

# Uudet innovatiiviset menetelmät puhdistamoilla ja luonnonvesissä tapahtuvan denitrifikaation arvioimiseksi

Loppuraportti – 08.03.2012

## Tausta

Hankkeen lähtökohtana on selvittää perusteita puhdistamoiden tarpeelle tehostaa jätevesien typenpoistoa. Näin pyritään vastaamaan kysymykseen: Tarvitaanko puhdistamojen typenpoiston tehostamista sisävesialueilla?

Suunnitelmassa projektin tavoitteeksi määriteltiin

1. tutkia puhdistamoiden typenpoiston vaikutuksia alapuolisten vesistöjen tilaan erityisesti sinilevien määrään ja lajistokoostumukseen
2. selvittää luonnonvesissä tapahtuvan denitrifikaation osuus typenpoistossa
3. löytää uusia innovatiivisia menetelmiä denitrifikaation mittaamiseksi luotettavasti ja kustannustehokkaasti

Tämän mukaisesti VVY:n rahoituksella tehtiin kesällä 2011 hankkeeseen liittyvä esitutkimus, jonka tulosten pohjalta hankkeelle haetaan paraikaa useamman vuoden kansallista Suomen Akatemian AKVA-rahoitusta. Aihetta koskeva rahoitushakemus jätettiin 15.2.2012 mennessä Suomen Akatemiaan.

Tässä raportissa tarkastellaan vuoden 2011 aikana tehtyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia.

## Menetelmät

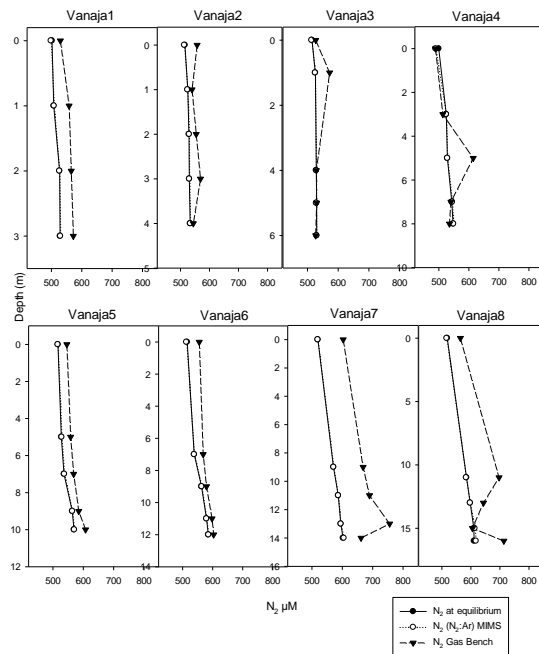
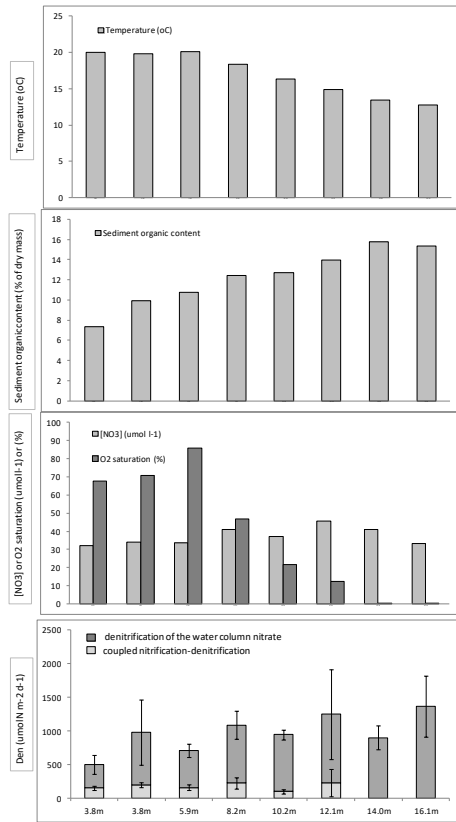
Esitutkimuksessa selvitettiin <sup>15</sup>N-isotooppimenetelmällä denitrifikaationopeuden paikallista vaihtelua Vanajavedellä nk. IPT-tekniikalla (<sup>15</sup>N isotoopin käyttöön perustuva menetelmä), sekä verrattiin suoraan vesirungosta massaspektrometrillä määritetyn N<sub>2</sub>-konsentraation (GasBench mittaus) ja N<sub>2</sub>/Ar suhteen (MIMS mittaus) välistä yhteyttä 12 järvellä sekä Vanajaveden 8 eri osassa. Lisäksi kokeiltiin kehittämiemme *in situ*-kammioiden toimivuutta Vanajavedellä (tältä osin tulosten laskenta vielä kesken). Työhön palkattiin harjoittelija, joka avusti opinnäytetyöntekijöitä (Jatta Karhunen ja Antti Rissanen) näytteenotossa ja mittausten teossa. Mittauksia tehtiin Vanajavedellä seitsemässä pisteessä. Kahdessa pisteessä (3.8m ja 12.1m) tehtiin IPT:n oletusten testaamiseen vaadittava konsentraatiosarja, jonka tuloksista voi myös päätellä, tapahtuuko sedimentissä anaerobista ammoniumin hapettumista, anammoxia.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

Vanajaveden tuloksista ilmenee, että denitrifikaationopeus vaihteli välillä 500-1400  $\mu\text{mol N M}^{-2} \text{d}^{-1}$ . Nopeus oli suuri verrattuna aiempiin saman vesistöalueen pienimmissä järvissä tehtyihin mittauksiin. Anammoxia ei tapahtunut. Pohjanläheisen veden nitraattipitoisuus oli korkea ja vaihteli paikkojen välillä 32-46  $\mu\text{mol l}^{-1}$ . Happipitoisuus vaihteli myös paljon; pohjanläheinen vesi oli hapetonta kahdessa syvimässä näytepisteessä (Kuva). Pohjanläheisen veden lämpötila laski litoraalista profundaaliin mentäessä. Sedimentin orgaanisen aineksen pitoisuus kasvoi litoraalista profundaaliin mentäessä (Kuva).

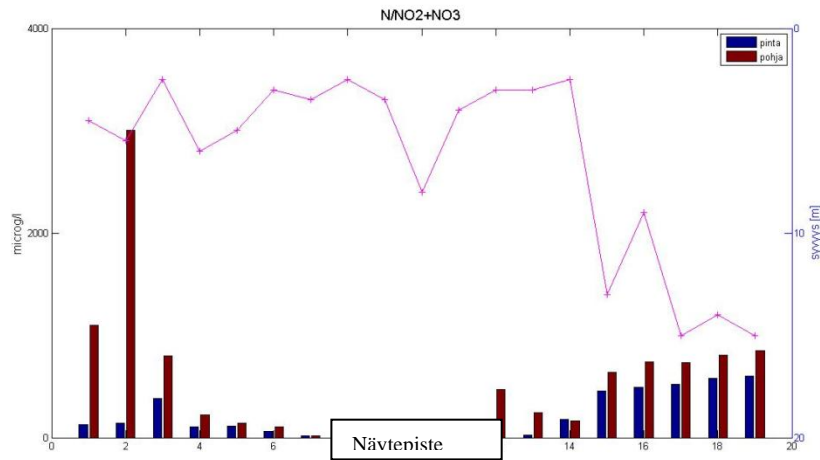
Denitrifikaationopeudet ovat suuria verrattuna aiemmin mitattuihin nopeuksiin suomalaisissa järvissä (Ormajärvessä, Pääjärvässä, Suolijärvessä ja Leheessä keskimäärin 100-200  $\mu\text{mol N m}^{-2} \text{d}^{-1}$ , maksimi n. 600  $\mu\text{mol N m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ). Tämä johtuu denitrifikaation kannalta suotuisista olosuhteista Vanajanselällä: pohjanläheisen veden vähähappisuudesta/hapettomuudesta, korkeasta nitraattipitoisuudesta, orgaanisen aineksen määrästä ja lämpötilasta. Tulevissa tutkimuksissa on syytä mitata Vanajanselän denitrifikaatiota myös muina vuodenaikoina. Alustavien arvioiden mukaan Vanajanselkä poistaa 16-33% typpikuormastaan pysyvästi kaasumaisena typpenä.

$\text{N}_2$ -konsentraation ja  $\text{N}_2/\text{Ar}$  suhteen välistä yhteyttä tutkittiin 12 järvellä sekä Vanajaveden 8 eri osassa. Tuloksien perusteella  $\text{N}_2$  konsentraatiot ovat sangen suuria ja viittaisivat voimakkaaseen (jopa 10-30%) typen ylikyllästymiseen (verrattuna lämpötilakohtaiseen tasapainotilaan  $\text{N}_2$  equilibrium, kuva) useissa järvistä, ja erityisesti Vanajavedellä. Mittasimme yhdessä prof. Moritz Lehmannin kanssa samoista näytteistä myös  $\text{N}_2/\text{Ar}$  -suhteen, joka oli vain hieman (muutamia prosentteja) koholla.  $\text{N}_2/\text{Ar}$  suhteen pitäisi reagoida denitrifikaatioon, koska denitrifikaatio tuottaa vesipatsaaseen typpikaasua. Tältä osin saadut tulokset ovat ristiriidassa IPT-tekniikalla saatujen denitrifikaatiotulosten kanssa. Haasteemme onkin ensi kesän aikana selvittää, kumpi menetelmästä on luotettavampi typen denitrifikaation integroivaksi mittausmenetelmäksi.

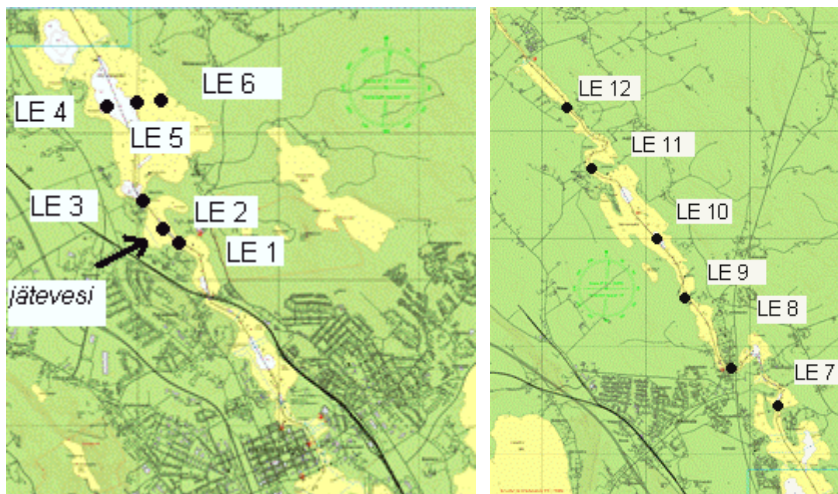


Edellä kerrotun lisäksi Anni Jokiniemi selvitti Paroisten jätevedenpuhdistamon alapuolisen vesistön ja Lepaanvirran virtaamia sekä jätevesien sekoittumista pääuomassa. Menetelminä olivat CTD-mittaukset ja Rhodamiini-väriaineella

tehty värjäyskoe. Mittaukset tehtiin heinä-elokuussa 2011. Lisäksi CTD-mittauksia tehtiin Keuruselällä ja Petäjavedellä paikallisten puhdistamojen jätevesien purkualueiden vaikutuspiirissä. Mittausten tulokset on analysoitu ja paraikaa Anni Jokiniemi valmisteleo saamiinsa tuloksiin perustuen pro gradu –opinnäytettä Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen geofysiikan osastolle. Ohessa esimerkki nitraattitypen pitoisuuden muutoksista Paroisten jätevedenpuhdistamon alapuolisella vesistön osalla heinäkuussa 2011.

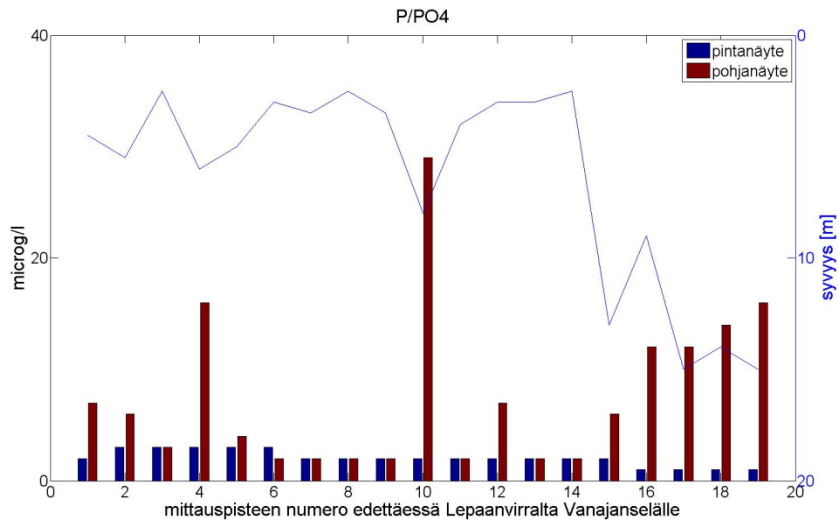
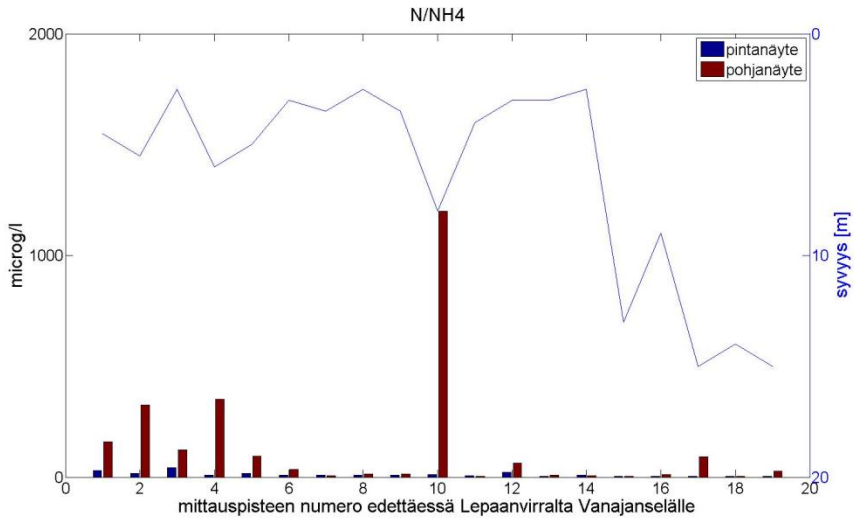


Jätevesi purkautuu näytepisteiden 1 ja 2 läheisyyteen (ks. kuva alla). Nitraattitulosten sekä niitä tukevien lämpötila- ja sähkönjohtavuustulosten sekä Rhodamiini-värjäyksen perusteella Paroisten puhdistamon jätevesi hakeutuu purkukohdan läheisyydessä pohjanläheiseen vesikerrokseen. Kuitenkin jo vajaan kilometri alavirtaan jäteveden NO<sub>3</sub>-pitoisuutta lisäävä vaikutus hävisi. Hattulan selän ja Mierolan sillan välisellä alueella nitraatin pitoisuus jäi määritysrajan alapuolelle, eli oli luokkaa alle 2-3 ug l<sup>-1</sup>.

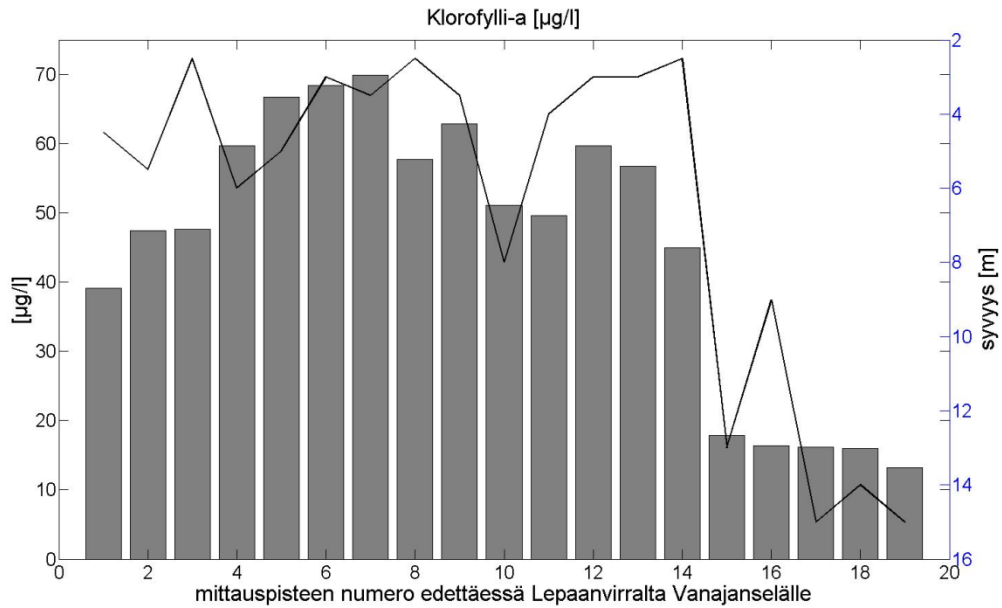


Näytepisteet.

Jäteveden laskupisteen alapuolisissa tuloksissa on lisäksi huomionarvoista Mervenselän näytepisteen (LE 10) alusveden erittäin korkea ammoniumtyypen pitoisuus. Myös fosfaattifosforin pitoisuus oli korkea muihin alus- ja päällysvesinäytteisiin verrattuna.



Jätevesien laskupisteen alapuolisen vesistön klorofylli a:n määrä oli korkea (kts. alla oleva kuva). Pitoisuus nousi Hattulanselällä ja laski Mervenselällä. Vanajanselkään (näytepisteet 15-19) verrattuna pitoisuudet olivat 2-3 kertaa suurempia.

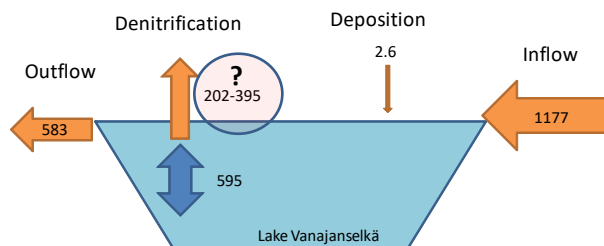


Viimeisenä on kuva Vanajanselän typpitaseesta vuosina 2009-2011.

Denitrifikaation merkitystä typen poistumassa on arvioitu kesän 2011 mittauksen perusteella (alla oleva kuva).

### Tentative N budget ( $10^3$ kg per yr) of L. Vanajanselkä

The budget is based on daily hydrological data and TN concentrations based on the nonlinear regressions between discharge and measured TN concentrations in the inflow and outflow in 2009-2011. Deposition is based on the data of the FMI.



Retention - 50 % of loading  
Denitrification - from 31 to 66% of annual removal

## Yhteenveto tuloksista

1. Vanajanselän denitrifikaationopeudet ovat suuria verrattuna aiemmin mitattuihin nopeuksiin suomalaisissa järvissä. Tämän arvioitiin johtuvan denitrifikaation kannalta poikkeuksellisen suotuisista olosuhteista.
2. Anammoxia ei mittausten mukaan tapahtunut.
3. N<sub>2</sub>-konsentraation ja N<sub>2</sub>/Ar suhteen perusteella N<sub>2</sub> konsentraatiot olivat suuria ja viittaisivat voimakkaaseen (jopa 10-30%) typen ylikyllästymiseen.
4. N<sub>2</sub>/Ar suhde ei reagoanut odotetulla tavalla denitrifikaatioon, vaikka denitrifikaatio tuottaa vesipatsaaseen typpikaasua.
5. Paroisten puhdistamon jätevesi hakeutui purkukohdan läheisyydessä pohjanläheiseen vesikerrokseen.
6. Laimenemisen ja biologisen ravinteiden oton seurauksena jäteveden NO<sub>3</sub>-pitoisuutta lisäävä vaikutus hävisi nopeasti.
7. Purkupisteen alapuolisen vesistönosan korkeat klorofyllipitoisuudet kuvastavat vesistön rehevyyttä ja ravinteiden suurta määrää.

## Yhteyshenkilö

Prof. Lauri Arvola, Lammin biologinen asema

Pääjärventie 320, 16900 Lammi

puh. 050 3573079, [lauri.arvola@helsinki.fi](mailto:lauri.arvola@helsinki.fi)