

**UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN  
RAPORTTEJA 6 | 2008**

# Karjaan Kaskimaan kunnostus- ja hapetussuunnitelma

**Anne-Marie Hagman**



**Uudenmaan ympäristökeskus**



# Karjaan Kaskimaan kunnostus- ja hapetussuunnitelma

Anne-Marie Hagman

Helsinki 2008

Uudenmaan ympäristökeskus



**UUDENMAAN  
YMPÄRISTÖKESKUS**  
NYLANDS  
MILJÖCENTRAL

UUDENMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN RAPORTTEJA 6 | 2008  
Uudenmaan ympäristökeskus

Kannen taitto: Reetta Harmaja  
Kannen kuva: Anne-Marie Hagman

Julkaisu on saatavana internetistä:  
<http://www.ymparisto.fi/julkaisut>

ISBN 978-952-11-3100-4 (PDF)  
ISSN 1796-1742 (verkkokj.)

## SISÄLLYS

Osa I: Kaskimaan kunnostussuunnitelma.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Aineisto ja menetelmät.....	7
2.1 Perustilaa kuvaavat tekijät.....	7
2.2 Kalasto.....	7
2.3 Kuormituksen laskeminen Kaskimaalle.....	8
2.4 Ulkoisen kuormituksen sietokyvyn arviointi .....	9
2.5 Sisäisen kuormituksen arviointi.....	10
3 Kaskimaan perustila .....	12
3.1 Limalevän ekologiaa.....	12
3.2 Veden laatu.....	13
3.3 Kasvillisuus.....	15
3.4 Kalasto.....	16
4 Kaskimaan kuormitus selvitys .....	18
4.1 Ulkoinen kuormitus .....	18
4.2 Sisäinen kuormitus.....	20
4.3 Tavoitteet .....	21
5 Mahdollisia menetelmiä Kaskimaan kunnostamiseen .....	22
5.1 Vesikasvien niitto.....	22
5.2 Tehokalastus.....	23
5.3 Hapetus .....	23
5.4 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen.....	24
6 Soveltumattomat menetelmät .....	25
6.1 Ruoppaus .....	25
6.2 Vedenpinnan nosto.....	25
6.3 Fosforin kemiallinen saostaminen.....	25
7 Yhteenveto.....	26
Osa II: Kaskimaan hapetussuunnitelma.....	27
1 Johdanto.....	28
2 Aineisto ja menetelmät.....	29
3 Kaskimaan veden happipitoisuus.....	30
4 Tarkasteltavat hapetuslaitteet.....	31
4.1 Yleistä.....	31
4.1.1 Waterix AIRIT Micro .....	31
4.1.2 Waterix AIRIT 70.....	31

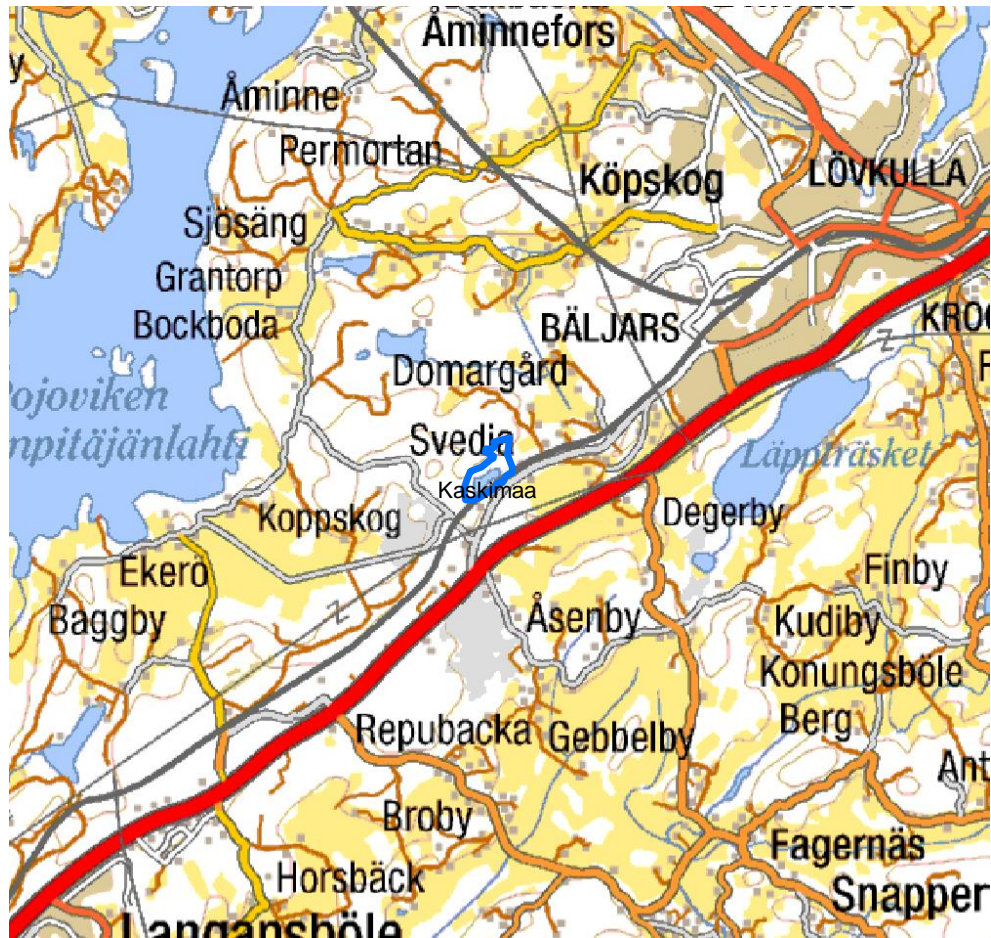
4.1.3	Waterixin AIRIT 200.....	32
4.1.4	Mixox-hapetin (Vesi-Eko).....	33
4.1.5	Visiox-ilmastin (Vesi-Eko).....	33
4.1.6	Meduusa (Lainpelto).....	34
4.1.7	Kasco-jäänestäjä (Nautikulma).....	34
4.1.8	ENVIRO BOTNIA SYSTEM (EBS-MENETELMÄ).....	35
5	Hapetuslaitteen valinta ja mitoitus.....	36
5.1	Hapetustarve.....	36
5.2	Sekoituskapasiteetti.....	37
5.3	Sähkönkulutus.....	37
5.4	Laittehinnat ja kokonaiskulut.....	38
5.5	Hapetuslaitteen sijainti.....	38
6	Turvallisuusnäkökohdat.....	39
7	Hapetuksen seuranta.....	40
7.1	Kasviplankton.....	40
7.2	Happipitoisuus.....	40
7.3	Muut analyysit.....	40
8	Yhteenveto.....	41
	Lähteet.....	42
	Kuvailulehti.....	52
	Presentationsblad.....	53

# Osa I: Kaskimaan kunnostus- suunnitelma

# 1 Johdanto

Uudenmaan ympäristökeskus kysyi syksyllä 2006 kaikilta Uudenmaan kunnilta halukkuutta osallistua kuntakohtaiseen järvikunnostusohjelmaan. Karjaan kaupunki ilmoitti kiinnostuksestaan, ja neuvotteluiden seurauksena kohteiksi valittiin sekä Kolijärvi (Gålisjön) että Kaskimaa (Svedjaträsket). Näille järville tehtiin yhteistyöprojektina perustilan selvitys, kuormitus selvitys ja niihin pohjautuva kunnostussuunnitelma. Kaskimaan sijainti näkyy kuvassa 1.

Ohjausryhmässä ovat olleet Seija Kannelsuo-Mäntynen (Karjaan kaupunki), Jarmo Vääriskoski ja Anne-Marie Hagman (Uudenmaan ympäristökeskus). Kunnostussuunnitelmaa on kommentoinut lisäksi Uudenmaan ympäristökeskuksen Sirpa Penttilä ja hapetusosiota Vesiekon Erkki Saarijärvi.



Kuva 1. Kaskimaan sijainti Karjaalla. Mittakaava 1 : 75 000. Luvat Maanmittauslaitos lupa nro 7/MLL/08 ja Genimap Oy, Lupa L4659/02.



## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Perustilaa kuvaavat tekijät

Vesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus kuvaa vesien keskimääräistä veden laatua sekä soveltuvuutta vedenhankintaan, kalavesiksi ja virkistyskäyttöön. Luokkia on viisi: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. Kaskimaan luokittelun teki Anne-Marie Hagman. Vedenlaatutiedot haettiin ympäristöhallinnon Herttatietojärjestelmästä.

Leväkukintailmoitukset ja levälajit kerättiin Uudenmaan ympäristökeskuksen levähaittarekisteristä. Anne-Marie Hagman määrätti Kaskimaan kasvillisuuden maastokäynnin perusteella. Selvitys tehtiin erityisesti kunnostuksen näkökulmasta. Ilmakuvia Kaskimaasta ei ollut. Järvi kierrettiin rantoja pitkin kävellen. Kasvit tunnistettiin lajilleen tai ainakin suvulleen, jolloin niiden poistamiseen voidaan antaa ohjeita. Havaintoja kerättiin haitallisesta umpeenkasvusta

Anne-Marie Hagman määrätti Kaskimaan valuma-alueajauksen Uudenmaan ympäristökeskuksen Arto Pummilan avustuksella. Varsinaisen digitoinnin teki Martti Kauhanen Uudenmaan ympäristökeskuksesta.

Kesäasuntojen määrä valuma-alueella laskettiin Karjaan kaupungin paikkatietojärjestelmästä.

### 2.2 Kalasto

Petri Savola

Uudenmaan ympäristökeskuksen Petri Savola teki projektin yhteydessä koekalastuksen. Koekalastuksella oli tarkoitus selvittää Svedjaträskin eli Kaskimaan kalaston tämän hetkistä tilaa. Tieto kalastosta on uutta, sillä aiempia koekalastuksia Kaskimaalla ei tiettävästi ole tehty.

Järven pienestä koosta ja tasasyvyydestä johtuen järvelle ei arvottu pyyntialueita etukäteen vaan verkot sijoitettiin järveen tasaisesti silmämääräisesti. Järven pyyntialueet on esitetty kuvassa 2. Koekalastus tehtiin järvellä kahteen kertaan. Tämä siksi, että useammalla koekalastuskerralla saadaan vähennettyä sääolojen vaikutusta saaliiseen. Ensimmäinen kalastuskerta oli 23. – 24.7. (verkot 1 – 4) ja toinen 7. – 8.8. (verkot 5 – 8).



Kuva 2. Koeverkkojen paikat Kaskimaassa. Lupa: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MLL/08.

Käytössä oli neljä kappaletta Nordic-yleiskatsausverkkoja. Nordic-verkko on korkeudeltaan 1,5 ja pituudeltaan 30 metriä. Samaan pauloitukseen liitetty 12 eri solmuvälin verkonliinaa harvuuksiltaan 5 – 55 millimetriä, joten yhden solmuvälin pituus verkossa on 2,5 metriä. Verkot laskettiin pyyntiin noin ilta kymmeneltä ja nostettiin aamulla noin kahdeksan aikaan. Pyyntiajaksi tuli noin 10 tuntia. Molemmilla koekalastuskerroilla veden lämpötila oli noin 21 astetta. Vedessä oli havaittavissa hiukan sinileviä. Pyyntissä olleiden verkkojen limoittuminen oli vähäistä.

## 2.3 Kuormituksen laskeminen Kaskimaalle

VEPS-tietojärjestelmä antaa tiedot kolmannen jakovaiheen vesistöalueen tarkkuudella (liite 1). VEPS-tietojärjestelmän tietoja on tarkennettu Kaskimaan osalta erikseen. Kaskimaalle haettiin kuormituksen laskemista varten VEPSistä ominaiskuormitusluvut sekä fosforille että typelle (taulukko 1).

Taulukko 1. Kaskimaan kuormituksen arvioinnissa käytetyt ominaiskuormitusluvut (kg/km<sup>2</sup>/ kg/as) fosforin ja typen osalta. Luvut ovat keskiarvo vuosista 2000-2002.

	Fosfori	Typpi
Peltoviljely	160	1642,21
Metsätalous	0,86	13,69
Laskeuma	8,05	580,03
Luonnonhuuhtouma	6,32	185,22
Hulevesi	1,61	116,01
Haja- ja loma-asutus	0,40	2,71

Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0

Kaskimaan kohdistuvan kuormituksen arvioinnissa käytettiin Karjaan kaupungilta saatuja tietoja. Peltoviljelyn osuus valuma-alueella arvioitiin Arc Gis-karttaohjelmalla sähköisten valuma-aluekarttojen avulla.

Haja-asutuksen aiheuttaman kuormituksen arvioinnissa käytettiin Karjaan kaupungilta saatavia tietoja loma- ja haja-asuntojen määrästä. Jokaisessa asunnossa oletettiin oleilevan kolme henkilöä. Näin saadut haja- ja loma-asutuksen kuormitusta kuvaavat luvut kerrottiin VEPSistä saadulla ominaiskuormitusluvulla ja laskettiin yhteen.

Metsätalouden kuormitus arvioitiin karttatarkastelun avulla. Metsämaan osuus valuma-alueesta kerrottiin valuma-aluekohtaisella VEPS-tietojärjestelmästä saadulla ominaiskuormitusluvulla. Lisäksi tietoja alueilla tehdyistä metsänhoito-toimenpiteistä selvitettiin tekijän toimesta paikalliselta metsänhoitoyhdistykseltä.

Luonnonhuuhtoumalle ja laskeumalle haettiin VEPSistä ominaiskuormituslu-kuarvot. Kaskimaan valuma-alue on VEPSin vastaavaa pienempi, joten kuormitus suhteutettiin järveen valuma-alueelle. Kaskimaan valuma-alueesta vähennettiin järven ala luonnonhuuhtoumaa laskettaessa. Laskeuma katsottiin kohdistuvan vain vesialueelle.

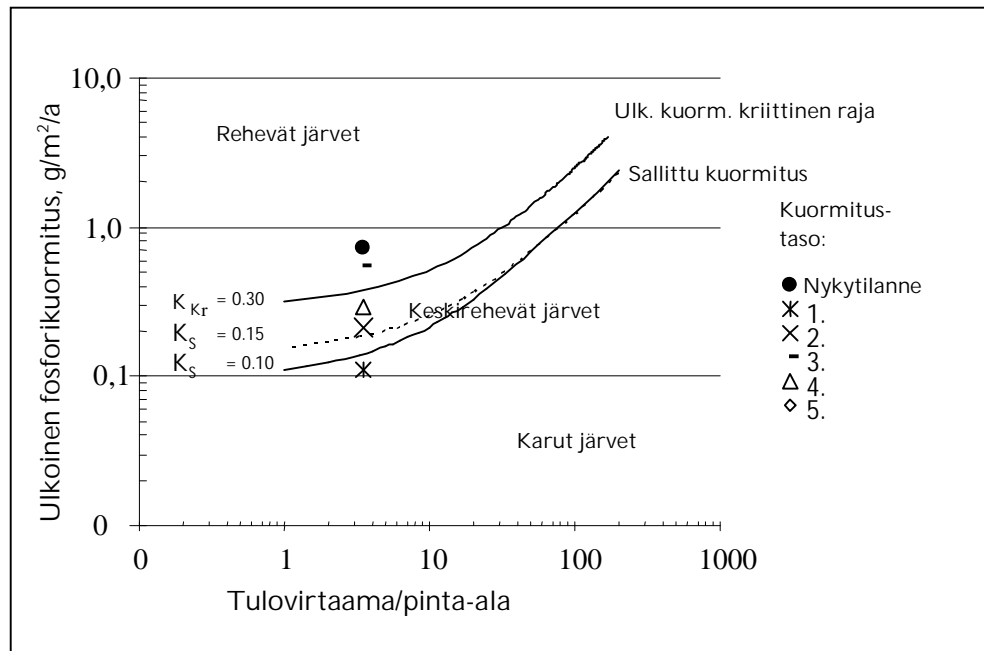
Edellä mainituista tiedoista muodostuu kokonaiskuormitus, jonka merkitystä Kaskimaan kuormituksen sietokykyyn arvioitiin Vollenweiderin (1976) mallin avulla. Laskennassa käytettiin Vesi-Ekon Erkki Saarijärveltä saatua Excel-tiedostoa.

## 2.4 Ulkoisen kuormituksen sietokyvyn arviointi

Ulkoisella kuormituksella tarkoitetaan järven valuma-alueelta järveen valumavesi-en mukana kulkeutuvaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta. Kuormitusta tulee ilmaperäisestä laskeumasta ja luonnonhuuhtoumasta sekä ihmisen toiminnasta kuten maa- ja metsätaloudesta sekä haja-asutuksesta.

Järvien kunnostuksessa on hyvin tärkeää selvittää ulkoiset kuormittavat tekijät ja miten merkittävää kuormitus on. Valuma-alue voidaan jakaa kauko- ja lähivaluma-alueeseen. Tulojoet tuovat yleensä kuormitusta kauempaa. Lähivaluma-alueelta kuormitus tulee pikkupuroissa hajakuormituksena. Lähivaluma-alueella on tyypillistä pitoisuuksien suuri vaihtelu (Lappalainen 1990).

Ulkoisen kuormituksen sietokyvyn arviointiin voidaan käyttää Vollenweiderin (1976) mallia. Siinä tulevaa ulkoista kuormitusta verrataan hydrauliseen pintakuormaan. Hydraulinen pintakuorma saadaan jakamalla tulovirtaama järven pinta-alalla tai keskisyvyys viipymällä. Sietorajat on määritetty laajan järvitutkimuksen perusteella. Ns. kriittinen raja ( $P_v=0,174 \times 0,469$ ) kuvaa tilannetta, jossa kuormitus aiheuttaa rehevöitymisen kiihtymistä. Sallittu raja ( $P_s=0,055 \times 0,635$ ) taas kertoo kuormitustasosta, jota järvi pystyy sietämään ilman, että se rehevöityy. Yleensä sallitun kuormituksen rajana käytetään katkoviivalla merkittyä käyrää, jossa fosforikuormitus on  $0,15 \text{ g/m}^2/\text{a}$  (kuva 2). Mallin käytössä on huomioitava sen suuntaantavuus ja yleistettävyyys, se ei ota huomioon järven yksilöllisiä ominaisuuksia.



Kuva 2. Vollenweiderin mallin mukainen ulkoisen fosforikuormituksen arviointi. Sallittu kuormitus voidaan ajatella sijaitsevan kohdassa  $K_S=0,15$ .

## 2.5 Sisäisen kuormituksen arviointi

Sisäisellä kuormituksella tarkoitetaan tilannetta, jossa ravinteita alkaa vapautua uudelleen kiertoon pohjan sedimentistä. Järven rehevöityessä sen tuotantotaso kasvaa, jolloin syntyy enemmän hajotettavaa ainesta. Hajotustoiminta kuluttaa sedimentin happivarjoja. Hapen kuluessa loppuun pohjan sedimentistä alkaa vapautua sinne sitoutunutta fosforia. Sedimentistä voi myös vapautua ravinteita, kun kalat etsivät ruokaa pohjalta. Tällaisia pohjasta ruokaa etsiviä kaloja ovat särkikaloihin kuuluvat lahna, suutari, pasuri ja ruutana. Myös särjet voivat nostaa ravinteita veteen pohjasta ravintoa etsiessään. Fosforia alkaa myös vapautua, kun veden pH-arvo nousee reilusti emäksiselle puolelle. Rehevissä järvissä kasvien ja levien yhteytystoiminta saattaa nostaa veden pH-arvon yli yhdeksään. Tällöin sisäinen kuormitus voi voimistua edelleen.

Sisäisen kuormituksen suuruutta on vaikeampi arvioida. Jotta sen laskeminen olisi mahdollista, pitäisi tietää järvessä olevan sedimentoituvan aineksen määrä tai sedimentaationopeus. Sisäistä kuormitusta on kuitenkin mahdollista arvioida välillisesti. Järveen tulevan kuormituksen perusteella voidaan laskea vesipatsaan keskimääräinen fosforipitoisuus. Friskin (1978) mukaan tämä lasketaan kaavalla:

$$C = (1-R) * I / Q, \text{ jossa}$$

$C$  = keskimääräinen fosforipitoisuus,  $\text{mg}/\text{m}^3$

$R$  = pidättymiskerroin = 0,370

$I$  = tuleva kuormitus,  $\text{mg}/\text{s}$  ja

$Q$  = virtaama,  $\text{m}^3/\text{s}$

Vertaamalla laskettua kokonaisfosforipitoisuutta mitattuun pitoisuuteen, voidaan arvioida sisäisen kuormituksen suuruutta. Jos havaittu fosforipitoisuus on selvästi laskettua pitoisuutta suurempi, on oletettavaa, että järvi kärsii sisäisestä

kuormituksesta. Jos taas havaittu pitoisuus on laskettua pienempi, järveen tuleva aines sedimentoituu helpommin.

Vesipatsaan fosforipitoisuuden perusteella on mahdollista ennustaa klorofyllipitoisuutta. Klorofylli-a - ja kokonaisfosforipitoisuudet korreloivat selvästi Pietiläisen ja Räikkeen (1999) tekemän järvihavaintopaikkatutkimuksen mukaan. Selitysaste kyseisessä tutkimuksessa oli 0,89. Aineistosta saatiin suoran yhtälöksi:

$$y = 0,5655x - 1,9312, \text{ jossa}$$

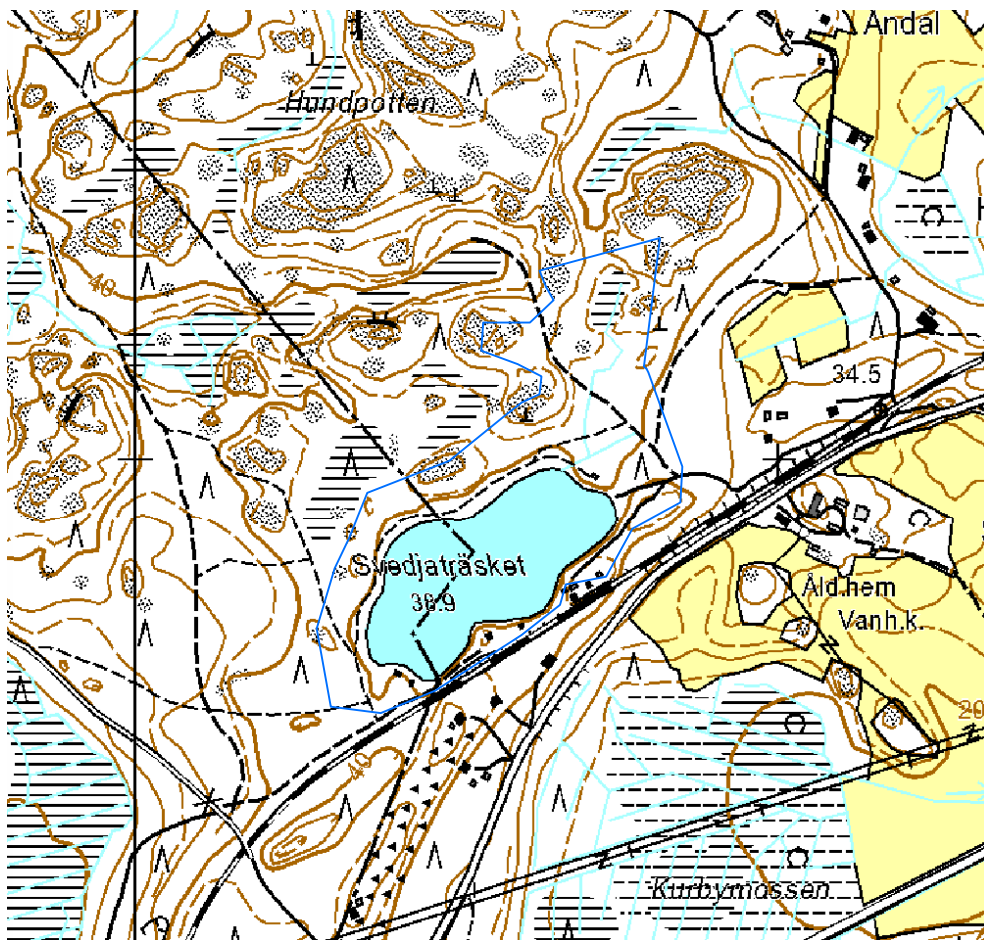
y on klorofyllipitoisuus ja

x on kokonaisfosforipitoisuus.

Klorofylli-a- ja kokonaisfosforipitoisuuden suhde kertoo kalaston vaikutuksesta kasviplanktonin muodostumiseen. Vertaamalla ennustettua klorofyllipitoisuutta havaittuun pitoisuuteen, voidaan arvioida muodostuuko järvessä leväkukintoja helposti. Jos havaittu pitoisuus on selvästi ennustettua korkeampi, myös klorofyllin ja fosforin suhde on suuri. Molemmat seikat puoltavat tällöin kalaston suurta vaikutusta leväkukintojen muodostumiseen. Tällaisessa tapauksessa kunnostustoimenpiteeksi voidaan suositella mm. ravintoketjukurkennostusta olettaen, että koe-kalastustulokset tukevat menetelmävalintaa.

## 3 Kaskimaan perustila

Kaskimaa on pinta-alaltaan 6,42 ha ja sijaitsee Karjaalla pohjavesialueella. Kaskimaa on aika matala, suurin syvyys on vähän alle neljä metriä. Valuma-alue on pieni, sen ala on vain 21 ha. Valuma-alueella on metsää, erityisesti kuivaa mäntykangasta ja toisaalta suomaata. Peltoja Kaskimaan valuma-alueella ei ole. Rannat ovat osin soistuneita, ja järven kasvillisuuskin on osittain suokasveista koostuvaa. Järven etelärannalla on vähän mökkiasutusta. Kaskimaassa ei ole selvää luusuaa eli laskuojaa, vaan vesi suotautuu pohjavedeksi (kuva 3).



Kuva 3. Kaskimaan valuma-alue, mittakaava 1 : 10 000. Luvat SYKE ja Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/07.

Kaskimaassa esiintyy limalevän aiheuttamia leväkukintoja. Myös sinileväkukintoja on ollut jonkin verran levähaittarekisterin mukaan. Kaskimaassa on havaittu myös iilimatoja. Näkemättä on vaikea sanoa, onko kyseessä hevos- vai verijuotikas. Todennäköisesti kyseessä on verta imemätön hevosjuotikas.

### 3.1 Limalevän ekologiaa

Limalevä on tyypillinen tummavetisten järvien levälaji. Se vaeltaa päivisin päällysvesikerrokseen yhteyttämään ja palaa yöksi takaisin syvemmälle. Matalassa järvessä vaellus yltyä saamaan kerrokseen uimarien kanssa, mikä aiheuttaa haittaa järven virkistyskäytölle. Kirkasvetisemmissä järvissä vaellus ei ulotu pintaan saak-

ka eikä aiheuta siis haittaa uimareille. Limalevän määrään vaikuttavat samat tekijät kuin muidenkin levien. Järven valaistusolot, sekoittumisolot ja ravinteisuus määräävät sen, kuinka suuri ongelma limalevästä tulee. Limalevä käyttää hyväkseen alusveden ravinteita, mikä pitää huomioida pintaveden klorofyllipitoisuuden ja kokonaisfosforipitoisuuden suhdetta arvioitaessa. Tällöin klorofyllipitoisuudet saattavat tulla "liian suuriksi" suhteessa vallitsevaan ravinnepitoisuuteen. Koska suhdelukua käytetään kalaston vaikutuksen arviointiin, on kalaston vaikutusta arvioitava varovaisen harkitsevasti limaleväjärvenissä.

## 3.2 Veden laatu

Kaskimaa kuuluu pintavesien käyttökelpoisuusluokituksen mukaan luokkaan tyydyttävä. Kokonaisfosfori-pitoisuutensa perusteella Kaskimaa voidaan luokitella reheväksi järveksi (taulukko 2). Kaskimaa kerrostuu, mutta lämpötilaerot eivät ole suuria. Tästä saattaa seurata kerrostuneisuuden purkautumista herkästi.

Näkösyvyys on ollut talvisin 1,8 m vuonna 1989 ja 0,8 m vuonna 2007. Kesällä vuonna 2006 elokuussa näkösyvyys oli 1,1 m ja vuonna 2007 kesäkuussa 1,3 m.

Klorofyllipitoisuus oli 31 µg/l elokuussa vuonna 2006 ja 28 µg/l kesäkuussa 2007. Elokuussa pitoisuus oli peräti 100 µg/l. Tämä kertoo järven selvästä rehevyydestä. Klorofylli- ja kokonaisfosforipitoisuuden suhde oli 0,75 vuonna 2006 ja 0,93 vuonna 2007. Elokuun mittausten perusteella suhteeksi tulisi 4. Tämä viittaisi yleensä siihen, että kalastolla on veden laatua huonontava vaikutus. Kaskimaan tapauksessa kuitenkin pitää muistaa, että klorofylliarvoa nostaa limalevä, joka käyttää hyväkseen alusveden eikä päällysveden ravinteita. Tällöin siis klorofyllia syntyy enemmän kuin päällysveden kokonaisfosforipitoisuuden perusteella voisi ennustaa muodostuvan.

Taulukko 2. Kaskimaan vedenlaatutuloksia kesä- ja elokuulta vuodelta 2007.

Mitattu suure	Kesäkuu		Elokuu	
	Syvyys, m		Syvyys, m	
	1	1	1,7	
Näkösyvyys, m	1,3	2,5		
Alkaliniteetti, mmol/l	0,03	0,055	0,056	
Ammoniumtyppi, µg/l	23	2	3	
Fosfaattifosfori, µg/l	1	2	4	
Hapen kyllästysaste, kyll.%	105	97	94	
Happi, liukoinen mg/l	9,1	9,0	8,8	
Kemiallinen hapenkulutus, mg/l	12	10	11	
Klorofylli-a, µg/l	28 (0 – 1,5 m)	100 (0 – 2 m)		
Kokonaisfosfori, µg/l	30	25	42	
Kokonaistyyppi, µg/l	830	690	980	
Lämpötila, °C	22,3	19,0	18,7	
Nitriitti-nitraattityppi, µg/l	52	Alle määritys- rajan	Alle määritys- rajan	
pH	6,4	6,8	6,7	
Rauta, µg/l	170	380	420	

Sameus, FNU	2,5	2,3	4,3
Sähkönjohtavuus, mS/m	2,0	1,9	1,9
Väriluku, mg Pt/l	60	60	60
Fekaaliset enterokokit, kpl/100 ml	4	2	
Fekaaliset enterokokit, tark. kpl/100ml	4	2	
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset kpl/100ml	9	9	

Kokonaisfosforipitoisuudesta löytyy kesäaikaisia tietoja vuosilta 2006 ja 2007. Vuonna 2006 kokonaisfosforia oli pinnanläheisessä vedessä 41 µg/l ja pohjanläheisessä vedessä 37 µg/l. Vuonna 2007 kokonaisfosforipitoisuus oli kesäkuussa 30 µg/l ja elokuussa 25 µg/l. Kun fosforipitoisuus on yli 25 µg/l, voidaan puhua rehevästä järvestä. Kaskimaa on kokonaisfosforipitoisuutensa perusteella rehevä järvi (taulukko 3).

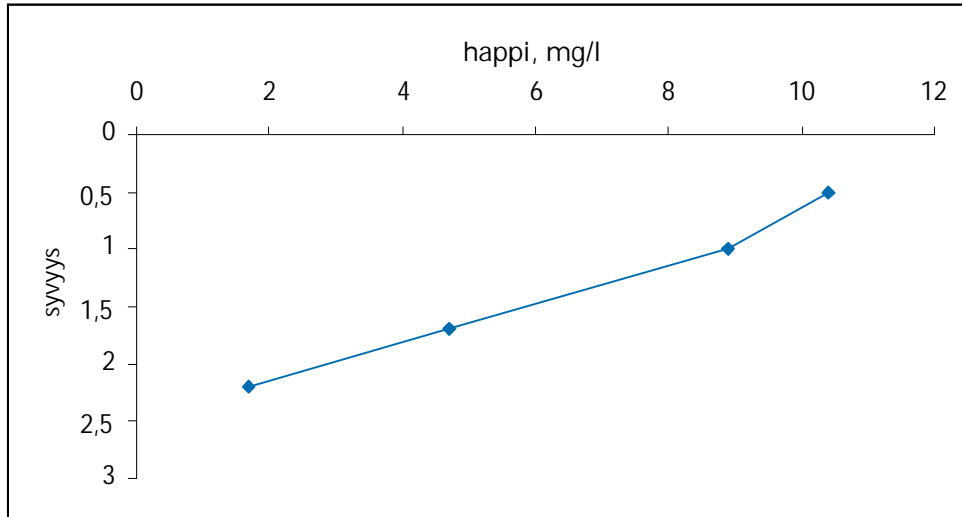
Taulukko 3. Kaskimaan kokonaisfosforipitoisuuksia pinnan ja pohjan lähellä.

Aika	Syvyys	Kokonaisfosforipitoisuus, µg/l
10.1.1989	1	28
10.1.1989	2	35
1.8.2006	1	41
1.8.2006	2	37
15.2.2007	1	23
15.2.2007	1,7	24
11.06.2007	1	30
27.08.2007	1	25
27.08.2007	1,7	42

Levähaittarekisteristä löytyi kolme havaintoa vuosilta 1996, 1997, 1999 ja kaksi vuodelta 2005. Asteikolla ei havaittava, havaittava, runsas ja erittäin runsas leväkukinnat ovat olleet havaittavia lukuun ottamatta vuoden 1999 runsasta kukintaa. Vuosien 1996 ja 1997 kukinta on muodostunut limalevästä (*Gonyostonum semen*). Muina vuosina kyseessä on ollut sinileväkukinta (*Anabaena* sp). Vuonna 2007 elokuussa tehtiin Kaskimaan kasviplanktonitutkimus, jonka mukaan sen koostumuksesta 92 % oli limalevää.

Happipitoisuus oli kesällä vuonna 2006 yhden metrin syvyydessä 8,9 mg/l ja kahden metrin syvyydessä 7,2 mg/l. Talvisin Kaskimaassa on esiintynyt alhaista happipitoisuutta kahden analyysin perusteella. Vuonna 1989 tammikuussa happea oli yhden metrin syvyydessä 11,9 mg/l ja kahden metrin syvyydessä enää 3,1 mg/l. On todennäköistä, että happipitoisuus on vielä laskenut tästä helmikuuhun ja maaliskuuhun mentäessä. Helmikuussa 2007 happea oli pinnan lähellä vielä yli 10 mg/l, mutta pitoisuus alkoi laskea kahden metrin syvyyteen mentäessä, ollen enää 1,7 mg/l 2,2 m:ssä (kuva 4). Kesäisin Kaskimaassa happea on ollut hyvin.





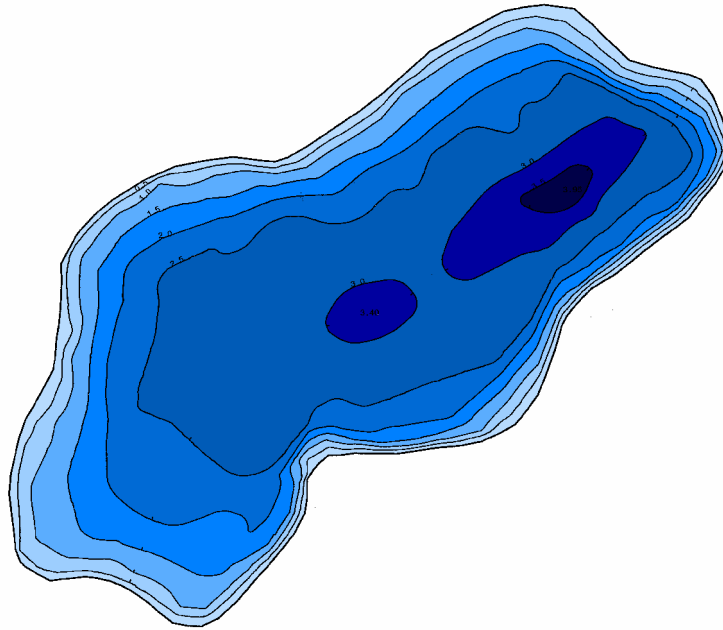
Kuva 4. Kaskimaan happipitoisuus helmikuussa 2007.

### 3.3 Kasvillisuus



Kuvat 5. ja 6. Kaskimaan raatteita ja ulpukoita. Kuvat: Anne-Marie Hagman.

Kaskimaan kasvillisuutta määritettiin maastokäynnin avulla elokuussa 2007. Järven itäpäässä sijaitsee Karjaan EU-uimaranta, eikä itärannalla ole kasveja. Uimarannan vierestä alkavat ilmaversoisvyöhykkeet, jotka koostuvat saroista (*Carex* sp.) ja järvikortteesta (*Equisetum fluviatile*). Järviruokoa (*Phragmites australis*) esiintyy paljon koillisrannalla. Syvemmälle mentäessä alkaa kelluslehtisten vesikasvien vyöhyke. Järven itäpäässä on aika paljon lummetta (*Nymphae candida*), mutta myös ulpukkaa esiintyy (*Nuphar lutea*). Kaskimaan pohjois-, luoteis- ja länsirannat ovat soisia ja niiden kasvillisuus koostuu raatteista (*Menyanthes trifoliata*), vehkasta (*Calla palustris*), suopursusta (*Rhododendron tomentosum*), rahkasammalesta (*Sphagnum* sp.) ja karpalosta (*Vaccinium* sp.). Näiden edessä esiintyy järvikortetta ja ulpukkaa. Ulpukkaa on järven länsipään keskiosassakin. Järven etelärannassa on mökkiasutusta, ja sen kasvillisuus tarkasteltiin kauempaa. Ilmaversoisista esiintyy saroja ja suokasvillisuus näyttäisi puuttuvan. Kelluslehtisistä esiintyy sekä ulpukkaa että lummetta. Kasvillisuutta esiintyy pääosin matalammalla kuin 2,5 m (kuva 7).



Kuva 7. Kaskimaan syvyyskartta, käyräväli 0,5 m. Syvin kohta sijaitsee järven itäisessä päässä (syvyys 3,95 m).

### 3.4 Kalasto

Petri Savola

Koekalastuksessa saatiin saaliiksi vain kahta kalalajia ahventa ja kiiskeä (tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 3). Kahden kalastuskerran saalis oli kuitenkin runsas. Yhteissaalis oli 40,5 kiloa ja 671 kappaletta (taulukko 4). Rannalla verkkoja selvitettyä kalat irrotettiin verkoista ja lajiteltiin solmuväleittäin. Tämän jälkeen kunkin lajin osalta laskettiin solmuvälikohtainen kokonaismäärä ja punnittiin kokonaispaino. Koekalastuskertojen saaliiden välillä oli hiukan eroa. Ensimmäisen koekalastuskerran saalis oli hiukan runsaampi 21,5 kg ja toisella kerralla saalis oli noin 19 kg.

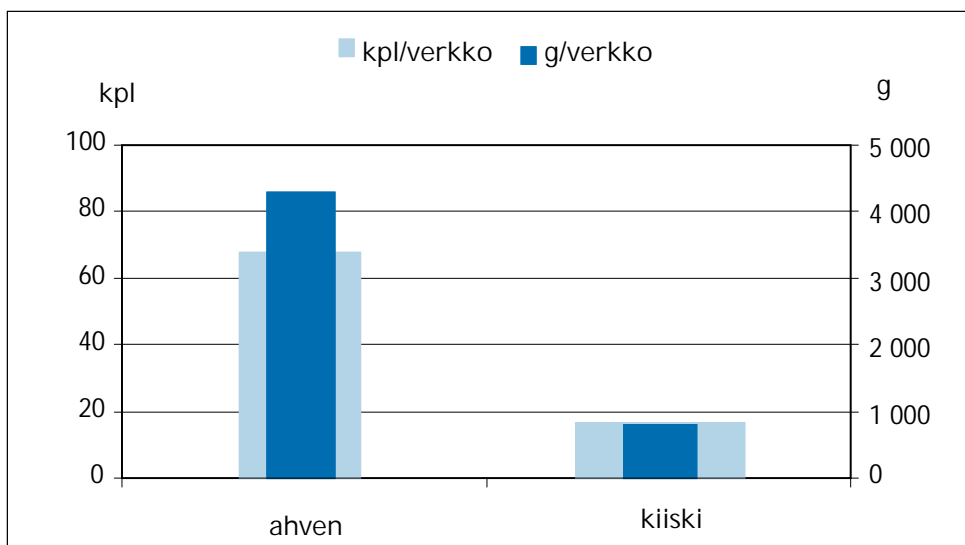
Taulukko 4. Kaskimaan verkkokoekalastuksen molempien koekalastuskertojen yhteissaalis.

	massa		lukumäärä		keskipaino
	g	%	kpl	%	g
ahven	34 249	84	539	80	63,5
kiiski	6 294	16	132	20	47,7
yhteensä	40 543	100	671	100	60,4

Koekalastuksen saalis oli erittäin epätavallinen. Järvestä puuttuvat nähtävästi kaikki särkikalat. Lisäksi kalat ovat suhteellisen kookkaita. Suuri osa ahvenista oli tarttunut 15,5 – 29 mm:n verkkoihin. Kiisket olivat suhteessa vielä isompia kuin ahvenet.

F/C-suhde kokonaissaaliin osalta on 1,2. F/C-suhde kuvaa sitä mikä on petokaloille syötäväksi kelpaavien kalojen osuus petokalojen määrästä. Kun arvo pienempi kuin neljä voidaan olettaa että petokaloilla on mahdollisuus pitää kalakan-

taa kurissa. Yksikkösaalis 5 068 (g/verkko) on sinänsä melko korkea, mutta kun ottaa huomioon kalaston laadun ei asiasta kannata huolestua. Lähinnä mieleen tulee, että kyseessä olisi erinomainen pilkki- ja onkilampi. Kalamäärät pyydysyksikköittäin on esitetty kuvassa 8. Mikäli tummansininen, painoa kuvaava pylväs, on pitempi kuin vaaleansininen lukumääräpylväs, on saalissa ollut kookkaita yksilöitä kuten Kaskimaalla ahventa. Vaikka kiisket olivat sinänsä kookkaita niin niiden joukossa ei kuitenkaan ollut mitään suomenennätyskoon kaloja, joten tummansinisistä ja vaaleansinisistä pylviä ovat suunnilleen yhtä pitkiä.

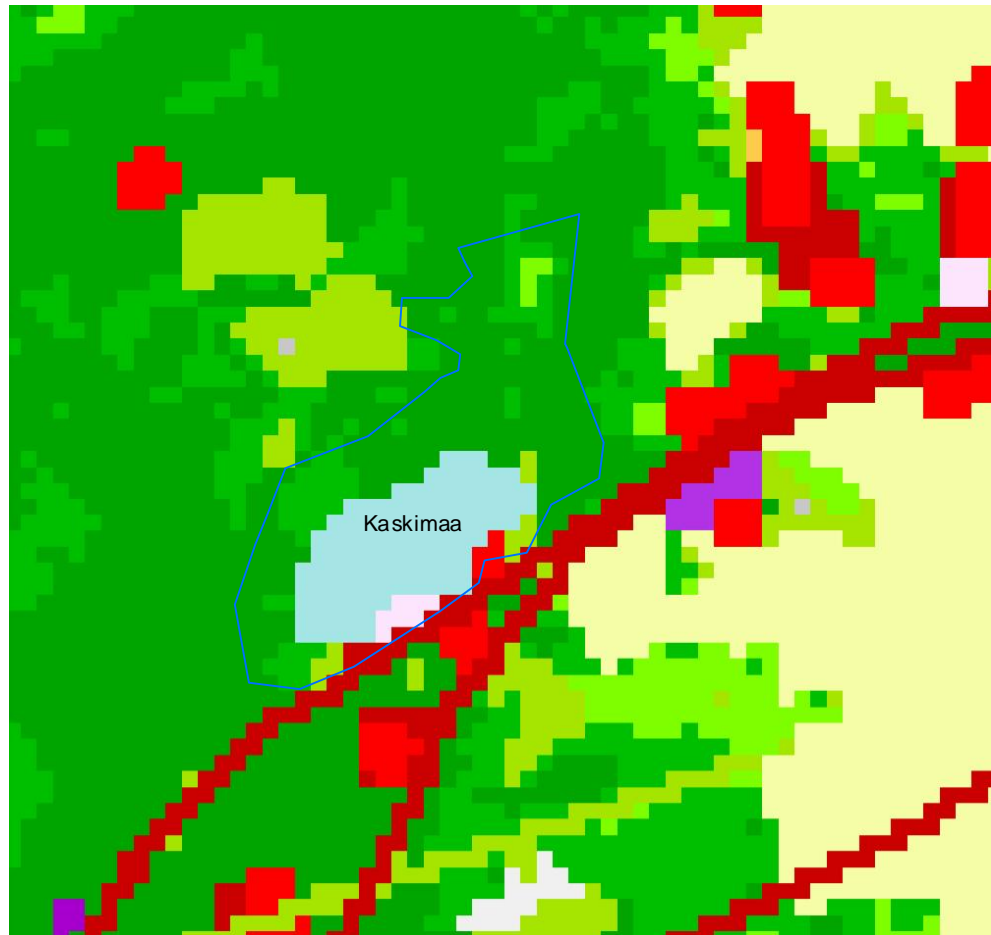


Kuva 8. Kaskimaan verkkokalastuksen pyydysyksikkökohtainen saalisjakauma. Vaaleansiniset pylväävät kuvaavat kalojen lukumäärää ja tummansinisistä kalojen painoa. Pylväiden pituuserot havainnollistavat myös kalojen kokoa.

## 4 Kaskimaan kuormituselvitys

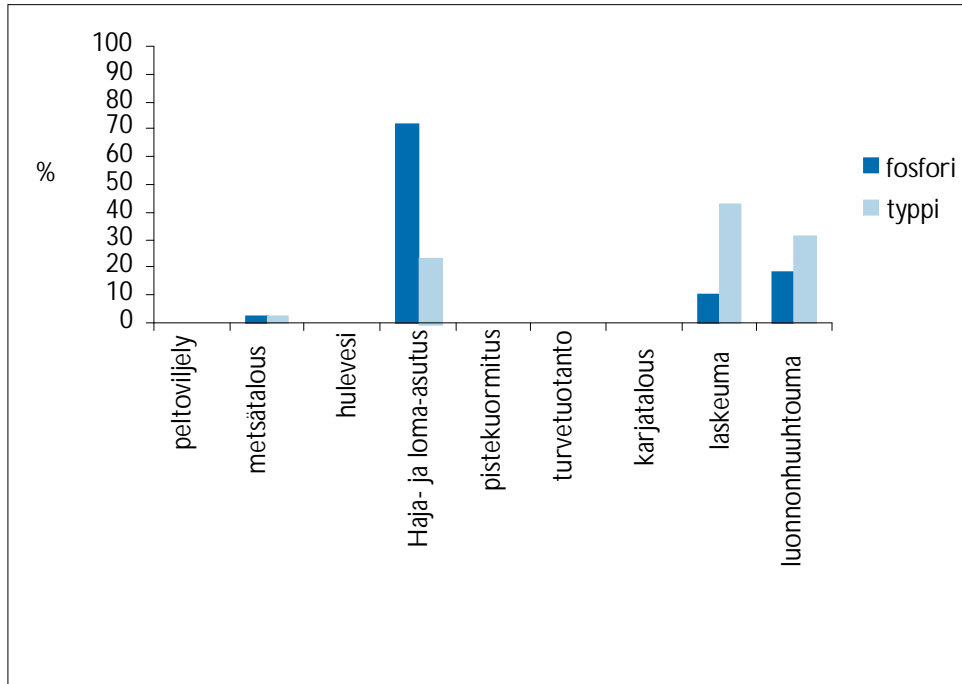
### 4.1 Ulkoinen kuormitus

Kaskimaan valuma-alueella ei ole pelloja eikä karjataloutta. Suurin osa valuma-alueesta on metsää, vain järven etelärannalla on muutamia kesämökkejä. Järven itärannalla on Karjaan kaupungin ainoa EU-ranta. Uimarantaan kuuluvat tyhjentävät vessat sijaitsevat kauempana järvestä. Näiden tietojen perusteella voidaan olettaa, että Kaskimaan ulkoinen kuormitus on vähäistä (kuva 9).



Kuva 9. Kaskimaan valuma-alueen maankäyttö, mittakaava 1 : 10 000. Luvat SYKE, Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/07 ja SYKE (osittain MMM, MML, VRK). Tulkinta-avain liitteessä 4.

Kaskimaan ulkoisen kuormituksen fosfori tulee pääosin haja- ja loma-asutuksesta. Typpeä tulee eniten laskeumasta ja luonnonhuuhtoumasta. Kaskimaan osalta on kuitenkin tärkeämpää katsoa kuormitusmääriä kuin osuuksia, koska kuormitus on erittäin vähäistä (kuva 10).



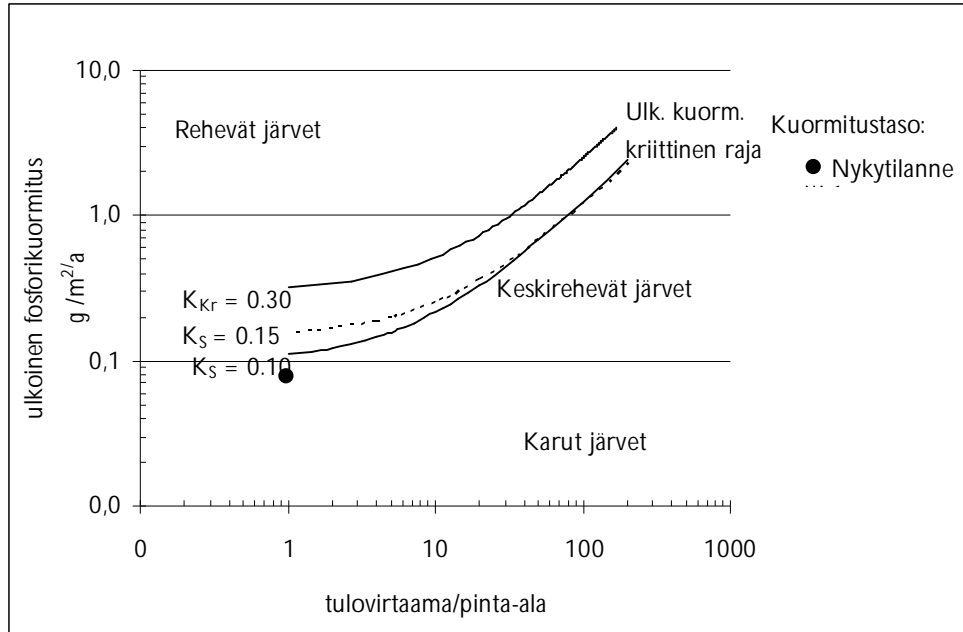
Kuva 10. Kaskimaan ulkoinen kuormitus jaettuna eri kuormituslähteisiin.

Kaskimaan tulee vuodessa fosforia n. 5 kg ja typpeä n. 90 kg. Ihmistoiminnan vaikutus on valuma-alueella vähäistä. Metsätalouden tuoma määrä on luultavasti yliarvioitu; se perustuu valuma-alueen metsäpinta-alaan. Haja- ja loma-asutus tuo fosforia 4 kg ja typpeä 21 kg. Laskeumasta tulee typpeä 37 kg. Myös luonnonhuuhtouma aiheuttaa 27 kg typen kokonaiskuormituksesta (taulukko 5).

Taulukko 5. Kaskimaan ulkoinen kuormitus jaettuna eri tekijöihin.

	Fosfori, kg/a	Typpi, kg/a
Peltoviljely	0	0
Metsätalous	0	2
Hulevesi	0	0
Haja- ja loma-asutus	4	21
Pistekuormitus	0	0
Turvetuotanto	0	0
Karjatalous	0	0
Laskeuma	1	37
Luonnonhuuhtouma	1	27
Yhteensä	5	87

Kuormituksen vaikutusta Kaskimaan arvioitiin Vollenweiderin (1976) mallin avulla (kts. sivu 10). Kaskimaan ulkoinen kuormitus ei ylitä sallittavan kuormituksen rajaa, vaan jää sen alle (kuva 11).



Kuva 11. Kaskimaan ulkoinen fosforikuormitus arvioituna Vollenweiderin (1976) mallilla. Laskennassa valuma laskettu 300 mm:n mukaan.

## 4.2 Sisäinen kuormitus

Kaskimaan tulevan fosforikuormituksen mukaan laskettu keskimääräinen fosforipitoisuus on korkeampi kuin mitatut fosforipitoisuudet. Jos mitatut pitoisuudet olisivat selvästi suurempia, voisi Kaskimaan ajatella olevan sisäkuormitteinen. Mutta mallin mukaan näyttäisi siltä, että sisäinen kuormitus ei ole Kaskimaan ongelma (taulukko 6).

Taulukko 6. Kaskimaan lasketut keskimääräiset ja mitatut fosforipitoisuudet.

Tuleva fosforikuormitus, kg/a	Keskimääräinen laskettu fosforipitoisuus, µg/l	Mitattu fosforipitoisuus, µg/l
5	50	41 (vuonna 2006) 30 (kesäkuu 2007) 25 (elokuu 2007)

Jos verrataan havaitun kokonaisfosforipitoisuuden perusteella laskettua ja Kaskimaassa havaittua klorofylli-a-pitoisuutta, huomataan havaitun olevan laskettua korkeampi. Yleensä tämä viittaisi kalaston vaikutukseen, samoin kuin klorofyllipitoisuuden ja kokonaisfosforin suhde, joka on Kaskimaassa 0,93 (kesäkuu 2007) ja peräti 4 elokuun arvojen perusteella. Kaskimaan kasviplankton koostuu kuitenkin limalevästä. Limalevä "sotkee" tällaiset pohdinnat, koska se hakee ravintonsa pohjan läheltä, eikä päällysvedestä (taulukko 7).

Taulukko 7. Kaskimaan lasketut klorofylli-a-pitoisuudet.

	Havaitun kokonaisfosforipitoisuuden perusteella lasketut klorofylli-a-pitoisuudet, µg/l	Keskimääräisen kokonaisfosforipitoisuuden perusteella lasketut klorofylli-a-pitoisuudet, µg/l	Havaitut klorofylli-a-pitoisuudet, µg/l
Vuonna 2006	21		
Vuonna 2007	15	26	28 (kesäkuu) 100 (elokuu)

### 4.3 Tavoitteet

Kaskimaan tavoittilan määrittämistä varten lähetettiin kysely järven läheisyydessä asuville että Karjaan kaupunkiin. Ainoa vastaus tuli kaupungilta (liite 2). Tavoitteet on tehty tämän vastauksen ja tekijän oman käsityksen pohjalta. Konkreettiset tavoitteet on mietitty tekijän toimesta.

Kaskimaa on tärkeä Karjalaisille uimarantansa takia. Sen arvoa alentavat erityisesti limaleväkukinnat. Myös kasvillisuus koetaan paikoitellen haitaksi. Virkistysarvon lisäämiseksi ehdotetaan arvokalojen istuttamista. Järvi nähdään tulevaisuudessa monipuolisena virkistysalueena.

Päätavoite Kaskimaan kunnostuksessa on saada limaleväkukinnat vähentymään. Lisäksi uimarannan läheisyyden kasvillisuuden leviäminen pitää estää. Kalastoa pitäisi muuttaa virkistyskäyttöä lisäävämpään suuntaan.

Kaskimaan kokonaisfosforipitoisuus oli korkeimmillaan pintavedessä 30 µg/l, tämän alentaminen voi olla hankalaa. Mutta tavoitteeksi voidaan asettaa 20 µg/l. Klorofyllipitoisuus oli elokuussa 100 µg/l. Tämä pitäisi saada huomattavasti alhaisemmaksi (10 µg/l). Kuormitus oli hyvin alhaisella tasolla järven sietokykyyn nähden, tavoitteena sen osalta on säilyttää tilanne. Asutuksen jätevedet tulee käsitellä asianmukaisella tavalla. Kalasto koostui ainoastaan ahvenista ja kiiskistä, rakenne tuntuisi olevan kunnossa. Virkistyskäytön lisäämiseksi voidaan istuttaa haukia.

## 5 Mahdollisia menetelmiä Kaskimaan kunnostamiseen

### 5.1 Vesikasvien niitto

Vesikasvien poistamisella ei yleensä paranneta veden laatua vaan tarkoituksena on lisätä avointa vesialaa ja näin helpottaa uimista, veneilyä ja kalastusta. Veden laatu voi sellaisessa tapauksessa kuitenkin parantua, jos veden virtaus alueella paranee vesikasvien poiston jälkeen. Tällöin esim. tiiviissä kasvustossa esiintyvät happikadot saattavat vähentyä. Vesikasveilla on suuri merkitys eläinplanktonille, koska ne tarjoavat suojapaikkoja niille kalojen saalistusta vastaan (Perrow ym. 1999; Hagman 2005). Eläinplankton koostuu mm. vesikirpuista, jotka syövät leviä. Jos eläinplanktoniin kohdistuu suurta saalistusta, kasviplanktonin eli levien määrä voi kasvaa. Lisäksi vesikasvien pinoilla on kiinnittyneinä epifyyttisiä leviä, joiden käyttämät ravinteet jäävät poiston jälkeen kasviplanktonille. Vesikasvit tarjoavat myös suojaa ja ravinnonhankintapaikkoja kalanpoikasille ja kutupaikkoja aikuisille kaloille. Samoin vesikasvien merkitys vesilinnuille on ilmeinen.

Vesikasveista uposlehtiset ottavat ravinteensa vedestä lehdillään, kun taas ilmaversoiset ja kelluslehtiset ottavat ravinteet sedimentistä (Wetzel 2001). Kaikki vesikasvit tarvitsevat valoa yhteyttämiseensä. Sameissa vesissä ei yleensä tästä syystä ole uposlehtisiä (Hyytiäinen 2000). Uposlehtisiin kuuluvien vesikasvien häviäminen kertoo veden laadun huonontumisesta.

Kaskimaassa vesikasvillisuus ei näyttäisi aiheuttavan suurta haittaa. Ulpukat muodostavat kyllä laajoja kasvustoja, mutta aivan niiden lähellä ei ole mökkiasutusta eikä uimarantaa. Ulpukkakasvuston leviämistä tulisi seurata muutaman vuoden välein. Ulpukkaa ja lummetta ei suositella niitettävän, koska niillä on hyvin paksu juurakko, josta versoaa uusia lehtiä (Kääriäinen & Rajala 2005). Nämä kasvit pitää poistaa juurakoineen. Poistossa paras väline on eräänlainen harauslaitte. Koska menetelmä aiheuttaa pohjan pölyämistä, sitä ei voi tehdä kesäaikaan. Paras ajankohta ulpukoiden poisharaukselle on syys – lokakuu, jolloin järven virkistyskäyttö on vähäisempää. Tällöin ravinteita on myös enemmän juurakoissa. Poiston aiheuttama veden samentuminen on yleensä ohimenevää, mutta työnaikaisia veden laadun ja näkösyvyyden muutoksia kannattaa seurata.

Kaskimaassa oli jonkin verran järviruokoa, jonka poisto on tuloksellista, kunhan niitetään tarpeeksi usein. Paras ruovikon niittoajankohta on heinäkuun puolestavälisestä elokuun puoleenväliin. Jos niitetään useammin kuin kerran kesässä, ensimmäinen niittokerta voi olla kesäkuun lopulla. Uimarannan reunassa olevaa järvi-kortekasvustoa voidaan niittää, mutta kaikki leikkuujätteet pitää kerätä huolellisesti pois järvestä. Korte pystyy lisääntymään edellisestä vuonna leikattujen versojen jokaisesta nivelestä, jolloin sen leviäminen tehostuu, jos leikkuujätteitä jää järveen. (Kääriäinen & Rajala 2005)

Vesikasvien niitossa on erittäin tärkeää kerätä kasvijätteet järvestä, jottei järveen jää hajoavaa ainesta, joka kuluttaa happea ja vapauttaa ravinteita. Haittavaikutuksina voi aiheutua leväkukintoja. Samoin saattaa seurata vesikasvillisuuden korvautumista toisilla, vaikeammin poistettavilla lajeilla. Vesikasvien poistolle arvioidaan kustannuksiksi 85 – 500 euroa niitettyä hehtaaria kohden vuodessa (Airaksinen 2004).

Vesikasvien niiton laajuus vaikuttaa luvantarpeeseen. Pienimuotoinen niitto ei vaadi lupia, vähäistä suuremmasta niitosta on tehtävä ilmoitus kuukautta ennen toimenpiteeseen ryhtymistä vesialueen omistajalle ja ympäristökeskukselle.



Vesikasvien poiston vaikutuksia tulee seurata vuosittain. Tärkeää olisi seurata, miten kasvillisuuden levinneisyys muuttuu. Tämä kannattaa tehdä piirtämällä karttaan kasvillisuusrajat. Seuranta tulee tehdä aina samaan vuoden aikaan. Seurannassa tulee myös kirjata ylös havainnot kasvilajien korvautumisista toisilla lajeilla.

## 5.2 Tehokalastus

Petri Savola ja Anne-Marie Hagman

Kaskimaan kalastosta haluttaisiin sellainen, että se lisäisi järven virkistyskäyttöä. Koekalastusten perusteella kalasto koostuu ainoastaan ahvenista ja kiiskistä. Kaskimaanhan voisi koettaa istuttaa haukia. Tällöin järvellä voisi esim. heittää uistinta. Sopiva istutusmäärä olisi 600 kpl. Poikaset maksavat noin 0,20 senttiä/ kpl eli kustannuksiksi tulee 120 euroa.

Koekalastuksen perusteella voi sanoa, että Kaskimaan kalasto on määrällisesti melko runsas. Koeverkkokalastuksen perusteella kalamäärästä on kuitenkin erittäin vaikea antaa tarkkaa arviota. Vastaavia kalastokoostumuksia en ole kohdannut missään muualla, joten vertailukohteita muihin järvin ei ole (Petri Savola). Ahven ja kiiski takertuvat verkkoihin herkästi piikkisyytensä takia ja ovat yleensä yliedustettuina koeverkoilla tehdyissä koekalastuksissa.

Saalismäärä oli kuitenkin sen verran runsas, että voidaan olettaa järvessä olevan runsaasti ahventa ja kiiskeä. Suurikokoisten yksilöiden runsas määrä kuitenkin on riittävä pitämään kalakannan kurissa siten että pienten yksilöiden määrä ei ole liian suureksi. Voidaan myös olettaa että kalojen ravintotilanne on hyvä ja että kalat kasvavat nopeasti. Järven ravintotason ja koekalastuksen tuloksen perusteella arvioituna Kaskimaassa kalaa voisi olla 100 – 150 kg hehtaarilla. Näiden tulosten perusteella Kaskimaalla ei ole tarvetta kalastoon kohdistuviin hoitotoimenpiteisiin.

Kalaston rakenne on hyvä, eikä sitä ole tarvetta parantaa. Jos järveen halutaan istuttaa haukia, se voidaan tehdä. Nykyiselläänkin kalastossa on hyväkokoisia ahvenia virvelöintiin, pilkkimiseen ja onkimiseen.

## 5.3 Hapetus

Hapettaminen estää fosforin vapautumisen sedimentistä. Fosfori sitoutuu rauta- ja mangaaniyhdisteisiin hapellisissa olosuhteissa (Lappalainen & Lakso 2005). Hapetuksella voidaan rikkoa järven kerrostuneisuus joko tarkoituksella tai tahattomasti. Kesäaikana tästä saattaa seurata sekä hyviä että huonoja vaikutuksia veden laatuun. Voimakas kerrostuneisuus estää ravinteiden siirtymisen alusvedestä pintaveeteen, jolloin esimerkiksi leväkukintojen syntyminen on epätodennäköisempää. Kerrostumattomassa järvessä koko vesi-massa voi sekoittua jatkuvasti, jolloin myös resuspensio kasvaa (Evans 1994). Kerrostuneessa järvessä tyyni sää voi johtaa vesimassan vakauden kautta sinilevien parempaan kilpailukykyyn (Cooke ym. 2005). Sinilevät voivat säädellä esiintymissyvyyttään kaasuvakuoliensa avulla. Kerrostuneisuuden purkautuminen lisää veden sekoittumista ja nopeasti vajoavat kasviplanktonilajit (esim. piilevät) tulevat kilpailukykyisemmiksi (Cooke ym. 2005).

Hapetuksella voi olla myös haitallisia vaikutuksia eliöyhteisöön. Kerrostuvissa järvissä alusvedessä voi olla selvästi pintakerrosta alhaisempi happipitoisuus. Myös matalissa järvissä voi esiintyä selvästi alhaisempia happipitoisuuksia pohjanläheisissä vesissä, vaikka kerrostuneisuus olisikin heikko. Hapetus on lisännyt vesikirppujen määriä selvästi toisissa tutkimuksissa (Cooke ym. 2005). Näiden

tutkimusten mukaan alusveden hapellisuus mahdollistaa eläinplanktonin vaeltamisen syvemmälle suojaan saalistusta.

Jungon ym. (2001) mukaan sekoittumisella voidaan vaikuttaa kasviplanktonin koostumukseen, jos kasvi-planktonilajien esiintymistä rajoittaa valon puute. Jos ravinteet ovat rajoittavana tekijänä kasviplanktonille, niin sekoittuminen voi lisätä levien määriä, jos ravinnepitoisuus kasvaa sekoittumisen myötä. Kerrostuneessa järvestä päällysvedessä yhteyttäminen johtaa alhaiseen hiilidioksidipitoisuuteen ja sitä kautta korkeaan pH-arvoon. Alusvedessä on vastaavasti korkea hiilidioksidipitoisuus ja alhainen pH-arvo. Sekoittumisen myötä alusveden pH-arvo voi nousta, jolloin fosforia saattaa alkaa vapautua sedimentistä.

Kaskimaassa olisi mahdollista käyttää hapetuslaitetta veden sekoittamiseen. Tällöin limalevän esiintyminen saattaisi vähentyä. Laitteen ei tarvitsisi tuottaa erityisen paljon happea vaan sekoittaa päällysvettä. Tarkoituksena ei olisi sekoittaa aivan pohjanläheistä vettä päällysveteen, jolloin vaarana on ravinteiden kulkeutuminen pohjan läheltä pintaan kasviplanktonin käyttöön.

## 5.4 Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Kaskimaahan tuleva kuormitus ei Vollenweiderin mallin mukaan aiheuta järvelle haittaa. Jos uimarannan käyttö kasvaa suureksi kunnostuksen seurauksena, täytyy varmistaa käymälöiden asiallinen toiminta.

Talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla annettiin asetus Vuonna 2003. Jätevesistä on saatava puhdistettua 85 % fosforista ja 40 % typestä asetuksen mukaisesti. Kunnan on mahdollista joko lieventää tai tiukentaa kyseisiä määräyksiä. Lisäksi kunta voi antaa määräyksen jätevesien johtamisesta alueen ulkopuolelle tai kokonaan pois kuljettamisesta. (Mattila 2005).

Nykyisen käsityksen mukaan kiinteistökohtaiset jätevedet on käsiteltävä maaperäkäsittelyllä tai laitepuhdistamoissa, joissa esikäsittelynä ovat saostussäiliöt. Saostussäiliöt tulee tyhjentää vähintään kaksi kertaa vuodessa (Mattila 2005). Vesiensuojelun kannalta erittäin suositeltavaa on käyttää kiinteistökohtaisia kuiva-käymälöitä. Kuiva-käymälä on käymälä, joka ei käytä vettä virtsan eikä ulosteiden kuljettamiseen. Kuiva-käymälän on oltava tiiviillä pohjalla, eikä käymälästä saa valua nesteitä maahan. (Hinkkanen 2006)

## 6 Soveltumattomat menetelmät

### 6.1 Ruoppaus

Kaskimaa ei kärsi mataluudesta aiheutuvista haitoista, eikä sen sisäinen kuormitus ole ilmeisesti suurta. Uimarannan vesisyvyys on oletettavasti riittävä. Kaskimaan sedimentin koostumuksesta ei ole tietoa. Jos jossain vaiheessa vesisyvyyttä halutaan kasvattaa esim. uimarannan läheisyydessä, tulee sedimentin rakenne selvittää.

### 6.2 Vedenpinnan nosto

Kaskimaan vedenpintaa ei nähdä tarpeelliseksi nostaa. Kesämökit ulottuvat hyvin lähelle rantaviivaa, minkä takia vedenpinnan nosto olisi hankala toteuttaa. Vaikka syvyyden kasvattaminen saattaisi vähentää limaleväongelmaa, ei se tällä menetelmällä olisi riittävää.

### 6.3 Fosforin kemiallinen saostaminen

Fosforin kemiallisella saostamisella alennetaan veden kokonaisfosforipitoisuutta ja fosforin vapautumista sedimentistä. Käytetyt kemikaalit ovat rauta- tai alumiiniyhdisteitä. Rautayhdisteet vaativat toimiakseen hapelliset olot, alumiiniyhdisteet toimivat hapettomissakin olosuhteissa. Alumiiniyhdisteiden haittana on niiden voimakas happamoittava vaikutus, mistä saattaa seurata kalakuolemia. Veden fosforipitoisuuden alenemisen myötä kasviplanktonin määrä vähenee ja vesi kirkastuu. Tästä saattaa seurata vesikasvillisuuden voimakas leviäminen. Etenkin uposlehtiset vesikasvit saattavat muodostaa hyvinkin tiheitä kasvustoja. Menetelmän vaikutukset ovat lyhytaikaisia, minkä takia käsittely saatetaan joutua uusimaan muutaman vuoden välein (Oravainen 2005).

Limalevän esiintymistä voidaan vähentää veden ravinnepitoisuuden vähentämisellä. Ongelma on se, että limalevä ottaa ravinteet alusvedestä, jolloin päällysveden ravinnepitoisuuden väheneminen ei auta. Oleellista on ehkäistä sisäisen kuormituksen syntymistä. Periaatteessa limalevän esiintymiseen vaikuttaa järven valaistusolot. Tummanvetisissä järvissä valon määrä on vähäisempi kuin kirkkaissa, jolloin limalevä nousee lähemmäs pintaa. Jos veden väriä saataisiin kirkkaammaksi, limalevä jäisi syvempiin vesikerroksiin. Toisaalta Kaskimaan tapauksessa on suuri pelko, että vesikasvit valtaavat järven, jos vesi kirkastuisi. Tästä syystä fosforin kemiallista saostamista ei suositella Kaskimaan kunnostamiseen.

## 7 Yhteenveto

Kaskimaan kunnostusmenetelmän valinta ei ole helppoa, koska suoranaista ratkaisua limaleväongelmaan ei ole keksitty. Samat asiat vaikuttavat limalevään kuin muihinkin leviin eli ravinteet, saalistus ja valaistus. Kaskimaan ulkoinen kuormitus ei ole ongelma, se alittaa sallitun tason. Kaskimaa ei näyttäisi olevan myöskään pahasti sisäkuormitteinen. Limalevän torjumiseksi voitaisiin kokeilla veden sekoittamista hapettimella. Tällöin limalevä saattaisi vähentyä pintakerroksesta. Jos Kaskimaassa esiintyy talvella hapettomuutta, olisi hapetinta mahdollista käyttää myös silloin.

Kalaston rakenne näyttää olevan koekalastuksen perusteella kunnossa. Koska limalevän vähentäminen tehokalastuksen välillisenä vaikutuksena on limalevän suurikokoisuudesta johtuen epävarmaa, ei tätä kunnostusmenetelmää nähdä järkevänä. Haukien istuttamista kalastuksen lisäämiseksi voidaan kokeilla.

Uimarannan läheisyydestä voidaan niittää kasvillisuutta pois, jos se haittaa järven virkistyskäyttöä. Järvikortteen niittäminen pitää tehdä huolellisesti ja kaikki kasvinosat on kerättävä pois vedestä. Muuten korte leviää vain laajemmalle alueelle. Vesikasvillisuuden leviämistä on tarpeen seurata, vaikka Kaskimaassa ei niitettäisikään. Tärkeää olisi merkitä vuosittain karttaan kasvillisuusrajat ja kasvilajit ja tarvittaessa tehdä tarkempia kasvillisuuskartoituksia 2 – 3 vuoden välein.

Kaskimaasta kannattaisi ottaa kolme kertaa kesässä vesinäytteet. Jos analyysjä ei ole mahdollista tehdä useita, niin paras ajankohta niiden ottamiselle on heinä-elokuu. Talviaikana riittää yksi analyysi (maaliskuu), mutta happipitoisuutta kannattaisi seurata useammin. Happipitoisuuden seuranta varten voidaan myös ostaa happimittari. Samoin näkösyvyyden seurannalla saadaan selville helposti muutokset veden laadussa. Ranta-asukkaat voisivat sopia järven näkösyvyyden jatkuvasta seurannasta.

Toimenpiteiden seurauksena limaleväkukintojen esiintymisten pitäisi vähentyä.

## Osa II: Kaskimaan hapetussuunnitelma

# 1 Johdanto

Kaskimaalle tehdyssä kunnostussuunnitelmassa päädyttiin kokeilemaan hapetusta limalevän vähentämiseen. Hapetuksella sekoitetaan vettä, jolloin limalevän pitäisi menettää kilpailuetuaan muihin leviin nähden. Tässä osiossa esitetään tarkempi suunnitelma hapetukselle. Suunnitelman teon yhteydessä pyydetään tarjoukset mahdollisista laitteista ja valitaan hinnan ja ominaisuuksien perusteella Kaskimaalle sopivin laite. Hapettimen sijoituspaikka ja hapetusaika esitetään myös suunnitelmassa. Lisäksi suunnitelmassa esitetään kokeilun seuranta koskevia tutkimuksia.

Kaskimaan kunnostusmenetelmän valinnassa päädyttiin kokeilemaan hapetusta, vaikka suoranaista ratkaisua limaleväongelmaan ei ole löydetty. Limalevään vaikuttavat kuitenkin samat asiat kuin muihinkin leviin eli ravinteet, saalistus ja valaistus. Hapetuksella on tarkoitus saada vähennettyä limalevän esiintymistä pintakerroksesta. Samoin hapetuksella voidaan ehkäistä mahdollisia talvisia happikatoja. Ulkoista kuormitusta ei tule Kaskimaahan liikaa, eikä se näin ollen aiheuta ongelmia. Sisäisellä kuormituksella ei tuntuisi myöskään olevan Kaskimaata rehevöittävä vaikutusta.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Kaskimaan hapetussuunnitelmassa esiteltujen hapetuslaitteiden tiedot kerättiin kunkin laitevalmistajan www-sivuilta. Jotta vertailu laitteiden välillä oli mielekäs-tä, muunnettiin valmistajien antamat tiedot samanlaisiksi.

Hapetustarvetta oli vaikea arvioida vähäisen näytemäärän vuoksi. Talviaikai-nen sallittu alenema on noin 0,07 mg/d (Lappalainen & Lakso 2005). Kaskimaan havaittu hapen alenema laskettiin ajalle 1..12.2006-15.2.2007. Tälle välille tulee yh-teensä 77 päivää. Helmikuussa happipitoisuus oli 1,7 metrin syvyydessä 4,7 mg/l ja 2,2 metrin syvyydessä 1,7 mg/l. Alenema on siis  $(11-4,7)/77=0,08$  ja  $(11-1,7)/77=0,12$ .

Kaskimaan tapauksessa on tärkeää, että laite sekoittaa vettä riittävästi. Veden virtaus laskettiin kaikille laitteille vuorokautta ja koko Kaskimaan tilavuutta koh-den.

Sähkönkulutuksen arvioinnissa käytettiin Fortumin www-sivuilla annettua yleissähkön hintaa (4,66 c/kWh). Sähkönkulutus laskettiin kertomalla laitteiden moottorien teho (kW) halutulla ajanmääreellä (h). Lisäksi kustannuksia aiheutuu sähkönsiirto-osuudesta, arvioinnissa käytettiin sille hintaa 2,30 c/kWh. Kaskimaas-sa ei esiinny kesäisin happikatoja, mutta limalevän vähentämisen takia laitetta pidetään päällä kesällä. Hapetuslaitteen ajateltiin olevan aluksi käynnissä ainakin touko-syyskuun eli 5 kk. Talviaikaisen laskelman mukaan tarvetta saattaa olla hapettaa myös talvella, olettaen, että järvi jäätyy.

Laitteiden hinnat pyydettiin tarjouksina muutamilta laitevalmistajilta. Kaikilta tarjouksia ei pyydetty, vain potentiaalisista laitteista kysyttiin hintaa.

### 3 Kaskimaan veden happipitoisuus

Kaskimaan veden laatua on käsitelty tarkemmin kunnostussuunnitelmassa. Sen mukaan Kaskimaassa ei esiinny kesäaikaista happikatoa, mutta talvisin on havaittu alhaisempaa hapen pitoisuutta pohjan läheisessä vedessä. Uusimman analyysin mukaan vuonna 2007 helmikuussa happea oli pinnan lähellä vielä yli 10 mg/l, mutta pitoisuus alkoi laskea kahden metrin syvyyteen mentäessä, ollen enää 1,7 mg/l 2,2 m:ssä (kts. s. 17, kuva 4).

Kaskimaan koko tilavuus on 141 298 m<sup>3</sup>. Kaskimaan vesitilavuudesta 80 % on 0 – 2 metrin syvyydessä ja viidesosa sitä syvemmällä (taulukko 1). Normaalina talvena jäätä voi olla noin 50 cm, eli huomattava osa vesitilavuudesta saattaa olla jäänä.

Taulukko 1. Kaskimaan vesimassan jakautuminen eri syvyysluokkiin.

Syvyysluokka	Tilavuus, m <sup>3</sup>	Osuus (%) tilavuudesta
1. 0-1	64 078	45
2. 1-2	50 484	36
3. 2-3	26 118	18
4. >3	618	0
5. Yhteensä	141 298	100



## 4 Tarkasteltavat hapetuslaitteet

### 4.1 Yleistä

Hapetuslaitteen valinnassa on huomioitava laitteen riittävä tuotto suhteessa Kaskimaan hapentarpeeseen, hyötysuhde, ylläpitokustannukset ja hankintahinta. Tarkasteltaviksi laitteiksi valittiin Waterixin AIRIT Micro ja 70, Vesi-Ekon Mixox ja Visiox, Lainpellon Meduusa, Nautikulman Kasco ja Envirobotnian kaksi laitetta.

Kaskimaan hapetuksella on tarkoitus vähentää limalevän aiheuttamia haittoja, minkä takia hapettimelta vaaditaan sekoittavaa ominaisuutta. Kuitenkin myös talviaikaista hapetusta kannattaa harkita, jotta limalevälle ei olisi heti keväällä paljon ravinteita käytettävissä. Tämä voidaan ehkäistä pitämällä talvinen happipitoisuus hyvänä myös pohjanläheisessä vedessä.

#### 4.1.1 Waterix AIRIT Micro

Waterix AIRIT Micro ilmastin on tarkoitettu käyttökohteisiin, joissa tarvitaan pieniä määriä happea. Pienestä koostaan huolimatta Waterix AIRIT Micro liuottaa happea jopa 10,8kg vuorokaudessa. Laitte painaa vain 12kg ja se mahtuu hyvin henkilöautoon kuljetuksen ajaksi. Waterix Micro on varustettu yksivaihemoottorilla, joten sen voi kytkeä sähköverkkoon missä vain. Waterix Micro voidaan tarvittaessa varustaa sopivan pituisella imuputkella. Waterix Microlla voidaan hapettaa 1 – 6 metriä syviä kohteita. Ilmastuksen lisäksi Waterix AIRIT Micro toimii sekoittajana ja pakottaa veden liikkeeseen.

Pienen kokonsa puolesta Waterix AIRIT Micro soveltuu pienille lammille sekä kala- ja rapualetaiden ilmastukseen varsin riittävästi. Toinen tyypillinen käyttötarkoitus on kalakuolemien ehkäiseminen pienellä järvellä tai oman rannan läheisyydessä tuoteominaisuudet:

Moottori: 0.18 kW  
Veden virtaus: 17 l/s, 61 m<sup>3</sup>/h  
Hyötysuhde: 1.5 kgO<sub>2</sub>/kWh  
Tuotto: 0.5 kgO<sub>2</sub>/h  
Tuotto: 12 kgO<sub>2</sub>/d  
Paino kellukkeilla: 12 kg

Tämän laitteen valinnasta: Laitte saattaa soveltua Kaskimaan sekoittamiseen limalevän vähentämisessä, mutta happikadon uhatessa laitteen hapentuotto jäänee liian alhaiseksi.

#### 4.1.2 Waterix AIRIT 70

Waterix AIRIT 70 on kooltaan erittäin kompakti ja kevyt ilmastin, joka soveltuu niin pienien jätevesialtaiden kuin järvienkin ilmastukseen. Waterix AIRIT 70 ilmastin on erityisen suosittu myös kaatopaikkojen valumavesialtaiden ilmastuksessa, jolloin sen ominaisuuksista korostuvat varsinkin helppo käsiteltävyys, luotettava rakenne sekä alhainen energiankulutus.

AIRIT 70 ilmastin vaatii noin kolmen metrin halkaisijaltaan olevan tilan altaasta. Lisäksi ilmastimeen on saatavilla imuputki, jonka maksimipituus on 12 metriä. Imuputkella varustettuna laite soveltuu hyvin syvienkin altaiden tai järvien ilmastukseen.

Laitteen käsiteltävyys on erinomainen. Useat asiakkaat ovat valinneet Waterix AIRIT 70 ilmastimen kellukkeilla, jolloin se voidaan sijoittaa ilmastusaltaisiin, missä veden pinta voi sekä nousta että laskea vapaasti. AIRIT 70 ilmastin liikuttaa suuren määrän vettä ja siksi prosessi vaatii hyvin vähän tai ei ollenkaan lisäsekoitusta. Kevyenä laitteena ja yksinkertaisen kokonaisuutensa vuoksi Waterix AIRIT 70 ilmastimet ovat hyvin helppoja asentaa. Verrattuna esimerkiksi pohjailmastukseen, jossa putkitus ja kompressori vaativat raskaan infrastruktuurin rakentamisen, ei Waterixin AIRIT 70 ilmastin vaadi kuin altaan ja sähkön. Samalla sen hyötysuhde pysyy korkeana koko käyttöiän ajan.

Huollon kannalta AIRIT 70 ilmastin on erinomainen. Koska yleisesti asennetaan useampi laite yhteen altaaseen, voidaan huolto suorittaa prosessia keskeyttämättä. Tämä alentaa kokonaiskustannuksia, koska toista linjaa huollonaikaisia prosessikatkoksia varten ei tarvita. Waterix-ilmastimissa ei myöskään ole säännöllisesti vaihdettavia osia, joten huollon tarve on pieni.

Moottori: 1.5 kW  
Veden virtaus: 59 l/s, 212 m<sup>3</sup>/h  
Hyötysuhde: 2.0 kgO<sub>2</sub>/kWh  
Tuotto: 3.0 kgO<sub>2</sub>/h, 72 kgO<sub>2</sub>/d  
Paino kellukkeilla: 34 kg

Tämän laitteen valinnasta: Airit 70 soveltunee hyvin Kaskimaan sekoittamiseen ja myös sen hapentuottokyky on riittävä.

#### 4.1.3 Waterixin AIRIT 200

Waterix AIRIT 200 ilmastin soveltuu erinomaisesti suurempiin ilmastus/hapetustarpeisiin. Sen pääasialliset käyttökohteet ovat kuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistusprosessit sekä tasausaltaiden ilmastus. AIRIT 200 ilmastin liikuttaa suuren määrän vettä ja siksi prosessi vaatii hyvin vähän tai ei ollenkaan lisäsekoitusta. Laite vaatii noin neljä metriä halkaisijaltaan olevan tilan altaasta.

Laitteen maksimi tuotto on 8,3 kiloa happea tunnissa eli 200 kiloa vuorokaudessa. AIRIT 200 ilmastimen korkea hyötysuhde takaa pienen energian kulutuksen ja laitteen hyötysuhde pysyy korkeana koko käyttöiän ajan. Laite on edullinen hankkia ja sen elinkaaren kokonaiskustannukset ovat huomattavasti markkinoilla olevia laitteita edullisempia. Koska AIRIT 200 ilmastimen asennus ei tarvitse putkistoa tai kompressorihuoneita, vaan ainoastaan altaan ja sähköt, sen asennus helppoa ja kapasiteettia voidaan lisätä jos puhdistamon kuormitustilanne tulevaisuudessa niin vaatisi. Kevyenä laitteena ja yksinkertaisena kokonaisuutena AIRIT 200 ilmastimet ovat hyvin helppoja asentaa.

Mikäli käyttökohde sisältää useita laitteita, voidaan ne muiden Waterix ilmastimien tapaan kytkeä yhden taajuusmuuntajan taakse. Näin ilmastuksen tehoa voidaan säätää portaattomasti ja saavutetaan mahdollisimman kustannustehokas ratkaisu.

Laite voidaan asentaa joko puomikiinnityksenä huoltosiltaan, erillisellä sivupuomilla tai omilla kellukkeilla. Kellukkeita suositellaan asennuksiin, joissa puomin jänneväli tulee liian suureksi tai veden pinnan korkeuden vaihtelut vaikeuttavat kiinteää kiinnitystä. Koska yleisesti asennetaan useampi laite yhteen altaaseen, voidaan huolto suorittaa prosessia keskeyttämättä. Tämä alentaa kokonaiskustannuksia, koska ei tarvita toista linjaa huollonaikaisia prosessikatkoksia varten. Waterix-ilmastimissa ei myöskään ole säännöllisesti vaihdettavia osia, joten huollon tarve on pieni.

Moottori 5.5 kW  
Veden virtaus 59 l/s, 576 m<sup>3</sup>/h  
Hyötysuhde: 1.8 kgO<sub>2</sub>/kWh  
Tuotto: 8.3 kgO<sub>2</sub>/h, 199 kgO<sub>2</sub>/d  
Paino kellukkeilla: 90 kg

#### 4.1.4 Mixox-hapetin (Vesi-Eko)

Mixox-hapetusmenetelmä on tehokas, luotettava ja edullinen järvien hapettamistapa. Vedenpinnan alle asennettava laite pumppaa vedenjohtosukkaa myöden päällysvettä lähelle pohjaa. Alusveden ja päällysveden väliset lämpötila- ja tiheuserot saavat aikaan rauhallisen, mutta laaja-alaisen ja siksi tehokkaan kiertosekoituksen, jossa järven luonnollinen lämpötilakerrostuneisuus säilytetään.

Mixox-menetelmän tarkoitus on yksinkertaisesti elvyttää rehevöityneen järven omat puhdistusmenetelmät pitämällä alusvesi hapellisena, jolloin pohjasedimentin fosforinsitomiskyky tehostuu.

- Erittäin hyvä hapensiirtokyky käytettyä kilowattituntia kohden (6 - 12 kg happea / kWh).
- Toimintavarma ja vakiintunut malli joka on käytössä kymmenissä erilaisissa vesistöissä
- Helposti asennettava ja huollettava, huoltovälinä on yksi vuosi
- Ei melu- ja maisemahaittoja
- Tehostaa samalla myös typen haihtumista kaasuna ilmaan

Mixox-hapettimia on neljää peruskokoa. Taulukossa 2 on esitetty kahden pienemmän laitteen tietoja. Käyttötarve ja sovellusvariaatiot mitoitetaan ja suunnitellaan aina kohteen mukaisesti. Järjestelmän käynninvalvonta hoidetaan nykyisin GSM-tekniikan avulla.

Taulukko 2. Kahden Mixox-hapettimen perustietoja

	Mixox MC-500	MC-750
Hapensiirtoteho (kgO <sub>2</sub> /d)	150	350
Tehotarve (kW)	0,6	1,1
Virtaama (m <sup>3</sup> /d)	17000	35000
Käyttöalue (ha)	1-50	5-100

Tämän laitteen valinnasta: Molemmat laitteet käyvät haluttuun tarkoitukseen, Mixox-750 on luultavasti turhan tehokas.

#### 4.1.5 Visiox-ilmastin (Vesi-Eko)

Visiox ilmastimen toimintaperiaate on johtaa huonohappista alusvettä pinnalle hapetettavaksi ja palauttaa se happirikkaana takaisin alusveteen. Tämä menetelmä soveltuu erityisesti olosuhteisiin, jossa pohjan ravinnerikkaampaa vettä ei haluta sekoittaa hapekkaamman pintaveden kanssa. Laite ei riko vesistön lämpökerrostuneisuutta.

Ei riko vesistön kerrostuneisuutta, jolloin alusveden ravinteet pysyvät harppauskerroksen alapuolella. Parantaa kalaston ja eliöstön elinmahdollisuuksia erityisesti loppupalvesta, jolloin vesistön omat happivarat ovat vähimmillään. Hapettaa pohjanläheistä vettä, jolloin vesistön sisäinen kuormitus pienenee ravinteiden

vapautumisen vähentyessä. Toimintavarma myös talviolosuhteissa, ei heikennä jäätä laajalta alueelta. Hiljainen, käyntiäänenä pelkkä veden kohina.

Taulukko 1. Visiox- suihkuilmastinlaitteiden eri kokovaihtoehdot. Taulukossa on esitetty tyypillisimmät kokoluokat, joita voidaan muuttaa tarvittaessa.

Sähköteho kW	Veden virtaama l/s	Hapetusteho kg/d
3,0	130	72
4,0	160	100
5,5	200	135
7,5	230	155

Tämän laitteen valinnasta: Visiox on turhan tehokas laite Kaskimaan sekoittamiseen ja hapettamiseen.

#### 4.1.6 Meduusa (Lainpelto)

Meduusa on Suomessa kehitetty patentoitu vedenilmastin, joka toimii uudella tavalla. Edistyksellisten teknisten ratkaisujen ansiosta Meduusa on pienempi, tehokkaampi, hiljaisempi ja taloudellisempi kuin perinteiset laitteet.

Valovirtaa käyttävä laite on rakennettu kestävänsä Suomen ankarat olosuhteet. Käytössä erittäin hiljainen laite ei häiritse ympäristöään ja pitää avantonsa itse auki. Siro laite on vaivaton kuljettaa ja se on mahdollista asentaa jopa yksin.

Meduusa on kaikin puolin ympäristöystävällinen. Se on rakennettu kierrätysmateriaaleista ja kuluttaa hyvin vähän energiaa.

Laite imee tulovedensuodattimen kautta pohjan hapetonta vettä ja nostaa sen ylös nousuputkea pitkin, joka on säädettävissä järven syvyyden mukaan. Sumutin rikastaa veden hapella 58% tehokkuudella ja siirtää hapellisen veden takaisin järveen. Jatkuva vesisuihku pitää avannon auki.

Leveys n. 1.6 m (vakaajien kanssa)

Pituus n. 1-6 m (nousuputki säädettävissä)

Paino n. 30 kg

Energiakulutus vuorokaudessa 6 KWH / 0.35 €

Vedenkäsittelyvolyymi vuorokaudessa 180 m<sup>3</sup>

Hapetuskyky vaihtelevasti riippuen lähtötilanteesta esim.

Lähtötilanne vesi 0.4 mg / l O<sub>2</sub>

Lopputilanne 8 mg / l O<sub>2</sub>

Tämän laitteen valinnasta: Meduusan vedenkäsittelyvolyymi tuntuu liian vähäiseltä Kaskimaan koko vesimassan sekoittamiseen.

#### 4.1.7 Kasco-jäänestäjä (Nautikulma)

Kasco jäänestäjä toimii potkurivirralla. Suurella potkurilla (Ø 23cm) saadaan suuret vesimassat liikkeelle ja veden virtaus on tasaista ja ulottuu laajalle alueelle. Laitteita on saatavissa kolmea erilaista (taulukko 4).

Taulukko 4. Kolmen erilaisen Kasco-jäänestäjän ominaisuuksia.

	Kasco 2400	Kasco 3400	Kasco 8400
Työntövoima, kg	11	14	35

Paino, kg	12	16	25
Teho	½ hv (2,2A / 220V)	3/4 hv (3,5A / 220V)	1 ½ hv (6,9A / 220V)
Hinta , euroa	799	833	1490

Tämän laitteen valinnasta: Jäänestäjä ei hapeta vaan ainoastaan sekoittaa vettä. Vaikka Kaskimaalle etsitäänkin periaatteessa veden sekoittajaa, on hyvä, että laitteesta löytyy myös hapettava ominaisuus. Tästä syystä Kasco-jäänestäjä jätetään pois myöhemmistä tarkasteluista.

#### 4.1.8 ENVIRO BOTNIA SYSTEM (EBS-MENETELMÄ)

EBS-ilmapumppuun liitetty pohjailmastuskenno ja/tai ilmahissi ovat tehokkain tapa hapettaa vesi edullisesti. Pohjailmastuskennoja voidaan käyttää aina 4 metrin syvyyteen saakka. Yli 4 metrin vesissä käytetään ilmahissejä, joilla vältetään typpi-kaasun muodostuminen. EBS-menetelmässä erikoisrakenteinen pumppu painaa ilmaa pohjailmastuskennoon, jonka 8000-10000 reiän kautta ilma vapautuu veteen, hapettaen sitä tehokkaasti.

EBS-menetelmää voidaan soveltaa tarpeen mukaan pieniin ja isoihin kohteisiin. Pumppuja on 60 erilaista, 18 kuutiota/tunti -tehosta 2500 kuutiota/tunti tehoon saakka. Yhteen pumppuun voidaan liittää 5 pohja-ilmastuskennoa (2 eri kokoa) tai ilmapumppua.

- \* Korkea happipitoisuus nopeasti
- \* Tehokas hapen leviäminen
- \* Nopeampi orgaanisen aineen häviäminen
- \* Raudan, fosforin ja mangaanin nopea saostuminen
- \* Metaanin, typen ja rikkivedyn häviäminen
- \* Myrkyllisten levien kasvun estyminen
- \* Kerroksisuuden häviäminen vedestä
- \* Jään muodostumisen estyminen
- \* Helppo asentaa ja hoitaa
- \* Alhaiset käyttökustannukset
- \* Hyvät käyttäjäkokemukset Suomessa jo vuodesta 1988

## 5 Hapetuslaitteen valinta ja mitoitus

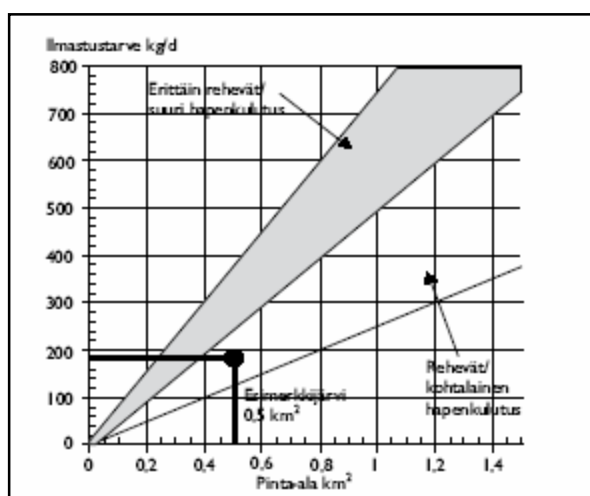
### 5.1 Hapetustarve

Kaskimaan hapetuslaitteen valinnassa tulee huomioida kaksi seikkaa, toisaalta laitteen vettä sekoittava ominaisuus ja toisaalta mahdollinen talviaikainen riittävä hapettaminen. Ensimmäiseksi on tärkeää valita sellainen laite, joka sekoittaa vettä riittävästi. Laitteen on kuitenkin hyvä olla sellainen, että happikadon uhatessa sen kapasiteetti riittää Kaskimaan pitämiseen hapellisena.

Matalien järvien hapetuksen mitoituksessa sovelletaan syvien järvien alusveden hapetusmitoituksen periaatteita siten, että alusveden tilalla käytetään koko vesitilavuutta. Tästä tilavuudesta vähennetään jään sitoma vesitilavuus. Hapettaminen viilentää pohjanläheisen veden lämpötilaa, jolloin hapen kuluminen hidastuu. Toisaalta veden sekoitus ja happipitoisuuden lisääntyminen lisäävät hajotusta, jolloin hapen kuluminen lisääntyy. (Lappalainen ja Lakso 2005).

Kaskimaan koko tilavuus on 141 298 m<sup>3</sup>. Kriittinen sallittu hapenkulutus talvella on 0,05 mg/l d (Lappalainen ja Lakso 2005). Kaskimaan havaittu hapen alenema oli 0,05-0,08 mg/l päivässä. Tuloksen mukaan Kaskimaalla on jonkinlaista hapetustarvetta.

Ilmastustarvetta voidaan arvioida Saarijärven (2005) mukaan järven pinta-alaan ja rehevyytasoon peilaten. Kaskimaan pinta-ala on noin 0,06 km<sup>2</sup>. Hajoava limalevämassa kertoo järven rehevyydestä ja kuluttaa happea. Kuvan 1 ja suullisen tiedonannon (Saarijärvi 2008) mukaan Kaskimaan hapetustarve on noin 30 kg/d.



Kuva 1. Ilmastustarpeen arviointi Saarijärven () mukaan.

## 5.2 Sekoituskapasiteetti

Hapetuslaitteen valinnassa painotetaan hapettimen sekoittavaa vaikutusta. Tätä voidaan mitata lukuarvolla, joka kertoo kuinka monta kuutiota vettä kiertää hapettimen kautta vuorokaudessa. Eri laitevalmistajien nettisivuilta löytyy pääsääntöisesti kyseinen tieto, joten laitteiden vertailu on tällä tavalla mielekästä.

Kaskimaan vesimassan tilavuus on 141 298 m<sup>3</sup>. Tämä tilavuus kiertää noin kuukaudessa Airit 70 -laitteella. Airit Microlta kuluu aikaa noin kolme kuukautta, Mixox 500:lta n. kahdeksan päivää, Mixox 750:ltä n. neljä päivää, Visiox-laitteelta n. 1,5 viikkoa. Meduusalla menee vedenkäsittelyyn eniten aikaa, yli kaksi vuotta. Tarkastelussa on mukana kaksi EBS-laitetta. Toinen käyttää koko vesimassan kiertäykseen reilussa kuukaudessa (180 m<sup>3</sup>, 3,5 m:n syvyys) ja toinen (220 m<sup>3</sup>, kahden metrin syvyys) vajaassa kuukaudessa.

Taulukko 2. Eri hapetuslaitteiden sekoittavat ominaisuudet..

	Airit Micro	Airit 70	Airit 200	Mixox 500	Mixox 750	EBS 180	EBS 220	Me- duusa	Visiox
Vettä, m <sup>3</sup> /vrk	1464	5088	13824	17 000	35 000	4 320	5 280	180	11 232
koko vesi- massa, vrk	96,5	27,8	10,2	8,3	4,0	32,7	26,8	785	12,6

Vesitilavuuden lisäksi hapetuslaitteen valinnassa tulee huomioida, kuinka pitkälle hapetusvaikutus ulottuu. Kaskimaalla ei ole ollut suoranaisia happiongelmiä, mutta myös limalevän esiintymisen vähentämisessä tällä seikalla on merkitystä. Jos vaikutus ulottuu laitteen lähiympäristöä kauemmas, myös vettä sekoittava vaikutus on parempi. Lisäksi on hyvä estää talviaikaisten happikatojen syntymisen, jolloin myöskään ravinteita ei ole heti keväällä runsaasti käytettäväksi.

Edellä esitetyistä laitteista valitaan jatkotarkasteluun Waterixin AIRIT 70 ja Enviro Botnian kaksi laitetta. Vesi-Ekon Mixox-500 ja 750 sekä Visiox todetaan turhan tehokkaiksi ja kustannuksiltaan liian kalliiksi Kaskimaan hapettamiseen/sekoittamiseen. Meduusan vedenkäsittelyvolyymi tuntuu vähäiseltä, jotta Kaskimaan vesi saadaan kunnolla sekoitettua. Waterixin AIRIT Micro taas saattaa jäädä hapetusteholtaan heikoksi, jos Kaskimaahan tulee happikato.

## 5.3 Sähkönkulutus

Kun tarkastellaan hapettimien sähkönkulutusta, voidaan vertailla laitteiden tehoja (kW). Fortumin ilmoittama kestosopimuksen yleissähkön hinta on 4,66 c/kWh eli 0,0466 euroa/kWh. Siirto-osuus oli 2,30 c/kWh eli 0,023 euroa/kWh. Pienin sähkönkulutus on Airit 70 -laitteella ja suurin EBS-180-laitteella (taulukko 3a-b).

Taulukko 3a. Eri laitteiden tehot ja sähkönkulutus.

	Airit 70	EBS, 180	EBS, 220
Teho, kW	1,5	7,5	3
sähkönkulutus, kWh/vrk	36	180	72
Hinta, euroa /vrk	1,6776	8,388	3,3552
Hinta, euroa / kk	50,328	251,64	100,656
Hinta, euroa/ 5 kk	251,64	1258,2	503,28

Taulukko 3b. Eri laitteiden tehot ja yhteenlasketut kustannukset (sähkön hinta + siirto).

	Airit 70	EBS, 180	EBS, 220
Teho, kW	1,5	7,5	3
sähkönkulutus, kWh/vrk	36	180	72
Hinta, euroa /vrk	2,5056	9,1872	12,528
Hinta, euroa / kk	75,168	275,616	375,84
Hinta, euroa/ 5 kk	996,84	3655,08	4984,2

## 5.4 Laitehinnat ja kokonaiskulut

Tarkempia hintoja pyydettiin Waterixin Airit 70 –laitteesta ja kahdesta Enviro Botnian laitteesta. Airit 70 oli selvästi edullisin näistä kolmesta. Waterixin tarjous saapui 21.2.2008 ja Enviro Botnian 15.2.2008. Laite pysyi myös sähkökustannusten lisäyksen jälkeen halvimpänä (taulukko 4.)

Taulukko 4. Kolmen hapetuslaitteen hintavertailu.

	Airit 70	EBS 180	EBS 220
Hinta, euroa	3 599		6 210 (+ALV)
+ muita kuluja	720		
Yht.	3 886 (10 % alennus)	9 485	7452
kokonaiskustannukset (laite+sähkö)	Noin 4 880	Noin 13 140	Noin 12 435

## 5.5 Hapetuslaitteen sijainti

Hapetuksella on tarkoitus vähentää limalevän esiintymistä Kaskimaassa. Hapetuslaite kannattaa sijoittaa Kaskimaan itäiseen päähän, uimarannan lähelle, jotta sekoittava vaikutus ulottuisi ainakin uimarannan lähelle (kuva 3).



Kuva 3. Hapetuslaitteen sijainti Kaskimaassa. Mittakaava 1:3 000. Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/08.



## 6 Turvallisuusnäkökohdat

Hapetuslaitteiden toimintaympäristö edellyttää huolellisuutta sähköasennusten tekemisessä. Sähkökaapin tulisi olla lukittu ilkivallan ehkäisemiseksi ja varustettu kWh-mittarilla hapettimen sähkönkulutuksen seuraamiseksi. (Sassi & Keto 2005).

Talviaikaan hapetettaessa tulee huolehtia siitä, että järvellä ja rannalla liikkujat tietävät heikentyneistä jäistä. Tiedottamisessa voidaan hyödyntää paikallislehtiä. Järven rannalle kannattaa pystyttää varoituskylttejä. Järveen tulee merkitä heikentyneen jään alue esimerkiksi lippusiimalla.

## 7 Hapetuksen seuranta

### 7.1 Kasviplankton

Kaskimaan hapetuskokeilussa on erittäin tärkeää seurata sen aiheuttamia vaikutuksia järven biologisiin ja kemiallisiin tekijöihin. Koska kokeilulla on tarkoitus vähentää limalevän esiintymistä, pitää järvestä ottaa kasviplanktonnäytteitä. Elokuussa 2007 tehdyn kasviplankton tutkimuksen mukaan Kaskimaan kasviplankton koostui lähes kokonaan (92 %) limalevästä.

Kaskimaasta suositellaan otettavan kasviplanktonnäytteitä ainakin heinä- ja elokuussa, myös syyskuu kannattaa ottaa mukaan resurssien rajoissa. Kasviplanktonnäytteitä kannattaa ottaa noin neljän viikon välein. Näytteistä pitää analysoida biomassa ja lajisto, joita verrataan hapetuksen lisäksi järvellä havaittuihin ympäristötekijöihin ja veden laatuun.

### 7.2 Happipitoisuus

Jos Kaskimaata hapetetaan talvella, kannattaa hapetuksen vaikutusta happipitoisuuden seurata joko ottamalla happinäytteitä tai happimittarin avulla. Tärkeimmät ajankohdat näytteiden otolle ovat loppupalvella helmi-maaliskuussa. Lisäksi kesällä otettavista vesinäytteistä kannattaa analysoida happipitoisuus.

Markkinoilta saatavia happimittareita:

YSI 550

Marvet Junior 2000

TermoRens Hanna HI 9142

Galvatek: Oxi 330i

### 7.3 Muut analyysit

Kaskimaan vedenlaatua suositeltiin seurattavaksi kunnostussuunnitelmassa kolme kertaa kesässä ja kerran talvella. Kesäaikaisista näytteitä tulisi ottaa ainakin kokonaisravinteet, happi, lämpötila, väriluku, sameus, kiintoaine ja klorofylli-a. Talvisesta näytteestä voidaan jättää klorofylli-a-pitoisuus pois. Lämpötilaa seuraamalla voidaan mahdollisesti saada kiinni hapetuksen sekoittava vaikutus. Jos lämpötila on samaa luokkaa niin pinnassa kuin pohjan lähellä, on hapetus luultavasti sekoittanut veden tasalämpöiseksi. Kaskimaan tapauksessa on kuitenkin huomioitava järven mataluus ja siitä mahdollisesti aiheutuva kerrostuneisuuden purkautuminen. Kesällä 2007 Kaskimaa kerrostui, mutta lämpötilaerot eivät olleet suuria.

## 8 Yhteenveto

Kaskimaan hapettamisessa on tärkeää valita vettä tarpeeksi sekoittava laite, joka kuitenkin tarvittaessa pystyy ehkäisemään happikadon syntymistä. Vertailtaessa laitteiden ominaisuuksia; sekoittavuutta, sähkönkulutusta ja hapetustehoa sekä kokonaiskustannuksia, voidaan todeta, että Waterixin AIRIT 70 tuntuu sopivimmalta laitteelta.

Kyseinen laite sekoittaa vettä riittävästi ja pystyy tuottamaan happea veteen 72 kg päivässä (Kaskimaan mahdollinen tarve noin 30 kg). AIRIT 70 on myös edullinen sekä hankintahinnaltaan että sähkönkulutukseltaan.

## LÄHTEET

- Airaksinen J. 2004. Vesivelho-hankkeen loppuraportti. Suunnitteluohjeistus rehevöityneiden järvien kunnostamiseen. Savonia-ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Kuopio. 96 s. ISBN 952-9533-90-X.
- Bärlund, I. & Tattari, S. 2001. Ranking of parameters on the basis of their contribution to model uncertainty. *Ecological Modelling*, 142 (1-2): 11-23.
- Cooke G. D., Welch E. B., Peterson S. A. & Nichols S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Lewis Publishers, kolmas painos. 591 s. ISBN 1-56670-625-4.
- Enviro Botnia internetsivut. (Päivitetty, ei selviä sivuilta). [www.envirobotnia.com](http://www.envirobotnia.com). Enviro Botnia > Ilmastuslaite. [Viitattu 7.1.2008.]
- Eurowaternet / Valtakunnallinen veden laadun seuranta. 29.11.2007 (Päivitetty). [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Suomen ympäristökeskus > Tutkimus > Hankkeet ja tulokset > Veden laadun seuranta järvisyvänteillä (EUROWATERNET) [Viitattu 4.2.2008]
- Evans R. D. 1994. Empirical evidence of the importance of sediment resuspension in lakes. *Hydrobiologia* 284 (1) : 5–12.
- Frisk T. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallitus, Helsinki. Vesihallituksen tiedotus 146, Helsinki. 114 s. ISBN 951-46-3412-8.
- Granlund, K., Rekolainen, S., Grönroos, J., Nikander, A. & Laine, Y. 2000. Estimation of the impact of fertilization rate on nitrate leaching in Finland using a mathematical simulation model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 80 (1-2): 1-13.
- Hagman A-M. 2005. Sida crystallinan kesänaikainen sukkessio - kelluslehtikasvuston ja veden laadun merkitys vesikirppupopulaatiolle. Helsingin yliopisto. Pro gradu –työ. 50 s.
- Hinkkanen K. 2006. Kuivakäymälän hoito ja käymäläjätteen käsittely. Käymäläseura Huussi ry, Tampere. 10s. ISBN 952-91-9985-6.
- Hyytiäinen U-M. 2000. Tarkkaile kotijärveäsi. Havaitse ajoissa haitallinen rehevöityminen. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 9 s. [Julkaisematon moniste].
- Jungo E., Visser P. M., Stroom J. ja Mur L. R. 2001. Artificial mixing to reduce growth of the blue-green alga *Microcystis* in Lake Nieuwe Meer, Amsterdam: an evaluation of 7 years of experience. *Water Science and Technology: Water Supply* 1 (1): 17-23.
- Korhonen P. & Nyberg K. 2001. Rusutjärven ja Tuusulanjärven hauenpoikastutkimukset vuosina 1998-2000. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskus - Monisteita 85. 48 s. ISBN 952-5237-68-0.
- Kääriäinen S. & Rajala L. 2005. Vesikasvillisuuden poistaminen. Julk.: Ulvi T. ja Lakso E. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 114. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Lainpellon internetsivut. (Päivitetty, ei selviä sivuilta). [www.lainpelto.fi](http://www.lainpelto.fi). Lainpelto > Meduusa. [Viitattu 7.1.2008.]
- Lappalainen K. M. 1990. Kunnostuksen ja hoidon ekologiset perusteet. Julk.: Ilmavirta V. (toim.), Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Yliopistopaino, Helsinki. s. 45 – 53. ISBN 951-570-051-5.
- Lappalainen K. M. & Lakso E. 2005. Järvien hapetus. Julk.: Ulvi T. ja Lakso E. Järvien kunnostus.. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 114. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Mattila H. 2005. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Julk.: Ulvi T. ja Lakso E. Järvien kunnostus.. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 114. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Mattsson, T., Finér, L., Kortelainen, P. & Sallantausta, T. 2003. Brook water quality and background leaching from unmanaged forested catchments in Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 147 (1-4): 275-297.
- Nautikulman internetsivut. (Päivitetty, ei selviä sivuilta). [www.nautikulma.fi](http://www.nautikulma.fi). Nautikulma > Tuotteet > Laituritarvikkeet > Kasco-jäänestäjä. [Viitattu 7.1.2008.]
- Oravainen R. 2005. Fosforin kemiallinen saostus. Julk.: Ulvi T. ja Lakso E. Järvien kunnostus.. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 114. 336 s. ISBN 951-37-4337-3.
- Perrow M. R., Jowitt A. D. J., Stansfield J. H. & Phillips G. L. 1999. The practical importance of the interactions between fish, zooplankton and macrophytes in shallow lake restoration. *Hydrobiologia* 395-396: 199-210.
- Pietiläinen O-P. & Räike A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 313. 64 s. ISBN 952-11-0503-8.

- Rekolainen, S., Pitkänen, H., Bleeker, A. & Siettske, F. 1995. Nitrogen and phosphorus fluxes from Finnish Agricultural Areas to the Baltic Sea. *Nordic Hydrology* 26 (1): 55-72.
- Saarijärvi E. 2005. Hapetuslaitteiden mitoittaminen ja kustannukset. Hapetusseminaari, Helsinki 20.10.2005
- Saarijärvi E. 2008. Puhelinkeskustelu Kaskimaan hapetustarpeesta.[Suullinen tiedonanto]
- Sassi J ja Keto A. 2005. Järvien kunnostuksen menetelmät. Hapetuslaitteiden laboratorio- ja kenttäko-  
keet. VTT tiedotteita 2307. 88 s. Tattari, S., Bärlund, I., Rekolainen, S., Posch, M., Siimes, K., Tuhkanen, H-R. and Yli-Halla, M. 2001. Modelling field scale sediment yield and phosphorus transport in Finnish clayey soils. *Transactions of the ASAE* 44 (2):297-307.
- Vesiekon internetsivut. Päivitetty 2007. [www.vesieko.fi](http://www.vesieko.fi). Vesieko > hapetus ja ilmastus > Visio-ilmastin. [Viitattu 7.1.2008.]
- VEPS-järjestelmä. 22.5.2006 (Päivitetty) [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Palvelut ja tuotteet > Tietojärjestelmät ja -  
aineistot > Vesistö-kuormituksen arviointi- ja hallintajärjestelmä Veps. [Viitattu 21.11.2007.]
- Vollenweider R. A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutro-  
pication. *Memorie dell'istituto italiano di idrobiologia* 33 (2): 53-83.
- Waterixin internetsivut. (Päivitetty, ei selviä sivuilta) [www.waterix.com](http://www.waterix.com). Waterix > Tuotteet > AIRIT  
ilmastimet. [Viitattu 7.1.2008.]
- Wetzel R. G. 2001. *Limnology. Lake and river ecosystems*. Academic Press. 1006 s. ISBN 0-12-744760-1.

## LIITTEET

## Liite 1: VEPS-järjestelmä

Suomen ympäristökeskuksessa on kehitetty vesistökuormituksen arviointiin VEPS-järjestelmä ([www.ymparisto.fi/palvelut](http://www.ymparisto.fi/palvelut) >Tietojärjestelmät ja aineistot > vesistökuormituksen arviointi- ja hallintajärj.), jonka avulla voidaan arvioida 3. jakovaiheen vesistöalueilla eri kuormituslähteiden suuruutta. Vesistöt on jaettu Suomessa 74 päävesistöalueeseen, jotka jakautuvat osa-alueiksi (1. jakovaihe). Nämä taas jakautuvat yhä pienemmiksi (2. jakovaihe) ja pienemmiksi (3. jakovaihe). Neljäs jakovaihe vastaa järven omaa valuma-alueita. VEPS-järjestelmä arvioi pistekuormituksen, maatalouden, metsätalouden, luonnonhuhouman, laskeuman ja haja-asutuksen aiheuttaman kuormituksen. VEPS:illä voidaan arvioida kokonaistypen ja -fosforin kuormat vuositasona ( $\text{kg}/\text{km}^2/\text{a}$ ).

*”Erityisen tärkeää on muistaa, että VEPS-järjestelmä pystyy tuottamaan ainoastaan suuntaa-antavaa tietoa eri hajakuormituslähteiden suuruudesta. Maankäyttömuodot saadaan 3. jakovaiheen vesistöalueiden tarkkuudella, kun taas useimmat käytetyt laskentamenetelmät on arvioitu suurempien alueiden aineistojen (esim. metsätaloustoimenpiteet) perusteella. Laskennoissa käytetyt regressiokaavat (esim. luonnonhuhouma), suorat mitaushavainnot (esim. laskeuma) sekä mallinnustulokset (esim. maatalous) perustuvat suhteellisen suppeaan aineistoon, joka on alueellistettu kattamaan kaikki 3. jakovaiheen vesistöalueet. VEPS ei huomioi ravinteiden sedimentoitumista vesistöihin. Tuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti ja hyödyntää tulosten tulkinnassa paikallista asiantuntemusta, HERTTA-tietojärjestelmän vedenlaatutietoa ja karttapohjaista tausta-aineistoa alueen hydrologisista ja morfologisista tekijöistä. Vertailu muiden mallityökalujen antamiin tuloksiin on erittäin suotavaa.*

Pistekuormituksen osalta VEPS-järjestelmän lähtötiedot perustuvat Valvonta ja kuormitustietojärjestelmän (VAHTI) tuottamiin laitoskohtaisiin tietoihin. VAHTI on osa Ympäristönsuojelun tietojärjestelmää (YSL 27§) ja siihen tallennetaan tietoja mm. ympäristölupavelvollisten luvista ja päästöistä vesiin ja ilmaan sekä jätteistä. Tietojärjestelmä tuottaa perustiedot valtakunnantason ympäristökuormituksesta ilmaan ja vesiin sekä jäte-tiedot. Tietojärjestelmä sisältää ympäristökuormitustietoja 1970-luvulta lähtien. Sektori-(jätevesi, ilma, jäte) ja parametrisoituneiden tietojen esiintyminen vaihtelee runsaasti. Tietojen luotettavuus aikasarjoissa vaihtelee. Ympäristökuormitustiedot ilmoitetaan yleisesti vuosiarvoina, eräiden tietojen osalta kuitenkin kuukausiarvoina. Toimialoja ovat: asutus, jätteenkäsittely, kalankasvatus, saastuneet maa-alueet, teollisuus ja liikenne. Liikenteellä tarkoitetaan lentokenttien jätevesiä. VAHTI-järjestelmään ei ole kattavasti tallennettu vuosikuormitusta turvetuotantoalueista, kaatopaikoista, turkistarhoista ja karjasuojista.

Peltoviljelyn aiheuttaman fosforikuormituksen laskenta perustuu matemaattisella ICECREAM-mallilla (Tattari et al., 2001; Bärnlund ja Tattari, 2001) laskettuihin kuormituslukuihin. Kokonaistyyppikuorma perustuu VEPS1-version SOIL-N simulointituloksiin (Granlund et al., 2000). ICECREAM-simulointiajot on tehty viiden, eri puolella Suomea sijaitsevan ilmastoaseman vuosien 1990-2000 meteorologisten havaintojen perusteella. Vesistöalueen kuormituksen laskennassa käytetty ilmastoasema on valittu lähinnä aseman läheisyyden perusteella. Kuormitustulokset edustavat pitkäaikaista (10 v.) keskimääräistä kuormitusta, eikä tuloksia voida käyttää esim. hydrologisesti erilaisten vuosien kuormitusarviointiin.

Peltojen kasvilajitietona on käytetty TIKEn v. 2002 kuntatilastoista saatuja kasvitietoja ja maalajitieto perustuu Viljavuuspalvelun peltojen pintamaan maalajitietoon. Kullekin kunnalle on määritetty aineiston perusteella vallitseva maalaji, kun taas kasvitiedoista on laskettu kunkin kasvilajin prosenttiosuuden mukaan ns. alueella kasvava keskimääräinen kasvi. Näiden tietojen perusteella on laskettu peltojen kaltevuustiedon avulla (DEM, 25 x

25 m) kullekin 3. jakovaiheen vesistöalueelle ominaiskuormitusarvio hyödyntäen edellä mainittuja mallituloksia. Pitkäaikaisista seurantaprojekteista ja maatalouskoekenttien tuloksista on laskettu suhteellisen laajat vaihteluvälit sekä fosforin että typen kuormitukselle ja simuloidut kuormitusarviot on skaalattu tähän vaihteluväliin (Rekolainen et al, 1995).

Metsätaloustoimenpiteiden vesistökuormitus lasketaan VEPS-järjestelmässä metsätalustojen ja eri tutkimuksista saatujen metsätalouden toimenpiteiden ominaishuhtoutuma-arvojen avulla. Vuotuiset metsätalouden toimenpidetiedot on saatu Metsäntutkimuslaitokselta. Kuormituslaskelmat tehtiin erikseen ojituksen, kunnostusojituksen, raskaasti muokattujen uudistushakkuiden, kevyemmin muokattujen uudistushakkuiden, kivennäismaiden typpilannoituksen ja turvemaiden fosforilannoituksen fosfori- ja typpihuhtoutumista. Vaikka myös muista toimenpiteistä, kuten muokkaamattomista uudistushakkuista ja metsäteiden rakentamisesta voi tulla kuormitusta, katsottiin se tässä tarkastelussa merkityksettömäksi valuma-alueittakaavassa. Metsäkeskuksittain ilmoitettu metsätilastotieto on muunnettu koskemaan kuutta pää-vesistöaluetta: 4= Vuoksen vesistöalue, 14= Kymijoen vesistöalue, 35= Kokemäenjoen vesistöalue, 59= Oulu-joen vesistöalue, 65= Kemijoen vesistöalue ja 67= Tornionjoen- ja Muonionjoen vesistöalue. Tämän lisäksi laskettiin erikseen Suomenlahteen, Saaristomereen, Selkämereen, Perämereen, Vienanmereen ja Jäämereen laskevien pienempien vesistöjen kuormitus. Toimenpiteiden määrien oletettiin jakautuvan tasaisesti koko metsäkeskuksen maapinta-alalle. Vesistöalueen tai vesistöaluejoukon (esim. Suomenlahteen laskevat pienet vesistöalueet) kokonaiskuormitus metsätaloudesta jaetaan tasaisesti koko vesistöalueen metsätalousmaalle. VEPS-järjestelmä käyttää tätä lukua osaluueiden kuormituksena. Yksittäisen kuormittavan tapahtuman vaikutuksen oletettiin eräin poikkeuksin kestävän 10 vuotta.

Luonnonhuhtoumalla ymmärretään metsämaaperästä, soilta ja pelloilta luonnontilassa vesistöihin joutuvaa kuormitusta. VEPSissä kokonaisravinteiden luonnonhuhtouma arvioidaan perustuen 42 luonnontilaiselta, pieneltä valuma-alueelta mitattuun keskimääräiseen huuhtoumaan Suomen eri osissa (Mattson et al., 2003 ja Kortelainen et al., in prep.). Tässä tehtävä yleistys perustuu siihen, että kokonaisravinteiden huuhtoutuminen riippuu turvemaiden osuudesta valuma-alueilla.

Erityisesti kivennäismaavaltaisilla alueilla (joilla turvemaiden osuus <30%) luonnonhuhtoumassa Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä on tasoero. Etelä-Suomessa typen luonnonhuhtoumaa lisää mm. viljavampi maaperä ja korkeampi typpilaskeuma. Turvemaavaltaisilla alueilla (>30%) aineiston hajonta on merkittävää eikä selkeää eroa maan eri osien välillä voitu havaita. Turvemaiden/kivennäismaiden osuutta valuma-alueesta käytetään laskennassa siis indeksinä, johon integroituu monien muidenkin tekijöiden, mm. ilmaston ja hydrologian osuutta alueellisesta vaihtelusta.

Suomen ympäristökeskus (SYKE) mittaa kansallisena seurantaohjelmassa sadeveden ainepitoisuuksia ja kokonaislaskeumaa (ns. bulk-laskeuma), joka koostuu sateen mukana tulevasta märkälaskeumasta sekä keräimeen laskeutuvista leijuvista hiukkasista eli kuivalaskeumasta. Suurin osa laskeumanäytteen ilmaperäisistä epäpuhtauksista on yleensä märkälaskeumasta peräisin. Koko maan kattavassa asemaverkossa mittausasemat on pääosin sijoitettu haja-asutusalueille. Näillä mittausalueilla ei ole merkittäviä pistemäisiä ilman epäpuhtauksien päästölähteitä, joten mittauksilla on pyritty havainnoimaan ns. taustalueille sateen mukana tulevan ainekuormituksen perustasoa. SYKE mittaa tällä hetkellä kokonaislaskeumaa 14 havaintoasemalla. VEPSin laskeumatiedot perustuvat näihin mittauksiin. VEPS:ssä kullekin aluekeskukselle on määritetty ominaislaskeuma perustuen alueella sijaitsevien laskeumaseuranta-asemien vuotuisiin laskeumakeskiarvoihin. Kunkin 3. jakovaiheen vesistöalueen ominaiskuormitusarvo on arvioitu näiden tietojen perusteella. Laskeuman vuotuiset vaihtelut sekä alueelliset erot voivat olla suuria, kokonaistypen laskeuma-arvot vaihtelevat 188 – 1042 mg /m<sup>2</sup> /a ja kokonaisfosforin 4 – 25 mg /m<sup>2</sup> /a . Vaihtelua voi aiheuttaa sadannan vuosien väliset ja vuoden sisäiset vaihtelut sekä typen osalta myös päästöjen vähentyminen viimeisen 10 – 15 vuoden aikana. Korkeimmat laskeuma-arvot mitataan Etelä- ja Länsi-Suomessa, missä Suomen omien päästöjen ja kaukokul-

keuman vaikutus on suurin. Laskeuma-arvot, erityisen typen osalta, pienenevät pohjoista kohti mentäessä kun etäisyys suurempiin päästöalueisiin kasvaa.

Turvetuotantolaitosten perustiedot löytyvät VAHTI-tietojärjestelmästä, mutta toistaiseksi päästötiedot puuttuvat järjestelmästä. Kuormitustiedot on tarkoitus päivittää VAHTI-tietojärjestelmään v. 2004 aikana. Toistaiseksi, tietojen puuttuessa, kuormitus on VEPS:ssä arvioitu laskennallisesti ominaiskuormitusarvioiden avulla. Nykyisessä VEPS-järjestelmässä turvetuotantoalueiden sijainti ja laajuus arvioidaan satelliittikuviin pohjautuvasta maankäyttö- ja puustotulkinnasta. Kuormituksen laskennassa käytetään turvetuotannon ominaiskuormituksen oletusarvona 0,27 kg/ha/a fosforille ja 10 kg/ha/a typelle. Turvetuotannon aiheuttamalle vesistökuormitukselle on ominaista suuret vuotuiset vaihtelut johtuen tuotannon vaiheesta ja valunolosuhteista. Turpeen erilainen laatu ja kuivatusvesien erilaiset käsittelymenetelmät aiheuttavat myös eroja kuormituksessa.

Uudessa VEPS:ssä haja-asutustiedot perustuvat vuoden 2000 tilastoihin (Rakennus- ja huoneistorekisteri 2000). Tilastoista ilmenee viemäriverkostoon liittymättömien asukkaiden ja asuinhuoneistojen määrä haja-asutusalueilla ja taajamissa. Haja-asutuksen ominaiskuormitusarvio perustuu tutkimustuloksiin varustetasoltaan erilaisten haja-asutusten kuormituksesta. Vesistökuormitusta vähentävänä tekijänä luvuissa on lisäksi jo otettu huomioon arvioitu keskimääräinen jäteveden purkupaikan etäisyys vesistöstä. Käytetyistä yleistyksistä johtuen näitä ominaiskuormituslukuja on käytettävä varoen, erityisesti kun arvioidaan vesistö-kuormitusta pienillä, 3. jakovaiheen vesistöalueilla.

Rakennettu ympäristö muuttaa vesistöjä ja lähiympäristön vesiolosuhteita merkittävästi. Kaupunkiympäristössä kadut, pihat ja katot estävät veden imeytymisen maahan ja syntynyt hulevesi aiheuttaa maa-aineksen, ravinteiden, metallien ja haitallisten aineiden huuhtoutumista. VEPS:ssä hulevesien aiheuttamaa ravinne-kuormaa arvioidaan havaittujen laskeumatietojen perusteella. Järjestelmässä oletetaan, että 20 %:ia laskeuman typpi- ja fosforikuormasta kulkeutuu vesistöihin hulevesien mukana. VEPS-järjestelmän hulevesien ravinnepäästöjen laskentamenetelmä on epätarkka ja tuloksiin on syytä suhtautua varauksella." (VEPS-järjestelmä 2007.)



## Liite 2: Kysely Kaskimaan tavoitetilan määrittämiseksi

## Nykytila:

Aluksi toivomme teidän miettivän Svedjatrasketin ominaisuuksia. Millaisia ne ovat nyt?

## Svedjatrasketin parhaat ominaisuudet:

1. Mitkä asiat tekevät kotijärvestänne ainutlaatuisen ja/tai tärkeän?  
Karjaan ainoa EU-uimaranta.

## Svedjatrasketin huonoimmat ominaisuudet:

2. Mitä asioita pitäisi muuttaa järven valuma-alueella ja itse järvestä (esim. järven käytön ja järven "itseisarvon" kannalta)? Laittakaa muutettavat asiat tärkeysjärjestykseen.

Valuma-alue:

Järvi: Limalevä poistaa tai kasvu estää.

## Tavoitetila:

Kuvitelkaa, että järven kunnostukseen olisi käytettävissä rajattomasti niin taloudellisia kuin henkilö-resursseja. Toimenpiteitä voitaisiin käyttää vapaasti eikä niiden toteuttamisen esteenä olisi asianosaisten vastustus tai lainsäädäntö. Tarvittaessa voitaisiin myös kehittää uusia kunnostusmenetelmiä.

## 3. Millainen olisi Svedjatrasketin kunnostuksen jälkeen vuonna 2020?

Miettikää ainakin seuraavia tekijöitä: maisemaa, vesikasvillisuutta, kalastoa, vedenlaatua ja valuma-alueen ominaisuuksia, järven arvoa nykyään ja tulevaisuudessa ja sen itseisarvoa.

Maisema: On tasapainoinen nykyään

Vesikasvillisuus: Vesikasvillisuutta uimarannan läheisyydessä voitaisiin vähentää.

Kalasto: Kalaston runsaudesta ei ole tietoa kalakuolemanjäljiltä. Järveen voitaisiin istuttaa arvokaloja virkistysarvon lisäämiseksi.

Vedenlaatu: Yleensä ottaen hyvä. Limalevä suurin haitta ja juotikkaat, jotka lisääntyivät kalakuoleman jälkeen. Myös koliformiset bakteerit tekivät lisääntymispiikin kalakuoleman jälkeen.

Valuma-alueen ominaisuudet:

Järven arvo nykyään: Karjaan tärkein uimaranta.

Järven arvo tulevaisuudessa: Monipuolinen virkistys alue. Maisema, uiminen, kalastus

Järven itseisarvo:

Taulukko 9. Tavoitetilan kyselyn väittämiä koskien järvikunnostusta.

	Täysin samaa mieltä	Ositain samaa mieltä	En osaa sanoa	Ositain eri mieltä	Täysin eri mieltä
Tehokalastusta on syytä jatkaa, vaikka se ei parantaisi veden laatua.				X	
Vesikasvit haittaavat virkistyskäyttöä enemmän kuin antavat maisemallista ilmettä.				X	
Toimenpiteitä voidaan kohdistaa pelkästään valuma-alueelle, jos ulkoinen kuormitus on liian suurta.					X
Jos ulkoinen kuormitus on liian suurta, järveen kohdistuvat toimenpiteet eivät ole riittäviä.	X				
Kunnostuksen vaikutukset pitää nähdä nopeasti.		X			
Järvikunnostus on hidasta ja pitkäjänteistä toimintaa.	X				
Ennen kunnostusta on tärkeää selvittää järven tila.	X				
Myös uusia, kokeellisella asteella olevia kunnostusmenetelmiä voidaan käyttää.	X				

## Liite 3: Kaskimaan koekalastustulokset

Taulukko 10. Kaskimaan koekalastustulokset heinäkuussa 2007.

		Ahven	Kiiski	Yhteensä	%
5 mm	g	64	41	105	0
	Kpl	3	1	4	1
6,25 mm	g	804	77	881	4
	Kpl	10	2	12	4
8 mm	g	1126	0	1126	5
	Kpl	13	0	13	4
10 mm	g	825	196	1021	5
	Kpl	12	6	18	6
12,5 mm	g	2530	781	3311	15
	Kpl	43	18	61	19
15,5 mm	g	3700	567	4267	20
	Kpl	71	18	89	28
19,5 mm	g	4345	109	4454	21
	Kpl	50	2	52	16
24 mm	g	3798	918	4716	22
	Kpl	47	12	59	18
29 mm	g	1164	389	1153	7
	Kpl	10	3	13	4
35 mm	g	106	64	170	1
	Kpl	1	1	2	1
43 mm	g	0	0	0	0
	Kpl	0	0	0	0
55 mm	g	0	0	0	0
	Kpl	0	0	0	0
Yhteensä	g	18462	3142	21604	100
	Kpl	260	63	323	100
prosent- tiosuudet	g	85	15	100	
	Kpl	80	20	100	

Taulukko 11. Kaskimaan koekalastustulokset elokuussa 2007.

		Ahven	Kiiski	Yhteensä	%
5 mm	g	575	1	576	3
	Kpl	8	1	9	3
6,25 mm	g	69	96	165	1
	Kpl	1	2	3	1
8 mm	g	315	254	569	3
	Kpl	8	8	16	5
10 mm	g	613	342	955	5
	Kpl	16	8	24	7
12,5 mm	g	1595	669	2264	12
	Kpl	53	18	71	20
15,5 mm	g	3547	347	3894	21
	Kpl	87	10	97	28
19,5 mm	g	3951	829	4780	25
	Kpl	48	12	60	17
24 mm	g	3415	614	4029	21
	Kpl	41	10	51	15
29 mm	g	1588	0	1588	8
	Kpl	16	0	16	5
35 mm	g	0	0	0	0
	Kpl	0	0	0	0
43 mm	g	119	0	119	1
	Kpl	1	0	1	0
55 mm	g	0	0	0	0
	Kpl	0	0	0	0
Yhteensä	g	15787	3152	18939	100
	Kpl	279	69	348	100
prosent- tiosuudet	g	83	17	100	
	Kpl	80	20	100	

## Liite 4. Tulkinta-avain maankäyttökarttaan



## KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	Uudenmaan ympäristökeskus	<i>Julkaisu-aika</i>	Heinäkuu 2008	
<i>Tekijä(t)</i>	Anne-Marie Hagman			
<i>Julkaisun nimi</i>	<b>Karjaan Kaskimaan kunnostus- ja hapetussuunnitelma</b>			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 6/2008			
<i>Julkaisun teema</i>				
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">http://www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Kaikilta Uudenmaan kunnilta kysyttiin halukkuutta osallistua kuntakohtaiseen järvikunnostusohjelmaan syksyllä 2006. Karjaan kaupunki oli ilmoitti kiinnostuksestaan ja neuvotteluiden tuloksena kohteiksi valittiin sekä Kolijärvi (Gålisjön) että Kaskimaa (Svedjaträsket). Molemmille järville tehtiin Uudenmaan ympäristökeskuksen ja Karjaan kaupungin yhteistyöprojektina perustilan selvitys, kuormitusselvitys ja niihin pohjautuva kunnostussuunnitelma. Tämän raportin osiossa yksi käsitellään edellä mainitut asiat Kaskimaan osalta.</p> <p>Kaskimaan suurin ongelma on limaleväkukinnat, jotka haittaavat Karjaan ainoan EU-uimarannan käyttöä. Tähän ongelmaan on etsitty osiossa yksi ratkaisua. Menetelmän valinta ei ole helppoa, koska suoranaista ratkaisua limaleväongelmaan ei ole keksitty. Kaskimaahan ei kohdistu liikaa ulkoista kuormitusta, vaan tämänhetkinen tilanne on hyvä. Järven sisäinen kuormitus on vähäistä. Limalevän torjumiseksi ehdotetaan veden sekoittamista hapettimella. Tällöin limalevän pitäisi vähentyä veden pintakerroksesta. Lisäksi hapetinta olisi mahdollista käyttää myös talvisten happikatojen torjumiseen.</p> <p>Kaskimaan tarkempi hapetussuunnitelma esitetään raportin osiossa kaksi. Suunnitelman teon yhteydessä pyydetään tarjoukset mahdollisista laitteista ja valitaan hinnan ja ominaisuuksien perusteella Kaskimaaalle sopivin laite. Hapettimen sijoituspaikka ja hapetus-aika esitetään myös suunnitelmassa. Lisäksi suunnitelmassa esitetään kokeilun seuranta koskevia tutkimuksia.</p>			
<i>Asiasanat</i>	Vesistöjen kunnostus, järvet, seuranta, kuormitus, hapetus, Karjaa			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	Karjaan kaupunki ja Uudenmaan ympäristökeskus			
	ISBN - (nid.)	ISBN 978-952-11-3100-4 (PDF)	ISSN - (pain.)	ISSN 1796-1742 (verkkoy.)
	<i>Sivuja</i> 53	<i>Kieli</i> Suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> Julkinen	<i>Hinta (sis. alv 8 %)</i> -
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>				
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Uudenmaan ympäristökeskus			
<i>Painopaikka ja -aika</i>				

## PRESENTATIONSBLAD

<i>Utgivare</i>	Nylands miljöcentral	<i>Datum</i>	Juli 2008	
<i>Författare</i>	Anne-Marie Hagman			
<i>Publikationens titel</i>	<b>Karjaan Kaskimaan kunnostus- ja hapetussuunnitelma</b> (Plan för iståndsättning och syresättning av Svedjaträsket i Karis)			
<i>Publikationsserie</i>	Nylands miljöcentralers rapporter 6/2008			
<i>Publikationens tema</i>				
<i>Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt</i>	Publikationen finns tillgänglig på internet: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">http://www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
<i>Sammandrag</i>	<p>Hösten 2006 tillfrågades alla kommuner i Nyland om de är intresserade av att delta i ett program för iståndsättning av sjöarna i kommunen. Karis stad meddelade intresse och förhandlingar resulterade i att två sjöar valdes ut, Gälisjön och Svedjaträsket. För båda två har Nylands miljöcentral och Karis stad tillsammans utrett nuvarande status och belastning och därefter utarbetat en iståndsättnings-plan. Del I av denna rapport redogör för ovanstående utredningar för Svedjaträskets del.</p> <p>Massförekomst av slemalger är det största problemet i Svedjaträsket, där den enda EU badstranden i Karis finns. En lösning på problemet presenteras i del I av rapporten. Det var inte lätt att välja metod, eftersom det tillsvidare inte finns något bra sätt att bli av med slemalgerna. Svedjaträsket utsätts inte för någon kraftig yttre belastning, utan dagsläget anses gott. Den inre belastningen i sjön är låg. Projektet föreslår att slemalgerna motverkas genom att hålla vattnet i rörelse med hjälp av ett syrsättningsystem. Mängden slemalger bör minska i ytvattnet när vattnet kontinuerligt blandas om. Syrsättningen kan även hållas igång under vintern för att förhindra syrebrist.</p> <p>En noggrannare beskrivning av syrsättningsplanen för Svedjaträsket ges i del II i rapporten. När planen görs upp väljs det lämpligaste syrsättningsystemet efter en anbudsförfrågan. Pla-ceringsplats och syrsättningsperiod presenteras i planen och därtill ett uppföljningsprogram.</p>			
<i>Nyckelord</i>	Restaurering av vattendrag, sjöar, uppföljning, belastning, syresättning, Karis			
<i>Finansiär/ uppdragsgivare</i>	Karis stad och Nylands miljöcentral			
	ISBN - (hft.)	ISBN 978-952-11-3100-4 (PDF)	ISSN - (print)	ISSN 1796-1742 (online)
	<i>Sidantal</i> 53	<i>Språk</i> Finska	<i>Offentlighet</i> Offentlig	<i>Pris (inneh. moms 8 %)</i> -
<i>Beställningar/ distribution</i>				
<i>Förläggare</i>	Nylands miljöcentral			
<i>Tryckeri/ tryckningsort och -år</i>				

Kaskimaa (Svedjaträsket) on Karjaalla sijaitseva järvi, jonka suurin ongelma on limaleväkukinnat. Kukinnat haittaavat muun muassa Karjaan ainoan EU-uimarannan käyttöä. Tässä raportissa on selvitetty järveen kohdistuvaa kuormitusta ja järven perustila. Näiden pohjalta on tehty kunnostussuunnitelma. Kunnostusmenetelmän valinta ei ole helppoa, koska suoranaista ratkaisua limaleväongelmaan ei ole keksitty. Kaskimaahan ei kohdistu liikaa ulkoista kuormitusta ja sisäinen kuormitus on vähäistä. Limalevän torjumiseksi on ehdotettu veden sekoittamista hapettimella. Raportin toisessa osassa on esitelty erillinen hapetussuunnitelma.



UUDENMAAN  
YMPÄRISTÖKESKUS  
NYLANDS  
MILJÖCENTRAL

Uudenmaan ympäristökeskus  
PL 36, 00521 Helsinki  
puh. 020 490 101 (vaihe)  
puh. 020 690 161 (asiakaspalvelu)  
[www.ymparisto.fi/uus](http://www.ymparisto.fi/uus)

**ISBN 978-952-11-3100-4 (PDF)**

**ISSN 1796-1742 (verkkokj.)**