



Suomen ympäristökeskus

Kustannustehokkaat vesiensuojelutoimenpiteet Lapuanjoen vesistöalueella

Turo Hjerppe
1.7.2013

Sisällysluettelo

1	Johdanto	2
2	KUTOVA-malli	3
2.1	Kustannukset	4
2.2	Reduktiot	5
2.3	Lähtökuormitus	5
2.4	Toimenpiteen maksimiala	6
2.5	Toimenpideyhdistelmät	6
2.5.1	Toimenpiteiden käyttöön liittyvät rajoitukset	7
2.6	Toimenpiteiden väliset yhteydet	7
2.7	Laskentatapa	8
2.8	Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu	9
3	Lähtötiedot	12
4	Tulokset.....	12
4.1	Koko Lapuanjoen vesistöalue	13
4.1.1	Yksittäiset toimenpiteet.....	13
4.1.2	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä	15
4.1.3	Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä.....	18
4.1.4	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla	18
4.2	Osavalue-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen	19
4.3	Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet	22
5	Tulevaisuuskuvat	24
6	Vertailu muihin pilottialueisiin	26
7	Yhteenveto	28
	Lähteet.....	29
	LIITE 1. KUTOVA-mallin laskennassa käytetyt kustannukset, niiden perustelut ja jakautuminen eri toimijoille.....	31
	LIITE 2. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-mallissa ja niiden perustelut.	34
	LIITE 3. Toimenpiteiden lähtökuormituksen määrittäminen.	36
	LIITE 4. Toimenpiteiden maksimialojen määrittäminen KUTOVA-mallissa.	37
	LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Lapuanjoen vesistöalueella.	38

1 Johdanto

Tämä tutkimus on osa SYKEN toteuttamaa EU LIFE+ -rahoitteista GisBloom-hanketta. Hankkeen tavoitteena on parantaa vesien tilaa huomioiden vesipuitedirektiivin tavoitteet. Lisäksi hankkeessa kehitetään ja sovelletaan menetelmiä leväkukintojen vähentämiseksi ja pyritään lisäämään kansalaisten sekä järjestöjen osallistumista vesistöjen kehittämiseen. Yksi hankkeen pääteemoista on sosio-ekonomiset tarkastelut, joka käsittää muun muassa vesiensuojelun kustannus-hyötytarkastelun. Kustannustehokkaiden vesiensuojelutoimenpiteiden valintatyökalulla (KUTOVA) voidaan tarkastella vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuutta sekä muodostaa kustannustehokkaita vesiensuojelutoimenpiteitä. KUTOVA-malli on alun perin kehitetty ainoastaan maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuustarkasteluun Pro Gradu -työnä (Kunnari 2008). Mallia on kehitetty edelleen Karvianjoen tulevaisuustarkastelut (KarTuTa) ja GisBloom-hankkeissa muun muassa lisäämällä siihen toimenpiteitä myös muilta sektoreilta. GisBloom hankkeessa KUTOVA-mallia sovelletaan Lapuanjoen vesistöalueen lisäksi Hiidenvedellä, Pien-Saimaalla, Vanajavedellä ja Vantaanjoella. Lisäksi mallia on aiemmin sovellettu Karvianjoella, Paimionjoella sekä Temmesjoella.

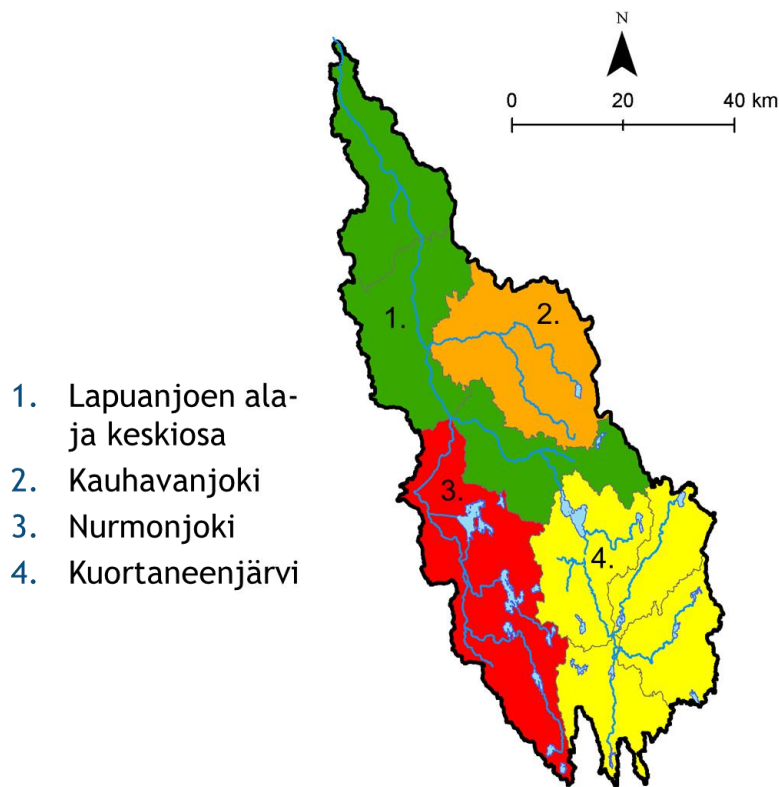
Lapuanjoen vesistöalue (nro 44) on läntisen Suomen kolmanneksi suurin vesistöalue (4122 km²) (Haukilehto ym. 2011). Se sijaitsee Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan maakunnissa, etupäässä Uusikaarlepyyn, Kauhavan, Lapuan, Alajärven, Seinäjoen, Kuortaneen ja Alavuden kuntien alueilla. Lapuanjoki on merkittävä Pohjanmaan valtavirta, ja pituutta joen pääuomalla on noin 170 km. Lapuanjoen tärkeimmät sivuhaarat ovat Nurmonjoki (65 km) ja Kauhavanjoki (44 km). Lapuanjoen vesistöalueella on vähän järviä, hieman alle 3 % pinta-alasta, ja järvet ovat keskittyneet pääasiassa alueen yläosalle Suomenselän seudulle. Luonnonjärvistä 12 ja tekojärvistä kolme on säännösteltyjä (Bonde ym. 2012).

Lapuanjoki on aikoinaan ollut merkittävä vaelluskalajoki. Padon rakentaminen jokisuulle 1920-luvulla katkaisi kuitenkin lohen, taimenen, vaellussiian ja nahkiaisen nousun joen yläjuoksulle (Nuotio 2008). Nykyisin lohikalojen säilyminen joessa on suurelta osin riippuvainen istutuksista. Latvapuroissa esiintyy kuitenkin paikoitellen purotaimia ja rapuja (Bonde ym. 2012).

Lapuanjoen ongelmia vedenlaadun suhteen ovat runsaasta ravinnekuormituksesta johtuva rehevyys sekä happamien sulfaattimaiden kuivatuksesta ja ojituksista johtuva ajoittainen happamuus (Nuotio 2008). Merkittävä osa Lapuanjoen vesistöihin tulevasta ravinne- ja orgaanisesta kuormituksesta on peräisin maa- ja metsätaloudesta. Peltojen osuus vesistöalueen maankäytöstä on 23 % (Bonde ym. 2012) ja maanviljely on keskittynyt erityisesti Lapuanjoen tasaiselle keskiosalle (Haukilehto ym. 2011). Myös suuret virtaamanvaihtelut ja tulvimisherkyys ovat tunnusomaisia Lapuanjoelle ja

tulvasuojelua varten tehdyt perkaukset, pengerrykset ja muut rakenteelliset muutokset ovat yksipuolistaneet Lapuanjoen uomaa (Bonde ym. 2012). Rakenteellisten muutosten vuoksi Nurmonjoen alaosa ja Lapuan taajaman alapuolinen jokiuoma on nimetty voimakkaasti muutetuiksi vesistöiksi.

Tässä raportissa kuvataan vesienhoidon kustannustehokkuustarkastelu koko Lapuanjoen vesistöalueelle, sekä kuvassa 1 esitetyille Lapuanjoen osavaluma-alueille erikseen. Osavaluma-alueita ovat Lapuanjoen ala- ja keskiosa, Kauhavanjoki, Nurmonjoki sekä Kuortaneenjärven valuma-alue.



© SYKE © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12

Kuva 1. Lapuanjoen vesistöalue ja KUTOVA-tarkastelun osavaluma-alueet.

2 KUTOVA-malli

KUTOVA -malli laskee vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden eli hintalapun yhden fosforikilon vähentämiseksi. Malli sisältää toimenpiteitä maatalouden, metsätalouden, haja-asutuksen ja turvetuotannon sektoreilta. Mallin lähtötietoja ovat kuormitus sektoreittain, toimenpiteiden maksimialat ja maatalouden toimenpiteiden osalta toimenpiteiden reduktiot. Lähtötiedot kerätään pääasiassa Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän vedenlaatu osiosta (VEMALA), viljelyalueiden valumavesien hallintamallista (VIHMA), Suomen ympäristö-

keskuksen vesistökuormitusjärjestelmästä (VEPS) ja valvonta- ja kuormitustietojärjestelmästä (VAHTI). Metsätalouden toimenpiteiden osalta lähtötietoja (hakkuuala ja kunnostusojitusala) täytyy pyytää metsäkeskukselta. Malliin on lisäksi sisällytetty tietoa toimenpiteiden kustannuksista ja reduktioista.

Nykyisen KUTOVA-mallin taustalla on varhaisempi KUTOVA-malli, joka kehitettiin Suomen ympäristökeskuksen toimeksiantona. Työn taustalla oli tarve kehittää työkalu Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin edellyttämien vesienhoitotoimenpiteiden kustannustehokkuusanalyysiä varten (Kunnari 2008). Alkuperäinen KUTOVA-malli oli Excel-pohjainen työkirja, joka oli ohjelmoitu Visual Basic for Applications -ohjelmointikielellä. KUTOVA-mallin ongelmana oli se, että siihen sillä oli mahdollista tarkastella vain hyvin rajallista toimenpidejoukkoa. Lisäksi se oli käyttäjän kannalta vaikeaselkoinen ja raskas.

KUTOVA:n perustalta lähdettiin Karvianjoen tulevaisuustarkastelut (KarTuTa) -hankkeessa kehittämään uutta KUTOVA+ mallia. Kehittämisessä tavoitteena oli parantaa mallin läpinäkyvyyttä ja käyttäjän mahdollisuuksia parantaa laskentaa. Lisäksi haluttiin lisätä tarkasteltavien toimenpiteiden määrää. KUTOVA+ mallia on toistaiseksi sovellettu Karvianjoen, Paimionjoen ja Temmesjoen vesistöalueilla. GisBloom-hankkeessa mallia tullaan lisäksi soveltamaan vielä Hiidenvedellä, Pien-Saimaalla, Vanajavedellä, Lapuanjoella ja Vantaanjoella. GisBloom-hankkeen pilottitarkasteluja varten KUTOVA+ mallia on kehitetty edelleen ja nyt käytössä on uusi KUTOVA 1.1 -versio, jota käytetään kaikilla pilottialueilla.

Tässä kappaleessa selvitetään yksityiskohtaisesti mallin lähtötiedot ja laskentaan liittyvät oletukset.

2.1 Kustannukset

Kustannukset perustuvat pääasiassa vesienhoidon suunnittelutyössä laadittuihin suosituksiin. Toimenpiteiden investointikustannukset on pääomitettu käyttäen eri toimenpiteille suositeltua kuoletusaikaa ja 5 %:n korkoa. Laskelmissa käytetty korkokanta valittiin Suomen Pankin tilastojen mukaan. Peruskorko on korkeimmillaan ollut 9,5 prosenttia ja alimmillaan 1,25 prosenttia tarkasteluajanjaksolla 1950 – kesäkuu 2012. Laskelmien korkokanta 5 % on peruskoron keskiarvo pyöristettynä lähimpään kokonaislukuun (Suomen Pankki 2012).

Toimenpiteiden käyttökustannukset on otettu mukaan sellaisenaan vesienhoidon sektoritiimien mietinnöistä. Näin on saatu kullekin toimenpiteelle laskettua vuosikustannus. Kaikkien toimenpiteiden investointikustannukset, kuoletusaika ja käyttökustannukset sekä niiden perusteella laskettu vuosikustannus on esitetty liitteessä 1. Liitteessä 1 on esitelty myös toimenpiteiden kustannusten perustelut ja toimenpiteiden kustannusten kohdentuminen eri toimijoille.

Toimenpiteiden kustannuksien minimi- ja maksimiarvojen määrittelemisessä on hyödynnetty olemassa olevaa tietoa toteutuneista kustannuksista sekä asiantuntijoiden arvioita kustannusten todellisesta vaihteluvälistä.

2.2 Reduktiot

Toimenpiteiden vaikutukset fosforikuormitukseen on koottu saatavilla olleista tutkimuksista.

Maatalouden toimenpiteissä on hyödynnetty suurelta osin VIHMA-mallia (Puustinen ym. 2010).

Maatalouden toimenpiteiden vaikutusta ei ole annettu valmiina, vaan se täytyy arvioida VIHMA-mallin avulla.

VIHMA-mallilla voidaan arvioida tarkasteltavan alueen pelloilta tulevaa ravinnekuormitusta ja muokkauskäytäntöjen vaikutusta, kun tiedetään peltojen maalaji, kaltevuus, P-luku ja muokkaustapa. P-luku, maalaji ja kaltevuus saadaan suoraan vesistömallijärjestelmästä halutulle valuma-alueelle. Muokkaustapa voidaan arvioida kasvilajin mukaan. Kasvilajijakauma saadaan vesistömallijärjestelmästä. Tarkasteluissa käytetyssä VIHMA-mallin versiossa pellot jakautuivat kolmeen eri muokkauskäytäntöön alkutilanteessa:

1. syyskynnetyt (kevätiljat): ohra, kevätvehnä, kaura, seosvilja, rypsi, rapsi, sokerijuurikas, peruna, avokesanto, muut kasvit
2. syysviljat: syysvehnä, ruis, öljykasvit
3. pysyvät nurmet: niitonurmet, tuorerehunurmet, muut nurmet

Muuttamalla alkutilanteen muokkauskäytäntöä saadaan arvioitua esimerkiksi talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutus fosforikuormitukseen. VIHMA-mallin avulla voidaan arvioida myös suojavaikokkeiden ja kosteikoiden vaikutus.

Muiden toimenpiteiden vaikutuksiin on annettu arvio, jota voidaan muuttaa, jos alueelta on tarkempaa tietoa. Toimenpiteiden vaikutukset fosforikuormitukseen ja perustelut toimenpiteiden vaikutuksille on esitetty liitteessä 2.

2.3 Lähtökuormitus

Koska suurin osa toimenpiteiden vaikutuksista on annettu prosentuaalisena vähennyksenä tulevasta kuormituksesta, täytyy kullekin toimenpiteelle määrittellä lähtökuormitus, johon toimenpide vaikuttaa. Lähtötietoina KUTOVA tarvitsee VEMALAn ja VEPSin arviot kuormituksen jakautumisesta, VIHMAN arvion peltomaiden kokonaisfosforikuormituksesta sekä nurmien ja syysviljeltyjen peltojen kuormituksesta ja vesistömallin arvion peltomaiden, haja-asutuksen ja muusta kuormituksesta. Tarkasteluissa kaikki kuormitus suhteutetaan vesistömallin arvioon

(VEMALA), jotta KUTOVA:n antama kuormituksen muutos on mahdollista syöttää vesistömallijärjestelmään järven fosforipitoisuuden simulointia varten. Periaatteessa voitaisiin myös käyttää VEPSin arviota kuormituksesta sellaisenaan ja suhteuttaa VIHMAN arviot siihen.

Sektorikuormitukseen liittyy seuraavat oletukset:

- Maatalouden kuormituksessa ei oteta huomioon karjatalouden kuormitusta, vaan kyseessä on pelkästään pelloilta tuleva kuormitus.
- Metsätalouden kuormituksen oletetaan tulevan vain kunnostusojituksista ja hakkuista. Kuormitus jaetaan ojituksen ja hakkuiden alojen suhteessa.
- Haja-asutuksen kuormitus jaetaan vakituisen asutuksen ja loma-asutuksen kesken VEPSin tietojen perusteella.
- Turvetuotannon toimenpiteiden kuormituksessa otetaan huomioon jo toteutetut vesiensuojelutoimet. Olemassa olevat turvetuotannon vesiensuojelutoimenpiteet saadaan VAHTI-järjestelmästä.

Eri toimenpiteiden lähtökuormitukset saadaan sektorikuormituksista liitteen 3 mukaisesti.

2.4 Toimenpiteen maksimiala

Koska toimenpiteen vaikutus lasketaan koko toimenpidealalle tulevan kuormituksen avulla, täytyy kustannusten ja yksikköreduktion laskemista varten arvioida toimenpiteen maksimaalinen toteutusala. Maksimialoja arvioitaessa pyritään ottamaan huomioon jo toteutetut toimenpiteet. Peltotiedot arvioidaan VEMALASTA saatavien TIKEn tietojen avulla. Haja-asutuksen määrä saadaan VEPSistä tai rakennus- ja huoneistorekisterin tietokannasta. Turvetuotannon vesiensuojelutoimenpiteet on listattu VAHTI-tietojärjestelmään.

Suojavyöhykkeen kustannus on ilmoitettu suojavyöhykkeen alaa kohti, ei siis sen peltolohkon alaa kohti, jolle suojavyöhyke perustetaan. Sen takia täytyy arvioida, mikä on suojavyöhykkeen koko peltolohkosta. Oletetaan että suojavyöhyke perustetaan 2,2 ha peltolohkelle, jonka vesistöön rajoittuvan sivun pituus on 120 metriä. Tämä vastaa keskimääräistä peltolohkoa. Suojavyöhykkeen leveys on 15 metriä, joten sen alaksi saadaan 0,18 ha. Suojavyöhykkeen osuus on siis 8% koko peltolohkosta.

Toimenpiteiden maksimialat on esitetty tarkemmin liitteessä 4.

2.5 Toimenpideyhdistelmät

Toimenpiteiden kustannustehokkuuden ja toteuttamislaajuuden perusteella voidaan laatia toimenpideyhdistelmiä. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitaan toimenpiteitä kustannustehokkuusjärjestyksessä. Kun toimenpide on valittu, sen vaikutus sektorin kuormitukseen huomioidaan ja lasketaan muille toimenpiteille uusi kustannustehokkuus. Toimenpideyhdistelmien

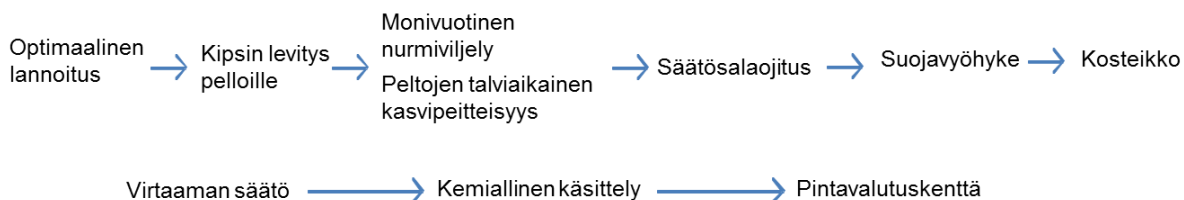
tekeminen mahdollistaa käyttäjän harkinnan toimenpiteiden toteuttamislajisuuden valinnassa. Lisäksi kokonaiskustannuksille voidaan asettaa tavoite summa. Malli laskee myös valitun toimenpideyhdistelmän kustannusten jakautumisen sektoreittain eri toimijoille sekä toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman sektoreittain ja kokonaiskuormituksesta.

2.5.1 Toimenpiteiden käyttöön liittyvät rajoitukset

Kipsin levitystä pelloille ei suositella laajalti sellaisien järvien valuma-alueella, joiden sulfaattipitoisuus on pieni. Kipsin levittäminen lisää vesistön sulfaattipitoisuutta ja päätyessään järvioltaisiin sulfaatti voi kiihdyttää sisäistä kuormitusta. Kipsillä saavutettavan fosforikuorman aleneman ja kasvavan sisäisenkuormituksen nettovaikutuksesta ei ole tutkimustietoa (Ekholm *et al.* 2011).

2.6 Toimenpiteiden väliset yhteydet

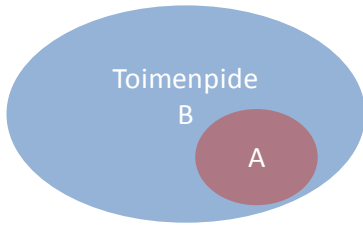
Toimenpiteillä voi olla vaikutuksia toisiinsa. Esimerkiksi talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely ovat toisensa poissulkevia toimenpiteitä. Lisäksi ne vähentävät pelloilta tulevan kuormituksen määrää, mikä vaikuttaa puolestaan suojavyöhykkeen tehokkuuteen. Toimenpiteiden vaikutukset toisiinsa on huomioitu maatalouden ja turvetuotannon osalta seuraavasti:



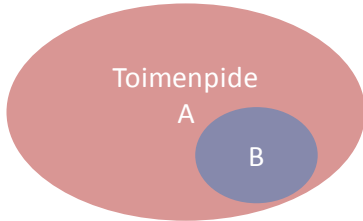
Optimaalinen lannoitus siis vaikuttaa kaikkiin muihin maatalouden toimenpiteisiin, ja säätösalaajitus vain suojavyöhykkeiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säätösalaajituksen ja suojavyöhykkeiden piiriin tulevaa kuormitusta. Koska reduktiot on esitetty prosentuaalisina, vaikuttaa lähtökuormituksen väheneminen toimenpiteen tehokkuuteen.

Toimenpiteiden toteuttamislajisuus otetaan huomioon seuraavasti. Oletetaan, että toimenpide A vaikuttaa toimenpiteeseen B. Jos toimenpiteen A toteutettava ala on pienempi kuin toimenpiteen B maksimiala, vähennetään toimenpiteen B lähtökuormituksesta toimenpiteen A aikaansaama kuormituksen vähenemä. Muussa tapauksessa vähennetään toimenpiteen B lähtökuormituksesta toimenpiteiden alojen suhteella kerrottu kuormituksen vähenemä. Kuvassa 2 on havainnollistettu laskentaa.

Toimenpiteiden alat



B:n lähtökuormitus =
B:n lähtökuormitus – A:n aiheuttama vähennys



B:n lähtökuormitus =
B:n lähtökuormitus – B:n ala / A:n ala * A:n aiheuttama vähennys

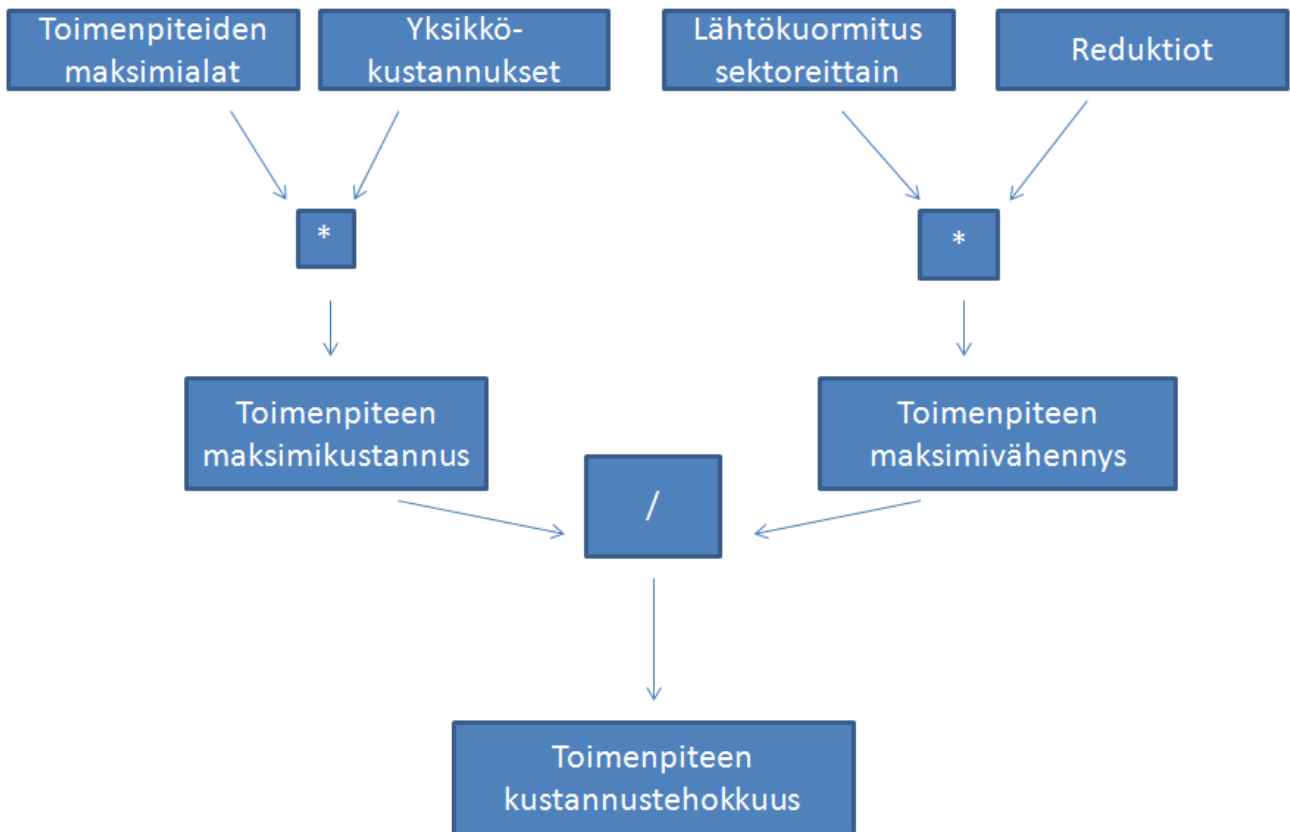
Kuva 2. Toimenpiteiden toteuttamislaajuuden huomioiminen, kun toimenpiteet vaikuttavat toisiinsa.

Toisensa poissulkevia toimenpiteitä mallissa ovat peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely, viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueelle ja haja-astutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien puhdistusmenetelmät sekä turvetuotannon pintavalutuskentät pumpaamalla ja ilman pumppausta. Toimenpiteiden päällekkäisyys on huomioitu mallissa siten, että toimenpideyhdistelmiä tehtäessä toimenpiteen maksimiala pienenee, kun samalla alalla tehtävää toista toimenpidettä lisätään toimenpideyhdistelmään.

2.7 Laskentatapa

Toimenpiteen kustannustehokkuus määritetään toimenpiteen kustannusten (maksimikustannus) ja kuormituksen vähennyspotentiaalin (maksimivähennys) suhteena, kun toimenpide toteutetaan maksimilaajuudessaan. Toimenpiteen maksimivähennys saadaan toimenpiteen reduktion ja lähtökuormituksen tulona ja maksimikustannus saadaan yksikkökustannusten ja toimenpiteen maksimialan tulona. Mallin laskentatapa on havainnollistettu kuvassa 3.

Laskenta poikkeaa hieman kosteikoille, joiden maksimivähennys lasketaan reduktion ja maksimialan tulona. Kosteikoiden reduktio on ilmoitettu muodossa kg/kpl, joten suurin mahdollinen toimenpiteellä saavutettava vähennys saadaan laskemalla toimenpiteen maksimilukumäärän ja reduktion tulona.



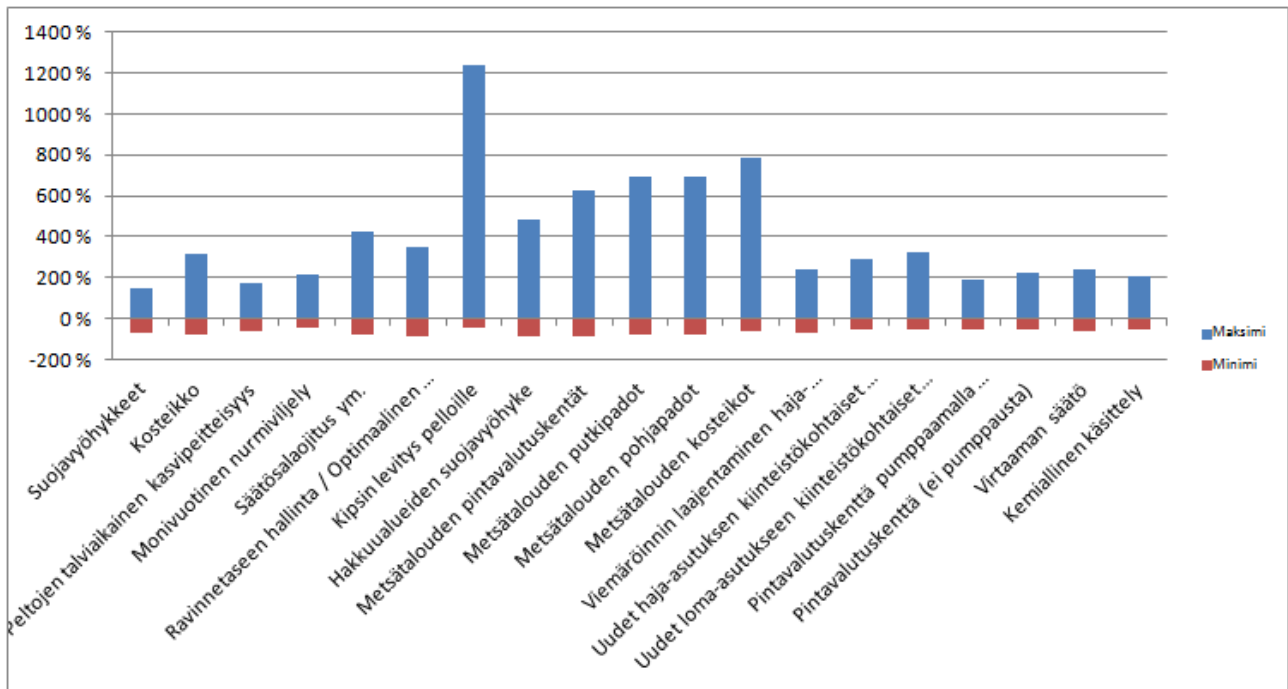
Kuva 3. Systemikaavio KUTOVA+-mallin laskentatavasta.

2.8 Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu

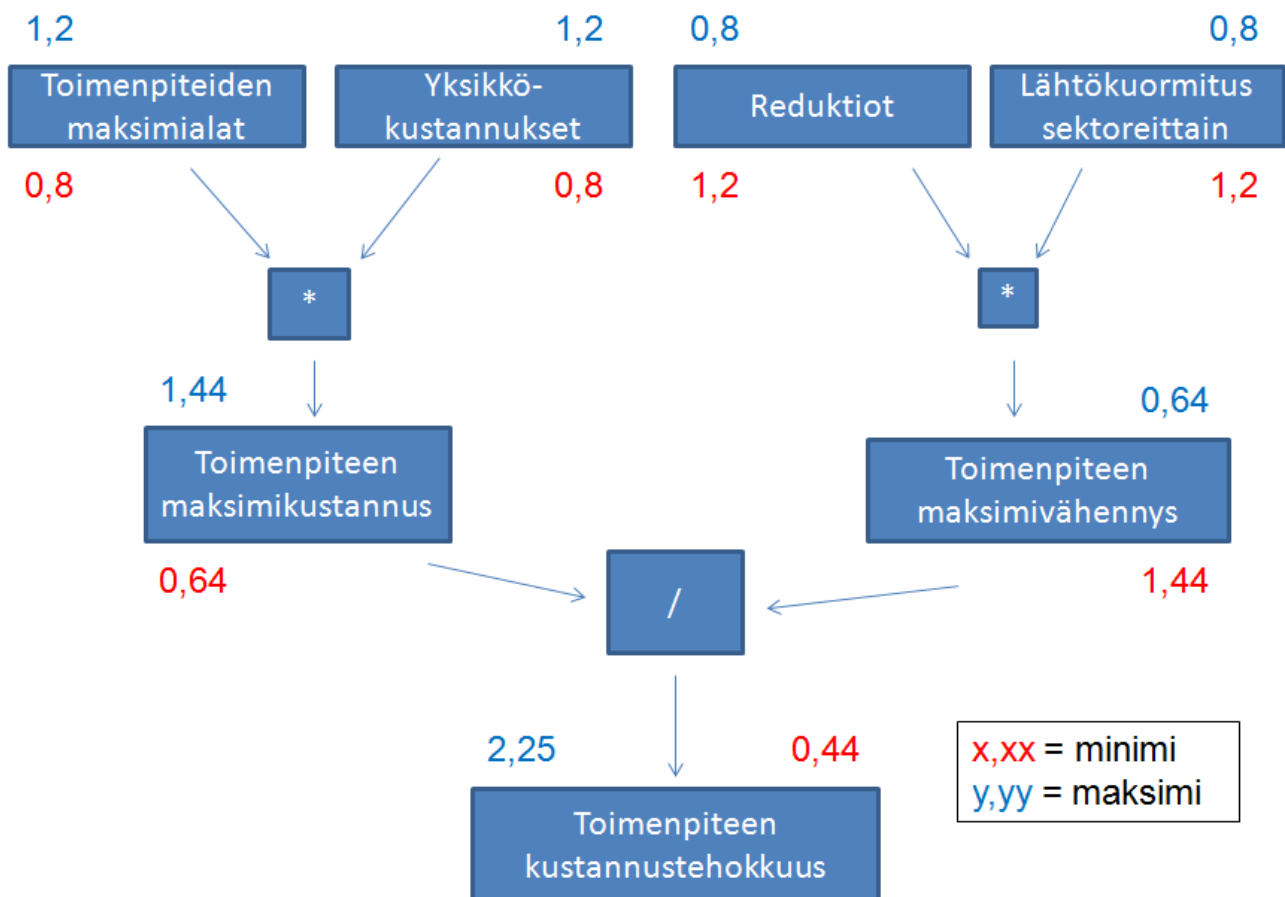
Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 1 mukaisesti. Kuvassa 4 on esitetty kustannustehokkuuden minimi ja maksimi arvon poikkeama mallin oletusarvosta toimenpiteittäin. Erot toimenpiteiden välillä syntyvät erilaisista investointikustannuksista ja kuoletusajoista. Ero minimi- ja maksimiarvojen poikkeaman suuruudessa aiheutuu mallin laskentatavasta (kuva 5). Kustannustehokkuuden maksimiarvo syntyy kun maksimikustannus on oletusarvoa suurempi ja maksimivähennys oletusarvoaan pienempi. Minimiarvoon vaihtelu vaikuttaa päinvastoin.

Taulukko 1. Minimi- ja maksimiarvot on saatu muuttamalla lähtötietoja ja laskennassa käytettäviä tietoja seuraavalla tavalla

	Minimi	Oletustiedon alkuperä	Maksimi
Kuormitus	+20%	VEMALA, VIHMA & VEPS	-20%
Maksimialat	-20%	VEMALA, VIHMA, VEPS & VAHTI	+20%
Reduktiot	+20%	VIHMA, kirjallisuus	-20%
Kustannukset	min	Sektoritiimien loppuraporteista	max
Kuoletusaika	+20%	Sektoritiimien loppuraportit	-20%
Korko	-20 %	5%	+20%



Kuva 4. Kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon poikkeama mallin oletusarvosta.



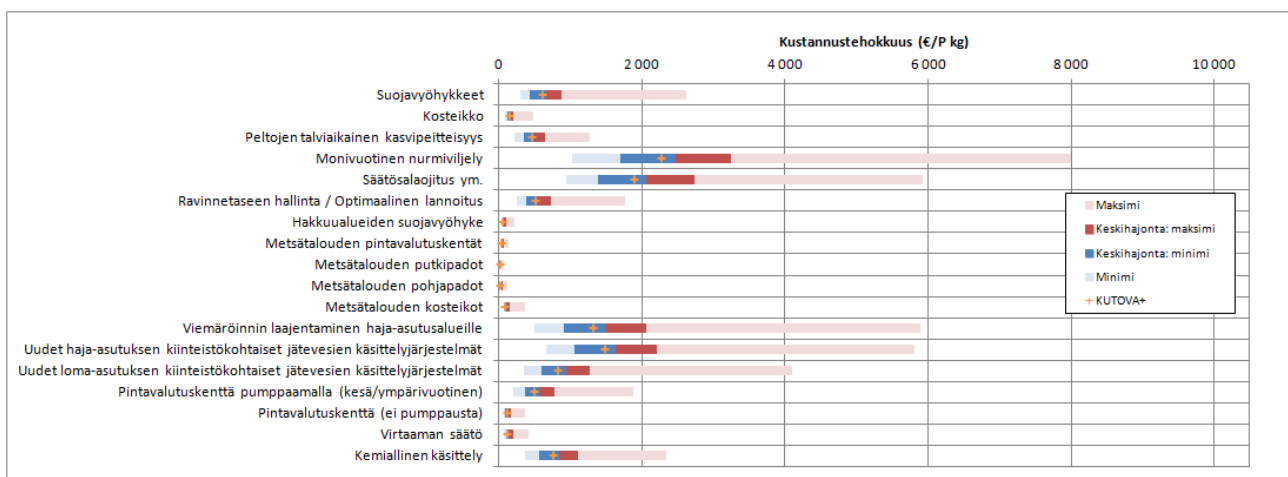
Kuva 5. Lasketatavan vaikutus kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon muodostumiseen ilman koron ja kuoletusajan vaikutusta. Sinisellä värillä merkatut kertoimet (1=oletusarvo) havainnollistavat maksimiarvon syntymistä ja punaisella merkatut minimiarvon syntymistä.

Minimi- ja maksimiarvojen lisäksi malli laskee Monte Carlo -simulointia hyödyntäen kustannustehokkuudelle keskihajonnan, joka antaa paremman kuvan tulosten todellisesta

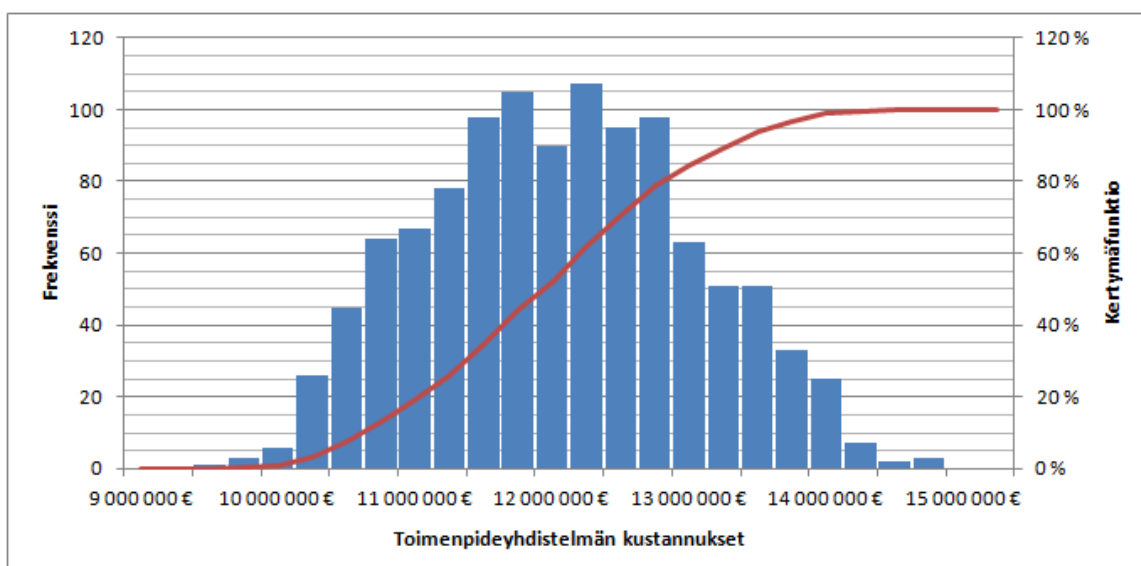
luottamusvälistä kuin minimi- ja maksimiarvot (kuva 6). Monte Carlo -simuloinnissa mallin lähtötietoja poikkeutetaan oletusarvosta taulukon 8 mukaisesti. Kutakin muuttujaa heilutetaan laskennassa satunnaisesti minimi- ja maksimiarvon välillä. Arvonta toistetaan 1000 kertaa ja määritetään arvotuille tuloksille keskiarvo ja keskihajonta.

Yksittäisten toimenpiteiden lisäksi myös toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannuksien ja saavutettavan kuormitusaleneman todennäköisyysjakauma määritetään Monte Carlo -menetelmän avulla (kuvat 7 ja 8). Tulokset esitetään luokkafrekvenssijakaumana, eli kuvataan kuinka monta kertaa arvonnin tulos osuu kyseiseen luokkaan.

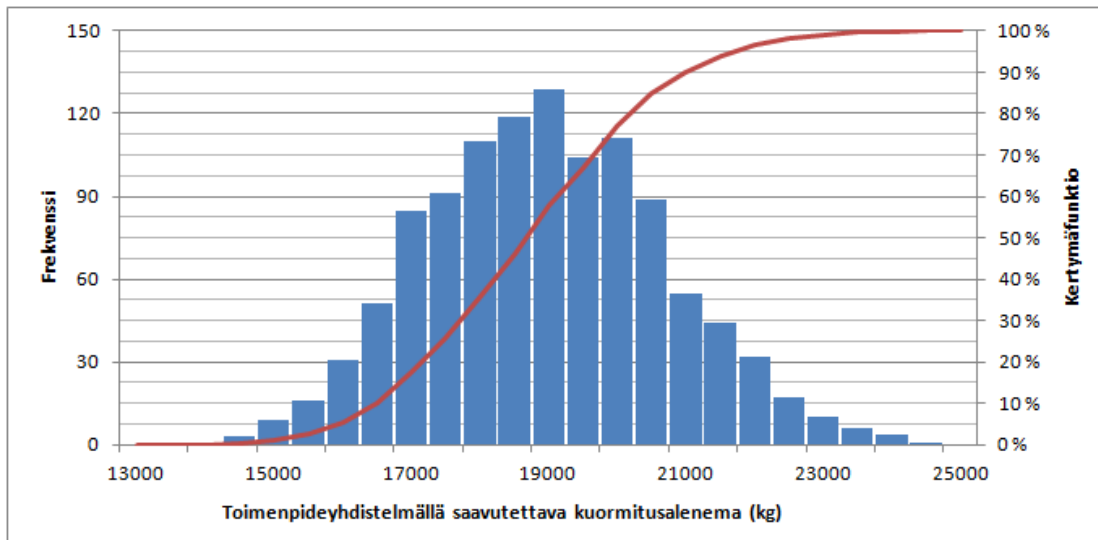
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.



Kuva 6. Esimerkki Monte Carlo -simuloinnin avulla määritetyistä toimenpidekohtaisista kustannustehokkuuksista sekä KUTOVA-laskennan tuloksesta.



Kuva 7. Esimerkki toimenpideyhdistelmän kustannuksien todennäköisyysjakaumasta.



Kuva 8. Esimerkki toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman todennäköisyysjakaumasta.

3 Lähtötiedot

Liitteen 5 taulukoissa on esitetty Lapuanjoen tarkastelussa käytetyt lähtötiedot. Lähtötiedot on esitetty osavaluma-alueittain ja koko valuma-alueelle. Valuma-alueen kuormituksen arvioinnissa KUTOVA-mallissa käytetään hyödyksi vesistömallijärjestelmän vedenlaatuosiota (VEMALA), vanhempaa Suomen ympäristökeskuksen vesistökuormitusjärjestelmää (VEPS) sekä viljelyalueiden valumavesien hallintamallia (VIHMA) (Liite 5, taulukko 1).

Toimenpiteiden maksimialojen arviointia varten KUTOVA-malliin on kerätty maatalouden osalta tietoja VIHMAsta ja VEMALASTa, metsätalouden osalta Häme-Uusimaan metsäkeskuksesta, Haja-asutuksen osalta VEPS-tietokannasta ja turvetuotannon osalta VEPS-tietokannasta ja VAHTI-tietojärjestelmästä (Liite 5, taulukot 2 ja 3).

Maatalouden toimenpiteiden reduktiot on laskettu VIHMA-mallissa ennen KUTOVAan tuomista (Liite 5, taulukko 4). Muiden toimenpiteiden reduktiot on mallissa sisään rakennettuina ja perustuva kirjallisuuteen (kts. luku 2.2).

4 Tulokset

Tässä luvussa kuvataan KUTOVA-tarkastelun tulokset sovellettuna Lapuanjoen vesistöalueelle. Luvussa 4.1 kuvataan yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikutus kuormitukseen sekä kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen. Lisäksi luvussa tarkastellaan Lapuanjoen vesistöalueen vesienhoitosuunnitelmaa ja verrataan sitä kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon. Luvussa 4.2. on vertailtu Lapuanjoen vesistöalueen osavaluma-alueita ja luvussa 4.3 kuvataan tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia.

4.1 Koko Lapuanjoen vesistöalue

Corine land cover maankäyttöaineiston perusteella Lapuanjoen vesistöalueen maa-alasta kaksi kolmasosaa, 66 prosenttia on metsää. Maatalousalueita maa-alasta on vajaa neljännes (23 %) ja rakennettuja vain 5 prosenttia. Soita maa-alasta on niin ikään noin 5 prosenttia. Peltoa valuma-alueella on yhteensä 40 000 hehtaaria (Liite 5). Pellot ovat enimmäkseen loivia tai tasaisia, vain 16 % on kaltevuudeltaan yli 1,5 prosenttia.

Alueella on vuosittain uusia metsätalouden uudistushakkuualoja keskimäärin 4 700 hehtaaria ja kunnostusojitusalaa 900 hehtaaria. Turvetuotantoa alueella on reilu 5000 hehtaaria (Liite 5). Viemäröimättömiä haja-asutusalueella sijaitsevia vakituksessa asutuksessa olevia kiinteistöjä alueella on noin 9 800 ja lomakiinteistöjä 3 200 (RHR 2011).

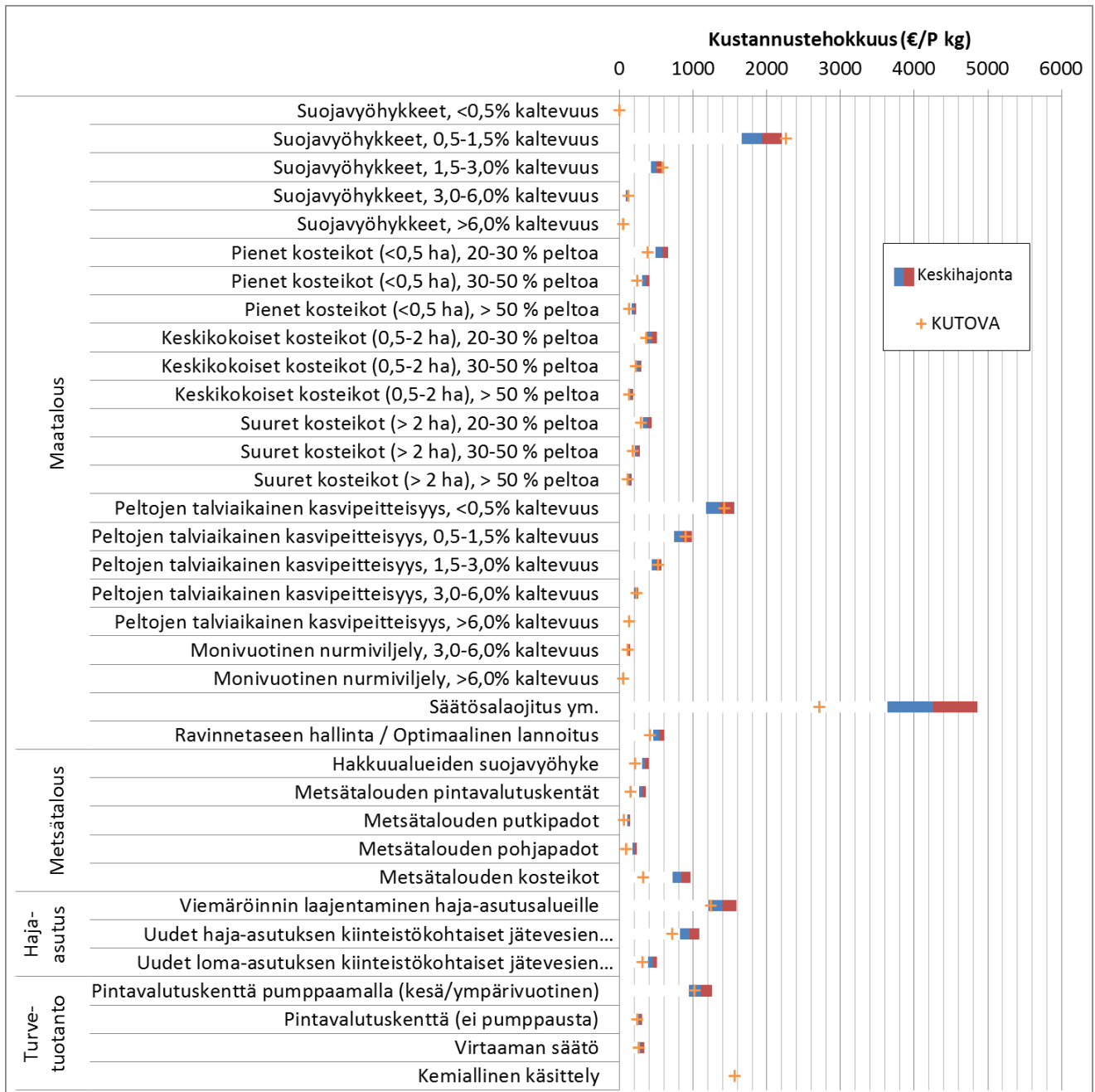
4.1.1 Yksittäiset toimenpiteet

Lapuanjoen vesistöalueen kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat metsätalouden putki- ja pohjapadot (54 - 59 €/P kg) (kuva 9). Myös metsätalouden pintavalutuskentät ja hakkuualueiden suojavyöhykkeet kuuluvat kustannustehokkaimpien toimenpiteiden joukkoon (150 - 211 €/P kg). Turvetuotannon toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat pintavalutuskentät ilman pumppausta ja virtaaman säätöpadoit (236 - 256 €/P kg). Muut turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkuudeltaan huomattavasti kalliimpia, luokkaa 1 000 - 1 600 €/P kg. Turvetuotannon ja metsätalouden toimenpiteillä ei niiden kustannustehokkuudesta huolimatta voida merkittävästi vaikuttaa fosforikuormitukseen (kuva 10). Eniten näiden sektoreiden kuormitusta voidaan vähentää metsätalouden putkipadoilla, joilla voidaan saada aikaan noin 500 fosforikilon eli noin 1 % kuormitusvähennys koko vesistöalueella syntyvästä kuormituksesta.

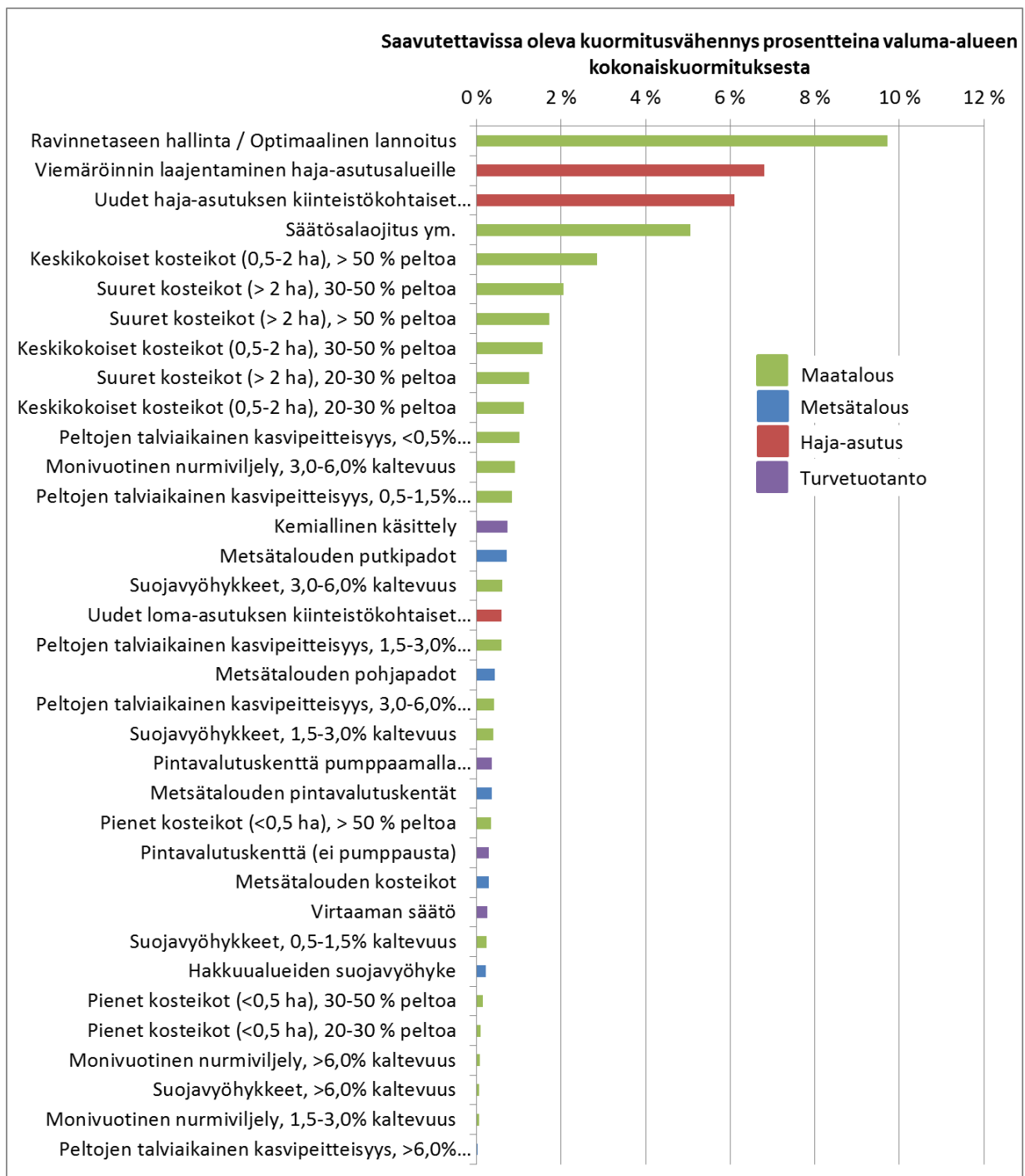
Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat monivuotinen nurmiviljely (46-110 €/P kg), suojavyöhykkeet (48-117 €/P kg) sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys ja ravinnetaseen hallinta (132-233 €/P kg) (kuva 9) kaltevilla pelloilla (kaltevuus > 3%). Myös kosteikot ovat melko kustannustehokkaita (111-385 €/P kg) toimenpiteitä. Ravinnetaseen hallinta ja säätösalaajitus (400 - 2 700 €/P kg) sekä talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely ja suojavyöhykkeet loivilla ja tasaisilla pelloilla (kaltevuus <1,5 %) (900-6000 €/P kg) ovat Lapuanjoen vesistöalueella maatalouden toimenpiteistä kannattamattomimpia. Suurin kuormituksen vähennyspotentiaali maatalouden toimenpiteistä on ravinnetaseen hallinnalla ja säätösalaajituksella (kuva 10). Myös kosteikoilla voidaan merkittävästi vähentää maatalouden vesistökuormitusta.

Haja-asutuksen toimenpiteet kuuluvat Lapuanjoen vesistöalueella kustannustehokkuudeltaan keskikastin toimenpiteisiin. Haja-asutuksen toimenpiteistä uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset

jätevesien käsittelyjärjestelmät ovat kustannustehokkaimpia (300 €/P kg). Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmät ja viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille ovat hivenen kalliimpia (700 – 1 200 €/P kg) toimenpiteitä (kuva 9). Vakituksen haja-asutuksen toimenpiteillä voidaan kuitenkin vähentää fosforikuormitusta yksittäisistä toimenpiteistä toiseksi eniten (kuva 10).



Kuva 9. Toimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväli ilmaistuna arvontaan perustuvan Monte Carlo -simuloinnin tulosten keskihajonnan avulla Lapuanjoen vesistöalueella.

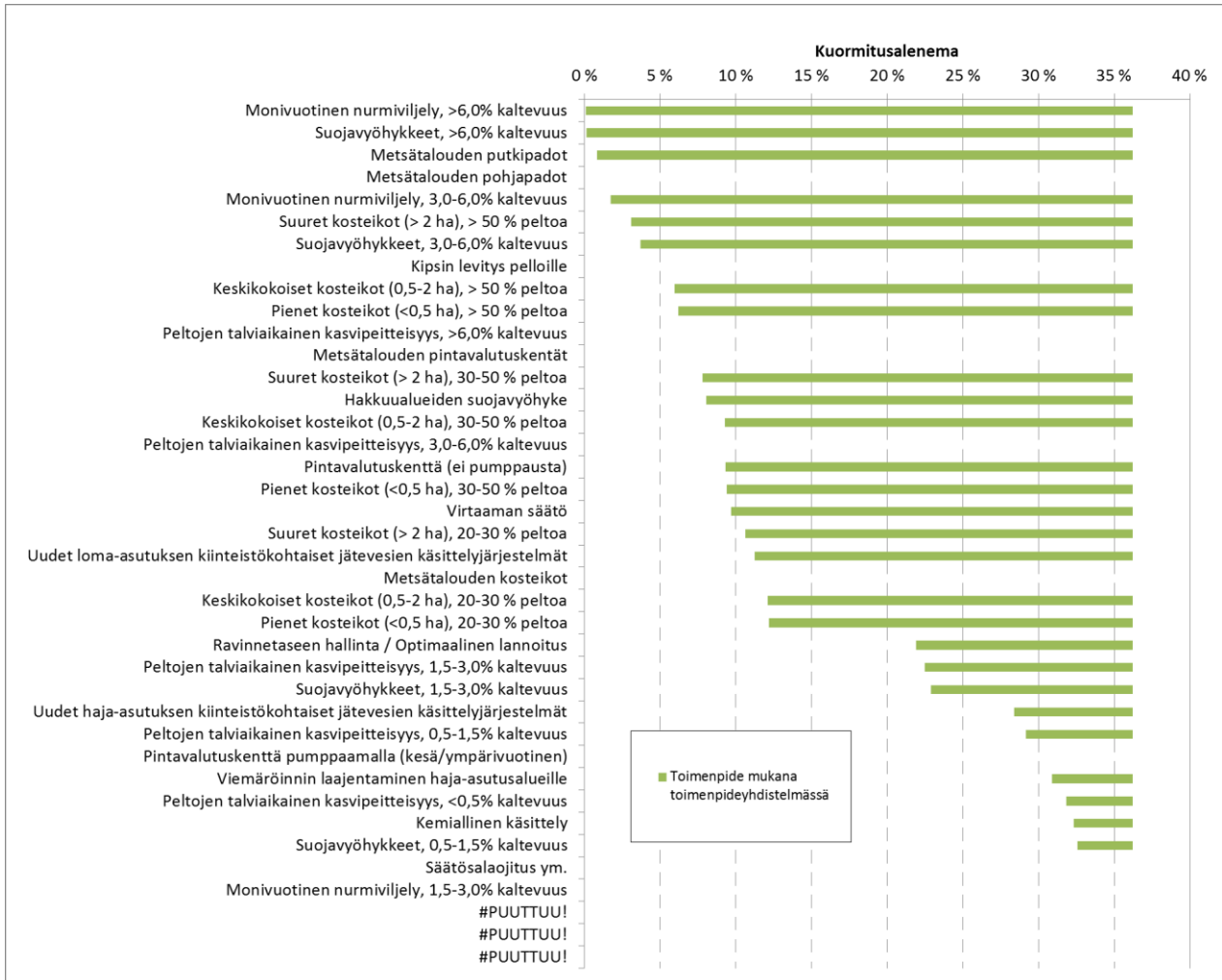


Kuva 10. Toimenpiteillä saavuttava fosforikuormituksen maksimivähennys suhteessa kokonaiskuormitukseen Lapuanjoen vesistöalueella, kun toimenpiteet toteutetaan maksimilaajuudessaan.

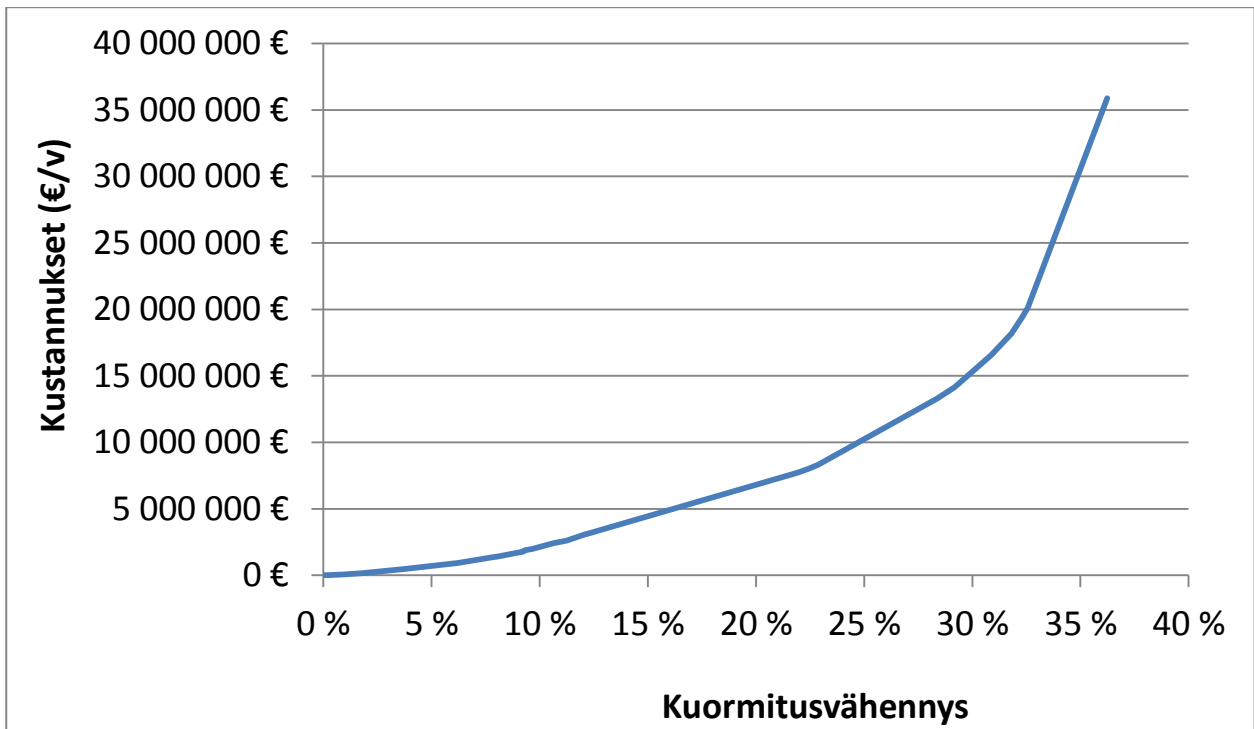
4.1.2 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä

Toteuttamalla kaikki toimenpiteet maksimilaajuudessaan Lapuanjoen vesistöalueella on KUTOVA-mallin mukaan mahdollista vähentää fosforikuormitusta noin 41 500 kilogrammaa eli 36 % alueen kokonaiskuormituksesta (kuva 11). Tällöin toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannukset olisivat noin 36 miljoonaa euroa vuodessa (kuva 12). Mikäli kustannustehokkaimmista toimenpiteistä toteutetaan ainoastaan metsätalouden putkipadot, hakkuualueiden suojavyöhykkeet, maatalouden

vesiensuojelukosteikot, viemäröimättömän loma-asutuksen kiinteistökohtaiset ratkaisut, turvetuotannon pintavalutuskentät sekä virtaaman säätöpadot sekä monivuotinen nurmiviljely ja suojavyöhykkeet yli 3 % kaltevilla pelloilla, voitaisiin saavuttaa noin 22 prosentin kuormitusalenema 7 700 000 eurolla (kuvat 11 ja 12).

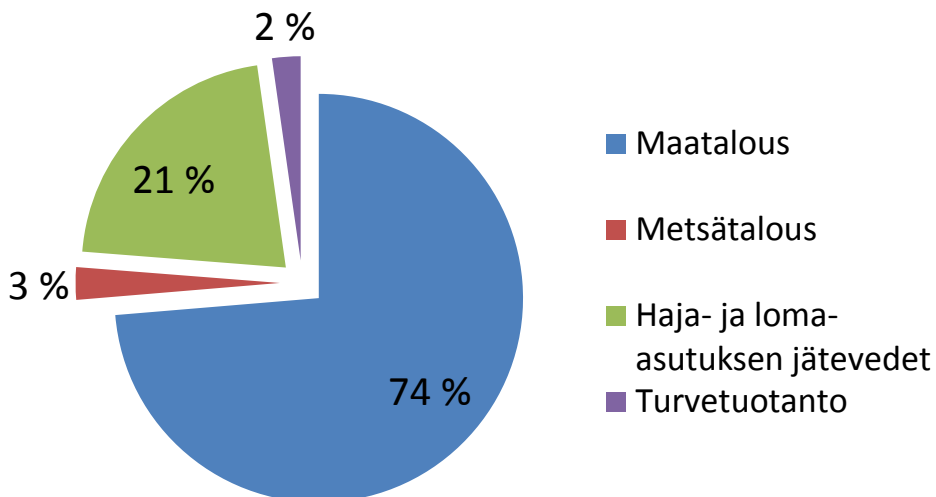


Kuva 12. Kustannustehokkaimmassa toimenpideyhdistelmässä mukana olevat toimenpiteet tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Lapuanjoen vesistöalueella. Toimenpiteet lisätään toimenpideyhdistelmään kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.



Kuva 13. Kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Lapuanjoen vesistöalueella.

Tällainen toimenpideyhdistelmä tuskin on realistinen, mutta kuitenkin selkeästi suuntaa-antava. Maatalouden toimenpiteillä on saavutettavissa merkittäviä kuormitusalenemia kohtuullisilla kustannuksilla, kun keskitytään toimenpiteisiin kaltevilla pelloilla ja perustetaan kosteikoita. Myös metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteillä voidaan vähentää näiden sektoreiden kuormitusta merkittävästi, vaikka vaikutus kokonaiskuormitukseen on vain 5 % luokkaa (kuva 13).



Kuva 13. Saavuttavan kuormitusaleneman (41 500 kg, 36 %) jakautuminen sektoreittain, kun kaikki toimenpiteet toteutetaan kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.

4.1.3 Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä

Tarkastelua varten Lapuanjoen vesienhoidon toimenpideohjelmasta vuosille 2010-2015 valittiin ne toimenpiteet, jotka ovat yhteensopivia KUTOVA-työkalun kanssa ja syötettiin valitut toimenpidemäärät KUTOVAan (taulukko 2). Peltotoimenpiteiden osalta oletettiin, että ne jakautuvat kaltevuusluokkiin näiden peltoalaosuuksien mukaisesti. KUTOVALLA laskettuna toimenpideohjelman mukaisten toimenpiteiden kokonaiskustannukset olisivat Lapuanjoen vesistöalueella 13 miljoonaa euroa vuodessa ja toimenpiteillä voitaisiin saavuttaa 12 prosentin kuormitusvähennys Lapuanjoen vesistöalueella syntyvästä fosforikuormasta.

Taulukko 2. Lapuanjoen vesienhoidon toimenpideohjelmassa Lapuanjoen vesistöalueelle ehdotetut toimenpiteet.

Toimenpide	Toteutettava määrä
Suojavyöhyke	270 ha
Kosteikot	40 ha (40 kpl)
Talviaikainen kasvipeitteisyys	16 000 ha
Ravinnepäästöjen tehostettu hallinta	5 000 ha
Säätösalaajitus	15 000 ha
Hakkuualueiden suojavyöhyke	120 ha
Metsätalouden eroosiohaittojen torjunta	360 kpl
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueelle	2 000 kiinteistöä
Uudet kiinteistökohtaiset jäteveden käsittelyjärjestelmät	9 500 kiinteistöä (7300)
Uudet loma-asuntojen kiinteistökohtaiset järjestelmät	800 kiinteistöä
Pintavalutuskentät pumppaamalla	2 800 tuotantoha
Virtaamansäätö	1 200 tuotantoha

4.1.4 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla

Toimenpideohjelman laskennalliset kustannukset asetettiin kustannustehokkaan toimenpidevaihtoehdon budjettirajoitteeksi. Toimenpiteitä valittiin kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon kustannustehokkuusjärjestyksessä, kunnes budjettirajoite täyttyi. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitut toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät on esitetty taulukossa 3. Tällä vaihtoehdolla voitaisiin saavuttaa noin 29 prosentin kuormitusvähennys 13 miljoonan euron vuotuisilla kustannuksilla. Suurin osa toimenpiteistä on valittu toteutettavaksi maksimilaajuudessaan, mikä ei ole realistista, mutta osoittaa hyvin toimenpiteiden

kustannustehokkaalla kohdentamisella olevan merkitystä. Toimenpiteet kohdistuisivat pääasiassa maatalouteen ja siellä erityisesti kalteville pelloille ja kosteikoihin.

Taulukko 3. Toimenpiteet TPO-budjetilla muodostetussa kustannustehokkaassa toimenpideyhdistelmässä.

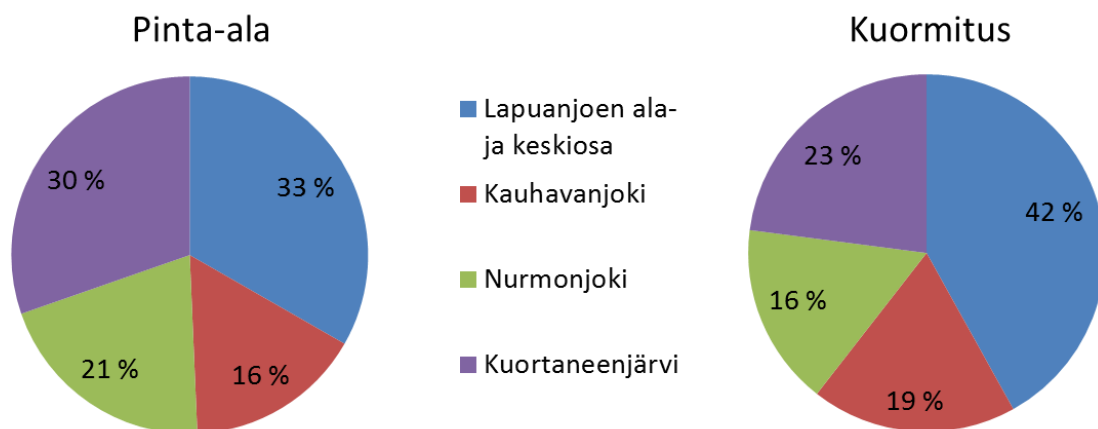
	Toimenpide	Toteutettava määrä	
Maatalous	Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	582	ha
	Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	182	ha
	Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	7	ha
	Suojavyöhykkeet yhteensä	771	ha
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	50	kpl
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	51	kpl
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	66	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	299	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	247	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	270	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	110	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	113	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	58	kpl
	Kosteikot yhteensä	1264	kpl
	Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, 1,5-3,0% kaltevuus	7044	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	2276	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	87	ha
	Monivuotinen nurmiviljely yhteensä	2636	ha
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	91638	ha	
Metsätalous	Hakkuualueiden suojavyöhyke	142	ha
	Metsätalouden putkipadot	177	kpl
Haja-asutus	Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	7000	kiinteistö
	Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	800	kiinteistö
Turvetuotanto	Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	3586	tuotantoha
	Virtaaman säätö	4753	tuotantoha

4.2 Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen

KUTOVA-tarkastelu tehtiin myös erikseen neljälle osavaluma-alueelle, jotka ovat Lapuanjoen ala- ja keskiosa, Kauhavanjoki, Nurmonjoki ja Kuortaneenjärven valuma-alue (kuva 1). Osavaluma-

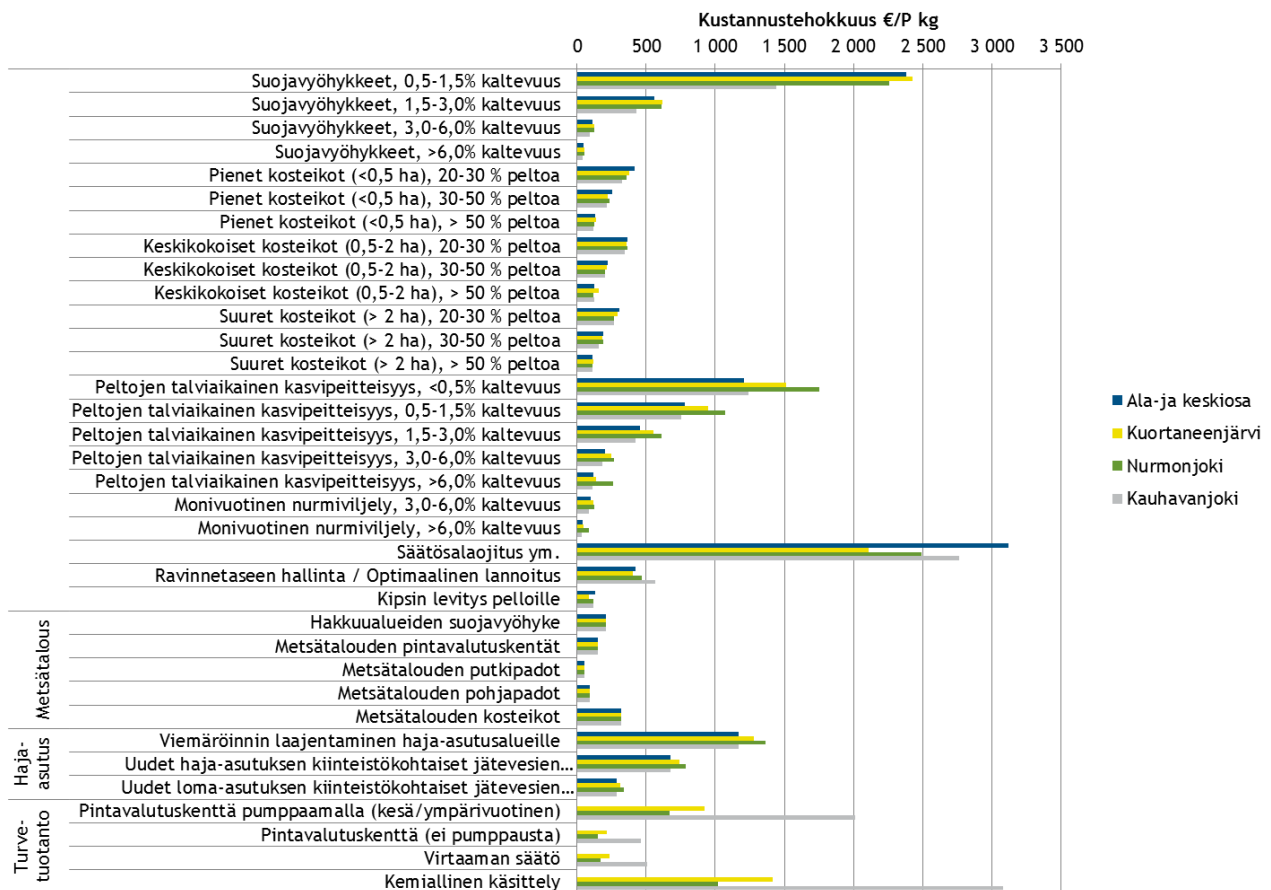
alueista suurimmat ovat Lapuanjoen ala- ja keskiosa sekä Kuortaneenjärven valuma-alue, joiden osuus koko vesistöalueen maa-alasta on noin kolmannes. Nurmonjoen osa-alueen pinta-ala on noin 21 ja Kauhavanjoen noin 16 prosenttia koko vesistöalueen alasta (kuva 15). Lapuanjoen ala- ja keskiosan osuus koko valuma-alueella syntyvästä kuormituksesta on 42 %, mikä on huomattavasti enemmän kuin valuma-alueen pinta-alaosuuden perusteella voisi olettaa. Myös Kauhavanjoen ja Nurmonjoen valuma-alueilla syntyvä kuormitus on suurempaa kuin alueiden pinta-alaosuus. Vastaavasti Kuortaneenjärven valuma-alueella syntyvä kuormitus on vähäisempää, kuin alueen pinta-alaosuuden perusteella voisi päätellä. Tarkastelu on tehty valuma-alueiden maa-alueille.

Corine land cover -maanpeiteainesiton mukaan rakennettujen alueiden osuus osa-alueiden pinta-alasta on kaikilla alueilla 5-6 %. Maatalousalueiden osuus osa-alueiden pinta-alasta vaihtelee 15 ja 32 % välillä. Maatalousvaltaisimman alue on Lapuanjoen ala- ja keskiosa ja vähiten maataloutta on Nurmonjoen alueella. Metsämaan osuus valuma-alueista vaihtelee 59 ja 72 prosentin välillä. Eniten metsää on Kuortaneenjärven valuma-alueella ja vähiten Lapuanjoen ala- ja keskiosassa. Turvetuotanto alueella on painottunut valuma-alueen latvoille, Kauhavanjoen, Nurmonjoen ja Kuortaneenjärven alueille. Soita on eniten Nurmonjoen valuma-alueella, noin 10 prosenttia valuma-alueesta. Kaikilla alueilla pääosa (jopa 90 prosenttia) pelloista on loivia tai tasaisia, kaltevuudeltaan alle 1,5 %. Kuortaneenjärven valuma-alueella on muita alueita selvästi enemmän kaltevia peltoja.



Kuva 14. Osavaluma-alueiden osuus Lapuanjoen vesistöalueen kuormituksesta ja maapinta-alasta.

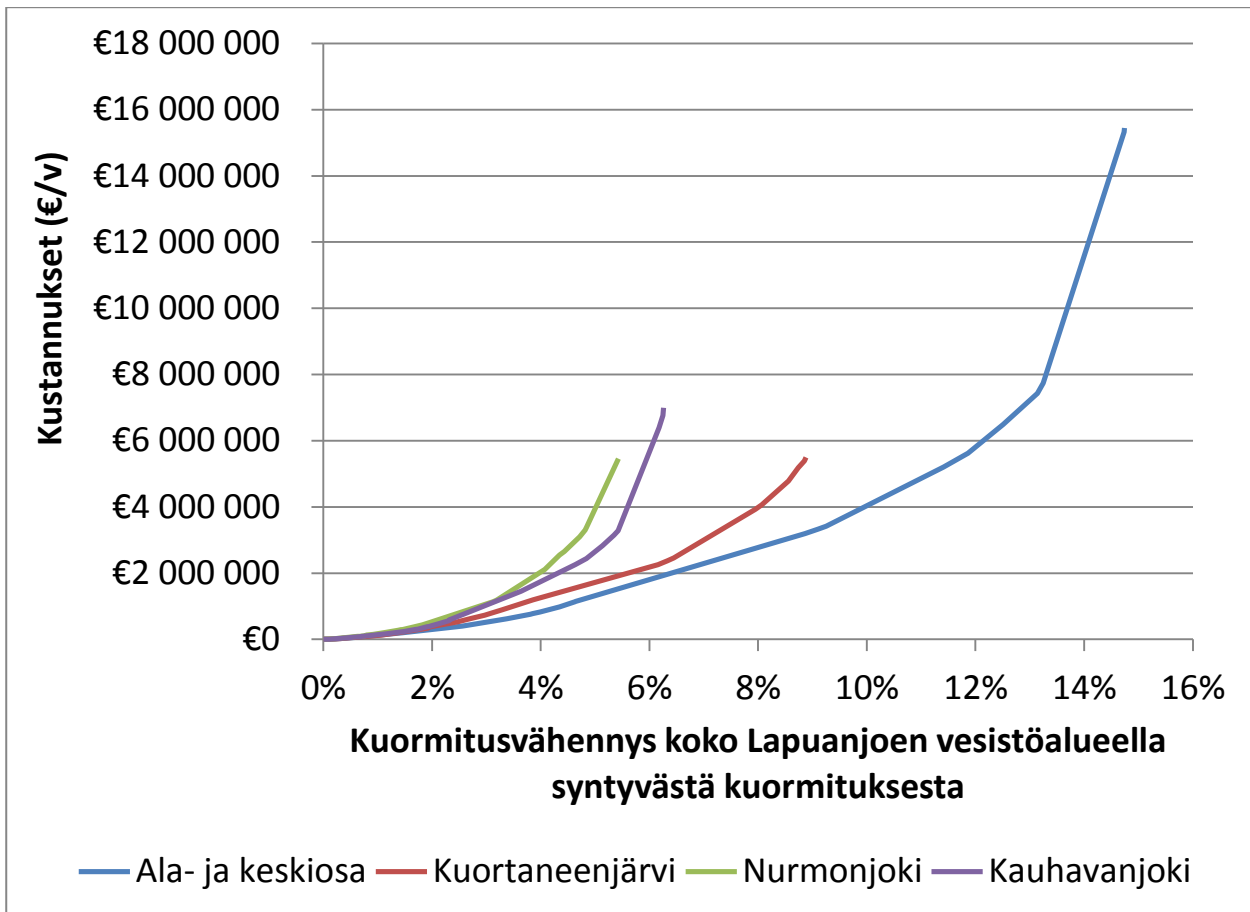
Toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ei ole alueiden välillä ole suuria eroja (kuva 16). Kullakin alueella metsätalouden toimet ovat kustannustehokkaimpia. Maatalouden toimenpiteistä kosteikot ja kaltevien peltöjen toimenpiteet ovat kaikilla osa-alueilla kustannustehokkaimpia. Maatalouden toimista alueelliset erot ovat suurimmat säätösalaajituksen osalta. Suurimpia eroja osa-alueiden välille syntyy haja-asutuksen toimenpiteiden kustannustehokkuuksien välille.



Kuva 15. Toimenpiteiden kustannustehokkuus osavaluma-alueittain.

Lapuanjoen ala- ja keskiosalla tehtävät toimenpiteet ovat Lapuanjoen vesistöalueen kokonaiskuormitukseen suhteutettuna kustannustehokkaimpia (kuva 16). Toki alue on myös suurin osa-alueista ja siellä syntyy suurin osa Lapuanjoen vesistöalueen kuormituksesta. Esimerkiksi 2 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla voidaan Lapuanjoen ala- ja keskiosalla saavuttaa 6,5 % alenema koko valuma-alueen kokonaiskuormitukseen, kun muilla alueilla jääetään 4-6 %.

Kuvasta 16 voidaan kuitenkin päätellä, että toimenpiteitä kannattaa kohdistaa kaikille osa-alueille. Esimerkiksi 2 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla kaikilla osa-alueilla, yhteensä 8 000 000 euron vuotuisilla kustannuksilla, voidaan saavuttaa tarkastelualueella noin 20 prosentin alenema kokonaiskuormituksesta. Sen sijaan, käyttämällä 6 000 000 euroa esimerkiksi ainoastaan Lapuanjoen ala- ja keskiosalla voidaan saavuttaa vain 13 % kuormitusalenema.



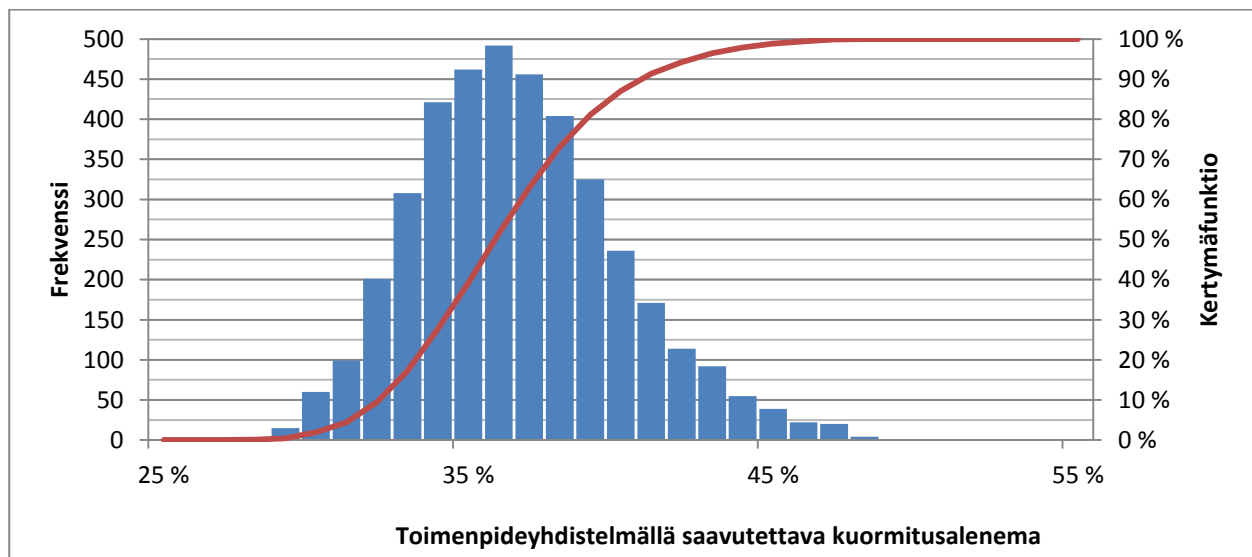
Kuva 16. Osavalmu-alueilla tehtävien toimenpiteiden kustannukset suhteessa saavutettavissa olevaan Lapuanjoen vesistöalueen kuormitusalenemaan.

4.3 Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet

KUTOVA-tarkasteluun liittyy paljon epävarmuutta sillä mallin lähtötiedot esimerkiksi kuormituksen ja toimenpiteiden maksimialojen osalta ovat suurelta osin peräisin muista malleista ja tietokannoista. VEMALA- ja VIHMA-mallien tuloksien epävarmuutta ei ole kvantitatiivisesti mitattu. Myös tietokannoista peräisin oleviin tietoihin liittyy jonkin verran epävarmuutta, koska esimerkiksi haja-asutuksen osalta ei ole varmuutta, kuinka ajantasaista tietoa rakennus- ja huoneistorekisterin tietokannoissa on. Mallissa käytetyt toimenpiteiden kustannukset ovat keskiarvostuksia, jotka ovat peräisin vesienhoidon suunnittelun sektoritiimien mietinnöistä.

Tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia on pyritty huomioimaan mallissa määrittämällä lähtötiedoille minimi- ja maksimi arvot luvussa 2.8 esitetyllä tavalla. Luvuissa 4.1 esitetyt tulokset perustuvat lähtötietojen oletusarvoihin, mutta esimerkiksi kuvassa 9 on esitetty toimenpiteiden kustannustehokkuudelle myös vaihteluväli, joka perustuu Monte Carlo -simuloinnilla saatujen kustannustehokkuuksien keskihajontaan. Monte Carlo -simulointi sopii epävarmuustarkasteluun moniulotteisiin ongelmiin, joissa useissa lähtötiedoissa tiedetään olevan epätarkkuutta. Simulointi perustuu lähtöarvojen satunnaiseen arvontaan annettujen minimi- ja maksimiarvojen väliltä. Eri

arvontakerroilla saadut tulokset kuvataan luokkafrekvenssijakaumana. Monte Carlo simuloinnin frekvenssijakauma kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän vaikutuksesta kokonaiskuormitukseen on esitetty kuvassa 17. Jakauma on hieman oikealle vino.



Kuva 17. Monte Carlo -simuloinnilla muodostettu luokkafrekvenssijakauma kustannustehokkaimmalla toimenpideyhdistelmällä saavutettavasta kuormitusalenemasta.

Monte Carlo simuloinnin ja KUTOVA-mallin avulla saatujen tulosten keskiarvo kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannuksista ja vaikutuksesta kuormitukseen on esitetty taulukossa 4. Tarkastelun mukaan KUTOVA-malli arvioi toimenpideyhdistelmällä saavutettavan kuormitusaleneman noin 2 prosenttia Monte Carlo -simulaatiota alhaisemmaksi. Arviota kuormitusalenemasta voidaan siis pitää konservatiivisena. Toimenpideyhdistelmän kustannukset KUTOVA-malli arvioi jopa 28 prosenttia alakanttiin, verrattaessa Monte Carlo -simuloinnin tuloksiin. Ero johtuu siitä, että useilla toimenpiteillä oletuskustannus on lähempänä arvioitua minimi- kuin maksimiarvoa. Tämä puolestaan johtuu siitä, että esimerkiksi maatalouden harjoittajat eivät todennäköisesti toteuta toimenpiteitä, mikäli siitä aiheutuu heille kohtuullista haittaa.

Taulukko 4. KUTOVA-mallilla ja Monte Carlo -simuloinnilla lasketut toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen Lapuanjoen vesistöalueella.

	Toimenpideyhdistelmän kustannus (€/v)	Toimenpideyhdistelmällä saavutettava kuormitusalenema
KUTOVA-malli	36 000 000 €	36%
Monte Carlo -simulointi	46 000 000 €	37 %
Erotus	- 10 000 000 €	-1 %-yks
Erotus, %	-28 %	-2 %

5 Tulevaisuuskuvat

Gisbloom-hankkeessa luotiin kolme tulevaisuuskuvaa tai skenaariota, joiden avulla pyrittiin tuomaan havainnollisesti esille eri työkalujen mahdollisuuksia arvioitaessa erilaisia toimenpiteiden vaikutuksia. Skenaariot perustuivat osittain Jim Datorin luomaan kehikkoon yleisimmistä tulevaisuuskuvista (Bezold 2009). Lopullisia tulevaisuuskuvia olivat: Jatkuva kasvu -skenaario, Romahdusskenaario ja Vihreä aalto -skenaario.

Jatkuvan kasvun skenaario kuvaa tilannetta, jossa talous ja maataloustuotteiden kysyntä kasvavat tasaisesti. Vuonna 2030 talouskasvu jatkuu epävarmojen aikojen jälkeen. Teknologinen kehitys on voimakasta ja ulkomaankauppa kasvussa. Poliittinen ilmasto ympäristönsuojelun suhteen ei kärsi suuria taka-iskuja, mutta uusien laajamittaisten suojelupyrkimysten ei myöskään anneta vaarantaa taloudellista kasvua. Ilmaston lämmitessä viljojen, erityisesti syysviljojen, peltoala kasvaa ja nurmen vastaavasti vähenee 20 %. Peltojen kokonaispinta-ala pysyy samana. Mineraalilannoitteiden ja lannan käyttö kasvaa 20 %. Kevytmuokkausmenetelmät ovat 15 % suositumpia kuin nykyään (taulukko 5).

Romahdusskenaario kuvaa puolestaan tilannetta, jossa vallitsee pitkäaikainen taloudellinen taantuma, eikä maanviljelyä enää tueta. Vuonna 2030 Eurooppa vajoaa syvään lamaan, maatalouden ympäristötukijärjestelmä lakkautetaan ja taloutta elvyttäviä toimia suositaan ympäristön kustannuksella, muun muassa ilmaston- ja vesiensuojeluelvoitteet jäädytetään. Peltojen kokonaispinta-ala pienenee 20 %, mineraalilannoitteiden käyttö vähenee 20 %, lannan käyttö lannoitteena lisääntyy 10 % ja kevytmuokkausmenetelmiä käytetään 20 % vähemmän kuin nykyään. Kevätviljojen viljely vähenee 30 %, nurmen viljely lisääntyy 10 % ja loput kevätiljoilta vapautuneesta peltoalasta käytetään öljykasvien viljelyyn.

Vihreä aalto -skenaario taas kuvaa tilannetta, jossa on suuri paine maataloustuotannon ”vihertämiselle” sekä maatalouden ravinnekuormituksen pienentämiselle. Toisaalta öljy- ja energiakasvit ovat suositumpia lähellä tuotetun energian kovan kysynnän vuoksi. Vuonna 2030 taantumasta uuteen hyvinvoinnin aikakauteen ponnistanut Eurooppa on herännyt luonnon, pehmeiden arvojen ja omavaraisuuden arvostamiseen. Peltojen kokonaispinta-ala kasvaa 20 %, ja vanhoilla turvetuotantoalueilla aletaan kasvattaa energiakasveja. Kevätviljojen peltoala pienenee 30 % ja niiltä vapautunut viljelymaa käytetään syysviljojen ja öljykasvien tuotantoon. Mineraalilannoitteiden ja lannan käyttö vähenee 20 % ja kevytmuokkausmenetelmien suosio kasvaa 30 %.

Taulukko 5. Skenaarioiden kuvaukset sektoreittain

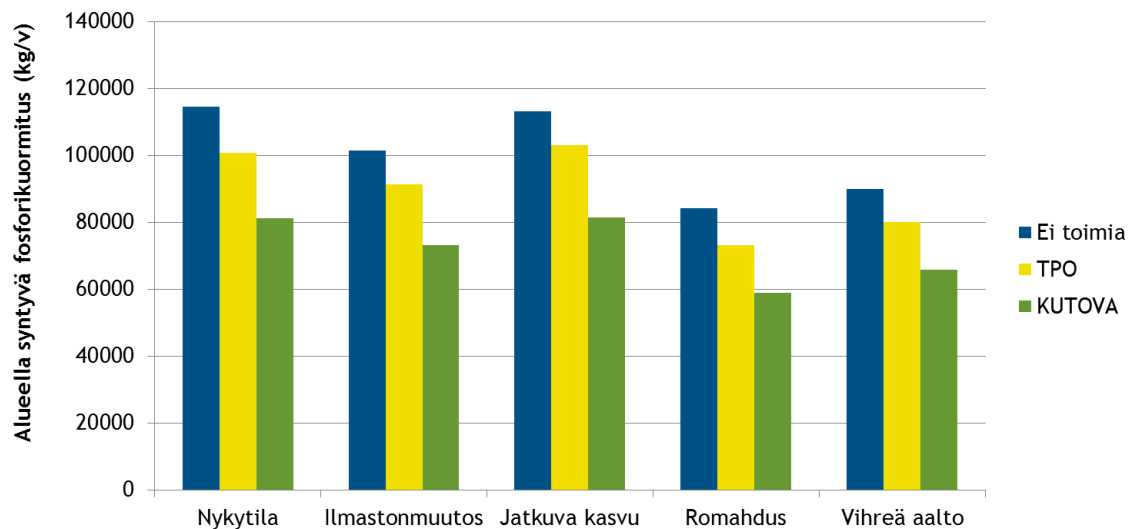
Sektori	Jatkuva kasvu	Romahdus	Vihreä aalto
Peltoala	Ei muutosta	- 20 %	+ 20 %
Lannoitus	+ 20 % mineraali + 20 % karjanlanta	- 30 % mineraali + 10 % karjanlanta	- 20 % mineraali - 20 % karjanlanta
Kevennetyt muokkausmenetelmät	+ 15 %	- 20 %	+ 30 %
Kasvilajit	Nurmiala vähenee Rehu- ja ruokaviljat kasvavat Syysviljat kasvavat	Nurmiala kasvaa Rehuviljat vähenevät Öljykasvit lisääntyvät	Energiakasvit lisääntyvät Nurmi, kaura ja ohra vähenevät
Haja-asutus	- 20 % haja-asutus + 20 % loma-asutus	- 30 % haja-asutus - 20 % loma-asutus	+ 20 % haja-asutus loma-asutus, ei muutosta
Metsätalous	+ 20 % hakkuu-ala + 25 % kunnostusojitusala	- 20 % hakkuu-ala Kunnostusojitusala ei muutu	- 25 % hakkuu-ala - 25 % kunnostusojitusala
Turvetuotanto	Tuotantoala + 20 %	Tuotantoala + 20 %	Tuotantoala - 75 %

Mallilaskelmia tehtäessä skenaariot pidettiin vaikutuksiltaan kaikilla pilottialueilla samanlaisina, eli mahdollisia aluekohtaisia eroja vaikutuksissa ei huomioitu. Tarkoituksena oli näin tuoda mallinuksissa paremmin esille muiden aluekohtaisten piirteiden aiheuttamia vaikutuksia kuormitukseen ja toimenpiteiden kustannustehokkuuteen. Luotujen kolmen skenaarion osalta on myös tärkeä muistaa että näiden skenaarioiden ei ollut missään vaiheessa tarkoitukseen olla realistisia ennusteita, vaan ainoastaan kärjistettyjä ja erityisesti toisistaan selkeästi poikkeavia tulevaisuuskuvia, jotta pystyttiin mallintamaan niiden välisiä eroja kuormituksissa ja kustannuksissa.

KUTOVA-työkalulla tarkasteltiin edellä mainittujen skenaarioiden lisäksi myös pelkkää ilmastonmuutoskenaariota, joka on kaikkien muiden edellä mainittujen skenaarioiden pohjalla. Kullekin skenaariolle kartoitettiin nykytilanne. Kuormituksen lähtötiedot saatiin VEMALAn skenaariolaskelmista ja toimenpiteiden maksimialat arvioitiin uusiksi taulukon 5 mukaan. Tämän jälkeen muodostettiin kullekin skenaariolle kaksi toimenpideyhdistelmää toinen 5 ja toinen 10 miljoonan euron vuotuisella budjetilla.

Toimenpideyhdistelmät ja niiden vaikutukset kuormitukseen eivät merkittävästi poikkeaa toisistaan skenaarioiden välillä. Romahdus ja Vihreä aalto –skenaarioissa toimenpiteiden vaikutukset kuormitukseen ovat vähäisemmät kuin muissa skenaarioissa. Tämä johtuu siitä, että Vihreä aalto –

skenaariossa jo lähtökohtaisesti alueella on käytössä enemmän vesiensuojelumenetelmiä. Romahdusskenaarion alhaista eroa selittää 20 prosenttia pienempi peltoala, toimenpiteitä ei yksinkertaisesti voi valita alueelle enempää, koska toteutus ala loppuu kesken. Myös kuormitustasot ovat alhaisimmat romahdus ja vihreä aalto –skenaarioissa. Romahdusskenaarion alhaista kuormitustasoa selittää 20 prosenttia pienempi peltoala ja vihreän aallon skenaariossa lähtökohtaisesti oletetut jo toteutetut toimet (kuva 18).



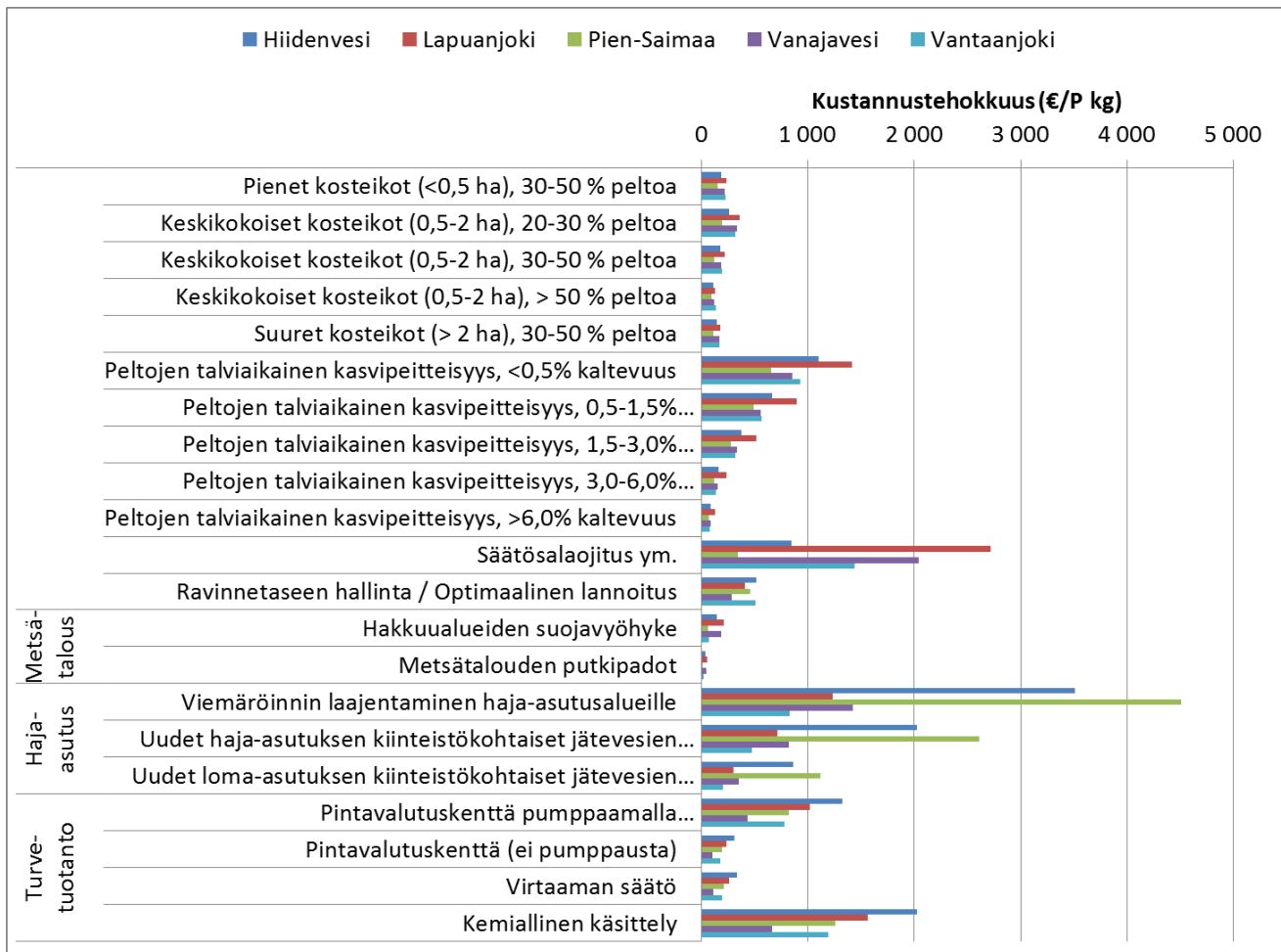
Kuva 18. Fosforikuormitus ja eri toimenpidevaihtoehtojen vaikutus kuormitukseen tulevaisuuskuvissa.

6 Vertailu muihin pilottialueisiin

KUTOVA-työkalua sovellettiin ja kehitettiin GisBloom-hankkeessa kaikkiaan kahdeksalla pilottialueella, jotka ovat Hiidenvesi, Karvianjoki, Lapuanjoki, Paimionjoki, Pien-Saimaa, Temmesjoki, Vanajavesi ja Vantaanjoki. Kuvassa 20 on vertailtu muutamien havainnollisimpien toimenpiteiden kustannustehokkuutta Hiidenveden, Lapuanjoen, Pien-Saimaan, Vanajaveden ja Vantaanjoen pilottialueilla. Kuvasta voidaan nähdä, että pääosin erot toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ovat suurempia toimenpiteiden kuin pilottialueiden välillä. Esimerkiksi kosteikot ja metsätalouden toimenpiteet ovat kaikilla alueilla varsin kustannustehokkaita, kun taas esimerkiksi haja-asutuksen toimenpiteet ja loivien peltojen toimenpiteet ovat kuuluvat kaikilla alueilla kalleimpien menetelmien joukkoon. Kuvasta nähdään myös hyvin, miten esimerkiksi talviaikainen kasvipeitteisyys, joka vähentää pinta-valuntaa, eroosiota ja kiintoaineseen sitoutuneen fosforin huuhtoutumista, on sitä kustannustehokkaampi, mitä kaltevampi pelto on kyseessä.

Alueellinen vaihtelu toimenpiteiden kustannustehokkuudessa on suurinta metsätalouden, haja-asutuksen ja turvetuotannon toimenpiteissä. Eroja selittävät turvetuotannon ja viemäroimättömän

haja-asutuksen määrä suhteessa näiden sektoreiden kuormitukseen. Esimerkiksi Vantaanjoella haja-asutuksen toimenpiteet ovat selvästi kustannustehokkaampia kuin muilla pilottialueilla, mikä johtuu haja-asutuksen kuormituksen suhteellisen suuresta osuudesta (25 %) valuma-alueen kokonaiskuormituksesta.



Kuva 19. Eräiden toimenpiteiden kustannustehokkuus Hiidenveden, Lapuanjoen, Pien-Saimaan, Vanajaveden ja Vantaanjoen pilottialueilla.

Maatalouden osalta kustannustehokkuuden alueellinen vaihtelu on suurinta säätösalaajituksen osalta. Tähän vaikuttaa se, että säätösalaajitus ei sovi savi- ja turvemaille, eikä kaltevuudeltaan yli 2 % pelloille. Alueiden välinen vaihtelu johtuu siis eroista vallitsevissa maalajeissa ja loivien peltojen määrässä. Myös peltotoimenpiteiden kustannustehokkuuden alueellinen vaihtelu on kohtalaista, mikä johtuu eroista peltojen kaltevuusjakaumassa sekä esimerkiksi jo olemassa olevan talviaikaisen kasvipeitteisyyden suhteellisesta osuudesta peltoalasta. Pienintä kustannustehokkuuden alueellinen vaihtelu on kosteikoissa. Kosteikoiden osalta alueellista vaihtelua aiheuttaa lähinnä se kuinka suuri osa valuma-alueen pelloista on mahdollisten kosteikoiden valuma-alueilla.

7 Yhteenveto

KUTOVA-mallin avulla voidaan muodostaa vesienhoidon yleissuunnittelua tukevia arvioita vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuudesta ja vaikutuksesta kuormitukseen. Lisäksi mallin avulla voidaan muodostaa toimenpideyhdistelmiä ja arvioida niiden kustannustehokkuutta. Toimenpideyhdistelmätyökalu ketjuttaa toimenpiteet ja huomioi esimerkiksi peltotoimenpiteiden vaikutuksen suojavyöhykkeelle tulevaan kuormitukseen.

Tässä raportissa on esitetty Lapuanjoen vesistöalueella tehdyn tarkastelun tulokset. Lapuanjoen vesistöalueella kustannustehokkaimpia vesiensuojelutoimenpiteitä ovat metsä- ja maatalouden toimenpiteet. Myös osa turvetuotannon toimenpiteistä on kustannustehokkaita. Lapuanjoen alueella turvetuotannon ja metsätalouden osuus kokonaiskuormituksesta on kuitenkin varsin pieni, joten näiden sektoreiden toimenpiteillä ei voida merkittävästi vaikuttaa alueen kokonaiskuormitukseen.

Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat erityisesti kalteville pelloille soveltuvat peltojen monivuotinen nurmiviljely, suojavyöhykkeet sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys. Myös kosteikot ovat kustannustehokas maatalouden toimenpide. Maatalouden toimenpiteillä on myös suurin vaikutusmahdollisuus valuma-alueen kokonaiskuormitukseen.

Viemäroimättömän haja-asutuksen toimenpiteet eivät ole yhtä kustannustehokkaita kuin maatalouden toimenpiteet, mutta niillä voidaan kuitenkin vaikuttaa Lapuanjoen kokonaiskuormitukseen merkittävästi. Metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkaita ja niitä kannattaa toteuttaa siellä, missä toimintoa harjoitetaan.

Tarkastelun oletuksena on, että kutakin toimenpidettä toteutetaan valuma-alueella maksimilaaajuudessaan, mikä ei välttämättä ole realistista. Tarkastelun tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää toimenpiteiden valinnassa ja kohdistamisessa. Käytännön toteutuksessa kannattaa huomioida toimenpiteiden toteutettavuus ja kohdistaa toimenpiteitä kaikille sektoreille.

KUTOVA-mallia tullaan jatkossa kehittämään muun muassa ottamalla mukaan uusia toimenpiteitä, jotta malli vastaisi paremmin vesienhoidon suunnittelun tarpeisiin. Lisäksi suunnitteilla on KUTOVA-TYPPI -malli. Tuloksiin liittyy paljon epävarmuutta, muun muassa jo mallin vaatimien lähtöoletusten suhteen. On kuitenkin muistettava, että malli on yksinkertaistus todellisuudesta ja tarkasteluun sisältyy sellaisia tekijöitä, joihin liittyvää epävarmuutta ei ole mahdollista poistaa. Mallin tuloksia hyödyntäessä on muistettava, että tulokset ovat suuntaa antavia ja suuruusluokkaa osoittavia. KUTOVA-mallin tarkoituksena on kuitenkin tuottaa kaikille vesistöalueille yhteismitallista tietoa, jota voidaan käyttää vesienhoitotoimenpiteiden suunnitteluun ja toimenpiteiden kustannusten vertailuun. Mallin avulla voidaan myös arvioida vesienhoidon

ensimmäisen suunnittelukauden vesienhoitosuunnitelmien kustannuksien ja vaikuttavuuden realistisuutta.

Lähteet

- Bezold, C. (2009). Jim Dator's Alternative Futures and the Path to IAF's Aspirational Futures. *Journal of Futures Studies*, 14: 123 – 134.
- Bonde A., M. Mäensivu, M. Mäkinen ja V. Westberg (toim.) (2012). Vesien tila hyväksi yhdessä – Vaikuta vesienhoidon työohjelmaan ja keskeisiin kysymyksiin Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueella 2016–2021. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Raportteja 57/2012
- Ekholm, P., E. Jaakkola, M. Kiirikki, K. Lahti, J. Lehtoranta, V. Mäkelä, T. Näykki, L. Pietola, S. Tattari, P. Valkama, L. Vesikko & S. Väisänen (2011). The effect of gypsum on phosphorus losses at the catchment scale. *The Finnish Environment* 33/2011, 44 s.
- Iho, A, J. Lankoski, M. Ollikainen, M. Puustinen, K. Arovuori, J. Heliölä, M. Kuussaari, A. Oksanen & S. Väisänen (2011). Tarjouskilpailu maatalouden vesiensuojeluun ja luonnonhoitoon - TARVEKE-hankeen loppuraportti. *MTT Raportti* 33, 62 s. <<http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti33.pdf>>.
- Haukilehto K., E. Latvala, L.M. Rautio ja S. Saarniaho (2011) Tulvariskien alustava arviointi Lapuanjoen vesistöalueella. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 30.3.2011
- Kunnari, E. (2008). Vesipuidedirektiivin mukainen kustannustehokkuusanalyysi maatalouden vesienhoitotoimenpiteille Excel-sovelluksena. Pro Gradu -tutkielma, Taloustieteen laitos, Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto. 69 s.
- Marttila, H. & B. Kløve (2009). Retention of sediment and nutrient loads with peak runoff control. *Journal of irrigation and drainage engineering* 135, 210-216.
- Marttila, H. & B. Kløve (2010). Managing runoff, water quality and erosion in peatland forestry by peak runoff control. *Ecological engineering* 36, 900-911.
- MMM (2012). Valtakunnallinen viemärintiohjelma. Luonnos 21.5.2012. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Mäkelä, S. (2007). Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitusselvitys. Raportti 51 s., Helsingin yliopisto.
- Nuotio, E. (2008). Etelä-Pohjanmaan vedet nyt ja tulevaisuudessa. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 1/2008
- Puustinen, M., J. Koskiaho, J. Jormola, L. Järvenpää, A. Karhunen, M. Mikkola-Roos, J. Pitkänen, J. Riihimäki, M. Svensberg & P. Vikberg (2007). Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. *Suomen ympäristö* 21/2007. 77 s.
- Puustinen, M., E. Turtola, M. Kukkonen, J. Koskiaho, J. Linjama, R. Niinioja & S. Tattari (2010). VIHMA- A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, ecosystems and environment* 138, 306-317.
- Suomen Pankki. Päivitetty 3.1.2012. Peruskoron muutokset vuodesta 1867. <http://www.suomenpankki.fi/fi/tilastot/tase_ ja_korko/Pages/tilastot_markkina_ ja_hallinnolliset_korot_peruskoron_muutokset_fi.aspx>
- Turveteollisuusliitto (2012). Turvetuotannon vesienpuhdistusmenetelmät. <<http://www.kuiva-turve.fi/Turvetuotannon%20vesienpuhdistusmenetelmat.pdf>> 22.3.2012.
- Valtioneuvosto (2011). Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Suomen säädöskokoelma 209/2011. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2011/20110209.pdf>> 22.3.2012.

- Ympäristö.fi (2012a). Maataloustiimin loppuraportti.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110628&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012b). Vuoden 2009 täydennykset vesienhoidon toimenpiteiden kustannusten arviointiin. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=105510&lan=sv>> 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012c). Metsätaloustiimin loppuraportti.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110629&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012d). Yhdyskunnat ja haja-asutus -tiimin loppuraportti.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=110630&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012e). Vesiensuojelutoimenpidetaulukko.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=79391&lan=sv>>. 22.3.2012.
- Ympäristö.fi (2012f). Metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteiden kustannuksia vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=104319&lan=fi>>. 3.5.2012

LIITE 1. KUTOVA-mallin laskennassa käytetyt kustannukset, niiden perustelut ja jakautuminen eri toimijoille.

Taulukko 1. KUTOVA-laskennassa käytetyt toimenpiteiden kustannukset (Ympäristö.fi 2012a, 2012b, 2012c ja 2012d)

Toimenpide	Yksikkö	Investointi-kustannukset €	Kuoletusaika v	Käyttö-kustannukset €/v	Yksikkö-kustannukset €/v
Suojavyöhykkeet	ha	0	0	450	450 €
Pienet kosteikot (< 0,5 ha)	kpl	3226	15	450	761 €
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha)	kpl	11500	15	450	1 558 €
Suuret kosteikot (>2 ha)	kpl	34500	15	450	3 774 €
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	0	0	50	50 €
Monivuotinen nurmiviljely	ha	0	0	50	50 €
Säätösalaajitus ym.	ha	1000	10	150	280 €
Ravintetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	0	0	50	50 €
Kipsin levitys pelloille	ha	190	3	0	70 €
Hakkuualueiden suojavyöhyke	ha	3500	15	47	384 €
Metsätalouden pintavalutuskentät	kpl	2500	15	100	341 €
Metsätalouden putkipadot	kpl	1500	15	100	245 €
Metsätalouden pohjapadot	kpl	1500	15	100	245 €
Metsätalouden kosteikot	kpl	5000	15	100	582 €
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	kiinteistö	8000	30	467	390 €
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	6000	20	200	521 €
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	2000	20	100	260 €
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	tuotantoha	1100	20	30	118 €
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	150	20	10	22 €
Virtaaman säätö	tuotantoha	120	20	6	16 €
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	1300	20	150	254 €

Taulukko 2. Kustannusten perustelut (Ympäristö.fi 2012a ja 2012b)

Toimenpide	Kustannusten perustelut
Suojavyöhykkeet, kosteikko, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely, säättösalaojitus ym. sekä ravinnetaseen hallinta / optimaalinen lannoitus	Maataloustiimi arvioi kustannukset vesiensuojelua edistävien maatalouden ympäristötukitoimenpiteiden ja investointien avulla. Yksikkökustannuksia tarkennettiin siten, että tukijärjestelmässä hyväksytyjen kustannusten lisäksi myös muut toimenpiteestä aiheutuvat kustannukset tulivat huomioiduksi. Maataloustiimiin kuuluivat: Tarja Haaranen YM, Leena-Marja Kauranne YM, Marjatta Kemppainen-Mäkelä MMM, Sini Wallenius MMM, Liisa Maria Rautio Länsi-Suomen ympäristökeskus, Pirkko Valpasvuo-Jaatinen Lounais-Suomen ympäristökeskus, Seppo Rekolainen SYKE ja Heidi Vuoristo SYKE. Anne Polso Länsi-Suomen ympäristökeskuksesta toimi turkistuotannon asiantuntijana. (Ympäristö.fi 2012a)
Kipsin levitys pellolle	Tarve-hanke: kipsi 18,15 €/t + kuljetuskustannukset 27-136 €/t. Oletettavissa, että viljelijä tilaa täysinä kuormia, jolloin kuljetuskustannukset ovat alhaisemmat. Hinnat ilman arvon lisäveroa. (Iho <i>et al.</i> 2011).
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Kustannus perustuu puuntuoton menetykseen, joka on arvioitu lannoittamattomuudesta aiheutuvana kasvutappiona. Keskimääräinen muokkaamattomuudesta johtuva menetys voidaan arvioida kasvutappion (1 m ³ /ha/v) mukaan. Merkittävimmin kustannuksia syntyy, mikäli suojavyöhykkeelle jätetään puustoa. Puuntuoton menetys on arvioitu tällöin keskimääräisen puuston määrän (150 m ³ /ha) ja keskimääräisen kantohinnan (€/m ³) mukaan. Puuntuoton menetystä ei kuitenkaan ole otettu täysimääräisenä huomioon, sillä suojavyöhykkeeltä voi hakata puita, mikäli puunkorjuu voidaan tehdä suojavyöhykkeen ulkopuolelta maanpintaa ja pintakasvillisuutta rikkomatta (Ympäristö.fi 2012b).
Metsätalouden pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Metsätalouden toimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa (Ympäristö.fi 2012f)
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Keskimääräisenä yksikköhintana käytetään viemäriin liittymiskustannusta, keskimäärin 8000 €/kiinteistö (MMM 2012).
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b).
Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b).
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen), pintavalutuskenttä (ei pumppausta), virtaaman säätö sekä kemiallinen käsittely	Kustannusten pohjana on käytetty kesällä 2008 Turveteollisuusliitolta saatuja kustannustietoja (Ympäristö.fi 2012b).

Taulukko 3. Toimenpiteiden kustannusten kohdentuminen eri toimijoille (Ympäristö.fi 2012a, 2012 b, 2012c ja 2012d).

Toimenpide	Yksityinen rahoitus	Julkinen rahoitus	Rahoituslähde
Suojavyöhykkeet	0 %	100 %	Maatalouden ympäristötuki
Pienet kosteikot (<0,5 ha)	7 %	93 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha)	13 %	87 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Suuret kosteikot (>2 ha)	16 %	84 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	40 %	60 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Monivuotinen nurmiviljely	40 %	60 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Säätösalaajitus ym.	34 %	66 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	60 %	40 %	Maatalouden ympäristötuki /toiminnanharjoittaja
Kipsin levitys pelloille	100 %		Toiminnanharjoittaja
Hakkuualueiden suojavyöhyke	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
Metsätalouden pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	0 %	100 %	Kestävän metsätalouden rahoitustuki
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	100 %	0 %	Kiinteistön omistaja
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Virtaaman säätö	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja
Kemiallinen käsittely	100 %	0 %	Toiminnanharjoittaja

LIITE 2. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-mallissa ja niiden perustelut.

Taulukko 1. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen

Toimenpide	yksikkö	Reduktio % tulevasta kuormituksesta
Suojavyöhykkeet	ha	VIHMAN arvio
Kosteikot	kpl	34 %
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	ha	VIHMAN arvio
Monivuotinen nurmiviljely	ha	VIHMAN arvio
Säätösalaajitus ym.	ha	15 %
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	ha	VIHMAN arvio
Kipsin levitys pelloille	ha	54 %
Hakkuualueiden suojavyöhyke	ha	10 %
Metsätalouden pintavalutuskentät	kpl	25 %
Metsätalouden putkipadot	kpl	50 %
Metsätalouden pohjapadot	kpl	30 %
Metsätalouden kosteikot	kpl	20 %
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	kiinteistö	95 %
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	85 %
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	kiinteistö	70 %
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	tuotantoha	46 %
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	tuotantoha	46 %
Virtaaman säätö	tuotantoha	30 %
Kemiallinen käsittely	tuotantoha	80 %

Taulukko 2. Perusteet toimenpiteiden vaikutuksille.

Toimenpide	P Reduktio
Suojavyöhykkeet	VIHMA: Kaikille viljellyille pelloille perustetaan suojavyöhykkeet.
Kosteikot	Vesistömalli: Kosteikkojen yläpuolella oleva peltopinta-ala suhteessa kokonaispeltoalaan Kosteikon koko on 2 % VA:sta. Puustinen ym. 2007
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	VIHMA: syyskynnetyt pellot syysviljaksi (perinteinen kyntö/kylvö).
Monivuotinen nurmiviljely	VIHMA: Viljellyt pellot nurmeksi
Säätösalaajitus ym.	Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitus selvitys (Mäkelä 2007): 15 %
Ravintetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	VIHMA: P-lukujakauman muutos 50; 50; 0
Kipsin levitys pelloille	54 %: Ekholm <i>et al.</i> (2011)
Hakkuualueiden suojavyöhyke	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 10 % (Ympäristö.fi 2012e)
Metsätalouden pintavalutus kentät	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: 20-30 % (Ympäristö.fi 2012e)
Metsätalouden putkipadot	Marttila & Klove (2009): 47-88 %, Marttila & Klove (2010): 67 %
Metsätalouden pohjapadot	Asiantuntija-arvio
Metsätalouden kosteikot	VHS-työhön laadittu toimenpidetaulukko: noin 20 % (Ympäristö.fi 2012e)
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Jätevedenpuhdistamon reduktio: 95 % (Ympäristö.fi 2012d)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Haja-asutuksen jätevesiasetuksen vaatimusten mukainen: 85 % (Valtioneuvosto 2011)
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Haja-asutuksen jätevesiasetus: 70 % (Valtioneuvosto 2011)
Pintavalutus kenttä pumppaamalla (kesä/ympäri vuotinen)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Pintavalutus kenttä (ei pumppausta)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Virtaaman säätö	20-50% (Turveteollisuusliitto 2012)
Kemiallinen käsittely	75-95% (Turveteollisuusliitto 2012)

LIITE 3. Toimenpiteiden lähtökuormituksen määrittäminen.

Taulukko 1. Toimenpiteiden lähtökuormitusten määrittäminen sektorikuormituksista.

Toimenpide	Lähtökuormitus
Suojavyöhykkeet	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia
Kosteikko	Kosteikkojen vaikutus ei riipu mallissa tulevasta kuormituksesta.
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia ja syysviljoja
Monivuotinen nurmiviljely	Pelloilta tuleva kuormitus ilman nurmia
Säätösalaajitus ym.	40 % maatalouden kuormituksesta
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Maatalouden kuormitus
Kipsin levitys pelloille	Pelloilta tulevan kuormituksen savimailla sijaitsevien peltojen osuus
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Hakkuualueiden osuus metsätalouden kuormituksesta
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojituksen osuus metätalouden kuormituksesta
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Vakituisen haja-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Vakituisen haja-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Loma-asutuksen kuormitus, käytetty VEPSin kiinteistökohtaisia kertoimia ja suhteutettu VEMALAN kuormitukseen
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole pintavalutuskenttää
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole pintavalutuskenttää
Virtaaman säätö	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole virtaaman säätöä
Kemiallinen käsittely	Niiden turvetuotantoalueiden kuormitus, joilla ei ole kemiallista käsittelyä

LIITE 4. Toimenpiteiden maksimialojen määrittäminen KUTOVA-mallissa.

Taulukko 1. Toimenpiteiden maksimialat.

Toimenpide	Maksimiala
Suojavyöhykkeet	Peltopinta-ala (ha) ilman nurmia. Suojavyöhykkeen osuus on noin 8% peltolohkon alasta.
Kosteikko	VEMALAn arvioima kosteikkopaikkojen maksimimäärä (kpl), kosteikot ovat laskennallisia, niiden pinta-ala on 2 % yläpuolisen valuma-alueen alasta ja pelto-osuus valuma-alueesta on väh. 20 %
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella tai syysviljoilla.
Monivuotinen nurmiviljely	Peltopinta-ala (ha), joka ei ole nurmella
Säätösalaajitus ym.	Säätösalaajitus soveltuu kaltevuudeltaan alle 2 % pelloille, jotka eivät ole savi tai eloperäisillä mailla
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	Koko peltopinta-ala.
Kipsin levitys pelloille	Savimailla oleva peltopinta-ala
Hakkuualueiden suojavyöhyke	Suojavyöhyke on n. 1% hakkuualasta (ha). (Metsätalouden vesienhoitotoimenpiteiden kustannuslaskenta vuoden 2009 VHS-asiakirjoissa)
Pintavalutuskentät, pohja- ja putkipadot sekä kosteikot	Kunnostusojitusala/50 (ha). Vesien suojeleminen tehdään 1 kpl/50 ojitushehtaaria (Ympäristö.fi 2012f).
Viemäröinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Viemäröimätön haja-asutus (kpl) (VEPS)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäröimätön haja-asutus (kpl) (VEPS) * 0,75 (70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäröimätön loma-asutus (kpl) (VEPS) * 0,25 (20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympäri- vuotinen)	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Virtaaman säätö	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo virtaaman säätö.
Kemiallinen käsittely	Turvetuotannon ala (ha) pois lukien alueet, joilla on jo kemiallinen käsittely.

LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Lapuanjoen vesistöalueella.

Taulukko 1. Kuormituksen lähtötiedot Lapuanjoen vesistöalueella.

Kuormitus (P kg)

VEMALA	Lapuanjoen				Koko valuma-alue	Yksikkö
	ala- ja keskiosa	Kauhavan-joki	Nurmonjoki	Kuortaneen-järvi		
Maatalous	40580	18714	13909	23351	96554	kg
Haja-asutus	3334	1479	1615	2766	9193	kg
Muu	4121	1158	3393	182	8854	kg
Yhteensä	48035	21350	18917	26299	114600	kg

VIHMA

Maatalous yhteensä	41007	15560	12650	93042	93042	kg
Syysviljat	737	360	228	1736	1736	kg
Nurmet	10459	4681	5383	32097	32097	kg

VEPS

Maatalous	23547	9404	6860	13260	53071	kg
Metsätalous	1255	650	930	1369	4204	kg
Laskeuma	134	58	609	606	1407	kg
Luonnonhuuhtouma	6696	3082	3567	5867	19212	kg
Hulevesi	34	13	15	30	93	kg
Haja-asutus	3378	1507	1710	2960	9556	kg
Pistekuormitus	2534	668	357	521	4080	kg
Turvetuotanto	5	148	530	361	1045	kg
Yhteensä	37583	15532	14579	24974	92667	kg

Taulukko 2. Toimenpiteiden maksimialat Lapuanjoen vesistöalueella.

Maksimialat

	Lapuanjoen ala- ja keskiosa	Kauhavan- joki	Nurmon- joki	Kuortaneen- järvi	Koko valuma- alue	Lähde	Yksikkö
Peltopinta-ala	41139	16704	12398	21397	91638	VIHMA	ha
Syysviljojen ala	815	426	244	400	1886	VIHMA	ha
Nurmien ala	9994	4857	5131	10989	30827	VIHMA	ha
Pelloista savimailla	3 %	3 %	1 %	0 %	2 %	VIHMA	%
Pelloista eloperäisillä mailla	24 %	22 %	32 %	26 %	25 %	VIHMA	%
Hakkuuala	1413	732	1047	1541	4732	Metsä- keskus	ha
Kunnostusojitusala	265	137	196	289	887	Metsä- keskus	ha
Viemäröimätön haja-asutus	3497	1573	1802	2887	9759	VEPS	kpl
Viemäröimätön loma-asutus	698	236	861	1404	3199	VEPS	kpl
Turvetuotannon ala	388	1440	1704	1606	5138	VEPS	ha
Pintavalutuskenttä	103,3	222,3	976,1	250	1551,6	Vahti	ha
Virtaaman säätö	17	89,4	181,5	97	384,6	Vahti	ha
Kemiallinen käsittely	0	0	0	0	0	Vahti	ha

Taulukko 3. Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä ja kosteikoiden yläpuolisten valuma-alueiden petoala.

	<u>Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä</u>	<u>Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus</u>		
		20-30%	30-50%	>50%
Koko valuma-alue	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	50	51	66
	0,5-2 ha	299	247	270
	>2 ha	110	113	58
Kosteikon valuma-alueen petoala (ha)	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	276	458	1083
	0,5-2 ha	3594	4987	9113
	>2 ha	3981	6563	5507
Lapuanjoen ala- ja keskiosa	<u>Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä</u>			
	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	9	20	29
	0,5-2 ha	97	90	134
>2 ha	43	47	36	

Kauhavanjoki	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	49	178	496
	0,5-2 ha	1237	1874	4859
	>2 ha	1575	2808	3594
				ha
Nurmonjoki	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	5	7	11
	0,5-2 ha	47	35	50
	>2 ha	18	19	14
				kpl
Nurmonjoki	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	31	65	187
	0,5-2 ha	560	714	1638
	>2 ha	660	1193	1209
				ha
Nurmonjoki	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	14	11	15
	0,5-2 ha	49	43	42
	>2 ha	20	16	3
				kpl
Kuortaneenjärvi	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	77	93	234
	0,5-2 ha	552	877	1453
	>2 ha	739	829	265
				ha
Kuortaneenjärvi	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	22	13	11
	0,5-2 ha	106	79	44
	>2 ha	29	31	5
				kpl
Kuortaneenjärvi	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	119	121	165
	0,5-2 ha	1245	1522	1164
	>2 ha	1007	1733	438
				ha

Taulukko 4. Toimenpiteiden valuma-aluekohtaiset reduktiot Lapuanjoen vesistöalueella

Valuma-aluekohtaiset reduktiot

Toimenpide	Lapuanjoen					Lähde
	ala- ja keskiosa	Kauhavan-joki	Nurmon-joki	Kuortaneen-järvi	Koko valuma-alue	
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	12 %	8 %	9 %	11 %	12 %	VIHMA
Kaltevuus						
Koko valuma-alue	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%	
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,9 %	1,5 %	1,1 %	0,8 %	0,1 %	
Monivuotinen nurmiviljely	-3,3 %	-1,1 %	0,1 %	1,6 %	0,1 %	
Suojavyöhykkeet	-0,1 %	0,4 %	0,7 %	1,1 %	0,1 %	
Peltoala (ha)	50741	26382	10954	3430	131	
Kaltevuus						
Lapuanjoen ala- ja keskiosa	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%	
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	2,7 %	1,8 %	1,0 %	0,4 %	0,0 %	
Monivuotinen nurmiviljely	-4,7 %	-1,3 %	0,1 %	0,9 %	0,0 %	
Suojavyöhykkeet	-0,2 %	0,4 %	0,6 %	0,6 %	0,0 %	
Peltoala (ha)	25651	11310	3461	708	9	
Kaltevuus						
Kauhavanjoki	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%	
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	2,0 %	2,0 %	1,1 %	0,5 %	0,0 %	
Monivuotinen nurmiviljely	-3,6 %	-1,2 %	0,2 %	1,2 %	0,0 %	
Suojavyöhykkeet	0,1 %	0,7 %	0,7 %	0,8 %	0,0 %	
Peltoala (ha)	9252	5441	1644	363	4	
Kaltevuus						
Nurmonjoki	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%	
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	1,5 %	1,3 %	0,6 %	0,3 %	0,0 %	
Monivuotinen nurmiviljely	-2,8 %	-0,9 %	0,1 %	0,7 %	0,0 %	
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,4 %	0,5 %	0,5 %	0,0 %	
Peltoala (ha)	7334	3752	1068	243	1	
Kaltevuus						
Kuortaneenjärvi	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%	
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,9 %	1,0 %	1,4 %	1,3 %	0,1 %	
Monivuotinen nurmiviljely	-1,6 %	-0,7 %	0,1 %	2,9 %	0,4 %	
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,3 %	0,9 %	2,0 %	0,3 %	
Peltoala (ha)	8504	5879	4781	2116	117	

