



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Inkoon Linkullasjönin hapetussuunnitelma

Inkoon kuntakohtainen järvikunnostusohjelma

Uudenmaan elinkeino-, liikenne-
ja ympäristökeskuksen julkaisu

12/2011

Inkoon Linkullasjönin hapetus- suunnitelma

Inkoon kuntakohtainen järvikunnostusohjelma

Anne-Marie Hagman

12/2011

Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskuksen julkaisuja

ISBN 978-952-257-354-4 (PDF)
ISSN-L 1798-8101
ISSN 1798-8071 (verkkajulkaisu)

Julkaisu on saatavana vain verkkajulkaisuna:
<http://www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut>
<http://www.ely-centralen.fi/nyland/publikationer>

Taitto: Reetta Harmaja
Kansikuva: Linkullasjön, Tero Taponen
Valokuvat: Anne-Marie Hagman
Kartat: Anne-Marie Hagman © Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11 ja SYKE

Sisällys

1 Johdanto.....	5
2 Aineisto ja menetelmät	7
3 Hapetus tai ilmastus kunnostusmenetelmänä.....	8
4 Linkullasjönin veden happipitoisuus ja lämpötila	9
4.1 Happipitoisuus	9
4.2 Lämpötila	10
5 Hapetuslaitteen valinta ja mitoitus	11
5.1 Hapetuslaitteen tyyppi	11
5.2 Hapetustarve	11
6 Tarkasteltavat hapetuslaitteet.....	13
6.1 Ilmastimet	13
6.1.1 Waterix AIRIT 70	13
6.1.2 Waterix AIRIT 200	13
6.1.3 Visiox-ilmastin (Vesi-Eko Oy)	14
6.1.4 Enviro Botnia System (Enviro Botnia Oy)	15
6.1.5 Meduusa (Lainpelto Oy)	15
6.2 Hapettimet	16
6.2.1 Mixox-hapetin (Vesi-Eko Oy).....	16
6.3 Sekoittimet.....	17
6.3.1 Kasco-jäänestäjä (Nautikulma).....	17
6.4 Laitteiden sähkönkulutus	17
7 Linkullasjönin hapettaminen.....	19
8 Turvallisuusnäkökohdat.....	20
9 Hapetuksen seuranta.....	21
9.1 Happipitoisuus	21
9.1.1 Happinäytteiden ottaminen	21
9.1.2 Happipitoisuuden määrittäminen happimittarilla.....	21
9.2 Muut analyysit	21
9.3 Veden näkösyvyys	21
10 Hapetuksen kesto	23
10.1 Hapetustarpeen uudelleen arviointi	23
10.2 Hapettamisen aloitusajankohdan määrittäminen kesällä	23
10.3 Hapettamisen aloitusajankohta talvella	23
10.4 Hapetuksen lopettaminen	24
11 Yhteenveto	25
Kirjallisuus	26
Liitteet.....	27
KUVAILULEHTI.....	28

1 Johdanto

Inkoon kunnassa sijaitsevassa Linkullasjönissä (kuva 1) esiintyy kesäaikaisia happikatoja. Järvelle tehdyssä kunnostussuunnitelmassa (Hagman 2009) suositeltiin tarkemman hapetus suunnitelman tekemistä. Inkoon kunnan ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen yhteistyöprojektina tehtiin hapetus suunnitelma vuonna 2011. Suunnitelmassa esitellään Linkullasjönille sopivia hapetus- ja ilmastuslaitteita. Lisäksi laitteen sijoituspaikka ja hapetus-/ilmastusaika esitetään suunnitelmassa ja annetaan ohjeita hapetuksen vaikutuksen seurantaan.

Työtä ovat kommentoineet Patrik Skult (Inkoon kunta), Sirpa Penttilä ja Jarmo Vääriskoski (Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus). Samoin Linkullasjönin osakaskuntaa edustanut Peter Sigberg on kommentoinut työtä.



Kuva 1. Linkullasjönin sijainti Inkoossa. Mittakaava 1 : 50 000. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, lupa L4659.

Linkullasjönille on suositeltu tehtäväksi ulkoisen kuormituksen vähentämistä (Hagman 2009). Järven kalaston rakennetta on suositeltu parannettavan tehokalastuksella.

Pelkästään hapettamalla Linkullasjöniä ei saada kunnostettua. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen on erittäin tärkeää. Niin kauan kuin järveen tulee liikaa ulkoista kuormitusta, jatkuu rehevöityminen. Käytännössä ulkoisen kuormituksen vähentäminen on usein hyvin pitkän ajan projekti. Useinkaan ei ole helppoa saada vähennettyä ulkoista kuormitusta järven sietämälle tasolle. Jotta järven tila ei huononisi enempää, voidaan järvessä tehtävillä toimenpiteillä yrittää pitää järven tila ainakin samanlaisena tai jopa sen veden laatua paremmaksi. Järveen tulevan ulkoisen kuormituksen todellista määrää on hyvin vaikea arvioida, siksi käytetään laskennallisia arvioita. On mahdollista, että järveen päätyy näitä arvioita vähemmän kuormitusta.

Järvessä tehtävät toimenpiteet ovat enemmänkin oireiden hoitoa, ja tästä syystä niitä joudutaan jatkamaan useita vuosia. Ainakin niin kauan kuin ulkoinen kuormitus on liian suurta, joudutaan kunnostusta jatkamaan. Luultavasti toimenpiteitä joudutaan jatkamaan sen jälkeenkin, riippuen järven tilasta ja järvessä syntyvästä sisäisestä kuormituksesta. Hapetuksella on tarkoitus ehkäistä sisäistä kuormitusta ja näin parantaa järven veden laatua ja ainakin estää tilan huonontuminen.

2 Aineisto ja menetelmät

Linkullasjönin hapetussuunnitelmassa esiteltyjen hapetus- ja ilmastuslaitteiden tiedot kerättiin kunkin laitevalmistajan www-sivuilta. Jotta vertailu laitteiden välillä oli mielekäästä, on valmistajien antamat tiedot muunnettu samanlaisiksi.

Linkullasjönin vedenlaadusta ei löydy paljon tietoa, joten sen hapetustarpeen arviointi joudutaan tekemään näihin muutamiin kesäaikaisiin mittauksiin perustuen. Linkullasjönin havaittu hapen alenema laskettiin tästä syystä vuosien 2007 ja 2009 perusteella. Kesäaikainen sallittu alenema on noin 0,07 mg/l/d (Lappalainen ja Lakso 2005). Hapen alenema lasketaan kaavalla:

Alenema = (happipitoisuus jakson alussa, mg/l – happipitoisuus jakson lopussa, mg/l) / jakson pituus, päiviä.

Hapetustarvetta olisi yksinkertaista arvioida vähentämällä alenemasta sallittu arvo. Saatu tulos pitäisi tuottaa hapettamalla. Tämä kuitenkin on yleensä liian alhainen, koska yleensä hapetuksen alkuvaiheessa mikrobin aktiivisuus kasvaa ja samalla myös hapentarve. Lappalaisen ja Lakson (2005) mukaan hapetustarve voidaan laskea ottamalla hajotusaktiiviteetin kasvaminen huomioon seuraavalla yhtälöllä:

$HT = Ba * (dO_2/dt - KrdO_2/dt) * Vh$, jossa

HT = todellinen hapetustarve (kg/d happea),

Ba = mikrobiaktiivisuuden kohoamiskerroin (yleensä 1,5...2 – 4 siten, että kesällä alusveden lämpötilan kohotessa Ba on suuri eli 2 – 4 ja talvella pieni eli 1,5 – 2),

dO_2/dt = havaittu alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus (mg/l d),

$KrdO_2/dt$ = kriittinen alusveden happipitoisuuden alenemisnopeus (mg/l d) ja

Vh = alusveden tai tarkasteltavan altaan tilavuus (1 000 m³).

Linkullasjönin hapetustarve laskettiin sekä Ba-arvolla 2 että 4 kolmen metrin ja sitä syvemmän vesimassan tilavuuden mukaan.

Sähkönkulutuksen arvioinnissa käytettiin Fortumin www-sivuilla (9.5.2011) annettua yleissähkön hintaa (7,45 c/kWh). Lisäksi huomioitiin sähkönsiirtohintaa ja sähkövero (Fortumin Internet-sivut 9.5.2011). Näiden yhteenlaskettu summa kerrottiin laitteiden vuorokaudessa käyttämällä kilowattien määrällä.

3 Hapetus tai ilmastus kunnostusmenetelmänä

Hapettaminen voi vähentää sisäistä kuormitusta ja tätä kautta fosforin vapautumista sedimentistä. Fosfori sitoutuu rauta- ja mangaaniyhdisteisiin hapellisissa olosuhteissa (Lappalainen & Lakso 2005). Hapetuksella voidaan rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuus joko tarkoituksella tai tahattomasti. Kesäaikana tästä saattaa seurata sekä hyviä että huonoja vaikutuksia veden laatuun. Voimakas kerrostuneisuus estää ravinteiden siirtymisen alusvedestä pintaveteen, jolloin esimerkiksi leväkukintojen syntyminen on epätodennäköisempää. Kerrostumattomassa järvessä koko vesimassa voi sekoittua jatkuvasti, jolloin myös resuspensio kasvaa (Evans 1994). Resuspensiolla tarkoitetaan sedimentin sekoittumista vesimassaan eli järven pohjaan sedimentoituneet ainekset tulevat käyttöön uudelleen.

Kerrostuneessa järvessä tyyni sää voi johtaa vesimassan vakauden kautta sinilevien parempaan kilpailukykyyn (Cooke ym. 2005). Sinilevät voivat säädellä esiintymissyvyyttään kaasuvakuoliensa avulla. Kaasuvakuoli on sinileväsolun sisällä oleva kaasurakkula. Kerrostuneisuuden purkautumisen lisää veden sekoittumista ja nopeasti vajoavat kasviplanktonilajit (esim. piilevät) tulevat kilpailukykyisemmiksi (Cooke ym. 2005).

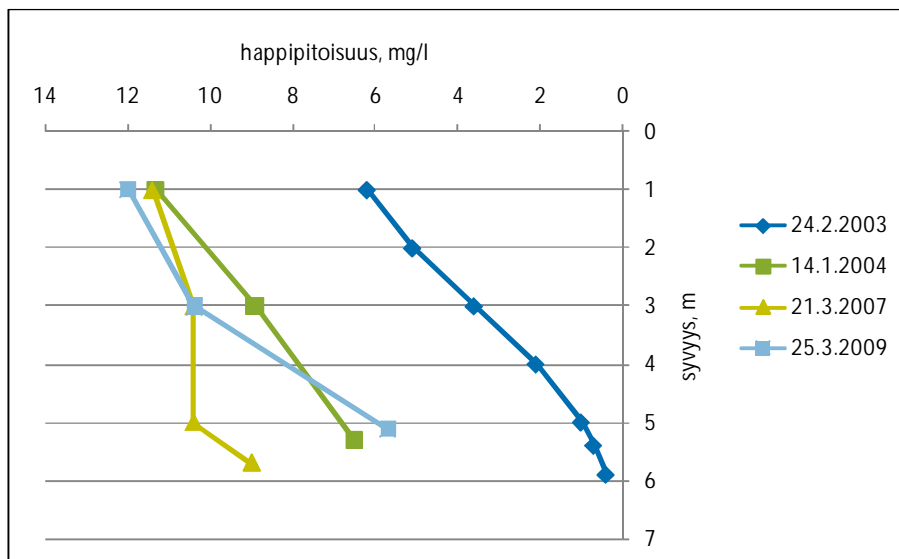
Hapetuksella on vaikutuksia eliöyhteisön rakenteeseen. Sillä voidaan vaikuttaa kalakannan rakenteeseen estämällä kalakuolemia. Yleensä happikadoissa kuolee etenkin suuria petokaloja. Happikadosta selviävät parhaiten särkikalat ja niistä erityisesti ruutanat ja suutarit. Happikatojen jälkeen järveen syntyy usein runsas näistä kaloista koostuva kalasto. Hapettamalla voidaan ehkäistä tällaisen tilanteen syntymistä. Kerrostuvissa järvissä alusvedessä voi olla selvästi pintakerrosta alhaisempi happipitoisuus. Myös matalissa järvissä voi esiintyä selvästi alhaisempia happipitoisuuksia pohjanläheisissä vesissä, vaikka kerrostuneisuus olisikin heikko. Osa vesikirpuista voi hakea suojaa vähähappisuudesta. Toisaalta hapetus on lisännyt vesikirppujen määriä selvästi toisissa tutkimuksissa (Cooke ym. 2005). Näiden tutkimusten mukaan alusveden hapellisuus mahdollistaa eläinplanktonin vaeltamisen syvemmälle suojaan saalistusta.

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

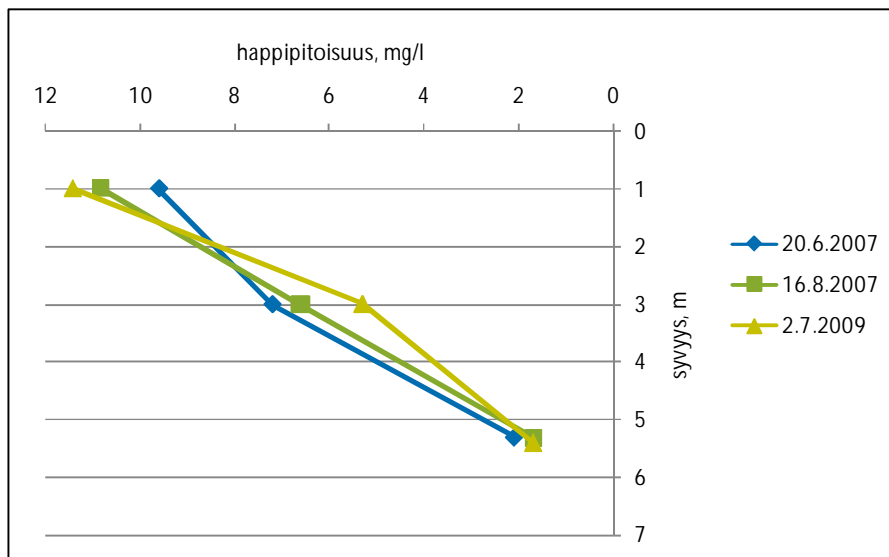
4 Linkullasjönin veden happipitoisuus ja lämpötila

4.1 Happipitoisuus

Linkullasjönissä on esiintynyt happikatoja loppukesäisin 2000-luvulla. Happea on ollut hyvin usein alle 2 mg/l viiden - kuuden metrin syvyydessä (kuva 2). Talvisin happipitoisuus on pysynyt pääosin hyvänä (kuva 3). Vuonna 2003 talvella järvestä havaittiin selvä happikato. Kesäisin Linkullasjönin veden happipitoisuus on ollut noin viiden metrin syvyydessä 2 mg/l tai vähemmän. Happipitoisuus on määritetty usein viidestä metristä tai vajaasta kuudesta metristä. Järven suurin syvyys on 6,57 m eli pohjan lähellä veden happipitoisuus voi olla useamminkin huono.



Kuva 2. Linkullasjönin happiprofiilit loppupalvisin.



Kuva 3. Linkullasjönin happiprofiilit loppukesäisin.

Linkullasjönissä on ollut viiden metrin syvyydessä hyvin alhaisia happipitoisuuksia. Tässä syvyydessä ja sitä syvemmällä on yli viidennes (22 %) koko järven tilavuudesta ja lähes puolet (48 %) pinta-alasta (taulukot 1 ja 2). Täältä alalta voi vapautua fosforia. Linkullasjönin koko tilavuus on $2523,7 \cdot 10^3 \text{ m}^3$.

Taulukko 1. Linkullasjönin tilavuudet ja niiden osuudet syvyysluokittain.

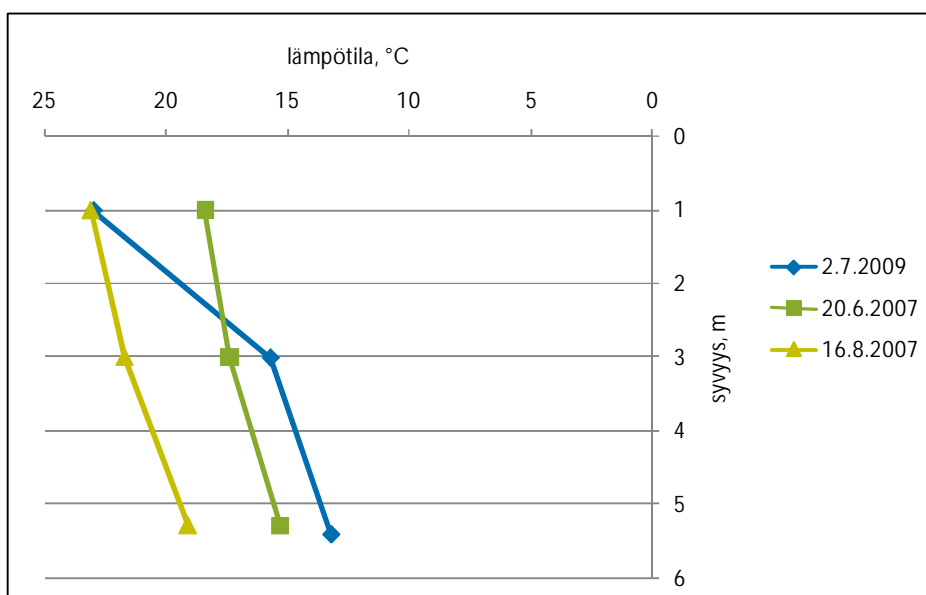
syvyys, m	tilavuus, $\text{m}^3 \cdot 10^3$	osuus, %
0 – 1	573,21	23
1 – 2	517,21	20
2 – 3	459,74	18
3 – 4	399,75	16
4 – 5	332,29	13
5 – 6	212,01	8
6 – 7	29,49	1
Yhteensä	2523,7	100

Taulukko 2. Linkullasjönin pinta-ala eri syvyyksissä.

syvyys, m	pinta-ala, ha	osuus, %
0	60,4	100
1	54,5	90
2	48,9	81
3	43,0	71
4	36,8	61
5	29,0	48
6	11,4	19

4.2 Lämpötila

Linkullasjönin veden lämpötilasta ei ollut montaa kesäaikaista mittaustulosta. Harppauskerros sijaitsee luultavasti kolmen ja neljän metrin välisessä syvyydessä (kuva 4).



Kuva 4. Linkullasjönin veden lämpötila muutamina kesinä.

5 Hapetuslaitteen valinta ja mitoitus

5.1 Hapetuslaitteen tyyppi

Linkulasjönille tulee valita sellainen hapetuslaite, joka tuottaa tarvittavan määrän happea. Tarkoituksena on estää ravinteiden vapautumista sedimentistä ja näin vähentää sisäistä kuormitusta. Laitteen valinnassa tulee ottaa huomioon mikrobitoiminnan lisääntyminen happipitoisuuden kohotessa, mikä lisää hapetustarvetta. Linkulasjönin hapetuksessa voidaan käyttää sekä päällysvettä alusveteen kierrättävää hapetinta että sellaista ilmastintyyppistä laitetta, joka imee pohjan läheltä vähähappista vettä ylös ja ilmastaa sen. Ilmastettu vesi pitää palauttaa putkea pitkin takaisin alusveteen.

Laitte ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Periaatteessa laitteen ollessa tarpeeksi tehokas, sen pitäisi pystyä hapettamaan vesi siten, että sekoittuminen ei häiritse. Kuitenkin käytännössä on hyvin vaikea pystyä arvioimaan hapetustehoa tarpeeksi tehokkaaksi ilman että kustannukset nousevat huomattavasti. Jos ravinteikasta alusvettä sekoituu pinnan läheiseen veteen, voi veden laatu huonontua selvästi. Näistä syistä johtuen tässä työssä katsotaan, että järvelle sopiva laite tyyppi ei riko lämpötilakerrostuneisuutta.

5.2 Hapetustarve

Syvien järvien hapetus mitoitetaan vastaamaan alusveden tilavuutta. Linkulasjönin alusvedeksi katsotaan kolmen metrin syvyydessä ja sitä syvemmällä oleva vesimassa. Sen tilavuus on $973,54 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Kriittinen sallittu hapenkulutus kesällä on $0,07 \text{ mg/l d}$ (Lappalainen ja Lakso 2005).

Linkulasjönin hapen alenema laskettiin vuosille 2007 ja 2009. Vuonna 2007 alenema laskettiin ajalle 1.5. - 16.8. Tälle välille tulee yhteensä 108 päivää. Toukokuussa oletetaan alusveden happipitoisuuden olleen 12 mg/l kevättäyskierron seurauksena. Elokuun puolessa välissä happipitoisuus oli $5,3 \text{ m:m}$ syvyydessä enää $1,7 \text{ mg/l}$. Alenema on siis $(12 - 1,7)/108 = 0,10 \text{ mg/l /d}$. Vuonna 2009 alenema laskettiin ajalle 1.5. - 2.7. Tälle välille tulee yhteensä 63 päivää. Heinäkuun alussa happipitoisuus oli $5,4 \text{ m:n}$ syvyydessä $1,7 \text{ mg/l}$. Alenema on $(12 - 1,7)/63 = 0,16$. Linkulasjönin laskettu hapen alenema oli $0,10 - 0,16 \text{ mg/l päivässä}$. Näistä keskiarvoksi saadaan $0,13 \text{ mg/l päivässä}$. Tuloksen mukaan järvestä on selvää hapetustarvetta. Hapetuksella pitäisi periaatteessa saada tuotettua lasketun ja sallitun aleneman erotus, mutta käytännössä hapetustarve on todennäköisesti suurempi.

Vähentämällä alenemasta sallittu arvo saadaan hapetustarpeeksi $0,10 - 0,07 = 0,03 \text{ mg/l päivässä}$ ja $0,16 - 0,07 = 0,09 \text{ mg/l päivässä}$. Tämä pitäisi tuottaa hapettamalla. Saatua tulos on todennäköisesti liian alhainen, koska yleensä hapetuksen alkuvaiheessa mikrobin aktiivisuus kasvaa ja samalla myös hapentarve.

Hapetustarpeeksi saatiin aiemmin esitetyn yhtälön mukaan $H_{t2} = 2 * (0,13 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 973,54 \text{ m}^3 = 117 \text{ kg /d}$ ja $H_{t4} = 4 * (0,13 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 973,54 \text{ m}^3 = 234 \text{ kg/d}$. Jos alusveden tilavuutena käytetään neljän metrin tai sitä syvemmällä olevan vesimassan tilavuutta, saadaan hapetustarpeeksi kahdella Ba-arvolla laskettuna $H_{t2} = 2 * (0,13 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 573,79 \text{ m}^3 = 69 \text{ kg /d}$ ja $H_{t4} = 4 * (0,13 \text{ mg/l d} - 0,07 \text{ mg/l d}) * 573,79 \text{ m}^3 = 138 \text{ kg/d}$.

Saarijärven (2010) mukaan enin osa hapen kulutuksesta tapahtuu järven pohjasedimentissä, joten hapen kulumisnopeus voidaan arvioida myös alusveden alle jäävän sedimentin pinta-alalla. Kolme metriä syvempien alueiden pinta-ala on $43,01 \text{ ha}$ eli $430 \cdot 100 \text{ m}^2$. Rehevällä Kevättömänjärvellä Pohjois-Savossa sedimentin hapenkulutus vaihteli $500 - 900 \text{ mg/m}^2/\text{d}$ välillä $6 - 23$ asteen lämpötiloissa (Saarijärvi 2010 ref. Liikanen 2002). Linkulasjönin elo- ja heinäkuun kolmen metrin tulosten keskiarvo oli $18,7$ astetta, joten hapenkulumisnopeus lienee suuruusluokkaa $800 \text{ mg/m}^2/\text{d}$. Hapen kulumisnopeus olisi tällöin $0,8 \text{ g/m}^2/\text{d} * 430 \cdot 100 \text{ m}^2 = 344 \text{ kg/d}$. Jos edellä lasketuista luvuista vähennetään ns. sallittu alenema, $0,07 \text{ mg/l/d}$, saadaan: $344 \text{ kg/d} - (0,07 \text{ g/m}^3/\text{d} * 973,54 * 10^3 \text{ m}^3) = 344 \text{ kg/d} - 68,1 \text{ kg/d} = 275$. Tällöin alempi arvio kulutuslukemasta olisi noin 275 kg/d . Neljän metrin syvyisen vesimassan mukaan laskettuna hapenkulumisnopeudeksi saadaan $0,8 \text{ g/m}^2/\text{d} * 368 \cdot 300 \text{ m}^2 = 295$

kg/d. Jos edellä lasketuista luvuista vähennetään ns. sallittu alenema, 0,07 mg/l/d, saadaan: $295 \text{ kg/d} - (0,07 \text{ g/m}^3/\text{d} * 573,79 * 10^3 \text{ m}^3) = 295 \text{ kg/d} - 40,2 \text{ kg/d} = 255 \text{ kg/d}$.

Yhteenveto

Linkullasjönille hankittavan hapettimen tai ilmastimen tulee tuottaa happea vähintään 138 kg vuorokaudessa. Järven muoto huomioiden järvelle saattaisi olla järkevää laittaa kaksi erillistä laitetta. Hapetustarve valittiin neljän metrin syvyyden mukaisesti. On mahdollista, että laite osoittautuu alitehoiseksi, mutta toisaalta hapetuskokeilu kannattaa aloittaa ensin pienemmällä laitteella ja sopia laitetta hankittaessa mahdollisuudesta tehostaa hapetusta tarvittaessa. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta.

6 Tarkasteltavat hapetuslaitteet

Hapetuksella on tarkoitus vähentää Linkullasjärven alusveden loppukesäisiä happikatoja ja sitä kautta myös sisäistä kuormitusta.

6.1 Ilmastimet

Ilmastimen toimintaperiaatteen mukaan laite imee pohjan läheltä vähähappista vettä ylös ja ilmastaa sen. Ilmastettu vesi palautetaan putkea pitkin takaisin alusveteen. Tällöin laite ei riko järven lämpötilakerrostuneisuutta.

6.1.1 Waterix AIRIT 70

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

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

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

"Waterix AIRIT® 70 ilmastimia voidaan tarvittaessa asentaa myöhemmin lisää. Tällöin laitoksen kapasiteettia ei tarvitse mitoittaa aluksi ylisuureksi, vaan kapasiteettia voidaan lisätä vuosien mittaan. Huollon kannalta AIRIT® 70 ilmastin on erinomainen. Koska yleisesti asennetaan useampi laite yhteen altaaseen, voidaan huolto suorittaa prosessia keskeyttämättä. Tämä alentaa kokonaiskustannuksia, koska huollonaikaisia prosessikatkoksia varten ei tarvita toista linjaa. Waterix ilmastimissa ei myöskään ole säännöllisesti vaihdettavia osia, joten huollon tarve on pieni."

- Moottori: 1,5 kW
- Veden virtaus: 69 l/s
- Veden virtaus: 248 m³/h
- Hyötysuhde 2,0 kgO₂/kWh
- Tuotto: 3,0 kgO₂/h
- Tuotto: 72 kgO₂/d
- Paino kellukkeilla: 34 kg
-

(Waterix OY:n nettisivut 31.1.2011)

Tämän laitteen valinnasta: Linkullasjärven hapetukseen voidaan käyttää kahta AIRIT 70 -laitetta. Molempiin laitteisiin tulee hankkia pressuputki, joka estää kerrostuneisuuden purkautumisen.

6.1.2 Waterix AIRIT 200

"Waterix AIRIT 200 -ilmastin soveltuu erinomaisesti suurempiin ilmastus/hapetustarpeisiin. Sen pääasialliset käyttökohteet ovat kuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistusprosessit sekä taasajalaitteiden ilmastus. AIRIT 200 ilmastin liikuttaa suuren määrän vettä ja siksi prosessi vaatii

hyvin vähän tai ei ollenkaan lisäsekoitusta. Laite vaatii noin neljä metriä halkaisijaltaan olevan tilan altaasta."

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

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

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

- Moottori: 5,5 kW
- Veden virtaus: 229 l/s
- Veden virtaus: 824 m³/h
- Hyötysuhde: 1,8 kgO₂/kWh
- Tuotto: 8,3 kgO₂/h
- Tuotto: 199 kgO₂/d
- Paino kellukkeilla: 110 kg

(Waterix OY:n nettisivut 31.1.2011)

Tämän laitteen valinnasta: AIRIT 200 -laite on turhan tehokas Linkullasjönin hapettamiseen.

6.1.3 Visiox-ilmastin (Vesi-Eko Oy)

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

"Hyödyt ja ominaisuudet lyhyesti:

- Ei riko vesistön kerrostuneisuutta, jolloin alusveden ravinteet pysyvät harppauskerroksen alapuolella.
- Parantaa kalaston ja eliöstön elinmahdollisuuksia erityisesti loppupalvesta, jolloin vesistön omat happivarat ovat vähimmillään
- Hapettaa pohjanläheistä vettä, jolloin vesistön sisäinen kuormitus pienenee ravinteiden vapautumisen vähentyessä
- Toimintavarma myös talviolosuhteissa, ei heikennä jäätä laajalta alueelta.
- Hiljainen, käyntiääninä pelkkä veden kohina
- Ilmastimemme teho 0,75 - 100 kWh, mitoitetaan tarpeen mukaan"

"Visiox-ilmastimemme oli mukana VTT:n hapetinlaitetutkimuksessa. Tutkimuksen loppuraportti julkaistiin lokakuun 2005 lopulla. Tulosten perusteella Visiox-laitteen teho ja luotettavuus osoittautuivat hyviksi."

Taulukko 3. Visiox- suihkuilmastinlaitteiden eri kokovaihtoehdot. Taulukossa on esitetty tyypillisimmät kokoluokat, joita voidaan muuttaa tarvittaessa (Visiox-esite 2007).

Sähköteho, kW	3,0	4,0	5,5
Veden virtaama, l/s	130	160	200
Hapetus-teho, kg O ₂ /d	72	100	135

(Vesi-Eko OY:n Internet-sivut 31.1.2011)

Tämän laitteen valinnasta: Kaksi 3 kW:n tehon omaavaa Visiox-ilmastinta sopii Linkullasjönin hapettamiseen. Myös yksi 5,5 kW laite voisi soveltua hapettamiseen. Laitteet eivät riko kerrostu-neisuutta.

6.1.4 Enviro Botnia System (Enviro Botnia Oy)

"EBS-ilmapumppuun liitetty pohjailmastuskenno ja/tai ilmahissi ovat tehokkain tapa hapettaa vesi edullisesti. Pohjailmastuskennoja voidaan käyttää aina 4 metrin syvyyteen saakka. Yli 4 metrin vesissä käytetään ilmahissejä, joilla vältetään tyypikaasun muodostuminen. EBS-menetelmässä erikoisrakenteinen pumppu painaa ilmaa pohjailmastuskennoon, jonka 8 000 – 10 000 reiän kautta ilma vapautuu veteen, hapettaen sitä tehokkaasti."

"EBS-menetelmää voidaan soveltaa tarpeen mukaan pieniin ja isoihin kohteisiin. Pumppuja on 60 erilaista, 18 kuutiota/tunti -tehosta 2 500 kuutiota/tunti tehoon saakka. Yhtein pumppuun voidaan liittää 5 pohjailmastuskennoa (2 eri kokoa) tai ilmapumppua."

"Ilmastuslaitteiston tehontarve ja laajuus määrittellään käyttökohteen mukaan. Niihin vaikuttavat: veden syvyys ja lämpötila, vesialueen koko ja muoto, saostuminen, talvella jäädä vapaana pidettävän alueen koko (avantouintipaikat, lintualtaat, kalan- ja ravunkasvatusaltaat, venepaikat, laiturit...)"

"Kiistattomat edut:

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

Enviro Botnian internet-sivut 31.1.2011

Tämän laitteen valinnasta: EBS-system ei toimi Linkullasjönin hapettamisessa, koska laite rikkoo järven lämpökerrostuneisuuden.

6.1.5 Meduusa (Lainpelto Oy)

"Meduusa on Suomessa kehitetty patentoitu vedenilmastin, joka toimii uudella tavalla. Edistykse- listen teknisten ratkaisujen ansiosta Meduusa on pienempi, tehokkaampi, hiljaisempi ja taloudelli- sempi kuin perinteiset laitteet."

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

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

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

- Leveys: n. 1,6 m (vakaajien kanssa)
- Pituus: n. 1 – 6 m (nousuputki säädettävissä)
- Paino: n. 30 kg
- Energiakulutus vuorokaudessa: 6 KWH / 0.35 €, kuukaudessa: 180 KWH / 10.5 €
- Vedenkäsittelyvolyymi vuorokaudessa: 180 m³, kuukaudessa 5 400 m³
- Hapetuskyky vaihtelevasti riippuen lähtötilanteesta esim. lähtötilanne vesi 0.4 mg / l O₂, lopputilanne 8 mg / l O₂; käytännössä n. 58 %"

(Lainpellon Internet-sivut 31.1.2011)

Tämän laitteen valinnasta: Meduusa on liian tehoton laite Linkullasjönin hapettamiseen. Linkullasjönin kuuden ja sitä syvemmällä olevan vesimassan tilavuus on 785,8 * 10³ m³. Yksi laite käsittelee tästä tilavuudesta vuorokaudessa 0,022 %.

6.2 Hapettimet

Hapettimen toimintaperiaatteen mukaan laite kierrättää päällysvettä alusveteen. Laitteet eivät saa rikkoo järven lämpötilakerrostuneisuutta, mutta ne saattavat kasvattaa alusveden tilavuutta.

6.2.1 Mixox-hapetin (Vesi-Eko Oy)

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

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

"Hyödyt ja ominaisuudet lyhyesti:

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

"Mixox-hapettimia on neljää peruskokoa. Käyttötarve ja sovellusvariaatiot mitoitetaan ja suunnitellaan aina kohteen mukaisesti. Järjestelmän käynninvalvonta hoidetaan nykyisin GSM-tekniikan avulla." (Mixox-esite 2003)."

Taulukko 4. Mixox-hapettimien peruskoot (Mixox-esite 2003).

	MC-500	MC-750	MC-1000	MC-1100
Hapensiirtoteho (kgO ₂ /d)	150	350	700	800
Tehotarve (kW)	0,6	1,1	2,1	2,5
Virtaama (m ³ /d)	17 000	35 000	70 000	87 000
Käyttöalue (ha)	1 – 50	5 – 100	10 – 300	20 – 500

Vesi-Eko Oy:n internet-sivut 31.1.2011.

Tämän laitteen valinnasta: Pienin Mixox-hapetin (MC-500) sopii Linkullasjönin hapettamiseen. Laite ei pura lämpökerrostuneisuutta, mutta alusveden tilavuus saattaa kasvaa ja lämpötila nousta. Tämä tuskin haittaa järven nykyistä kalastoa. Linkullasjönissä ei ole kuoretta eikä meritaimenta, jotka vaativat viileää vettä. Näillekin kalalajeille on tärkeää, että happipitoisuus on riittävän suuri.

6.3 Sekoittimet

6.3.1 Kasco-jäänestäjä (Nautikulma)

"Kasco-jäänestäjä on nykyaikainen, energiaa säästävä huoltovapaa laite, jota on valmistettu yli 30 vuotta. Kasco-jäänestäjä toimii potkurivirralla. Suurella potkurilla (Ø 23cm) saadaan suuret vesimassat liikkeelle ja veden virtaus on tasaista ja ulottuu laajalle alueelle. KASCO asennetaan yleensä noin 1,5 metrin syvyyteen, jolloin sen suurella potkurilla veden virtaus on tasaista ja ulottuu laajalle alueelle. KASCO-virrankehitin nostaa lämmintä vettä pohjasta pintaan ja estää näin jäätyksen."

"KASCO-virrankehitin on myös erinomainen veden hapettaja. Asennettaessa KASCO lähelle pintaa kellukkeeseen, saadaan aikaan voimakas veden nousu ja ilmastuminen kesäaikaan. Pintaveden happipitoisuus lisääntyy ja levähaitat poistuvat."

Taulukko 5. Kasco-jäänestäjän eri kokovaihtoehdot.

	Kasco 2400	Kasco 3400	Kasco 4400	Kasco 8400
Työntövoima, kg	10,5	14,5	22	35
Paino, kg	11,5	16	18	25
Teho	½ hv (2,2A / 220V)	¾ hv (3,5A / 220V)	1 hv (5,7 A / 220V)	1 ½ hv (6,9A / 220V)

(Nautikulman Internet-sivut 31.1.2011)

Tämän laitteen valinnasta: Kasco-jäänestäjällä ei voida hapettaa Linkullasjönin syvempiä vesikerroksia.

6.4 Laitteiden sähkönkulutus

Sähkönkulutusta selvitettiin vain Linkullasjönille soveltuvista laitteista. Hapetus aika on kolme kuukautta vuodessa. Kun tarkastellaan hapettimien ja ilmastimien sähkönkulutusta, voidaan vertailla laitteiden tehoja (kW). Fortumin ilmoittama (26.4.2011) kaksivuotisen Takuu-sopimuksen yleissähkön hinta on 7,45 c/kWh eli 0,0745 euroa/kWh. Sähkön yleissiirron hinta on 2,79 c/kWh eli 0,0279 euroa/kWh. Sähkövero on 2,0947 c/kWh eli 0,020947 euroa/kWh. Yhteensä näistä tulee 0,123347 euroa/kWh (taulukko 6).

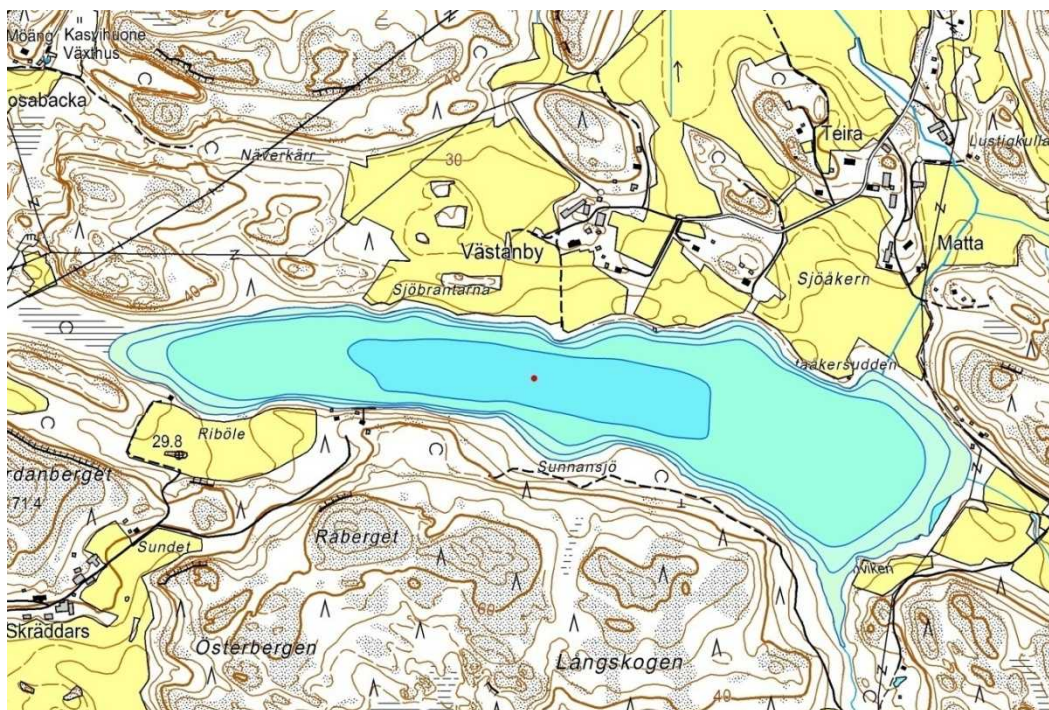
Taulukko 6. Linkulasjönille soveltuvien laitteiden sähkönkulutus.

	Airit 70 * 2	Mixox 500	Visiox	Visiox * 2
teho	1,5 kWh * 2 = 3 kWh	0,6 kWh	5,5 kWh	3 kWh * 2 = 6 kWh
sähkönkulutus, euroa/kk	266	53	488	533
sähkönkulutus, euroa/ 3 kk	799	160	1 465	1 599

Ilmastintyyppiset laitteet kuluttavat enemmän sähköä, mutta ovat hankintakustannuksiltaan edullisempia kuin hapettimet. Tämä kannattaa huomioida laitteiden kilpailutuksessa.

7 Linkullasjönin hapettaminen

Hapetuslaite kannattaa asentaa lähelle järven syvintä kohtaa tai ainakin syvänealueelle (kuva 5). Sähkökaapin paikka olisi hyvä saada jonkun viljelijän tai ranta-asukkaan tontille tai muulle valvotulle alueelle. Hapetus voidaan tehdä yhdellä tai useammalla laitteella.



Kuva 5. Linkullasjönin hapetuslaitteiden sijainti. Mittakaava 1 : 8 000. Luvat Maanmittauslaitos 7/MML/11 ja SYKE.

Hapetuslaitteiden hinnat vaihtelevat suuresti laitetypistä riippuen. Ilmastimet ovat hapettimia halvempia, mutta kuluttavat enemmän sähköä. Linkullasjönille tulisi hankkia sellainen hapetuslaite, joka tuottaa happea vähintään 138 kg vuorokaudessa, eikä riko järven lämpökerrostuneisuutta. Aluksi järveä hapetettaisiin ainoastaan kesällä. Hapetus aloitettaisiin heinäkuun alusta ja sitä jatkettaisiin kolme kuukautta eli syyskuun loppuun. Hapetusta tulee jatkaa aluksi 3 – 5 vuotta.

Hapetuslaitteita voi vuokrata tai ostaa. Koska hapetustehoa voidaan joutua lisäämään ensimmäisen hapetusjakson jälkeen, tulee osto- tai vuokrasopimuksessa sopia hapetuksen tehostamisen mahdollisuudesta. Sopimukseen olisi hyvä saada happitakuu. Tällöin hapettimen myyjä/vuokraaja sitoutuu tuottamaan tietyn määrän happea kohdejärveen.

8 Turvallisuusnäkökohdat

Linkullasjönin talviaikaiset happipitoisuudet ovat olleet hyvällä tasolla, eikä järven talviaikaista ilmastusta nähdä tarpeellisena. Ilmastimet pitää yleensä poistaa järvestä talven ajaksi, jos niitä ei käytetä, jotta ne eivät rikkoontuisi. Jos laitteita ei haluta poistaa, täytyy ne käynnistää ennen jäiden tuloa. Hapettimet voidaan jättää järveen talven ajaksi.

Jos Linkullasjönin happitilanne muuttuu siten, että hapetusta tarvitaan myös talvella, tulee huolehtia siitä, että järvellä ja rannalla liikkujat tietävät heikentyneistä jäistä. Tiedottamisessa voidaan hyödyntää paikallislehtiä. Järven rannalle tulee pystyttää varoituskylttejä. Järveen tulee merkitä heikentyneen jään alue esimerkiksi lippusiimalla. Ilmastuksesta kannattaa tiedottaa paikallislehdissä. Myös uimarannan ilmoitustaululle on syytä laittaa tiedote.

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

9 Hapetuksen seuranta

9.1 Happipitoisuus

9.1.1 Happinäytteiden ottaminen

Linkullasjönin veden laatua on seurattu Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta. Viimeisin näytteenotto on vuodelta 2009. Kyseinen näytteenotto oli ylimääräinen ja se toteutettiin yhteistyöprojektin vuoksi. Seurannan jatkosta ei ole varmuutta. Linkullasjön ei kuulu järvien seurantaohjelmaan vuosina 2009 – 2012.

Linkullasjönin hapetuksen vaikutusta kannattaa seurata mittaamalla veden happipitoisuutta joko ottamalla happinäytteitä tai happimittarin avulla. Tärkeimmät ajankohdat näytteiden otolle ovat loppukesällä heinä-elokuussa. Happinäytteitä olisi hyvä ottaa ainakin kerran kuukaudessa.

9.1.2 Happipitoisuuden määrittäminen happimittarilla

Happipitoisuuden seurantaan varten voisi olla kannattavaa ostaa happimittari. Mittarin avulla veden happipitoisuutta voidaan seurata vaikka viikoittain (katso tarkemmat ohjeet, liite 1). Happea kannattaa seurata kuitenkin vähintään kerran kuukaudessa. Happi kannattaa mitata sekä pinnasta että pohjan läheltä. Pinnasta mittaus kannattaa tehdä 50 – 100 cm:n syvyydestä. Happea voi mitata tämän jälkeen puolen metrin – metrin välein ja kirjata lukemat ylös. Syvyyden määrittämistä varten kannattaa merkitä happimittarin kaapeliin pituus 50 cm:n välein ilmastointiteipillä.

Saatuja tuloksia kannattaa verrata vesinäytteiden antamiin happipitoisuuksiin. Happimittari tulee kalibroida laitteen mukana tulevien ohjeiden mukaan sekä huolehtia että sen mittausanturissa on mittauksen onnistumiseen vaadittavia kemikaaleja. Samoin happimittarin huolto on järjestettävä laitteen ohjeiden mukaisesti. Happimittaria käyttävän henkilön tulee lukea tarkkaan laitteen käyttöohjeet. Jos mittaja vaihtuu, kannattaa aiemmin mitanneen henkilön opastaa uusi mittaja laitteen käyttämiseen.

Markkinoilla olevia happimittareita:

- YSI ProODO, Pro20
- HQD-mittarit
- Marvet Junior 2000
- Hanna HI 9142
- Oxi 3210 ja 3310

9.2 Muut analyysit

Kesäaikaisista näytteistä tulisi määrittää ainakin kokonaisravinteet, happi, lämpötila, väriluku, sameus, kiintoaine ja klorofylli-a. Talvisesta näytteestä voidaan jättää klorofylli-a-pitoisuus pois. Lämpötilaa seuraamalla voidaan mahdollisesti saada kiinni hapetuksen vesimassaa sekoittava vaikutus.

9.3 Veden näkösyvyys

Näkösyvyydellä tarkoitetaan sitä syvyyttä, josta veteen upotetun valkoisen levyn pystyy erottamaan. Se kuvaa vedessä olevan levän (kasviplankton), humuksen ja saven määrää. Näkösyvyysarvoista voidaan päätellä kyseisen vesistön veden laadusta. Mittaaminen on hyvin helppoa. Halkaisijaltaan noin 20 cm oleva valkoinen pyöreä levy lasketaan veneen varjon puolelta

narun varassa veteen. Syvyys, jossa levyn pystyy vielä erottamaan, on kyseisen järven näkösyvyysarvo (cm).

10 Hapetuksen kesto

10.1 Hapetustarpeen uudelleen arviointi

Hapetus on pääsääntöisesti useita vuosia kestäväää järven kunnostamista. Se parantaa veden happipitoisuutta ja voi vähentää sisäistä kuormitusta. Niin kauan kun Linkullasjoniin tulee järven sietokyvyn ylittämä määrä ulkoista kuormitusta, joudutaan ilmastusta luultavasti jatkamaan.

Järveen tulevan ulkoisen kuormituksen arviointi perustuu laskennallisiin malleihin (Hagman 2009). Kuormitusta voidaan arvioida esimerkiksi viiden vuoden kuluttua uudelleen. Kyseiseen selvitykseen kannattaa sisällyttää myös maastokäyntejä. Maastokäynneillä käydään katsomassa järven lähialueen tulopurojen kuntoa. Oleellista on selvittää, minkälaista vettä puroissa kulkee. Onko se savista tai humusta sisältävää. Samoin uoman kasvillisuutta kannattaa tarkastella; onko uoma kasvamassa umpeen. Myös uoman reunojen kuntoa kannattaa selvittää, ovatko ne eroosioherkkiä.

Järvessä hapetuksen vaikutusta voidaan arvioida mittaamalla veden happipitoisuutta eri syvyyksissä. Jos alusveden happipitoisuudet alkavat olla yli 4 mg/l, on hapetus tarpeeksi tehokasta. Jo yli 2 mg/l pitoisuudet estävät fosforin vapautumista sedimentistä.

Yleensä hapetuksen lopettaminen aiheuttaa alusveden happipitoisuuksien alentumisen, jos järvi on rehevä ja sinne tulee rehevöitymistä kiihdyttävää ulkoista kuormitusta. Hapetus voi vähentää sisäistä kuormitusta, mutta sen lopettamisen seurauksena sisäinen kuormitus voi käynnistyä nopeastikin.

10.2 Hapettamisen aloitusajankohdan määrittäminen kesällä

Jos halutaan määrittää hapetuksen aloitusajankohta kesällä, voidaan aloittaa happipitoisuuden mittaus happimittarilla toukokuussa. Mittaamalla happipitoisuus viikoittain nähdään alusveden pitoisuuden alentuminen ajoissa. Happipitoisuuden ei tule antaa laskea liian alhaiseksi, koska hapetuslaitteilla menee oma aikansa korjata tilanne.

Linkullasjön kärsii loppukesäisistä alusveden alhaista happipitoisuuksista tai hapettomuudesta. Vesinäytteitä oli otettu kesäkuun lopulla, heinäkuussa ja elokuussa. Kaikkina ajankohtina alusveden happitilanne oli huono. On todennäköistä, että niinäkin vuosina, jolloin tietoa on loppukesältä, myös keskikesällä on happiongelmiä. Yleensä toukokuussa vesimassa on vielä sekoittunut kevättäyskierron seurauksena ja veden happipitoisuus on hyvä. Kesäkuussa voidaan havaita alusveden happipitoisuudessa jo alentumista.

Hapetus tulee näiden pohdintojen valossa aloittaa heinäkuun alussa, mutta alusveden happipitoisuuden seurannalla voidaan havaita mahdollinen aikaisempi ilmastutarve. Hapetusta kannattaa jatkaa syyskuun loppuun.

10.3 Hapettamisen aloitusajankohta talvella

Tällä hetkellä näyttää siltä, ettei Linkullasjoniin tarvitse hapettaa talvella, koska veden happipitoisuudet ovat pysyneet hyvinä talviaikaan. Jos hapetus tehdään ilmastimilla, on niiden toiminnan kannalta hyvä pitää ne myös talvella käynnissä. Laitteet pitäisi poistaa järvestä talveksi, jos niitä ei aiota käynnistää niiden rikkoutumisen ehkäisemiseksi.

Aloitusajankohta pitää ajoittaa jäiden tuloon. Eli ilmastimet tulee käynnistää ennen koko järven umpeen jäätymistä.

10.4 Hapetuksen lopettaminen

Edellä mainitun pohdinnan perusteella on vaikea arvioida, koska hapetuksen voi lopettaa kokonaan. Kun ulkoista kuormitusta on saatu vähennettyä, voidaan harkita hapetuksen keston vähentämistä. Päätöksen pitää pohjautua kyseessä olevan kesän alusveden hyviin happipitoisuuksiin. Jos happipitoisuudet ovat alhaisia, ei ole järkevää lopettaa hapetusta.

Kun loppukesän alusveden happipitoisuudet alkavat olla Linkullasjönissä hyvällä tasolla, on mahdollista jättää hapetus väliin. Mutta happipitoisuuksia kannattaa seurata, jotta niiden heikentyessä laitteet saadaan käynnistettyä.

11 Yhteenveto

Linkullasjönin kesäaikaisia happikatoja voidaan ehkäistä aloittamalla järven kesäaikainen hapetus. Hapetustarpeeksi arvioitiin 138 kg happea päivässä. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Hapetus tulee aloittaa heinäkuussa ja jatkaa sitä kolme kuukautta.

Linkullasjönin veden laatua tulee seurata, jotta ilmastuksen vaikutukset alusveden happipitoisuteen ovat havaittavissa. Veden happipitoisuus kannattaa määrittää sekä vesianalyysien että happimittarilla.

Hankkeesta on erittäin tärkeää tiedottaa paikallisille toimijoille. Yleistä tiedotusta voidaan tehdä paikallislehtien avulla.

KIRJALLISUUS

- Cooke G. D., Welch E. B., Peterson S. A. & Nichols S. A. 2005. Restoration and management of lakes and reservoirs. Kolmas painos, Lewis Publishers. 591 s. ISBN 1-56670-625-4.
- Fortumin Internet-sivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.fortum.fi. Fortum > Tuotteet ja hinnat > Hinnat > Fortum Takuu. [viitattu 26.4.2011.]
- Fortumin Internet-sivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.fortum.fi. Fortum > Tuotteet ja hinnat > sähköni siirto ja liittymät [viitattu 9.5.2011.]
- Enviro Botnian internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.envirobotnia.com. Enviro Botnia > Ilmastuslaite. [Viitattu 31.1.2011.]
- Evans R. D. 1994. Empirical evidence of the importance of sediment resuspension in lakes. *Hydrobiologia* 284 (1) : 5–12.
- Hagman A.-M. 2008. Inkoon Linkullasjönin perustilan selvitys vuonna 2007. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 11/2008. 20 s. ISBN 978-952-11-3173-8.
- Hagman A.-M. 2009. Inkoon Linkullasjönin kuormitus selvitys ja kunnostussuunnitelma. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. Uudenmaan ympäristökeskuksen raportteja 5/2009. 37 s. ISBN 978-952-11-3419-7.
- Jungo E., Visser P. M., Stroom J. & Mur L. R. 2001. Artificial mixing to reduce growth of the blue-green alga *Microcystis* in Lake Nieuwe Meer, Amsterdam: an evaluation of 7 years of experience. *Water Science and Technology: Water Supply* 1 (1): 17 – 23.
- Lainpellon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.lainpelto.fi. Lainpelto > Meduusa. [Viitattu 31.1.2011.]
- Lappalainen K. M. ja Lakso E. 2005. Järvien hapetus. Teoksessa: Järvien kunnostus (toim. Ulvi T. ja Lakso E.). Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Ympäristöopas 114. s.151 – 168.
- Liikanen, A. 2002. Greenhouse Gas and Nutrient Dynamics in Lake Sediment and Water Columns in Changing Environment. Kuopio University publications C. Natural and Environmental Sciences 147. Väitöskirja. 603 s.
- Mixox-esite. 2003. Mixox-hapetus. Vesi-Eko Oy. 18.3.2003. www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Mixox-hapetin > lataa esite [julkaisematon esite.]
- Nautikulman internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.nautikulma.fi. Nautikulma > Tuotteet > Laituritarvikkeet > jäänestäjä. [Viitattu 18.2.2011.]
- Saarijärvi E. 2007. Visiox-ilmastimien tuotetiedot, muistio 27.4.2007. Vesi-Eko Oy. www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Visiox-ilmastin > Visiox-ilmastimien tekninen kuvaus. [Julkaisematon esite.]
- Sassi J ja Keto A. 2005. Järvien kunnostuksen menetelmät. Hapetuslaitteiden laboratorio- ja kenttäkokeet. VTT tiedotteita 2307. 88 s.
- Vesi-Ekon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Mixox-hapetin. [Viitattu 31.1.2011.]
- Vesi-Ekon internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.vesieko.fi. Vesi-Eko > hapetus ja ilmastus > Visiox-ilmastin. [Viitattu 31.1.2011.]
- Waterixin internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.waterix.com. Waterix > tuotteet > Airit ilmastimet > Airit 70. viitattu 31.1.2011]
- Waterixin internetsivut. (Päivitysaika ei selviä sivuilta). www.waterix.com. Waterix > tuotteet > Airit ilmastimet > Airit 200. viitattu 31.1.2011]

LIITTEET

Liite 1.

Hapen mittaus happimittarilla – tarkemmat ohjeet

Yleistä mittarin käsittelystä

Happimittaria tulee käsitellä huolella ja varovaisesti. Laite sisältää pieniä osia, jotka voivat mennä rikki tai vääntyä. Kaapeli ruuvataan mittariin kiinni ilman voimaa. Kaapelin ei tule antaa venyä. Mittausanturissa on usein vaihdettava kalvo tai kemiallista liuosta. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi kalvon tulee olla ehjä ja / tai anturissa tulee olla kemikaaliliuosta. Anturin avaaminen esimerkiksi kemikaalien lisäyksen tai kalvon vaihdon yhteydessä on tehtävä varovaisesti. Yleensä tällaiset toimet kannattaa tehdä kuivalla maalla eikä veneessä mittauspaijalla.

Mittauspaikat

Happea kannattaa mitata useasta paikasta, jotta nähdään riittääkö laitteiden teho ilmastamaan koko järven alusveden.

Mittauspaikkojen syvyydet tulee määrittää ennen ensimmäistä hapen mittausta esim. edellisenä päivänä laskemalla jokin paino narun varassa pohjaan. Tämän jälkeen mittauspaijkojen syvyydet tiedot kannattaa merkitä karttaan. Määrittämällä mittauspaijkojen syvyydet etukäteen, voidaan arvioida milloin anturi on lähellä pohjaa ja / tai onko se pohjassa.

Mittaus

Happimittarin käyttö on pääsääntöisesti hyvin helppoa. Syvyyden määrittämistä varten kannattaa merkitä happimittarin kaapeliin pituus metrin välein ilmastointi-teipillä. Mittausanturi lasketaan ha-luttuun syvyyteen ja odotetaan, kunnes mittarin antama lukema vakiintuu. Mittaus tehdään pinnasta pohjaa kohti. Tällöin estetään pohjasedimentin sekoittuminen vesimassaan, jos anturi vahingossa osuu pohjaan. Anturin osuminen pohjaan aiheuttaa sedimentin pölyämistä, mikä voi näkyä h-pettomuutena. Jos anturi osuu pohjaan, on hyvä vaihtaa mittauspaijkaa muutaman metrin päähän. Ensimmäinen mittaus kannattaa tehdä yhden metrin syvyydestä. Tämän jälkeen mittauksia voi tehdä metrin välein ja kirjata lukemat ylös. Tämä helpottuu jos mittausta tekee kaksi henkilöä. Mittaajan vaihtuessa edellisen mittaajan kannattaa opastaa seuraajansa mittarin käyttöön.

Kalibrointi

Happimittarin kalibroinnin voi joidenkin mittareiden kohdalla tehdä itse tai laitteen voi lähettää kalibroitavaksi. Jos kalibrointi tehdään itse, tulee se tehdä kyseisen laitteen mukana tulevien ohjeiden mukaan. Kalibroinnissa pitää tarkistaa, että anturin kalvo on ehjä ja / tai että siinä on riittävästi kemikaaliliuosta.

Huolto

Happimittarin huolto on järjestettävä tarvittaessa laitteen ohjeiden mukaisesti.

KUVAILEHTI

Julkaisusarjan nimi ja numero Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2011				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Anne-Marie Hagman		Julkaisuaika Marraskuu 2011		
		Julkaisija Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja Inkoon kunta ja Uudenmaan ELY-keskus		
Julkaisun nimi Inkoon Linkullasjönin hapetussuunnitelma Inkoon kuntakohtainen järvikunnostusohjelma				
Tiivistelmä Inkoon kunnassa sijaitsevassa Linkullasjössä esiintyy kesäaikaisia happikatoja. Järvelle tehdyssä kunnostussuunnitelmassa suositeltiin tarkemman hapetussuunnitelman tekemistä. Inkoon kunnan ja Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen yhteistyöprojektinä tehtiin hapetussuunnitelma vuonna 2011. Suunnitelmassa esitellään Linkullasjönille sopivia hapetus- ja ilmastuslaitteita. Lisäksi laitteen sijoituspaikka ja hapetus-/ilmastusaika esitetään suunnitelmassa ja annetaan ohjeita hapetuksen vaikutuksen seurantaan. Linkullasjönin kesäaikaisia happikatoja voidaan ehkäistä aloittamalla järven kesäaikainen hapetus. Hapetustarpeeksi arvioitiin 138 kg happea päivässä. Laite ei saa rikkoa järven lämpötilakerrostuneisuutta. Hapetus tulee aloittaa heinäkuussa ja jatkaa sitä kolme kuukautta. Hapetuksen kestoksi arvioidaan aluksi 3 – 5 vuotta. Linkullasjönin veden laatua tulee seurata, jotta ilmastuksen vaikutukset alusveden happipitoisuuteen ovat havaittavissa. Veden happipitoisuus kannattaa määrittää sekä vesianalyysin että happimittarilla. Hankkeesta on erittäin tärkeää tiedottaa paikallisille toimijoille. Yleistä tiedotusta voidaan tehdä paikallislehtien avulla.				
Asiasanat Inkoo, järvien kunnostus, Linkullasjön, hapettaminen				
ISBN (painettu)	ISBN (PDF) 978-952-257-354-4	ISSN-L 1798-8101	ISSN (painettu)	ISSN (verkkojulkaisu) 1798-8071
Kokonaissivumäärä 29		Kieli suomi		Hinta (sis. alv 8 %) -
Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on saatavana vain verkossa: www.ely-keskus.fi/uusimaa/julkaisut				
Julkaisun kustantaja				
Painopaikka ja -aika				

PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nylands publikationer 12/2011				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Anne-Marie Hagman		Publiceringsdatum November 2011		
		Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		
		Projektets finansiär/uppdragsgivare Ingå kommun och Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		
Publikationens titel Inkoon Linkullasjönin hapetussuunnitelma Inkoon kuntakohtainen järvikunnostusohjelma (Syräättningsplan för Linkullasjön i Ingå)				
<p>Sammandrag</p> <p>Linkullasjön i Ingå lider sommartid av syrebrist. En istandsättningsplan utarbetades för sjön år 2009 och i den rekommenderas att en syrsättningsplan görs upp. År 2011 utarbetade Ingå kommun i samarbete med Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland en syrsättningsplan. I den presenteras lämpliga syrsättnings- och luftningsanläggningar inklusive placeringsplats och syrsättningsperiod. I planen ingår även instruktioner om hur effekterna av syrsättningen bör följas upp.</p> <p>Syrebristen i Linkullasjön under sommaren kan förhindras genom syrsättning sommartid. Beräkningarna visar på ett behov om 138 kg syrgas per dag. Syrsättningen får inte utföras så, att den bryta temperaturskiktningen i sjön. Syrsättningen bör inledas i juli och fortgå i tre månader under de följande 3-5 åren.</p> <p>Vattenkvaliteten i Linkullasjön bör följas upp så, att syrsättningens inverkan på syrgashalten i vattnet klargörs. Det är skäl att mäta syrgashalten i vattnet både i laboratorium och med syrgasmätare.</p> <p>Det är ytterst viktigt att informera om syrsättningen och sprida informationen t ex via lokaltidningar.</p>				
Nyckelord Ingå, restaurering av sjöar, Linkullasjön, syrsättning				
ISBN (tryckt)	ISBN (PDF) 978-952-257-354-4	ISSN-L 1798-8101	ISSN (tryckt)	ISSN (webbpublikation) 1798-8071
Sidantal 29	Språk finska		Pris (inneh. moms 8 %) -	
Beställningar/distribution Publikationen finns endast på webben: www.ely-centralen.fi/nyland/publikationer				
Förläggare				
Tryckeri, ort och tidpunkt				

Uudenmaan elinkeino-,
liikenne- ja ympäristökeskus
Asemapäällikönkatu 14
PL 36, 00521 Helsinki
puh. 020 636 0070
www.ely-keskus.fi/uusimaa

ISBN 978-952-257-354-4 (PDF)

ISSN-L 1798-8071

ISSN 1798-8071 (verkkojulkaisu)