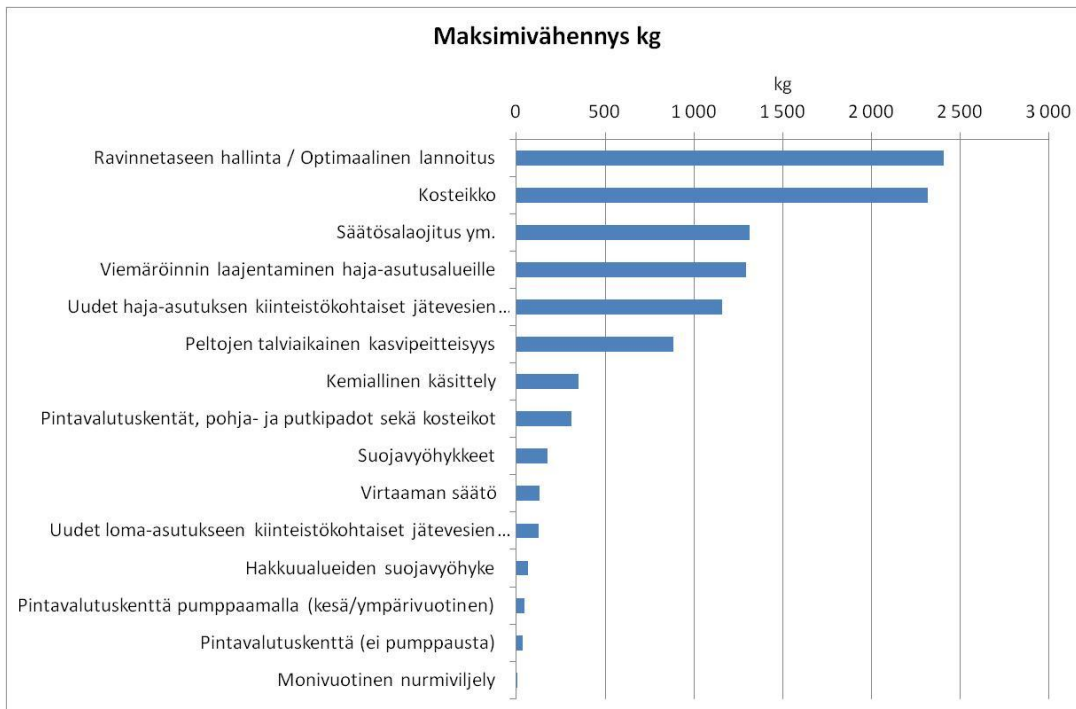
Tähän versioon korjattiin seuraavat kohdat laskentataulukoista:

- Välilehdeltä "Sektorikuormitus"
 - VIHMA-mallin laskentakaavat (solut C5-C7)
 - Haja-asutuksen laskentakaavat (solut D13-D14)
- Välilehdeltä "Lähtötiedot"
 - (solut H5-H7)

Toimenpiteiden kustannustehokkuus (€/kg) arvioitiin kustannusten ja kuormituksen vähenemän suhteena (kuva 7). Tarkastelussa oletettiin, että toimenpidettä toteutetaan maksimimäärä valuma-alueella. Turvetuotannon toimenpiteet pintavalutuskenttä (ilman pumppausta) ja virtaaman säätö arvioitiin kustannustehokkaimmiksi toimenpiteiksi. Niiden kuormituksen vähennyspotentiaali (kg) ei kuitenkaan ole suuri (kuva 8). Maatalouden toimenpiteistä kosteikko arvioitiin kustannustehokkaimmaksi. Sen kilomääräinen vähennyspotentiaali on toiseksi suurin tarkastelluista toimenpiteistä. Eniten kuormitusta voidaan kilomääräisesti vähentää optimaalisella lannoituksella. Peltojen loivuuden ja korkeiden fosforilukujen vuoksi nurmiviljely lisää liukoisen fosforin kuormitusta ja siitä syystä monivuotinen nurmiviljely ei ole Temmesjoen alueella tehokas toimenpide (arvioitu kustannustehokkuus 490 000 €/kg).



Kuva 7. Toimenpiteiden kustannustehokkuus Temmesjoen vesistöalueella.



Kuva 8. Toimenpiteillä saavutettava maksimivähennys (kg) fosforikuormituksesta.

Toimenpiteet valittiin toteutettaviksi kustannustehokkuusjärjestyksessä. Kunkin toimenpiteen valinnan jälkeen päivitettiin sen vaikutus kuormitukseen, jolloin joidenkin toimenpiteiden kustannustehokkuus muuttui. Valintaa jatkettiin niin kauan, kunnes saavutettiin toimenpideohjelmassa esitetyt kustannukset eli 2,2, miljoonaa euroa. Taulukossa 8 on esitetty Temmesjoen alueelle valitut kustannustehokkaimmat toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät. Kustannustehokkaimmalla toimenpideyhdistelmällä voidaan arvion mukaan vähentää fosforikuormitusta Temmesjoen vesistöalueella noin 16 %. Taulukossa 9 on esitetty, paljonko valituilla toimenpiteillä voitaisiin vähentää eri sektorien kuormitusta sekä alueen kokonaiskuormitusta.

Taulukko 8. Kustannustehokkaimmat toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät Temmesjoen vesistöalueella Versiossa 1.

Toimenpide	Toteutettava määrä	yksikkö	Kustannustehokkuus €/kg
Virtaaman säätö	455	tuotanto-ha	54
Kosteikko	196	kpl	150
Hakkuualueiden suojavyöhyke	45	ha	265
Ravinnetaseen hallinta/optimaalinen lannoitus	21276	ha	442
Kemiallinen käsittely	455	tuotanto-ha	472
Säätösalaojitus	2246	ha	757

Taulukko 9. Toimenpideyhdistelmän vaikutukset ulkoiseen kuormitukseen.

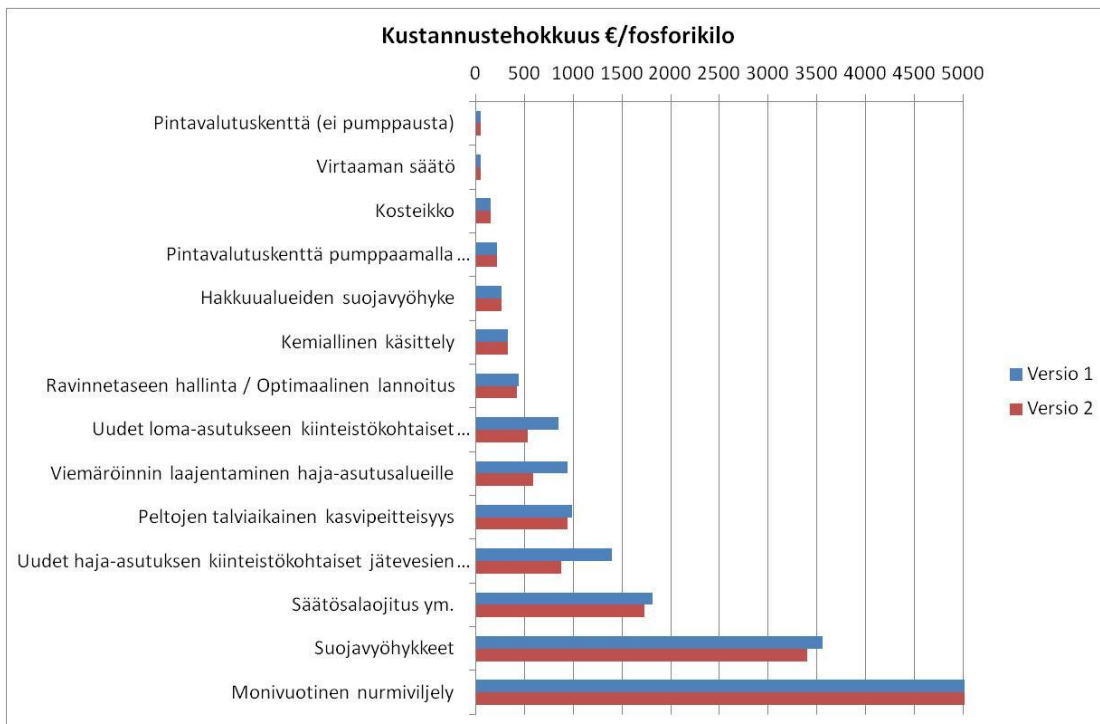
Sektor	Toimenpiteillä saatava kuormitusvähennys (%)
Maatalous	25 %
Metsätalous	3 %

Haja- ja loma-asutuksen jätevedet	0 %
Turvetuotanto	86 %
Kokonaiskuormitus	16 %

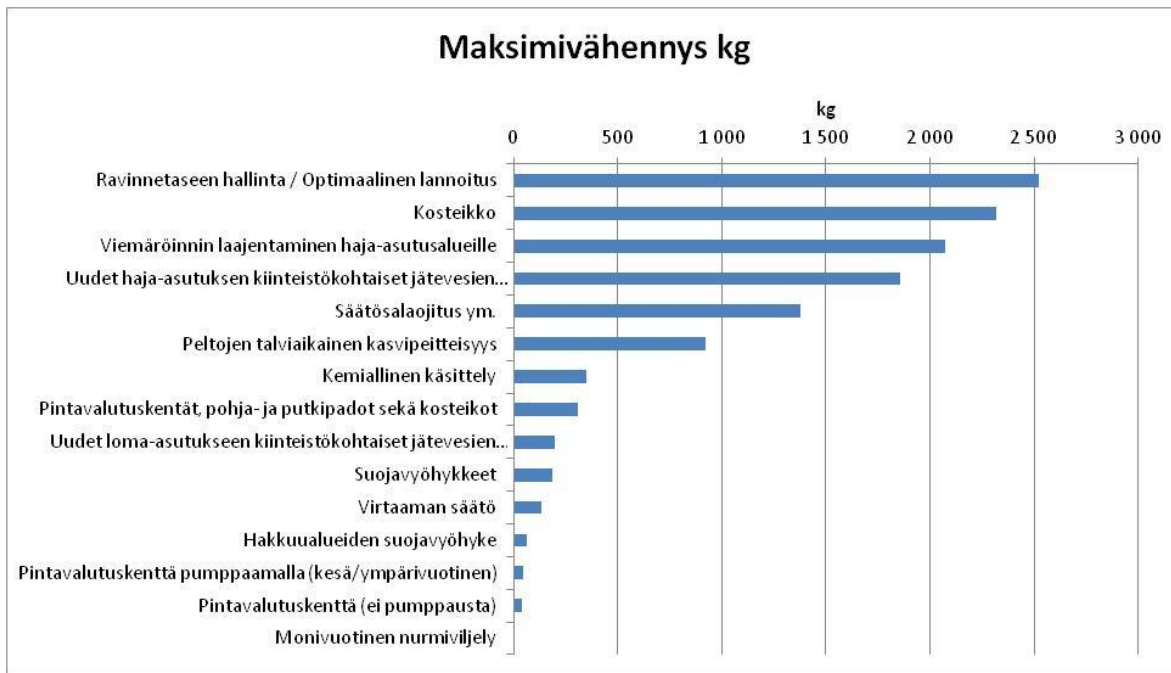
4.2 Versio 2

Toiseen versioon korjattiin luonnonhuuhtouman laskennan virhe. Laskennassa käytettiin lähtötietona VEMALAn antamaan arviota alueen kokonaiskuormituksesta, joka ositettiin eri sektoreille VEPSin kuormitusjakauman avulla. Maatalouden kuormitus ositettiin VIHMA-mallilla.

Laskentaan tehdyt muutokset vaikuttavat siten, että maatalouden ja haja-asutuksen lähtökuormitukset kasvavat verrattuna Versioon 1. Maatalouden lähtökuormituksen kasvu ei ole suuri, noin 4,6 %, mutta haja- ja loma-asutuksen lähtökuormitus kasvaa 60 %, kun sektorikohtainen kuormituksen arviointi tehdään VEPSin perusteella. Lähtökuormituksen kasvu taas vaikuttaa siihen, että haja- ja loma-asutuksen toimenpiteiden kustannustehokkuus paranee, koska maksimissaan vähennettävän kuormituksen määrä kasvaa (kuvat 9 ja 10).



Kuva 9. Toimenpiteiden kustannustehokkuus Temmesjoen vesistöalueella KUTOVAN laskentaversioilla 1 ja 2.



Kuva 10. Toimenpiteillä saavutettava maksimivähennys (kg) fosforikuormituksesta.

Versiossa 2 kustannustehokkaimpien valittujen toimenpiteiden joukkoon nousevat haja- ja loma-asutuksen toimenpiteistä uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät ja viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille (taulukko 10). Version 2 toimenpideyhdistelmällä voidaan arvion mukaan vähentää fosforikuormitusta Temmesjoen vesistöalueella noin 17 % (taulukko 11).

Taulukko 10. Kustannustehokkaimmat toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät Temmesjoen vesistöalueella Versiossa 2.

Toimenpide	Toteutettava määrä	yksikkö	Kustannustehokkuus €/kg
Virtaaman säätö	455	tuotantoha	54
Kosteikko	196	kpl	150
Hakkuualueiden suojavyöhyke	45	ha	265
Ravinnetaseen hallinta/optimaalinen lannoitus	21276	ha	422
Kemiallinen käsittely	455	tuotantoha	472
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	407	kiinteistöä	530
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	1337	kiinteistöä	585

Taulukko 11. Toimenpideyhdistelmän vaikutukset ulkoiseen kuormitukseen.

Sektori	Toimenpiteillä saatava kuormitusvähennys (%)
Maatalous	21 %
Metsätalous	3 %
Haja- ja loma-asutuksen jätevedet	44 %
Turvetuotanto	86 %
Kokonaiskuormitus	17 %

4.3 Versio 3

Versiossa 3 toista versiota kehitettiin metsätalouden vesiensuojelurakenteiden laskennan osalta. Todettiin, että metsätalouden vesiensuojelurakenteiden osalta on hankala arvioida niiden realistista toteutusmäärää ilman laajoja paikkatietoanalyysyjä. Jotta laskenta pysyisi yksinkertaisena ja työmäärältään järkevänä, arviointimenetelmiä päätettiin yksinkertaistaa.

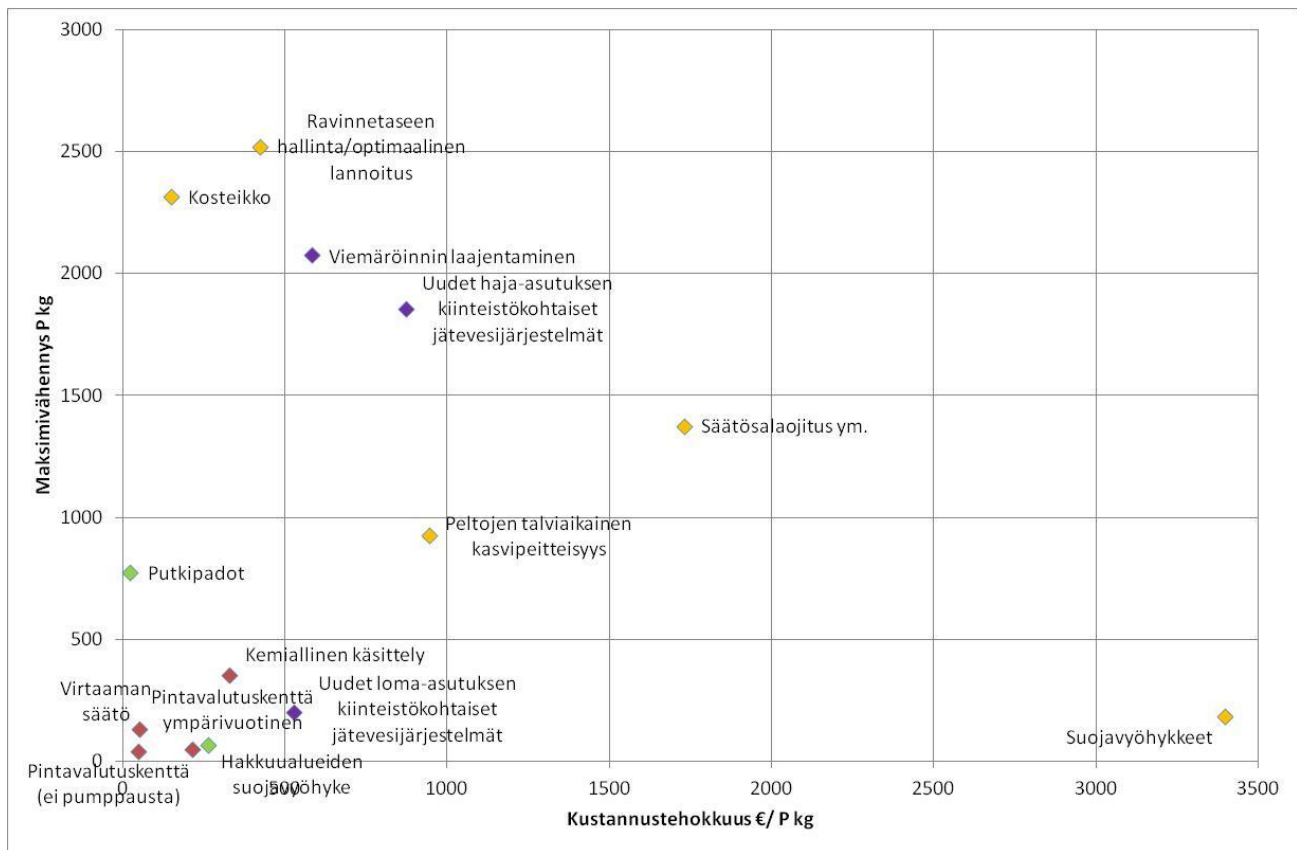
Mallia kehitettiin metsätalouden putkipatojen osalta seuraavasti:

- Vuosittaisen ojitusalun määrittäminen
 1. Oletetaan, että metsäojitukset kivennäismailla eivät lisää fosforikuormitusta. Määritetään turvemaiden olevien ojitusalueiden pinta-ala / turvemaiden olevien metsien osuus koko metsämaan pinta-alasta (Temmesjoella 50 %).
 2. Määritetään vuosittaiset keskimääräiset ojitusmäärät ottamalla VESTY-tietojärjestelmästä ojitustiedot 10 viime vuoden ajalta (Temmesjoella 1070ha/v). Oletetaan, että koko ojituspinta-ala jakautuu tasan kaikille metsämaille, joten Temmesjoelle saadaan ojitusmääräksi turvemaiden 534 ha/v.
- Putkipatojen määrä:
 1. Oletetaan, että jokaiselle ojitusalueelle sijoitettaisiin 1 putkipato / 10 ha ojitusalue. Tätä lukua voi muuttaa mallissa.
- Fosforikuormituksen reduktio putkipadoilla
 1. Marttilan (2010) väitöskirjan mukaan putkipatojen aiheuttama reduktio on 30-67 % kokonaisfosforikuormituksesta. Mallissa päätettiin käyttää keskimääräistä reduktiota 50 %.
- Lasketaan keskimääräinen reduktio (kg fosforia/putkipato) analogisesti vastaavalla tavalla kuin maatalouskosteikkojen vaikutus mallissa lasketaan.
- Toimenpiteen kustannuksia ei muutettu alkuperäisestä, joten ainakin tältä osin toimenpidettä tulisi vielä tarkentaa.

Version 3 laskentataulukkoon tehtiin seuraavat muutokset:

- Alkuperäisessä versiossa ollut metsätalouden vesiensuojelutoimenpide "pintavalutuskentät, kosteikot, pohja- ja putkipadot" korvattiin versiossa 3 kaikilta tarvittavilta välilehdiltä muotoon "putkipadot".
- Välilehdelle "Lähtötiedot" maksimialoihin lisättiin kohta, jossa on putkipatojen maksimimäärä (solu F22-H22) ja valuma-aluekohtaisiin reduktioihin kohta, jossa on putkipadon reduktiotieto (solut J11-L11). Putkipatojen maksimimäärä ja reduktiotieto luetaan välilehdeltä "Toimenpideyhdistelmä" (solut E26 ja E28).
- Päivitettiin laskentataulukkoa siten, että linkitykset välilehdittäin toimivat (solut, joihin muutoksia on tehty, on korostettu versiossa 3 sinisellä värillä).

Versiolla 3 tehdyn tarkastelun perusteella metsätalouden putkipadot arvioitiin kustannustehokkaimmaksi toimenpiteeksi ja sen jälkeen tulisivat turvetuotannon toimenpiteet (kuva 11). Kilomääräinen kuormituksen vähennyspotentialiaali on metsätalouden putkipadolla selvästi suurempi kuin turvetuotannon toimenpiteillä. Maatalouden toimenpiteistä kosteikko arvioitiin kustannustehokkaimmaksi ja sen kilomääräinen vähennyspotentialiaali on toiseksi suurin tarkastelluista toimenpiteistä. Eniten kuormitusta voidaan kilomääräisesti vähentää optimaalisella lannoituksella.



Kuva 11. Toimenpiteiden kustannustehokkuus (€/ P kg) ja toimenpiteillä saavutettava maksimi fosforikuormituksen vähenemä (kg) Temmesjoen vesistöalueella. Kuvaajassa keltaisella värillä on merkitty maatalouden toimenpiteet, violetilla värillä haja- ja loma-asutuksen toimenpiteet, punaisella värillä turvetuotannon toimenpiteet ja vihreällä värillä metsätalouden toimenpiteet.

Versiossa 3 kustannustehokkaimpien valittujen toimenpiteiden joukkoon nousevat versioon 2 verrattuna metsätalouden putkipadot (taulukko 12). Version 3 toimenpideyhdistelmällä voidaan arvioida vähentää fosforikuormitusta Temmesjoen vesistöalueella noin 19 % (taulukko 13).

Taulukko 12. Kustannustehokkaimmat toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät Temmesjoen vesistöalueella Versiossa 3.

Toimenpide	Toteutettava määrä	yksikkö	Kustannustehokkuus €/kg
Putkipadot	53	kpl	24
Virtaaman säätö	455	tuotantoha	54
Kosteikko	196	kpl	150
Hakkuualueiden suojavyöhyke	45	ha	265
Ravinnetaseen hallinta/optimaalinen lannoitus	21276	ha	422
Kemiallinen käsittely	455	tuotantoha	472
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	407	kiinteistöä	530
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	1290	kiinteistöä	585

Taulukko 13. Toimenpideyhdistelmän vaikutukset ulkoiseen kuormitukseen.

Sektori	Toimenpiteillä saatava kuormitusvähennys (%)
Maatalous	21 %
Metsätalous	38 %
Haja- ja loma-asutuksen jätevedet	43 %
Turvetuotanto	86 %
Kokonaiskuormitus	19 %

5 Johtopäätökset

Kolmella eri kehitysversiolla lasketuista tuloksista nähdään, että laskentamalli on herkkä sille, miten lähtökuormitukset arvioidaan (taulukko 14). Kokonaiskuormitus voidaan arvioida luotettavasti VEMALA-mallilla, mutta ratkaisevaa on, miten kuormitus ositetaan eri kuormituslähteisiin. Käytämällä VEPSin antamaa kuormitusjakaumaa haja- ja loma-asutuksen jätevesien käsittely nousee kustannustehokkaimpien toimenpiteiden joukkoon Temmesjoella, jossa niiden osuus kokonaiskuormituksesta on 10 % luokkaa. Eri versioilla laskettujen kustannustehokkaimpien toimenpiteiden yhdistelmien kokonaisvaikutukset ulkoiseen kuormitukseen eivät eroa merkittävästi toisistaan, mutta sektoreiden sisällä erot voivat olla hyvin merkittäviä.

Taulukko 14. Eri kehitysversiolla laskettujen toimenpideyhdistelmien vaikutukset ulkoiseen kuormitukseen.

Sektori	Toimenpiteillä saatava kuormitusvähennys (%)		
	Versio 1	Versio 2	Versio 3
Maatalous	25 %	21 %	21 %
Metsätalous	3 %	3 %	38 %
Haja- ja loma-asutuksen jätevedet	0 %	44 %	43 %
Turvetuotanto	86 %	86 %	86 %
Kokonaiskuormitus	16 %	17 %	19 %

VEMALA-mallia on kehitetty sen jälkeen, kun Temmesjoen tarkastelut on tehty. Mallin nykyinen versio jakaa kuormituksen useampiin kuormituslähteisiin. Uusia kuormituslähteitä ovat turvetuotanto, pistekuormitus ja laskeuma (yhteenlaskettuina). Muuhun kuormaan sisältyvät nykyisessä versiossa metsätalouden kuormitus ja luonnonhuuhtouma muilta kuin peltoalueilta. Nämä muutokset on otettava huomioon KUTOVA-mallin kehitystyössä.

Suosittellemme, että VEMALA-mallia käytetään kuormituksen kokonaismäärien arvioinnin pohjana. Kuormituksen ositusmenetelmän vaikutuksen arvioimiseksi lopputuloksiin on syytä tehdä herkkystarkasteluja. Jos kohdealueelta on tarkempaa mitattua tietoa kuormituksesta, on sitä syytä käyttää laskelmissa.

6 Esille tulleita kehitystarpeita

Työn yhteydessä nousi esille myös muita jatkokehitystarpeita. Osa niistä liittyy mallin laskentaperiaatteisiin ja osa mallin käytettävyyteen ja selkeyteen.

Välilehdellä "Lähtötiedot" olisi hyvä muuttaa otsikko "Maksimialat" muotoon "Maksimimäärät", koska kaikkien toimenpiteiden toteutusmääriä ei ilmaista pinta-aloina. Lisäksi tulisi tarkentaa, mitä pinta-alaa tarkoitetaan minkäkin toimenpiteen kohdalla (toimenpiteen toteutuspinta-ala vai toimenpiteen vaikutusala (=yläpuolinen valuma-alue)). Sarakkeeseen tulisi lisätä yksiköt käytön selkeyttämiseksi.

Mallin tulosten graafista esittämistapaa voisi kehittää esim. niin, että tulokset esitetään myös nelikenttänä.

7 Lähteet

Kunnari, E. 2008. Vesipuidedirektiivin mukainen kustannustehokkuusanalyysi maatalouden vesienhoitotoimenpiteille Excel-sovelluksena. Pro gradu. Helsingin yliopisto.

Marttila, H. 2010. Managing erosion, sediment transport and water quality in drained peatland catchments. Väitöskirja. Oulun yliopisto.

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus & Kainuun ympäristökeskus. 2009. Oulujoen – lijoen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuoteen 2015. Yhteistyöllä parempaan vesienhoitoon. Ympäristöministeriö. 216 s. www.ymparisto.fi > Ympäristönsuojelu > Vesiensuojelu > Vesienhoitoalueet > Oulujoen – lijoen vesienhoitoalue > Vesienhoitosuunnitelma [viitattu 30.11.2011]

Väisänen, S. 2011. Temmesjoen VIHMA- ja KUTOVA-tarkastelut. Työraportti.