



Kymijoen
vesi ja ympäristö ry



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

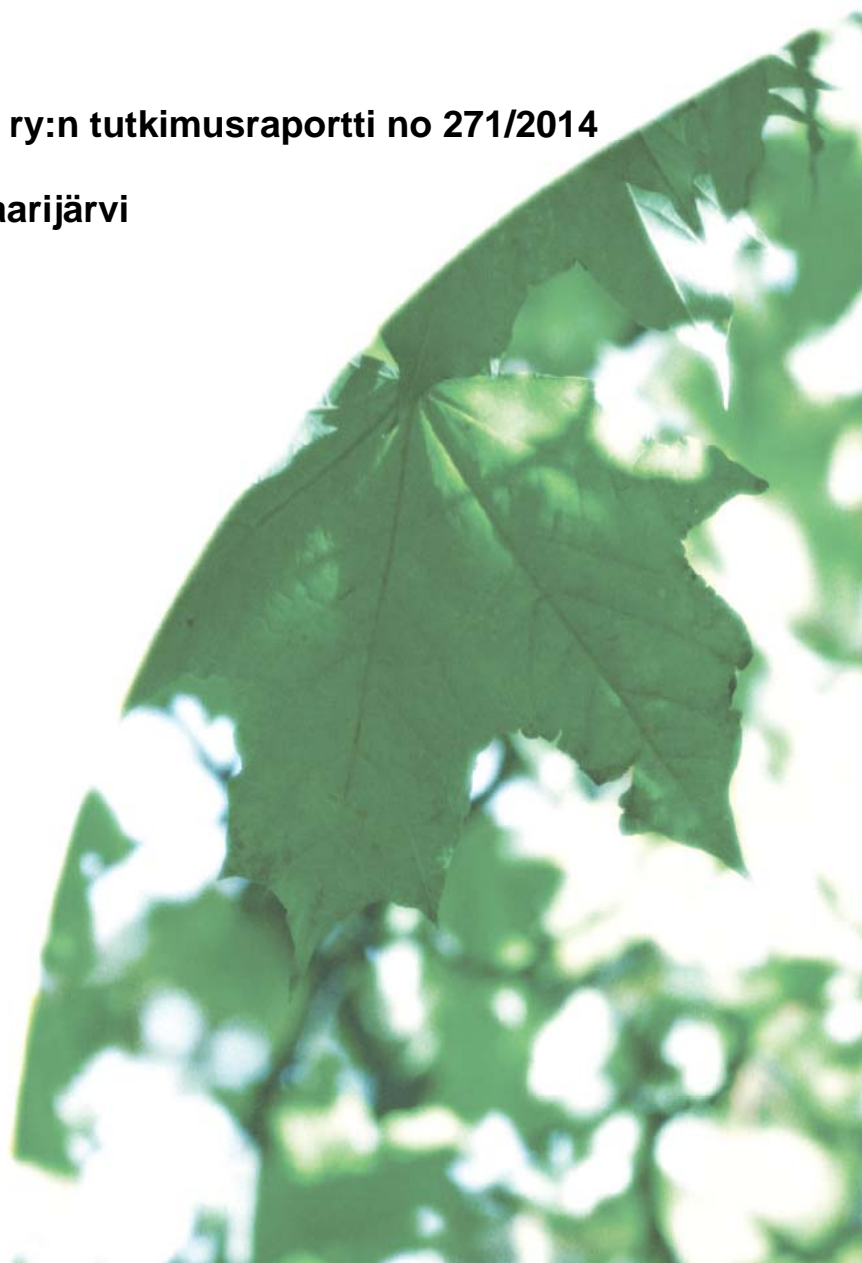


Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

SOMPASEN HAPPITILANTEEN PARANTAMISMAHDOLLISUUDET

Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 271/2014

Eeva Kauppinen ja Erkki Saarijärvi
Vesi-Eko Oy Water-Eco Ltd



SISÄLLYS

1. JOHDANTO	1
2. YLEISTÄ	1
3. KERROSTUMISOLOSUHTEET, HAPPITILANNE JA SISÄINEN KUORMITUS	3
4. HAPENKULUMISNOPEUS JA HAPETUSTARVE	6
4.1 Sompasen hapetustarve	7
5. LAITEMITOITUS	8
5.1 Laitemitoitus kesätilanteessa	9
5.1 Laitemitoitus talvitilanteessa	10
6. VAIKUTUSARVIO	12
7. SUOSITUKSET	13
8. KUSTANNUSARVIO	13
9. YHTEENVETO	14
VIITTEET	16

1. JOHDANTO

Kymijoen alueen järvikunnostushanke tilasi lokakuussa 2014 Vesi-Eko Oy:ltä suunnitelman Sompasen (järvinro 14.121.1.001) happitilanteen parantamiseksi.

Järvi valittiin tarkemman suunnittelun kohteeksi Vesi-Eko Oy:n Erkki Saarijärven heinäkuussa 2014 laatiman muistion pohjalta. Muistiossa tarkasteltiin lyhyesti ilmaston ja hapetuksen soveltuvuutta Kymijoen alueen järvikunnostushankkeeseen kuuluvilla järvillä. Hapetuksen soveltuvuutta tarkasteltiin arvioimalla alusveden kokonaisfosfori- ja happipitoisuuden riippuvuutta ja hapettomien alueiden tilavuutta suhteessa järven kokonaistilavuuteen. Lisäksi arvioitiin kuormituksen merkitystä vertailemalla havaittuja fosforipitoisuuksia fosforimallin ja kuormituksen avulla laskettuun pitoisuuteen.

Tässä suunnitelmassa tarkastellaan Sompasen happitilanteen parantamismahdollisuuksia. Vedenlaatua tarkastellaan happitilanteen ja sisäisen kuormituksen kannalta. Hapetustarvetta arvioidaan heikkohappisten alueiden tilavuuden ja hapenkulumisnopeuden avulla, joko havaintoihin perustuen tai niiden puuttuessa myös kirjallisuusarvojen avulla. Lopuksi esitetään soveltuvimmat laitevaihtoehdot ja arvio laitteiden hankintahinnasta, perustamis- ja ylläpitokustannuksista.

2. YLEISTÄ

Pieniä humusjärviä (järvityyppi Ph) edustava Sompanen sijaitsee Kouvolassa ja kuuluu Kymijoen vesistöalueeseen (14).

Sompanen kuuluu Kaakkois-Suomen ELY -keskuksen ympäristövastuualueeseen. Sompasen syvännealueen havaintopaikalta (Sompanen 054) on otettu näytteitä vuodesta 1971 alkaen. Nykyisin järvi kuuluu ns. kolmen vuoden rotaatioseurantaan, jossa ELY-keskus ottaa näytteitä joka 3.vuosi. Näytteitä otetaan maaliskuussa ja elokuussa. Tulokset löytyvät Ympäristöhallinnon OIVA Ympäristö- ja paikkatietopalvelun Hertta-tietokannasta.

Sompanen on luodattu Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen (nykyinen Kaakkois-Suomen ELY) toimesta lokakuussa 2003. Luotaustiedot löytyvät Ympäristöhallinnon Oiva-ympäristö- ja paikkatietopalvelun Hertta-tietokannasta.

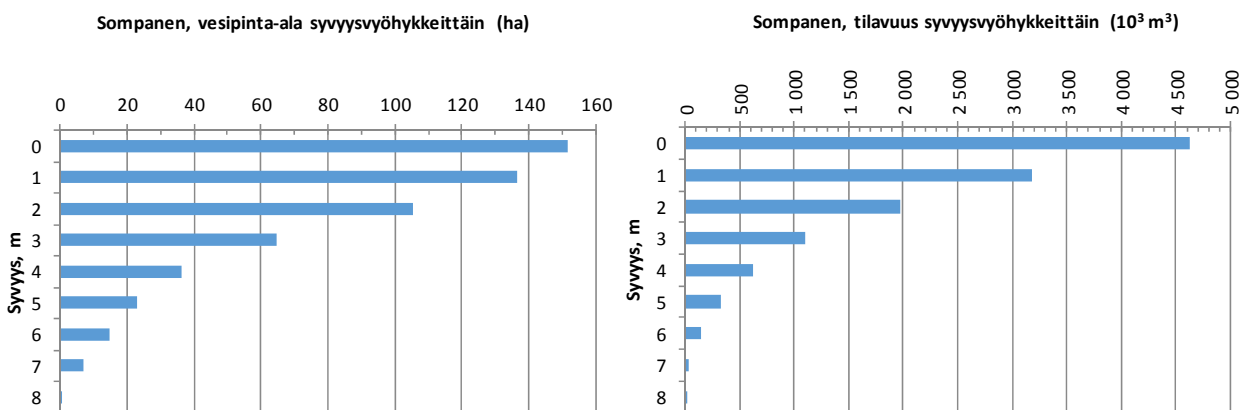
Sompasella on yksi selkeä syvännealue (max. 8,5 m). Sompanen on pinta-ala- ja tilavuussuhteiltaan laakea, alusveden tilavuuden ollessa pieni suhteessa päällysveteen. Sompasen perustiedot on esitetty taulukossa 1 ja 2.

Taulukko 1. Järvien perustiedot (Hertta-tietokanta). Fosforimalli (Lappalainen, 1977) antaa arvion järven fosforipitoisuudesta sisäisen kuormituksen ollessa hyväkuntoisen järven tasolla.

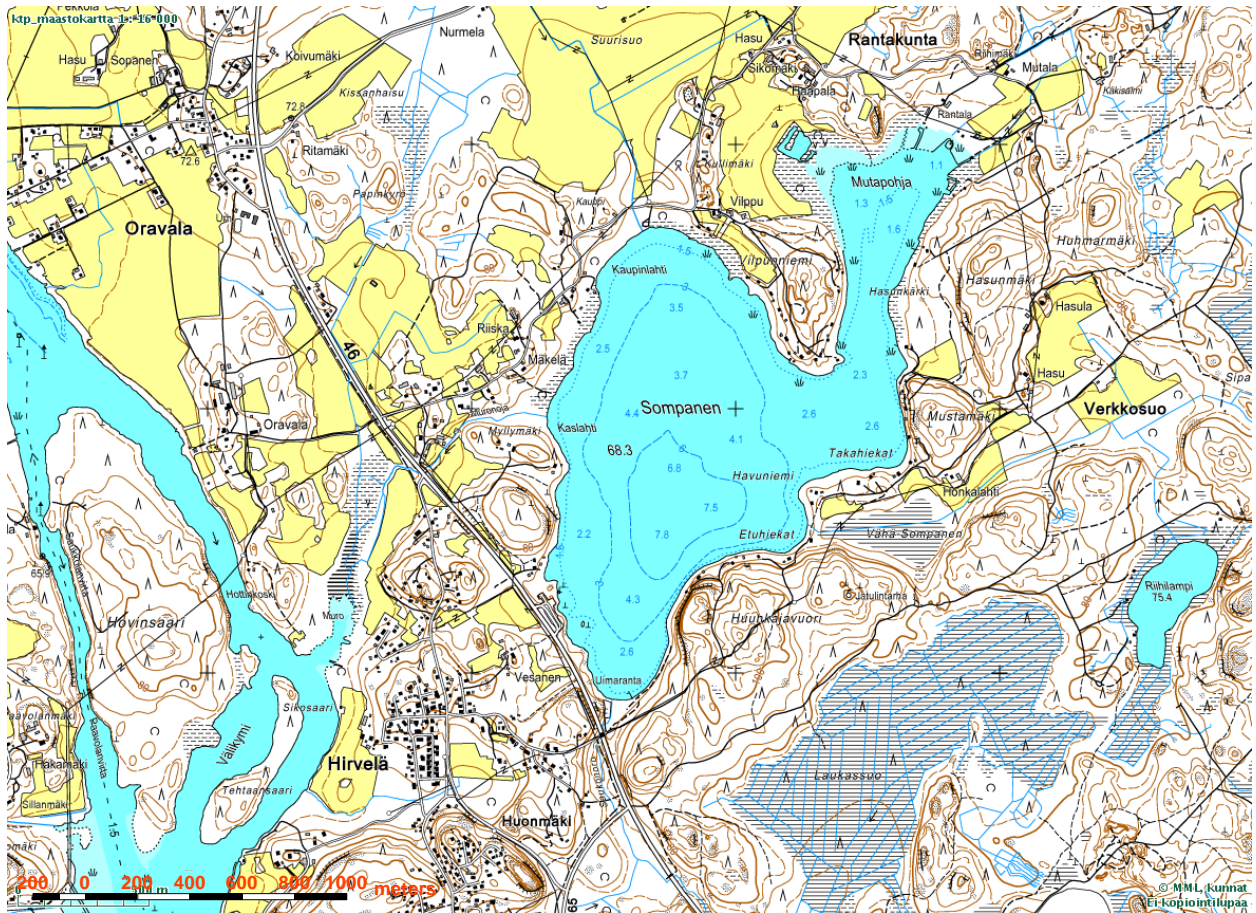
Järvi	Yksikkö	Sompanen 14.121.1.001
Pintavesityyppi		Ph
Keskisyvyys	m	3,05
Suurin syvyys	m	8,53
Pinta-ala	km ²	1,517
Tilavuus	m ³	4,63
Viipymä	vrk	361 (n. 1 vuosi)
Lähtövirtaama	m ³ /s	0,148
Tuleva kuormitus	kg Kok.P/vuosi	n. 480
Valuma-alue	km ²	12,73
Havaittu keskipitoisuus	1 m, Kok.P µg/l (ka. 2000-2014)	28,75
Havaittu keskipitoisuus	koko vesipatsas, Kok.P µg/l	31
Mallin (Lappalainen/Frisk mukainen fosforipitoisuus	Kok.P µg/l	24

Taulukko 2. Tilavuus- ja pinta-aratiedot (Hertta-tietokanta).

Sompanen				
Syvyys m	Pinta-ala ha	Tilavuus m ³	Til%	Ala%
0	151,7	4 629 150	100,00	100,00
1	136,5	3 187 300	68,85	89,98
2	105,3	1 972 050	42,60	69,43
3	64,5	1 105 140	23,87	42,48
4	36,2	620 175	13,40	23,86
5	23,2	324 611	7,01	15,27
6	14,6	141 383	3,05	9,61
7	6,9	32 897	0,71	4,53
8	0,6	1 154	0,02	0,39



Kuva 1. Sompanen pinta-ala ja tilavuus syvyyssyöhykkeittäin.



Kuva 2. Sompanen. Maanmittauslaitos julkaisulupa nro 3441/MML/14.

3. KERROSTUMISOLOSUHTEET, HAPPITILANNE JA SISÄINEN KUORMITUS

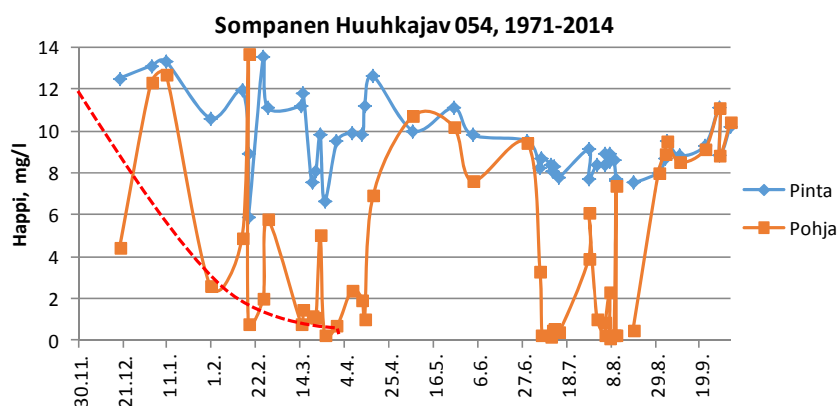
Vedenlaadun tarkastelu perustuu Sompanen 054 havaintopisteen tuloksiin. Suurin osa tuloksista on 2000-luvulta.

Sompanen kerrostuu kesäisin ja talvisin siten, että alusvettä ovat pääasiassa 4 m ja sitä syvemmät alueet (vuosien 2013-2014 vertikaalimittaustulosten perusteella).

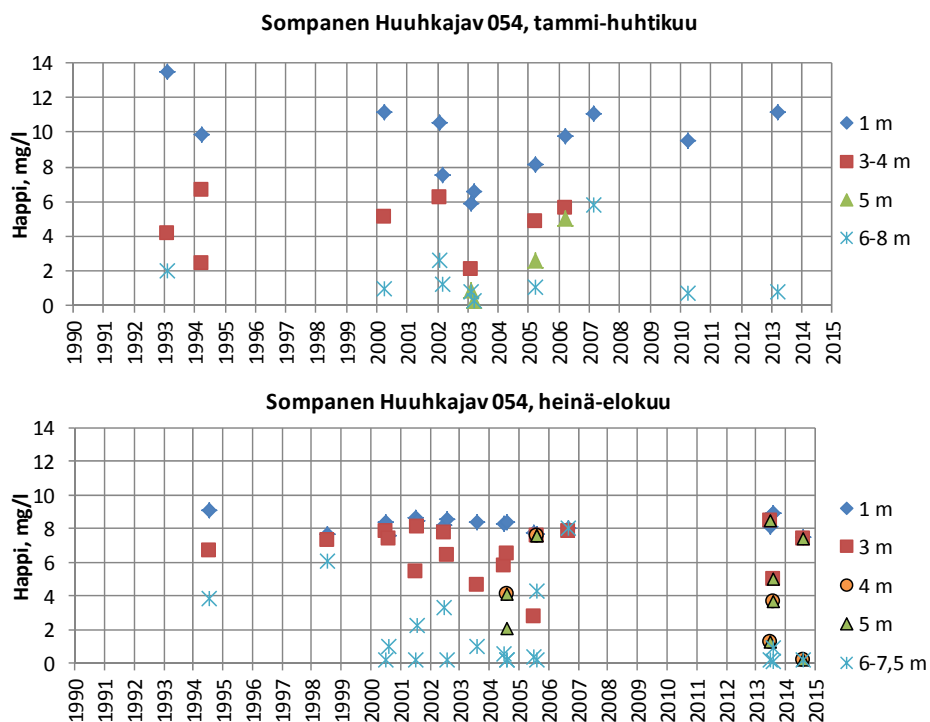
Sompasella pohjanläheisen veden happitilanne on heikko kesällä ja talvella. Kesällä pohjanläheisen veden hapettomuutta on havaittu usein jo kesä-heinäkuun vaihteessa (kuva 3). Täyskierron ajoittuessa syyskuulle, voi pohjan olla hapeton parikin kuukautta. Talvella heikkohappinen jakso on lyhyempi (kuva 3), sillä pohjanläheisen veden hapettomuutta on havaittu lähinnä maaliskuussa.

Happiongelmrat rajoittuvat pitkäaikaisesti lähinnä 5-6 metriä syvemmille osille (kuva 4), jolloin heikkohappisen alueen pinta-ala on luokkaa 19 ha (15-23 ha), eli 10-15 % koko järven pinta-alasta ja 3-8 % kokonaistilavuudesta (120 600-307 600 m³). Lyhytaikaisesti happiongelmia (pitoisuus ≤ 2 mg/l) esiintyy myös 3-4 metrin syvyydellä (kuva 4), jolloin

heikkohappisen alueen pinta-ala on suurimmillaan noin 64 ha (43 % kokonaispinta-alasta) ja tilavuus 1 105 100 m³ (24 % kokonaistilavuudesta).

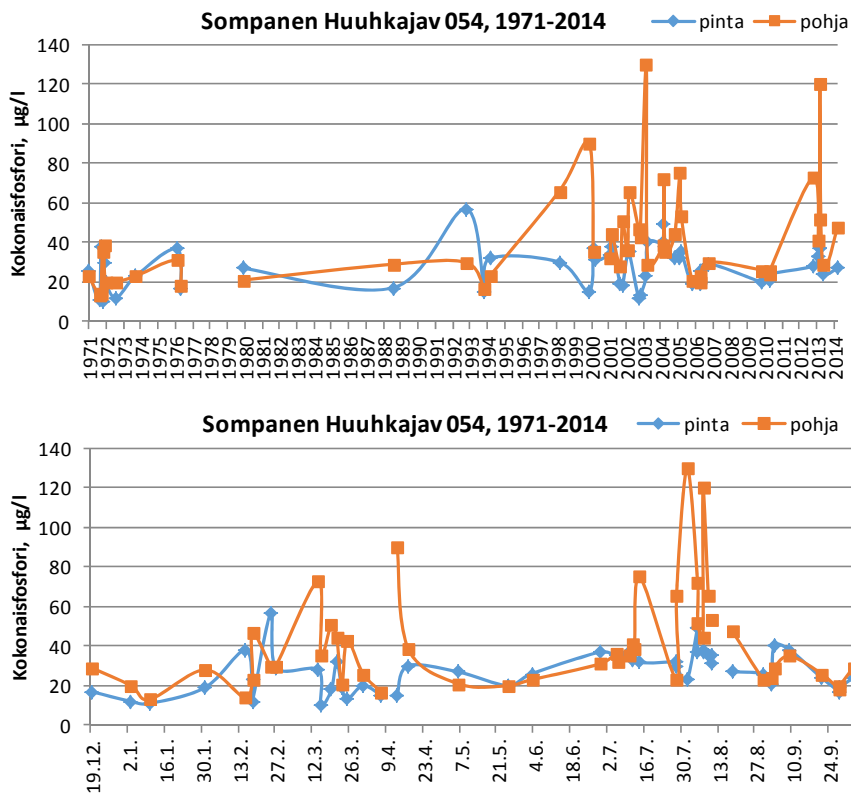


Kuva 3. Sompanen. Päällysveden ja pohjanläheisen veden happitilanne eri kuukausina vuosina 1971-2014.

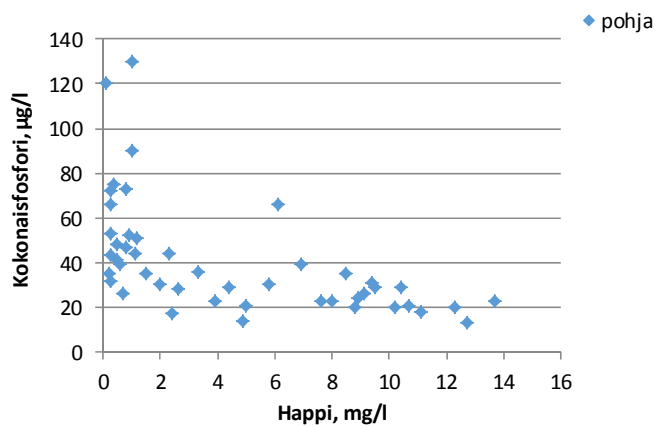


Kuva 4. Sompanen. Happipitoisuus eri syvyyksillä talvella (tammi-huhtikuussa) ja kesällä (heinä-elokuussa) vuosina 1990-2014.

Sompasen päällysveden kokonaisfosforipitoisuus on talvisin luokkaa 12-32 µg/l (ka. 19,5 µg/l, 2000-2014) ja pohjanläheisen veden 26-90 µg/l (ka. 50,25 µg/l, mediaani 40 µg/l). Avovesikaudella (touko-lokakuu, 2000-2014) päällysveden kokonaisfosforipitoisuus on ollut rehevien järvien tasolla: 19-49 µg/l (ka. 32,5 µg/l). Pohjan lähellä pitoisuudet ovat olleet usein päällysvettä korkeampia, 20-130 µg/l (ka. 48 µg/l). Levämääriä heijastavan klorofylli-a:n keskipitoisuus on Sompasella 24,4 µg/l ja mediaanipitoisuus 22 µg/l (2000-2014), ollen siten rehevien-erittäin rehevien järvien tasolla.



Kuva 5. Sompanen. Kokonaisfosforipitoisuus. Vuosien 1971-2014 päällys- ja pohjanläheisveden kokonaisfosforipitoisuudet kuukausitasolla.



Kuva 6. Sompanen. Pohjanläheisen veden kokonaisfosfori- ja happipitoisuudet (1971-2014, kesä- ja talvihavainnot).

4. HAPENKULUMISNOPEUS JA HAPETUSTARVE

Sompasen kesä- ja talviaikaisten vedenlaatumittauksien perusteella ei ole mahdollista laskea luotettavasti alusveden hapenkulumisnopeutta. Samana vuonna otetut näytteet on otettu pääasiassa siten, että molemmilla kesän tai talven havaintokerroilla pohjan lähellä on ollut happea alle 1 mg/l, tai jälkimmäisellä havaintokerralla happitilanne on ollut jo parempi. Lisäksi näytteitä on otettu usein vain yksi talvi- ja avovesikausien aikana.

Hapetustarvelaskelmien osalta on huomioitava Sompasen tilavuussuhteet: järvi on laakea ja syvänealue on pienehkö. Kerrostumisajankohtana vallitsevista lämpötiloista riippuen alusveden yläosan etäisyys syvänteeseen pohjasta vaihtelee 1-2 m, muuttaen alusveden tilavuutta ja alusveden peittämien alueiden pinta-alaa merkittävästi. Myös hapetuspumppaus muuttaa alusveden tilavuutta: hapetettaessa alusveden tilavuus kasvaa. Esim. Sompasella harppauskerroksen muutos 5 metristä 4 metriin merkitsee, että heikkohappisen vyöhykkeen tilavuus kasvaa noin 95 % (tilavuus 307 000 m³ → 602 000 m³) ja pinta-ala 56 % (23 ha → 36 ha).

Hapenkulutus laskettiin kahdella eri tavalla.

1. Sedimentin kuluttama happimäärä

Hapetustarvetta arvioitiin laskemalla sedimentin kuluttama happimäärä, käyttäen sedimentin inkubaatiokokeissa saatuja tuloksia (Liikasen ym. 2002). Liikasen ym. mukaan rehevän Kevättömänjärven syvänealueilla hapenkulutus on hapellisissa olosuhteissa kesällä noin 890 mg/m²/d O₂ ja talvella 400 mg/m²/d O₂. Matalammilla alueilla kulutus on talvella luokkaa 170-180 mg/m²/d O₂. Pinta-alaan perustuvat hapenkulutuksenopeudet on mitattu laboratoriossa sedimentinäytteiden avulla. Mittaus perustuu läpivirtaustekniikkaan (mitataan, kuinka paljon happea sedimentin yli johdettavasta vedestä kuluu), joten saadut arvot vastaavat kohtuullisen hyvin hapettamisen aikaista hapenkulutusta.

Avovesikauden osalta hapenkulutus laskettiin alusveden kattaman pohjapinta-alan perusteella (alueet joilla happiongelmia ja hapettomuutta), käyttäen kulumisnopeutta 890 mg/m²/d O₂. Talven osalta kulutus laskettiin alusveden osalta käyttäen kulumisnopeutta 400 mg/m²/d O₂ ja matalampien alueiden osalta kulumisnopeutta 200 mg/m²/d O₂. Erilaista laskentaperustetta käytettiin siksi että kesäaikana päällysesikerros saa merkittävästi talvea enemmän happitäydennystä.

2. Alusvedestä kuluva happimäärä pitoisuusmuutoksen perusteella

Laskelma voidaan tehdä myös arvioina alusvedestä kuluva happimäärästä eli hapenkulutusnopeudesta.

Kesäaikana alusvedessä tapahtuva happipitoisuuden muutos laskettiin käyttäen kulumisnopeutena 0,2 mg/l/d. Arvio vastaa melko hyvin todellista hapenkulumisnopeutta. Sompasella on havaittu, että alusveden happi loppuu usein jo kesä-heinäkuun vaihteessa, joten kulutus (arvioiden happipitoisuuden olevan toukokuun puolivälissä 10 mg/l) olisi 10 mg/l/45 d=0,22 mg/l/d.

Talviajan osalta kulumisnopeutta arvioitiin jäätymishetken perusteella. Jäätymisajankohtana käytettiin Hertta-tietokannasta löytyviä havaintoja Kymijoen vesistöalueen Ylä-Kivijärveltä ja Ala-Kivijärveltä (Luumäki) vuosilta 1960-2014. Ylä- ja Ala-Kivijärvi ovat havaintojen perusteella jäätyneet keskimäärin 30.11. Laskelmat tehtiin kuitenkin vuositasona, jolloin jäätymisajankohta vaihteli välillä 9.11.-26.12. Jäätymishetkellä alusveden happipitoisuuden oletettiin olevan 12 mg/l.

Sompasella talviaikaiseksi alusveden hapenkulumisnopeudeksi saatiin ka. 0,1 g/m³/d (laskelmat tehtiin 5-7 m syvyydeltä otettujen näytteen tuloksiin perustuen). Arvio voi olla todellista pienempi, koska suurin osa talven havaintokerroista edustaa tilannetta, jossa pohjanläheinen vesi on ollut lähes hapeton.

4.1 SOMPASEN HAPETUSTARVE

Sompasella talvi- ja kesäaikainen heikko happitilanne rajoittuu useimmiten 5-6 m syvemmille alueille. Ajoittain happiongelmia on havaittu myös 3-4 metrin syvyydellä.

1. Sedimentin kuluttama happimäärä

Talven osalta kulutus laskettiin siten, että huomioitiin koko järven pinta-alalla tapahtuva sedimenttiperäinen hapenkulutus: 1-3 m syvyiset alueet (1 000 000 m²*200 mg/m²/d O₂) ja ≥4 m syvyisten alueiden (360 000 m² * 400 mg/m²/d O₂). Kesän osalta kulutus laskettiin alusveden peittämän pohjapinta-alan perusteella.

- talvella 345 kg/d (200 mg/m²/d O₂*1000 000 m²)+ (400 mg/m²/d O₂*360 000 m²) ja
- kesällä 574 kg/d (≥3m: 890 mg/m²/d O₂*640 000 m²).

Arvioitaessa hapetustarvetta sedimentin hapenkulutuksen perusteella, ei laskelmissa huomioida hapetuksen aiheuttamaa hapenkulutuksen lisääntymistä, sillä sedimentin inkubaatiokokeet vastaavat olosuhteiltaan alusveden hapettamista happipitoisuuden nousun ja sekoittumisen osalta.

2. Alusvedestä kuluva happimäärä pitoisuusmuutoksen perusteella
- talvella ($\geq 4\text{m}$) 62 kg/d ($0,1 \text{ g/m}^3/\text{d} \cdot 620 \cdot 175 \text{ m}^3$) ja
 - kesällä ($\geq 3\text{m}$) 221 kg/d ($0,2 \text{ g/m}^3/\text{d} \cdot 105 \cdot 140 \text{ m}^3$).

Hapettamisen aiheuttama hapenkulumisnopeuden kasvu on tyypillisesti 1,5-3 –kertainen (veden sekoittaminen ja hapen lisäys lisäävät biologista aktiivisuutta). Hapetustarve on siten:

- talvella 90-190 kg/d O_2 (kertoimella 2 laskettuna 125 kg/d O_2) ja
- kesällä 330-660 kg/d O_2 (kertoimella 2 laskettuna 440 kg/d O_2).

Talven osalta hapetustarvetta voidaan tarkentaa huomioimalla ns. sallittu hapenkulutus, eli paljonko happea on kulutettavissa ja kuinka pitkälle se riittäisi, jos veden happipitoisuuden haluttaisiin olevan 4 mg/l vielä loppupalvellakin (lähtöpitoisuuden ollessa 12 mg/l \rightarrow muutos 8 mg/l). Sompasella sallittu happipitoisuuden lasku, alusveden tilavuudella laskettuna ($\geq 4\text{m}$ alueet) on 4 960 kg O_2 ($620 \cdot 175 \text{ m}^3 \cdot 8 \text{ mg/l}$). Talviaikana (n. 150 vrk, n. 5 kk) happea saisi siten kulua 33 kg/d.

Ottaen huomioon sallittu hapenkulutus, on Sompasen talviaikainen hapetustarve

- sedimentin perusteella laskettuna 310 kg/d O_2 ja
- alusveden hapenkulutuksen perusteella laskettuna (kerroin 1,5-3 huomioiden) 60-160 kg/d O_2 .

Sompasen hapetustarve on edellä esitettyjen laskelmien perusteella

- talvella 100-300 kg/d O_2 ja
- kesällä 330-660 kg/d O_2 .

5. LAITEMITOITUS

Järvien hapetus- ja ilmastusmenetelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan, menetelmiin, jotka hyödyntävät järven omia happivarantoja sekä ilmakehän happea hyödyntäviin. Ensimmäisiä käytettäessä puhutaan hapettamisesta (hapen siirrosta) ja jälkimmäiset ovat ilmastamista. Yleisenä sääntönä voidaan myös pitää sitä, että mikäli järven omat happivarannot vain riittävät, energia –ym. tehokkuuden kannalta ylivoimaisesti paras keino on hyödyntää järven omia happivarantoja. Jos happivarannot eivät riitä tai toiminnan aiheuttama kerrostuneisuuden sekoittuminen koetaan syystä tai toisesta haitalliseksi, pitää kalustoksi valita jokin ilmastinlaite.

Ottaen huomioon Sompasen suuri hapetustarve, järven koko ja tilavuussuhteet, soveltuu happitilanteen parantamiseen parhaiten Mixox -hapetusmenetelmä. Mixoxien hapetusteho on mallista riippuen 130-700 kg/d O_2 (laitteen sähköteho 0,6-2,5 kW, hyötysuhde 8,9-12,4 kg/kWh O_2). Ilmastimien hyötysuhde on heikompi, noin 1 kg/kWh O_2 .

Sopivan laitteistokokoonpanon löytämiseksi, hapettimien tai niiden eri kokoonpanojen vaikutusta alusveden happipitoisuuteen ja kiertoherkkyyteen arvioitiin karkean hapetusmallin avulla. Vaikutusarvio perustuu alusveden lämpötilan, harppauskerroksen syvyyden ja happipitoisuuden muutoksen. Mitoituslaskelmat tehtiin hapetustarvelaskelmilla saaduilla talvi- ja kesäajan maksimikulutusarvoilla.

Sompasen hapetustarve on edellä esitettyjen laskelmien perusteella kesällä maksimissaan 660 kg/d O₂ ja talvella 330 kg/d O₂. Hapetuskapasiteetin riittävyttä mallinnettiin ≥ 3 m syvyyden alueiden tilavuudella (1 105 140 m³), hapenkulumisnopeuden ollessa 0,4 g/m³/d (kulumisnopeuden 0,2 g/m³/d arvioitiin kaksinkertaistuvan hapetuksen vaikutuksesta).

5.1 LAITEMITOITUS KESÄTILANTEESSA

Malli 1.

1 kpl Mixox 1000 (pumppausteho 70 000 m³/d, hapetusteho 560 kg/d O₂)

tai

1 kpl Mixox 1100 (82 000 m³/d, 656 kg/d O₂)

Kesätilanteessa yksi Mixox 1000 -hapetin purkaisi Sompasen lämpötilakerrostuneisuuden aikaisintaan 30 vrk laitteen käynnistämisestä, harppauskerroksen noustua noin 1,5 metriin. Lämpötilaerot tasoittuisivat viimeistään 40 vuorokauden kuluttua, harppauskerroksen noustua yhteen metriin. Jos hapetin käynnistetään kesäkuun alussa, tapahtuisi aikaistettu kierto jo kesäkuun lopulla, mutta viimeistään heinäkuun puolivälissä. Normaalisti kierto tapahtuu syyskuussa, joten kierto aikaistuisi vähintään kahdella kuukaudella. Kierron alkajalla alusveden happipitoisuus olisi mallinnuksen mukaan luokkaa 2-2,5 mg/l. Tuulettomina ja lämpiminä jaksoina Sompanen voisi kerrostua uudelleen, mutta kerrostuneisuus purkautuisi viileämpinä ja tuulisina päivinä.

Kesätilanteessa yksi Mixox 1100 -laite tasoittaisi lämpötilaerot viimeistään 30 vrk laitteen käynnistämisestä, mutta mahdollisesti jo 25 vrk kuluttua. Aikaistetun täyskierron alkajalla alusveden happipitoisuus olisi luokkaa 2,5-3,5 mg/l.

Malli 2.

1 kpl Mixox 1100 (pumppausteho 82 000 m³/d, hapetusteho 656 kg/d O₂)

+ 1 kpl Mixox 750 (35 000 m³/d, 280 kg/d O₂):

Kesätilanteessa, käytettäessä 1 kpl Mixox1100 + 1 kpl Mixox750 -hapetinta (pumppausteho yht. 117 000 m³/d, hapetusteho yht. 940 kg/d O₂), purkautuisi lämpötilakerrostuneisuus 15-23 vrk hapetuksen aloittamisesta, harppauskerroksen noustua 1-1,5 metriin. Alusveden happipitoisuus ei tällöin pääsisi laskemaan alle 4 mg/l ennen aikaistetun syystäyskierron alkua. Kyseessä olisi voimakas kerrostuneisuuden säätely, jonka avulla voidaan varmistaa

alusveden hapellisuus. Tuulettomina ja lämpiminä jaksoina järvi voisi kerrostua uudelleen, mutta kerrostuneisuus purkautuisi viileämpinä ja tuulisina päivinä.

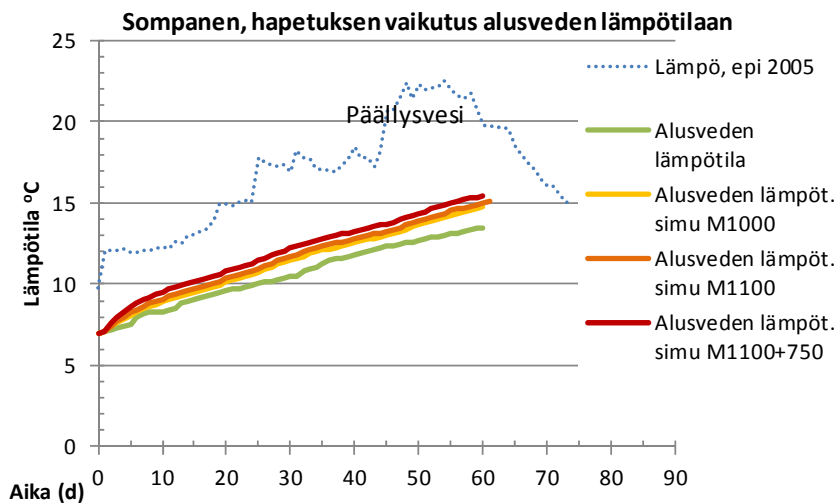
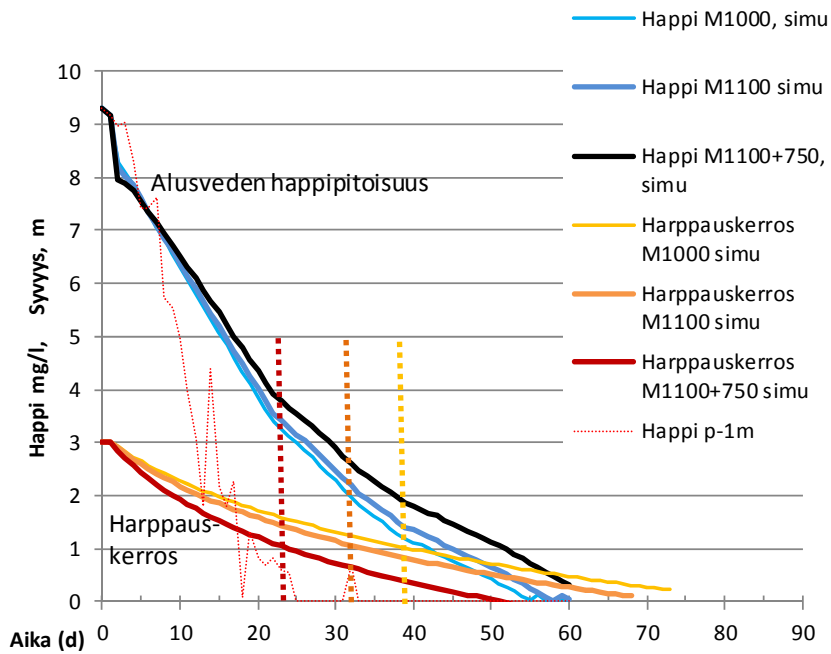
5.2 LAITEMITOITUS TALVITILANTEESSA

Talvitilanteessa Sompasen hapetustarve voidaan kattaa 1 kpl Mixox 1000 tai 1 kpl Mixox 1100 tehoisella hapettimella.

Sompasen talviaikainen kokonaishappivaroitus 38 248 kgO₂ (≥1 m alueiden tilavuus 3 187 300 m³*12 mg/l), riittää sedimentin hapenkulutuksen (345 kg/d O₂) perusteella huhtikuun alkuun, jolloin koko vesimassa olisi laskennallisesti hapeton. Järveen laskevien ojien mukana voi tulla happitäydennystä, joka normaalin minivirtaaman aikaan on luokkaa 25 kg (2,5 l/s/km²*12,7 km²*9 mg/l O₂). Virtaamien kasvaessa loppupalvella, tai talven ollessa lauha, voi happitäydennys olla suurempikin, helpottaen siten talviaikaista happitilannetta.

Sompasen kokonaishappivaroitus saattaa joinakin talvina käydä vähiin ennen jäiden sulamista (pitkä talvi, valuma-alueelta tuleva virtaama pieni), jolloin Mixox -hapetinta ei välttämättä voida pyörittää koko talvea. Talvihapetuksen vaikutuksia tulisikin seurata tiiviimmin ensimmäisinä vuosina.

Sompasen tapauksessa talvihapetus tulisi aloittaa syystäyskierron lopulla, tavoitteena laskea alusveden lämpötila mahdollisimman alas, jolloin saavutetaan optimiolosuhteet loppupalvea ajatellen: hajotusprosessit hidastuvat viileässä vedessä ja hapen liukeneminen on tehokkainta kylmään veteen. Talvihapetusta voidaan jatkaa kunnes vesimassan happipitoisuus on 6 mg/l (todennäköisesti tammikuun puolivälin paikkeilla). Huhtikuussa hapetin tulisi käynnistää uudelleen kevättäyskierron varmistamiseksi. Hapetusta voidaan jatkaa kunnes päällisveden lämpötila on noin 10°C. Tämän jälkeen hapetin pysäytetään ja järven annetaan kerrostua normaalisti. Kesähapetus aloitetaan alusveden happipitoisuuden ollessa 4-5 mg/l. Käytännössä kesähapetus tulisi happitulosten valossa aloittaa kesäkuun alkupuolella.



Kuva 7. Mixox 1000, Mixox 1100, sekä Mixox 1100+750 -hapetinlaitteiden vaikutus Sompanen alusveden lämpötilaan, happipitoisuuteen ja kiertoherkkyyteen. Arvioidut kiertoaika on merkitty kuvaan katkoviivoilla (pystyviivat), käyttäen samaa symboliväriä kuin kuvattaessa eri laitevaihtoehtojen aiheuttamaa muutosta harppauskerroksen syvyyteen.

6. VAIKUTUSARVIO

Hapettamisen tarkoituksena on ylläpitää pohjanläheisen veden happipitoisuutta tarpeeksi korkeana, jotta hapettomuudesta johtuvan ns. sisäisen kuormituksen seurauksena sedimentistä veteen vapautuvien ravinteiden määrä vähenisi. Pohjan pysyessä hapellisena, viihtyvät siellä myös järven kannalta tärkeät pohjaeläimet, jotka pohjaa pöyhinessään kuljettavat happea syvemmälle sedimenttiin, parantaen siten edelleen pohjan tilaa. Hapetuksen avulla pyritään myös elvyttämään pohjan aerobista (hapellinen) hajotustoimintaa, ja sitä kautta estämään anaerobisissa prosesseissa syntyvien haitallisten aineiden syntymistä (rikkivety, metaani, ammonium). Sedimentin metaanin tuotannon vähentyessä kaasukuplien aiheuttama sedimentin resuspensio vähenee, vähentäen samalla sedimentistä veteen vapautuvien ravinteiden määrää.

Sompasella alusveden hapettomuus aiheuttaa sisäistä kuormitusta, joka on Suomen ympäristökeskuksen Sompaselle tekemän LLR -mallinnuksen (Kotamäki 2014) mukaan kaksinkertainen (0,52 g/m²/a) ulkoiseen kuormitukseen (0,25 g/m²/a) verrattuna. Mallin mukaan fosforipitoisuuden vaste ulkoiseen fosforikuormitukseen on Sompasella hyvin heikko, joten sisäisellä kuormituksella on selkeä vaikutus järven fosforipitoisuuteen.

LLR -ravinnemallin mukaan Sompasen keskimääräinen fosforipitoisuus on nykyisellä ulkoisen kuormituksen tasolla (1,1 kg/d) ja havaintojen tilavuuspainotetun keskipitoisuuden perusteella 31 µg/l. Fosforin perusteella Sompasen tila on tyydyttävä. Puolittamalla sisäinen kuormitus, vähentämättä kuitenkaan samaan aikaan ulkoista kuormitusta, saavutettaisiin hyvä tila (raja-arvo 28 µg/l). LLR -mallin mukainen pitoisuusennuste olisi sisäisen kuormituksen puolittuessa 20 µg/l, eli reilusti alle tavoiteltavan hyväkuntoisen järven raja-arvon. Puolittamalla sisäinen kuormitus, saavutettaisiin myös a-klorofyllin tavoitetilä (hyvä), kun se nyt on tasolla tyydyttävä/välttävä. (Kotamäki 2014).

Lappalaisen/Friskin¹ mallin mukaan, olettaen että ulkoinen kuormitus pysyy nykyisellään ja järven sisäisen kuormitus on hyväkuntoisen järven tasolla, Sompasen fosforipitoisuus voisi olla parhaimmillaan 24 µg/l. Lappalaisen/Friskin mallin mukaan sisäisen kuormituksen vähentäminen voisi siten parhaimmillaan pienentää veden fosforipitoisuutta noin 7 µg/l (31→24 µg/l), eli 22,5 %.

Edellä esitettyjen mallitarkastelujen perusteella, voidaan sisäisen kuormituksen vähentämiseen pyrkivillä menetelmillä saavuttaa Sompasen tapauksessa ns. hyvän luokkaraja, eli saada veden fosforipitoisuus laskemaan tasolle 28 µg/l ja jopa alle. LLR -mallin antama pitoisuusennuste (20 µg/l) on kuitenkin todennäköisesti yliarvio, eikä ole saavutettavissa ilman että myös ulkoista kuormitusta vähennettäisiin.

¹

Hapetuksella voidaan mahdollisesti vaikuttaa myös ravintoketjuun ja edelleen vedenlaatuun. Sompasen syvänealueen hapettomilla pohja-alueilla on havaittu runsas sulkasääskikanta (Chaoborus), joka ilmentää vähähappista pohjaa. Hapettomat alueet suojaavat sulkasääsken toukkia kalojen saalistukselta. Sulkasääsken toukat ovat eläinplanktonia syöviä petoja, jotka voivat säädellä eläinplanktonkantoja runsaiden särkikalakantojen tavoin, jopa tehokkaammin. Runsaat sulkasääskikannat voivatkin siten aiheuttaa tai voimistaa sinileväkukintoja. Jos sulkasääskikanta on tiheä, ei hoitokalastuksella voida parantaa järven tilaa. Hämeenlinnan Pyhäjärvellä, veden kirkkaus, hyvä happitilanne ja kuorekanta säätelevät sulkasääskikantaa, heikentäen toukkien elinolosuhteita (Malinen ja Vinni 2013). Hapetuksen avulla voidaankin todennäköisesti heikentää sulkasääsken elinolosuhteita, sillä pumppauksen aiheuttama virtaus ja alusveden hapellisuus lisäävät sulkasääsken kohdistuvaa kalojen aiheuttamaa saalistuspainetta. Alusveden hapetuksen todellisia vaikutuksia ei kuitenkaan tunneta. Suurin epävarmuus liittyy hapetuksen aiheuttamaan alusveden lämpenemiseen, joka voi parantaa toukkien kasvua ja tuottaa kesässä useampia sukupolvia (Malinen ja Vinni 2013).

7. SUOSITUKSET

Edellä esitettyjen tarkastelujen pohjalta voidaan Sompaselle suositella kesä- ja talviaikaisista hapetusta alusveden happitilanteen parantamiseksi ja sisäisen kuormituksen estämiseksi.

Sompaselle soveltuu mallinnusten perusteella 2,5 kW:n tehoinen Mixox 1100 -hapetin (1 kpl), jonka pumppausteho on 82 000 m³/d ja hapetusteho 656 kgO₂/d (päällysvedenhapipitoisuuden ollessa 8 mg/l). Samaa laitetta voidaan käyttää sekä talvella että kesällä. Laitte tulisi sijoittaa järven syvänealueen syvimpään kohtaan.

Talviaikana Mixox -hapettimen käyttö Sompasella vaatii ainakin muutamana ensimmäisenä vuotena tarkempaa tarkkailua, koska pitkinä talvina, valuma-alueelta tulevien virtaamien ollessa pieniä, vesimassan happipitoisuus voi laskea toivottua alemmas.

8. KUSTANNUSARVIO

Alla on esitetty hapetinlaitteiden myynti- ja urakointihinnat sekä käyttökustannukset. Myynti- ja urakointihinta sisältävät laitteen lisäksi ns. perustamiskulut: asennus, sähkökeskus, varoitusmerkki (poiju) ja harustus (laitteen ankkurointi paikalleen). Hinnat eivät sisällä sähköliittymää, etävalvontalaitetta, kaapelia tai kaapelin upotukseen mahdollisesti tarvittavaa konetyötä (kaapeli on kaivettava maahan rannassa ja rantamatalassa).

HANKINTA- JA URAKOINTIHINTA

Laitteen hankintahinta (alv. 0 %):	58 000 €
1 kpl Mixox 1100	
Urakointihinta/vuosi (vaihtoehtona laitteen ostolle):	16 500 €
1 kpl Mixox 1100	

MUUT PERUSTAMISKULUT

(eivät sisälly myynti- tai urakointihintaan, alv. 0 %): **5 000- 7 000 €**

<i>Sähköliittymä</i>	2 500 €
<i>Kaapeli</i>	1 750-3 250 €/laite

Arviohinta 350-650 metrin kaapelointimatkalta. Ei sisällä kaapelin upotukseen mahdollisesti tarvittavaa konetyötä (kaapeli on kaivettava maahan rannassa ja rantamatalassa). Huom! Kaapelin hinta vaihtelee osto hetken hintatason mukaan.

<i>Kaukovalvontalaite</i>	800-900 €
---------------------------	-----------

(modeemilaitteiston hankintahinta, ei sis. puhelinliittymää)

KÄYTTÖKUSTANNUKSET

Energiakustannus/vuosi: **2 000 €**

Mixox 1100 (60 kWh/d*300 d *0,11 €/kWh)

Huoltokustannus myyntilaitteelle (alv 0 %): **3 000 €**

huolto kahden vuoden välein, sis. moottori ja vaihde, työ, matka- ja majoituskulut (arvio)

9. YHTEENVETO

Nopeasti hapettomaksi menevillä järvillä on tyypillistä, että hapetustehon tulee olla etenkin hankkeen alkuaikana suuri, jotta tuloksia saadaan. Periaatteessa kyse on siitä, että vuosi(kymmenten) aikana sedimenttiin on hautautunut ylimääriä helpohkosti hajoavaa orgaanista ainesta, joka kuluttaa hajotessaan happea. Kun happea ei ole ollut tarjolla, on hajotustoiminata hidastunut ja muuttunut osaltaan mätänemiseksi. Kun järvessä aloitetaan kunnostustoimet, tulee niiden olla riittävän voimakkaita, jotta tilanne lähtee korjaantumaan. Hapetustapauksissa tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suuren pumppauskapasiteetin takia normaali kesäkerrostumisaika (3-4 kk) lyhentyy merkittävästi (1-2 kk). Kun sedimenttiin kertynyttä helposti hajoavan orgaanisen aineksen ylimäärää on saatu vähennettyä (6-10 vuoden aikana), voidaan laitteistokapasiteettia vähentää ja mahdollisesti koko toiminta joissain tapauksissa lopettaa.

Sompasella alusveden hapenkulumisnopeus on suuri, pohjanläheisen veden ollessa hapeton usein jo kesä-heinäkuun vaihteessa. Hapetuspumppaus soveltuu järvelle ilmastusta paremmin. Suuri hapenkulutus huomioiden alusveden hapettaminen ei kuitenkaan ole mahdollista rikkomatta lämpötilakerrostuneisuutta normaalia aiemmin. Toisin sanoen pienillä laitetehoilla ei saada aikaan toivottua parannusta alusveden happitilanteeseen. Sompaselle suositellaan yhtä Mixox 1100 tehoista hapetinlaitetta ympärivuotiseen käyttöön.

Mixox pumppaa pintavettä pohjakerrokseen ja saa aikaan rauhallisen ja varsin laaja-alaisen veden kierron. Yhden laitteen vaikutusalue vaihtelee 50-500 hehtaariin mitoituksesta riippuen. Menetelmästä johtuen alusvesi lämpenee kesällä ja viilenee talvella.

Hapetuksen seurauksena Sompasen syystäyskierto aikaistuisi kahdella kuukaudella ja normaalisti parisen kuukautta kestänyt pohjan läheisen veden, ajoittain myös koko alusveden koskeva hapettomuus lyhenisi korkeintaan muutamaan päivään. Mallinnuksen perusteella lämpötilakerrostuneisuus purkautuisi viimeistään 1 kk kuluttua hapetuksen aloittamisesta, eli kesä-heinäkuun vaihteessa (hapetuksen alkaessa kesäkuun alussa), jolloin pohjanläheinen vesi on normaalisti jo hapeton. Hapetuksen ollessa käynnissä, pohjan lähellä olisi kierron alkaessa happea vielä noin 2 mg/l. Tuulettomina ja lämpiminä jaksoina järvi voi kerrostua uudelleen, kerrostuneisuuden purkautuessa pienistä tiheyseroista johtuen viileinä ja tuulisina päivinä.

Sompasella sisäisen kuormituksen merkitys kokonaisfosfori- ja klorofylli-a -pitoisuuteen vaikuttaisi olevan merkittävä. Järven tila on nykyisin, fosforipitoisuuden perusteella luokiteltuna, tyydyttävä. LLR -ravinnemallin ja Lappalaisen/Friskin fosforimallin mukaan sisäisen kuormituksen vähentämiseen pyrkivillä toimenpiteillä voidaan saavuttaa hyväksi luokiteltava taso, jolloin fosforipitoisuus olisi alle 28 µg/l. Mallit antavat hieman eri tuloksia, mutta parhaimmillaan voitaneen saavuttaa pitoisuustaso 24-26 µg/l.

Veden fosforipitoisuuteen vaikuttaa myös valuma-alueelta tuleva ravinnekuormitus, eikä sen merkitystä järven tilan kannalta tule unohtaa. Kunnostustoimilla tulisi siten pyrkiä vaikuttamaan myös ulkoisen kuormituksen määrään.

Hapetuksella voi olla vaikutusta myös ravintoverkkoon ja sitä kautta myös leväkukintoihin ja veden laatuun. Sompasella on runsas sulkasääskikanta. Toukkia on havaittu runsaasti hapettomilla pohja-alueilla. Hapettomat olosuhteet tarjoavat toukille suojaa kalojen saalistusta vastaan. Sulkasääsken tiedetään säätelevän eläinplanktonin runsautta särkikalojen tavoin, jopa kaloja tehokkaammin, aiheuttaen tai voimistaen sinileväkukintoja. Alusveden hapettamista on pidetty yhtenä mahdollisuutena vähentää runsaista sulkasääskikantoja ja sitä kautta myös sinileväkukintoja. Alusveden hapetuksen todellisia vaikutuksia ei kuitenkaan tunneta. Epävarmuutta liittyy hapetuksen aiheuttamaan alusveden lämpenemiseen, joka voi parantaa toukkien kasvua ja tuottaa kesässä useampia sukupolvia.

VIITTEET

Frisk, T. 1978. Järvien fosforimallit. Tiedotus 146. Vesihallitus, Helsinki.

Lappalainen, K.M. 1975. Järvien ravinnekuormituskapasiteetti. Eripainos Ympäristö ja Terveyslehestä no 2/75.

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

Lappalainen ym. 1979. A phosphorus retention model and it's application to Lake Päijänne. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 34. Vesihallitus, Helsinki.

Kotamäki, N. 2014. Sompasen LLR-kuormitusvaikutusmallinnus. Suomen ympäristökeskus, SYKE. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti 257/2014.

Malinen, T. ja Vinni, M. 2013. Sulkasääsken runsaus ja merkitys Hämeenlinnan Tuuloksen Pyhä-, Suoli- ja Pannujärvessä – Hämeenlinnan ympäristöjulkaisuja 23. 21 sivua. Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos ja Hämeenlinnan kaupunki.

OIVA Ympäristö- ja paikkatietopalvelu, Hertta –tietokanta. Suomen ympäristökeskus. <https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>.

Salonen, S., Frisk, T., Kärmeniemi, T., Niemi, J., Pitkänen, H., Silvo, K. ja Vuoristo H. 9.4.1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja, sarja A 96. Vesi- ja ympäristöhallitus, Helsinki. s. 57.