



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

TYPENPOISTON NITRIFIKAATIO- JA DENITRIFIKAATIONOPEUDET JÄTEVEDENPUHDISTUSPROSESSISSA

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Satu Virtanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikka

VIRTANEN, SATU:

Typenpoiston nitrifikaatio- ja
denitrifikaationopeudet
jätevedenpuhdistusprosessissa

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 38 sivua, 56 liitesivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kolmen jätevedenpuhdistamon käyttötarkkailun historiatietojen perusteella kunkin laitoksen eri prosessilämpötiloissa toteutuneet nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet ja verrata näitä vastaaviin kirjallisuudessa esiintyneisiin arvoihin. Lisäksi tavoitteena oli tuottaa lisää tietoa jätevedenpuhdistamoiden käyttöhenkilökunnalle sekä koota hyödyllistä tietoa laitossuunnittelun ja -mitoituksen tueksi.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Ramboll Finland Oy. Asiakkaana työlle sekä tutkimukseen osallistuvat jätevedenpuhdistamot olivat Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamo, Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamo ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamo.

Teoriaosuuden tavoitteena oli koota yhteen kirjallisuudessa esiintyviä nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksia eri prosessilämpötiloissa. Tutkimusosuudessa laskettiin laitosten lämpötilakohtaiset vuorokausikeskiarvona toteutuneet nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet vuosilta 2008–2013.

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että tähän opinnäytetyöhön osallistuneilla kolmella jätevedenpuhdistamolla typenpoiston reaktionopeudet ovat suuruusluokaltaan samansuuntaisia kuin kirjallisuudessa esitetyt arvot. Lämpötilan nousu ei kuitenkaan vaikuttanut laitoksilla typenpoiston reaktionopeuden kasvuun yhtä voimakkaasti verrattuna kirjallisuusarvoihin.

Lämpötilan lisäksi typenpoiston reaktionopeuksiin vaikuttavat myös muut tekijät. Jotta näiden erilaisten ristikkäisten tekijöiden vaikutukset typenpoiston reaktionopeuteen voitaisiin ottaa huomioon, tulisi käyttää monipuolisempia tarkastelumenetelmiä kuin tässä opinnäytetyössä.

Jatkossa laitoksilla olisi suositeltavaa tehostaa käyttötarkkailuraportointia ja historiatietojen keräystä, jotta prosessin seuranta olisi luotettavampaa ja antaisi kattavamman käsityksen laitoksen toiminnasta etenkin typenpoiston suhteen. Mäntsälän kirkonkylän puhdistamolle suositellaan käyttötarkkailuun mukaan esiselkeytetyn veden näyte rajoitetussa laajuudessa.

Asiasanat: nitrifikaationopeus, denitrifikaationopeus, typenpoisto, prosessilämpötila, jätevedenpuhdistus

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

VIRTANEN, SATU:

Nitrification and denitrification rates for
nitrogen removal in the wastewater
treatment process

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 38 pages, 56 pages of
appendices

Spring 2014

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's Thesis was to study the temperature dependency of the nitrification and denitrification rates in three wastewater treatment plants and to compare the actual rates with the values appearing in the literature. The aim was also to produce more information for the operating personnel of the wastewater treatment plants and gather useful information to support designing of water treatment plants and process modeling.

The thesis was commissioned by Ramboll Finland Oy. The study was carried out for the wastewater treatment plants of Vårdö in Loviisa, Mäntsälä Village, and Vääräkoski in Orimattila.

The theoretical section gathers information on nitrification and denitrification rates for nitrogen removal in different process temperatures appearing in the literature. The calculation of the actual reaction rates of the three wastewater treatment plants was based on the data of the mandatory monitoring done in 2008-2013.

The results show that in the plants participating in this study, reaction rates are fairly similar to the values appearing in the literature. Rise in process temperature, however, did not increase the reaction rates for nitrogen removal as strongly as the values in literature.

Nitrification and denitrification rates are also affected by other factors. These cross-effects would be a good research topic, using a more comprehensive research method.

In the future, it is recommended that the plants improve the monitoring and reporting of the process, to make the process more reliable and to make it easier to understand the process of nitrogen removal. For the Mäntsälä Village wastewater treatment plant it is recommended to take samples from the pre-settled wastewater.

Key words: nitrification rate, denitrification rate, nitrogen removal, process temperature, wastewater treatment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	JÄTEVEDEN AKTIIVILIIETEPROSESSI	3
3	TYPENPOISTO JÄTEVEDESTÄ	5
3.1	Jäteveden typenpoiston velvoitteet	5
3.2	Biologinen typenpoisto	6
3.2.1	Nitrifikaatio	6
3.2.2	Denitrifikaatio	7
3.3	Typenpoistoon vaikuttavia tekijöitä	7
3.3.1	Lämpötilan vaikutus typenpoistoon	7
3.3.2	Liuenneen hapen vaikutus typenpoistoon	9
3.3.3	pH:n ja alkaliteetin vaikutus typenpoistoon	9
3.3.4	Muut typenpoistoon vaikuttavat tekijät	9
4	TYPENPOISTON REAKTIONOPEUDET	11
4.1	Typenpoiston reaktionopeudet kirjallisuudessa	11
4.2	Typenpoiston reaktionopeuden laskeminen	13
4.2.1	Nitrifikaationopeuden laskeminen	13
4.2.2	Denitrifikaationopeuden laskeminen	14
5	TUTKIMUSKOHTEET	15
5.1	Loviisa, Vårdön jätevedenpuhdistamo	15
5.2	Mäntsälä, kirkonkylän jätevedenpuhdistamo	17
5.3	Orimattila, Vääräkosken jätevedepuhdistamo	18
6	TOTEUTUNEET TYPENPOISTON REAKTIONOPEUDET TUTKIMUSKOHTEISSA	20
6.1	Typenpoiston reaktionopeuksien laskennassa huomioidut tekijät	20
6.2	Jätevedenpuhdistamoiden toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu	22
6.2.1	Kaikkien kohteiden toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet suhteessa kirjallisuusarvoihin	22
6.2.2	Loviisa, Vårdön jätevedenpuhdistamo	24
6.2.3	Mäntsälä, kirkonkylän jätevedenpuhdistamo	27
6.2.4	Orimattila, Vääräkosken jätevedenpuhdistamo	31
7	YHTEENVETO	36

LÄHTEET

39

LIITTEET

41

SANASTO JA KÄYTETYT LYHENTEET

ANOKSINEN	Ei liuennutta vapaata happea läsnä.
AVL	Asukasvastineluku. Kuvaa, kuinka monen asukkaan puhdistamattomien jätevesien kuormitusta puhdistamolle tuleva kuormitus laskennallisesti vastaa. Asukasvastineluku voidaan laskea jakamalla puhdistamolle tuleva BOD-kuormitus (kg/d) yhden asukkaan ominaiskuormitusluvulla, joka on 0,070 kg/as*d.
BOD ₇	Biological Oxygen Demand eli biologinen hapenkulutus (suom. BHK). Kuvaa vedessä olevan orgaanisen aineen biologisen hajotuksen aiheuttamaa hapen kulumista seitsemän vuorokauden aikana.
KOKONAISTYYPPI	(Kok N) ilmaisee veden sisältämän typen kokonaismäärää, johon sisältyvät kaikki typen esiintymismuodot.
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids eli ilmastusaltaassa olevan kiintoaineen määrä (kg/m ³).
MLVSS	Mixed Liquor Volatile Suspended Solids eli ilmastusaltaassa olevan orgaanisen kiintoaineen määrä (kg/m ³).
REDUKTIO	Ilmaisee jätevedenpuhdistuksen poistotehokkuutta (%) käsittelyyn tulleeseen vedenlaatuun nähden.
SS	Suspended Solids eli kiintoaineen määrää kuvaava suure (mg/l).

LIETEKUORMITUS	Ilmastusaltaan mitoituksessa käytettävä parametri, (kgBOD/kgMLSS*d). Kuvaa BOD-kuormitusta (kg/d) suhteessa ilmastusaltaassa olevan lietteen MLSS (kg) määrään.
TILAKUORMITUS	Ilmastusaltaan mitoituksessa käytettävä parametri (kgBOD/m ³ *d). Kuvaa BOD-kuormitusta (kg/d) ilmastusallaskuutiota (m ³) kohti.

1 JOHDANTO

Typenpoistoon suunnitellun jätevedenpuhdistamon aktiivilieteprosessin mitoitus ja tarvittavat allastilavuudet määräytyvät nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksien perusteella. Reaktionopeudet ovat voimakkaasti lämpötilariippuvaisia ja tämän takia prosessisuunnitelmissa esitetään erikseen typenpoiston mitoituslämpötila. Mitoituksen perusteella valittavat allastilavuudet ja mahdollisen suojarakennuksen koko ovat merkittävä kustannuserä laitossaneerauksen ja -laajennuksen tai uuden laitoksen rakentamisen kokonaiskustannuksista.

Todellisten typenpoiston mitoitusarvojen selvittämisestä on suurta hyötyä, ja sillä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Oikean kokoisella aktiivilieteosan allastilavuudella vältetään ylimitoitus ja säästetään rakentamisen kustannuksissa. Aktiivilieteprosessin oikein mitoitetulla lietemäärällä vältetään koneistojen (ilmastimet, kompressorit ja ilmaputkisto) ylimitoitus ja säästöä syntyy koneistohankinnoissa. Kun typenpoiston ajotapasuunnittelu voidaan tehdä ympäristölupaehdot ja eri vuodenaikojen lämpötilavaihtelut huomioiden, vältetään lupaehtojen ylityksiltä ja ilmastusenergian kulutus (lieteikä ja lietemäärä) sekä kemikalointi, esimerkiksi kalkin ja metanolin annostelu, saadaan optimaaliseksi laitoksen toiminnan kannalta.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Ramboll Finland Oy. Asiakkaana työlle sekä tutkimukseen osallistuvat jätevedenpuhdistamot ovat Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamo, Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamo ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamo.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kolmen jätevedenpuhdistamon käyttötarkkailun historiatietojen perusteella kunkin laitoksen eri prosessilämpötiloissa toteutuneet nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet ja verrata näitä vastaaviin kirjallisuudessa esiintyneisiin arvoihin. Tavoitteena on tuottaa lisätietoa jätevedenpuhdistamoiden käyttöhenkilökunnalle, prosessisuunnitteluun ja prosessinohjauksen tehostamista varten. Kolme tässä työssä olevaa laitosta ovat pääasiassa yhdyskuntajätevesiä käsitteleviä laitoksia. Kaikissa laitoksissa typpi poistetaan biologisella prosessilla, joka perustuu nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon vapaan aktiivilietteen prosessissa.

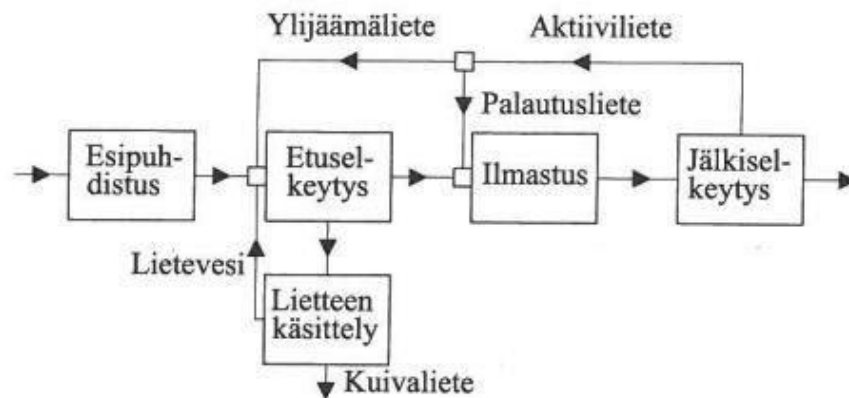
Työn alkuosassa käydään läpi jäteveden aktiivilieteprosessin toimintaa ja typenpoiston teoriaa. Erityisesti tarkastellaan kirjallisuudessa esiintyviä nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksia eri prosessilämpötiloissa. Työn loppuosa koostuu käytännön osasta, jossa laskettuja laitoskohtaisia toteutuneita reaktionopeuksia verrataan kirjallisuudessa esiintyneisiin arvoihin.

2 JÄTEVEDEN AKTIIVILIETEPROSESSI

Suomessa yleisimmin jätevedenpuhdistamoilla käytetty jäteveden biologinen käsittely perustuu aktiivilieteprosessiin. Jätevesien biologisen käsittelyn päätarkoituksena on poistaa jäteveden sisältämiä, purkuvesistössä happea kuluttavia aineita, kuten fosforia ja typpeä sekä orgaanista ainesta. (Karttunen 2004, 181.)

Aktiivilieteprosessissa jätevettä puhdistetaan mikrobitoiminnalla ja hapettamalla. Aktiivilieteprosessiin perustuva biologinen osa jätevesien käsittelystä koostuu pääpiirteittäin ilmastusaltaasta eli aktiivilietealtaasta ja niissä olevista ilmastuslaitteista ja sekoittimista, selkeytysaltaasta ja palautuslietekierrosta. Aktiivilieteprosessi tapahtuu suureksi osaksi ilmastusaltaassa. Prosessista on kuitenkin olemassa useita erilaisia muunnoksia ja toimintatapoja. (Karttunen 2004, 183.)

Kuviossa 1 on esitetty tyypillinen jätevedenpuhdistamon aktiivilieteprosessi pääpiirteittäin.



KUVIO 1. Aktiivilietelaitoksen prosessikaavio (Karttunen 2004, 184)

Ennen varsinaista aktiivilieteprosessia tapahtuu yleensä jäteveden esiselkeytyks, jossa helposti laskeutuva kiintoaine erotetaan jätevedestä biologisen prosessivaiheen kuormituksen vähentämiseksi. Perinteisissä aktiivilieteprosessissa aktiiviliete on vapaana ilmastetuissa tai sekoitetuissa

altaissa ja prosessin toimintaa säädellään lietteen kierrolla ja hallitulla poistamisella prosessista. (Karttunen 2004, 183–184.)

Ilmastusaltaassa (aktiivilieteallas) tapahtuu varsinainen mikrobitoiminta, jota edesautetaan ilmastamalla ja sekoittamalla altaan sisältöä. Ilmastuksella sekoitetaan aktiivilietettä ja pyritään varmistamaan mikrobien riittävä hapensaanti ja sekoittimilla estetään aktiivilietteen laskeutuminen altaan pohjalle.

Ilmastusallas voidaan jakaa myös anoksisiin lohkoihin denitrifikaatiota varten.

Anoksisissa lohkoissa ei ole liuennutta vapaata happea läsnä. Ilmastusaltaasta liete johdetaan jälkiselkeytysaltaaseen, jossa liete erotetaan laskeuttamalla vedestä.

Suurin osa erotetusta lietteestä palautetaan takaisin ilmastusaltaaseen (palautusliete) ja osa johdetaan lietteenkäsittelyyn (ylijäämäliete). Ylijäämäliete voidaan johtaa lietteenkäsittelyyn myös suoraan ilmastusaltaasta erillisillä pumpuilla. (Metcalf & Eddy 2004, 612; Karttunen 2004, 183–184.)

3 TYPENPOISTO JÄTEVEDESTÄ

Typpeä esiintyy jätevedessä useassa eri muodossa, orgaanisesti sitoutuneena ja epäorgaanisesti sitoutuneena nitriittiin (NO_2^-), nitraattiin (NO_3^-) ja ammoniumiin (NH_4^+). Virtsan sisältämä urea on typen pääasiallinen lähde jätevesissä. Toinen orgaanisen typen lähde on proteiinit, jotka päätyvät jätevesiin muun muassa ihmisten ulosteista. Jäteveden kokonaistypellä (Kok N) tarkoitetaan veden sisältämän typen kokonaismäärää, johon sisältyvät kaikki typen esiintymismuodot, kuten orgaaninen typpi ja nitriitin, nitraatin ja ammoniumin muodoissa esiintyvän typen summa. (Metcalf & Eddy 2004, 611.)

Jätevedenpuhdistamolle saapuvan käsittelemättömän yhdyskuntajäteveden typpipitoisuus on keskimäärin 25–45 mg/l (Metcalf & Eddy 2004, 611). Suomessa jätevedenpuhdistamolle saapuvan jäteveden typpipitoisuudet saattavat kuitenkin olla, kohteesta riippuen, suurempiakin (jopa 60–70 mg/l). Jäteveden typpipitoisuuksiin vaikuttavat yleisesti vuotovesien määrä ja joissakin kohteissa mahdollinen teollisuuden aiheuttama kuormitus.

3.1 Jäteveden typenpoiston velvoitteet

Jätevedenpuhdistamoiden typenpoiston velvoitteet perustuvat EU:n Vesipuidedirektiiviin sekä siitä johdettuun Valtioneuvoston asetukseen 888/2006 (Säylä & Vilpas 2012). Asetuksen mukaan yli 10 000 asukasvastineluvun (AVL) jätevedenpuhdistamoilla typenpoiston vaatimuksena on vuosikeskiarvona laskettuna vähintään 70 % kokonaistypenpoisto tai typen jäännöspitoisuus 10/15 mg/l tai enintään 20 mg/l prosessilämpötilan ollessa yli 12 °C.

Ympäristöluparatkaisuisissa kaikille yli 10 000 asukasvastineluvun jätevedenpuhdistamoille ei ole kuitenkaan asetettu Valtioneuvoston asetuksen 888/2006 mukaisia typenpoiston vaatimuksia tai typenpoiston mahdollinen vähimmäisvaatimustaso on asetettu puhdistamokohtaisesti alueelliset ilmasto-olosuhteet huomioiden. Alle 10 000 asukasvastineluvun jätevedenpuhdistamoiden typenpoistolle ei ole säädetty vähimmäisvaatimuksia, vaan vaatimustaso asetetaan ympäristöluvassa tapauskohtaisesti paikallisista olosuhteista riippuen.

3.2 Biologinen typenpoisto

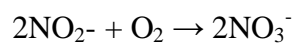
Biologiset typenpoistoprosessit voidaan toteuttaa esimerkiksi aktiivilietemenetelmään perustuvina. Aktiivilietemenetelmän typenpoistossa hyödynnetään jäteveden luontaista mikrobikantaa ja tämä biologinen prosessi perustuu nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon. Pelkkä nitrifikaatio ei ole varsinaisesti typen poistoa, vaan siinä tapahtuu typen yhdisteiden olomuodon muutos. Käytännössä kokonaistypen poistamiseksi tarvitaan nitrifikaation lisäksi myös denitrifikaatio. Sekä nitrifikaatio että denitrifikaatio ovat molemmat mikrobiologisia prosesseja, mutta niiden olosuhdevaatimukset eroavat täysin toisistaan. (Rantanen ym. 1999; Karttunen 2004, 546.)

3.2.1 Nitrifikaatio

Jäteveden sisältämä orgaaninen typpi ja ammoniumtyppi voidaan poistaa muuntamalla se nitriitiksi ja edelleen nitraatiksi biologisen prosessin avulla, joka perustuu nitrifikaatioon. Nitrifikaatio on aerobinen prosessi, joka tapahtuu hapen läsnä ollessa. (Kemira Kemwater 2003, 9; Karttunen 2004, 212.)

Nitriitti (NO_2^-) on nitrifikaatiossa välituote ammoniumin hapettuessa nitraatiksi (NO_3^-).

Nitrifikaation reaktioyhtälöt:



Kokonaisreaktio:



missä

NH_4^+ = ammoniumioni

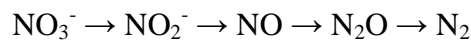
NO_2^- = nitriitti-ioni

NO_3^- = nitraatti-ioni

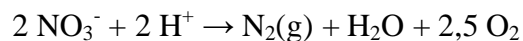
3.2.2 Denitrifikaatio

Denitrifikaatio on biologinen prosessi, jossa jäteveden nitraatti pelkistetään typpikaasuiksi. Typpikaasun lisäksi denitrifikaatiossa vapautuu hiilidioksidia. Prosessi vaatii anoksiset olosuhteet, jolloin liuennutta vapaata happea ei ole läsnä ja denitrifioivat mikrobit käyttävät nitriitin ja nitraatin happea. Denitrifikaatio tarvitsee toimiakseen orgaanista ainesta (hiiltä), joka voi olla peräisin jätevedestä itsestään tai esimerkiksi prosessiin lisättävästä metanolista. (Karttunen 2004, 213.)

Nitraatin pelkistyminen typpikaasuksi tapahtuu asteittain:



Nitraatti ja nitriitti pelkistyvät typpikaasuksi seuraavan reaktioyhtälön mukaisesti:



missä

NO_3^- = nitraatti

NO_2^- = nitriitti

NO = typpioksidi

N_2O = typpioksiduuli

N_2 = typpikaasu

3.3 Typenpoistoon vaikuttavia tekijöitä

3.3.1 Lämpötilan vaikutus typenpoistoon

Suomen olosuhteissa kylmät sulamisvedet ja sääolosuhteet rajoittavat typenpoistoa tai äärimmillään jopa estävät sen. Kaikki biologiset prosessit, kuten biologinen typenpoisto ja etenkin sen nitrifikaatiovaihe, ovat voimakkaasti lämpötilariippuvainen, mikä tekee prosessista haasteellisen yhdyskuntajätevesien

lämpötilojen ollessa alhaisia. Tämän vuoksi ammoniumin hapettuminen on huomattavasti hitaampaa talvella ja etenkin kevään sulamisvesien aikana kuin kesällä. Lämpötila vaikuttaa prosessissa toimivien mikrobien aineenvaihdunnan aktiivisuuteen sekä kaasujen kulkeutumiseen vedessä. Lämpötilan noustessa myös prosessin biologinen aktiivisuus kasvaa. Toisaalta liian korkea lämpötila aiheuttaa biologisen aktiivisuuden romahtamisen. Korkeita lämpötiloja voi esiintyä teollisuuden jätevesissä. Matalassa lämpötilassa mikrobien aktiivisuus on nollassa tai niiden toiminta on hyvin hidasta. (Metcalf & Eddy 2004, 585; Pellikka 2007, 15.)

Lämpötilan vaikutusta biologisten prosessien reaktionopeuteen voidaan kuvata seuraavan yhtälön avulla (Metcalf & Eddy 2004, 585):

$$\mu_T = \mu_{20} \cdot e^{\theta \cdot (T-20)}, \text{ missä}$$

μ_T = mikrobien kasvunopeus T °C:ssa

μ_{20} = mikrobien kasvunopeus 20 °C:ssa

θ = lämpötila-aktiivisuuskerroin

T = lämpötila (°C)

Nitrifikaation optimilämpötila on 28–32 °C riippuen bakteerilajista ja menetelmästä. Noin 16 °C:n lämpötilassa nitrifikaation nopeus puolittuu ja alle 10 °C:n lämpötilassa nopeus jää viidennekseen. Alle 5 °C:ssa ja yli 45 °C:ssa nitrifikaatio hidastuu merkittävästi tai lakkaa kokonaan. (Gerardi 2002, 115.)

Denitrifikaatio ei ole niin lämpötilarajoitteinen kuin nitrifikaatio. Denitrifikaatio voi tapahtua lämpötilan ollessa välillä 5–30 °C. Denitrifikaationopeus kasvaa lämpötilan noustessa ja mitä enemmän hiiltä on käytettävissä prosessissa (Water Planet Company 2012). Denitrifikaatiota edesauttaa lämpötilan noustessa myös se, että happi liukenee huonommin lämpimämpään veteen (Pellikka 2007, 15). Mikäli nitrifikaatio saadaan tapahtumaan, denitrifikaatio tapahtuu edellyttäen, että käytettävissä on riittävästi orgaanista ainesta eli hiiltä ja liuennutta happea ei esiinny. (Lehtniemi 2004, 61; Karttunen 2004, 212, 546.)

3.3.2 Liuenneen hapen vaikutus typenpoistoon

Nitrifikaation yksi tärkeimmistä edellytyksistä on riittävä liukoisen hapen määrä jätevedessä ja se vaikuttaa myös nitrifikaationopeuteen. Typenpoiston nitrifikaation riittävä happimäärä varmistetaan ilmastamalla ja sekoittamalla aktiivilieteallasta. Nitrifikaationopeus tehostuu happipitoisuuden kasvaessa aina 4 mg:aan/l asti, mutta nitrifikaation optimaalinen liukoisen hapenmäärä on 2,0–3,0 mg/l, sillä suuremmilla happipitoisuuksilla energian kulutus kasvaa enemmän suhteessa nitrifikaation hyötyihin ja toisaalta happimäärä alkaa haitata myös denitrifikaatiota. (Gerardi 2002, 104–105.)

Denitrifikaatio tapahtuu vain anoksisissa olosuhteissa, näin ollen se vaikeutuu happipitoisuuden kasvaessa. Vapaan hapen on todettu inhiboivan denitrifikaatiota hapen konsentraation ollessa yli 0,2 mg/l (Metcalf & Eddy 2004, 623). Liuenneen hapen konsentraation pitää kuitenkin olla alle 1 mg/l, jotta denitrifikaatio tapahtuu (Gerardi 2002, 140).

3.3.3 pH:n ja alkaliteetin vaikutus typenpoistoon

Nitrifikaatio toimii parhaiten pH:n ollessa välillä 7,5–8,6. Kun veden pH-arvo on alle 6,5, reaktio hidastuu huomattavasti. Nitrifikaatioprosessin aikana vapautuu vetyioneja, jolloin veden pH voi laskea jyrkästi, jos veden alkaliteetti (puskurointikyky) on matala. Veden alkaliteetti kuluu nitrifikaation aikana. Alkaliteetin väheneminen hidastaa nitrifikaatiota ja sen loppuminen pysäyttää lopulta nitrifikaatioreaktion. (Karttunen 2004, 212, 546.)

Denitrifikaation optimaalinen pH on 7–8. Denitrifikaatiossa veden alkaliteetti lisääntyy reaktiossa syntyvien OH^- -ionien johdosta. (Karttunen 2004, 213.) pH:ta voidaan säädellä lisäämällä sammutettua kalkkia, soodaa tai lipeää (NaOH) puhdistusprosessiin (Metcalf & Eddy 2004, 615).

3.3.4 Muut typenpoistoon vaikuttavat tekijät

Eryyisesti biologisen typenpoiston nitrifikaatiovaihe on herkkä äkillisille ympäristömuutoksille sekä erilaisille haitta-aineille. Erilaiset jätevedessä olevat

myrkyt ja haitta-aineet pienentävät reaktionopeuksia, joskus myrkyt voivat tappaa mikrobit kokonaan. Etenkin nikkelin, kromin ja kuparin pitoisuudet jätevedessä aiheuttavat nitrifikaatioreaktion inhibitiota. Denitrifikaatiolle spesifisenä myrkkynä voidaan pitää sinkkiä pitoisuudella 1 mg/l. (Kangas 1993, 16, 18; Gerardi 2002, 119, 120; Metcalf & Eddy 2004, 615, 616.)

Alhainen hiili-typpe-suhde parantaa nitrifikaation edellytyksiä, sillä orgaanisista hiiliyhdisteistä energiansa tuottavat bakteerit ovat kilpailuasemassa nitrifikaation pystyvän bakteerikannan kanssa. Bakteerikannat kilpailevat liuenneesta hapesta sekä elintilasta. Nitrifikaatio käynnistyy, kun hiili on kulutettu loppuun ja tästä syystä hiiltä poistavan mikrobikannan olosuhteet muuttuvat epäsuotuisimmiksi. Tällöin nitrifioiva bakteerikanta saa puolestaan suotuisat olosuhteet. (Rittman & McCarty 2001, 474.)

Denitrifikaatiota rajoittaa jätevedenpuhdistusprosessissa käytetty orgaanisen hiilen lähde. Hiililähteenä voidaan käyttää jäteveden sisältämiä yhdisteitä, lietteen omaa ravintosisältöä (endogeenihengitys) tai esimerkiksi metanolia.

Denitrifikaationopeus on sitä suurempi, mitä pienimolekyylisempää yhdistettä käytetään. Hitain reaktio tapahtuu, kun käytetään solujen omaa ravintosisältöä (endogeenihengitys). (Kangas 1993, 19.)

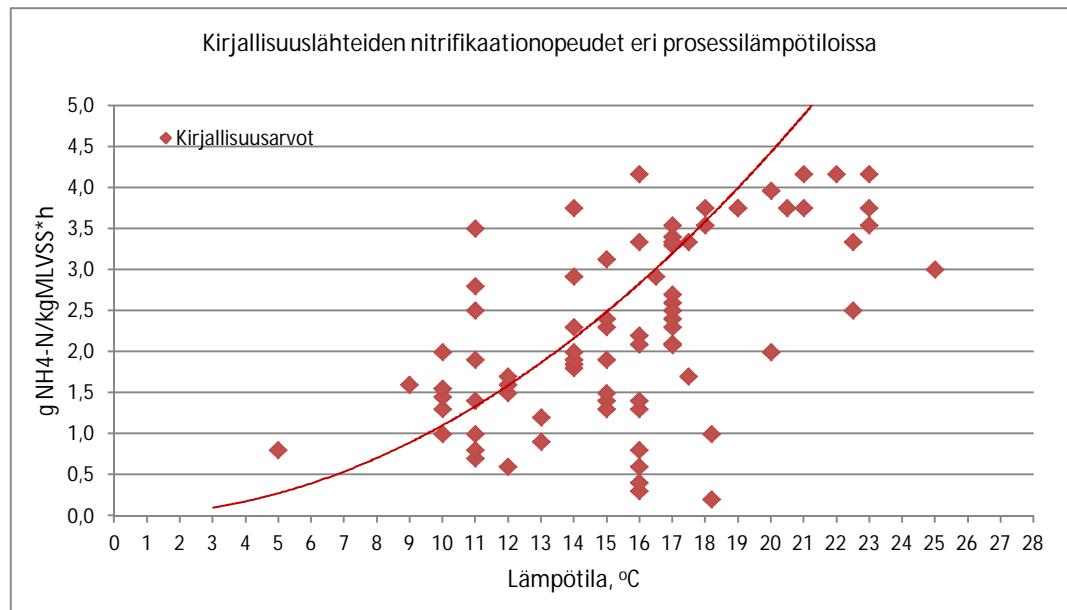
4 TYPENPOISTON REAKTIONOPEUDET

Typenpoiston, eli nitrifikaation ja denitrifikaation, reaktionopeudet voidaan ilmoittaa yksikössä gN/kg MLVSS*h, joka kuvaa nitrifikaation tai denitrifikaation tehoa (gN/h) suhteessa orgaanisen kiintoaineen (MLVSS) määrään (kg) ilmastusaltaassa. Toisin sanoen nitrifikaationopeus ilmoitetaan yleensä hapettuneena ammoniumtyppimääränä ja denitrifikaationopeus denitrifioituneen typen määränä lietteen hehikutushäviötä kohden aikayksikössä (Kangas 1993).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella kirjallisuudessa ja muissa tutkimuksissa esiintyviä nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksia eri prosessilämpötiloissa ja verrata Loviisan Vårdön, Mäntsälän kirkonkylän ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamoiden historiatiedoista laskettuja laitoskohtaisia toteutuneita reaktionopeuksia kirjallisuudessa esiintyneisiin arvoihin.

4.1 Typenpoiston reaktionopeudet kirjallisuudessa

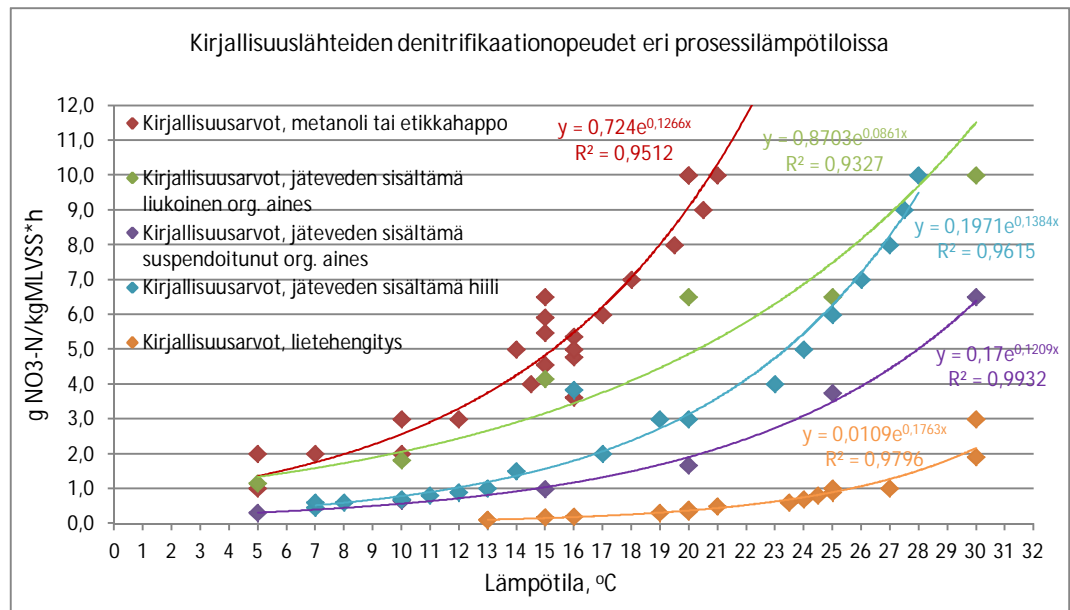
Liitteisiin 1 ja 2 on koottu kirjallisuudessa esiintyviä nitrifikaation ja denitrifikaation reaktionopeuksia eri prosessilämpötiloissa. Reaktionopeudet on tarvittaessa muutettu samaan yksikköön (gN/kg MLVSS*h), jotta niitä olisi helpompi vertailla. Taulukossa kerrotaan prosessin lämpötila ja sitä vastaava typenpoiston reaktionopeus sekä prosessin tyyppi, hiili-typpi-suhde ja pH-arvo, mikäli ne ovat olleet tiedossa. Kuviossa 2 on esitetty taulukon tiedot kuvaajana nitrifikaationopeuksien osalta lämpötila-alueella 5–25 °C ja kuviossa 3 denitrifikaationopeuksien osalta lämpötila-alueella 5–30 °C.



KUVIO 2. Kirjallisuuslähteiden nitrifikaationopeudet eri prosessilämpötiloissa

Kuvaajasta nähdään, että nitrifikaationopeudet vaihtelevat esitetyllä lämpötila-alueella välillä 0,2–4,17 gN/kg MLVSS*h. Nitrifikaationopeuden trendi on selvästi nouseva lämpötilan suhteen.

Käytännössä nitrifikaation voimakas lämpötilariippuvuus tarkoittaa, että kun jäteveden lämpötila putoaa esimerkiksi kesäajan 18 °C:sta keskimääräiseen 12 °C:seen, putoaa myös nitrifikaationopeus tasolta noin 3,0 gN/kg MLVSS*h tasolle noin 1,5 gN/kg MLVSS*h, jolloin prosessissa tarvitaan tuplasti lietettä, jotta sama määrä typpeä saadaan nitrifioitumaan.



KUVIO 3. Kirjallisuuslähteiden denitrifikaationopeudet eri prosessilämpötiloissa hiililähteittäin esitettyinä

Kuvaajasta nähdään, että denitrifikaationopeudet vaihtelevat esitetyllä lämpötila-alueella välillä 0,1–10,0 gN/kg MLVSS*h hiililähteestä riippuen.

Denitrifioituminen on tehokkainta, kun hiililähteenä käytetään metanolia tai etikkahappoa.

4.2 Typenpoiston reaktionopeuden laskeminen

Typenpoiston keskimääräiset reaktionopeudet vuorokausitasolla voidaan laskea jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailutulosten perusteella laitosten ominaisuudet huomioiden. Tarkemmat tiedot typenpoiston reaktionopeuksien laskennassa huomioon otetuista laitoskohtaisista tekijöistä on esitetty myöhemmin luvussa 6.1.

4.2.1 Nitrifikaationopeuden laskeminen

Nitrifikaationopeuden (gN/kg MLVSS*h) laskeminen perustuu alla olevaan yhtälöön, jossa nitrifioituva typpimäärä (g) jaetaan ilmastusaltaan aerobisen osan lietemäärällä (kg).

$$k_n = \frac{N_{kok} - N_{lietteeseen} - N_{NH_4}}{\left(\frac{100\% - \text{ilmastusaltaan anoksinen til. \%}}{100\%} \times MLVSS\right) \times 24h}, \text{ missä}$$

k_n = nitrifikaationopeus (gN/kg MLVSS*h)

N_{kok} = aktiivilieteosaan tulevan jäteveden kokonaistypen tulokuorma (g/d)

$N_{lietteeseen}$ = lietteeseen sitoutuneet typen määrä (g/d)

N_{NH_4} = puhdistetun jäteveden ammoniumtypen lähtökuorma (g/d)

MLVSS = orgaanisen kiintoaineen määrä ilmastusaltaassa (kg)

4.2.2 Denitrifikaationopeuden laskeminen

Denitrifikaationopeuden (gN/kg MLVSS*h) laskeminen perustuu alla olevaan yhtälöön, jossa denitrifioituva typpimäärä (g) jaetaan ilmastusaltaan anoksinen osan lietemäärällä (kg).

$$k_n = \frac{N_{kok} - N_{lietteeseen} - N_{NH_4} - N_{NO_3}}{\left(\frac{\text{ilmastusaltaan anoksinen til. \%}}{100\%} \times MLVSS\right) \times 24h}, \text{ missä}$$

k_n = nitrifikaationopeus (gN/kg MLVSS*h)

N_{kok} = aktiivilieteosaan tulevan jäteveden kokonaistypen tulokuorma (g/d)

$N_{lietteeseen}$ = lietteeseen sitoutuneet typen määrä (g/d)

N_{NH_4} = puhdistetun jäteveden ammoniumtypen lähtökuorma (g/d)

N_{NO_3} = puhdistetun jäteveden nitraattityypen lähtökuorma (g/d)

MLVSS = orgaanisen kiintoaineen määrä ilmastusaltaassa (kg)

5 TUTKIMUSKOHTEET

Tämän työn tutkimuskohteena on kolme jätevedenpuhdistamo: Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamo, Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamo ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamo. Loviisan ja Orimattilan puhdistamot ovat kokonaan katettuja ja puhdistusprosessi tapahtuu sisätiloissa. Mäntsälän puhdistamon prosessitilat on katettu selkeytys- ja ilmastusaltaita lukuun ottamatta. Kaikissa laitoksissa kokonaistyyppi poistetaan biologisella prosessilla, joka perustuu aktiivilieteprosessiin, jossa vaihtelee hapettomat ja hapelliset olosuhteet.

Taulukossa 1 on esitetty jätevedenpuhdistamoiden vuosittainen asukasvastineluku vuosilta 2008–2012. Asukasvastineluku on laskettu jätevedenpuhdistamolle tulevan BOD-kuorman vuosikeskiarvon perusteella.

TAULUKKO 1. Jätevedenpuhdistamoiden asukasvastineluku vuosina 2008–2012

Laitos	Vuosi	BOD-kuorma (kg/d) vuosikeskiarvo	Vuosittainen asukasvastineluku
Loviisa, Vårdö	2008	480	6800
	2009	800	11500
	2010	1300	18600
	2011	1170	16800
	2012	880	12600
Mäntsälä, kirkonkylä	2008	610	8700
	2009	740	10600
	2010	700	10000
	2011	880	12600
	2012	650	9300
Orimattila, Vääräkoski	2008	740	10600
	2009	830	11900
	2010	770	10900
	2011	750	10700
	2012	500	7100

5.1 Loviisa, Vårdön jätevedenpuhdistamo

Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamo on kaupungin keskuspuhdistamo, jossa käsitellään jätevedet Loviisan keskusta-alueelta sekä Ruotsinpyhtään Ruukin ja Tesjoen alueilta, mikä on noin 90 % toiminta-alueiden jätevesistä. Jätevesi koostuu pääasiassa tavanomaisesta yhdyskuntajätevedestä, mutta laitokselle tulee myös teollisuusjätevesiä.

Puhdistamon ympäristölupa on vuodelta 2004. Hakemus lupamääräysten tarkistamiseksi on jätetty syyskuussa 2012. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon ympäristölupaehtojen mukainen puhdistusvaatimus käsitellyille jätevesille on esitetty taulukossa 2. (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2004.)

TAULUKKO 2. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon ympäristölupavaatimukset

Päästösuure	Lupaehto	Puhdistusteho
BOD ₇	10 mg/l	95 %
P _{kok}	0,3 mg/l	95 %
COD	60 mg/l	90 %
Kokonaistyyppi	-	70 %
Ammoniumtyppi	Mahdollisimman hyvä	

Vesistöön johdettavan puhdistetun jäteveden pitoisuuden ja käsittelytehon arvojen on lisäksi täytettävä valtioneuvoston päätöksen 888/2006 mukaiset pitoisuuden ja käsittelytehon raja-arvot. Ammoniumtypen poistolle ei ole asetettu vaatimusta purkualueen toistaiseksi hyvän happitilanteen johdosta. Puhdistamolla on kuitenkin pyrittävä mahdollisimman hyvään ammoniumtypen poistoon. Kokonaistypen puhdistustuloksia tarkastellaan vuosikeskiarvona, muut päästösuureet tarkastellaan neljännesvuosikeskiarvona. (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2004.)

Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Puhdistamon biologinen osa on kaksilinjainen. Laitoksella esikäsittelynä on välppäys ja ilmastettu hiekanerotus, johon syötetään tarvittaessa kalkkia. Esikäsittelyn jälkeen jätevesi jakautuu kahteen samanlaiseen linjaan. Linjan aluksi on 6-lohkoinen ilmastusallas. Prosessiratkaisuna on DND-prosessi, jossa denitrifikaatio tapahtuu altaan alkupään anoksisissa lohkoissa tulevan veden hiililahteen avulla. Ulkoisena hiililähteenä käytetään lisäksi metanolia typenpoiston tehostamiseksi. Ilmastusaltaiden kaikkien lohkojen pohjalle on asennettu hienokuplailmastimet. Anoksilohkot on varustettu mekaanisilla sekoittimilla. Typenpoittoa tehostetaan ilmastusaltaan sisäisellä nitraattikierrätyksellä. Ylijäämäliete pumpataan ilmastusaltaista lietetiivistämöön.

Fosforin saostuskemikaalina käytetään ferrosulfaattia, jota lisätään ilmastusaltaisiin. Ilmastusaltaista vesi johdetaan jälkiselkeytysaltaisiin, jotka ovat kooltaan 250 m². Palautusliete pumpataan selkeyttimien lietetaskusta takaisin ilmastusaltaiden alkuun linjakohtaisesti. Selkeytystä tehostetaan polymeeriliuoksella. Selkeytynyt jätevesi johdetaan ylivuotona jälkikäsitteilyyn (flotaatioon). Flotaatiossa flokkauskemikaalina on polyalumiinikloridi (PAC) ja saostuskemikaalina polymeeri. Käsitellyt jätevedet johdetaan Vårdön saaren itäpuolelle Loviisanlahden suulle noin 800 metrin mittaista purkupuutkea pitkin. Veden syvyys purkupaikalla on muutama metri. (Koskinen 2012.) Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon lohkokaavio on esitetty liitteessä 3.

5.2 Mäntsälä, kirkonkylän jätevedenpuhdistamo

Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamolla käsitellään jätevedet Mäntsälän kunnan kirkonkylän, Sälinkään ja Pukkilan viemäriverkoston alueilta sekä haja-asutuksen sako- ja umpikaivolietteitä. Lisäksi puhdistamolla käsitellään teollisuuslaitosten jätevesiä.

Puhdistamon ympäristölupa on vuodelta 2006. Uutta lupaa on tullut hakea 30.4.2013 mennessä. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon ympäristölupaehdojen mukainen puhdistusvaatimus käsitellyille jätevesille on esitetty taulukossa 3. (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2006; Mäntsälän jätevedenpuhdistamo 2013.)

TAULUKKO 3. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon ympäristölupavaatimukset

Päästösuure	Lupaehto	Puhdistusteho
BOD ₇	10 mg/l	95 %
P _{kok}	0,4 mg/l	95 %
COD	80 mg/l	85 %
Kokonaistyyppi	-	60 %
Ammoniumtyppi	4 mg/l	-

Vesistöön johdettavan puhdistetun jäteveden BOD₇- ja COD-arvojen, kiintoaineen sekä fosfori- ja typpipitoisuuden on lisäksi täytettävä valtioneuvoston päätöksen 888/2006 mukaiset pitoisuuden ja käsittelytehon raja-arvot. Ammoniumtyypin ja

kokonaistypen puhdistustuloksia tarkastellaan vuosikeskiarvona. (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2006.)

Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamo on esiselkeytyksellä varustettu kaksilinjainen biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jossa prosessiratkaisuna on DND-prosessi. Laitoksella esikäsittelynä on välppäys ja ilmastettu hiekanerotus. Esikäsittelyn jälkeen jätevesi johdetaan esiselkeytyksen kautta kahteen samanlaiseen linjaan, jonka alussa on 6-lohkoinen ilmastusallas. Ilmastusaltaat ovat kooltaan 950 m³. Ilmastusaltaisiin johdettavaan veteen syötetään kalkkimaitoa sekä ferrosulfaattia, jota käytetään fosforin saostuskemikaalina. Ilmastusaltaat on väliseinillä jaettu osastoihin, joita voidaan käyttää hapettomina vyöhykkeinä kokonaistypen poistossa. Hapettomat vyöhykkeet on varustettu upposekoittimilla. Denitrifikaatio tapahtuu altaan alkupään anoksisissa lohkoissa tulevan veden hiililähteen avulla. Ilmastusaltaiden kaikkien lohkojen pohjalle on asennettu hienokuplailmastimet. Anoksilohkot on varustettu mekaanisilla sekoittimilla. Typenpoistoa tehostetaan ilmastusaltaan sisäisellä nitraattikierrätyksellä. Ylijäämäliete pumpataan ilmastusaltaista lietetiivistämöön.

Ilmastusaltaista vesi johdetaan jälkiselkeytysaltaisiin. Jälkiselkeytyksen tehostamiseksi ja lietteen kuivauksessa käytetään flokkauskemikaalina polymeeriä. Palautusliete pumpataan selkeyttimien lietetaskusta takaisin ilmastusaltaiden alkuun linjakohtaisesti. Käsitellyt jätevedet johdetaan Mäntsälän keskusta-alueen läpi virtaavaan Mäntsälänjokeen. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon lohkoakaavio on esitetty liitteessä 4.

5.3 Orimattila, Vääräkosken jätevedepuhdistamo

Vääräkosken jätevedenpuhdistamolla käsitellään Orimattilan vesihuoltolaitoksen toiminta-alueiden yhdyskuntajätevedet sekä teollisuuslaitosten jätevesiä, joiden osuus on noin 20 % puhdistamolle tulevista vesistä.

Puhdistamon ympäristölupa on vuodelta 2005. Hakemus lupamääräysten tarkistamiseksi on tullut tehdä 31.12.2012 mennessä. Vääräkosken jätevedenpuhdistamon ympäristölupaehtojen mukainen puhdistusvaatimus

käsitellyille jätevesille on esitetty taulukossa 4. (Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2005.)

TAULUKKO 4. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon ympäristölupavaatimukset

Päästösuure	Lupaehto	Puhdistusteho
BOD ₇	10 mg/l	95 %
P _{kok}	0,5 mg/l	95 %
COD	125 mg/l	75 %
Kokonaistyyppi	20 mg/l	70 %
Ammoniumtyppi	4 mg/l	95 %
Kiintoaine	35 mg/l	tai 90 %

Vesistöön johdettavan puhdistetun jäteveden kokonaistyyppipitoisuus saa olla enintään 20 mg/l. Jotta vaatimus kokonaistyyppipitoisuudesta on voimassa, täytyy jäteveden lämpötilan prosessissa olla yli 12 °C. Tavoitteena tulee olla, että kokonaistypen poistoteho on vuositasolla vähintään 70 %. (Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2005.) Vesistöön johdettavan puhdistetun jäteveden pitoisuuden ja käsittelytehon arvojen on lisäksi täytettävä valtioneuvoston päätöksen 888/2006 mukaiset pitoisuuden ja käsittelytehon raja-arvot.

Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jonka typenpoisto perustuu DND-prosessiin ja fosfori poistetaan jopa 70–80-prosenttisesti biologisesti. Laitoksella esikäsitteilynä on välppäys sekä hiekanerotus ja -pesu. Puhdistamo on kaksilinjainen. Esikäsitteilyn jälkeen vesi johdetaan tasausaltaankautta kahteen samanlaiseen linjaan, jonka alussa on 5-lohkoinen aktiivilieteallas. Aktiivilieteallas on jaettu väliseinillä lohkoihin ja kaikki lohkot voidaan ilmastaa. Ilmastusaltaista vesi johdetaan väliselkeytysaltaisiin ja kemikaalien lisäysaltaan kautta jälkiselkeytysaltaisiin, joissa vesi käsitellään kemiallisesti. Puhdistettavaan veteen syötetään ALF-kemikaalia, joka toimii fosforin saostuskemikaalina. Puhdistusprosessin viimeinen osa on jälkiselkeytysallas. Jälkiselkeytyksen tehostamiseksi käytetään polymeeriä flokkaukskemikaalina. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon lohkoakaavio on esitetty liitteessä 5.

6 TOTEUTUNEET TYPENPOISTON REAKTIONOPEUDET TUTKIMUSKOHTEISSA

Loviisan Vårdön, Mäntsälän kirkonkylän ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamoiden toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet on laskettu vuosien 2008–2013 laitoskohtaisten velvoitetarkkailutulosten perusteella.

Laitoskohtaiset toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet sekä laskennassa käytetyt laitoskohtaiset velvoitetarkkailutulosten arvot ja mittausdata on taulukoituina liitteissä 6–8. Laitoskohtaisia toteutuneita typenpoiston reaktionopeuksia eri prosessilämpötiloissa on tarkasteltu kuvaajin luvuissa 6.2.1 - 6.2.4.

6.1 Typenpoiston reaktionopeuksien laskennassa huomioidut tekijät

Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamossa on Loviisan Vårdön ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamoista poiketen käytössä esiselkeytys, jonka vaikutukset typenpoistoon tulee huomioida reaktionopeuksia laskiessa.

Esiselkeytys vähentää muun muassa käsittelyprosessiin tulevaa kiintoaineen määrää sekä BOD-kuormaa. Hyvin toimiva esiselkeytys poistaa jopa 50–70 % kiintoaineksestä ja 25–40 % BOD-kuormasta (Karttunen 2004, 507).

Koska esiselkeytetyn veden näytteitä ei ollut käytettävissä, on tässä työssä esiselkeytyksen BOD-reduktioksi oletettu 25 % yöaikainen esiselkeytyksen ohitus huomioiden, jolloin esiselkeytetyn jäteveden BOD-jäännöskuorma on 75 % tulevan jäteveden BOD-kuormasta. Esiselkeytyksen typpireduktioksi on arvioitu 5 %, jolloin esiselkeytetyn jäteveden typpikuorma on 95 % tulevan jäteveden typpikuormasta. Tämän jälkeen osa typestä sitoutuu puhdistamon biologisessa osassa lietteeseen ja poistuu lietteenpoiston myötä puhdistusprosessista. Esiselkeytyksessä poistuvan kiintoaineen osuudeksi on arvioitu 30 % tulevan jäteveden kiintoainepitoisuudesta, jolloin biologiseen puhdistusprosessiin jatkaa 70 % tulevasta kiintoainepitoisuudesta.

Ilmastusaltaan lietteen orgaanisen aineksen osuudeksi on oletettu 65 %, loput 35 % lietteestä on epäorgaanista ainesta. Vuorokaudessa muodostuvasta orgaanisesta

lietteestä 5 % on arvioitu olevan typpeä. Näiden arvioiden ja aktiivilieteosan BOD- ja kiintoainekuormituksesta määritetyn lietteentuoton perusteella on laskettu ilmastusaltaassa lietteeseen sitoutuvan typen määrä vuorokaudessa (g/d).

Orgaanisen kiintoaineen määrä (MLVSS) ilmastusaltaassa on laskettu lietteen 65 %:n orgaanisen aineksen osuus huomioon ottaen linjojen lietepitoisuuksien keskiarvona, joka on kerrottu laitoksen kokonaisilmastustilavuudella.

Myös puhdistusprosessissa vallitsevan aktiivilietealtaan aerobisen ja anoksisen allastilavuuden osuus vaikuttaa typenpoiston reaktionopeuksiin. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamolla on käytössä prosessinajo-ohje, jonka mukaisesti allasjako aerobisen ja anoksisen osuuksien välillä suoritetaan perustuen eri vuodenaikojen aiheuttamaan prosessilämpötilan vaihteluihin. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamolla aktiivilietealtaan aerobisen ja anoksisen allastilavuuden osuuksista ei ole olemassa tarkkaa kirjanpitoa tai prosessinajo-ohjetta, mutta suuntaa-antava käytäntö prosessin ajotavasta on kuitenkin olemassa. Niin ikään tiedot Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamolla käytetyistä aktiivilietealtaan aerobisen ja anoksisen allastilavuuden osuuksista perustuvat puhdistamonhoitajan arvioon.

Laitoskohtaisten toteutuneiden nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksien laskennassa käytetyt aktiivilietealtaan aerobisen ja anoksisen allastilavuuden osuudet on esitetty taulukossa 5. Loviisan Vårdön ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneita denitrifikaationopeuksia ei voida laskea silloin kun aerobisen allastilavuuden osuus on 100 %. Silti, tulosten mukaan, kyseisillä laitoksilla denitrifikaatiota näyttäisi kuitenkin tapahtuvan yleisesti myös täysin hapellisessa prosessissa. Todennäköisesti tulokuormitus on ilmastusaltaan alussa niin suuri, että se johtaa paikallisesti alhaisiin happipitoisuuksiin. Jälkidenitrifikaatiota tapahtuu mahdollisesti myös jälkiselkeytyksessä.

TAULUKKO 5. Laskennassa käytetyt laitoskohtaiset aktiivilietealtaan aerobisen ja anoksisen osan tilavuuden osuudet

	Loviisa, Vårdö		Mäntsälä, kirkonkylä		Orimattila, Vääräkoski	
	Aerobinen	Anoksinen	Aerobinen	Anoksinen	Aerobinen	Anoksinen
Tammi	100 %	0 %	75 %	25 %	100 %	0 %
Helmi	100 %	0 %	75 %	25 %	100 %	0 %
Maalis	100 %	0 %	75 %	25 %	100 %	0 %
Huhti	100 %	0 %	75 %	25 %	100 %	0 %
Touko	100 %	0 %	65 %	35 %	100 %	0 %
Kesä	85 %	15 %	65 %	35 %	65 %	35 %
Heinä	85 %	15 %	65 %	35 %	65 %	35 %
Elo	85 %	15 %	65 %	35 %	65 %	35 %
Syys	100 %	0 %	65 %	35 %	65 %	35 %
Loka	100 %	0 %	65 %	35 %	100 %	0 %
Marras	100 %	0 %	65 %	35 %	100 %	0 %
Joulu	100 %	0 %	65 %	35 %	100 %	0 %

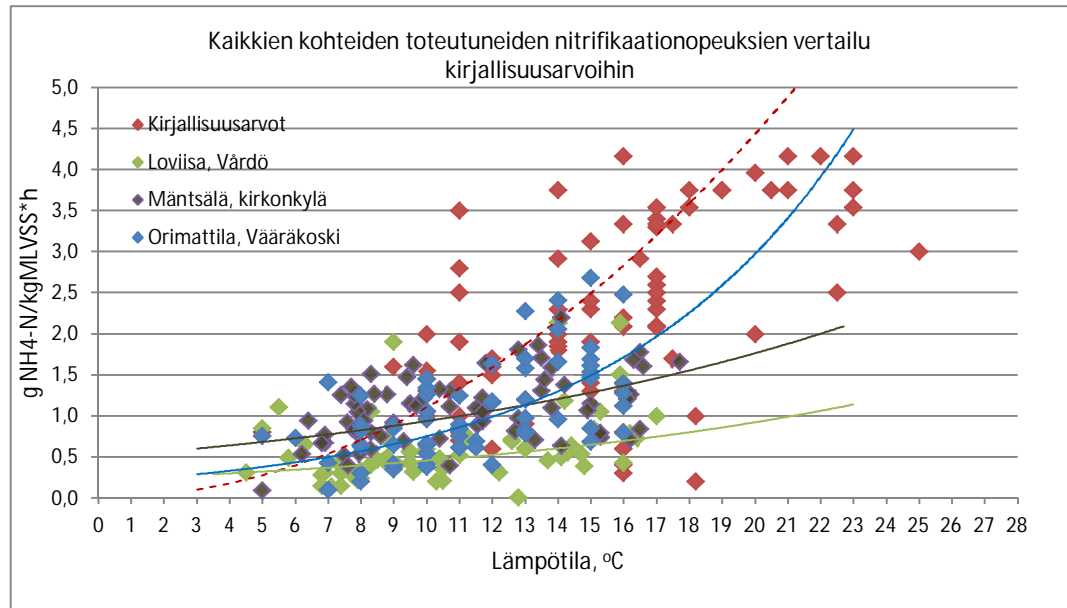
6.2 Jätevedenpuhdistamoiden toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

Loviisan Vårdön, Mäntsälän kirkonkylän ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamoiden toteutuneita typenpoiston reaktionopeuksia on verrattu kirjallisuusarvoihin graafisesti kohdassa 6.2.1.

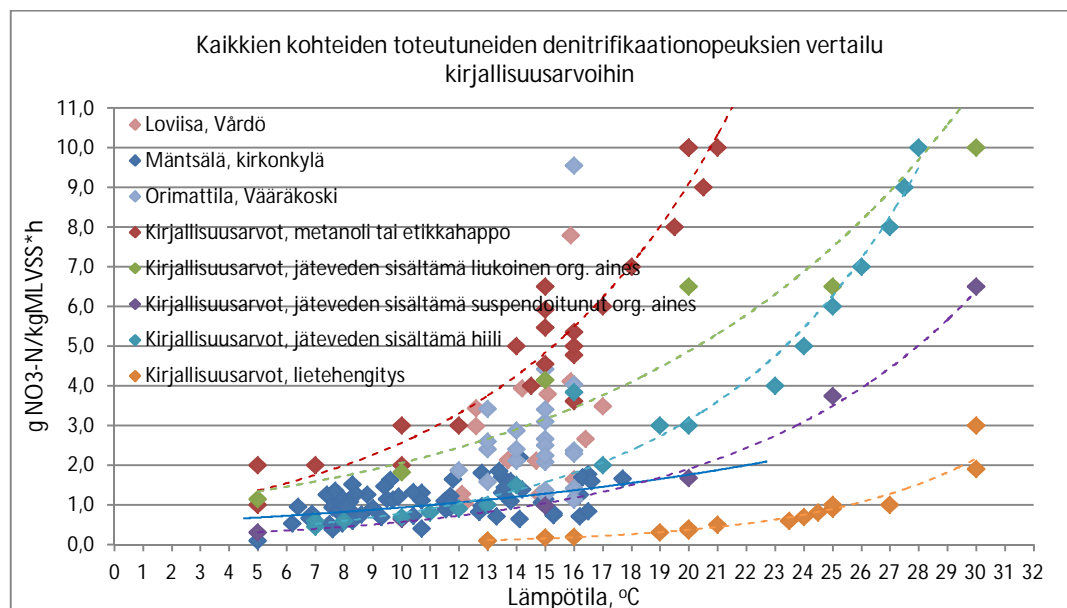
Laitoskohtaiset velvoitetarkkailutulosten perusteella lasketut toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet esitetty graafisesti niin, että kuvaajista nähdään nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet prosessilämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin typenpoiston reaktionopeuksiin. Toteutuneita typenpoiston reaktionopeuksia on tarkasteltu graafisesti myös vuodenajan funktiona. Laitoskohtaiset tulokset on esitetty kohdissa 6.2.2, 6.2.3 ja 6.2.4.

6.2.1 Kaikkien kohteiden toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet suhteessa kirjallisuusarvoihin

Alla oleviin kuvaajiin on koottu kaikkien kolmen laitoksen toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet sekä kirjallisuudessa esiintyneet arvot eri prosessilämpötiloissa, kuviossa 4 nitrifikaation osalta ja kuviossa 5 denitrifikaation osalta.



KUVIO 4. Kaikkien kohteiden toteutuneiden nitrifikaationopeuksien vertailu kirjallisuuden arvoihin



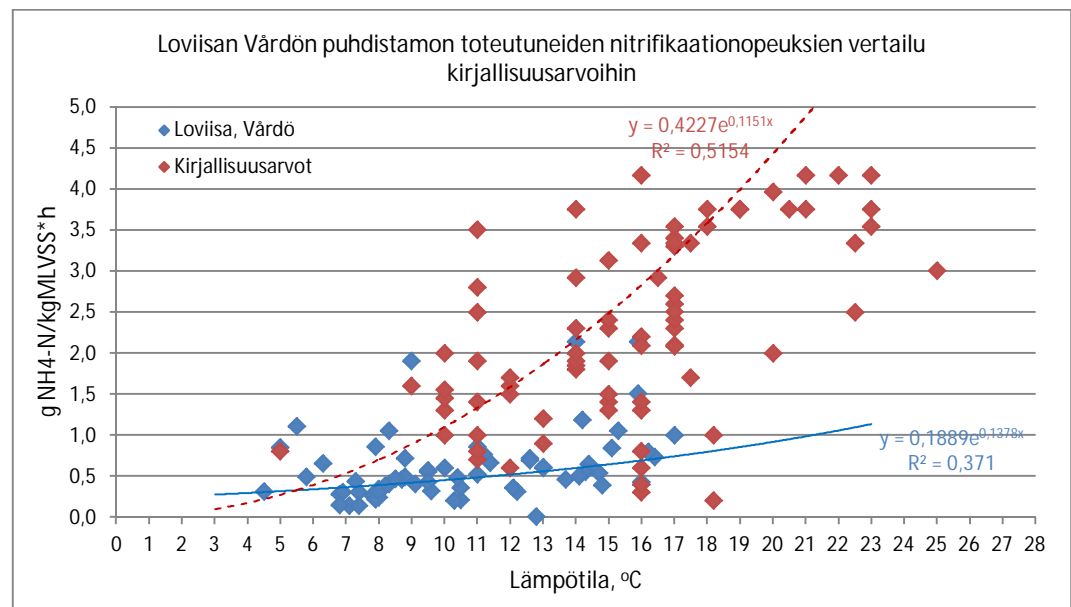
KUVIO 5. Kaikkien kohteiden toteutuneiden denitrifikaationopeuksien vertailu kirjallisuuden arvoihin

Koska Loviisan Vårdön ja Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamoiden toteutuneiden denitrifikaationopeuksien lämpötila-alue on suppea, ei niistä piirretty trendiä lämpötilan suhteen.

Graafisen tarkastelun perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kirjallisuudessa esitetyt typenpoiston reaktionopeudet toteutuvat kaikilla kolmella laitoksella samassa suuruusluokassa.

6.2.2 Loviisa, Vårdön jätevedenpuhdistamo

Kuviossa 6 on esitetty Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin nitrifikaationopeuksiin. Tarkastelujakson aikana laitoksen prosessilämpötila on vaihdellut välillä 4,5–17,0 °C.



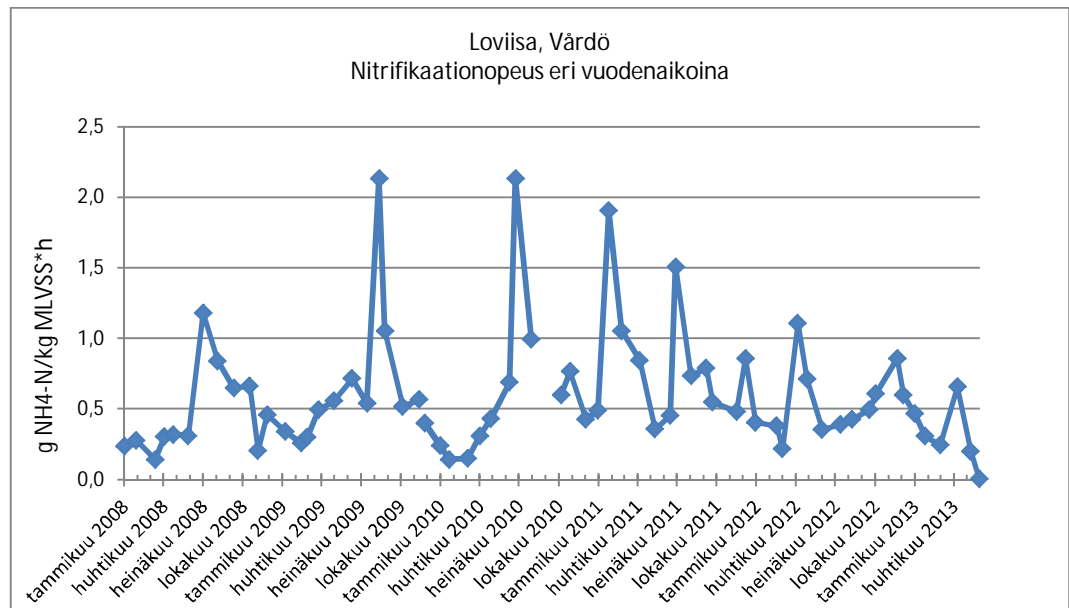
KUVIO 6. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneet ja kirjallisuuslähteiden nitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona

Kuvaajasta nähdään, että laitoksen toteutuneet nitrifikaationopeudet ovat vaihdelleet välillä 0,1–2,1 gN/kg MLVSS*h.

Suhteessa kirjallisuusarvoihin, nitrifikaationopeus on pienempi koko lämpötila-alueella. Lämpötilan nousu ei myöskään vaikuta nitrifikaationopeuden kasvuun yhtä voimakkaasti verrattuna kirjallisuusarvoihin. Laitoksen prosessinohjaus ei ole ollut tarkasteluajanjaksolla aivan optimaalisinta, mikä saattaa selittää

typenpoiston heikkoja tuloksia. Loppuvuodesta 2013 laitoksella saavutetut viimeisimmät tulokset typenpoiston osalta näyttävät kuitenkin selvästi paremmilta prosessituen ja prosessinohjaukseen keskittymisen jälkeen.

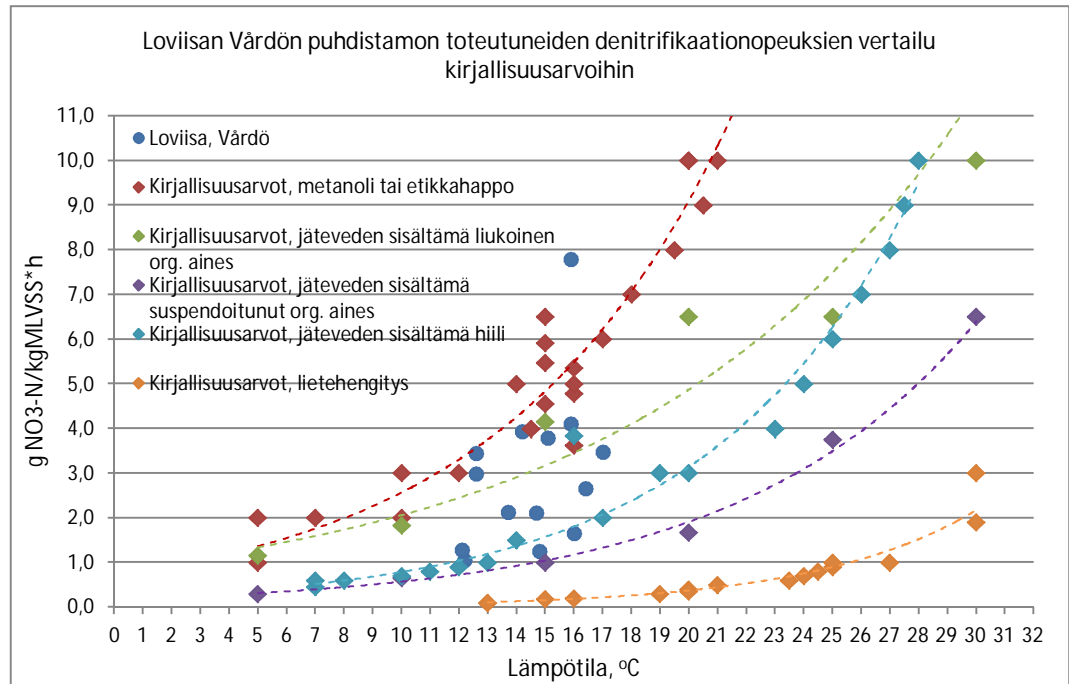
Kuviossa 7 nähdään vuodenajan vaikutukset laitoksen toteutuneisiin nitrifikaationopeuksiin tarkastelujaksolla.



KUVIO 7. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina

Nitrifikaationopeudet ovat saavuttaneet huippuarvonsa keskikesällä, vesien ollessa lämpimimpiä. Keväisin reaktionopeuksia on todennäköisesti rajoittaneet kylmät sulamisvedet.

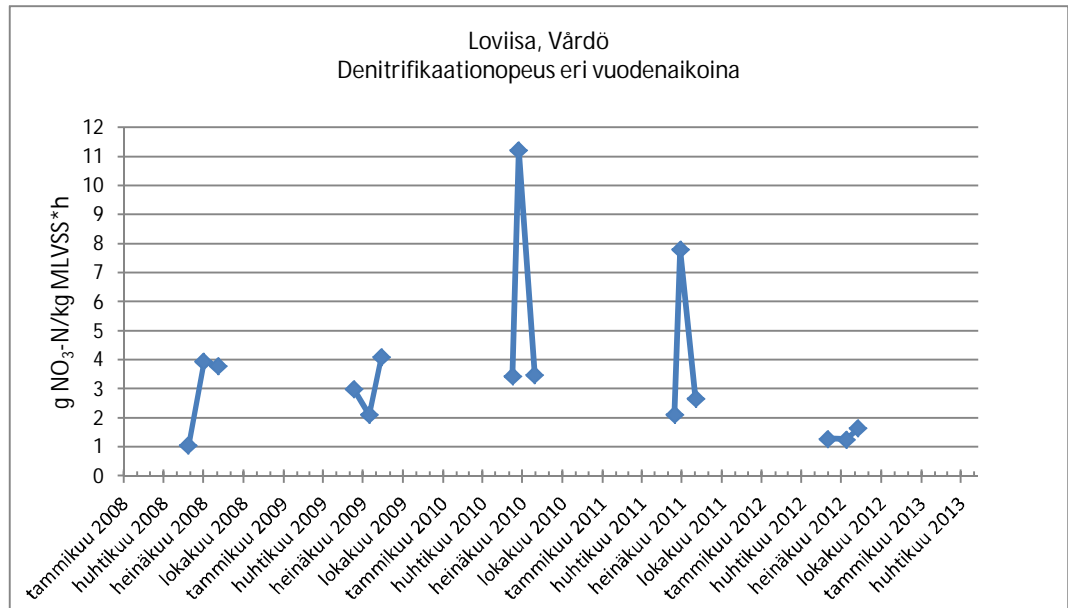
Kuviossa 8 on esitetty Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin denitrifikaationopeuksiin.



KUVIO 8. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneet ja kirjallisuuslähteiden denitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona

Kuvaajasta nähdään, että laitoksen toteutuneet denitrifikaationopeudet ovat vaihdelleet välillä 1,0–11,2 gN/kg MLVSS*h. Koska saatujen tulosten lämpötila-alue on suppea ja otos melko pieni, ei laitoksen denitrifikaatiosta ole piirretty trendiä. Laitoksen toteutuneet denitrifikaationopeudet asettuvat kuitenkin samalle alueelle kuin kirjallisuusarvot, kun hiililähteenä on ollut jätevesi tai lisätty metanoli/etikkahappo.

Kuviossa 9 on esitetty denitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina tarkastelujaksolla.

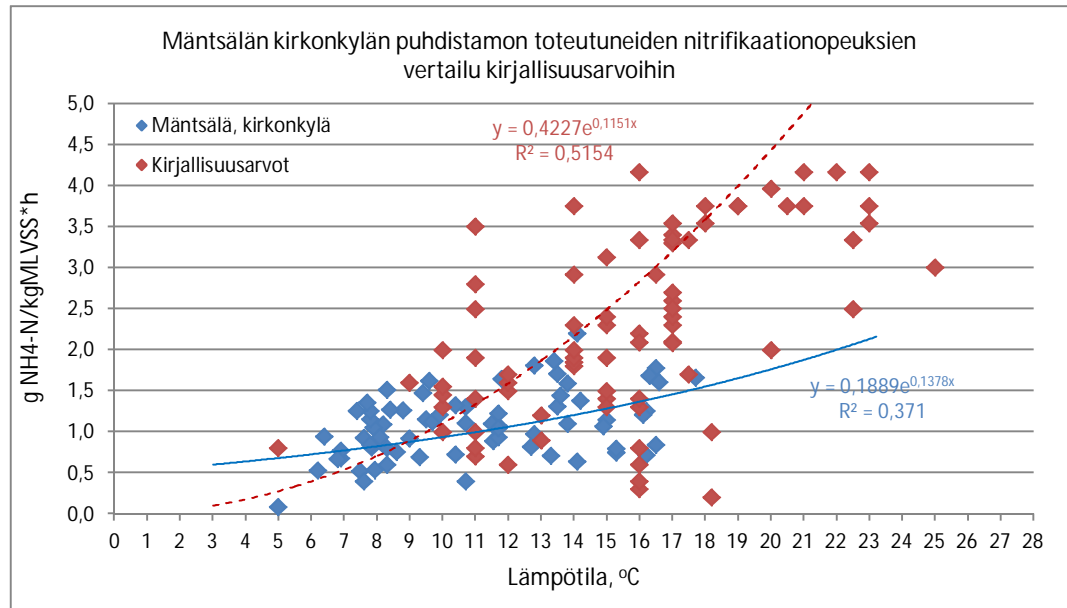


KUVIO 9. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina

Koska otos on melko pieni, ei kuvaajasta voida tarkemmin tulkita vuodenajan vaihteluiden vaikutuksia denitrifikaationopeuteen.

6.2.3 Mäntsälä, kirkonkylän jätevedenpuhdistamo

Kuviossa 10 on esitetty Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin nitrifikaationopeuksiin. Tarkastelujakson aikana laitoksen prosessilämpötila on vaihdellut välillä 5,0–17,7 °C.

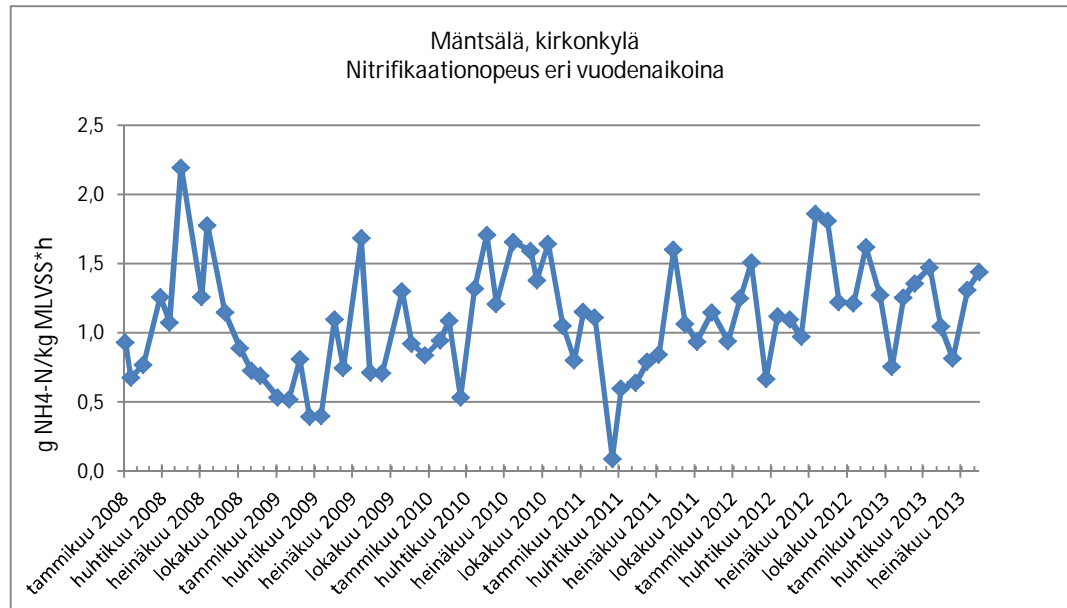


KUVIO 10. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneet ja kirjallisuuslähteiden nitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona

Kuvaajasta nähdään, että laitoksen toteutuneet nitrifikaationopeudet ovat vaihdelleet välillä 0,09–2,2 gN/kg MLVSS*h.

Laitoksen toteutunut nitrifikaationopeus asettuu samalle tasolle kirjallisuusarvojen kanssa. Koska prosessilämpötila on ollut $\leq 17,7$ °C, ei korkeamman lämpötila-alueen nitrifikaationopeuksia voida vertailla kirjallisuusarvoihin. Lämpötilan nousu ei myöskään näytä vaikuttavan nitrifikaationopeuden kasvuun yhtä voimakkaasti verrattuna kirjallisuusarvoihin.

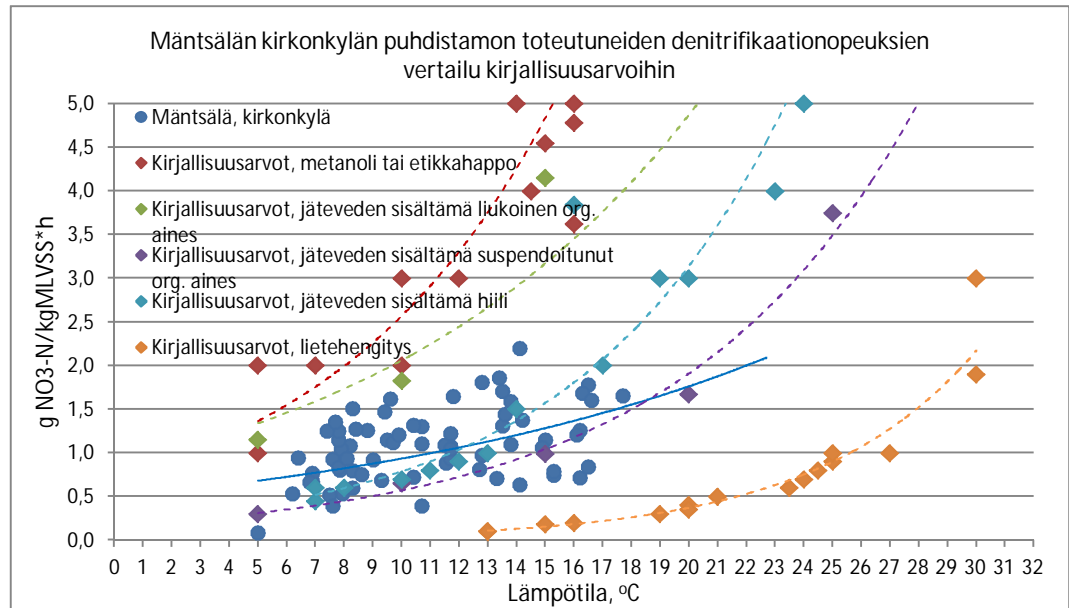
Kuviossa 11 nähdään vuodenajan vaikutukset laitoksen toteutuneisiin nitrifikaationopeuksiin tarkastelujaksolla.



KUVIO 11. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina

Nitrifikaationopeudet ovat saavuttaneet huippuarvonsa keskikesällä, vesien ollessa lämpimimpiä.

Kuviossa 12 on esitetty Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin denitrifikaationopeuksiin.

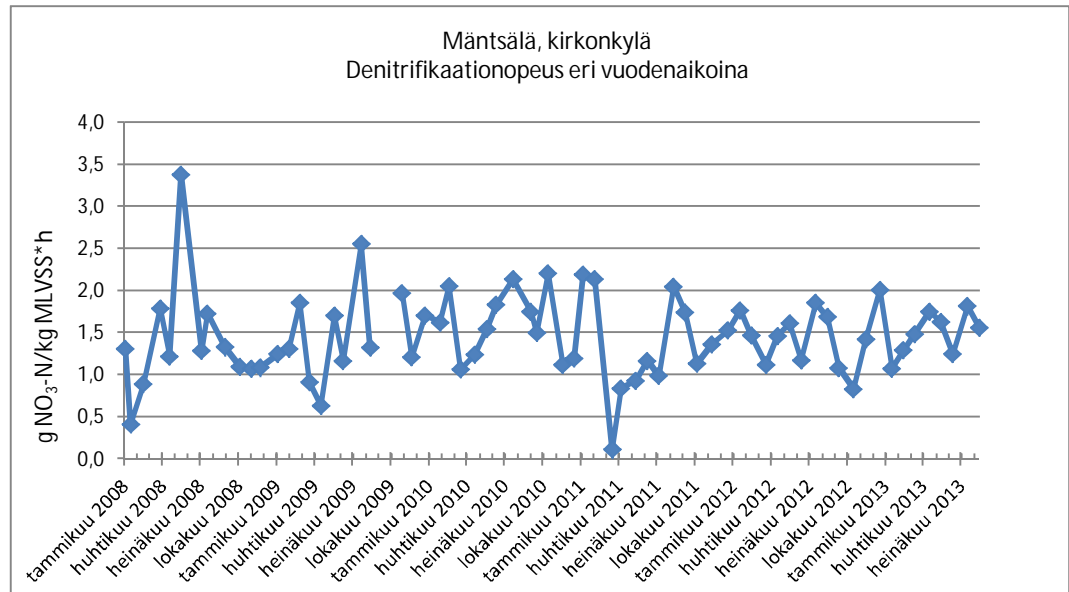


KUVIO 12. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneet ja kirjallisuuslähteiden denitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona

Kuvaajasta nähdään, että laitoksen toteutuneet denitrifikaationopeudet ovat vaihdelleet välillä 0,12–3,38 gN/kg MLVSS*h.

Laitoksen toteutuneet denitrifikaationopeudet asettuvat samalle alueelle kirjallisuusarvojen kanssa, kun hiililähteenä on käytetty jätevettä.

Kuviossa 13 nähdään vuodenaajan vaikutukset laitoksen toteutuneisiin denitrifikaationopeuksiin tarkastelujaksolla.

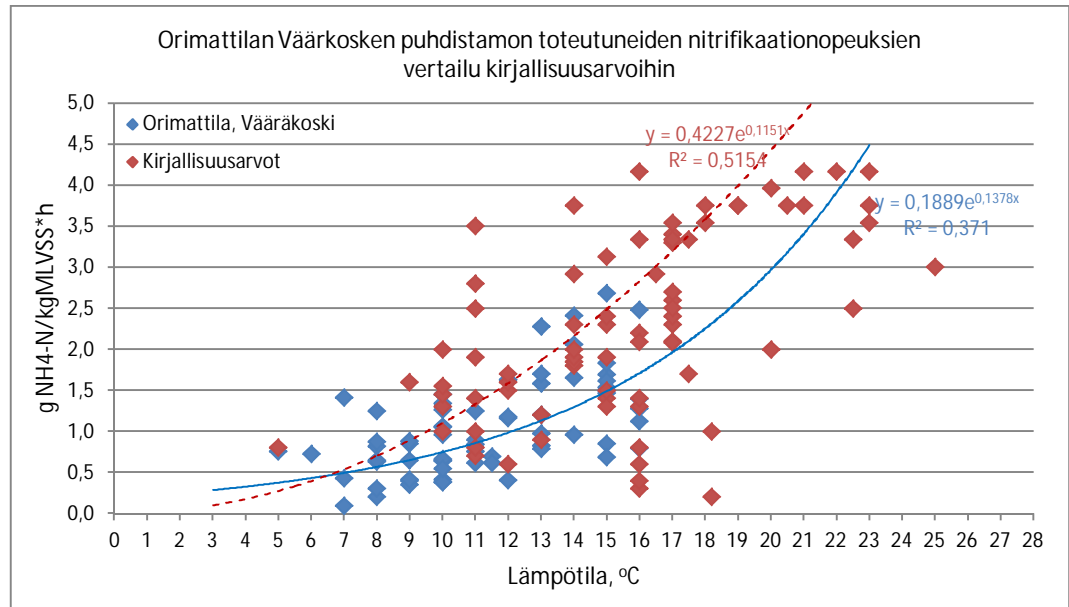


KUVIO 13. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina

Denitrifikaationopeudessa on havaittavissa vuodenaikojen vaihteluihin perustuvaa muutosta reaktionopeuden ollessa korkeimmillaan kesäaikana, mutta huippuja on saavutettu myös talvikuukausina.

6.2.4 Orimattila, Vääräkosken jätevedenpuhdistamo

Kuviossa 14 esitetty Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin nitrifikaationopeuksiin. Tarkastelujakson aikana laitoksen prosessilämpötila on vaihdellut välillä 5,0–16,0 °C.

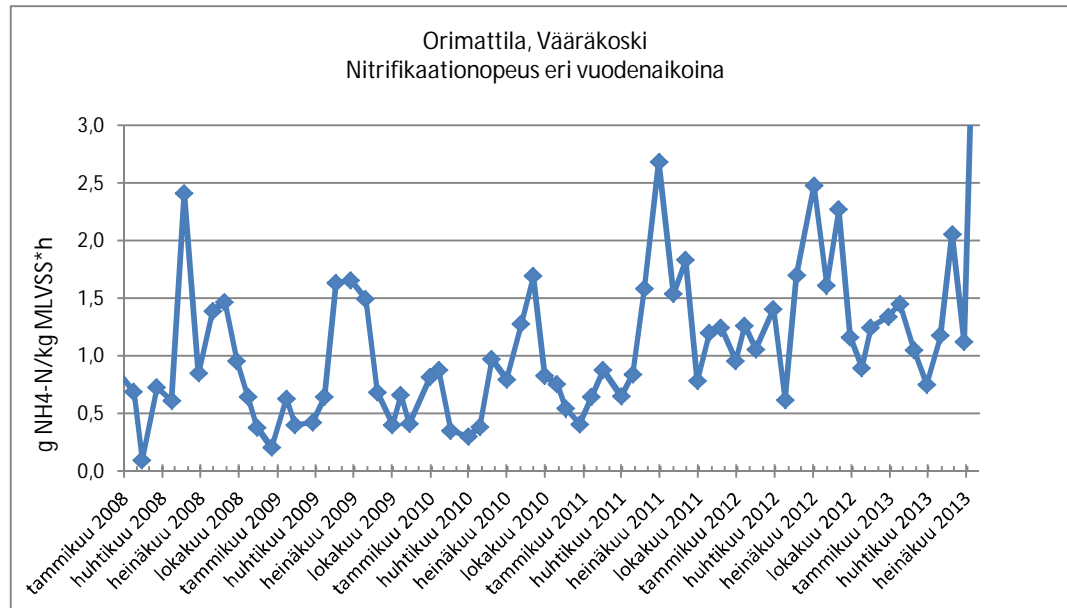


KUVIO 14. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneet ja kirjallisuuslähteiden nitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona

Kuvaajasta nähdään, että laitoksen toteutuneet nitrifikaationopeudet ovat vaihdelleet välillä 0,1–5,8 gN/kg MLVSS*h.

Suhteessa kirjallisuusarvoihin, laitoksen toteutuneet nitrifikaationopeudet asettuvat samalle tasolle kirjallisuusarvojen kanssa. Koska kirjallisuusarvojen otos on suppea prosessilämpötilan ollessa < 10 °C, ei reaktionopeuksia voida matalammilla lämpötila-alueilla vertailla luotettavasti. Laitoksen toteutuneiden nitrifikaationopeuksien perusteella piirretty trendiviiva on muodoltaan samanlainen suhteessa kirjallisuusarvoihin.

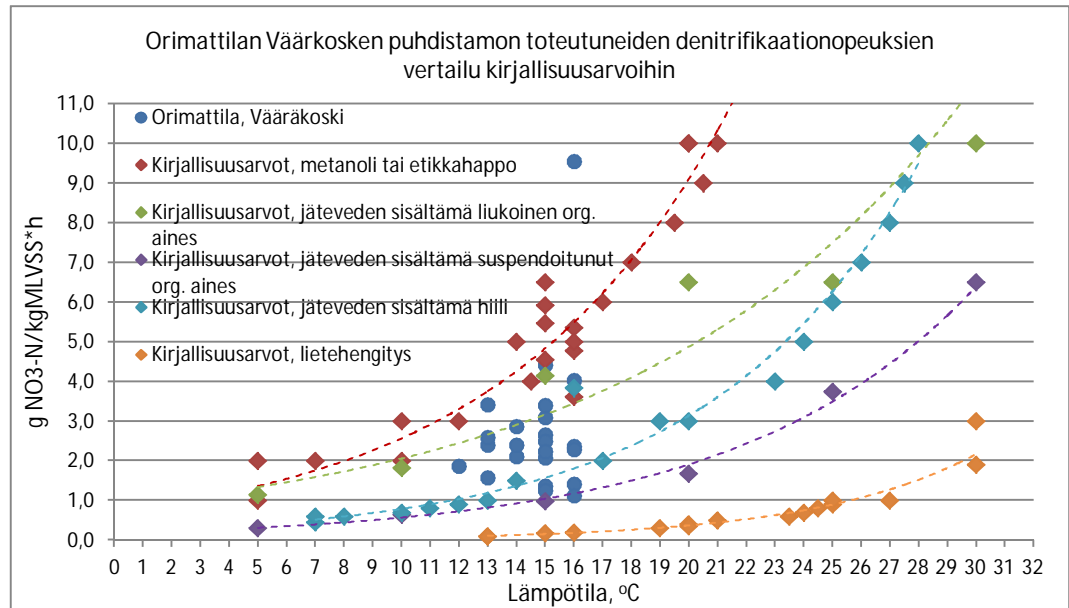
Kuviossa 15 nähdään vuodenajan vaikutukset laitoksen toteutuneisiin nitrifikaationopeuksiin tarkastelujaksolla.



KUVIO 15. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina

Nitrifikaationopeuden huippulukemat asettuvat keskikesälle. Kuvaajassa näkyy myös sulamisvesien vaikutus reaktionopeutta rajoittavana tekijänä.

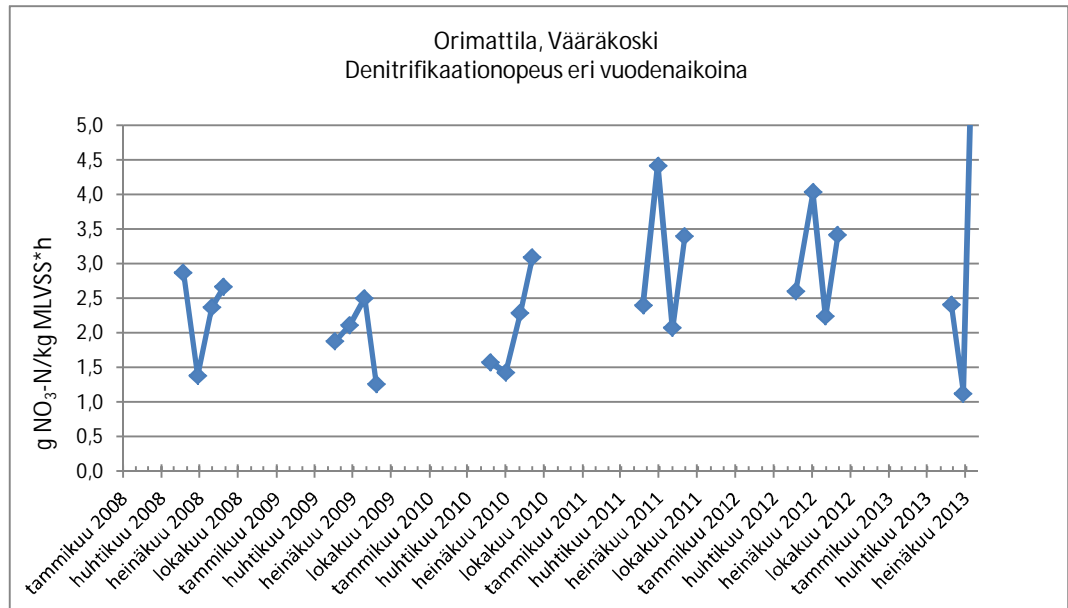
Kuviossa 16 on esitetty Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona ja suhteessa kirjallisuudessa esiintyviin denitrifikaationopeuksiin.



KUVIO 16. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneet ja kirjallisuuslähteiden denitrifikaationopeudet lämpötilan funktiona

Kuvaajasta nähdään, että laitoksen toteutuneet denitrifikaationopeudet ovat vaihdelleet välillä 1,1–9,5 gN/kg MLVSS^{*h}. Koska saatujen tulosten lämpötila-alue on suppea ja otos melko pieni, ei laitoksen denitrifikaatiosta ole piirretty trendiä. Laitoksen toteutuneet denitrifikaationopeudet asettuvat kuitenkin samalle alueelle kuin kirjallisuusarvot, kun hiililähteenä on ollut jätevesi tai jäteveden liukoinen orgaaninen aines.

Kuviossa 17 on esitetty denitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina tarkastelujaksolla.



KUVIO 17. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet eri vuodenaikoina

Koska otos on melko pieni, ei kuvaajasta voida tarkemmin tulkita vuodenajan vaihteluiden vaikutuksia denitrifikaationopeuteen.

7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyön teoriaosuuden tarkoituksena oli koota yhteen kirjallisuudessa esiintyviä nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksia eri prosessilämpötiloissa.

Tutkimusosuudessa laskettiin opinnäytetyöhön osallistuneiden jätevedenpuhdistamoiden lämpötilakohtaiset vuorokausikeskiarvona toteutuneet nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet velvoitetarkkailun historiatietojen perusteella. Saatuja tuloksia vertailtiin kirjallisuudessa esiintyviin typenpoiston reaktionopeuden arvoihin eri prosessilämpötiloissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tuottaa lisää tietoa jätevedenpuhdistamoiden käyttöhenkilökunnalle selvittämällä typenpoiston kinetiikkaa ja olosuhdevaatimuksia ja toimia apuna käytännön prosessiohjauksessa. Tässä työssä käsiteltyä teoriaa suositellaankin hyödynnettäväksi laitosten velvoitetarkkailutulosten tulkinnassa sekä prosessituessa ja -ohjauksessa jatkossa. Lisäksi työssä on koottu hyödyllistä tietoa eri lähteistä laitossuunnittelun ja prosessimitoituksen tueksi.

Kirjallisuudesta löytyy erilaisia arvoja typenpoiston reaktionopeuksille eri lämpötiloissa. Tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että tähän opinnäytetyöhön osallistuneilla kolmella jätevedenpuhdistamolla typenpoiston reaktionopeudet ovat suuruusluokaltaan samansuuntaisia kuin kirjallisuudessa esitetyt arvot.

Nitrifikaationopeuden trendi oli kaikilla laitoksilla nouseva lämpötilan suhteen, kuten teorian mukaan oli odotettavissa. Lämpötilan nousu ei kuitenkaan vaikuttanut reaktionopeuden kasvuun yhtä voimakkaasti verrattuna kirjallisuusarvoihin. Syynä tähän voi olla veden alkaliteetin kulumisen lämpötilan nousun mukana tehostuneen nitrifikaation aikana, jos kalkitus ei ole riittävää. Toisin sanoen alkaliteetin niukkuus rajoittaa nitrifikaatiota ja se tehostuu lämpötilan nousun mahdollistamaa teoreettista tasoa vähemmän. Toisena syynä voi olla lämpötilan nousun aiheuttama hapen veteen liukenemisen väheneminen, jolloin happipitoisuus saattaa rajoittaa nitrifikaatiota. Kirjallisuudessa esitetyt typenpoiston reaktionopeuden arvot saattavat myös olla hetkellisiä arvoja, kun taas laitokohtaiset toteutuneet reaktionopeudet laskettiin vuorokausikeskiarvoina,

joka voi antaa matalamman reaktionopeuksien tason laitosten tuloksissa verrattuna kirjallisuusarvoihin.

Denitrifikaationopeuksien osalta laitoskohtaiset toteutuneet reaktionopeudet asettuivat samalle alueelle kuin kirjallisuusarvot. Koska Loviisan Vårdon ja Orimattilan Vääräkosken toteutuneiden denitrifikaationopeuksien otokset olivat melko pienet ja lämpötila-alueet suppeat, voitiin denitrifikaationopeuden trendi lämpötilan suhteen piirtää vain Mäntsälän kirkonkylän osalta, mistä nähtiin laitoksen prosessilämpötilan vaikuttavan denitrifikaationopeuksiin teorian mukaisella tavalla.

Velvoitetarkkailutulosten perusteella nähdään, että kaikki kohteet ovat korkeakuormitteisia ja laitoksilla ei ole ylimääräistä kapasiteettia typenpoiston suhteen. Toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet ovat olleet kunkin laitoksen maksimaalisia nopeuksia. Minkään laitoksen nitrifikaatio ei ole ollut tasolla 100 % jatkuvasti, mikä tarkoittaisi sitä, että reaktionopeudet voisivat olla suurempiakin, jos tuleva typpikuorma olisi suurempi.

Tuloksia tarkastellessa on kuitenkin huomioitava, että lasketut typenpoiston reaktionopeudet ovat tarkasteluvuorokauden keskimääräisiä reaktionopeuksia, koska tutkimus perustuu velvoitetarkkailun vuorokauden kokoomanäytteisiin. Käytännössä laitosten hetkelliset tuntitason nopeudet vaihtelevat kuormitustilanteen mukaan. Puhdistamoprosessin mitoitus tehdään kuitenkin myös vuorokausikuorman perusteella, joten käytetty tarkastelutaso on riittävä. Jotta laitoskohtainen typenpoiston reaktionopeuksien tuntitason tarkastelu olisi mahdollista, tulisi online-typpimittauksia tehdä myös tulevasta vedestä lähtevän veden lisäksi tai tulevasta vedestä olisi kerättävä tuntitason kokoomanäytteet.

Epävarmuutta tutkimustuloksiin aiheuttaa osittainen lähtötietojen puute sekä vaillinaiset prosessinajo- sekä historiatiedot esimerkiksi aktiivilietealtaan anoksiosan tilavuuksista. Jatkossa laitoksilla olisi suositeltavaa tehostaa käyttötarkkailuraportointia ja historiatietojen keräystä. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamolla olisi lisäksi hyvä ottaa käyttötarkkailuun mukaan esiselkeytetyn veden näyte rajoitetussa laajuudessa.

Lämpötilan lisäksi typenpoiston reaktionopeuksiin vaikuttavat myös muut tekijät, kuten aikaisemmin mainitut alkaliteetti ja happipitoisuus sekä ilmastuksen viipymä, tila- ja lietekuormitus, pH ja hiililähde. Liitteissä 9–11 on tarkastelu graafisesti laitosten toteutuneita typenpoiston reaktionopeuksia näiden muiden tekijöiden suhteen. Kuvaajissa ei kuitenkaan toteudu kaikilta osin teorianmukaiset trendit eri tekijöiden ristikkäisvaikutusten takia. Jotta näiden erilaisten ristikkäisten tekijöiden vaikutukset typenpoiston reaktionopeuteen voitaisiin ottaa huomioon, tulisi käyttää monipuolisempia tarkastelumenetelmiä kuin tässä opinnäytetyössä.

LÄHTEET

- Gerardi, M. 2002. Nitrification and denitrification in the activated sludge process. Canada.
- Henze, M. 2002. Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes. Berlin: Springer.
- Itä-Suomen ympäristölupavirasto. 2005. Lupapäätös nro 126/05/1 Vääräkosken jätevedenpuhdistamon ympäristölupa. Luvan hakija Orimattilan Vesi Oy.
- Kemira Kemwater. 2003. About water treatment. Helsingborg: Kemira Kemwater.
- Lehtniemi, L. 2004. Pienpuhdistamoiden toimivuus ja typenpoisto. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste. Turku.
- Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. 2004. Lupapäätös nro 57/2004/1 Vårdön jätevedenpuhdistamon ympäristölupa. Luvan hakija Loviisan kaupunki.
- Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. 2006. Lupapäätös nro 11/2006/1 Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon ympäristölupa. Luvan hakija Mäntsälän Vesi.
- Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater engineering, treatment and reuse. 4. painos. New York: Mc Graw-Hill.
- Mäntsälän jätevedenpuhdistamo. 2013. Mäntsälän Vesi [viitattu 8.7.2013].
Saatavissa: <http://www.mantsala.fi/asukkaille/asuminen-ja-rakentaminen/mantsalan-vesi/jatevesien-kasittely/mantsalan-jatevedenpuhdistamo>
- Kangas, A., Rantanen, P., Sikow, M. & Valve, M. 1993. Typenpoisto yhdyskuntien jätevesistä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 479. Helsinki.
- Karttunen, E. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.
- Kettunen, R., Rintala, J., Hänninen, K. & Luostarinen S. 2006. YMPA212 Jätevesien käsittelyprosessit ja -laitokset I. Luentomoniste. Ympäristötieteet, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto.

Koskinen, T. & Rissanen, N. 2012. Ramboll Finland Oy. Vårdön puhdistamon ympäristölupahakemus. Typenpoistoselvitys. Luvan hakija Loviisan kaupunki.

Luostarinen, S. 2008. Kokonaistypenpoiston vaikutukset jätevedenpuhdistamon lietteisiin ja niiden käsittelyyn. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. Kasvituotannon tutkimus, Mikkeli.

Pellikka, K. 2007. Kylmien asumajätevesien typenpoisto. Diplomityö. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto.

Rantanen, P., Aurola, A-M., Hakkila, K., Hernesmaa, A., Jørgensen, K., Laukkanen, R., Melasniemi, H., Meriluoto, J., Nikander, S., Pelkonen, M., Renko, E., Valve, M. & Pauli, A. 1999. Biologisen fosforin- ja typenpoiston tehokkuus, prosessiohjaus ja mikrobiologia. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu No 318. Helsinki: Oy Edita Ab.

Rittman, B. & McCarty, P. 2001. Environmental Biotechnology: Principles and Applications. New York: Mc Graw-Hill.

Scheible, O. K. & Heidman, J. 1994. Nitrogen Control. Technomic Publishing Co, Hersteller.

Säylä, J. & Vilpas, R. 2012. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2010. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 21/2012 [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39681/SYKEra_21_2012.pdf?sequence=1

Suomen ympäristökeskus. 2013. Ympäristösuojelun tietojärjestelmä Vahti.

Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006.

Water Planet Company. 2012. Nitrification & Denitrification [viitattu 25.8.2013]. Saatavissa: http://www.thewaterplanetcompany.com/docs/WPC_Nitrification%20&%20Denitrification%20.pdf

LIITTEET

LIITE 1. Kirjallisuuslähteiden nitrifikaationopeudet eri prosessilämpötiloissa

LIITE 2. Kirjallisuuslähteiden denitrifikaationopeudet eri prosessilämpötiloissa

LIITE 3. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon lohkokaavio (Lähde: Ramboll Finland, muokattu)

LIITE 4. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon lohkokaavio (Lähde: Ramboll Finland, muokattu)

LIITE 5. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon lohkokaavio (Lähde: Ramboll Finland, muokattu)

LIITE 6. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailutulokset ja toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet

LIITE 7. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailutulokset ja toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet

LIITE 8. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailutulokset ja toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet

LIITE 9. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

LIITE 10. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

LIITE 11. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

LIITE 1/1. Kirjallisuuslähteiden nitrifikaationopeudet eri prosessilämpötiloissa

Lämpötila °C	Nitrifikaationopeus gN/kg MLVSS * h	C:N	pH	Lähde	Prosessityyppi
5,0	0,8	-	-	Kemira Kemwater 2003, 79	-
9,0	1,6	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
10,0	1,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
10,0	1,5	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
10,0	1,6	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
10,0	2,0	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
10,0	1,0	-	-	Kemira Kemwater 2003, 79	-
11,0	0,7	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	0,8	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	1,0	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	1,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	1,9	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	2,5	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	2,8	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
11,0	3,5	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
12,0	0,6	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
12,0	1,5	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
12,0	1,6	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
12,0	1,7	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
13,0	0,9	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
13,0	1,2	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
14,0	1,8	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
14,0	1,9	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
14,0	1,9	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
14,0	2,0	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
14,0	2,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
14,0	3,8	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
14,0	2,9	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
15,0	1,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
15,0	1,5	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
15,0	1,9	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
15,0	2,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
15,0	2,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
15,0	3,1	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
15,0	1,3	-	-	Kemira Kemwater, 2003, 79	-

* Lähteen mukaan kantoainekappaleisiin kasvaneen lietteen määrä on määritetty kuivapainoanalyysin (Kangas 1993, 37).

LIITE 1/2.

Lämpötila °C	Nitrifikaationopeus gN/kg MLVSS *h	C:N	pH	Lähde	Prosessityyppi
16,0	0,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	0,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	0,6	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	0,8	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	1,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	1,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	2,2	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
16,0	4,2	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,0	5,0	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,0	6,3	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,0	7,5	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,0	7,9	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,0	2,1	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,0	3,3	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,5	9,2	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,5	9,6	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,5	10,4	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
16,5	2,9	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
17,0	2,1	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	2,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	2,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	2,6	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	2,7	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	3,3	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	3,4	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
17,0	2,1	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
17,0	2,5	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
17,0	3,3	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
17,0	3,5	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
17,5	3,3	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
17,5	1,7	-	-	Kemira Kemwater, 2003, 79	-

* Lähteen mukaan kantoainekappaleisiin kasvaneen lietteen määrä on määritetty kuivapainoanalyysien (Kangas 1993, 37).

LIITE 1/3.

Lämpötila °C	Nitrifikaationopeus gN/kg MLVSS *h	C:N	pH	Lähde	Prosessityyppi
18,0	7,5	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
18,0	12,1	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
18,0	3,5	1,8	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
18,0	3,8	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
18,2	0,2	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
18,2	1,0	-	-	Kangas 1993, 40	Kantoaine*
18,5	7,9	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
19,0	3,8	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
19,0	3,8	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,0	4,0	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,0	2,0	-	-	Kemira Kemwater 2003, 79	-
20,5	6,3	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,5	7,1	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,5	9,2	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,5	9,6	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,5	10,8	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
20,5	3,8	2,4	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
21,0	3,8	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
21,0	4,2	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
22,0	4,2	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
22,5	3,3	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
22,5	2,5	-	-	Kemira Kemwater, 2003, 79	-

* Lähteen mukaan kantoainekappaleisiin kasvaneen lietteen määrä on määritetty kuivapainoanalyysin (Kangas 1993, 37).

LIITE 1/4.

Lämpötila °C	Nitrifikaationopeus gN/kg MLVSS * h	C:N	pH	Lähde	Prosessityyppi
23,0	3,5	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
23,0	3,8	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
23,0	4,2	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
23,0	6,3	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
23,0	6,3	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
23,5	12,9	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
23,5	13,8	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
24,0	14,2	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
24,0	14,6	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
24,0	6,3	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
24,5	7,1	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
25,0	12,9	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
25,0	14,2	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
25,0	8,3	3,0	7,0	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
25,0	3,0	-	-	Kemira Kemwater 2003, 79	-
26,0	13,8	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
26,0	14,2	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
26,0	15,0	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
26,0	6,7	5,0	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
26,5	12,1	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)
26,5	13,3	1,3	-	Scheible & Heidman 1994, 136	Aktiivilieteprosessi (suspended)

* Lähteen mukaan kantoainekappaleisiin kasvaneen lietteen määrä on määritetty kuivapainoanalyysin (Kangas 1993, 37).

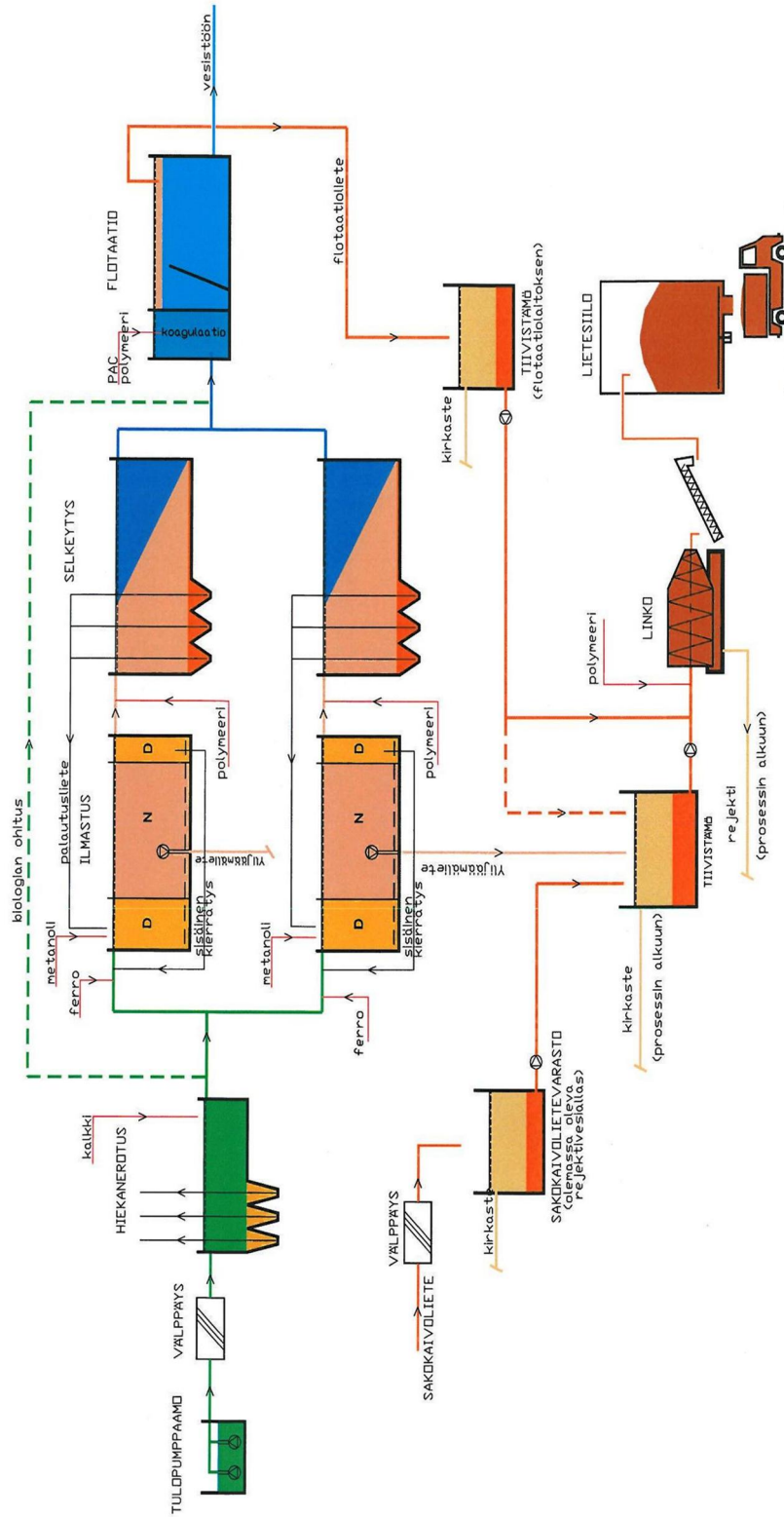
LIITE 2/1. Kirjallisuuslähteiden denitrifikaationopeudet eri prosessilämpötiloissa

Lämpötila °C	Denitrifikaationopeus gN/kg MLVSS *h				Hiililähde	Lähde	Prosessi tyyppi
	arvo	min.	max.	KA			
5	-	0,3	2,0	1,2	jäteveden sisältämä hiili, liukoinen org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
5	-	-	0,3	0,3	jäteveden sisältämä hiili, susp. org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
5	-	2,0	-	-	metanoli	Kemira Kemwater 2003, 81	-
5	1,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
7	0,5	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
7	0,6	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Luostarinen 2008	-
7	2,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Luostarinen 2008	-
8	0,6	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
10	0,7	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
10	-	0,7	3,0	1,8	jäteveden sisältämä hiili, liukoinen org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
10	-	-	0,7	0,7	jäteveden sisältämä hiili, susp. org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
10	-	3,0	-	-	metanoli	Kemira Kemwater 2003, 81	-
10	2,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
11	0,8	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
12	0,9	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
12	3,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
13	0,1	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
13	-	-	0,1	-	lietehengitys	Kemira Kemwater 2003, 81	-
13	1,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
14	1,5	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Luostarinen 2008	-
14	5,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Luostarinen 2008	-
15	4,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
15	-	-	0,2	-	lietehengitys	Kemira Kemwater 2003, 81	-
15	5,5	-	-	-	etikkahappo	Kangas 1993, 23	-
15	5,9	-	-	-	etikkahappo	Kangas 1993, 23	-
15	-	1,8	6,5	4,2	jäteveden sisältämä hiili, liukoinen org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
15	-	0,2	1,8	1,0	jäteveden sisältämä hiili, susp. org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
15	4,6	-	-	-	metanoli	Kangas 1993, 23	-
15	-	6,5	-	-	metanoli	Kemira Kemwater 2003, 81	-
16	0,2	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
16	5,4	-	-	-	etikkahappo	Kangas 1993, 23	-
16	3,6	-	-	-	etikkahappo	Kangas 1993, 23	-
16	3,8	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Kangas 1993, 23	-
16	4,8	-	-	-	metanoli	Kangas 1993, 23	-
16	5,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
17	2,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
17	6,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
18	7,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
19	0,3	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
19	3,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa

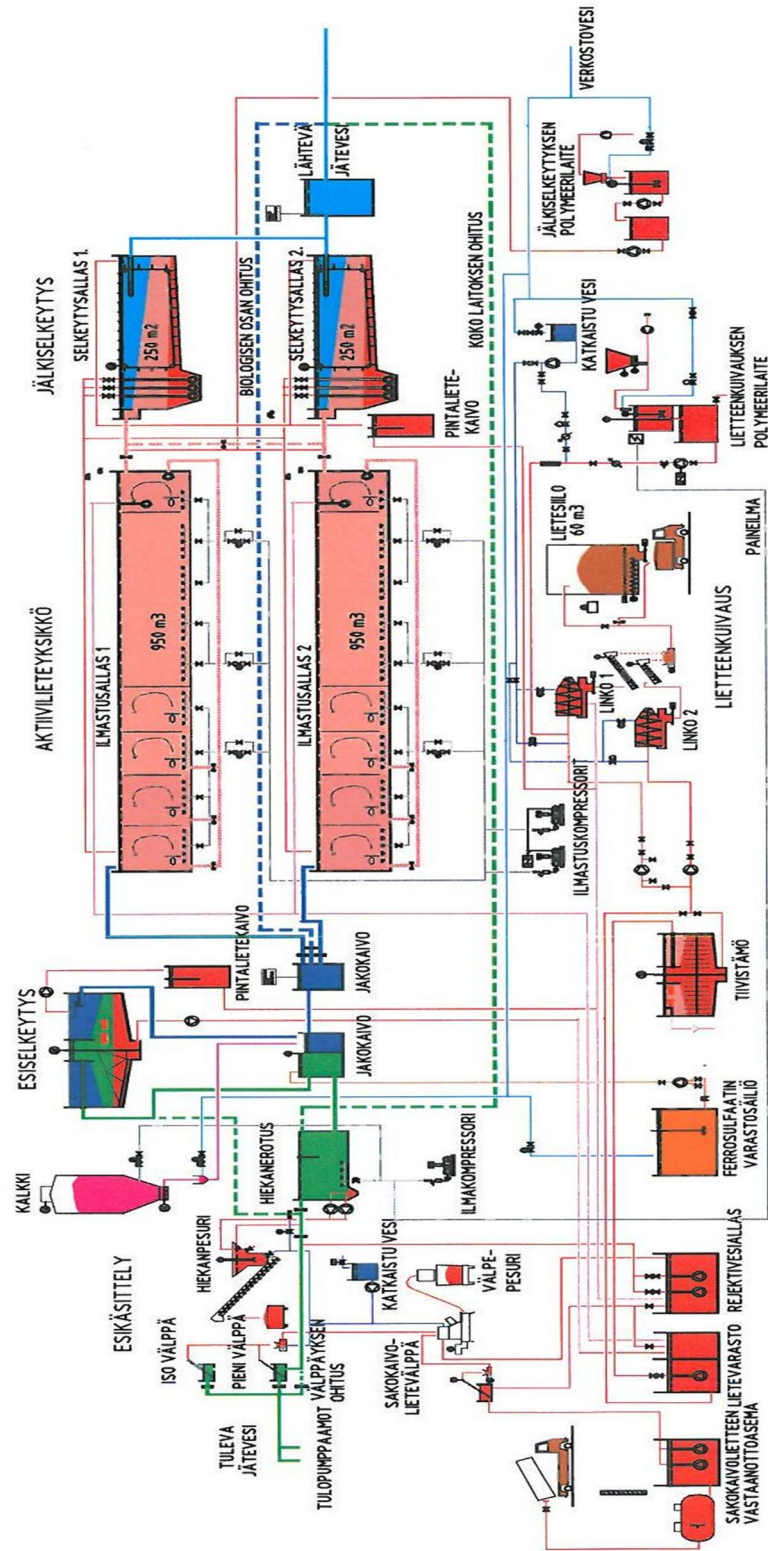
LIITE 2/2.

Lämpötila °C	Denitrifikaationopeus gN/kg MLVSS *h				Hiililähde	Lähde	Prosessi tyyppi
	arvo	min.	max.	KA			
20	8,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
20	0,4	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
20	-	-	0,4	-	lietehengitys	Kemira Kemwater 2003, 81	-
20	3,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Luostarinen 2008	-
20	-	3,0	10,0	6,5	jäteveden sisältämä hiili, liukoinen org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
20	-	0,4	3,0	1,7	jäteveden sisältämä hiili, susp. org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
20	-	10,0	-	-	metanoli	Kemira Kemwater 2003, 81	-
20	10,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Luostarinen 2008	-
21	9,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
21	0,5	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
21	10,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
23	4,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
24	0,6	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
24	0,7	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
24	5,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
25	0,8	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
25	0,9	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
25	-	-	1,0	-	lietehengitys	Kemira Kemwater 2003, 81	-
25	6,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
25	-	6,5	-	6,5	jäteveden sisältämä hiili, liukoinen org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
25	-	1,0	6,5	3,8	jäteveden sisältämä hiili, susp. org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
26	7,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
27	1,0	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
27	8,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
27	20,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
28	9,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
28	10,0	-	-	-	jäteveden sisältämä hiili	Henze 2002, 107	Biomassa
30	30,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa
30	1,9	-	-	-	lietehengitys	Henze 2002, 107	Biomassa
30	-	-	3,0	-	lietehengitys	Kemira Kemwater 2003, 81	-
30	-	10,0	-	10,0	jäteveden sisältämä hiili, liukoinen org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
30	-	3,0	10,0	6,5	jäteveden sisältämä hiili, susp. org. aines	Kemira Kemwater 2003, 81	-
30	40,0	-	-	-	metanoli tai etikkahappo	Henze 2002, 107	Biomassa

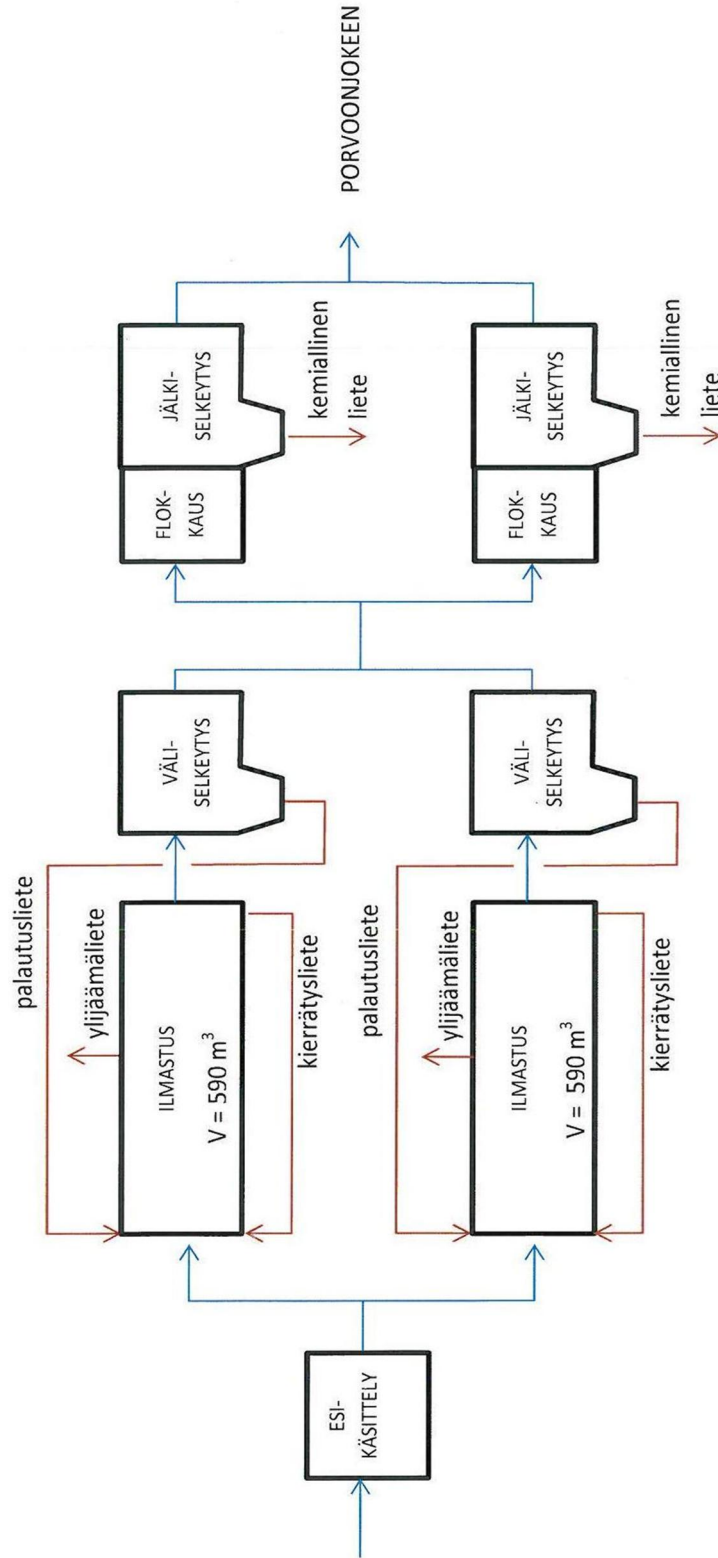
LIITE 3. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon prosessikaavio (Lähde: Ramboll Finland, muokattu)



LIITE 4. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon prosessikaavio (Lähde: Ramboll Finland, muokattu)



LIITE 5. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon prosessikaavio (Lähde: Ramboll Finland, muokattu)



LIITE 6/1. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailutulokset ja toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet

Näytteenotto- päivät	Tarkkailuajan virtaama m ³ /d	Tuleva vesi				
		BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	SS mg/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d
15.1.2008	2347	240	563	200	36	84
11.2.2008	4353	48	209	41	21	91
26.3.2008	2855	160	457	170	34	97
16.4.2008	4690	110	516	120	23	108
7.5.2008	2600	280	728	470	58	151
10.6.2008	2085	410	855	660	64	133
15.7.2008	2469	150	370	150	48	119
17.8.2008	2296	120	276	340	43	99
24.9.2008	1912	180	344	170	48	92
30.10.2008	5138	120	617	160	25	128
18.11.2008	4595	100	460	180	25	115
10.12.2008	6617	52	344	48	23	152
21.1.2009	3074	150	461	230	48	148
26.2.2009	2689	300	807	400	58	156
12.3.2009	2478	260	644	890	68	169
7.4.2009	6300	100	630	110	24	151
13.5.2009	3342	110	368	820	64	214
24.6.2009	2803	260	729	270	62	174
29.7.2009	3093	550	1701	780	61	189
26.8.2009	2784	250	696	400	53	148
8.9.2009	6042	90	544	57	17	103
19.10.2009	4433	110	488	130	37	164
26.11.2009	5670	170	964	340	37	210
2.12.2009	5776	83	479	73	28	162
9.12.2009	4827	400	1931	500	52	251
13.1.2010	2111	410	866	620	73	154
3.2.2010	3105	250	776	340	57	177
18.3.2010	2972	280	832	220	64	190
15.4.2010	9409	46	433	25	16	151
11.5.2010	5517	120	662	130	32	177
23.6.2010	3443	430	1480	360	83	286
7.7.2010	3034	2500	7585	7900	270	819
12.8.2010	2465	130	320	340	62	153
14.9.2010	2219	200	444	260	55	122
20.10.2010	2479	200	496	250	56	139
10.11.2010	2626	260	683	340	58	152
16.12.2010	2634	410	1080	440	60	158

LIITE 6/2.

Näytteenotto- päivät	Tarkkailuajan virtaama m ³ /d	Tuleva vesi				
		BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	SS mg/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d
13.1.2011	2738	330	904	740	65	178
7.2.2011	2639	580	1531	1900	210	554
9.3.2011	2512	1300	3266	4900	210	528
19.4.2011	11420	50	571	100	16	183
25.5.2011	3595	360	1294	1600	78	280
29.6.2011	2917	240	700	350	53	155
12.7.2011	2700	880	2376	2700	140	378
16.8.2011	2511	560	1406	660	69	173
20.9.2011	3156	270	852	710	69	218
5.10.2011	3504	130	456	120	46	161
29.11.2011	5052	44	222	50	27	136
20.12.2011	10832	46	498	41	14	148
12.1.2012	5451	69	376	190	26	142
1.3.2012	2925	270	790	820	67	196
14.3.2012	3627	150	544	808	47	170
19.4.2012	9621	55	529	83	20	192
10.5.2012	5626	150	844	251	34	191
14.6.2012	3731	220	821	700	54	201
26.7.2012	2903	1100	3193	2880	110	319
22.8.2012	2519	220	554	292	61	154
1.10.2012	4419	99	437	100	28	124
16.10.2012	4581	170	779	270	37	169
5.12.2012	3636	110	400	310	64	233
19.12.2012	3463	390	1351	1100	85	294
14.1.2013	3375	130	439	210	42	142
7.2.2013	2896	240	695	400	66	191
14.3.2013	3034	280	850	560	67	203
23.4.2013	8294	100	829	220	25	207
23.5.2013	3940	400	1576	910	57	225
12.6.2013	5297	210	1112	370	36	191

LIITE 6/3.

Näytteenotto- päivät	Lähtevä vesi								°C
	pH	Alkaliteetti mmol/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	NO ₃ -N + NO ₂ -N mgN/l	NO ₃ -N kg/d	NH ₄ -N mgN/l	NH ₄ -N kg/d	
15.1.2008	6,9	1,9	23	54	4,2	10	19	45	8
11.2.2008	6,9	1,7	17	74	3,5	15	13	57	7
26.3.2008	7,1	2,8	28	80	4,5	13	24	69	7
16.4.2008	6,9	1,4	17	80	4,0	19	13	61	7
7.5.2008	7,2	3,6	39	101	4,6	12	34	88	10
10.6.2008	7,2	3,3	42	88	6,4	13	32	67	13
15.7.2008	6,2	0,4	24	59	16	40	4,7	12	14
17.8.2008	5,7	0,1	21	48	7,0	16	1,5	3	15
24.9.2008	7,3	2,4	18	34	10	19	2,8	5	15
30.10.2008	6,2	0,2	12	62	8,9	46	3,3	17	12
18.11.2008	6,9	1,7	18	83	6,2	28	11	51	11
10.12.2008	6,6	0,9	15	99	4,5	30	11	73	9
21.1.2009	6,6	1,7	29	89	4,6	14	26	80	8
26.2.2009	7,0	2,0	34	91	5,0	13	33	89	8
12.3.2009	7,1	2,3	38	94	5,4	13	33	82	7
7.4.2009	6,8	1,6	16	101	3,6	23	12	76	6
13.5.2009	7,2	3,2	32	107	4,9	16	28	94	9
24.6.2009	7,0	1,3	35	98	7,2	20	27	76	12
29.7.2009	5,1	0,1	25	77	7,5	23	17	53	-
26.8.2009	4,6	0,1	25	70	25	70	5,4	15	16
8.9.2009	4,9	0,2	17	103	13	79	3,6	22	-
19.10.2009	8,9	8,0	45	199	0,02	0	28	124	11
26.11.2009	7,3	2,8	21	119	3,9	22	17	96	10
2.12.2009	7,1	2,3	22	127	4,3	25	16	92	10
9.12.2009	6,3	0,9	26	126	0,79	4	26	126	9
13.1.2010	7,2	4,1	40	84	0,62	1	42	89	8
3.2.2010	7,3	4,4	44	137	0,28	1	43	134	7
18.3.2010	7,5	6,0	51	152	0,01	0	45	134	7
15.4.2010	6,7	1,1	12	113	2,3	22	8,4	79	5
11.5.2010	6,8	1,2	19	105	1,7	9	15	83	7
23.6.2010	7,4	4,4	43	148	4,3	15	36	124	-
7.7.2010	7,3	3,0	35	106	6,0	18	26	79	-
12.8.2010	4,5	0,1	31	76	16	39	13	32	-
14.9.2010	6,3	0,6	40	89	1,6	4	38	84	16
20.10.2010	6,1	0,3	37	92	20	50	19	47	13
10.11.2010	6,1	0,2	32	84	23	60	7,5	20	-
16.12.2010	6,5	0,7	27	71	16	42	9,1	24	10

LIITE 6/4.

Näytteenotto- päivät	Lähtevä vesi								°C
	pH	Alkaliteetti mmol/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	NO ₃ -N + NO ₂ -N mgN/l	NO ₃ -N kg/d	NH ₄ -N mgN/l	NH ₄ -N kg/d	
13.1.2011	6,8	1,2	26	71	16	44	7,5	21	9
7.2.2011	7,1	1,5	22	58	16	42	3,9	10	9
9.3.2011	6,8	1,5	21	53	15	38	3,5	9	8
19.4.2011	6,8	1,2	10	114	2,6	30	5,2	59	5
25.5.2011	6,8	1,4	35	126	3,5	13	27	97	11
29.6.2011	7,2	2,8	24	70	5,2	15	15	44	-
12.7.2011	7,0	1,3	10	26	7,4	20	0,37	1	16
16.8.2011	4,8	0,0	19	48	18	45	1,1	3	-
20.9.2011	4,9	0,0	14	44	10	32	2,3	7	16
5.10.2011	4,5	0,0	17	60	8,0	28	8,1	28	15
29.11.2011	6,1	0,2	15	76	7,9	40	6,4	32	11
20.12.2011	6,8	1,5	8	88	2,0	22	4,4	48	8
12.1.2012	6,5	1,2	15	79	2,5	14	11	60	9
1.3.2012	7,1	3,4	31	91	4,5	13	24	70	-
14.3.2012	7,1	2,5	28	102	4,1	15	21	76	8
19.4.2012	7,2	2,2	14	135	3,8	37	8	72	6
10.5.2012	7,1	2,7	18	101	3,8	21	12	68	9
14.6.2012	7,0	2,4	29	108	6,1	23	23	86	12
26.7.2012	7,4	4,5	33	96	12	35	21	61	15
22.8.2012	7,3	3,0	39	98	8,6	22	26	65	16
1.10.2012	6,9	1,0	5	24	4,2	19	0,12	1	14
16.10.2012	6,9	1,0	11	50	8,9	41	1,0	5	13
5.12.2012	7,1	2,2	7	26	4,9	18	0,94	3	11
19.12.2012	7,0	1,8	10	35	8,8	30	1,0	3	10
14.1.2013	7,2	2,0	15	51	9,3	31	0,53	2	9
7.2.2013	7,0	5,5	79	229	0,01	0	25	72	8
14.3.2013	7,2	4,9	47	143	5,8	18	36	109	-
23.4.2013	7,2	2,3	14	116	3,6	30	9,3	77	6
23.5.2013	7,0	2,3	25	99	4,4	17	23	91	10
12.6.2013	7,0	2,9	37	196	5,6	30	27	143	13

LIITE 6/5.

Näytteenotto- päivät	Ilmastus 1		Ilmastus 2		Ilmastuksen happipitoisuus, mgO ₂ /l	Ilmastuksen viipymä, h	Metanolin lisäys, g/m ³
	Kiintoaine mg/l	°C	Kiintoaine mg/l	°C			
15.1.2008	3700	8	5600	-	4,4	15	-
11.2.2008	3300	7	5900	7	5,3	8,0	-
26.3.2008	3600	7	5500	-	4,2	12	-
16.4.2008	3200	7	5700	-	5,9	7,5	-
7.5.2008	3900	-	5200	-	2,2	13	-
10.6.2008	4800	12	6300	-	1,9	17	-
15.7.2008	3400	14	5000	14	2,6	14	-
17.8.2008	4200	15	5500	-	3,8	15	-
24.9.2008	4000	14	6400	15	1,1	18	-
30.10.2008	5200	11	6700	-	4,9	6,8	-
18.11.2008	4200	11	15000	-	5,4	7,6	-
10.12.2008	5200	9	8100	-	3,6	5,3	-
21.1.2009	4600	8	8400	-	5,7	11	-
26.2.2009	4400	8	8800	-	4,2	13	-
12.3.2009	5200	7	7200	-	1,3	14	-
7.4.2009	3800	6	6200	-	3,8	5,6	-
13.5.2009	4500	10	6700	-	2,8	10	-
24.6.2009	3500	13	7500	13	4,0	13	-
29.7.2009	5400	15	8900	-	1,7	11	-
26.8.2009	1900	16	3200	-	2,1	13	-
8.9.2009	2100	15	3600	15	4,7	5,8	-
19.10.2009	1300	11	2800	-	5,9	7,9	-
26.11.2009	3100	10	7700	-	2,3	6,2	-
2.12.2009	-	-	-	-	-	6,1	-
9.12.2009	4500	9	8900	-	3,9	7,3	-
13.1.2010	4100	8	7900	8	2,2	17	-
3.2.2010	2900	7	7100	-	3,3	11	-
18.3.2010	8600	7	12000	7	2,3	12	-
15.4.2010	6600	5	11000	-	5,9	3,7	26
11.5.2010	4900	7	10000	-	2,6	6,4	53
23.6.2010	7300	13	11000	-	6,1	10	2,4
7.7.2010	3800	14	8400	-	8,2	12	0,30
12.8.2010	3900	17	6800	-	2,5	14	-
14.9.2010	-	-	-	-	-	16	-
20.10.2010	3500	13	7500	13	2,7	14	-
10.11.2010	5100	11	7400	12	3,0	13	-
16.12.2010	8800	10	12000	10	3,9	13	-

LIITE 6/6.

Näytteenotto- päivät	Ilmastus 1		Ilmastus 2		Ilmastuksen happipitoisuus, mgO ₂ /l	Ilmastuksen viipymä, h	Metanolin lisäys, g/m ³
	Kiintoaine mg/l	°C	Kiintoaine mg/l	°C			
13.1.2011	9200	9	11000	9	3,7	13	-
7.2.2011	9400	9	11000	9	3,5	13	108
9.3.2011	11000	8	12000	8	2,0	14	64
19.4.2011	4800	5	5300	5	8,8	3,1	-
25.5.2011	8900	11	9000	11	2,7	10	-
29.6.2011	8300	14	11000	14	3,3	12	1,9
12.7.2011	6100	16	9500	16	2,0	13	0,33
16.8.2011	6600	16	11000	17	4,7	14	0,32
20.9.2011	8100	16	10000	16	2,0	11	-
5.10.2011	8200	14	11000	14	5,8	10	-
29.11.2011	10000	10	7700	10	8,5	6,9	-
20.12.2011	3800	8	5100	8	10,5	3,2	8,9
12.1.2012	5700	8	7300	9	8,9	6,4	61
1.3.2012	8300	8	9400	8	1,5	12	105
14.3.2012	7990	8	8060	8	6,4	10	101
19.4.2012	3230	6	4720	6	12,4	3,6	-
10.5.2012	5064	9	6000	9	10,2	6,2	59
14.6.2012	8380	12	9810	13	1,1	9,4	86
26.7.2012	8740	15	12700	15	0,70	12	-
22.8.2012	11500	16	5270	16	2,3	14	-
1.10.2012	9500	14	10000	14	8,0	7,9	30
16.10.2012	8400	13	11000	13	2,1	7,6	30
5.12.2012	10000	11	11000	11	2,3	10	35
19.12.2012	14000	10	17000	10	3,2	10	35
14.1.2013	11000	-	12000	-	2,3	10	39
7.2.2013	13000	-	-	-	2,4	12	25
14.3.2013	-	-	10000	-	4,0	12	-
23.4.2013	6100	-	5900	-	2,9	4,2	1,5
23.5.2013	12000	-	12000	-	2,0	8,9	-
12.6.2013	11400	-	12700	-	12,7	6,6	-

LIITE 6/7.

Näytteenotto- päivät	Lietteen otto, kgMLSS/ kgBOD	Lietettä muodostuu, kg/d	Lietteeseen N, kg/d	Lietteeseen N, %	MLVSS, %	Liete määrä , kg	Tilakuormitus, kgBOD/m ³ *d	Lietekuormitus, kgBOD/kgMLSS *d
15.1.2008	0,8	460	15	18	65	6789	0,39	0,08
11.2.2008	0,8	173	5,6	6	65	6716	0,14	0,03
26.3.2008	0,9	425	14	14	65	6643	0,31	0,07
16.4.2008	0,9	488	16	15	65	6497	0,35	0,08
7.5.2008	1,2	902	29	19	65	6643	0,50	0,11
10.6.2008	1,2	1030	33	25	65	8103	0,59	0,11
15.7.2008	0,9	333	11	9	65	6132	0,25	0,06
17.8.2008	1,8	501	16	16	65	7081	0,19	0,04
24.9.2008	0,9	300	10	11	65	7592	0,24	0,05
30.10.2008	1,1	658	21	17	65	8687	0,42	0,07
18.11.2008	1,3	597	19	17	65	14016	0,31	0,03
10.12.2008	0,9	296	10	6	65	9709	0,24	0,04
21.1.2009	1,2	538	17	12	65	9490	0,32	0,05
26.2.2009	1,1	860	28	18	65	9636	0,55	0,08
12.3.2009	2,1	1360	44	26	65	9052	0,44	0,07
7.4.2009	1,0	599	19	13	65	7300	0,43	0,09
13.5.2009	4,1	1517	49	23	65	8176	0,25	0,04
24.6.2009	0,9	670	22	13	65	8030	0,50	0,09
29.7.2009	1,1	1887	61	33	65	10439	1,17	0,16
26.8.2009	1,2	835	27	18	65	3723	0,48	0,19
8.9.2009	0,7	390	13	12	65	4161	0,37	0,13
19.10.2009	1,0	483	16	10	65	2993	0,33	0,16
26.11.2009	1,4	1349	44	21	65	7884	0,66	0,12
2.12.2009	0,8	403	13	8	65	-	0,33	-
9.12.2009	1,0	1979	64	26	65	9782	1,32	0,20
13.1.2010	1,2	1001	33	21	65	8760	0,59	0,10
3.2.2010	1,1	838	27	15	65	7300	0,53	0,11
18.3.2010	0,8	660	21	11	65	15038	0,57	0,06
15.4.2010	0,7	291	9,4	6	65	12848	0,30	0,03
11.5.2010	0,9	623	20	11	65	10877	0,45	0,06
23.6.2010	0,8	1212	39	14	65	13359	1,01	0,11
7.7.2010	2,0	15018	488	60	65	8906	5,20	0,85
12.8.2010	1,7	547	18	12	65	7811	0,22	0,04
14.9.2010	1,1	466	15	12	65	-	0,30	-
20.10.2010	1,0	508	17	12	65	8030	0,34	0,06
10.11.2010	1,1	720	23	15	65	9125	0,47	0,07
16.12.2010	0,9	1011	33	21	65	15184	0,7	0,1
13.1.2011	1,5	1374	45	25	65	14746	0,62	0,06
7.2.2011	2,0	3119	101	18	65	14892	1,05	0,10
9.3.2011	2,3	7461	242	46	65	16790	2,24	0,19
19.4.2011	1,4	799	26	14	65	7373	0,39	0,08
25.5.2011	2,6	3394	110	39	65	13067	0,89	0,10
29.6.2011	1,1	791	26	17	65	14089	0,48	0,05
12.7.2011	1,9	4595	149	40	65	11388	1,63	0,21
16.8.2011	1,0	1391	45	26	65	12848	0,96	0,11
20.9.2011	1,7	1461	47	22	65	13213	0,58	0,06
5.10.2011	0,9	392	13	8	65	14016	0,31	0,03
29.11.2011	1,0	215	7,0	5	65	12921	0,15	0,02
20.12.2011	0,8	421	14	9	65	6497	0,34	0,08
12.1.2012	1,8	668	22	15	65	9490	0,26	0,04
1.3.2012	1,9	1515	49	25	65	12921	0,54	0,06
14.3.2012	3,1	1683	55	32	65	11717	0,37	0,05
19.4.2012	1,2	611	20	10	65	5804	0,36	0,09
10.5.2012	1,2	1044	34	18	65	8077	0,58	0,10
14.6.2012	2,0	1634	53	26	65	13279	0,56	0,06
26.7.2012	1,7	5458	177	56	65	15651	2,19	0,20
22.8.2012	1,1	589	19	12	65	12242	0,38	0,05
1.10.2012	0,9	396	13	10	65	14235	0,30	0,03
16.10.2012	1,2	930	30	18	65	14162	0,53	0,05
5.12.2012	1,8	724	24	10	65	15330	0,27	0,03
19.12.2012	1,8	2445	79	27	65	22630	0,93	0,06
14.1.2013	1,2	530	17	12	65	16790	0,30	0,03
7.2.2013	1,2	857	28	15	65	18980	0,48	0,04
14.3.2013	1,4	1189	39	19	65	14600	0,58	0,06
23.4.2013	1,5	1244	40	20	65	8760	0,57	0,09
23.5.2013	1,5	2423	79	35	65	17520	1,08	0,09
12.6.2013	1,3	1425	46	24	65	17593	0,76	0,06

LIITE 6/8.

Näytteenotto- päivät	Nitrifikaationopeus	Denitrifikaationopeus	Kokonaistypen poistoaste, %
	gNH ₄ -N/kgMLVSS*h	gNO ₃ -N/kgMLVSS*h	
15.1.2008	0,2	-	36
11.2.2008	0,3	-	19
26.3.2008	0,1	-	18
16.4.2008	0,3	-	26
7.5.2008	0,3	-	33
10.6.2008	0,3	1,0	34
15.7.2008	1,2	3,9	50
17.8.2008	0,8	3,8	51
24.9.2008	0,6	-	63
30.10.2008	0,7	-	52
18.11.2008	0,2	-	28
10.12.2008	0,5	-	35
21.1.2009	0,3	-	40
26.2.2009	0,3	-	41
12.3.2009	0,3	-	44
7.4.2009	0,5	-	33
13.5.2009	0,6	-	50
24.6.2009	0,7	3,0	44
29.7.2009	0,5	2,1	59
26.8.2009	2,1	4,1	53
8.9.2009	1,1	-	0,0
19.10.2009	0,5	-	-22
26.11.2009	0,6	-	43
2.12.2009	-	-	21
9.12.2009	0,4	-	50
13.1.2010	0,2	-	45
3.2.2010	0,1	-	23
18.3.2010	0,1	-	20
15.4.2010	0,3	-	25
11.5.2010	0,4	-	41
23.6.2010	0,7	3,4	48
7.7.2010	2,1	11,2	87
12.8.2010	1,0	3,5	50
14.9.2010	-	-	27
20.10.2010	0,6	-	34
10.11.2010	0,8	-	45
16.12.2010	0,4	-	55

LIITE 6/9.

Näytteenotto- päivät	Nitrifikaationopeus	Denitrifikaationopeus	Kokonaistypen poistoaste, %
	gNH ₄ -N/kgMLVSS*h	gNO ₃ -N/kgMLVSS*h	
13.1.2011	0,5	-	60
7.2.2011	1,9	-	90
9.3.2011	1,1	-	90
19.4.2011	0,8	-	38
25.5.2011	0,4	-	55
29.6.2011	0,5	2,1	55
12.7.2011	1,5	7,8	93
16.8.2011	0,7	2,7	72
20.9.2011	0,8	-	80
5.10.2011	0,5	-	63
29.11.2011	0,5	-	44
20.12.2011	0,9	-	41
12.1.2012	0,4	-	44
1.3.2012	0,4	-	54
14.3.2012	0,2	-	40
19.4.2012	1,1	-	30
10.5.2012	0,7	-	47
14.6.2012	0,4	1,3	46
26.7.2012	0,4	1,3	70
22.8.2012	0,4	1,7	36
1.10.2012	0,5	-	81
16.10.2012	0,6	-	70
5.12.2012	0,9	-	89
19.12.2012	0,6	-	88
14.1.2013	0,5	-	64
7.2.2013	0,3	-	-20
14.3.2013	0,2	-	30
23.4.2013	0,7	-	44
23.5.2013	0,2	-	56
12.6.2013	0,0	-0,7	-2,8

LIITE 7/1. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon

velvoitetarkkailutulokset ja toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet

Näytteenotto- päivät	Tarkkailuajan virtaama m ³ /d	Tuleva vesi				
		BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	SS mg/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d
30.1.2008	3465	170	589	250	41	142
12.2.2008	4774	160	764	200	24	115
13.3.2008	4045	120	485	170	30	121
23.4.2008	3165	180	570	200	44	139
15.5.2008	2413	270	652	320	61	147
12.6.2008	2731	260	710	370	62	169
31.7.2008	2277	260	592	300	57	130
14.8.2008	2740	270	740	260	54	148
25.9.2008	2308	280	646	300	62	143
31.10.2008	4773	130	620	150	28	134
27.11.2008	2608	230	600	260	51	133
19.12.2008	3004	110	330	180	42	126
30.1.2009	2149	220	473	270	53	114
26.2.2009	1959	300	588	420	70	137
24.3.2009	1993	310	618	400	70	140
16.4.2009	3157	170	537	170	35	110
14.5.2009	2397	480	1151	770	73	175
15.6.2009	2300	570	1311	1300	84	193
6.7.2009	1774	150	266	150	68	121
19.8.2009	2293	310	711	430	77	177
9.9.2009	2577	410	1057	840	78	201
8.10.2009	3598	160	576	210	30	108
24.11.2009	3823	210	803	230	49	187
17.12.2009	2105	390	821	350	66	139
19.1.2010	1930	310	598	320	76	147
24.2.2010	1692	390	660	360	85	144
17.3.2010	1870	530	991	550	83	155
14.4.2010	5295	94	498	90	19	101
18.5.2010	3068	230	706	400	54	166
16.6.2010	2480	280	694	480	62	154
8.7.2010	2147	250	537	360	63	135
18.8.2010	2296	300	689	300	72	165
29.9.2010	1949	300	585	270	76	148
14.10.2010	2038	270	550	250	69	141
10.11.2010	2335	474	1107	600	84	196
15.12.2010	1929	390	752	1300	79	152

LIITE 7/2.

Näytteenotto- päivät	Tarkkailuajan virtaama m ³ /d	Tuleva vesi				
		BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	SS mg/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d
12.1.2011	1851	270	500	310	76	141
2.2.2011	1927	700	1349	1200	100	193
2.3.2011	1660	330	548	360	110	183
13.4.2011	5814	200	1163	480	23	134
4.5.2011	2570	260	668	320	51	131
8.6.2011	2320	170	394	97	49	114
6.7.2011	1947	340	662	400	75	146
3.8.2011	1953	980	1914	580	74	145
7.9.2011	2173	580	1260	1100	100	217
5.10.2011	2488	270	672	290	60	149
2.11.2011	2421	310	751	390	65	157
8.12.2011	2782	250	696	330	65	181
16.1.2012	2549	250	637	270	62	158
14.2.2012	2032	270	549	250	70	142
12.3.2012	2608	270	704	280	54	141
16.4.2012	4700	120	564	170	24	113
14.5.2012	2995	150	449	120	46	138
12.6.2012	2549	490	1249	900	77	196
10.7.2012	2217	200	443	140	61	135
13.8.2012	2529	300	759	320	66	167
11.9.2012	2503	250	626	210	56	140
8.10.2012	3821	120	459	130	35	134
12.11.2012	4302	170	731	210	36	155
12.12.2012	2712	230	624	220	67	182
15.1.2013	2629	270	710	540	64	168
12.2.2013	2215	260	576	260	70	155
12.3.2013	2038	280	571	320	71	145
8.4.2013	2924	170	497	200	49	143
14.5.2013	3124	260	812	300	59	184
10.6.2013	2626	240	630	240	62	163
8.7.2013	2450	210	515	250	58	142
13.8.2013	2563	150	384	85	57	146
10.9.2013	3405	190	647	310	51	174

LIITE 7/3.

Näytteenotto- päivät	Lähtevä vesi									°C
	pH	Alkaliteetti mmol/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	NO3-N + NO2-N mgN/l	NO3-N mgN/l	NO3-N kg/d	NH4-N mgN/l	NH4-N kg/d	
30.1.2008	6,0	0,3	18	62	-	17	59	0,54	2	8
12.2.2008	6,5	0,6	16	76	-	13	62	2,4	11	7
13.3.2008	5,9	0,2	20	81	-	15	61	4,3	17	7
23.4.2008	6,3	0,6	22	70	-	22	70	0,36	1	9
15.5.2008	6,6	0,8	22	53	-	20	48	0,07	0,2	12
12.6.2008	6,8	0,8	18	49	-	11	30	0,62	2	14
31.7.2008	6,4	0,3	24	55	-	22	50	0,73	2	16
14.8.2008	6,0	0,2	24	66	-	23	63	0,36	1	17
25.9.2008	6,5	0,4	22	51	-	21	48	0,10	0,2	15
31.10.2008	6,7	0,9	10	48	-	7,7	37	0,84	4	12
27.11.2008	6,7	0,9	11	29	-	9,0	23	0,25	1	10
19.12.2008	6,7	1,1	8,1	24	-	5,5	17	1,3	4	9
30.1.2009	6,5	0,4	12	26	-	10	21	0,40	1	8
26.2.2009	5,2	0,2	19	37	-	7,8	15	10,0	20	8
24.3.2009	7,0	1,8	19	38	13	-	26	3,9	8	8
16.4.2009	7,0	2,1	15	47	4,8	-	15	8,7	27	8
14.5.2009	6,3	1,0	29	70	4,5	-	11	24,0	58	11
15.6.2009	7,6	3,2	13	30	8,8	-	20	5,7	13	14
6.7.2009	7,0	1,4	14	25	10	-	17	0,30	1	15
19.8.2009	6,7	0,8	14	32	12	-	28	0,06	0	16
9.9.2009	4,4	0,1	44	113	0,09	-	0,23	37,0	95	16
8.10.2009	6,8	1,0	25	90	21	-	76	4,0	14	13
24.11.2009	6,7	3,9	12	46	7,3	-	28	2,8	11	11
17.12.2009	7,1	1,5	18	38	16	-	34	0,51	1	9
19.1.2010	6,9	2,0	23	44	21	-	41	0,33	1	8
24.2.2010	6,7	2,0	34	58	31	-	52	0,31	1	6
17.3.2010	6,9	1,7	26	49	25	-	47	0,16	0,3	8
14.4.2010	7,4	2,5	12	64	3,2	-	17	6,6	35	6
18.5.2010	6,9	1,2	23	71	22	-	67	0,08	0,3	10
16.6.2010	6,8	1,0	28	69	26	-	64	0,20	0,5	14
8.7.2010	6,9	0,8	11	24	10	-	21	0,06	0,1	16
18.8.2010	7,0	1,4	21	48	19	-	44	0,09	0,2	18
29.9.2010	6,7	0,5	27	53	27	-	53	0,07	0,1	14
14.10.2010	6,7	0,7	26	53	25	-	51	0,07	0,1	14
10.11.2010	6,4	0,8	20	47	19	-	44	0,42	1	12
15.12.2010	6,8	1,2	25	48	24	-	46	0,37	1	8

LIITE 7/4.

Näytteenotto- päivät	Lähtevä vesi									
	pH	Alkaliteetti mmol/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	NO3-N + NO2-N mgN/l	NO3-N mgN/l	NO3-N kg/d	NH4-N mgN/l	NH4-N kg/d	°C
12.1.2011	6,7	0,8	34	63	33	-	61	0,52	1	8
2.2.2011	6,8	0,8	30	58	27	-	52	0,78	2	8
2.3.2011	6,4	0,7	40	66	34	-	56	2,0	3	11
13.4.2011	6,9	1,9	13	76	4,0	-	23	7,3	42	5
4.5.2011	7,1	2,9	23	59	7,0	-	18	14,0	36	8
8.6.2011	7,1	2,6	13	30	9,4	-	22	0,35	1	14
6.7.2011	7,2	2,4	14	27	13	-	25	0,33	1	15
3.8.2011	7,2	2,2	21	41	20	-	39	0,12	0,2	17
7.9.2011	7,0	1,4	25	54	24	-	52	0,06	0,1	17
5.10.2011	7,2	2,4	14	35	5,2	-	13	7,8	19	15
2.11.2011	7,2	1,8	22	53	19	-	46	0,20	0,5	12
8.12.2011	6,7	1,1	22	61	20	-	56	0,20	1	10
16.1.2012	6,6	1,0	28	71	24	-	61	1,0	3	8
14.2.2012	6,9	1,4	39	79	32	-	65	0,70	1	8
12.3.2012	6,7	1,0	31	81	30	-	78	1,1	3	8
16.4.2012	6,8	1,6	12	56	5,9	-	28	6,3	30	7
14.5.2012	7,2	2,5	17	51	12	-	36	0,50	1	10
12.6.2012	7,0	2,1	16	41	12	-	31	0,57	1	12
10.7.2012	6,5	0,7	20	44	19	-	42	0,26	1	13
13.8.2012	6,9	1,5	31	78	26	-	66	0,10	0,3	13
11.9.2012	7,0	1,6	26	65	24	-	60	0,27	1	13
8.10.2012	6,8	1,2	17	65	16	-	61	0,06	0,2	12
12.11.2012	6,5	0,7	20	86	19	-	82	0,03	0,1	10
12.12.2012	6,8	1,1	34	92	31	-	84	0,12	0,3	10
15.1.2013	6,8	1,3	28	74	24	-	63	1,4	4	8
12.2.2013	6,7	1,0	36	80	32	-	71	0,11	0,2	9
12.3.2013	6,9	1,3	43	88	36	-	73	6,3	13	7
8.4.2013	6,3	0,4	29	85	27	-	79	0,23	1	8
14.5.2013	7,2	3,0	20	62	18	-	56	0,10	0,3	9
10.6.2013	7,2	2,2	11	29	8,7	-	23	0,16	0,4	12
8.7.2013	7,1	1,0	10	25	8,8	-	22	0,25	1	13
13.8.2013	7,0	1,4	14	36	13	-	33	0,46	1	14
10.9.2013	6,6	0,7	21	72	17	-	58	2,3	8	14

LIITE 7/5.

Näytteenotto- päivät	Ilmastus 1		Ilmastus 2		Ilmastuksen happipitoisuus mgO ₂ /l	Ilmastuksen viipymä, h
	SS mg/l	°C	SS mg/l	°C		
30.1.2008	5100	-	5600	-	2,9	13
12.2.2008	4800	-	5600	-	2,1	10
13.3.2008	5100	-	6400	-	5,4	11
23.4.2008	4200	-	5200	-	3,2	14
15.5.2008	5200	-	6700	-	3,2	19
12.6.2008	3700	-	4600	-	2,1	17
31.7.2008	4000	-	5200	-	2,2	20
14.8.2008	3200	-	4500	-	1,9	17
25.9.2008	5300	-	6300	-	2,7	20
31.10.2008	6000	-	6700	-	3,3	10
27.11.2008	7800	-	8200	-	3,3	17
19.12.2008	7800	-	8200	-	4,9	15
30.1.2009	7900	-	8300	-	-	21
26.2.2009	7800	-	8800	-	-	23
24.3.2009	3600	-	8600	-	3,4	23
16.4.2009	7300	-	7800	-	3,3	14
14.5.2009	-	-	10000	-	3,0	19
15.6.2009	5400	-	6300	-	3,2	20
6.7.2009	7600	-	7500	-	1,9	26
19.8.2009	4300	-	4900	-	3,4	20
9.9.2009	4400	-	-	-	6,3	18
8.10.2009	5700	-	5100	-	2,7	13
24.11.2009	5900	-	6000	-	2,4	12
17.12.2009	6700	-	6200	-	2,3	22
19.1.2010	6200	-	7300	-	3,2	24
24.2.2010	5700	-	6000	-	3,3	27
17.3.2010	5200	-	5200	-	3,2	24
14.4.2010	4500	-	4000	-	3,7	8,6
18.5.2010	4900	-	5800	-	3,5	15
16.6.2010	3600	-	4000	-	3,4	18
8.7.2010	5200	-	4600	-	2,6	21
18.8.2010	4600	-	4300	-	3,6	20
29.9.2010	4800	-	3600	-	2,8	23
14.10.2010	5400	-	3800	-	2,2	22
10.11.2010	5300	-	4700	-	2,4	20
15.12.2010	5200	-	5500	-	2,0	24

LIITE 7/6.

Näytteenotto- päivät	Ilmastus 1		Ilmastus 2		Ilmastuksen happipitoisuus mgO ₂ /l	Ilmastuksen viipymä, h
	SS mg/l	°C	SS mg/l	°C		
12.1.2011	7100	-	6500	-	2,9	25
2.2.2011	6000	-	5100	-	2,7	24
2.3.2011	6700	-	6100	-	3,2	27
13.4.2011	37000	-	5300	-	2,4	7,8
4.5.2011	7600	-	5000	-	3,4	18
8.6.2011	9300	-	7100	-	3,4	20
6.7.2011	8500	-	7600	-	3,8	23
3.8.2011	7000	-	6000	-	3,3	23
7.9.2011	5200	-	5600	-	3,8	21
5.10.2011	7500	-	3000	-	3,1	18
2.11.2011	6300	-	8200	-	3,6	19
8.12.2011	6800	-	7100	-	3,9	16
16.1.2012	6000	-	6800	-	3,6	18
14.2.2012	3600	-	5200	-	3,9	22
12.3.2012	3300	-	3600	-	3,1	17
16.4.2012	4100	-	4400	-	3,5	10
14.5.2012	5700	-	5500	-	3,4	15
12.6.2012	6800	-	7100	-	2,6	18
10.7.2012	5900	-	6900	-	2,5	21
13.8.2012	4000	-	3900	-	2,5	18
11.9.2012	3500	-	3400	-	2,9	18
8.10.2012	5600	-	4300	-	2,9	12
12.11.2012	6000	-	5100	-	2,4	11
12.12.2012	5800	-	4400	-	3,0	17
15.1.2013	3800	-	5600	-	2,3	17
12.2.2013	6100	-	10000	-	2,7	21
12.3.2013	2600	-	5400	-	2,5	22
8.4.2013	3500	-	4700	-	2,6	16
14.5.2013	5600	-	5400	-	2,5	15
10.6.2013	6800	-	7200	-	2,6	17
8.7.2013	7700	-	7900	-	2,5	19
13.8.2013	5200	-	5200	-	2,8	18
10.9.2013	4900	-	5100	-	2,4	13

LIITE 7/7.

Näytteenotto- päivät	Esiselkeytyt				
	BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	SS mg/l
30.1.2008	130	450	37	128	175
12.2.2008	76	363	22	105	140
13.3.2008	110	445	32	129	119
23.4.2008	130	411	46	146	140
15.5.2008	240	579	58	140	224
12.6.2008	220	601	72	197	259
31.7.2008	220	501	56	128	210
14.8.2008	190	521	54	148	182
25.9.2008	220	508	62	143	210
31.10.2008	98	465	27	127	105
27.11.2008	173	450	48	126	182
19.12.2008	83	248	40	120	126
30.1.2009	165	355	50	108	189
26.2.2009	225	441	67	130	294
24.3.2009	233	463	67	133	280
16.4.2009	128	403	33	105	119
14.5.2009	360	863	69	166	539
15.6.2009	428	983	80	184	910
6.7.2009	113	200	65	115	105
19.8.2009	233	533	73	168	301
9.9.2009	308	792	74	191	588
8.10.2009	120	432	29	103	147
24.11.2009	158	602	47	178	161
17.12.2009	293	616	63	132	245
19.1.2010	233	449	72	139	224
24.2.2010	293	495	81	137	252
17.3.2010	398	743	79	147	385
14.4.2010	71	373	18	96	63
18.5.2010	173	529	51	157	280
16.6.2010	210	521	59	146	336
8.7.2010	188	403	60	128	252
18.8.2010	225	517	68	157	210
29.9.2010	225	439	72	141	189
14.10.2010	203	413	66	134	175
10.11.2010	356	830	80	186	420
15.12.2010	293	564	75	145	910

LIITE 7/8.

Näytteenotto- päivät	Esiselkeytyt				
	BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	SS mg/l
12.1.2011	203	375	72	134	217
2.2.2011	525	1012	95	183	840
2.3.2011	248	411	105	173	252
13.4.2011	150	872	22	127	336
4.5.2011	195	501	48	125	224
8.6.2011	128	296	47	108	68
6.7.2011	255	496	71	139	280
3.8.2011	735	1435	70	137	406
7.9.2011	435	945	95	206	770
5.10.2011	203	504	57	142	203
2.11.2011	233	563	62	149	273
8.12.2011	188	522	62	172	231
16.1.2012	188	478	59	150	189
14.2.2012	203	411	67	135	175
12.3.2012	203	528	51	134	196
16.4.2012	90	423	23	107	119
14.5.2012	113	337	44	131	84
12.6.2012	368	937	73	186	630
10.7.2012	150	333	58	128	98
13.8.2012	225	569	63	159	224
11.9.2012	188	469	53	133	147
8.10.2012	90	344	33	127	91
12.11.2012	128	549	34	147	147
12.12.2012	173	468	64	173	154
15.1.2013	203	532	61	160	378
12.2.2013	195	432	67	147	182
12.3.2013	210	428	67	137	224
8.4.2013	128	373	47	136	140
14.5.2013	195	609	56	175	210
10.6.2013	180	473	59	155	168
8.7.2013	158	386	55	135	175
13.8.2013	113	288	54	139	60
10.9.2013	143	485	48	165	217

LIITE 7/9.

Näytteenotto- päivät	Lietteen tuotto, kgMLSS /kgBOD	Lietettä muodostuu, kg/d	Lietteeseen N, kg/d	Lietteeseen N, %	MLVSS, %	Liete määrä kg	Tilakuormitus, kgBOD/m ³ *d	Lietekuormitus, kgBOD/kgMLSS*d
30.1.2008	1,1	483	16	11	65	10165	0,24	0,04
12.2.2008	1,3	479	16	14	65	9880	0,19	0,04
13.3.2008	0,9	419	14	11	65	10925	0,23	0,04
23.4.2008	0,9	386	13	9	65	8930	0,22	0,05
15.5.2008	0,9	502	16	11	65	11305	0,30	0,05
12.6.2008	1,0	594	19	11	65	7885	0,32	0,08
31.7.2008	0,9	439	14	11	65	8740	0,26	0,06
14.8.2008	0,9	458	15	10	65	7315	0,27	0,07
25.9.2008	0,9	445	14	10	65	11020	0,27	0,05
31.10.2008	0,9	437	14	11	65	12065	0,24	0,04
27.11.2008	0,9	417	14	10	65	15200	0,24	0,03
19.12.2008	1,2	288	9,4	7,4	65	15200	0,13	0,02
30.1.2009	1,0	345	11	10	65	15390	0,19	0,02
26.2.2009	1,1	464	15	11	65	15770	0,23	0,03
24.3.2009	1,0	464	15	11	65	11590	0,24	0,04
16.4.2009	0,9	349	11	10	65	14345	0,21	0,03
14.5.2009	1,1	991	32	18	65	19000	0,45	0,05
15.6.2009	1,5	1440	47	24	65	11115	0,52	0,09
6.7.2009	0,9	173	5,6	4,7	65	14345	0,11	0,01
19.8.2009	1,0	558	18	10	65	8740	0,28	0,06
9.9.2009	1,4	1075	35	17	65	8360	0,42	0,09
8.10.2009	1,0	437	14	13	65	10260	0,23	0,04
24.11.2009	0,9	549	18	10	65	11305	0,32	0,05
17.12.2009	0,8	504	16	12	65	12255	0,32	0,05
19.1.2010	0,9	396	13	8,8	65	12825	0,24	0,03
24.2.2010	0,8	411	13	9,3	65	11115	0,26	0,04
17.3.2010	0,9	657	21	14	65	9880	0,39	0,08
14.4.2010	0,8	316	10	10	65	8075	0,20	0,05
18.5.2010	1,2	641	21	13	65	10165	0,28	0,05
16.6.2010	1,2	625	20	13	65	7220	0,27	0,07
8.7.2010	1,1	432	14	10	65	9310	0,21	0,04
18.8.2010	0,9	448	15	8,8	65	8455	0,27	0,06
29.9.2010	0,8	360	12	7,9	65	7980	0,23	0,05
14.10.2010	0,8	343	11	7,9	65	8740	0,22	0,05
10.11.2010	1,0	822	27	14	65	9500	0,44	0,09
15.12.2010	2,0	1103	36	24	65	10165	0,30	0,06
12.1.2011	0,9	351	11	8,1	65	12920	0,20	0,03
2.2.2011	1,2	1214	39	20	65	10545	0,53	0,10
2.3.2011	0,9	374	12	6,6	65	12160	0,22	0,03
13.4.2011	1,5	1326	43	32	65	40185	0,46	0,02
4.5.2011	1,0	488	16	12	65	11970	0,26	0,04
8.6.2011	0,7	197	6,4	5,6	65	15580	0,16	0,02
6.7.2011	0,9	471	15	10	65	15295	0,26	0,03
3.8.2011	0,7	971	32	22	65	12350	0,76	0,12
7.9.2011	1,3	1215	39	18	65	10260	0,50	0,09
5.10.2011	0,9	454	15	10	65	9975	0,27	0,05
2.11.2011	1,0	556	18	11	65	13775	0,30	0,04
8.12.2011	1,0	530	17	10	65	13205	0,27	0,04
16.1.2012	0,9	432	14	9	65	12160	0,25	0,04
14.2.2012	0,8	342	11	8	65	8360	0,22	0,05
12.3.2012	0,9	467	15	11	65	6555	0,28	0,08
16.4.2012	1,1	449	15	13	65	8075	0,22	0,05
14.5.2012	0,8	261	8,5	6,1	65	10640	0,18	0,03
12.6.2012	1,3	1178	38	20	65	13205	0,49	0,07
10.7.2012	0,7	242	7,9	5,8	65	12160	0,18	0,03
13.8.2012	0,9	511	17	10	65	7505	0,30	0,08
11.9.2012	0,8	372	12	8,6	65	6555	0,25	0,07
8.10.2012	0,9	311	10	7,6	65	9405	0,18	0,04
12.11.2012	1,0	536	17	11	65	10545	0,29	0,05
12.12.2012	0,8	396	13	7	65	9690	0,25	0,05
15.1.2013	1,3	710	23	14	65	8930	0,28	0,06
12.2.2013	0,9	374	12	7,8	65	15295	0,23	0,03
12.3.2013	0,9	399	13	9,0	65	7600	0,23	0,06
8.4.2013	0,9	354	11	8,0	65	7790	0,20	0,05
14.5.2013	0,9	572	19	10	65	10450	0,32	0,06
10.6.2013	0,9	410	13	8,2	65	13300	0,25	0,04
8.7.2013	1,0	369	12	8,4	65	14820	0,20	0,03
13.8.2013	0,7	192	6,2	4,3	65	9880	0,15	0,03
10.9.2013	1,2	564	18	11	65	9500	0,26	0,05

LIITE 7/10.

Näytteenotto- päivät	Nitrifikaationopeus		Denitrifikaationopeus	Kokonaistypen poistoaste, %
	gNH ₄ -N/kgMLVSS, h	gNO ₃ -N/kgMLVSS, h		
30.1.2008	0,9	1,3		56
12.2.2008	0,7	0,4		33
13.3.2008	0,8	0,9		33
23.4.2008	1,3	1,8		50
15.5.2008	1,1	1,2		64
12.6.2008	2,2	3,4		71
31.7.2008	1,3	1,3		58
14.8.2008	1,8	1,7		56
25.9.2008	1,1	1,3		65
31.10.2008	0,9	1,1		64
27.11.2008	0,7	1,1		78
19.12.2008	0,7	1,1		81
30.1.2009	0,5	1,2		77
26.2.2009	0,5	1,3		73
24.3.2009	0,8	1,9		73
16.4.2009	0,4	0,9		57
14.5.2009	0,4	0,6		60
15.6.2009	1,1	1,7		85
6.7.2009	0,7	1,2		79
19.8.2009	1,7	2,6		82
9.9.2009	0,7	1,3		44
8.10.2009	0,7	-		17
24.11.2009	1,3	2,0		76
17.12.2009	0,9	1,2		73
19.1.2010	0,8	1,7		70
24.2.2010	0,9	1,6		60
17.3.2010	1,1	2,1		69
14.4.2010	0,5	1,1		37
18.5.2010	1,3	1,2		57
16.6.2010	1,7	1,5		55
8.7.2010	1,2	1,8		83
18.8.2010	1,7	2,1		71
29.9.2010	1,6	1,8		64
14.10.2010	1,4	1,5		62
10.11.2010	1,6	2,2		76
15.12.2010	1,0	1,1		68

LIITE 7/11.

Näytteenotto- päivät	Nitrifikaationopeus gNH ₄ -N/kgMLVSS, h	Denitrifikaationopeus gNO ₃ -N/kgMLVSS, h	Kokonaistypen poistoaste, %
12.1.2011	0,8	1,2	55
2.2.2011	1,2	2,2	70
2.3.2011	1,1	2,1	64
13.4.2011	0,1	0,1	43
4.5.2011	0,6	0,8	55
8.6.2011	0,6	0,9	73
6.7.2011	0,8	1,2	81
3.8.2011	0,8	1,0	72
7.9.2011	1,6	2,0	75
5.10.2011	1,1	1,7	77
2.11.2011	0,9	1,1	66
8.12.2011	1,2	1,4	66
16.1.2012	0,9	1,5	55
14.2.2012	1,3	1,8	44
12.3.2012	1,5	1,5	43
16.4.2012	0,7	1,1	50
14.5.2012	1,1	1,5	63
12.6.2012	1,1	1,6	79
10.7.2012	1,0	1,2	67
13.8.2012	1,9	1,9	53
11.9.2012	1,8	1,7	54
8.10.2012	1,2	1,1	51
12.11.2012	1,2	0,8	44
12.12.2012	1,6	1,4	49
15.1.2013	1,3	2,0	56
12.2.2013	0,8	1,1	49
12.3.2013	1,3	1,3	39
8.4.2013	1,4	1,5	41
14.5.2013	1,5	1,8	66
10.6.2013	1,0	1,6	82
8.7.2013	0,8	1,2	83
13.8.2013	1,3	1,8	75
10.9.2013	1,4	1,6	59

LIITE 8/1. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon

velvoitetarkkailutulokset ja toteutuneet typenpoiston reaktionopeudet

Näytteenotto- päivät	Tarkkailuajan virtaama m ³ /d	Tuleva vesi				
		BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	SS mg/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d
15.1.2008	2920	140	409	190	42	123
19.2.2008	2520	340	857	450	55	139
10.3.2008	5840	290	1694	670	36	210
14.4.2008	6360	140	890	220	30	191
20.5.2008	1960	280	549	340	73	143
19.6.2008	2770	320	886	490	60	166
23.7.2008	1610	280	451	510	54	87
26.8.2008	2000	530	1060	1600	92	184
23.9.2008	2070	220	455	310	67	139
22.10.2008	2530	220	557	270	51	129
18.11.2008	3550	120	426	190	41	146
9.12.2008	3650	190	694	340	36	131
13.1.2009	4000	260	1040	450	33	132
17.2.2009	1900	690	1311	960	84	160
10.3.2009	1840	350	644	530	68	125
21.4.2009	3050	270	824	510	49	149
19.5.2009	2250	370	833	550	66	149
16.6.2009	2180	300	654	440	60	131
21.7.2009	2250	550	1238	780	65	146
25.8.2009	1960	320	627	440	67	131
22.9.2009	2180	390	850	530	64	140
28.10.2009	3310	190	629	420	43	142
17.11.2009	2620	280	734	440	60	157
8.12.2009	2670	220	587	280	49	131
26.1.2010	2210	430	950	480	74	164
16.2.2010	2270	410	931	500	77	175
16.3.2010	2285	220	503	200	55	126
27.4.2010	4220	110	464	140	31	131
25.5.2010	3820	150	573	270	37	141
22.6.2010	2620	300	786	250	61	160
28.7.2010	1745	270	471	280	57	99
31.8.2010	2060	260	536	320	66	136
29.9.2010	2485	490	1218	960	77	191
27.10.2010	2710	580	1572	320	63	171
25.11.2010	2735	210	574	230	56	153
15.12.2010	2530	240	607	370	69	175

LIITE 8/2.

Näytteenotto- päivät	Tarkkailuajan virtaama m ³ /d	Tuleva vesi				
		BOD _{7ATU} mg/l	BOD _{7ATU} kg/d	SS mg/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d
18.1.2011	2110	190	401	180	65	137
15.2.2011	2130	200	426	190	70	149
15.3.2011	2270	320	726	400	92	209
27.4.2011	3840	140	538	150	45	173
25.5.2011	2930	220	645	300	61	179
21.6.2011	2970	440	1307	800	67	199
26.7.2011	2180	610	1330	760	110	240
30.8.2011	2510	300	753	510	68	171
28.9.2011	2910	300	873	410	60	175
26.10.2011	2635	230	606	200	52	137
23.11.2011	2096	320	671	370	80	168
21.12.2011	6817	110	750	180	26	177
25.1.2012	2112	420	887	500	88	186
15.2.2012	1833	230	422	270	85	156
13.3.2012	1964	280	550	280	79	155
24.4.2012	7845	43	337	110	27	212
22.5.2012	2617	100	262	210	59	154
19.6.2012	2573	110	283	250	61	157
30.7.2012	2458	110	270	450	77	189
29.8.2012	3055	140	428	210	44	134
27.9.2012	7148	110	786	170	31	222
24.10.2012	3891	180	700	270	40	156
21.11.2012	3015	210	633	300	48	145
12.12.2012	2069	190	393	340	79	163
23.1.2013	1888	380	717	540	84	159
20.2.2013	1868	470	878	580	100	187
25.3.2013	1839	410	754	580	100	184
25.4.2013	10820	49	530	130	15	162
28.5.2013	2141	260	557	380	68	146
25.6.2013	1929	420	810	610	86	166
23.7.2013	1734	390	676	680	90	156
28.8.2013	1864	490	913	720	240	447

LIITE 8/3.

Näytteenotto- päivät	Lähtevä vesi								
	pH	Alkaliteetti mmol/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	NO ₃ -N + NO ₂ -N mgN/l	NO ₃ -N kg/d	NH ₄ -N mgN/l	NH ₄ - N kg/d	°C
15.1.2008	6,7	0,6	13	38	4,6	13	8,3	24	9
19.2.2008	7,2	1,3	21	53	2,1	5	19	48	12
10.3.2008	7,1	1,9	22	128	1,6	9	20	117	7
14.4.2008	6,6	0,7	14	89	1,5	10	12	76	6
20.5.2008	6,9	1,5	26	51	3,3	6	23	45	12
19.6.2008	5,7	0,1	17	47	17	47	0,46	1,3	14
23.7.2008	5,5	0,1	7,8	13	5,2	8	1,4	2,3	15
26.8.2008	6,4	0,2	5,7	11	4,9	10	0,30	0,6	16
23.9.2008	6,6	1,0	6,3	13	1,2	2	4,5	9,3	15
22.10.2008	7,1	1,2	10	25	2,9	7	7,0	18	14
18.11.2008	7,2	2,5	20	71	0,49	2	20	71	10
9.12.2008	7,1	1,8	17	62	1,2	4	16	58	10
13.1.2009	7,2	1,9	18	72	1,5	6	17	68	9
17.2.2009	7,1	2,0	29	55	4,8	9	22	42	9
10.3.2009	7,2	3,7	32	59	3,3	6	27	50	10
21.4.2009	6,9	1,8	22	67	1,9	6	18	55	7
19.5.2009	7,1	2,1	25	56	3,7	8	19	43	10
16.6.2009	6,9	0,5	19	41	18	39	1,7	3,7	12
21.7.2009	7,0	0,5	14	32	14	32	0,48	1,1	14
25.8.2009	7,1	1,0	8,0	16	5,4	11	1,5	2,9	15
22.9.2009	7,2	2,7	28	61	0,31	1	28	61	15
28.10.2009	7,1	2,2	32	106	1,4	5	22	73	12
17.11.2009	7,5	2,8	30	79	2,1	6	28	73	10
8.12.2009	7,2	2,5	27	72	1,6	4	25	67	10
26.1.2010	6,8	1,4	39	86	11	24	24	53	9
16.2.2010	6,5	1,1	36	82	12	27	25	57	9
16.3.2010	6,9	2,2	26	59	1,4	3	26	59	9
27.4.2010	6,9	1,5	20	84	1,7	7	18	76	7
25.5.2010	7,1	1,5	22	84	2,0	8	19	73	10
22.6.2010	6,9	1,3	19	50	5,0	13	14	37	13
28.7.2010	7,0	1,4	11	19	1,5	3	10	17	16
31.8.2010	6,6	0,4	4,4	9	2,1	4	1,5	3,1	16
29.9.2010	6,9	1,2	3,8	9	0,8	2	2,6	6,5	15
27.10.2010	7,1	1,0	20	54	0,8	2	17	46	13
25.11.2010	7,3	2,1	20	55	3,6	10	13	36	11
15.12.2010	7,2	2,4	24	61	1,9	5	24	61	10

LIITE 8/4.

Näytteenotto- päivät	Lähtevä vesi								
	pH	Alkaliteetti mmol/l	Kok-N mg/l	Kok-N kg/d	NO ₃ -N + NO ₂ -N mgN/l	NO ₃ -N kg/d	NH ₄ -N mgN/l	NH ₄ - N kg/d	°C
18.1.2011	6,9	0,5	29	61	1,2	3	29	61	10
15.2.2011	6,9	1,4	23	49	0,02	0,05	20	43	9
15.3.2011	7,2	1,9	30	68	3,7	8	27	61	9
27.4.2011	7,2	1,9	20	77	0,6	2	17	65	8
25.5.2011	7,0	1,2	22	64	5,7	17	14	41	11
21.6.2011	7,1	0,6	12	36	7,8	23	5,4	16	13
26.7.2011	6,9	0,7	12	26	10	22	1,0	2	16
30.8.2011	4,9	0,0	18	45	15	38	1,0	2	15
28.9.2011	7,0	0,5	1,4	4,1	0,01	0,02	1,4	4	15
26.10.2011	7,0	1,5	11	29	5,4	14	11	29	13
23.11.2011	6,9	0,8	5,6	12	15	31	5,6	12	13
21.12.2011	6,9	0,9	7,6	52	2,0	14	7,6	52	8
25.1.2012	6,8	0,8	28	59	13	27	14	30	10
15.2.2012	5,9	0,1	25	46	19	35	5,7	10	10
13.3.2012	7,3	2,0	30	59	0,64	1	16	31	10
24.4.2012	7,2	1,6	15	118	8,2	64	4,4	35	7
22.5.2012	7,2	2,2	28	73	1,4	4	26	68	11
19.6.2012	6,1	0,1	13	33	9,1	23	3,9	10	13
30.7.2012	4,7	0,0	10	24	8,4	21	0,35	1	16
29.8.2012	5,2	0,0	12	37	10	29	1,0	3	15
27.9.2012	6,4	0,5	8,1	58	4,5	32	3,1	22	13
24.10.2012	6,8	0,4	5,9	23	4,6	18	0,70	3	13
21.11.2012	7,2	0,4	10	30	7,7	23	2,5	8	11
12.12.2012	4,4	0,0	24	50	21	43	0,87	2	11
23.1.2013	4,4	0,0	26	49	20	38	0,67	1	11
20.2.2013	4,3	0,0	33	62	26	49	1,1	2	10
25.3.2013	6,8	2,2	34	63	7,1	13	26	48	10
25.4.2013	7,0	1,2	12	130	6,4	69	8,2	89	5
28.5.2013	6,9	1,3	22	47	12	26	8,6	18	12
25.6.2013	4,9	0,0	27	52	26	50	0,17	0,33	14
23.7.2013	5,6	0,1	38	66	33	57	2,3	4	16
28.8.2013	4,9	0,0	25	47	24	45	0,76	1	16

LIITE 8/5.

Näytteenotto- päivät	Ilmastus 1		Ilmastus 2		Ilmastuksen happipitoisuus mgO ₂ /l	Ilmastuksen viipymä, h
	SS mg/l	°C	SS mg/l	°C		
15.1.2008	5364	-	-	-	2,5	10
19.2.2008	4784	-	-	-	2,7	11
10.3.2008	4435	-	-	-	2,5	4,9
14.4.2008	5958	-	-	-	2,5	4,5
20.5.2008	7082	-	-	-	2,5	15
19.6.2008	4535	-	-	-	2,5	10
23.7.2008	6410	-	-	-	2,5	18
26.8.2008	7029	-	-	-	2,5	14
23.9.2008	6406	-	-	-	2,5	14
22.10.2008	5263	-	-	-	-	11
18.11.2008	4871	-	-	-	2,5	8,0
9.12.2008	6250	-	-	-	2,5	7,8
13.1.2009	5600	8	5700	8	2,5	7,1
17.2.2009	6300	8	5900	8	2,0	15
10.3.2009	7200	9	6700	9	2,0	15
21.4.2009	7300	7	7600	7	2,0	9,3
19.5.2009	6300	10	6300	10	2,5	13
16.6.2009	5600	12	4900	12	2,5	13
21.7.2009	5300	14	4800	14	-	13
25.8.2009	6200	15	5600	15	2,0	15
22.9.2009	5900	15	-	-	-	13
28.10.2009	6200	12	4200	12	2,0	8,6
17.11.2009	5200	10	3900	10	2,5	11
8.12.2009	6100	10	5600	10	2,5	11
26.1.2010	5500	8	5200	8	-	13
16.2.2010	5700	8	5100	8	2,0	13
16.3.2010	9800	9	6400	9	2,0	12
27.4.2010	7200	8	6800	8	2,0	6,7
25.5.2010	6500	10	6100	10	2,0	7,4
22.6.2010	11000	13	6500	13	2,0	11
28.7.2010	7100	16	7200	16	-	16
31.8.2010	7700	16	7300	16	2,0	14
29.9.2010	6500	15	6300	15	2,0	11
27.10.2010	5900	13	5900	13	-	10
25.11.2010	7500	11	6800	11	2,6	10
15.12.2010	8900	10	9100	10	2,6	11

LIITE 8/6.

Näytteenotto- päivät	Ilmastus 1		Ilmastus 2		Ilmastuksen happipitoisuus mgO ₂ /l	Ilmastuksen viipymä, h
	SS mg/l	°C	SS mg/l	°C		
18.1.2011	8300	9	8800	9	2,5	13
15.2.2011	8100	9	7700	9	2,0	13
15.3.2011	7700	9	7500	9	2,0	13
27.4.2011	7900	8	7300	8	2,0	7,4
25.5.2011	7800	11	7000	11	2,0	10
21.6.2011	7200	13	6200	13	-	10
26.7.2011	5900	15	6100	15	-	13
30.8.2011	6500	15	8400	15	-	11
28.9.2011	6000	15	6700	15	2,0	10
26.10.2011	5900	13	6700	15	2,0	11
23.11.2011	5700	13	6400	13	2,0	14
21.12.2011	4300	8	4000	8	2,0	4,2
25.1.2012	9800	10	4600	10	2,5	13
15.2.2012	6500	10	4800	10	-	16
13.3.2012	5300	10	5700	10	2,5	14
24.4.2012	3300	7	8900	7	-	3,6
22.5.2012	6300	11	6700	11	2,5	11
19.6.2012	7100	13	5900	13	2,5	11
30.7.2012	5900	16	5300	16	-	12
29.8.2012	6300	15	5600	15	2,5	9,3
27.9.2012	5700	13	6700	13	-	4,0
24.10.2012	5600	12	6200	12	2,5	7,3
21.11.2012	6900	11	6900	11	2,5	9,4
12.12.2012	6300	11	6300	11	2,5	14
23.1.2013	5400	10	5200	10	2,5	15
20.2.2013	5400	10	6200	10	2,6	15
25.3.2013	4200	10	7000	10	2,7	15
25.4.2013	3200	5	3100	5	10,2	2,6
28.5.2013	5000	12	4800	12	2,6	13
25.6.2013	5100	14	5900	14	2,6	15
23.7.2013	14000	16	4400	16	2,5	16
28.8.2013	5700	16	6200	16	2,5	15

LIITE 8/7.

Näytteenotto- päivät	Lietteen tuotto, kgMLSS/kgBOD	Lietettä muodostuu, kg/d	Lietteeseen N, kg/d	Lietteeseen N, %	MLVSS, %	Liete määrä kg	Tilakuormitus, kgBOD/m ³ *d	Lietekuormitus, kgBOD/kgMLSS* d
15.1.2008	1,1	441	14	12	65	6356	0,34	0,06
19.2.2008	1,1	910	30	21	65	5669	0,72	0,15
10.3.2008	1,6	2634	86	41	65	5255	1,43	0,32
14.4.2008	1,2	1056	34	18	65	7060	0,75	0,13
20.5.2008	1,0	553	18	13	65	8392	0,46	0,07
19.6.2008	1,2	1033	34	20	65	5374	0,75	0,16
23.7.2008	1,3	591	19	22	65	7596	0,38	0,06
26.8.2008	1,9	2024	66	36	65	8329	0,89	0,13
23.9.2008	1,1	503	16	12	65	7591	0,38	0,06
22.10.2008	1,0	564	18	14	65	6237	0,47	0,09
18.11.2008	1,2	508	16	11	65	5772	0,36	0,07
9.12.2008	1,3	898	29	22	65	7406	0,59	0,09
13.1.2009	1,3	1316	43	32	65	6695	0,88	0,16
17.2.2009	1,1	1436	47	29	65	7229	1,11	0,18
10.3.2009	1,2	745	24	19	65	8236	0,54	0,08
21.4.2009	1,3	1107	36	24	65	8828	0,69	0,09
19.5.2009	1,1	952	31	21	65	7466	0,70	0,11
16.6.2009	1,1	741	24	18	65	6221	0,55	0,11
21.7.2009	1,1	1373	45	31	65	5984	1,04	0,21
25.8.2009	1,1	682	22	17	65	6992	0,53	0,09
22.9.2009	1,1	918	30	21	65	6992	0,72	0,12
28.10.2009	1,5	947	31	22	65	6162	0,53	0,10
17.11.2009	1,2	870	28	18	65	5392	0,62	0,14
8.12.2009	1,0	609	20	15	65	6932	0,50	0,08
26.1.2010	1,0	911	30	18	65	6340	0,80	0,15
16.2.2010	1,0	940	31	17	65	6399	0,79	0,15
16.3.2010	0,9	430	14	11	65	9599	0,42	0,05
27.4.2010	1,0	481	16	12	65	8295	0,39	0,06
25.5.2010	1,3	745	24	17	65	7466	0,48	0,08
22.6.2010	0,8	642	21	13	65	10369	0,66	0,08
28.7.2010	0,9	433	14	14	65	8473	0,40	0,06
31.8.2010	1,0	544	18	13	65	8888	0,45	0,06
29.9.2010	1,4	1680	55	29	65	7584	1,03	0,16
27.10.2010	0,7	1062	35	20	65	6992	1,33	0,22
25.11.2010	0,9	544	18	12	65	8473	0,48	0,07
15.12.2010	1,2	711	23	13	65	10665	0,51	0,06
18.1.2011	0,9	350	11	8	65	10132	0,34	0,04
15.2.2011	0,9	373	12	8	65	9362	0,36	0,05
15.3.2011	1,0	745	24	12	65	9006	0,61	0,08
27.4.2011	0,9	503	16	9	65	9006	0,45	0,06
25.5.2011	1,1	697	23	13	65	8769	0,54	0,07
21.6.2011	1,3	1711	56	28	65	7940	1,10	0,16
26.7.2011	1,0	1360	44	18	65	7110	1,12	0,19
30.8.2011	1,3	941	31	18	65	8828	0,64	0,09
28.9.2011	1,1	946	31	18	65	7525	0,74	0,12
26.10.2011	0,8	506	16	12	65	7466	0,51	0,08
23.11.2011	1,0	656	21	13	65	7169	0,57	0,09
21.12.2011	1,2	913	30	17	65	4918	0,63	0,15
25.1.2012	1,0	883	29	15	65	8532	0,75	0,10
15.2.2012	1,0	416	14	9	65	6695	0,36	0,06
13.3.2012	0,9	495	16	10	65	6518	0,46	0,08
24.4.2012	1,7	566	18	9	65	7229	0,28	0,05
22.5.2012	1,5	379	12	8	65	7703	0,22	0,03
19.6.2012	1,5	435	14	9	65	7703	0,24	0,04
30.7.2012	2,4	661	21	11	65	6636	0,23	0,04
29.8.2012	1,2	492	16	12	65	7051	0,36	0,06
27.9.2012	1,2	922	30	14	65	7347	0,66	0,11
24.10.2012	1,2	805	26	17	65	6992	0,59	0,10
21.11.2012	1,1	706	23	16	65	8177	0,53	0,08
12.12.2012	1,3	509	17	10	65	7466	0,33	0,05
23.1.2013	1,1	797	26	16	65	6281	0,61	0,11
20.2.2013	1,0	893	29	16	65	6873	0,74	0,13
25.3.2013	1,1	835	27	15	65	6636	0,64	0,11
25.4.2013	1,7	915	30	18	65	3733	0,45	0,14
28.5.2013	1,1	629	20	14	65	5807	0,47	0,10
25.6.2013	1,1	912	30	18	65	6518	0,68	0,12
23.7.2013	1,3	860	28	18	65	10902	0,57	0,06
28.8.2013	1,1	1036	34	8	65	7051	0,77	0,13

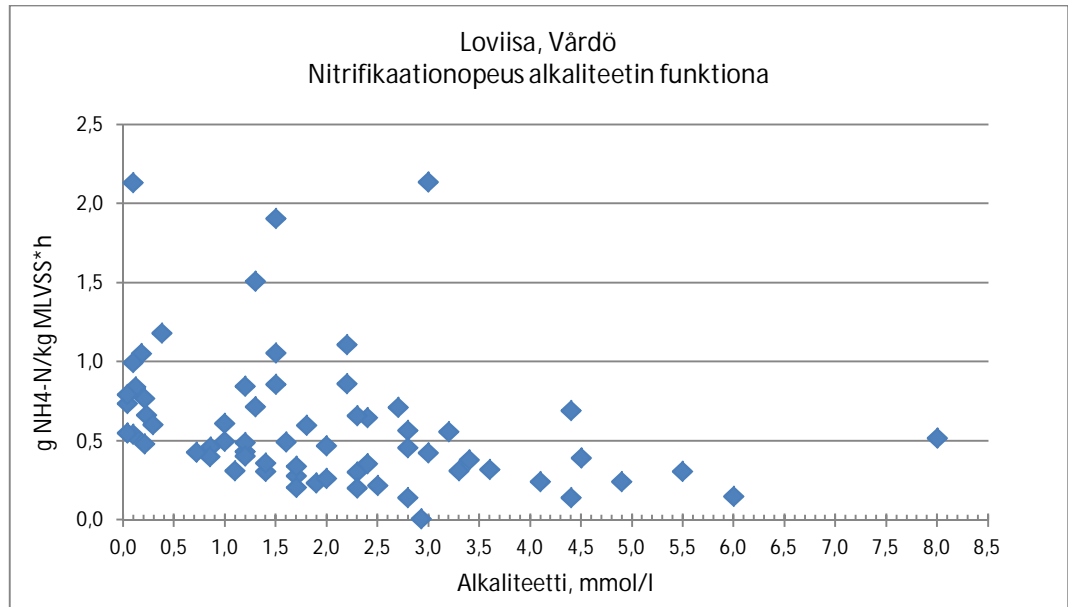
LIITE 8/8.

Näytteenotto- päivät	Nitrifikaationopeus		Kokonaistypen poistoaste, %
	gNH ₄ -N/kgMLVSS, h	Denitrifikaationopeus gNO ₃ -N/kgMLVSS, h	
15.1.2008	0,8	-	69
19.2.2008	0,7	-	62
10.3.2008	0,1	-	39
14.4.2008	0,7	-	53
20.5.2008	0,6	-	64
19.6.2008	2,4	2,9	72
23.7.2008	0,9	1,4	86
26.8.2008	1,4	2,4	94
23.9.2008	1,5	2,7	91
22.10.2008	1,0	-	80
18.11.2008	0,6	-	51
9.12.2008	0,4	-	53
13.1.2009	0,2	-	45
17.2.2009	0,6	-	65
10.3.2009	0,4	-	53
21.4.2009	0,4	-	55
19.5.2009	0,6	-	62
16.6.2009	1,6	1,9	68
21.7.2009	1,7	2,1	78
25.8.2009	1,5	2,5	88
22.9.2009	0,7	1,3	56
28.10.2009	0,4	-	26
17.11.2009	0,7	-	50
8.12.2009	0,4	-	45
26.1.2010	0,8	-	47
16.2.2010	0,9	-	53
16.3.2010	0,3	-	53
27.4.2010	0,3	-	35
25.5.2010	0,4	-	41
22.6.2010	1,0	1,6	69
28.7.2010	0,8	1,4	81
31.8.2010	1,3	2,3	93
29.9.2010	1,7	3,1	95
27.10.2010	0,8	-	68
25.11.2010	0,8	-	64
15.12.2010	0,5	-	65

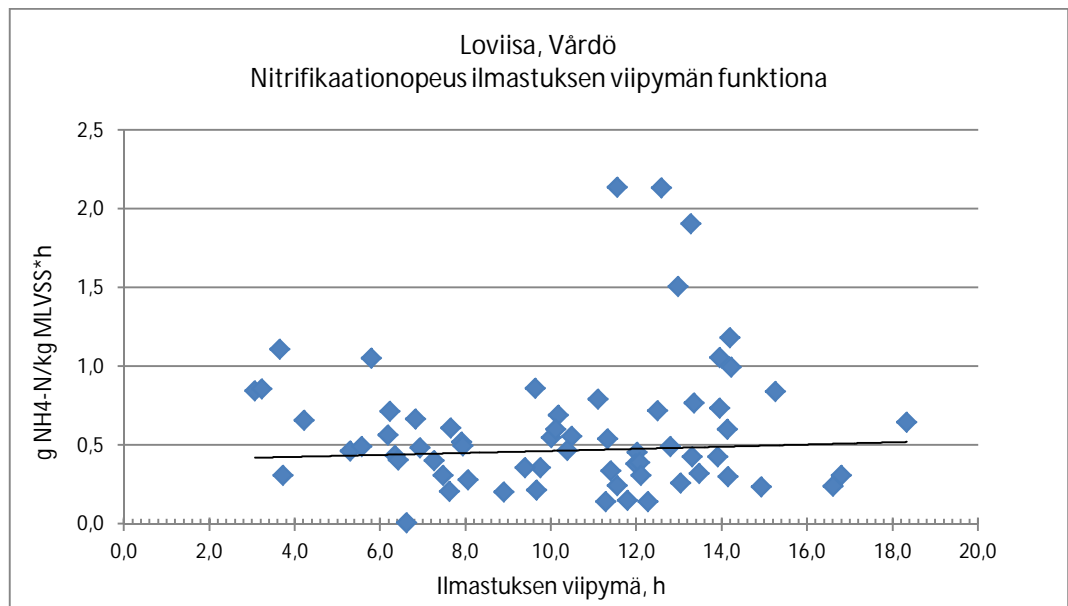
LIITE 8/9.

Näytteenotto- päivät	Nitrifikaationopeus		Kokonaistypen poistoaste, %
	gNH ₄ -N/kgMLVSS, h	Denitrifikaationopeus gNO ₃ -N/kgMLVSS, h	
18.1.2011	0,4	-	55
15.2.2011	0,6	-	67
15.3.2011	0,9	-	67
27.4.2011	0,6	-	56
25.5.2011	0,8	-	64
21.6.2011	1,6	2,4	82
26.7.2011	2,7	4,4	89
30.8.2011	1,5	2,1	74
28.9.2011	1,8	3,4	98
26.10.2011	0,8	-	79
23.11.2011	1,2	-	93
21.12.2011	1,2	-	71
25.1.2012	1,0	-	68
15.2.2012	1,3	-	71
13.3.2012	1,1	-	62
24.4.2012	1,4	-	44
22.5.2012	0,6	-	53
19.6.2012	1,7	2,6	79
30.7.2012	2,5	4,0	88
29.8.2012	1,6	2,2	73
27.9.2012	2,3	3,4	74
24.10.2012	1,2	-	85
21.11.2012	0,9	-	79
12.12.2012	1,2	-	70
23.1.2013	1,3	-	69
20.2.2013	1,5	-	67
25.3.2013	1,1	-	66
25.4.2013	0,8	-	20
28.5.2013	1,2	-	68
25.6.2013	2,1	2,4	69
23.7.2013	1,1	1,1	58
28.8.2013	5,8	9,5	90

LIITE 9/1. Loviisan Vårdön jätevedenpuhdistamon toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

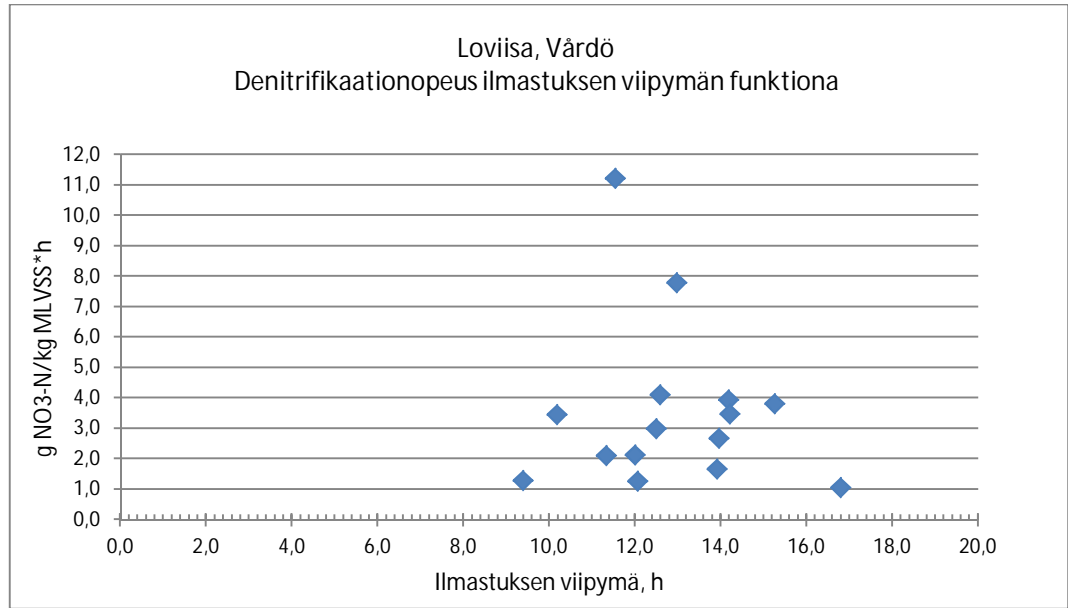


KUVIO 18. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet alkaliteetin funktiona

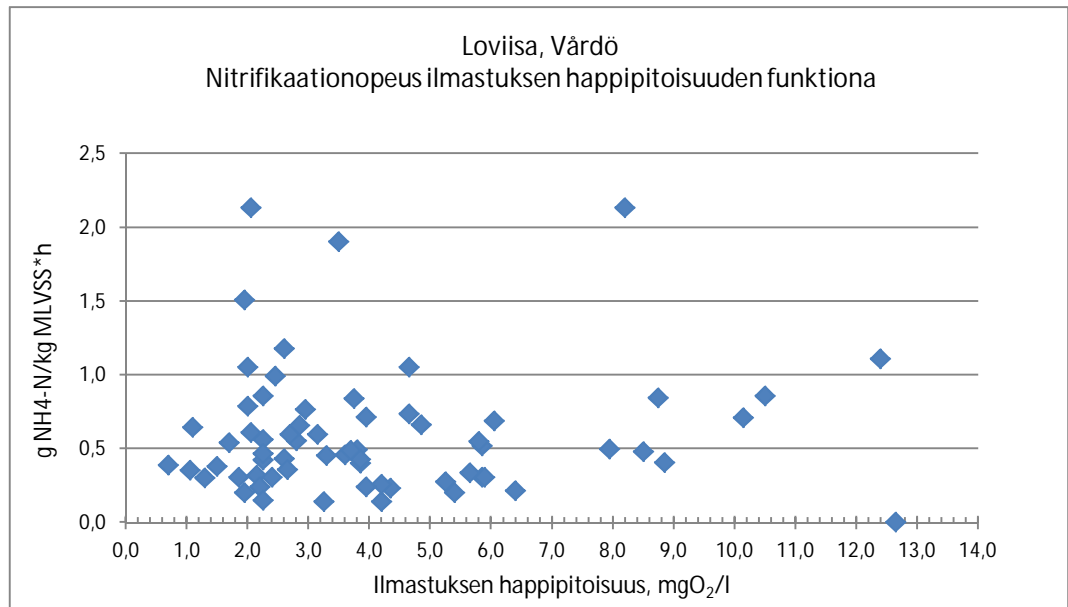


KUVIO 19. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet ilmastuksen viipymän funktiona

LIITE 9/2.

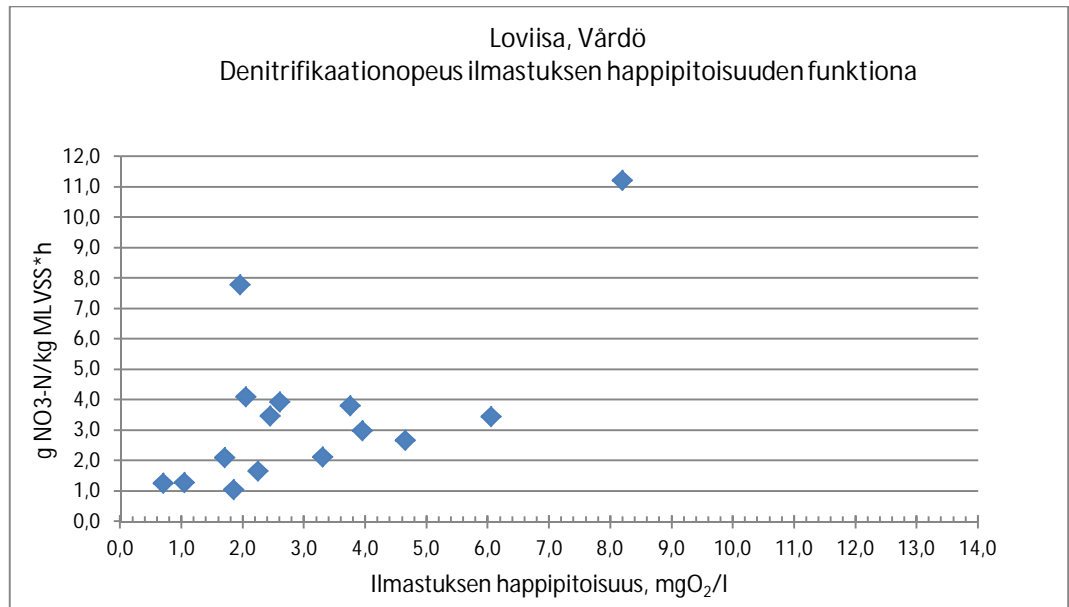


KUVIO 20. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet ilmastuksen viipymän funktiona

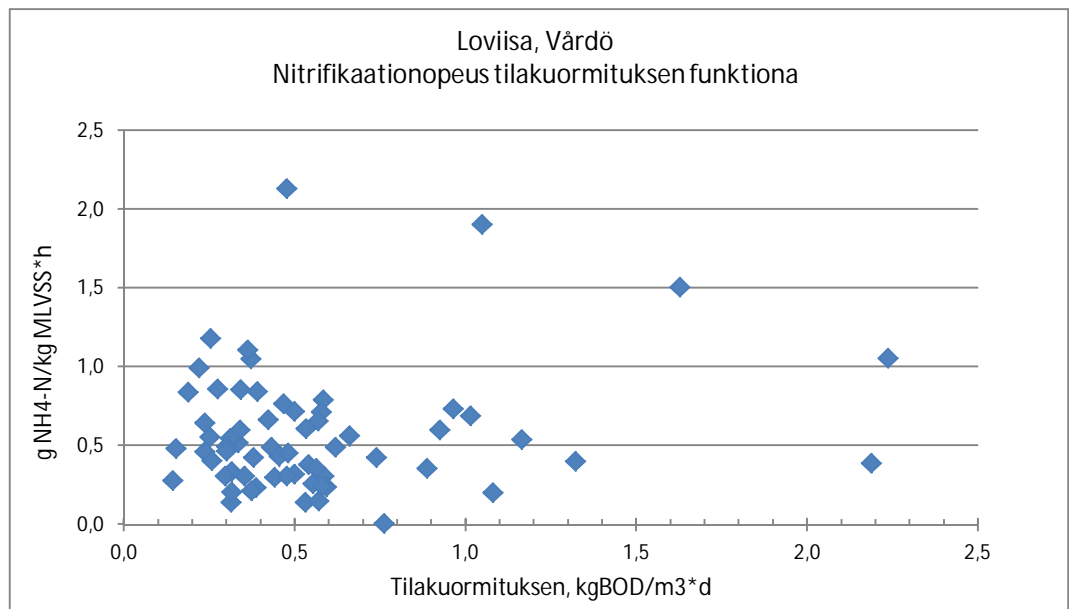


KUVIO 21. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet ilmastuksen happipitoisuuden funktiona

LIITE 9/3.

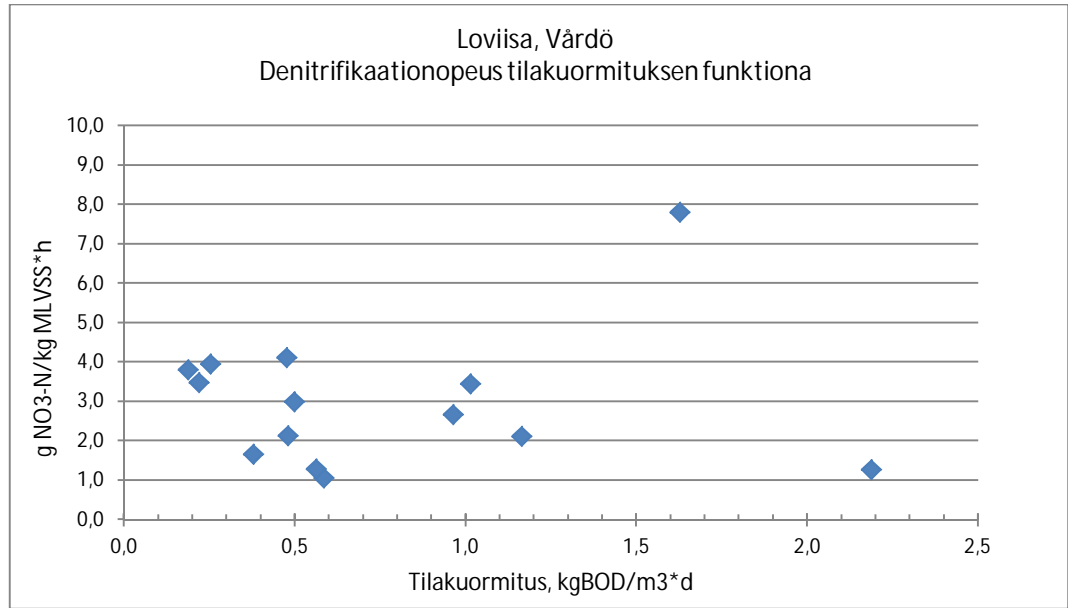


KUVIO 22. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet ilmastuksen happipitoisuuden funktiona

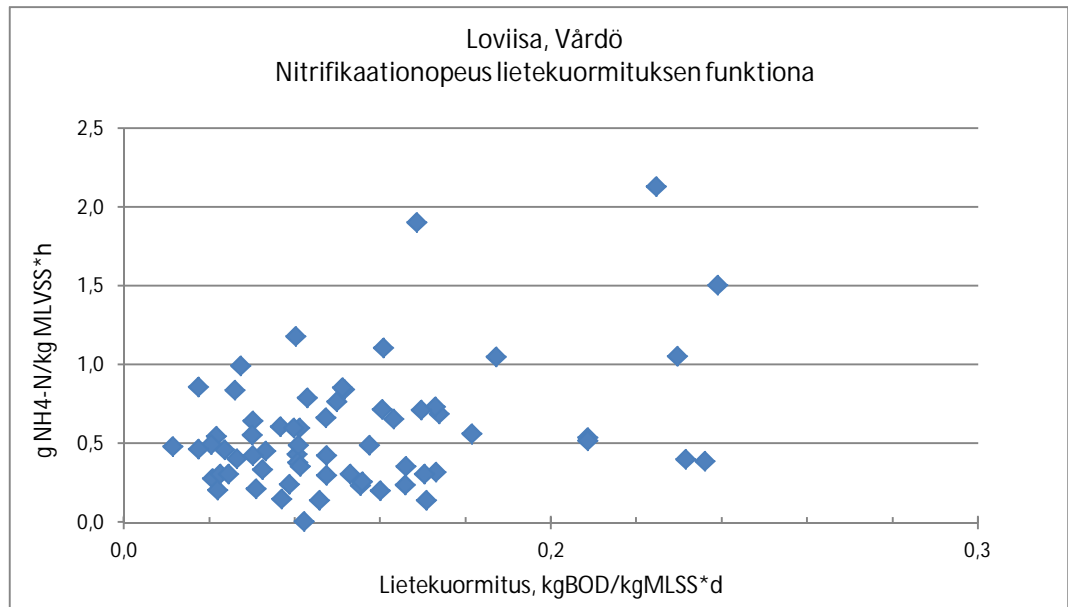


KUVIO 23. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet tilakuormituksen funktiona

LIITE 9/4.

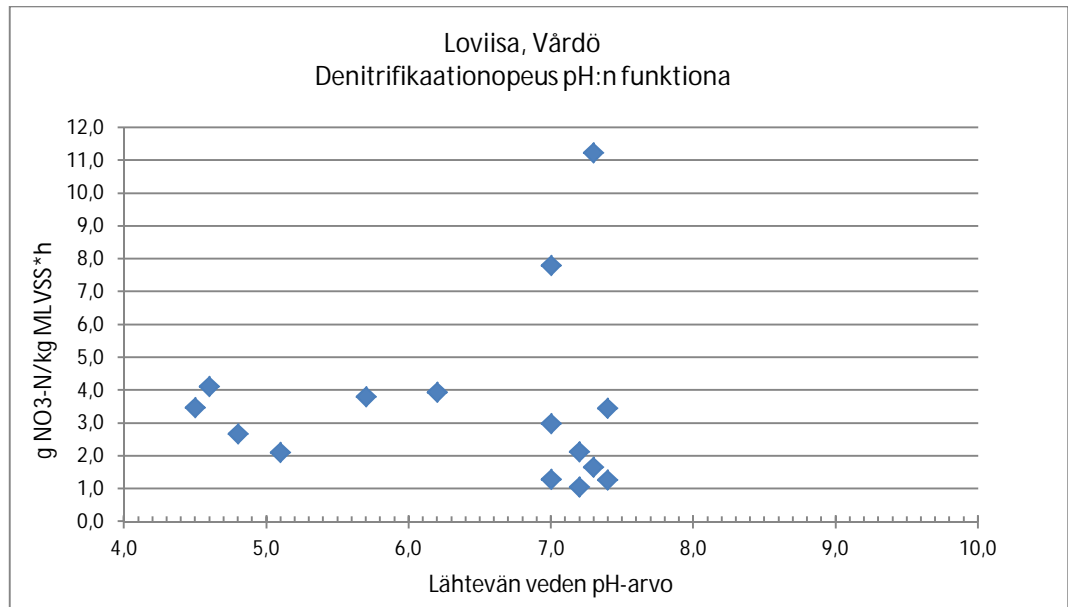


KUVIO 24. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet tilakuormituksen funktiona

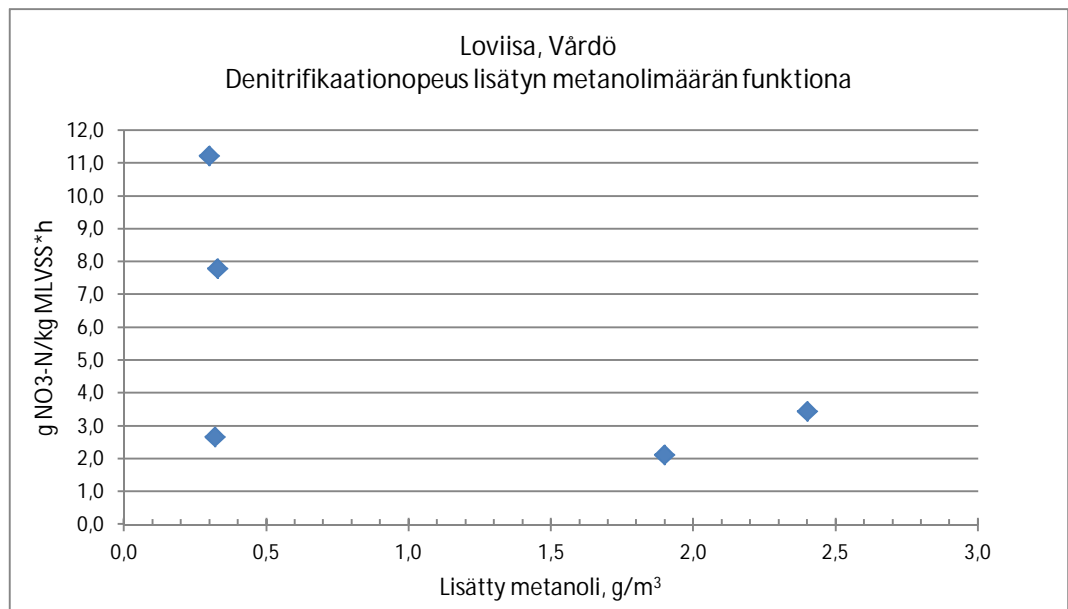


KUVIO 25. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet lieteuormituksen funktiona

LIITE 9/6.

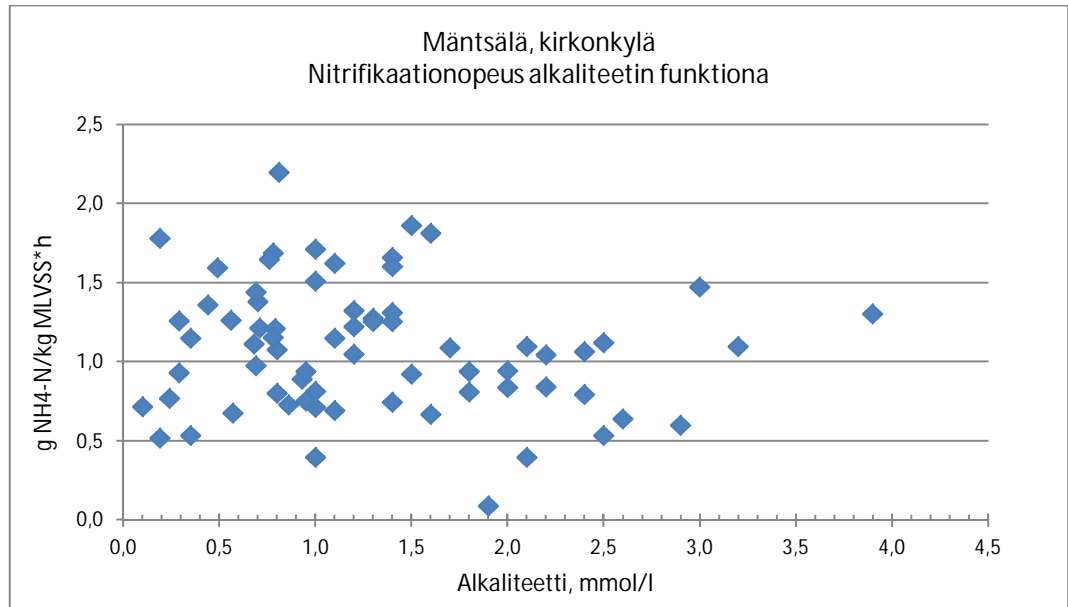


KUVIO 28. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet pH-arvon funktiona

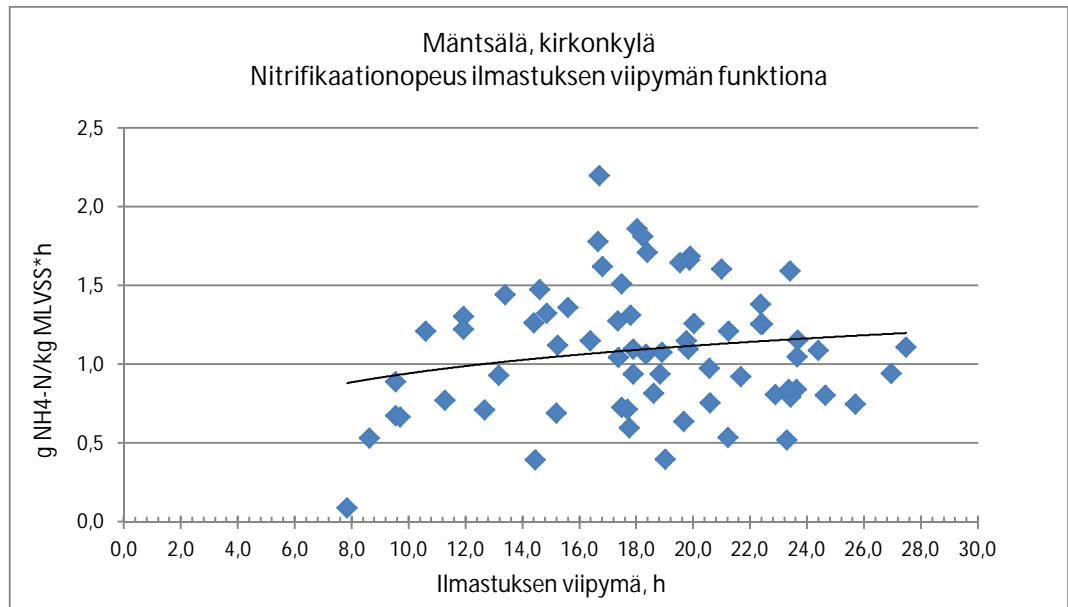


KUVIO 29. Loviisan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet lisätyn metanolimäärän funktiona

LIITE 10/1. Mäntsälän kirkonkylän jätevedenpuhdistamon toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

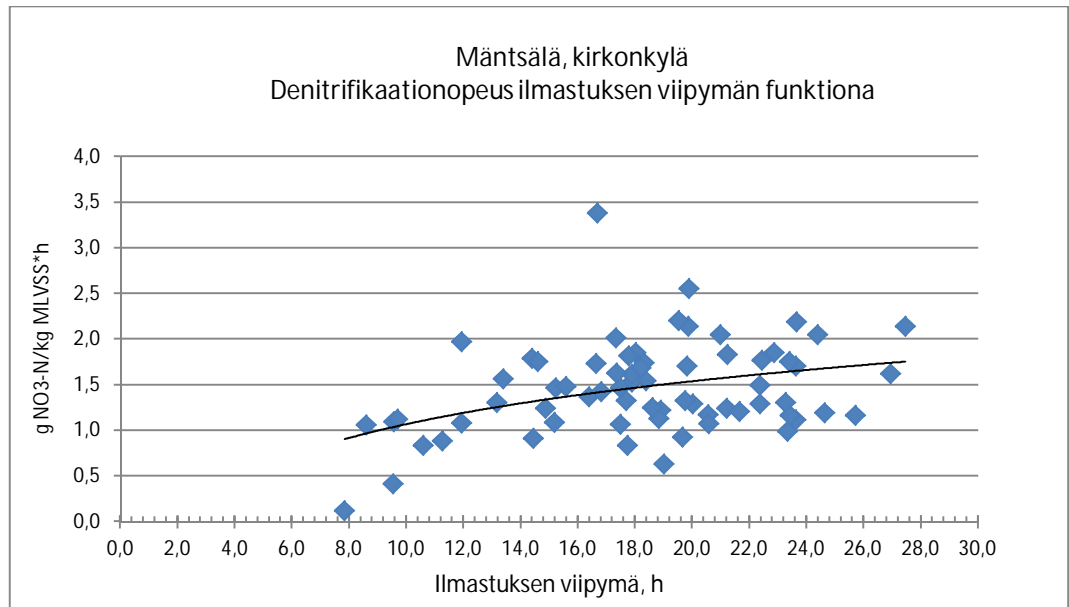


KUVIO 30. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet alkaliteetin funktiona

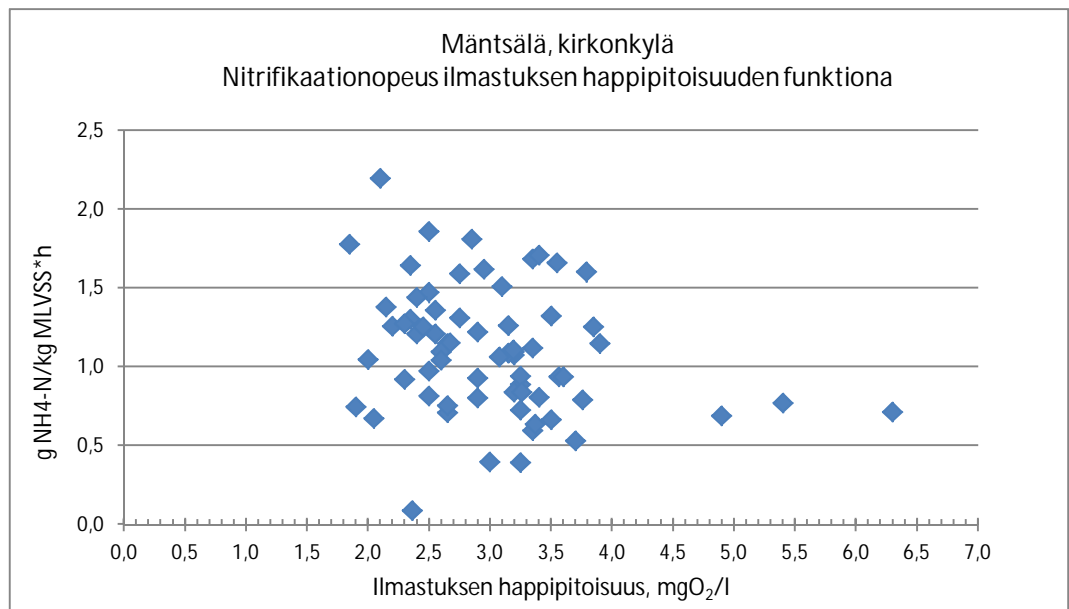


KUVIO 31. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet ilmastuksen viipymän funktiona

LIITE 10/2.

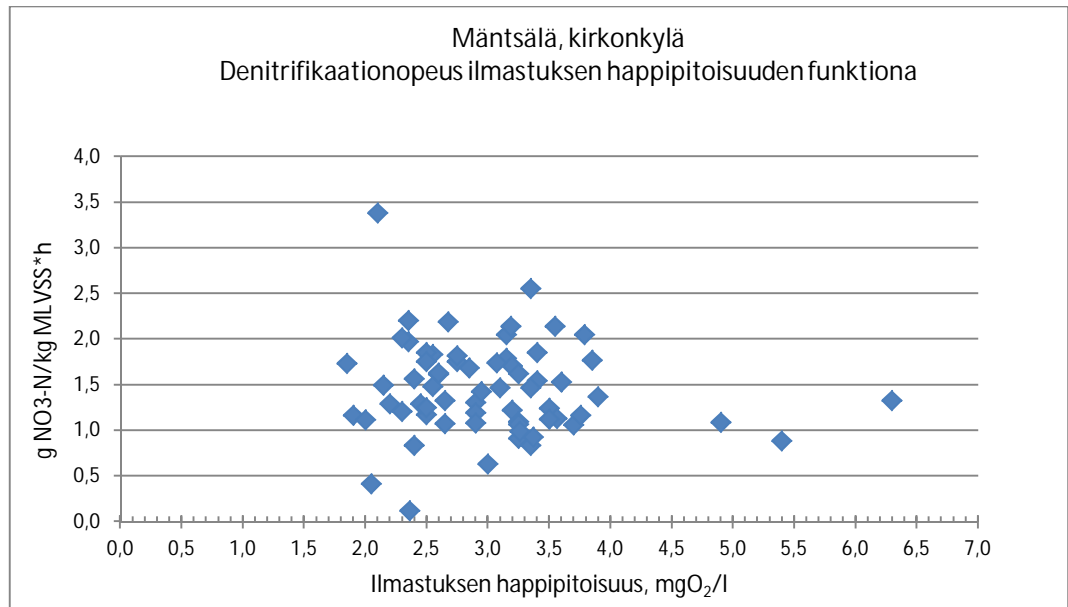


KUVIO 32. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet ilmastuksen viipymän funktiona

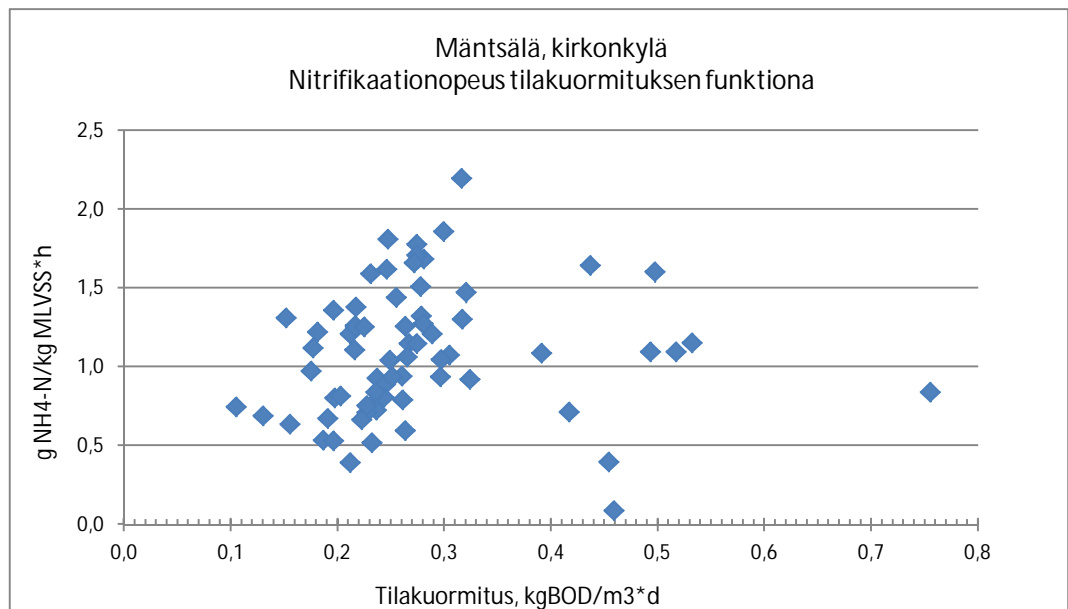


KUVIO 33. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet ilmastuksen happipitoisuuden funktiona

LIITE 10/3.

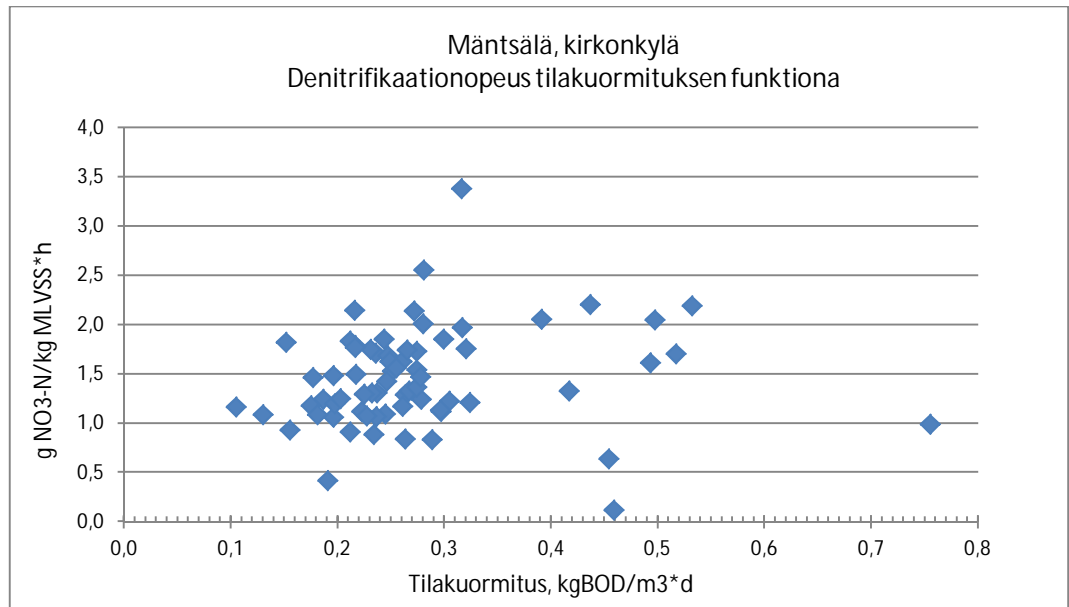


KUVIO 34. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet ilmastuksen happipitoisuuden funktiona

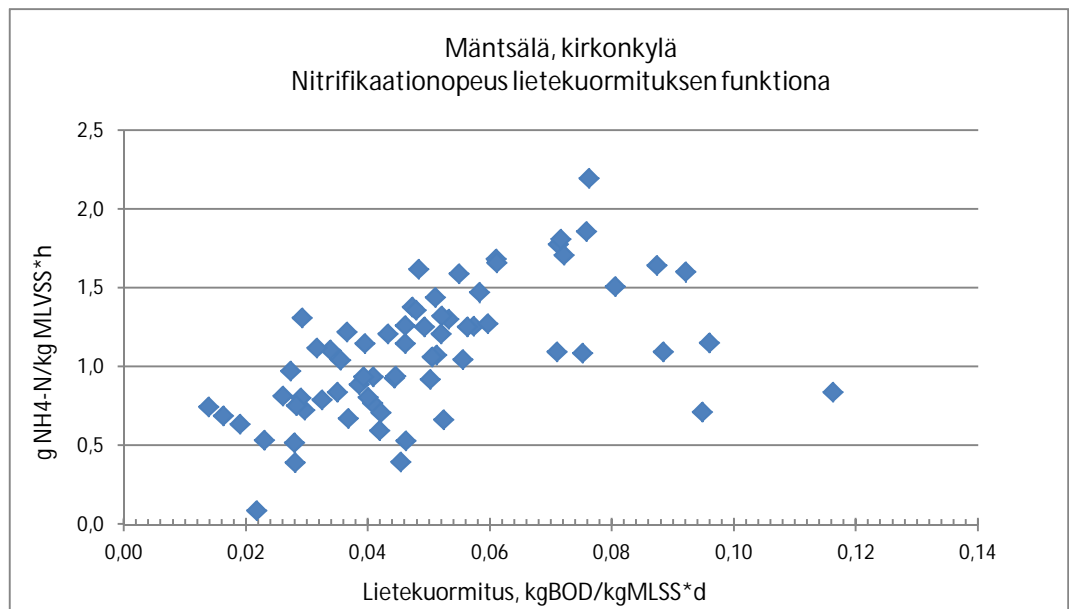


KUVIO 35. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet tilakuormituksen funktiona

LIITE 10/4.

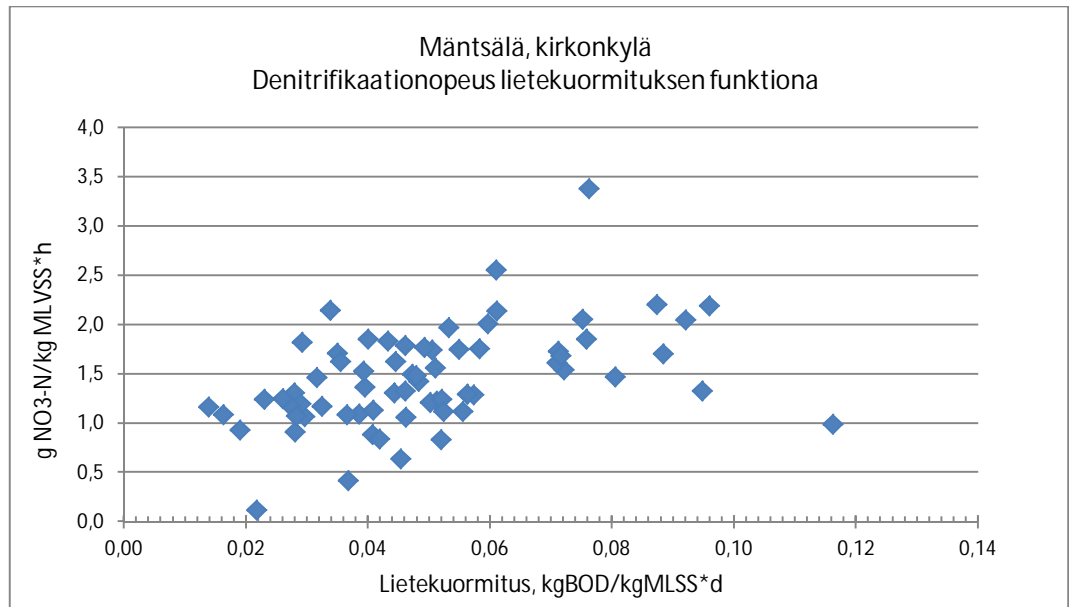


KUVIO 36. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet tilakuormituksen funktiona

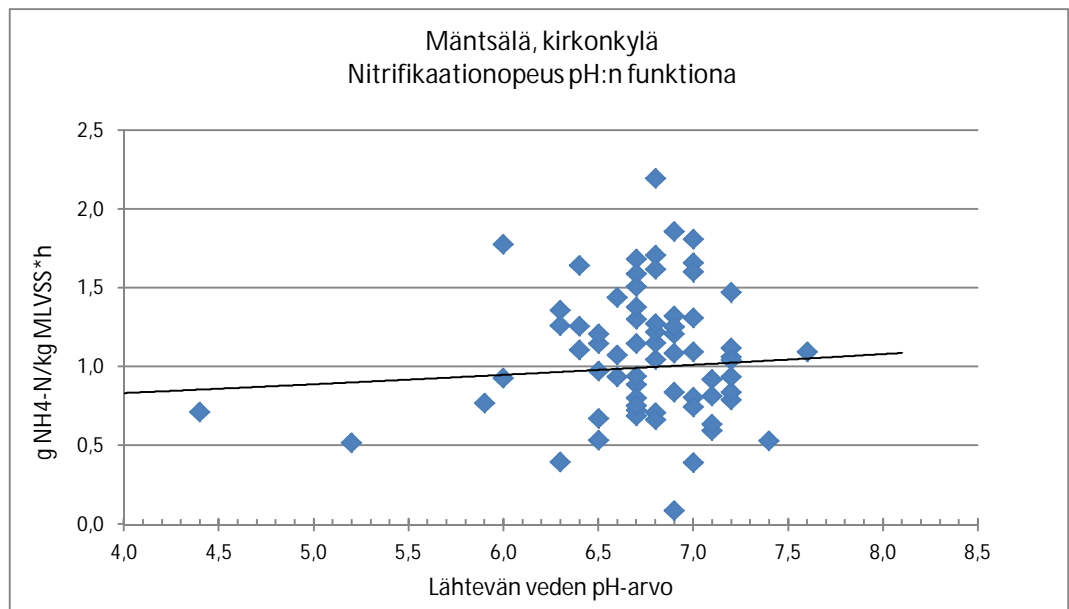


KUVIO 37. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet lietekuormituksen funktiona

LIITE 10/5.

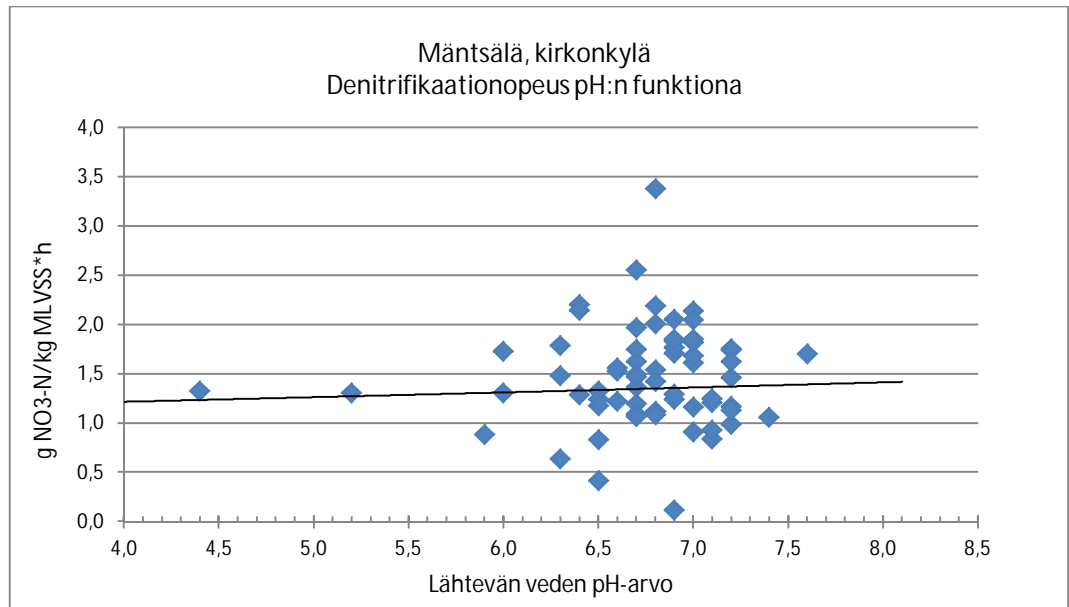


KUVIO 38. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet lietekuormituksen funktiona



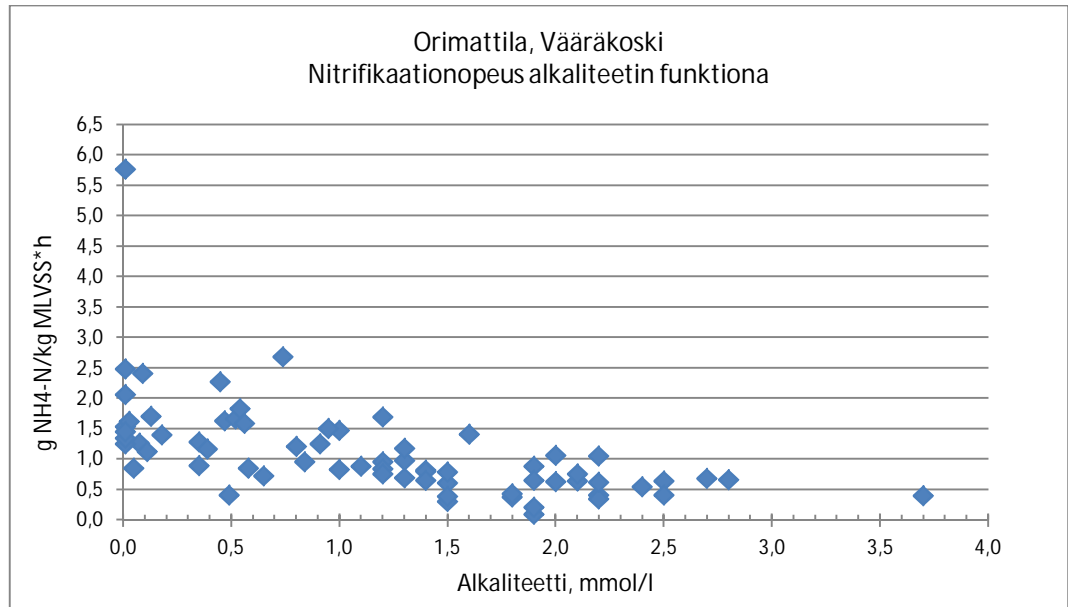
KUVIO 39. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet pH-arvon funktiona

LIITE 10/6.

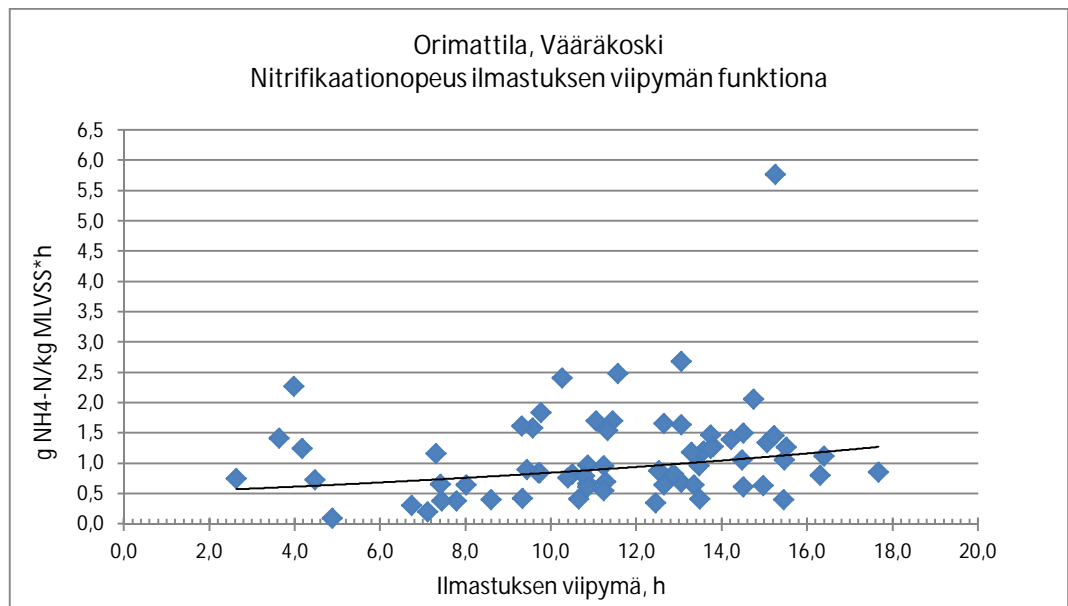


KUVIO 40. Mäntsälän jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet pH-arvon funktiona

LIITE 11/1. Orimattilan Vääräkosken jätevedenpuhdistamon toteutuneiden typenpoiston reaktionopeuksien tarkastelu

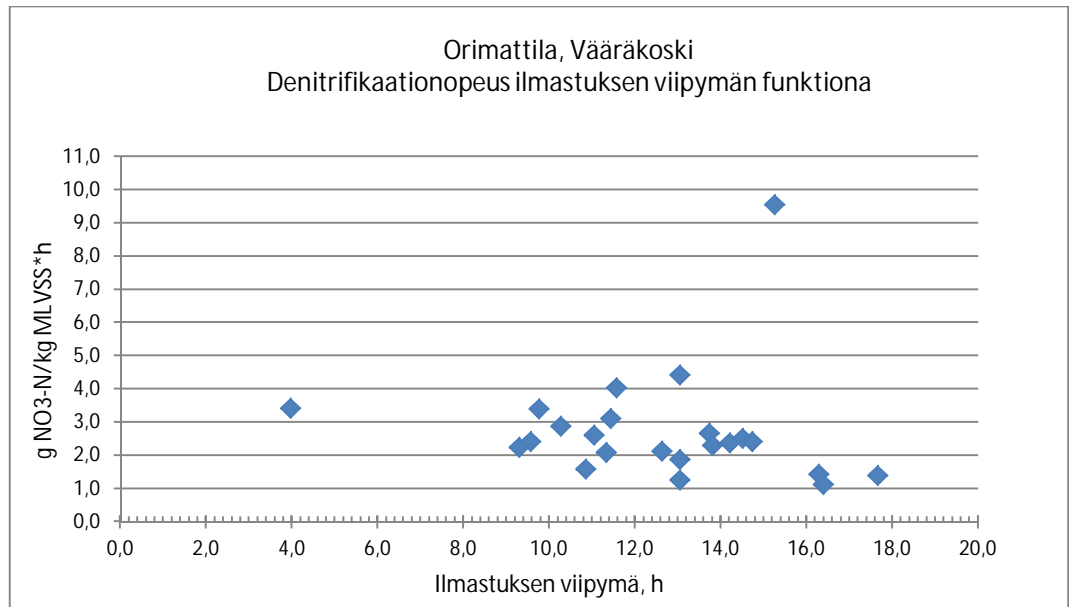


KUVIO 41. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet alkaliteetin funktiona

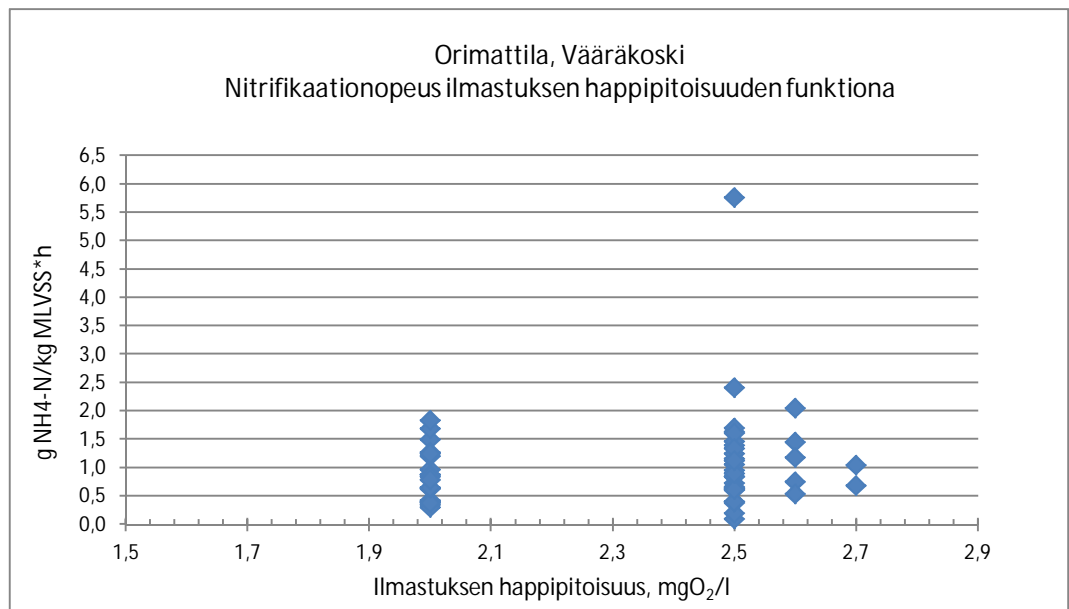


KUVIO 42. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet ilmastuksen viipymän funktiona

LIITE 11/2.

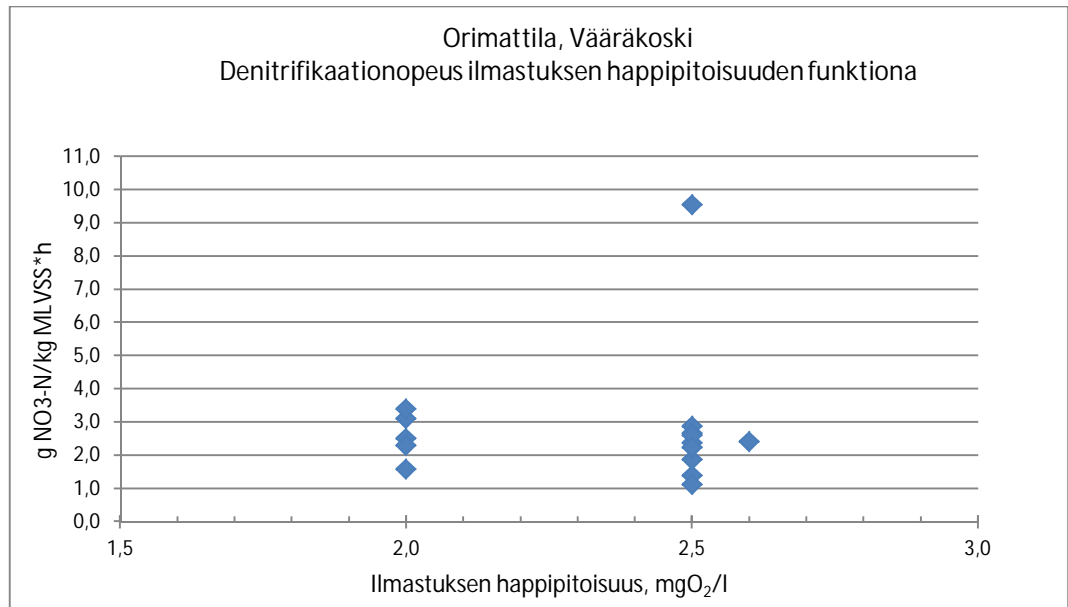


KUVIO 43. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet ilmastuksen viipymän funktiona

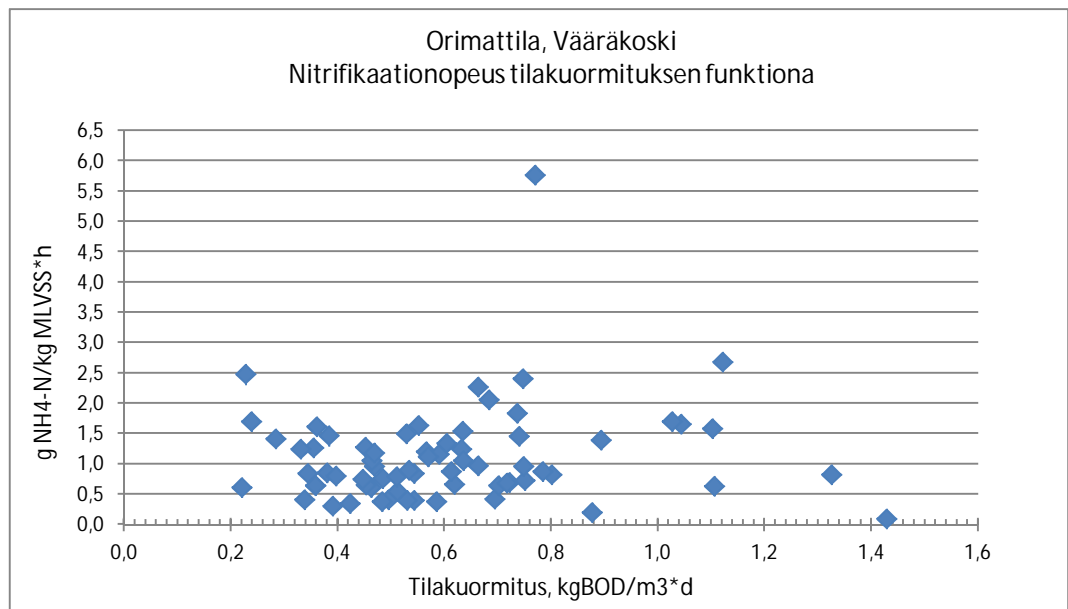


KUVIO 44. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet ilmastuksen happipitoisuuden funktiona

LIITE 11/3.

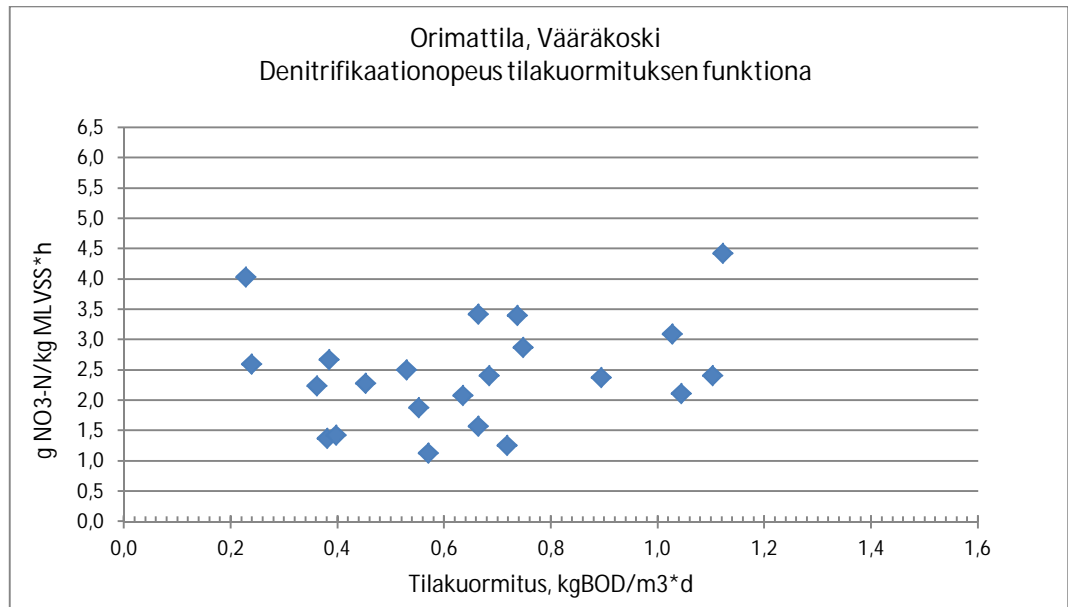


KUVIO 45. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet ilmastuksen happipitoisuuden funktiona

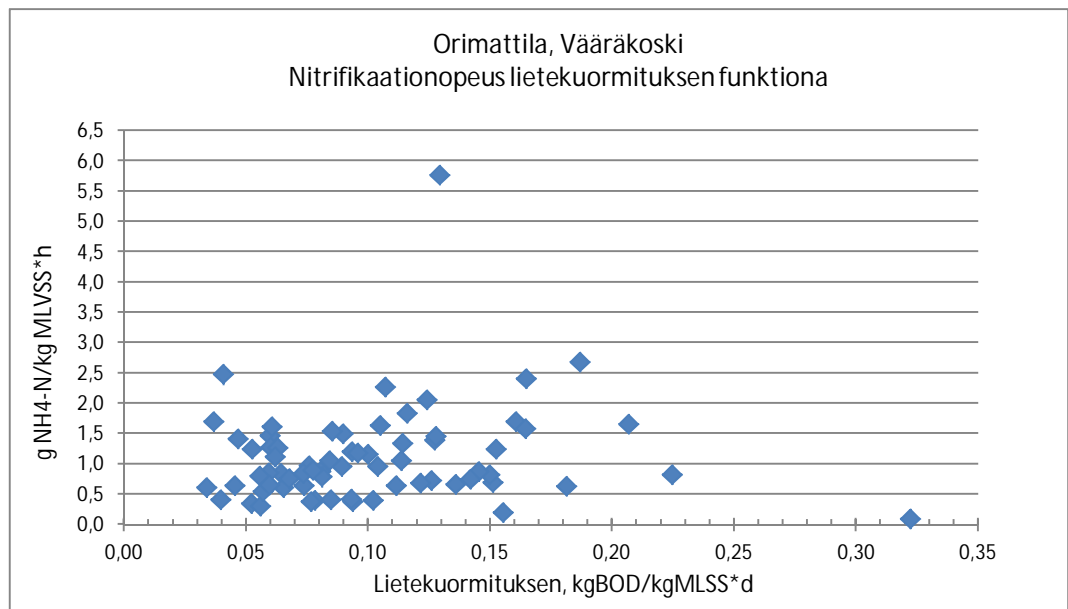


KUVIO 46. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet tilakuormituksen funktiona

LIITE 11/4.

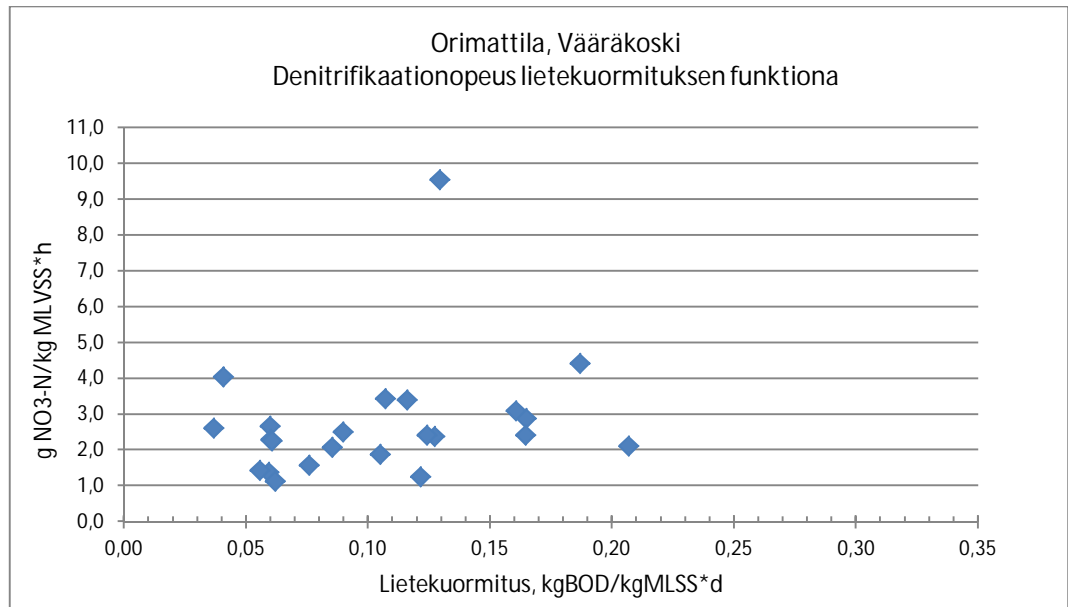


KUVIO 47. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet tilakuormituksen funktiona

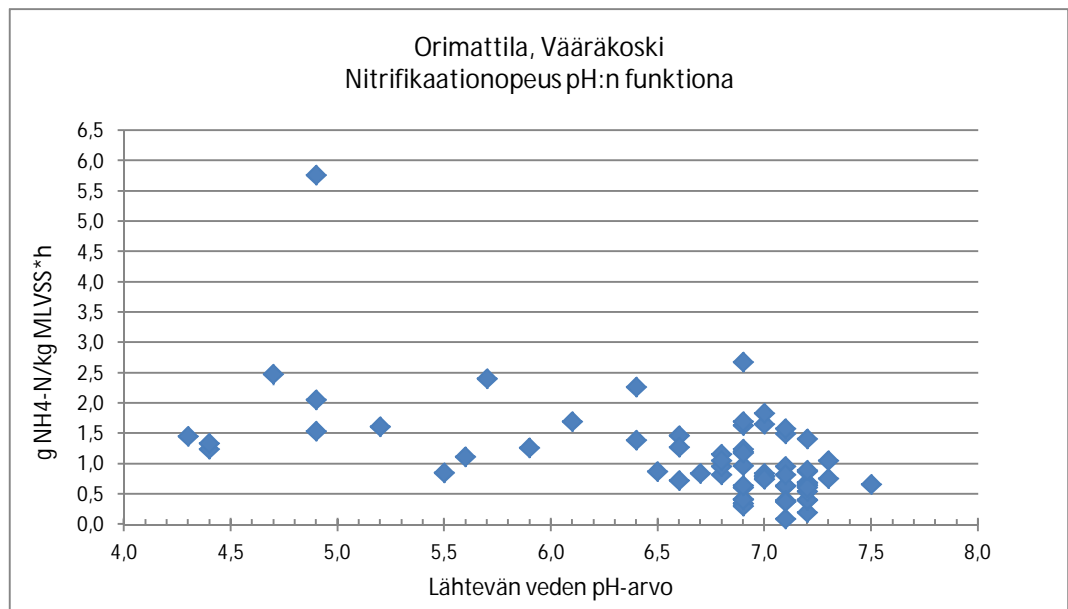


KUVIO 48. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet lietekuormituksen funktiona

LIITE 11/5.

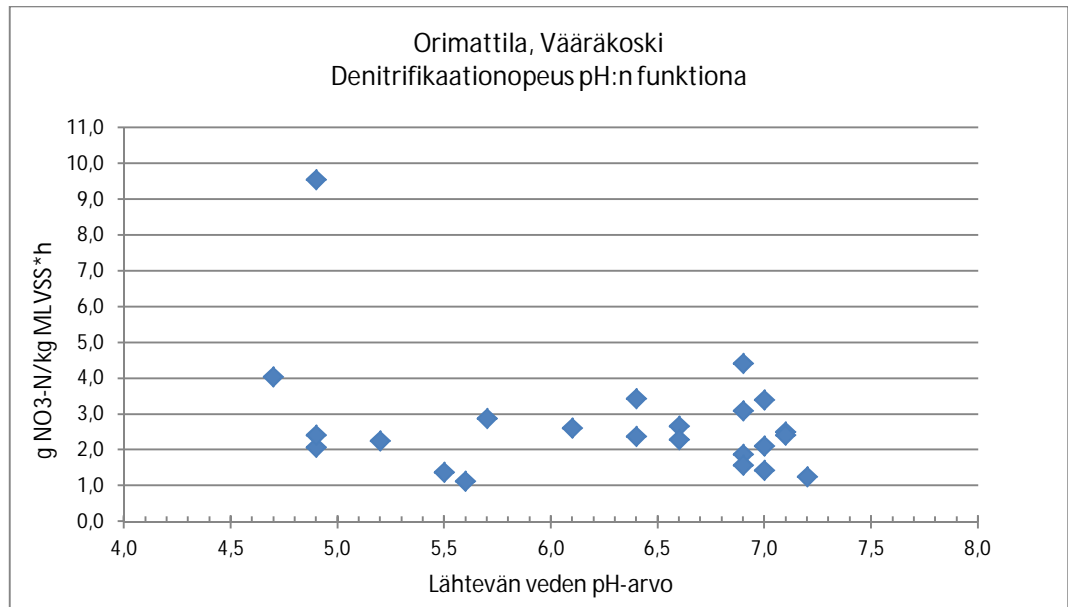


KUVIO 49. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet lietekuormituksen funktiona



KUVIO 50. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet nitrifikaationopeudet pH-arvon funktiona

LIITE 11/6.



KUVIO 51. Orimattilan jätevedenpuhdistamon toteutuneet denitrifikaationopeudet pH-arvon funktiona