

HARVANJÄRVEN ALUSTAVA KUNNOSTUSSUUNNITELMA



Eeva Kauppinen
Tammikuu 2007



Työn tilaaja:**Lapinlahden kunta**

Iisalmen reitin kunnostushanke

Asematie 4

73100 LAPINLAHTI



JOHDANTO.....	5
I HARVANJÄRVEN TILA	6
1. HARVANJÄRVEN PERUSTIEDOT	6
1.1 Järven ja valuma-alueen perustiedot.....	6
1.2 Harvanjärven valuma-alueen geologia	8
1.3 Analyysit ja aineisto	9
2. VEDENLAATU	10
2.1 Vedenlaatu	10
2.1.1 Lämpötila, happi- ja kokonaisfosforipitoisuus	10
2.1.2 Klorofylli-a ja veden pH	13
2.1.3 Näkösyvyys, veden väriluku ja sameus	13
2.1.4 N/P-suhde.....	14
2.1.5 Bruttosedimentaatio	15
2.2 Veden pinnankorkeuden vaihtelu	16
3. KUORMITUS JA FOSFORITASEET	17
3.1 Ulkoinen kuormitus	17
3.1.1 Haja-asutuksen aiheuttama kuormitus	17
3.1.2 Ominaiskuormitus	19
3.2 Fosforitaseet.....	20
3.2.1 Fosforitaseiden laskentaperusteita	23
3.2.2 Laskentatulokset	24
3.2.3 Johtopäätökset ravinnetaseista	26
3.2.4 Taselaskelmien virhetarkastelu	27
3.2.5 Yhteenveto ominaiskuormitus- ja ainetaselaskelmasta ulkoisen kuormituksen osalta	27
4. VALUMA-ALUETARKASTELU JA SEDIMENTIN LAATU	28
4.1 Valuma-alueetarkastelu	28
4.2 Harvanjärven pohjasedimentti	28
4.2.1 Näytteenotto	28
4.2.2 Sedimentin ulkonäkö ja sedimentin koostumuksen alueellinen vaihtelu	28
4.2.3 Sedimenttianalyysien tulokset ja tulosten tulkinta	32
5. KALASTO	35
5.1. Menetelmät	35
5.2. Koekalastustulokset	37
5.3. Tulosten tarkastelu.....	41
6. VESIKASVILLISUUS	42
6.1. Tavoitteet	42
6.2. Kasvillisuuskartoituksen tulokset ja johtopäätökset	42
7. JOHTOPÄÄTÖKSET HARVANJÄRVEN TILASTA.....	46
II TOIMENPIDEVAIHTOEHDOT	46
1. JOHDANTO.....	46
2. SISÄINEN KUORMITUS	47
2.1. Hapetus / ilmastus.....	47
2.2. Tehokalastus	52
2.2.1. Tehokalastuksen tarve	53
2.2.2. Tehokalastuksen saalistavoite	54
2.2.3. Tehokalastuksen kustannukset ja seuranta	54
2.3. Petokalaistutus	55
2.4. Kuhan alamitan tai verkkojen silmäkoon muuttaminen	55
2.5. Ruoppaukset	56
2.6. Kemikaalikäsittely	56
3. ULKOINEN KUORMITUS.....	57
3.1. Suojavyöhykkeet	58

3.2. Kaivukatkot ja laskeutusaltaat	59
3.3. Haja-asutuksen jätevesijärjestelmien tehostaminen	59
4. VIRKISTYSKÄYTTÖARVON LISÄÄMINEN	59
4.1 Vesikasvillisuuden poisto	59
4.1.1. Vesikasvillisuuden niitto	60
4.1.2. Kasvillisuuden ruoppaus	61
4.1.3. Kustannukset	61
4.1.4. Seuranta, vaikutukset ja uusintakäsittely	62
4.2 Alivedenpinnan nostaminen.....	62
4.3. Ruoppaaminen	64
5. KUNNOSTUSOHJELMA.....	64
III YHTEENVETO	67
IV LÄHTEET	68

JOHDANTO

Harvanjärvi sijaitsee Sonkajärven kunnassa noin 2 km Sonkajärven taajamasta kaakkoon. Harvanjärven rannoilla on vakituista ja vapaa-ajanasutusta. Järven tilan on koettu heikentyneen ja virkistyskäyttöarvon laskeneen rehevöitymisestä ja sinileväkukinnoista johtuen. Ongelmana on myös järven syvänealueiden hapettomuus.

Harvanjärven lähivaluma-alueen asukkaat esittivät syksyn 2005 aikana Pohjois-Savon ympäristökeskukselle ja Sonkajärven kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle huolensa järven tilasta. Viranomaisten ja asukkaiden tapaamisessa 14.11.2005 päädyttiin aloittamaan Harvanjärven kunnostussuunnitelman laatiminen. Hankkeen ohjausryhmänä toimivat Ylä-Savon terveydenhuollon kuntayhtymä, Sonkajärven kunnan tekninen toimi, Pohjois-Savon ympäristökeskus, Iisalmen reitin kunnostushanke, Rutakon osakaskunta, sekä Sonkajärven kalastusalueen, Harva-Petäyksen kyläyhdistyksen ja muiden yhteistyötahojen edustajat.

Iisalmen reitin kunnostushanke tilasi Harvanjärven alustavan kunnostussuunnitelman Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd:ltä, jonka alikonsulttina toimi Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy. Pääkonsultti Vesi-Eko Oy teki ainetasetarkastelut ja pohjasedimenttitutkimukset. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy selvitti järven vesikasvillisuuden ja sen poistotarpeen. Kalastoselvityksen teki projektityöntekijä Aapo Kumpulainen Iisalmen reitin kunnostushankkeesta.

Suunnitelman laativat:

Limnologi Erkki Saarijärvi Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd

Maaperägeologi Eeva Kauppinen Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd

Limnologi Jorma Ronkainen Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy

Projektityöntekijä, fil.yo Aapo Kumpulainen, Iisalmen reitin kunnostushanke

Harvanjärven kunnostussuunnitelman tarkoituksena on antaa riittävä kuva järvien tilasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä, joiden pohjalta voidaan toteuttaa käytännön kunnostustoimet. Kunnostuksen tavoitteena on parantaa Harvanjärven vedenlaatua, kalakantaa, virkistyskäyttömahdollisuutta ja maisemallista arvoa.

I HARVANJÄRVEN TILA

1. HARVANJÄRVEN PERUSTIEDOT

1.1 Järven ja valuma-alueen perustiedot

Harvanjärvi sijaitsee noin 4 km Sonkajärven kunnan keskustasta kaakkoon ja se kuuluu vesistöalueeseen 04.582 (Matkusjoen alaosan alue). Harvanjärven pinta-ala on 2,09 km² (taulukko 1), keskisyvyys 3,9 m ja suurin syvyys on 15,2 m (kuva 1). Harvanjärvelle luonteenomaisena piirteenä voidaan pitää useita erillisiä syvänteitä.

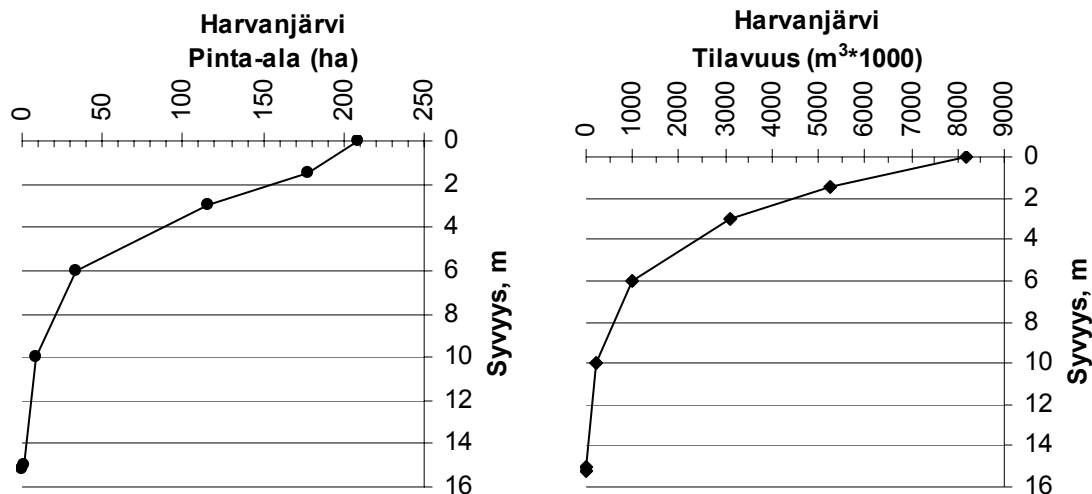
Taulukko 1. Harvanjärven tilavuus, viipymä ja pinta-ala.

Suure	Arvo
Maksimisyvyys (m)	15,2
Pinta-ala (km ²)	2,09
Tilavuus (1000 x m ³)	8200
Harvanjärven teoreettinen keskiviipymä (kk)	55

Taulukko 2. Harvanjärven valuma-alue.

F = valuma-alueen koko, L = järvisyys, Mz = valuma-alueen järvien keskisyvyys, $Fpel$ (%) = valuma-alueen peltujen osuus.

	F (km ²)	L (%)	Mz (m)	$Fpel$ (%)
Harvanjärven valuma-alue	7,28	0,96	2	13,4
Lampareen kaukovaluma-alue	1,27	0	-	24,9
Pihkapuron kaukovaluma-alue	1,14	0	-	2,2
Harvanjärven lähivaluma-alue	4,87	0	-	13,0

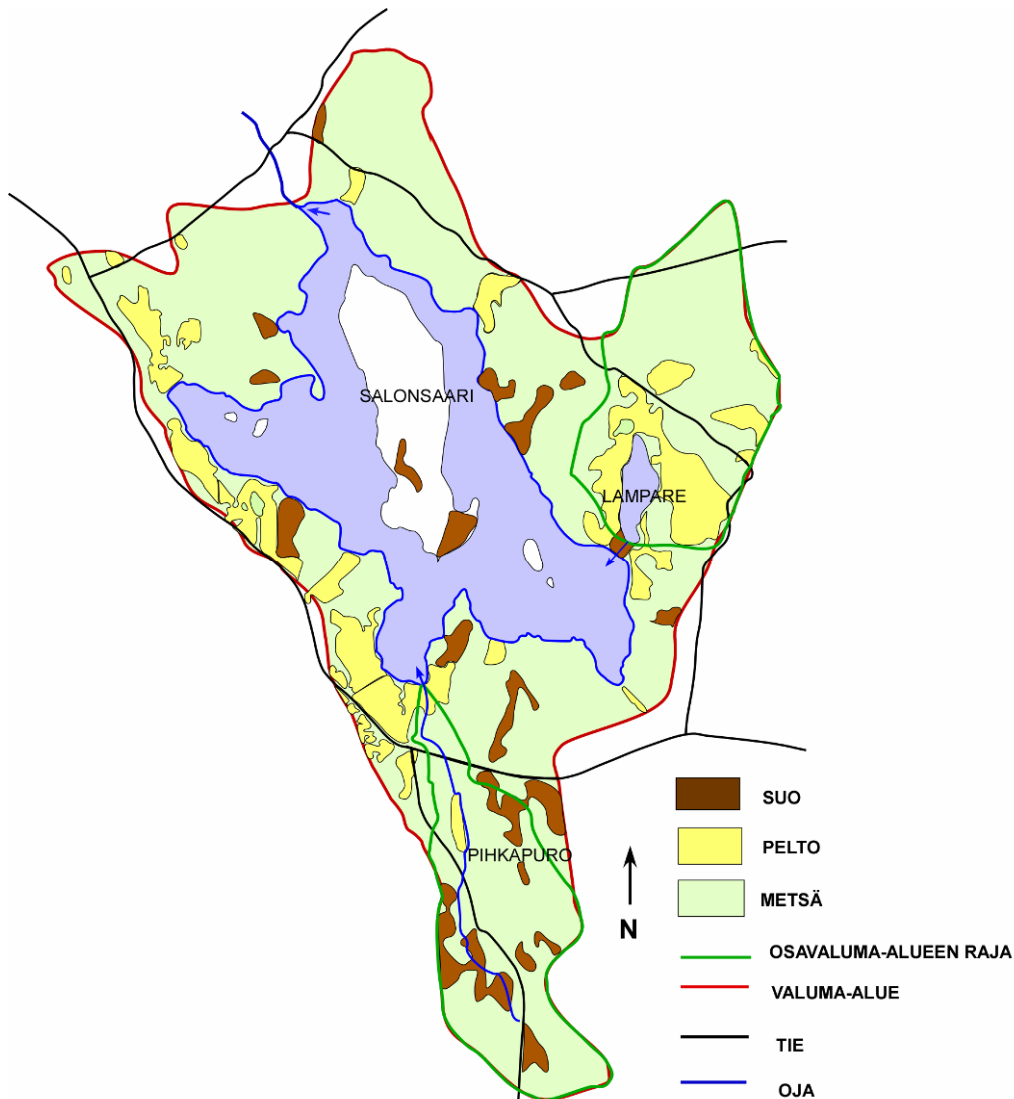


Kuva 1. Harvanjärven pinta-ala- ja tilavuussuhteet, $N60 + 104,1$.

Harvanjärven valuma-alueen pinta-ala on 7,3 km². Harvanjärven valuma-alueen maankäyttöä kuvaa metsäisyys ja pellot (kuva 2, liite 1). Valuma-alueesta 17 % kuuluu maankäyttöään hyvin peltovaltaisen Lampareen osavaluma-alueeseen ja 16 % Pihkapuron valuma-alueeseen (taulukko 3, kuva 2). Harvanjärven valuma-alueella on 46 vakituisesti asuttua kiinteistöä ja 25 vapaa-ajankiinteistöä (Siponen 2006).

Taulukko 3. Harvanjärven valuma-alueen maankäyttömuodot ja pinta-alat.

nro	Valuma-alueet	Valuma-alueen pinta-ala, km ²	%-osuus koko valuma-alueesta	Peltoa, km ²	Pelto- %	Metsät, km ²	Suot, km ²
	Harvanjärven valuma-alue	7,28	100	0,9	13	6	0,46
1	Harvanjärven lähivaluma-alue	4,87	67	0,6	13	4	0,3
2	Lampareen kaukovaluma-alue	1,27	17	0,3	25	1	0,002
3	Pihkapuron kaukovaluma-alue	1,14	16	0,02	2	1	0,16



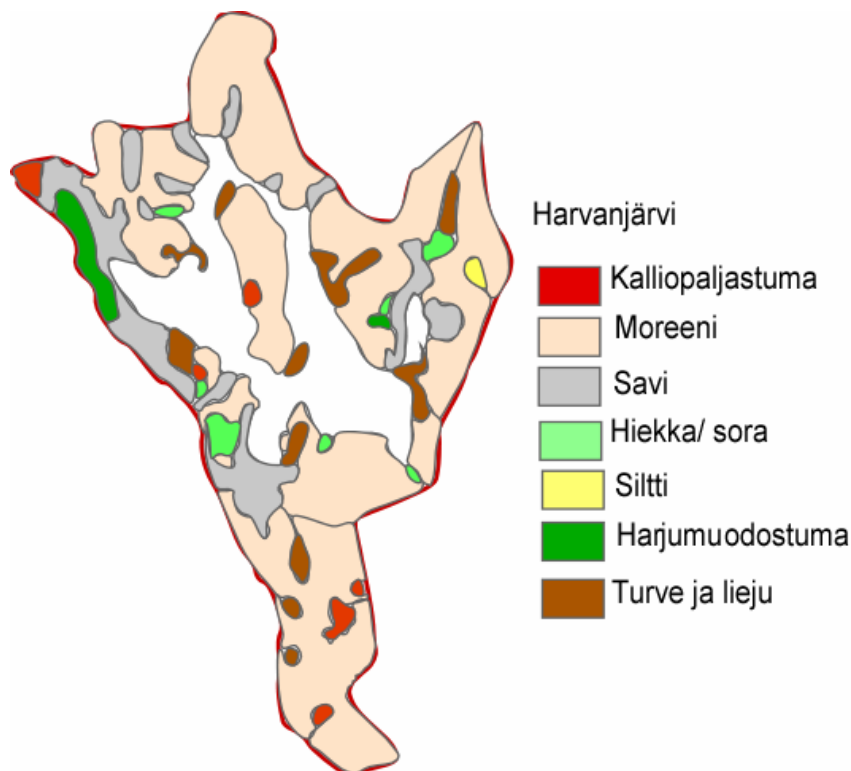
Kuva 2. Harvanjärven valuma-alue (7,3 km²) maankäyttömuotoineen ja kaukovaluma-alueet (Lampare ja Pihkapuro).

1.2 Harvanjärven valuma-alueen geologia

Harvanjärven valuma-alueen maaperää on kuvattu Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartoissa lehti 3341 09 Sonkajärvi 1:20 000 (Saarelainen & Leino 2002) ja 3341 Iisalmen kartta-alueen maaperä 1:100 000 (Kukkonen & Sahala, 1988). Sonkajärven osalta karttalehti 3341 09 (Saarelainen & Leino 2002) on tarkempi, mutta kuvaa Harvanjärven valuma-alueesta vain alueen pohjoisosan.

Harvanjärven valuma-alueen maaperä on pääasiassa moreenia, joka on tyypiltään joko hienoainesmoreenia (savipitoisuus yli 5 %) tai hiekkamoreenia (savipitoisuus alle 5 %) (kuva 3). Harvanjärven länsipuolella kulkee luode-kaakko suuntainen katkonainen harjujakso kohti Sonkajärven keskustaa. Harju koostuu pääasiassa hiekasta. (Saarelainen & Leino 2002).

Harvanjärven länsipuolella ja osittain myös itäpuolella esiintyy savea, joka on paikoin ohuen hiesukerroksen peittämä. Nykyiset Harvanjärven valuma-alueen peltoalueet sijaitsevatkin melko tarkasti hienoainespitoisilla alueilla. Tärkein pohjaveden muodostumisalue Harvanjärven valuma-alueella on Harvankylän karkearakeisempaa maa-ainesta sisältävä harjujakso. Kartta-alueen hienoainespitoiset moreenikerrostumat ovat tiiveytensä takia huonosti vettä johtavia. Hiekkamoreenialueilla pohjaveden virtaus ja muodostuminen on hienoainesmoreeneita runsaampaa. Harvankylän, Sonkajärven kirkonkylän ja Iso-Kangaslammen länsipuolella sijaitsevan Sikomäen harjuissa muodostuu pohjavettä yhteensä 1200 m³ vrk⁻¹. (Saarelainen & Leino 2002).

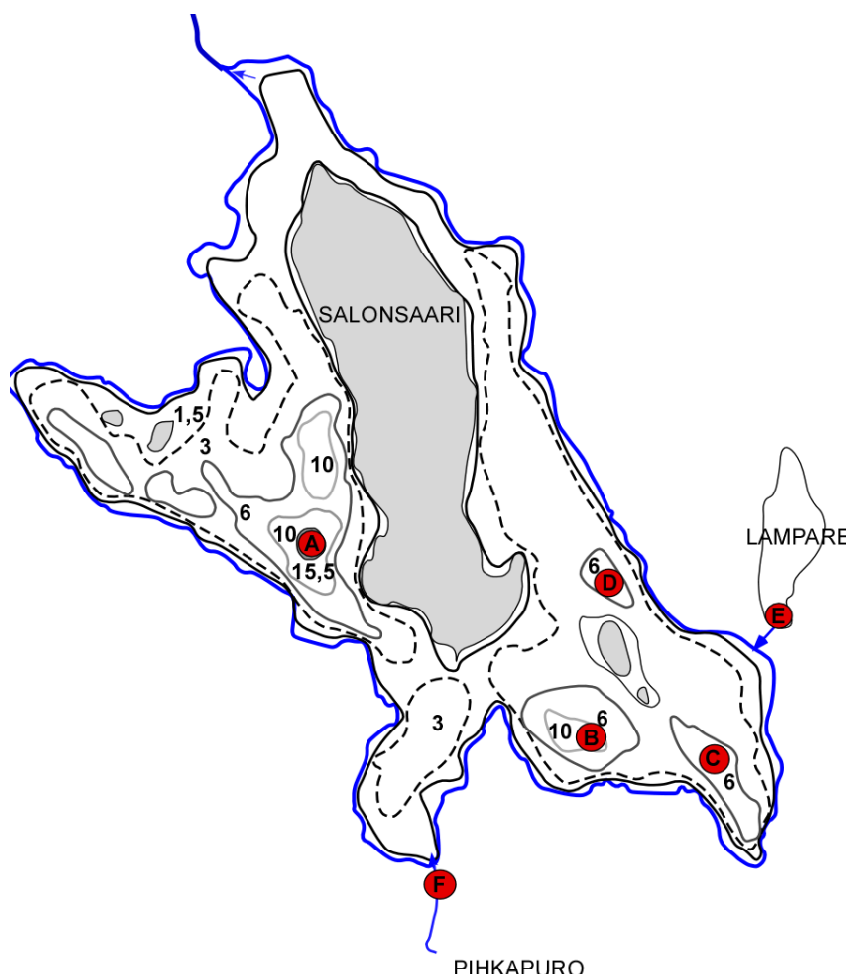


Kuva 3. Harvanjärven valuma-alue, maaperäkartta. Pohjakartta © Maanmittauslaitos lupanumero PSAVO/107/2006. Maaperäkartta 3341 Iisalmi 1:100 000, Geologian tutkimuskeskus (Kukkonen ja Sahala 1998).

1.3 Analyysit ja aineisto

Vuoden 2006 kevään ja kesän aikana Harvanjärvellä otettiin vesinäytteitä neljästä eri syvännepisteestä. (näytepisteet (kuva 4): A. Harvanjärvi 083 (Kellolahti), B. Kylmäkorpi, C. Palosenlahti ja D. Lempinen). Lisäksi Harvanjärvellä mitattiin syvänealueella tapahtuvaa sedimentaationopeutta (näytepiste Harvanjärvi 083). Harvanjärveen laskevista Lampareen lammesta (E.) ja Pihkapurosta (F.) otettiin vesinäytteitä valuma-alueelta tulevan kuormituksen selvittämiseksi. Lisäksi kartoitettiin järviin laskevien ojien ja rantapeltojen eroosiokohdat ns. valuma-alueetarkastelun yhteydessä. Kesällä 2006 kartoitettiin Harvanjärven vesikasvillisuus, pohjasedimentin alueellinen laatu ja kalaston koostumus.

Suunnitelman laadintaan liittyneet kenttätöyt tekivät Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd (sedimenttikartoitus ja valuma-alueetarkastelu), Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy (kasvillisuuskartoitus), Lapin Vesitutkimus Oy (vesinäytteet), Lauri Kurtelius (purovesinäytteet) ja Aapo Kumpulainen (koekalastus). Vesi- ja sedimentinäytteet analysoitiin Lapin Vesitutkimus Oy:n laboratoriossa (vesinäytteet liite 2). Sedimenttinäytteet analysoitiin Kuopion kaupungin ympäristöterveyslaboratoriossa.



Kuva 4. Harvanjärven (N60 + 104,1) syvyyskäyrät ja näytteenottopisteet (A-D järvipisteet), Lampare E (N60 + 104,3) ja Pihkapuro F.

2. VEDENLAATU

2.1 Vedenlaatu

Suunnitelman lähtöaineistona käytettiin Harvanjärven vesianalyysituloksia vuosilta 1985 – 2006, sekä Harvanjärvestä tehtyä esiselvitystä (Koski-Vähälä 2006). Ympäristöhallinnon Hertta-tietokannassa oli kesäaikaisia analyysituloksia vuosilta 2002 ja 2005. Talviaikaisia tuloksia on vuosilta 1985, 1998, 2002 ja 2006. Kesäaikaisia tuloksia tarkennettiin kevään ja kesän 2006 aikana tehtyjen mittausten avulla.

2.1.1 Lämpötila, happi- ja kokonaisfosforipitoisuus

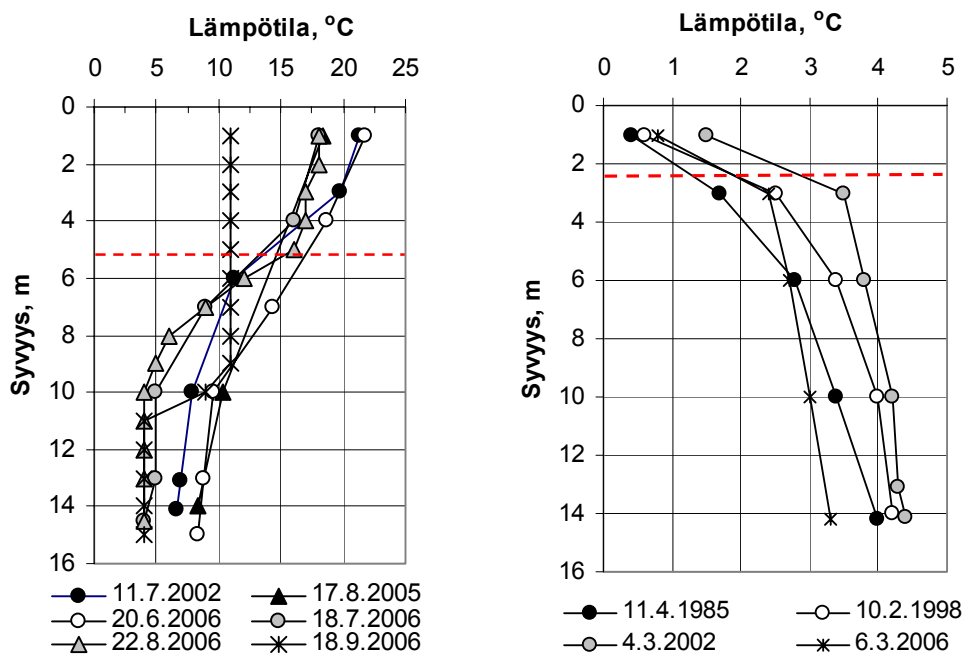
Harvanjärvi kerrostuu kesäisin, harppauskerroksen ollessa 4 - 5 metrin syvyydessä (kuva 5) ja talvella on 2 - 3 metrin syvyydessä. Ympäristöhallinnon Hertta-tietokannan analyysitulosten ja kesän 2006 aikana otettujen lisäanalyysien perusteella Harvanjärven syvänealueita vaivaa loppupalven ja loppukesän aikainen hapen vähyys (kuva 6).

Harvanjärven näytepisteellä 083 (Kellolahden syväne) kesäaikainen pohjanläheisen veden happipitoisuus on 2000-luvun tulosten perusteella alle 1 mg l^{-1} jo kesäkuun lopulla (kuva 6), pitoisuuden vaihdellessa välillä $0\text{--}0,5 \text{ mg l}^{-1}$. Kesällä vesimassan alimmat 5 metriä (10- 15 m) ovat lähes hapettomassa tilassa. Hapen vähyys pohjanläheisessä vedessä johtaa ravinteiden vapautumiseen pohjasedimentistä, eli sisäiseen kuormitukseen. Kesän 2006 näytteenoton yhteydessä pohjanläheisen veden happiongelmia havaittiin myös tarkastelupisteissä Kylmäkorpi, Lampinen ja Palosenlahti. Esimerkiksi Kylmäkorven syvänteellä pohjanläheisen veden happipitoisuus vaihteli kesä-elokuussa välillä $0 - 0,7 \text{ mg l}^{-1}$ (kuva 7).

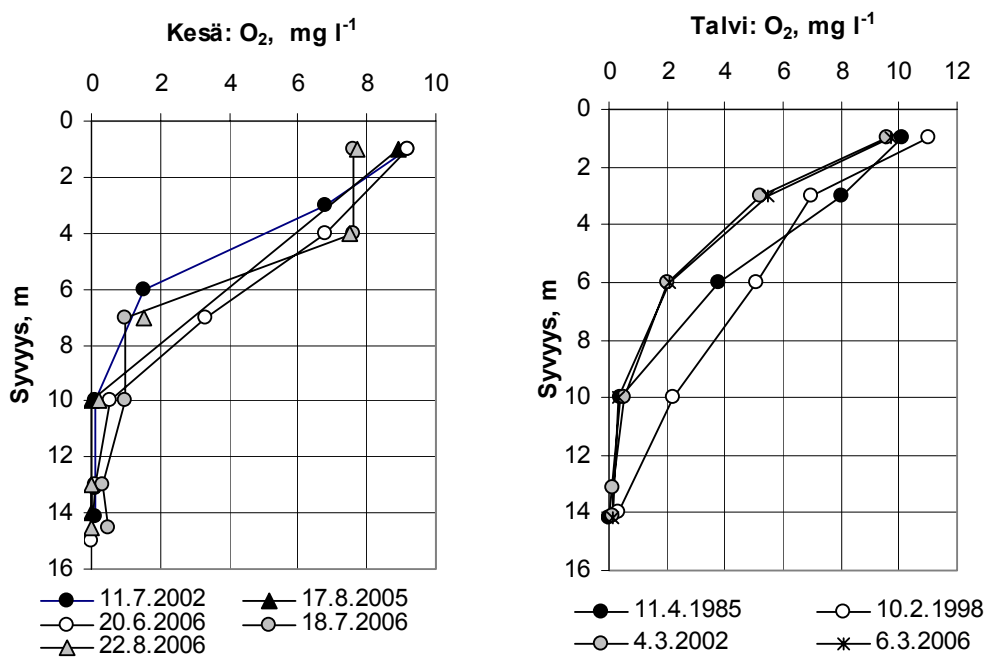
Talviaikaista Harvanjärven pohjanläheisen veden happipitoisuutta on mitattu vain neljänä vuotena. Tulosten mukaan pohjanläheiseen veteen liuennut happi loppuu jo helmikuun alkupuolella (kuva 8). Talviaikaista kalakuolemien vaaraa Harvanjärvellä ei kuitenkaan ole, sillä hapettomuus koskee vain alusvettä. Talvella vähähappisen ($0,3 - 0,5 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$) veden kerros alkaa noin kymmenestä metristä. Täysin hapetonta vettä esiintyy talvisin pohjanläheisessä vedessä (p - 1 m).

Harvanjärven pohjanläheisen veden hapenkulumisnopeutta on vaikea arvioida tarkasti analyysitulosten vähyiden takia. Harvanjärven pohjanläheisen veden hapenkulumisnopeudeksi voidaan kuitenkin arvioida mitattujen happipitoisuuksien perusteella kesällä $0,28 \text{ mg l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ja talvella $0,09 \text{ mg l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (kuva 8). Hapenkulumisnopeus laskettiin tietyllä aikavälillä havaitun happipitoisuuden muutoksen perusteella (kuva 8).

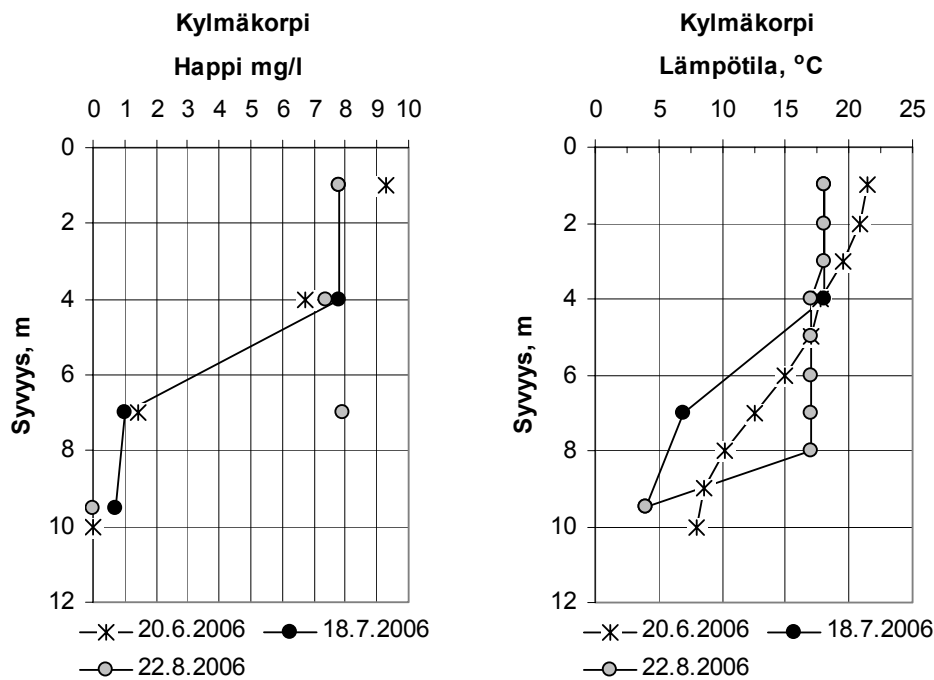
Harvanjärvi voidaan luokitella kesäaikaisen päällysveden (1 m) kokonaisfosforipitoisuuden perusteella reheväksi. Vuosina 2002 ja 2005 - 2006 Harvanjärven (näytepiste 083) kesäaikainen päällysveden kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo on ollut $32 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ (vaihteluväli $27 - 41 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$), ja pohjanläheisen veden $36 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ($26 - 42 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$). Syyskierron aikaan (vuonna 2006), veden ollessa tasalämpöistä, Harvanjärven päällysveden fosforipitoisuus oli $26 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja pohjanläheisen veden $34 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$. Talvella päällysveden kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo on ollut tutkittuina vuosina $14 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ja pohjanläheisen veden $116,5 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ ($35 - 330 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$).



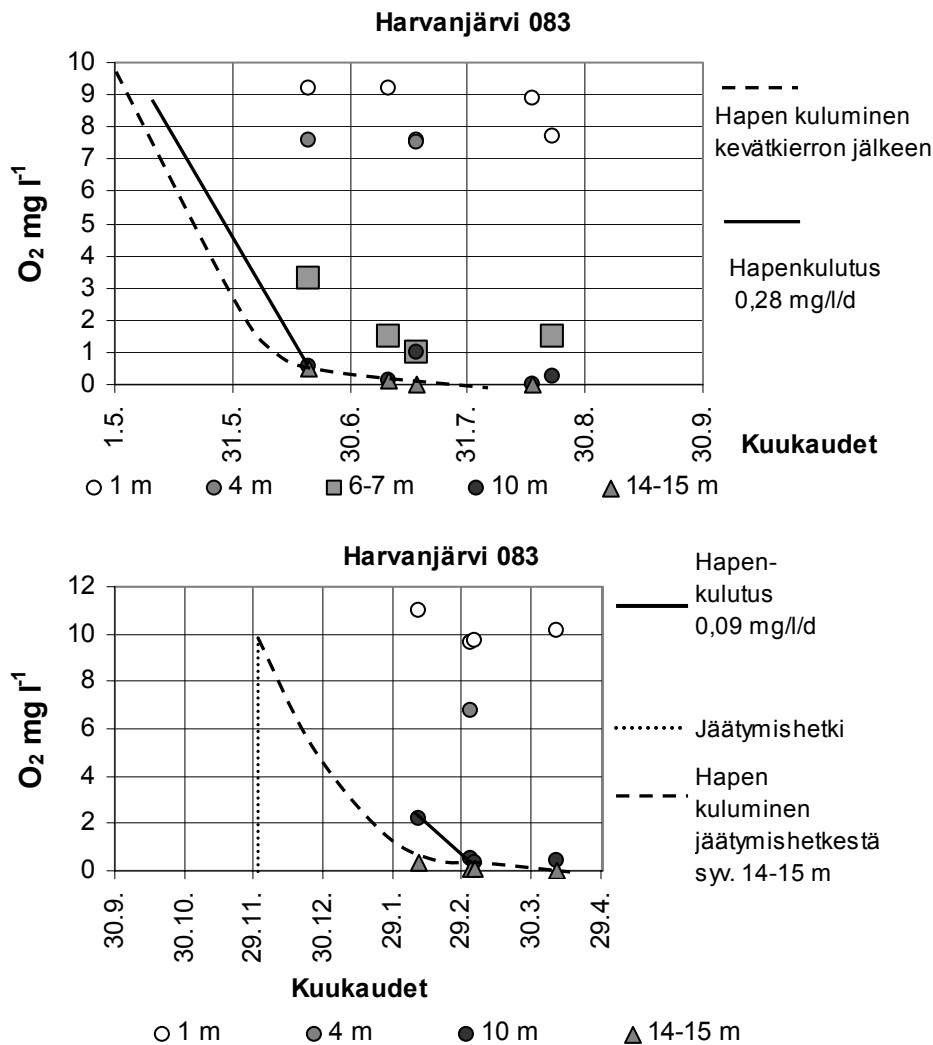
Kuva 5. Havaintopiste Harvanjärvi 083 (Kellolahti): veden lämpötila.



Kuva 6. Havaintopiste Harvanjärvi 083: veden happipitoisuus.



Kuva 7. Havaintopiste Kylmäkorven syvälle: kesäaikainen veden happipitoisuus ja lämpötila.



Kuva 8. Havaintopiste Harvanjärvi 083: pohjanläheisen veden hapenkulutus.

2.1.2 Klorofylli-a ja veden pH

Harvanjärven vedenlaatu voidaan luokitella kesäaikaisen päänlyysveden (0 - 2 m) klorofylli-a -pitoisuuden perusteella reheväksi. Ajoittain päänlyysveden pitoisuudet nousevat elokuussa jopa ylirehevän järven tasolle (mm. 17.8.2005, 72 µg l⁻¹). Järvi voidaan luokitella reheväksi, kun veden klorofylli-a pitoisuus on 10 - 20 µg l⁻¹ ja erittäin reheväksi kun pitoisuus on 20 - 50 µg l⁻¹. Klorofylli-a näytteitä on otettu Harvanjärvellä aiempina vuosina vain kerran kesässä ja ainoastaan vuosina 2002 ja 2005. Vuosien 2002, 2005 ja 2006 päänlyysveden klorofylli-a:n kesäaikainen pitoisuuden keskiarvo on 24 µg l⁻¹. Vuonna 2006 päänlyysveden klorofyllipitoisuus oli keskimäärin 13,55 µg l⁻¹ (8,2 – 18 µg l⁻¹).

Kesäaikaista päänlyysveden pH:ta on mitattu vuosina 2002 ja 2006. Päänlyysveden heinäkuun aikainen pH oli vuoden 2002 heinäkuussa 7,3. Vuonna 2006 heinä- elokuun aikainen päänlyysveden pH:n keskiarvo oli 7,1 (7 - 7,3). Talvella päänlyysveden pH: keskiarvo on 6,7.

Lapin Vesitutkimus Oy teki kesän 2006 aikana neljä suppeaa levämääritystä Harvanjärven vesinäytteistä. Tulosten perusteella Harvanjärvellä esiintyi kesällä 2006 vain vähän sinilevää. Myös ranta-asukkaiden havaintojen mukaan järvellä ei ollut silmin nähtäviä sinileväkukintoja kesän 2006 aikana. Levämäärityksessä havaitut levälajit ja suvut edustavat eutrofisissa olosuhteissa eläviä leviä.

Taulukko 4. Harvanjärven levämääritystulokset.

	20.6.2006	18.7.2006	22.8.2006	18.9.2006
Piilevä	<i>Synedra berolinensis</i> (vähän)	<i>Asterionella</i> , <i>Melosira</i> , <i>Synedra</i> (vähän)	<i>Melosira granulata</i> , <i>Asterionella formosa</i> (vähän)	<i>Melosira islandica</i>
Kultalevä	<i>Dinobryon</i> (vähäisiä määriä)			
Sinilevä	<i>Anabaena spiroides</i> (yksittäinen)	<i>Microcystis</i> (vähän)	<i>Microcystis</i> suvun <i>Aphanothece elabens</i> (vähän)	<i>Chriococcus minutus</i> , <i>Lyngbya chlorospora</i> , <i>Microcystis</i>
Muut havainnot	Ei esiintynyt silmin nähtävästi mitään levää	Lajit edustavat eutrofisia olosuhteita		Havaitut lajit ja suvut ovat tyypillisiä eutrofisille vesille

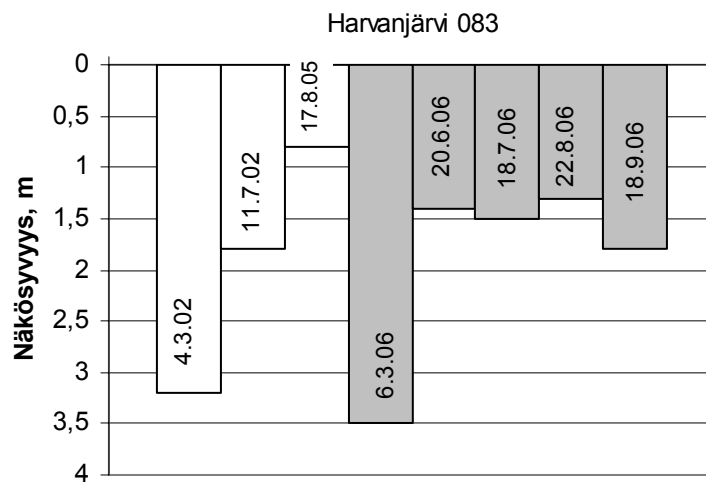
2.1.3 Näkösyvyys, veden väriluku ja sameus

Harvanjärven kesäaikaista näkösyvyyttä on mitattu vuosina 2002, 2005 ja 2006 (kuva 9). Vuoden 2002 heinäkuussa näkösyvyys oli 1,8 m, vuoden 2005 elokuussa 0,8 m ja vuoden 2006 kesällä (kesä-, syyskuu) keskimäärin 1,52 m (1,3- 1,8 m). Näkösyvyys oli alhaisimmillaan elokuussa. Kesäaikainen näkösyvyyden pieneneminen johtuu osittain leväsammennuksesta, sekä matalampien alueiden pohjansedimentin sekoittumisesta vesimassaan tuulen ja aallokon vaikutuksesta, ns. resuspensio. Talvella Harvanjärven näkösyvyys on huomattavasti suurempi kuin kesällä, keskimäärin 3,4 m.

Harvanjärven veden värilukua on mitattu vuosina 2002, 2005 ja 2006. Päänlyysveden väriluku oli 11.7.2002 40 mg Pt l⁻¹ ja vuoden 2005 elokuussa 30 mg Pt l⁻¹. Vuoden 2006 kesäaikainen veden väriluku oli keskimäärin 34 mg Pt l⁻¹. Pohjanläheisen veden väriluku on ollut keskimäärin 166 mg Pt l⁻¹ (100 – 280 mg Pt l⁻¹). Päänlyysveden kesäaikaiset väriluvut

ilmaisevat lievää humusleimaisuutta. Pohjanläheisen veden väriluvun kolminkertaistuminen päällysveteen verrattuna kertoo pohjanläheisen veden hapettomuudesta ja raudan, sekä muiden hapettomissa olosuhteissa pelkistyvien aineiden (mm. mangaani, Mn) liukenemisesta veteen. Harvanjärvellä ei ole mitattu pohjanläheisen veden rautapitoisuutta.

Harvanjärven veden sameutta on mitattu vain muutaman kerran. Maaliskuussa 2002 Harvanjärven päällysveden sameusluku oli 0,35 FTU ja pohjanläheisen veden 7,7. Heinäkuussa 2002 päällysveden sameusluku oli 4,2 ja pohjanläheisen veden 3,5. Kirkkaan veden sameus on pienempi kuin 1, lievästi samean veden sameus taas 1-5. Tuolloin sameus ei kuitenkaan ole vielä selvästi silminnähtävää. Arvot 1-5 ovat tyypillisiä lievästi reheville vesille. Syvänteiden pohjalla saattaa kirkkaissakin vesissä esiintyä sameuden nousua (sameus 5-10 FTU). Harvanjärven päällysveden kesäaikainen sameus on suurempi kuin talvella leväsamennuksen takia.



Kuva 9. Havaintopiste Harvanjärvi 083: talvi- ja kesäaikainen veden näkösyyvyys.

2.1.4 N/P-suhde

Ainetaselaskelmia tehtäessä minimiravinnekysymys on tärkeä, jotta huomio voitaisiin kiinnittää juuri oikean suureen mittaamiseen ja tarkasteluun. Harvanjärven päällysveden (näytepiste 083) kokonaisravinteiden suhde on vuosien 2002 – 2006 keskiarvona 23 (vaihteluväli 12 - 36). Kokonaisravinteiden suhteen ollessa yli 15, voidaan fosforia pitää minimiravinteena. Typen merkitys kasvaa vasta suhteen laskiessa alle 8 (Forsberg ym. 1978). Harvanjärvi on siis fosforirajoitteinen.

Minimiravinnekysymys vaikuttaa myös järvien sinileväkukintariskiä. Typen ollessa minimiravinteena, sinileväkukintojen riski on todennäköinen. Sinilevät ottavat tarvitsemansa typen veteen liuenneesta ilman molekulaarisesta tyyppistä, kun taas viherlevät pystyvät hyödyntämään vain orgaanisia typen yhdisteitä tai epäorgaanisia typen suoloja. Muille leville käyttökelpoisen typen määrän vähentyessä, sinilevien tuotanto kasvaa.

2.1.5 Bruttosedimentaatio

Harvanjärven sedimentaationopeudet olivat melko pieniä (taulukko 5). Bruttosedimentaationopeudet on puuttuvien kuukausien osalta mallinnettu ulapan fosforipitoisuuden (elokuussa $41 \mu\text{g l}^{-1}$) ja samalla havaitun sedimentaationopeuden ($5,25 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) perusteella kalibroidulla sedimentaatiomallilla. Malli laskee kunkin kuukauden havaittuihin ulapan fosforipitoisuuksiin perustuen kuukausittaiset bruttosedimentaationopeudet. Laskennassa käytettävät sedimentaationopeudet kuvaavat helposti liukenevan käyttökelpoisen fosforin osuutta. Mitatut bruttosedimentaationopeudet sekä mallin avulla lasketut, laskennassa käytetyt bruttosedimentaationopeudet ovat taulukossa 5. Laskennassa käytettyjä sedimentaatioarvoja on korjattu painottamalla havaitut tulokset orgaanisen aineen osuudella.

Laskeutuvan aineksen hiili-tyyppi-suhde oli laskelmien mukaan heinäkuussa noin 19 ja elokuussa 13,6 (hiili on tässä tapauksessa määritetty 50 %:ksi hehikutushäviöstä). C/N-suhteen ollessa <10 aines on tuoretta, vasta äskettäin järvessä tuotettua orgaanista ainesta (planktonia). Elävän solun C/N-suhde on 7,69 (C 100 : N 13 : P 2,8). C/N-suhteen ollessa >20 sedimentoituva aines sisältää humusta, josta typen osuus on vähentynyt. Normaalisti suhde on 12 - 20. Harvanjärven C/N –suhde viittaa laskeutuvan aineksen olleen heinä- ja elokuussa lähes tuoretta. Sedimentaationäytteiden kokonaisravinnesuhde (N/P) oli heinäkuussa 4,5 ja elokuussa 6,6. Elävän solun kokonaisravinnesuhde on 4,6. Sedimentoituvan aineksen orgaaninen osuus on siis pääosin peräisin planktontuotannosta.

Hehkutushäviön mukaan sedimentoituvan aineksen orgaanisen aineksen osuus oli ka. 35 % (heinäkuu 26,7 %, elokuu 39,4 %). Laskeutuvasta aineksesta suuri osa oli siis epäorgaanista mineraaliainesta. Orgaanisen aineksen osuus kasvoi kohti loppukesää.

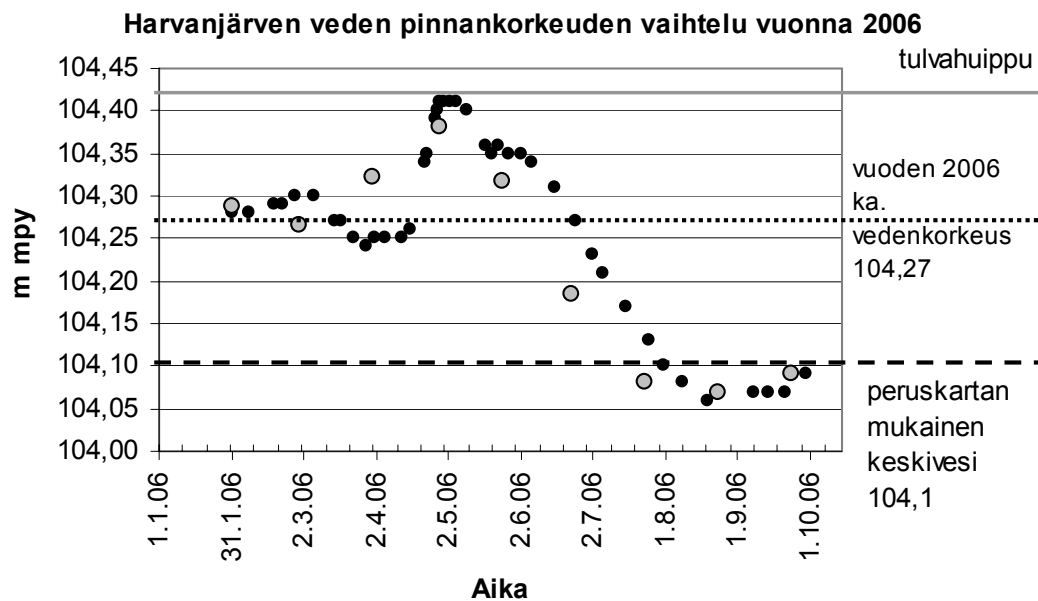
Taulukko 5. Mitatut ja laskennassa käytetyt bruttosedimentaationopeudet $\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ Harvanjärvellä 2005 - 2006.

	Syv. , m	11/05	12/05	1/06	2/06	3/06	4/06	5/06	6/06	7/06	8/06	9/06	10/06
Kahden näytepisteen ka.	10									12,6	13,2	14,2	
Laskenta		0,9	0,45	0,23	0,23	0,23	0,3	3,15	4,8	3,4	5,25	7	1,8

2.2 Veden pinnankorkeuden vaihtelu

Harvanjärven veden pinnankorkeuden vaihtelua tarkkailtiin talven ja kesän 2006 aikana. Pohjois-Savon ympäristökeskus asensi Partalan rantaan pohjapaaluasteikon, josta paikallinen asukas, Mika Kainulainen, kävi lukemassa veden korkeuslukeman. Havainnointi aloitettiin 1.2.2006.

Mittausjakson alussa (helmikuu 2006) veden pinnankorkeus oli 104,28 m, josta se nousi noin pari senttimetriä maaliskuun alkuun (kuva 10). Maaliskuusta lähtien vedenpinta laski aina huhtikuun puoleen väliin (17.4.06, 104,26 m). Korkeimmillaan vedenpinta oli toukokuun alussa (1.-6.5.2006 104,41 m), jonka jälkeen vedenpinta alkoi laskea, ollen alimmillaan elokuun lopulla (20.8.06 104,06 m). Harvanjärven vuoden 2006 yli- ja ali-veden ero oli 35 cm. Vuoden 2006 mittauksen perusteella vuoden 2006 keskimääräinen vedenkorkeus oli 104,27 m. Peruskartan mukainen keskivesi on 104,1m.



Kuva 10. Harvanjärven veden pinnankorkeuden vaihtelu vuonna 2006. Harmailla palloilla on merkitty kuukausien keskimääräinen vedenkorkeus.

3. KUORMITUS JA FOSFORITASEET

Harvanjärveen kohdistuvaa kuormitusta arvioitiin haja-asutuksen aiheuttaman jätevesikuormituksen, maankäytön ja järveen laskevien ojien veden fosforipitoisuuden perusteella. Harvanjärven valuma-alue jakaantuu kuormituslaskelmissa kahteen osaan, lähivaluma-alueeseen ja kaukovaluma-alueisiin (Pihkapuron ja Lampareen valuma-alueet).

Lähivaluma-alueen osalta kuormitus laskettiin ainetaselaskelmassa peltoprosentin ja kuu-kausien keskivaluman perusteella Rekolaisen (1989) malliin perustuen. Lisäksi huomioitiin lähivaluma-alueella sijaitsevien kiinteistöjen arvioitu jätevesikuormitus.

Kaukovaluma-alueilta tuleva kuormitus laskettiin mallinnettujen virtaamien ja ojavesien fosforipitoisuuksien perusteella. Kaukovaluma-alueilta tuleva jätevesikuormitus sisältyy ojavesien mukanaan tuomaan kuormitukseen.

Harvanjärveen kohdistuvaa kuormitusta arvioitiin lisäksi valuma-alueen maankäyttömuotoihin perustuvan ominaiskuormituslaskelman avulla. Ominaiskuormituslaskelmien avulla saatiin kuva Lampareen merkityksestä Lampareen kaukovaluma-alueelta tulevien ravinteiden pidättäjänä (retentio).

3.1 Ulkoinen kuormitus

3.1.1 Haja-asutuksen aiheuttama kuormitus

Harvanjärven valuma-alueen haja-asutuksen (vakituinen ja vapaa-ajan asutus) jätevesistä aiheutuvaa kuormitusta selvitettiin Ylä-Savon Terveys- ja ympäristökeskuksen toimesta (Siponen 2006). Tutkimuksessa selvitettiin tämänhetkistä kuormitusta sekä verrattiin sitä Valtioneuvoston asetuksen (542/2003) mukaiset puhdistusvaatimukset täyttävien järjestelmien tasoon.

Kuormitusselvitys toteutettiin keräämällä tietoa kiinteistön omistajien palauttamista jätevesijärjestelmien selvityslomakkeista. Joidenkin kiinteistöiden tiedot selvitettiin puhelinhaastattelun avulla. Selvityksen palauttaneita tai puhelinhaastatteluun osallistuneita vakituisesti asuttuja kiinteistöjä oli valuma-alueella 30 (yht. 69 asukasta). 16 kiinteistön omistajaa ei tavoitettu (yht. 32 asukasta). Vapaa-ajan kiinteistöjen osalta tiedot jätevesien käsittelyjärjestelmistä saatiin 18 kiinteistöltä (yht. 61 asukasta). Vapaa-ajan asutuksessa olevien 7 kiinteistön omistajaa ei tavoitettu (yht. 14 asukasta). Harvanjärven valuma-alueella sijaitsevista kiinteistöistä suurin osa sijaitsee Harvanjärven lähivaluma-alueella (94 asukasta). Lampareen kaukovaluma-alueella sijaitsee kolme kiinteistöä (7 asukasta).

Selvityksen mukaan suurimmassa osassa Harvanjärven vakituisesti asutuissa kiinteistöissä jätevedet imeytetään sakokaivojen jälkeen maahan. Myös jätevesien johtaminen sakokaivosta avo-ojaan oli tyypillistä. Loma-asutuksen osalta käytössä olleita jätevesijärjestelmiä olivat vesikäymälä (2 kiinteistöä, yht. 7 asukasta) ja lopuissa kuivakäymälä tai kompostoiva käymälä. (Siponen 2006).

Selvityksessä kävi ilmi, että tällä hetkellä valtaosalla kiinteistöistä jätevedenkäsittelylaitteisto vaatisi tehostamista koska laitteet ovat vanhoja, toimimattomia ja puhdistusteholtaan

riittämättömiä. (Siponen 2006). Taulukossa 6 on esitetty eri jätevesijärjestelmillä saavutettava kuormituksen vähenemä ja puhdistetun jäteveden laatu. Taulukossa 7 on esitetty Harvanjärven valuma-alueen vakituisen asutuksen jätevesistä aiheutuva fosforikuormitus vuonna 2006 (228 g d^{-1}), puhdistuksen jälkeen jäljelle jäävä kuormitus (126 g d^{-1}) ja Valtioneuvoston asetuksen (542/2003) mukaiset puhdistusvaatimukset täyttävän puhdistetun jäteveden kuormitus (32 g d^{-1}). Taulukossa 8 on esitetty Harvanjärven vapaa-ajan asutuksesta aiheutuvan hajakuormituksen määrä.

Harvanjärven valuma-alueen vakituisesti asutuissa kiinteistöissä asuu hajakuormitusselvityksen mukaan yhteensä 101 henkilöä, joiden aiheuttama orgaaninen kiintoainekuormitus on 515 kg vuodessa, fosforikuormitus 46 kg a^{-1} ja typpekuormitus 408 kg a^{-1} . Vapaa-ajan asutuksesta Harvanjärveen kohdistuva kuormitus on orgaanisen kiintoaineen osalta 54 kg a^{-1} , fosforin osalta $1,5 \text{ kg a}^{-1}$ ja typen osalta 4 kg a^{-1} .

Taulukko 6. Eri jätevesijärjestelmillä saatava kuormituksen vähenemä (%) ja puhdistetun jäteveden laatu (g/hlö/d) (Siponen 2006).

	Tulevan jäteveden laatu			Reduktio			Lähtevän jäteveden laatu		
	BOD ₇ g/hlö/d	P g/hlö/d	N g/hlö/d	BOD ₇ (%)	P (%)	N (%)	BOD ₇ g/hlö/d	P g/hlö/d	N g/hlö/d
Umpisäiliö	50	2,2	14	100	100	100	0	0	0
Imeytys maahan	50	2,2	14	90	50	20	5	1	11
Pienpuhdistamo (ei fosforin saostusta)	50	2,2	14	60	48	21	20	1	11
Avo-oja	50	2,2	14	10	10	10	45	2	13
Salaoja	50	2,2	14	10	10	10	45	2	13

Taulukko 7. A: Harvanjärven valuma-alueen vakituisen asutuksen jätevesistä aiheutuva fosforikuormitus vuonna 2006. **B:** Kuormitus jätevesien käsittelyn jälkeen. **C:** Kuormitus tilanteessa, jos järjestelmät täyttäisivät Valtioneuvoston asetuksen (542/2003) puhdistusvaatimukset (Siponen 2006).

VAKITUINEN ASUKAS		A: Tuleva kuormitus			B: Lähtevä kuormitus			C: Käsittely-vaatimuksen mukainen kuormitus		
Käsittely-järjestelmä	Asukkaita	BOD ₇ g/d	P g/d	N g/d	BOD ₇ g/d	P g/d	N g/d	BOD ₇ g/d	P g/d	N g/d
Umpisäiliö	6	300	13	84	0	0	0	0	0	0
Umpisäiliö + imeytys maahan	4	120	2	4	12	1	3	1	0	2
Imeytys maahan	39	1950	86	546	195	43	437	195	13	328
Pienpuhdistamo	5	250	11	70	100	6	55	25	2	42
Avo-oja	18	900	40	252	810	36	227	90	6	151
Salaoja	3	150	7	42	135	6	38	15	1	25
Muut	32	1600	70	448	160	35	358	160	11	269
Yht. g/d	101	5 270	229	1 446	1 412	127	1 118	486	33	817
Yht. kg/a		1 924	84	528	515	46	408	177	12	298

Taulukko 8. A: Vapaa-ajan asutuksen kuormituksen ominaiskertoimet. **B:** Harvanjärven valuma-alueen vapaa-ajan kiinteistöjen aiheuttama vuosittainen fosforikuormitus.

VAPAA-AJAN ASUTUS	A: Ominaiskertoimet			B: Vapaa-ajan asutuksesta tuleva kuormitus		
	BOD ₇ (kg/hlö/a)	P (kg/hlö/a)	N (kg/hlö/a)	BOD ₇	P	N
Asukkaita						
75	0,72	0,02	0,05			
g/d				148	4	10
kg/a				54	1,5	4

3.1.2 Ominaiskuormitus

Harvanjärveen kohdistuvaa ulkoisen kuormituksen määrää arvioitiin valuma-alueen maankäyttömuotojen perusteella ominaiskuormitusarvojen avulla (taulukko 9). Laskelmassa huomioitiin myös valuma-alueen haja-asutuksen kuormitus (taulukko 9). Kuormitusta tarkennettiin huomioimalla Lampareeseen pidättyvä ravinteiden määrä (taulukko 10). Retentio, eli järivialtaaseen pidättyvä fosforimäärä laskettiin seuraavasti:

$$R \text{ (kg a}^{-1}\text{)} = K \text{ (kg a}^{-1}\text{)} - ((Q \text{ (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)} * \text{Kok-P (}\mu\text{g l}^{-1}\text{)} * 0,0864) * 365)$$

$$R = \text{retentio (kg a}^{-1}\text{)}$$

$$K = \text{ominaiskuormitus (kg a}^{-1}\text{)} + \text{ylemmästä vesistöstä tuleva fosfori (kg a}^{-1}\text{)}$$

$$Q = \text{virtaama (m}^3 \text{ s}^{-1}\text{)}$$

Virtaama-arvoina käytettiin Matkusjoen alaosan (04.582) vuoden 2005 keskiarvovirtaamia. Virtaamat ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$) laskettiin erikseen Harvanjärvelle ja Lampareelle valunnan (mm d^{-1}) ja valuma-alueen pinta-alan tulona. Veden fosforipitoisuutena käytettiin Harvanjärven keskiarvoista päällysveden fosforipitoisuutta ja Lampareen osalta Lampareesta vuonna 2006 mitattuja pitoisuuksia. Eri maankäyttömuotojen osuudet valuma-alueen pinta-alasta määritettiin peruskartan avulla.

Harvanjärven valuma-alueen haja-asutuksen kokonaiskuormituksesta ($47,5 \text{ kg a}^{-1}$) $45,6 \text{ kg a}^{-1}$ tulee lähivaluma-alueelta tuleva ja $1,89 \text{ kg a}^{-1}$ Lampareen alueelta. Kuormituksen jakautuminen on laskettu siten, että kiinteistöistä 68 kpl (sis. vakituinen asutus ja vapaa-ajan asutus) sijaitsee lähivaluma-alueella ja 3 Lampareen valuma-alueella. Asukkaista 169 asuu lähivaluma-alueella ja 7 Lampareen valuma-alueella. Jakamalla vuosittainen haja-asutuksesta puhdistukseen jälkeen syntyvä $47,5 \text{ kg}$ fosforikuorma kokonaisasukasmäärällä, saatiin kuormitusluvuksi asukasta kohden $0,27 \text{ kg a}^{-1}$.

Retentiolaskelmien perusteella Lampare toimii hyvänä Lampareen valuma-alueelta tulevien ravinteiden sitojana. Lampareeseen tulevasta ominaiskuormituksen perusteella laskettua fosforikuormituksesta 59 % pidättyy Lampareeseen.

Taulukko 9. Harvanjärven valuma-alueelta tulevan maankäyttöön perustuva ominaiskuormitus (pelto 110 kg km⁻²a⁻¹, metsät ja suot 9 kg km⁻²a⁻¹)

Valuma-alue	Valuma-alue	Pelto	Metsä	Suo	Kuormitus, fosfori kg/a	Haja-asutus
lähivaluma-alue, km²	4,87	0,6	4	0,3		
kuormitus kg a ⁻¹		66	36	3	105	46
Pihkapuron valuma-alue, km²	1,14	0,02	0,96	0,16		
kuormitus kg a ⁻¹		2	9	1	12	0
Lampareen valuma-alue, km²	1,27	0,32	0,95	0,002		
kuormitus kg a ⁻¹		35	9	0	44	2
Yhteensä kg a⁻¹:		103	54	4	161	48

Taulukko 10. Harvanjärveen tuleva fosforikuormitus huomioiden Lampareen aiheuttama retentio (R). Harvanjärveen kohdistuva kuormitus koostuu lähivaluma-alueen ja Pihkapuron maankäyttömuotojen ja haja-asutuksen perusteella lasketusta kuormituksesta. Lisäksi Harvanjärveen kohdistuu Lampareesta retention jälkeen alapuoliselle vesialueelle siirtyvä kuormitus (18,6 kg a⁻¹).

	Järveen tuleva kuormitus,	C _{hav} Kok-P, µg/l	Luusuan kautta poistuva vesimäärä ka. 1.9.2005-30.8.2006 m ³ /s	Alapuoli-seen järveen siirtyvä P, kg/d	Alap. järveen siirtyvä P, kg/a	Retentio (R), P kg/a	R, %
	P kg/a	µg/l	m ³ /s	kg/d	kg/a	kg/a	%
Lampare	46	100	0,0059	0,05	18,6	27,2	59,3
Harvanjärvi	182	32	0,032	0,09	32,3	149,3	82,2

3.2 Fosforitaseet

Harvanjärven ainetaselaskelmat tehtiin VE-Limno ohjelman avulla. Ainetaselaskelmat tehtiin fosforille, joka on Harvanjärven minimiravinne. Laskennan pohjana käytettiin hydrologiaan ja ainepitoisuuksiin liittyviä tietoja. Ainepitoisuustietoja saatiin vesinäytteiden avulla, joita otettiin Harvanjärvestä ja järveen laskevista ojista.

Harvanjärveen laskee kaksi puroa, Pihkapuro etelästä ja Lampareen puro järven itäpuolelta. Näytteitä haettiin kevään ja kesän 2006 aikana kuusi kertaa. Lampareen puroon näytteenotto siirrettiin Lampareen lammen puolelle, luusuan läheisyyteen viikolla 15.5.2006 suoritettuna näytteenoton yhteydessä. Näytteenottopaikka siirrettiin Lampareen puolelle, sillä Lampareen purossa liikkuva vesi virtasi tuulen suunnasta riippuen molempiin suuntiin Lampareen ja Harvanjärven välillä. Lampareesta otettu vesi kuvaa paremmin yläpuoliselta valuma-alueelta tulevien ravinteiden vaikutusta Lampareen vedenlaatuun. Lampareesta heinäkuussa otettu vesinäyte kontaminoitui näytteenoton yhteydessä. Heinäkuun näytettä ei siis huomioitu Lampareen osalta. Lampareesta ja Pihkapurosta haettiin näytteet myös lokakuun lopulla, mutta näytteitä ei voitu huomioida ainetaselaskelmissa, sillä vuoden 2006 lokakuulta ei ollut virtaamatietoa.

Virtaamahavaintoaineisto ainetaselaskelmia varten tilattiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) asiantuntijaosaston hydrologeilta ajalta 1.1.2005 – 31.8.2006.

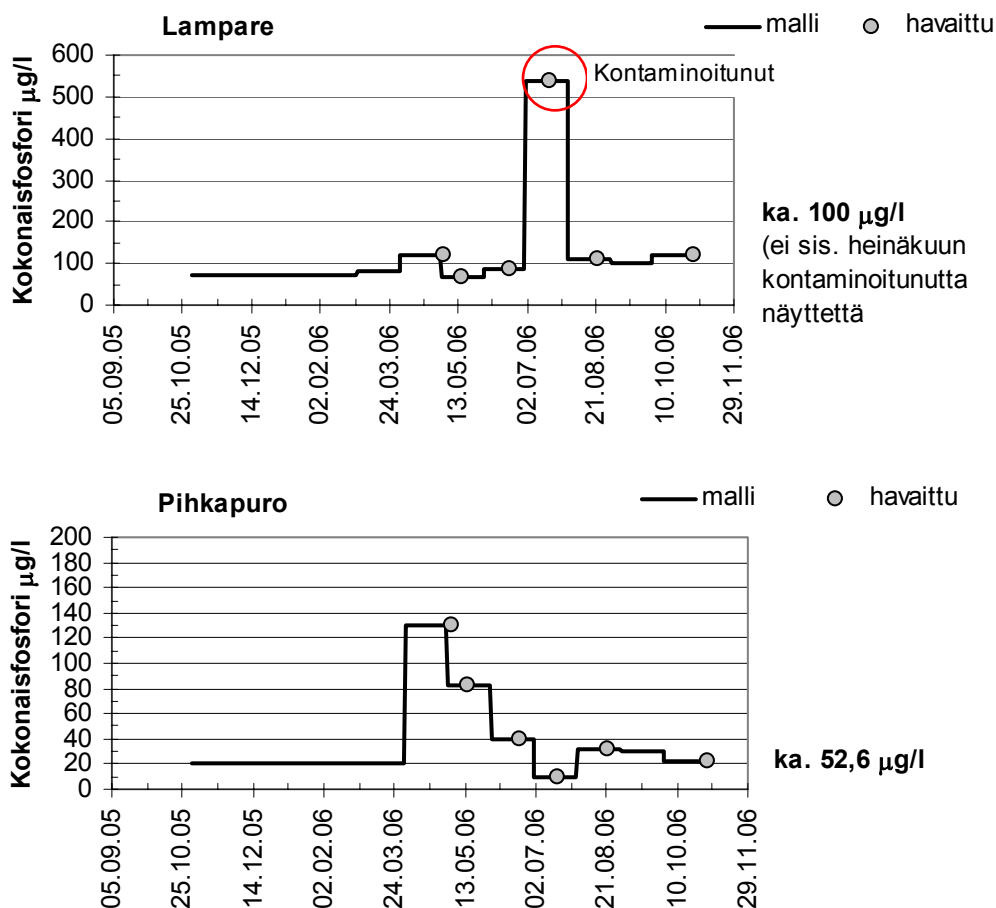
Kaukovaluma-alueiden kuormitus laskettiin virtaaman ja pitoisuuksien tulona:

- Kaukovaluma-alueen fosforin kuukausikohtaisina pitoisuusarvoina käytettiin Harvanjärven laskevista ojista vuonna 2006 havaittuja pitoisuuksia (kuva 11, taulukko 11). Puuttuvilta osin uomakohtainen kuukausikeskiarvo sovitettiin fosforin pitoisuusvaihtelumallien avulla.

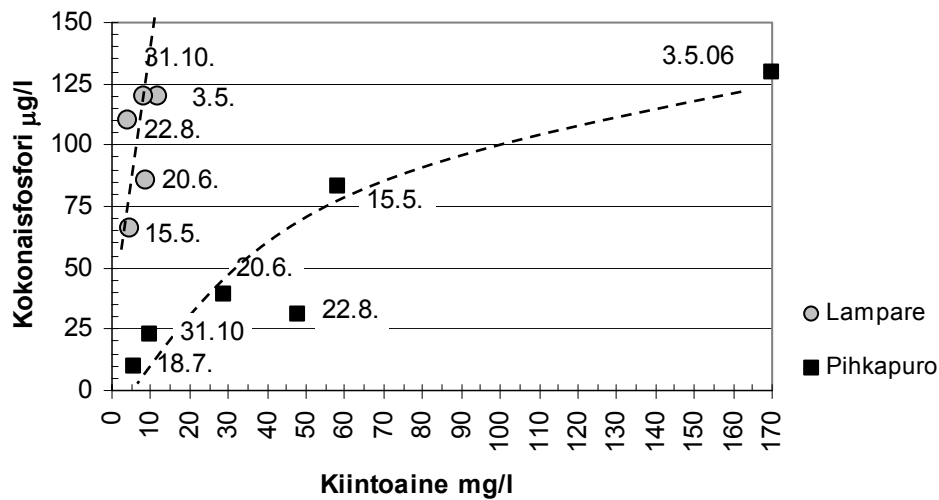
Kuvassa 12 on esitetty kaukovaluma-alueilta tulevien vesien ravinnepitoisuuden riippuvuus kiintoainespitoisuudesta. Vertailun perusteella Pihkapuron kaukovaluma-alueelta tulevien vesien fosforipitoisuus nousee kiintoainespitoisuuden noustessa.

Taulukko 11. Harvanjärven laskevien ojien kokonaisfosforipitoisuudet vuoden 2006 analyysitulosten perusteella.

Oja	Kevät 2006 Kok-P ka. µg/l	Kesä 2006 Kok-P ka. µg/l	Syksy 2006
Pihkapuro	106,5	26,5	23
Lampareen puro / Lampare	93	98	120



Kuva 11. Harvanjärven laskevien ojien havaitut sekä mallituksessa käytetyt kokonaisfosforipitoisuudet. Huom! kuvissa eri y-akselin asteikko. Lokakuun ojavesipitoisuuksia, sekä Lampareen osalta kontaminoituneen näytteen analyysitulosta ei käytetty ainetaselaskelmissa.



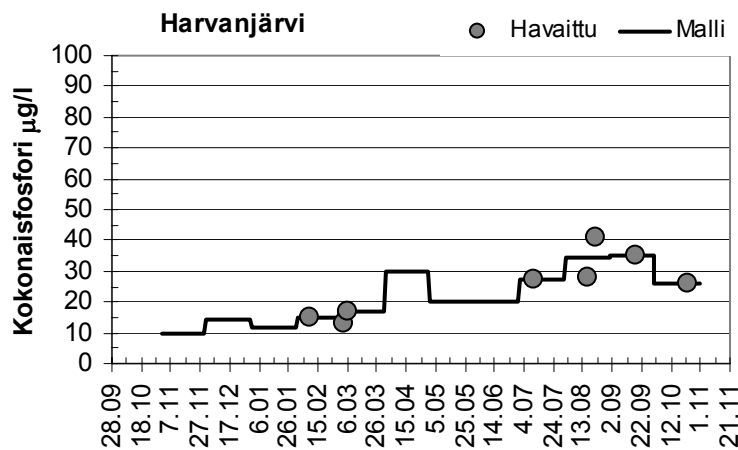
Kuva 12. Harvanjärveen laskevien ojavesien kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuuksien suhde vuoden 2006 analyysitulosten perusteella. Katkoviivoilla on kuvattu veden fosforipitoisuuden riippuvuutta kiintoainepitoisuuteen.

Lähivaluma-alueen kuormitus laskettiin valuman ja pelto-osuuden mukaisen pitoisuuden tulona, johon lisättiin lähivaluma-alueen haja-asutuksen aiheuttama kuormitus:

- Valuman aineistona käytettiin samoja hydrologiatietoja kuin kaukovaluma-alueillakin.
- Lähivaluma-alueelta tuleva ainemäärä arvioitiin Rekolaisen (1989) tutkimusten mukaisesti (kuormitus lisääntyy pelto-osuuden kasvaessa), metsäisen valuma-alueen kuormituksen ollessa $10 \text{ kg km}^{-2} \text{ a}^{-1}$.
- Sadannan havaintoaineistona käytettiin SYKE:n toimittamia sadannan aluearvoja Matkusjoen alaosan alueelle 04.582 ajalta 1.1.2005 – 31.8.2006. Käytetyt virtaamat perustuvat tietokonemallinnukseen, jossa laskentaväli on yksi päivä. Tätä laskentaa varten päivittäisistä havainnoista laskettiin kuukausikeskiarvot.
- Haihdunnan havaintoaineistona käytettiin Maaningan Halolan vuoden 2006 havainnot.
- Ainelaskeuman havaintoaineistona käytettiin Ilomantsin Naarvan vuoden 1990 arvoja.
- Lisäksi lähivaluma-alueen kuormituksessa huomioitiin lähivaluma-alueella sijaitsevien kiinteistöjen aiheuttama hajakuormitus
 - 43 vakituisesti asuttua kiinteistöä, noin 94 asukasta, fosforikuormitus 43 kg a^{-1}
 - 25 vapaa-ajan kiinteistöä, noin 75 asukasta, fosforikuormitus $1,5 \text{ kg a}^{-1}$
 - haja-asutuksen jätevesikuormitus yhteensä $0,12 \text{ kg d}^{-1}$

Ulappapitoisuudet sekä muut lähtötiedot:

- Järven ulappapitoisuuden havaintoaineistona käytettiin Harvanjärven vuoden 2006 vedenlaatuanalyysituloksia. Mittaustulokset sovitettiin ulappapitoisuuden vuoden-aikaisrytmiin (kuva 13).



Kuva 13. Harvanjärven vedenlaatumittauksissa havaitut sekä laskennassa käytetyt kokonaisfosforipitoisuudet.

- Kalastuspaineeksi arvioitiin 7 kg/ha vuodessa.
- Pohjavesien määräksi arvioitiin 5 % lähivaluma-alueelle tulevasta sadannasta.

3.2.1 Fosforitaseiden laskentaperusteita

Ravinnetaseiden peruslähtökohtana on yhtälö, jossa on huomioitu viisi perustekijää. Yhtälö on esitetty mm. Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet -kirjassa (Lappalainen ja Matinvesi 1990), joten tässä esitetään vain laskennan perusperiaatteet. Lisäksi laskentatapaa on esitelty Vesitalous-lehden numeroissa 1-3 vuonna 1999.

Taseyhtälö on:

$$1) \quad UK + SK = LP + BS + dm/dt$$

jossa

UK = ulkoinen kuormitus

SK = sisäinen kuormitus

LP = luusuasta poistuva ainevirta

BS = bruttosedimentaatio

dm/dt = vesimassan ainesisällön muutos

Tällöin sisäinen kuormitus voidaan laskea jäännöstekijänä edellisen perusteella:

$$2) \quad SK = LP + BS + dm/dt - UK$$

Laskenta tehtiin VE-limno -ohjelman avulla, jolloin kukin tekijä on käsitelty yksityiskohdaisesti. Syöttötietojen avulla ohjelma laskee kuukausittaiset arvot ainevirroille, jotka muodostuvat sekä ulkoisista että sisäisistä tekijöistä (liite 3 ja liite 4).

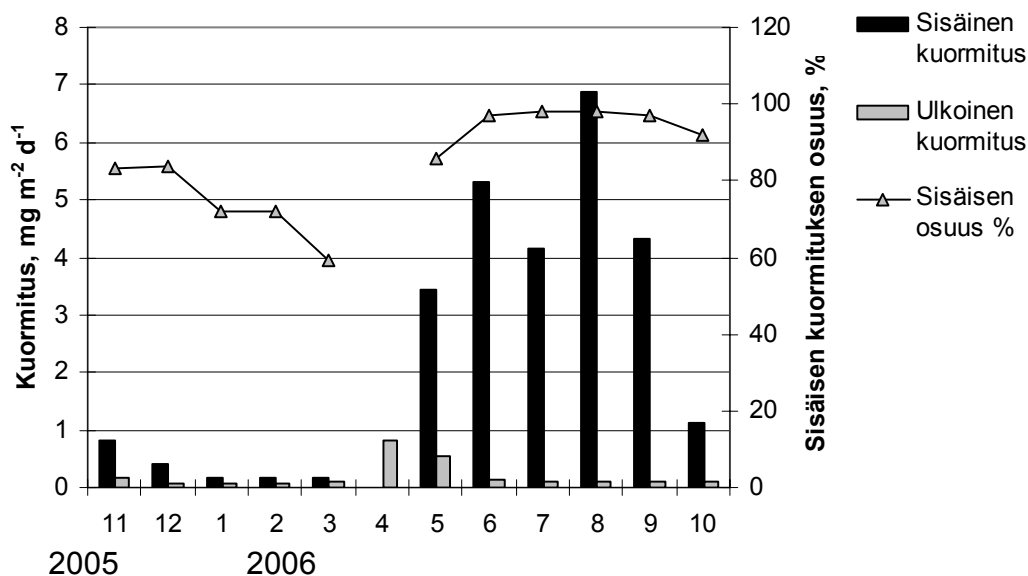
3.2.2 Laskentatulokset

Harvanjärveen ei lasketa jätevesiä, joten fosforikuormitus muodostuu pääasiassa sisäisestä kuormituksesta ja ulkoisesta hajakuormituksesta. Ainetaselaskelmien mukaan Harvanjärven ulkoisen fosforikuormituksen vuosikeskiarvo on 153 kg a^{-1} (kesäaikana $0,38 \text{ kg d}^{-1}$ ja talvella $0,46 \text{ kg d}^{-1}$), josta ihmistoiminnan osuus on 72 %. Sisäisen kuormituksen vuosikeskiarvo on $1\,632 \text{ kg a}^{-1}$ (kesäaikana $8,7 \text{ kg d}^{-1}$ ja talvella $0,24 \text{ kg d}^{-1}$), eli 91 % kokonaiskuormituksen vuosikeskiarvosta ($1\,785 \text{ kg a}^{-1}$).

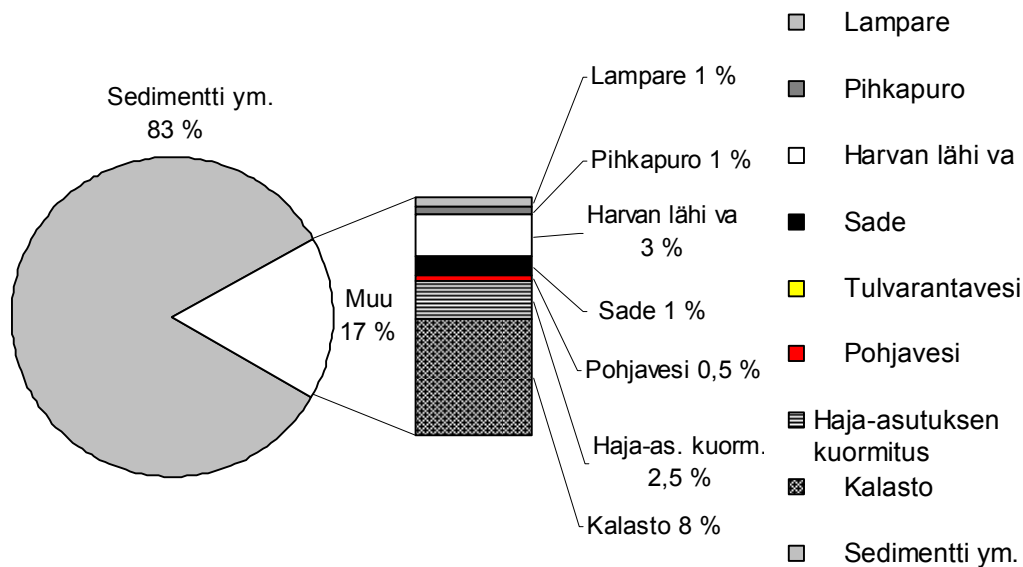
Sisäinen kuormitus johtuu yleensä pohjanläheisen veden happipitoisuuden alenemisesta, jolloin ravinteet pääsevät vapautumaan. Harvanjärvellä kesä- ja talviaikainen syvänealuiden pohjanläheisen veden hapettomuus aiheuttaa ravinteiden vapautumista. Vaikka hapettomien syvänealueiden koko Harvanjärven pinta-alaan ja tilavuuteen verrattuna onkin pieni, on sisäisen kuormituksen kautta vapautuvien ravinteiden määrä kuitenkin merkittävä (kuva 14, kuva 15). Syynä voi olla myös resuspensio, eli sedimentin sekoittuminen veteen, jonka seurauksena ravinteita vapautuu veteen.

Tarkennettuun ainetaselaskelmaan perustuvassa Vollenweiderin (1975) ulkoisen kuormituksen sietorajamallinnuksen perusteella Harvanjärveen nykyisin tuleva ulkoinen kuormitus on järven sietokyvyn kannalta sallitun kuormitusrajan alapuolella (kuva 16). Harvanjärveen tulevan ulkoisen kuormituksen määrä ei siis ainetaselaskelmien perusteella ole liian suurta.

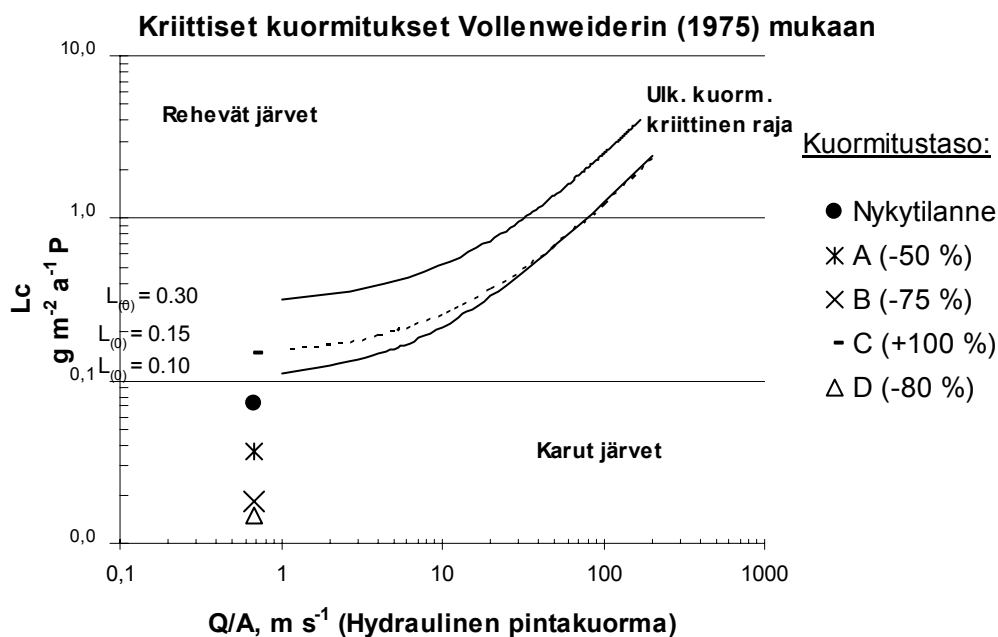
Harvanjärven osavaluma-alueet voidaan asettaa ns. prioriteettijärjestykseen alueelta tulevan kuormituksen perusteella (kuva 17). Laskelmien mukaan Harvanjärven lähivaluma-alueelta tuleva kuormitus on prioriteettijärjestyksessä ensimmäinen, jos valuma-alueella mietitään ulkoisen kuormituksen vähentämistä. Lähivaluma-alueen osalta tulos ei ole yhtä tarkka kuin Lampareen ja Pihkapuron osalta, joissa tulokset perustuvat vuonna 2006 havaittuihin ja mallinnettuihin pitoisuuksiin ja virtaamiin. Lähivaluma-alueen ominaiskuormituslaskelma perustuu Rekolaisen (1989) kuormituksen laskentamalliin. Kuvan 17 vertailun perusteella voidaan myös havaita, että Pihkapuron valuma-alueelta tuleva ominaiskuormitus on lähes yhtä suuri kuin ns. luonnon taustakuormitus.



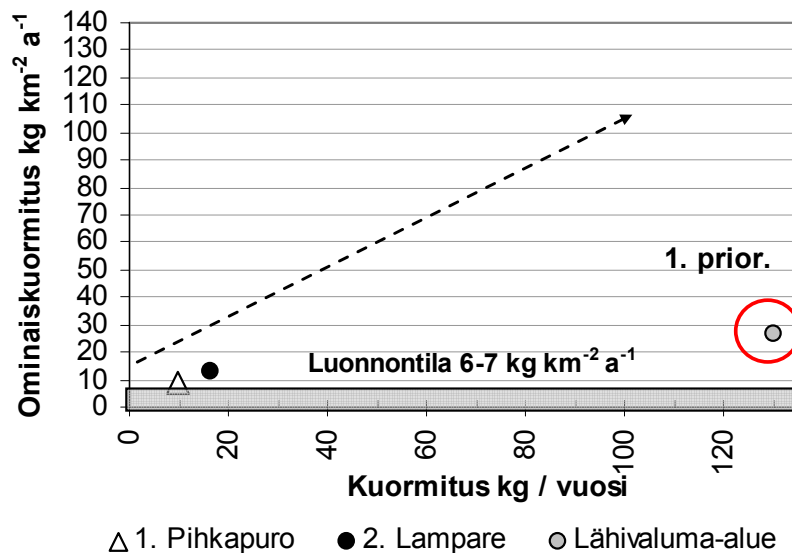
Kuva 14. Harvanjärven fosforitase sisäisen (ml. kalat) ja ulkoisen kuormituksen mukaan jaoteltuna.



Kuva 15. Harvanjärven fosforikuormittajat vuosikeskiarvoina laskettuna. Haja-asutuksen jätevesikuormitus on käsitelty ainetaselaskelmissa pistekuormituksen omaisena kuormituksena.



Kuva 16. Harvanjärveen ainetaselaskelman perusteella kohdistuva ulkoinen kuormitus ja kuormituksen merkitys järven sietokyvyn kannalta. Kuormitustasojen simulointi: Nykytilanne $0,07 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$, A $0,04 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$, B $0,018 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$, C $0,15 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$, D $0,015 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$.



Kuva 17. Eri osavaluma-alueiden kuormitusmerkitys ja priorisointi ulkoisen kuormituksen vähentämistä ajatellen. Osavaluma-alueilta tulevan kuormituksen vertailu luonnon taustahuuhtoumaan.

3.2.3 Johtopäätökset ravinnetaseista

Harvanjärveen tuleva ulkoinen kuormitus alittaa tällä hetkellä ulkoisen kuormituksen alemman sietorajan. Harvanjärveen tuleva ulkoinen kuormitus ei siis aiheuta järvessä rehevyysoongelmia. Vuoden 2006 tilanteeseen perustuvan ainetaselaskelman mukaan **Harvanjärven ulkoisen fosforikuormituksen vuosikeskiarvo on 153 kg a^{-1}** (kesäaikana $0,38 \text{ kg d}^{-1}$ ja talvella $0,46 \text{ kg d}^{-1}$), josta ihmistoiminnan osuus on 72 %. **Sisäisen kuormituksen vuosikeskiarvo on $1\,632 \text{ kg a}^{-1}$** (kesäaikana $8,7 \text{ kg d}^{-1}$ ja talvella $0,24 \text{ kg d}^{-1}$), eli 91 % vuosittaisesta kokonaiskuormituksesta ($1\,785 \text{ kg a}^{-1}$). Talvella sisäisen kuormituksen osuus Harvanjärven talviaikaisesta keskimääräisestä kokonaiskuormituksesta on 34 % ja kesäisin 96 %.

Leville suoraan käyttökelpoisen fosforin määrä voidaan arvioida Ekholmin (1998) väitöskirjatutkimustulosten perusteella. Ekholmin mukaan maataloudesta peräisin olevasta haja-kuormituksen sisältämästä fosforista 28 % on leville potentiaalisesti käyttökelpoista fosforia. Karjatalouden ns. suorissa fosforipäästöissä osuus on todennäköisesti korkeampi. Harvanjärveen kohdistuvasta ulkoisesta kuormituksesta maatalouden osuus on 75 kg a^{-1} (49 %). Ulkoisesta kuormituksesta leville potentiaalisesti käyttökelpoisen fosforin määrä on siis 21 kg a^{-1} .

Ravinnetaselaskelmissa ei ole laskettu leville käyttökelpoisen fosforin osuutta, mutta laskelmia tehdessä on käytetty ns. orgaanisen aineksen osuudella painotettuja sedimentaatio-nopeuksia, jotka kuvaavat liukoisen fosforin osuutta. Sisäisessä kuormituksessa vapautuvasta fosforista leville käyttökelpoista, eli helposti liukenevaa fosforia on lähes kaikki.

Ravinnetasetarkastelun perusteella Harvanjärven kunnostusta suunniteltaessa huomio tulisi ensisijaisesti kiinnittää sisäisen kuormituksen vähentämiseen.

3.2.4 Taselaskelmien virhetarkastelu

Esitettyjen laskelmien tarkkuuteen vaikuttavat useat tekijät. Hydrologiset tiedot ovat hyvin luotettavia, sillä valunta- ja sadantatiedot määritettiin Matkusjoen alaosan alueelta, johon Harvanjärvi kuuluu. Aineistona käytettiin Suomen ympäristökeskuksen laskemia keskiarvoja vuosille 2004 - 2005.

Ulkoisen kuormituksen osalta suurin epävarmuus sisältyy hajakuormituksen määrän arvioimiseen. Rekolaisen (1989) tulokset taustahuuhtoumista ovat jo yli kymmenen vuoden takaa, mutta kuitenkin käyttökelpoisia vielä tällä hetkelläkin. Harvanjärven valuma-alueesta 33 % oli mukana puronäytteissä, joten ominaiskuormitusarvojen perusteella jouduttiin laskemaan lähivaluma-alueen (67 %) kuormitus. Haja-asutuksen osalta kuormitus voitiin arvioida melko tarkasti hajakuormitusselvityksen tulosten perusteella.

Sisäisen kuormituksen arvioimiseen vaikuttaa merkittävästi bruttosedimentaation kenttämittausten onnistuminen, sekä tulosten muuntaminen laskentaa varten. Laskelmissa käytetyt arvot olivat kuitenkin samankaltaisia vastaavissa selvityksissä käytettyjen arvojen kanssa. Laskentatekniikasta johtuen ylisuuret sedimentaationopeudet heijastuvat liian suurina sisäisen kuormituksen arvoina.

3.2.5 Yhteenveto ominaiskuormitus- ja ainetaselaskelmasta ulkoisen kuormituksen osalta

Maankäytön ominaiskuormituksen ja haja-asutuksen kuormituksen perusteella laskettu Harvanjärveen kohdistuva ulkoinen kuormitus oli Lampareen aiheuttaman ravinteiden retentio huomioden 182 kg a^{-1} . Vuoden 2006 tilannetta kuvaavan ainetaselaskelman mukainen ulkoinen kuormitus on 153 kg a^{-1} . Eri laskentatapojen eroja tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon vuoden 2006 hyvin kuiva kesä, jolloin valumat olivat viidesosa ($0,01 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) esimerkiksi vuoden 2005 valunta-arvoista ($0,05 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$). Vollenweiderin kuormitussietorajamallin mukaan kuormituksen vaihdellessa välillä $153 - 182 \text{ kg a}^{-1}$, kuormituksen merkitys järven sietokyvyn kannalta on lähes yhtä suuri, eli alle alemman kuormitussietorajan (ns. sallittu kuormitustaso).

4. VALUMA-ALUETARKASTELU JA SEDIMENTIN LAATU

4.1 Valuma-alueetarkastelu

Harvanjärveen laskevien ojien uomastojen eroosioherkkyyttä ja ojanvarsien maankäyttöä pyrittiin kartoittamaan keväällä 2006 tehdyn maastotarkastelun avulla. Tarkastelulla pyrittiin kartoittamaan kohteet, joissa eroosion estäminen tai suojavyöhykkeiden perustaminen voisi olla tarpeen. Tarkasteluhetkellä Pihkapuron pientareissa oli havaittavissa vesimyyrien aiheuttamia sortumia. Lisäksi ojassa kulkevan veden havaittiin kuljettavan mukanaan huomattavan määrän kiintoainesta (hienoa hiekkaa). Todennäköisesti kiintoaines oli peräisin Pihkapuron moreenivaltaiselta valuma-alueelta.

4.2 Harvanjärven pohjasedimentti

4.2.1 Näytteenotto

Harvanjärven sedimenttinäytteenotto ja kartoitus tehtiin 10.7.2006. Tarkoituksena oli kartoittaa järven pohjasedimentin laadun alueellista vaihtelua, hapettomien pohja-alueiden laajuus sekä ottaa näytteitä laboratorioanalyysyjä varten.

Järvisedimenttikartoitus tehtiin kahdeksasta eri pisteestä eri puolilla järveä. Laboratoriossa analysoitavat sedimenttinäytteet otettiin kartoituspisteistä 5 ja 7 (kuva 18). Näytteet kuvattiin, ja niiden koostumus sekä ulkonäkö pyrittiin kirjaamaan ylös mahdollisimman tarkasti. Kartoitusnäytteet otettiin alipainenäytteenottimella ja laboratorionäytteet viipaloivalla Limnos -näytteenottimella. Laboratorionäytteitä otettiin Harvanjärven näytepisteestä 5 syvyydeltä 0 – 3 cm ja 29 – 31 cm. Pisteestä 7 otettiin laboratorionäytteet syvyydeltä 0 – 3 cm ja 11 – 13 cm. Harvanjärven sedimenttinäytteet analysoitiin Kuopion kaupungin ympäristöterveyslaboratoriossa

4.2.2 Sedimentin ulkonäkö ja sedimentin koostumuksen alueellinen vaihtelu

Harvanjärven pohjasedimentin koostumus oli kaikilla näytepisteillä hyvin samanlainen. Näytteiden pintaosa (ylin n. 20 cm) oli hyvin vesipitoista tummanruskeaa detritusliejua (eloperäistä ainesta). Näytteiden alaosa oli vaalean ruskeaa ja sisälsi raekooltaan hienoa mineraaliainesta (savea, siltiä). Paikoin joukossa oli lisäkomponenttina myös hienoa hiekkaa.

Harvanjärvellä oli havaittavissa, että noin 7 metriä syvemmällä alueilla sedimentin pintaosa oli hapettomissa olosuhteissa kerrostunutta heikkokuntoista sulfidiliejua. 0- 4 metrin syvyyshyöhykkeillä sedimentin pintaosa oli hapellinen (kuva 21).

Kartoituspiste 1, Tulikaarre

Koordinaatit 3529057 I / 7060686 P, vesisyvyys 3,3 m, sedimenttinäytteen paksuus 47 cm. Näytteen ylin 16 cm oli tumman ruskeaa (kuva 19), hyvin vesipitoista ja eloperäistä ainesta sisältävää liejua. Sedimentin pinta oli tarkasteluhetkellä hapellinen. Näytteen ylimmässä 16 cm:ssä oli havaittavissa mustia hippuja, jotka näyttivät sulfidilta. Sulfidin esiintyminen kielii ajoittaisista happiongelmista. Sedimentin pintaosa oli kuitenkin väriltään selkeästi

ruskea, ei musta. Aines on kerrostunut pääosin hapellisissa olosuhteissa. Näytteen alaosa oli vaalean ruskea, rakenteeltaan hyvin homogeenin ja tiivis. Aines oli pääosin orgaanista, joukossa oli myös valuma-alueelle tyypillistä hienorakeista mineraaliainesta, savea.

Kartoituspiste 2, Lamparenniemi

Vesisyvyys 7,9 m, näytteen paksuus 48 cm

Näytteen ylin noin 19 cm oli hapetonta mustaa sulfidiliejua, joukossa oli hapellisissa olosuhteissa kerrostunutta ruskeaa ainesta. Sedimentin pinta oli tarkasteluhetkellä hapeton. Näytteen alaosa oli väriltään vaalean ruskea (vrt. kuva 19). Rajapinta hapettoman ja hapellisen sedimentin välillä oli silmämääräisesti melko jyrkkä. Sedimentti haisi selvästi rikkivedylle. Näytteen pintaosan heikkokuntainen sedimentti kertoo syvänteessä vallitsevasta heikosta happitilanteesta.

Kartoituspiste 3, Tiirinsaaren itäpuoli

Vesisyvyys 4, 0 m, näytteen paksuus 45 cm.

Näytteen pinta oli hyvin vesipitoinen. Sedimenttinäytteen ylin 17 cm oli väriltään tummanruskeaa liejua. Yläosassa oli havaittavissa mustia hippuja tummanruskean aineksen joukossa. Näytteen pinta oli aineksen värin perusteella hapellinen (vaalean ruskea). Näytteen alaosa oli väriltään vaalean ruskea. Alaosan vaaleassa aineksessa oli lisäkomponenttina todennäköisesti hienoa hiekkaa ja savea.

Kartoituspiste 4, Palosenlahti

Vesisyvyys 8,3 m, näytteen paksuus 40 cm.

Näytteen ylin 22 cm oli mustan kirjavaa sulfidiliejua. Pinta oli osittain hapellinen. Näytteen alaosan aines oli vaaleanruskeaa ja aineksen laadun suhteen homogeenista. Näytteen alaosan aines oli näytteen värin perusteella kerrostunut hapellisissa olosuhteissa. Näyte koostui pääosin orgaanisesta aineksesta ja sisälsi vain vähän mineraaliainesta.

Näytepiste 5, Kylmäkorven lahti

Koordinaatit 3529371 I / 7059247 P, vesisyvyys 10,5 m ja näytteen paksuus 35,5 cm. Pistteeltä otettiin laboratorionäyte syvyydeltä 0 - 3 cm ja 29 - 31 cm. Näytteenotin valutti vettä näytteenottimen sisällä, joten näytteen ulkoreunat sekoittuivat vaikeuttaen tulkintaa. Näytteen yläosa oli kuitenkin mustaa sulfidiliejua (ylin 15 cm). Näytteen alin 23 cm oli silmämääräisesti tervettä, hapellisissa olosuhteissa kerrostunutta vaaleanruskeaa sedimenttiä (kuva 20).

Kartoituspiste 6, Seppälänlahti

Vesisyvyys näytepisteellä oli 3,3 m. Näyte oli samanlainen kuin pisteillä 1 ja 3.

Näytepiste 7, Kellolahden edustan syväne

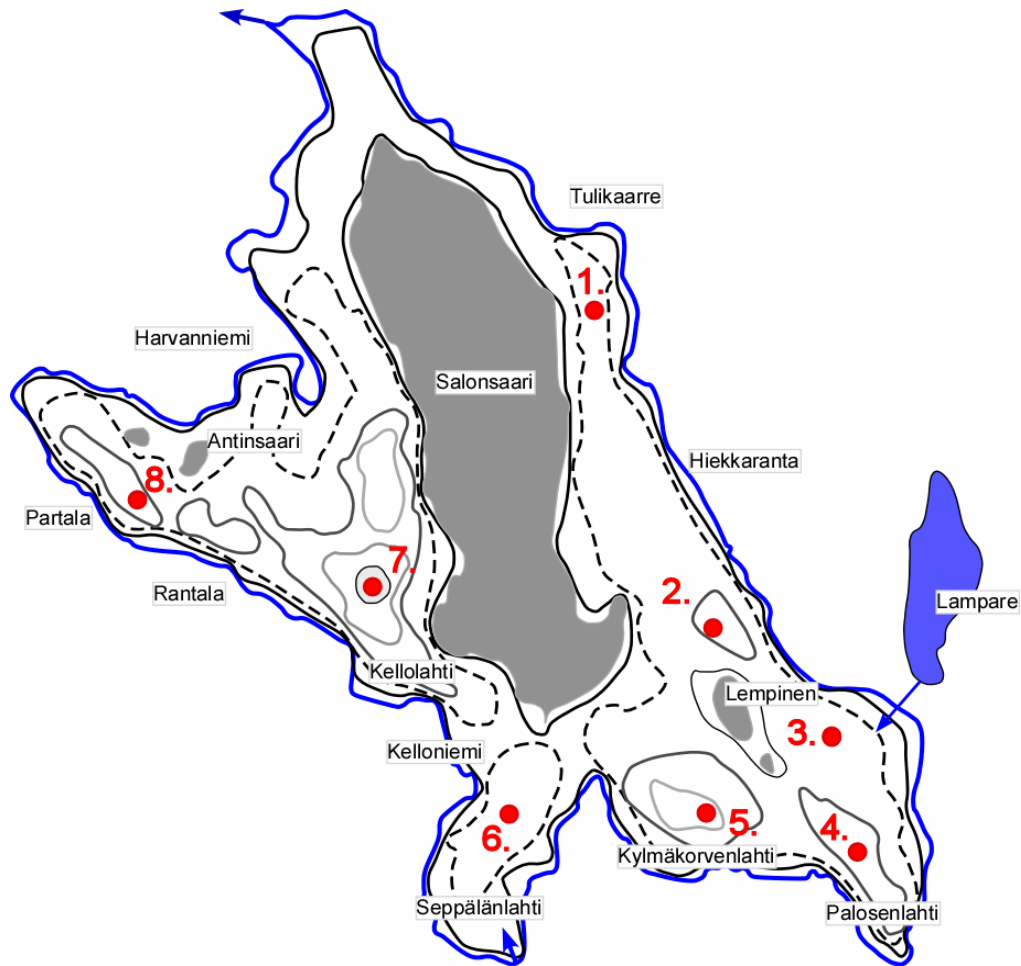
Vesisyvyys 15,2 m ja näytteen paksuus 39 cm.

Näytepisteeltä otettiin laboratorionäytteet syvyydeltä 0 - 3 cm ja 11 - 13 cm. Sedimentin ylin 18 cm oli mustaa sulfidiliejua. Näytteen pinta oli tarkasteluhetkellä hapeton. Pinta oli vesipitoinen, aines tiivistyi alaspäin. Näytteen alin 20 cm oli lähes tervettä vaalean ruskeaa orgaanisesta aineksesta koostuvaa sedimenttiä.

Kartoituspiste 8, Partala

Vesisyvyys 7,9 m, näytteen paksuus 45,5 cm

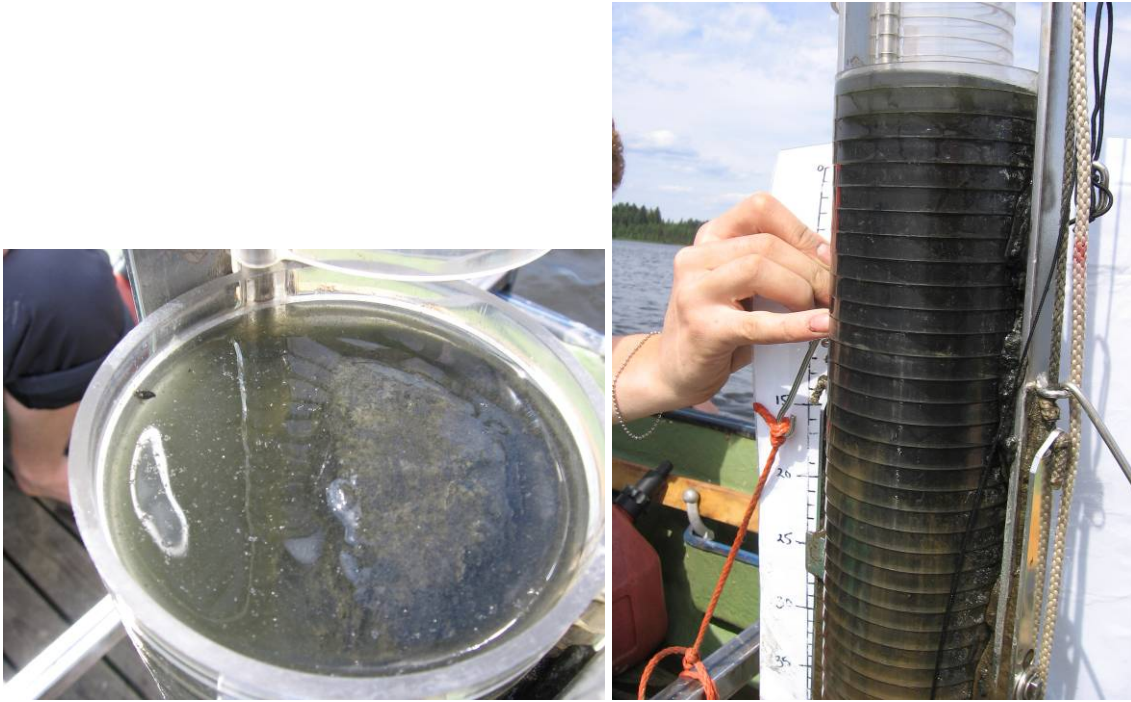
Näytteen ylin 17 cm oli mustaa sulfidiliejua, pinnassa oli näytteenottohetkellä 0,5 mm hapellinen kerros. Näytteen alaosa oli väriltään vaaleanruskea. Näyte koostui aistinvaraisesti arvioituna pääosin orgaanisesta aineksesta.



Kuva 18. Harvanjärven pohjasedimentin kartoituspisteet, laboratorionäytteet otettiin pisteistä 5 ja 7.



Kuva 19. Kartoituspiste 1 (vesisyvyys 3,3 m). Sedimentin pintaosa tummanruskeaa tasalaatuista detritusliejua (yli 16 cm, kokonaispituus 47 cm) ja alaosa vaaleanruskeaa tasalaatuista saviliejua.



Kuva 20. Näytepiste 5 Kylmäkorvenlahti (syv. 10,5 m). Näytteen kokonaispituus 35,5 cm. Ylin 15 cm mustaa sulfidipitoista detritusliejua. Näytteen alaosa oli vaaleanruskeaa savi-
liejua.



Kuva 21. Harvanjärven happiongelmistä kärsivät syvänteet (viivoitetut alueet). Hapetto-
muutta esiintyi sedimenttikartoituksen perusteella 6-7 m syvemmillä alueilla.

4.2.3 Sedimenttianalyysien tulokset ja tulosten tulkinta

Pisteiltä 5 (Kylmäkorvenlahti) ja 7 (Kellolahden syvänte) otettujen sedimenttinäytteiden tulokset on esitetty taulukossa 12. Pintanäytteet kuvaavat järven nykytilaa ja syvemmältä otetut näytteet toimivat ns. vertailuarvoina. Kylmäkorven syvänteen (5) näytteen 29 – 31 cm aines on kartoituksen yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella kerrostunut hapellisissa olosuhteissa. Kellolahden (7) syvemmältä otetun näytteen (11 – 13 cm) aines on puolestaan kerrostunut ajankohtana, jolloin syvänteessä on ollut heikko happitilanne.

Näytteiden fysikaaliset ominaisuudet

Harvanjärven pintasedimenttinäytteet olivat hyvin vesipitoisia (93 – 95 %) kuiva-aineen osuuden ollessa 5 – 7 % tuorenäytteen painosta. Syvemmissä näytteissä kuiva-aineen osuus oli suurempi uuden sedimentoituvan aineksen painaessa vanhempaa ainesta tiiviimmäksi. Pintanäytteiden mineraaliaineksen osuus kuiva-aineesta oli hehkutusjäännöksen perusteella Kylmäkorven näytepisteellä (5) 76 % ja Kellolahden pisteellä (7) 74 %. Syvemmältä otettujen näytteiden mineraaliaineksen osuus oli lähes yhtä suuri. Kerrostuvan aineksen laadussa ei ole kuiva-aineen hehkutusjäännöksen perusteella tapahtunut merkittävää muutosta viimeisten noin 50 vuoden aikana (jos kerrostumisnopeus on ollut $0,5 \text{ mm a}^{-1}$).

Sedimentin suuri mineraaliainespitoisuus kertoo valuma-alueen eroosioherkkyydestä ja järveen kulkeutuvasta melko suuresta allohtonisen (valuma-alueelta tuleva) aineen määrästä. Kuvassa 3 (s. 8) on esitetty Harvanjärven valuma-alueen maaperäkartta, joka osaltaan selittää järven sedimentin fysikaalisia ominaisuuksia ja koostumusta. Valuma-alue koostuu pääasiassa hienoaainemoreenista ja savisesta maa-aineksesta joka on eroosioherkkää.

Näytteiden kemialliset ominaisuudet

Hiilen ja typen suhde lasketaan seuraavasti

$$C/N = (hh \text{ g kg}^{-1} / 2) / N$$

hh (g kg^{-1}) = hehkutushäviö

N (g kg^{-1}) = typpeä tuorenäytteessä

C (g kg^{-1}) = hiiltä

$$\text{Esim. } C/N \text{ (piste 5: 0 – 3 cm)} = (15 \text{ g kg}^{-1} / 2) / 0,68 \text{ g N kg}^{-1} = 11,0$$

Harvanjärven sedimentin pintaosan hiili-typin suhde on 11. Kerrostunut orgaaninen aines on siis melko tuoretta, elävän solun C/N suhteen ollessa 7,6. Jos C/N suhde on 20 – 70, on aines humuspitoista ja hiilen osuus näytteessä on korostunut. Hiilen osuuden korostuessa, aines on pidemmälle hajonnutta. Harvanjärven syvempien näytteiden C/N-suhde oli Kellolahden syvänteesäällä 12,2 ja Kylmäkorven syvänteellä 16,5. Syvemmältä otettujen näytteiden aines ei siis juurikaan eroa C/N-suhteen, eli kerrostuneen aineksen hajoamisasteen perusteella sedimentin pintaosasta.

Sedimentin koostumuksesta kertoo myös BOD₇-pitoisuus, eli happea kuluttavan aineksen määrää kuvaava suure. Kellolahden ja Kylmäkorven lahden syvänteiden pintasedimenttinäytteiden kuiva-aineen BOD₇ – pitoisuuden keskiarvo oli $29 \text{ g O}_2 \text{ kg}^{-1}$. Syvempien näytteiden kuiva-aineen BOD₇-pitoisuus oli Kylmäkorven syvänteen näytepisteellä $2,1 \text{ g O}_2 \text{ kg}^{-1}$ ja Kellolahden pisteellä $24 \text{ g O}_2 \text{ kg}^{-1}$.

BOD₇-pitoisuuden perusteella voidaan pintanäytteiden orgaanisen aineksen sanoa olevan heikosti hajonnutta ja kerrostuneen heikon happitilanteen vallitessa. Verrattaessa pinta-
näytteitä syvemmltä otettuihin näytteisiin, ei Kellolahden syvänteessä ole tapahtunut
muutosta kerrostuvan aineksen BOD₇-pitoisuuden suhteen syvyydellä 0-13 cm (sedimentin
pintaosassa). Kylmäkorven lahdella sedimentin orgaanisen aineen osuus on lisääntynyt ja
happitilanne heikentynyt. Kylmäkorven lahden syvemmän näytteen (29-31 cm) BOD₇-
pitoisuus oli 10 % pintanäytteen pitoisuudesta. Happitilanne syvänteessä on ollut syvem-
män näytteen kerrostumisen aikoihin ollut huomattavasti parempi kuin nykyisin.

Kuvassa 22 on vertailtu Sonkajärven Harvanjärven, Kuopion Petosenlammen, Iisalmen
Kirmanjärven ja Pieni-Kirman pintasedimentin ja syvempien näytteiden BOD₇ –
pitoisuuksia. Harvanjärven sedimentin BOD₇ –pitoisuudet ovat melko pieniä verrattuna
esimerkiksi kaupunkimaisessa ympäristössä sijaitsevaan Kuopion Petosenlampeen verrat-
tuna. Iisalmen Kirmanjärven ja Pieni-Kirman BOD₇ -pitoisuuksiin verrattuna taas samaa
luokkaa. Kirmanjärvi ja Pieni-Kirma edustavat valuma-alueen maankäytön perusteella
voimakkaan maatalouden vaikutuksen alaisia järviä.

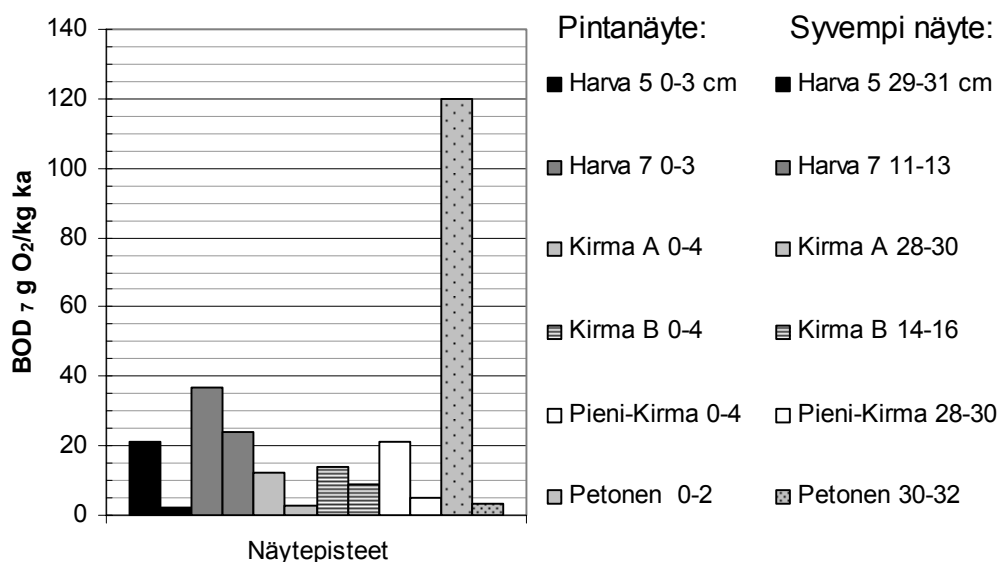
Kylmäkorven ja Kellolahden näytepisteissä sedimentin pintaosan (0 – 3 cm) kokonaisfos-
foripitoisuus (2,4 ja 1,7 g kg⁻¹ ka) oli eräiden rehevien järvien sedimenttitutkimuksissa ha-
vaittuihin pitoisuuksiin verrattuna samaa luokkaa. Mynämäen Mietoisten Kivijärven sedi-
mentin pintaosan Kok-P pitoisuus oli Uusiniityn (2002 a) mukaan 1 – 1,6 g kg⁻¹ ka ja
Vehmaan Vihtajärven 1,6 – 2,0 g kg⁻¹ ka (Uusiniitty 2002 b). Eri järvien fosforinpidätys-
kyky on erilainen. Korkeat pitoisuudet voivat johtua järven kyvystä sitoa ylimääräinen
fosfori sedimenttiin, alhaisemmat pitoisuudet voivat puolestaan johtua sisäisestä kuormi-
tuksesta, eli raudan ja fosforin välisen kemiallisen sidoksen aukeamisesta ja aineiden liu-
kenemisesta veteen. Harvanjärven pisteen 5 sedimentin syvemmän näytteen (29 - 31 cm)
fosforipitoisuus (0,92 g kg⁻¹ ka) on pienempi kuin pintanäytteen (2,4 g kg⁻¹ ka). Pisteellä 7
pintanäytteen kokonaisfosforipitoisuus oli 1,7 g kg⁻¹ ka ja syvemmän näytteen 2,2 g kg⁻¹
ka.

Harvanjärven sedimenttinäytteistä analysoitiin myös rautaan ja alumiiniin kiinnittyneen
fosforin osuus kokonaisfosforista (NaOH-uuttuva fosfori). NaOH-uuttuva fosforin fraktio
on ns. labiilia fosforia, josta rautaan sitoutunut fosfori vapautuu herkästi redox-potentiaalin
laskiessa. Näytepisteellä 5 pintasedimentin (0 - 3 cm) NaOH-uuttuvan fosforin pitoisuus
oli 1,7 g kg⁻¹ ka, eli 70 % kokonaisfosforista. Pisteen 5 ns. nollanäytteessä (29 - 31 cm)
rautaan ja alumiiniin sitoutuneen fosforin määrä oli 0,38 g kg⁻¹ ka, eli 41 % näytteen koko-
naisfosforipitoisuudesta. Pisteellä 7 pintanäytteen NaOH – P pitoisuus oli 1,7 g kg⁻¹ ka, eli
analyysituloksen mukaan kaikki pintasedimentin fosfori oli sitoutunut alumiiniin tai rau-
taan. Syvemmän näytteen (11 – 13 cm) NaOH – P pitoisuus oli 1,9 g kg⁻¹ ka (86 %). Har-
vanjärven pintasedimentin kokonaisfosforista suurin osa on siis NaOH -uuttuvassa frakti-
ossa, josta rautaan sitoutunut fosfori vapautuu helposti veteen happipitoisuuden alentuessa.

Jensenin ym. (1992) mukaan makean veden pintasedimentin rauta-fosfori-moolisuhteen
(Fe:P) ollessa yli 8,5 on sedimentissä riittävästi vapaata, pidätyskykyistä rautaa sitomaan
fosforia hapellisissa oloissa rautayhdisteisiin. Suhteen laskiessa pidätyskykyisten rautayh-
disteiden määrä vähenee, jolloin myös sedimentin fosforinpidätyskyky laskee. Harvanjär-
ven sedimenttinäytteissä on rautaa ylimäärin suhteessa fosforiin (taulukko 12). Harvanjär-
ven pintasedimentillä on siis hapellisissa olosuhteissa kyky sitoa fosforia rautasidoksiin.

Taulukko 12. Harvanjärven sedimenttinäytteiden analyysitulokset.

	Harvanjärvi 5 (Kylmäkorpi), 0 - 3 cm	Harvanjärvi 5, (Kylmäkorpi), 29 - 31 cm	Harvanjärvi 7 (Kellolahti), 0 - 3 cm	Harvanjärvi 7 (Kellolahti), 11 - 13 cm
Vesisyvyys näytepisteessä, m	10,5	10,5	15,2	15,2
BOD₇ , g kg ⁻¹ ka	21	2,1	37	24
NaOH -P , g kg ⁻¹ ka	1,7	0,38	1,7	1,9
Kok-P , g kg ⁻¹ ka	2,4	0,92	1,7	2,2
Kok-N , g kg ⁻¹	0,68	1	0,55	0,86
Rauta , g kg ⁻¹	3,9	7,3	3,4	7,6
Kuiva-aine, g kg ⁻¹	67	190	53	99
Hehkutushäviö, g kg ⁻¹	15	33	13	21
Hehkutusjäännös, g kg ⁻¹	51	150	39	78
Mineraaliaineksen osuus, %	76	79	74	79
Orgaanisen aineen osuus, %	22	17	24,5	21
C/N	11,0	16,5	11,8	12,2
Fe/P	24,25	41,76	37,7	34,8

**Kuva 22.** Harvanjärven BOD₇-pitoisuus, vertailu muihin pohjoissavolaisiin järviin. Järven pintanäytteiden kuiva-aineen BOD₇-pitoisuuden keskiarvo on 33,75 g/kg.

5. KALASTO

Koeverkkokalastuksella selvitettiin Harvanjärven kalaston rakennetta ja eri lajien runsaussyhteitä. Koekalastuksessa käytettiin valikoimattomia pyydyksiä, jotka noudattavat geometristä sarjaa, kuten esimerkiksi yleiskatsausverkkoja. Yleensä kaikkein pienimpiä kaloja ei saada saaliiksi, koska koekalastusverkotkin ovat valikoivia kalan koon suhteen (Kurkilahti & Rask 1999). Tulosten perusteella arvioitiin tarvetta järven kalakannan vähentämiseen tai kalaston rakenteen oikaisuun.

5.1. Menetelmät

Harvanjärvellä koekalastettiin viikolla 29, 17. - 21.7.2006. Tällöin järveen oli syntynyt kesäkerrosteisuus (kuva 23), eli olosuhteet ja kalojen käyttäytyminen olivat vakaita. Verkkoja pidettiin vedessä noin vuorokausi. Vuorokauden aikana vedessä pidettiin yhteensä kahdeksaa verkkoa. Verkkovuorokausia tuli siis yhteensä 32. Suositusten mukaan Harvanjärven kokoisessa järvessä tulisi koekalastaa vähintään 25 verkkovuorokautta.

Koekalastuksessa käytettiin Jyväskylän yliopiston yleiskatsausverkkoja (solmuvälit millimetreinä: 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 45, ja 55). Koekalastus suoritettiin Riista- ja kalataloudentutkimuslaitoksen (RKTL) ohjeistuksen mukaan (Kurkilahti & Rask 1999). Pyyntipaikkojen valintaan käytettiin satunnaisotantaa. Pyyntipaikat eli pyyntivesistö jaettiin ruutuihin, ruudut numeroitiin ja verkkopaikat arvottiin (1 verkko/ruutu). Ruudun koko oli 100*100 metriä.

Harvanjärvi jaettiin myös lähes samankokoiseen itäiseen ja läntiseen osa-alueeseen, jotta koko vesistön alueelle tuli kalastuspainetta suhteessa sama määrä. Arvonnassa käytettiin periaatetta, että arpanumeron sattuessa viereiseen ruutuun, sitä ei oteta mukaan. Näin verkot saatiin jakautumaan tasaisemmin koko järven alueelle. Myös verkkojen suunta lähimpään rantaan nähden satunnaistettiin arpomalla neljän eri vaihtoehdon välillä, jotka olivat: rannan suuntaisesti, 90 asteen kulmassa rantaan nähden, 45 asteen kulmassa oikealle rantaan nähden ja 45 asteen kulmassa vasemmalle rantaan nähden. Liitteessä 5 on esitetty verkkojen paikat kartalla sekä näkösyvytydet joka koekalastuspaikalta. Liitteessä 6 on esitetty verkkojen suunnat lähimpään rantaan nähden ja verkkojen paikat YKJ -koordinaatteina.

Läntisellä Harvanjärvellä kalastettiin 16 verkkovuorokauden verran. Sama määrä verkkovuorokausia tuli myös itäiselle Harvanjärvelle. Verkot asetettiin syvyysvyöhykkeittäin seuraavasti sekä itäiselle, että läntiselle Harvanjärvelle: syvyys alle 3 m 6 verkkovuorokautta, 3-6 m pintaan 3 verkkovuorokautta, 3-6 m pohjaan 3 verkkovuorokautta, yli 6m pintaan 2 verkkovuorokautta ja yli 6 m pohjaan 2 verkkovuorokautta (liite 5). Liitteessä viivoitetut ruudut tarkoittavat pohjaverkkoa ja tummat ruudut taas pintaverkkoa. Väliveteen sijoitettavat verkot jätettiin kokonaan pois, koska verkotusaikaan kesällä kalat ovat joko pinnalla tai pohjassa (lehtori T. Marjomäki, suullinen tiedonanto 2006, Jyväskylän yliopisto).

Saaliista käsiteltiin jokainen kala. Kalat määritettiin lajilleen, mitattiin mittalaudalla ja punnittiin. Kaloilta mitattiin kokonaispituus, eli suusta (suu suljettuna) yhteen puristetun pyrstön kärkeen.. Kaikista kaloista otettiin laji-, sekä pituus- ja painotiedot talteen raportointia varten. Tarkempia yksikkösaalistuloksia varten määritettiin Harvanjärven syvyysvyöhykkeiden tilavuudet. Syvyysvyöhykkeiden tilavuuksien perusteella saatiin laskettua prosenttiset painokertoimet (taulukko 13), joilla eri syvyysvyöhykkeiden saalismäärät kerrottiin.

Näin saatiin tarkemmat arvot koskien koko järven kalapopulaatiota. Harvanjärven pinta-alaksi saatiin 204,2 ha. Alle kolmen metrin syvyistä vesialuetta on Harvanjärvessä 83,1 ha, 3-6 metrin syvyistä vesialuetta 87,7 ha ja yli kuuden metrin syvyistä vesialuetta 33,4 ha.

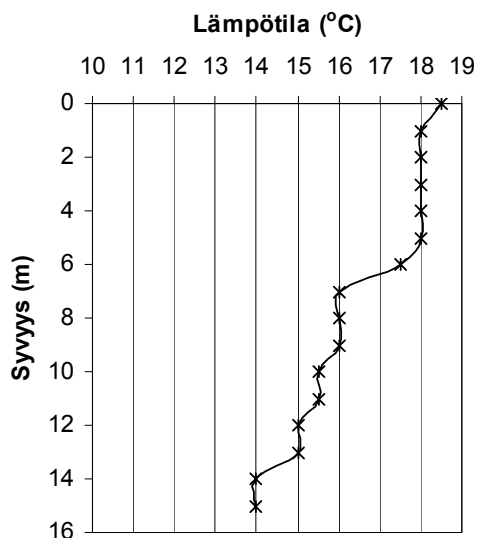
Eri syvyysvyöhykkeiden pinta-alojen perusteella voidaan laskea niiden tilavuudet. Esimerkiksi alle kolmen metrin syvyysvyöhykkeen tilavuus lasketaan kaavalla (Eloranta 1985):

$$\frac{1}{3} \left(A_{KOKO_JÄRVI} + A_{3m} + \sqrt{A_{KOKO_JÄRVI} * A_{3m}} \right) * (3 - 0)$$

Syvyysvyöhykkeiden tilavuuksien avulla saaduilla prosenttisilla painotuskertoimilla kerrottiin eri syvyyksissä olleiden verkkojen yksikkösaaliit ja näin saatiin tarkemmat koko järveä kuvaavat tiedot mm. kalalajien osuuksista niin yksilömäärinä kuin myös biomassana.

Taulukko 13. Prosenttiset painotuskertoimet verkkopaikoittain.

VERKON SYVYYSVYÖHYKE	PAINOTUSKERROIN
Alle 3 m	0,024495
3-6 m pinta	0,172215
3-6 m pohja	0,215400
Yli 6 m pinta	0,207838
Yli 6 m pohja	0,380052



Kuva 23. Harvanjärven veden lämpötila koekalastusten aikana kesällä 2006.

5.2. Koekalastustulokset

Harvanjärven koekalastuksessa saatiin saaliiksi seuraavia kalalajeja: ahven (*Perca fluviatilis*), hauki (*Esox lucius*), kiiski (*Gymnocephalus cernuus*), kuha (*Sander lucioperca*), lahna (*Abramis brama*), pasuri (*Blicca bjoerkna*), salakka (*Alburnus alburnus*), särki (*Rutilus rutilus*), särkilahna (*Rutilus rutilus x Abramis brama*).

Harvanjärven kokonaisyksikkösaalis massana oli 1,98 kg / verkko ja yksilömääränä 175 yksilöä / verkko. Niin yksilömäärältään kuin myös biomassaltaan Harvanjärven tärkeimmät lajit olivat särki ja ahven (kuva 24 ja taulukko 14).

Koekalastussaaliiden perusteella Harvanjärven kalastoa hallitsevat biomassan perusteella särkikalat (särki, salakka, lahna ja pasuri), joiden osuus yksikkösaaliin massasta oli 77 %. Pelkästään särjen osuus särkikalojen yksilösaaliin massasta oli 66 %. Ahvenkalojen (ahven, kuha, kiiski) osuus yksikkösaaliin massasta oli 20 %. Koekalastussaaliin yksilömäärän perusteella laskettuna särkikalojen osuus oli lähes 85 % saaliista, josta särjen osuus oli 80 %. Ahvenkalojen osuus yksilömäärästä oli 15 % (kuva 25 ja taulukko 15).

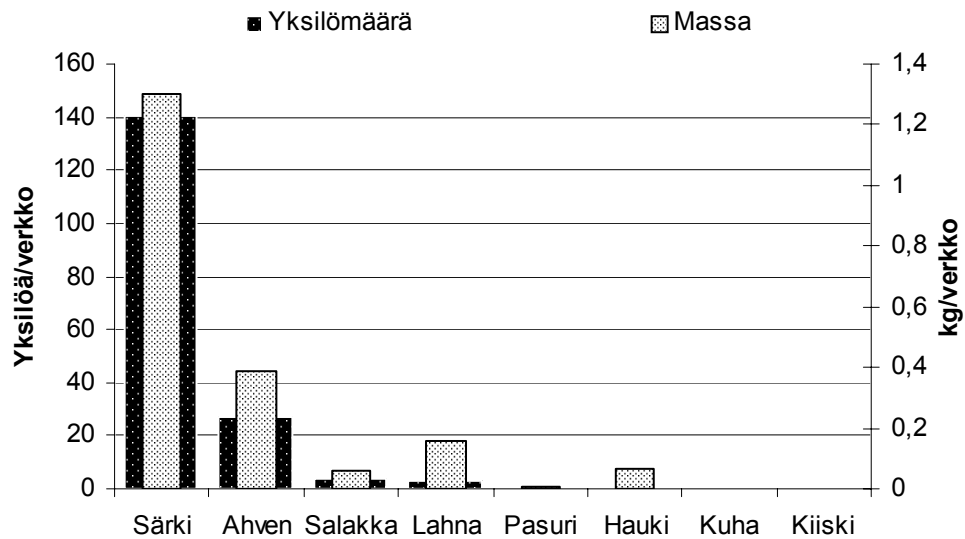
Verkkokoekalastusten perusteella särjen vallitseva kokoluokka on Harvanjärvessä 9-10 cm (kuva 26). Muutamia yksittäisiä yli 20 cm mittaisia yksilöitä saatiin myös saaliiksi. Ahvenen vallitseva kokoluokka oli 8 cm, tosin myös 9-10 cm mittaisia ahvenia oli myös runsaasti. Kookkaampia yli 20 cm mittaisia ahvenia tuli saaliiksi, mutta vähäisessä määrin (kuva 27). Salakalla vallitsevaa kokoluokkaa edustivat 11 - 14 cm pitkät yksilöt (kuva 28).

Koekalastusten perusteella Harvanjärvessä petokalojen (yli 15 cm ahven, kuha ja hauki) osuus yksikkösaaliin massasta oli 12 %. Yksilömäärän perusteella petokalojen osuus Harvanjärvellä oli vain 1 % (kuva 29 ja taulukko 16). Harvanjärven petokalaindeksi on 7,1 yksikkösaaliin massasta laskettuna. Swinglen (1950) mukaan toivottavin saalis- ja petokalojen suhteen arvo on 3-6. Petokalaindeksin arvon ollessa välillä 0,0 - 2,7 petokaloja on liikaa. Harvanjärven tapauksessa näyttää siltä, että järvessä ei ole tarpeeksi petokaloja suhteessa saaliskaloihin. Swinglen (1950) petokalaindeksi lasketaan kaavalla:

$$\text{Petokalaindeksi} = \frac{\text{Saaliskalojen}_\text{massa}}{\text{Petokalojen}_\text{massa}}$$

Taulukko 14. Harvanjärven vuoden 2006 koekalastusten yksikkösaaliit massoina ja yksilömäärinä kalalajeittain sekä massaprosentteina ja yksilömääräprosentteina kalalajeittain.

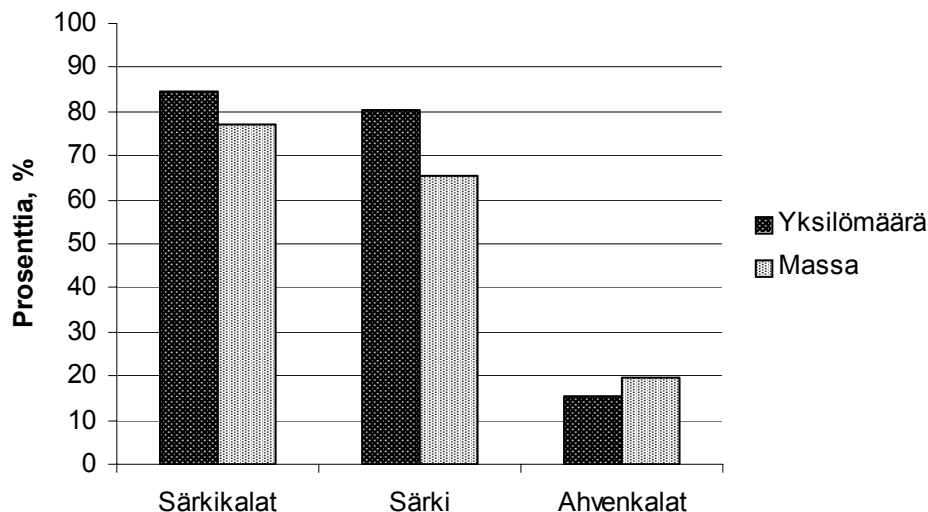
	SÄRKI	AHVEN	SALAKKA	LAHNA	PASURI	HAUKI	KUHA	KIISKI	YHT.
g / verkko	1300	386	59	161	9,46	65	0,43	0,85	1981
yksilöä / verkko	141	27	4	3	0,14	0,11	0,001	0,12	175
massa %	66	19,3	3	7,9	0,5	3,3	0,02	0,04	100
yksilö %	80,5	15,4	2,3	1,6	0,07	0,06	0,0008	0,07	100



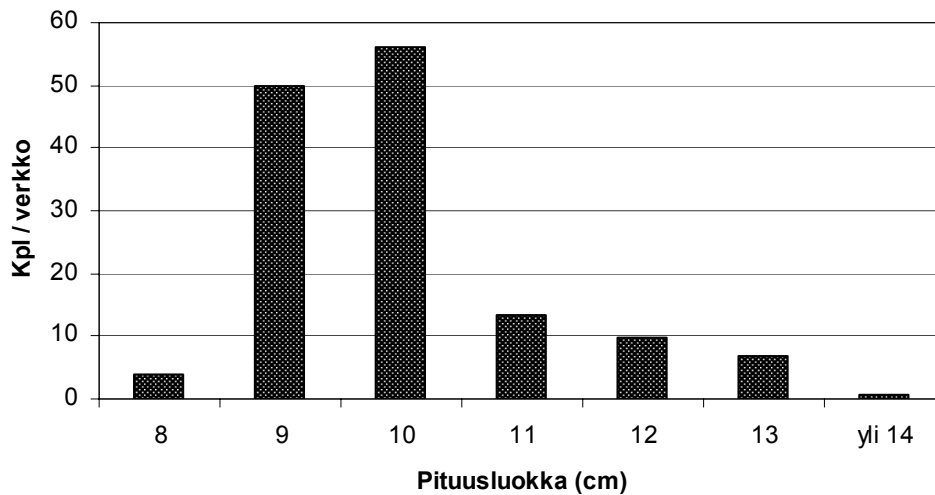
Kuva 24. Harvanjärven yksikkösaaliit yksilömäärinä kalalajeittain ja massoina kalalajeittain vuonna 2006.

Taulukko 15. Särki- ja ahvenkalojen yksikkösaaliit massoina ja yksilömäärinä sekä massa-prosentteina ja yksilömääräprosentteina Harvanjärvessä vuonna 2006.

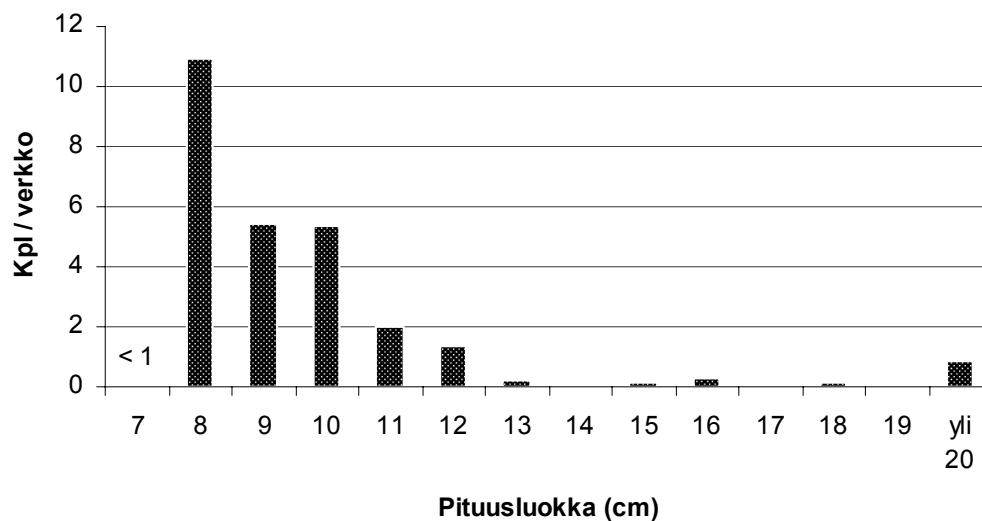
	SÄRKIKALAT	AHVENKALAT
g / verkko	1528,7	387,6
yksilöä / verkko	148	27
massa %	77,4	19,3
yksilö %	84,5	15,4



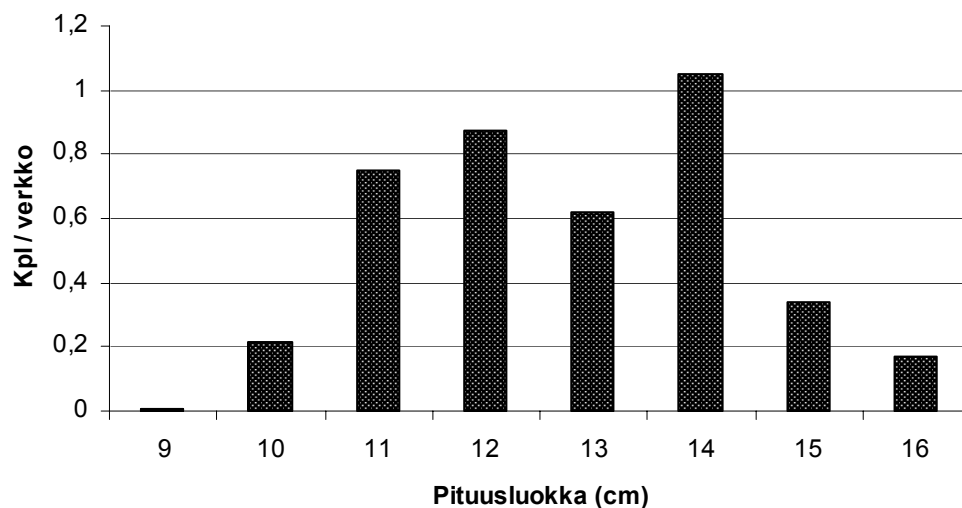
Kuva 25. Särkikalojen, särjen ja ahvenkalojen prosenttiosuudet yksikkösaaliin massasta ja yksikkösaaliin yksilömäärästä Harvanjärvessä vuonna 2006.



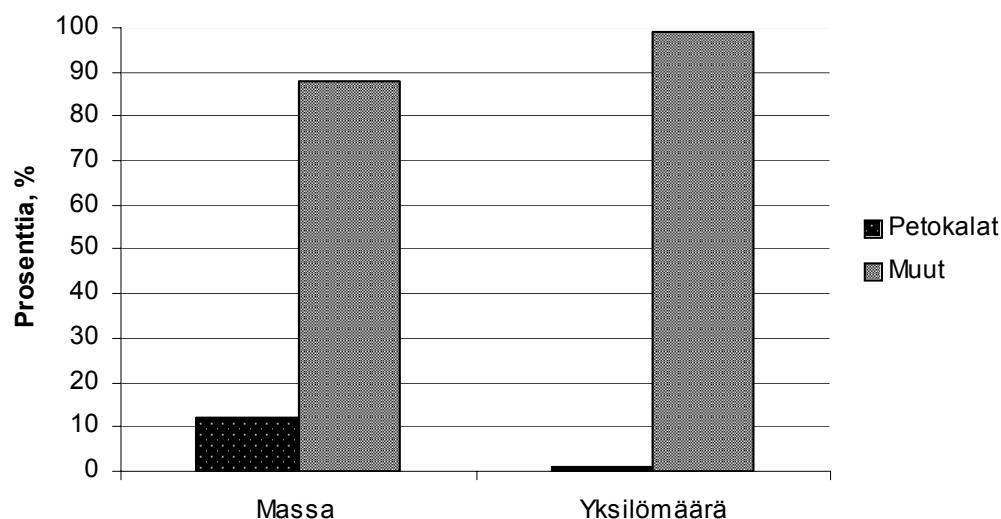
Kuva 26. Särjen kokojakauma Harvanjärven koekalastussaaliissa vuonna 2006. Pituusluokka 8 = 75-84 mm, pituusluokka 9 = 85-94 mm, pituusluokka 10 = 95-104 mm, pituusluokka 11 = 105-114 mm, pituusluokka 12 = 115-124 mm, pituusluokka 13 = 125-134 mm, pituusluokka yli 14 = 135-270 mm.



Kuva 27. Ahvenen kokojakauma Harvanjärven koekalastussaaliissa vuonna 2006. Pituusluokka 7 = 65-74 mm, 8 = 75-84 mm, pituusluokka 9 = 85-94 mm, pituusluokka 10 = 95-104 mm, pituusluokka 11 = 105-114 mm, pituusluokka 12 = 115-124 mm, pituusluokka 13 = 125-134 mm, pituusluokka 14 = 135-144 mm, 15 = 145-154 mm, pituusluokka 16 = 155-164 mm, 17 = 165-174 mm, 18 = 175-184 mm, 19 = 185-194 mm, yli 20 = 195-290 mm.



Kuva 28. Salakan kokojakauma Harvanjärven koekalastussaaliissa vuonna 2006. Pituusluokka 9=85-94 mm, pituusluokka 10=95-104 mm, pituusluokka 11=105-114 mm, pituusluokka 12=115-124 mm, pituusluokka 13=125-134 mm, pituusluokka 14=135-144 mm, pituusluokka 15=145-154 mm, pituusluokka 16=155-164 mm.



Kuva 29. Petokalojen ja kaikkien muiden kalojen prosenttiosuudet yksikkösaaliin massasta ja yksikkösaaliin yksilömäärästä laskettuna Harvanjärvessä vuonna 2006.

Taulukko 16. Petokalojen ja kaikkien muiden kalojen yksikkösaaliit massoina ja yksilömäärinä sekä massaprosentteina ja yksilömääräprosentteina Harvanjärvessä vuonna 2006.

	PETOKALAT	KAIKKI MUUT KALAT
g / verkko	245	1736
yksilöä / verkko	1,7	173,1
massa %	12,2	87,8
yksilö %	1	99

5.3. Tulosten tarkastelu

Harvanjärvessä särjen ja särkikaloiden osuus oli huomattavan suuri niin yksilömäärinä kuin biomassana. Harvanjärven koekalastuksen kokonaisyksikkösaalis oli 1 981 g. Saaliin määrä oli tyypillinen vesialueelle, jossa veden fosforipitoisuus on noin 20 µg l⁻¹ (Tammi ym. 2006). Tammen ym. (2006) mukaan vedenlaadultaan parempien vertailujärvien biomassajakaumien keskiluku on 910 g. Kuormitetuille järville sama luku on 1 940 g.

Yksikkösaaliin yksilömäärän keskiluku on vedenlaadultaan hyvissä vertailujärvissä 37 ja kuormitetuissa järvissä 107. Harvanjärvessä yksikkösaaliin yksilömäärä oli 175. Harvanjärven verkkokoekalastussaalis kuvastaa siis hyvin kuormitetun järven kalakantaa. Tammen ym. (2006) tekemän raportin verkkokoekalastukset on tehty Nordic-verkoilla, jotka pyytävät paremmin pientä kalaa kuin yleiskatsausverkot. Jos koekalastukset olisi Harvanjärvellä tehty Nordic-verkoilla, yksikkösaalis ym. luvut olisivat todennäköisesti olleet vielä suurempia kuin yleiskatsausverkoilla tehdyissä koekalastuksissa. Täten on siis selvää, että Harvanjärven kalakanta on tyypillinen kuormitetulle järvelle.

Harvanjärven särkikaloiden biomassaosuus yksikkösaaliista oli koekalastuksen mukaan 77 %. Tammen ym. (2006) mukaan yksikkösaaliin ja särkikaloiden prosenttisen biomassaosuuden suhde on vedenlaadulta hyvissä vertailujärvissä 46,1 % ja kuormitetuissa järvissä 61,8 %. Yksikkösaaliin ja särkikaloiden prosenttisen biomassaosuuden perusteella Harvanjärvi kuuluu siis kuormitettujen järvien luokkaan. Harvanjärveä voidaan luonnehtia myös särkikaloiden osuudella yksikkösaaliin yksilömäärästä. Harvanjärvellä tämä luku on 85 %. Tammen ym. (2006) mukaan vastaava luku on vedenlaadultaan paremmissa vertailujärvissä 34,7 % ja kuormitetuissa järvissä 60,6 %. Myös nämä luvut osoittavat selvästi sen, että Harvanjärven kalakanta edustaa tyypillistä kuormitetun järven kalakantaa.

Harvanjärvestä on muutaman viime vuoden aikana poistettu kalaa yhteensä noin 20 000 kg. (Sonkajärven kalastusalueen isännöitsijä M. Herd & T. Hynynen suull. tieto 2006). Kalaa on poistettu mm. rysillä vuoden 2005 syksyllä ja vuoden 2006 keväällä. Vuonna 2003 kalaa poistettiin nuotalla noin 7 000 kg. Pilkkikilpailuja on Harvanjärvellä järjestetty useita joka talvi ja saaliit ovat olleet jopa muutamia satoja kiloja kalaa (Sonkajärven kalastusalueen isännöitsijä M. Herd suullinen tiedonanto 2006).

Harvanjärven aiemmissa tehokalastuksissa on arvioiden mukaan poistettu kalaa noin 100 kg hehtaarilta. Tehokalastusten saalismäärän ollessa noin 50 - 100 kg hehtaaria kohden, on tehokalastuksilla todettu olevanvaikutuksia järven kalakantaan (Mehner ym. 2004). Tehokalastusten vaikutukset näkyvätkin Harvanjärven koeverkkokalastusten saaliissa selkeästi. Koekalastuksen perusteella Harvanjärvessä on eniten pientä, 1+ ikäistä, 8-10 cm mittaista särkeä ja ahventa. Nämä kalat ovat olleet syksyllä 2005 0+ iässä ja niiden koko on ollut niin pieni, etteivät ne ole jääneet saaliiksi. Keväällä 2006 pienempimuotoisena järjestetyt tehokalastukset eivät ole harventaneet näiden kaloiden määrää kovin mainittavasti. Voidaankin päätellä, että syksyn 2005 ja kevään 2006 tehokalastukset ovat harventaneet eniten isompien, sukukypsien särkien ja ahventen kantaa. Toisin sanoen Harvanjärven kalakanta koostuu tällä hetkellä pääasiassa nuorista ja vielä kutukyvottomista kaloista. Särki on Harvanjärvessä valtalajina niin biomassan kuin yksilömääränkin osalta.

Tulosten perusteella Harvanjärven koekalastusten mukaan järven kalasto on särkivaltaista. Valtaosa särjistä ja ahvenista on kooltaan pientä, noin 8 - 10 cm pituisia. Iältään särjet ja ahvenet olivat pääosin 1+ -vuotiaita. Ikänsä ja kokonsa puolesta Harvanjärven särjet ja ahvenet käyttävät ravinnokseen eläinplanktonia, vääristäen siten järven ravintoverkkoa. Myös **Harvanjärven petokalaindeksi viittaa vääristyneeseen tilanteeseen järven ravintoverkossa. Petokaloiden osuus saaliskalojen massaansa verrattuna on liian pieni.** Ravin-

toverkkoajattelun kannalta pienikokoisten särkien ja ahvenien tehopyynti olisi tärkeää, jotta leviää laiduntavien eläinplanktonien kanta pääsisi kasvamaan. Myös järven petokalakannan vahvistaminen olisi tärkeää, jotta saaliskaloihin kohdistuisi suurempi saalispaine. Särkikalakannan vähentäminen on tärkeää myös pohjasedimentistä vapautuvien ravinteiden vähentämisen kannalta. Särkikalajien ruoanetsintätapa aiheuttaa sedimentin sekoittumista veteen ja edelleen ravinteiden vapautumista.

6. VESIKASVILLISUUS

6.1. Tavoitteet

Vesikasvillisuusselvityksen tavoitteena oli selvittää Harvanjärvien kasvilajisto, lajien suhteellinen runsaus ja kasvillisuusvyöhykkeet sekä selvittää kasvillisuuden mahdollisia erityispiirteiden syitä, määrittää poistotavat ja –ajan kohdat, poiston kustannukset ja jälkiseurannan tarve.

6.2. Kasvillisuuskartoituksen tulokset ja johtopäätökset

Harvanjärven kasvillisuuskartoituksen suoritti 18.8.2006 Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy:n limnologi Jorma Ronkainen. Karkea kasvillisuuskartoitus tehtiin kulkemalla Harvanjärven rantavyöhykettä moottoriveneellä. Tarkoituksena oli kartoittaa kasvillisuuden pää- ja erityispiirteet. Kasvillisuudesta tunnistettiin lajitasolla kasvillisuuskuviot, jotka merkittiin karttaan (liite 7). Aineiston tallentamisessa käytettiin apuna digitaalista kameraa. Kasvillisuuden haraamiseen käytettiin teleskooppivartista haraa.

Harvanjärven kasvillisuudesta arviolta noin 60 % oli kelluslehtisiä (pääasiassa ulpukkaa) ja loppuosaa hallitsivat ilmaversoiset kasvit. Näkyvimpänä lajina oli järviruoko, joka muodosti laajoja kasvusto erityisesti järven kaakkoisosassa. Uposkasvien osuus oli vähäinen. Harvanjärvestä puuttuivat suuret pohjalehtiset, jotka kasvavat normaalisti syvimmällä muun kasvillisuuden ulkopuolella. Matalalla oleva vesi mahdollisti pienikokoisten lajien mm. rantaleinikin ja hapsiluikan kasvamisen useissa paikoissa lähes puolen metrin vesisyvyyteen; yhtenäisin tällainen alue sijaitsi Harvanniemen eteläsivulla. Näille kasvupaikoille oli ominaista ruokokasvillisuuden täydellinen puuttuminen, minkä vuoksi ne kauempaa näyttivät kasvittomilta. Järviruoko on ja ulpukan lisäksi Harvanjärvelle olivat tyypilliset muu muassa ympäri järveä sijainneet palpakko- ja vitakasvustot.

Yhtenäisimmät järviruokovyöhykkeet sijaitsivat järven kaakkoisosassa, jossa vyöhykkeen leveys oli noin 60 m ja uloin kasvussyvyys noin 1 m. Hyväkuntoisia ruokokasvustoja esiintyi myös luodeosan niemien kärjissä. Järviruoko hallitsi voittopuolisesti myös Salonsaaren rantoja. Ruokovyöhykkeen ulkopuolella ulpukka kiersi pääosan järveä 2 - 10 m levyisenä monin paikoin 2 vesisyvyyteen saakka. Järven länsisivulla ulpukka oli pääasiallinen vesikasvi muodostaen kapean vyöhykkeen.

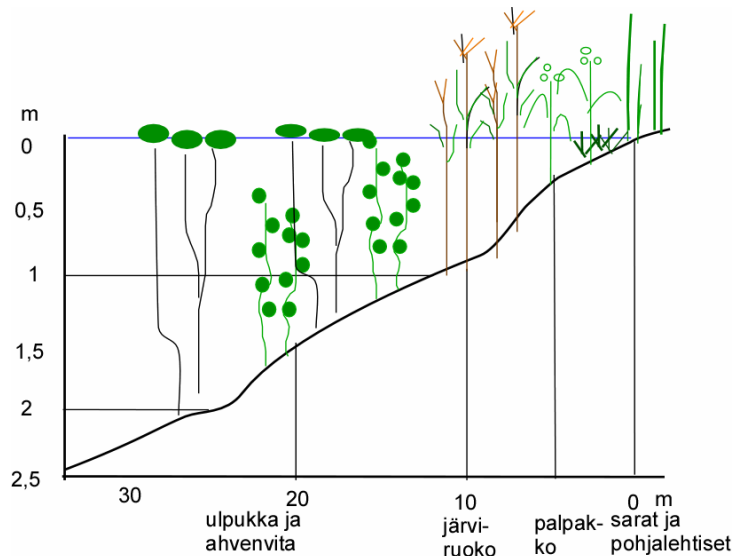
Harvanjärvelle tyypillistä – monin paikoin rehevää mutta myös karua - rantamaisemaa esittävät kuvat 30 ja 31. Valtakasvien vyöhykkeisyyttä ja kasvussyvyksiä esittää kuva 32. Vesi-ajan maanpuoleisen kasvillisuuden muodostivat erityisesti järven itä- ja pohjoissivuilla kasvaneet saraikkovyöhykkeet, yleisimpinä lajeina viiltosara ja pullosara.



Kuva 30. Harvanjärven vesikasvillisuuden päälaajit järvi- ruoko ja ulpukka olivat kesällä 2006 laajimmillaan järven kaakkoisosassa. Myös järven muissa osissa ruoko- ja kelluslehtisten vyöhykkeet hallitsivat.



Kuva 31. Harvanjärven pohjois- ja eteläosassa sijaitsi karulta näyttäviä rantoja, joissa kuitenkin kasvoi paikoin ulpukkaa ja vesirajan tuntumassa pienikokoisia pohjalehtisiä.



Kuva 32. Harvanjärven vesikasvillisuuden valtalajien vyöhykkeet ja kasvussyvydet.

Taulukkoon 17 on koottu Harvanjärvestä havaitut kasvumuodot ja niiden lajisto sekä lajien suhtautuminen veden likaantumiseen. Lisäksi taulukossa on esitetty lajien ravinteisuusvaatimukset. Runsaimpina esiintyneistä Harvanjärven vesikasveista voidaan todeta seuraavaa:

Järviruoko (Phragmites australis) on Suomessa yleisin ruokomaisista kasveista ja muodostaa vyöhykkeitä suojaisille ja pehmeille rannoille rantaviivasta 0,5 - 1,5 metriä syvään veteen. Se on kasvualustan laadun ja ravinteiden suhteen laaja-alainen, tiheimmät kasvustot tavataan rehevissä järvissä. Rehevöitymisen lisääntyminen ja runsaan orgaanisen aineksen muodostuminen saattaa rajoittaa järviruon kasvua: hajoava orgaaninen aines aiheuttaa hapettomuutta ja syntyvä rikkivety voi myrkyttää ja tuhota järviruokokasvustoja. Varsinkin karuissa ja turverantaisissa vesissä järvikorte (*Equisetum fluviatile*) syrjäyttää järviruon. Korte viihtyy ruokoa paremmin myös pehmeällä pohjalla sen antaessa suojaa jääeroosiota vastaan. Korte oli Harvanjärvestä enimmäkseen heikko- ja harvakasvuinen.

Rantapalpakko (Sparganium emersum) kasvaa matalassa rantavedessä tai märällä rannalla pystyversoisena ilmalehtisenä. Syvässä vedessä se on kelluslehtinen ja virtapaikoissa pelkästään uposlehtinen. Kasvumuotojen moninaisuuden ja kasvualustan laajan ravinteisuuden vuoksi laji on yleinen. Se tosin suosii pehmeäpohjaisia, ravinteikkaita kasvupaikkoja ja hyötyy rantojen laidunnuksesta ja rannoilla liikkumisesta. Toisaalta laji on heikonlainen kilpailija sulkeutuneessa rantakasvillisuudessa, ja kasvipeitteen rikkoutuminen on sille eduksi.

Ulpukka (Nuphar lutea) on kasvualustan ja ravinnevaatimusten suhteen erittäin laaja-alainen, minkä vuoksi sitä tavataan lähes kaikissa järvissä. Sen kasvustot tihenevät ja laajenevat vesistön rehevöityessä ja pohjan liejuuntuessa. Vankan maavarren ansiosta laji kestää hyvin myös kuivuutta. Ruovikon ulkopuolella ja aukkopaikoissa kasvaa myös lumme (*Nyphaea*), joka tosin suosii ulpukkaa enemmän suojaisia mieluiten pehmeitä, liejuisia pohjia. Molempien ravinnepitoiset juurakot ovat piisamien herkkua. Lumme onkin monin paikoin piisamin vuoksi taantunut.

Uistinviita (Potamogeton natans) viihtyy ravinnesuhteiltaan kaikentyyppisissä vesissä, runsaimmillaan se kasvaa suojaisissa hiesupohjaisissa lahdissa 0,5 - 1,5 m syvyydessä. Elintilakilpailussa se menestyy hyvin seuralaistensa ulpukan, lumpeen, vesitatarin, keiholehden, rihma- ja rantapalpakon kanssa.

Siimapalpakko (Sparganium gramineum) kasvaa useimmiten ruoko- ja ulpukkavyöhykkeiden ulkopuolella. Se muodostaa pitkän juurakkonsa avulla laajoja kasvustoja, jotka ovat runsaimmillaan kirkasvetisissä ja karuissa järvissä 1,5 - 2,5 m syvyydessä.

Ahvenviita (Potamogeton perfoliatus) on todennäköisesti järviemme yleisin uposkasvi, laaja-alainen kasvupaikan ja ravinnevaatimuksen suhteen. Se viihtyy myös kalliorannoilla ja sameissa vesissä. Kirkkaissa vesissä sitä tavataan jopa neljän metrin syvyydessä. Vaikka laji kasvaa mitä moninaisimmilla alustoilla, se kärsii veden happamoitumisesta ja asumajätevesien aiheuttamasta vesien rehevöitymisestä.

Harvanjärveltä puuttuivat irtokellujat. Vesi ei siis ole riittävän rehevää veden ravinteiden turvin kasvaville kasveille. Järvestä puuttuivat suuret pohjalehtiset; matalalla oleva vesi mahdollisti pienikokoisten pohjalehtisten, mm. rantaleinikin ja hapsiluikan kasvamisen. Rantamatalien liejupohjaisuus ja sameahko vesi estävät normaalin pohjalehtisten elomuotovyöhykkeen muodostumisen. Sammalia ei tavattu; niiden levittäytymisen estää pääosan vuodesta veden emäksinen pH.

Harvanjärvellä uposkasvillisuus oli kelluslehtisten (pääasiassa ulpukan) hallitsevan kasvun vuoksi vähäinen ja kasvusyvyys varsin rajoittunut. Myöskään veden sameus ei suosi uposlehtisiä, jotka yleensä kasvavat kelluslehtisten ulkopuolella.

Harvanjärven vesikasvillisuus käsitti irtokellujia ja –keijujia lukuun ottamatta muut elomuodot, siten lajisto oli kaikkiaan kohtalaisen monipuolinen. Valtalajit – järviruoko ja ulpukka - olivat pääasiassa hyväkuntoisia, mutta kasvualoiltaan vain paikoin melko laajoja, vaikka pohjan ja veden laatu sekä rantaprofiili suosivat näitä lajeja. Näistä kasveista vapaat rantaosat mahdollistivatkin mm. vita- ja palpakkokasvustojen sekä pienikokoisten pohjalehtisten kasvamisen. Harvanjärvestä ei tavattu uhanalaisia tai edes silmälläpidettäviä lajeja. Myös rehevyyden indikaattorilajit ja sammalet puuttuivat. Kasvillisuus ja lajisto osoittivat kasvualueet pehmeäpohjaisiksi ja veden keskireheväksi.

Taulukko 17. Kasvillisuuden lajiluettelo. Kasvien ravinteisuusvaatimukset ja suhtautuminen veden likaantumiseen. 28 laji, joista varsinaisia vesikasveja 19 kpl. Selitykset 1) + = suosii jätevesiä, 0= ei vaikutusta, - = ei tietoa. 2) o = karun veden laji, e = rehevän veden laji, m = keskirehevän veden laji, i = veden ravinteisuudella ei vaikutusta

RUOHOMAISET JA RUOKOMAISET ILMAVERSOISET		Suhtautuminen veden likaantumiseen 1)	Ravinteisuus- vaatimukset 2)
Järvikorte	Equisetum fluviatile	0	i
Järviruoko	Phragmites australis	0	i
Rantaluikka	Eleocharis palustris	0	i
Leveäosmankäämi	Typha latifolia	+	m-e
Rantapalpakko	Sparganium emersum	+	i
Ratamosarpio	Alisma plantago-aquatica	0	m-e
Pystykeiholehti	Sagittaria sagittifolia	+	m-e
Viiltosara	Carex acuta	0	m-e
Pullosara	C.rostrata	0	i
Vehka	Calla palustris	0	i
Jouhivihvilä	Juncus filiformis	0	
Kurjenjalka	Potentilla palustris	0	i
Rantakukka	Lythrum salicaria	0	m
Rentukka	Caltha palustris	0	m
Suohorsma	Epilobium palustre	0	i
Ranta-alpi	Lysimachia vulgaris	0	
KELLUSLEHTISET			
Ulpukka	Nuphar lutea	+	i
Uistinvita	Potamogeton natans	0	i
Kelluskeiholehti	Sagittaria natans	+	m-e
Siimapalakko	Sparganium gramineum	0	m
UPOSLEHTISET			
Ahvenvita	Potamogeton perfoliatus	+	m
Pitkälehtivita	P. praelongus	+	m-e
Järvisätkin	Ranunculus peltatus	-	
Pikkuvesitähti	Callitriche palustris	-	m
POHJALEHTISET			
Rantaleinikki	Ranunculus reptans	-	o-m
Äimäruoho	Subularia aquatica	-	o
Kolmihedevesirikko	Elatine triandra	-	m
Hapsiluikka	Eleocharis acicularis	-	o-m

7. JOHTOPÄÄTÖKSET HARVANJÄRVEN TILASTA

Harvanjärvi on veden fosforipitoisuuden suhteen luokiteltavissa reheväksi. Myös veden klorofylli-*a* pitoisuus on rehevän järven luokkaa, ajoittain jopa erittäin rehevän järven tasoa. Harvanjärven ongelmana on syvänealueiden loppupalven ja loppukesän aikainen hapen vähyys, joka aiheuttaa sisäistä kuormitusta. Sisäisen kuormituksen merkitystä lisää myös järven runsas särkikalakanta, jonka seurauksena sedimentin ja veden välillä tapahtuva ravinteiden liikkuminen lisääntyy. Sisäisen kuormituksen osuus vuosittaisesta kokonaiskuormituksesta on 91 %. Harvanjärveen kohdistuvan ulkoisen kuormituksen määrä on nykyisin melko pieni ja sen merkitys järven rehevyyden kannalta on kuormitussietorajamallin perusteella vähäinen.

II TOIMENPIDEVAIHTOEHDOT

1. JOHDANTO

Seuraavassa esitellään toimenpidevaihtoehtoja joita voidaan soveltaa Harvanjärvellä. Lisäksi käsitellään toimenpidevaihtoehtoja, joiden soveltaminen on poisluettu Harvanjärven tapauksessa. Toimenpidevaihtoehdot on jaettu kolmeen ryhmään, sisäisen ja ulkoisen kuormituksen vähentämiseen pyrkiviin toimenpiteisiin, sekä virkistyskäyttöarvoa lisääviin toimenpiteisiin.

Kuormitusvähennysten tavoitetasoa pyrittiin arvioimaan Lappalaisen (1974) fosforimallin avulla. Valunta-arvona käytettiin Pohjois-Savon vuosien 1961 - 1990 keskivaluntaa ($11 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) ja Harvanjärven vuoden keskiarvoisena fosforipitoisuutena ainetaselaskelmissa käytettyä $19 \mu\text{g l}^{-1}$. Ulkoisen kuormituksen arvona käytettiin 182 kg a^{-1} , joka on laskettu maankäytön ja haja-asutuksen kuormituksen perusteella. Kuormituksesta 26 % on peräisin haja-asutuksesta.

Koska Harvanjärvessä on useita hapettomia syvänealueita ja lisäksi vääristynyt kalakannan rakenne, on sisäisen kuormituksen ravinteita sedimentistä vapauttavilla mekanismeilla merkitystä järven rehevyyden kannalta. Oikaisemalla kalakanta ja pitämällä syvänteet hapellisina voidaan kokemukseräisen tiedon perusteella vaikuttaa sisäiseen kuormitukseen siten, että Harvanjärven veden kokonaisfosforipitoisuus pienenesi $3,6 \mu\text{g l}^{-1}$ ($19 \mu\text{g l}^{-1} \rightarrow 15,4 \mu\text{g l}^{-1}$).

Jos sisäiseen kuormituksen vähennyskeinojen lisäksi ulkoista kuormitusta vähennettäisiin maatalouden osalta Lampareen ja Harvanjärven valuma-alueelle suunniteltujen suojavyöhykkeiden pidättämän fosforimäärän verran, sekä haja-asutuksen osalta -90 %, vähenisi ulkoinen kuormitus yhteensä 26 %. Harvanjärveen kohdistuva ulkoinen kuormitus olisi tuolloin yhteensä 135 kg a^{-1} . Veden fosforipitoisuus laskisi silloin edelleen $2 \mu\text{g l}^{-1}$ ($15,4 \mu\text{g l}^{-1} \rightarrow 13,4 \mu\text{g l}^{-1}$).

Yllä esitetyn laskelman perusteella sisäisen kuormituksen vähennyskeinoilla saadaan Harvanjärvellä aikaan suurempi vaikutus veden fosforipitoisuuden alenemisen suhteen kuin pelkästään ulkoisen kuormituksen vähennyskeinoilla. Ulkoisen ja sisäisen kuormituksen vähentämiseen kohdistuvilla kunnostustoimilla veden fosforipitoisuus voi laskea 30 %. Ravintoverkkoon kohdistuvan kunnostuksen avulla veden klorofyllipitoisuus voi laskea 40 - 50 %.

2. SISÄINEN KUORMITUS

2.1. Hapetus / ilmastus

Hapetuksen toteuttaminen voidaan jakaa kahtia tavoiteltavan tuloksen perusteella. Toinen on kalakuolemien ehkäisy talvi-ilmastuksen avulla (pintailmastimilla) ja toinen pohjasedimentin pintakerroksen pitäminen hapellisena ravinteiden vapautumisen ehkäisemiseksi. Harvanjärvellä hapetuksen päätarkoituksena olisi pohjasedimentin pintakerroksen pitäminen hapellisena kesä- ja talviaikana, jolloin hapettomuus ja sen seurausilmiöt (mm. sisäinen kuormitus, pohjaeliöstön yksipuolistuminen) vähenevät.

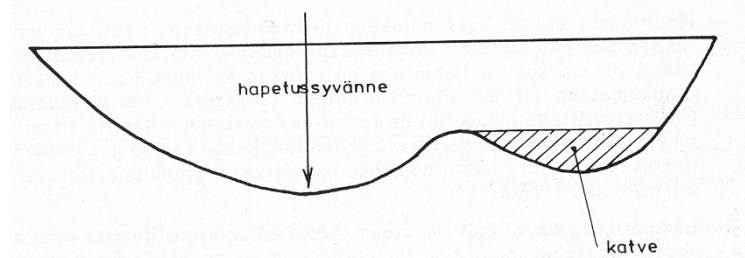
Vuoden 2006 analyysitulosten mukaan kesäaikaista hapen vähyyttä esiintyi kaikissa tutkituissa syvänteissä. Sedimenttitarkastelun ja happimittausten tulosten perusteella voidaan olettaa, että happiongelmia esiintyy kesäaikana kaikilla yli 6 metriä syvemmillä vesialueilla. Harvanjärven syvänteet ovat erillisiä syvänteitä, joten niitä tulisi hapettaa tai ilmastaa erikseen syvänteiden välisten matalien alueiden aiheuttamien katveiden takia (kuva 33). Koska kaikkien syvänteiden pitäminen hapellisena on käytännössä liian kallista, on syvänteet priorisoitava hapettamista ajatellen. Priorisointi voidaan tehdä syvänteiden pinta-alan, tilavuuden ja sisäisen kuormituksen seurauksena vapautuvan fosforimäärän perusteella (taulukko 18).

Sisäisen kuormituksen määrää ja hapetuksen merkitystä sisäisen kuormituksen vähentäjänä voidaan arvioida Jyväskylän yliopiston Ympäristöntutkimuskeskuksen Jyväsjärven sisäistä kuormitusta ja sedimentin fosforinpidätyskykyä koskevien tutkimustulosten perusteella (Palomäki 2004). Tutkimuksen mukaan hapellisissa olosuhteissa sedimentistä vapautuvan fosforin määrä on noin $1 - 2 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (ka. $1,5 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) ja hapettomissa olosuhteissa $7 - 21 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (ka. $14 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). Harvanjärven 6 metriä syvemmiltä alueilta vapautuvan fosforin määrää on tarkasteltu taulukossa 18.

Harvanjärven talvi- ja kesäaikaisten heikkohappisten jaksojen pituutta ei tiedetä tarkkaan, mutta kesäaikaisen hapenkulumisnopeuden ($0,28 \text{ mg l}^{-1} \text{ d}^{-1}$) perusteella pohjanläheisen veden heikko happitilanne alkaa 29 vrk kevätkierron jälkeen ja jatkuu vuoden 2006 analyysitulosten perusteella aina syyskierron alkuun asti (yht. noin 90 vrk). Talviaikaisten mitaustulosten perusteella happea riittää pohjan lähellä $0,09 \text{ mg l}^{-1} \text{ d}^{-1}$ hapenkulumisnopeudella jäätymisen jälkeen 106 päivää, eli noin 3,5 kk.

Kesäkuun puolestavälistä elokuun puoleenväliin kestävän pohjanläheisen veden heikkohappisen kauden aikana (yht. 90 vrk) Harvanjärvestä vapautuu $> 6 \text{ m}$ syvemmiltä vesialueilta yhteensä keskimäärin 423 kg fosforia. Vastaavana aikana hapellisissa olosuhteissa vapautuvan fosforin määrä on keskimäärin 45 kg. Hapellisissa olosuhteissa vapautuvan fosforin määrä on vain 11 % hapettomissa olosuhteissa vapautuvasta fosforimäärästä. Huom! Ainetaselaskelmien sisäisen kuormituksen laskentatulokset ja tässä esitetty laskelma eivät ole suoraan vertailtavissa. Ainetaselaskelma perustuu kokonaisfosforin kokonaisainevirtaamaan, jossa huomioidaan mm. sedimentin resuspensio ja muu aineiden kulkeutuminen. Sedimentin fosforinpidätyskykyä koskevat laskelmat taas perustuvat Jyväsjärven sedimentistä mitatun liukoisen fosforin diffuusioon. Sedimentin pidätyskykyä koskevissa laskelmissa ei huomioitu resuspension aiheuttamaa ravinteiden vapautumista.

Taulukossa 18 esitettyjen laskelmien perusteella **merkittävimmät syvänteet sisäisen kuormituksen vähentämisen kannalta ovat Kellolahden syvänealue ja Kylmäkorvenlahden syväne**. Hapetettavia syvänteitä olisi silloin kolme. Kellolahden syvänteessä hapetus voidaan kuitenkin kohdistaa eteläiseen syvänteeseen, joka on tilavuudeltaan suurempi kuin Kellolahden pohjoinen syväne. Pohjoisen syvänteen käsittelemättä jäävä tilavuus (noin 9 metriä syvemmät alueet) on noin $21\,300\text{ m}^3$, eli 3 % 6 metriä syvempien vesialueiden kokonaistilavuudesta. Sisäisen kuormituksen kannalta katveeseen jäävältä $35\,000\text{ m}^2$ (pohjoisen syvänteen 9 metriä syvempien alueiden pinta-ala) alalta vapautuu hapettomissa olosuhteissa fosforia $0,49\text{ kg d}^{-1}$, joka on hieman yli puolet pohjoisen syvänteen 6 m syvempien alueiden pinta-alalta vapautuvasta fosforimäärästä.



Kuva 33. Hapettimen vaikutusalue sekä kynnyksen taakse jäävän katveen muodostuminen (Wahlgren ym. 1990).

Taulukko 18. Kesäaikana 6 metriä syvemmiltä vesialueilta vapautuvan fosforin määrä.

Syväne	Pinta-ala, m^2 (syvyys >6m)	Hapettomissa olosuhteissa vapautuva fosfori ka. $14\text{ mg m}^{-2}\text{ d}^{-1}$, kg/d ja (kg/90 d)	vrt. hapellisissa olosuhteissa vapautuva fosfori ka. $1,5\text{ mg m}^{-2}\text{ d}^{-1}$, kg/d ja (kg/90 d)
Latosaari	24 265	0,34 kg/d (30,6 kg/90 d)	0,04 kg/d (3,6 kg/90 d)
Antinsaari	17 506	0,24 kg/d (21,6 kg/90 d)	0,03 kg/d (2,7 kg/90 d)
Kellolahden syväne	163 964	2,3 kg/d (207 kg/90 d)	0,24 kg/d (21,6 kg/90 d)
pohjoinen, max 12,5 m	57 583	0,8 kg/d (72 kg/90 d)	0,09 kg/d (8,1 kg/90 d)
eteläinen, max 15,2 m	106 381	1,5 kg/d (135 kg/90 d)	0,16 kg/d (14,4 kg/90 d)
Kylmäkorvenlahti	71 366	1 kg/d (90 kg/90 d)	0,1 kg/d (9 kg/90 d)
Lempinen	17 199	0,2 kg/d (18 kg/90 d)	0,03 kg/d (2,7 kg/90 d)
Palosenlahti	40491	0,6 kg/d (54 kg/90 d)	0,06 kg/d (5,4 kg/90 d)
YHT:	334 791	4,7 kg/d (423 kg/90 d)	0,5 kg/d (45 kg/90 d)

Lisähapen johtaminen pohjan lähelle voidaan tehdä joko pumpaamalla hapellista päällysvettä alusveteen tai käyttämällä ilmastinta. Päällysveden johtaminen alusveteen voidaan toteuttaa kierrätyshapetuksella, joista eräs esimerkki on Mixox -kierrätyshapetin. Tämä menetelmä ei sovi talviaikaiseen käyttöön sellaisissa järvissä, joissa happi saattaa loppua kokonaan ennen kevättä. (Lappalainen & Lakso 2005). Ilmastimen toimintaperiaate perustuu ilmassa olevan hapen siirtämiseen veteen. Syvissä järvissä ilmastettu vesi johdetaan hapen liukenemisen jälkeen alusveteen.

Kustannukset riippuvat kohteen luonteesta ja tarvittavista laitteista. Hapettamisen kustannukset voidaan kuitenkin jakaa kolmeen pääkohtaan

- 1) perustaminen,
- 2) laitteen hankinta/vuokraus/urakointi,
- 3) energia ja ylläpitokulut.

Perustamiskustannukset ovat yleensä luokkaa 2500 - 3000 euroa sisältäen sähkökeskuksen ja kaapeloinnit. Laitteen hankintahinnat vaihtelevat välillä 1500 - 5000 euroa/kW laitteen tyypistä riippuen. Yksikkökustannukset ovat yleensä ilmapuhallusta käyttävissä hapettimisessa 0,1 - 0,4 euroa/kg O₂ ja kierrätyshapetuksessa 0,05 - 0,2 euroa happikiloa kohti. Järven pinta-alaan suhteutettuna vuosikulut ovat normaalisti 40 - 200 euroa/ha. Kustannukset voidaan arvioida myös laitteen tehon mukaan. Energian hinta vaihtelee, mutta keskihinta on 0,1 euroa/kW. Esimerkiksi 4 kW:n ilmastimen vuoden aikana (käyttöaika noin 200 d) käyttämä energia maksaa noin 1900 euroa.

Harvanjärven sopivien laitteiden teho voidaan arvioida seuraavasti (taulukko 19 ja 20): Laitemitoitusta koskevissa arvioissa on käytetty Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd:n Mixox-kierrätyshapetinta ja Visiox alusvesi-ilmastinta. Muiden valmistajien laitteet on mitoitettava valmistajien ilmoittamien tehojen mukaisesti.

Kesä:

Kesällä hapetettavan vesimassan tilavuus kasvaa veden kerrostumisesta johtuen. Harvanjärven harppauskerros on 5 metrin syvyydessä. Kesällä hapettavaksi voidaan valita 6 metriä syvemmät alueet. Kesällä alusveden hapenkulumisnopeus on 0,28 g m⁻³ d⁻¹. Hapetettaessa hapen kulumisnopeus kasvaa, joten tällöin todellinen hapen tarve on noin kaksinkertainen häiritsemättömään tilanteeseen verrattuna.

Kellolahden syvänteiden kesäaikainen hapetustarve on noin 310 kg d⁻¹ (220 kg d⁻¹ eteläisen syvänteiden hapetustarve + pohjoisen syvänteiden hapetustarve syvyydellä 6-10 m 90 kg d⁻¹). Kellolahden syvänteiden pohjanläheisen veden pitäminen hapellisena voidaan toteuttaa Mixox-750 kierrätysvapettimella (1,1 kW), jonka hapensiirtoteho on päällysveden happipitoisuuden ollessa 8 mg l⁻¹ 280 kg d⁻¹ ja pumppaus-teho 35 000 m³ d⁻¹. Päällysveden pumppaus pohjan lähelle nostaa pohjanläheisen veden lämpötilaa, aiheuttaen syyskierron aikaistumisen lämpötila- ja tiheyserojen tasaantuessa vesimassassa. Mixox-750 laitteen pumppaus-tehosta johtuen alusvesi (>5 m, 1 800 000 m³) vaihtuu 51 päivässä, aikaistaen syystäyskiertoa tuulista ja päällysveden lämpötilasta riippuen noin kuukaudella. Mixox-750 laitteen mitoitustarve on Kellolahden syvänteen ajatellen riittävä, mutta hapetustehon on riittävä. Laitetehoa voidaan tarkentaa myöhemmin, kun laitteen vaikutusta pohjanläheisen veden happitilanteeseen on seurattu vedenlaatuanalyysien avulla.

Kylmäkorven syvänteiden kesäaikainen hapetustarve on 94 kg d⁻¹.

Kylmäkorven syvänteiden pohjanläheisen veden hapettaminen voidaan toteuttaa pienemmällä Mixox -kierrätysvapettimella (Mixox-500, 0,6 kW), jonka hapetusteho on päällysveden 8 mg l⁻¹ happipitoisuudella 121 kg d⁻¹ ja pumppaus-teho 15 100 m³ d⁻¹. Mixox -kierrätysvapetin nostaa kesäaikana pohjanläheisen veden lämpötilaa pumpatessaan lämpimämpää päällysvettä pohjan lähelle. Lämpeneminen lisää hapenkulutusta hajotustoiminnan kiihtyessä pohjalla. Vaihtoehtoisena menetelmänä voidaan käyttää ilmastinta, joka pumppaa heikkohappista pohjanläheistä vettä pinnalle. Pohjalle palautuva vesi ei ehdi lämmentä ilmastuksen yhteydessä, vaan palaa lähes saman lämpöisenä takaisin pohjalle. Kylmäkorven ilmastamiseen voidaan käyttää esimerkiksi Visiox -ilmastinlaitetta. Visiox-ilmastimien hyötysuhteena voidaan käyttää 1 kg O₂/1 kWh. Tällöin Kylmäkorven syvänteiden 94 kg d⁻¹ hapetustarpeen täyttäisi 4 kW:n ilmastinlaitte.

Talvi: Talvella hapettoman alueen laajuudeksi rajataan 10 metriä syvemmät vesialueet. Talvella hapenkulumisnopeus on Harvanjärvessä $0,09 \text{ g m}^{-3} \text{ d}^{-1}$. Hapetettaessa hapen kulumisnopeus kasvaa, joten tällöin todellinen hapen tarve on noin kaksinkertainen häiritsemättömään tilanteeseen verrattuna. Kellolahden ja Kylmäkorven 10 metriä syvempien alueiden yhteistilavuus ($194\,880 \text{ m}^3$) on 2,4 % järven koko tilavuudesta ($8\,200\,000 \text{ m}^3$).

Kellolahden eteläisen syvänteeseen talviaikainen hapetustarve on noin 20 kg d^{-1} . Talviaikainen hapetus voidaan toteuttaa Mixox-750 laitteella. Harvanjärven tapauksessa ei ole talviaikana vaaraa päällysveteen liuenneen hapen loppumisesta, sillä päällysveden ($<4 \text{ m}$) tilavuudella ($6,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) ja Mixox-750 pumppausteholla ($35\,000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$) laskettuna päällysvesi vaihtuu 171 päivässä. Talviaikainen hapetusaika on jäätymishetkestä riippuen noin 5 kuukautta, eli 150 päivää. Päällysveteen sitoutuneen happimäärän riittävyys voidaan laskea myös syyskierron jälkeen päällysveteen liuenneen hapen määrän ja kulutuksen perusteella seuraavasti ($9,5 \text{ g m}^{-3} \times 6,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) - ($20 \text{ kg d}^{-1} \cdot 150 \text{ d}$) = $54\,000 \text{ kg}$. Päällysveden happisältö riittää siis talviaikaiseen Mixox -hapetukseen, eikä vaaraa happikadosta ole.

Kylmäkorven syvänteessä talviaikainen hapetustarve on noin $0,5 \text{ kg d}^{-1}$. Kylmäkorvenlahden syvänteeseen pohjanläheisen veden pitäminen hapellisena voidaan toteuttaa samalla laitteistolla kuin kesäaikaanakin.

Mixox-hapettimen edut:

- hyvä hyötysuhde (Mixox-750: $10,6 \text{ kg O}_2 \text{ kWh}^{-1}$)
- energiakulut ovat pienemmät kuin vastaavan hapetustehon aikaansaavalla ilmastinlaitteella (Mixox-750: $26,4 \text{ kWh d}^{-1}$)
- Pinnan alle sijoitettava laite ei ole yhtä herkkä mm. jäiden lähdön mahdollisesti aiheuttamille vaurioille, kuten pinnalle sijoitettavat laitteet.

Alusvesi-ilmastimen edut:

- laitteen vaikutus järven ekologiaan on vähäisempi, koska pohjanläheisen veden lämpötila ei nouse kesäaikaan.
- Alusvesi-ilmastimella vaikutus voidaan kohdistaa tarkemmin tiettyyn syvyyteen, jolloin säästetään energiakuluissa.
- Alusvesi-ilmastin säilyttää järven lämpötilakerrosteisuuden, jolloin ravinnerikkaampi alusvesi ei pääse sekoittumaan päällysveteen.

Ilmastuksen energiakulut ovat moninkertaiset vastaavan tehoiseen kierrätys- ja hapettimeen verrattuna (taulukko 21).

Taulukko 19. Harvanjärven syvänteiden hapenkulutus kesäaikana.

SYVÄNNE	Pinta-ala, m² (syv. > 6 m)	Tilavuus, m³ (> 6 m)	Happea alusvedessä (> 6 m), kg kevätkierron jälk. 8 mg/l pit. laskettuna	Hapenkulumis-nopeus kesällä, kg/d (0,28 g/m ³ /d)	Syvänte-alueiden hapen riittävyys (> 6 m), vrk	Hapetuksen aiheuttama hapenkulumisen lisääntyminen x 2, kg/d
Latosaari	24 265	17 000	136	4,8	28	9,6
Antinsaari	17 506	2900	23	0,8	29	1,6
Kellolahden syvänte	163 964	577 000	4 616	162	28	324
pohjoinen, max 12,5 m	57 583	183 300	1 466	51	29	102
eteläinen, max 15,5 m	106 381	394 000	3 152	110	29	220
Kylmäkorvenlahti	71 366	169 100	1 353	47	29	94
Lempinen	17 199	14 900	119	4	30	8
Palosenlahti	40 490	32 400	259	9	29	18

Taulukko 20. Harvanjärven syvänteiden hapenkulutus talviaikana.

Syvänte	Pinta-a., m² (syv. >10 m)	Tilavuus, m³ (> 10 m)	Happea alusvedessä, O₂kg (> 10 m) syyskierron jälk. 9,5 mg/l pit. laskettuna	Hapenkulumis-nopeus talvella kg/d (0,09 g/m ³ /d)	>10 m syvempien alueiden hapen riittävyys, vrk	Hapetuksen aiheuttama hapenkulumisen lisääntyminen x 2, kg/d
Kellolahden syvänte						
pohjoinen, max 12,5 m	25 553	21 300	202	1,9	106	3,8
eteläinen, max 15,5 m	40 844	110 000	1045	9,9	106	19,8
Kylmäkorvenlahti	17 685	3 000	28,5	0,27	106	0,54

Taulukko 21. Kustannukset (alv. 0 %).

KUSTANNUSERÄT, Mixox-750 (Kellolahti)	Urakointi	Ostolaite
Kaapelit + sähkökeskus (n. 210 m kaapeli + 30 m nousukaapeli)	1300 + 1500	1300 + 1500
Sähkö 0,1 €/kWh	528	528
Huollot (1 huolto / 2 v.)	670	670
Urakointi (sis. sähkö + huolto + muut) tai ostohinta	6835	17 996
KUSTANNUSERÄT, Mixox-500 (Kylmäkorpi A-vaihtoehto)	Urakointi	Ostolaite
Kaapelit + sähkökeskus (n. 240 m kaapeli + 25 m nousukaapeli)	1330 + 1500	1330 + 1500
Sähkö 0,1 €/kWh	288	288
Huollot (1 huolto / 2 v.)	590	590
Urakointi (sis. sähkö + huolto + muut) tai ostohinta	4 745	11 770
KUSTANNUSERÄT, Visiox 4 kW (Kylmäkorpi B-vaihtoehto)	Urakointi	Ostolaite
Kaapelit + sähkökeskus (n. 240 m kaapeli + 25 m nousukaapeli)	1330 + 1500	1330 + 1500
Sähkö 0,1 €/kWh	1900	1900
Huollot (1 huolto / 2 v.)	850	850
Urakointi (sis. sähkö + huolto + muut) tai ostohinta	n. 6 000	20 000

2.2. Tehokalastus

Ravintoketjukurinnotus eli biomanipulaatio tarkoittaa menetelmää, jolla pyritään parantamaan veden laatua vähentämällä rehevöitymisen myötä järveen kehittynyttä runsasta särkikalavaltaista kalastoa tehokalastuksella tai estämään järven tilan heikkenemistä hoitokalastuksella. Kalastuksen rinnalla pyritään voimistamaan petokalakantoja, jotka käyttävät ravinnokseen järven särkikalastoa. (Sammalkorpi ja Horppila 2005). Järven ravintoketjun vinoutuessa kalojen saaliina käyttämien suurikokoisten planktoneläinten määrä vähenee, jolloin niiden kasviplanktoniin kohdistuva saalistus vähenee ja kasviplanktonin määrä kasvaa edesauttaen leväkukintojen syntymistä. Tehokalastuksen tavoitteena on vähentää eläinplanktonia saalistavien kalojen määrää, jolloin muutokset ravintoketjussa vaikuttavat kasviplanktoniin ja tehokalastuksen onnistuessa järven vesi kirkastuu ja ravinteiden määrä vedessä alenee.

Särkikalavaltaisen järven ravintoketjukurinnotuksella vähennetään myös särkikaloiden voimistamaa ravinteiden kiertoa. Tiheät särkikalakannat edesauttavat järven rehevöitymistä siirtämällä pohjasedimentin sisältämiä ravinteita veteen pohjaa pöyhiessään, kalojen eritteiden mukana vapautuvat ravinteet ovat kasviplanktonia suosivassa muodossa ja suureen särkikalabiomassaan on sitoutunut paljon ravinteita, jotka vapautuvat kalojen kuollessa.

Tehokalastuksen avulla saadaan järvestä poistettua suuria määriä ravinteita. Särkikaloiden tuorepainosta voi olla fosforia 0,6 - 0,8 % ja typpeä yli 2,5 %. Tehokkaimmin kalastetuissa kunnostuskohteissa on kalojen mukana poistunut fosforimäärä ollut yhtä suuri kuin koko vesimassan sisältämä fosforimäärä. Tehokkaalla kalastuksella poistettava ravinnemäärä voi

olla merkittävä myös ulkoiseen kuormitukseen verrattuna. Esim. Säkylän Pyhäjärvellä kalansaaliin mukana poistuu keskimäärin 19 % ulkoisen kuormituksen tuomasta fosforin määrästä (Sarvala ym. 1997).

Tehokalastuksissa pyydyksinä on käytetty yleisimmin nuottaa sekä vähäisemmässä määrin troolia, paunettia, rysää ja katiskaa. Nuotta ja trooli ovat pyydyksiä, joiden käyttö vaatii ammattimaista osaamista. Paunetti-, rysä- ja katiskakalastus soveltuvat kalastajille, joilla on vähemmän kokemusta tehokalastuksesta.

Kunnostushyöty on suurimmillaan, kun saalis painottuu nuoriin kaloihin, joiden vaikutus veden laatuun on suurin. Nuoria kaloja saadaan saaliiksi erityisesti syys- ja talvinuottauksessa, mutta myös kesäaikana rysillä. Pelkästään aikuisia kaloja poistava kutupyynti ei ole kalaston harventamisen kannalta tehokasta.

Eri tehokalastusmenetelmiä ja niiden soveltuvuutta Harvanjärvelle on vertailtu ohessa:

Nuottaus

- käytetyin pyyntimuoto tehokalastuksessa pienillä ja keskisuurilla järvillä
- vaatii ammattilaisen työpanosta
- hyvä erityyppisten vesialueiden tavoitettavuus
- voidaan tehdä myös talvella
- kustannukset 0,5-1,0 euroa/kalakilo
- voi onnistuessaan poistaa tehokkaasti särkikalaa, joka on ongelmana Harvanjärvellä

Rysä- ja paunettipyynti

- nuottauksen ohella käytetyin tehokalastuksen pyyntimuoto
- voidaan toteuttaa myös talkootyönä, ei vaadi välttämättä ammattilaisia
- voidaan kalastaa myös matalassa vedessä
- sopivan paikan löytäminen voi olla hankalaa, kalastus keskitetään keväällä särkikalojen kutualueille
- kustannukset 0,3 - 0,5 €/kalakilo
- soveltuu hyvin Harvanjärvelle

Pienimuotoissa tehokalastushankkeissa voidaan pyydyksenä käyttää myös katiskaa tai pientä rysää. Nämä soveltuvat pyyntimuotona hyvin myös Harvanjärvelle. Näiden pyydyksien etuna on, että kalastusta voi harjoittaa lähes jokainen kalastaja, jolloin tehokalastukseen halukkaat ranta-asukkaat voivat osallistua hankkeeseen. Muutamalla suurella ja tiheällä katiskalla voi parhaimmillaan saada satojen kilojen saaliin hyvältä pyyntipaikalta, kuten kuturannoilta tai puroista ja kesällä vesikasvustojen joukosta. Osakaskunnat voivat tukea pyyntiä hankkimalla pyydyksiä ranta-asukkaille ja maksamalla pyyntikorvausta saadusta saaliista.

Harvanjärven kalastusalueen isännöitsijän Matti Herdin mukaan Harvanjärven tehokalastus voidaan toteuttaa täysin talkootyönä. Kalastus voidaan toteuttaa rysillä, joita on saatavilla kalastusalueelta ja yksityisiltä omistajilta yhteensä kuusi kappaletta. Herdin mukaan talkootyönä tehtävään rysäpyyntiin tulisi saada kokoon 3 kuuden hengen ryhmää, jolloin työmäärä ryhmää kohden pienenee.

2.2.1. Tehokalastuksen tarve

Vesianalyysitulosten perusteella Harvanjärvi on luokiteltavissa reheväksi. Valtaosa kuormituksesta (91 %) aiheutuu järvien sisäisten prosessien kautta ja ulkoisen kuormituksen osuus

on vain vähäinen. Tällaisessa tapauksessa tehokalastuksella voidaan saavuttaa positiivisia tuloksia järven vedenlaatuun. Koekalastustulosten mukaan Harvanjärvi edustaa kalastorkenteeltaan voimakkaasti särkikalavaltaista, rehevää tyyppiä. Petokalojen osuus kalastosta on tällä hetkellä niin pieni, ettei se pysty yksinomaan pitämään kurissa runsasta särkikalakantaa.

Korkeista särkikalojen tiheyksistä johtuen tehokalastuksella voidaan todennäköisesti vaikuttaa järven vedenlaatuun. Harvanjärvellä koekalastuksen mukaan kappalemääräisestä saaliista särjen osuus oli 80 % ja kilomääräisestä saaliista 66 %. Hyvin onnistuneessa ravintoketjokunnostuksessa veden kokonaisfosforin pitoisuus voi vähentyä 20 - 30 % ja klorofylli-*a*:n 30 - 50 %. Tehokalastuksella voidaan lisäksi vaikuttaa kalaston koostumukseen vähentämällä vähempiarvoisen kalaston määrää ja harventamalla kalastoa, jolloin esimerkiksi ahvenen kasvu paranee.

2.2.2. Tehokalastuksen saalistavoite

Tehokalastussuunnitelmissa ja niihin liittyvissä selvityksissä on esitetty, että kunnostettavan vesialueen kaloista pitää poistaa vähintään puolet, jotta voitaisiin odottaa myönteisiä tuloksia.

Suomessa tehdyissä tehokalastuksissa on todettu, että veden laadun kohentumista on odotettavissa, jos kalastoa pystytään vähentämään kahden tai kolmen vuoden aikana vähintään 200 kiloa hehtaarilta (Sarvala & Helminen 1998). Horppilan (1999) mukaan vaadittava saalistaso on 100 kg/ha/vuosi ja esimerkiksi Lahden Vesijärvellä, jossa tehokalastusta on tehty koko 90-luvun, on keskimääräinen saalistaso ollut 80 kg/ha/vuosi. Olin ym. (1998) mukaan sisäistä kuormitusta on saatu alenemaan merkittävästi poistamalla särkikalojen määrä kolmasosaan alkuperäisestä määrästä. Olinin ja Ruuhijärven (2002) mukaan hoitokalastuksen myönteinen vaikutus (veden kirkastuminen, uposkasvien levittäytyminen, hauen ja ison ahvenen runsastuminen) jää lyhytaikaiseksi, jos kalastusta vähennetään jyrkästi ensimmäisten vuosien jälkeen.

Riittävä tehokalastuksen saalistaso, johon Harvanjärvellä tulee pyrkiä, on noin 80 kg/ha/vuosi. Tällä saalistasolla tulisi Harvanjärvestä poistaa vuosittain kalastaa noin 16 700 kg. Koska särjen osuus massamääräisestä saaliista oli koekalastusten mukaan 66 %, olisi vuosittain kalastettavasta kalamäärästä noin 11 000 kg särkeä. Koska särkikalojen tuorepainosta ka. 0,7 % on fosforia, poistuisi järvestä 77 kg fosforia vuosittain. Tämä on noin 48 % Harvanjärveen vuosittain tulevasta ulkoisesta fosforikuormituksesta ja 5 % vuosittaisesta sisäisen kuormituksen aiheuttamasta fosforikuormituksesta.

Kalastuksen tulee olla jatkuvaa ainakin viiden vuoden ajan, joista kolme ensimmäistä vuotta keskitytään voimakkaasti särkikalojen tehopyyntiin ja kaksi seuraavaa vuotta on hieman pienemmällä saalistavoitteella ylläpitävää hoitokalastusta. Hoitokalastuksen saalistavoite ¼ tehokalastuksen vuosittaisesta saalistavoitteesta (4200 kg/a).

2.2.3. Tehokalastuksen kustannukset ja seuranta

Tehokalastuksen vuosittainen kalastusmäärä on 16 700 kg. Kalastus on mahdollista toteuttaa talkootyönä. Jos kalastus toteutetaan kokonaan ammattityönä, olisi vuosittainen kustannus 16 700 kg x 0,8 euroa = 13 360 euroa. Kalastus voidaan toteuttaa myös osittain ammattityönä ja osittain talkootyönä, jolloin syntyvät kustannukset alenevat ja talkootyönä tehtävä kalastus helpottuu.

Tehokalastuksen aiheuttamaa muutosta kalastossa tulee seurata saalisnäytteiden ja koekalastusten avulla. Koekalastus tulee uusia tehokalastuksen jälkeen sekä tämän jälkeen esimerkiksi kolmen vuoden välein. Paikalliset osakaskunnat voivat järjestää järvelle kirjanpitokalastuksen, jolla seurataan verkkokalastuksen yksikkösaaliiden muutoksia. Riittävä määrä seurantaan tarvittavia kalastajia on 2-3 kappaletta.

Iisalmen reitin kunnostushanke on yhteistyössä kalastusalueiden kanssa järjestänyt tehopyydetyn kalansaaliin kuljetuksen turkiseläinten rehuksi. Vuosina 2005 ja 2006 kuljetus rahoitettiin TE-Keskuksen erityismäärärahalla. Kuljetuspalvelua on tarkoitus jatkaa.

2.3. Petokalaistutus

Voimakas petokalakanta on tärkeä edellytys sille, että järven kalakannan rakenne pysyy hyvänä. Kunnostuksen kohteena olevissa järvissä petokalaistutusten avulla on pyritty pitämään kurissa vähempiarvoisten kalalajien kantoja ja toisaalta pyritty vahvistamaan arvokkaana pidettyjä kalalajeja lisäämään järven virkistyskäyttöarvoa. Tulokset petokalaistutuksilla eri kunnostushankkeissa ovat olleet vaihtelevia eikä aina ole saavutettu toivottuja tuloksia. Petokalat eivät ole yksistään pystyneet vähentämään vähäarvoisten kalojen määrää ainakaan suuremmissa järvissä.

Harvanjärven petokalakanta (hauki, kuha) on koekalastustulosten perusteella heikko. Hauen kanta on kuitenkin paikallisten asukkaiden mukaan hyvä. Voimakas petokalakanta on tärkeä edellytys sille, että järven kalakannan rakenne pysyy edelleen hyvänä, kun tehokalastuksen pyyntiponnistusta vähennetään. Jos noin 30 % kalabiomassasta on petokaloja, ne voivat säädellä nuorien särkikalojen määrää. Nykyisin järveen istutetaan käyttö- ja hoitosuunnitelman mukaisesti kuhaa ja siikaa (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys 2001).

Harvanjärven petokalaistutukset tulisi aloittaa ensimmäisen vuoden tehokalastuksen jälkeen, jolloin istukkaat ehtisivät kasvaa petokalavaiheeseen teho- ja hoitokalastuksen loputtua. Pääistutuslajina tulisi käyttää yksikesäistä kuhaa, jota istutettaisiin vuosittain noin 3000 kappaletta. Tarvittaessa myös haukikantaa voidaan lisätä istutuksin. Jos vain ulappa-alueen petokalastoa (kuha) voimistetaan, pystyvät nuoret särjet siirtymään siihen ympäristöön, jossa petokalojen aiheuttama saalistus on vähäisempää. Jos sekä ranta-alueen haukikanta että avovesialueen kuhakanta saadaan riittävän vahvoiksi, petokalojen ravintoketjuvaikutus voi nousta merkittäväksi. Kuhan istutuskustannukset ovat noin 600 euroa/vuosi.

2.4. Kuhan alamitan tai verkkojen silmäkoon muuttaminen

Petokalojen merkitystä Harvanjärven kalakannan rakenteen kannalta voidaan lisätä nostamalla kalastusalueen hallinnollisen päätöksen avulla kuhan alamitta nykyisestä lakisääteisestä 37 cm:stä 45 cm:iin tai harventamalla verkkojen silmäkokoa nykyisestä 45 mm:stä 55-60 mm:iin osakaskunnan päätöksellä.

Muuttamalla alamittaa tai verkkojen silmäkokoa, voidaan vaikuttaa kuhakannan mahdollisuuteen lisääntyä järvessä luonnollisella tavalla sekä säädellä samalla saaliskalojen kantaa. Kuhien koon kasvun kannalta verkkojen silmäkoon harventaminen on helpompi toteuttaa kuin alamitan muuttaminen. Verkkojen silmäkokoa tulisi harventaa erityisesti syvänealueilta tapahtuvaa kalastusta ajatellen (ympäri vuotisesti). Kohdentamalla verkkojen silmäkoon

harventaminen syvänealueelle (esim. syvyysvyöhykkeelle > 5 m), olisi verkkokalastus pienemmällä silmäkoolla mahdollista matalammilla vesialueilla.

Etelä-Kallavedellä tehtiin vuosina 2005 – 2006 tutkimus kuhan kasvunopeudesta ja sukukypsyydestä. Kerätyn aineiston perusteella kuha saavuttaa lakisäateisen alamitan 37 cm keskimäärin viidennen kasvukauden aikana. Seitsemännen kasvukauden aikana kuhan pituus kasvaa jo noin 50 cm:iin. Massaksi muutettuna 4-vuotiaat kuhat ovat keskimäärin hie- man yli 300 g ja kuusivuotiaana jo yli kilon painoisia. Kuhakoiraista osa saavuttaa sukukyp- syyden 35 - 40 cm pituisina, ensimmäiset naaraat puolestaan vasta noin 40 cm pituisina. Kaikki naaraat olivat sukukypsiä 50 cm pituisina. Ensimmäiset naaraat kutevat tutkimuksen mukaan 5-vuotiaana ja 7-vuotiaana lähes kaikki naaraat ovat sukukypsiä (Keskinen 2006). Kuhan luonnollisen lisääntymisen kannalta olisi siis tärkeää, että sukukypsien ikäluokkien määrää järvestä pyrittäisiin lisäämään.

Kuhan koolla on merkitystä myös kalan vuosittain kuluttaman saaliskalamäärän perusteella. Kuha syö Salosen ym. (1996) mukaan 1+-vuotiaana kalaa noin 300g, 3+ -vuotiaana (pituus 40 cm) noin kaksi kiloa ja 5+ -vuotiaana (pit. 54 cm) jo noin 4 kg. Kuha koon kasvaessa kasvun ja kulutuksen hyötysuhde heikkenee. Isommilla kuhilla on siis merkitystä myös muun kalakannan säätelijänä.

2.5. Ruoppaukset

Sisäistä kuormitusta voidaan vähentää myös ruoppaamalla hapeton pohjasedimentti pois. Ruoppaamalla poistetaan happea kuluttava heikosti hajonnut aines, jolloin pohjasedimentin hapenkulutus vähenee. Ruoppauskustannukset riippuvat toteutustavasta ja ruopattavasta määrästä, mutta hinnaksi voidaan keskimäärin laskea 10 euroa/m³. On otettava huomioon, että ruopattaessa mm. imuruoppaajalla ruopattavan massan tilavuus kasvaa massa- sekoit- tuvan veden takia lähes kolminkertaiseksi, mikä lisää kustannuksia. Ruoppausmassan tila- vuuden lisääntyminen vedestä johtuen on huomioitava myös läjitysalueita mietittäessä.

Sedimenttikartoituksen mukaan hapetonta sedimenttiä havaittiin 7 metriä syvemmillä alueil- la. Happipitoisuuden perusteella hapettomuutta esiintyy jo 10 metrin syvyydessä kesäaika- na. Happipitoisuus on ollut alhainen myös 7 metrin syvyydessä. Ruopattavana alana voidaan siis pitää 8 metriä syvempiä vesialueita, joiden pinta-ala on yhteensä noin 20 ha. Jos ruopat- tavaksi syvyydeksi arvioidaan 0,5 m, olisi ruopattava tilavuus noin 100 000 m³. Koska ruoppausmassa tilavuus kolminkertaistuu massa- sekoittuvan veden takia, on massan tila- vuus 300 000 m³. Ruoppauksen hinta muodostuu niin suureksi, että menetelmää ei voida pitää soveltuvana Harvanjärven tapauksessa. Sisäisen kuormituksen vähentäjänä ruoppauk- sen merkitys hapetukseen / ilmastukseen verrattuna on samanlainen, kustannukset ovat kui- tenkin moninkertaiset.

2.6. Kemikaalikäsittely

Fosforin saostuksella pyritään kemikaalien avulla sitomaan järven vesimassassa olevaa liu- koista ja kasveille käyttökelpoista fosforia pohjasedimenttiin heikosti liukenevaan muotoon. Käsittely voidaan kohdistaa myös pohjasedimenttiin, jolloin parannetaan sedimentin kykyä pidättää ravinteita. Kemikaalikäsittelyllä voidaan saostaa myös vedessä olevaa humusta, jolloin näkösyvyys kasvaa. Kemikaalikäsittely voidaan toteuttaa, kun järveen tuleva ulkoi- nen kuormitus saadaan kuriin. Jos kuormitusta tulee runsaasti valumavesien mukana ja ve-

den viipymä järvessä on lyhyt (alle 1-2 vuotta), saostusta ei kannata tehdä ilman erityistä syytä.

Saostuskokeilujen perusteella on havaittu, että kemiallinen käsittely sopii pienehköjen, voimakkaasti rehevöityneiden järvien rehevyyso Ongelmien hoitoon. Saostuskemikaaleista alumiinikloridi soveltuu käytettäväksi järvissä, joissa on happiongelmiä, sillä alumiinin ja fosforin muodostama kemiallinen sidos ei ole riippuvainen hapen määrästä, vaan ainoastaan pH:sta (oltava yli 5,5). Kemikaali laskee veden pH:ta, mutta oikein annosteltuna pH:n liiallinen aleneminen ja siitä johtuvat kalakuolemat voidaan välttää.

Fosforin kemiallinen saostus on helppo toteuttaa, ja sen tulokset ovat välittömästi nähtävissä. Menetelmän etuja ovat nopea vaikutus ja suhteellisen alhaiset kustannukset pienissä kohteissa. Kemikaalikäsittelyn vaikutusaika riippuu viipymästä, jonka tulisi olla mahdollisimman pitkä, mielellään yli 2 vuotta. Uusintakäsittely voi olla tarpeen muutaman vuoden välein. (Oravainen 2005). Kemikaalin hinta on noin 250 - 300 euroa/t ja tarvittava määrä voidaan arvioida karkeasti veden alkaliniteetin perusteella ($100 \times \text{alkaliteetti}$). Harvanjärven päällysveden alkaliniteetti on ka. $0,26 \text{ mmol l}^{-1}$. Tarvittava annossuuruus olisi siis 26 g/m^3 .

Harvanjärven pinta-ala on 209 ha, kokonaistilavuus $8\,200\,000 \text{ m}^3$ ja viipymä on noin 62 kuukautta, eli yli viisi vuotta. Jos käsittely kohdistettaisiin Harvanjärven alusveteen (6 m syvemmät alueet, $977\,000 \text{ m}^3$), olisi tarvittava kemikaalimäärä 25 500 kg ja kustannukset arviolta 6 400 – 7 700 euroa kemikaalin osalta + levitystyö ($0,98 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 26 \text{ g/m}^3 = 25\,480 \text{ kg} \rightarrow 6400 - 7\,700 \text{ euroa} + \text{työ}$). Jos koko järven vesimassa käsiteltäisiin, olisi tarvittava kemikaalimäärä 213 200 kg ja kustannukset 53 300 – 64 000 euroa + työ.

Harvanjärven osalta kemikalointi voisi tulla kysymykseen järven pitkän viipymän ja ulkoisen kuormituksen vähyden takia. Työ jouduttaisiin kokemuksen mukaan uusimaan noin kolmen vuoden välein.

Kemikaloinnista johtuvalla näkösyvyyden lisääntymisellä ei ole ruokokasveihin eikä muihin ilmaversoisiin vaikutusta, koska kasvulliset osat ovat pääosin veden yläpuolella. Kelluslehtisillä on mahdollista laajentaa kasvustoja veden kirkastumisesta, sillä niiden taimiasteet voivat kasvaa syvemmällä. Eniten näkösyvyyden – valon - lisääntymisestä hyötyvät upoksissa kasvavat upos- ja pohjalehtiset. Harvanjärvessä siten ahvenvidan ja järvisätkimen kasvustot voivat laajeta. Pohjalehtisten kasvun edellytyksenä on kuitenkin niille sopiva pohja. Harvanjärvessä ruokovyöhykkeen ulkopuolella olevan pohjan pehmeys estää pohjalehtisten kasvun.

3. ULKOINEN KUORMITUS

Vaikka Harvanjärven ulkoinen kuormitus on tällä hetkellä pienempi kuin ns. ulkoisen kuormituksen alempi sietoraja, on ulkoisella kuormituksella silti merkitystä järven tilan kannalta. Ulkoista kuormitusta vähentäviä vesiensuojelutoimenpiteitä tulee jatkossakin tehdä Harvanjärven valuma-alueella mm. ojitusten yhteydessä.

3.1. Suojavyöhykkeet

Harvanjärven lähivaluma-alueen pelloista suurin osa oli keväällä 2006 tehdyn valuma-alue-tarkastelun yhteydessä nurmella. Osa pelloista oli muokattu. Valuma-alue-tarkastelun yhteydessä huomattiin myös, että Seppälänlahden rantapelloista osa oli hyvin jyrkkiä. Jyrkkien peltoalueiden rantavyöhykkeelle tulisi mahdollisuuksien mukaan perustaa suojavyöhykkeitä. Suojavyöhykkeitä tulisi perustaa myös nurmella olevien peltojen rantavyöhykkeelle ravinteiden ja kiintoaineksen pidättämiseksi.

Suojavyöhyke on vähintään 15 metriä leveä monivuotisen kasvillisuuden peittämä hoidettu alue, joka on perustettu valtaojan tai vesistön varteen. Suojavyöhykkeen kasvillisuus niitetään vuosittain ja kasvijäte korjataan pois. Suojavyöhykkeelle, -kaistalle tai -pientareelle ei levitetä lannoitteita eikä kasvinsuojeluaineita. Suojavyöhyke kannattaa perustaa jyrkästi valtaojaan tai vesistöön viettävälle pelloille, helposti sortuville rantapenkoille sekä toistuvasti tulva- tai vettymishaitoista kärsiville maille (Maa- ja metsätalousministeriö 2006).

Suojakaista ja -vyöhyke toimivat usealla eri tavalla. Suojavyöhykkeen monivuotinen kasvi- peite pidättää pintavalunnasta aineita fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten prosessien avulla. Ne hidastavat pintavaluntana kulkevan veden virtausnopeutta pidättäen samalla veden mukana kulkevaa kiintoainesta. Pintavalunnan ollessa tasaista ja hidasta vettä imeytyy suojavyöhykkeellä maaperään. Samalla maaperään voi sitoutua myös fosforia. Ravinteita sitoutuu myös suojavyöhykkeen kasvimassaan. Kasveihin sitoutuneet ravinteet poistetaan niittämällä kasvit kukintavaiheessa (Uusi-Kämpä ja Palojärvi 2006).

Suojavyöhykkeiden perustamiseen voi maanomistaja hakea maatalouden ympäristötuen eritystukea (kaudella 2000 - 2006 449 euroa/ha/vuosi). Tukea voi hakea joko 5 tai 10 vuodeksi ja se voi koskea myös vuokramaalle perustettavaa suojavyöhykettä ja sen hoitoa. Erityistukihakemus toimitetaan TE-keskuksen maaseutuosastolle. Erityistukihakemukseen liitetään suojavyöhykesuunnitelma, jossa kuvataan millainen, mihin ja miten suojavyöhyke aiotaan perustaa ja kuinka sitä on tarkoitus hoitaa. (Maa- ja metsätalousministeriö 2006).

Pohjois-Savon ympäristökeskus on tehnyt suojavyöhykesuunnitelman Sonkajärven alueelle (Suoninen 2001). Suonisen (2001) mukaan suojavyöhykkeitä tulisi perustaa Partalan ja Rantalalan tilojen väliselle rantavyöhykkeelle peltojen tulvaherkkyyden vuoksi (liite 8). Toinen mahdollinen suojavyöhykekohde olisi Seppälänlahden ranta-alue, jossa suojavyöhykkeen tarve voidaan perustella pellon kaltevuuden ja osittain tulvaherkkyyden vuoksi. Kolmas suojavyöhykkeiden perustamiselle soveltuva kohde olisi Lampareenniemen ja Lampareenlammen alavilla ranta-alueilla. Liitteessä 8 on esitetty Suonisen (2001) esittämät mahdolliset suojavyöhykekohteet Harvanjärven valuma-alueella. Suonisen mukaan Harvanjärven valuma-alueelle voisi perustaa yhteensä 1 654 metriä suojavyöhykettä (2,5 ha).

Suojavyöhykkeiden on todettu vähentävän pelloilta vesistöön kulkeutuvaa fosforia 30 - 40 % ja 60 % kiintoainekuormaa (Uusi-Kämpä & Kilpinen 2000). Perustamalla Lampareen rantavyöhykkeelle noin 500 metriä suojavyöhykettä (15 m leveän vyöhykkeen pinta-ala 7 500 m²), pidätyisi yläpuoliselta peltoalalta (0,046 km²) tulevasta fosforikuormituksesta 2 kg a⁻¹ fosforia. Tällöin Lampareeseen kohdistuvasta pelloilta peräisin oleva kuormitus vähentyisi 35 kilosta 33 kiloon. Harvanjärven lähivaluma-alueelle voisi karkean arvion mukaan perustaa suojavyöhykkeitä 1155 metriä (1,7 ha), jolloin yläpuoliselta peltoalalta (0,18 km²) pidätyisi fosforia 8 kg a⁻¹. Tällöin Harvanjärveen kohdistuva, peltoalueilta peräisin oleva kuormitus vähenisi 66 kilosta 58 kiloon.

Toteuttamalla esitetyt suojavyöhykkeet, vähenisi Harvanjärveen kohdistuva ainetaselaskelmien mukainen ulkoinen fosforikuormitus Lampareen retentio (57,5 %) huomioon ottaen yhteensä noin 6 kiloa ($153 \text{ kg a}^{-1} \rightarrow 147 \text{ kg a}^{-1}$). Kuormitusvähennys alentaisi Harvanjärven veden fosforipitoisuutta $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$. Merkitys vedenlaadun paranemisen kannalta olisi siis vähäinen, järven vedenlaatu olisi edelleen luokiteltavissa kokonaisfosforipitoisuuden perusteella reheväksi. Suojavyöhykkeiden merkitys ravinteiden ja eroosioaineksen pidättäjänä on kuitenkin tärkeä Harvanjärveen kohdistuvan kuormituksen vähentäjänä.

3.2. Kaivukatkot ja laskeutusaltaat

Kesän 2006 aikana otettujen ojavesinäytteiden perusteella Pihkapuron kautta kulkeutuu Harvanjärveen hyvin kiintoainespitoisia vesiä, erityisesti keväällä lumien sulaessa. Kiintoainespitoisuuksien ollessa korkeita, havaittiin myös korkeita fosforipitoisuuksia. Harvanjärven valuma-alueen maaperä on pääasiassa moreenia, josta suurin osa on hyvin hienoinen. Maaperä on siis hyvin eroosioherkkää, mikä tulisi ottaa huomioon mm. mahdollisten metsäojitusten yhteydessä, rakentamalla ojiin kaivukatkoja ja laskeutusaltaita. Pihkapuroon on jo kaivettu kiintoainesta pidättävä lietekuoppa Loutevaarankorven ja tien 5823 väliin jäävän pellon pohjoispäähän.

3.3. Haja-asutuksen jätevesijärjestelmien tehostaminen

Harvanjärven hajakuormitusselvityksen (Siponen 2006) mukaan Harvanjärven valuma-alueella valtaosalla on nykyisin käytössään jätevesijärjestelmä, jossa jätevedet johdetaan saostuskaivojen kautta maahan. Tämä menetelmä ei todennäköisesti sovellu maaperäolosuhteiltaan kaikille kiinteistöille. Myös johtaminen suoraan avo-ojaan on tyyppillistä. Tällä hetkellä valtaosalla kiinteistöistä jätevedenkäsittelylaitteisto vaatisi tehostamista, koska laitteet ovat vanhoja, toimimattomia ja puhdistusteholtaan riittämättömiä (Siponen 2006). Hajakuormituksen osuus Harvanjärveen tulevasta vuosittaisesta ulkoisesta kuormituksesta on tällä hetkellä 29,5 %. Hajakuormituksen osuus on siis merkittävä ravinteiden lähde Harvanjärveä ajatellen.

Jos nykyisestä ulkoisesta kuormituksesta pystyttäisiin vähentämään kaikki haja-asutuksesta tuleva kuormitus (käytännössä mahdollista vain umpisäiliön ja viemäröinnin avulla), vähenisi nykyinen ulkoinen kuormitus $47,5 \text{ kg}$ (uusi $105,5 \text{ kg a}^{-1}$). Vähennyksen merkitys näkyisi veden fosforipitoisuuden alenemisena nykyisestä (ka. $32 \mu\text{g l}^{-1}$) $4,7 \mu\text{g l}^{-1}$. Harvanjärvi olisi kuitenkin edelleen luokiteltavissa reheväksi. Fosforipitoisuuden alentuessa sinilevien kukintariski voisi kuitenkin pienentyä.

4. VIRKISTYSKÄYTTÖARVON LISÄÄMINEN

4.1 Vesikasvillisuuden poisto

Harvanjärven kasvikartoituksessa todettiin järven kasvillisuuden valtalajeiksi järviruoko ja ulpukka, jotka ovatkin meillä yleisimmät rantakasvit ja siten lähes aina poistettavien joukossa. Kyselyä kasvillisuuden poistokohteista ei tässä yhteydessä suoritettu, mutta ne painottu-

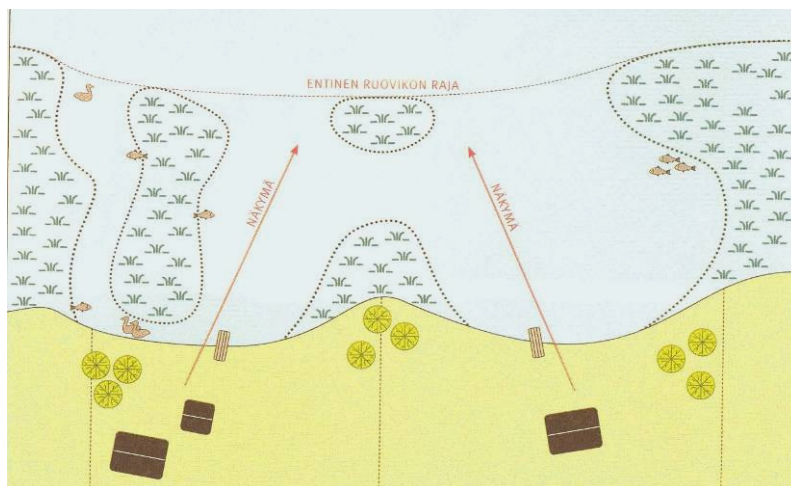
vat luonnollisesti asutuksen piiriin, tilojen ja kesämökkien ranta-alueille. Poistokohteissa ei esiinny uhanalaisia eikä erityissuojelua vaativia lajeja. Harvanjärvestä on poistettu vesikasvillisuutta omatoimisesti lähinnä kesämökkien kohdalta. Virkistyskäyttöarvon kannalta kasvillisuuden suorialaiseen poistoon ei ole tarvetta.

Seuraavassa on esitetty pari yleisintä kasvillisuuden poistomenetelmää. Laaja-alaisia kasvillisuuden poistoa ei suositella, koska kasvustot ovat merkittäviä ravinteiden sitojia.

4.1.1. Vesikasvillisuuden niitto

Niitoilla pyritään parantamaan järven virkistyskäyttöarvoa, sillä vesikasvustoa poistamalla ei voida parantaa veden laatua. Vesikasvien poiston tavoitteena tulee olla virkistyskäytölle haitallisen vesikasvillisuuden vähentäminen, vesimaiseman kohentaminen, kalaston elinolojen parantaminen tai umpeenkasvun ehkäiseminen, ei kaikkien vesikasvien poistaminen (kuva 34).

Suuria vesikasveja suositellaan poistettavaksi ranta-alueelta vain muutamien aarien alalta, sillä suurkasvien (ruokokasvit ja isot kelluslehtiset) poistuessa tilan valtaavat lähinnä uposlehtiset, esimerkiksi ahvenvita, myös jotkin ilmaversoiset, mm. pystykeiholehti ja rantapalpakko saavat kasvutilaa. Lisäksi ranta- ja vesikasvien sitoessa kasvukauden aikana mm. hajakuormituksena tulevia ravinteita ja sameutta niiden täydellinen poistaminen lisää vesialueen ravinteisuutta ja leväkukinnan mahdollisuutta. Vesikasvillisuuden hyvinä puolina on myös aallokon ja siten rantaeroosion vaimentaminen, minkä ansiosta vesi säilyy kirkkaampana. Kasvillisuusalueet ovat kalojen elinympäristöjä ja välttämättömiä kevätkutuisille lajeille (mm. hauki, ahven ja särki). Kasvillisuutta vähentämällä voidaan kuitenkin estää rantojen mataloitumista, kun kuollut kasvimassa ei jää tiheässä kasvustossa maatumaan ranta-veteen.



Kuva 34. Niitoissa ja ruoppauksessa vältetään suoraviivaisia rajauksia (SYKE ym. 2004).

Ruokokasvien (järviruoko, -kaisla ja -korte) tuloksellisin niittoajankohta on kasvillisuuden kukinta-vaiheen alku. Tällöin kasvi on tyhjentänyt maavarren ravinnevarat eikä ole vielä ennättänyt rakentaa uusia. Niitot on siis hyvä ajoittaa ajankohtaan, jolloin kasvin kasvu on päättynyt (heinä-elokuun vaihde tai talvi). Niitto on syytä toistaa seuraavana kesänä kuu-kauden aikana heinäkuun puolivälistä lähtien. Seuraavina kesinä niitto tehdään tarpeen mukaan. Kaikki niitetty kasvimassa on kerättävä pois vedestä.

On havaittu, että niitettävän vesikasvillisuuden mukana poistuva ravinnemäärä ei riitä kompensoimaan leikatun kasvuston juuristosta vapautuvaa ravinnemäärää. Turun ammattikor-

keakoulun kesän 2006 aikana Perniön Laukonlahdella tekemissä järviruokoprojektiin liittyvissä tutkimuksissa havaittiin, että veden ravinnepitoisuudet kaksinkertaistuivat kolme päivää ruovikon niiton jälkeen. Tutkimus liittyy Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa -hankkeeseen, jonka tarkoituksena on tehdä kestävä kehityksen mukaiset ruovikoiden hoito- ja käyttöstrategiat pilottialueille Varsinais-Suomessa ja Virossa. Hankkeen taustalla ovat mm. Lounais-Suomen ympäristökeskus ja Turun ammattikorkeakoulu. Projektin yhteydessä tehdyistä selvityksistä ilmestyy julkaisu vuonna 2007.

Niittomenetelmistä voidaan mainita mm. Ympäristö Ojansuut Oy:n Ympäristö-Junkkari-niminen moni- toimialus (www.ymparistoojansuut.com), jolla kaikenlaiset vesikasvit, kuten kaislat, lumpeet jopa vesisammalet onnistutaan leikkaamaan 150 cm syvyydestä asti. Leikkuuterä on 285 cm leveä. Laitteisto nostaa kaiken leikatun kasvuston alukseen, jossa paalattavissa olevat vesikasvit paalataan. Rannassa kuorma puretaan nosturilla vaikka tilaajan traktoriin. Aluksen leveys on 3 m ja pituus 11 - 16 m sekä uintisyvyys 50 cm. Alus siirretään kuljetustrailerilla. Pienissä kohteissa niitto voidaan toteuttaa moottoriveneen sivuun kiinnitettävällä viikatteella tai moottoriveneen keulaan kiinnitettävällä leikkurilla (työteho 0,5-1 ha/h).

Harvanjärvessä ei ole yleisiä uimarantoja. Kasvillisuutta ehdotetaan poistettavaksi vain rajatuilta alueilta tilojen ja kesämökkien kohdalla. Yksityisrantojen niitot voidaan toteuttaa yhteisniittona paalaavalla niittokoneella. Ennen niittoa tulisi kaupungin ympäristöasioista vastaavan virkamiehen tarkastaa niitettävän pinta-alan yhteismäärä ympäristöluvan tarpeen selvittämiseksi.

4.1.2. Kasvillisuuden ruoppaus

Menetelmistä paras vaihtoehto – ei vielä käytössä – on sellainen, jossa kasvit poistetaan juurineen/juurakkoineen. Kehitteillä on ollut kasvillisuusruoppaaja, joka on niittokone Ympäristö-Junkkarin ja Vesimestari monitoimiruoppauskaluston välimuoto (www.finnruoppaus.fi). Prototyypin paino on 15 tn ja pituus 15 m, liikkuminen järvellä tapahtuu perämootorin avulla. Kone toimii täyden palvelun periaatteella: ruoppaa kasvimassan alukseen, puristaa veden pois, pakkaa kasvit juurakkoineen paaleiksi, jotka voidaan kuljettaa suoraan rantaan auton lavalle jatkokäsittelyyn.

Työskentely vaatii kaksi henkilöä; kasvillisuuden poistotehoksi suunnittelija arvioi 12 aaria/h (esimerkiksi kolmen (3) metrin leveys 400 m matkalta tunnissa). Hyvissä olosuhteissa runsaskasvuisen hehtaarin käsittely veisi aikaa reilun työpäivän. Pitkien matkojen siirtymiseen tarvitaan kuljetuskalusto. Laitteen siirto veteen edellyttää kovapohjaista ranta-aluetta, mutta ei välttämättä tietä rantaan. Menetelmää käytettäessä kasvillisuuden poistoajankohdaksi soveltuu parhaiten loppusyksy, jolloin järven virkistyskäyttöpaine on pienempi.

4.1.3. Kustannukset

Vesikasvillisuuden poistokustannukset vaihtelevat paljon poistomenetelmästä riippuen (Kääriäinen & Rajala 2005)). Nykitekniikalla toimittaessa keräys- ja kuljetuskustannukset ovat karkeasti arvioiden kaksinkertaiset niittoon verrattuna. Lapin ympäristökeskuksen laskennallinen kustannus niitolle vuonna 2002 oli 300 - 400 euroa/ha kohteesta riippuen. Ympäristö Ojansuut Oy on puolestaan ilmoittanut Ympäristö-Junkkari -nimisen paalaavan niittokoneen kustannuksiksi 673 euroa/ha (alv. 0 %) vuonna 2001.

4.1.4. Seuranta, vaikutukset ja uusintakäsittely

Poistettaessa kasvillisuus niittämällä joudutaan operaatio toistamaan ainakin kahtena seuraavana kesänä. Ylensä paikkoihin, joista poistetaan lähinnä järviruokoa, kelluslehti- ja uposlehtikasvillisuus saa valta-aseman.

4.2 Alivedenpinnan nostaminen

Harvanjärven nykyinen keskivesi on peruskartan mukaan 104,1 m (N60). Veden pinnankorkeusvaihtelu on vuoden 2006 mittauksien perusteella yli- ja alivedestä mitattuna maksimissaan 35 cm. Vuonna 2006 veden pinnankorkeutta tosin mitattiin vain helmikuusta lokakuuhun.

Alivettä nostamalla voidaan vaikuttaa vesikasvien kasvuun, veden ravinnepitoisuuteen ja virkistyskäyttöarvon lisääntymiseen. Veden ravinnepitoisuuteen aliveden nosto vaikuttaa siten, että järven tilavuuden lisääntyessä myös viipymä lisääntyy ja järveen pidätyvien ravinteiden määrä lisääntyy (retentio). Harvanjärven yleisötilaisuudessa 8.6.2006 tuli ilmi, että Harvanjärven kesäajan alimpia vedenpinnan korkeuksia voitaisiin nostaa. Paikalla olleiden mielestä kesäkuun alun veden korkeus ei aiheuttanut vettymishaittoja rantapelloille tai muille rakenteille. Vedenpinnan korkotaso oli kesäkuun alussa 104,35 m. Yleisötilaisuudessa paikalla olleiden mielestä tulvat eivät ole Harvanjärvellä aiheuttaneet erityistä haittaa.

Suunniteltaessa Harvanjärven aliveden nostoa, tulisi järvellä tehdä pidemmällä aikavälillä veden pinnankorkeuden korkeustarkkailua. Nykyisin korkeustietoa on vain vuoden 2006 helmikuun alusta lokakuun alkuun. Lisäksi on huomioitava että vuosi 2006 oli vähäsateinen, eli veden pinnankorkeudet olivat normaalia alempana. Korkeustarkkailulla tulisi selvittää Harvanjärven veden pinnankorkeuden vuosittaista vaihtelua, jotta saataisiin selville nykyinen keskiveden, sekä kuukausittainen aliveden ja yliveden korkeus.

Vedenpinnan nostomahdollisuutta ehdotettuun korkeustasoon 104,35 m voidaan tarkastella kevättulvan aiheuttaman veden pinnankorkeuden nousun avulla. Vuoden 2006 huhtitoukokuun vaihteessa Harvanjärven valuma-alueen valuma oli keskimäärin $80 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ (20.4. - 3.5.2006). Jos kahden viikon aikana valuma-alueelta kertyvä vesimäärä johdettaisiin järveen ilman että vettä pääsisi poistumaan järvestä, nousisi vedenpinta noin 34 cm. Harvanjärven veden pinnan nousu on siis keväisin melko maltillinen. Harvanjärven tilavuus kasvaisi siis kevättulvan huippuhetkenä $627\,000 \text{ m}^3$. Jos veden pinnankorkeuden ei haluta nousevan sulamisvesien takia, olisi luusuan kautta tapahtuvan virtaaman oltava tarkastelujaksolla (14 vrk) $0,52 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ($627\,000 \text{ m}^3 / (86400 \text{ s/vrk} * 14 \text{ vrk})$).

Veden pinnankorkeuden nousu keväällä, $m = (q * A_1) * (86400 \text{ s} * d) / 1000 / A_2$,

jossa

q = virtaama, l/s/km^2

A_1 = valuma-alueen pinta-ala, km^2

A_2 = järven pinta-ala, m^2

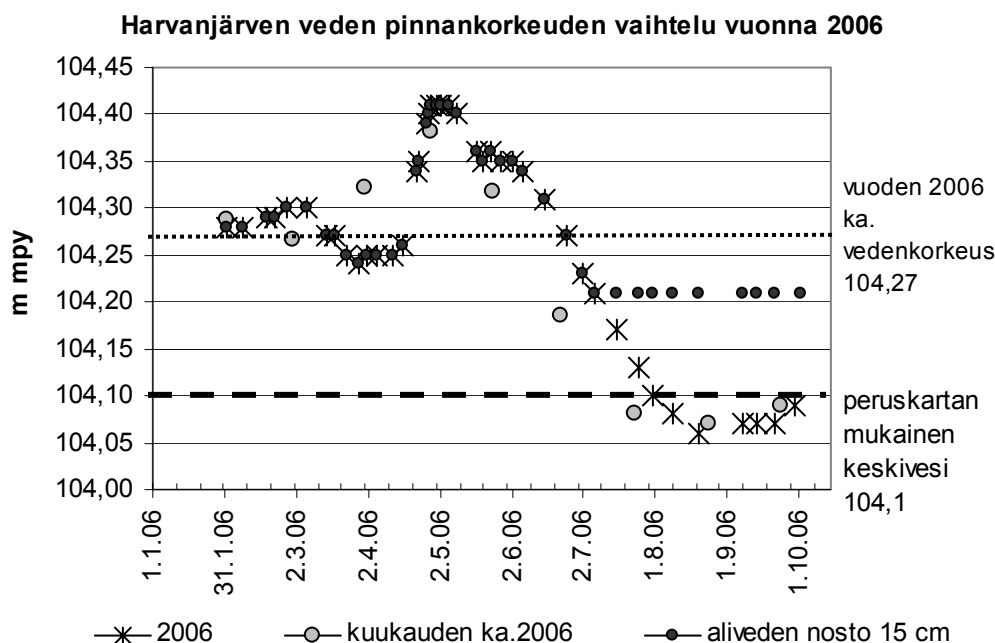
d = vuorokautta

Esim. $((80 \text{ l/s/km}^2 * 7,28 \text{ km}^2) * (86400 \text{ s/vrk} * 14 \text{ vrk}) / 1000) / 2\,090\,000 \text{ m}^2 = 0,337 \text{ m}$.

Aliveden noston vaikutusta veden ravinnepitoisuuteen voidaan tarkastella seuraavasti. Jos Harvanjärven alivettä nostetaan 15 cm (kuva 35), tulisi luusuaan rakennettavan pohjapadon harja rakentaa vuoden 2006 vedenpinnan mittaustulosten perusteella korkotasoon 104,21 m (N₆₀). Nostamalla alivettä 15 cm (104,06 m → 104,21 m) lisääntyisi järven tilavuus noin 400 000 m³ (vanha tilavuus 7,3*10⁶ m³, uusi 7,7*10⁶ m³). Fosforimallilaskelmien perusteella veden fosforipitoisuus ei kuitenkaan laskisi kuin 0,4 µg l⁻¹ (vuosien 2002, 2005 - 2006 ka. 32 µg l⁻¹ → 31,6 µg l⁻¹). Muutos veden fosforipitoisuuteen olisi siis hyvin pieni. Vedenpinnan nostolla ei Harvanjärven tapauksessa saataisi siis aikaan kovin suurta vaikutusta veden fosforipitoisuuden kannalta. Virkistyskäyttöarvon kannalta aliveden pinnankorkeuden nostolla olisi kuitenkin merkitystä.

Aliveden nostolla - veden laadun pysyessä jokseenkin ennallaan - olisi todennäköisesti vähäinen merkitys Harvanjärven vesikasvillisuuteen. Ilmalehtisiin (ruoko- ja ruohokasvit) ja kelluslehtisiin vedenpinnan maltillisella nostolla ei ole merkittävää vaikutusta. Ruovikko todennäköisesti valtaa enemmän alaa saraikolta ja ilmaversoista. Siten ruokovyöhyke jonkin verran laajenee. Kelluslehtisten ulkoreuna vetäytyy hieman rannemmaksi eli vyöhyke kapenee. Mutta mikäli samalla veden näkösyvyys lisääntyy, veden kirkastuminen mahdollistaa niiden taimien kasvun syvemmillä ja seurauksena on kelluslehtikasvillisuuden laajeneminen.

Uposlehtisten mm. ahvenvidan) reagointi aliveden nostoon on yhteydessä näkösyvyyteen: veden laadun säilyminen ennallaan säilyttää ulpukan valta-aseman, eikä uposlehtisten kasvu lisäännä. Veden kirkastuminen taas mahdollistaa kasvustojen laajenemisen myös kelluslehtisten ulkopuolelle. Järvessä ei nykyisin esiinny pohjalehtisiä, jotka normaalisti kasvavat kelluslehti (ulpukka) vyöhykkeen ulkopuolella ja vaativat kasvaakseen kovan pohjan ja riittävän näkösyvyyden yhteyttämiseen tarvittavan valon saamiseksi. Aliveden pinnannosto ei tulle lisäämään pohjalehtisten esiintymismahdollisuuksia: pehmeästä pohjasta johtuen ne eivät kuitenkaan viihtyisi Harvanjärvellä vaikka kunnostuksen seurauksena veden näkösyvyys paranisi.



Kuva 35. Harvanjärven veden pinnankorkeus vuonna 2006, sekä aliveden korkeuden muutos nostettaessa alivettä 15 cm.

4.3. Ruoppaaminen

Vähäistä suuremmista ruoppauksista on ilmoitettava kirjallisesti kuukautta ennen töihin ryhtymistä vesialueen omistajalle ja alueelliselle ympäristökeskukselle, joka ottaa kantaa hankkeen luvanvaraisuuteen. Monissa kunnissa on ruoppauksia koskevat omat ohjeet, joiden mukaan kaikista ruoppauksista pyydetään ilmoittamaan kunnan viranomaiselle. Ruoppauksesta on hyvä ilmoittaa myös naapureille. Ruoppauksen ajankohta tulee valita tarkoin, jotta haittavaikutukset jäävät mahdollisimman vähäiseksi. Pienissä rantojen kunnostusruoppauksissa ei yleensä vaadita tarkkailua, vaikka paikallisesti pienetkin ruoppaukset voivat olla merkittäviä.

Ruoppauksen kustannukset riippuvat käytetystä kalustosta, ja ajankohdasta. Ruoppaus jäältä maksaa noin 10 €/ m³ ktr. Kustannuksiin on laskettu mukaan kaivu, jäädytys, kuljetukset ja läjityksen. Harvanjärven virkistyskäyttöarvon kannalta ruoppaukset eivät ole yleisesti tarpeen.

5. KUNNOSTUSOHJELMA

Harvanjärven kunnostamiseksi esitetään taulukossa 22 esitettyjä menetelmiä. Suunnitelmasa on esitetty toimenpiteitä, joilla vähennetään ja korjataan rehevöitymisen seurauksia itse järvestä. Taulukossa on esitetty **parhaaksi katsotut menetelmät** sekä **menetelmien merkittävyys** tavoiteltavia tuloksia ajatellen. **Menetelmien kiireellisyyttä** on arvioitu menetelmän tarpeellisuuden kannalta. Kustannusosiossa on pyritty kokoamaan kunnostusmenetelmien vuosikustannukset sekä **menetelmien kustannukset** pidemmällä aikavälillä. Taulukoon 22 on laskettu kertaluonteisille investoinneille 10 vuoden aikana, 6 prosentin korkokannalla syntyvät kustannukset ns. annuiteetikertoimen ($C = 0,136$) avulla.

Sisäisen kuormituksen merkitys Harvanjärven nykytilaa ajatellen on ulkoista kuormitusta suurempi. Sisäistä kuormitusta voidaan vähentää muokkaamalla Harvanjärven kalakantaa **tehokalastuksin ja istuttamalla petokaloja**. Myös **hapetus tai ilmastus** tulee kyseeseen toistuvien syvännelueen happiongelmiin takia. Pohjanläheisen veden happitilanteen parantuessa sisäinen kuormitus vähenee ja sinilevien kukintariski pienenee. Hapettaminen tai ilmastaminen voidaan toteuttaa urakointilaitteilla tai ostolaitteella, joka on kustannuksiltaan urakointilaitetta huokeampi. Urakointilaitteen etuna on laitekapasiteetin helppo muunneltavuus. Sisäisen kuormituksen vähentämiskeinona voidaan **Harvanjärven tapauksessa käyttää myös veden ravinteita saostavaa kemikaalikäsittelyä**.

Ulkoisen kuormituksen merkitys on Harvanjärven kuormitussietokyvyn kannalta nykyisin vähäinen. Ulkoista kuormitusta tulisi kuitenkin mahdollisuuksien mukaan vähentää perustamalla suojavyöhykkeitä ja tehostamalla haja-asutuksen jätevesijärjestelmien puhdistustehoa. Valuma-alueella tehtävien metsäojitusten yhteydessä tulisi järveen laskeviin ojiin tehdä laskeutusaltaita tai kaivukatkoja kiintoaineen sitomiseksi.

Virkistyskäyttöarvon parantamiseksi voidaan tarvittaessa tehdä **pienialaista kasvillisuuden niittoa ja ruoppausta**. Suurialaiseen niittoon ei kuitenkaan ole tarvetta. Virkistyskäyttöar-

voa lisääisivät myös suojavyöhykkeet, joilla on ravinteita pidättävän ominaisuuden lisäksi merkitystä myös maisemallisen arvon kannalta. Virkistyskäyttöarvon kannalta tehokalastus vähentää Harvanjärven sinilevien kukintariskiä särkikalakannan pienentyessä. Petokalojen istutus lisää järven arvoa kalastusta ajatellen.

Aliveden nosto voidaan tehdä maa- tai louhepadon avulla. Ennen aliveden nostohanketta, tulisi järven veden pinnan korkeusvaihtelua seurata parin vuoden ajan, jotta saataisiin selville Harvanjärven veden pinnankorkeuden todellinen vaihteluväli ja nykyinen keskiveden korkeus. Aliveden nostolla ei ole suurta merkitystä järven vedenlaadun paranemisen kannalta. Vaikutus on merkittävin lähinnä virkistyskäytön kannalta. Aliveden nosto voidaan tehdä jos maanomistajat ovat asiasta yksimielisiä.

Kunnostushankkeen seuranta kunnostuksen aikana ja töiden valmistumisen jälkeen on tärkeää. Saatuja tuloksia voidaan verrata kunnostustoimia edeltäneisiin tuloksiin, jolloin saadaan kuva kunnostustoimenpiteiden vaikutuksista järven tilaan, ja voidaan arvioida myös toimenpiteiden riittävyyttä. Seuranta tulisi toteuttaa ns. pitkäaikaisseurantana, sillä osa kunnostusmenetelmistä vaikuttaa hitaasti (Tanskanen 2005). Seurantapisteinä voidaan pitää Harvanjärven pistettä 083 (Kellolahti), sekä Kylmäkorven syvännettä. Näytteitä tulisi ottaa aluksi 2/talvikausi ja 3/kesäkausi, jotta kunnostustoimien vaikutusta ja mahdollisten hapetin- tai ilmastinlaitteiden vaikutusta voidaan seurata ja tarkentaa. Muutaman vuoden päästä näytteitä voidaan ottaa kerran lopputalven aikana ja kaksi kertaa kesä kautena. Ojavesinäytteet otetaan 5 vuoden välein Lampareesta ja Pihkapurosta. Ojanäytteet otetaan neljä kertaa vuodessa (huhti-, touko-, kesä- ja heinäkuussa). Koekalastus suoritetaan heti tehokalastuksen jälkeen ja muuten kolmen vuoden välein.

Kunnostusmenetelmistä merkittävimmät Harvanjärven osalta ovat tehokalastus, hapetus ja petokalaistutukset. Lisäksi menetelmien tuloksellisuutta tulee seurata kunnostuksen aikana. Syntyvät kustannukset voidaan arvioida taulukossa 22 esitettyjen kustannusarvioiden perusteella.

Ongelmat	Ratkaisut	Vaikutus	Merkittävyys/ vaikutuksen suuruus	Kiireellisyys/ toteuttamisen tarpeellisuus	Toteuttamisen aikataulu	Muut huomiot	Kustannukset €/vuosi, alv. 0 %	Kustannukset €/ 10 v, alv. 0 %
SISÄINEN KUORMITUS								
	Kalastus	Ravintoverkon muokkaaminen, järven sisäisten ravinnekiertojen vähentäminen	+++	+++	5 vuotta: 3 v. tehokalastusta + 2 v. hoitokalastusta pienemmällä saalistavoitteella (1/4).	Saalistavoite 80 kg/ha/vuosi (yht. 16 700 kg/a), joka tehdään talkootyönä . Hoitokalastus 1/4 saalistavoitteella (4200 kg/a).	Tehokalastus: ammattityönä 13 400 €/vuosi. Hoitokalastus: ammattityönä 3400 €/vuosi. Talkootyönä tehtävälle kalastukselle ei lasketa kustannuksia.	Ammattityönä tehokal. 3 v: 40 080 € Ammattityönä hoitokal. 2 v: 6 800 €
	Petokalaistutus	Ravintoverkon muokkaaminen, virkistyskäyttöarvon lisääntyminen	+	++	Istutus 1. vuoden tehokalastuksen jälkeen. Tarvittaessa istutus uusitaan.	Kuhaa 3 000 kpl/a. Tarvittaessa myös haukea.	600 €	6 000 €
	Kemikaalikäsittely	Ravinteiden saostus vedestä, pohjan ravinteiden pidätyskyvyn parantaminen	+++	+		Käsittely kohdistettaisiin alusveteen (977 000 m ³). Käsittely uusittava noin kolmen vuoden välein.	250-300 €/tonni + työ. Tarvittava kemikaalimäärä 25 500 kg. Kustannus 6400-7700 € + työ / kerta.	3* 6400-7700 € = 19 200 - 23 100 €
	Hapetus	Vähentää ravinteiden liukenemista pohjasedimentistä.	+++	+++	Hapetus ympäri vuotisesti, syyskierron aikaa lukuunottamatta.	Harvanjärvi 083: esim. Mixox-750 hapetin. Kylmäkorpi: esim. 4 kW Visiox- ilmastin tai Mixox-500 hapetin.	Urakointi: M 750 (6 840 €), M 500 (4 750 €), V (6 000 €). Osto, vähennys/a: M 750 (2 044 €), M 500 (1 337 €), V (2 273 €)	Urakointi: M 750 (68 400 €), M 500 (47 500 €), V (60 000 €). Osto: M 750 (20 440), M 500 (13 370 €), V (22 720 €).
ULKONEN KUORMITUS								
Kiinteistökohtaisten puhdistusjärjestelmien päivittäminen		Haja-asutuksen jätevesien aiheuttama kuormitus pienenee	++	++				
	Laskeutusaltaat, kaivukatkot	Vähentää kiintoaineskuormaa ja myös vähän fosforia. Pinta- ala väh. 1 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta.	++	+		Kertynyt liete poistettava mielellään kerran vuodessa.	Laskeutusallas: 2 000 € (perustaminen) + 280 € huolto/vuosi	2 000 € (perustaminen/allas) + huolto/allas 2 800 €
	Suojavyöhykkeet	Vähentää fosforia 30-40 %, typeä 40-60 % ja kiintoainetta 60 %. Rannan maisemallinen arvo lisääntyy.	++	++		Perustamiskustannukset 130 €/ha, hoitokustannukset 34 €/ha/a.	1,4 ha suunnitelmassa esitettyä suojavyöhykealaa yhteensä: 164 €/ha (perustamiskustannus 130 € + hoitotyö 34 €)	700 € /1,4 ha. Noin 500 € /ha (sis. perustamiskustannus + vuosittainen hoito)
VIRKISTYSKÄYTTÖKELPOISUUS								
	Rantojen kunnostus: pusikoiden raivaus	Maisemallisen arvon lisääminen ja ylläpitäminen	(+)	(+)		Ranta-alueiden maisemanhoitoon haettavissa maaseudun ja maatalouden ympäristönhoidon erityistukea		
	Kasvillisuuden niitto: paikallisesti	Helpottaa liikkumista ja uimista kiinteistöjen rantavesialueella.	(+)	(+)		Ei tarvetta suuriin niittoihin. Kustannus vaihtelee välillä 300-670 €/ha niittotavasta riippuen.		
	Aliveden nosto	Matalien vesialueiden vesisyyvyys kasvaa, ravinnepitoisuuksien vähentyminen	(+)	(+)		Puutiivistesydamisten kiviverhoitujen patojen hinta on noin 1000 €/m. Vaatii jatkoselvitystä (veden pinnankorkeuden mittaus, lupa-asiat)	10 000 € / 10 m padonharja (rakennuskustannukset) + huoltotyöt	11 360 € + huoltotyöt
Tilanne- tietous	Seuranta: koekalastukset, vesianalyysit	Ohjaa tilannekuvan muodostumista ja toimenpiteitä	+++	+++	Seuranta toimenpiteiden aikana + pitkäaikaisseuranta.	Vesinäytteet ensimmäiset 2-3 v: (Kylmäkorven syväne, Harvanjärvi 083) 2/talvi, 3/kesä. Jatkossa 1/talvi, 2/kesä. Ojavesinäytteet: (Pihkapuro, Lampare) 5 vuoden välein. Koekalastus tehokalastuksen jälkeen, muuten 3 v. välein.	Ensimmäiset 2-3 v.: 3500 € /a (arvio) järvesinäytteet, jatkossa noin 2100 €/vuosi. Ojavesinäytteet noin 100,00 €	23 800 - 25 200 € (+ ojavesinäytteet 200 €)

III YHTEENVETO

Harvanjärven tila on tällä hetkellä vedenlaadullisesti tyydyttävä. Harvanjärven ongelmana ovat rehevöitymisestä johtuvat sinileväkukinnat ja syvänteiden hapen vähyys. Harvanjärven kalakanta on vinoutunut ja särkikalavaltainen. Tämän suunnittelutyön perusteella tehtiin seuraavat johtopäätökset:

- Ulkoinen kuormitus ei vuoden 2006 tulosten perusteella ylitä kuormitussietorajamallin mukaista alempaa sietorajaa, ns. sallittua sietorajaa.
- Vuoden 2006 koekalastusten perusteella tehokalastuksen avulla pystyttäisiin vähentämään veden rehevyyttä oikaisemalla kalakantaa. Petokalaistutusten avulla pyritäisiin vahvistamaan järven nykyisin heikkoa petokalakantaa. Petokalakantaa voitaisiin kohentaa muuttamalla myös verkkojen silmäkokoa syvännealueilla suuremmaksi.
- Pohjanläheisen veden happitilanne on ollut Harvanjärven syvänteissä toistuvasti heikko lopputalvella ja keskikesällä. Hapettamisen tai ilmastamisen avulla pystyttäisiin vähentämään hapettomuudesta johtuvaa sisäistä kuormitusta. Hapetus tulisi kohdistaa Kellolahden (näytepiste 083) ja Kylmäkorven syvänteisiin.
- Virkistyskäyttöarvon kannalta syvänteiden pitäminen hapellisena ja kalakannan oikaisu vähentävät sinilevien kukintariskiä. Kalakannan oikaisu ja petokalakannan vahvistaminen lisäävät myös järven arvoa kalastuksen kannalta.

Eeva Kauppinen
Suunnittelija, FM maaperägeologi

Erkki Saarijärvi
Toimitusjohtaja, MMM limnologi

Liitteet:

LIITE 1.	Kartta Harvanjärven alueesta.
LIITE 2 a ja b.	Vesinäytteet 2006.
LIITE 2 c.	Ojavesinäytteet 2006.
LIITE 3.	Harvanjärven fosforitase 2006.
LIITE 4.	Ainetaselaskelman tunnusluvut vuodelle 2006.
LIITE 5.	Harvanjärven koekalastuksen verkkopaikat 2006.
LIITE 6.	Harvanjärven koekalastuksen verkkopaikkojen suunnat ja koordinaatit 2006.
LIITE 7.	Harvanjärven kasvillisuuskartta 2006.
LIITE 8.	Mahdolliset suojavyöhykekohteet.

IV LÄHTEET

Ekholm, P. 1998: Algal-available phosphorus originating from agriculture and municipalities. Monographs of the Boreal Environment Research. No 11. Finnish Environment Institute. Helsinki. Tammer-Paino Oy.

Eloranta P. 1985. Hydrografia, Jyväskylän yliopiston opetusmoniste 23, 98-99.

Forsberg, C., Ryding, S.-O., Claesson, A. ja Forsberg, A 1978: Water chemical analyses and/or algal assay? Sewage effluent and polluted lake water studies. Mitt. Int. Ver. Limnol. 21:352 – 363.

Horppila, J. 1999: Tehokas kalastus rehevöityneiden järvien kunnostuskeinona. Esitelmä Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistyksen syyskokouksessa 18.11.1999. Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 113.

Jensen, H.S., Kirstensen, P., Jeppesen, E. & Skytthe, A. 1992: Iron: phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release in shallow lakes. Julkaisussa: Hart, B.T. & Sly, P.G. (toim.), Sediment /water interactions. Developments in hydrobiology 75. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht: 731-743. Uudelleen painettu Hydrobiologia 235/236.

Koski-Vähälä, J. 2006: Harvanjärven kunnostuksen esiselvitys. Iisalmen reitin kunnostushanke.

Kukkonen, E. ja Sahala, L. 1988: Iisalmen kartta-alueen maaperä, lehti 3341, Iisalmi 1:100 000. Geologian tutkimuskeskus.

Kurkilahti M. & Rask M. 1999. Verkkokoekalastukset. Teoksessa: Böhling P. & Rahikainen M. (toim.), Kalataloustarkkailu, Periaatteet ja menetelmät, RKTL, Helsinki, 151-161.

Kääriäinen, S. ja Rajala, L. 2005: Vesikasvillisuuden poistaminen. Teoksessa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.) 2005, Järvien kunnostus, Ympäristöopas 114, Suomen Ympäristökeskus, Edita, Helsinki. s. 249-269.

Lappalainen, K.M. 1974: Matemaattisia apukeinoja vesistötutkimuksen tulosten käsittelyyn. Teoksessa: Lehmusluoto, P. (toim.) 1977: Fysikaaliset ja kemialliset analyysimenetelmät. Vesi- ja kalatalousmiehet ry, Helsinki. s. 107-121.

Lappalainen, K.M. ja Lakso, E. 2005: Järvien hapetus. Teoksessa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.), Järvien kunnostus. Ympäristöopas 114, Suomen Ympäristökeskus, Edita, Helsinki. 336 s.

Lappalainen, K.M. ja Matinvesi, J. 1990: Järven fysikaalis-kemialliset prosessit ja ainetaseet. Teoksessa: Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet, Ilmavirta, V. 1990 (toim.). Yliopistopaino, Helsinki. s. 54-84.

Maa- ja metsätalousministeriö 2006: Suojavyöhykkeiden perustaminen ja hoito. Maatalouden ympäristötuen erityistuet v. 2000-2006 -opas. http://www.mmm.fi/tuet/vahinkojen_korvaaminen/ohjeet_opaat_tiedonannot/opaat/ymparisto/maatalouden_ymparistotukioppaat

Mehner T. Arlinghaus R. Berg S. Doerner H. Jacobsen L. Kasprzak P. Koschel R. Schulze T. Skov C. Wolter C. & Wysujack K. 2004. How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: a step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone. Fish. Manage. Ecol. 11: 261-275.

Olin, M. & Ruuhijärvi, J. 2002: Rehevöityneiden järvien hoitokalastuksen vaikutukset. Vuosiraportti 2001. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kala- ja riistaraportteja 262. 136 s.

Oravainen, R. 2005: Fosforin kemiallinen saostus. Teoksessa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.) 2005, Järvien kunnostus, Ympäristöopas 114, Suomen Ympäristökeskus, Edita, Helsinki. s. 191-202.

Palomäki, A. 2004: Jyväsjärven sisäinen kuormitus, ainetaselaskelmat ja kokeelliset sedimenttitutkimukset. Jyväsjärvi –hankkeet, JJ2. Tutkimusraportti 17/2004. Jyväskylän yliopiston Ympäristöntutkimuskeskus.

Rekolainen, S. 1989: Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. Aqua Fennica 19 (2): 95-107.

Saarelainen, J. ja Leino, J. 2002: Sonkajärven kartta-alueen maaperä. Maaperäkartan lehti 3341 09 1:20 000 selitys. Geologian tutkimuskeskus. Espoo.

Salonen, S., Helminen, H. ja Sarvala, J. 1996: Feasibility of controlling fish populations through pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) stocking in Lake Köyliöjärvi, SW Finland.

Sammalkorpi, I. ja Horppila, J. 2005: Ravintoketjukkunnostus. Teoksessa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.) 2005, Järvien kunnostus, Ympäristöopas 114, Suomen Ympäristökeskus, Edita, Helsinki. s. 169-189.

Sarvala, J. & Helminen, H. 1998: Ravintoketjukkunnostuksista meillä ja muualla. Suomen kalastuslehti 7: 48-51.

Siponen, T. 2006: Haja-asutuksen jätevesistä aiheutuva kuormitus Harvanjärven valuma-alueella. Ylä-Savon Terveystenhuollon Kuntayhtymä, Ympäristönsuojelu.

Suomen ympäristökeskus SYKE, Karjaanjoki LIFE, Suomen Maarakentajien Keskusliitto ry. ja alueelliset ympäristökeskukset, 2004: Hoida ja kunnosta kotirantaasi –opas. Erweko, Helsinki. 11 s.

Suoninen, T. 2001: Suojavyöhykesuunnitelma. Sonkajärvi, Iisalmen reitin alue. Pohjois-Savon ympäristökeskuksen moniste 34. Pohjois-Savon ympäristökeskus.

Swingle H. S. Relationships and dynamics of balanced and unbalanced fish populations. Alabama Agr. Exp. Stat. Bull.274: 1-74. Teoksessa: Alakarhu S & Takala J. 2005. Lapuanjoen yläosan kehittäminen. Alueelliset ympäristöjulkaisut. Länsi-Suomen ympäristökeskus, Vaasa, 156 s.

Tammi J. Rask M. & Olin M. 2006. Kalayhteisöt järvien ekologisen tilan arvioinnissa ja seurannassa. Alustavan luokittelujärjestelmän perusteet. Kala- ja riistaraportteja 383, RKTL, Helsinki, 15-19.

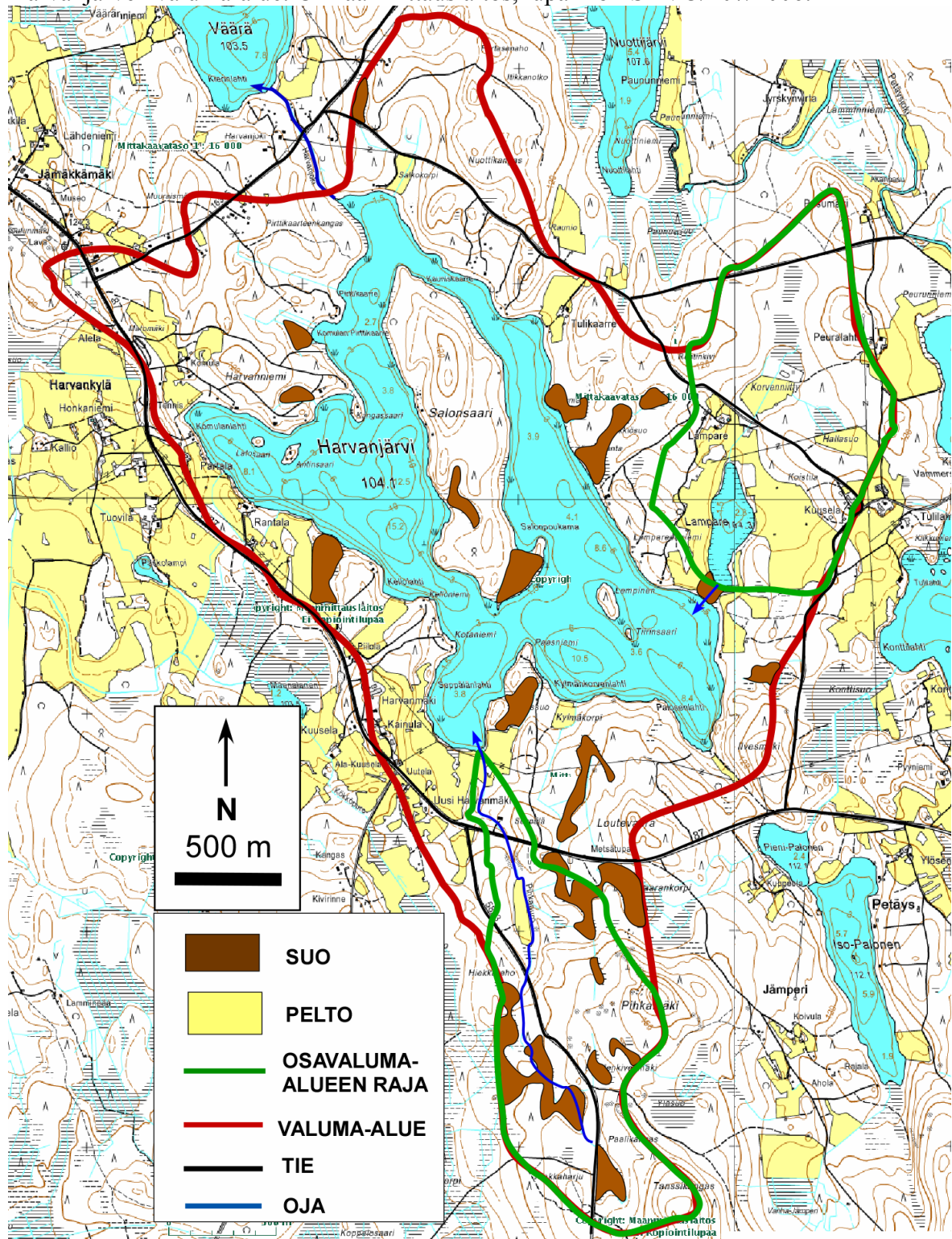
Tanskanen, H. 2005: Hankkeen seuranta. Teoksessa: Ulvi, T. ja Lakso, E. (toim.) 2005, Järven kunnostus. Ympäristöopas 114, Suomen Ympäristökeskus. Edita, Helsinki. S. 123-143.

Uusi-Kämpä, J. ja Palojärvi, A. 2006: Suojakaistojen tehokkuus kevätiljamaalla ja laitumella. Julkaisussa: Virkajärvi, P. ja Uusi-Kämpä, J. (toim.) 2006, Laitumien ja suojavyöhykkeiden ravinnekierto ja ympäristökuormitus. Maa- ja elintarviketalous, 76. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Uusiniitty, M. (toim.) 2002 a: Mynämäen-Mietoisten Kivijärven nykytila. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 12/2002. Lounais-Suomen ympäristökeskus, Turku.

Uusiniitty, M. (toim.) 2002 b: Vehmaan Vihtijärven nykytila. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 13/2002. Lounais-Suomen ympäristökeskus, Turku.

Vollenweider, R. A. 1975: Input-output models. With special reference to the phosphorus loading concept in limnology. Schweiz. Z. Hydrol. 37: 53-84.



LIITE 2 a. Analyysitulokset

Paikka	YK-Pohj.	YK-Itä	Syv., m	Aika	Ylä-syv., m	T °C	Näkö-syv., m	PO ₄ -P µg/l	Hapen kyllästysaste	Happi, liukoinen mg/l	Kemiall. hapen kulutus CODMn mg/l	Chl-a, µg/l	Kok.P µg/l	Kok.N µg/l	Nitriitti-nitraatti typpenä µg/l	pH	Rauta µg/l	Sameus FNU	Sähkö-kyky mS/m	Väri-luku mg Pt/l	NH ₄ -N µg/l	Kiintoaine mg/l
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	6.3.06	1		3,5		68	9,7	6,5		17	1000	6,45			6,5				
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	6.3.06	3		3,5		40	5,5	5,5		17		6,29			5,9				
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	6.3.06	6		3,5		16	2,1	5,4		53		6,29			6,4				
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	6.3.06	10		3,5		2,4	0,3	5,9		95		6,31			6,6				
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	6.3.06	14,2		3,5		1	0,1	8,3		330	2200	6,84			10,5				
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	20.6.06	1	21,7	1,4		110	9,2		8,2				7,26						
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	20.6.06	4	18,7	1,4		73	6,8												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	20.6.06	7	14,4	1,4		32	3,3												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	20.6.06	10	9,6	1,4		4,7	0,53												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	20.6.06	13	8,8	1,4		1,1	0,13												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	20.6.06	15	8,4	1,4		0	0												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.7.06	1	18	1,5		80	7,6		18			7,04							
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.7.06	4	16	1,5		77	7,6												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.7.06	7	9	1,5		8	1												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.7.06	10	5	1,5		8	1												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.7.06	13	5	1,5		2	0,3												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.7.06	14,5	4	1,5		4	0,5												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	1	18	1,3	2,7	82	7,7	5,5	13	41	480	<10	7,01	170		5,7	36	5,1	
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	2	18	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	3	17	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	4	17	1,3		77	7,5												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	5	16	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	6	12	1,3				5,4		18	610		6,76			7,6	35		
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	7	9	1,3		13	1,5												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	8	6	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	9	5	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	10	4	1,3		1,8	0,24												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	11	4	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	12	4	1,3															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	13	4	1,3		0	0												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	14,5	4	1,3		0	0												
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	22.8.06	p-1 m		1,3				8,9		40	2900		6,61			10	280		
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	1	11	1,8					15										
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	2	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	3	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	4	11	1,8	2,1	81	5,8	5,7		35	440	<10	7,1	230		5,8	32	34	4,4
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	5	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	6	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	7	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	8	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	9	11	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	10	9	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	11	4	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	12	4	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	13	4	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	14	4	1,8															
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	18.9.06	15	4	1,8															

LIITE 2 b. Analyysitulokset

Paikka	YK-Pohjoinen	YK-ltä	Syv., m	Aika	Ylä-syv., m	T °C	Näkö-syv., m	PO ₄ -P µg/l	Hapen kyllästysaste	Happi, liukoinen mg/l	CODMn mg/l	Chl-a, µg/l	Kok.P µg/l	Kok.N µg/l	Nitriitti-nitraatti tyyppenä µg/l	pH	Rauta µg/l	Sameus FNU	Sähköjohtokyky mS/m	Väri-luku mg Pt/l	NH ₄ -N µg/l	Kiintoaine mg/l
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	1	4	2,1	4,8	73	5,9	5		26	550	28	7,02	460		5,9	L5	67	
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	2	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	3	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	4	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	5	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	6	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	7	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	8	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	9	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	10	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	11	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	12	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	13	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	14,5	4																
Harvanjärvi 083	7059855	3528419	15,2	23.10.06	p-1 m	4		5,1	72	8,9	5,5		34	540	29	7	610		8,9	19	63	
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	1	21,5	1,4		110	9,3		9,9				7,18						
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	2	20,9																
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	3	19,5																
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	4	17,8			71	6,7												
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	5	17																
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	6	14,9																
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	7	12,6			13	1,4												
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	8	10,2																
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	9	8,6																
Kylmäkorpi			10,5	20.6.06	10	8			0	0												
Kylmäkorpi			10,5	18.7.06	1	18	1,5		83	7,8		19				7,02						
Kylmäkorpi			10,5	18.7.06	4	18			82	7,8												
Kylmäkorpi			10,5	18.7.06	7	7			8	1												
Kylmäkorpi			10,5	18.7.06	9,5	4			6	0,7												
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	1	18	1,3		83	7,8		22										
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	2	18																
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	3	18																
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	4	17			77	7,4												
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	5	17																
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	6	17																
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	7	17			82	7,9												
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	8	17																
Kylmäkorpi			10,5	22.8.06	9,5	4			0	0												
Lempinen			8,6	22.8.06	1	18			7,9	82		39										
Lempinen			8,6	22.8.06	2	18																
Lempinen			8,6	22.8.06	3	18																
Lempinen			8,6	22.8.06	4	17			6,8	71												
Lempinen			8,6	22.8.06	5	16																
Lempinen			8,6	22.8.06	6	13																
Lempinen			8,6	22.8.06	7	10			0,26	2,3												
Palosenlahti			8,4	22.8.06	1	18			7,9	82		26										
Palosenlahti			8,4	22.8.06	2	18																
Palosenlahti			8,4	22.8.06	3	17																
Palosenlahti			8,4	22.8.06	4	17			7,3	76												
Palosenlahti			8,4	22.8.06	5	16																
Palosenlahti			8,4	22.8.06	6	13																
Palosenlahti			8,4	22.8.06	7	10			0	0												

LIITE 2 c.
Ojavesinäytteiden analyysitulokset

Näytteenotto pvm	Näytepiste	Kiintoaine mg/l	Kok-N µg/l	Kok-P µg/l
3.5.2006	Lampare	12	2200	120
3.5.2006	Pihkapuro	170	710	130
15.5.2006	Lampare	4,4	1700	66
15.5.2006	Pihkapuro	58	460	83
20.6.2006	Lampare	8,8	990	86
20.6.2006	Pihkapuro	29	220	39
18.7.2006	Lampare	140	2400	540
18.7.2006	Pihkapuro	5,7	160	9,5
22.8.2006	Lampare	4	960	110
22.8.2006	Pihkapuro	48	180	31
31.10.2006	Lampare	8	2900	120
31.10.2006	Pihkapuro	10	1500	23

kontaminoitunut näyte

LIITE 3.

Harvanjärven fosforitase ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

Tuleva ja poistuva kuormitus on esitetty kuukausitietona välillä marraskuun 2005 ja lokakuun 2006.

HARVANJÄRVEEN TULEVA KUORMITUS 2006										HARVANJÄRVESTÄ POISTUVA KUORMITUS					HÄVIÖ
Kk	ULKONEN KUORMITUS, UK					SISÄINEN KUORMITUS, SK									
	Joki-kuorm.	Haja-kuorm.	Jäte-kuorm.	UK yht.	Sedim. kuorm.	Kalat kuorm.	SK yht.	Kok. kuorm.	Lähtö-aine-virtaama	Kalat	Brutto sed.	dm/dt	Kokonais-poistuma	Netto-sedim	.
11	0,03	0,09	0,06	0,18	0,78	0,04	0,82	1	0,09	0	0,9	0	1	0,08	
12	0	0,02	0,06	0,08	0,36	0,04	0,4	0,49	0,04	0	0,45	0	0,49	0,04	
1	0	0,01	0,06	0,07	0,14	0,04	0,18	0,25	0,02	0	0,23	0	0,25	0,05	
2	0	0,01	0,06	0,07	0,13	0,04	0,17	0,24	0,01	0	0,23	0	0,24	0,05	
3	0	0,05	0,06	0,11	0,12	0,04	0,16	0,27	0,04	0	0,23	0	0,27	0,07	
4	0,2	0,57	0,06	0,83	-1,08	0,04	-1,04	-0,22	0,12	0	0,3	-0,64	-0,22	1,34	
5	0,23	0,25	0,06	0,54	3,21	0,22	3,43	3,97	0,1	0,03	3,15	0,69	3,97	-0,28	
6	0	0,08	0,06	0,14	4,96	0,36	5,32	5,46	0,01	0,02	4,8	0,62	5,46	-0,52	
7	0	0,04	0,06	0,1	3,71	0,45	4,16	4,25	0,02	0,02	3,4	0,8	4,25	-0,76	
8	0	0,05	0,06	0,11	6,44	0,45	6,89	7	0,07	0,02	5,25	1,66	7	-1,64	
9	0	0,05	0,06	0,11	3,95	0,36	4,31	4,43	0,02	0,02	7	-2,62	4,43	2,69	
10	0	0,03	0,06	0,09	0,89	0,22	1,11	1,2	0	0,02	1,8	-0,62	1,2	0,69	
M, $\text{mg/m}^2/\text{d}$	0,04	0,1	0,06	0,2	1,97	0,19	2,16	2,36	0,05	0,01	2,31	-0,01	2,36	0,15	
%	2	4	3		83	8		100	2	0	98	0	100		
M, kg/d	0,08	0,22	0,12	0,42	4,07	0,4	4,47	4,89	0,1	0,03	4,78	-0,02	4,89	0,31	

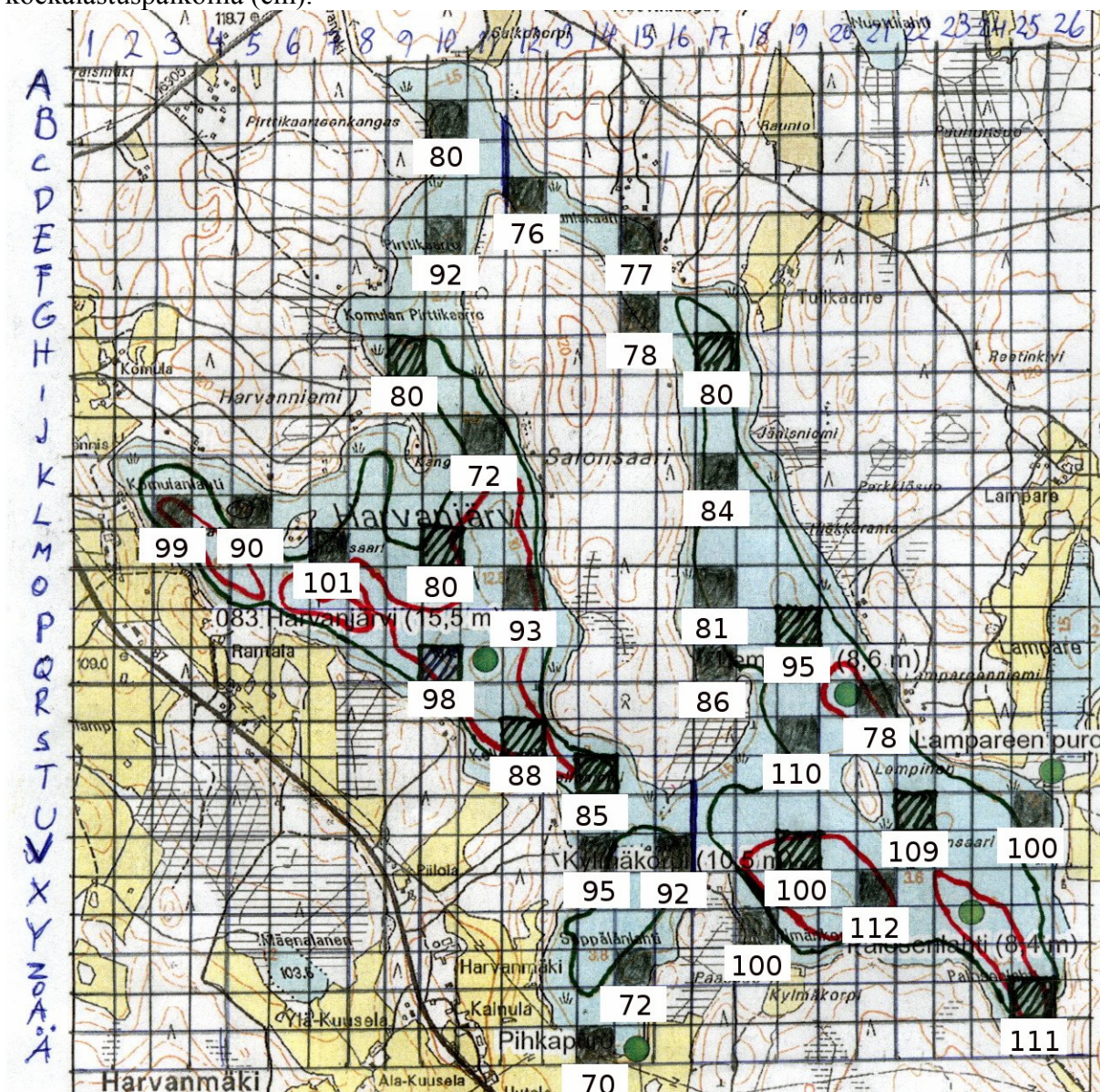
LIITE 4.

VE-Limno –mallin laskemia tunnuslukuja Harvanjärvelle syötettyjen tietojen perusteella. Laskelmissa on huomioitu myös järveen tulevat pohjavedet.

TUNNUSLUVUT	Alusvesi	Koko järvi	Yksikkö
Hydrologia			
Kokonaissyvyys Zhok ja Zkok	11,7	15,2	m
Keskisyvyys Zh ja Z	1,93	3,9	m
Keskipinta-ala Ah ja A	1,39	2,1	km ²
Keskitilavuus Vh ja V	2,68	8,1	milj.m ³
Efekt. keskisyvyys		3,9	m
Efekt. keskipinta-ala MAeff		2,1	km ²
Efekt. keskitilavuus MVe		8,1	km ³
Efekt. keskipituus		2,0	km
Efekt. keskileveys		1,0	km
Kaukovaluma-alueiden yhteispinta-ala		2,5	km ²
Lähivaluma-alueiden yhteispinta-ala		4,9	km ²
- joiden pinta-alasta peltoa		11	%
Luusuan keskivirtaama MQ		0,06	m ³ /s
Teoreettinen keskiviipymä (T=MVe/MQ)		4,0	a
Teoreettinen keskivirtausnopeus (Pituus/T)		1,4	m/d
Ulkoisen ja sisäisen fosforikuormituksen tunnusluvut			
Sekoituspitoisuus (Cuk=MUK/MQtulo)		152	ug/l
Tilavuussedimentaatio (MSed_netto/MVe), joka on laskettu Lappalaisen fosforimallilla		0,03	mg/(m ³ *d)
Pintakuormitus ((MUK-MUPoh)/MAeff)		0,12	mg/(m ² *d)
Pintakuormitus (MUK/MAeff)		0,35	mg/(m ² *d)
Pintakuormitus ((MUK+MSK)/MAeff)		2,11	mg/(m ² *d)
Pintakuormitus ((MUK-MUPoh+MSK)/MAeff)		2,35	mg/(m ² *d)
Sisäkuormituksen osuus kokonaiskuormituksesta		83	%
Fosforin keskimääräinen järvipitoisuus			
Chavaittu		19	ug/l
Cmalli (Lappalainen/Frisk)		20	ug/l
Fosforin keskimääräinen pidättymisaste R			
Rhavaittu = (Cuk - Chavaittu)/Cuk		88	%
Rmalli = (Cuk - Cmalli (Lappalainen/Frisk))/Cuk		87	%

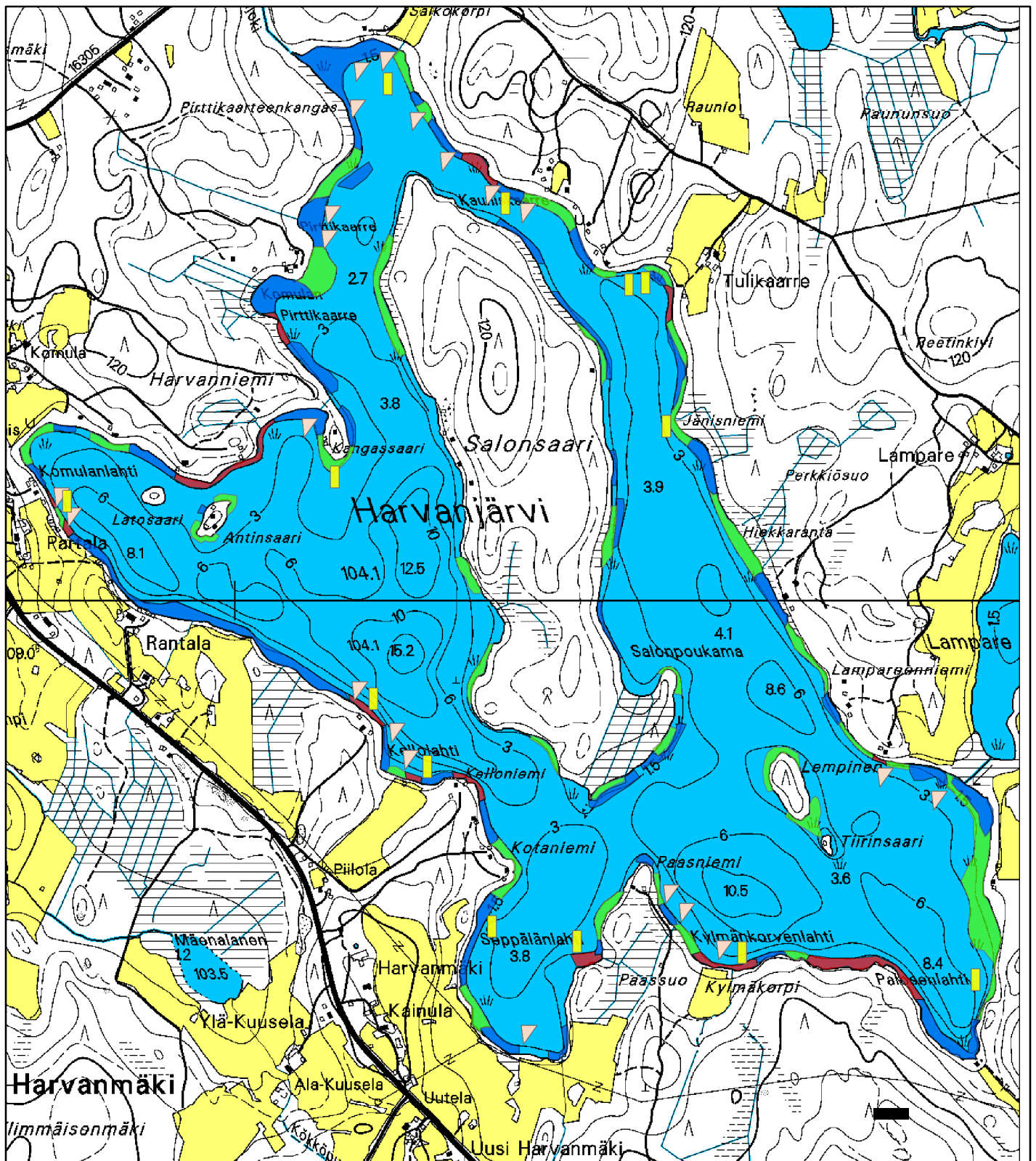
Harvanjärven koekalastusverkkojen paikat

(kenoviivoitettu ruutu = pohjaverkko, tumma ruutu = pintaverkko), sekä näkösyvyydet koekalastuspaikoilla (cm).



Harvanjärven koekalastuksen verkkopaikkojen suunnat ja koordinaatit.

Syvyys, m	Koeverkko- ruutu (kts. liite 2)	Suunta lähimpään rantaan nähden	P- Koordinaatti .	I- Koordinaatti
Läntinen Harvanjärvi				
Alle 3m:	B10	90° rantaan nähden	P 7061250	I 3528340
	E10	rannan suuntaisesti	P 7060990	I 3528325
	L5	90° rantaan nähden	P 7060250	I 3527845
	V14	rannan suuntaisesti	P 7059370	I 3528710
	Z15	45° oikealle	P 7059060	I 3528815
	Å14	45° oikealle	P 7058875	I 3528700
3-6m pintaan:	J11	45° vasemmalle	P 7060475	I 3528410
	M7	rannan suuntaisesti	P 7060140	I 3528015
	V16	45° vasemmalle	P 7059350	I 3528890
3-6m pohjaan:	H9	45° vasemmalle	P 7060635	I 3528250
	M10	45° vasemmalle	P 7060150	I 3528295
	T14	90° rantaan nähden	P 7059550	I 3528700
Yli 6m pintaan:	L3	90 ° rantaan nähden	P 7060250	I 3527635
	O12	45 ° oikealle	P 7060070	I 3528510
Yli 6m pohjaan:	Q10	90° rantaan nähden	P 7059850	I 3528310
	S12	45° vasemmalle	P 7059650	I 3528540
Itäinen Harvanjärvi				
Alle 3m:	D12	45 ° vasemmalle	P 7061095	I 3528525
	E15	rannan suuntaisesti	P 7060975	I 3528812
	G15	90° rantaan nähden	P 7060780	I 3528850
	Q17	45° vasemmalle	P 7059850	I 3529025
	U25	90° rantaan nähden	P 7059455	I 3529875
	Y18	45° vasemmalle	P 7059155	I 3529160
3-6m pintaan:	K17	rannan suuntaisesti	P 7060363	I3529050
	O17	90° rantaan nähden	P 7060015	I 3529040
	S19	rannan suuntaisesti	P 7059650	I 3529245
3-6m pohjaan:	H17	90° rantaan nähden	P 7060644	I 3529040
	P19	45° oikealle	P 7059927	I 3529225
	U22	45° oikealle	P 7059420	I 3529540
Yli 6m pintaan:	R21	90° rantaan nähden	P 7059740	I 3529400
	X21	rannan suuntaisesti	P 7059250	I 3529425
Yli 6m pohjaan:	V19,	rannan suuntaisesti,	P 7060345	I 3529250
	Å25	45° oikealle	P 7059000	I 3529880



1:14 000

Maanmittauslaitos lupa Nro PSAVO/110/2005



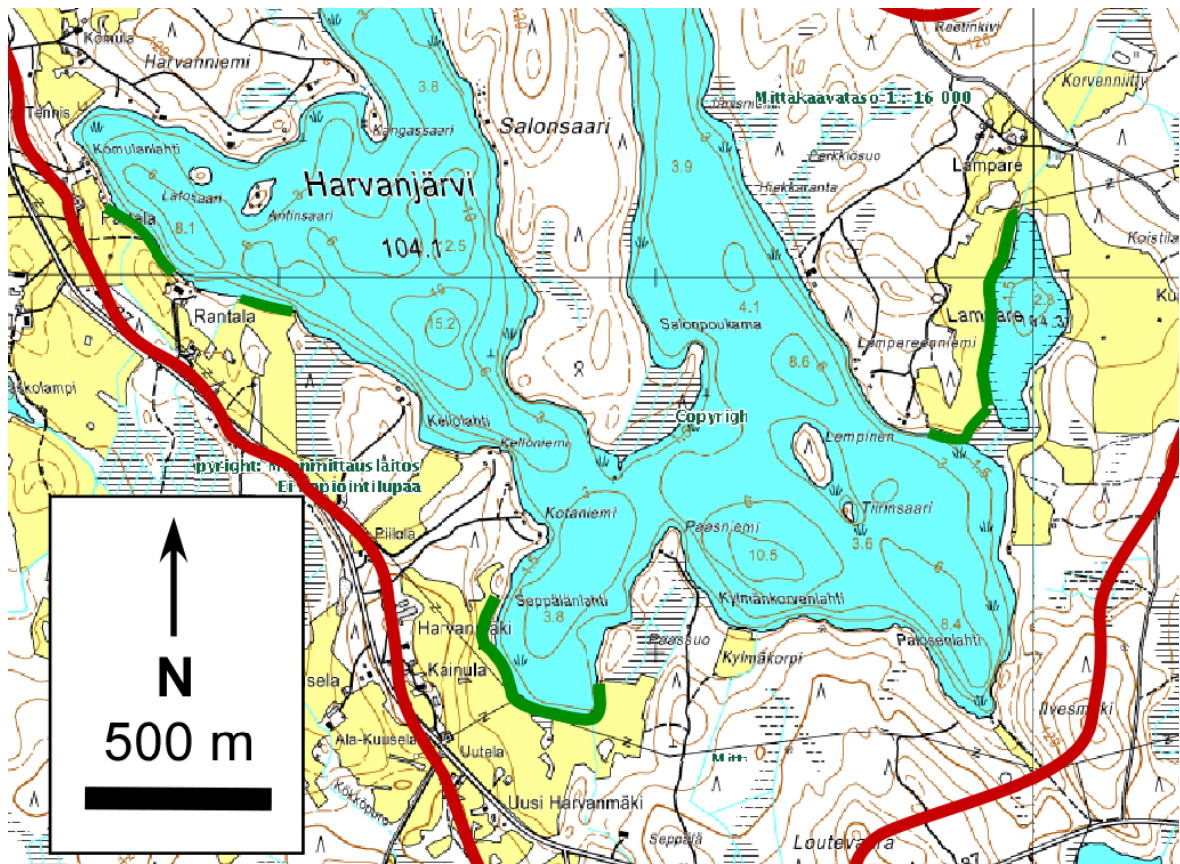
Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy

Harvanjärven kasvillisuus 2006

- Järviruoko
- Ulpukka
- Pohjalehtiset (hopsiluikka, rantaleinikki)
- Palpakko
- Vitakasvusto

LIITE 8.

Harvanjärvi: mahdolliset suojavyöhykepaikat (Suoninen 2001).
© Maanmittauslaitos, lupa nro PSAVO/107/2006.



Esitetyt suojavyöhykkeet merkitty vihreällä