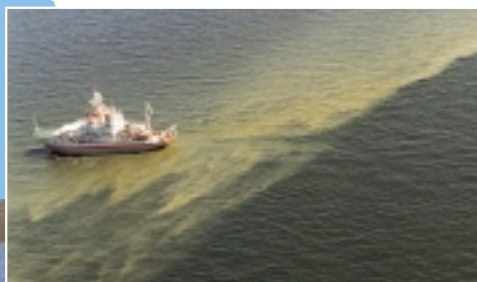


YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Mikko Kiirikki, Leena Westerholm ja Juha Sarkkula

Suomenlahden levähaittojen vähentämismahdollisuudet



Mikko Kiirikki, Leena Westerholm ja Juha Sarkkula

Suomenlahden
levähaittojen
vähentämismahdollisuudet

HELSINKI 2000

ISBN 952-11-0736-7
ISSN 1238-7312

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
<http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy416/sy416.htm>

Taitto
Päivi Laaksonen, Ritva Luoma

Kannen kuvat
Suuri kuva: Rihmamaisen suolilevän aiheuttamaa rantakivikon limoittumista
Eurajoen edustan merialueella, kesä 1993. Mikko Kiirikki.
Pieni kuva: Tutkimusalus Aranda ajaa sinilevälauttaan läntisellä Suomenlahdella,
kesä 1997. Rajavartiolaivos.

Graafiset piirrokset
Sirkka Vuoristo

Tummavuoren Kirjapaino
Vantaa 2000

Sisällys

Tulosten tiivistelmä	5
1 Johdanto	8
2 Suomenlahden ravinnekuormitus	10
3 Ravinnekuormituksen vähentäminen	13
3.1 Kotimaiset kuormitusvähennykset	13
3.1.1 Maatalous	14
3.1.2 Haja-asutus	16
3.1.3 Teollisuus	18
3.1.4 Yhdyskuntien jätevedet	19
3.2 Fosforinpoiston tehostaminen Pietarin kaupungin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla	20
3.3 Ravinnekuormituksen vähentämiskustannusten laskenta	21
4 Suomenlahden ekosysteemimalli	22
4.1 Toimintaperiaate	22
4.2 Skenaarioiden vaikutusten laskenta	23
4.3 Malliarvion tärkeimmät virhelähteet	24
5 Haittakysely	25
6 Skenaarioiden kustannustehokkuuden laskenta	27
7 Tulokset ja johtopäätökset	29
7.1 Kuormittajasektoreiden kustannukset ja päästövähennykset	29
7.2 Skenaarioiden vaikutukset Suomenlahden ekosysteemiin	30
7.3 Skenaarioiden kustannustehokkuus	30
Kirjallisuus	32

Tulosten tiivistelmä

Tämän selvitystyön ensisijaisena tehtävänä oli laatia arvio mahdollisuuksista Suomenlahden tilan parantamiseen ja levähaittojen vähentämiseen. Tarkastelu on tehty tällä hetkellä käytävissä olevien tietojen perusteella ja jatkuvasti kehittyvien menetelmien avulla. Tarkastelun tulokset täytyy ymmärtää ainoastaan hetkelliseksi tilannekatsaukseksi, joka on pyritty tekemään Suomenlahden näkökulmasta. Vesiensuojelutoimenpiteiden sisävesiin kohdistuvat vaikutukset on jätetty tarkastelussa täysin huomiotta. Kotimaisten toimenpiteiden lisäksi tarkasteluun otettiin vertailun vuoksi mukaan Pietarin nykyisten jätevedenpuhdistamoiden fosforinpoiston tehostaminen, jota pidetään yhtenä teknisesti toteuttamiskelpoisena ja kustannuksiltaan edullisena mahdollisuutena.

Valtioneuvoston vuonna 1998 hyväksymän Vesiensuojelun tavoiteohjelman 2005 kuormitustason mukainen skenaario vähentää Suomenlahteen päätyvää kotimaista biologisesti käytökelpoista typpikuormaa 21% ja fosforikuormaa 27% vuoden 1998 tasosta. Koko Suomenlahden ravinnekuormitukseen verrattuna nämä vähennykset ovat 2,7% typestä ja 1,8% fosforista. Selvitystyössä käytetyn ekosysteemimallin tulosten perusteella kotimaisilla toimenpiteillä pystytään vähentämään sekä kasviplanktonin että rantavyöhykkeen rihmalevien määrää. Selvimät parannukset kohdistuvat Helsingin ja Kotkan väliseen rannikkoalueeseen. Myrkyllisiä typpeä sitovien sinilevien kukintoja ei kotimaisilla toimilla voida vähentää ainakaan lyhyellä tähtäimellä. Voimakas typpikuorman vähentäminen saattaa väliaikaisesti hieman lisätä typpeä sitovien sinilevien määrää.

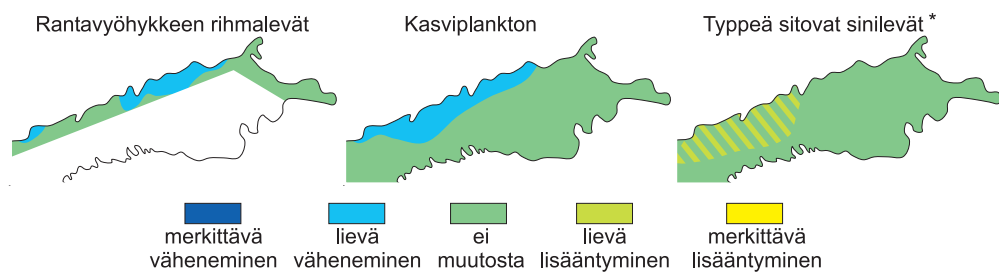
Tehostamalla fosforin poistoa Pietarin kaupungin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla saadaan Suomenlahden biologisesti käytökelpoista fosforikuormaa vähennettyä 16%, joka on lähes kymmenkertainen määrä Vesiensuojelun tavoiteohjelman mukaiseen skenaarioon verrattuna. Mallitulosten mukaan tämä toimenpide näkyy Suomenlahden typpeä sitovien sinilevien merkittävänä vähenemisenä. Kasviplanktonin kokonaismäärässä ja rantavyöhykkeen rihmalevissä tapahtuu vähenemistä lähinnä itäisellä Suomenlahdella. Suomen rannikkoalueen kannalta keskimääräiset muutokset jäävät kuitenkin vähäisiksi. Voimakas typpeä sitovia sinileviä vähentävä vaikutus nostaa Pietarin toimenpiteiden kustannustehokkuuden Suomen rannikkoalueen kannalta moninkertaiseksi kotimaisiin toimenpiteisiin verrattuna. Kotimaisten toimenpiteiden kustannustehokkuutta arvioitaessa ei ole otettu huomioon levähaittojen vähenemistä sisävesissä, missä valuma-alueella toteutettavat toimenpiteet ensisijaisesti vaikuttavat. Tutkimuksen tuloksista ei siis voi tehdä johtopäätöksiä esimerkiksi koko Vesiensuojelun tavoiteohjelman kustannustehokkuudesta.

Suomen rannikkoalueen kannalta sekä kotimaisten että lähialueen toimenpiteiden toteuttaminen on järkevää. Kotimaiset toimenpiteet vähentävät tehokkaimmin rantavyöhykkeen rihmalevien ja kasviplanktonin määrää rannikon välittömässä läheisyydessä. Pietarin fosforinpoiston tehostamisella voidaan puolestaan vähentää merkittävästi avomeren myrkyllisiä sinileväkukintoja.

Kotimainen nykykehitys (Skenaario 1)

Päästövähennyksen osuus Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	1,5% typpikuormasta 1,3% fosforikuormasta
Päästövähennyksen osuus Suomenlahden kotimaisesta biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	12% typpikuormasta 19% fosforikuormasta
Kustannusten nykyarvo 1998-2018	5 000 Mmk
Kustannustehokkuuden vertailuluku	0,7-1,5

Ekosysteemimallilla arvioidut vaikutukset

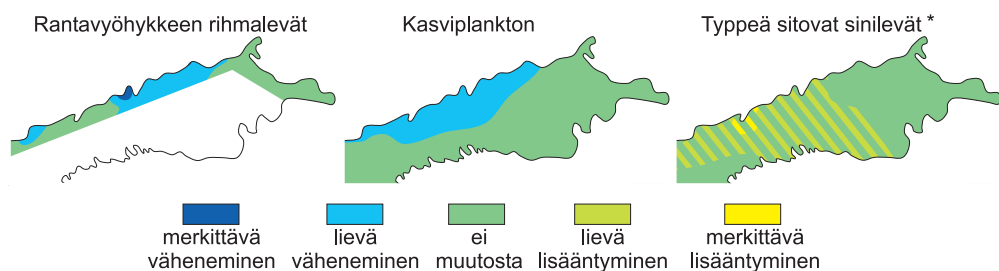


* Sinilevien lisääntymistä pidetään epävarmana ilmiönä

Kansallisen vesiensuojelun tavoiteohjelman 2005 kuormitustaso (Skenaario 2)

Päästövähennyksen osuus Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	2,7% typpikuormasta 1,8% fosforikuormasta
Päästövähennyksen osuus Suomenlahden kotimaisesta biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	21% typpikuormasta 27% fosforikuormasta
Kustannusten nykyarvo 1998-2018	8 500 Mmk
Kustannustehokkuuden vertailuluku	0,5-1,5

Ekosysteemimallilla arvioidut vaikutukset

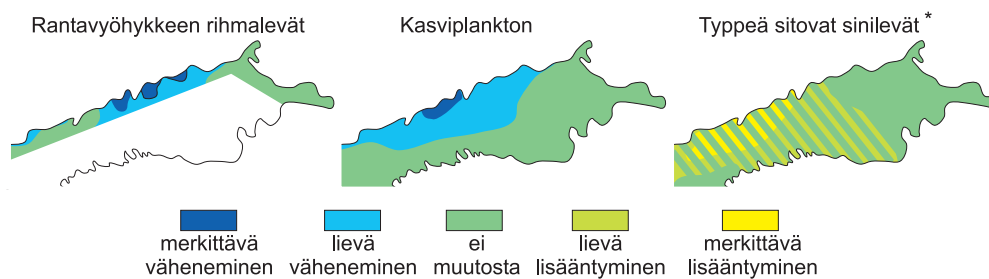


* Sinilevien lisääntymistä pidetään epävarmana ilmiönä

Kaikki teknisesti toteutettavissa olevat kotimaiset toimenpiteet (Skenaario 3)

Päästövähennyksen osuus Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	5,2 % typpikuormasta 3,1% fosforikuormasta
Päästövähennyksen osuus Suomenlahden kotimaisesta biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	40% typpikuormasta 47% fosforikuormasta
Kustannusten nykyarvo 1998-2018	15 000 Mmk
Kustannustehokkuuden vertailuluku	0,5-1,7

Ekosysteemimallilla arvioidut vaikutukset

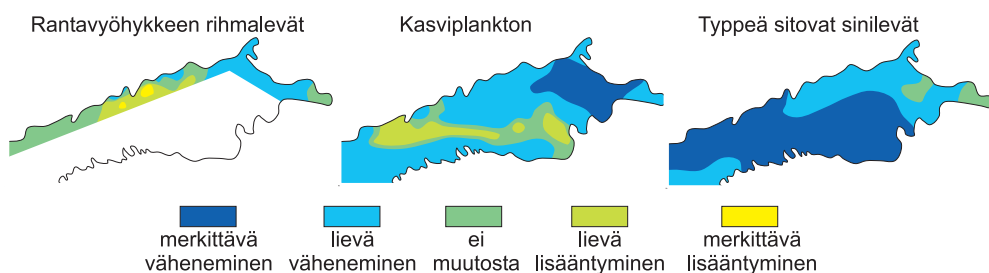


* Sinilevien lisääntymistä pidetään epävarmana ilmiönä

Fosforinpoiston tehostaminen Pietarin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla

Päästövähennyksen osuus Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	0% typpikuormasta 16% fosforikuormasta
Päästövähennyksen osuus Suomenlahden venäläisestä biologisesti käyttökelpoisesta ravinnekuormasta	0% typpikuormasta 21% fosforikuormasta
Kustannusten nykyarvo 1998-2018	600 Mmk
Kustannustehokkuuden vertailuluku	44

Ekosysteemimallilla arvioidut vaikutukset



Johdanto

Rehevöityminen on Suomenlahden vakavin ympäristöongelma, jonka vaikutukset tuntuvat voimakkaasti rantojen ja saariston virkistyskäytössä. Haitalliset leväkukinnat ovat näkyvin rehevöitymisen oire. Ne alentavat vesialueen käyttökelpoisuutta ja lisäävät ekosysteemin epävakautta. Voimakkaimmin rehevöitymisestä kärsiviä elinkeinoja ovat matkailu ja kalastus. Pidemmällä aikavälillä merellisen ympäristön arvotuksen lasku voi ilmetä myös rantojen arvon alenemisena. Viime vuosikymmenien voimakas panostaminen vesien suojelemaan näkyy parhaiten sisävesien kunnan paranemisena. Myös Suomenlahden kuormitus on alkanut 1990-luvulla kääntymään laskuun. Siitä huolimatta rehevöitymisen oireet eivät ole vielä vähentyneet. Ne kertovat että Suomenlahden ekosysteemin kyky käsitellä ravinnekuormitusta ylittyy edelleen.

Ravinnekuormituksen vähentämiseen on käytettävissä rajallinen määrä resursseja. Resurssien suuntaaminen on siksi ollut jatkuvan julkisen keskustelun kohteena. Kuormituksen vaikutukset Suomenlahden tilaan eivät ole suoraan verrannollisia päästöjen määrään. Ne riippuvat lisäksi kuormituksen vuodenaikaisesta jakautumisesta, virtauksista, sääolosuhteista sekä merialueen sisäisistä prosesseista. Suomenlahden ekosysteemissä tapahtuvien muutosten ennustaminen on hankalaa ilman tehokkaita työkaluja, joilla meren fysikaalisen ja biologisen ympäristön dynamiikka pystytään hallitsemaan. Näitä työkaluja, matemaattisia malleja, on kehitetty Suomen ympäristökeskuksessa, Merentutkimuslaitoksessa, Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy:ssä sekä Helsingin yliopiston geofysiikan laitoksella. Tämä raportti on syntynyt näiden laitosten tutkijoiden yhteistyö-

nä ympäristöklusteriohjelman rahoittamassa hankkeessa "Rehevöitymisen ja haitallisten leväkukintojen torjunta: Suomenlahden ravinnekuormituksen ekologinen, yhteiskunnallinen ja taloudellinen optimointi"

Hankkeen tutkimusryhmä muodostui laitosten tutkijoista, jotka yhdistivät asiantuntemuksensa kokonaisvaltaisen kuvan saamiseksi Suomenlahden ekosysteemissä tapahtuvista muutoksista. Tutkimusryhmä kokoontui kahden vuoden aikana toistakymmentä kertaa pohtimaan hankkeen etenemistä ja tulosten tulkintaan liittyviä ongelmia. Tutkimusryhmässä ei ollut nimettyjä edustajia vaan kokouksiin osallistuivat tarvittaessa ne tutkijat joiden toimialaa kokouksissa käsiteltiin. Eri laitosten tutkijoista koostunut ryhmä synnytti kahden vuoden toimintansa aikana myös hankkeen ulkopuolisia yhteistyöprojekteja ja edisti laitosten välisten käytännön yhteistyömuotojen kehittymistä. Tutkimusryhmän toimintaan osallistuneet tutkijat on esitetty Taulukossa 1.

Ravinnekuormituksen vähentämisen aiheuttaa kustannuksia sekä muita vaikutuksia yhteiskunnan eri sektoreille. Kustannustiedon keräämiseen ja tutkimusryhmän tuottaman tiedon arviointiin tarvittiin laajempaa asiantuntemusta sekä suoria yhteyksiä kuormitajasektoreihin. Tätä tarkoitusta varten koottiin hankkeen yhteistyöryhmä, jossa oli mukana edustajia viranomaistahojen lisäksi maatalouden, teollisuuden ja kuntien etujärjestöistä sekä tutkimuslaitoksista. Yhteistyöryhmän toimintaan osallistuneet organisaatiot ja henkilöt on esitelty Taulukossa 2. Yhteistyöryhmä kokoontui hankkeen aikana kahdeksan kertaa. Virallisten kokousten lisäksi ryhmän jäsenet olivat aktiivisesti yhteydessä hankkeen koordinaattorei-

hin. Ryhmän jäsenten rooli jakautui kahteen osaan. He toimivat välittäjinä sektorikohtaisen informaation keräämisessä ja edustivat samalla tulosten loppukäyttäjiä hankkeen etenemisen ohjauksessa. Ryhmän jäsenten aktiivisuus ja sitoutuminen hankkeeseen oli kiitettävää ja hanke eteni positiivisen kritiikin hengesessä alkuperäisen aikataulun mukaisesti.

Vesiensuojelun kustannustehokkuutta selvitettiin hankkeessa yhdistä-

mällä tutkimusryhmän työssä tuotettu arvio toimenpiteiden vaikutuksista Suomenlahden ekosysteemiin sekä yhteistyöryhmän avulla koottu tieto toimenpiteiden toteuttamisesta koituvista kustannuksista. Tarkastelu painottui kotimaisiin toimenpiteisiin. Vertailun vuoksi mukaan otettiin vaihtoehto, jossa Pietarin kaupungin nykyisten jätevedenpuhdistamojen toimintaa tehostettiin.

Taulukko 1. Hankkeen tutkimusryhmän toimintaan osallistuneet tutkijat.

Suomen ympäristökeskus

Juha Sarkkula	hankkeen koordinointi, yhteistyöryhmän puheenjohtaja
Mikko Kiirikki	operatiivinen johto, mallikehitys
Leena Westerholm	kustannuslaskenta, skenaarioiden muodostaminen, yhteydet kuormittajiin, haittakyselyn organisointi
Minna Kuusisto	malliajot
Heikki Pitkänen	kuormitustiedot ja -arviot
Jorma Leivonen	yhteistyöryhmän toiminta
Jyri Seppälä	kustannuslaskennan ohjaus

Ympäristövaikutusten arviointikeskus Oy

Jorma Koponen	yhteistyöryhmän toiminta
Arto Inkala	mallikehitys, malliajot, virtausmallivertailu

Merentutkimuslaitos

Juha-Markku Leppänen	yhteistyöryhmän toiminta
Harri Kuosa	mallin ja mallitulosten arviointi
Kai Myrberg	mallikehitys, virtausmallivertailu
Rein Tamsalu	mallikehitys
Peeter Ennet	mallikehitys, malliajot

Helsingin yliopisto, Geofysiikan laitos

Tapani Stipa	virtausmallivertailu
Antti Lindfors	virtausmittaukset

Taulukko 2. Hankkeen yhteistyöryhmän toimintaan osallistuneet organisaatiot ja niiden edustajat.

Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto	Kurt Hemnell
Teollisuus ja Työnantajat	Meeri Palosaari
Suomen Kuntaliitto	Vesa Valpasvuo
Ympäristötalous ry	Ilkka Herlin
Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos	Antti Lappalainen
Itämeren suojelukomissio	Tapani Kohonen, Ain Lääne
Ympäristöministeriö	Vappu Tervo
Maa- ja metsätalousministeriö	Johanna Lahti
Uudenmaan ympäristökeskus	Leena Villa
Kaakkois-Suomen ympäristökeskus	Pentti Välipakka

2

Suomenlahden ravinnekuormitus

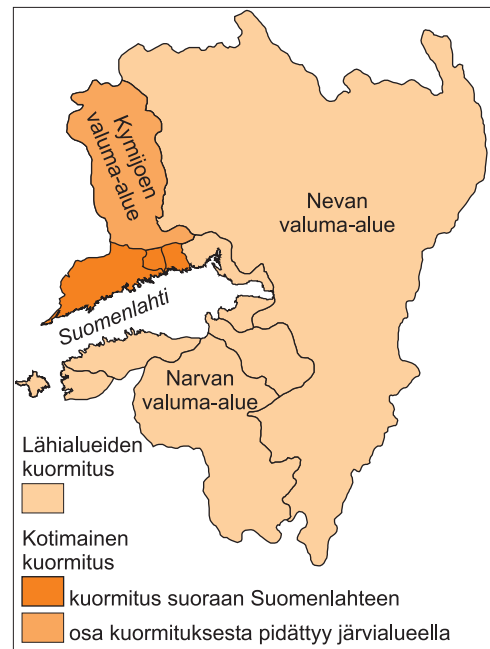
Kuormitusarvioissa Suomenlahden län-
sireunaksi on määritelty Hankoniemen
kärjestä suoraan etelään Hiidenmaalle
kulkeva linja. Hangon kaupunki teolli-
suusalueineen on läntisin tarkasteluun
mukaan otettu kuormittaja. Kotimai-
seen kuormitustarkasteluun on otettu
mukaan kaikkien Suomenlahteen laske-
vien jokien valuma-alueet (Kuva 1) lu-
kuun ottamatta Vuoksen vesistöaluet-
ta, joka laskee Suomenlahteen Laato-
kan ja Nevan kautta, sekä Viipurinlah-
teen laskevia jokia, joiden latvat jäävät
Suomen puolelle. Venäjän ja Viron Suo-
menlahteen kohdistuvaa ravinnekuor-
maa ei tunneta samalla tarkkuudella
kuin kotimaista kuormitusta.

Tarkastelussa käytetty kotimainen
kuormitusarvio kuvaa vuotta 1998. Jo-
kikuormituksen osalta arvio perustuu
jokivesistä vuonna 1998 tehtyihin liu-
koisten ravinteiden mittauksiin sekä sa-
man vuoden virtaamatietoihin (Pirkko
Kauppila, Suomen ympäristökeskus).
Suoraan mereen laskevien kuormittaji-
en osalta on käytetty Suomen ympäris-
tökeskuksen VAHTI-tietokannan tieto-
ja vuodelta 1998. Kotimaiset kuormitus-
tiedot on esitetty Taulukossa 3.

Kymijoen vesistön järvissä tapah-
tuu huomattavaa ravinteiden pidätty-
mistä. Tästä syystä vesistöalueen lat-
voilla tehtyjen toimenpiteiden vaiku-
tukset eivät kohdistu kokonaisuudes-
saan Suomenlahteen. Perustuotannol-
taan suurimmaksi osaksi fosforirajoit-
teiset järvet pidättävät fosforikuormaa
selvästi tehokkaammin kuin typpikuor-
maa. Järvien ravinteidenpidätyskyky on
alun perin arvioitu järveen tulevan ja
sieltä lähtevän ravinnevirran perusteel-
la (Antti Räike, Suomen ympäristökes-
kus). Kymijoen vesistön osalta järvien

pidätyskertoimet on sisällytetty Suo-
men ympäristökeskuksen VEPS-tieto-
kantaan, jonka avulla yksittäisten kuor-
mittajien Suomenlahteen päätyvä ra-
vinnekuorma on arvioitu. Työssä on jou-
duttu olettamaan että kuormituksen
vähennys ei vaikuta järvien ravinte-
idenpidätyskykyyn. Muilla tarkasteluun
mukaan otetuilla vesistöalueilla järvi-
syys on vähäisempää ja koko vesistöi-
hin tulevan ravinnekuorman on oletet-
tu päätyvän Suomenlahteen (Kuva 1).

Eri kuormituslähteistä tulevan ra-
vinnekuorman biologisessa käyttökelpo-
isuudessa on suuria eroja. Mikäli
kuormittajasta on ollut tiedossa aino-
astaan kokonaisravinnekuorma, se on
muutettu biologisesti käyttökelpoisessa
muodossa olevaksi kuormaksi käyt-
tökelpoisuuskertoimien avulla (Ekholm
1994, Ekholm & Krogerus 1998). Koko-



Kuva 1. Suomenlahden valuma-alue.

naistypen osalta käyttökelpoisuuden on arvioitu vaihtelevan välillä 30-100% ja kokonaisfosforin osalta välillä 30-80%. Taulukossa 4 on esitetty muunnoksissa käytetyt kertoimet kuormittajatyypeittäin. Päästövähennysten on oletettu kohdistuvan biologisesti käyttökelpoisiin osuuteen samassa suhteessa kuin kokonaisravinteisiin.

Lähialueiden osalta kuormitusarvot perustuvat Suomenlahtivuoden 1996 aikana kerättyihin tietoihin (Pitkänen

ym. 1997), joita on tarkennettu myöhemmin käynnistettyjen yhteistyöprojektien alustavilla tuloksilla. Suomenlahden suoran ilmakeuhituksen osalta arvio perustuu kulkeutumismallilla tehtyihin laskelmiin (Bartnicki ym. 1998). Ilmakeuhituksessa on huomioitu ainoastaan typpilaskeuma. Mallissa käytetyt lähialueen biologisesti käyttökelpoiset ravinnekuormat on esitetty Taulukossa 5.

Taulukko 3. Suomenlahden kotimainen ravinnekuormitus vuonna 1998.

Kuormittaja	Biologisesti käyttökelpoinen typpi (ton/vuosi)	Biologisesti käyttökelpoinen fosfori (ton/vuosi)
Karjaanjoki	422	7,2
Kirkkonummi	73	0,4
Espoo	447	5,3
Helsinki	1 311	13,4
Vantaanjoki	934	23,5
Porvoo	92	0,4
Mustijoki	256	7,5
Porvoonjoki	900	15,9
Koskenkylänjoki	146	4,2
Kymijoki	3 130	63,9
Kotka	158	3,8
Virojoki	102	2,6
Muu kotimainen kuormitus: pienet joet, asutuskeskukset ja teollisuuslaitokset sekä suoraan Suomenlahteen päätyvä hajakuormitus	2 103	83,1
Yhteensä	n. 10 100	n. 230

Taulukko 4. Laskennassa käytetty kokonaisravinnekuormituksen biologinen käyttökelpoisuus kuormittajatyypeittäin.

Kuormittajatyypit	Kokonaisfosforin biologinen käyttökelpoisuus	Kokonaistypen biologinen käyttökelpoisuus
Asutuskeskusten jätevedenpuhdistamot, joissa kemiallinen fosforin saostus	40%	90%
Teollisuus	50%	70%
Haja-asutus sekä asutuskeskusten jätevedenpuhdistamot ilman kemiallista fosforin saostusta	80%	90%
Maatalous	30%	70%
Metsätalous	30%	50%
Luonnonhuuhtouma	30%	30%
Laskeuma	-	100%

Taulukko 5. Suomenlahden lähialueen ravinnekuormitus vuosina 1995-1998.

Kuormittaja	Biologisesti käyttökelpoinen tyyppi (ton/vuosi)	Biologisesti käyttökelpoinen fosfori (ton/vuosi)
Viipurin alue	380	40
Nevajoki	22 000	500
Pietarin kaupunki	16 500	1 980
Koporskajajoki	370	55
Lugajoki	1 580	45
Narvan kaupunki	520	45
Narvajoki	2 780	390
Kohtla-Järven alue	2 090	30
Tallinnan kaupunki	1 100	35
Viron muu kuormitus	5 300	245
Ilmakuorma	17 250	0
Yhteensä	n. 70 000	n. 3 365

Ravinnekuormituksen vähentäminen

3.1 Kotimaiset kuormitusvähennykset

Tutkimushankkeessa keskityttiin tarkastelemaan kotimaisten vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia Suomenlahden tilaan sekä toimenpiteiden kustannustehokkuutta. Ainoa tarkasteluun mukaan otettu ulkomainen kohde on Pietarin kaupungin asutuksen aiheuttama kuormitus, koska se alustavien arvioiden mukaan vaikuttaa koko Suomenlahden tilaan. Tarkastelun lähtökohtana oli käyttää Suomenlahden ekosysteemimallia apuna arvioitaessa vesiensuojelutoimenpiteiden kustannustehokkuutta. Tätä varten muodostettiin arvioita vesistökuormituksen kehityksestä. Arviot muodostuvat tärkeimpiin kuormituslähteisiin kohdistuvista vesistökuormitusta vähentävistä toimenpiteistä. Käsiteltäviksi kuormitussektoreiksi valittiin:

- maatalous
- haja-asutus
- teollisuus
- yhdyskunnat

Tarkasteluun mukaan otetut kuormitussektorit kattavat 74% Suomenlahden kotimaisesta biologisesti käyttökelpoisesta typpikuormituksesta ja 85% fosforikuormituksesta. Tarkastelun ulkopuolelle jäivät ilmakehän typpilaskeuma, jonka vähentäminen ei ole mahdollista lyhyellä tähtämellä; metsätalous ja kalankasvatus, joiden merkitys Suomenlahden kannalta on vähäinen sekä luonnonhuuhtouma. Jokaisesta tarkasteluun mukaan otetusta toimenpiteestä koottiin tietokantaan seuraavat tiedot:

- kuormitussektori
- toimenpiteen tekninen kuvaus
- vesistöalueen osa, johon toimenpide kohdistuu
- typpi- ja fosforikuormituksen vuosittainen vähennys ravinnemäärinä tai prosenttiosuutena kuormituksesta
- investointikustannus sekä vuosittainen käyttökustannus
- toteuttamisvuosi

Toimenpiteistä on ekosysteemimalliajaja varten muodostettu kolme vaihtoehtoa, joita kutsutaan skenaarioiksi:

- Skenaarioon 1 kuuluvat ne toimenpiteet, jotka toteutuvat nykykehityksen jatkuessa positiivisesti.
- Skenaariolla 2 kuvataan sitä vesiensuojelun tasoa, joka saavutetaan kansallisen vesiensuojelun tavoiteohjelman 2005 toteutuessa. Skenaario 2 ei noudata tarkasti tavoiteohjelman kuormitusvähennysprosentteja tarkastelualueella, vaan siihen on luokiteltu toimenpiteet, jotka ovat toteutettavissa kohtuullisin panostuksin. Kaikki skenaarion 1 toimenpiteet oletetaan tehdyiksi skenaariossa 2.
- Skenaarioon 3 on otettu edellisten skenaarioiden toteutumisen lisäksi kaikki esiin tulleet teknisesti mahdolliset vesiensuojelutoimenpiteet niiden kustannuksista tai niihin liittyvistä muista ympäristöhaitoista välittämättä. Skenaariota 3 ei voitu pitää selvitystä tehtäessä toteuttamiskelpoisena vaihtoehtona vaan lähinnä teoreettisena kokeiluna kotimaisten vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusmahdollisuuksien rajojen löytämiseksi.

Taulukko 6. Kotimaiset skenaariot

1. Nykykehitys
2. Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2005
3. Kaikki teknisesti toteutettavissa olevat toimenpiteet
4. Maatalouspainotteinen
5. Haja-asutuspainotteinen
6. Teollisuuspainotteinen
7. Yhdyskuntien jätevesiin keskittyvä
8. Pistekuormitukseen keskittyvä
9. Hajakuormitukseen keskittyvä
10. Hajakuormitus ilman Kymijoen latva-alueita
11. Tehokkaimmin tyypeä poistavat toimenpiteet
12. Tehokkaimmin fosforia poistavat toimenpiteet

Kolmen pääskenaarion lisäksi ekosysteemimallilla ajettiin useita näiden yhdistelmiä (Taulukko 6). Skenaariot 4 - 7 muodostettiin valitsemalla yhdeltä kuormitussektorilta skenaarion 3 mukaiset toimenpiteet ja muilta kuormitussektoreilta skenaarion 1 mukaiset toimenpiteet. Pistekuormitukseen keskittyvä skenario 8 sisältää teollisuuden ja asutuksen osalta skenaarioon 3 kuuluvat toimenpiteet ja hajakuormituksen osalta skenaarioon 1 kuuluvat toimenpiteet. Hajakuormitukseen keskittyvään skenaarioon 9 kuuluvat maatalouden ja haja-asutuksen skenaarion 3 mukaiset toimenpiteet koko tarkastelualueelta. Skenaario 10 sisältää hajakuormituksen skenaarion 3 mukaiset toimenpiteet vain siltä Suomenlahden vähäjärviseltä rannikkoalueelta, jolta kuormituksen oletetaan tulevan kokonaisuudessaan Suomenlahteen (Kuva 1). Lisäksi testattiin kaksi täysin teoreettista skenaariota, joissa valittiin tehokkaimmin tyypeä tai fosforia poistavia toimenpiteitä niin, että niiden yhteensasketut nykyarvoiset kustannukset vuosilta 1998 - 2005 jäävät alle 2 miljardin markan.

3.1.1 Maatalous

Maatalouden tarkastelu rajattiin tässä tutkimuksessa peltoviljelyyn, josta runsaat 90% maatalouden vesistökuormi-

tuksesta on Vesiensuojelun tavoiteohjelman mukaan peräisin (Anonyymi 1998).

Skenaarioiden mukaisten toimenpiteiden vaikutukset vähennettiin tästä kuormitusosuudesta ja vaikutukset jaettiin vesistöalueittain peltopinta-alojen mukaisesti. Käytetyt vesistöalueiden peltopinta-alat ovat peräisin Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen tilastoista.

Skenaarioiden laadinnassa käytetyt maatalouden vesistökuormitusta vähentävät toimenpiteet, niiden toteuttamiskustannukset sekä vähennykset vesistökuormituksessa (Taulukko 7) ovat peräisin valmisteilla olevasta maatalouden ympäristöohjelmasta vuosille 2000-2006. Käytetyt kustannukset ovat ympäristöohjelman laatimisvaiheen arvioita, jotka ovat jonkin verran tarkentuneet lopullisessa ympäristöohjelmassa. Laskennassa käytetyt kustannukset eivät sisällä ympäristöohjelman 20%:n kannustinlisää. Laskennassa ei myöskään oteta huomioon muita maataloudelta edellytettäviä ympäristönsuojelutoimenpiteitä, joilla on välillinen vaikutus vesistökuormitukseen ja jotka aiheuttavat maanviljelijöille kustannuksia. Tarkastelun ulkopuolelle on jouduttu jättämään Valtioneuvoston päätös maataloudesta peräisin olevan nitraatin vesiin pääsyn rajoittamisesta (n:o 219/1998) aiheutuneet kustannukset, koska tämän päätöksen vesistövaikutuksista ei ollut saatavissa tietoa. Tulevaa vesistökuormitusta arvioitaessa on oletettu että:

- peltopinta-aloissa ei tapahdu olennaisia muutoksia
- maatalouden ympäristöohjelman 2000-2006 vähennykset vesistökuormituksessa tapahtuvat vuoden 1998 tasosta
- vesistökuormitus vähentyy lineaarisesti toimenpiteen piirissä olevan peltopinta-alan kasvaessa
- toimenpiteet aloitetaan vuonna 2000 ja niiden toteuttamista jatketaan joka vuosi koko tarkasteluajan.

Taulukko 7. Maatalouden vesistökuormituksen vähentämistoimenpiteet kustannuksineen sekä niiden vaikutus vesistökuormitukseen, kun toimenpiteet toteutetaan 75 - 80%:lla peltopinta-alasta Maatalouden ympäristöohjelman mukaisesti.

Toimenpide	Kustannus	Vähennys typpi-kuormituksessa	Vähennys fosfori-kuormituksessa
Peltokasvien peruslannoitus ja karjalannan käytön tarkentuminen	260 mk/ha	5 - 10%	5 - 10%
Pientareiden ja suojakaistojen perustaminen	15 mk/ha	-	5 - 10%
Talviaikainen kasvipeitteisyys ja kevennetty muokkaus, toteutuu 30%:lla edellisten toimenpiteiden piirissä olevista pelloista	112 mk/ha hinnoiteltu samaa pinta-alaa kohti kuin edelliset toimenpiteet	5 - 15%	-
Suojavyöhykkeiden perustaminen	2 000 mk/kaista-ha	5 %	10%
Kosteikkojen ja laskeutusaltaiden perustaminen, puolet viljelysmaalle	2 248 mk/kosteikko-ha	5%	5%
Luonnonmukainen viljely	769 mk/ha	5%	5%

Maatalouden skenaariossa 1 kuvataan tilanne, jossa viljelijät liittyvät maatalouden ympäristöohjelmaan 80%:lla peltopinta-alasta. Siinä toteutetaan seuraavat toimenpiteet:

- Peltokasvien peruslannoitus ja karjalannan käytön tarkentuminen sekä pientareiden ja suojakaistojen perustaminen toteutuu 80%:lla peltopinta-alasta. Saavutettava kuormitusvähennys on sekä typen että fosforin osalta 7,5%.
- Talviaikainen kasvipeitteisyys ja kevennetty muokkaus toteutetaan 30%:lla edellisen toimenpiteen piirissä olevista pelloista eli 24%:lla koko Suomenlahden valuma-alueen pelloista. Saavutettava kuormitusvähennys on 7,5% fosforikuormituksesta.
- Suojavyöhykkeitä perustetaan koko maahan 2 400 ha ja luonnonmukaista viljelyä aletaan toteuttaa 243 000 hehtaarilla kuten edellisen ympäristöohjelman aikana. Näistä 26% sijaitsee Suomenlahden valuma-alueella. Tämä vähentää typikuormitusta 5% ja fosforikuormitusta 10%.

Skenaariossa 2 koko peltopinta-ala on maatalouden ympäristöohjelman piirissä ja viljelijät toteuttavat runsaasti lisätoimenpiteitä. Se sisältää seuraavat toimenpiteet:

- Peltokasvien peruslannoitus ja karjalannan käytön tarkentuminen sekä pientareiden ja suojakaistojen perustaminen toteutuu koko peltopinta-alalla.
- Talviaikainen kasvipeitteisyys ja kevennetty muokkaus tapahtuu 30%:lla pelloista. Toimenpiteellä aikaansaatava vähennys typpi-kuormituksesta nousee samassa suhteessa eli on 13%.
- Suojavyöhykkeet ja luomuviljely toteutuvat kuten skenaariossa 1.
- Kosteikkoja ja laskeutusaltaita tehdään koko maassa 2 300 ha kuten edellisessä ympäristöohjelmassa. Näistä 483 ha sijaitsee Suomenlahden valuma-alueella. Puolet toteutetaan viljelysmaalla. Vähennykset vesistökuormituksessa ovat Taulukon 7 mukaiset.

Skenaariossa 3 lisätoimenpiteiden toteutusta on lisätty tuntuvasti edelliseen verrattuna:

- Peltokasvien peruslannoitus ja karjalannan käytön tarkentuminen sekä pientareiden ja suojakaistojen perustaminen toteutuu kuten skenaariossa 2.
- Talviaikainen kasvipeitteisyys ja kevennetty muokkaus tapahtuu 80%:lla pelloista. Typpikuormitus vähenee samassa suhteessa 33%:in.
- Suojavyöhykkeitä sekä kosteikkoja ja laskeutusaltaita toteutetaan kaksinkertainen määrä skenaarioon 2 verrattuna. Kuormitusvähennykset ovat myös kaksinkertaiset.
- Luomuviljelyä toteutetaan viisinkertainen määrä skenaarion 2 verrattuna. Kuormitusvähennykset ovat myös viisinkertaiset.

Käytetyillä laskentaperusteilla sekä tyyten että fosforin kuormituksen vähentämisessä tehokkain toimenpide vaikuttaisi olevan suojavyöhykkeiden perustaminen. Toimenpiteiden kustannukset perustuvat kuitenkin ainoastaan maatalouden ympäristötuen jakamista varten tehtyihin arvioihin. Myös arviot toimenpiteiden vaikutuksista vesistökuormitukseen ovat epävarmoja maatalouden vesistökuormituksen vaihdel-

lessa suuresti vuosittain sääolosuhteista riippuen. Yleensä vaikutus kuormitukseen voidaan havaita vasta useiden vuosien kuluttua toimenpiteen toteuttamisen aloittamisesta. Maatalouden kuormitusvähennykset eivät toimenpiteiden toteuttamisesta huolimatta luultavasti toteudu arvioidussa laajuudessa vuoteen 2005 mennessä. Kaiken kaikkiaan arvioita maatalouden vesiensuojelutoimenpiteistä voidaan pitää ainoastaan suuntaa-antavina.

3.1.2 Haja-asutus

Haja-asutuksen määrä tutkimuksen piiriin kuuluvilla vesistöalueilla selvitetiin tilastokeskuksen tammikuun 1998 huoneistotilaston avulla vähentämällä kaikkien huoneistojen määrästä ne huoneistot, joissa on viemäri liittymä. Viemärijärjestelmään liittymättömien huoneistojen jätevedenkäsittelyratkaisujen määrän ja osuuden vesistökuormituksesta arvioidaan jakautuvan Taulukon 8 mukaisesti. Lisäksi haja-asutuksen vesistökuormituksesta arvioidaan loma-asutuksen aiheuttavan 5% ja taajamissa sijaitsevan viemäriverkostoon kuulumattoman asutuksen 10%. Taulukko perustuu Suomen ympäristökeskuksen ympäristökuormitusyksikön vesihuoltoryhmän arvioon vuoden 1998 tilanteesta ja eri ratkaisujen tehokkuudesta.

Taulukko 8. Arvio haja-asutuksen jätevesiratkaisuista Suomessa vuonna 1998 (Suomen ympäristökeskuksen ympäristökuormitusyksikön vesihuoltoryhmän arvio)

Jätevesiratkaisu	Määrä		Pidättää lähtevää kuormitusta		Laskennallinen osuus haja-asutuksen vesistökuormituksesta	
			Typpi	Fosfori	Typpi	Fosfori
Pakettisuodatin	10 000	3%	20-60%	20-60%	2%	2%
Imeytys tai maasuodatin	20 000	5%	40-60%	40-100%	4%	3%
WC-vesien umpisäiliö ja harmaiden jätevesien imeytys	30 000	8%	70-90%	70-100%	2%	25%
Saostuskaivo ja imeytyskuoppa	100 000	26%	10-50%	10-50%	27%	27%
Saostuskaivo, suora purku	150 000	38%	10%	10%	51%	52%

Taulukossa esitettyjen ratkaisujen lisäksi käytetään umpisäiliöitä, joista jätevedet kuljetetaan puhdistamoille. Ratkaisua voidaan pitää eräänlaisena viemäröinnin esiasteena, eikä sitä oteta huomioon tarkastelussa. Tarkastelussa ei myöskään oteta huomioon uudisrakentamisen vaikutusta haja-asutuksen vesistökuormitukseen. Tämän päivän vaatimusten mukaisten jätevesiratkaisujen ansiosta uudisrakennusten aiheuttama vesistökuormitus on suhteellisen pieni ja uudisrakentaminen myös korvaa osittain vanhaa rakennuskantaa. Myöskään useamman kiinteistön kattavaa jätevedenkäsittelyä ei ole käsitelty erillisenä vaihtoehtona, vaan sen on oletettu toimivan yksittäisen kiinteistön ratkaisujen tavoin.

Haja-asutuksen vesistökuormitusta voidaan pienentää parantamalla kiinteistökohtaista jätevedenkäsittelyä tai liittämällä kiinteistö viemäriverkoston. Tutkimukseen valitut vaihtoehdot kiinteistökohtaiseen viemäröinnin parantamiseksi ovat jätevesien imeytys, pakettisuodatin, maasuodatin ja pakettipuhdistamo. Näitä oletetaan toteuttavan kaikkia samassa suhteessa. Taulukossa 9 on esitetty arviot vaihtoehtojen kustannuksista ja tehokkuudesta. Kiinteistökohtaisten ratkaisujen investointikustannuksiin on arvioitu varsinaisten hankintakustannusten lisäksi 2 000 markan panostus suunnitteluun,

joka on edellytys ratkaisun toimivudelle. Käyttökustannukset sisältävät sekä jatkuvan hoidon että kaivojen tyhjennyksen. Oikein toteutettu jätevesien imeytys aiheuttaa vähäisiä käyttökustannuksia eikä päästä juuri lainkaan kuormitusta vesistöön, mutta ratkaisu ei sovellu kaikkiin maaperäolosuhteisiin.

Parantamistoimenpiteet kohdistuvat niihin kiinteistöihin, joissa on saostuskaivo imeytyskuopalla tai suoralla purulla, sekä taajamissa sijaitsevaan viemäriverkkoon kuulumattomaan asutukseen. Kiinteistökohtaisten toimenpiteiden on oletettu kohdistuvan myös loma-asutukseen ja vähentävän sen aiheuttamaa kuormitusta.

Haja-asutuksen skenaariossa 1 tehtyjen oletusten taso perustuu Vesihuollon sopimus- ja maksujärjestelmien kehittämistyöryhmän haja-asutuksen vesihuollon kehittämis työjaoksen tavoitteeseen vuodelle 2005. Skenaario 1 sisältää seuraavat toimenpiteet:

- 6% saostuskaivoilla hoidetuista kiinteistöistä sekä taajamien kuormittajista liittyy viemäriverkoston ja 25%:ssa toteutetaan kiinteistökohtainen parannustoimenpide.
- 25%:ssa loma-asutusta toteutetaan kiinteistökohtainen parannustoimenpide.

Taulukko 9. Toimenpiteet haja-asutuksen vesistökuormituksen vähentämiseksi (Suomen ympäristökeskuksen ympäristökuormitusyksikön vesihuoltoryhmän arvio)

Vaihtoehto	Keskimääräinen investointikustannus	Keskimääräinen käyttökustannus	Pidättää kuormitusta	
			Typpi	Fosfori
Jätevesien imeytys	12 000 mk	500 mk/v	70-100%	80-100%
Pakettisuodatin	12 000 mk	1 500 mk/v	30-70%	30-70%
Maasuodatin	22 000 mk	1 000 mk/v	30-70%	40-80%
Pakettipuhdistamo	32 000 mk	2 000 mk/v	30-70%	60-90%
Kiinteistökohtaiset ratkaisut, keskimääräinen arvio	19 500 mk	1 500 mk/v	60%	73%
Liittyminen viemäriverkoston	20 000 mk	2 300 mk/v	70-90%	90-100%

Skenaario 2 perustuu vesiensuojelun tavoiteohjelman 2005 tavoitteeseen vähentää haja-asutuksen vesistökuormitusta 30% 1990-luvun alkupuolen tasosta. Laskennassa on oletettu, että vuoden 1998 kuormitus vastaa lähtötasoa. Skenaarion 2 sisältö on seuraava:

- Saostuskaivoilla hoidetuista kiinteistöistä liittyy viemäriverkostoon 10% ja kiinteistökohtainen parannustoimenpide toteutetaan 45%:ssa.
- Taajamien kuormittajista liittyy viemäriverkostoon 40% ja 45%:ssa toteutetaan kiinteistökohtainen parannustoimenpide.
- 45%:ssa loma-asutusta toteutetaan kiinteistökohtainen parannustoimenpide.

Skenaariossa 3 ei ole lainkaan ympäristöasutuksen saostuskaivoratkaisuja eikä taajamissa olevaa viemäroimäntöä asutusta. Siinä toteutetaan seuraavat toimenpiteet:

- Saostuskaivoilla hoidetuista kiinteistöistä liittyy viemäriverkostoon 15% ja kiinteistökohtainen parannustoimenpide toteutetaan 85%:ssa.
- Taajamien kuormittajista liittyy viemäriverkostoon 95% ja 5%:ssa toteutetaan kiinteistökohtainen parannustoimenpide.
- 85%:ssa loma-asutusta toteutetaan kiinteistökohtainen parannustoimenpide.

Arviot haja-asutukseen kohdistuvien toimenpiteiden kustannuksista ja vaikutuksesta vesistökuormitukseen sisältävät monia epävarmuustekijöitä. Ensinnäkin tilastotieto huoneistojen viemärintiratkaisuista perustuu kiinteistöjen rakentamisvaiheen tietoon. Toiseksi arviot eri jätevedenkäsittelyratkaisujen yleisyydestä ja niiden tehokkuudesta vesistökuormituksen pidättämisessä perustuvat asiantuntija-arvioon keskivertotilanteesta. Lisäksi asiantuntija-arvion avulla on laskettu myös käytetyt luvut parannustoimenpiteiden kustannuksille ja vaikutuksille. Arviot antanevat kuitenkin suuruusluokaltaan oikean kuvan haja-asutuk-

sen vesistökuormituksen tilanteesta ja mahdollisuuksista. Haja-asutuksen toimenpiteiden ajatellaan toteutuvan vähitellen vuosien 1998 ja 2005 välisenä aikana. Laskennan helpottamiseksi kustannusten investointivuodeksi on valittu aikavälin keskeltä vuosi 2002.

3.1.3 Teollisuus

Teollisuuden vesistökuormitusta vähentävien toimenpiteiden ja niiden kustannusten selvittäminen toteutettiin laitospohjaisilla kyselyillä. VAHTI-tietokannasta selvitettiin tarkasteltavan Suomenlahden valuma-alueen vesistökuormittajat vesistöalueittain sekä niiden typpi- ja fosforikuormitus vuonna 1998. VAHTI-tietokannan mukaan Suomenlahden valuma-alueella on 42 suoraan vesistökuormitusta aiheuttavaa teollisuuslaitosta. Valtaosa kuormituksesta tulee massa- ja paperiteollisuudesta. Laitoksia lähestyttiin ensin tutkimushankkeesta kertovalla kirjeellä, jossa pyydettiin tietoa laitoksen suunnitelmista ja mahdollisuuksista vesistökuormituksen pienentämisen suhteen. Tämä kysely ei tuottanut tarpeeksi tarkkaa tietoa kustannuslaskennan käyttöön, joten päädyttiin laitospohjaisiin puhelinhaastatteluihin. Haastatteluissa laitosten ympäristönsuojelusta vastaavia henkilöitä pyydettiin kertomaan laitoksessa mahdollisista vesistökuormitukseen vaikuttavista toimenpiteistä ja arvioimaan niiden kustannuksia ja kuormitusvähennyksiä. Haastatteluun vastasi 38 laitosta muutaman pienen kuormittajan jättäessä vastaamatta, ja teknisesti mahdollisia toimenpiteitä vesistökuormitukseen vähentämiseksi löytyi 31 laitoksesta.

Teollisuuden skenaariota 1 varten haastattelussa pyydettiin arvioita laitoksen vesistökuormituksen kehityksestä vuoteen 2005 mennessä sekä tietoa niistä vesistökuormitukseen vaikuttavista toimenpiteistä, jotka laitoksessa on suunniteltu toteutettavaksi tähän vuoteen mennessä. Yleensä suunnitellut laitosten kehittämiseksi eivät ulottuneet vuoteen 2005 asti. Arviot skena-

rion 1 toimenpiteiden vesistövaikutuksista ja kustannuksista perustuvat laitoksissa tehtyihin laskelmiin ja perusteltuihin arvioihin, joten niitä voitaneen pitää realistisina. Toimenpiteet ovat suurelta osin käytön optimointia, häiriötönnän toiminnan varmistamiseen tai nykyratkaisun tehostamiseen tähtääviä. Mukana on myös joitakin prosessimuutoksia sekä jäteveden lisäkäsittelyä. Toimenpiteitä skenaariossa 1 on 30 kappaletta 26:ssa eri laitoksessa. Vesiensuojelun tavoiteohjelman 2005 tavoitteet teollisuuden kuormituksen vähentämisestä toteutuvat jo skenaariossa 1 lähes täysimääräisesti.

Skenaariossa 2 on arvioita toimenpiteistä, jotka ovat laitoksessa mahdollisia, mutta eivät lähitulevaisuudessa ajankohtaisia. Vesiensuojelun tavoiteohjelman 2005 tavoitteet teollisuuden kuormituksen osalta ylittyvät selvästi skenaarion 2 toimenpiteillä. Jotkut arviot toimenpiteiden vaikutuksista ja kustannuksista perustuvat laitospohjaisiin laskelmiin, vaikka toimenpidettä ei aiotakaan toteuttaa. Osa taas perustuu karkeisiin arvioihin esimerkiksi muissa laitoksissa toteutettujen toimenpiteiden pohjalta. Kaikkiaan toimenpiteitä on 18 kappaletta 13:sta laitoksessa. Toimenpiteet sisältävät jäteveden puhdistuksen tehostamista esimerkiksi kemiallisella käsittelyllä, jätevesien johtamista kunnallisiin puhdistamoihin sekä prosessimuutoksia.

Skenaario 3 sisältää arvioita toimenpiteistä, jotka ovat teknisesti mahdollisia, mutta selvitystä tehtäessä taloudellisesti kannattamattomia. Toimenpiteillä voi myös olla vesistökuormituksen vähentämisestä huolimatta muita ympäristön kannalta haitallisia vaikutuksia lisääntyneen energiakulutuksen tai ilmapäästöjen kautta. Tiedot skenaarion 3 mukaisesta toimenpiteestä löytyi 13:sta laitoksesta. Toimenpiteet sisältävät koko jätevedenkäsittelyjärjestelmän uusimista, suljetun vesikierron perustamista laitoksiin ja jätevesien haihdutusta. Arviot toimenpiteiden edellyttämistä kustannuksista ja vaikutuksesta vesistökuormitukseen

ovat erittäin summittaisia eivätkä yleensä perustu laitospohjaisiin suunnitelmiin.

3.1.4 Yhdyskuntien jätevedet

Suomenlahden valuma-alueella sijaitsee 119 yhdyskuntasektorin pistekuormittajaa. Näistä 15 suurinta jätevedenpuhdistamoa vastaa 81%:sta typpikuormituksesta ja 90%:sta fosforikuormituksesta. Tiedot Suomenlahden valuma-alueella vuonna 1998 sijaitsevista jätevedenpuhdistamoista, niiden tyypistä ja fosforipäästöistä vesistöön sekä vesistöalueesta, jolla ne sijaitsevat, saatiin VAHTI-tietokannasta. Tutkimuksessa tehtävän puhelinkyselyn piiriin otettiin 40 suurinta laitosta. Nämä 40 laitosta kattoivat vuonna 1998 96% sekä typpi- että fosforikuormituksesta. Puhelinhaastattelu tehtiin kysymällä asiaan perehtyneeltä henkilöltä tietoja ja arvioita mahdollisuuksista parantaa laitoksen toimintaa. Kyseinen henkilö vastasi yleensä joko jätevedenpuhdistamon kehittämisestä tai kunnan jätevedenkäsittelyn suunnittelusta.

Yhdyskuntien skenaario 1 koostuu kymmenestä suuriin jätevedenpuhdistamoihin kohdistuvasta toimenpiteestä. Merkittävin näistä on Helsingin Veden Viikinmäen puhdistamolla toteutettava typenpoiston tehon nostaminen, seuraavana Kirkkonummen Strömsbyn puhdistamon jätevesien johtaminen Espoon veden puhdistamolle Suomejoelle. Lisäksi skenaarioon kuuluu kaikilla laitoksilla toteutuvaksi ajateltu laadun parantuminen panostamalla henkilökunnan koulutustasoon ja pätevyYTEEN sekä yhteistyöhön teollisuuden kanssa. Näin aikaansaadulla häiriötilanteiden välttämällä olisi Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen arvion mukaan mahdollista vähentää laitosten vesistöjen ravinnekuormitusta keskimäärin 1 - 2%.

Skenaario 2 sisältää 43 toimenpidettä, jotka kohdistuvat viittä suurinta laitosta pienempiin jätevedenpuhdistamoihin. Skenaariossa 2 tyypillisiä toimen-

piteitä ovat kokonaistypenpoiston toteuttaminen, verkoston saneeraus sekä pienien laitosten yhdistäminen suurempiin. Arviot toimenpiteiden kustannuksista ja vaikutuksista voivat perustua laitoksesta riippuen joko tarkkoihin laskelmiin tai karkeahkoihin arvioihin.

Skenaariossa 3 oletetaan, että Espoon Suomenojalla ja Helsingin Viikimäessä toimiva typenpoiston tehostaminen jälki-denitrifikaatiolla suodattimessa toteutetaan myös 14:sta pienemässä laitoksessa. Arviot menetelmän kustannuksista ja tehokkuudesta tämän kokoisissa laitoksissa perustuvat kokemuksiin menetelmästä suuremmissa laitoksissa ja ovat siksi epävarmoja.

3.2 Fosforinpoiston tehostaminen Pietarin kaupungin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla

Pietarin kaupungin jätevesistä päätyy nykyisille jätevedenpuhdistamoille noin kaksi kolmannesta. Loput laskeaan puhdistamattomina suoraan Suomenlahteen tai Nevajoen suistoon. Tämän viimeisen kolmasosan saattaminen puhdistuksen piiriin edellyttää viemäriverkon laajentamista ja uuden puhdistamon rakentamista kaupungin lounaisosiin. Suunnitellun Lounaisen puhdistamon rakentaminen on merkittävä investointi, jonka toteuttaminen vaatii aikaa. Sen avulla voidaan Pietarin typi- ja fosforikuormitusta vähentää merkittävästi. Suuren puhdistamohankkeen toteutumista odotellessa nykyisten jätevedenpuhdistamoiden tehoa voidaan kuitenkin parantaa joko tehostamalla biologista prosessia tai kemiallisella saostuksella. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu mahdollisuutta toteuttaa kemiallinen fosforin saostus ferrosulfaatin avulla.

Käytännön toteutuksessa ferrosulfaatti toimitetaan puhdistamolle kiinteänä suolana ja liuotetaan veteen paikan päällä. Kemikaaliliuos syötetään esi-ilmastukseen tai aktiivilietealtaasta

lähtevään virtaan. Käytännön kokemusten mukaan paras saostusteho saavutetaan kun koko kemikaalimäärä annostellaan yhtäaikaan näihin kahteen kohtaan. Ferrosulfaatti sopii erityisesti aktiivilieteprosessin yhteydessä tapahtuvaan rinnakkaissaostukseen, jossa pääosa saostusvaikutuksesta tapahtuu ilmastetussa aktiivilietealtaassa. Annoksen säätö on helppoa eikä sen tarvitse seurata fosforikuormituksen vaihteluja, koska aktiivilietteenesseen akkumuloitunut rauta säilyttää osan saostustehostaan. Annostelussa on yleisesti käytetty moolisuhdetta $Fe:P = 1,7$.

Kemiallisella fosforinpoistolla saavutetaan Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisen fosforin kuormassa laskennallisesti 570 ton/v vähennys. Laskennan perusteina on käytetty seuraavia tietoja:

- Pietarin kahden suurimman puhdistamon, Keskuspuhdistamon ja Pohjoisen puhdistamon, vuosien 1998-1999 tulevan ja lähtevän jäteveden ravinneanalyysit (Karri Eloheimo, Suomen ympäristökeskus)
- Puhdistetun jäteveden kokonaisfosforipitoisuus 0,5 mg/l
- Kokonaisfosforikuorman biologinen käyttökelpoisuus 40%

Rinnakkaissaostuksen kustannukset koostuvat kemikaalin annostukseen liittyvän laitteiston hankkimisesta, kemikaalikustannuksista sekä kemikaalin kuljetuskustannuksista. Alustavien arvioiden mukaan laitteiston investointikustannukset jäävät alle 10 000 000 mk (Hannu Luhtala, Kemira). Moolisuhteen 1,7 perustuvan laskelman mukaan ferrosulfaatin tarve kahdella suurimmalla puhdistamolla on 65 000 ton/v (Pirjo Rantanen, Suomen ympäristökeskus). Kemikaalin hinta riippuu saadusta tarjouksesta ja sen oletettiin asetettavan selvitystä tehtäessä välille 400-600 mk/ton. Kemikaalikustannusten laskettiin 600 mk/ton hinnalla olevan 39 000 000 mk vuodessa. Koska ferrosulfaattia ei ole tiettävästi saatavissa Venäjältä, vuoden kemikaalitarpeen merikuljetus lähimmästä hankin-

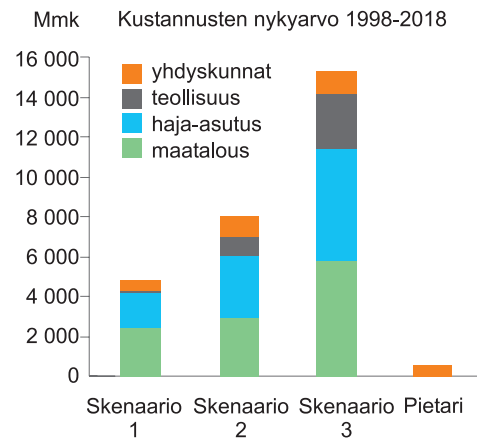
tapisteesta Porista maksaisi Suomen ympäristökeskuksen tekemän alustavan tiedustelun mukaan 12\$ tonnilta eli noin 5 000 000 mk vuodessa. Kustannuslaskennassa ei ole huomioitu tullia, mahdollisia maakuljetuksia Pietarissa, puhdistamoilla tarvittavaa työpanosta eikä lisääntyneestä lietteen tuotosta aiheutuvia lisäkustannuksia.

3.3 Ravinnekuormituksen vähentämiskustannusten laskenta

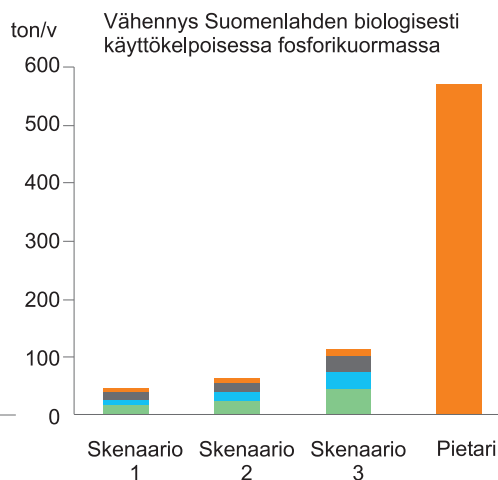
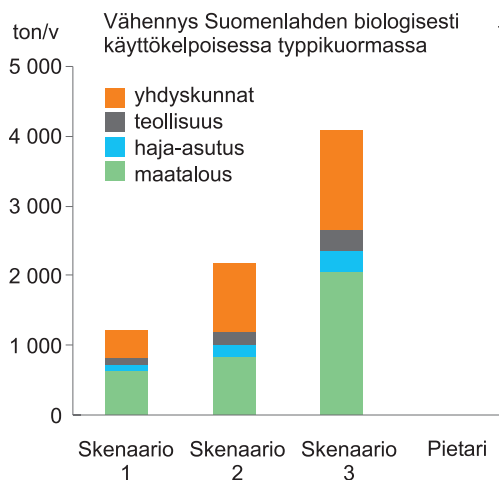
Skenaarioiden kustannukset laskettiin vuoden 1999 nykyarvoina käyttäen 3%:n korkokantaa. Skenaarioiden sisältämien toimenpiteiden on kustannuslaskennassa oletettu käynnistyvän sektori- tai kuormittajakohtaisesti päätettyinä vuosina. Tiedon puuttuessa toteutumivuotena on käytetty vuotta 2003. Pietarin ja maatalouden toimenpiteiden toteutumivuotena on laskennassa käytetty vuotta 2000. Jotta investointi- ja käyttökulupainotteisten sektoreiden kustannusten vertailu olisi mielekästä, kustannusten nykyarvo laskettiin pitkälle 20 vuoden jaksolle (1998-2018). Pitkä tarkastelujakso tasoittaa myös toimenpiteiden vuosina 1998-2003 tapahtuvasta portaittaisesta käynnistymisestä aiheutuvia sektorikohtaisia

eroja. Kuvassa 2 on esitetty skenaarioiden 1, 2 ja 3 sisältämien toimenpiteiden sekä Pietarin puhdistamoiden fosforinpoiston tehostamisen kustannusten nykyarvot kuormitussektoreittain.

Skenaarioilla aikaansaadut vähennykset Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisessa ravinnekuormituksessa laskettiin huomioimalla ravinteiden pidenttymisen valuma-alueella sekä ravinteiden käyttökelpoisuus kuormittajatyypeittäin (Kuva 3). Näin lasketut vähennykset vesistökuormituksessa koskevat ainoastaan Suomenlahteen päätyvää biologisesti käyttökelpoista ravinnekuormitusta. Niistä ei voi tehdä sisävesiä koskevia johtopäätöksiä.



Kuva 2. Skenaarioiden kustannusten nykyarvo 1998-2018 3%:n korkokannalla.



Kuva 3. Skenaarioilla saavutettavat vähennykset Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisessa ravinnekuormassa.

4

Suomenlahden ekosysteemimalli

4.1 Toimintaperiaate

Skenaarioiden vaikutusten arvioinnissa käytetyn ekosysteemimallin keskeinen toimintaperiaate on kuvata kasviplankton kahtena kilpailevana lajiryhmänä. Nämä kaksi ryhmää ovat ilmakehän tyypeä sitovat sinilevät (laskentamuuttuja LEV2) ja muu kasviplankton (LEV1) (Tyrrell 1999). Muu kasviplankton kasvaa nopeammin ja syrjäyttää tyypeä sitovat sinilevät aina, kun sekä liukoista tyypeä että fosforia on riittävästi saatavilla. Kun pintaveden liukoiset typpivarastot on käytetty loppuun, ilmakehän tyypeä sitovat sinilevät saavat kilpailuedun. Typen sidonta on runsaasti energiaa kuluttava prosessi ja tästä syystä sinilevien kasvu vaatii muuta kasviplanktonia korkeamman kasvulämpötilan. Voimakkaimmillaan kasvu on Itämerellä yli 16 °C lämpötilassa (Kononen & Leppänen, 1997). Kummatkin leväryhmät käyttävät mallissa ravinteita Redfield-suhteessa (Redfield, 1958) eli yhtä fosforiatomia kohti käytetään 16 atomia tyypeä.

Kun levät kuolevat, niiden sisältämät ravinteet muuttuvat detritustypeksi ja -fosforiksi, jotka vajoavat vesipatsaassa tasaisella nopeudella ja hajoavat liukoiseksi ravinteiksi lämpötilasta riippuvalla nopeudella. Detritusfosforin hajoamisnopeus on mallissa kaksi kertaa suurempi kuin detritustypen. Kun jäljelle jääneet detritusravinteet saavuttavat pohjan, ne alkavat sedimentoitua tasaisella nopeudella pysyvästi pois ravinnekierrosta. Typen poistumista takaisin ilmakehään ei ole mallissa kuvattu erillisenä prosessina vaan se on sisällytetty detritustypen sedimentaatioter-

miin. Ekosysteemimallin tarkempi toiminta ja sen testaus on kuvattu erikseen (Kiirikki ym. 2000).

Ekosysteemimallissa on mukana rantavyöhykkeen rihmaleviä kuvaava osa (Kiirikki ym. 1998). Rihmalevämalli ei nykyisellään pysty kuvaamaan koko rihmaleväyhteisöä, vaan ainoastaan keväällä rantavyöhykkeen valtalajina kasvavaa *Pilayella littoralis* -levää (laskentamuuttuja RIH1). Malli ei myöskään pysty kuvaamaan rihmalevien absoluuttisia biomassoja, koska rihmaleville sopivien kovien pohjien määrästä ei ole saatavissa riittävän tarkkoja arvioita. Tämän sijasta malli kuvaa rihmalevin kasvupotentiaalia, jolla tarkoitetaan niiden kasvua mikäli kuvatulla alueella olisi niille sopia kasvupaikkoja. Rihmalevämallin semi-kvantitatiivisuuden takia rihmalevien kasvu ja ravinteiden käyttö on kytketty pois muun mallin ravinnetaloudesta. Tällä tarkoitetaan sitä että ympäröivän vesimassan ravinnepitoisuudet vaikuttavat rihmalevien kasvupotentiaaliin, mutta rihmalevien kasvu ei kuluta ympäröivän vesimassan ravinnevarastoja. Skenaarioiden vaikutusten arvioinnissa on käytetty rihmalevien kasvupotentiaalia 2 m syvyydellä.

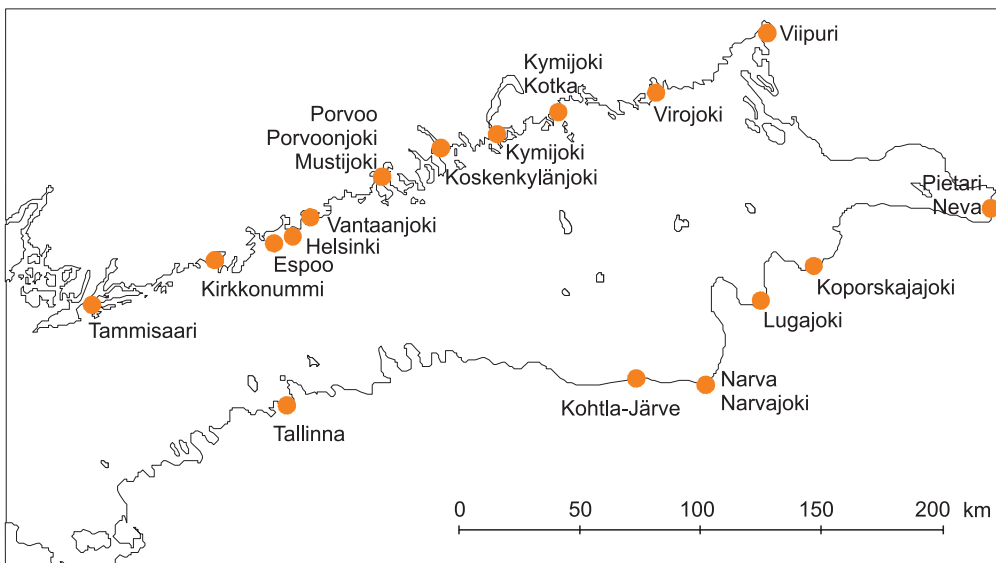
Ekosysteemimalli on rakennettu toimimaan osana 3D-vedenlaatu- ja virtausmallia (Virtanen ym. 1986, Koponen ym. 1992). Mallin laskenta perustuu Suomenlahdella 5 km * 5 km suuruisiin nk. hilakoppeihin, joita on pystysuunnassa 13 kerroksessa. Hilakoppien paksuus vaihtelee 1 m ja 40 m välillä. Kerrosten paksuus lisääntyy syvyyden kasvaessa. Mallin ajamiseen käytetään rannikkoasemien synoptisia säähavaintoja.

4.2 Skenaarioiden vaikutusten laskenta

Ekosysteemimallille laadittiin kutakin skenaarioita kuvaavat kuormitustiedostot. Kuormitus on tiedostossa jaettu rannikon suuriin kuormituslähteisiin kuten joet, asutuskeskukset ja teollisuuslaitokset. Näitä kuormittajia on malliin otettu mukaan 21 kpl (Kuva 4). Koska tiedot kotimaisista kuormittajista ovat olleet lähialuetta yksityiskohteisempia, Suomen rantaviivalle on pystytty sijoittamaan useampia yksittäisiä kuormittajia kuin muulle rannikkoalueelle. Mallin sisällytetyjen suurten kuormittajien ulkopuolelle jäävä ravinnekuorma on, jaettu maittain tasaisesti koko rantaviivalle. Mallissa on lisäksi huomioitu ilman kautta tuleva typpi-kuorma. Se on jaettu tasaisesti koko merialueelle. Kuormitustiedostoissa ravinnekuormat on käsitelty kuukausittain, jotta eri kuormituslähteiden vuodeaikainen vaihtelu saataisiin kuvattua oikein. Asutuskeskusten ja useimpien teollisuuslaitosten kuormitus on tasaisista ympäri vuoden. Jokivesien mukana tuleva ravinnekuorma taas keskittyy voimakkaasti kevään ja syksyn virtaamahuippuihin.

Skenaarioiden vaikutusten laskenta aloitettiin ekosysteemimallilla kalenterivuoden alusta käyttäen kevättalven 1999 ravinnepitoisuusmittauksia alkuarvoina. Mallilla laskettiin kuuden vuoden jakso. Ensimmäinen laskenta tehtiin vuoden 1998 ravinnekuormalla ja seuraavat skenaarioiden mukaisesti vähennetyillä kuormilla. Viimeisen laskentakesän keskimääräiset leväbiomassat talletettiin tiedostoon. Kunkin skenaarion tuloksena saatuja biomassoja verrattiin vuoden 1998 kuormalla lasketuihin biomassoihin. Alkuperäiset tulokset esittävät skenaarion aiheuttamaa muutosta leväbiomassassa prosentteina ilmaistuna. Malliin sisältyvien epävarmuustekijöiden johdosta päädyttiin prosenttilukujen sijasta esittämään tulokset kartalla luokiteltuina lieviin (<15%) ja merkittäviin (>15%) muutoksiin. Alle 2% muutokset jätettiin huomiotta. Skenaarioiden vaikutukset on esitetty kolmen laskentamuuttujan avulla:

1. **Kasviplanktonin kokonaisbiomassa**, jolla tarkoitetaan tyypeä sitovien sinilevien ja muiden planktonlevien yhteenlaskettua biomassaa (LEV1 + LEV2). Tämä laskentamuuttuja havaitaan merialueella parhaiten veden sameutena.



Kuva 4. Ekosysteemimallin laskenta-alue sekä mallissa huomioidut suuret yksittäiset kuormittajat.

Kun tulosten laskennassa on haluttu jättää typpeä sitovien sinilevien muutos huomiotta, on kasviplanktonin yhteenlasketun kokonaisbiomassan sijasta käytetty pelkkää muiden planktonlevien (LEV1) biomassaa.

2. **Typpeä sitovat sinilevät (LEV2)**, jotka muodostavat loppukesällä pinnalla kelluvia useimmiten myrkyllisiä levälauttoja. Sinilevälauttoja havaitaan etupäässä avomereillä.
3. **Rantavyöhykkeen rihmalevät (RIH1)**, jotka näkyvät selvimmin rantojen limoittumisena, rannalle ajautuneina haisevina levälauttoina sekä kalaverkkojen likaisuutena.

4.3 Malliarvion tärkeimmät virhelähteet

Skenaarioiden vaikutusten arvioinnissa käytetty 5 km resoluutio rajoittaa ekosysteemimallin kykyä kuvata pienessä mittakaavassa tapahtuvia ilmiöitä. Karkea resoluutio aiheuttaa laskennassa nk. numeerista sekoittumista, joka hankaloittaa erityisesti rannikon läheisyydessä tapahtuvien ilmiöiden kuvausta. Tästä syystä positiiviset vaikutukset, jotka todennäköisesti kohdistuisivat rantaviivan välittömään läheisyyteen, leviävät mallissa laajemmalle merialueelle. Samalla vaikutusten voimakkuus laskee. Todennäköisesti kotimaisten toimenpiteiden positiiviset vaikutukset rannan lähellä ovat todellisuudessa tässä tutkimuksessa arvioituja

suuremmat. Numeerinen sekoittuminen hankaloittaa myös Pietarista kohti Suomen rannikkoa suuntautuvan virtauksen nk. Suomenlahden rannikkovirran kuvausta (Stipa 1999). Rannikkovirran epätäydellinen kuvaus saattaa aiheuttaa Pietarin ravinnekuormituksen Suomeen suuntautuvien vaikutusten aliarviointia.

Ekosysteemimallissa oletetaan että kaikki kasviplanktonin kevätkukinnasta yli jäänyt fosfori jää typpeä sitovien sinilevien käyttöön. Koska kevätkukinnan kasviplankton käyttää typpeä ja fosforia aina tietyssä painosuhteessa, typpivaltaiset kuormitusvähennykset saavat mallissa aikaan kevätkukinnasta yli jääneen fosforipitoisuuden kasvua ja typpeä sitovien sinilevien runsastumista. On mahdollista että varsinkin rannikkoalueella sinilevät joutuvat käytännössä kilpailemaan fosforista heterotrofisten bakteerien kanssa ja kaikki ylimääräinen fosfori ei päädykään sinilevien kasvuun (Heinänen & Kuparinen 1992). Tästä syystä ekosysteemimallin ennustamaa typpeä sitovien sinilevien lisääntymistä on syytä pitää todennäköisemmin yli- kuin aliarviona. Sinileväkukintoja hillitsee pidemmällä tähtäimellä myös kuormituksen laskun aiheuttama pohjille laskeutuvan happea kuluttavan levämäärän väheneminen. Kun pohjien happipitilanne paranee, vähenee myös hapettomien pohjien aiheuttama fosforikuormitus eli nk. merialueen sisäinen kuormitus. Sisäisen fosforikuorman laskun pitäisi näkyä pidemmällä aikavälillä myös typpeä sitovien sinilevien vähenemisenä. Nykyinen ekosysteemimalli ei pysty kuvaamaan tätä vaikutusta.

Haittakysely

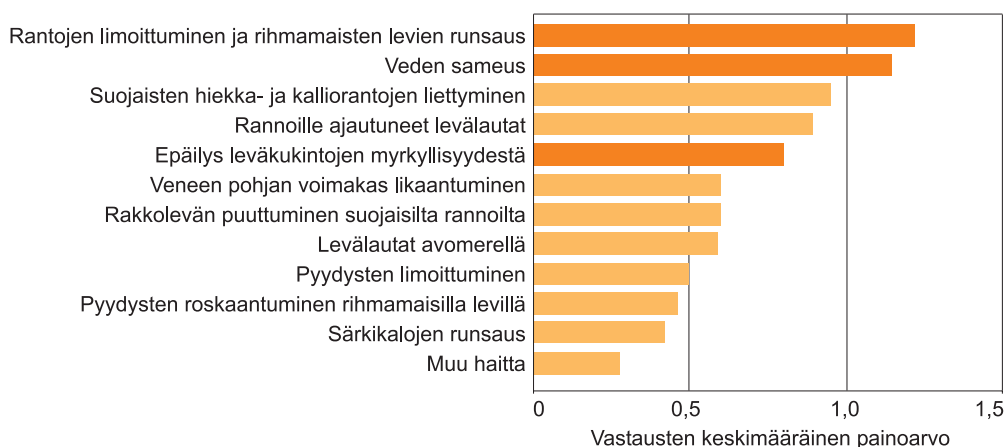
Tammikuussa 2000 toteutettiin kysely, jolla pyrittiin selvittämään Suomenlahden rannikon ja saariston käyttäjiä eniten haitanneet rehevöitymiseen liittyvät ilmiöt. Kyselyn jakelu toteutettiin hankkeen yhteistyöryhmän kautta. Kukin ryhmän jäsentä pyydettiin levittämään kyselykaavaketta omalla sektorillaan 10-20 henkilölle, jotka ovat liikkuu Suomenlahdella edellisen kesän 1999 aikana. Kysely kohdistui kesän 1999 aikana koettuihin haittoihin, sillä ekosysteemimallin tulokset esitetään muutoksina kesän 1999 tilanteeseen nähden. Vastaajia pyydettiin arvioimaan kuinka häiritsevinä he olivat kokeneet lomakkeessa luetellut haitat. Haitta-arviota pyydettiin kolmeportaisella asteikolla: ”paljon”, ”jonkin verran” tai ”ei havaintoja”. Haittojen luetteloon oli pyritty kokoamaan kaikki tärkeimmät rehevöitymisen aiheuttamat suorat ja epäsuorat vaikutukset.

Kyselyyn saatiin 87 vastausta. Kullekin kaavakkeessa esitetylle haitalle laskettiin painoarvo pisteyttämällä arviot seuraavalla tavalla: ”paljon” = 2,

”jonkin verran” = 1 ja ”ei havaintoja” tai tyhjä = 0. Kyselyn tulokset on esitetty Kuvassa 5. Suurimmaksi haitaksi vastaajat olivat kokeneet rantavyöhykkeen rihmalevistä johtuvan ”rantojen limoittumisen ja rihmamaisten levien runsauden”. Toiseksi suurin haitta oli ”veden sameus”, joka aiheutuu usein kasviplanktonin runsaudesta. Ensimmäinen suoraan sinileviin liittyvä haitta ”epäily leväkukintojen myrkyllisyydestä” oli vasta viidennellä sijalla.

Kyselyn tuloksia käytettiin ekosysteemimallin laskentamuuttujien keskinäisten painoarvojen arviointiin. Osa kyselyssä esitetyistä haitoista voidaan tulkita mallin laskentamuuttujien suoriksi vaikutuksiksi ja osa epäsuoriksi. Kunkin laskentamuuttujan suorista vaikutuksista tärkeimmäksi arvioidun saama pistemäärä valittiin ko. muuttujan painoarvoksi. Lopulliset painoarvot olivat seuraavat:

- rantavyöhykkeen rihmalevät 1,22
- kasviplanktonin kokonaisbiomassa 1,15
- typpeä sitovat sinilevät 0,80.

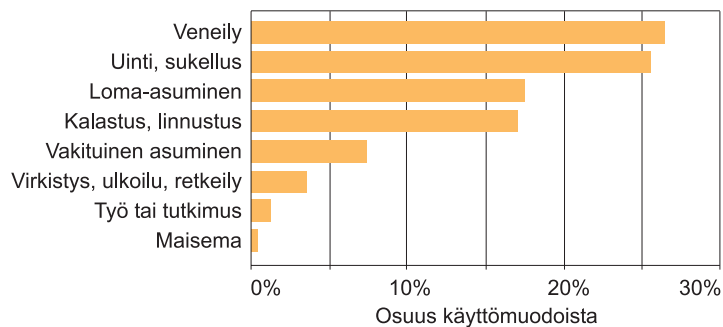


Kuva 5. Haittakyselyssä esitetyt rehevöitymisen aiheuttamat suorat ja epäsuorat vaikutukset sekä niiden saamat painoarvot kesän 1999 tilanteen perusteella. Kustannustehokkuuslaskennassa käytetyt painoarvot on esitetty kuvassa tummennettuina.

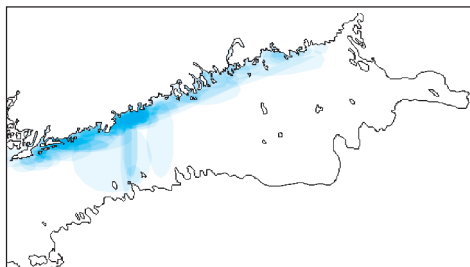
Kyselyssä olleiden lisäkysymysten perusteella Suomenlahden tärkeimmät käyttömuodot kyselyyn vastanneiden joukossa olivat vuonna 1999 veneily, uinti/sukellus, loma-asuminen sekä kalastus/linnustus (Kuva 6). Vastajaat olivat liikkuneet koko kotimaisella Suomenlahden rannikkoalueella painottuen kuitenkin pääkaupunkiseutuun ja läntiseen Suomenlahteen (Kuva 7).

Kyselyn tuloksia ei voida pitää kovin kattavina johtuen pienestä otannasta ja kysymysten kohdistumisesta

vain vuonna 1999 koettuihin haittoihin. Epävarmuutta tuloksiin aiheuttaa lisäksi kysymysten muotoilu sekä suorien ja epäsuorien vaikutusten asettaminen rinnakkain. Kyselyn perusteella voitaneen silti päätellä, että tiedotusvälineissä suuren painoarvon saaneet avomeren myrkylliset sinileväkukinnot eivät välttämättä ole tärkein rehevöitymisen aiheuttama haitta, vaan rannalla ja rantavesissä tapahtuvat ilmiöt koetaan vähintäänkin yhtä häiritseviksi.



Kuva 6. Suomenlahden käyttömuotojen tärkeysjärjestys haittakyselyn perusteella kesällä 1999.



Kuva 7. Haittakyselyyn vastanneiden liikkumisalueet Suomenlahdella kesällä 1999.

Skenaarioiden kustannustehokkuuden laskenta

6

Skenaarioiden keskinäisen paremmuuden vertailuun valittiin kustannustehokkuustarkastelu. Kustannus-hyöty -analyysiä ei käytetty, koska levähaittojen vähenemisellä aikaansaatuisten hyötyjen arvottaminen rahassa todettiin monitahoiseksi ongelmaksi, johon ei tutkimuksen resursseilla ollut mahdollisuuksia perehtyä. Kustannustehokkuustarkastelu käyttäen kustannusten nykyarvoa sopii kustannushyötyanalyysin vaihtoehdoksi tällaisissa tapauksissa (Braden & Chang-Gil 1998). Mallitulosten, kustannuslaskennan ja haittakyselyn perusteella arvioitiin tarkastelussa mukana olevien vesiensuojeluskenaarioiden kustannustehokkuus. Arviossa ei ole huomioitu kotimaisilla toimenpiteillä sisävesillä saavutettavia parannuksia.

Skenaarioiden kustannustehokkuus laskettiin seuraavasti (vrt. Vedung 1997): Kustannustehokkuus = vaikutus fysikaalisin termein / kustannukset.

Skenaarioiden vaikutus muodostui kolmen tekijän, rantavyöhykkeen rihmalevien, kasviplanktonin ja tyypeä sitovien sinilevien biomassan muutoksista suhteessa lähtötilanteeseen. Nämä kolme tekijää yhdistettiin skenaarion vaikutusta kuvaavaksi luvuksi käyttäen haittakyselyyn perustuvia painoarvoja. Kustannustehokkuuden laskennassa käytettiin seuraavia lähtötietoja:

- Ekosysteemimallilla lasketut leväbiomassan muutokset (%) 12,5 km levyisellä rannikkovyöhykkeellä, joka alkaa Hankoniemen kärjestä ja päättyy Suomen itäräjälle (Taulukko 10)
- Skenaarioiden kustannusten nykyarvo 1998-2018 (Kuva 2)
- Haittakyselyllä saadut painoarvot mallin laskentamuuttujille (Kuva 5)

Kustannustehokkuutta kuvaavat vertailuluvut laskettiin kahdella tavalla, jotta sinilevien lisääntymiseen liittyvät epävarmuustekijät saataisiin huomioitua tarkastelussa. Ensimmäinen laskentatapa huomioi tyyppivaltaisten päästövähennyksien mahdollisesti aiheuttaman väliaikaisen tyypeä sitovien sinilevien lisääntymisen. Tässä laskentatavassa kustannustehokkuuden vertailuluku laskettiin kaikille skenaarioille Kaavan 1 mukaisesti. Toisessa laskentatavassa oletetaan että tyypeä sitovat sinilevät eivät voi lisääntyä missään skenaariossa. Tässä laskentatavassa niille skenaarioissa, joissa tyypeä sitovien sinilevien muutos oli positiivinen, käytettiin Kaavan 1 sijasta Kaavaa 2.

Kaava 1:

Kustannustehokkuuden vertailuluku sinileväriski huomioiden =

$$\frac{(1.22 * \text{Rihmalevien (RIH1) muutos \%} + 1.15 * \text{Kasviplanktonin kokonaisbiomassan (LEV 1+2) muutos \%} + 0.80 * \text{Tyypeä sitovien sinilevien (LEV2) muutos \%})}{(\text{skenaarion kustannukset } 10^9 \text{ mk})}$$

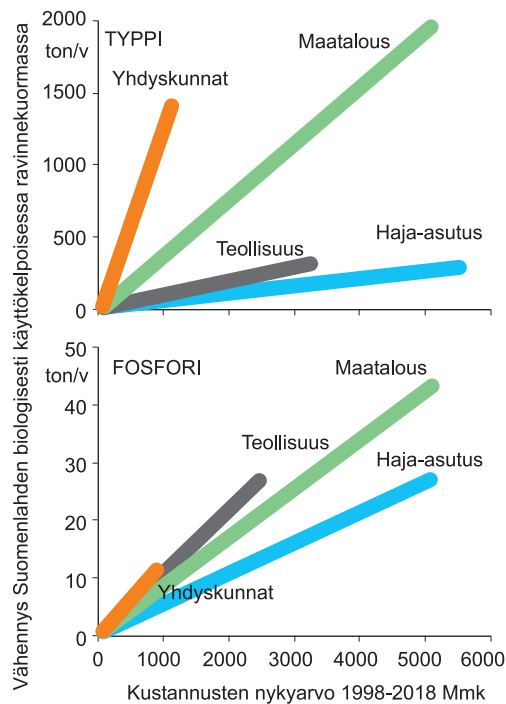
Kaava 2:

Kustannustehokkuuden vertailuluku ilman sinileväriskiä =

$$\frac{(1.22 * \text{Rihmalevien (RIH1) muutos \%} + 1.15 * \text{Muiden planktonlevien (LEVI) muutos \%})}{(\text{skenaarion kustannukset } 10^9 \text{ mk})}$$

Taulukko 10. Ravinnepäästöjen vähentämiskenaarioiden keskimääräiset vaikutukset Suomen rannikkovesien leväbiomassaan 12,5 km levyisellä rannikkovyöhykkeellä. Muutos nykytilanteeseen verrattuna.

Skenaario	Muu kasviplankton (LEVI)	Typpeä sitovat sinilevät (LEV2)	Kasviplanktonin kokonaisbiomassa (LEV 1+2)	Rantavyöhykkeen rihmalevät (RIHI)
1. Nykykehitys	-4%	3%	-3%	-2%
2. Vesien suojeleminen tavoiteohjelman 2005	-7%	6%	-4%	-4%
3. Kaikki teknisesti toteutettavissa olevat toimenpiteet	-14%	14%	-9%	-8%
4. Maatalouspainotteinen	-9%	9%	-5%	-5%
5. Haja-asutuspainotteinen	-5%	3%	-4%	-3%
6. Teollisuuspainotteinen	-5%	3%	-3%	-3%
7. Yhdyskuntien jätevesiin keskittyvä	-7%	8%	-4%	-4%
8. Pistekuormituksen keskittyvä	-8%	8%	-5%	-4%
9. Hajakuormituksen keskittyvä	-10%	8%	-6%	-5%
10. Hajakuormitus ilman Kymijoen latva-alueita	-9%	7%	-6%	-5%
11. Tehokkaimmin typpeä poistavat toimenpiteet	-13%	15%	-8%	-7%
12. Tehokkaimmin fosforia poistavat toimenpiteet	-10%	8%	-7%	-6%
Fosforinpoiston tehostaminen Pietarin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla	-1%	-25%	-5%	0%



Kuva 8. Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisen ravinnekuormituksen vähentämisen ja siitä aiheutuvien kustannusten välinen riippuvuus kuormittajasektoreittain. Mitä jyrkempi kulmakerroin, sitä edullisemmäksi ravinnekuormituksen vähentäminen on sektorilla arvioitu. Kustannukset on ilmoitettu nykyarvona 3 % korkotasolla.

Tulokset ja johtopäätökset

7.1 Kuormittajasektoreiden kustannukset ja päästövähennykset

Suomenlahden biologisesti käyttökelpoisen ravinnekuormituksen vähentämisen ja siitä aiheutuvien kustannusten välinen riippuvuus on esitetty kuormittajasektoreittain Kuvassa 8. Kuvaajat sisältävät kaikkien kolmen skenaarion toimenpiteet. Yhdyskuntien jätevesien tyypenpoisto näyttää selvityksen mukaan edullisemmalta keinolta vähentää Suomenlahden biologisesti käyttökelpoista typpikuormitusta. Suurimmilla jätevedenpuhdistamoilla tehtävät toimenpiteet kuuluivat kaikki skenaarion 1 piiriin, eli olivat jo toteuttamisvaiheessa. Teollisuuden ja haja-asutuksen suhteellisen pienten typpipäästöjen vähentämien on kallista verrattuna toimenpiteisiin jätevedenpuhdistamoilla. Maatalouden typpikuormituksen vähentäminen näyttäisi olevan näitä edullisempaa, mutta on muistettava, että maatalouden toimenpiteiden vaikutukset ovat epävarmoja ja näkyvät vasta pidemmän aikavälin jälkeen.

Biologisesti käyttökelpoisen fosforin osalta kustannuserot ovat kuormittajasektoreiden välillä vähäisiä. Haja-asutus näyttää sijoittuvan jonkin verran muita sektoreita kalliimmaksi. Yhdyskuntien aiheuttama kuormitus on nykyisin tehokkaan puhdistuksen takia hyvin pientä eikä sitä voida enää merkittävässä määrin vähentää. Teollisuudesta Suomenlahteen kohdistuvaa fosforikuormaa voidaan vielä vähentää. Noin puolet tarkastelussa mukana olevista kuormitusvähennyksistä kuuluu skenaarion 1 piiriin eli toteutuu joka ta-

pauksessa lähivuosina. Arviot maatalouden kuormitusleikkausten kustannuksista eivät näytä eroavan olennaisesti teollisuudesta, mutta sekä maataloudessa saavutettavat päästövähennykset että niiden kustannukset sisältävät selvästi muita kuormitussektoreita suurempia epävarmuustekijöitä. Maatalous on kuitenkin ainoa kotimainen kuormitussektori, jossa merkittäviä fosforileikkauksia voidaan, ainakin teoreettisesti, vielä tulevaisuudessakin toteuttaa.

Pietarin nykyisten jätevedenpuhdistamoiden toiminnan tehostaminen kemiallisella fosforin saostuksella on päästövähennyksiltään kertaluokkaa suurempi toimenpide kuin tarkastelussa mukana olevat kotimaiset skenaariot. Toimenpide kohdistuu ainoastaan fosforikuormitukseen eikä se ole lopullinen ratkaisu Pietarin jätevesiongelmaan. Fosforinpoiston tehostamista voitaisiin kuitenkin pitää Suomenlahden ensiapuna sillä välin kun ongelman kokonaisvaltaista ratkaisua suunnitellaan ja sen rahoitusmahdollisuuksia selvitetään. Pietarin jätevesiongelman ratkaiseminen vaatii uuden puhdistamon rakentamisen kaupungin lounaisosiin. Uuden puhdistamon tuoma lisäkapasiteetti saattaa myös avata mahdollisuuden tyypen poiston tehostamiseen nykyisillä puhdistamoilla. Näillä toimenpiteillä pystyttäisiin vähentämään koko Suomenlahden biologisesti käyttökelpoista typpikuormaa merkittävässä määrin. Pietarin tyypenpoiston kustannustehokkuutta ei ole selvitetty tässä hankkeessa, koska sen toteuttamiseen tarvittavien toimenpiteiden kustannuksista ja saavutettavista päästövähennyksistä ei ole ollut käytettävissä tark-

koja arvioita. Pietarin typenpoiston vaikutuksia Suomenlahden ekosysteemiin on kuitenkin alustavasti selvitetty ruotsalais-venäläisessä mallitarkastelussa (Savchuk & Wulff 1999), jossa se todettiin Suomenlahden kannalta hyväksi vaihtoehdoksi. Parhaaseen lopputulokseen epäilemättä päästäisiin tehostamalla kummankin rehevöitymistä aiheuttavan ravinteiden puhdistamista (ks. esim. Kivi ym. 1993, Pitkänen & Tamminen 1995).

7.2 Skenaarioiden vaikutukset Suomenlahden ekosysteemiin

Pääskenaarioiden vaikutuksia kuvaavat kartat on esitetty raportin alussa tulosten tiivistelmässä. Kotimaisilla toimenpiteillä kasviplanktonin kokonaisbiomassa ja rihmalevien biomassa laskevat mallitulosten mukaan selvimmin Kotkan ja Helsingin välisellä rannikko-vyöhykkeellä. Vaikutukset ovat voimakkaimpia jokien sekä rannikon suurimpien pistekuormittajien läheisyydessä. Sektoreittain painotetuilla skenaarioilla 4-12 ei saatu näkyviin merkittäviä alueellisia tai määrällisiä eroja. Mallituloksien mukaan kaikki kotimaiset skenaariot saattavat lisätä typpeä sitovien sinilevien määrää. Tähän tulokseen liittyy kuitenkin huomattavia mallin aiheuttamia epävarmuustekijöitä. On mahdollista että typpeä sitovat sinilevät eivät lisäänty lainkaan tai jos lisääntymistä tapahtuu, sen uskotaan jäävän väliaikaiseksi ilmiöksi, joka häviää rannikkoalueen pohjien kunnon parantuessa. Mallitulosten perusteella näyttää siltä, että kotimaisilla toimenpiteillä typpeä sitovien sinilevien määrää ei pystytä vähentämään ainakaan lyhyellä tähtäimellä.

Fosforinpoiston tehostaminen Pietarin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla vähentää mallitulosten mukaan typpeä sitovien sinilevien määrää merkittävästi lähes koko Suomenlahdella.

Myös kasviplanktonin kokonaisbiomassa näyttää laskevan laajoilla alueilla, ainakin lievästi. Kapealla vyöhykkeellä Suomenlahden itä- tai keskiosissa kokonaisbiomassa pysyy entisellään tai lisääntyy lievästi. Tämän vyöhykkeen tarkka sijainti riippuu sääolosuhteista eikä sitä voi päätellä mallitulosten perusteella. Rihmalevien määrässä näyttäisi tapahtuvan vähenemistä etupäässä Venäjän rannikkoalueella. Suomen puolella muutokset jäisivät vähäisiksi ja lievä lisääntyminen on vähenemistä todennäköisempi vaihtoehto. Sekä kasviplanktonin kokonaisbiomassan että rihmalevien lisääntyminen aiheutuu ensisijaisesti fosforinpoiston vaikutuksesta perustuotannoltaan fosforirajoitteen Nevan estuaarin kykyyn pidättää typpeä. Perustuotanto estuaarissa laskee ja varsinkin kesäkaudella suurempi määrä typpeä pääsee virtaamaan länttä kohti Suomenlahden typpirajoitteisille alueille.

7.3 Skenaarioiden kustannustehokkuus

Kahdella eri tavalla lasketut kotimaisien skenaarioiden kustannustehokkuuden vertailuluvut vaihtelivat välillä 0,5-2,6 (Taulukko 11). Sinileväriski huomioiden kustannustehokkaimmaksi kotimaiseksi skenaarioiksi nousi skenaario 12, johon oli valittu tehokkaimmin fosforia poistavat toimenpiteet. Ilman sinileväriskin huomiointia kustannustehokkain vaihtoehto oli skenaario 11, joka sisälsi tehokkaimmin typpeä poistavat toimenpiteet. Pietarin nykyisten jätevedenpuhdistamoiden tehostettua fosforinpoistoa kuvaava skenaario sai arvon 44. Tämän tarkastelun perusteella Pietariin investoitu raha vähentäisi Suomen rannikkoalueen levähaittoja kymmeniä kertoja tehokkaammin kuin kotimaiset investoinnit. Suuresta kustannustehokkuuden vertailuluvusta huolimatta Pietarin toimenpiteet kohdistuvat ensisijaisesti vain yhteen

tarkastelussa mukana olleeseen teki-
jään, tyypeä sitoviin sinileviin. Mikäli
myös kasviplanktonin ja rantavyöhyk-
keen rihmalevien määrää halutaan vä-
hentää rannikon välittömässä läheisyy-
dessä kotimaiset toimenpiteet ovat
välttämättömiä. Tämän tarkastelun pe-
rusteella ei voi tehdä johtopäätöksiä

kotimaisten vesiensuojelutoimenpi-
teiden kustannustehokkuudesta Suo-
men kaikkien vesistöjen kannalta. Ko-
timaisten toimenpiteiden kustannuste-
hokkuus nousisi, jos tarkasteluun otet-
tisiin mukaan vesiensuojelutoimen-
piteillä sisävesissä saavutettavat pa-
rannukset.

Taulukko 11. Kaikkien skenaarioiden kustannustehokkuuden vertailuluvut Suomenlahden kotimaisen rannikkoalueen kannalta arvioituina. Mitä suurempi luku, sitä kustannustehokkaampi skenaario. Luvut on laskettu kahdella tavalla joko olettaen että tyypeä sitovat sinilevät saattavat lisääntyä tyypipainotteisissa skenaarioissa tai olettaen että mitään skenaariot eivät voi aiheuttaa tyypeä sitovien sinilevien lisääntymistä.

Skenaario	Kustannustehokkuuden vertailuluku sinileväriski huomioiden	Kustannustehokkuuden vertailuluku ilman sinileväriskiä
1. Nykykehitys	0.7	1.5
2. Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2005	0.5	1.5
3. Kaikki teknisesti toteutettavissa olevat toimenpiteet	0.5	1.7
4. Maatalouspainotteinen	0.6	1.9
5. Haja-asutuspainotteinen	0.6	1.0
6. Teollisuuspainotteinen	0.6	1.1
7. Yhdyskuntien jätevesiin keskittyvä	0.6	2.3
8. Pistekuormitukseen keskittyvä	0.5	1.7
9. Hajakuormitukseen keskittyvä	0.6	1.5
10. Hajakuormitus ilman Kymijoen latva-alueita	0.7	1.6
11. Tehokkaimmin tyypeä poistavat toimenpiteet	0.6	2.6
12. Tehokkaimmin fosforia poistavat toimenpiteet	0.9	2.0
Fosforinpoiston tehostaminen Pietarin nykyisillä jätevedenpuhdistamoilla	44	44

Kirjallisuus

- Anonyymi (1998) Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Suomen ympäristö 226: 1-82.
- Braden JB, Chang-Gil K (1998) Economic approaches to evaluating environmental programs. Environmental program evaluation: a primer 203-237 University of Illinois Press. USA.
- Bartnicki J, Barrett K, Tryso S, Erdman L, Gusev A, Dutchak S, Pekar M, Lükewille A, Krognest T (1998) Atmospheric supply of nitrogen, lead, cadmium, mercury and lindane to the Baltic Sea. EMEP/MSW Note 3/98
- Ekholm P (1994) Bioavailability of phosphorus in agriculturally loaded rivers in southern Finland. Hydrobiologia 287: 179-194.
- Ekholm P, Krogerus K (1998) Bioavailability of phosphorus in purified municipal wastewaters. Wat Res 32: 343-351.
- Heinänen A & Kuparinen J (1992) Response of bacterial thymidine and leucine incorporation to nutrient (NH₄, PO₄) and carbon (sucrose) enrichment. Arch. Hydrobiol. Beih. 37:241-251.
- Kiirikki M, Haapamäki J, Koponen J, Ruuskanen A. & Sarkkula J. (1998) Linking the growth of filamentous algae to the 3D-Ecohydrodynamic model of the Gulf of Finland. Environmental Modelling & Software 13: 503-509
- Kiirikki M, Inkala A, Kuosa H, Pitkänen H, Kuusisto M, Sarkkula J (2000) Evaluating the effects of nutrient load reductions on the biomass of toxic nitrogen-fixing cyanobacteria in the Gulf of Finland, the Baltic Sea. Käsikirjoitus.
- Kivi K, Kaitala S, Kuosa H, Kuparinen J, Leskinen E, Lignell R, Marcussen B, Tamminen T (1993) Nutrient limitation and grazing control of the Baltic plankton community during annual succession. Limnol. Oceanogr. 38: 893-905.
- Kononen K, Leppänen J-M (1997) Patchiness, scales and controlling mechanisms of cyanobacterial blooms in the Baltic Sea: Application of a multiscale research strategy. Teoksessa: Kahru M, Brown CW (toim.) Monitoring algal blooms: New techniques for detecting large-scale environmental change. Landes Bioscience. Austin.
- Koponen J, Alasaarela E, Lehtinen K, Sarkkula J, Simbierowicz P, Vepsä H, & Virtanen M, (1992) Modelling dynamics of large sea area. Publications of the Water and Environment Research Institute 7: 1-91.
- Pitkänen H, Kondratyev S, Lääne A, Gran V, Kauppila P, Loigu E, Marcovets I, Pachel K, Rummyantsev V (1997) Pollution load on the Gulf of Finland from Estonia, Finland and Russia in 1985-1995. Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 105: 9-18.
- Pitkänen H & Tamminen T (1995) Nitrogen and phosphorus as production limiting factors in the estuarine waters of the eastern Gulf of Finland. Marine Ecology Progress Series 129: 283-294.
- Redfield AC (1958) The biological control of chemical factors in the environment. Am Sci 46: 205-221.
- Savchuk O & Wulff F (1999) Modelling regional and large-scale response of Baltic Sea ecosystems to nutrient load reductions. Hydrobiologia 393: 35-43.
- Stipa T (1999) Instabilities and along-shore variability in the Finnish coastal current. Estonian Marine Institute. Report series. 10: 62-66.
- Tyrrell T (1999) The relative influence of nitrogen and phosphorus on the oceanic primary production. Nature 400: 525-531.
- Vedung E (1997) Public policy and program evaluation. Transaction Publishers, London. U.K.
- Virtanen M, Koponen J, Dahlbo K, Sarkkula J (1986) Three-dimensional water-quality-transport model compared with field observations. Ecological Modelling 31: 185-199.

Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika Toukokuu 2000
Tekijä(t)	Mikko Kiirikki, Leena Westerholm ja Juha Sarkkula	
Julkaisun nimi	Suomenlahden levähaittojen vähentämismahdollisuudet	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy416/sy416.htm	
Tiivistelmä	<p>Tähän raporttiin on koottu Ympäristöministeriön Ympäristöklusterirahoitteen hankkeen "Rehevöitymisen ja haitallisten leväkukintojen torjunta: Suomenlahden ravinnekuormituksen ekologinen, yhteiskunnallinen ja taloudellinen optimointi" keskeiset tulokset. Hankkeen tavoitteena on ollut arvioida kotimaisten vesiensuojelutoimenpiteiden mahdollisuuksia vähentää voimakkaasti rehevöityneellä Suomenlahdella säännöllisesti esiintyviä levähaittoja ja arvioida vesiensuojelun kustannustehokkuutta. Hanke toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen, Merentutkimuslaitoksen ja Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy:n yhteistyönä vuosina 1998-2000.</p> <p>Hankkeen tulosten mukaan kotimaisilla kuormitusvähennyksillä pystytään parantamaan ainoastaan Suomen rannikkoalueen tilaa. Koko Suomenlahden tilaan ja avomeren myrkyllisiin sini-leväkukintoihin kotimaisin toimenpitein ei juuri pystytä vaikuttamaan vaikka käytössä olisi kaikki nykitekniikalla toteutettavissa olevat keinot kustannuksista välittämättä. Tarkastelussa vertailun vuoksi mukana ollut Pietarin nykyisten jätevedenpuhdistamoiden toiminnan tehostaminen osoittautui kymmeniä kertoja kotimaisia toimenpiteitä kustannustehokkaammaksi ratkaisuksi Suomenlahden levähaittojen vähentämisessä.</p>	
Asiasanat	rehevöityminen, leväkukinta, vesiensuojelu/mertensuojelu, kustannustehokkuus, Suomenlahti	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 416	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Rehevöitymisen ja haitallisten leväkukintojen torjunta: Suomenlahden ravinnekuormituksen ekologinen, yhteiskunnallinen ja taloudellinen optimointi XB371	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö: Ympäristöklusteriohjelma	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Suomen ympäristökeskus, Merentutkimuslaitos, Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0736-7
	Sivuja 35	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 62 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Oy Edita Ab, (09) 566 0266 telefax (09) 566 0380	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Tummavuoren Kirjapaino Oy, Vantaa 2000	

Presentationsblad

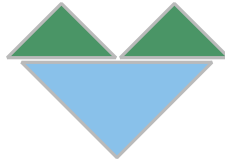
Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum Maj 2000
Författare	Mikko Kiirikki, Leena Westerholm och Juha Sarkkula	
Publikationens titel	Möjligheterna att minska Finska vikens algolägheter	
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy416/sy416.htm	
Sammandrag	<p>I denna rapport har samlats de centrala resultaten i det inom Miljöklustern finansierade projektet "Bekämpning av eutrofiering och skadlig algblomning: En ekologisk, samhällelig och ekonomisk optimering av Finska vikens näringsbelastning". Projektets mål har varit att uppskatta de inhemska vattenskyddsåtgärdernas möjligheter att kraftigt minska de algolägheter som regelbundet uppträder i Finska viken och att uppskatta vattenskyddets kostnadseffektivitet. Det tvååriga projektet (1998-2000) genomfördes som ett samarbete mellan Finlands miljöcentral, Havsforskningsinstitutet och Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy (Centralen för Miljökonsekvensbedömning).</p> <p>Enligt projektets resultat kan man genom att minska den inhemska belastningen förbättra tillståndet endast i de finska kustvattnen. Hela Finska vikens tillstånd och det öppna havsområdets giftiga algblomning kan man knappast påverka om än man hade alla med nutidens teknik genomförbara metoder till hands utan tanke på kostnaderna. Effektiveringen av St.Petersburgs nuvarande vattenreningsverk ingick i utredningen som jämförelsematerial och detta visade sig vara tiotals gånger mera kostnadseffektivt än de inhemska åtgärderna för att minska Finska vikens algolägheter.</p>	
Nyckelord	eutrofiering, algblomning, vattenskydd/havsskydd, kostnader, effektivitet/kostnadseffektivitet, Finska viken	
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 416	
Publikationens tema	miljövård	
Projektets namn och nummer	Bekämpning av eutrofiering och skadlig algblomning: En ekologisk, samhällelig och ekonomisk optimering av Finska vikens näringsbelastning XB371	
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet: Miljöklustern	
Organisationer i projektgruppen	Finlands miljöcentral, Havsforskningsinstitutet och Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy (Centralen för Miljökonsekvensbedömning)	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0736-7
	Sidantal 35	Språk finska
	Offentlighet offentlig	Pris 62 FIM
Beställningar/ distribution	Oy Edita Ab, (09) 566 0266 telefax (09) 566 0380	
Förläggare	Finlands miljöcentral PO Box 140, FIN-00251 Helsingfors, FINLAND	
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Tummavuoren Kirjapaino Ab, Vanda 2000	

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date May 2000
Author(s)	Mikko Kiirikki, Leena Westerholm and Juha Sarkkula	
Title of publication	Possibilities of reducing harmful algal blooms in the Gulf of Finland	
Parts of publication/ other project publications	The publication is available in the internet: http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy416/sy416.htm	
Abstract	<p>This report contains the essential results of the project "Prevention of eutrophication and harmful algal blooms: Ecological and socio-economic optimisation of the nutrient load of the Gulf of Finland" sponsored by the Finnish Ministry of Environment. The goal of the project has been to evaluate the possibilities of Finnish national water protection measures to reduce the regular harmful algal blooms in the eutrophicated Gulf of Finland and to estimate the cost effectiveness of water protection. The two year project (1998 - 2000) has been carried out in co-operation of the Finnish Environment Institute, the Institute of Marine Research, and the Environment Impact Assessment Center of Finland.</p> <p>According to the results the Finnish national nutrient load reductions improve only the state of the Finnish coastal zone. Even though all the modern techniques regardless of cost would be put into use, the ecological state of the whole Gulf of Finland as well as the toxic blooms of the nitrogen-fixing blue-green algae cannot be affected significantly by the national measures. Process improvements in the existing waste water treatment plants of St Petersburg proved to be tens of times more cost effective than the Finnish national measures on reducing the harmful algal blooms.</p>	
Keywords	eutrophication, algal blooms, water pollution control, marine pollution control, cost efficiency, Gulf of Finland	
Publication series and number	The Finnish Environment 416	
Theme of publication	Environmental protection	
Project name and number, if any	Prevention of eutrophication and harmful algal blooms: Ecological and socio-economic optimisation of the nutrient load of the Gulf of Finland XB371	
Financier/ commissioner	The Finnish Ministry of Environment: Environmental Cluster Programme	
Project organization	Finnish Environment Institute, the Institute of Marine Research and the Environment Impact Assessment Center of Finland	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0736-7
	No. of pages 35	Language Finnish
	Restrictions Public	Price 62 FIM
For sale at/ distributor	Edita Ltd, tel. +358 9 566 022 telefax + 358 9 566 0380	
Financier of publication	Finnish Environment Institute P.O. Box 140, FIN 00251 Helsinki, FINLAND	
Printing place and year	Tummavuoren Kirjapaino, Vantaa 2000	

Suomen ympäristö

374. Bilaletdin, Ämer & Arvonon, Hannu (toim.): Vörtsjärven kunnostuksen ja suojelun yleissuunnitelma. Pirkanmaan ympäristökeskus.
375. Siitonen, 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 ohjauskeinot 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. Esimerkinä 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 kehittämisestä Tuusulassa vuosina 1992 - 1998. Ympäristöministeriö.
391. Turtiainen, Markku: Vertailu ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä. Ympäristöministeriö.
392. Kempainen, 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 arviointimenettely 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 fran till år 2005. Ympäristöministeriö.
403. Vuori, Veli-Matti; Aronsuu, Ilona & Meissner: Lyhytaikaissäännöstelyn vaikutukset Perhonjoen koskielistöön. Habitaattitutkimukset ja laboratoriokokeet vuosina 1997 - 1998. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
404. Rosenström, Ulla & Palosaari, Marika (toim.): Kestävyyden mitta. Suomen kestävän kehityksen indikaattorit 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* kasvatatus. Uudenmaan ympäristökeskus.
409. Kahilainen, Juha: Kohti kestävää verkostoyhteiskuntaa. Kestävä kehitys ja tietoyhteiskunta. Ympäristöministeriö.



YMPÄRISTÖN- SUOJELU

Suomenlahden levähaittojen vähentämismahdollisuudet

Tähän raporttiin on koottu Ympäristöministeriön Ympäristöklusterirahoitteisen hankkeen "Rehevöitymisen ja haitallisten leväkukintojen torjunta: Suomenlahden ravinnekuormituksen ekologinen, yhteiskunnallinen ja taloudellinen optimointi" keskeiset tulokset. Hankkeen tavoitteena on ollut arvioida kotimaisten vesiensuojelutoimenpiteiden mahdollisuuksia vähentää voimakkaasti rehevöityneellä Suomenlahdella säännöllisesti esiintyviä levähaittoja ja arvioida vesiensuojelun kustannustehokkuutta. Kaksivuotinen hanke (1998-2000) toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen, Merentutkimuslaitoksen ja Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy:n yhteistyönä.

Hankkeen tulosten mukaan kotimaisilla kuormitusvähennyksillä pystytään parantamaan ainoastaan Suomen rannikkoalueen tilaa. Koko Suomenlahden tilaan ja avomeren myrkyllisiin sinileväkukintoihin kotimaisin toimenpitein ei juuri pystytä vaikuttamaan vaikka käytössä olisi kaikki nykytekniikalla toteutettavissa olevat keinot kustannuksista välittämättä. Tarkastelussa vertailun vuoksi mukana ollut Pietarin nykyisten jätevedenpuhdistamoiden toiminnan tehostaminen osoitautui kymmeniä kertoja kotimaisia toimenpiteitä kustannustehokkaammaksi ratkaisuksi Suomenlahden levähaittojen vähentämisessä.

Julkaisu on saatavissa myös Internetistä:

<http://www.vyh.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy416/sy416.htm>

ISBN 952-11- 0736-7

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

