



Suomen ympäristökeskus

Kustannustehokkaat vesiensuojelutoimenpiteet Hiidenveden valuma-alueella

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.....	13
4.1	Hiidenveden koko valuma-alue.....	13
4.1.1	Yksittäiset toimenpiteet.....	13
4.1.2	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä	16
4.1.3	Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä.....	18
4.1.4	Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla	19
4.2	Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen	21
4.3	Tarkasteluun liittyvät epävarmuudet	24
5	Tulevaisuuskuvat	26
6	Vertailu muihin pilottialueisiin	29
7	Yhteenveto	30
	Lähteet.....	32
	LIITE 1. KUTOVA-mallin laskennassa käytetyt kustannukset, niiden perustelut ja jakautuminen eri toimijoille.	34
	LIITE 2. Toimenpiteiden vaikutus fosforikuormitukseen KUTOVA-mallissa ja niiden perustelut.	37
	LIITE 3. Toimenpiteiden lähtökuormituksen määrittäminen.	39
	LIITE 4. Toimenpiteiden maksimialojen määrittäminen KUTOVA-mallissa.	40
	LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Hiidenveden valuma-alueella.....	41

1 Johdanto

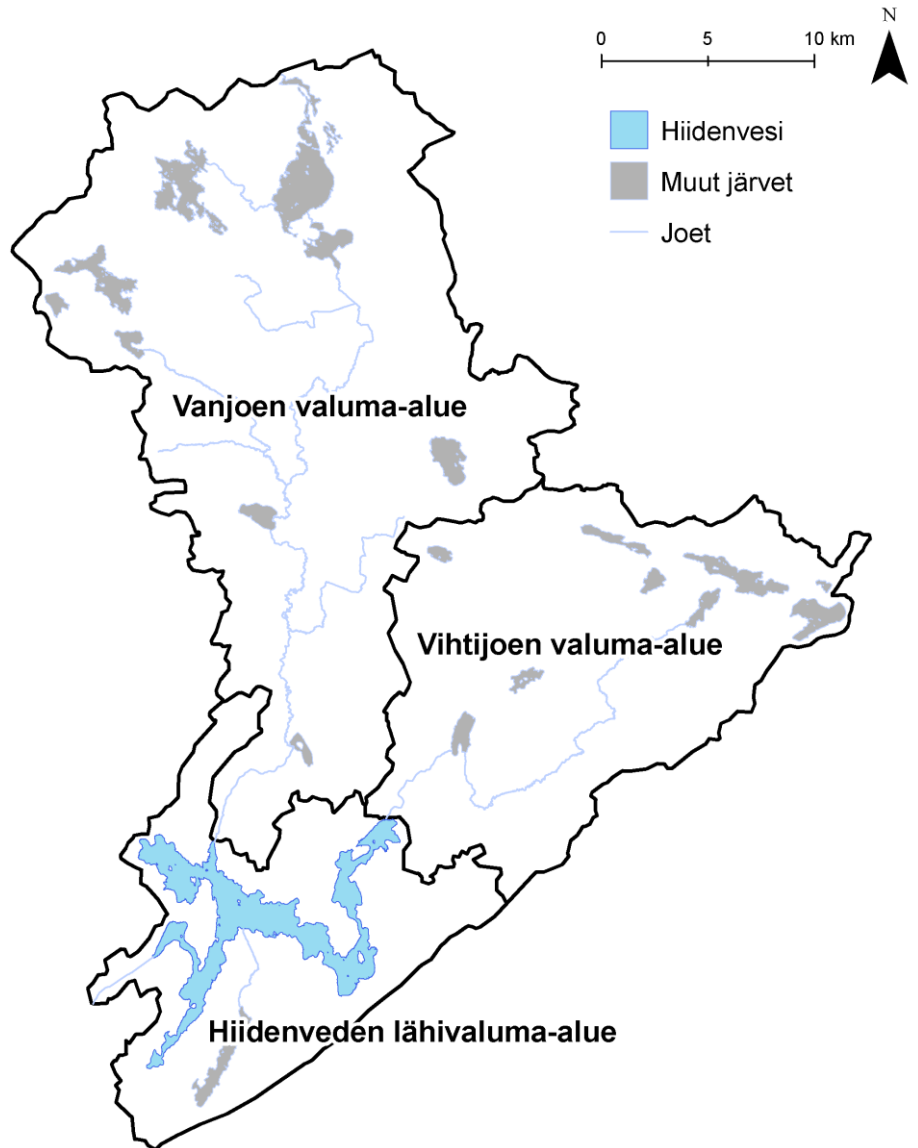
Tämä tutkimus on osa SYKEN toteuttamaa EU LIFE+ -rahoitteista GisBloom-hanketta. Hankkeen tavoitteena on parantaa vesien tilaa huomioiden vesipuitedirektiivin tavoitteet. Lisäksi hankkeessa pyritään vähentämään leväkukintoja ja lisäämään kansalaisten sekä järjestöjen osallistumista vesistöjen kehittämiseen. 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 Hiidenveden lisäksi Vanajavedellä, Vantaanjoella, Pien-Saimaalla, Lapuanjoella. Lisäksi mallia on aiemmin sovellettu Karvianjoella, Paimionjoella sekä Temmesjoella.

Hiidenvesi on Karvianjoen vesistöön kuuluva Uudenmaan maakunnan toiseksi suurin järvi (29 km²) (Helttunen 2012). Se sijaitsee Vihdin, Lohjan ja Nummi-Pusulan kuntien alueilla lähellä pääkaupunkiseutua. Sijaintinsa vuoksi Hiidenvesi on keskeinen virkistysalue, vaikka sen vedenlaatu on välttävää. Sen valuma-alue, jolta tulee järveen paljon ulkoista kuormitusta muun muassa maataloudesta, on pinta-alaltaan 935 km². Hiidenvedellä on tehty kunnostustoimenpiteitä, kuten hoitokalastusta, yli 10 vuotta. Vedenlaatua ei ole kuitenkaan saatu paranemaan (LUVY ry). Tämän vuoksi Hiidenvedellä tarvitaan uudenlaista vesistösuunnittelua, jonka avulla järven tilaa saadaan parannettua.

Hiidenvesi muodostuu neljästä pääaltaasta, jotka ovat Kiihkelyksenselkä, Nummelanselkä, Isontalonselkä, Mustionselkä ja Kirkkojärvi. Näistä järven koillisosassa sijaitsevat Kirkkojärvi ja Mustionselkä ovat yhteydessä muuhun Hiidenveteen ainoastaan kapean salmiyhteyden kautta. Kirkkojärven ja Mustionselän vedenlaatu on selkeästi heikompi kuin Hiidenveden muilla alueilla (Helttunen 2012).

Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuusanalyysi tehdään tässä tarkastelussa koko Hiidenveden valuma-alueelle sekä erikseen Hiidenveden lähialueelle, Kirkkojärven laskevalle

Vihtijoen valuma-alueelle ja Kiihkelyksenselän Kuninkaanlahteen laskevan Vanjoen valuma-alueelle (kuva 1). Osavaluma-alue tarkastelu mahdollistaa alueiden välisen vertailun ja toimenpiteiden alueellisen kohdentamisen tarkastelun.



© SYKE
© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/12

Kuva 1. Hiidenveden valuma-alue osa-alueineen.

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

ympäristökeskuksen 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, tuorehununurmet, muut nurmet

Muuttamalla alkutilanteen muokkauskäytäntöä saadaan arvioitua esimerkiksi talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutus fosforikuormitukseen. VIHMA-mallin avulla voidaan arvioida myös suojavyöhykkeiden 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 määritellä 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 peltolohkolle, 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

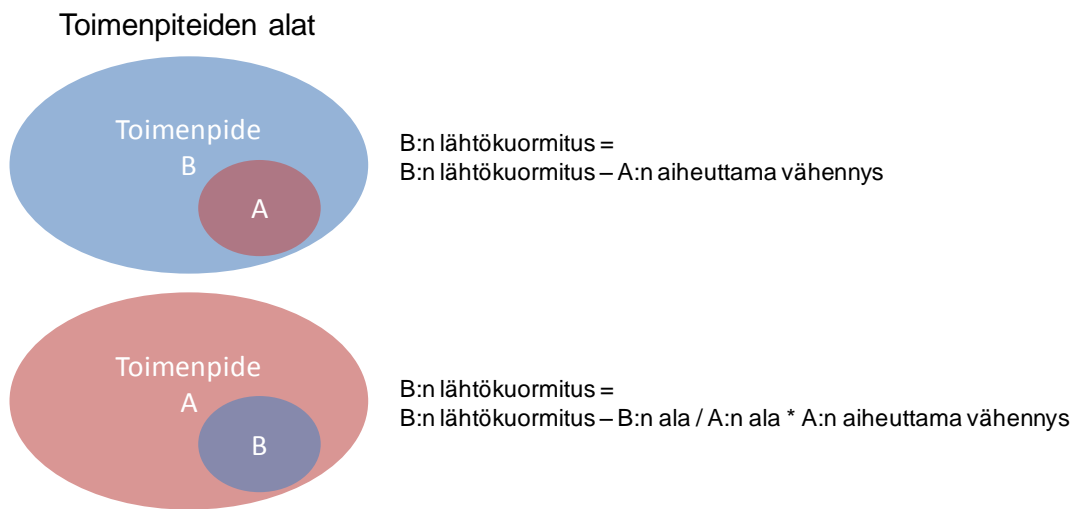
Toimenpiteillä voi olla vaikutuksia toisiinsa. Esimerkiksi talviaikainen kasvipeitteisyys ja monivuotinen nurmiviljely ovat toisensa poissulkevia toimenpiteitä. Lisäksi ne vähentävät pelloilta tulevan kuormituksen määrää, mikä vaikuttaa puolestaan suojavyöhykkeen tehokkuuteen. Toimenpiteiden vaikutukset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



Optimaalinen lannoitus siis vaikuttaa kaikkiin muihin maatalouden toimenpiteisiin, ja säättösalojitus vain suojavyöhykkeiden tehokkuuteen. Vaikutus huomioidaan toimenpiteen lähtökuormituksen muuttumisena. Jos siis lisätään peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä, se vähentää säättösalojituksen 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.



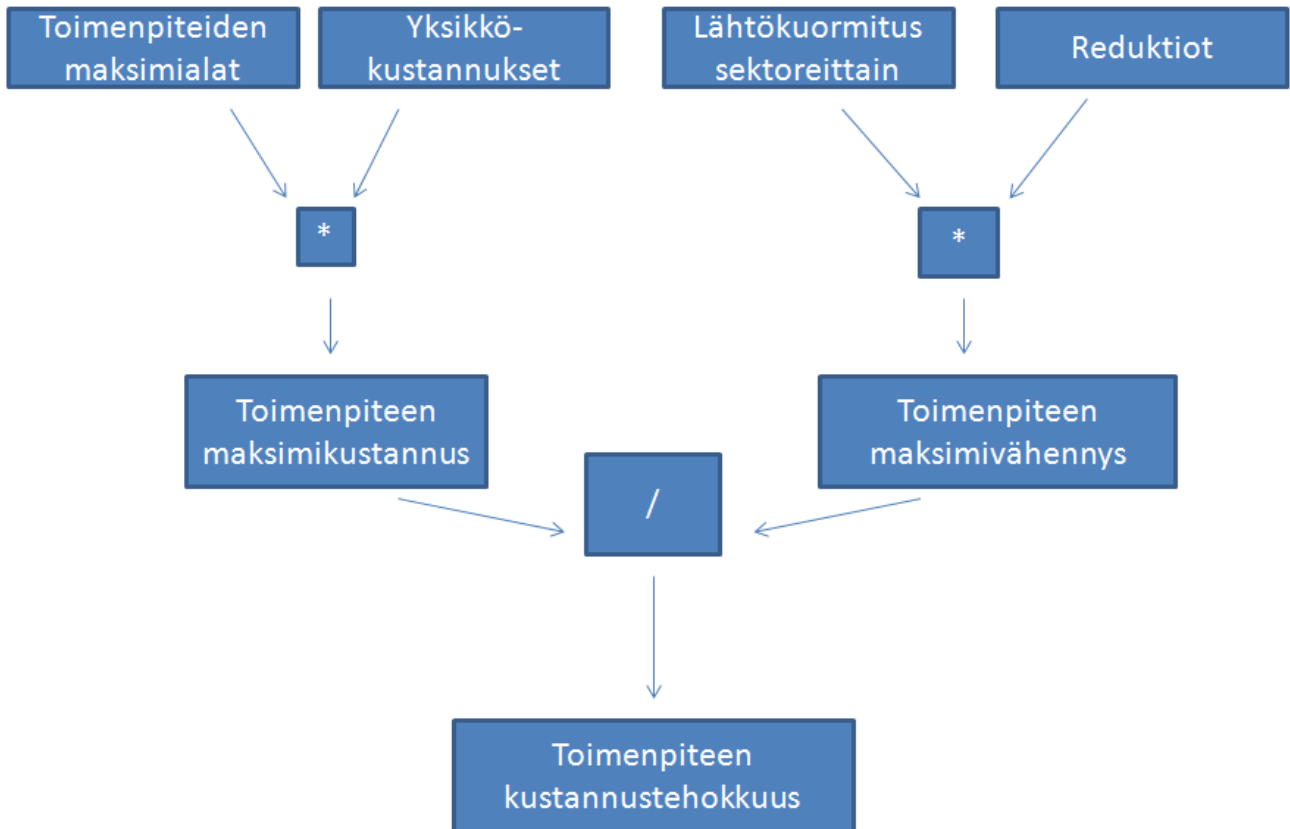
Kuva 2. Toimenpiteiden toteuttamislaajuuden huomioiminen, kun toimenpiteet vaikuttavat toisiinsa.

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.



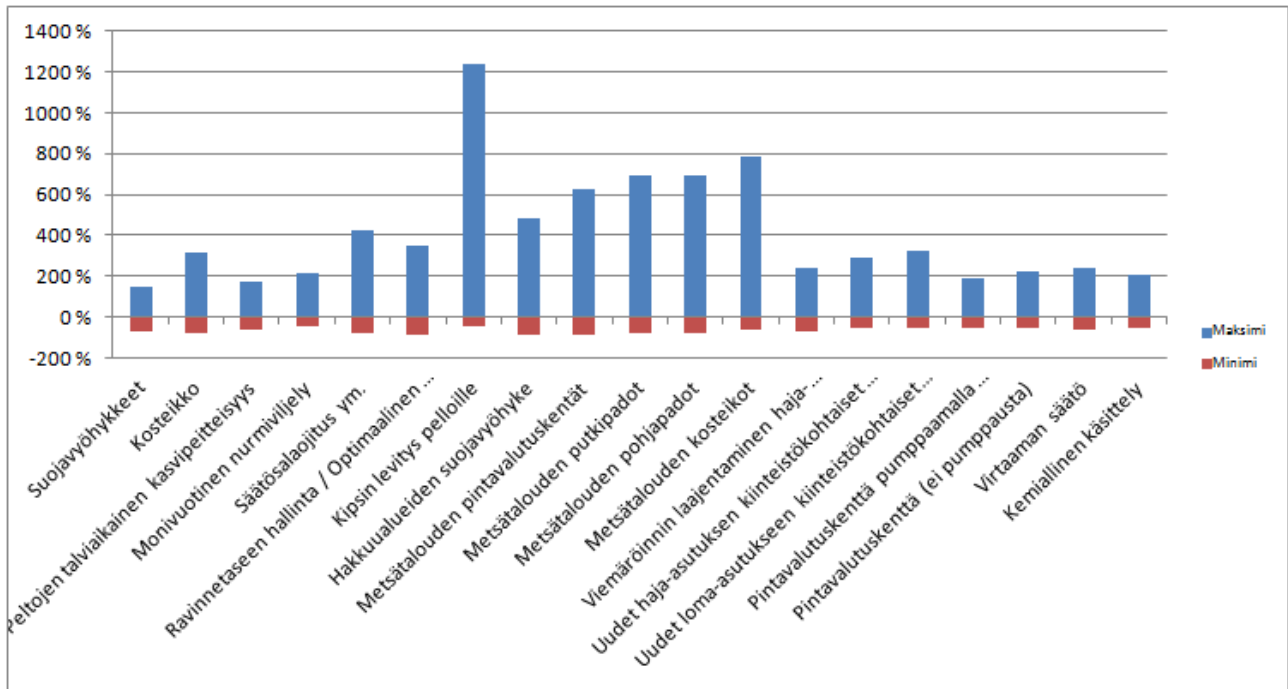
Kuva 3. Systemikaavio KUTOVA+-mallin laskentatavasta.

2.8 Herkkyys- ja epävarmuustarkastelu

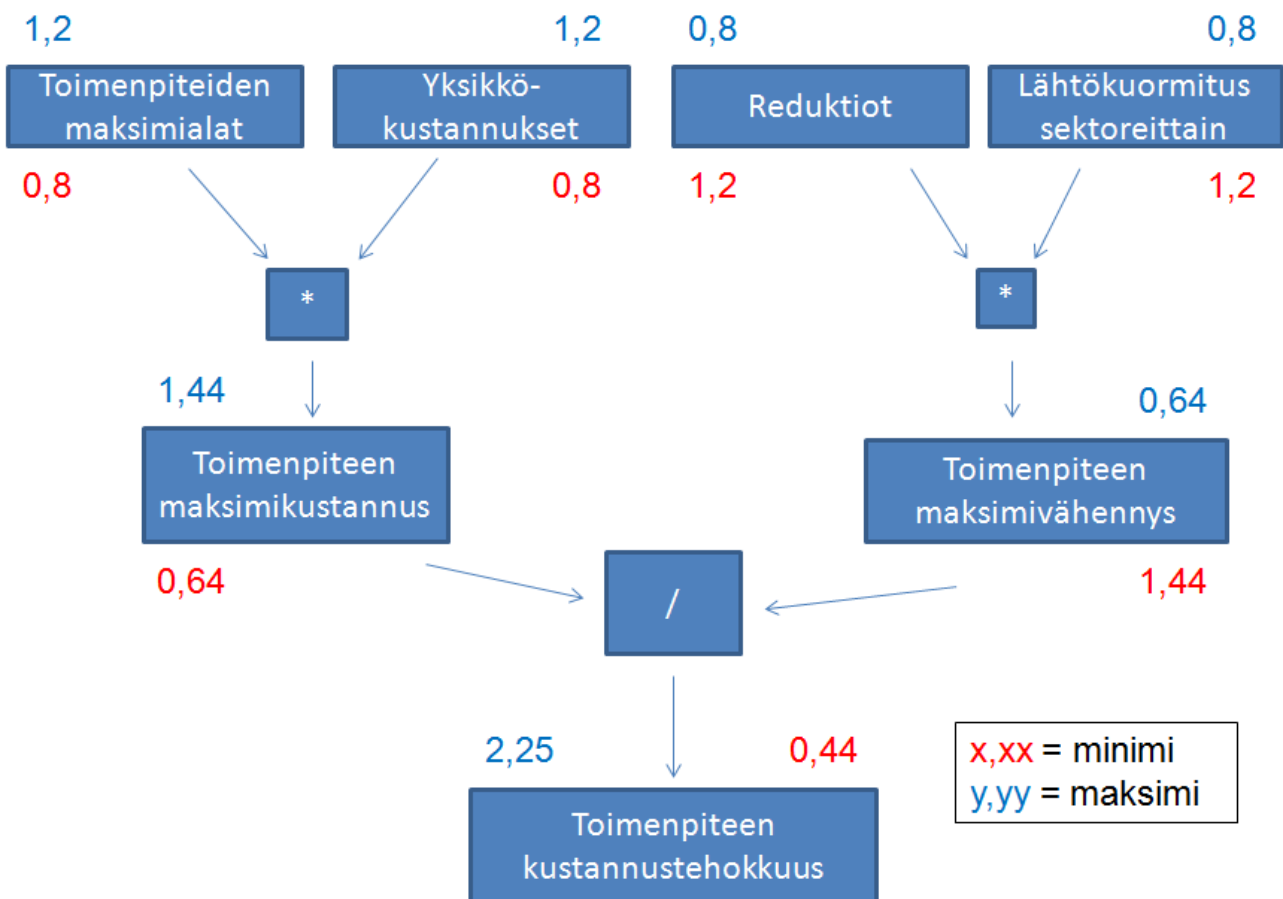
Vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväliä arvioidaan mallissa muuttamalla lähtötietoja taulukon 1 mukaisesti. Kuvassa 4 on esitetty kustannustehokkuuden minimi ja maksimi arvon poikkeama mallin oletusarvosta toimenpiteittäin. Erot toimenpiteiden välillä syntyvät erilaisista investointikustannuksista 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.

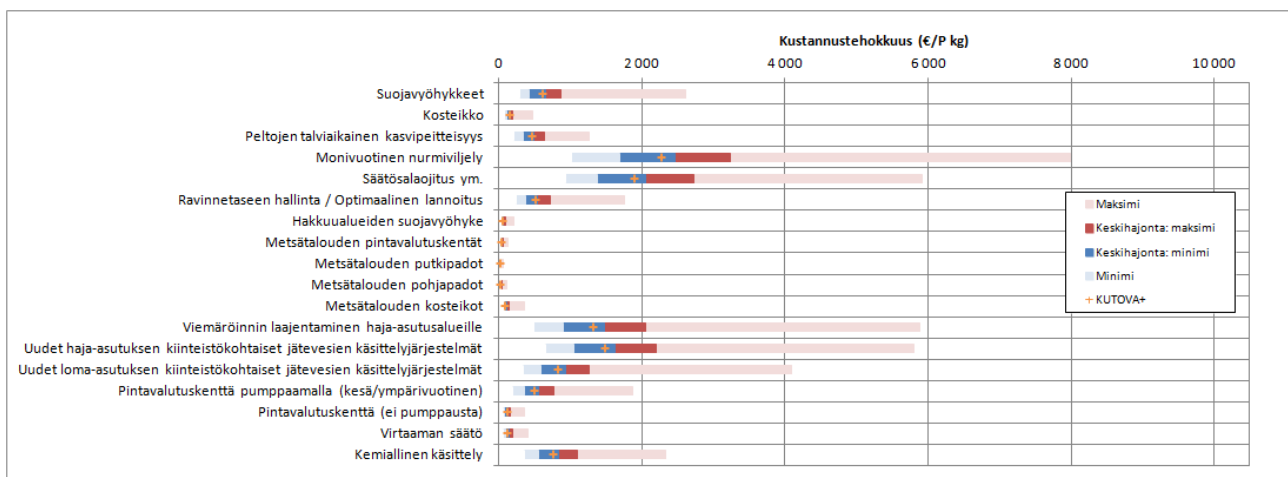


Kuva 5. Laskentatavan vaikutus kustannustehokkuuden minimi- ja maksimiarvon muodostumiseen ilman koron ja kuoletusajan vaikutusta. Sinisellä värillä merkatut kertoimet (1=oletusarvo) havainnollistavat maksimiarvon syntymistä ja punaisella merkatut minimiarvon syntymistä.

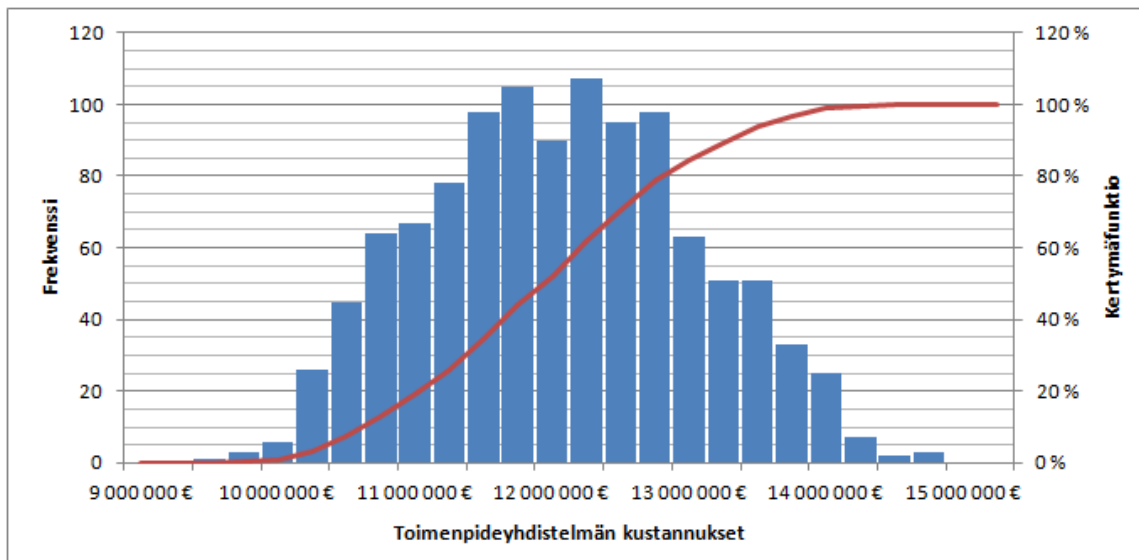
Minimi- ja maksimiarvojen lisäksi malli laskee Monte Carlo -simulointia hyödyntäen kustannustehokkuudelle keskihajonnan, joka antaa paremman kuvan tulosten todellisesta luottamusvälistä kuin minimi- ja maksimiarvot (kuva 6). Monte Carlo -simuloinnissa mallin lähtötietoja poikkeutetaan oletusarvosta taulukon 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.

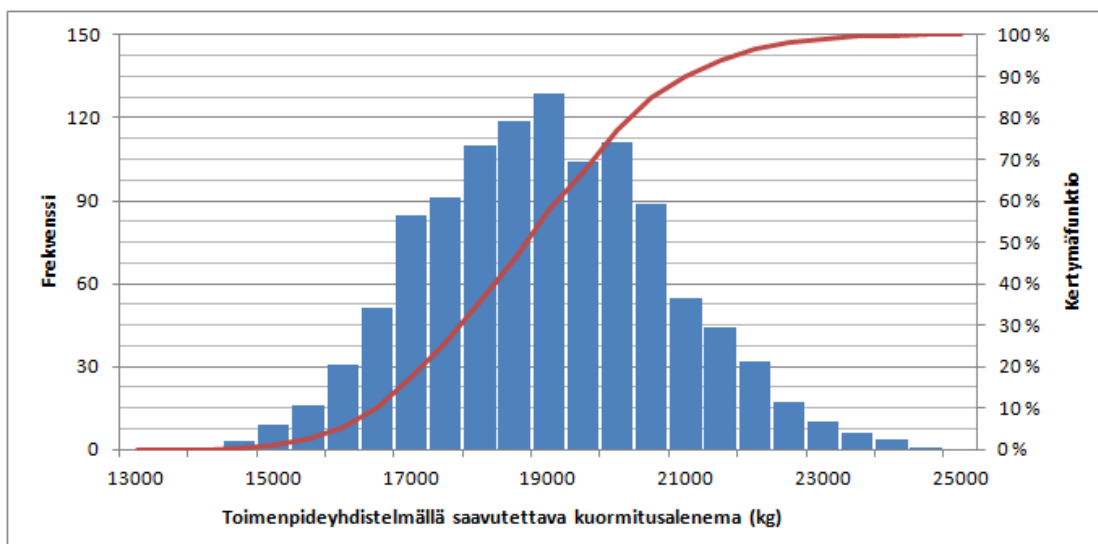
Vaikka kustannustehokkuuden vaihteluväli on suuri, ei systemaattinen virhe esimerkiksi kuormituksen lähtötiedoissa välttämättä vaikuta toimenpiteiden keskinäiseen vertailtavuuteen.



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 Hiidenveden 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 Hiidenveden valuma-alueelle. Luvussa 4.1 kuvataan yksittäisten toimenpiteiden kustannustehokkuus ja vaikutus kuormitukseen sekä kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset ja vaikutus kuormitukseen. Lisäksi luvussa tarkastellaan Hiidenveden vesienhoitosuunnitelmia ja verrataan niitä kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon. Luvussa 4.2 kuvataan Hiidenveden osa-alueita ja niiden välisiä eroja sekä toimenpiteiden kustannustehokkuutta ja vaikutusta kuormitukseen eri osa-alueilla. Luvussa 4.3 kuvataan tarkasteluun liittyviä epävarmuuksia.

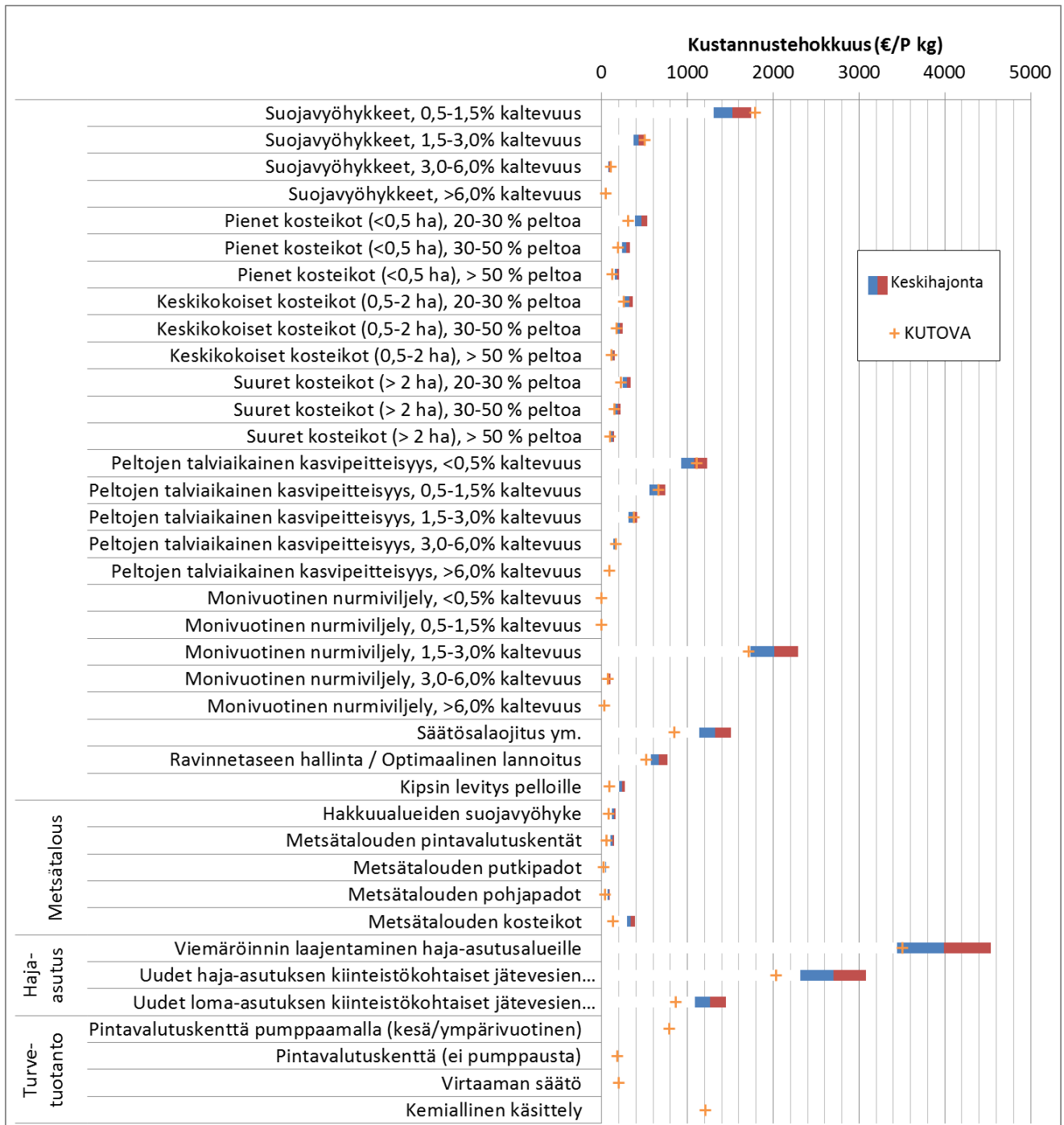
4.1 Hiidenveden koko valuma-alue

Corine land cover maankäyttöaineiston perusteella Hiidenveden valuma-alueesta 63 prosenttia on metsää. Maatalousalueita valuma-alueesta on 18 prosenttia ja rakennettuja alueita 9 prosenttia. Peltoa valuma-alueella on yhteensä 15599 hehtaaria, joista yli 40 prosenttia on kaltevuudeltaan yli 3 prosenttia.

Alueella on metsätalouden uudistushakkuualoja 1250 hehtaaria ja kunnostusojitusala 427 hehtaaria (taulukko 3). Turvetuotantoa alueella on hyvin vähän, vain 19 hehtaaria. Viemäröimättömiä haja-asutusalueella sijaitsevia vakituksessa asutuksessa olevia kiinteistöjä alueella on 10281 ja lomakiinteistöjä 3643.

4.1.1 Yksittäiset toimenpiteet

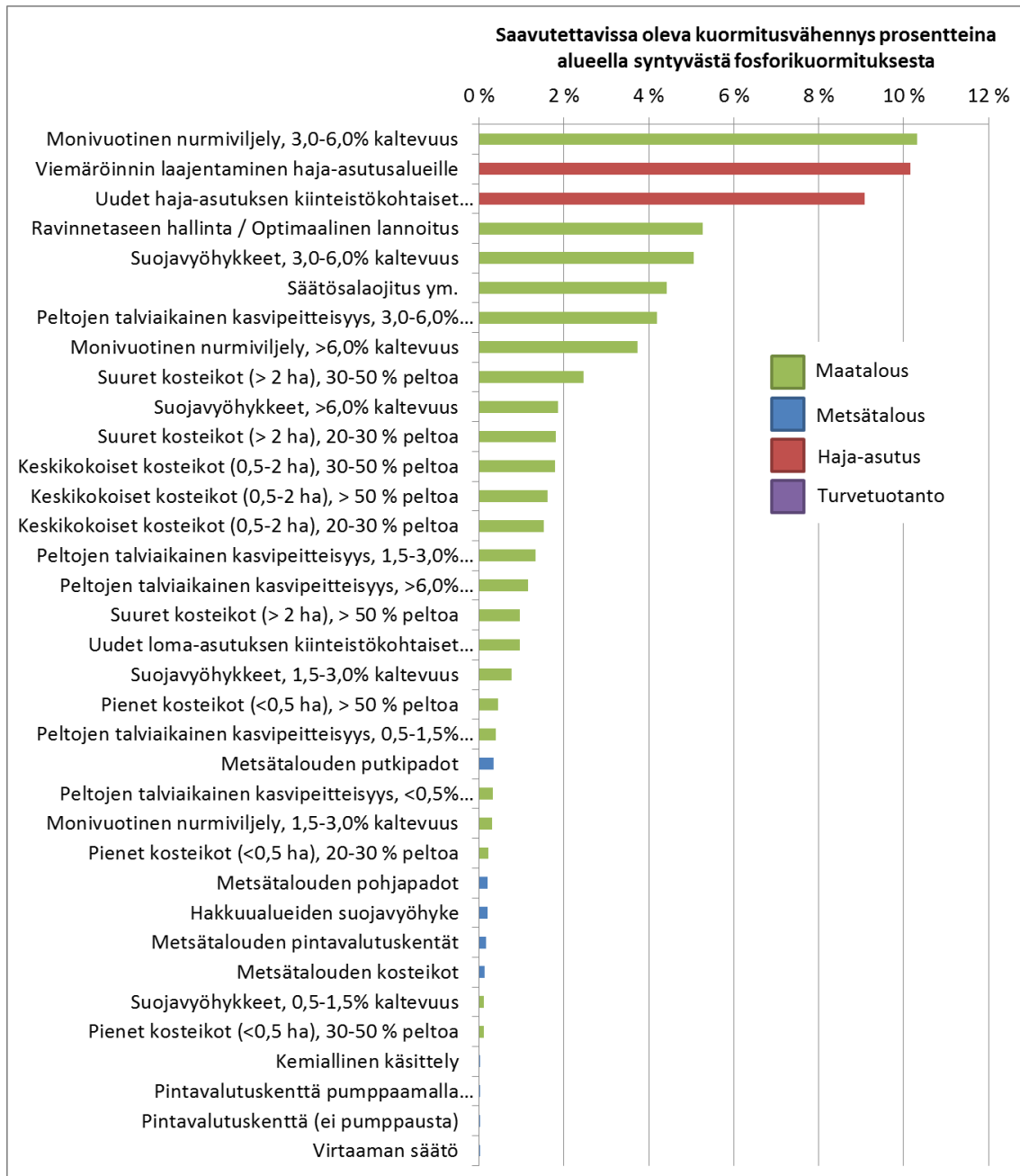
Hiidenveden valuma-alueen kustannustehokkaimpia toimenpiteitä ovat metsätalouden putki- ja pohjapadot sekä pintavalutuskentät (22 - 60 €/P kg) (kuva 9). Myös hakkuualueiden suojavyöhykkeet kuuluvat kustannustehokkaimpien toimenpiteiden joukkoon (85 €/P kg). Turvetuotannon toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat pintavalutuskentät ilman pumppausta ja virtaaman säätöpadot (182 - 198 €/P kg). Muut turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkuudeltaan huomattavasti kalliimpia, luokkaa 800-1200 €/P kg. Turvetuotannon ja metsätalouden toimenpiteillä ei niiden kustannustehokkuudesta huolimatta voida merkittävästi vaikuttaa fosforikuormitukseen (kuva 10).



Kuva 9. Toimenpiteiden kustannustehokkuuden vaihteluväli ilmaistuna arvontaan perustuvan Monte Carlo -simuloinnin tulosten keskihajonnan avulla Hiidenveden valuma-alueella.

Maatalouden toimenpiteistä kustannustehokkaimpia ovat kaltevimpien peltojen (kaltevuus yli 3 %) monivuotinen nurmiviljely (30-72 €/P kg), suojavyöhykkeet (44-105 €/P kg) ja peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (91-163 €/P kg) (kuva 9). Näillä toimenpiteillä voidaan myös vaikuttaa kuormituksen suuruuteen kaikista eniten (kuva 10). Myös kosteikot ovat kustannustehokkaita (96-308 €/P kg) ja vaikuttavia toimenpiteitä. Kosteikoista kustannustehokkaimpia ovat suuret kosteikot (yli 2 ha), joiden valuma-alueesta vähintään puolet on peltoa. Laskelmissa kosteikon pinta-alan on oletettu olevan 2 % yläpuolisesta valuma-alueesta,

jolloin kosteikon reduktio on keskimäärin 34 %. Ravinnetaseen hallinta ja säätösalaajitus ovat Hiidenveden valuma-alueella maatalouden toimenpiteistä kannattamattomimpia (519 - 846 €/P kg). Myöskään loivien tai tasaisten peltojen (kaltevuus alla 1,5 %) toimenpiteet eivät ole kustannustehokkaita. Laskelmien mukaan monivuotinen nurmiviljely voi jopa lisätä kuormitusta näillä pelloilla. Tämä johtuu siitä, että nurmiviljelyn aiheuttama liukoisen fosforin kuormituksen lisääntyminen on suurempaa kuin eroosion vähentymisen myötä vähentyvä partikkelifosforin kuormituksen vähentyminen.



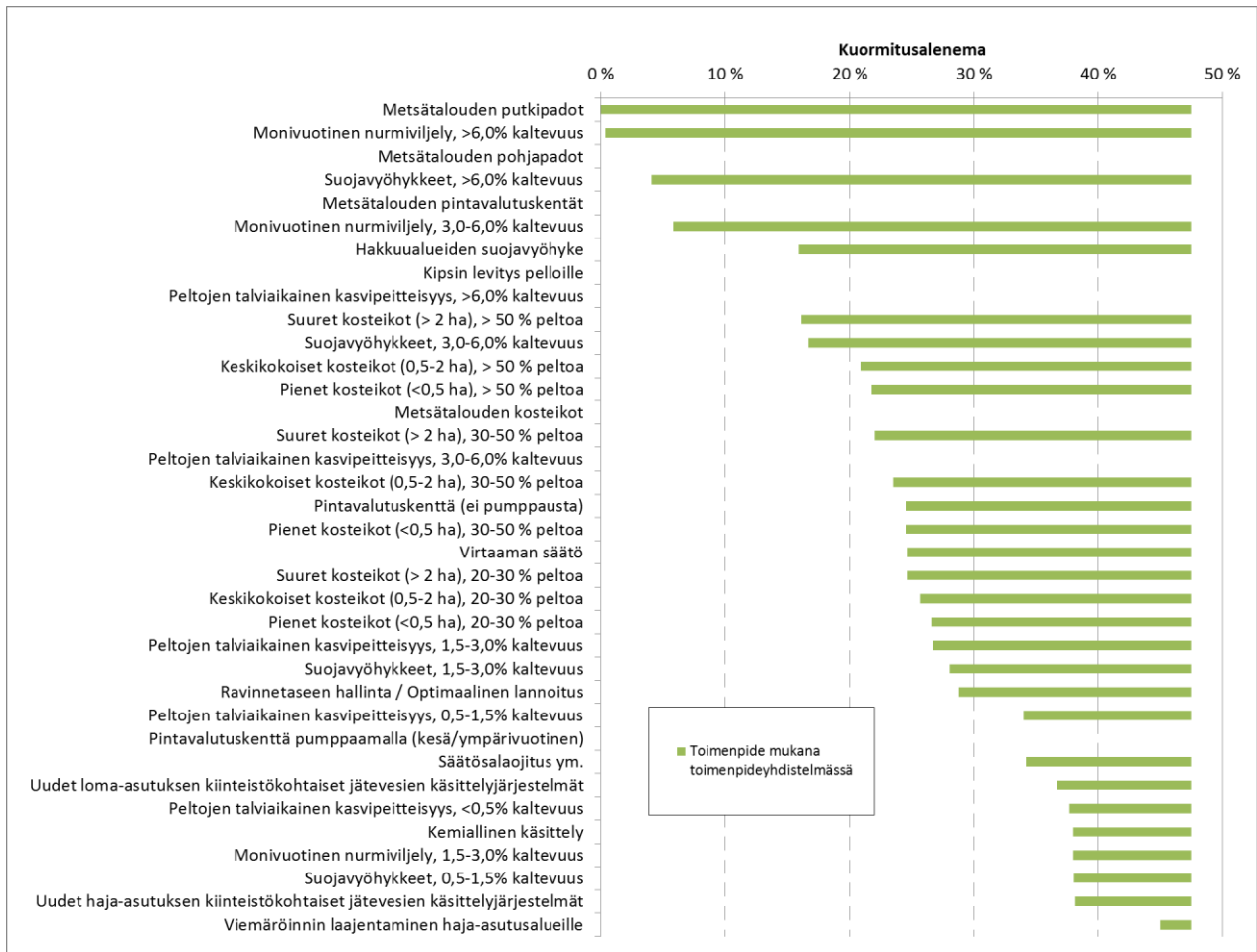
Kuva 10. Toimenpiteillä saavuttava fosforikuormituksen maksimivähennys Hiidenveden valuma-alueella, kun toimenpiteet toteutetaan maksimilaajuudessaan. Mustalla janalla on kuvattu toimenpiteiden maksimivähennyksen minimi- ja maksimiarvon vaihteluväli.

Haja-asutuksen toimenpiteistä uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät ovat kustannustehokkaimpia (866 €/P kg) uusien haja-asutuksen kiinteistökohtaisten jätevesien käsittelyjärjestelmien ollessa kustannustehokkuudeltaan kaksi ja puoli kertaa kalliimpia (2000 €/P kg) ja viemäröinnin laajentamisen haja-asutusalueelle ollessa jopa neljä kertaa loma-asutuksen toimenpiteitä kalliimpia (3500 €/P kg) (kuva 9). Vakituisen haja-asutuksen toimenpiteillä voidaan kuitenkin vähentää fosforikuormitusta huomattavasti (2900 - 2600 P kg) (kuva 10).

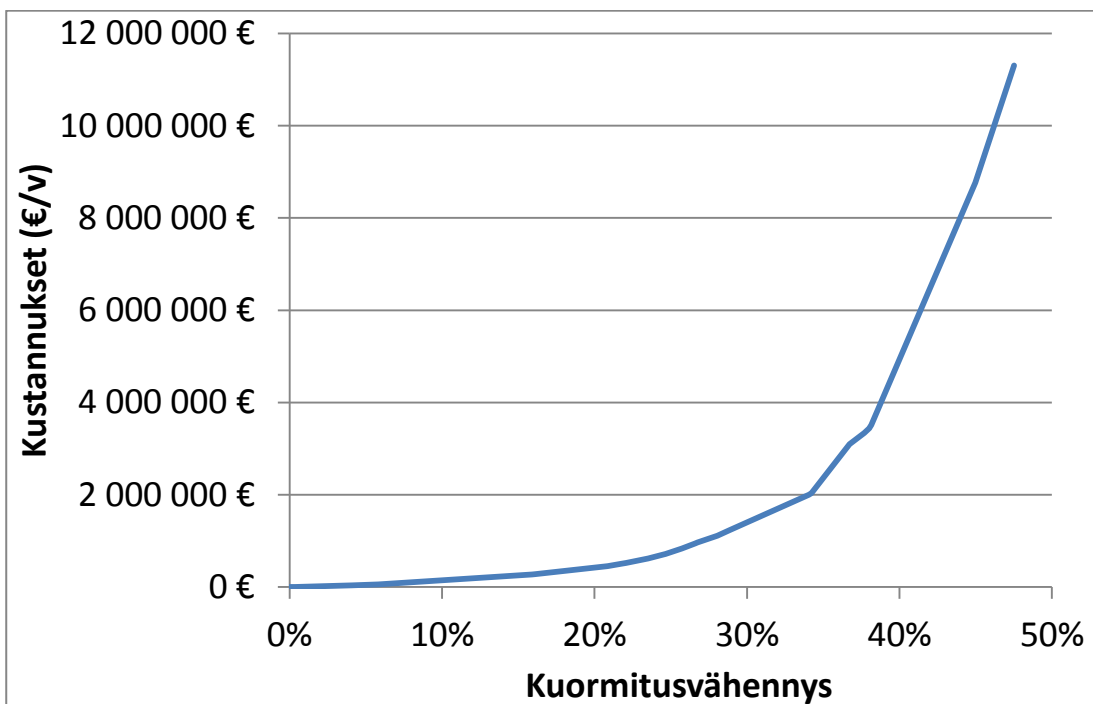
4.1.2 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä

Toteuttamalla kaikki toimenpiteet maksimilaajuudessaan Hiidenveden valuma-alueella on KUTOVA-mallin mukaan mahdollista vähentää fosforikuormitusta noin 13 500 kilogrammaa eli 48 % alueen kokonaiskuormituksesta (kuva 11). Tällöin toimenpideyhdistelmän kokonaiskustannukset olisivat noin 11,3 miljoonaa euroa vuodessa (kuva 12). Mikäli kustannustehokkaimmista toimenpiteistä toteutetaan ainoastaan metsätalouden putkipadot (9 kpl), monivuotinen nurmiviljely (4852 ha) ja suojavyöhykkeet (389 ha) yli 3 % kaltevuodeltaan olevilla pelloilla sekä hakkuualueiden suojavyöhykkeet (13 ha) ja suuret kosteikot (yli 2 ha), joiden valuma-alueesta yli puolet on peltoa (7 kpl) maksimilaajuudessaan noin 21 prosentin kuormitusvähennys 500 000 eurolla (kuvat 11 ja 12).

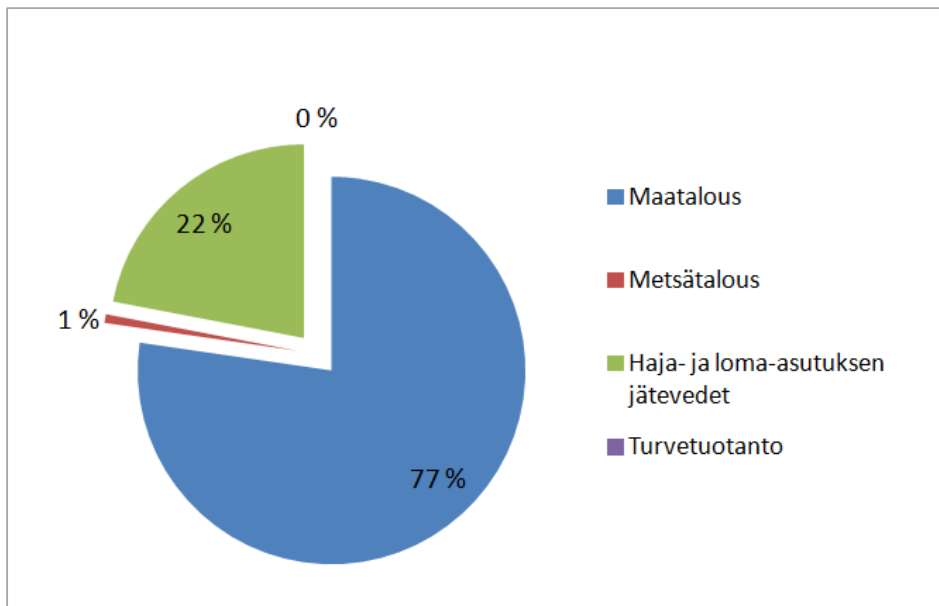
Tällainen toimenpideyhdistelmä tuskin on realistinen, mutta kuitenkin selkeästi suuntaa-antava. Maatalouden toimenpiteillä on saavutettavissa merkittäviä kuormitusvähennyksiä kohtuullisilla kustannuksilla, kun toimenpiteet kohdistetaan kalteville pelloille ja niiden lisäksi perustetaan kosteikoita. Myös metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteillä voidaan vähentää näiden sektoreiden kuormitusta merkittävästi, vaikka vaikutus kokonaiskuormitukseen on vain prosentin luokkaa (kuva 13).



Kuva 11. Kustannustehokkaimmista toimenpideyhdistelmistä mukana olevat toimenpiteet tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Hiidenveden valuma-alueella. Toimenpiteet lisätään toimenpideyhdistelmään kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.



Kuva 12. Kustannustehokkaimman toimenpideyhdistelmän kustannukset tavoiteltavan kuormitusaleneman mukaan Hiidenveden valuma-alueella.



Kuva 13. Saavuttavan kuormitusaleneman (13 400 kg, 47 %) jakautuminen sektoreittain, kun kaikki toimenpiteet toteutetaan kustannustehokkuusjärjestyksessä ja maksimilaajuudessaan.

4.1.3 Toimenpideohjelman (TPO) mukainen toimenpideyhdistelmä

Hiidenveden alueella ei ole tehty tarkennettua vesienhoidon suunnitelmaa, jossa olisi toimenpideyhdistelmä mukana. Tätä tarkastelua varten Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmasta vuosille 2010-2015 kohdennettiin maankäytön perusteella toimenpiteitä Hiidenveden valuma-alueelle. Toimenpiteistä valittiin ne, 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 Hiidenvedellä 3,25 miljoonaa euroa vuodessa ja toimenpiteillä voitaisiin saavuttaa 17 prosentin kuormitusvähennys Hiidenveden valuma-alueella syntyvästä fosforikuormasta.

Taulukko 2. Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmasta maankäytön osuuksien perusteella Hiidenveden valuma-alueelle kohdistettavien suunnitellut toimenpiteet ja niiden määrät.

Toimenpide	Toteutettava määrä
Suojavyöhyke	160 ha
Kosteikot	160 kpl
Talviaikainen kasvipeitteisyys	8 160 ha
Ravinnetaseen hallinta	1 200 ha
Metsätalouden eroosiohaittojen torjunta	18 kpl
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueelle	840 kiinteistöä
Uudet kiinteistökohtaiset jäteveden käsittelyjärjestelmät	1 960 kiinteistöä
Uudet loma-asuntojen kiinteistökohtaiset järjestelmät	900 kiinteistöä (1900)

4.1.4 Kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä TPO-budjetilla

Toimenpideohjelman laskennalliset kustannukset asetettiin kustannustehokkaan toimenpidevaihtoehdon budjettirajoitteeksi. Toimenpiteitä valittiin kustannustehokkaaseen vaihtoehtoon kustannustehokkuusjärjestyksessä, kunne budjettirajoite täyttyi. Kustannustehokkaimpaan toimenpideyhdistelmään valitut toimenpiteet ja niiden toteutusmäärät on esitetty taulukossa 3. Tällä vaihtoehdolla voitaisiin saavuttaa noin 37 prosentin kuormitusvähennys 3,25 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, kosteikoihin ja ravinnetaseiden hallintaan.

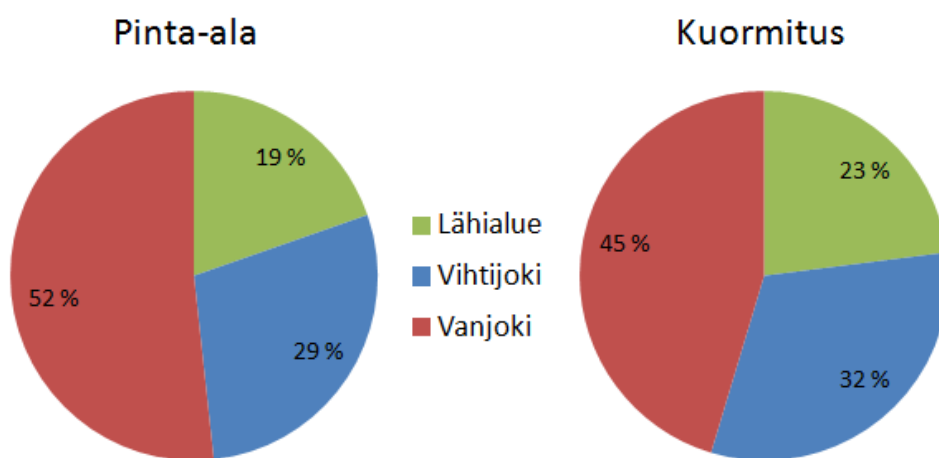
Taulukko 3. Toimenpiteet TPO-budjetilla muodostetussa kustannustehokkaassa toimenpideyhdistelmässä.

	Toimenpide	Toteutettava määrä	
Maatalous	Suojavyöhykkeet, 1,5-3,0% kaltevuus	246	ha
	Suojavyöhykkeet, 3,0-6,0% kaltevuus	337	ha
	Suojavyöhykkeet, >6,0% kaltevuus	52	ha
	Suojavyöhykkeet yhteensä 635	635	ha
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 20-30 % peltoa	25	kpl
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), 30-50 % peltoa	8	kpl
	Pienet kosteikot (<0,5 ha), > 50 % peltoa	20	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 20-30 % peltoa	73	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), 30-50 % peltoa	57	kpl
	Keskikokoiset kosteikot (0,5-2 ha), > 50 % peltoa	33	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 20-30 % peltoa	31	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), 30-50 % peltoa	27	kpl
	Suuret kosteikot (> 2 ha), > 50 % peltoa	7	kpl
	Kosteikot yhteensä 281	281	kpl
	Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, <0,5% kaltevuus	2061	ha
	Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, 0,5-1,5% kaltevuus	1511	ha
	Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, 1,5-3,0% kaltevuus	2836	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, 3,0-6,0% kaltevuus	4207	ha
	Monivuotinen nurmiviljely, >6,0% kaltevuus	645	ha
	Monivuotinen nurmiviljely yhteensä 11258	11258	ha
Ravintetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	15599	ha	
Metsä-talous	Hakkuualueiden suojavyöhyke	13	ha
	Metsätalouden putkipadot	9	kpl
Haja-asutus	Uudet loma-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	911	kiinteistö
Turve-tuotanto	Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	19	tuotantoha
	Virtaaman säätö	19	tuotantoha

4.2 Osavaluma-alueiden vertailu ja toimenpiteiden kohdistaminen

KUTOVA-tarkastelu tehtiin myös erikseen kolme Hiidenveden osavaluma-alueelle, jotka ovat Hiidenveden lähialue, Vihtijoen valuma-alue sekä Vanjoen valuma-alue (kuva 1). Vanjoen valuma-alue kattaa hieman yli puolet koko Hiidenveden valuma-alueesta, mutta sen osuus Hiidenveden kokonaiskuormituksesta on kuitenkin vain 45 % (kuva 14). Hiidenveden lähialueen ja Vihtijoen alueen osuus kuormituksesta on vastaavasti hieman suurempi kuin niiden pinta-alaosuus. Erityisesti Hiidenveden lähialueella tämä on merkittävää, koska 18 prosenttia alueen pinta-alasta on vesialuetta eli itse Hiidenvettä.

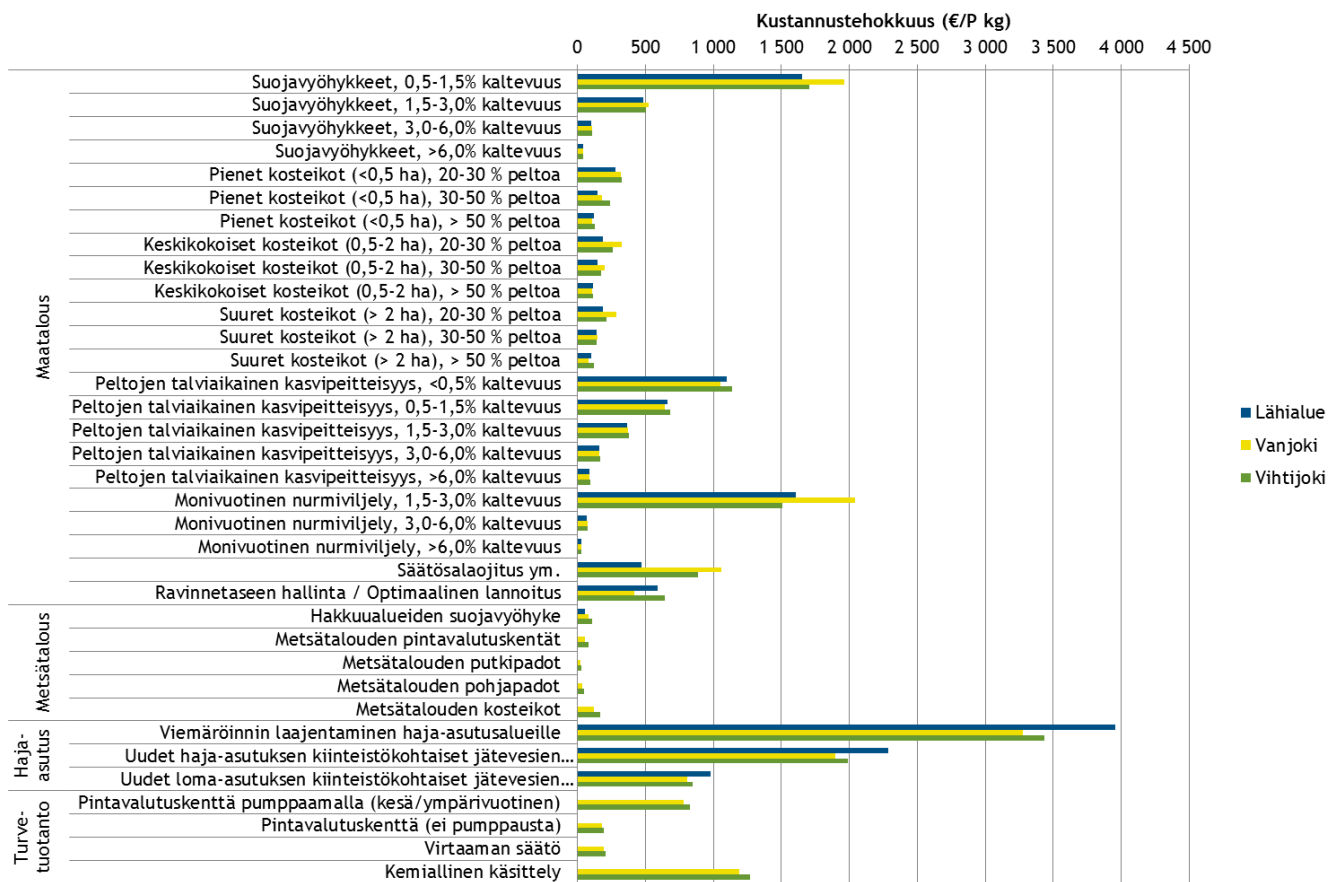
Valuma-alueiden välillä ei maankäytössä suuria eroja ole. Corine land cover -maanpeiteainesiton mukaan Hiidenveden lähialueella ja Vihtijoella 21 % alasta on maatalouden käytössä, Vanjoella vastaava osuus on vain 14 %. Hiidenveden lähialueella rakennettuja alueita on 13 %, Vihtijoella 10 % ja Vanjoella 7 % alasta. Metsää Vanjoen alueella vastaavasti on muita alueita enemmän. Myös metsänuudistustoimet ovat painottuneet Vanjoen alueelle. Hiidenveden lähialueella pelloista yli puolet, 53 % on kaltevuudeltaan yli 3 prosenttia kun Vanjoella ja Vihtijoella vastaava osuus on noin 40 prosenttia.



Kuva 14. Osavaluma-alueiden osuus koko Hiidenveden valuma-alueen pinta-alasta ja kuormituksesta.

Myöskään toimenpiteiden kustannustehokkuudessa ei ole alueiden välillä ole suuria eroja (kuva 16). Turvetuotantoa ja metsätalouden kunnostusojitusaloja ei Hiidenveden lähialueella ole lainkaan, mistä syystä näihin kohdennettuja vesiensuojelutoimenpiteitäkään ei alueelle voida perustaa. Maatalouden toimenpiteistä monivuotinen nurmiviljely, suojavyöhykkeet, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys kaltevilla pelloilla ja kosteikot ovat kaikilla osa-alueilla kustannustehokkaimpia. Kosteikot ovat Vanjoella hieman muita alueita kalliimpia. Ravinnetaseen hallinta puolestaan on

Vanjoella jonkin verran muita alueita kustannustehokkaampi menetelmä. Myös viemäröimättömän haja-asutuksen jätevesien käsittely on Vanjoella edullisinta ja Hiidenveden lähialueella kalleinta.

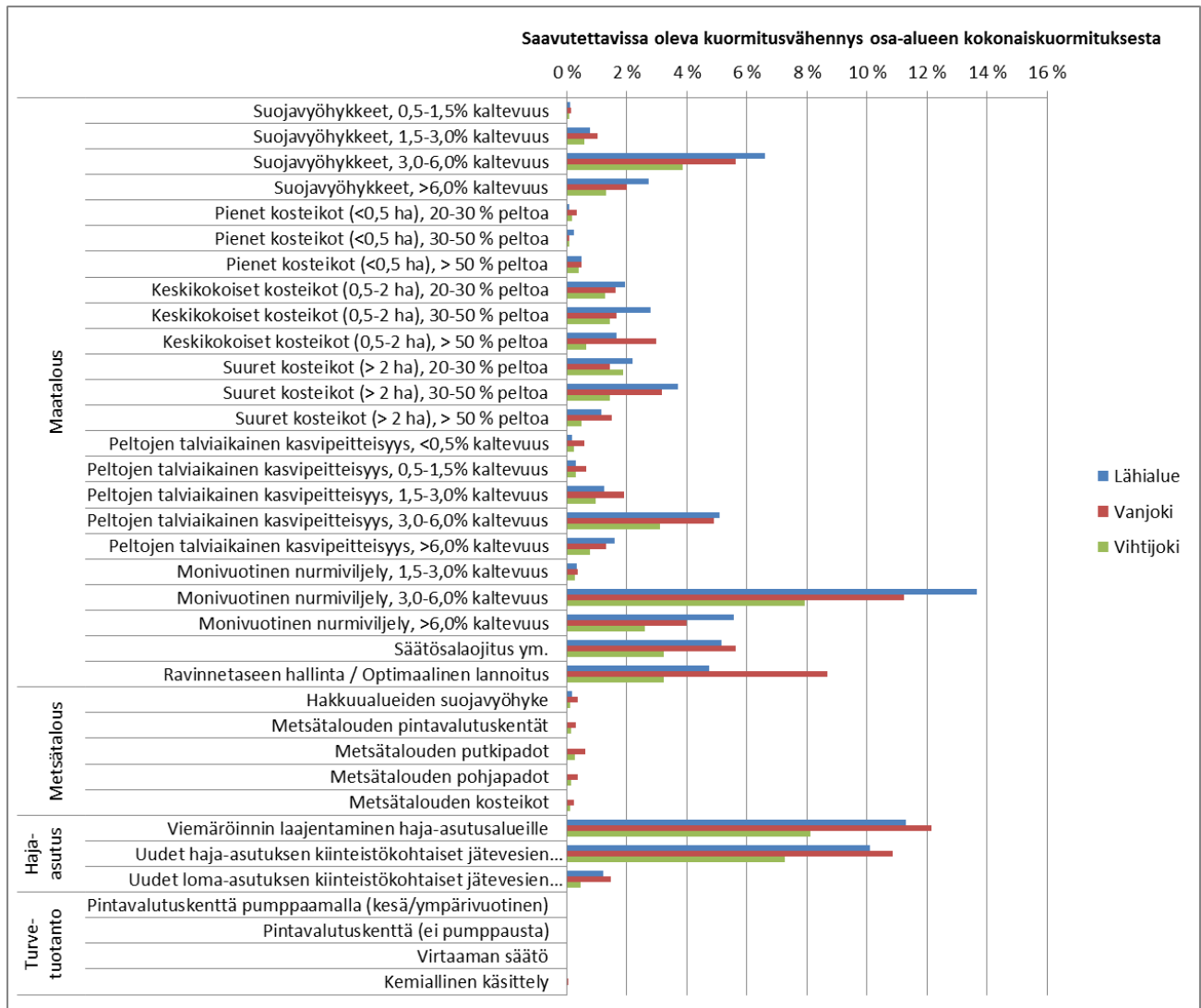


Kuva 15. Toimenpiteiden kustannustehokkuus osavalmu-alueittain.

Toimenpiteillä saavutettavissa oleva kuormitusalenemakaan ei tuo merkittäviä eroja toimenpiteiden välille (kuva 16). Metsätalouden ja turvetuotannon osuus kokonaiskuormituksesta on niin pieni, että näiden sektorien toimenpiteillä ei ole suurta merkitystä kokonaisuudessa. Esimerkiksi metsätalouden kuormitus on vain noin 16 prosenttia VEPS:n arvioista luonnollisen huuhtouman aiheuttamasta kuormituksesta. Sen sijaan maatalouden ja haja-asutuksen toimenpiteillä mahdollisuus vaikuttaa kuormitukseen on ilmeinen. Kaltevien peltojen toimenpiteet monivuotinen nurmiviljely ja suojavyöhykkeet nousevat kaikilla alueilla ylitse muiden. Myös kosteikot ja peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys sekä haja-asutuksen toimenpiteet ovat kaikilla alueilla varsin vaikuttavia, niillä on mahdollista saavuttaa 8-10 % alenema osa-alueen kokonaiskuormitukseen.

Osa-alueiden väliset erot ovat kuormitusvaikutuksen osalta suurempia kuin kustannustehokkuuden osalla. Maatalouden toimenpiteet ovat vaikuttavimpia Hiidenveden lähialueella. Ravinnetaseen hallinta on Vanjoella muita alueita merkittävämpi toimenpide. Haja-asutuksen toimenpiteillä suurin

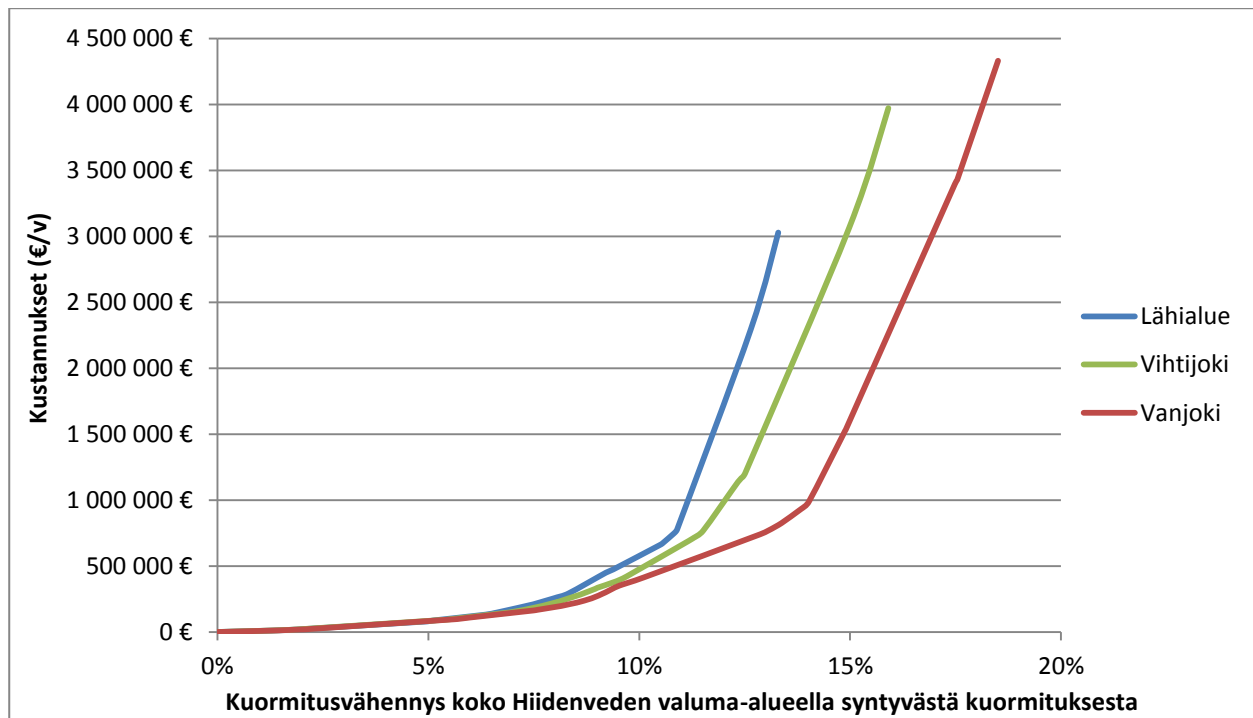
vaikutus kuormitukseen on Vanjoen valuma-alueella, tosin ero Hiidenveden lähialueeseen ei ole suuri.



Kuva 16. Toimenpiteillä saavutettavissa oleva kuormitusalenema suhteessa osa-alueen kokonaiskuormitukseen.

Vaikka Vanjoen valuma-alueella tehtävillä toimilla ei voida vaikuttaa yhtä paljon alueen kuormitukseen kuin Vihtijoella ja Hiidenveden lähialueella, on alueella tehtävillä toimilla silti mahdollista vaikuttaa eniten koko Hiidenveden valuma-alueen kuormitukseen (kuva 17). Vanjoella tehtävät toimenpiteet ovat myös Hiidenveden kokonaiskuormituksen suhteutettuna kustannustehokkaimpia. Esimerkiksi 500 000 euron vuotuisilla kustannuksilla voidaan Vanjoen valuma-alueella saavuttaa 11 prosentin alenema koko Hiidenveden valuma-alueen kokonaiskuormitukseen, kun Vihtijoella ja Hiidenveden lähialueella samalla summalla voidaan saavuttaa vain 9-10 % kuormitusalenema.

Kuvasta 17 voidaan päätellä, että toimenpiteitä kannattaa kohdistaa kaikille Hiidenveden valuma-alueen osa-alueille. Esimerkiksi miljoonan euron vuotuisilla kustannuksilla Vihtijoen ja Vanjoen valuma-alueilla sekä 500 000 euron vuotuisilla kustannuksilla Hiidenveden lähialueella, yhteensä 2,5 miljoonan euron vuotuisilla kustannuksilla, voidaan saavuttaa Hiidenveden valuma-alueella noin 36 prosentin alenema kokonaiskuormituksesta. Sen sijaan, käyttämällä 2,5 miljoonaa euroa esimerkiksi ainoastaan Hiidenveden lähialueella voidaan saavuttaa vain 13 prosentin kuormitusalenema.



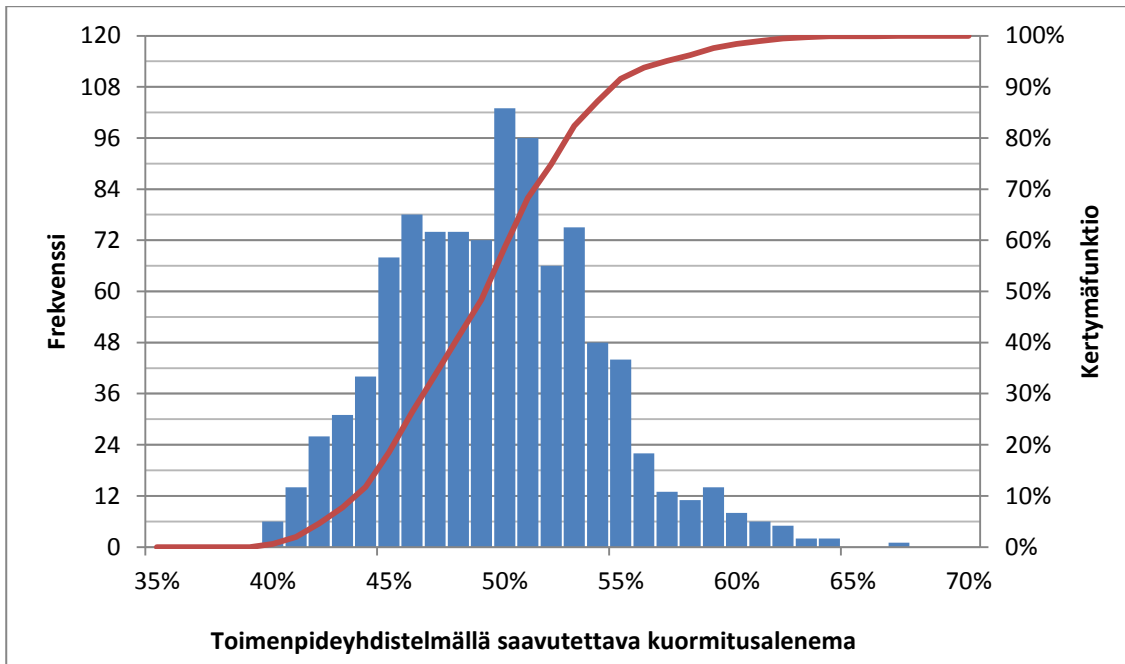
Kuva 17. Osavaluma-alueilla tehtävien toimenpiteiden kustannukset suhteessa saavutettavissa olevaan koko Hiidenveden valuma-alueen kuormitusalenemaan.

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 ja 4.2 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 18.



Kuva 18. 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 6 prosenttia Monte Carlo -simulaatiota alhaisemmaksi. Arviota kuormitusalenemasta voidaan siis pitää konservatiivisena. Toimenpideyhdistelmän kustannukset KUTOVA-malli arvioi jopa 22 prosenttia alakanttiin, verrattaessa Monte Carlo -simuloinnin tuloksiin. Ero johtuu siitä, että useilla toimenpiteillä oletuskustannus on lähempänä arvioitua minimi- kuin maksimiarvoa. Tämä 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 kourmitukseen Hiidenveden alueella.

	Toimenpideyhdistelmän kustannus (€/v)	Toimenpideyhdistelmällä saavutettava kuormitusalenema
KUTOVA-malli	11 300 000 €	47 %
Monte Carlo -simulointi	13 800 000 €	50 %
Erotus	-2 500 000 €	-3 %-yks
Erotus, %	-22 %	-6 %

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 suosittumia 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

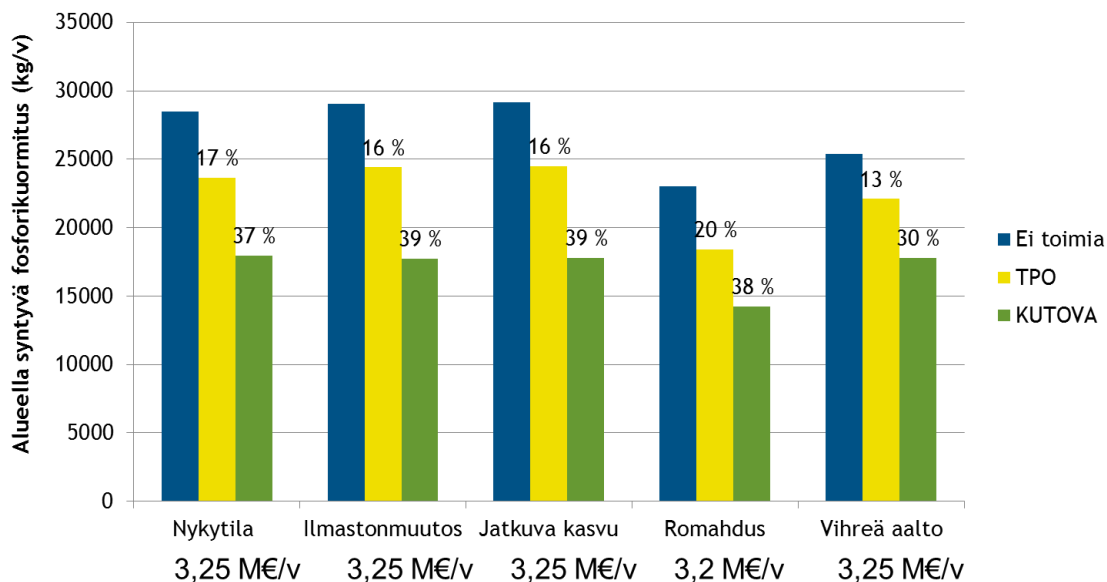
Sektori	Jatkuva kasvu	Romahdus	Vihreä aalto
Peltoala	Ei muutosta	- 20 %	+ 20 %
Lannoitus	+ 20 % mineraali + 20 % karjanlanta	- 30 % mineraali + 10 % karjanlanta	- 20 % mineraali - 20 % karjanlanta
Kevennetyt muokkausmenetelmät	+ 15 %	- 20 %	+ 30 %
Kasvilajit	Nurmiala vähenee Rehu- ja ruokaviljat kasvavat 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 tarkoituskaan 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 vesienhoidon toimenpideohjelman mukainen toimenpideyhdistelmä (taulukko 2) ja laskettiin sen kustannukset ja kuormitusvähennys. Lopuksi määritettiin kustannustehokkain toimenpideyhdistelmä käyttäen TPO-vaihtoehdon kustannuksia toimenpideyhdistelmän budjettirajoitteena.

Toimenpideyhdistelmät ja niiden vaikutukset kuormitukseen eivät merkittävästi poikkea toisistaan skenaarioiden välillä. Ainoastaan vihreä aalto –skenaariossa toimenpiteiden vaikutukset kuormitukseen ovat vähäisemmät kuin muissa skenaarioissa. Tämä johtuu siitä, että jo lähtökohtaisesti skenaariossa alueella on käytössä enemmän vesiensuojelumenetelmiä. 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 19).



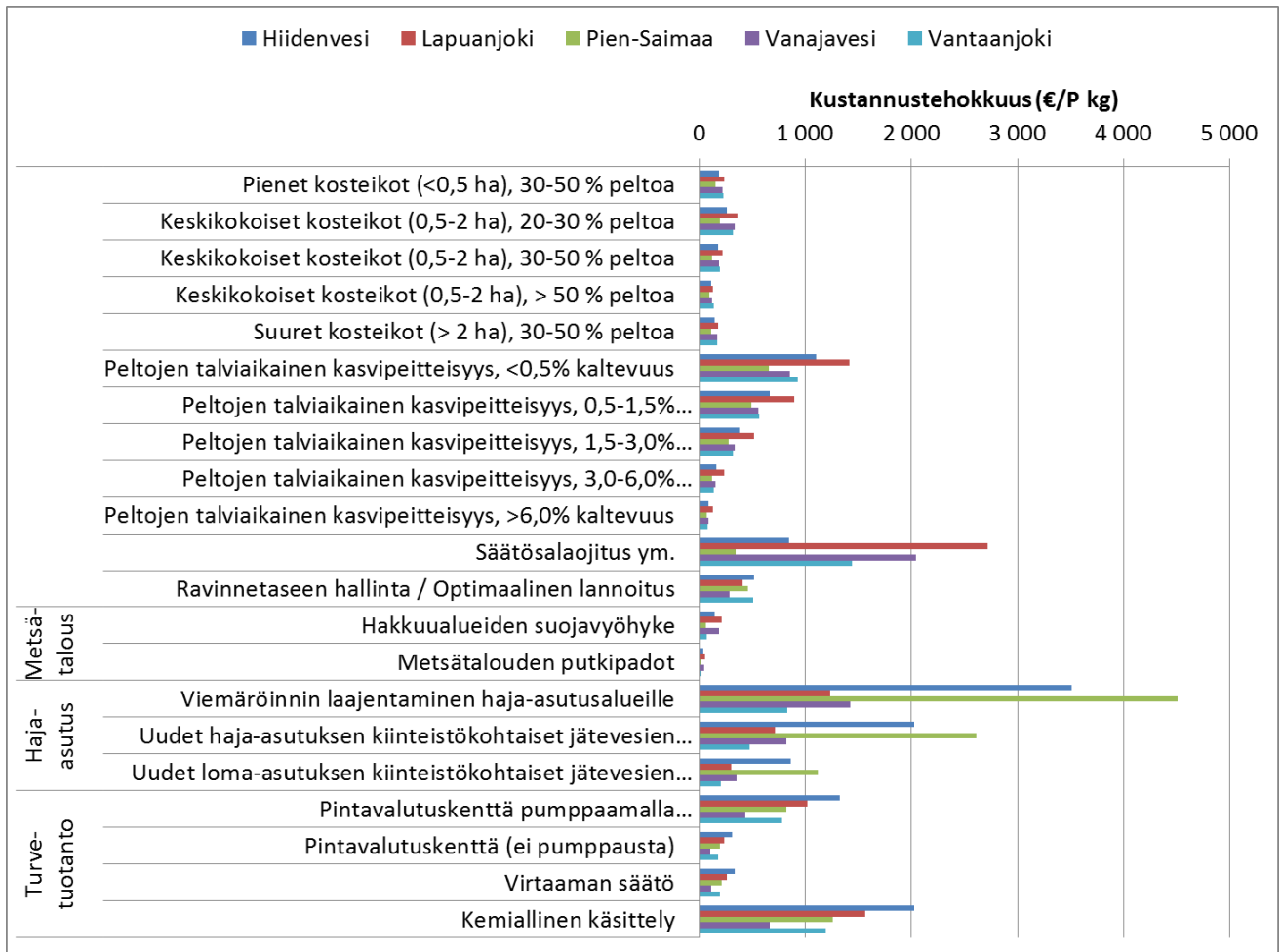
Kuva 19. Fosforikuormitus ja eri toimenpidevaihtoehtojen vaikutus kuormitukseen tulevaisuuskuvissa.

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 kosteikat 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 kiintoaineeseen 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 viemäröimättömän 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.

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.



Kuva 20. Eräiden toimenpiteiden kustannustehokkuus Hiidenveden, Lapuanjoen, Pien-Saimaan, Vanajaveden ja Vantaanjoen pilotilla.

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 Hiidenveden valuma-alueella tehdyn tarkastelun tulokset. Hiidenveden valuma-alueella kustannustehokkaimpia vesiensuojelutoimenpiteitä ovat metsä- ja maatalouden toimenpiteet. Myös osa turvetuotannon toimenpiteistä on kustannustehokkaita. Hiidenveden 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 kalteville pelloille soveltuvat monivuotinen nurmiviljely, suojavyöhykkeet sekä peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys. Myös kosteikot ovat varsin kustannustehokkaita toimenpiteitä alueella. Näillä toimenpiteillä voidaan myös merkittävästi vaikuttaa valuma-alueen kokonaiskuormitukseen.

Viemäröimättömän haja-asutuksen toimenpiteet eivät ole yhtä kustannustehokkaita kuin maatalouden toimenpiteet, mutta niillä voidaan kuitenkin vaikuttaa merkittävästi Hiidenveden kokonaiskuormitukseen.

Toimenpiteitä kannattaa kohdistaa kaikille Hiidenveden valuma-alueen osa-alueille, eli Hiidenveden lähialueelle, Vihtijoen valuma-alueelle sekä Vanjoen valuma-alueelle. Vanjoen valuma-alueella sama kuormitusalenema voidaan kuitenkin saavuttaa pienemmillä kustannuksilla kuin Vihtijoella tai Hiidenveden lähialueella. Toimenpiteissä kannattaa erityisesti keskittyä kaltevien peltojen toimenpiteisiin sekä kosteikkorakentamiseen. Vanjoen valuma-alueella myös ravinnetaseen hallinta on kustannustehokas ja vaikuttava toimenpide. Metsätalouden ja turvetuotannon toimenpiteet ovat kustannustehokkaita ja niitä kannattaa toteuttaa siellä, missä toimintoa harjoitetaan.

Tarkastelun oletuksena on, että kutakin toimenpidettä toteutetaan valuma-alueella maksimilaajuudessaan, 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.
- 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.
- Helttunen, S. 2012. Hiidenveden kunnostus 2008–2011 – Loppuraportti. *Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry*. Julkaisu 228/2012. 106 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>>.
- Kunnari, E. (2008). Vesipuidedirektiivin mukainen kustannustehokkuusanalyysi maatalouden vesienhoitotoimenpiteille Excel-sovelluksena. Pro Gradu -tutkielma, Taloustieteen laitos, Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto. 69 s.
- Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö (LUVY) ry. 2012. Tietoa Hiidenvedestä. 16.8.2012. <<http://www.hiidenvesi.fi/fi/tietoa-hiidenvedest%C3%A4>>
- 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 kuormitus selvitys. Raportti 51 s., Helsingin yliopisto.
- Penttilä, S. & M. Kulmala (2000) Suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma Hiidenveden alueella Vihdissä, Lohjalla ja Nummi-Pusulassa Uudenmaan ympäristökeskus - monisteita 74. 44 s.
- Pimenoff, S. & E. Vuorinen (2008). Kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma Vihtijoen valuma-alueella. *Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja* 8/2008. 70 s.
- Puustinen, M., J. Koskiahho, 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. Koskiahho, 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.
- Vuorinen, E.2010. Kosteikkojen ja luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma Vihdin Vanjokilaaksossa ja Sulkavanojan alueella. *Uudenmaan ELY-keskuksen julkaisuja* 13/2010. 62 s.
- Vuorinen, E. (2012). Hiidenveden lähialueen kosteikkojen yleissuunnitelma. *Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry*. Julkaisu 234/2012. 72 s.

- 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, koisteikko, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys, monivuotinen nurmiviljely, säättösalaoitus 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	Tarveke-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)
Viemäröinnin 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
Viemäroinnin 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/ypärivuotinen)	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 %
Ravintetaseen 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
Säätösaloitus ym.	Tammelan Pyhäjärven, Kuivajärven ja Kaukjärven kuormitusselvitys (Mäkelä 2007): 15 %
Ravinnetaseen 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 pintavalutuskentät	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)
Viemäröinnin 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)
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	46 % (Turveteollisuusliitto 2012)
Pintavalutuskenttä (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 metäсталouden 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/ympäri vuotinen)	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
Ravinetaseen 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). Vesiensuojelurakennetta tehdään 1 kpl/50 ojitushehtaaria (Ympäristö.fi 2012f).
Viemäroinnin laajentaminen haja-asutusalueille	Viemäroimätön haja-asutus (kpl) (VEPS)
Uudet haja-asutuksen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäroimätön haja-asutus (kpl) (VEPS) * 0,75 (70-80 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Uudet loma-asutukseen kiinteistökohtaiset jätevesien käsittelyjärjestelmät	Viemäroimätön loma-asutus (kpl) (VEPS) * 0,25 (20-30 % kiinteistöistä tulisi jätevesijärjestelmiä parantaa (Ympäristö.fi 2012b))
Pintavalutuskenttä pumppaamalla (kesä/ympärivuotinen)	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Pintavalutuskenttä (ei pumppausta)	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo pintavalutuskenttä.
Virtaaman säätö	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo virtaaman säätö.
Kemiallinen käsittely	Turvetuotannon ala (ha) poislukien alueet, joilla on jo kemiallinen käsittely.

LIITE 5. KUTOVA-tarkastelun lähtötiedot Hiidenveden valuma-alueella.

Taulukko 1. Kuormituksen lähtötiedot Hiidenveden valuma-alueella.

Kuormitus (P kg)

VEMALA	Lähialue	Vihtijoki	Vanjoki	Koko valuma-alue	Yksikkö
Maatalous	5638	6998	8490	21018	kg
Haja-asutus	896	1193	1349	3437	kg
Muu	37	871	3133	4041	kg
Yhteensä	6571	9062	12972	28497	kg

VIHMA

Maatalous yhteensä	5910	7836	6517	22748	kg
Syysviljat	387	371	139	890	kg
Nurmet	567	679	578	2012	kg

VEPS

Maatalous	8392	9569	9488	27449	kg
Metsätalous	117	214	427	759	kg
Laskeuma	242	108	315	665	kg
Luonnonhuuhtouma	879	1469	2467	4814	kg
Hulevesi	9	11	13	33	kg
Haja-asutus	1155	1255	1430	3839	kg
Pistekuormitus	88	1	422	510	kg
Turvetuotanto	0	1	4	5	kg
Yhteensä	10883	10883	14565	38075	kg

Taulukko 2. Toimenpiteiden maksimialat Hiidenveden valuma-alueella.

Maksimialat

	Lähialue			Koko	Lähde	Yksikkö
	Vihtijoki	Vanjoki	valuma-alue	valuma-alue		
Peltopinta-ala	3656	5393	4334	15599	VIHMA	ha
Syysviljojen ala	335	378	142	914	VIHMA	ha
Nurmien ala	960	1276	1089	3806	VIHMA	ha
Pelloista savimailla	36 %	34 %	20 %	29 %	VEMALA	%
Pelloista eloperäisillä mailla				7 %	VIHMA	%
Hakkuuala	165	417	668	1250	Metsäkeskus	ha
Kunnostusojitusala	0	193,2	233,97	427,17	Metsäkeskus	ha
Viemäroimätön haja-asutus	2973	3657	3651	10281	VEPS	kpl
Viemäroimätön loma-asutus	1200	785	1658	3643	VEPS	kpl
Turvetuotannon ala	0	4	15	19	VEPS	ha
Pintavalutuskenttä	0 %	0 %	0 %	0 %	Vahti	%
Virtaaman säätö	0 %	0 %	0 %	0 %	Vahti	%
Kemiallinen käsittely	0 %	0 %	0 %	0 %	Vahti	%

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

Koko alue	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
		20-30%	30-50%	>50%
	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	25	8	20
	0,5-2 ha	73	57	33
	>2 ha	31	27	7
				kpl
	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)			
	Kosteikon koko			
	<0,5 ha	135	70	278
	0,5-2 ha	947	1112	1008
	>2 ha	1126	1532	600
				ha

Lähialue	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	2	3	5 kpl
0,5-2 ha	15	17	8 kpl	
>2 ha	7	9	2 kpl	
Vihinjoki	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	10	29	61 ha
0,5-2 ha	242	350	208 ha	
>2 ha	275	462	144 ha	
Vihinjoki	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	10	3	9 kpl
0,5-2 ha	27	21	6 kpl	
>2 ha	14	7	2 kpl	
Vihinjoki	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	54	22	120 ha
0,5-2 ha	372	421	190 ha	
>2 ha	555	420	146 ha	
Vanjoki	Mahdollisten kosteikkojen maksimimäärä	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	13	2	6 kpl
0,5-2 ha	31	19	19 kpl	
>2 ha	10	11	3 kpl	
Vanjoki	Kosteikon valuma-alueen peltoala (ha)	Kosteikonvaluma-alueen peltoisuus		
	Kosteikon koko	20-30%	30-50%	>50%
	<0,5 ha	71	19	98 ha
0,5-2 ha	334	341	610 ha	
>2 ha	296	650	311 ha	

Taulukko 4. Toimenpiteiden valuma-aluekohtaiset reduktiot Hiidenveden valuma-alueella
Valuma-aluekohtaiset reduktiot

Toimenpide	Koko valuma-alue				Lähde
	Lähialue	Vihtijoki	Vanjoki	valuma-alue	
Ravinnetaseen hallinta / Optimaalinen lannoitus	6 %	6 %	9 %	7 %	VIHMA

Koko valuma-alue	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,6 %	0,7 %	2,4 %	7,5 %	2,1 %
Monivuotinen nurmiviljely	-1,0 %	-0,4 %	0,5 %	17,2 %	6,2 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,2 %	1,3 %	8,4 %	3,1 %
Peltoala (ha)	2955	2167	4063	5565	853

Lähialue	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,3 %	0,5 %	2,0 %	8,2 %	2,5 %
Monivuotinen nurmiviljely	-0,4 %	-0,3 %	0,5 %	19,6 %	8,0 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,1 %	1,1 %	9,5 %	3,9 %
Peltoala (ha)	370	407	933	1658	288

Vihtijoki	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,6 %	0,7 %	2,4 %	7,6 %	1,9 %
Monivuotinen nurmiviljely	-1,0 %	-0,3 %	0,6 %	18,0 %	5,9 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,2 %	1,3 %	8,7 %	2,9 %
Peltoala (ha)	1063	745	1374	1938	273

Vanjoki	Kaltevuus				
	<0,5%	0,5-1,5%	1,5-3%	3-6%	>6%
Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	0,8 %	0,9 %	2,6 %	6,7 %	1,8 %
Monivuotinen nurmiviljely	-1,3 %	-0,5 %	0,5 %	14,9 %	5,3 %
Suojavyöhykkeet	0,0 %	0,2 %	1,3 %	7,5 %	2,7 %
Peltoala (ha)	2955	2167	4063	5565	853