

YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU

Helena Äijö ja Sirkka Tattari

# Viljelyalueiden valumavesien hallintamalli





Helena Äijö ja Sirkka Tattari

Viljelyalueiden  
valumavesien  
hallintamalli

HELSINKI 2000

ISBN 952-11-0796-0  
ISSN 1238-7312

Kansikuva: Jukka Jormola:  
Viljelymaisema Lestijokivarressa  
Paino  
Oy Edita Ab, 2000

# Sisällys

<b>I Johdanto</b> .....	<b>5</b>
<b>2 VIHTA-mallin kuvaus ja rakenne</b> .....	<b>7</b>
2.1 Kuormituksen nykytila .....	8
2.1.1 Peltöjen ominaisuudet .....	9
2.1.2 Valunta, kiintoaine ja ravinnekuorma .....	10
<b>3 Toimenpiteet ja niiden vaikutukset</b> .....	<b>12</b>
3.1 Kosteikkojen vaikutukset valumavesiin .....	12
3.1.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto .....	12
3.1.2 Kosteikon aikaansaama kuormitusvähenemä .....	13
3.1.3 Viipymä .....	15
3.1.4 Kosteikkoon tulevan veden ainepitoisuus .....	16
3.2 Laskeutusaltaiden vaikutukset valumavesiin .....	16
3.2.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto .....	17
3.2.2 Laskeutusaltaan kuormitusvähenemä .....	17
3.3 Suojavyöhykkeiden vaikutukset valumavesiin .....	18
3.3.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto .....	19
3.3.2 Suojavyöhykkeen aikaansaama kuormitusvähenemä .....	19
3.4 Säättösalaojitus .....	21
3.4.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto .....	21
3.4.2 Säättösalaojituksen kuormitusvähenemä .....	22
3.5 Monimuotoisuus .....	23
<b>4 Kustannustehokkuus</b> .....	<b>25</b>
4.1 Toimenpiteiden kustannukset .....	25
<b>5 Tulokset</b> .....	<b>27</b>
5.1 Esimerkki laskennasta yhdessä peltoluokassa .....	27
5.2 Kuormitusvähenemä ja kustannustehokkuus kaikissa peltoluokissa .....	29
5.3 Eri tekijöiden merkittävyydestä .....	30
5.4 Sovellus tietylle alueelle .....	32
<b>6 Johtopäätökset ja keskustelua</b> .....	<b>36</b>
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>38</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>40</b>
Liite 1. Peltoluokkien (1-96) ominaisuudet .....	40
Liite 2. Kuormitus nykytilassa kiintoaine, fosfori ja typpi peltoluokittain. ....	42
Liite 3. Kuormituksen arviointi. ....	48
Liite 4. Keskiylivaluman arviointi. ....	50
Liite 5. Toimenpiteiden aikaansaama kuormitusvähenemä, absoluuttinen kuormitusvähenemä ja kuormitusvähenemien todelliset kustannukset .....	51
<b>Kuvailulehdet</b> .....	<b>63</b>



# Johdanto



Vuonna 1995 Suomessa otettiin käyttöön kokonaisvaltainen maatalouden ympäristötukiohjelma (Valpasvuo-Jaatinen et al., 1997). Nyt on siirrytty toiselle tukikaudelle (2000-2006), jossa toteutettava ympäristöohjelma on osin samanlainen kuin edeltävä, mutta sisältää myös uusia ja tarkennettuja osia (MMM, 1999b). Tuki-ohjelman vesiensuojelutoimenpiteiden tarkoituksena on erityisesti vähentää maatalouden harjoittamisesta johtuvia ympäristöhaittoja. Toimenpiteiden onnistunut markkinointi ja käytäntöönpano edellyttää, että niiden vaikutuksista on saatavilla luotettavaa tietoa, jonka perusteella voidaan valita alueen olosuhteisiin parhaiten soveltuva ratkaisu. Tietoa toimenpiteiden vaikutuksista on kuitenkin niukasti saatavilla. Lisäksi tiedot valumavesien käsittelymenetelmistä ovat hajallaan ja näin ollen menetelmien välinen vertailu on vaikeaa. Saatavilla olevan tiedon luotettavuus vaihtelee toimenpiteiden suhteellisen vähäisen tutkimuksen ja käytön vuoksi. Lisäksi olemassaoleva mittaustieto perustuu yleensä yksipuoliseen, tietyntyyppiseltä alueelta kerättyyn aineistoon ja sen soveltuvuus erilaisiin olosuhteisiin on kyseenalaista.

**VIHTA-malli** (viljelyalueiden valumavesien hallinta) kehitettiin osana EU:n Life-rahoitteista VIHTA-projektia (Puustinen et al., 2001) valumavesien sopivan käsittelytavan ja käsittelyn tarpeen määrittelyä varten. Mallin tarkoituksena on lisätä suunnittelijoiden ja tutkijoiden tietoisuutta sekä lisätä keskustelua valumavesien käsittelymenetelmistä ja niiden mahdollisuuksista parantaa vesistöjen tilaa. Malli on EXCEL-pohjainen, joten sen käyttöönotto on helppoa. Eri toimenpiteiden aiheuttamat vähenemät ovat sekä selvästi luettavissa mallista että myös muunneltavissa. Mallissa on mahdollista painottaa eri tavoitetekijöitä halutulla tavalla, jonka jälkeen voidaan laskea kokonaishyöty. Kun hyöty jaetaan kustannuksilla, saadaan kustannushyötysuhde eri toimenpiteille erilaisissa olosuhteissa ja painotuksilla. Mallia voidaan hyödyntää haettaessa vastauksia esim. seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on alueen kuormitusvähenemä, jos toimenpiteitä otetaan käyttöön?
- Mikä on toimenpiteen kustannustehokkuus?
- Mitkä ovat kriteerit toimenpidesuositukselle?

Sopivan käsittelytavan määrittelyä varten tarvitaan tietoa valumavesien määrästä ja laadusta, vähenemätarpeesta sekä käsittelytavan kustannuksista ja soveltuvuudesta kyseessä olevalle paikalle. Valumavesien käsittelyyn on yleisesti tarvetta mikäli purkuvesistössä on kuormituksesta johtuvia ongelmia ja valumavesien kuormitus on suuri. Tässä työssä käsittelytapoina tarkastellaan seuraavia toimenpiteitä: kosteikoiden perustaminen, laskeutusaltaiden rakentaminen, suoja-vyöhykkeiden perustaminen ja säätösalaajitus. Toimenpiteiden ensisijainen tarkoitus on vähentää vesistökuormitusta. Lisäksi ne voivat vaikuttaa kasvien, hyönteisten ja lintujen monimuotoisuuteen eli biodiversiteettiin. Vaikutukset biodiversiteettiin arvioidaan asiantuntijalausuntojen perusteella erikseen kasvien, hyönteisten ja lintujen osalta. Toimenpiteiden vaikutukset vesiensuojelun näkökulmasta kuvataan typen, fosforin ja kiintoaineksen pelloilta huuhtoutuvan absoluuttisen määrän vähenemänä. Vastaanottavan vesistön tilaa ei tässä vaiheessa huomioida.

Vesiensuojelun tietolähteinä käytetään VIHTA-projektin VESIKOT-osaprojektin tuloksia (Koskiaho & Puustinen, 1998; Puustinen et al., 2000), Suomessa tehtyjä mittaustuloksia valumavesien käsittelymenetelmien vaikutuksista (Häikiö et al., 1998; Paasonen-Kivekäs, 1998; Puustinen, 1999; Uusi-Kämppe et al., 2000; Paasonen-Kivekäs, 2000) sekä asiantuntijoiden arvioita eri toimenpiteiden vaikutuksista valumavesien laatuun. Suojavyöhykkeiden osalta tarkasteltiin myös matemaattisella mallinnuksella eri tekijöiden merkittävyyttä kiintoainekuormaan (Rankinen et al., 2000). VIHTA-mallia voidaan soveltaa eri mittakaavassa alkaen pelto-  
lohkosta ja valuma-alueesta aina koko Suomen kattavaan arvioon.

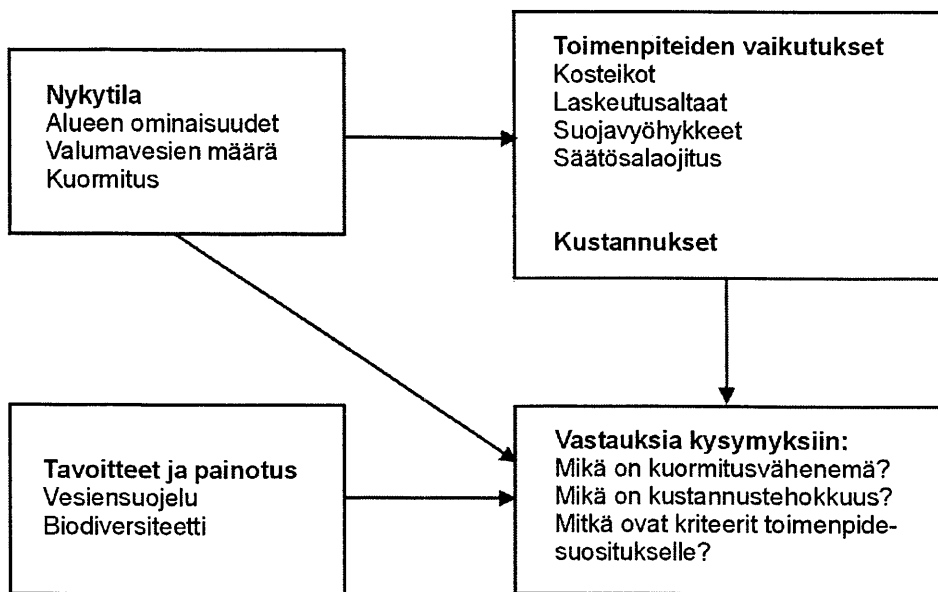


# VIHTA-mallin kuvaus ja rakenne

# 2

VIHTA-mallissa (Kuva 1) arvioidaan viljelymaiden valumavesien kiintoaine- ja ravinnekuormaa nykytilassa ilman toimenpidettä sekä valumavesien käsittelytoimenpiteiden vaikutuksia valumavesien laatuun ja biodiversiteettiin. Kuormituksen nykytila arvioidaan valumavesien kiintoaineksen-, partikkeli- ja liunneen fosforin sekä typen absoluuttisena lukuarvona. Käytännössä luku on vain suunta-antava, suuruusluokaltaan kuitenkin todenmukainen arvio kuormituksesta. VIHTA-malli perustuu eri tutkimuksista saatuun tietoon olosuhteiden ja kuormituksen välisestä riippuvuudesta sekä eri toimenpiteiden vaikutuksesta vallitsevaan kuormitukseen. Malli ei siten pyri laskemaan eri muuttujien välisiä fysikaalisia riippuvuuksia vaan käsittelee ainoastaan käytettävissä olevaa tietoa muodostaen olemassaolevista tiedoista loogisia päättelyketjuja. Muuttujien määrä on vähäinen, joten malli näinollen lisää päätöksenteon läpinäkyvyyttä ja avoimuutta. Käyttäjää voi halutessaan painottaa asetettuja tavoitemuuttujia eli valumavesien laatua tai biodiversiteettiä. Nykytila- ja vaikutustiedon sekä mahdollisen painotuksen perusteella voidaan tehdä erilaisia analyysejä. VIHTA-mallia voidaan muun muassa hyödyntää, kun:

- arvioidaan kuormitustasoa kohdealueella
- arvioidaan kunkin valumaveden käsittelymenetelmän vaikutuksia
- vertaillaan käsittelymenetelmiä
- lasketaan kustannustehokkuutta menetelmille
- arvioidaan käsittelymenetelmien valintakriteereitä
- priorisoidaan käsittelymenetelmien toteuttamista.



Kuva 1. Mallin periaate.

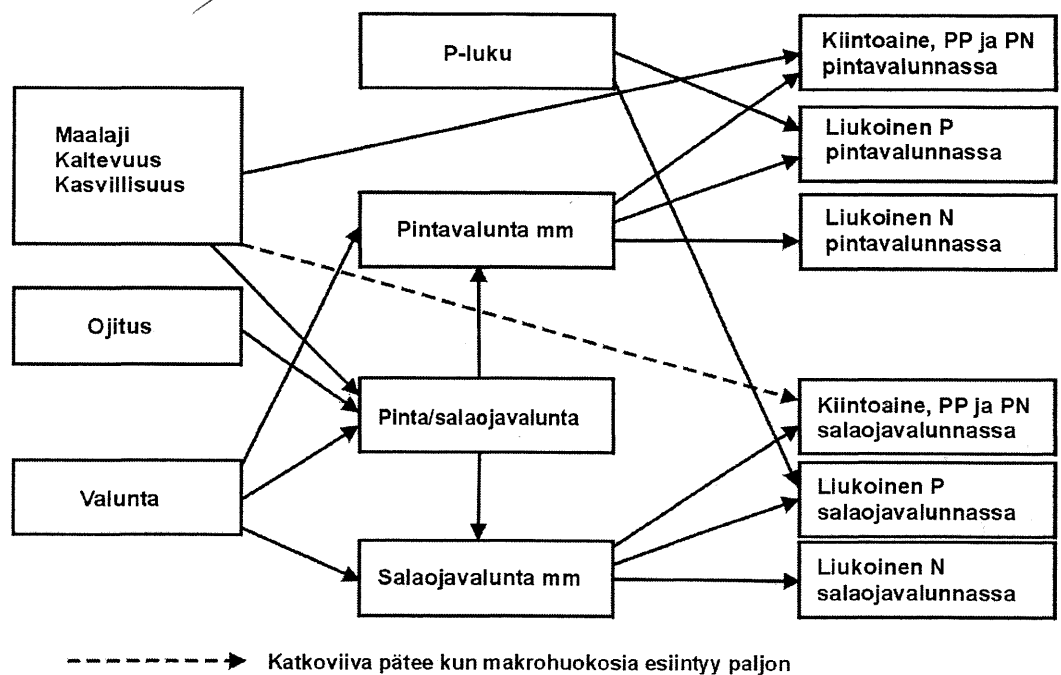
## 2.1 Kuormituksen nykytila

Viljelyalueiden valumavesien kiintoaine- ja ravinnekuorma arvioitiin nykytietämyksen perusteella. Asiantuntija-arvioiden perusteella valittiin ensin kuormituksen vaikuttavat tärkeimmät muuttujat (Kuva 2). Näiden muuttujien ja kuormituksen välinen yhteys pohjautui osittain olemassa oleviin mittauksiin (Rekolainen et al., 1995; Puustinen, 1994; Turtola & Jaakkola, 1995; Turtola & Paajanen, 1995; Pitkänen, 1994; Paasonen-Kivekäs, 1998; 2000), osittain mallinnukseen (Tattari et al., in prep.; Tattari & Bärlund, 2000; Knisel & Turtola, 1999) ja asiantuntija-arvioihin.

Pelloilta tulevaa kuormitusta kuvataan VIHTA-mallissa seuraavilla muuttujilla:

- Kiintoaine
- Partikkelimainen fosfori, PP
- Liukoinen fosfori, DP
- Kokonaisfosfori, kokonais-P
- Partikkelimainen typpi, PN
- Liukoinen typpi, DN
- Kokonaistyyppi, kokonais-N

Kuormituksen suuruus riippuu luonnollisesti valumaveden määrästä ja alueen hydraulisista ja maaperä-ominaisuuksista. Valunnan määrä vaihtelee vuosittain riippuen lähinnä sadannan voimakkuudesta ja määrästä. Käytännössä toimenpiteiden valinta tehdään pitkällä aikajänteellä, joten toimenpiteiden vertailu voidaan tehdä keskimääräisellä hydrologisella vuodella. Mallissa voidaan myös valita keskimääräistä kuivempi tai märempi vuosi, jolloin saadut huuhtoutumat muuttuvat ja siten myös vähenemät, vaikka eri toimenpiteiden vähenemäprosentit eivät mallin tässä versiossa muutukaan. Jos halutaan tarkastella hydrologisesti erilaisia vuosia, niin vuosivalunnan muuttaminen keskimääräisestä valunnasta ilmeisesti vaikuttaa myös toimenpiteiden vähenemäprosentteihin eikä ainoastaan absoluuttisiin vähenemiin.



Kuva 2. Eri muuttujien vaikutus pelloilta tulevaan kuormitukseen.

Suomessa pintavaluntaa tapahtuu pääsääntöisesti keväällä lumensulannan aikaan sekä syksyllä syyssateiden vaikutuksesta. Kesäisin pintavalunta on vähäistä maavesivaraston vajauksen ja suoran haihdunnan vuoksi. Etelä-Suomessa valunta on maa-alueilta 200...300 mm a<sup>-1</sup>, Lapissa yleisesti 300...400 mm a<sup>-1</sup> (Hyvärinen & Puupponen, 1986). VIHTA-mallissa tarkastellaan keskimääräistä hydrologista vuotta valunnan ollessa 300 mm a<sup>-1</sup>.

### 2.1.1 Peltojen ominaisuudet

Mallissa kuormitukseen vaikuttavia muuttujia tarkastellaan karkealla tasolla. Kuormitusmuuttujat ja niiden rajat peltojen luokittelmista varten esitetään taulukossa 1. Pellon P-luku on joko pieni eli alle 18 mg l<sup>-1</sup> tai suuri eli yli 18 mg l<sup>-1</sup>. P-luvulla tarkoitetaan tässä fosforipitoisuutta, joka on määritetty maatalouskäytössä olevan fosforin määrittymenetelmän (Vuorinen & Mäkitie, 1955) mukaan, jossa käytetään ammoniumasetaattiuuttoa. Pellot jaetaan VIHTA-mallissa kolmeen maalaajiluokkaan. Luokkaan 1, hienot maalajit, kuuluvat pellot, joiden maalaji on As, HsS, HtS tai LjS. Luokkaan 2, keskikarkeat maalajit, kuuluvat pellot, joiden maalaji on HHs, KHs, He, HHt tai KHt. Luokkaan 3, karkeat maalajit, kuuluvat pellot, joiden maalaji on HHk, KHk, SiMr, HtMr tai HkMr.

Pellot jaetaan kaltevuutensa perusteella kahteen luokkaan. Toiseen kuuluvat pellot, joiden kaltevuus on suurempi kuin 3 % ja toiseen pellot joiden kaltevuus on pienempi kuin 3 %. Kasvillisuutta kutsutaan peittäväksi, jos peltoa pidetään nurmena tai sänkenä, muuten ei peittäväksi. Ojituksen oletetaan olevan hyvä, mikäli kuivatushäiriöitä ei esiinny lainkaan tai ainoastaan keväällä. Muussa tapauksessa ojitus on huono.

Taulukko 1. Kuormitusmuuttujat ja niiden rajat peltojen luokittelmista varten.

P-luku			
	pieni	< 18 mg l <sup>-1</sup>	
	suuri	> 18 mg l <sup>-1</sup>	
Kaltevuus			
	pieni	< 3 %	
	suuri	> 3 %	
Makrohuokoisuus			
	pieni		
	suuri		
Maalaji			
	luokka 1	hieno	AS, HsS, HtS, LjS
	luokka 2	keskikarkea	HHs, KHs, He, HHt, KHt
	luokka 3	karkea	HHk, KHk, SiMr, HtMr, HkMr
Kasvillisuus			
	peittävä		
	ei peittävä		
Ojitus			
	hyvä		
	huono		

Makrohuokosten esiintyminen on suurta, kun se merkittävästi vaikuttaa pinta- ja salaojavaluntaan. Koska makrohuokosten esiintymistä on vaikea mitata tai arvioida, mallissa oletetaan, että niiden merkitys on suuri 80 %:lla maalajiluokkaan 1 kuuluvilla pelloilla ja 20 %:lla maalajiluokkaan 2 kuuluvilla pelloilla.

Näistä kuuden eri muuttujan yhdistelmistä saadaan ( $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2$ ) 96 peltoluokkaa (Liite 1). Jokaista luokkaa kohti on VIHTA-mallissa esitetty arvio valumavesien mukana tulevan kiintoaineksen, partikkelifosforin, liukoisen fosforin, partikkelitypen ja liukoisen typen määrästä (Liite 2a-c). Arviointi on tehty erikseen pintavesivalunnan ja salaojavesivalunnan mukana tulevalle kuormalle peltohehtaaria kohti. Kyseessä olevat arviot muodostavat siis mallin perustan, mutta myös näitä luokkakohtaisia lukuja käyttäjä voi halutessaan muuttaa. Taulukossa 2 on esitetty, miten peltoluokat mallissa muodostetaan sisältäen pinta- ja salaojavalunnan sekä kiintoaineksen määrän pinta- ja salaojavalunnassa.

Taulukko 2. Peltoluokkien kuvaus ja kiintoainekuormitus ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) peltoluokittain.

Lk	P-luku	Kaltevuus	Makro- huokokset	Maalaji	Kasvillisuus	Ojitus	Piva/sava	Kiintoaine $\text{kg/ha}$		Yhteensä
								piva	sava	
1	pieni	pieni	suuri	luokka1	peittävä	hyvä	0,19	129	182	311
2	pieni	pieni	suuri	luokka1	peittävä	huono	0,32	272	153	425
3	pieni	pieni	suuri	luokka1	ei peittävä	hyvä	0,32	535	370	904
4	pieni	pieni	suuri	luokka1	ei peittävä	huono	0,44	1 105	300	1 405
5	pieni	pieni	suuri	luokka2	peittävä	hyvä	0,14	104	285	388
6	pieni	pieni	suuri	luokka2	peittävä	huono	0,27	259	242	501
7	pieni	pieni	suuri	luokka2	ei peittävä	hyvä	0,26	462	475	937
8	pieni	pieni	suuri	luokka2	ei peittävä	huono	0,39	1 053	392	1 445
...										
96	suuri	suuri	pieni	luokka3	ei peittävä	huono	0,56	3165	13	3179

piva=pintavalunta

sava=salaojavalunta

## 2.1.2 Valunta, kiintoaine ja ravinnekuorma

Mallissa valunta jaetaan pinta- ja salaojavaluntaan. Alueen ominaisuuksiin liittyvät muuttujat, jotka vaikuttavat valunnan jakautumiseen pinta- ja salaojavaluntaan sekä alueelta tulevaan kuormitukseen ovat:

- Maan P-luku
- Kaltevuus
- Maalaji
- Makrohuokosten esiintyminen
- Kasvillisuus
- Ojitus

Olemassa olevia mittaustuloksia hyväksikäyttäen painotettiin eri muuttujien merkitystä ja käyränsovituksella saatiin funktiot kuormituksen laskemiseksi pinta- ja salaojavalunnassa (Liite 3). Pintavalunnan mukana kulkeutuu pääasiassa kiintoainetta ja siihen sitoutunutta partikkelifosforia ja -tyyppiä sekä liuennutta fosforia. Salaojavesien mukana taas kulkeutuu pääasiassa liuennutta tyyppiä ja vähäisiä määriä liuennutta fosforia. Muuttujien vaikutus kuormitukseen on esitetty kaaviona kuvassa 2. Pinta- ja salaojavalunnan määrä (mm) saadaan kertomalla valunta pinta- ja salaojavalunnan suhteella.

Kiintoaine-, partikkelifosforin- ja partikkelitypen määrään vaikuttavat maalaji, kaltevuus ja kasvillisuus sekä pintavalunta. Liuenneen fosforin määrään pintavalunnassa vaikuttavat pintavalunnan suuruus ja maan P-luku. Liuenneen typen määrä pintavalunnassa riippuu mallissa ainoastaan pintavalunnan määrästä.

Kiintoaineksen ja siihen sitoutuneen fosforin ja typen määrä salaojavalunnassa on vähäistä, mikäli makrohuokosia ei esiinny. Jos makrohuokosia on paljon salaojavalunnan koostumus lähenee pintavalunnan koostumusta ja kiintoaineksen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden määrä on melko suuri. Liukoisen typen määrä salaojavalunnassa riippuu mallissa ainoastaan salaojavalunnan määrästä. Liukoisen fosforin määrä salaojavalunnassa riippuu mallissa valunnan määrän lisäksi myös maan P-luvusta.

# 3

## Toimenpiteet ja niiden vaikutukset

### 3.1 Kosteikkojen vaikutukset valumavesiin

Tässä yhteydessä kosteikolla tarkoitetaan vesistökuormitusta vähentävää ojan, puron, joen tai muun vesistön osaa ja sen ranta-aluetta, joka on suuren osan vuodesta veden peitossa ja muunkin ajan pysyy kosteana. Kosteikko perustetaan yleensä patoamalla. Kosteikolle on tyypillistä, että siinä on vesi- ja kosteikkokasvillisuutta. Tukiehtojen mukaan kosteikon koon tulee olla 1-2 % valuma-alueen pinta-alasta. Pellon osuus valuma-alueesta tulisi mieluummin olla vähintään 30 %. Valumavesien kiintoaineen laskeuttamiseksi kosteikkoon on syytä suunnitella vesisyvyydeltään syvempi avovesipintainen osa (MMM, 2000a).

Kosteikkoja on rakennettu Suomessa ympäristötuen erityistuella vuosina 1995-1998 yhteensä noin 70 kpl. Niiden keskimääräinen pinta-ala on 1,19 ha (mediानी 0,25 ha), valuma-alueen keskimääräinen koko 186 ha (med. 53 ha) ja peltoisuus keskimäärin 53 % (med. 51 %). Kosteikon osuus valuma-alueen pinta-alasta on keskimäärin 2,84 % (med. 0,31 %) ja viipymä 28,2 h (med. 6,9 h). Mitoitusvirtaamana käytetty valuma on  $150 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Koskiaho & Puustinen, 1998).

#### 3.1.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto

Vaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty lähinnä Suomessa tehtyjä kosteikkotutkimuksia. Hovin kosteikko (0,6 ha) sijaitsee Etelä-Suomessa peltovaltaisella (pelto-% 100) valuma-alueella. Kosteikon pinta-ala on 5 % koko valuma-alueesta. Kosteikko perustettiin v. 1998, joten tuloksia voidaan hyödyntää tässä vain rajoitetusti. Inkoossa sijaitseva Flytträskin kosteikko on suuri, pinta-alaltaan 60 ha. Kosteikon toiminta käynnistyi 1980-luvulla. Ympäristötuella toteutettu Alastaron kosteikon ja laskeutusaltan yhdistelmä on suhteellisen pieni, vain 0,5 ha. Sen osuus valuma-alueesta on 0,5%. Kosteikko on toiminut vuodesta 1996 lähtien. MHq:n mukaan laskettuna kosteikkojen viipymät ovat Hovin kosteikossa > 1 vrk, Alastaron kosteikossa 6-8 h ja Flytträskissä > 1 vrk (Puustinen et al., 2000).

Vuoden mittaisen tutkimusjakson (1.6.1998-31.5.1999) tuloksena saatiin Alastarossa kiintoaineelle ja kokonaisfosforille reduktiot 41% ja 19% ja kokonaistypelle 6%. Liukoinen fosfori lisääntyi 33% eli sitä huuhtoutui kosteikosta. Flytträskissä jakson (23.4.1998-30.4.1999) reduktiot olivat kiintoaineelle 16%, kokonaisfosforille 15% ja kokonaistypelle 11%. Tällöin myös liukoista fosforia pidättyi 15%. Kysessä oleva jakso oli normaalia runsasvetisempi ja reduktiot kuivempana vuonna ilmeisesti poikkeavat edelläesitetystä. Tulosten luotettavuuden kannalta olisi tärkeää saada mittaustuloksia kosteikon toiminnasta erityyppisten kevättulvien valitessa.

Keväällä 1999 lumi sulii nopeasti joten valumat olivat suuria ja viipymät lyhyitä. Tästä huolimatta sekä Alastaron että Flytträskin kosteikko pidättivät kiintoainetta ja kokonaisfosforia. Alastarolla pidättyminen tapahtui käytännössä huhtikuussa. Huhtikuun valumajaksolle oli merkillepantavaa se, että se aiheutui lämmön noususta ja lumensulannasta, ei vesisateista. Tällöin kosteikon pohja oli ikään

kuin suojassa lumen ja jään alla, kun tulva kulki kosteikon yli eikä resuspensio käynnistynyt. Lisäksi kosteikossa sulanut suuri lumimäärä on saattanut laimentaa tulevan veden kiintoainepitoisuuksia.

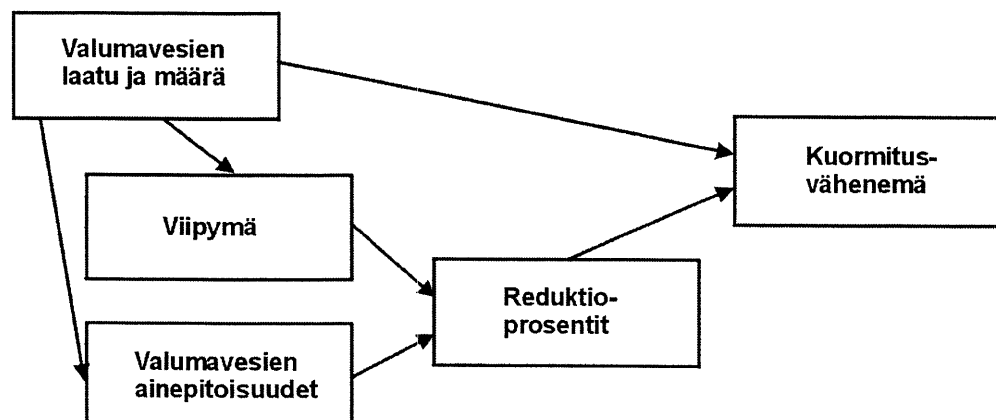
Liuenneen fosforin reduktioon vaikuttaa tulevan veden pitoisuuden lisäksi myös kosteikon maaperän P-pitoisuus. Mitä korkeampi maaperän fosforipitoisuus on suhteessa tulevan veden P-pitoisuuteen, sitä heikompi on sen reduktio. Alastarolla ensimmäisen vuoden aikana liuenneen P:n reduktio oli vahvasti negatiivinen, ts. kosteikosta huuhtoutui enemmän liukoista P kuin mitä sinne tuli. Flytträs-kissä liennut P pidättyi, vaikka tulevan veden pitoisuudet olivat keskimäärin selvästi matalammat.

Tärkeä seikka reduktioiden kannalta on veden viipymä kosteikossa nimenomaan suurten virtaamien aikoina. Erityisesti typenpoistossa olennaisen tärkeä denitrifikaatioprosessi sekä hienompien kiintoainejakeiden laskeutuminen vaativat aikaa. Jos vesi tulva-aikoina virtaa nopeasti kosteikon läpi, niin puhdistumista ei ehdi tapahtua. Etenkin kevään tulvakaussina kulkeutuu yllättävän suuri osuus koko vuoden ainevirtaamasta lyhyessä ajassa, ja puhdistustulos vuotuisella tasolla jää mitättömäksi. Olisi tärkeää saada korkeat reduktiot tulvakaussina, koska pitoisuudet ovat juuri tulvakauden aikana korkeimmillaan. Viipymän pidentämisessä puolestaan avainroolissa on kosteikon koko suhteessa valuma-alueeseen. Myös kasvillisuuden kunto ja kosteikon muotoilu vaikuttavat asiaan.

### 3.1.2 Kosteikon aikaansaama kuormitusvähenemä

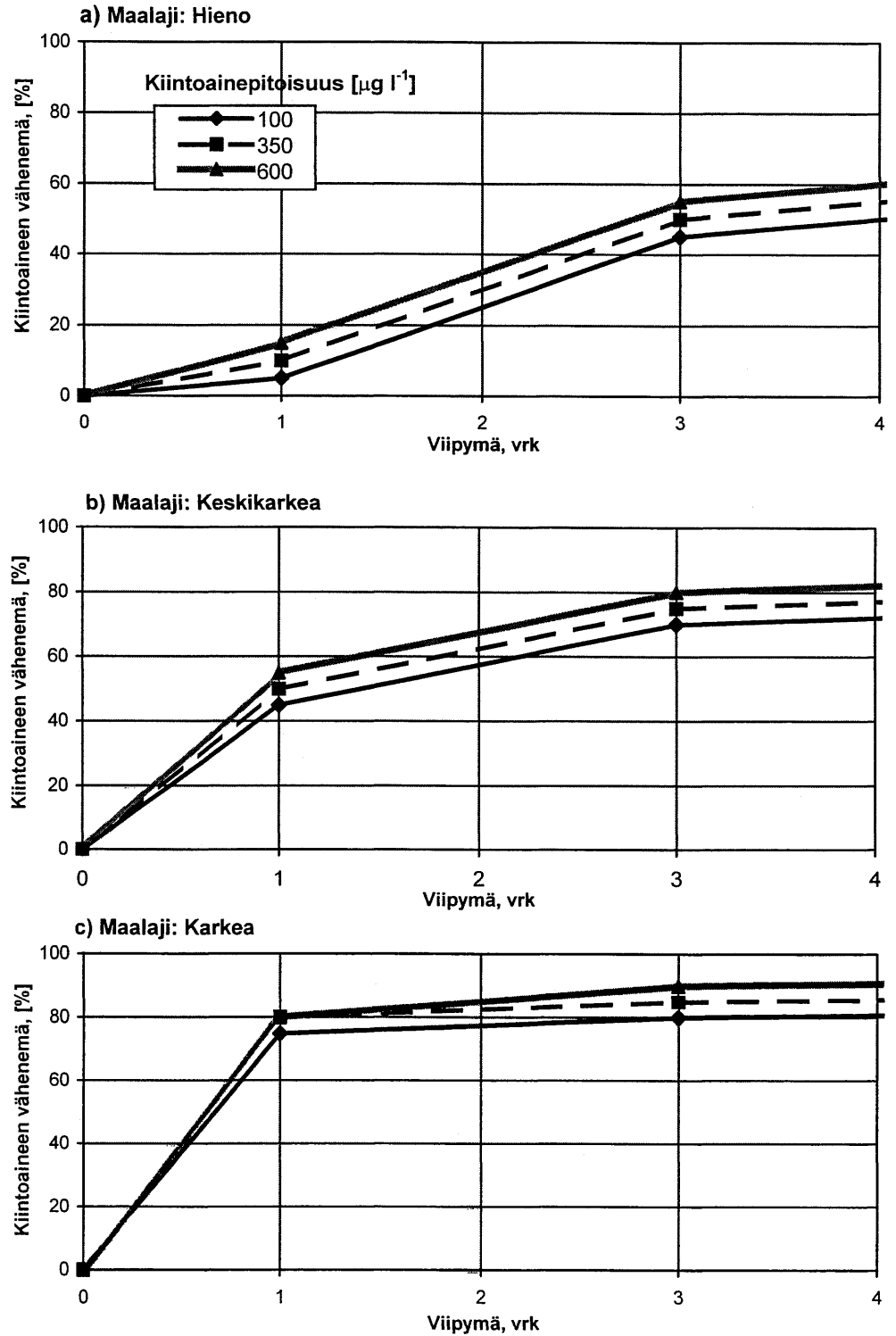
VIHTA-mallissa oletetaan, että kosteikko rakennetaan ja hoidetaan asianmukaisesti ja kosteikon kasvillisuus muodostuu siten, että denitrifikaatiota tapahtuu. Merkittävimmät muuttujat, jotka vaikuttavat kosteikon aikaansaamiin kiintoaineksen ja ravinteiden pidättymisprosentteihin ovat viipymä ja valumavesien ainepitoisuus (Kuva 3). Kiintoainekseen ja siihen sitoutuneen fosforin ja typen vähenemään vaikuttaa oleellisesti myös kosteikon maalaji.

Kosteikon aikaansaama kuormitusvähenemä perustuu VIHTA-mallissa Flytträskin, Hovin ja Alastaron mittauksiin. Koska kaikki edellämainitut kosteikot sijaitsevat savivaltaisilla valuma-alueilla, tehtiin arviot kuormitusvähenemistä kärkeammille maalajeille Häikiön et al. (1998) laskeutusaltaiden tutkimusten pohjalta. Partikkelifosforin ja partikkelitypen vähenemäprosenttina käytetään samaa prosenttia kuin kiintoainekselle. Kosteikon aikaansaamat kuormitusvähenemät on esitetty kuvissa 4a-c ja 5-6. Kuvista havaitaan, että viipymän ja pitoisuuden



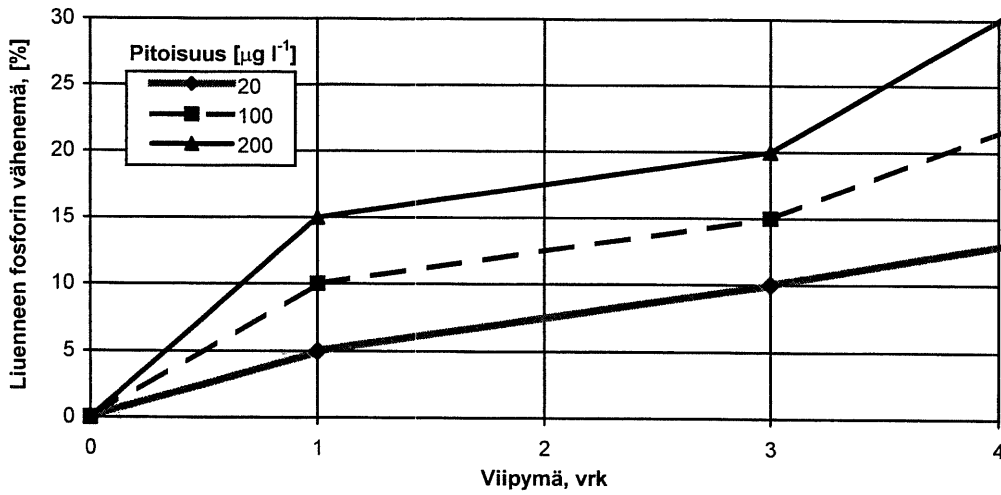
Kuva 3. Kosteikon aikaansaamaan kiintoaineen ja ravinteiden pidättymiseen vaikuttavat muuttujat.

kasvaessa myös vähenemäprosentti kasvaa. Mikäli pitoisuus nousee tietyn rajan yli, ei vähenemä kuitenkaan enää kasva. Kiintoaineen vähenemän oletetaan kasvavan voimakkaasti kosteikon valuma-alueen peltojen maalajin karkeuden mukaan. Esimerkiksi yhden vuorokauden viipymällä ja 350 mg l<sup>-1</sup> pitoisuudella kiintoainetta pidättyy hienoilla maalajeilla 10 %, keskikarkeilla maalajeilla 50 % ja karkeilla maalajeilla vastaava luku on 80 %.

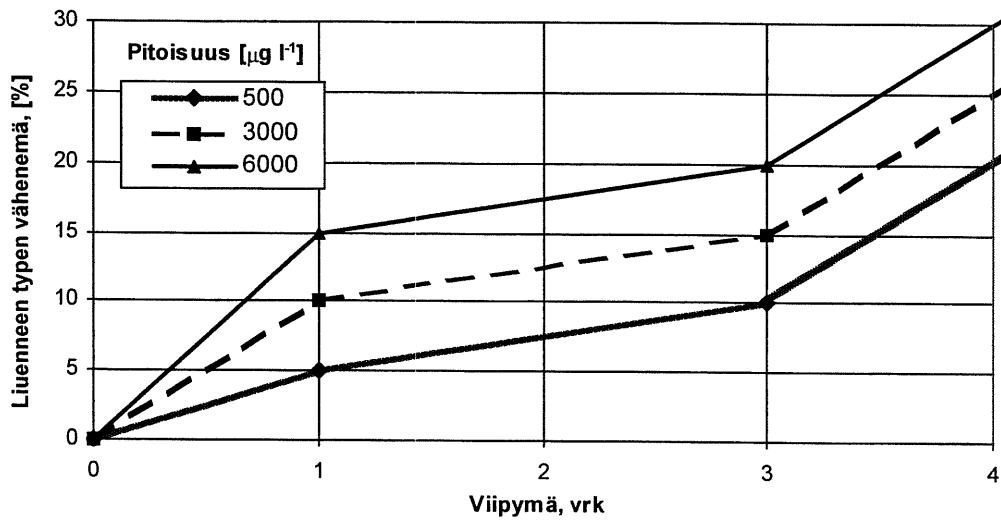


Kuvat 4a-c. Valumavesien mukana tulevan kiintoaineen ja siihen sitoutuneen fosforin ja typpien pidättyminen kosteikkoon eri viipymillä ja eri kiintoainepitoisuuksilla kun kosteikon valuma-alueen peltojen maalajit ovat hieno, keskikarkea ja karkea.





Kuva 5. Valumavesien mukana tulevan liukoisen fosforin pidättyminen kosteikkoon eri viipymillä ja liukoisen fosforin eri pitoisuuksilla.



Kuva 6. Valumavesien mukana tulevan liukoisen typen pidättyminen kosteikkoon eri viipymillä ja liukoisen typen eri pitoisuuksilla.

### 3.1.3 Viipymä

Viipymä [vrk] lasketaan jakamalla kosteikon tilavuus valuma-alueen kevään keskiylivalumalla.

$$Viipymä = \frac{V}{MHq \cdot A}$$

missä

$V$  = kosteikon tilavuus [ $m^3$ ]

$MHq$  = kevään keskiylivaluma [ $l s^{-1} km^{-2}$ ]

$A$  = valuma-alueen koko [ha]

Kevään keskiylivaluma lasketaan mallissa kosteikon valuma-alueen pelto-prosentin perusteella. Lähtökohtana yhtälölle on Seunan nomogrammi (Liite 4) julkaisussa Vesihallitus (1986), s. 90. Kun keskimääräinen lumen vesi-arvo (15.3.) on 125 mm ja purkautumiskohdan korkeus merenpinnasta on 100 m, saadaan seuraava kaava MHq:n laskemiseksi:

$$MHq = 102.6 \cdot e^{0.75 \cdot P}$$

missä

$P$  = peltopinta-alan osuus kosteikon valuma-alueesta [%]

Yhtälön mukaan  $MHq$  vaihtelee välillä  $103 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja  $217 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  peltopro-sentin vaihdelta 0 - 100 %. Tämän mukaan viipymä kosteikossa, jonka pinta-ala on 0,5 ha, keskisyvyys 1,5 m, valuma-alue 30 ha ja valuma-alueen peltoisuus 60 % on 1,8 vuorokautta. Käytännössä vesiensuojelutarkoituksiin perustetuissa kostei-koissa viipymä, laskettuna kevään keskiylivaluman mukaan, on Suomessa har-voin suurempi kuin 2 vrk.

### 3.1.4 Kosteikkoon tulevan veden ainepitoisuus

Kosteikkoon tulevan veden ainepitoisuus saadaan jakamalla vuosittain pelloilta ja ympäröivältä metsämaalta tuleva ainemäärä vuosivalunnalla. Pelloilta tuleva vuosittainen kuorma vaihtelee peltoluokittain ja se kerrotaan kosteikon valuma-alueen peltoalalla. Metsämaalta tulevan vuosittaisen kuormituksen oletetaan ole-van  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  kiintoainetta,  $0,1 \text{ kg ha}^{-1}$  partikkelifosforia,  $0,1 \text{ kg ha}^{-1}$  liukoista fosforia,  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  partikkelityyppiä ja  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  liukoista tyyppiä (Lepistö et al., 1995; Ahtiainen & Huttunen, 1999). Valumaveden ainepitoisuus lasketaan seuraa-vasti:

$$C = \frac{K_{\text{pelto}} + K_{\text{metsä}}}{A \cdot 0.01 \cdot R}$$

missä

$C$  = pitoisuus [ $\text{mg l}^{-1}$ ]

$K_{\text{pelto}}$  = pelloilta tuleva kuorma [ $\text{kg a}^{-1}$ ] =  $A \cdot P \cdot k_{\text{pelto}}$

$K_{\text{metsä}}$  = metsämaalta tuleva kuorma [ $\text{kg a}^{-1}$ ] =  $A \cdot (1-P) \cdot k_{\text{metsä}}$

$k_{\text{pelto}}$  = pelloilta tuleva yksikkökuorma [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]

$k_{\text{metsä}}$  = metsämaalta tuleva yksikkökuorma [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]

$A$  = valuma-alueen koko [ha]

$P$  = peltopinta-alan osuus kosteikon valuma-alueesta

$R$  = vuosivalunta [ $\text{mm a}^{-1}$ ].

### 3.2 Laskeutusaltaiden vaikutukset valumavesiin

Laskeutusaltaalla tarkoitetaan ojan tai puron yhteyteen kaivamalla tai patoamalla tehtyä vesiallasta, jonka tarkoituksena on kerätä pelloilta ja ojaverkosta veden mukana liikkeelle lähtenyt maa-ainesta ja estää sitä pääsemästä vesistöön. Vesi-syvyyden tulee olla niin suuri, että virtaus hidastuu riittävästi ja kiintoaine voi laskeutua. Alueilla, joilla veden syvyys on vähemmän kuin 0,5 m, kehittyy pian tiheä kasvillisuus ja altaan vaikutuksen merkitys veden laatuun saattaa loppua. Kaivamalla tehtävä allas ei heikennä ympäröivän alueen kuivatustilaa, ellei samal-la padota vettä (MMM, 2000a). Laskeutusaltaiden pääasiallisena tavoitteena on

kiintoaineksen ja siihen sitoutuneiden haitallisten aineiden pidättyminen. Laskeutusallas vähentää lähinnä vesistön liettymistä ja samalla jossain määrin vesistön rehevöitymistä. Altailla ei juurikaan ole vaikutusta veteen liuenneeseen fosforiin ja typpeen.

Laskeutusaltaita on rakennettu Suomessa ympäristötuen erityistuella vuosina 1995-1998 yhteensä noin 360 kpl. Maatalouden vesiensuojelua varten oli vuonna 1997 rakennettuja laskeutusaltaita 56 kpl ja valmiina suunnitelmina 175 kpl. Keskimääräinen pinta-ala näillä on 0,13 ha (med. 0,06 ha), laskeutusaltaiden valuma-alueen keskimääräinen koko on 100 ha (med. 40 ha) ja peltoisuus keskimäärin 51 % (med. 45 %). Laskeutusaltaan osuus valuma-alueen pinta-alasta on keskimäärin 0,24 % (med. 0,14 %) ja viipymä 5,9 h (med. 3,9 h). Mitoitusvirtaamana käytetty valuma on keskimäärin  $145 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (Koskiaho & Puustinen, 1998).

### **3.2.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto**

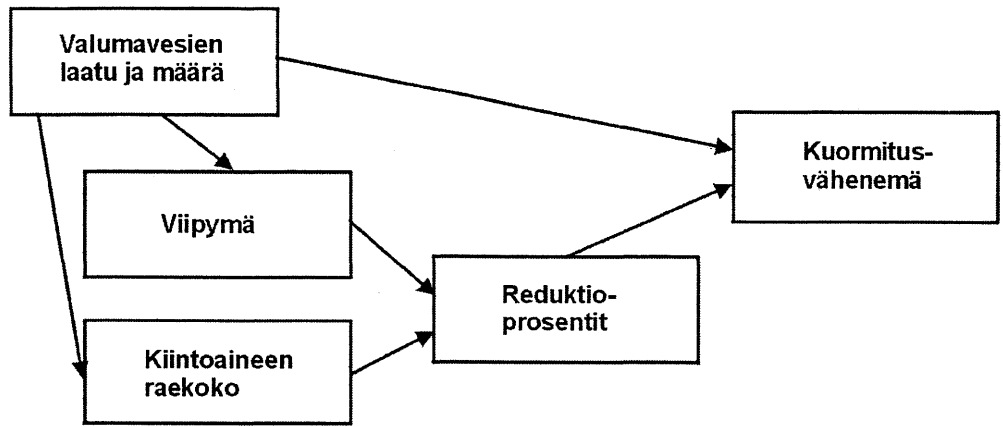
Laskeutusaltaiden toimivuutta on tutkittu Uudellamaalla (Taponen, 1995) ja Satakunnassa (Tiuhonen 1994, Hirvonen et al., 1996). Syksyllä 1994 aloitettiin kaksi laskeutusallastutkimusta: Tuijanpuro Rautalammin Kerkonkoskella ja Luomannevanon ja Lapuan Haapakoskella. Laskeutusaltaan kiintoaineksen poistokykyyn vaikuttavia tekijöitä on selvitetty myös metsäojituksen yhteydessä tehdyissä tutkimuksissa (Joensuu, 1994). Ulkomaisia tutkimuksia on saatavilla Ruotsista, Norjasta ja Pohjois-Amerikasta (Braskerud, 1995; Brown et al., 1981; Lindkvist ja Håkanson, 1993).

Häikiö (1996; 1998) on esittänyt laskeutusaltaan pidätyskyvyn riippuvuutta maalajista pohjautuen Tuijanpuron ja Luomannevanon mittauksiin. Tuijanpuron laskeutusallas pidatti suuren osan siihen kulkeutuneesta kiintoaineesta silloin, kun kiintoaine oli laadultaan helposti laskeutuvaa. Altaan pidätysteho laski merkittävästi, kun altaaseen saapuvan kiintoaineksen laatu muuttui hienommaksi. Luomannevanon allas ei pidättänyt kiintoainetta koko tutkimuksen aikana juuri lainkaan. Ravinteiden suhteen kummankin altaan toimivuus jäi vähäiseksi. Altailla saavutettava hyöty rajoittuu altaaseen kulkeutuvaan karkean kiintoaineen poistoon.

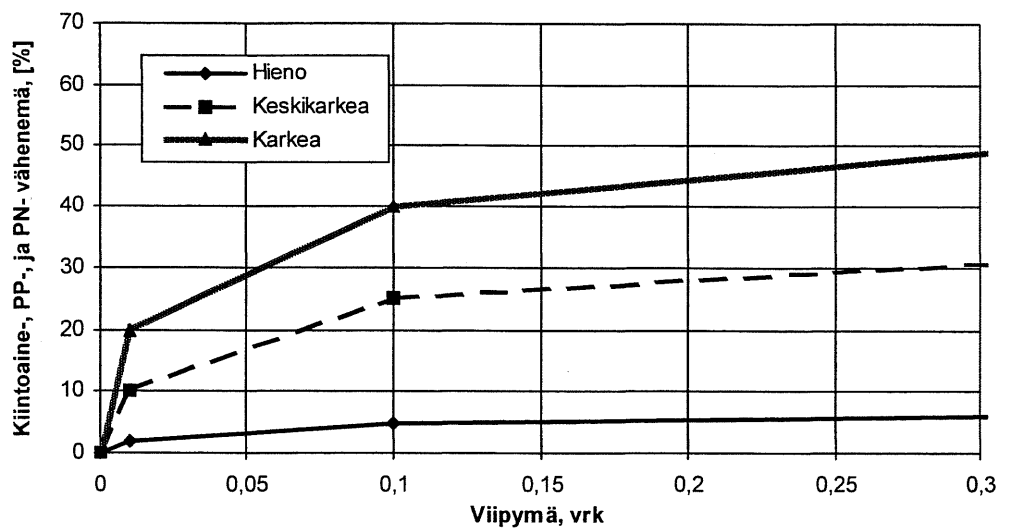
### **3.2.2 Laskeutusaltaan kuormitusvähenemä**

Tuijanpuron ja Luomannevanon tutkimukset osoittavat, että laskeutusaltaasta saatava vesiensuojelullinen hyöty on varsin rajallinen (Häikiö, 1998). Vesiensuojelua varten rakennettavat laskeutusaltaat ovat korkeintaan muutaman aarin kokoisia ja niiden syvyys on noin 2 m. Altaiden aikaansaama kuormitusvähenemä riippuu kuten kosteikossakin viipymästä ja tämän lisäksi altaaseen tulevan veden sisältämän kiintoaineksen raakoosta (Kuva 7). Viipymä lasketaan kuten kosteikoissa. Kuvassa 8 on esitetty laskeutusaltaan aikaansaamat kuormitusvähenemät.

Jos laskeutusaltaan valuma-alueen koko on esimerkiksi 40 ha ja peltoisuus 40 %, saadaan kevään keskiylivalumaksi  $187 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ . Laskeutusaltaan ollessa keskimäärin 1,5 m syvä ja pinta-alaltaan 0,1 ha, sen tilavuus on  $1500 \text{ m}^3$  ja viipymäksi saadaan 0,2 vuorokautta. Jos valuma-alueen peltojen maalaji on keskikarkea, kiintoainevähenemäksi saadaan 29 %.



Kuva 7. Laskeutusaltaan aikaansaamaan kuormitusvähennemään vaikuttavat muuttajat.



Kuva 8. Kiintoaineen, partikkelifosforin ja partikkelitypen vähenemän riippuvuus viipymästä ja maalajista.

### 3.3 Suojavyöhykkeiden vaikutukset valumavesiin

Suojavyöhyke perustetaan peltoalueella viljelyksessä olevan pellon ja vesistön väliin. Ympäristötuen erityistuen ehtojen mukaan suojavyöhykkeen tulee olla vähintään keskimäärin 15 m leveä ja 20 aarin kokoinen, monivuotisen kasvillisuuden peittämä ja hoidettu alue. Lannoitteita ja torjunta-aineita ei suojavyöhykkeellä voi käyttää. Suojavyöhykkeillä voi kasvaa yksittäisiä pensas- ja puuryhmiä ja niitä voidaan perustaa myös pohjavesialueella olevalle pellolle. Suojavyöhyke joudutaan yleensä niittämään vähintään kerran vuodessa. Niiton tarkoituksena on ehkäistä pensoittumista, poistaa kasveihin sitoutuneita ravinteita sekä köyhdyttää näin maaperää. Kasvimassa on vietävä pois suojavyöhykkeeltä. Niittojätteen voi viedä karjan ravinnoksi (MMM, 2000b).

Suojavyöhyke vähentää kuormitusta, kun peltoala poistuu viljelyksestä. Kuormitus, joka tällä tavalla vähenee, saattaa olla suuri mikäli pellon osa on jyrkkä ja maalaji on herkästi erodoituvaa. Lisäksi suojavyöhyke pidättää osan pintavalun-

nan mukana tulevasta kiintoaineksesta ja siihen sitoutuneesta fosforista sekä osan liukoisista ravinteista. Luenneiden ravinteiden osalta tulokset eivät kuitenkaan ole niin lupaavia.

Suojavyöhykettä voidaan hoitaa myös laiduntamalla, elleivät vesiensuojeluyksyt sitä estä (MMM, 2000b). Laidunnuksen vaikutukset riippuvat sen voimakkuudesta ja ajoituksesta. Laidunnuksen seurauksena kasvillisuus madaltuu, kasvillisuuden mikroilmasto kuivuu ja paikka säilyy avoimena. Maaperän ravinneisuus suojavyöhykkeellä vähenee, ellei karja laidunna välillä lannoitetulla kylvönurmella. Maaperän kasvipeite voi myöskin paikoin rikkoutua. Lantaläjien myötä ravinneisuuden heterogeenisyys kasvaa ja lantaläjät toimivat elinympäristönä monipuoliselle hyönteislajistolle (Pykälä, 2000).

Suojavyöhykkeitä on rakennettu Suomessa ympäristötuen erityistuellalla vuosina 1995-1998 yhteensä 2 200 hehtaarin peltoalalle (MMM, 2000b).

### **3.3.1 Käytävissä oleva tutkimustieto**

Maatalouden tutkimuskeskuksessa Jokioisissa on selvitetty vuodesta 1991 lähtien 10 metriä leveiden nurmi- ja luonnonkasvikaistojen kykyä vähentää eroosio- ja fosforikuormaa savimaan pintavalumissa. Kokeessa seurataan myös fosforin, typpien ja torjunta-aineiden määriä pintavaluma- ja vajovesissä sekä suojakaistojen kasveissa ja maaperässä. Kuuden koevuoden tulokset osoittavat kymmenen metriä leveiden suojakaistojen vähentäneen eroosiota 60 %, eroosioainekseen sitoutuneen fosforin määrää 40 % ja kokonaisfosforin määrää 30 %. Sen sijaan liukoisen fosforin kuormitus nurmikaistaruuduilla ei vähentynyt ja luonnonkaistaruuduilla liukoisen fosforin kuormitus jopa lisääntyi. Syynä runsaaseen liukoisen fosforin huuhtoutumaan oli ilmeisesti luonnonkaistan kasvipeite, jota ei niitetty ja korjattu pois kuten nurmikaistoilla tehtiin. Pintavalumissa nitraattityypin kuormitus oli nurmikaistaruuduilla 70 % ja luonnonkaistaruuduilla 50 % pienempi kuin ilman suojakaistaa viljellyillä ruuduilla. Kokonaistypen määrä oli nurmikaistoilla 60 % ja luonnonkaistoilla 40 % pienempi kuin ilman suojakaistaa viljeltäessä. Kokeessa ei ole mitattu salaojavesien kuormitusta (Uusi-Kämppä et al., 1996; Uusi-Kämppä et al., 2000).

Aurajoen koekentällä erilaisten muokkauksikäsitteilyjen ja viljelymenetelmien ohella tutkittiin myös suojavyöhykkeen vaikutusta kuormitukseen (Puustinen, 1999). Kolmen vuoden tulosten perusteella 14 m leveä suojavyöhyke vähensi muokauskerroksen valunnassa tullutta kiintoainekuormitusta 60-70 %, partikkelifosforin kuormitusta 60 %, liukoisen fosforin kuormitusta ei juuri lainkaan, kokonaistypen kuormitusta 45-70 % ja nitraatti-nitriittityypin kuormitusta 60-80 %. Suojavyöhykkeellä oli pysyvästi timoteinurmi. Pellon ja suojavyöhykkeen kaltevuus oli 8-9 %. Viljelykäsitteilynä oli normaalin viljelykäytännön mukainen syysvehnä.

### **3.3.2 Suojavyöhykkeen aikaansaama kuormitusvähenemä**

Suojavyöhykkeiden aikaansaama kuormitusvähenemä koostuu kahdesta tekijästä. Yläpuoliselta pellolta pintavesien mukana tulevat ravinteet ja kiintoaine pidätyvät suojavyöhykkeen vaikutuksesta. Lisäksi viljelyksestä poisjääminen vähentää kuormitusta (Kuva 9). Suojavyöhykkeen tehokkuuteen kokonaiskuorman vähentäjänä vaikuttaa oleellisesti pintavalunnan osuus koko valunnasta. Jos suojavyöhyke perustetaan jyrkkään kohtaan, joka tällöin poistuu viljelyksestä, vyöhyke vähentää tältä osin kuormitusta sekä pinta- että salaojavalunnan osalta, mutta se ei sinänsä pidätä siihen tulevien valumavesien aineita kovinkaan tehokkaasti.

Suojavyöhykkeen kaltevuus on VIHTA-mallissa jaettu kolmeen luokkaan; kaltevuus on pienempi kuin 3 %, 3-8 % tai suurempi kuin 8 %. Mallissa käytetään oletusarvoina taulukossa 3 esitettyjä kertoimia ja reduktioprosentteja. Kuormitusvähenemän, joka johtuu siitä ettei aluetta enää viljellä, oletetaan olevan sama kuin kuormitus olisi alueen ollessa viljelyksessä. Vähenemä lasketaan samoilla perusteilla kuin pellolta tuleva kuormitus. Käytännössä pellolta tuleva yksikkökuorma kerrotaan eri kertoimella riippuen suojavyöhykkeen ja yläpuolisen pellon kaltevuudesta. Jos pellon kaltevuus on esimerkiksi < 3 % ja suojavyöhykkeen takia viljelyksestä poisjäävän peltoalueen kaltevuus on > 8 %, yksikkökuorma [kg ha<sup>-1</sup>] suojavyöhykealueella kerrotaan kahdella. Kertomalla yksikkökuorma edelleen suojavyöhykkeen pinta-alalla saadaan viljelyksestä poisjäämisestä johtuva kuormitusvähenemä. Suojavyöhykkeen pidättymisprosentit vaihtelevat kaltevuudesta riippuen kiintoaineen osalta 30-60 % ja liukoisten ravinteiden osalta 5-20 %. Loivempi suojavyöhyke pidättää aineita tehokkaammin kuin jyrkkä, mutta kaltevilla pelloilla viljelyksestä poisjääminen vähentää merkittävästi kokonaiskuormaa. Mallissa oletetaan, että pellon maalaji ei vaikuta vyöhykkeen pidättämiskykyyn. Tämän lisäksi pintavalunnan ainepitoisuudet eivät myöskään vaikuta reduktio-%:iin, ainoastaan absoluuttiseen vähenemään.

Taulukko 3. Suojavyöhykkeen kuormitusvähenemän määrittäminen: (1) viljelyksestä poisjääminen, (2) pidättymisestä johtuva vähenemä.

### 1. Viljelyksestä poisjääminen

#### A. Pellon kaltevuus < 3 %

Suojavyöhykkeen kaltevuus	Kerroin pintavalunnassa					Kerroin salaojavalunnassa				
	Kiintoaine	PP	DP	PN	DN	Kiintoaine	PP	DP	PN	DN
pieni < 3 %	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
keskisuuri 3-8 %	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
suuri > 8 %	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

#### B. Pellon kaltevuus > 3 %

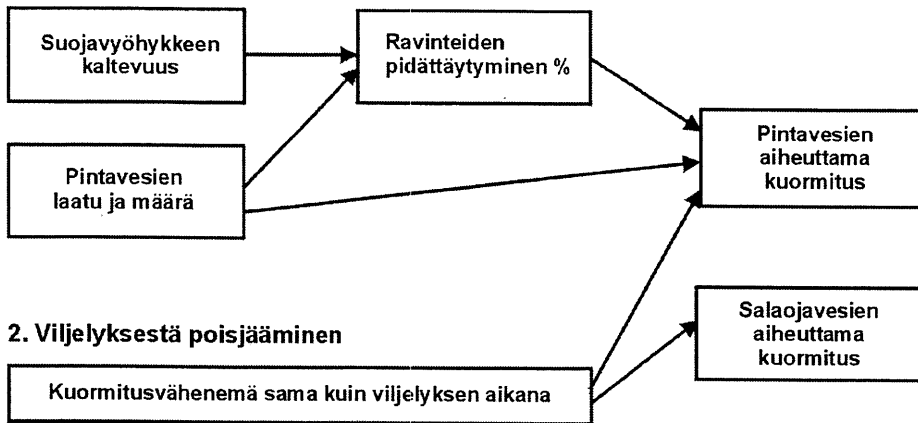
Suojavyöhykkeen kaltevuus	Kerroin pintavalunnassa					Kerroin salaojavalunnassa				
	Kiintoaine	PP	DP	PN	DN	Kiintoaine	PP	DP	PN	DN
pieni < 3 %	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
keskisuuri 3-8 %	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
suuri > 8 %	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Kerroin = vähenemä suhteessa yläpuolisen pellon yksikkökuormaan

### 2. Pidättäytymisestä johtuva kuormitusvähenemä

Suojavyöhykkeen kaltevuus	Kiintoaine	PP	DP	PN	DN
pieni < 3 %	60 %	60 %	20 %	60 %	20 %
keskisuuri 3-8 %	40 %	40 %	10 %	40 %	10 %
suuri > 8 %	30 %	30 %	5 %	30 %	5 %

## 1. Ravinteiden pidättäytyminen



Kuva 9. Suojavyöhykkeen aikaansaamaan kuormitusvähenemään vaikuttavat muuttujat.

## 3.4 Säätosalaojitus

Perinteisen salaojituksen toimivuutta sekä ympäristön että kasvuston kannalta voidaan tehostaa nk. säätosalaojituksella, jossa salaojavirtausta säädellään laskuaukon patorakenteilla. Säätosalaojituksen avulla on mahdollista pienentää salaojavaluntaa ja siten myös ravinnehuuhtoumia. Näin voidaan varastoida vettä pelloille mm. kasvien käyttöön. Pohjaveden pinta saattaa kuitenkin laskea hyvinkin syvälle sateettomina kausina. Kuormituksen ajankohtaa voidaan siirtää, joka saattaa vähentää kuormituksen aiheuttamaa haittaa vesistössä. Yleisimmin säätosalaojitus tehdään jo aiemmin salaojitetuille pelloille (Paasonen-Kivekäs, 1998).

Alueen hydrologia, ravinnepitoisuudet ja happamuus sekä lisäksi myös tekninen toteutus vaikuttavat säätosalaojituksen toimintaan. Alueen maalaji, kaltevuus ja läpäisemättömän pohjan syvyys vaikuttavat oleellisesti säätosalaojituksen soveltuvuuteen alueelle. Säätosalaojituksen ympäristötukiehdot edellyttävät, että pellon pinnan kaltevuus ei saa ylittää 2 % ja maalajin tulee olla pääosin hiekkaa, hietaa tai urpasavea (MMM, 2000c). Suomessa on arvioitu olevan 800 000 ha mainitut vaatimukset täyttävää peltomaata (Puustinen, 1995). Säättämällä vesiä avo-ojitetulla pellolla voidaan saada samankaltaisia vaikutuksia aikaiseksi kuin säätosalaojituksella.

Säätosalaojia on rakennettu Suomessa ympäristötuen erityistuella vuosina 1995-1998 yhteensä 14 000 hehtaarin peltoalalle, josta 90 % sijaitsee Pohjanmaalla ja noin 5 % Varsinais-Suomessa.

### 3.4.1 Käytettävissä oleva tutkimustieto

Säätosalaojitusta on tutkittu kenttäkokeiluna Lapualla vuosina 1993-1996 normaalissa viljelyksessä olevalla peltoalueella. Pellon pintamaa on hietaa ja pohjamaa savista hiesua. Ojitus tehtiin vanhaan salaojituksen siten, että ojaväli tihennettiin kaksinkertaiseksi 10 metriin ja kokoojan laskuaukkoon asennettiin säätökaivo. Pellolla on viljelty perunaa ja kauraa. Vertailualueena toimi viereinen salaojitettu lohko. Kokonaistypen pitoisuudet olivat keskimäärin huomattavasti pienempiä säätojitetulla alueella kuin normaalisti ojitetulla alueella. Eron ei voida osoittaa johtuvan ainoastaan säätojituksesta, sillä myös maaperän ominaisuuksissa oli

eroja, jotka vaikuttivat typen esiintymiseen maaperässä. Suurin syy oli todennäköisesti maaperän happamuus, joka vaihteli paljon ja aiheutti ongelmia veden laadun ja satotulosten tulkinnassa. Tämä selittää myös korkeat ammoniumpitoisuudet säättöjitetulla alueella (Paasonen-Kivekäs, 1998; Paasonen-Kivekäs & Karvonen, 2000).

Ilmajoella rakennettiin vuonna 1996 koekenttä, jossa tutkitaan kalkkisuodinojittusta ja säättösalaojittusta sekä niiden yhdistelmää. Kentältä on tuloksia vuoden 1998 alusta lähtien. Kentän maalaji on pintakerroksessa 10-25 cm ruokamultaa, alla 20-50 cm löyhähköä hietaa ja sen alla löyhää urpahiesua. Kentän kaltevuus on n. 0,2 %. Pohjavedenpinnan korkeutta mitataan säännöllisesti. Ojitusvyvyys säättösalaojakentällä on 145 cm, kalkki+säättösalaojakentällä 115 cm. Salaojavaluntaa mitataan manuaalisesti, pintavaluntaa ei kentällä mitata. Ilmajoen tulokset osoittavat, että pohjavedenpinnan korkeutta säättämällä on mahdollista vähentää valumavesien happamuutta. Maaperän ominaisuudet, erityisesti jäljellä oleva sulfidirikkipitoisuus, todennäköisesti vaikuttavat kuitenkin tuloksiin merkittävästi. Ilmajoen kalkkisuodinojat nostivat keväällä salaojavesien pH:n hyvin korkealle (pH > 9), mutta happamuus lisääntyi huomattavasti loppukesää kohden. Samantapaisia tuloksia on saatu myös muista suomalaisista kokeista. Vaikutusajan heikkenemisen syyt eivät kuitenkaan vielä ole täysin tunnettuja. Ilmajoen tulosten perusteella näyttäisi siltä, että yhdistettynä säättösalaojituksen kalkkisuodinojienkin toiminta parantuisi (Joukainen, 1998).

### **3.4.2 Säättösalaojituksen kuormitusvähenemä**

Säädön vaikutus ravinnekuormitukseen riippuu maalajista, kasvipeitteestä, säätilasta, ojituksesta ja säättötoimenpiteistä. Padotuksen vaikutus valuntaan riippuu sateita edeltävästä pohjaveden pinnan korkeudesta, minkä vuoksi säättö vähentää erityisesti kesän ja alkusyksyn huuhtoumia kuivan kesän jälkeen. Huomattavan sateisena kesänä ja syksynä sen merkitys on vähäinen.

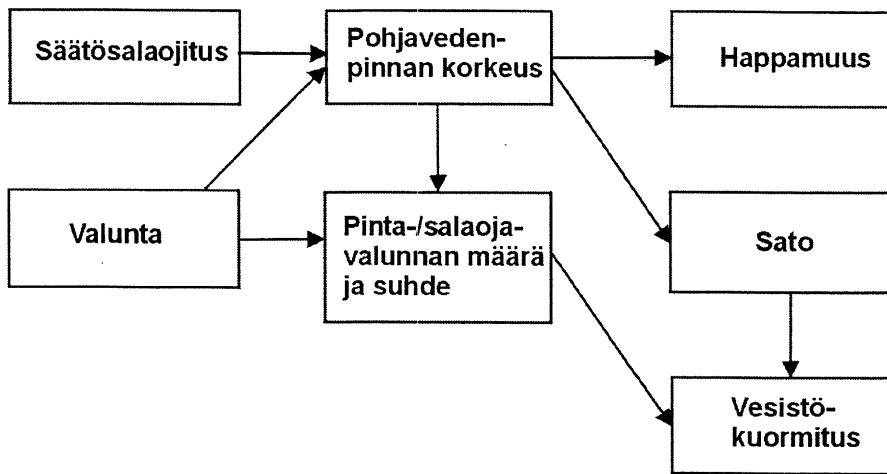
Säättösalaojitus perinteisen salaojituksen tapaan vähentää yleensä pintavaluntaa, jolloin fosforihuuhtoumat yleensä pienenevät kun taas typpihuuhtoumat kasvavat verrattuna salaojittomiin peltoihin. Säättösalaojitus ei varsinaisesti vaikuta itse valumavesien fosfori- ja typpipitoisuuksiin. Ojien tihentäminen ja varsinkin niiden syventäminen lisäävät typen huuhtoutumaa. Säättösalaojitus vaikuttaa myös kasvien ravinteiden ottoon sekä nitraattitypen prosesseihin (Paasonen-Kivekäs, 1998).

Yhdysvalloissa ja Kanadassa tehtyjen säättösalaojitus- ja salaojakastelututkimusten mukaan menetelmien vaikutukset typen huuhtoutumiseen vaihtelevat hyvinkin paljon peltoalueesta, ojituksesta, sääolosuhteista ja säättötoimenpiteistä riippuen. Useissa tutkimuksissa salaojituksen on todettu lisäävän valuntaa ja typen huuhtoumaa avo-ojituksen verrattuna, mutta toisaalta se on pienentänyt kiintoaine- ja fosforikuormitusta (Skaggs et al., 1994; Evans et al., 1995).

VIHTA-mallissa oletetaan, että säättösalaojia tehdään vain pelloille, jonka kaltevuus ei ylitä 2 % ja joiden vedenjohtavuus on hyvä. Pohjavedenpinnan on oltava riittävän korkealla (noin 1,5-2 m). Lisäksi oletetaan, että padotus hoidetaan asianmukaisesti. Jos rankkasateita on luvassa, maan varastotilaa pitää suurentaa vähentämällä padotusta. Jollei padotusta vähennetä pintavalunta kasvaa suuremmaksi verrattuna normaaliin salaojitukseen.

Merkittävimmät tekijät, jotka vaikuttavat säättösalaojituksen aikaansaamaan kuormitusvähenemään, ovat pohjavedenpinnan korkeus ja pinta- ja salaojavalunnan määrä (Kuva 10). Edellä mainitut muuttujat vaihtelevat huomattavasti vuosittain, joten niiden huomioonottaminen mallissa on vaikeaa. Koska lisäksi VIHTA-





Kuva 10. Säätösalaojituksen aikaansaamaan kuormitusvähenemään vaikuttavat muuttujat.

mallissa tarkastellaan toimenpiteiden vaikutusta pitkällä aikavälillä, ei mallissa huomioida em. muuttujien vaikutusta, vaan oletetaan, että kiintoaineksen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden ja liukoisten ravinteiden reduktio on 15 %. Luku sisältää sekä kokonaisvalunnan pienenemisestä että sadon lisäyksestä johtuvan kuormitusvähenemän.

### 3.5 Monimuotoisuus

Maatalousympäristön monimuotoisuutta mitataan kolmella tasolla: geneettisellä tasolla, lajitasolla ja ekosysteemitasolla. Maataloudessa geneettisellä monimuotoisuudella tarkoitetaan yleensä viljelykasvien ja kotieläinten geneettistä monimuotoisuutta, joihin vesiensuojelulliset toimenpiteet eivät suoranaisesti vaikuta. Eräät vesiensuojelulliset toimenpiteet vaikuttavat kuitenkin luonnonvaraisten eliöiden lajirunsauteen ja saattavat myös hyödyttää harvinaisia lajeja. Ekosysteemit rajautuvat niiden lajistoa määrävien elottomien ympäristötekijöiden ja niiden eliöstön, ensisijaisesti kasvillisuuden perusteella toisistaan erottuviksi elinympäristölaikuiksi. Kunkin maatilan ekosysteemien monimuotoisuus määrää, kuinka suuri sen kokonaislajidiversiteetti voi olla ja millaiset mahdollisuudet eri lajien populaatiolla on säilyä ja säilyttää geneettinen monimuotoisuutensa (MMM, 1999b)

Metsälaitumista, niityistä, kedoista ja ojanpientareista riippuva eliöstö on maataloudessa tapahtuneiden muutosten myötä taantunut. Niittyjen yhteenlaskettu pinta-ala on Suomessa laskenut sadassa vuodessa 1 600 000 hehtaaria 5 000 hehtaariin eli alle yhteen prosenttiin (Soininen, 1974). Kasvillisuusvyöhykkeet ovat vähentyneet ja pienentyneet salaojituksen ja peltoalan laajentamisen myötä. Määrätyn elinympäristön pinta-alalla on suurta merkitystä lajien säilymiseen pitkällä aikavälillä (Pykälä, 2000).

Taulukossa 4 on esitetty arvio (Mikko Kuussaari, Suomen ympäristökeskus) eräiden maatalouden ympäristötuen erityistuella tuettujen toimenpiteiden vaikutuksista biodiversiteettiin. Tässä yhteydessä biodiversiteetti tarkastellaan erikseen kasvillisuuden, hyönteisten ja linnuston kannalta. Taulukossa esitetään arviointi vaikutuksista nimenomaan lajirikkauteen. Harvinaisia lajeja hyödyttävät todennäköisesti näistä toimenpiteistä ainoastaan kosteikot lintujen osalta ja ketovyöhyke kasvien ja hyönteisten osalta (alleviivatut plussat). Taulukossa käytetään

neliportaista asteikkoa 0, (+), ++, +++, jossa 0 tarkoittaa ettei toimenpiteellä ole vaikutusta lajirikkauteen ja +++ että toimenpiteellä on merkittäviä vaikutuksia lajirikkauteen.

Kasvien, hyönteisten ja lintujen monimuotoisuuden merkitystä luonnon monimuotoisuuden kannalta kokonaisuudessaan on vaikea arvioida. Voidaan kuitenkin ehkä pitää kasvien lajirikkautta tärkeimpänä ja hyönteisten lajirikkautta lintujen lajirikkautta tärkeämpänä, koska linnut ovat riippuvaisia hyönteisistä ja hyönteiset kasveista.

VIHTA-mallissa ei toistaiseksi ole huomioitu toimenpiteiden vaikutusta biodiversiteettiin. Jos tarkasteltavia toimenpiteitä jatkossa lisätään, on perusteltua huomioida laskelmissa myös toimenpiteiden vaikutus biodiversiteettiin.

Taulukko 4. Eräiden maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutuksista biodiversiteettiin.

Toimenpide	Kasvit	Hyönteiset	Linnut
Kosteikon perustaminen	+	+	+++
Säätösalaajitus	0	0	(+)
Suojakaista 3-15 m	(+)	(+)	(+)
Suojareuna 1-3 m	(+)	(+)	0

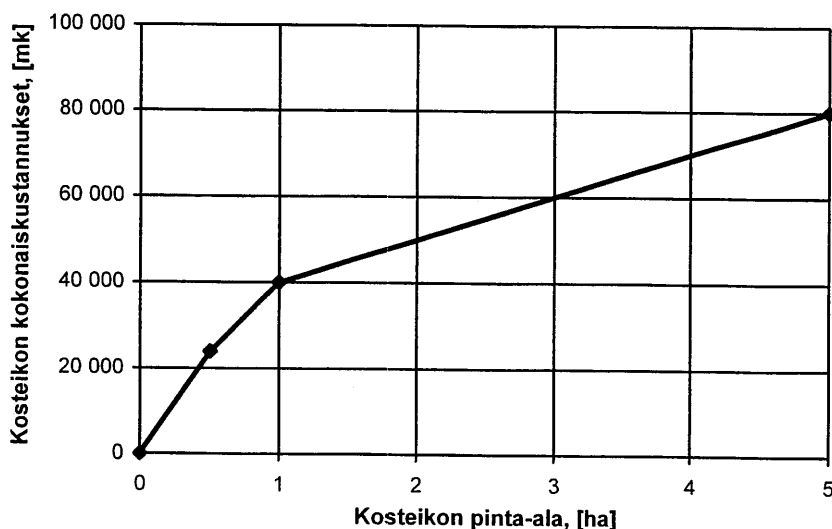
## Kustannustehokkuus

VIHTA-mallissa kustannustehokkuus lasketaan jakamalla vuosikustannukset keskimääräisellä vuosittaisella kuormitusvähenemällä. Työssä tarkastellaan todellisia kustannuksia, joihin sisältyvät sekä investointi- että hoitokustannukset. Yhteiskunnan maksama ympäristötuki on todellisia kustannuksia korkeampi, koska se sisältää ns. kannustusosan.

### 4.1 Toimenpiteiden kustannukset

Kosteikon kustannukset on arvioitu koostuvan pintamaan poistosta, pienehkön allasosan kaivuun ja levityskustannuksista, padon rakentamiskustannuksista ja istutus- ja vuosittaisista hoitokustannuksista. Pinta-alaltaan suurien kosteikkojen yksikkökustannukset ovat mallissa pienemmät kuin pienien kosteikkojen, koska suuria kosteikkoja ei käytännössä tehdä kaivamalla. Toisaalta patoturvallisuuden vuoksi padon rakentamiskustannukset saattavat suurille kosteikoille nousta suureksi (Kuva 11). Vuosikustannukset saadaan jakamalla kokonaiskustannukset 10 vuodelle. Yhteiskunnan kustannukset on VIHTA-mallissa arvioitu olevan todelliset kustannukset lisättyinä 20 % suuruisella kannustimella. Ympäristötuen maksimitaso on kuitenkin vain 2 675 mk ha<sup>-1</sup>, joka voidaan maksaa kosteikon alle jäävästä maa-alasta ja hoitoalueista (MMM, 1999b). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että ne hankkeet toteutetaan, joiden kustannukset saadaan em. tuella peitetyksi.

Laskeutusaltaan kokonaiskustannukset lasketaan VIHTA-mallissa altaan tilavuuden perusteella. Kaivuun ja levityskustannuksina käytetään 20 mk m<sup>-3</sup>. Yhteiskunnan kustannukset on mallissa arvioitu olevan todelliset kustannukset lisättyinä 20 % suuruisella kannustuslisällä. Ympäristötuen maksimitaso on kuitenkin vain 2 675 mk ha<sup>-1</sup>, jota voidaan maksaa laskeutusaltaan alle jäävästä maa-alasta ja hoito-alueista (MMM, 1999b).



Kuva 11. Kosteikon kokonaiskustannukset.

Suojavyöhykkeen vuosittaiset perustamis- ja hoitokustannukset ovat arviolta 1 430 mk ha<sup>-1</sup> (MMM, 1999b). Mallissa käytetään yhteiskunnan kustannuksina todellisia kustannuksia lisättynä 30 % kannustimella ja se on 2 040 mk vuosittain suojavyöhykehehtaaria kohti.

Mallissa oletetaan, että salaojituksen muuttaminen säätösalojituksiksi vaatii yhden kaivon rakentamisen kahta peltohehtaaria kohti, jolloin investointikustannukset ovat noin 1 750 mk ha<sup>-1</sup>. Kymmenellä vuodella jaettuna saadaan vuosikustannukseksi 175 mk ha<sup>-1</sup>. Hoitokustannukset ovat noin 500 mk a<sup>-1</sup> kaivoa kohti eli 250 mk ha<sup>-1</sup>. VIHTA-mallissa säätösalojituksen vuosikustannukset ovat siten 430 mk. Ympäristötuessa investoinnit maksetaan viidessä vuodessa takaisin ja maksimituki on siten suuruudeltaan 930 mk ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> sisältäen myös kannustuslisän.

## Tulokset

Mallilla arvioidaan kuormituksen nykytilanne 96 peltoluokalle (Liite 2a-c). Kun tiedetään tietyn alueen peltojen ominaisuudet, saadaan arvio alueen peltojen kiintoaine- ja ravinnehuuhtoutumille. Mallilla voidaan myös vertailla eri toimenpiteiden aikaansaamia kuormitusvähenemiä ja toimenpiteiden toteuttamisesta aiheutuvia kustannuksia eri peltoluokissa. Tietylle alueelle voidaan arvioida toimenpiteiden aikaansaama kuormitusvähenemä absoluuttisina määrinä sekä toimenpiteiden toteuttamisesta aiheutuneet kustannukset riippuen eri toimenpiteiden toteutumasta. Mallia voidaan soveltaa eri mittakaavassa, peltolohkoilla, tilakohtaiseen arviointiin ja valuma- ja suuralueilla. Mallia voidaan käyttää myös toimenpiteiden toteuttamiselle asetettavien kriteereiden määrittämiseksi.

### 5.1 Esimerkki laskennasta yhdessä peltoluokassa

Mallilla voidaan tarkastella eri toimenpiteiden kustannustehokkuutta. Seuraavassa on esitetty esimerkki laskennasta yhdessä peltoluokassa. Lähtötietoina annetaan alueelle perustettavien toimenpiteiden ominaisuudet (Taulukko 5). Tarkastellaan kosteikkoa, jonka pinta-ala 0,5 ha ja keski-syvyys 1,5 m. Kosteikon valuma-alueen koko on 40 ha ja peltoprosentti 80 %. Laskeutusaltaan koko on 0,1 ha ja keski-syvyys 1,5 m ja sen valuma-alueen koko on myös 40 ha ja peltoprosentti 80 %. Suojavyöhykkeen kaltevuus on 5 %, pellon pinta-ala 1 ha, pellon leveys on 50 m ja pituus 200 m. Säättösaloituksen aikaansaamaan vähenemään ei mallissa vaikuta muut ominaisuudet kuin pelloilta tuleva kuorma ja pellon pinta-ala, joka tässä tarkastelussa on 2 ha.

Taulukko 5. VIHTA-mallissa käytettävät syöttötiedot toimenpiteiden ominaisuuksista.

Kosteikon valuma-alue ha	Peltoisuus %	Kosteikon pinta-ala ha	Kosteikon syvyys m	Va/kost. pinta-ala %	Viipymä vrk
40	80 %	0,5	1,5	1,3 %	1,2

Laskeutusaltaan valuma-alue, ha	Peltoisuus %	Laskeutusaltaan pinta-ala, ha	Laskeutusaltaan syvyys, m	Tilavuus m <sup>3</sup>	Viipymä vrk
40	80 %	0,1	1,5	1500	0,2

Suojavyöhykkeen kaltevuus, %	Pellon pinta-ala ha	Pellon leveys m	Suojavyöhykkeen leveys, m	Pellon pituus m
5 %	1	50	15	200

Säättösaloitus	Pellon pinta-ala ha
	2

Valuma-alueen pellot kuuluvat peltoluokkaan 8. Peltoluokassa 8 P-luku on pieni, kaltevuus suuri, makrohuokosten esiintyminen on suurta, maalaji on keskikarkea, kasvillisuus on ei peittävä ja ojitus on huono. Kokonaisfosforin huuhtouma on VIHTA-mallissa arvioitu vuositasolla olevan  $1,8 \text{ kg ha}^{-1}$ . Partikkelifosforia huuhtoutuu arvioilta  $1,4 \text{ kg ha}^{-1}$  ja liukoista fosforia  $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Edellä mainituilla arvoilla saadaan kosteikolle kevään ylivalumaksi  $187 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja viipymäksi 1,2 vrk. Partikkelifosforin vähenemäprosentti kosteikossa on sama kuin kiintoaineen vähenemäprosentti. Peltoluokassa 8 kiintoainekuorma on  $1 445 \text{ kg ha}^{-1}$ , joka vastaa 32 ha peltoalalla  $46 240 \text{ kg}$ . Kun tähän vielä lisätään metsäalueelta tuleva kiintoainekuorma,  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , alueen kiintoainekuormaksi saadaan yhteensä  $47 040 \text{ kg}$ . Vuosikuorma jaetaan valuma-alueelta tulevalla vesimäärällä, joka on oletusarvo  $300 \text{ mm}$  kerrottuna 40 hehtaarella, jolloin saadaan kiintoainepitoisuudelle arvo  $392 \text{ mg l}^{-1}$ . Viipymän, kiintoainepitoisuuden ja maalajin perusteella kiintoaineen ja siis myös partikkelimaisen fosforin vähenemäprosentti on 53 %. Vastaavasti saadaan liukoisen fosforin vähenemäprosentiksi 9 %, lasketuna viipymän ja liukoisen fosforin pitoisuuden [ $93 \mu\text{g l}^{-1}$ ] perusteella. Partikkelifosforia huuhtoutuu tarkasteltavan valuma-alueen pelloilta  $46,3 \text{ kg}$  ja liukoista fosforia  $10,4 \text{ kg}$  eli yhteensä noin  $56,7 \text{ kg}$ . Tarkasteltavan kosteikon aikaansaama kokonaisfosforivähenemä on siten  $24,4 \text{ kg}$  partikkelifosforia ja  $1 \text{ kg}$  liukoista fosforia eli yhteensä  $25 \text{ kg}$ . Peltohehtaaria kohti vähenemäksi saadaan  $0,8 \text{ kg ha}^{-1}$ . Kosteikon vuosikustannus on  $0,5$  hehtaarin kosteikolla  $2 400 \text{ mk}$ . Kustannustehokkuudeksi saadaan jakamalla kustannukset,  $2 400 \text{ mk}$ , vähenemällä,  $25,4 \text{ kg}$ , eli  $94 \text{ mk kg}^{-1}$  kokonaisfosforia. Kun kannustuslisä on 20 %, saadaan yhteiskunnan kustannukseksi  $113 \text{ mk kg}^{-1}$ .

Vastaavasti voidaan laskea laskeutusaltaan vaikutus. Kevään ylivaluma on tällöin mallin mukaan  $187 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  ja viipymä  $0,2$  vuorokautta. Viipymän ja maalajin perusteella kiintoaineen ja siihen sitoutuneen fosforin vähenemä on 29 %. Kerromalla vähenemä pelloilta tulevalla partikkelimaisen fosforin määrällä, joka on  $46,3 \text{ kg}$ , saadaan vähenemäksi  $13,3 \text{ kg}$ . Kustannustehokkuudeksi saadaan jakamalla kustannukset,  $3 000 \text{ mk}$ , vähenemällä,  $13,3 \text{ kg}$ , eli  $226 \text{ mk kg}^{-1}$  kokonaisfosforia. Kun kannustuslisä on 20 %, saadaan yhteiskunnan kustannukseksi  $272 \text{ mk kg}^{-1}$ .

Suojavyöhyke, jonka kaltevuus on 5 %, pidättää mallissa 40 % pintavesien partikkelifosforia ja 10 % liukoista fosforia vuositasolla. Pidättymisestä johtuvaksi kokonaisfosforivähenemäksi saadaan  $0,4 \text{ kg}$ . Viljelyksestä poisjäämisestä johtuva vähenemä on mallin mukaan tässä tapauksessa puolitoistakertainen hehtaaria kohti kuin pelloilta tuleva kuorma eli  $2,6 \text{ kg ha}^{-1}$  kokonaisfosforia. Koska suojavyöhykkeen pinta-ala on  $0,075 \text{ ha}$  saadaan kuormitusvähenemäksi siten  $0,2 \text{ kg}$ . Kaiken kaikkiaan suojavyöhykkeen aikaansaama vähenemä vuosittain on  $0,64 \text{ kg}$  kokonaisfosforia. Suojavyöhykkeen kustannukset ovat  $107 \text{ mk}$  ( $0,075 \text{ ha}$  kerrottuna  $1 430 \text{ mk ha}^{-1}$ ) ja kustannustehokkuus on  $167 \text{ mk kg}^{-1}$ . Yhteiskunnan kustannukset ovat  $153 \text{ mk}$  ( $0,075 \text{ ha}$  kerrottuna  $2 040 \text{ mk ha}^{-1}$ ) ja kustannustehokkuus on  $239 \text{ mk kg}^{-1}$ .

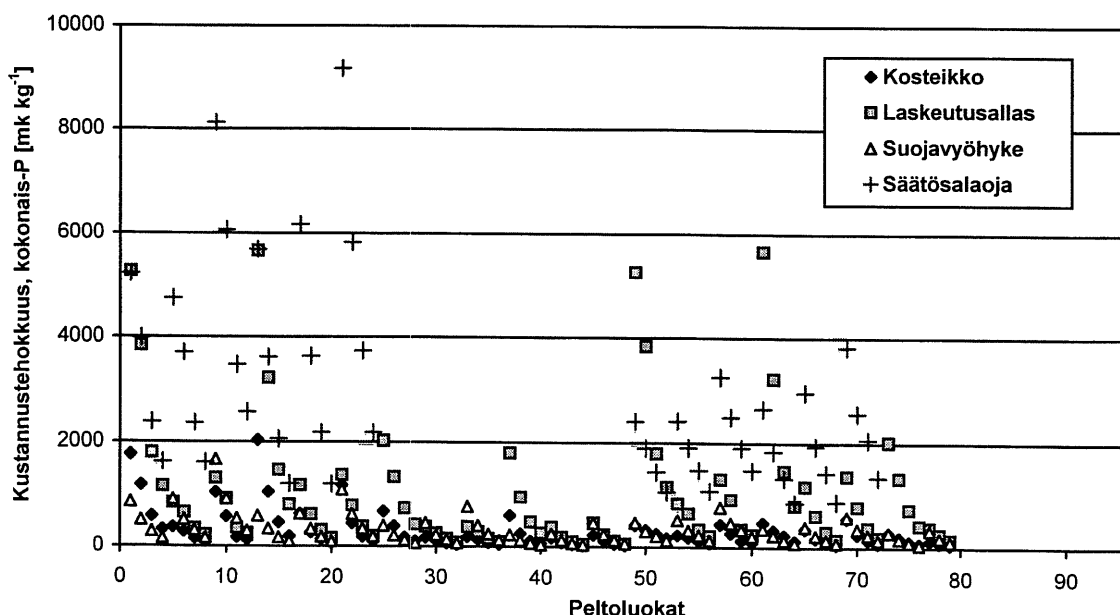
Säätösalaajituksen aikaansaama vähenemä kokonaisfosforin osalta on mallissa arvioitu olevan 15 %. Kun pellot kuuluvat peltoluokkaan 8, kuormitusvähenemä on  $0,2655 \text{ kg ha}^{-1}$ . Säätösalaajituksen kustannukset ovat  $430 \text{ mk/ha}$  vuodessa ja kustannustehokkuus siten  $1 620 \text{ mk kg}^{-1}$ . Yhteiskunnan kustannus on  $930 \text{ mk ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  kun sopimus on viisivuotinen ja kustannustehokkuus siten  $3 503 \text{ mk kg}^{-1}$ .

## 5.2 Kuormitusvähenemä ja kustannustehokkuus kaikissa peltoluokissa

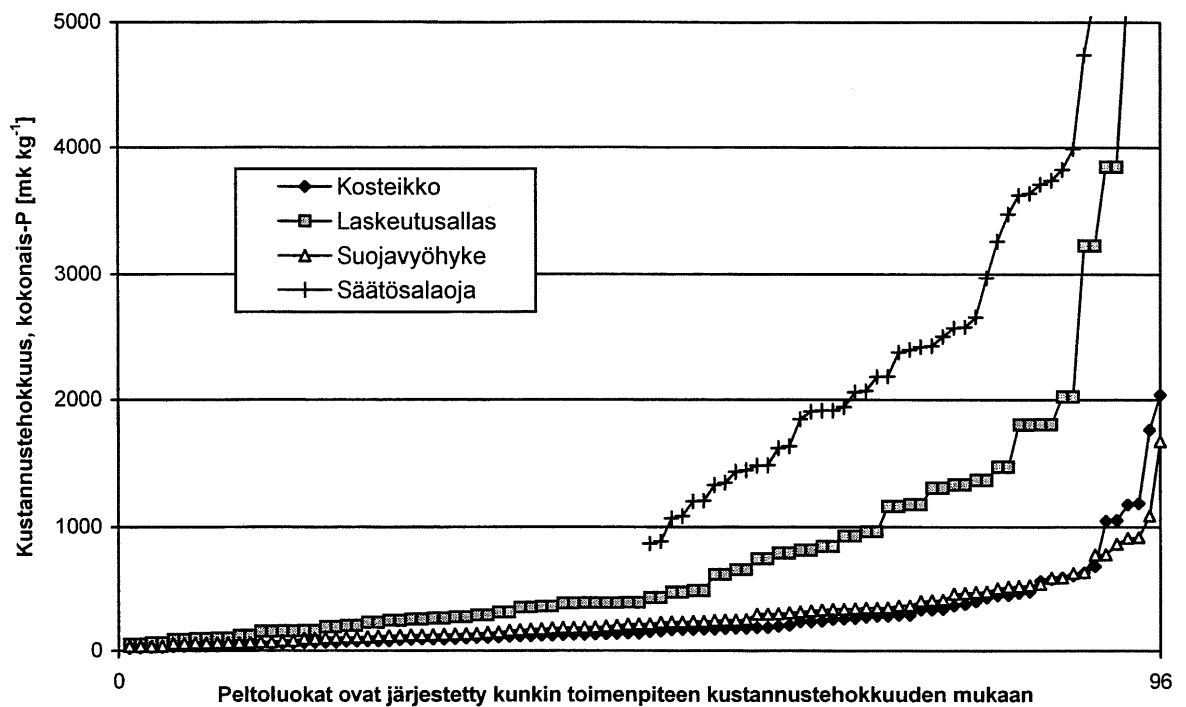
Kun edellä selitettyä laskentaa laajennetaan kaikkiin peltoluokkiin, voidaan vertailla toimenpiteiden tehokkuutta eri luokissa. Taulukossa 5 esitettyjen arvojen perusteella lasketut toimenpiteiden aiheuttamat kuormitusvähenemät ja kustannukset on esitetty liitteessä 5 (5a: vähenemä peltohehtaaria kohti, 5b: absoluuttinen kuormitusvähenemä, 5c: vähenemien todelliset kustannukset). Taulukkoon 6 on poimittu peltoluokan 15 kiintoaineksen ja ravinteiden vähenemät eri toimenpiteiden osalta. Koska kosteikkojen ja laskeutusaltaiden vaikutus kohdistuu suurelta alueelta tulevaan kuormaan, absoluuttinen vähenemä on näin ollen suuri. Kuvassa 12 esitetään eri toimenpiteiden kustannustehokkuus peltoluokittain. Kuvassa 13 kunkin toimenpiteen kustannustehokkuus on järjestetty suuruusluokittain. Havaitaan, että kosteikko, suojavyyöhyke ja laskeutusallas ovat kustannustehokkaita verrattuna säätösalojitukseen. Säätösalojitus ei sovellu huonosti vettä johtaville savimaille eikä kalteville pelloille.

Taulukko 6. Kiintoaineiden ja ravinteiden absoluuttiset vähenemät eri toimenpiteiden osalta peltoluokassa 15.

Toimenpide [kg]	Kosteikko	Laskeutusallas	Suojavyöhyke	Säätösalojitus	Yhteensä
Kiintoaine	4 346	2 032	561	332	7 271
Partikkelifosfori	4,3	2,0	0,6	0,3	7
Liukoinen fosfori	0,8	0,0	0,1	0,1	1
Kokonaisfosfori	5,2	2,0	0,6	0,4	8
Partikkelityppi	14	7	2	1	24
Liukoinen typpi	46	0	1,9	3,9	52
Kokonaistyyppi	60	7	4	5	76



Kuva 12. Eri toimenpiteiden kustannukset kokonaisfosforin vähenemää kohti eri peltoluokissa.



Kuva 13. Eri toimenpiteiden kustannukset kokonaisfosforin vähenemää kohti eri peltoluokissa. Luokat ovat järjestetty kunkin toimenpiteen kustannustehokkuuden mukaan.

### 5.3 Eri tekijöiden merkittävydestä

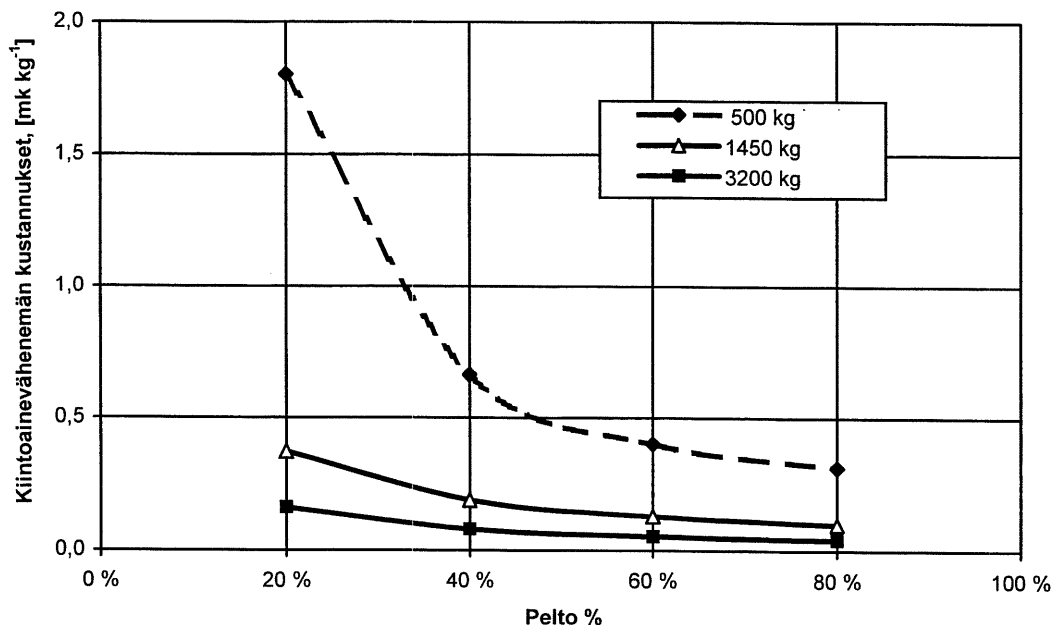
Mallilla voidaan tarkastella myös erilaisten kosteikkojen, laskeutusaltaiden, suo-  
javyöhykkeiden ja säättösalaojitusten vaikutusta eri peltoluokissa. Eri toimenpi-  
teiden aikaansaama kuormitusvähenemä eri peltoluokissa on riippuvainen sekä  
peltoluokan että toimenpiteen ominaisuuksista. Vertaamalla kuormitusvähenemää  
eri tilanteissa, saadaan selville eri muuttujien merkittävyys eli vähenemän herk-  
kyys tietylle muuttujalle.

Kosteikon aikaansaama kuormitusvähenemä riippuu myös alueen peltopin-  
ta-alasta (lähtötiedot, kts. taulukko 5). Kun peltoprosentti kasvaa, ylivaluma kas-  
vaa ja viipymä pienenee, jolloin kosteikon reduktioprosentti pienenee. Absoluut-  
tiset kuormitusvähenemät kuitenkin kasvavat peltoisuuden ja tulevan kuorman  
lisääntyessä. Kuvassa 14 on esitetty kiintoainevähenemän kustannukset eri kuor-  
mitustilanteissa peltoisuuden suhteen. Huolimatta siitä, että peltoisuus on pieni,  
kustannukset jäävät pieniksi suurilla kuormilla. Pienillä kuormilla peltoisuuden  
ollessa pienempi kuin 40 % kustannukset kasvavat voimakkaasti.

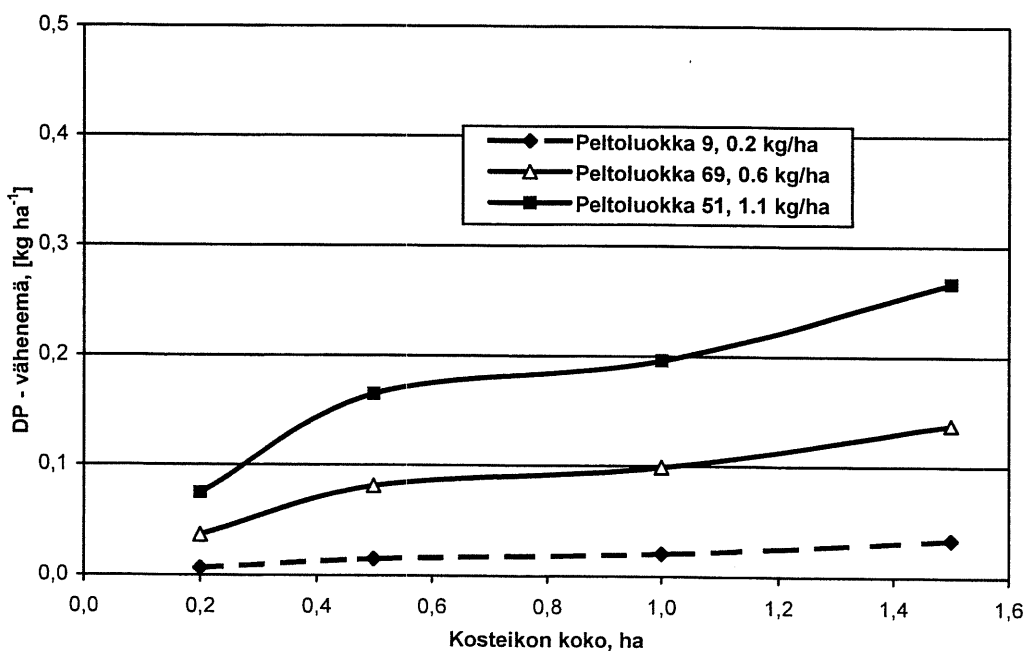
Kosteikon pinta-alalla on myös todettu olevan vaikutusta kuormitusvähene-  
mään. Seuraavassa oletetaan, että kosteikon pinta-ala vaihtelee, mutta valuma-  
alueen koko on vakio, 40 ha (lähtötiedot, kts. taulukko 5). Kosteikon pinta-ala ja  
keskisyvyys vaikuttavat kosteikon tilavuuteen ja sitä kautta viipymään ja edel-  
leen vähenemään. Kosteikon koon vaikutus liukoiseen fosforiin eri kuormilla on  
esitetty kuvassa 15. Kun kosteikon koko kasvaa (ja siten myös kosteikon ja valu-  
ma-alueen pinta-alan suhde), vähenemä ei oleellisesti kasva. Tässäkin tapauksessa  
pellolta tulevan kuorman merkitys on ratkaisevaa.



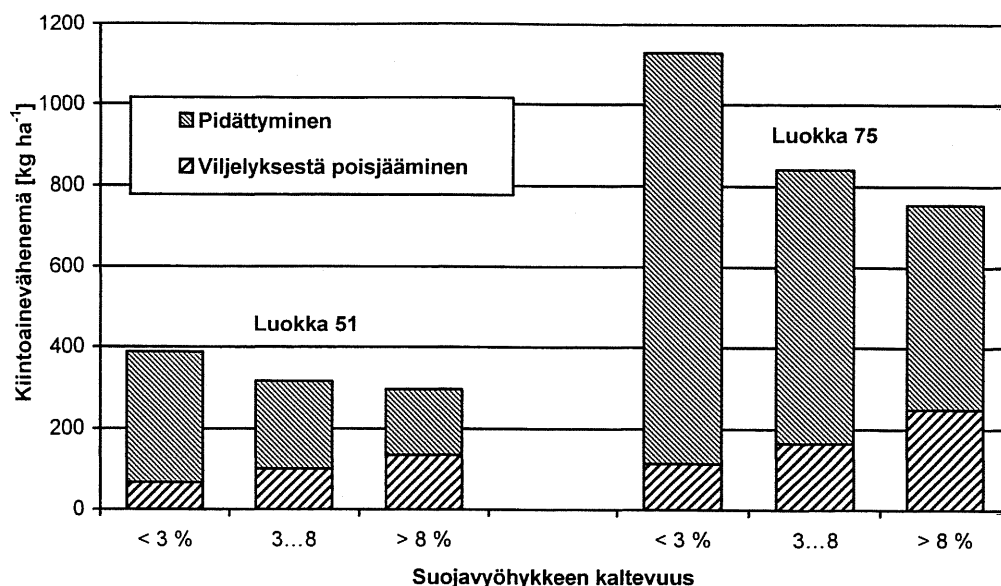
Suojavyöhykkeen kaltevuus, pellon pinta-ala ja muoto sekä muut pellon ominaisuudet vaikuttavat kuormitusvähenemään (Taulukko 5). Kuvassa 16 on esitetty suojavyöhykkeen kaltevuuden vaikutus kuormitusvähenemään, joka johtuu toisaalta pidättäytymisestä ja toisaalta viljelyksestä poisjäämisestä. Molemmilla peltoluokissa pidättymisen osuus on suuri, koska pellon pituus on 200 m. Kiintoainevähenemä viljelyksestä poisjäämisen vaikutuksesta kasvaa molemmilla luokilla suojavyöhykkeen kaltevuuden kasvaessa, ja vastaavasti pidättyminen pienenee.



Kuva 14. Kiintoainevähenemän kustannukset kosteikossa eri kuormitusolosuhteissa peltoisuudesta riippuen.



Kuva 15. Liukoisen fosforin vähenemän riippuvuus kosteikon koosta.



Kuva 16. Suojavyöhykkeen kaltevuuden vaikutus kiintoainevähennemään peltoluokissa 51 ja 75.

## 5.4 Sovellus tietylle alueelle

Tietyn alueen peltojen ominaisuuksien perusteella saadaan arvio alueelta tulevalle huuhtoutumalle. Arvio on epätarkka, koska mallissa on muuttujia vain 6 ja ne eivät todellisuudessa ole ainoita huuhtoutuman suuruuteen vaikuttavia tekijöitä. Tämän takia mallissa kukin muuttuja saa vain kaksi (maalaji kolme) arvoa, mikä myös helpottaa tietyn alueen syöttötietojen esillesaattamisen. Mallissa huuhtoutumat arvioidaan vuositasolla valuntaolosuhteiltaan keskimääräiselle vuodelle. Jos halutaan tarkastella keskimääräistä kuivempaa tai märempää vuotta vuosivälunnon oletusarvoa 300 mm voidaan muuttaa, jolloin huuhtoutumat muuttuvat, mutta laskennassa ei sinänsä huomioida vuoden sisällä tapahtuvia muutoksia.

Kun halutaan arvioida tietyn alueen peltojen valumavesien aiheuttamaa kuorimitusta, tarvitaan tietoa alueen peltojen jakaantumisesta eri peltoluokkiin. Syöttötietoina annetaan alueen peltojen kokonaispinta-ala ja pelloilta tulevaan kuorimitukseen vaikuttavat muuttujat (Kts. Taulukko 1) (Taulukko 7). Oletetaan, että muuttujat ovat riippumattomia toisistaan, jolloin peltopinta-alan jakautuminen eri luokkiin saadaan kertomalla jakaumat keskenään ja edelleen kertomalla se kokonaispeltoalalla (Taulukko 8). Kertomalla eri luokkiin kuuluvat peltopinta-alat ja vastaavat yksikkökuormat keskenään ja laskemalla ne yhteen, saadaan arvio alueen aiheuttamasta kokonaiskuorimituksesta.

Taulukko 7. Suuralueiden syöttötiedot. Alueen pinta-ala sekä peltojen jakaantuminen (%) kunkin ominaisuuden mukaan.

Alue	Pinta-ala [ha]	P-luku		Kaltevuus		Maalaji			Peittävyys		Ojitus	
		pieni	suuri	pieni	suuri	lk1	lk2	lk3	hyvä	huono	hyvä	huono
Etelä-Suomi	998 800	83	17	83	17	61	34	5	35	65	56	44
Järvi-Suomi	350 700	85	15	65	35	20	62	18	58	42	64	36
Pohjanmaa	465 200	85	15	97	3	14	79	7	37	63	46	54
Pohjois-Suomi	152 000	83	17	88	12	10	73	17	67	33	62	38
Koko maa	1 966 700	84	16	83	17	38	53	9	42	58	56	44

Taulukko 8. Alueen peltojen jakutuminen eri peltoluokkiin.

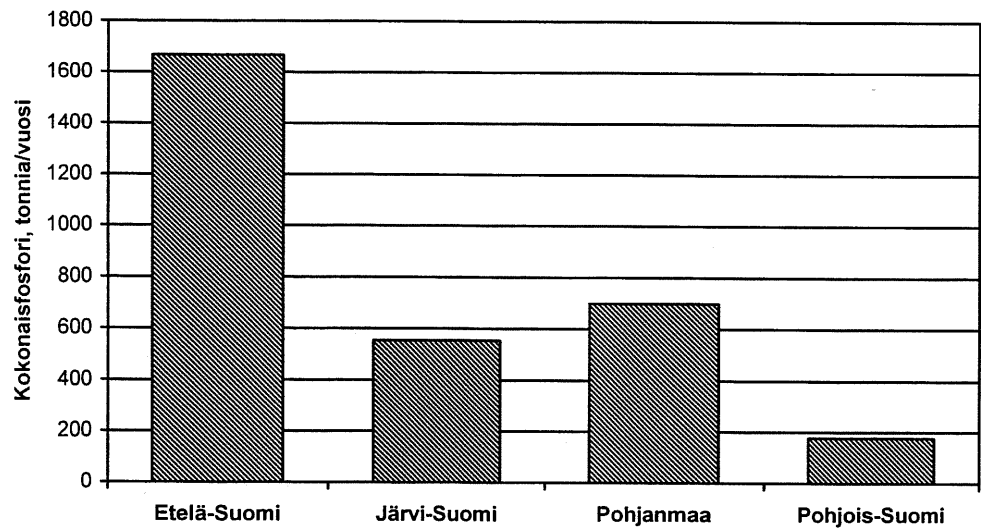
Lk	P-Luku	Kaltevuus	Makrohuok.	Maalaji	Kasvillisuus	Ojitus	Kerroin	Pinta-ala [ha]
1	0,84	0,83	0,41	0,38	0,42	0,56	0,02610	51 323
2	0,84	0,83	0,41	0,38	0,42	0,44	0,02050	40 325
3	0,84	0,83	0,41	0,38	0,58	0,56	0,03604	70 874
4	0,84	0,83	0,41	0,38	0,58	0,44	0,02831	55 687
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
93	0,16	0,17	0,59	0,09	0,42	0,56	0,00034	669
94	0,16	0,17	0,59	0,09	0,42	0,44	0,00027	526
95	0,16	0,17	0,59	0,09	0,58	0,56	0,00047	924
96	0,16	0,17	0,59	0,09	0,58	0,44	0,00037	726
							1	1 966 700

Esimerkkinä on tarkasteltu koko Suomen sekä neljän suuralueen (Etelä-Suomi, Järvi-Suomi, Pohjanmaa ja Pohjois-Suomi) pelloilta tulevien valumavesien kuormaa nykytilassa. Lähtötiedot on koottu KUTI-tutkimuksesta (Puustinen et al., 1994) ja Maatilatilastollisesta vuosikirjasta (MMM, 1999a). Taulukossa 7 on esitetty laskentaan tarvittavat syöttötiedot suuralueittain. VIHTA-mallin avulla lasketut kuormitusluvut koko Suomelle ovat: partikkelifosforia 2 382 t a<sup>-1</sup>, liukoista fosforia 804 t a<sup>-1</sup>, partikkelityyppä 8 071 t a<sup>-1</sup> ja liukoista tyyppä 27 142 t a<sup>-1</sup> sekä kiintoaineta 2 381 666 t a<sup>-1</sup>. Kokonaisfosforin kuorma suuralueittain on esitetty kuvassa 17. Koska peltomäärä on suuri Etelä-Suomessa, kokonaisfosforikuorma on myös suuri. Suhteutettuna peltopinta-alaan, erot Etelä-Suomen, Pohjanmaan ja Järvi-Suomen ovat vähäisiä. Pohjois-Suomen pienempi kuorma johtuu todennäköisesti siitä, että peittävyys nurmiviljelyn suuren osuuden takia on hyvä (Kuva 18).

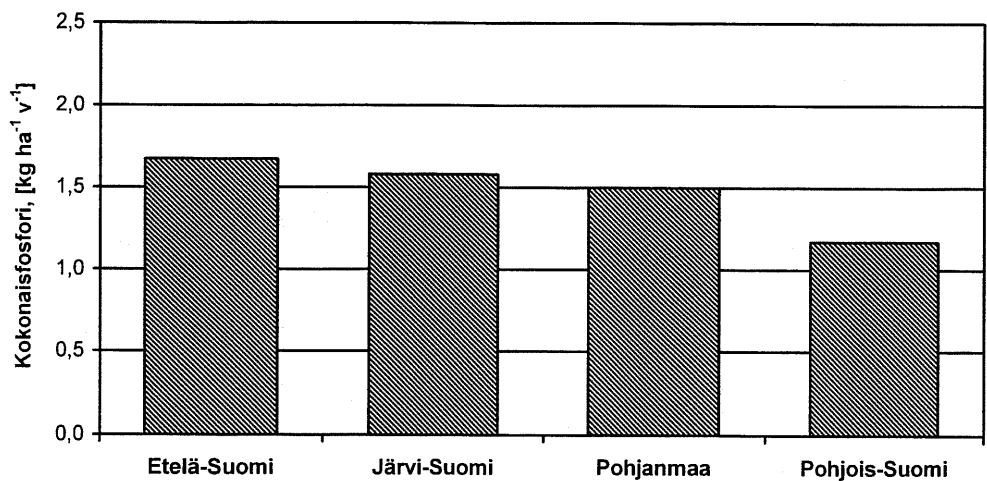
Mallilla voidaan myös analysoida kuormitusvähenemä ja kustannuksia eri toimenpidetoteutuksilla. Tarkastellaan tilannetta, kun 5 % koko Suomen peltoalueesta saadaan kunkin toimenpiteen piiriin. Ensimmäisessä tapauksessa pellot valitaan tasaisesti jokaisesta peltoluokasta. Kertomalla eri luokkiin kuuluvat peltopinta-alat ja vastaavat kuormitusvähenemät keskenään ja laskemalla ne yhteen saadaan arvio eri toimenpiteiden aiheuttamasta kuormitusvähenemästä (Taulukko 9). Vastaavasti lasketaan yhteen toimenpiteiden aiheuttamat kustannukset. Kun nämä esitetään kustannustehokkuuden mukaan peltoluokittain, voidaan arvioida tiettyyn vähenemään tarvittava rahamäärä. Kun toimenpide toteutetaan paikassa, missä saadaan maksimaalinen hyöty, voidaan sama vähenemä saada aikaiseksi pienemmällä toteutumalla. Kuvassa 19 on esitetty suojavyöhykkeiden aikaansaama kokonaistyyppivähenemä ja kustannus. Havaitaan, että 350 t v<sup>-1</sup> vähenemä ilman valintaa maksaa noin 10,5 Mmk a<sup>-1</sup> kun sama vähenemä tulee maksamaan 3,5 Mmk a<sup>-1</sup>, jos toimenpiteet sijoitetaan optimaalisiin paikkoihin.

Taulukko 9. Eri toimenpiteiden aikaansaamat kuormitusvähenemät (tonnia vuosi<sup>-1</sup>), jos 5 % Suomen peltoalasta olisi kunkin toimenpiteen vaikutuksen piirissä ja toimenpiteiden ominaisuudet olisi taulukossa 5 esitetyt.

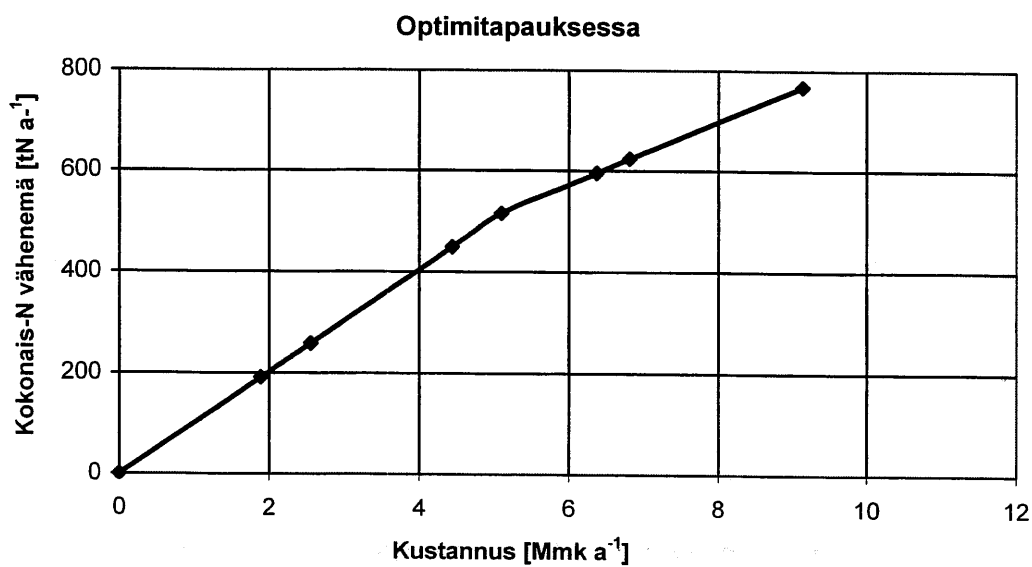
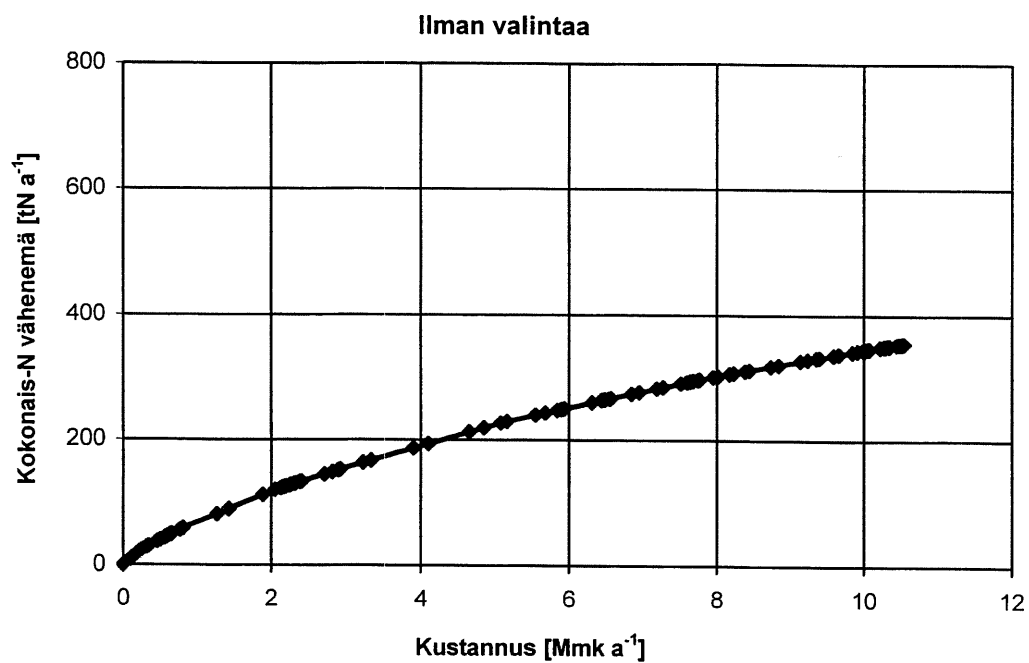
	Kosteikko	Laskeutsallas	Suojavyöhyke	Säättösalaajitus	Yhteensä
Kiintoaine	46 260	24 249	53 353	11 318	135 180
Partikkelifosfori	46	24	53	11	135
Liukoinen fosfori	5		7	5	17
Kokonaifosfori	51	24	61	16	152
Partikkelityppi	157	82	177	39	455
Liukoinen typpi	152		177	170	500
Kokonaistyppi	309	82	354	209	955



Kuva 17. Kokonaifosforin kuormitus suuralueittain [t a<sup>-1</sup>].



Kuva 18. Kokonaifosforin kuormitus suuralueittain [t ha<sup>-1</sup>].



Kuva 19. Suojavyöhykkeen aikaansaama kokonaistypen vähenemä ja kustannukset (a) ilman toimenpiteen sijoittamisen valintaa (b) optimitapauksessa.

# 6

## Johtopäätökset ja keskustelua

VIHTA-malli yhdistää maatalouden ympäristökuormituksen nykytilan, kuormitusta vähentävien toimenpiteiden vaikutukset ja kustannukset sekä vesiensuojelun tavoitettiin liittyvän painotuksen. Näiden perusteella malli vertailee eri vaihtoehtoja ja priorisoi ne kustannustehokkuuden mukaan. Oleellista on kohdentaa toimenpiteet paikkoihin, joissa pelloilta tuleva kuormitus on merkittävää. Käytännössä kaikkia toimenpiteitä ei kuitenkaan voi soveltaa samalle paikalle, joten ne eivät varsinaisesti kilpaile keskenään.

Erityisesti on muistettava, että tarkasteltavan valuma-alueen kuormitusongelmia ei voida useimmissa tapauksissa ratkaista yhdellä menetelmällä. Alueen ominaisuuksista riippuen siellä on mahdollista toteuttaa useita vaihtoehtoisia ratkaisuja. VIHTA-mallin perusteella valitaan kustannustehokkain vaihtoehto ja kun sitä ei enää voida toteuttaa enempää valitaan seuraavaksi kustannustehokkain menetelmä. Kuormituksen tavoitetaso mukaan prosessia jatketaan tarpeellisessa määrin. Valuma-alueen ominaisuuksista johtuen käytännössä eteen saattaa tulla tilanne, jossa toimenpidealueella voidaan toteuttaa ainoastaan kustannustehokkuudeltaan 'kallista' menetelmää. Tämän ei kuitenkaan pidä olla toimenpiteiden esteenä, mikäli alueella halutaan kuormitusta vähennettäväksi.

Nyt VIHTA-malliin asetettujen oletusten ja lähtötietojen perusteella hyvin toimiva kosteikko on kustannustehokkuudeltaan parempi kuin laskeutusallas, suojavyöhyke tai säätösalaojitus. Se pidättää sekä kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita että ravinteiden liukoisia muotoja. Sopivia paikkoja kosteikkojen perustamiselle on kuitenkin niukasti. Laskeutusaltaiden rakentaminen on puolestaan perusteltua paikkaan, missä valumavesien mukana tuleva kiintoaine on melko karkeata. Suojavyöhykkeen aikaansaama kuormitusvähennys koostuu kahdesta tekijästä. Yläpuoliselta pellolta tulevat ravinteet ja kiintoaine pidättyvät suojavyöhykkeen vaikutuksesta ja lisäksi viljelyksestä poisjääminen vähentää kuormitusta. Kun suojavyöhyke perustetaan jyrkkään kohtaan, joka tällöin poistuu viljelyksestä, vähentää vyöhyke tältä osin kuormitusta sekä pinta- että salaojavälun osalta, mutta se ei sinänsä kovinkaan tehokkaasti pidätä siihen tulevia ravinteita. Säätösalaojitus ei ole vesiensuojelunäkökulmasta yhtä tehokas kuormituksen vähentäjä kuin kosteikko tai suojavyöhyke eikä sitä myöskään voida toteuttaa kuin osalle pelloista. Yleensä tällaisilta pelloilta tuleva pintavalunta ja sen mukana kulkeutuva kiintoaine ja siihen sitoutuneiden ravinteiden määrä on vähäistä. Käytännössä maanviljelijöiden halukkuus toteuttaa säätösalaojitusta on ollut suurempi kuin kosteikoiden tai suojavyöhykkeiden perustaminen, koska säätösalaojitus lisää kuivahkona vuonna satoa.

Toimenpiteiden aikaansaaman kuormitusvähennämisen ja kustannustehokkuuden perusteella ympäristötuen erityistuki tuntuu olevan liian pieni kosteikkojen osalta. Säätösalaojituksen tukemista pitää tehdä harkiten, koska sen kustannustehokkuus osoittautui monessa peltoluokassa huonoksi. On kuitenkin muistettava, että tämä johtopäätös perustuu epävarmaan arvioon säätösalaojituksen kuormitusvähennästä ja suosituksen täytäntöönpano vaatii vielä lisäselvityksiä. Toisaalta säätösalaojituksen kaltevuuskriteeri (alle 2 %) saattaa olla leimallista koko

valuma-alueelle, jolloin muiden mahdollisten keinojen toteuttaminen saattaa olla rajoitettua. Säätosalaajituksella voidaan myös vähentää happamuutta alueilla, joissa sitä esiintyy.

Maatalouden ympäristökuormituksen nykytila perustuu mallissa nykyiseen tietämykseen kuormituksen suuruudesta eri peltoluokissa. Asiantuntijoiden näkemykset kiintoaine ja ravinteiden kuormasta voivat suurestikin poiketa toisistaan, koska vain murto-osalla peltoluokista on saatavilla mittaustietoa. Mallin epävarmuuden vähentämiseksi nykytilatietoa tulisikin säännöllisesti päivittää. Vaihtoehtoisten toimenpiteiden vaikutus- ja kustannustietojen päivitys ja pitkäaikaisen vaikutusten tutkiminen edesauttaisivat myöskin mallin luotettavuutta. Nyt mukanaolevien toimenpiteiden valikoimaa voitaisiin laajentaa tarkastelemalla myös muita ympäristötuen piiriin kuuluvia toimenpiteitä. Toimenpiteiden vaikutuksia muun muassa vesistöjen happamuuteen ja luonnon monimuotoisuuteen pitäisi sisällyttää malliin. VIHTA-mallin toimenpidevalikoimaa tulisi laajentaa myös viljelykäytäntöjen suuntaan. Tämän lisäksi kustannuspuolella tulisi tarkastella viljelijän yksityistaloudellisia kustannuksia ja yhteiskunnallisia kustannuksia erikseen. Tällä kehittelyllä VIHTA-mallista on mahdollista tehdä suunnittelijoille työkalu, jolla voidaan arvioida tarkoin, mihin saakka toimenpiteitä kannatta toteuttaa päästääkseen haluttuun lopputulokseen. Toisaalta taas kun vesiensuojelussa on edetty pidemmälle yhteiskunnan varojen tehokas käyttö edellyttäisi vaihtoehtoisten tai taloudellisesti edullisimpien toimenpide-alueiden löytämistä.

Web-ympäristössä toimiva sovellus, jossa mallia käytetään selaimen avulla, helpottaisi mallin käyttöä ja päivittämistä. Mallin käyttökelpoisuutta ja kehittämistarpeita selvitetään parhaiten testaamalla ja käyttämällä mallia todellisessa käytännön ohjaus- ja neuvontatyössä suunniteltaessa aluetason maatalouden ympäristön kuormitusta vähentäviä toimenpiteitä.

# Kirjallisuus

- Ahtiainen, M. & Huttunen, P., 1999. Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environ. Res.*, 4(2), 101-114.
- Braskerud, B.C., 1995. Fangdammer som tiltak mot landbruksforurensninger III: Tilbakeholdelse av jord, fosfor og nitrogen i fangdammer. Jordforsk rapport 9/95. Landbruksdepartement, Norges forskningsråd, Norge, 52p.
- Brown, M.J., Bondurant, J.A. & Brockway, C.E., 1981. Ponding surface drainage water for sediment and phosphorus removal. *Transactions of ASAE* 25(6): 1478-1481.
- Evans, O., Skaggs, W. & Gilliam J.W., 1995. Controlled versus Conventional Drainage Effects on Water Quality. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* /July/August, 271-276.
- Hirvonen, A., Helminen, H., Salonen, V-P., 1996 Laskeutusallas pelto-ojien fosfori- ja kiintoainekuormituksen vähentäjänä - tutkimustulokset Köyliöstä. *Vesitalous* No 3.
- Hyvärinen, V. & Puupponen, M., 1986. Valunta kirjassa Sovellettu Hydrologia (toim. Seppo Mustonen), *Vesiyhdistys ry.*, 152-225.
- Häikiö, M., Laitinen J., 1996. Laskeutusaltaan toimivuus maatalouden peruskuivatuksen yhteydessä. Pohjois-Savon ympäristökeskus, Moniste 1.
- Häikiö, M., Laitinen J., Laakso E. & Lehtinen A., 1998. Lakeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa. Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 233.
- Joensuu, S., 1994. Laskeutusaltaiden täyttyminen ja täyttymisnopeuteen vaikuttavat tekijät metsäojitusalueilla. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos, Helsinki.
- Joukainen, S., 1998. Happamien sulfaattimaiden valumavesien hallinta, Life-Hapsu2. Monisteessa Happamien sulfaattimaiden ympäristöongelmat (toim. S. Joukainen). Suomen ympäristökeskuksen moniste 142, 22-24.
- Koskiaho, J. & Puustinen M. 1998. Viljelyalueiden valumavesien käsittely kosteikoissa. *Vesitalous* 2/1998.
- Knisel, W.G. & Turtola, E., 1999. Gleams model application on a heavy clay soil in Finland. *Agric. Water Manage.*, 43, 285-309.
- Lepistö, A., Seuna, P., Saukkonen, S. & Kortelainen, P., 1995. Hakkuun vaikutus hydrologiaan ja ravinteiden huuhtoutumiseen rehevältä metsävaluma-alueelta etelä-Suomessa. Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. S. a. K. Saukkonen, K. Helsinki. Suomen ympäristökeskus: 73-84.
- Lindkvist, H., Å. Håkanson, 1993. Kväve-fosfor och partikelfångande egenskaper hos en haländsk damm under ett vårflöde. Seminarier och examensarbeten 21. Swedish University of Agricultural Sciences, Division of Water Management, Uppsala, 21s.
- MMM, 1999a. Maatilatilastollinen vuosikirja 1999. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, 262s.
- MMM, 1999b. Horisontaalinen maaseudun kehittämissuunnitelma. Moniste, Maa- ja metsätalousministeriö, 15.9.1999, 167 s.
- MMM, 2000a. Maatalouden ympäristötuen erityistuet. Valumavesien käsittely. Kosteikot ja laskeutusaltat. Maa- ja metsätalousministeriö.
- MMM, 2000b. Maatalouden ympäristötuen erityistuet. Suojavyöhykkeiden perustaminen ja hoito. Maa- ja metsätalousministeriö.
- MMM, 2000c. Maatalouden ympäristötuen erityistuet v. 2000-2006. Valumavesien käsittely. Säättösalaajitus, Säättökastelu, Valumavesien kierrätys. Maa- ja metsätalousministeriö.
- Paasonen-Kivekäs, M., 1998. Pellon vesitalouden säädön vaikutus typen huuhtoutumiseen. Salaajituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote N:o 23, 6-32.
- Paasonen-Kivekäs, M. & Karvonen T., 2000. Typen huuhtoutuminen Lapuan koealueella. Salaajituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote, N:o 24: Peltoviljelyn ravinnehuuhtoutumien vähentäminen pellon vesitaloutta säättämällä, 27-52.
- Pitkänen, H., 1994. Eutrophication of the Finnish coastal waters: Origin, fate and effects of riverine nutrient fluxes. Publications of the Water and Environment Research Institute. National Board of Waters and Environment, Finland. No. 18.



- Puustinen, M., 1994. Effect of soil tillage on erosion and nutrient transport in plough layer runoff. Publications of the Water and Environment Research Institute, 17, 71-90.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P., 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 198: 1-323.
- Puustinen, M., 1995. Peltojen ominaisuudet ja vesiensuojelutavoitteet. Vesitalous 5/1995, 17-28.
- Puustinen, M. 1999. Viljelymenetelmien vaikutus pintaeroosioon ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Suomen ympäristö 285. Suomen ympäristökeskus
- Puustinen, M., Koskiahho, J., Puumala, M., Riihimäki, J., Rätty, M., Jormola, J., Gran, V., Ekholm, P. & Maijala T., 2000. Vesiensuojelukosteikat viljelyalueiden valumavesien hallinnassa. Suomen ympäristökeskuksen moniste, 178, 67s.
- Puustinen, M. 2001. Mangement of the Runoff Water from Arable Land. Final Report of the EU/LIFE Project. Manuscript.
- Pykälä, J. 2000: Perinteinen karjatalous luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä. - Suomen ympäristö, painossa.
- Rankinen, K., Tattari, S. & Rekolainen, S., 2000. Modelling of vegetative filter strips in erosion control in catchment scale. Submitted to Journal of Environmental Quality.
- Rekolainen, S., Pitkänen, H., Bleeker, A. & Sieste, F. 1995. Nitrogen and Phosphorus Fluxes from Finnish Agricultural Areas to the Baltic, Sea. Nordic Hydrology, 26, 1995: 55-72.
- Skaggs, R.W., Brevé, M.A., & Gilliam, J.W., 1994. Hydrologic and Water Quality Impacts of Agricultural Drainage. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 24(1), 1-32.
- Soininen, J., 1974. Scient. agric. soc. fin, 46. Supplement.
- Taponen, T., 1995. Laskeutusaltat maatalouden vesiensuojelussa: I osa: Teoriaselvitys, II osa: Laskeutusaltaiden vedenlaadun seuranta Helsingin vesi- ja ympäristöpiirissä vuosina 1993 ja 1994. Uudenmaan ympäristökeskuksen julkaisuja No 3, Helsinki.
- Tattari, S. & Bärlund, I., 2000. Sensitivity analysis in sediment yield modelling. The Role of Erosion and Sediment Transport in Nutrient and Contaminant Transfer. IAHS Publ. no. 263, 29-35.
- Tattari, S., Bärlund, I., Rekolainen, S., Posch, M., Siimes, K., Tuhkanen, H-R. & Yli-Halla, M. (in prep.). Modelling field-scale sediment yield and phosphorus transport in Finnish clay soils. Submitted to Trans. ASAE.
- Tiihonen, J., 1994: Laskeutusallas maatalouden aiheuttaman hajakuormituksen vähentäjänä Köyliön Kaukanaranojassa. Pro gradu-tutkielma, Geologian laitos, Turun yliopisto.
- Turtola, E. & Jaakkola, A., 1995. Loss of phosphorus by surface runoff and leaching from a heavy clay soil under barley and grass ley in Finland. Acta Agric. Scand. B 45, 159-165.
- Turtola, E. & Paajanen A., 1995. Influence of improved subsurface drainage on phosphorus losses and nitrogen leaching from a heavy clay soil. Agric. Water Manage., 28, 295-310.
- Uusi-Kämpä, J., Turtola, E., Hartikainen, H. & Ylärinta, T., 1996. The Interactions of Buffer Zones and Phosphorus Runoff. Quest Environmental. Buffer Zones: Their Processes and Potential in Water Protection (eds. N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding and G. Pinay), 43-53.
- Uusi-Kämpä, J., Braskerud, B., Jansson, H., Syversen, N. & Uusitalo, R., 2000. Buffer Zones and Constructed Wetlands as Filters for Agricultural Phosphorus. Journal of Environmental Quality, Vol. 29, No. 1, 151-158.
- Valpasvuo- Jaatinen, P., S. Rekolainen, and H. Latostenmaa. 1997. Finnish agriculture and its sustainability: Environmental impacts. Ambio 26:448-455.
- Vesihallitus, 1986. Maankuivatuksen suunnittelu, I osa. Vesihallitus, Tiedotus 278, Helsinki, 241 s.
- Vuorinen, J. & Mäkitie, O., 1955. The method of soil testing in use in Finland. Agrogeological Publications, 63, 1-44.

**Liite 1. Peltoluokkien (1-96) ominaisuudet.**

Luokka	P-luku	Valunta	Kaltevuus	Makrohuokoinen	Maalaji	Kasvillisuus	Ojitus
1	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	peittävä	hyvä
2	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	peittävä	huono
3	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	ei peittävä	hyvä
4	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	ei peittävä	huono
5	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	peittävä	hyvä
6	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	peittävä	huono
7	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	ei peittävä	hyvä
8	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	ei peittävä	huono
9	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	peittävä	hyvä
10	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	peittävä	huono
11	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	ei peittävä	hyvä
12	pieni	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	ei peittävä	huono
13	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	peittävä	hyvä
14	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	peittävä	huono
15	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	ei peittävä	hyvä
16	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	ei peittävä	huono
17	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	peittävä	hyvä
18	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	peittävä	huono
19	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	ei peittävä	hyvä
20	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	ei peittävä	huono
21	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	peittävä	hyvä
22	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	peittävä	huono
23	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	ei peittävä	hyvä
24	pieni	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	ei peittävä	huono
25	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	peittävä	hyvä
26	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	peittävä	huono
27	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	ei peittävä	hyvä
28	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	ei peittävä	huono
29	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	peittävä	hyvä
30	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	peittävä	huono
31	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	ei peittävä	hyvä
32	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	ei peittävä	huono
33	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	peittävä	hyvä
34	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	peittävä	huono
35	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	ei peittävä	hyvä
36	pieni	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	ei peittävä	huono
37	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	peittävä	hyvä
38	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	peittävä	huono
39	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	ei peittävä	hyvä
40	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	ei peittävä	huono
41	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	peittävä	hyvä
42	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	peittävä	huono
43	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	ei peittävä	hyvä
44	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	ei peittävä	huono
45	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	peittävä	hyvä
46	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	peittävä	huono
47	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	ei peittävä	hyvä
48	pieni	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	ei peittävä	huono

Luokka	P-luku	Valunta	Kaltevuus	Makrohuokoinen	Maalaji	Kasvillisuus	Ojitus
49	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	peittävä	hyvä
50	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	peittävä	huono
51	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	ei peittävä	hyvä
52	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka1	ei peittävä	huono
53	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	peittävä	hyvä
54	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	peittävä	huono
55	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	ei peittävä	hyvä
56	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka2	ei peittävä	huono
57	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	peittävä	hyvä
58	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	peittävä	huono
59	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	ei peittävä	hyvä
60	suuri	keskisuuri	pieni	suuri	luokka3	ei peittävä	huono
61	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	peittävä	hyvä
62	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	peittävä	huono
63	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	ei peittävä	hyvä
64	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka1	ei peittävä	huono
65	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	peittävä	hyvä
66	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	peittävä	huono
67	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	ei peittävä	hyvä
68	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka2	ei peittävä	huono
69	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	peittävä	hyvä
70	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	peittävä	huono
71	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	ei peittävä	hyvä
72	suuri	keskisuuri	pieni	pieni	luokka3	ei peittävä	huono
73	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	peittävä	hyvä
74	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	peittävä	huono
75	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	ei peittävä	hyvä
76	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka1	ei peittävä	huono
77	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	peittävä	hyvä
78	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	peittävä	huono
79	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	ei peittävä	hyvä
80	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka2	ei peittävä	huono
81	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	peittävä	hyvä
82	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	peittävä	huono
83	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	ei peittävä	hyvä
84	suuri	keskisuuri	suuri	suuri	luokka3	ei peittävä	huono
85	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	peittävä	hyvä
86	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	peittävä	huono
87	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	ei peittävä	hyvä
88	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka1	ei peittävä	huono
89	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	peittävä	hyvä
90	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	peittävä	huono
91	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	ei peittävä	hyvä
92	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka2	ei peittävä	huono
93	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	peittävä	hyvä
94	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	peittävä	huono
95	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	ei peittävä	hyvä
96	suuri	keskisuuri	suuri	pieni	luokka3	ei peittävä	huono

## Liite 2. Kuormitus nykytilassa kiintoaine, fosfori ja typpi peltoluokittain.

Liite 2a. Kuormitus nykytilassa peltoluokittain Kiintoaine [kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]

Luokka	Pinta/salaojavalunta	Kiintoaine [kg ha <sup>-1</sup> ]		Yhteensä
		Pintavalunnassa	Salaojavalunnassa	
1	0,19	129	182	311
2	0,32	272	153	425
3	0,32	535	370	904
4	0,44	1105	300	1405
5	0,14	104	285	388
6	0,27	259	242	501
7	0,26	462	475	937
8	0,39	1053	392	1445
9	0,09	47	109	156
10	0,22	127	93	220
11	0,22	234	339	573
12	0,35	522	283	805
13	0,32	268	21	289
14	0,44	490	17	507
15	0,44	1091	17	1108
16	0,57	2004	13	2017
17	0,26	255	22	277
18	0,39	513	18	531
19	0,39	1038	18	1056
20	0,52	2041	14	2055
21	0,22	125	23	149
22	0,35	240	20	259
23	0,35	515	20	534
24	0,48	996	16	1012
25	0,28	417	391	807
26	0,41	900	321	1221
27	0,40	1690	511	2201
28	0,53	3404	400	3805
29	0,23	346	500	846
30	0,35	836	417	1253
31	0,35	1469	623	2091
32	0,48	3201	499	3699
33	0,18	176	356	532
34	0,31	417	300	718
35	0,31	754	519	1273
36	0,44	1671	423	2093
37	0,40	888	18	906
38	0,53	1686	14	1700
39	0,53	3363	14	3377
40	0,66	6016	10	6026
41	0,35	824	19	843
42	0,48	1686	16	1702
43	0,48	3158	16	3174
44	0,61	5962	12	5973
45	0,31	411	21	432
46	0,44	826	17	843
47	0,43	1648	17	1665

Luokka	Pinta/salaojavalunta	Kiintoaine [kg/ha <sup>-1</sup> ]		
		Pintavalunnassa	Salaojavalunnassa	Yhteensä
48	0,56	3165	13	3179
49	0,19	129	182	311
50	0,32	272	153	425
51	0,32	535	370	904
52	0,44	1105	300	1405
53	0,14	104	285	388
54	0,27	259	242	501
55	0,26	462	475	937
56	0,39	1053	392	1445
57	0,09	47	109	156
58	0,22	127	93	220
59	0,22	234	339	573
60	0,35	522	283	805
61	0,32	268	21	289
62	0,44	490	17	507
63	0,44	1091	17	1108
64	0,57	2004	13	2017
65	0,26	255	22	277
66	0,39	513	18	531
67	0,39	1038	18	1056
68	0,52	2041	14	2055
69	0,22	125	23	149
70	0,35	240	20	259
71	0,35	515	20	534
72	0,48	996	16	1012
73	0,28	417	391	807
74	0,41	900	321	1221
75	0,40	1690	511	2201
76	0,53	3404	400	3805
77	0,23	346	500	846
78	0,35	836	417	1253
79	0,35	1469	623	2091
80	0,48	3201	499	3699
81	0,18	176	356	532
82	0,31	417	300	718
83	0,31	754	519	1273
84	0,44	1671	423	2093
85	0,40	888	18	906
86	0,53	1686	14	1700
87	0,53	3363	14	3377
88	0,66	6016	10	6026
89	0,35	824	19	843
90	0,48	1686	16	1702
91	0,48	3158	16	3174
92	0,61	5962	12	5973
93	0,31	411	21	432
94	0,44	826	17	843
95	0,43	1648	17	1665
96	0,56	3165	13	3179

Liite 2b. Kuormitus nykytilassa peltoluokittain Fosfori [kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]

Luokka	Partikkelimainen fosfori			Liukoinen fosfori			Kokonaisfosfori
	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	Yhteensä
1	0,13	0,18	0,31	0,11	0,13	0,24	0,55
2	0,27	0,15	0,43	0,19	0,11	0,29	0,72
3	0,53	0,37	0,90	0,18	0,11	0,29	1,20
4	1,10	0,30	1,40	0,26	0,09	0,35	1,75
5	0,10	0,28	0,39	0,08	0,14	0,22	0,60
6	0,26	0,24	0,50	0,16	0,12	0,27	0,77
7	0,46	0,47	0,94	0,15	0,12	0,27	1,21
8	1,05	0,39	1,44	0,23	0,10	0,33	1,77
9	0,05	0,11	0,16	0,05	0,14	0,20	0,35
10	0,13	0,09	0,22	0,13	0,12	0,25	0,47
11	0,23	0,34	0,57	0,13	0,12	0,25	0,82
12	0,52	0,28	0,81	0,20	0,10	0,31	1,11
13	0,27	0,02	0,29	0,18	0,03	0,22	0,50
14	0,49	0,02	0,51	0,26	0,03	0,28	0,79
15	1,09	0,02	1,11	0,26	0,03	0,28	1,39
16	2,00	0,01	2,02	0,33	0,02	0,35	2,37
17	0,26	0,02	0,28	0,15	0,03	0,19	0,46
18	0,51	0,02	0,53	0,23	0,03	0,26	0,79
19	1,04	0,02	1,06	0,23	0,03	0,26	1,31
20	2,04	0,01	2,06	0,30	0,02	0,33	2,38
21	0,13	0,02	0,15	0,13	0,04	0,16	0,31
22	0,24	0,02	0,26	0,20	0,03	0,23	0,49
23	0,51	0,02	0,53	0,20	0,03	0,23	0,77
24	1,00	0,02	1,01	0,28	0,02	0,30	1,31
25	0,42	0,39	0,81	0,16	0,11	0,28	1,08
26	0,90	0,32	1,22	0,24	0,09	0,33	1,55
27	1,69	0,51	2,20	0,24	0,09	0,33	2,53
28	3,40	0,40	3,80	0,31	0,07	0,38	4,19
29	0,35	0,50	0,85	0,13	0,12	0,25	1,10
30	0,84	0,42	1,25	0,21	0,10	0,31	1,56
31	1,47	0,62	2,09	0,21	0,10	0,31	2,40
32	3,20	0,50	3,70	0,28	0,08	0,36	4,06
33	0,18	0,36	0,53	0,11	0,13	0,23	0,77
34	0,42	0,30	0,72	0,18	0,11	0,29	1,01
35	0,75	0,52	1,27	0,18	0,11	0,29	1,56
36	1,67	0,42	2,09	0,26	0,09	0,34	2,44
37	0,89	0,02	0,91	0,24	0,03	0,26	1,17
38	1,69	0,01	1,70	0,31	0,02	0,33	2,03
39	3,36	0,01	3,38	0,31	0,02	0,33	3,71
40	6,02	0,01	6,03	0,39	0,02	0,40	6,43
41	0,82	0,02	0,84	0,21	0,03	0,23	1,08
42	1,69	0,02	1,70	0,28	0,02	0,30	2,01
43	3,16	0,02	3,17	0,28	0,02	0,30	3,48
44	5,96	0,01	5,97	0,36	0,02	0,37	6,35
45	0,41	0,02	0,43	0,18	0,03	0,21	0,64
46	0,83	0,02	0,84	0,26	0,03	0,28	1,12
47	1,65	0,02	1,66	0,25	0,03	0,28	1,94
48	3,17	0,01	3,18	0,33	0,02	0,35	3,53

Luokka	Partikkelimainen fosfori			Liukoinen fosfori			Kokonaisfosfori	
	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	Yhteensä	
49	0,13	0,18	0,31	0,41	0,47	0,87	1,18	
50	0,27	0,15	0,43	0,68	0,39	1,08	1,50	
51	0,53	0,37	0,90	0,68	0,40	1,07	1,98	
52	1,10	0,30	1,40	0,95	0,32	1,27	2,68	
53	0,10	0,28	0,39	0,29	0,50	0,79	1,18	
54	0,26	0,24	0,50	0,57	0,42	1,00	1,50	
55	0,46	0,47	0,94	0,57	0,43	0,99	1,93	
56	1,05	0,39	1,44	0,84	0,35	1,19	2,64	
57	0,05	0,11	0,16	0,20	0,52	0,72	0,88	
58	0,13	0,09	0,22	0,48	0,45	0,93	1,15	
59	0,23	0,34	0,57	0,47	0,45	0,92	1,50	
60	0,52	0,28	0,81	0,75	0,38	1,12	1,93	
61	0,27	0,02	0,29	0,68	0,11	0,79	1,08	
62	0,49	0,02	0,51	0,95	0,09	1,04	1,55	
63	1,09	0,02	1,11	0,95	0,09	1,04	2,15	
64	2,00	0,01	2,02	1,22	0,07	1,30	3,31	
65	0,26	0,02	0,28	0,57	0,12	0,69	0,96	
66	0,51	0,02	0,53	0,84	0,10	0,94	1,47	
67	1,04	0,02	1,06	0,84	0,10	0,94	1,99	
68	2,04	0,01	2,06	1,11	0,08	1,19	3,25	
69	0,13	0,02	0,15	0,47	0,13	0,60	0,75	
70	0,24	0,02	0,26	0,75	0,11	0,86	1,11	
71	0,51	0,02	0,53	0,74	0,11	0,85	1,39	
72	1,00	0,02	1,01	1,02	0,09	1,11	2,12	
73	0,42	0,39	0,81	0,59	0,42	1,01	1,82	
74	0,90	0,32	1,22	0,87	0,34	1,21	2,43	
75	1,69	0,51	2,20	0,86	0,34	1,21	3,41	
76	3,40	0,40	3,80	1,14	0,27	1,41	5,22	
77	0,35	0,50	0,85	0,48	0,45	0,93	1,78	
78	0,84	0,42	1,25	0,76	0,37	1,13	2,39	
79	1,47	0,62	2,09	0,75	0,37	1,13	3,22	
80	3,20	0,50	3,70	1,03	0,30	1,33	5,03	
81	0,18	0,36	0,53	0,39	0,47	0,86	1,39	
82	0,42	0,30	0,72	0,66	0,40	1,06	1,78	
83	0,75	0,52	1,27	0,66	0,40	1,06	2,33	
84	1,67	0,42	2,09	0,94	0,33	1,26	3,35	
85	0,89	0,02	0,91	0,86	0,10	0,96	1,87	
86	1,69	0,01	1,70	1,14	0,08	1,22	2,92	
87	3,36	0,01	3,38	1,14	0,08	1,21	4,59	
88	6,02	0,01	6,03	1,41	0,06	1,47	7,49	
89	0,82	0,02	0,84	0,75	0,11	0,86	1,70	
90	1,69	0,02	1,70	1,03	0,09	1,12	2,82	
91	3,16	0,02	3,17	1,03	0,09	1,11	4,28	
92	5,96	0,01	5,97	1,30	0,06	1,37	7,34	
93	0,41	0,02	0,43	0,66	0,11	0,77	1,21	
94	0,83	0,02	0,84	0,94	0,09	1,03	1,87	
95	1,65	0,02	1,66	0,93	0,09	1,02	2,69	
96	3,17	0,01	3,18	1,21	0,07	1,28	4,46	

Liite 2c. Kuormitus nykytilassa peltoluokittain Typpi [kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]

Luokka	Partikkelimainen typpi			Liukoinen typpi			Kokonaistyyppi Yhteensä
	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	
1	0,4	0,7	1,2	1,6	13,4	15	16
2	0,9	0,6	1,5	2,8	11,3	14	16
3	1,8	1,5	3,2	2,7	11,3	14	17
4	3,6	1,2	4,8	3,9	9,2	13	18
5	0,3	1,1	1,5	1,2	14,2	15	17
6	0,9	1,0	1,8	2,3	12,1	14	16
7	1,5	1,9	3,4	2,3	12,1	14	18
8	3,5	1,6	5,0	3,4	10,0	13	18
9	0,2	0,4	0,6	0,8	15,0	16	16
10	0,4	0,4	0,8	1,9	12,8	15	16
11	0,8	1,4	2,1	1,9	12,9	15	17
12	1,7	1,1	2,9	3,0	10,7	14	17
13	0,9	0,1	1,0	2,7	11,3	14	15
14	1,6	0,1	1,7	3,9	9,2	13	15
15	3,6	0,1	3,7	3,8	9,2	13	17
16	6,6	0,1	6,7	5,0	7,1	12	19
17	0,8	0,1	0,9	2,3	12,1	14	15
18	1,7	0,1	1,8	3,4	10,0	13	15
19	3,4	0,1	3,5	3,4	10,1	13	17
20	6,7	0,1	6,8	4,5	7,9	12	19
21	0,4	0,1	0,5	1,9	12,9	15	15
22	0,8	0,1	0,9	3,0	10,7	14	15
23	1,7	0,1	1,8	3,0	10,8	14	16
24	3,3	0,1	3,4	4,1	8,7	13	16
25	1,4	1,6	2,9	2,4	11,9	14	17
26	3,0	1,3	4,3	3,5	9,8	13	18
27	5,6	2,0	7,6	3,5	9,9	13	21
28	11,2	1,6	12,8	4,6	7,7	12	25
29	1,1	2,0	3,1	2,0	12,8	15	18
30	2,8	1,7	4,4	3,1	10,7	14	18
31	4,8	2,5	7,3	3,1	10,7	14	21
32	10,6	2,0	12,6	4,2	8,6	13	25
33	0,6	1,4	2,0	1,6	13,5	15	17
34	1,4	1,2	2,6	2,7	11,4	14	17
35	2,5	2,1	4,6	2,7	11,4	14	19
36	5,5	1,7	7,2	3,8	9,3	13	20
37	2,9	0,1	3,0	3,5	9,9	13	16
38	5,6	0,1	5,6	4,6	7,7	12	18
39	11,1	0,1	11,2	4,6	7,8	12	24
40	19,9	0,0	19,9	5,7	5,6	11	31
41	2,7	0,1	2,8	3,1	10,7	14	17
42	5,6	0,1	5,6	4,2	8,6	13	18
43	10,4	0,1	10,5	4,2	8,6	13	23
44	19,7	0,0	19,7	5,3	6,5	12	31
45	1,4	0,1	1,4	2,7	11,4	14	16
46	2,7	0,1	2,8	3,8	9,3	13	16
47	5,4	0,1	5,5	3,8	9,3	13	19
48	10,4	0,1	10,5	4,9	7,2	12	23



Luokka	Partikkelimainen tyyppi			Liukoinen tyyppi			Kokonaistyyppi Yhteensä
	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	Pintavalunta	Salaojavalunta	Yhteensä	
49	0,4	0,7	1,2	1,6	13,4	15	16
50	0,9	0,6	1,5	2,8	11,3	14	16
51	1,8	1,5	3,2	2,7	11,3	14	17
52	3,6	1,2	4,8	3,9	9,2	13	18
53	0,3	1,1	1,5	1,2	14,2	15	17
54	0,9	1,0	1,8	2,3	12,1	14	16
55	1,5	1,9	3,4	2,3	12,1	14	18
56	3,5	1,6	5,0	3,4	10,0	13	18
57	0,2	0,4	0,6	0,8	15,0	16	16
58	0,4	0,4	0,8	1,9	12,8	15	16
59	0,8	1,4	2,1	1,9	12,9	15	17
60	1,7	1,1	2,9	3,0	10,7	14	17
61	0,9	0,1	1,0	2,7	11,3	14	15
62	1,6	0,1	1,7	3,9	9,2	13	15
63	3,6	0,1	3,7	3,8	9,2	13	17
64	6,6	0,1	6,7	5,0	7,1	12	19
65	0,8	0,1	0,9	2,3	12,1	14	15
66	1,7	0,1	1,8	3,4	10,0	13	15
67	3,4	0,1	3,5	3,4	10,1	13	17
68	6,7	0,1	6,8	4,5	7,9	12	19
69	0,4	0,1	0,5	1,9	12,9	15	15
70	0,8	0,1	0,9	3,0	10,7	14	15
71	1,7	0,1	1,8	3,0	10,8	14	16
72	3,3	0,1	3,4	4,1	8,7	13	16
73	1,4	1,6	2,9	2,4	11,9	14	17
74	3,0	1,3	4,3	3,5	9,8	13	18
75	5,6	2,0	7,6	3,5	9,9	13	21
76	11,2	1,6	12,8	4,6	7,7	12	25
77	1,1	2,0	3,1	2,0	12,8	15	18
78	2,8	1,7	4,4	3,1	10,7	14	18
79	4,8	2,5	7,3	3,1	10,7	14	21
80	10,6	2,0	12,6	4,2	8,6	13	25
81	0,6	1,4	2,0	1,6	13,5	15	17
82	1,4	1,2	2,6	2,7	11,4	14	17
83	2,5	2,1	4,6	2,7	11,4	14	19
84	5,5	1,7	7,2	3,8	9,3	13	20
85	2,9	0,1	3,0	3,5	9,9	13	16
86	5,6	0,1	5,6	4,6	7,7	12	18
87	11,1	0,1	11,2	4,6	7,8	12	24
88	19,9	0,0	19,9	5,7	5,6	11	31
89	2,7	0,1	2,8	3,1	10,7	14	17
90	5,6	0,1	5,6	4,2	8,6	13	18
91	10,4	0,1	10,5	4,2	8,6	13	23
92	19,7	0,0	19,7	5,3	6,5	12	31
93	1,4	0,1	1,4	2,7	11,4	14	16
94	2,7	0,1	2,8	3,8	9,3	13	16
95	5,4	0,1	5,5	3,8	9,3	13	19
96	10,4	0,1	10,5	4,9	7,2	12	23

**Liite 3. Kuormituksen arviointi.****Pinta- ja salaojavalunnan suhde**

Muuttujat	$p_m$	Osamuuttuja	$p_{om}$	$p = p_m * p_{om}$
Valunta	0,165	pieni	0,056	0,009
Valunta	0,165	keskisuuri	0,333	0,055
Valunta	0,165	suuri	0,611	0,101
Kaltevuus	0,149	pieni	0,154	0,023
Kaltevuus	0,149	suuri	0,846	0,126
Makrohuokoinen	0,149	suuri	0,000	0,000
Makrohuokoinen	0,149	pieni	1,000	0,149
Maalaji	0,190	luokka1	0,636	0,121
Maalaji	0,190	luokka2	0,318	0,060
Maalaji	0,190	luokka3	0,045	0,009
Kasvillisuus	0,149	peittävä	0,000	0,000
Kasvillisuus	0,149	ei peittävä	1,000	0,149
Ojitus	0,198	hyvä	0,118	0,023
Ojitus	0,198	huono	0,882	0,175
Muuttujan paino yhteensä 1,000				

$p_m$  muuttujan paino

$p_{om}$  osamuuttujan paino

Pinta- ja salaojavalunnan suhde tietyssä peltoluokassa =  $0.85 * \sum p$

**Valunta**

Vuosivalunnan oletusarvo on 300 mm

**Kiintoaines pintavalunnassa (kg/ha)**

		Painoindeksi (i)
Kaltevuus	pieni	0
Kaltevuus	suuri	15
Maalaji	luokka3, karkea	0
Maalaji	luokka1, hieno	5
Maalaji	luokka2, keskikarkea	10
Kasvillisuus	peittävä	0
Kasvillisuus	ei peittävä	15

$$S = \sum i$$

$$a = 0.006 * \text{pintavalunta (mm)} * S + \text{pintavalunta (mm)} * 0.16$$

$$\text{Kiintoaine pintavalunnassa} = 0.013a^3 + 0.04 * a^2 + 10a$$

**PP pintavalunnassa (kg/ha)**

$$\text{Partikkelifosfori} = 0.001 * \text{pintavalunnassa oleva kiintoaines}$$

**DP pintavalunnassa (kg/ha)**

		Painoindeksi (i)
P-luku	pieni	0
P-luku	suuri	20

$$b = 0.02 * \text{pintavalunta (mm)} * i + \text{pintavalunta (mm)} * 0.15$$

Liukoinen fosfori pintavalunnassa =  $0.013 * b$

**PN pintavalunnassa (kg/ha)**

Partikkelityppi pintavalunnassa =  $0.0033 * \text{kiintoaine pintavalunnassa}$

**DN pintavalunnassa (kg/ha)**

Liukoinen typpi pintavalunnassa =  $0.029 * \text{pintavalunta}$

**Kiintoaines salaojavalunnassa (kg/ha)**

A. Kun makrohuokosten määrä on pieni

Kiintoaine salaojavalunnassa =  $\text{salaojavalunta (mm)} * 0.1$

B. Kun makrohuokosten määrä on suuri

S = sama kuin pintavalunnassa

$c = 0.007 * \text{salaojavalunta (mm)} * S + \text{salaojavalunta (mm)} * 0.04$

Kiintoaine salaojavalunnassa =  $10 * c$

**PP salaojavalunnassa (kg/ha)**

Partikkelifosfori =  $0.001 * \text{salaojavalunnassa oleva kiintoaines}$

**DP salaojavalunnassa (kg/ha)**

A. Kun makrohuokosten määrä on pieni

$d = 0.02 * \text{salaojavalunta (mm)} * i_{p\text{-luuku}} + \text{salaojavalunta (mm)} * 0.15$

Liukoinen fosfori pintavalunnassa =  $0.001 * d$

B. Kun makrohuokosten määrä on suuri

Liukoinen fosfori salaojavalunnassa =  $0.0035 * d$

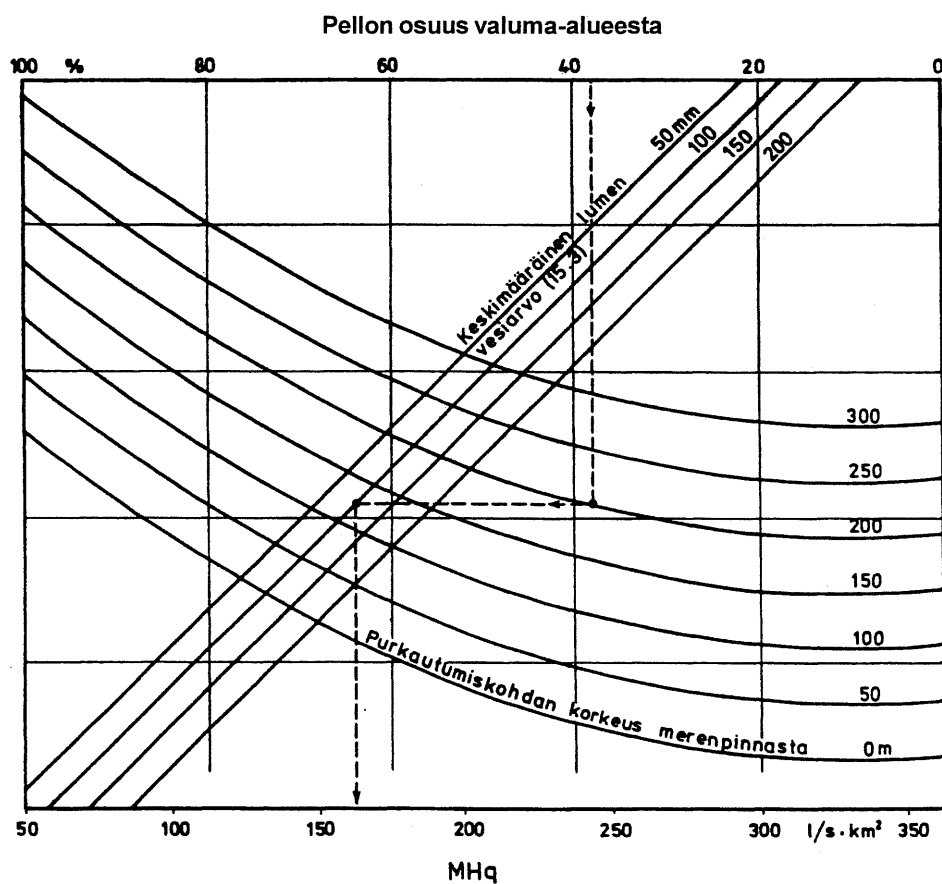
**PN salaojavalunnassa (kg/ha)**

Partikkelityppi salaojavalunnassa =  $0.004 * \text{kiintoainemäärä salaojavalunnassa}$

**DN salaojavalunnassa (kg/ha)**

Liukoinen typpi salaojavalunnassa =  $\text{salaojavalunnan määrä (mm)} * 0.055$

## Liite 4. Keskiylivaluman [MHq] arviointi.



Esimerkki: Valuma-alueesta on peltoa 38 %, purkautumiskohdan korkeus merenpinnasta 200 m (molemmat peruskartalta) ja keskimääräinen lumen vesiarvo maaliskuun 15. päivänä 100 mm. Kevään keskiylivaluma MHq on  $160 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  ja kerran 20 vuodessa toistuva keskiylivaluma  $H_q \frac{1}{20} = 1,9 \cdot 160 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2 = 300 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ .

**Liite 5. Toimenpiteiden aikaansaama kuormitusvähenemä, absoluuttinen kuormitusvähenemä ja kuormitusvähenemien todelliset kustannukset**

**Liite 5a. Toimenpiteiden aikaansaama kuormitusvähenemä [kg ha<sup>-1</sup>]**

Lk	Kiintoaine				Partikkelityppi				Liukoinen tyyppi			Kokonaistyyppi			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
1	23	18	86	47	0,1	0,1	0,3	0,2	1,8	1,9	2,3	2	0	2	2
2	37	24	156	64	0,1	0,1	0,5	0,2	1,6	1,9	2,1	2	0	2	2
3	101	52	316	136	0,4	0,2	1,1	0,5	1,6	1,9	2,1	2	0	3	3
4	195	81	600	211	0,7	0,3	2,0	0,7	1,4	1,9	2,0	2	0	4	3
5	183	111	85	58	0,7	0,4	0,3	0,2	1,9	1,9	2,3	3	0	2	3
6	240	144	160	75	0,9	0,5	0,5	0,3	1,7	1,9	2,2	3	1	2	2
7	470	269	290	141	1,7	1,0	1,0	0,5	1,7	1,9	2,2	3	1	3	3
8	764	414	584	217	2,7	1,4	2,0	0,8	1,5	1,9	2,0	4	1	4	3
9	57	71	36	23	0,2	0,3	0,1	0,1	1,9	1,9	2,4	2	0	2	2
10	109	101	76	33	0,4	0,4	0,3	0,1	1,7	1,9	2,2	2	0	2	2
11	413	263	158	86	1,5	1,0	0,5	0,3	1,7	1,9	2,2	3	1	2	3
12	590	369	299	121	2,1	1,3	1,0	0,4	1,6	1,9	2,1	4	1	3	2
13	20	17	140	43	0,1	0,1	0,5	0,1	1,6	1,9	2,1	2	0	2	2
14	46	29	253	76	0,2	0,1	0,8	0,3	1,4	1,9	2,0	2	0	3	2
15	136	64	561	166	0,4	0,2	1,9	0,5	1,4	1,9	2,0	2	0	4	3
16	345	116	1028	303	1,1	0,4	3,4	1,0	1,3	1,9	1,8	2	0	5	3
17	105	79	133	42	0,4	0,3	0,4	0,1	1,7	1,9	2,2	2	0	2	2
18	255	152	265	80	0,8	0,5	0,9	0,3	1,5	1,9	2,0	2	1	3	2
19	536	303	534	158	1,8	1,0	1,8	0,5	1,5	1,9	2,0	3	1	4	3
20	1153	589	1048	308	3,8	1,9	3,5	1,0	1,3	1,9	1,9	5	2	5	3
21	52	68	67	22	0,2	0,2	0,2	0,1	1,7	1,9	2,2	2	0	2	2
22	148	119	125	39	0,5	0,4	0,4	0,1	1,6	1,9	2,1	2	0	2	2
23	384	245	266	80	1,3	0,8	0,9	0,3	1,6	1,9	2,1	3	1	3	2
24	752	464	512	152	2,5	1,5	1,7	0,5	1,4	1,9	1,9	4	2	4	2
25	86	46	227	0	0,3	0,2	0,8	0,0	1,7	1,3	0,0	2	0	2	0
26	157	70	452	0	0,5	0,2	1,5	0,0	1,5	1,4	0,0	2	0	3	0
27	398	126	841	0	1,4	0,4	2,8	0,0	1,5	1,4	0,0	3	0	4	0
28	693	218	1647	0	2,3	0,7	5,5	0,0	1,3	1,4	0,0	4	1	7	0
29	420	243	202	0	1,6	0,9	0,7	0,0	1,7	1,3	0,0	3	1	2	0
30	649	359	429	0	2,3	1,3	1,4	0,0	1,5	1,3	0,0	4	1	3	0
31	1177	600	744	0	4,1	2,1	2,5	0,0	1,6	1,3	0,0	6	2	4	0
32	2109	1061	1558	0	7,2	3,6	5,2	0,0	1,4	1,4	0,0	9	4	7	0
33	382	244	110	0	1,4	0,9	0,4	0,0	1,8	1,3	0,0	3	1	2	0
34	522	329	221	0	1,9	1,2	0,7	0,0	1,6	1,3	0,0	3	1	2	0
35	964	584	397	0	3,5	2,1	1,3	0,0	1,6	1,3	0,0	5	2	3	0
36	1677	960	825	0	5,8	3,3	2,7	0,0	1,4	1,4	0,0	7	3	4	0
37	101	52	423	0	0,3	0,2	1,4	0,0	1,5	1,4	0,0	2	0	3	0
38	262	97	802	0	0,9	0,3	2,6	0,0	1,3	1,4	0,0	2	0	4	0
39	615	194	1599	0	2,0	0,6	5,3	0,0	1,3	1,4	0,0	3	1	7	0
40	1098	346	2858	0	3,6	1,1	9,4	0,0	1,2	1,4	0,0	5	1	11	0
41	419	242	393	0	1,4	0,8	1,3	0,0	1,6	1,3	0,0	3	1	3	0
42	923	488	802	0	3,1	1,6	2,6	0,0	1,4	1,4	0,0	4	2	4	0
43	1809	910	1501	0	6,0	3,0	5,0	0,0	1,4	1,4	0,0	7	3	6	0
44	3406	1713	2833	0	11,2	5,7	9,3	0,0	1,2	1,4	0,0	12	6	11	0
45	308	198	197	0	1,0	0,7	0,7	0,0	1,6	1,3	0,0	3	1	2	0
46	619	387	394	0	2,1	1,3	1,3	0,0	1,4	1,4	0,0	3	1	3	0
47	1296	764	784	0	4,3	2,5	2,6	0,0	1,4	1,4	0,0	6	3	4	0
48	2568	1458	1505	0	8,5	4,8	5,0	0,0	1,3	1,4	0,0	10	5	6	0

Lk	Kiintoaine				Partikkelityppi				Liukoinen tyyppi			Kokonaistyyppi			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
49	23	18	86	47	0,1	0,1	0,3	0,2	1,8	1,9	2,3	2	0	2	2
50	37	24	156	64	0,1	0,1	0,5	0,2	1,6	1,9	2,1	2	0	2	2
51	101	52	316	136	0,4	0,2	1,1	0,5	1,6	1,9	2,1	2	0	3	3
52	195	81	600	211	0,7	0,3	2,0	0,7	1,4	1,9	2,0	2	0	4	3
53	183	111	85	58	0,7	0,4	0,3	0,2	1,9	1,9	2,3	3	0	2	3
54	240	144	160	75	0,9	0,5	0,5	0,3	1,7	1,9	2,2	3	1	2	2
55	470	269	290	141	1,7	1,0	1,0	0,5	1,7	1,9	2,2	3	1	3	3
56	764	414	584	217	2,7	1,4	2,0	0,8	1,5	1,9	2,0	4	1	4	3
57	57	71	36	23	0,2	0,3	0,1	0,1	1,9	1,9	2,4	2	0	2	2
58	109	101	76	33	0,4	0,4	0,3	0,1	1,7	1,9	2,2	2	0	2	2
59	413	263	158	86	1,5	1,0	0,5	0,3	1,7	1,9	2,2	3	1	2	3
60	590	369	299	121	2,1	1,3	1,0	0,4	1,6	1,9	2,1	4	1	3	2
61	20	17	140	43	0,1	0,1	0,5	0,1	1,6	1,9	2,1	2	0	2	2
62	46	29	253	76	0,2	0,1	0,8	0,3	1,4	1,9	2,0	2	0	3	2
63	136	64	561	166	0,4	0,2	1,9	0,5	1,4	1,9	2,0	2	0	4	3
64	345	116	1028	303	1,1	0,4	3,4	1,0	1,3	1,9	1,8	2	0	5	3
65	105	79	133	42	0,4	0,3	0,4	0,1	1,7	1,9	2,2	2	0	2	2
66	255	152	265	80	0,8	0,5	0,9	0,3	1,5	1,9	2,0	2	1	3	2
67	536	303	534	158	1,8	1,0	1,8	0,5	1,5	1,9	2,0	3	1	4	3
68	1153	589	1048	308	3,8	1,9	3,5	1,0	1,3	1,9	1,9	5	2	5	3
69	52	68	67	22	0,2	0,2	0,2	0,1	1,7	1,9	2,2	2	0	2	2
70	148	119	125	39	0,5	0,4	0,4	0,1	1,6	1,9	2,1	2	0	2	2
71	384	245	266	80	1,3	0,8	0,9	0,3	1,6	1,9	2,1	3	1	3	2
72	752	464	512	152	2,5	1,5	1,7	0,5	1,4	1,9	1,9	4	2	4	2
73	86	46	227	0	0,3	0,2	0,8	0,0	1,7	1,3	0,0	2	0	2	0
74	157	70	452	0	0,5	0,2	1,5	0,0	1,5	1,4	0,0	2	0	3	0
75	398	126	841	0	1,4	0,4	2,8	0,0	1,5	1,4	0,0	3	0	4	0
76	693	218	1647	0	2,3	0,7	5,5	0,0	1,3	1,4	0,0	4	1	7	0
77	420	243	202	0	1,6	0,9	0,7	0,0	1,7	1,3	0,0	3	1	2	0
78	649	359	429	0	2,3	1,3	1,4	0,0	1,5	1,3	0,0	4	1	3	0
79	1177	600	744	0	4,1	2,1	2,5	0,0	1,6	1,3	0,0	6	2	4	0
80	2109	1061	1558	0	7,2	3,6	5,2	0,0	1,4	1,4	0,0	9	4	7	0
81	382	244	110	0	1,4	0,9	0,4	0,0	1,8	1,3	0,0	3	1	2	0
82	522	329	221	0	1,9	1,2	0,7	0,0	1,6	1,3	0,0	3	1	2	0
83	964	584	397	0	3,5	2,1	1,3	0,0	1,6	1,3	0,0	5	2	3	0
84	1677	960	825	0	5,8	3,3	2,7	0,0	1,4	1,4	0,0	7	3	4	0
85	101	52	423	0	0,3	0,2	1,4	0,0	1,5	1,4	0,0	2	0	3	0
86	262	97	802	0	0,9	0,3	2,6	0,0	1,3	1,4	0,0	2	0	4	0
87	615	194	1599	0	2,0	0,6	5,3	0,0	1,3	1,4	0,0	3	1	7	0
88	1098	346	2858	0	3,6	1,1	9,4	0,0	1,2	1,4	0,0	5	1	11	0
89	419	242	393	0	1,4	0,8	1,3	0,0	1,6	1,3	0,0	3	1	3	0
90	923	488	802	0	3,1	1,6	2,6	0,0	1,4	1,4	0,0	4	2	4	0
91	1809	910	1501	0	6,0	3,0	5,0	0,0	1,4	1,4	0,0	7	3	6	0
92	3406	1713	2833	0	11,2	5,7	9,3	0,0	1,2	1,4	0,0	12	6	11	0
93	308	198	197	0	1,0	0,7	0,7	0,0	1,6	1,3	0,0	3	1	2	0
94	619	387	394	0	2,1	1,3	1,3	0,0	1,4	1,4	0,0	3	1	3	0
95	1296	764	784	0	4,3	2,5	2,6	0,0	1,4	1,4	0,0	6	3	4	0
96	2568	1458	1505	0	8,5	4,8	5,0	0,0	1,3	1,4	0,0	10	5	6	0
ka	620	330	615	112	2,1	1,1	2,0	0,4	1,5	1,6	2,1	4	1	4	2
min	20	17	36	0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,2	1,3	0,0	1,6	0,1	1,7	0,0
maks	3406	1713	2858	308	11,2	5,7	9,4	1,0	1,9	1,9	2,4	12,5	5,7	10,9	2,9
md	406	230	395	11	1,4	0,8	1,3	0,0	1,5	1,6	0,9	3,1	0,8	2,8	1,1

Lk Kost.	Partikkelifosfori			Kost.	Liukoinen fosfori			Kost.	Kokonaisfosfori		
	Lask.	Suoj.	Säät.		Suoj.	Säät.	Lask.		Suoj.	Säät.	
1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1
3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,4	0,2
4	0,2	0,1	0,6	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,7	0,3
5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
6	0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,1
7	0,5	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,3	0,2
8	0,8	0,4	0,6	0,2	0,0	0,1	0,0	0,8	0,4	0,6	0,3
9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
10	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
11	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1
12	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	0,4	0,4	0,2
13	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
14	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1
15	0,1	0,1	0,6	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,6	0,2
16	0,3	0,1	1,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1	1,1	0,4
17	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
18	0,3	0,2	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1
19	0,5	0,3	0,5	0,2	0,0	0,1	0,0	0,6	0,3	0,6	0,2
20	1,2	0,6	1,0	0,3	0,0	0,1	0,0	1,2	0,6	1,1	0,4
21	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
22	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1
23	0,4	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,3	0,1
24	0,8	0,5	0,5	0,2	0,0	0,1	0,0	0,8	0,5	0,6	0,2
25	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0
26	0,2	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,5	0,0
27	0,4	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,9	0,0
28	0,7	0,2	1,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7	0,2	1,7	0,0
29	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,0
30	0,6	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,5	0,0
31	1,2	0,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,6	0,8	0,0
32	2,1	1,1	1,6	0,0	0,0	0,1	0,0	2,1	1,1	1,6	0,0
33	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0
34	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,3	0,3	0,0
35	1,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,6	0,4	0,0
36	1,7	1,0	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	1,7	1,0	0,9	0,0
37	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,5	0,0
38	0,3	0,1	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,9	0,0
39	0,6	0,2	1,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,2	1,7	0,0
40	1,1	0,3	2,9	0,0	0,0	0,1	0,0	1,1	0,3	2,9	0,0
41	0,4	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,4	0,0
42	0,9	0,5	0,8	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0	0,5	0,9	0,0
43	1,8	0,9	1,5	0,0	0,0	0,1	0,0	1,8	0,9	1,6	0,0
44	3,4	1,7	2,8	0,0	0,0	0,1	0,0	3,4	1,7	2,9	0,0
45	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,0
46	0,6	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	0,4	0,0
47	1,3	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,8	0,8	0,0
48	2,6	1,5	1,5	0,0	0,0	0,1	0,0	2,6	1,5	1,6	0,0

Kost. = kosteikko, Lask. = laskeutusallas, Suoj. = suojavyöhyke, Säät. = säätösalaajitus

Lk	Partikkelifosfori				Liukoinen fosfori			Kokonaisfosfori			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
49	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2
50	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3	0,2
51	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,5	0,3
52	0,2	0,1	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0,8	0,4
53	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2
54	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3	0,2
55	0,5	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,6	0,3	0,5	0,3
56	0,8	0,4	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	0,4	0,8	0,4
57	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
58	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2
59	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,3	0,3	0,2
60	0,6	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,8	0,4	0,5	0,3
61	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,2
62	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,5	0,2
63	0,1	0,1	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,8	0,3
64	0,3	0,1	1,0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,1	1,3	0,5
65	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1
66	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,2	0,5	0,2
67	0,5	0,3	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,7	0,3	0,7	0,3
68	1,2	0,6	1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	1,3	0,6	1,3	0,5
69	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
70	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2
71	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,4	0,2
72	0,8	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	0,5	0,7	0,3
73	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,0
74	0,2	0,1	0,5	0,0	0,2	0,2	0,0	0,3	0,1	0,6	0,0
75	0,4	0,1	0,8	0,0	0,2	0,2	0,0	0,6	0,1	1,0	0,0
76	0,7	0,2	1,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,9	0,2	1,9	0,0
77	0,4	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,6	0,2	0,3	0,0
78	0,6	0,4	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,8	0,4	0,6	0,0
79	1,2	0,6	0,7	0,0	0,2	0,2	0,0	1,4	0,6	0,9	0,0
80	2,1	1,1	1,6	0,0	0,2	0,2	0,0	2,3	1,1	1,8	0,0
81	0,4	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,5	0,2	0,2	0,0
82	0,5	0,3	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	0,7	0,3	0,4	0,0
83	1,0	0,6	0,4	0,0	0,2	0,1	0,0	1,1	0,6	0,5	0,0
84	1,7	1,0	0,8	0,0	0,2	0,2	0,0	1,9	1,0	1,0	0,0
85	0,1	0,1	0,4	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,6	0,0
86	0,3	0,1	0,8	0,0	0,2	0,2	0,0	0,4	0,1	1,0	0,0
87	0,6	0,2	1,6	0,0	0,2	0,2	0,0	0,8	0,2	1,8	0,0
88	1,1	0,3	2,9	0,0	0,2	0,3	0,0	1,3	0,3	3,1	0,0
89	0,4	0,2	0,4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,6	0,2	0,5	0,0
90	0,9	0,5	0,8	0,0	0,2	0,2	0,0	1,1	0,5	1,0	0,0
91	1,8	0,9	1,5	0,0	0,2	0,2	0,0	2,0	0,9	1,7	0,0
92	3,4	1,7	2,8	0,0	0,2	0,2	0,0	3,6	1,7	3,1	0,0
93	0,3	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,3	0,0
94	0,6	0,4	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,8	0,4	0,6	0,0
95	1,3	0,8	0,8	0,0	0,2	0,2	0,0	1,5	0,8	1,0	0,0
96	2,6	1,5	1,5	0,0	0,2	0,2	0,0	2,8	1,5	1,7	0,0
ka	0,6	0,3	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,3	0,7	0,2
min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
maks	3,4	1,7	2,9	0,3	0,2	0,3	0,2	3,6	1,7	3,1	0,5
md	0,4	0,2	0,4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,5	0,2	0,5	0,0



## Liite 5b. Toimenpiteiden aikaansaama absoluuttinen kuormitusvähenemä, kg

Lk	Kiintoaine				Partikkelityppi				Liukeneva tyyppi			Kokonaistyyppi			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
1	734	571	86	93	3	2	0,3	0,3	57	1,9	4,5	60	2	2	5
2	1173	780	156	128	4	3	0,5	0,5	51	1,9	4,2	55	3	2	5
3	3236	1660	316	271	12	6	1,1	1,0	51	1,9	4,2	63	6	3	5
4	6226	2578	600	421	21	9	2,0	1,5	46	1,9	3,9	67	9	4	5
5	5869	3564	85	117	22	14	0,3	0,4	60	1,9	4,6	82	14	2	5
6	7667	4597	160	150	28	17	0,5	0,5	54	1,9	4,3	81	17	2	5
7	15030	8594	290	281	55	31	1,0	1,0	54	1,9	4,3	109	31	3	5
8	24432	13255	584	433	85	46	2,0	1,5	48	1,9	4,0	133	46	4	6
9	1809	2285	36	47	7	9	0,1	0,2	62	1,9	4,7	69	9	2	5
10	3481	3236	76	66	13	12	0,3	0,2	56	1,9	4,4	68	12	2	5
11	13213	8419	158	172	49	31	0,5	0,6	56	1,9	4,4	105	31	2	5
12	18866	11819	299	242	67	42	1,0	0,9	50	1,9	4,1	117	42	3	5
13	636	530	140	87	2	2	0,5	0,3	51	1,9	4,2	53	2	2	5
14	1469	930	253	152	5	3	0,8	0,5	46	1,9	3,9	50	3	3	4
15	4346	2032	561	332	14	7	1,9	1,1	46	1,9	3,9	60	7	4	5
16	11045	3701	1028	605	36	12	3,4	2,0	40	1,9	3,6	77	12	5	6
17	3361	2543	133	83	11	9	0,4	0,3	54	1,9	4,3	65	9	2	5
18	8155	4873	265	159	27	16	0,9	0,5	48	1,9	4,0	75	16	3	5
19	17167	9693	534	317	57	32	1,8	1,0	48	1,9	4,0	105	32	4	5
20	36907	18860	1048	617	122	62	3,5	2,0	42	1,9	3,7	164	62	5	6
21	1662	2183	67	45	6	7	0,2	0,2	56	1,9	4,4	61	7	2	5
22	4741	3805	125	78	16	13	0,4	0,3	50	1,9	4,1	66	13	2	4
23	12273	7843	266	160	41	26	0,9	0,5	50	1,9	4,1	91	26	3	5
24	24069	14855	512	304	80	49	1,7	1,0	44	1,9	3,8	124	49	4	5
25	2755	1482	227	0	10	5	0,8	0,0	53	1,3	0,0	63	5	2	0
26	5030	2241	452	0	18	8	1,5	0,0	47	1,4	0,0	65	8	3	0
27	12742	4039	841	0	44	14	2,8	0,0	47	1,4	0,0	92	14	4	0
28	22187	6982	1647	0	75	24	5,5	0,0	42	1,4	0,0	117	24	7	0
29	13442	7761	202	0	50	29	0,7	0,0	56	1,3	0,0	105	29	2	0
30	20784	11498	429	0	73	41	1,4	0,0	50	1,3	0,0	123	41	3	0
31	37676	19188	744	0	132	67	2,5	0,0	50	1,3	0,0	182	67	4	0
32	67495	33944	1558	0	229	115	5,2	0,0	44	1,4	0,0	273	115	7	0
33	12217	7809	110	0	46	29	0,4	0,0	58	1,3	0,0	104	29	2	0
34	16707	10534	221	0	60	38	0,7	0,0	52	1,3	0,0	112	38	2	0
35	30856	18693	397	0	111	67	1,3	0,0	52	1,3	0,0	162	67	3	0
36	53662	30733	825	0	185	106	2,7	0,0	46	1,4	0,0	231	106	4	0
37	3245	1663	423	0	11	6	1,4	0,0	47	1,4	0,0	58	6	3	0
38	8389	3119	802	0	28	10	2,6	0,0	42	1,4	0,0	70	10	4	0
39	19694	6198	1599	0	65	20	5,3	0,0	42	1,4	0,0	107	20	7	0
40	35143	11059	2858	0	116	37	9,4	0,0	37	1,4	0,0	153	37	11	0
41	13397	7737	393	0	44	26	1,3	0,0	50	1,3	0,0	94	26	3	0
42	29530	15615	802	0	98	52	2,6	0,0	44	1,4	0,0	142	52	4	0
43	57901	29119	1501	0	191	96	5,0	0,0	44	1,4	0,0	235	96	6	0
44	108983	54809	2833	0	360	181	9,3	0,0	39	1,4	0,0	399	181	11	0
45	9849	6342	197	0	33	21	0,7	0,0	52	1,3	0,0	85	21	2	0
46	19804	12372	394	0	66	41	1,3	0,0	46	1,4	0,0	112	41	3	0
47	41458	24441	784	0	137	81	2,6	0,0	46	1,4	0,0	183	81	4	0
48	82191	46663	1505	0	271	154	5,0	0,0	41	1,4	0,0	312	154	6	0

Kost. = kosteikko, Lask. = laskeutusallas, Suoj. = suojavyöhyke, Säät. = säätösalaajitus

Lk	Kiintoaine				Partikkelityppi				Liukeneva typpi			Kokonaistyyppi			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
49	734	571	86	93	3	2	0,3	0,3	57	1,9	4,5	60	2	2	5
50	1173	780	156	128	4	3	0,5	0,5	51	1,9	4,2	55	3	2	5
51	3236	1660	316	271	12	6	1,1	1,0	51	1,9	4,2	63	6	3	5
52	6226	2578	600	421	21	9	2,0	1,5	46	1,9	3,9	67	9	4	5
53	5869	3564	85	117	22	14	0,3	0,4	60	1,9	4,6	82	14	2	5
54	7667	4597	160	150	28	17	0,5	0,5	54	1,9	4,3	81	17	2	5
55	15030	8594	290	281	55	31	1,0	1,0	54	1,9	4,3	109	31	3	5
56	24432	13255	584	433	85	46	2,0	1,5	48	1,9	4,0	133	46	4	6
57	1809	2285	36	47	7	9	0,1	0,2	62	1,9	4,7	69	9	2	5
58	3481	3236	76	66	13	12	0,3	0,2	56	1,9	4,4	68	12	2	5
59	13213	8419	158	172	49	31	0,5	0,6	56	1,9	4,4	105	31	2	5
60	18866	11819	299	242	67	42	1,0	0,9	50	1,9	4,1	117	42	3	5
61	636	530	140	87	2	2	0,5	0,3	51	1,9	4,2	53	2	2	5
62	1469	930	253	152	5	3	0,8	0,5	46	1,9	3,9	50	3	3	4
63	4346	2032	561	332	14	7	1,9	1,1	46	1,9	3,9	60	7	4	5
64	11045	3701	1028	605	36	12	3,4	2,0	40	1,9	3,6	77	12	5	6
65	3361	2543	133	83	11	9	0,4	0,3	54	1,9	4,3	65	9	2	5
66	8155	4873	265	159	27	16	0,9	0,5	48	1,9	4,0	75	16	3	5
67	17167	9693	534	317	57	32	1,8	1,0	48	1,9	4,0	105	32	4	5
68	36907	18860	1048	617	122	62	3,5	2,0	42	1,9	3,7	164	62	5	6
69	1662	2183	67	45	6	7	0,2	0,2	56	1,9	4,4	61	7	2	5
70	4741	3805	125	78	16	13	0,4	0,3	50	1,9	4,1	66	13	2	4
71	12273	7843	266	160	41	26	0,9	0,5	50	1,9	4,1	91	26	3	5
72	24069	14855	512	304	80	49	1,7	1,0	44	1,9	3,8	124	49	4	5
73	2755	1482	227	0	10	5	0,8	0,0	53	1,3	0,0	63	5	2	0
74	5030	2241	452	0	18	8	1,5	0,0	47	1,4	0,0	65	8	3	0
75	12742	4039	841	0	44	14	2,8	0,0	47	1,4	0,0	92	14	4	0
76	22187	6982	1647	0	75	24	5,5	0,0	42	1,4	0,0	117	24	7	0
77	13442	7761	202	0	50	29	0,7	0,0	56	1,3	0,0	105	29	2	0
78	20784	11498	429	0	73	41	1,4	0,0	50	1,3	0,0	123	41	3	0
79	37676	19188	744	0	132	67	2,5	0,0	50	1,3	0,0	182	67	4	0
80	67495	33944	1558	0	229	115	5,2	0,0	44	1,4	0,0	273	115	7	0
81	12217	7809	110	0	46	29	0,4	0,0	58	1,3	0,0	104	29	2	0
82	16707	10534	221	0	60	38	0,7	0,0	52	1,3	0,0	112	38	2	0
83	30856	18693	397	0	111	67	1,3	0,0	52	1,3	0,0	162	67	3	0
84	53662	30733	825	0	185	106	2,7	0,0	46	1,4	0,0	231	106	4	0
85	3245	1663	423	0	11	6	1,4	0,0	47	1,4	0,0	58	6	3	0
86	8389	3119	802	0	28	10	2,6	0,0	42	1,4	0,0	70	10	4	0
87	19694	6198	1599	0	65	20	5,3	0,0	42	1,4	0,0	107	20	7	0
88	35143	11059	2858	0	116	37	9,4	0,0	37	1,4	0,0	153	37	11	0
89	13397	7737	393	0	44	26	1,3	0,0	50	1,3	0,0	94	26	3	0
90	29530	15615	802	0	98	52	2,6	0,0	44	1,4	0,0	142	52	4	0
91	57901	29119	1501	0	191	96	5,0	0,0	44	1,4	0,0	235	96	6	0
92	108983	54809	2833	0	360	181	9,3	0,0	39	1,4	0,0	399	181	11	0
93	9849	6342	197	0	33	21	0,7	0,0	52	1,3	0,0	85	21	2	0
94	19804	12372	394	0	66	41	1,3	0,0	46	1,4	0,0	112	41	3	0
95	41458	24441	784	0	137	81	2,6	0,0	46	1,4	0,0	183	81	4	0
96	82191	46663	1505	0	271	154	5,0	0,0	41	1,4	0,0	312	154	6	0
ka	19848	10568	615	223	67	36	2,0	0,8	49	1,6	4,2	116	0	4	5
min	636	530	36	0	2	2	0,1	0,0	37	1,3	0,0	50	1,8	1,7	0,0
maks	108983	54809	2858	617	360	181	9,4	2,0	62	1,9	4,7	399	180,9	10,9	5,8
md	12977	7360	395	22	45	25	1,3	0,1	49	1,6	1,8	99	24,6	2,8	2,2

Lk	Partikkelifosfori				Liukoinen fosfori			Kokonaisfosfori			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
1	0,7	0,6	0,1	0,1	0,6	0,0	0,1	1,4	0,6	0,1	0,2
2	1,2	0,8	0,2	0,1	0,8	0,1	0,1	2,0	0,8	0,2	0,2
3	3,2	1,7	0,3	0,3	0,8	0,1	0,1	4,1	1,7	0,4	0,4
4	6,2	2,6	0,6	0,4	1,1	0,1	0,1	7,3	2,6	0,7	0,5
5	5,9	3,6	0,1	0,1	0,5	0,0	0,1	6,4	3,6	0,1	0,2
6	7,7	4,6	0,2	0,2	0,8	0,0	0,1	8,4	4,6	0,2	0,2
7	15,0	8,6	0,3	0,3	0,7	0,0	0,1	15,8	8,6	0,3	0,4
8	24,4	13,3	0,6	0,4	1,0	0,1	0,1	25,4	13,3	0,6	0,5
9	1,8	2,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	2,3	2,3	0,1	0,1
10	3,5	3,2	0,1	0,1	0,7	0,0	0,1	4,2	3,2	0,1	0,1
11	13,2	8,4	0,2	0,2	0,7	0,0	0,1	13,9	8,4	0,2	0,2
12	18,9	11,8	0,3	0,2	0,9	0,1	0,1	19,8	11,8	0,4	0,3
13	0,6	0,5	0,1	0,1	0,5	0,0	0,1	1,2	0,5	0,2	0,2
14	1,5	0,9	0,3	0,2	0,8	0,1	0,1	2,3	0,9	0,3	0,2
15	4,3	2,0	0,6	0,3	0,8	0,1	0,1	5,2	2,0	0,6	0,4
16	11,0	3,7	1,0	0,6	1,1	0,1	0,1	12,2	3,7	1,1	0,7
17	3,4	2,5	0,1	0,1	0,4	0,0	0,1	3,8	2,5	0,2	0,1
18	8,2	4,9	0,3	0,2	0,7	0,1	0,1	8,9	4,9	0,3	0,2
19	17,2	9,7	0,5	0,3	0,7	0,1	0,1	17,9	9,7	0,6	0,4
20	36,9	18,9	1,0	0,6	1,0	0,1	0,1	37,9	18,9	1,1	0,7
21	1,7	2,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	2,0	2,2	0,1	0,1
22	4,7	3,8	0,1	0,1	0,6	0,0	0,1	5,3	3,8	0,2	0,1
23	12,3	7,8	0,3	0,2	0,6	0,0	0,1	12,9	7,8	0,3	0,2
24	24,1	14,9	0,5	0,3	0,9	0,1	0,1	25,0	14,9	0,6	0,4
25	2,8	1,5	0,2	0,0	0,8	0,0	0,0	3,5	1,5	0,3	0,0
26	5,0	2,2	0,5	0,0	1,0	0,0	0,0	6,0	2,2	0,5	0,0
27	12,7	4,0	0,8	0,0	1,0	0,0	0,0	13,7	4,0	0,9	0,0
28	22,2	7,0	1,6	0,0	1,3	0,1	0,0	23,5	7,0	1,7	0,0
29	13,4	7,8	0,2	0,0	0,7	0,0	0,0	14,1	7,8	0,2	0,0
30	20,8	11,5	0,4	0,0	0,9	0,0	0,0	21,7	11,5	0,5	0,0
31	37,7	19,2	0,7	0,0	0,9	0,0	0,0	38,6	19,2	0,8	0,0
32	67,5	33,9	1,6	0,0	1,2	0,1	0,0	68,7	33,9	1,6	0,0
33	12,2	7,8	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0	12,8	7,8	0,1	0,0
34	16,7	10,5	0,2	0,0	0,8	0,0	0,0	17,5	10,5	0,3	0,0
35	30,9	18,7	0,4	0,0	0,8	0,0	0,0	31,7	18,7	0,4	0,0
36	53,7	30,7	0,8	0,0	1,1	0,1	0,0	54,7	30,7	0,9	0,0
37	3,2	1,7	0,4	0,0	0,7	0,0	0,0	4,0	1,7	0,5	0,0
38	8,4	3,1	0,8	0,0	1,0	0,1	0,0	9,4	3,1	0,9	0,0
39	19,7	6,2	1,6	0,0	1,0	0,1	0,0	20,7	6,2	1,7	0,0
40	35,1	11,1	2,9	0,0	1,4	0,1	0,0	36,5	11,1	2,9	0,0
41	13,4	7,7	0,4	0,0	0,6	0,0	0,0	14,0	7,7	0,4	0,0
42	29,5	15,6	0,8	0,0	0,9	0,1	0,0	30,4	15,6	0,9	0,0
43	57,9	29,1	1,5	0,0	0,9	0,1	0,0	58,8	29,1	1,6	0,0
44	109,0	54,8	2,8	0,0	1,2	0,1	0,0	110,2	54,8	2,9	0,0
45	9,8	6,3	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	10,4	6,3	0,2	0,0
46	19,8	12,4	0,4	0,0	0,8	0,0	0,0	20,6	12,4	0,4	0,0
47	41,5	24,4	0,8	0,0	0,8	0,0	0,0	42,2	24,4	0,8	0,0
48	82,2	46,7	1,5	0,0	1,1	0,1	0,0	83,3	46,7	1,6	0,0

Kost. = kosteikko, Lask. = laskeutusallas, Suoj. = suojavaähyke, Säät. = säätösaloajitus

Lk	Partikkelifosfori				Liukoinen fosfori			Kokonaisfosfori			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
49	0,7	0,6	0,1	0,1	4,3	0,1	0,3	5,0	0,6	0,2	0,4
50	1,2	0,8	0,2	0,1	5,3	0,2	0,3	6,5	0,8	0,3	0,5
51	3,2	1,7	0,3	0,3	5,3	0,2	0,3	8,5	1,7	0,5	0,6
52	6,2	2,6	0,6	0,4	6,3	0,2	0,4	12,5	2,6	0,8	0,8
53	5,9	3,6	0,1	0,1	3,9	0,1	0,2	9,8	3,6	0,2	0,4
54	7,7	4,6	0,2	0,2	4,9	0,2	0,3	12,6	4,6	0,3	0,4
55	15,0	8,6	0,3	0,3	4,9	0,2	0,3	19,9	8,6	0,5	0,6
56	24,4	13,3	0,6	0,4	5,9	0,2	0,4	30,3	13,3	0,8	0,8
57	1,8	2,3	0,0	0,0	3,6	0,1	0,2	5,4	2,3	0,1	0,3
58	3,5	3,2	0,1	0,1	4,6	0,2	0,3	8,0	3,2	0,2	0,3
59	13,2	8,4	0,2	0,2	4,5	0,2	0,3	17,8	8,4	0,3	0,4
60	18,9	11,8	0,3	0,2	5,5	0,2	0,3	24,4	11,8	0,5	0,6
61	0,6	0,5	0,1	0,1	3,9	0,2	0,2	4,5	0,5	0,3	0,3
62	1,5	0,9	0,3	0,2	5,1	0,2	0,3	6,6	0,9	0,5	0,5
63	4,3	2,0	0,6	0,3	5,1	0,2	0,3	9,5	2,0	0,8	0,6
64	11,0	3,7	1,0	0,6	6,4	0,3	0,4	17,4	3,7	1,3	1,0
65	3,4	2,5	0,1	0,1	3,3	0,1	0,2	6,6	2,5	0,3	0,3
66	8,2	4,9	0,3	0,2	4,6	0,2	0,3	12,8	4,9	0,5	0,4
67	17,2	9,7	0,5	0,3	4,6	0,2	0,3	21,8	9,7	0,7	0,6
68	36,9	18,9	1,0	0,6	5,9	0,2	0,4	42,8	18,9	1,3	1,0
69	1,7	2,2	0,1	0,0	2,6	0,1	0,2	4,3	2,2	0,2	0,2
70	4,7	3,8	0,1	0,1	4,2	0,2	0,3	9,0	3,8	0,3	0,3
71	12,3	7,8	0,3	0,2	4,2	0,2	0,3	16,5	7,8	0,4	0,4
72	24,1	14,9	0,5	0,3	5,5	0,2	0,3	29,5	14,9	0,7	0,6
73	2,8	1,5	0,2	0,0	5,0	0,1	0,0	7,7	1,5	0,4	0,0
74	5,0	2,2	0,5	0,0	6,0	0,2	0,0	11,0	2,2	0,6	0,0
75	12,7	4,0	0,8	0,0	6,0	0,2	0,0	18,7	4,0	1,0	0,0
76	22,2	7,0	1,6	0,0	7,0	0,2	0,0	29,1	7,0	1,9	0,0
77	13,4	7,8	0,2	0,0	4,6	0,1	0,0	18,0	7,8	0,3	0,0
78	20,8	11,5	0,4	0,0	5,6	0,2	0,0	26,4	11,5	0,6	0,0
79	37,7	19,2	0,7	0,0	5,6	0,2	0,0	43,2	19,2	0,9	0,0
80	67,5	33,9	1,6	0,0	6,6	0,2	0,0	74,1	33,9	1,8	0,0
81	12,2	7,8	0,1	0,0	4,2	0,1	0,0	16,5	7,8	0,2	0,0
82	16,7	10,5	0,2	0,0	5,2	0,1	0,0	21,9	10,5	0,4	0,0
83	30,9	18,7	0,4	0,0	5,2	0,1	0,0	36,1	18,7	0,5	0,0
84	53,7	30,7	0,8	0,0	6,2	0,2	0,0	59,9	30,7	1,0	0,0
85	3,2	1,7	0,4	0,0	4,7	0,2	0,0	8,0	1,7	0,6	0,0
86	8,4	3,1	0,8	0,0	6,0	0,2	0,0	14,4	3,1	1,0	0,0
87	19,7	6,2	1,6	0,0	6,0	0,2	0,0	25,7	6,2	1,8	0,0
88	35,1	11,1	2,9	0,0	7,2	0,3	0,0	42,4	11,1	3,1	0,0
89	13,4	7,7	0,4	0,0	4,2	0,1	0,0	17,6	7,7	0,5	0,0
90	29,5	15,6	0,8	0,0	5,5	0,2	0,0	35,0	15,6	1,0	0,0
91	57,9	29,1	1,5	0,0	5,5	0,2	0,0	63,4	29,1	1,7	0,0
92	109,0	54,8	2,8	0,0	6,7	0,2	0,0	115,7	54,8	3,1	0,0
93	9,8	6,3	0,2	0,0	3,8	0,1	0,0	13,7	6,3	0,3	0,0
94	19,8	12,4	0,4	0,0	5,1	0,2	0,0	24,9	12,4	0,6	0,0
95	41,5	24,4	0,8	0,0	5,0	0,2	0,0	46,5	24,4	1,0	0,0
96	82,2	46,7	1,5	0,0	6,3	0,2	0,0	88,5	46,7	1,7	0,0
ka	19,8	10,6	0,6	0,2	3,0	0,1	0,2	22,8	10,6	0,7	0,4
min	0,6	0,5	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,2	0,5	0,1	0,0
maks	109,0	54,8	2,9	0,6	7,2	0,3	0,4	115,7	54,8	3,1	1,0
md	13,0	7,4	0,4	0,0	2,0	0,1	0,0	16,1	7,4	0,5	0,0

Liite 5c. Toimenpiteiden aikaansaama kuormitusvähennemien todelliset kustannukset [mk kg<sup>-1</sup>].

Lk	Kiintoaine				Partikkelityppi				Liukoinen tyyppi			Kokonaistyyppi			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
1	3,3	5,3	1,2	9,2	882	1416	358	2484	42	58	191	40	1416	50	177
2	2,0	3,8	0,7	6,7	576	1082	203	1898	47	58	204	43	1082	45	185
3	0,7	1,8	0,3	3,2	207	504	100	884	47	58	204	38	504	37	166
4	0,4	1,2	0,2	2,0	112	337	54	592	53	58	220	36	337	28	160
5	0,4	0,8	1,3	7,4	107	221	353	1936	40	58	186	29	221	50	170
6	0,3	0,7	0,7	5,7	86	179	196	1573	45	58	199	29	179	45	176
7	0,2	0,3	0,4	3,1	44	96	108	837	45	58	199	22	96	38	160
8	0,1	0,2	0,2	2,0	28	65	55	569	50	58	213	18	65	28	155
9	1,3	1,3	3,0	18,4	350	347	837	4861	39	58	182	35	347	54	175
10	0,7	0,9	1,4	13,0	192	258	417	3616	43	58	194	35	258	51	184
11	0,2	0,4	0,7	5,0	49	96	195	1346	43	58	194	23	96	45	169
12	0,1	0,3	0,4	3,6	36	72	106	1004	48	58	208	21	72	37	172
13	3,8	5,7	0,8	9,9	1127	1690	232	2964	47	58	204	45	1690	46	191
14	1,6	3,2	0,4	5,7	492	971	128	1702	53	58	220	48	971	40	195
15	0,6	1,5	0,2	2,6	167	446	58	782	52	58	220	40	446	29	171
16	0,2	0,8	0,1	1,4	66	245	32	430	60	58	238	31	245	20	153
17	0,7	1,2	0,8	10,3	213	351	243	3082	45	58	199	37	351	47	186
18	0,3	0,6	0,4	5,4	89	185	122	1624	50	58	213	32	185	39	189
19	0,1	0,3	0,2	2,7	42	93	61	819	50	58	213	23	93	30	169
20	0,1	0,2	0,1	1,4	20	48	31	422	57	58	230	15	48	20	149
21	1,4	1,4	1,6	19,3	423	403	482	5653	43	58	194	39	403	52	187
22	0,5	0,8	0,9	11,1	151	235	259	3298	48	58	208	37	235	47	196
23	0,2	0,4	0,4	5,4	59	115	122	1613	48	58	208	26	115	39	184
24	0,1	0,2	0,2	2,8	30	61	63	856	54	58	224	19	61	30	178
25	0,9	2,0	0,5	0,0	239	556	139	0	45	81	0	38	556	51	0
26	0,5	1,3	0,2	0,0	137	384	71	0	51	79	0	37	384	37	0
27	0,2	0,7	0,1	0,0	54	215	38	0	51	79	0	26	215	26	0
28	0,1	0,4	0,1	0,0	32	127	20	0	57	77	0	21	127	16	0
29	0,2	0,4	0,5	0,0	48	104	155	0	43	82	0	23	104	54	0
30	0,1	0,3	0,3	0,0	33	74	75	0	48	80	0	20	74	39	0
31	0,1	0,2	0,1	0,0	18	45	43	0	48	80	0	13	45	28	0
32	0,0	0,1	0,1	0,0	10	26	21	0	54	78	0	9	26	16	0
33	0,2	0,4	1,0	0,0	52	102	281	0	42	83	0	23	102	64	0
34	0,1	0,3	0,5	0,0	40	79	144	0	47	81	0	22	79	52	0
35	0,1	0,2	0,3	0,0	22	45	80	0	46	81	0	15	45	40	0
36	0,0	0,1	0,1	0,0	13	28	39	0	52	79	0	10	28	26	0
37	0,7	1,8	0,3	0,0	223	544	77	0	51	79	0	41	544	39	0
38	0,3	1,0	0,1	0,0	87	291	41	0	57	77	0	34	291	27	0
39	0,1	0,5	0,1	0,0	37	147	20	0	57	77	0	22	147	16	0
40	0,1	0,3	0,0	0,0	21	82	11	0	65	75	0	16	82	10	0
41	0,2	0,4	0,3	0,0	54	117	83	0	48	80	0	26	117	41	0
42	0,1	0,2	0,1	0,0	25	58	41	0	54	78	0	17	58	27	0
43	0,0	0,1	0,1	0,0	13	31	22	0	54	78	0	10	31	17	0
44	0,0	0,1	0,0	0,0	7	17	11	0	62	76	0	6	17	10	0
45	0,2	0,5	0,5	0,0	73	142	165	0	46	81	0	28	142	54	0
46	0,1	0,2	0,3	0,0	37	73	83	0	52	79	0	22	73	40	0
47	0,1	0,1	0,1	0,0	18	37	41	0	52	79	0	13	37	27	0
48	0,0	0,1	0,1	0,0	9	19	22	0	59	77	0	8	142	17	0

ost. = kosteikko, Lask. = laskeutusallas, Suoj. = suojavyöhyke, Säät. = säätösalaajitus

Lk	Kiintoaine			Partikkelityyppi				Liukoinen tyyppi				Kokonaistyyppi			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
49	3,3	5,3	1,2	9,2	882	1416	358	2484	42	58	191	40	1416	50	177
50	2,0	3,8	0,7	6,7	576	1082	203	1898	47	58	204	43	1082	45	185
51	0,7	1,8	0,3	3,2	207	504	100	884	47	58	204	38	504	37	166
52	0,4	1,2	0,2	2,0	112	337	54	592	53	58	220	36	337	28	160
53	0,4	0,8	1,3	7,4	107	221	353	1936	40	58	186	29	221	50	170
54	0,3	0,7	0,7	5,7	86	179	196	1573	45	58	199	29	179	45	176
55	0,2	0,3	0,4	3,1	44	96	108	837	45	58	199	22	96	38	160
56	0,1	0,2	0,2	2,0	28	65	55	569	50	58	213	18	65	28	155
57	1,3	1,3	3,0	18,4	350	347	837	4861	39	58	182	35	347	54	175
58	0,7	0,9	1,4	13,0	192	258	417	3616	43	58	194	35	258	51	184
59	0,2	0,4	0,7	5,0	49	96	195	1346	43	58	194	23	96	45	169
60	0,1	0,3	0,4	3,6	36	72	106	1004	48	58	208	21	72	37	172
61	3,8	5,7	0,8	9,9	1127	1690	232	2964	47	58	204	45	1690	46	191
62	1,6	3,2	0,4	5,7	492	971	128	1702	53	58	220	48	971	40	195
63	0,6	1,5	0,2	2,6	167	446	58	782	52	58	220	40	446	29	171
64	0,2	0,8	0,1	1,4	66	245	32	430	60	58	238	31	245	20	153
65	0,7	1,2	0,8	10,3	213	351	243	3082	45	58	199	37	351	47	186
66	0,3	0,6	0,4	5,4	89	185	122	1624	50	58	213	32	185	39	189
67	0,1	0,3	0,2	2,7	42	93	61	819	50	58	213	23	93	30	169
68	0,1	0,2	0,1	1,4	20	48	31	422	57	58	230	15	48	20	149
69	1,4	1,4	1,6	19,3	423	403	482	5653	43	58	194	39	403	52	187
70	0,5	0,8	0,9	11,1	151	235	259	3298	48	58	208	37	235	47	196
71	0,2	0,4	0,4	5,4	59	115	122	1613	48	58	208	26	115	39	184
72	0,1	0,2	0,2	2,8	30	61	63	856	54	58	224	19	61	30	178
73	0,9	2,0	0,5	0,0	239	556	139	0	45	81	0	38	556	51	0
74	0,5	1,3	0,2	0,0	137	384	71	0	51	79	0	37	384	37	0
75	0,2	0,7	0,1	0,0	54	215	38	0	51	79	0	26	215	26	0
76	0,1	0,4	0,1	0,0	32	127	20	0	57	77	0	21	127	16	0
77	0,2	0,4	0,5	0,0	48	104	155	0	43	82	0	23	104	54	0
78	0,1	0,3	0,3	0,0	33	74	75	0	48	80	0	20	74	39	0
79	0,1	0,2	0,1	0,0	18	45	43	0	48	80	0	13	45	28	0
80	0,0	0,1	0,1	0,0	10	26	21	0	54	78	0	9	26	16	0
81	0,2	0,4	1,0	0,0	52	102	281	0	42	83	0	23	102	64	0
82	0,1	0,3	0,5	0,0	40	79	144	0	47	81	0	22	79	52	0
83	0,1	0,2	0,3	0,0	22	45	80	0	46	81	0	15	45	40	0
84	0,0	0,1	0,1	0,0	13	28	39	0	52	79	0	10	28	26	0
85	0,7	1,8	0,3	0,0	223	544	77	0	51	79	0	41	544	39	0
86	0,3	1,0	0,1	0,0	87	291	41	0	57	77	0	34	291	27	0
87	0,1	0,5	0,1	0,0	37	147	20	0	57	77	0	22	147	16	0
88	0,1	0,3	0,0	0,0	21	82	11	0	65	75	0	16	82	10	0
89	0,2	0,4	0,3	0,0	54	117	83	0	48	80	0	26	117	41	0
90	0,1	0,2	0,1	0,0	25	58	41	0	54	78	0	17	58	27	0
91	0,0	0,1	0,1	0,0	13	31	22	0	54	78	0	10	31	17	0
92	0,0	0,1	0,0	0,0	7	17	11	0	62	76	0	6	17	10	0
93	0,2	0,5	0,5	0,0	73	142	165	0	46	81	0	28	142	54	0
94	0,1	0,2	0,3	0,0	37	73	83	0	52	79	0	22	73	40	0
95	0,1	0,1	0,1	0,0	18	37	41	0	52	79	0	13	37	27	0
96	0,0	0,1	0,1	0,0	9	19	22	0	59	77	0	8	19	17	0
ka	0,5	0,9	0,5	6,6	143	268	136	1868	50	68	207	26	268	36	175
min	0,0	0,1	0,0	0,0	7	17	11	0	39	58	0	6	17	10	0
maks	3,8	5,7	3,0	19,3	1127	1690	837	5653	65	83	238	48	1690	64	196
md	0,2	0,4	0,3	0,7	53	122	81	211	49	67	91	24	127	38	74

Lk	Partikkelifosfori				Liukoinen fosfori				Kokonaisfosfori			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	
1	3272	5256	1241	9216	3842	2833	12031	1767	5256	863	5218	
2	2046	3846	685	6743	2838	2078	9771	1189	3846	515	3990	
3	742	1808	340	3170	2853	2089	9806	589	1808	292	2395	
4	385	1164	179	2041	2201	1648	8251	328	1164	161	1636	
5	409	842	1259	7381	4408	3312	13254	374	842	912	4741	
6	313	653	671	5722	3182	2325	10562	285	653	520	3711	
7	160	349	370	3060	3201	2339	10604	152	349	319	2375	
8	98	226	184	1984	2430	1800	8808	94	226	167	1620	
9	1327	1313	2959	18420	5006	3874	14518	1049	1313	1678	8119	
10	689	927	1418	13005	3533	2589	11350	577	927	916	6061	
11	182	356	678	4999	3555	2606	11398	173	356	538	3475	
12	127	254	358	3561	2657	1953	9349	121	254	303	2579	
13	3775	5662	767	9928	4436	2513	13314	2040	5662	588	5687	
14	1634	3226	424	5657	2963	1848	10061	1053	3226	345	3621	
15	552	1476	191	2588	2984	1857	10109	466	1476	173	2061	
16	217	811	104	1421	2146	1467	8116	197	811	97	1210	
17	714	1180	805	10342	5375	2935	15285	630	1180	632	6168	
18	294	616	405	5397	3442	2066	11147	271	616	339	3637	
19	140	310	201	2714	3469	2078	11205	134	310	183	2185	
20	65	159	102	1395	2430	1601	8808	63	159	96	1204	
21	1444	1374	1604	19277	6462	3428	17506	1180	1374	1093	9175	
22	506	788	858	11059	3958	2298	12284	449	788	625	5820	
23	196	383	403	5366	3991	2313	12355	186	383	343	3741	
24	100	202	209	2833	2723	1737	9503	96	202	187	2182	
25	871	2025	472	0	3110	2910	0	681	2025	406	0	
26	477	1338	237	0	2371	2210	0	397	1338	214	0	
27	188	743	128	0	2382	2220	0	175	743	121	0	
28	108	430	65	0	1880	1788	0	102	430	63	0	
29	179	387	531	0	3510	3331	0	170	387	458	0	
30	115	261	250	0	2629	2445	0	111	261	227	0	
31	64	156	144	0	2643	2457	0	62	156	136	0	
32	36	88	69	0	2059	1939	0	35	88	66	0	
33	196	384	974	0	3922	3803	0	187	384	775	0	
34	144	285	486	0	2887	2689	0	137	285	412	0	
35	78	160	270	0	2903	2705	0	76	160	246	0	
36	45	98	130	0	2234	2089	0	44	98	122	0	
37	740	1804	253	0	3340	2479	0	606	1804	230	0	
38	286	962	134	0	2356	1914	0	255	962	125	0	
39	122	484	67	0	2370	1923	0	116	484	65	0	
40	68	271	38	0	1768	1565	0	66	271	37	0	
41	179	388	273	0	3923	2809	0	171	388	249	0	
42	81	192	134	0	2686	2105	0	79	192	126	0	
43	41	103	71	0	2704	2116	0	41	103	69	0	
44	22	55	38	0	1976	1690	0	22	55	37	0	
45	244	473	545	0	4563	3172	0	231	473	465	0	
46	121	242	273	0	3030	2303	0	117	242	244	0	
47	58	123	137	0	3051	2315	0	57	123	129	0	
48	29	64	71	0	2186	1815	0	29	64	69	0	

Kost. = kosteikko, Lask. = laskeutusallas, Suoj. = suojavyöhyke, Säät. = säätösalaajitus

Lk	Partikkelifosfori				Liukoinen fosfori			Kokonaisfosfori			
	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.	Kost.	Suoj.	Säät.	Kost.	Lask.	Suoj.	Säät.
49	3272	5256	1241	9216	557	773	3281	476	5256	476	2420
50	2046	3846	685	6743	453	567	2665	371	3846	310	1910
51	742	1808	340	3170	454	570	2674	282	1808	213	1451
52	385	1164	179	2041	382	449	2250	192	1164	128	1070
53	409	842	1259	7381	614	903	3615	245	842	526	2426
54	313	653	671	5722	489	634	2881	191	653	326	1916
55	160	349	370	3060	491	638	2892	121	349	234	1487
56	98	226	184	1984	408	491	2402	79	226	134	1087
57	1327	1313	2959	18420	673	1057	3959	447	1313	779	3259
58	689	927	1418	13005	526	706	3095	298	927	471	2500
59	182	356	678	4999	528	711	3108	135	356	347	1917
60	127	254	358	3561	433	533	2550	98	254	214	1486
61	3775	5662	767	9928	617	685	3631	530	5662	362	2659
62	1634	3226	424	5657	466	504	2744	363	3226	230	1848
63	552	1476	191	2588	468	506	2757	253	1476	139	1335
64	217	811	104	1421	376	400	2213	138	811	83	866
65	714	1180	805	10342	734	800	4169	362	1180	401	2971
66	294	616	405	5397	516	563	3040	187	616	236	1945
67	140	310	201	2714	519	567	3056	110	310	148	1437
68	65	159	102	1395	408	437	2402	56	159	83	882
69	1444	1374	1604	19277	921	935	4774	562	1374	591	3827
70	506	788	858	11059	569	627	3350	268	788	362	2571
71	196	383	403	5366	572	631	3369	146	383	246	2070
72	100	202	209	2833	440	474	2592	81	202	145	1354
73	871	2025	472	0	482	794	0	310	2025	296	0
74	477	1338	237	0	401	603	0	218	1338	170	0
75	188	743	128	0	403	606	0	128	743	105	0
76	108	430	65	0	345	488	0	82	430	57	0
77	179	387	531	0	523	909	0	133	387	335	0
78	115	261	250	0	430	667	0	91	261	182	0
79	64	156	144	0	431	670	0	56	156	119	0
80	36	88	69	0	366	529	0	32	88	61	0
81	196	384	974	0	565	1037	0	146	384	502	0
82	144	285	486	0	458	733	0	109	285	292	0
83	78	160	270	0	460	738	0	67	160	198	0
84	45	98	130	0	386	570	0	40	98	106	0
85	740	1804	253	0	506	676	0	300	1804	184	0
86	286	962	134	0	400	522	0	167	962	106	0
87	122	484	67	0	401	524	0	93	484	59	0
88	68	271	38	0	332	427	0	57	271	34	0
89	179	388	273	0	566	766	0	136	388	201	0
90	81	192	134	0	436	574	0	69	192	108	0
91	41	103	71	0	438	577	0	38	103	64	0
92	22	55	38	0	356	461	0	21	55	35	0
93	244	473	545	0	629	865	0	176	473	334	0
94	121	242	273	0	473	628	0	96	242	190	0
95	58	123	137	0	475	631	0	52	123	112	0
96	29	64	71	0	381	495	0	27	64	62	0
ka	497	931	463	6553	1811	1490	7143	272	931	292	2902
min	22	55	38	0	332	400	0	21	55	34	0
maks	3775	5662	2959	19277	6462	3874	17506	2040	5662	1678	9175
md	185	409	271	697	1344	1262	1107	149	409	214	433

Kost. = kosteikko, Lask. = laskeutusallas, Suoj. = suojavyöhyke, Säät. = säätösalaajitus



# Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika 27.09.2000
Tekijä(t)	Helena Äijö ja Sirkka Tattari	
Julkaisun nimi	Viljelyalueiden valumavesien hallintamalli	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Maatalouden valumavesien käsittelymenetelmien valintaan kehitetty malli (VIHTA-malli) yhdistää maatalouden ympäristökuormituksen nykytilan, kuormitusta vähentävien toimenpiteiden vaikutukset ja kustannukset sekä vesiensuojelun tavoitettiin liittyvän painotuksen. Näiden perusteella malli vertailee eri vaihtoehtoja ja priorisoi ne kustannustehokkuuden mukaan. Oleellista on kohdentaa toimenpiteet paikkoihin, joissa pelloilta tuleva kuormitus on merkittävää. Käytännössä kaikkia toimenpiteitä ei kuitenkaan voi soveltaa samalle paikalle, joten ne eivät varsinaisesti kilpaile keskenään.</p> <p>Erityisesti on muistettava, että tarkasteltavan valuma-alueen kuormitusongelmia ei voida useimmissa tapauksissa ratkaista yhdellä menetelmällä. Alueen ominaisuuksista riippuen siellä on mahdollista toteuttaa useita vaihtoehtoisia ratkaisuja. VIHTA-mallin perusteella valitaan kustannustehokkain vaihtoehto ja kun sitä ei enää voida toteuttaa enempää valitaan seuraavaksi kustannustehokkain menetelmä.</p>	
Asiasanat	maatalous, valumavesi, hajakuormitus, ympäristönsuojelu, vesiensuojelu, vaikutukset, kustannukset, tehokkuus	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 442	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Viljelyalueiden valumavesien hallinta-projekti Life 97/ENV/FIN/000335	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Suomen ympäristökeskus	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Suomen ympäristökeskus, Maatalouden tutkimuskeskus, Valtion teknillinen tutkimuslaitos	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0796-0
	Sivuja 65	Kieli Suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 74,00 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Oy Edita Ab, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380 sähköpostiosoite: asiakaspalvelu@edita.fi www-palvelin: http://www.edita.fi/netmarket	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Oy Edita Ab, Helsinki 2000	

# Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum 27.09.2000
Författare	Helena Äijö ja Sirkka Tattari	
Publikationens titel	En åtgärdsmodell för belastning av avrinningsvatten från åkermark	
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt		
Sammandrag	<p>För att underlätta valet av metoder för behandling av avrinningsvatten från jordbruket har en modell (Vihta- modellen) utvecklats. I modellen kombineras jordbrukets belastning i nuläge, följderna och kostnaderna av åtgärder som förminskar belastningen samt viktning av vattenskyddets målparametrar. På basen av dessa jämförs olika alternativ och prioriteras enligt kostnadseffektivitet. Det väsentliga är att åtgärder vidtas där belastningen är betydlig. I praktiken lämpar sig inte alla åtgärder på samma plats och tävlar sålunda inte egentligen sinsemellan.</p> <p>Problemet med belastningen inom ett avrinningsområde kan sällan lösas med hjälp av endast en slags åtgärd. Beroende på områdets egenskaper är det möjligt att förverkliga flere alternativa lösningar. Med hjälp av VIHTA-modellen kan man välja den mest kostnadseffektiva åtgärden och förverkliga den så långt det är möjligt och därefter välja den näst effektivaste åtgärden.</p>	
Nyckelord	jordbruk, avrinning, diffus belastning, miljövård, vattenvård, effekter, kostnader	
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 442	
Publikationens tema	Miljövård	
Projektets namn och nummer		
Finansiär/ uppdragsgivare	Finlands miljöcentral	
Organisationer i projektgruppen	Finlands miljöcentral, Lantbrukets Forskninligns central, Statens tekniska forskningscentral	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0796-0
	Sidantal 65	Språk Finska
	Offentlighet Offentlig	Pris 74,00 mk
Beställningar/ distribution	Edita Ab, Kundservice, PL 800, 00043 Edita (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi www-server: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>	
Förläggare	Finlands miljöcentral PL 140, 00251 Helsingfors	
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Oy Edita Ab, Helsingfors 2000	

# Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date 27.09.2000
Author(s)	Helena Äijö ja Sirkka Tattari	
Title of publication	Management system for runoff waters from arable lands	
Parts of publication/ other project publications		
Abstract	<p>This paper presents a decision-making system (VIHTA-model), which was developed to select the best agro-environmental protective measure to reduce nutrient loads for entering the runoff waters. The model will bring together the present state of environmental load, protective measures and their impact on water protection as well as the cost-efficiency of each measure. It is essential to adjust the protective measures in locations where the load is relevant. In practice, the different measures are not necessarily applicable at a same place so they do not actually compete with each other. The non-point pollution problems cannot be solved with a single measure inside a drainage basin. Depending on the characteristics of a basin, several measures can be carried out cost-effectively. Comparisons between the different measures based on their cost-efficiency can be assessed and prioritized with VIHTA-model.</p>	
Keywords	agriculture, runoff waters, non-point load, environmental protection, water protection, impacts, cost efficiency	
Publication series and number	Tte Finnish Environment 442	
Theme of publication	Environmental protection	
Project name and number, if any	Management of the Runoff Water from Arable Land Life 97/ENV/FIN/000335	
Financier/ commissioner	Finnish Environment Institute	
Project organization	Finnish Environment Institute, Agricultural Research Centre of Finland, Technical Research Centre of Finland	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0796-0
	No. of pages 65	Language Finnish
	Restrictions Public	Price FIM 74.00
For sale at/ distributor	Edita Ltd, tel. + 358 9 566 0266 Oy Edita Ab, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi www-server: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>	
Financier of publication	Finnish Environment Institute PL 140, 00251 Helsinki, Finland	
Printing place and year	Oy Edita Ab, Helsinki 2000	

## Suomen ympäristö

340. Water protection targets for the year 2000. Ympäristöministeriö.
341. Aluearkkitehtitoiminnan kehittäminen. Ympäristöministeriö.
342. Mikkola, Aaro; Jaakkola, Olli & Sucksdorff, Yrjö: Valtakunnallisten maankäyttö-, peitteisyys- ja maaperäaineistojen muodostaminen. Ympäristöministeriö.
343. Strandell, Anna: Asukaskysely suomalaisista asuinympäristöistä. Ympäristöministeriö.
344. Ristimäki, Mika: Ehdotus yhdyskuntarakenteen seurannan järjestämiseksi ja kehittämiseksi. Ympäristöministeriö.
345. Berninger, Kati: EU:n aluekehitysohjelmien ympäristöindikaattorit Suomessa. Suomen ympäristökeskus.
346. Öljyisten alusjätteiden vastaanotto satamissa - alusjätetyöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
347. Gynther, Lea; Torkkeli, Sirpa & Ötterström, Tomas: Suomen teollisuuden päästöjen ympäristökustannukset. Tapaustarkasteluna metsäteollisuus. Ympäristöministeriö.
348. Luhanka, Juha: Useamman direktiivin alaiset rakennustuotteet. Ympäristöministeriö
349. Hein, Kari; Pirinen, Auli & Salo, Petri: Toimitilakiinteistön huoltokirja. Ympäristöministeriö.
350. Tana, Jukka; Ruonala, Seppo & Ruoppa, Marja: Happikemikaalien käyttöön perustuvan massanvalkaisun ympäristövaikutuksia - Projektin yhteenvetoraportti. Suomen ympäristökeskus.
351. Tengvall, Jukka: Kaasujen käsittely bensiinillä saastuneen maaperän huokoskaasupuhdistuksessa. Uudenmaan ympäristökeskus.
352. Eerolainen, Riitta: Ympäristölupamenettelyn ympäristötaloudelliset näkökohdat. Hämeen ympäristökeskus.
353. Liukko, Ulla-Maija (toim.): Saukkokannan tila ja seuranta Suomessa. Suomen ympäristökeskus.
354. Housing of older people in the EU countries. Ympäristöministeriö.
355. Söderman, Guy: Diversity of pollinator communities in Eastern Fennoscandia and Eastern Baltics. Results from pilot monitoring with Yellow traps in 1997 - 1998. Suomen ympäristökeskus.
356. Schroderus-Härkönen, Seija; Markkanen, Sirkka-Liisa & Helo, Teppo: Kainuun ympäristön laadun kuvaus. Kainuun ympäristökeskus.
357. Marttunen, Mika & Järvinen, Erkki: Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Yhteenveto ja suositukset. Suomen ympäristökeskus.
358. Luosma, Kirsi & Hynynen, Raija: Sosiaalisten vuokra-asuntojen hakijoiden, hakumenettelyn ja asukasvalinnan vertailu Helsingissä ja Lahdessa. Ympäristöministeriö.
359. Tanninen, Timo & Hirvonen, Jukka: Housing allowance in Finland in the 1990's. Results of the cutbacks and evaluation of the effects. Ympäristöministeriö.
360. Mäkinen, Heikki: 2000-luvun vesipiirit. Näkemyksiä Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivin edellyttämästä aluejaosta. Suomen ympäristökeskus.
361. Gustafsson, Juhani: Tiesuolauksen riskikartoitus pohjavesialueilla - valtakunnallinen yhteenveto. Suomen ympäristökeskus.
362. Karvosenoja, Niko: National cost curve analysis SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emission control. Suomen ympäristökeskus.
363. Järvinen, Erkki, A: Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn kehittäminen - yhteenvetoraportti. Suomen ympäristökeskus.
364. Bäck, Saara & Lindholm, Tapio: Vesi- ja rantaluonnon monimuotoisuuden säilyttäminen. Selvitys vesiensuojelun tavoiteohjelmaa v.uotta 2005 varten. Suomen ympäristökeskus.
365. Penttinen, Katri: Pkt-yritysten ympäristönsuojelu. Ympäristöministeriö.
366. Laukkanen, Kauko: Karjatilojen jätevesien käsittely maa- ja kivivillasuodattimessa. Pohjois-Savon ympäristökeskus.
367. Siuntion kulttuuriympäristöohjelma. Kulturmiljöprogrammet för Sjundeå. Ympäristöministeriö.
368. Haapala, Henna: Karjalan tasavallan metsiensuojelukeskelun retoriikka-analyysi. Suomen ympäristökeskus.
369. Iломäki, Mika: Materiaalitehostamisen ja jätteen synnyn ehkäisyyn mahdollisuudet pkt-yrityksissä - yrityksen näkökulma. Pirkanmaan ympäristökeskus.
370. Töyrylä, Jouni & Ropponen, Jukka: Esteettömyys Joensuun Marjalassa. Ympäristöministeriö.
371. Johansson, Matti & Lindström, Maria: National Integrated Assessment Modelling. Workshop Report. Suomen ympäristökeskus.
372. Manninen, Pertti: Kunnostus- ja täydennysojituksen vesistövaikutuksia. Veden laatu, kuormitus ja vesiensuojelu. Etelä-Savon ympäristökeskus.
373. Silvo, Kimmo; Melanen, Matti; Gynther, Lea; Torkkeli, Sirpa; Seppälä, Jyri; Kärmeniemi, Tellerovo & Pesari, Juha: Yhtenäisten päästöjen ja ympäristövaikutusten arviointi. Lähestymistapoja ympäristölupaprosessin tueksi. Suomen ympäristökeskus.
374. Bilaletdin, Amer & Arvonen, Hannu (toim.): Vörtsjärven kunnostuksen ja suojelun yleissuunnitelma. Pirkanmaan ympäristökeskus.
375. Siistonen, Pasi: Kiihtelysvaaran kulttuuriympäristöohjelma. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
376. OECD Environmental Performance Review. Finland's Progress Report. Ympäristöministeriö.
377. Pohjanpitäjänlahden syvänteessä vuosina 1995 ja 1996 toteutettu hapetus. Alusveden vaihdunta sekä happi- ja suolataseet. Suomen ympäristökeskus.
378. Kuntaohjaustyöryhmän muistio. Ympäristöministeriö.
379. Hanski, Minna: Jokien rakeenteellisen tilan arviointi. Taustaa EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpanolle Suomen virtavesissä. Suomen ympäristökeskus.
380. Varjopuro, Riku & Furman Eeva: Kalankasvatuksen lupajärjestelmä. Ympäristöpoliittiset ohjat

- uskeinot yrittäjän näkökulmasta. Suomen ympäristökeskus.
381. Alatalo, Merja: Metsätaloustoimenpiteistä aiheutunut ravinne- ja kiintoainekuormitus. Suomen ympäristökeskus.
  382. Asuntopoliittinen strategia. Selvitysmiehen ehdotus. Ympäristöministeriö.
  383. Tenhunen, Jyrki & Seppälä, Jyri (toim.): Alueellinen ympäristöanalyysi. Esimerkkinä Etelä-Savo. Suomen ympäristökeskus.
  384. Polojärvi, Katja; Luoto, Miska & Heikkinen, Risto: Karttapohjainen tarkastelu geomorfologisten muodostumien suojelutilanteen arvioinnissa. Suomen ympäristökeskus.
  385. Biosidivalmisteiden markkinoille luovuttaminen. Direktiivin täytäntöönpanoa koskevat ehdotukset. Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
  386. Kellomäki, Erkki; Kanerva, Pertti & Toivonen, Heikki: Niinipuun (*Tilia cordata* Mill) olemassaolon taistelu pohjoisrajallaan Virroilla (PH). Hämeen ympäristökeskus.
  387. Johansson, Matti; Ahonen, Johanna; Amann, Markus; Bartnicki, Jerzy; Ekqvist, Marko; Forsius, Martin; Karvosenoja, Niko; Lindström, Maria; Posch, Maximilian; Suutari, Riku & Syri, Sanna: Integrated Environmental Assessment Modelling - Final Report of the Finnish Subproject EU/LIFE Project. Suomen ympäristökeskus.
  388. Kuusinen, Kaisu & Tornivaara-Ruikka, Riitta: Yhdyskuntarakenteen seurantarjestelmän alueellisia käyttömahdollisuuksia. Uudenmaan ympäristökeskus.
  389. Pessa, Jorma & Anttila, Ilkka: Conservation of habitats and species on wetlands. A case of Liminganlahti Life Nature-Project in Finland. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
  390. Vehmas, Anne: Osallistumisen oppivuodet. Kokemuksia kaavoituskäytäntöjen kehittämistä Tuusulassa vuosina 1992 - 1998. Ympäristöministeriö.
  391. Turtiainen, Markku: Vertailu ympäristövaikutusten arviointimenetelyssä. Ympäristöministeriö.
  392. Kemppainen, Samuli & Markkanen, Sirkka-Liisa: Ilman kautta tuleva kuormitus, sen alkuperä ja vaikutukset Kainuussa. Kainuun ympäristökeskus.
  393. Mähönen, Outi & Rissanen, Johanna (eds.): AMAP National Implementation plan 1998 -2003, Finland. Suomen ympäristökeskus.
  394. Hellsten, Seppo (toim.): Päijänteen säännöstelyn kehittäminen. Rantavyöhykkeen tila ja siihen vaikuttavat tekijät. Suomen ympäristökeskus.
  395. Virkkala, Raimo; Korhonen, Kari; Haapanen, Reija & Aapala, Kaisu: Metsien ja soiden suojelutilanne metsä- ja suokasvillisuusvyöhykkeittäin valtakunnan metsien 8. inventoinnin perusteella. Suomen ympäristökeskus.
  396. Johansson, Matti (ed.): Integrated Environmental Assessment Modelling - Final Report of the EU/Life Project. Coupling of CORINAIR Data to Cost-effective Reduction Emission Strategies Based on Critical Thresholds (LIFE97/ENV/FIN336). Suomen ympäristökeskus.
  397. Vartiainen, Perttu: Method of description for the urban network in the Baltic Sea Region. Ympäristöministeriö.
  398. Väänänen, Katja: Ympäristövaikutusten arviointimenetely tiehankkeiden päätöksenteossa. Ympäristöministeriö.
  399. Nurmi, Eeva: Kemikaalien hormonaaliset vaikutukset ympäristössä - kirjallisuuskatsaus ja kansainvälinen yhteistyö. Suomen ympäristökeskus.
  400. Kaljonen, Minna: Viljelijänäkökuksia ympäristönhoidossa. Tuottajien sitoutuminen maatalouden ympäristötukiohjelmaan. Suomen ympäristökeskus.
  401. Melanen, Matti; Palperi, Matti; Viitanen, Mikko; Dahlbo, Helena; Uusitalo, Seppo; Juutinen, Artti; Lohi, Tiina-Kaisa; Koskela, Sirkka & Seppälä, Jyri: Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa. Suomen ympäristökeskus.
  402. Vesiensuojelun toimenpideohjelma vuoteen 2005. Åtgärdsprogram för skydd av vattnen fram till år 2005. Ympäristöministeriö.
  403. Vuori, Veli-Matti; Aronsuu, Ilona & Meissner: Lyhytaikaisäännöstelyn vaikutukset Perhonjoen koskielöstöön. Habitaattitutkimukset ja laboratoriokokeet vuosina 1997 - 1998. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
  404. Rosenström, Ulla & Palosaari, Marika (toim.): Kestävyyden mitta. Suomen kestävän kehityksen indikaattorit 2000. Ympäristöministeriö.
  - 404e Rosenström, Ulla & Palosaari, Marika(eds.): Signs of Sustainability. Finland's indicators for sustainable development 2000. Ympäristöministeriö
  405. Niemi, Jorma & Heinonen, Pertti (toim.): Ympäristön seuranta Suomessa. Suomen ympäristökeskus.
  406. Furman, Eeva: Practical application of the UN/ECE Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context. Final report of the workshop. Ympäristöministeriö.
  407. Suomen biologista monimuotoisuutta koskevan kansallisen toimintaohjelman toteutuminen vuosina 1997 - 1999. Ensimmäinen seurantaraportti. Ympäristöministeriö.
  408. Myllyniemi, Marjo & Lehvo, Anna-Maija: Suolilevän *in situ* kasvatus. Uudenmaan ympäristökeskus.
  409. Kahilainen, Juha: Kohti kestävää verkostoyhteiskuntaa. Kestävä kehitys ja tietoyhteiskunta. Ympäristöministeriö.
  410. Kaljonen, Minna: Vaikutusten arviointi liikennejärjestelmäsuunnitelman tukena. Tapaustutkimus pääkaupunkiseudulla. Suomen ympäristökeskus.
  411. Laukkanen, Tuula & Sirviö, Ulla-Maija: Aravavuokra-asuntojen vuokraavonta. Valtakunnallinen tilanne loka - marraskuu 1999. Ympäristöministeriö.
  412. Sairinen, Rauno & Teittinen, Outi: Vapaaehtoiset ympäristösopimukset. Suomi kansainvälisessä vertailussa. Ympäristöministeriö.
  413. Kauppila, Jussi: Teollisuusjätteiden hyödyntäminen maarakentamisessa. Lupasääntelyn kehittä-

- tämistarpeet ja kehittämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskus.
414. Niinioja, Riitta; Tanskanen, Anna-Liisa; Rummyantsev, Vladislav; Smirnova, Ljubov; Hildén, Mikael; Kontio, Panu & Filatov, Nikolai (eds.): Water management policy of large lakes . Tacis project TSP 40/97 DIMPLA Report of the tasks 4 and 5. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
415. Kautto, Petrus & Melanen, Matti: Teollisuus ja jätepoliittinen sääntely. Suomen ympäristökeskus.
416. Kiirikki, Mikko, Westerholm, Leena & Sarkkula, Juha: Suomenlahden levähaittojen vähentämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskus.
417. Ruoppa, Marja; Paasivirta, Jaakko; Lehtinen, Karl-Johan & Ruonala, Seppo: 4th International conference on environmental impacts of the pulp and paper industry proceedings of the conference 12 - 15 June 2000, Helsinki, Finland. Suomen ympäristökeskus.
418. Tammiranta, Anni: Selvitys Harjavallan maaperän saastuneisuudesta ja toimenpiteiden arviointi. Suomen ympäristökeskus.
419. Lindström, Marianne; Sahivirta, Elise & Saarinen, Kristina: Miten ympäristönsuojelulaki muuttaa lupapäätöksiä? Suomen ympäristökeskus.
420. Soveri, Jouko; Mäkinen, Risto & Peltonen, Kimmo: Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975 - 1999. Suomen ympäristökeskus.
421. Sorvari, Jaana: Mineraalisten teollisuusjätteiden maarakennuskäytön ympäristökriteerit. Suomen ympäristökeskus.
422. Veneiden melu ja aallokon muodostus. Ympäristöministeriö.
423. Lehtinen, Heli: Maaperänsuojelun toteutuminen paikallistasolla. Tapatutkimus kahdeksassa kunnassa. Suomen ympäristökeskus.
424. Sundgren, Regina (red.): Projekt skärgårdhus 2000. Ympäristöministeriö.
425. Vasara, Petri; Jäppinen, Hannu & Lobbas, Pia: A strategic concept for BAT in forest industry. Suomen ympäristökeskus.
426. Kustula, Virve; Salo, Hannu; Witic, Allan & Kaunismaa, Pekka: The Finnish background for EC documentation of best available techniques for tanning industry. Kalliiala, Eija & Talvenmaa, Päivi: The Finnish background for EC documentation of best available techniques for wet processing in textile industry. Suomen ympäristökeskus.
427. Kleemola, Sirpa & Forsius, Martin (eds.): 9th Annual Report 2000. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Suomen ympäristökeskus.
428. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö Suomessa. Ympäristöministeriö.
429. Kananoja, Tapio: Kallioperän suojele- ja opetuskohteita Etelä-Pohjanmaalla, Keski-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla. Ympäristöministeriö.
430. Kautto, Petrus; Melanen, Matti; Saarikoski, Heli & Ilomäki, Mika: Suomen jätepolitiikan ohjauskeinot - vaikutukset, vaikuttavuus ja kehittämistarpeet. Suomen ympäristökeskus.
431. Grönroos, Juha & Seppälä, Jyri: Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Suomen ympäristökeskus.
432. Tolvanen, Harri: Saaristomeren tombolat. Lounais-Suomen ympäristökeskus.
433. Carter, Timothy; Hulme, Mike; Crossley, Jennifer; Malyshev, Sergey; New, Mark; Schlesinger, Michael and Tuomenvirta, Heikki: Interim characterizations of regional climate and related changes up to 2100 associated with the draft sres marker emissions scenarios. Suomen ympäristökeskus.
434. Tenhunen, Jyrki; Oinonen, Jaana & Seppälä, Jyri: Vesihuollon elinkaaritutkimus. Tampereen vesilaitoksen vaikutukset ympäristöön. Suomen ympäristökeskus.





**YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU**

## Vijelyalueiden valumavesien hallintamalli

Maatalouden valumavesien käsittelymenetelmien soveltamisessa pitää lähteä ennen kaikkea kustannustehokkuus-ajattelusta. Kun maatalouden vesistökuormitusta pyritään puolittamaan rajallisilla resursseilla lyhyellä aikavälillä, on vesiensuojelutoimenpiteiden optimaalinen kohdentaminen tärkeää.

Tässä raportissa esitellään Suomen ympäristökeskuksessa kehitettyä arviointimallia (VIHTA-malli), joka yhdistää maatalouden ympäristökuormituksen nykytilan, kuormitusta vähentävien toimenpiteiden vaikutukset ja kustannukset sekä vesiensuojelun tavoitetaan liittyvän painotuksen. Näiden perusteella malli vertailee eri vaihtoehtoja ja priorisoi ne kustannustehokkuuden mukaan. Oleellista on kohdentaa toimenpiteet paikkoihin, joissa pelloilta tuleva kuormitus on merkittävä.



ISBN 952-11- 0796-0

ISSN 1238-7312

Oy EDITA Ab  
PL 800, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01  
ASIAKASPALVELU  
puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380  
EDITA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ  
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566  
Eteläesplanadi 4, puh. (09) 662 801



9 789521 107962