

TURVETUOTANNON
VESISTÖVAIKUTUKSEN
MALLINTAMINEN

Case Summanjoki, Kouvola

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikka
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Antti Rissanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniologia

RISSANEN, ANTTI: Turvetuotannon vesistövaikutuksen mallintaminen
Case: Summanjoki, Kouvola

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 34 sivua, 14 liitesivua

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

Turvetuotannon aiheuttaman kuormituksen velvoitetarkkailu suoritetaan yleensä yksittäisillä näytteenotoilla, jolloin osa kuormitusvaihtelusta jää huomioimatta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, voidaanko jatkuvatoimisten pH-mittalaitteiden avulla mallintaa luotettavasti muita vedenlaadun parametreja, kuten ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia. Tämä antaisi tarkempaa tietoa turvetuotannon vesistövaikutuksista ja säästäisi tutkimusten kustannuksia. Opinnäytetyön toisena tarkoituksena oli tarkastella, miten sääilmiöt vaikuttavat turvetuotannon kuormittaman joen vedenlaatuun.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimus pilotoitiin Kouvolassa sijaitsevan Kankaanniemensoiden ja Saaransuon kuormittavalle Summanjoen yläjuoksulle. Jatkuvatoimiset pH-mittalaitteet sijoitettiin vuonna 2012 samoille pisteille, joista suoritetaan tuotantoalueiden velvoitetarkkailu. Velvoitetarkkailupisteiden pH:n ja veden muiden kuormitusparametrien tuloksista mallinnettiin regressiosuoran yhtälöitä. Yhtälöiden avulla saatiin simuloitua pH -mittalaitteiden antamien pH-tuloksien perusteella Summanjoessa virtaavan kuormituksen määrää.

Jatkuvatoimisten pH-mittalaitteiden ja simuloitujen arvojen luetettavuutta tutkittiin vertaamalla niitä velvoitetarkkailussa otettujen vesinäytteiden laboratoriotuloksiin. Ilmatieteenlaitokselta saatuja pilottialueen päivittäisiä sadesummia ja keskiarvolämpötiloja verrattiin mittalaitteiden antamiin tuloksiin.

Tuloksista voitiin todeta, että Summanjoen pH:n vaihteluun vaikuttivat vuodenaika ja pienellä viiveellä sadanta. Jokiveden happamuuden vaihteluiden huomattiin korreloivan negatiivisesti muiden vedenlaadun parametrien kanssa. Tulokset antavat pohjaa uudelle yksinkertaiselle kuormituslaskentamallin kehittämiseksi.

Asiasanat: turvetuotanto, mallintaminen, pH, jatkuvatoiminen mittalaite, näytteenotto

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

RISSANEN, ANTTI: Modeling the emissions from peat production
Case: Summanjoki, Kouvola

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 34 pages, 14 pages of
appendices

Spring 2013

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with emissions caused by peat production in river water. The objective was to find out if pH loggers could be used to simulate other load parameters, like nutrient and solids contents. The other aim of this thesis was to examine how weather affects the water quality.

The pilot case was done by Kymijoen vesi ja ympäristö ry in the river of Summanjoki, Kouvola, where the drainage water is led from the swamps of Kankaanniemisuo and Saaransuo. Measurements were done with pH loggers which operate continuously. Using continuous measuring devices gives more information about total loads than standard sampling. The loggers were placed in 2012 at the same place where the control samples are taken every year. The regression equations were modeled with the pH and others load values of standard sampling. The equations and the pH data from pH loggers was used to simulate the load in the river of Summanjoki.

The reliability of the loggers and the simulated values were found out by comparing the simulated values and the data from the water samples. Information about rainfall and temperatures in the Summanjoki area were found out from the Finnish Meteorological Institute. This information was compared to the data given by the pH loggers.

It can be concluded from the variation of pH that the weather affects the acidity of water in the peat production area. The results also show that the variation of pH affects the other water parameters. This provides a foundation to developing a new and easy method to calculate emissions from peat production.

Key words: peat production, model, pH, continuous measuring, sampling

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TURVETUOTANTO SUOMESSA	2
3	TURVETUOTANNON YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	3
3.1	Päästöt vesistöihin	3
3.2	Pöly ja melu	4
4	VESIENSUOJELUTOIMET	5
5	TURVETUOTANNON YMPÄRISTÖLUPA JA VELVOITETARKKAILU	7
5.1	Ympäristölupa	7
5.2	Velvoitetarkkailu	8
6	VESISTÖÖN VALUVAN KUORMITUSPITOISUUKSIEN MALLINTAMINEN	10
7	KOHTTEEN KUVAUS	14
7.1	Kymijoen vesi ja ympäristö ry	15
7.2	Laitteet ja ohjelmat	16
7.3	Veden laatu	17
7.3.1	Velvoitetarkkailu	17
7.3.2	Summanjoki	18
7.3.3	Soilta lähtevän veden laatu	18
8	RAJAUS JA VIRHELÄHTEET	19
8.1	Rajaus	19
8.2	Virheet	19
8.2.1	pH-mittaus	19
8.2.2	Simuloinnin epätarkkuus	20
9	TULOKSET	22
9.1	pH	22
9.2	Kokonaisfosfori	25
9.3	Kokonaistyyppi	26
9.4	Kemiallinen hapenkulutus	27
9.5	Kiintoaines	28
9.6	Rauta	29

10 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
LÄHTEET	32
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Turvetuotantoalueelta johdettavia päästöjä pyritään tarkkailemaan niin, että saataisiin riittävä tieto kuormituksesta (Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä 2006, 7). Kuitenkin suurta näytteenottotiheyttä on usein vaikea toteuttaa ilman, että se johtaisi suuriin kustannuksiin. Varsinkin raskasainemateriaalien kuormitushuiput jäävät helposti huomioimatta, jolloin vesistöön huuhtoutuu lyhyessä ajassa suuria määriä ravinteita ja kiintoainesta. Käytännössä, kuitenkin useamman vedenlaatuparametrin anturit ovat vielä liian kalliita, jotta niitä voitaisiin ottaa laajamittaisesti käyttöön. Niinpä tarvitaan kustannustehokkaampia ratkaisuja. pH on sameuden ohella todettu yhdeksi luotettavimmaksi anturiksi turvetuotannon vaikutustutkimuksiin (Huttula, T., Lindfors, A. & Kiiरिकki M. 2004, 30). Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, voiko jatkuvatoimisella pH-mittalaitteella saada luotettavasti mallinnettua muita vedenlaadun parametreja. Opinnäytetyön toisena tarkoituksena on tarkastella, miten säähavainnot vaikuttavat turvetuotannon kuormittaman joen vedenlaatuun.

Työ pilotoidaan Kouvolassa sijaitsevan PJ-Turve Oy:n omistamien Kankaanniemensoiden ja Vapo Oy:n omistaman Saaransuon kuormittaman Summanjoen yläosaan. Summanjokeen, soiden laskuojan ala- ja yläjuoksulle asennetaan vuoden 2012 sulan ajaksi jatkuvatoimiset pH-mittalaitteet. pH-mittalaitteiden paikat sijoitetaan velvoitetarkkailupisteisiin, jotta simuloituja arvoja voidaan verrata laboratoriossa saatuihin arvoihin. Ilmatieteen laitokselta pyydetään alueen säähavainnot mittausajalle. Säähavainnoista päivien keskiarvoista ilman lämpötilaa ja sademäärää tarkastellaan pH-mittalaitteista saatuihin pH-arvoihin.

Työn toimeksiantajana on Kymijoen vesistöalueella toimiva Kymijoen vesi ja ympäristö ry. Sen palveluihin kuuluvat vesien ja ympäristön havainnointi, tarkkailut sekä tutkimukset.

2 TURVETUOTANTO SUOMESSA

Suomen pinta-alasta melkein kolmannes on suota, eli noin 9,4 miljoonaa hehtaaria. Siitä noin 0,6 prosenttia on turvetuotannon käytössä. Turvetta muodostuu suoalueella, kun kuolleet kasviainekset kerrostuvat vähähappisessa vetisessä maassa. Paksuimmat kerrostumat löytyvät yleensä Etelä-Suomesta, jossa turvepaksuuden keskisyvyys on tuplasti muuhun Suomeen verrattuna, noin kolme metriä. Kuitenkin Itä-, Länsi- ja Pohjois-Suomen alueella sijaitsevat turpeen energiavarastoltaan suurimmat alueet. Turvevaroja käytetään pääasiassa energian saantiin, mutta myös muun muassa kasvualustana ja ympäristöturpeena. (Korhonen, Korpela & Sarkkola 2008, 15, 29–31.)

Turvetuotanto on ollut vähäistä ennen vuotta 1970, jonka jälkeen öljyn hinnan kohoamisen seurauksena soiden kunnostaminen turvetuotantoalueiksi lisääntyi merkittävästi. On arvioitu, että Suomessa teknis-taloudellisesti käyttökelpoista suopinta-alaa energia- ja kasvuturvetuotantoon on noin 1,2 miljoonaa hehtaaria. Se vastaa energiasisällöltään jopa kaksinkertaisesti Pohjanmeren öljyvarantoja. (Korhonen ym. 2008, 176.) Viime vuosina turvetuotannosta saatu energiamäärä on vaihdellut 25 TWh:n molemmin puolin, joka on Suomen vuotuisesta energiakulutuksesta noin 6–7 prosenttia (Tilastokeskus 2012).

3 TURVETUOTANNON YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Turvetuotanto vaikuttaa tuotantoalueen ja hydrologisen vaikutusalueen luonnon monimuotoisuuteen vähentämällä luonnontilaisia suotyypejä sekä pienentämällä alueella elävien eliöiden elinympäristöä. Luvan saamiseksi turvetuotannon harjoittajan on laadittava ympäristöselvitys, jossa mainitaan, mihin kaikkiin luonnonarvoihin tuotanto vaikuttaa. Maisemallisesti turvetuotantokentät kuitenkin muistuttavat maatalouspeltoa, lukuun ottamatta puuttuvaa kasvillisuuspeitettä. (Väyrynen ym. 2008, 26–27.) Turpeessa on noin 2/3 Suomen hiilivarastosta, kokonaishiilimäärältään noin yhdeksän kertaa suurempi verrattuna elävän puuston sisältämään hiilen määrään (Kauppi ym. 1997, Korhosen ym. 2008, 67 mukaan).

3.1 Päästöt vesistöihin

Turvetuotantomailta tuleva vesi on yleensä ravinteikkaampaa, tummempaa ja humuspitoisempaa kuin luonnontilaisilta suomalaisilta tuleva. Kuormitus vesistöön vaihtelee suuresti vuosittain, vuodenajoittain sekä maantieteellisen sijainnin ja suotyypin mukaan. Suurten virtaamien aikana, kuten kevättulvien ja rankkasateiden aikana, kuormitus saattaa olla hyvinkin suurta, mutta kuivina kausina lähes olematonta. Vesien kulkua muuttaa soiden ojittaminen ja kuivattaminen, aiheuttaen nopeutuvaa kiintoaineen sekä liukoisten aineiden vapautumista suoraan vesistöön. (Väyrynen ym. 2008, 28). Luonnollisilla soilla liuenneet ravinteet kiertävät kuolleista kasveista uusiin kasvustoihin jääden suon ekosysteemiin (Korhonen ym. 2008, 56). Kiintoaines- ja ravinnekuormitukset ovat kuitenkin vähentyneet merkittävästi reilun 10 vuoden aikana vesiensuojelumenetelmien parantuessa (Korhonen ym. 2008, 181).

Turvetuotantoalueelta tuleva kiintoaineskuormitus syntyy turpeen eroosiosta ja sen kulkeutumisesta vesistöön. Sade ja veden virtaus irrottavat kiintoainesta maanpinnasta ja ojista kuljettaen sitä eteenpäin. Turvetuotantoalueelta syntyy myös liukoista orgaanista ainesta, humusta, joka yhdessä kiintoaineen kanssa huuhtoo tuotantoalueelta muun muassa typpeä, fosforia ja rautaa. Fosfori ja typpi huuhtoutuvat myös liukoisessa muodossa, fosfori fosfaattifosforina ja typpi ammonium- ja nitraattityyppinä. Kasvavan fosfori- ja typpikuormituksen aiheuttaa kiintynyt turpeen hajoaminen. Hajoamista edistää muun muassa lisääntyvä

pintavalunta sekä suon ojitus. (Tuukkanen, Kløve, Marttila, Heikkinen, Karppinen 2013, 4–5.) Valumaveden fosfori- ja humuspitoisuuden on havaittu laimenevan valunnan kasvaessa ja lisääntyvän pienten valuntojen aikana, jolloin vesi on seisonut pitkään turvekerroksessa. Typpikuormituksen on havaittu kasvavan suurten valuntojen aikana, jolloin vesi huuhtoo nitraattityppeä kyllästymättömästä kerroksesta. (Kløve 2001, Tuukkasen ym. 2013, 5–6 mukaan.)

3.2 Pöly ja melu

Turvetuotannossa käytettävistä työkoneista aiheutuu melua sekä pölyä lähiseudulle. Pöly- ja melusaastetta pyritään vähentämään muodostamalla suojavaoähykkeitä asutuksien ja tuotantoalueen välille. Myös kuljetusreittien valinnalla sekä tuotantoa aikatauluttamalla voidaan vähentää alueen haittoja. (Korhonen ym. 2008, 181.) Turvetuotantoalueet sijoittuvat yleensä haja-asutusalueelle, jossa on suhteellisen vähän muita melu- ja pölylähteitä. Tämän vuoksi toiminta voi aiheuttaa helposti havaittavia melu- ja pölyvaikutuksia, vaikka päästöjen ohjearvot eivät ylittyisi. (Väyrynen ym. 2008, 30.)

4 VESIENSUOJELUTOIMET

Jotta turvetuotannon aiheuttamat ympäristövaikutukset olisivat mahdollisimman vähäiset, on jokaisella tuotantoalueella käytettävä parasta mahdollista käyttökelpoista tekniikkaa (BAT). Turvetuotantoalueella BAT määritellään aina tapauskohtaisesti, sillä parasta puhdistusmenetelmää ei aina ole mahdollista toteuttaa kaikilla tuotantoalueilla. Parhaimmiksi vesienkäsittelyvaihtoehdoiksi on todettu pintavalutuskenttä tai kemiallinen puhdistus, mutta tuotantoalueiden erityisolosuhteet ja tuotannon käyttökä määrittelevät, mihin vesiensuojeluratkaisuun lopulta päädytään. (Väyrynen ym. 2008, 33–34.)

Pienempiin turvetuotannon vesienkäsittelyihin yleensä riittävät lietesyvennykset, lietteenpidättimet, laskeutusaltaat sekä virtaamansäätörakenteet. Isommat tuotantoalueet koostuvat yleensä useasta rajatusta lohkosta, joihin rakennetaan omat vesiensuojelurakenteet. Ulkopuoliset vedet pyritään ohjaamaan tuotantoalueen ohi, mutta tarpeen vaatiessa vesi on johdettava tuotantoalueen vesienkäsittelyn kautta. Vesien käsittely on oltava toiminnassa myös talvella, sillä huomattava osa veteen valuvista päästöistä tulee kevään tulvissa ja talven valumissa. (Väyrynen ym. 2008, 34–35.)

Itse turpeenostoaueella rakennetaan sarkaojat, jotka varustetaan lietepidättimillä ja lietesyvennyksillä. Lietepidättimen tarkoitus on padottaa vesi sarkaojaan, jolloin veden mukana kulkeutuva suurempi kiintoaines ehtii laskeutua ojan pohjalle. (Väyrynen ym. 2008, 35.)

Laskeutusaltaat rakennetaan turvekentän vierelle, ja niiden tehtävänä on poistaa tuotantoalueelta tulevan veden kiintoainesta sekä sen mukana kulkeutuvia ravinteita. Allas tyhjenetään lietteestä tarpeen mukaan, mutta vähintään kerran vuodessa. Jos turvetuotantoalueella on sopivaa suoaluetta tai ylimääräistä turvealuetta, voidaan kuivatusvedet ohjata kulkemaan pintavalutuksena niiden läpi. Veden virratessa kasviaineksen läpi se puhdistuu fysikaalisissa, kemiallisissa ja biologisissa prosesseissa. (Väyrynen ym. 2008, 37.)

Suurten valumien aikana kiintoainekuormitus on suurinta. Virtahuippuja voidaan pienentää virtaamansäätöpadoilla, jotka asennetaan kokoomaajiin tai laskeutusaltaan yhteyteen. (Väyrynen ym. 2008, 39.)

Kuivatusvesien kemiallinen puhdistus perustuu kemikaalin saostamiskykyyn, jolloin veteen liuenneet ravinteet laskeutuvat pohjalle. Menetelmä on puhdistusprosesseista tehokkaimpia, mutta vaatii enemmän erityisammattitaitoa ja jatkuvaa valvontaa kuin muut prosessit. Lisäksi on myös muita vähemmän käytettyjä vesiensuojelumenetelmiä, kuten ylivuotokenttä ja maaperäimeytys kangasmaalle. (Väyrynen ym. 2008, 39–40.)

5 TURVETUOTANNON YMPÄRISTÖLUPA JA VELVOITETARKKAILU

5.1 Ympäristölupa

Kaikille yli 10 hehtaarin suuruisille tuotantoalueille vaaditaan ympäristölupa (Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169, 1 §), johon on selvitettävä muun muassa:

- toiminnan aiheuttamien päästöjen laaduista ja määrästä veteen, ilmaan ja maaperään sekä aiheutuneesta tärinästä ja melusta
- mahdollisen onnettomuustilanteen estämissuunnitelma
- toiminta häiriötilanteessa
- päästöjen vähentämistoimenpiteet ja välineet
- arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltumisesta tuotantoalueelle (BAT). (Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169, 9 §.)

Lupaan kuuluu myös määräykset suorittaa

- mahdolliset korvausmaksut pilaantuneen alueen omistajalle/haltijalla (Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169, 11 §), kuten vesilain (27.5.2011/587 3 luku 14 §) määräämä kalatalousmaksu
- ympäristön pilaantumisen ehkäisemät toimenpiteet, liittyen tuotannon aloittamiseen, huoltoon sekä toiminnan lopettamiseen. (Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169, 19 §.)

Yli 150 hehtaarin tuotantoalueille vaaditaan ympäristövaikutusten arviointi ennen lupahakemuksen jättämistä. Turvetuotantoon tarvittavien lupien saamiseen ja tarkempien selvitysten tekemiseen kuluu yleensä kolmesta neljään vuotta. Suon valmisteluun varataan noin neljä vuotta. Tuotanto kestää usein 20–30 vuotta, riippuen turpeen laadusta, määrästä ja alueen sijainnista. (Korhonen ym. 2008, 177.) Lupa turvetuotannolle myönnetään yleensä toistaiseksi voimassa olevana, mutta myös määräaikaisena vanhoille, kohta tuotannosta poistuville turvekentille.

Toistaiseksi voimassa olevan luvan uusinta tarkistus tehdään tavallisesti 9–10 vuoden kuluttua päätöksestä. (Warsta 2008, 34.)

5.2 Velvoitetarkkailu

Turvetuotannon ympäristölupaan sisältyy toiminnan velvoitetarkkailu. Sen tavoitteena on selvittää vesistökuormituksen laatu ja määrä, toiminnan vaikutus alapuoliseen vesistöön sekä vesiensuojelun riittävyys. Velvoitetarkkailu voidaan yleisesti jakaa kuuteen osa-alueeseen: käyttö-, kuormitus-, vesistö-, pohjavesi- ja kalataloustarkkailuun sekä vesiin liittyvään luonnonsuojelulliseen tarkkailuun. (Vuoristo 1992, 12–14.)

Käyttötarkkailuun kuuluu pääasiassa käyttö-, hoito- tai työmaapäiväkirjan pito. Päiväkirjaan merkitään päivittäiset vesistöön vaikuttavat tapahtumat, huolto- sekä kunnostustoimenpiteet, vesiensuojelutoimenpiteet sekä poikkeustilanteet sääilmiöissä. Kuormitustarkkailuun kuuluvat vesistöön johdettavien vesien määrän ja laadun mittaukset sekä lietteen määrän ja laadun seuraaminen. Jos vesistöalueella on useita eri turvetuotantoalueita, voidaan alueittain tehdä tehotarkkailuja, jolloin lasketaan kyseisen suo- tai tuotantotyyppin kuvaavat ominaiskuormitusluvut. Tällöin muilla soilla voidaan tyytyä vain kevyempään vesistötarkkailuun. (Vuoristo 1992, 18–19.) Vesinäytteistä määritetään kiintoaines, kemiallinen hapenkulutus, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, pH sekä suosta riippuen myös rauta ja liukoisista ravinteista ammoniumtyppi, nitriitti-nitraattityppi ja fosfaattifosfori (Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä 2006, 10).

Vesistötarkkailuun kuuluvat vesistön tilaa kuvaavat selvitykset: alueelliset ja ajalliset vaihtelut sekä vaikutusten laajuus, ilmenemismuodot, voimakkuus ja muutokset vedessä, eliöissä sekä maa-aineksessa. Vesistötarkkailu järjestetään yleensä perusteellisemmin 3–5 vuoden välein ja välivuosina tehdään kevyehkö seuranta. Vesistöön voidaan tehdä myös yhteistarkkailu, jos alueella on useita tuotantoalueita. Jos tuotantoalue kuuluu pohjavesialueen läheisyyteen, on siellä tarkkailtava tuotannosta aiheutuvien päästöjen vaikutukset vedenlaatuun ja -määrään. Vesiin liittyvässä luonnonsuojelullisessa tarkkailussa seurataan vesistöihin riippuvaisten suojelunarvoisten eliöiden tilaa. (Vuoristo 1992, 20–23.)

Velvoitetarkkailun eri osilla saattaa olla eri suorittajat. Käyttötarkkailun suorittaa yleensä itse luvan hakija, mutta luotettavuuden ja haitankärsijöiden oikeusturvan vuoksi vesistön velvoitetarkkailun suositellaan suorittavan ulkopuolinen taho. (Vuoristo 1992, 26.) Velvoitetarkkailussa saadut aineistot, mukaan lukien myös mahdollisten muiden turvetuotantoalueiden tarkkailuaineistot, kootaan ja julkaistaan yhteiseksi vuosiraportiksi (Vuoristo 1992, 33).

6 VESISTÖÖN VALUVAN KUORMITUSPITOISUUKSIEN MALLINTAMINEN

Turvetuotannosta aiheutuvat vesistökuormitukset vaihtelevat suokohtaisesti ja muuttuvat tuotantovaiheen, vesiensuojelurakenteiden, vuosien ja vuodenaikojen mukaan. Tämän vuoksi tarvitaan hankekohtaista tietoa kuormituksesta ja pitoisuuksista, jossa tarkkailutiheys on optimoitu riittävän tarkkailuaineiston määrän saamiseksi. Vuodenajasta riippuen, tuotantoalueelta lähtevästä vedestä otetaan näytteitä kuukaudessa 1–4 kertaa. (Turvetuotannon tarkkailuryhmä 2006, 7, 11.) Tämä ei kuitenkaan aina välttämättä riitä, ja Alasaarelan ym. (1995, 13) mukaan tällaisten kokonaisuuksien hallinta tapahtuu helpointen matemaattisilla malleilla.

Analysoitaessa jonkin tekijän tai muuttujan riippuvuutta toisista tekijöistä tai muuttujista, käytetään sen saamiseksi yleensä regressioanalyysiä. Riippuvuutta kuvataan rakennetulla regressiomallilla, joka pyrkii selittämään selitettävän tekijän tai muuttujan havaittujen arvojen vaihtelun selittävien tekijöiden tai muuttujien havaittujen arvojen vaihtelun avulla. Muuttujien havaintoarvojen jakauma voidaan kuvata sopivasti valitulla graafisella esityksellä, esimerkiksi pistediagrammilla. Kuvio sopii erityisesti kahden muuttujan välisen riippuvuuden kuvaamiseen. Havaintopisteiden keskeistä sijaintia pistediagrammissa kuvataan aritmeettisilla keskiarvoilla. Tämä lasketaan x :n ja y :n arvoilla kaavojen 1 ja 2 mukaan. Muodostunut lukupari (\bar{x}, \bar{y}) on havaintoarvojen painopiste, joka kuvaa havainto-arvojen keskimääräistä sijaintia pistediagrammissa. Myöhemmin muodostettava regressionsuora kulkee painopisteen kautta. (Mellin 2006, 241–242, 247, 267, 293.)

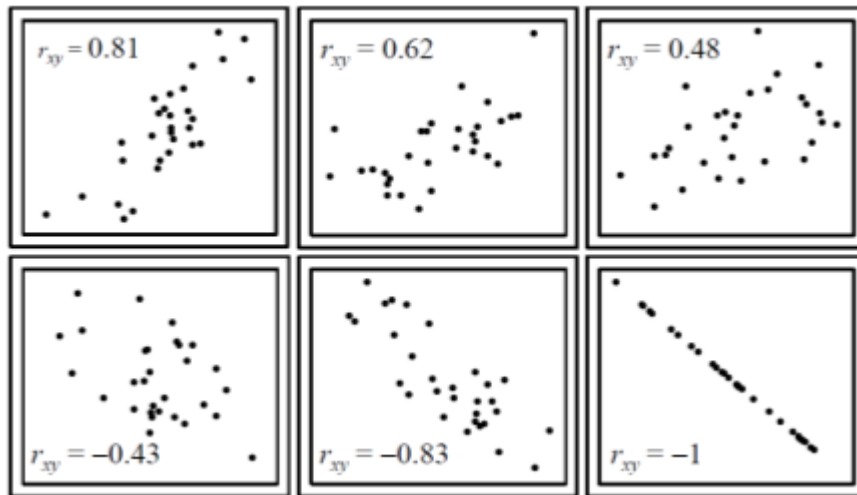
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2)$$

Havaintopisteiden välistä lineaarisen ja tilastollisen riippuvuuden voimakkuutta kuvataan Pearsonin otoskorrelaatiokerroimella. Korrelaatiokerroin saadaan laskemalla kaavalla (3)

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3),$$

jossa \bar{x} on x-havaintoarvojen aritmeettinen keskiarvo ja \bar{y} y-havaintoarvojen. Korrelaationkertoimen vaihteluväli on $[-1,+1]$, jossa arvot -1 ja $+1$ kertovat kaikkien pisteiden sijoittuvan samalle suoralle ja arvo 0 sen, ettei pisteiden välillä ole riippuvuutta (kuvio 1). (Mellin 2006, 249–250.)



KUVIO 1. Kahden muuttujan havaittujen arvojen pistediagrammin ilmeen ja korrelaation välinen yhteys, jossa arvoja on 30 (Mellin 2006, 251)

Regressioanalyysimalleja käytetään paljon tilastotieteessä, esimerkiksi varianssianalyyseissä, kalibroinnissa, aikasarjojen analyyseissä ja ennustamisessa sekä monimuuttujamenetelmissä. Regressioanalyysissä sovellettavat mallit voidaan luokitella usealla eri tavalla, kuten funktionaalisen muodon mukaan. Funktionaalisia muotoja ovat lineaarinen regressiomalli ja epälineaarinen regressiomalli. (Mellin 2006, 268–269.) Tässä opinnäytetyössä käytetään yhden selittäjän lineaarista regressiomallia, joten perehdytään vain siihen.

Lineaarista regressiomallia varten täytyy muodostaa regressiosuora, joka kulkee selitettävän ja selittävien tekijöiden arvojen kautta mahdollisimman läheltä kaikkia pisteitä (Mellin 2006, 270). Lineaarisen regressiosuoran yhtälön saadaan laskettua käsin, käyttäen esimerkiksi Mellinin (2006) antamia kaavoja, mutta yhtälön saamiseksi on käytettävissä myös eri mallinnusohjelmia. Tämä tapahtuu syöttämällä selitettävän ja selittävien tekijöiden arvot ohjelmaan, joka laskee

tekijöiden välisen regressionsuoran yhtälön ja tarvittavat muut arvot sekä muodostaa tekijöiden arvoista pistediagrammin ja regressionsuoran.

Saatu regressiosuoran yhtälö (4) on muodoltaan

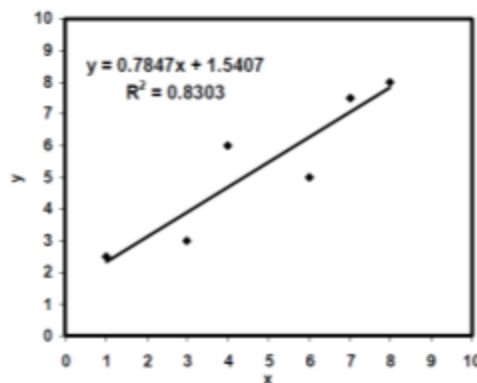
$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (4)$$

jossa β_0 on regressiosuoran vakiotermi, β_1 regressiosuoran kulmakerroin, x selittävä muuttuja ja y selitettävä muuttuja (Mellin 2006, 290).

Esimerkiksi keinotekoisesti kahden muuttujan aineiston havaintoarvoista (taulukko 1) saadaan muodostettua kuvion 2 mukainen pistediagrammi ja lineaarinen regressiosuora.

TAULUKKO 1. X:n ja y:n havaintoarvot

x	y
1	2,5
3	3
4	6
6	5
7	7,5
8	8



KUVIO 2 Regressionsuora ja sen yhtälö (Mellin 2006, 311)

Kuviossa 2 arvo 0,7847 kertoo sijainnin, missä suora leikkaa y-akselin, 1,5407 kertoo suoran jyrkkyyden koordinaatistossa ja R^2 -arvo on regressiokerroin, eli kertoo, kuinka muuttujien arvot sijoittuvat muodostetulle suoralle (Mellin 2006,

310–311). Tämän jälkeen regressionsuoran yhtälössä (4) olevan $x:n$ tilalle laitetaan tunnetun selittäjän arvot.

Muita mallinnuskeinoja

Yleensä samalla vesistöalueella on useita eri turvetuotantoalueita. Tämän vuoksi voidaan jättää tehostettu tarkkailu vain osalle alueen turvetuotantoalueille ja laskea näiden arvojen avulla samojen suo- tai tuotantotyyppisten alueiden kuormituksia. Näillä tuotantoalueilla tarkkailu voi olla silloin kevyempää. (Vuoristo 1992, 19.)

Suomen ympäristökeskuksella on käytössä koko Suomen kattava SYKE-WSFS-malli, joka laskee ja ennustaa muun muassa pohjaveden korkeuden, valumat sekä virtaamat ja vedenkorkeudet joissa ja järvissä. Tähän on yhdistetty VEMALA-kuormitusmalli. Yhdessä SYKE-WSFS- ja VEMALA-mallit laskevat maa-alueilta syntyviä kuormituksia ja niiden etenemistä vesistöissä. WSFS-VEMALA-malli perustuu useisiin malleihin ja työkaluihin, jotka ovat käytössä ja joista on kokemusta Suomessa. Kuormitustieto päivitetään vuorokausittain ulkoisille www-sivuille, mutta sivuille pääsee vain sertifikaatilla. (Huutunen, Huttunen, Tattari & Vehviläinen 2013.) Suomessa on tällä hetkellä ja kehitteellä myös muita kuormitusmallinnusohjelmia ja useat käyttävät ohjelmassaan SYKE:n WSFS-mallia.

Myös ulkomailla on kehitelty paljon erilaisia vesistömalleja, joita voidaan hyödyntää kuormitusselvityksissä. Esimerkiksi Portugalissa on kehitelty MOHID-vesistömallinnusohjelma, jolla voidaan tutkia kolmiulotteisesti veden kiertoa (MOHID 2006). Nämä ovat kuitenkin paljon monimutkaisempia, kuin tässä työssä käytetty mallinnustapa.

7 KOHTEEN KUVAUS

Tämän työn jatkuvatoimiset pH-mittalaitteet sijaitsevat Summanjoen yläjuoksulla Kouvolan Haapalan kylässä. Mittalaitteet on sijoitettu kohdalle, johon PJ-Turve Oy:n ja Vapo Oy:n omistat turvetuotantoalueet laskevat kuivatusvetensä. Tuotantoalueelta nostetaan energia- ja ympäristöturvetta jyrshintäturvemenetelmällä. Alue koostuu neljästä tuotantokuntoisesta osasta: PJ-Turve Oy:n omistamista Kankaanniemensoista, joihin kuuluvat Lakisuo, Heposaarensuo (kuva 1) ja Kähöjärvensuo, sekä Vapo Oy:n omistamasta Saaransuosta. (Kankaanniemensoiden jatkolupa 2012.) Kankaanniemensoiden tuotanto on aloitettu 1990-luvun lopulla ja turvetta nostettiin ennen vuoden 2004 ympäristölupaa niin sanotulla vesiensuojelun ennakoilmoituksella (Häikiö 2013). Saaransuon ympäristölupa astui voimaan vuonna 2010. Vuonna 2010 PJ-Turve Oy:n turpeennostoalue oli noin 88 hehtaaria ja vuotuinen tuotantomäärä on ollut noin 45 000 m³. (Kankaanniemensoiden jatkolupa 2012.) Saaransuon turpeennostoalue on noin 52 hehtaaria ja vuotuiseksi tuotantomääräksi on arvioitu keskimäärin 25 000 m³ (Saaransuon ympäristölupa 2008).



KUVA 1. Heposaarensuon turpeennostokenttä

Vesiensuojelumenetelmiksi alueelle on rakennettu sarkaoja-altaat, pästeputkipidättimet ja kokoomaojien virtaamasäätöpadot sekä pintapuomilliset laskeutusaltaat. Vesiensuojelun tehostamiseksi sarkaojien päihin on rakennettu lietesyvennykset, virtausta hidastavat lietepidättimet ja rumpuputket.

Heposaarensuon tuotantoalueen vedet johdetaan laskuojan kautta Summanjokeen. Vapo Oy:n ja PJ-Turve Oy:n vuonna 2006 tehdyn sopimuksen mukaan Lakisuon ja Kähöjärvensuon vedet johdetaan Saaransuon pintavalutus kentän kautta Summanjokeen vuodesta 2012 eteenpäin. PJ-Turve Oy maksaa Kankaanniemensoista kalakannalle aiheutuvasta haitasta kalatalousmaksua 300 euroa vuodessa. (Kankaanniemensoiden jatkolupa 2012.) Saaransuon ympäristöluvan (2008) mukaan Vapo Oy maksaa kalatalousmaksua 600 euroa vuodessa.

Heposaarensuon toiminta on arvioitu päättyvän vuonna 2015, jolloin koko Kankaanniemensoiden tuotantoalueen on arvioitu olevan yhteensä noin 38 hehtaaria. PJ-Turve Oy on saanut luvan Heposaarensuon 28 hehtaarin laajentamiselle. Vuotuinen tuotantotavoite laajennuksen jälkeen on noin 59 000 m³ ja arvioidaan kestävän vuoteen 2030 saakka. Heposaarensuon kuivatusvedet tullaan käsittelemään ympärivuotisesti kevytkemikalointilaitteella käyttäen kemikalointiainena rauta- tai alumiinisulfaattia. (Kankaanniemensoiden jatkolupa 2012.)

7.1 Kymijoen vesi ja ympäristö ry

Työn toimeksiantajana toimii Kymijoen vesi ja ympäristö ry. Se on Kouvolassa toimiva vesien- ja ympäristönsuojelua toimialueellaan edistävä yhdistys (KYVY 2013c). Suojelusta edistäviin toimiin kuuluu tuottaa vesien ja ympäristön havainnointi-, tarkkailu- sekä tutkimuspalveluja (KYVY 2013a).

Yhdistys perustettiin vuonna 1962 Kymijoen vesiensuojeluyhdistys -nimisenä ja vuonna 2002 nimi muutettiin Kymijoen vesi ja ympäristö ry:ksi. Toiminta-alue kattaa koko Kymijoen vesistön Pulkkilanharjulta Suomenlahteen. Pääosin toiminta muodostuu velvoitetarkkailuista, kuten vesistö-, kalatalous-, jätevesi-, turvesoiden suotovesien- sekä kaatopaikkojen vesistötarkkailuista. Palveluihin kuuluu myös järvi- ja levätutkimuksia, kuormitus- ja hajakuormitusselvityksiä sekä vesistöjen kunnostussuunnitelmien tekoa. Laadun varmistavat sertifioidut näytteenottajat sekä Eviran hyväksymä KLC-laboratorio. (KYVY 2013c.) Tällä hetkellä yhdistyksen henkilöstöön kuuluu yhdeksän vakituisen työntekijän lisäksi

hajajätevesi neuvontahankkeen viisi henkilöä. Toiminnanjohtajana toimii Esa Korkeamäki. (KYVY 2013b.)

7.2 Laitteet ja ohjelmat

Työssä käytettiin jatkuvatoimisina pH-mittauslaitteina WTW:n (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten) WQL-pH-dataloggereita (kuva 2). Ne sijoitettiin vuoden 2012 huhtikuussa Summanjokeen niin, että toinen mittaa pH:ta Kankaanniemensoiden ensimmäisen purkuojan yläpuolelta ja toinen muutaman sadan metrin päästä alajuoksulta (liite 1). Näin saatiin kuormitetulle pisteelle vertailukohde. Mittalaitteet otettiin pois Summanjoesta saman vuoden joulukuussa. Mittauslaitteiden mittausväliä voidaan säätää. Työssä käytettiin kolmen minuutin mittausväliä. Mittaustulokset tallentuvat laitteen omaan muistiin, josta ne siirretään manuaalisesti tietokoneelle laitteiden oman ohjelman avulla. Työssä kerättiin tulokset kolme kertaa, jolloin samalla puhdistettiin elektronipäät sekä vaihdettiin laiteiden paristot.



KUVA 2. Työssä käytetty jatkuvatoiminen pH-mittalaite (WQL-pH-dataloggeri)

Työssä käytettiin regressiosuoran mallintamiseen PAST- Palaeontological Statistics -ohjelmaa. PAST valittiin sen helpon käytettävyyden vuoksi, ja lisenssin voi ladata ilmaiseksi Internetistä. Regressiosuoran yhtälöä apuna käyttäen veden muiden parametrien simulointi tapahtui Microsoft Office Excel -laskentataulukko-ohjelmalla.

7.3 Veden laatu

7.3.1 Velvoitetarkkailu

Kankaanniemensoilla ja Saaransuolla on yhteinen tarkkailuohjelma, joka sisältää käyttö-, kuormitus-, vesistö- ja kalataloustarkkailuohjelmat. Kuormitusnäytteitä otetaan kahdelta eri pisteeltä, pintavalutuskentälle menevästä ja sieltä lähtevästä vedestä. Vuonna 2012 näytteitä otettiin kaksi kertaa kuukaudessa ja vuodesta 2013 eteenpäin kerran kuukaudessa. Näytteistä määritetään kiintoaine, kemiallinen hapenkulutus, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, rauta ja pH sekä mittapadolta mitataan lähtevän veden virtaama. Mittapato on varustettu jatkuvatoimisella veden korkeusmittarilla. (Mattila, Raunio & Mäntynen 2011, 2–5.)

Vesistötarkkailupisteitä on kolme: Summanjoella, tuotantoalueen purkupaikan ylä- ja alapuolella sekä Sanijärvellä. Summanjoelta haetaan vuodessa kolme näytettä sijoittuen keväälle, kesälle sekä syksylle ja Sanijärveltä loppupalvesta sekä loppukesästä. Summanjoelta otetaan pintavedestä lämpötila, happi, hapenkyllästys, pH, sähkönjohtavuus, väri, kemiallinen hapenkulutus, kiintoaine, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, nitriitti-nitraattityppi, suodattamaton fosfaattifosfori ja rauta. Summanjoen virtaama mitataan näytteenottopisteiden läheisyydestä. (Mattila ym. 2011, 5–6.)

Summanjoelta otetaan myös piilevänäytteitä, joita käytetään biologisena tarkkailumenetelmänä. Tämän avulla saadaan tietoa vesien rehevyydestä, ekologisesta tilasta ja erityyppisten kuormitusten vaikutuksista.

Kalataloustarkkailuun kuuluvat vuosittainen sähkökoekalastus ja koeravustus sekä kolmen vuoden välein kalojen elohopeapitoisuusmittaus. (Mattila ym. 2011, 7.)

7.3.2 Summanjoki

Summanjoen yläosa on vedenlaadultaan rehevöitynyt sekä virtaamaltaan pieni ja matala joki (kuva 3). Sen yläosan valuma-alue on suovaltaista ja metsäojitettua, mikä tekee vedestä tummaa sekä rauta- että humuspitoista. Vedenlaatuun vaikuttaa maa- ja metsätalouden hajakuormitus. Summanjoki laskee Sanijärveen Kankaanniemensoista muutaman kilometrin jälkeen, josta eteenpäin Enäjärveen ja edelleen Suomenlahteen. (Kankaanniemensoiden jatkolupa 2012.)



KUVA 3. Summanjoki kuormitetulla pisteellä

7.3.3 Soilta lähtevän veden laatu

Kankaanniemensoilta ja Saaransuolta tuleva ja pintavalutuskentältä lähtevä vesi on ollut keskimäärin hapanta, ja välillä kiintoainemäärät ovat nousseet hyvinkin korkealle, jopa 500-prosenttisesti (liite 2). Verrattuna Etelä-Suomessa sijaitsevan pintavalutuskentällisen turvetuotannon päästöihin kokonaisfosforipäästöt ovat olleet keskimäärin kaksin verroin korkeampia. Keskimäärin kiintoaines- ja kokonaistyyppipäästöt ovat olleen samaa tasoa vertauskohteiden kanssa. (Vapo Oy 2009, 23.)

8 RAJAUS JA VIRHELÄHTEET

8.1 Rajaus

Työn perus- ja vertailuaineistona käytettiin velvoitetarkkailusta saatuja vedenlaatu-aineistoja. Regressiosuoran yhtälöön käytettiin velvoitetarkkailussa vuodesta 2000 alkaen saatuja vuosittaisia tuloksia (liite 3). Näytteenotokertoja oli vuonna 2000 yksi kertaa, vuosina 2001–2011 kaksi tai kolme kertaa vuodessa ja vuonna 2012 neljä kertaa. Jokaisesta näytteestä on määritetty laboratoriossa muun muassa pH, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, väri, kemiallinen hapenkulutus, rauta ja kiintoaines. Simuloitujen tulosten oikeellisuus verrattiin saman vuoden laboratoriotuloksiin.

Työn mallinnettaviksi parametreiksi valittiin kiintoaines, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, rauta ja kemiallinen hapenkulutus. Nämä ovat turvetuotannon aiheuttamia veden laatua heikentäviä tekijöitä ja velvoitetarkkailuun kuuluvia mitattavia arvoja. Vuorokauden keskiarvon mukainen mallintaminen valittiin siksi, että mallinnuksessa käytettiin vain yhtä selittävää tekijää. Tuloksia ei kannata tämän vuoksi ajallisesti kovintaan tarkasti mallintaa. Ilmatieteen laitokselta saatiin alueen vuorokauden sadannan sekä ilman lämpötilan vuorokautinen keskiarvo.

8.2 Virheet

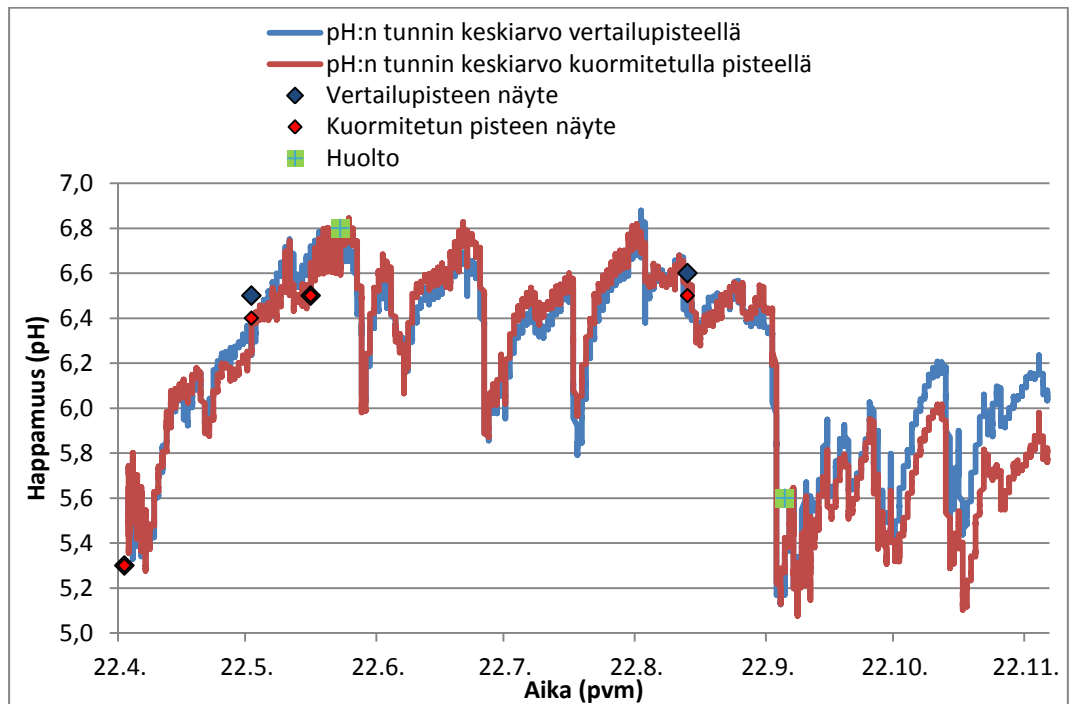
8.2.1 pH-mittaus

Jatkuvatoimiset pH-mittarit laitettiin Summanjokeen vasta ensimmäisen vuoden 2012 näytteenoton jälkeen. Tämän vuoksi ensimmäistä laboratoriotulosta ei voida verrata pH-mittarien antamiin tuloksiin. Taulukosta 2 ja kuviosta 3 huomataan, kuinka jatkuvatoimisten pH-mittareiden antamat pH-arvot ovat samoissa arvoissa laboratoriossa saatujen kanssa. Kuormitetun pisteen laboratoriotulokset ovat identtiset jatkuvatoimisen pH-mittarin antaman tulosten perusteella, kun näytteenottoaika tiedetään tarkalleen. Vertailupisteen tarkkaa näytteenottoaikaa ei ole tiedossa, mutta kuviosta 3 huomataan eron olevan hyvin pieni kyseisen päivän

muihin lukemiin. Tästä voidaan päätellä, että käytettyjen mittareiden antamat tulokset ovat luotettavia. Huoltoajankohtina, joita tehtiin mittausaikana kaksi kertaa (13. kesäkuuta ja 26. syyskuuta), puhdistettiin anturien päät ja vaihdettiin mittalaitteen paristo. Anturien puhdistukset eivät vaikuttaneet tuloksiin merkittävästi.

TAULUKKO 2. Vuoden 2012 jatkuvatoimisten pH-mittarien ja laboratorion antamat pH-tulokset

Otetut näytteet		Jatkuvatoiminen pH -mittari					
PVM	V1 pH	V2 pH	PVM	V1 pH	V2 pH	PVM	V2 pH
23.4.2012	5,3	23.4.2012 10:45	5,3	23.4.2012 12:45	6,3	23.4.2012 15:04	5,5
23.5.2012	6,5	23.5.2012 12:45	6,4	23.5.2012 12:46	6,2	23.5.2012 12:46	6,3
6.6.2012	6,5	6.6.2012 12:20	6,5	6.6.2012 12:20	6,7	6.6.2012 12:22	6,6
3.9.2012	6,6	3.9.2012 14:20	6,5	3.9.2012 14:22	6,6	3.9.2012 14:22	6,5



KUVIO 3. Vuoden 2012 jatkuvatoimisten pH-mittarien tuntikeskiarvon ja laboratorion antamat pH-tulokset sekä jatkuvatoimisten pH-mittarein huoltoajankohdat

8.2.2 Simuloinnin epätarkkuus

Lineaariseen regressionsuoran yhtälön saamiseksi käytettiin 29–30 laboratoriotulosta (liite 3). Käytettyjen tulosten määrä vaikuttaa olennaisesti

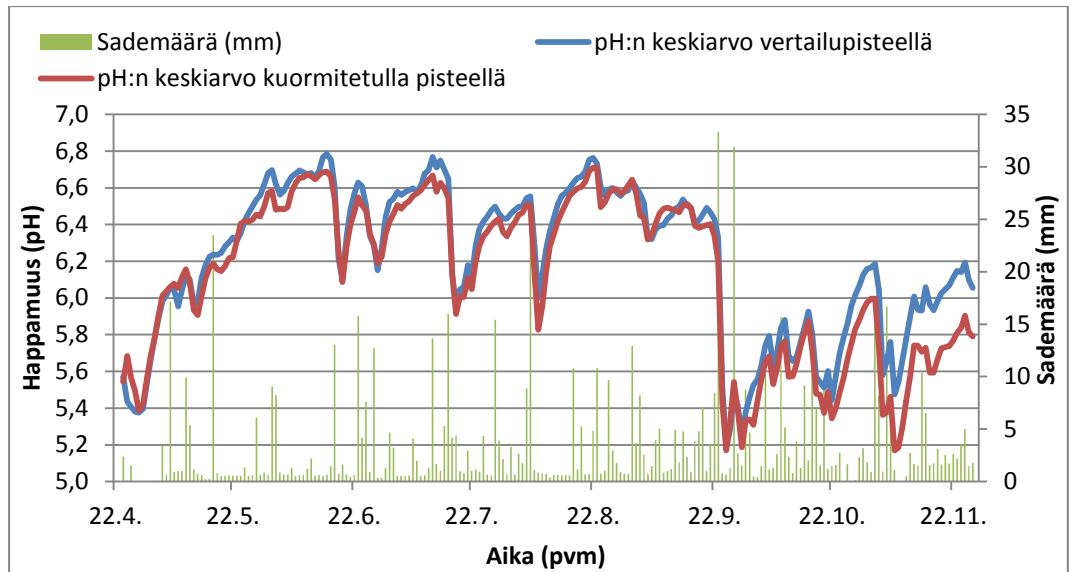
regressiosuoran yhtälön luotettavuuteen. Tässä työssä käytetty otos on tarpeeksi laaja, minkä vuoksi sitä voidaan pitää luotettavana. Laboratoriosta saatujen arvojen hajonta heittelee kuitenkin suuresti osissa pistediagrammeissa. Liitteenä 4 olevista pistediagrammeista huomataan, että varsinkin happamissa arvoissa hajonta on suurinta. Tästä syystä happamissa pitoisuuksissa ei voida välttämättä kovin luotettavasti simuloida tuloksia. Kuitenkin suurin osa arvoista sijoittuu muodostetun suoran läheisyyteen, jolloin regressiosuoraa voidaan pitää luotettavana. Jokaisen regressiosuoran kaavaa laadittaessa on laskettu suoran korrelaatiokerroin (liitteessä 4). Kertoimen arvo kertoo, kuinka hyvin happamuuden vaihtelulla voidaan kuvata kyseisen selitettävän tekijän arvojen vaihtelu. Fosforin, typen ja kiintoaineen kohdalla simuloituja arvoja voidaan verrata myös Suomen ympäristökeskuksen WSFS-mallin avulla saatuihin Summanjoen arvoihin.

9 TULOKSET

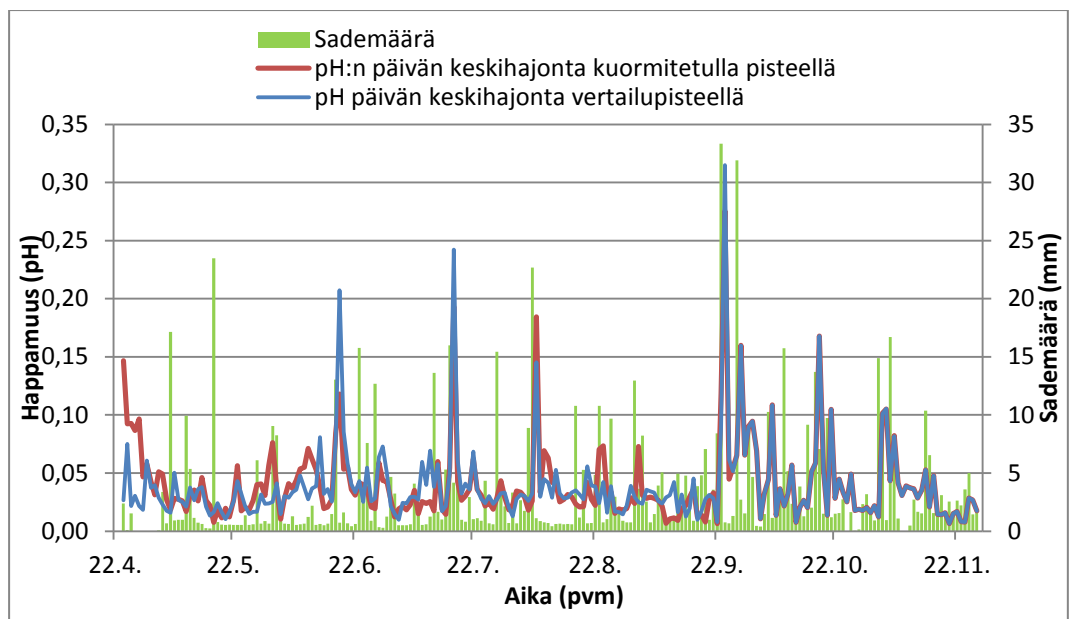
Vuosien 2000–2012 otettujen näytteiden arvojen avulla (liite 3) rakennettiin lineaariset regressiosuoran yhtälöt kummankin pisteen parametreille (liite 4). Yhtälöt saatiin käyttämällä PAST- Palaeontological Statistics -ohjelmaa. Ohjelman avulla saatiin myös korrelaatiokertoimet (R^2). Muodostetun regressiosuoran yhtälön avulla laskettiin Microsoft Excel -taulukossa Summanjoen veden muiden parametrien arvoja jatkuvatoimisten pH-mittareista saatujen arvojen avulla. Veden simuloituja kuormituspitoisuuksia verrattiin laboratoriossa saatuihin tuloksiin. Laboratorioon tuodut näytteet otettiin Summanjoen vertailupisteestä ja kuormitetusta pisteestä vuoden 2012 helmikuun 23., toukokuun 23., kesäkuun 6. ja syyskuun 3. päivä. Myös ilman lämpötilojen arvoista rakennettiin regressiosuoran yhtälö PAST-ohjelmalla. Päivien sademäärät liitettiin samaan taulukkoon, mihin pH-mittalaitteiden tulokset olivat laitettu. Näiden keskinäistä vaihtelua pystyttiin taulukon avulla arvioimaan silmämääräisesti.

9.1 pH

Kuviosta 4 huomataan hyvin, kuinka päivittäinen sademäärä vaikuttaa Summanjoen happamuuteen. Mitä enemmän vettä on satanut, sitä happamammaksi Summanjoen vedenlaatu on tullut. Happamuus on kuitenkin lähtenyt takaisin laskuun sadepäivän jälkeen. Sateen vaikutus selittää osan myös päivien suurista keskihajonneista (kuvio 5). Vertailupisteellä ja kuormitetulla pisteellä ei ole suurta eroa päivän keskihajonnassa, lukuun ottamatta huhtikuun loppua. Sen sijaan syyskuun lopulta lähtien pisteiden päiväkohtaiset keskihajonnat ovat identtiset.



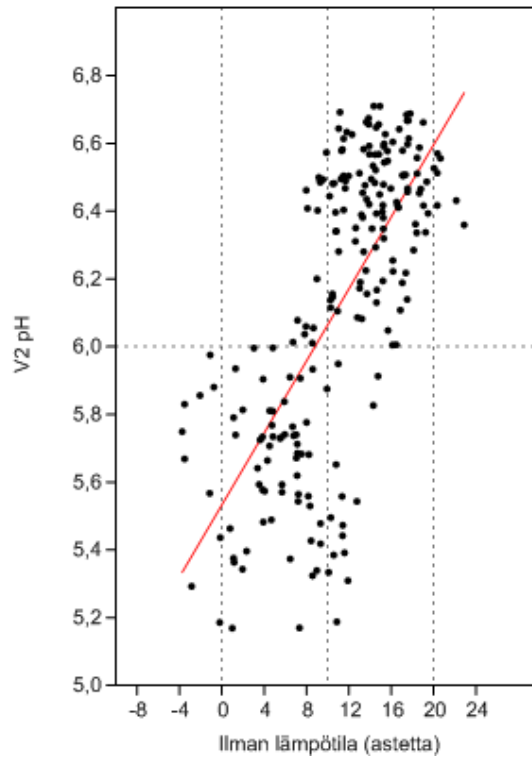
KUVIO 4. Vuoden 2012 kohdealueen päivän sademäärän vaikutus jatkuvatoimisten pH-mittareiden antamien tulosten päivän keskiarvoon



KUVIO 5. Sateen vaikutus päivän keskihajontaan

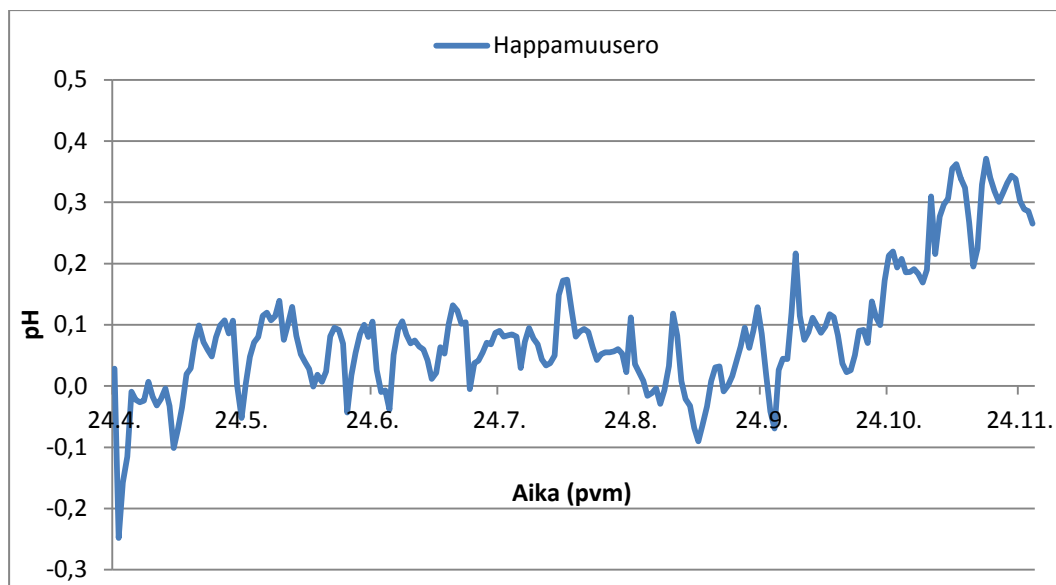
Kuviosta 6 huomataan, kuinka lämpötilan kasvaessa Summanjoen happamuus on laskenut. Suureen hajontaan vaikuttaa muun muassa sadanta.

Korrelaatiokertoimen arvo on lämpötilan ja pH:n välillä 0,49 (liite 4).



KUVIO 6. Summanjoen happamuuden ja ilman lämpötilan välinen yhteys kuormitetulla pisteellä, regressiosuoran yhtälöllä = $5,5331 + (0,053137 * ilman\ lämpötila)$

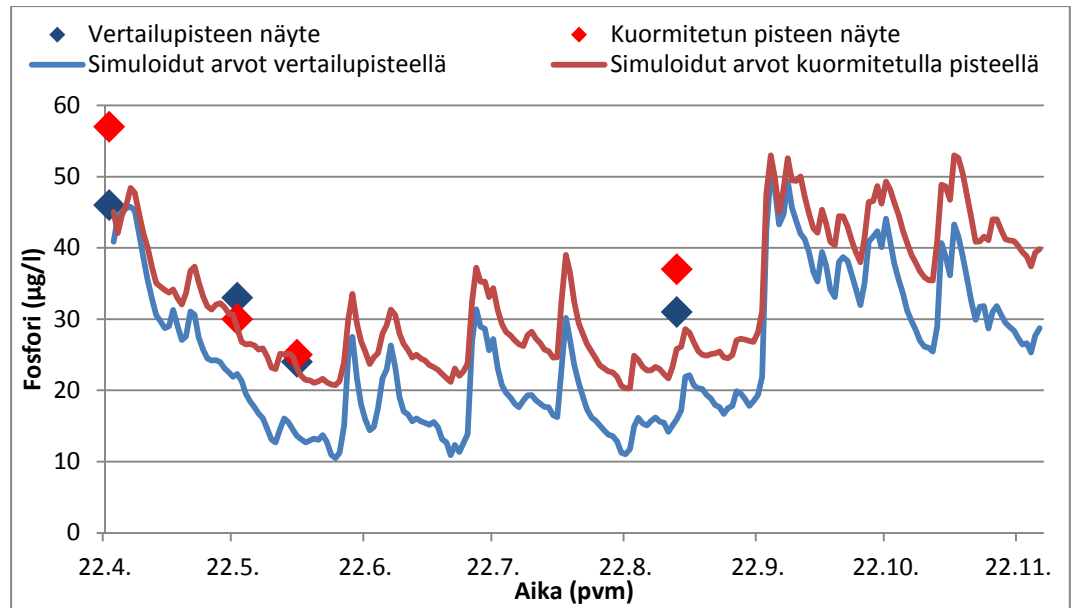
Happamuusero vertailupisteen ja kuormitetun pisteen välillä on ollut pientä suurimman osan ajasta, kuten kuvioista 7 nähdään. Kuormitetun pisteen happamuusero kasvaa hieman suuremmaksi loppuvuodesta. Vertailupisteen ohi kulkenut vesi on välillä ollut myös hieman happamampaa, kuin kuormitetun pisteen kautta kulkenut. Tämä voi johtua veden huonosta sekoittuneisuudesta tai siitä, että kohdealueelta on tullut vähemmän hapanta valuntaa, kun Summanjoen yläjuoksulta tuleva.



KUVIO 7. Vuoden 2012 vertailupisteen ja kuormitetun pisteen happamuusero päivän keskiarvolla, jossa positiiviset arvot kertovat kuormitetunpisteen veden olevan happamampaa

9.2 Kokonaisfosfori

Mallintamisella saadun lineaarisen regressionsuoran yhtälön avulla saatiin laskettua veden muiden parametrien simuloituja arvoja kyseiselle ajanjaksolle. Fosforipitoisuuden kohdalla kuviosta 8 nähdään, kuinka laboratoriossa saadut tulokset sijoittuvat kaaviossa simuloitujen kokonaisfosforin arvojen lähetyville. Simuloidut arvot eivät poikkea kovinkaan paljoa laboratoriotuloksista, mutta ovat pääasiassa hieman pienempi arvoisia. Simuloitujen arvojen pisteiden välinen suhde on kuitenkin eri, kuin laboratoriossa saatujen tulosten. Korrelaatiokertoimet fosforin ja pH:n välillä ovat kuormitetulle pisteellä 0,54 ja vertailupisteellä 0,56 (liite 4). pH:n vaihtelulla voidaan kertoimen mukaan selittää jo osan kokonaisfosforin vaihtelusta.

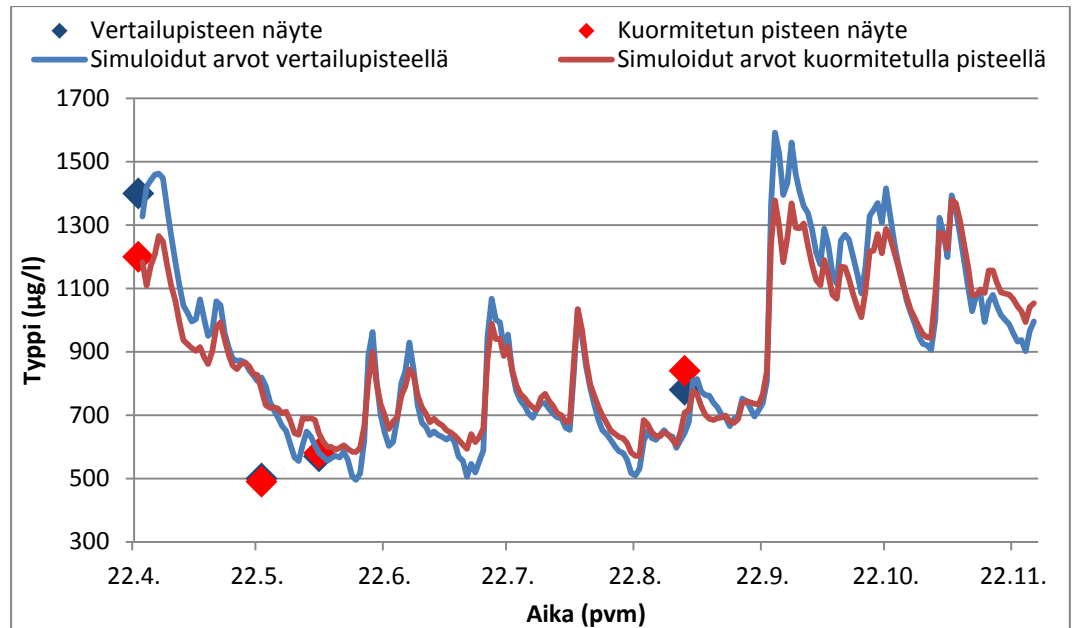


KUVIO 8. Vuoden 2012 kokonaisfosforin päivän keskiarvolla simuloitua ja laboratoriossa saadut arvot

Verrattaessa Suomen ympäristökeskuksen WSFS-mallin simuloituja fosforin kuormitusarvoja (liite 5) ja tämän työn simuloituja arvoja voidaan havaita, etteivät ne ole samanarvoisia vertailupisteellä eivätkä kuormitetulla pisteellä. Vain harvoina päivinä simulointimallien kuormitusarvot ovat lähellä toisiaan. Laboratoriossa saadut arvot sijoittuvat paremmin tämän työn simulointimallilla saatujen arvojen kanssa kuin SYKE:n WSFS-mallilla saatujen kanssa.

9.3 Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppipitoisuuden kohdalla simuloitua arvoa sijoittuvat laboratoriotulosten kohdalle paremmin kuin fosforin kohdalla. Vain toukokuun näyte poikkeaa huomattavasti simuloitusta arvosta (kuvio 9). Simuloitujen arvojen pisteiden välinen suhde on sama kuin laboratoriotuloksissa. Typen arvojen vaihtelu voidaan selittää pH:n vaihtelulla, sillä korrelaatiokertoimet ovat tämän työn korkeimmat. Korrelaatiokertoimet ovat kuormitetulla pisteellä 0,64 ja vertailupisteellä 0,73 (liite 4).

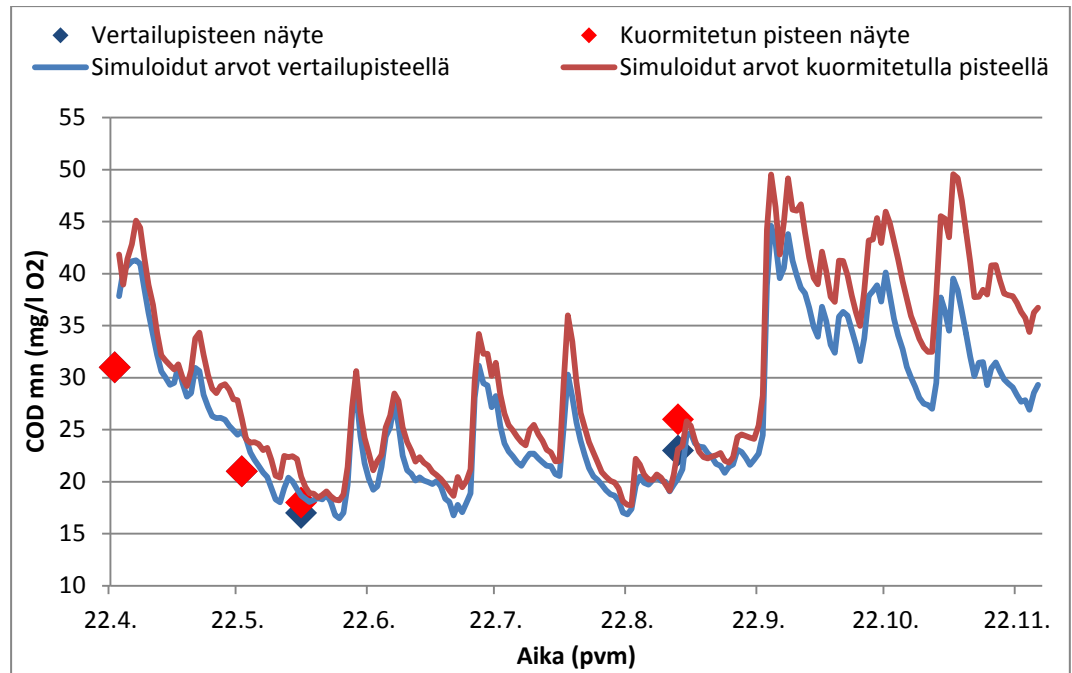


KUVIO 9. Vuoden 2012 kokonaistypen päivän keskiarvolla simuloitua ja laboratoriossa saadut arvot

Typen kohdalla, SYKE:n WSFS-mallilla saadut kuormitusarvot (liite 5) ovat kummallakin pisteellä lähempänä tässä työssä simuloitujen arvojen kanssa kuin fosforin kohdalla. Kuitenkin mallien päivän keskiarvon välinen erotus on vielä suurta. Laboratoriossa saadut arvot, 22.4. suoritettua näytettä lukuun ottamatta, ovat kumpienkin simuloitujen arvojen kanssa samaa suuruusluokkaa.

9.4 Kemiallinen hapenkulutus

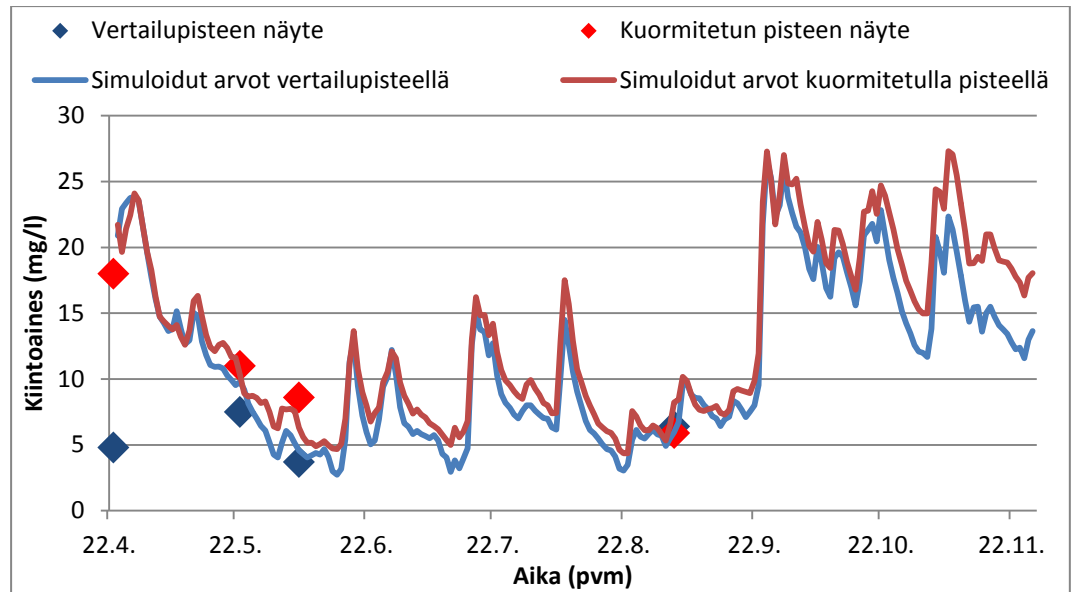
Kuviosta 10 nähdään, kuinka hyvin kemiallisen hapenkulutuksen kohdalla simulaatio osuu yhteen laboratoriotulosten kanssa. Simuloitujen arvojen suhde pisteiden välillä on sama, kuin laboratoriotulosten. Selityskertoimien mukaan myös kemiallisen hapenkulutuksen vaihtelua voidaan selittää pH:n vaihtelulla. Korrelaatiokertoimien arvot ovat kuormitetulla pisteellä 0,66 ja vertailupisteellä 0,60 (liite 4).



KUVIO 10. Vuoden 2012 kemiallisen hapenkulutuksen päivän keskiarvolla simuloidut ja laboratoriossa saadut arvot

9.5 Kiintoaines

Kiintoaineksen kohdalla simuloitujen arvojen suhde on hieman eri kuin laboratoriossa saatujen tulosten. Muuten simuloidut arvot osuvat melkein laboratoriossa saatujen arvojen kohdille (kuvio 11). Korrelaatiokerroimet ovat kuitenkin alhaiset, mikä kuvaa vain vähäistä yhteyttä pH:n ja kiintoaineksen kanssa. Kuormitetulla pisteellä korrelaatiokerroin on 0,31 ja vertailupisteellä 0,28 (liite 4).



KUVIO 11. Vuoden 2012 kiintoaineen päivän keskiarvolla simuloitua ja laboratoriossa saadut arvot

Vertaamalla SYKE:n WSFS-mallia ja tämän työn simuloituja kiintoaineen kuormitusarvoja (liite 5) huomataan, etteivät arvot tämänkään parametrin kohdalla ole kovin yhteneviä. Päivien keskiarvojen erotus on varsinkin syksyllä hyvin suuri. WSFS-mallilla, kuten tässäkin työssä saadut arvot ovat kuitenkin laboratoriossa saatujen arvojen kanssa samankaltaisia. On vaikea arvioida laboratorioarvojen perusteella, kummat simuloitua arvot ovat luotettavampia.

9.6 Rauta

Raudan kohdalla simulointia ei tehty, sillä sen selityskertoimien arvot ovat hyvin pienet. Tämän mukaan raudan arvoilla ei ole suurta yhteyttä pH:n vaihtelun kanssa. Korrelaatiokertoimet ovat kuormitetulle pisteelle 0,28 ja vertailupisteelle 0,15 (liite 4).

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Summanjokeen asennetut jatkuvatoimiset pH-mittalaitteet toimivat mittausajan luetettavasti. Pitoisuuksissa ei huomattu eroavaisuutta verrattaessa laboratoriossa saatuihin tuloksiin, eikä mittalaitteiden antamissa arvoissa ollut poikkeumia. Regressiosuoran yhtälöön käytetyissä laboratoriossa analysoiduissa vesinäytteen arvoissa saattoi olla pieniä virheitä, jotka olivat tulleet väärin otetuista näytteistä, kuljetuksista tai analysoinneista. Virheiden painoarvo kuitenkin minimoitui laajahkon otannan vuoksi.

Säällä huomattiin olevan vaikutusta Summanjoen veden pH-arvoon. Sateisina päivin veden pH laski jyrkästi happamammaksi, mutta heti seuraavina kuivempina päivinä arvot alkoivat nousta takaisin. Happamuuden kasvu sateisina päivinä saattoi johtua lisääntyneestä valunnasta tuotantoalueilta. Ilman lämpötilan noustessa myös veden pH nousi lineaarisesti neutraalimmaksi. Summanjoen pH-arvon noustessa huomattiin, että joen kokonaisfosforin, kokonaistypen ja kiintoaineen pitoisuudet sekä kemiallisen hapenkulutuksen arvot laskivat lineaarisesti.

pH-arvojen ja veden muiden parametrien arvojen välisissä pistediagrammeissa on kuitenkin hajontaa, varsinkin happamissa arvoissa. Hajonnasta voidaan todeta, että haluttaessa tarkkaa tietoa kuormituksesta, ei pelkkää pH:ta voida käyttää selittävänä tekijänä. Lineaarisuus on kuitenkin selvä, ja simuloitut tulokset ovat lähellä laboratoriossa saatujen arvojen kanssa. Tämä tarkoittaa, että turvetuotannon kokonaiskuormituksen suuntaa antava simulointi voi onnistua jo näin yksinkertaisella toimenpiteellä. Kuitenkin simuloinnin luotettavuutta pitäisi vielä tarkkailla enemmän tihentämällä vesinäytteenottokertoja.

Suomen ympäristökeskuksen WSFS-mallilla saadut tulokset poikkeavat suuresti tässä työssä saatuihin tuloksiin. Laboratoriossa saadut arvot ovat keskiarvolta kauempana SYKE:n mallin arvoista kuin tämän työn mallilla. Kuitenkaan täydellistä varmuutta ei voida todeta vain muutaman arvon perusteella.

Simuloinnin perusteella Summanjoen kuormitetun pisteen kokonaisfosforipitoisuudet ovat olleen huhtikuun lähes nolla-arvoa lukuun ottamatta kuukausikeskiarvoiltaan 6–11 µg/l suurempia kuin vertailupisteen.

Kokonaistypen kohdalla vertailupisteen pitoisuudet ovat olleet useasti kuormitettua pistettä suuremmat, joten on vaikea arvioida simuloinnin perusteella tuleeko tuotantoalueelta typpipitoista vettä vai johtuuko erot huonosta veden sekoittumisesta. Kemiallinen hapenkulutus on ollut pisteiden välillä hyvin samankaltaista kesällä, mutta loppuvuodesta vertailupisteen kemiallinen hapenkulutus on hieman kasvanut. Tämä tarkoittaa, että tuotantoalueelta on tullut humuspitoisempaa vettä kuin Summanjoen yläjuoksulla virtaava. Myös tuotantoalueelta tuleva kiintoaineksen määrä on lisääntynyt loppuvuodesta. Simuloinnin mukaan huhti–syyskuussa kuormitetun pisteen kiintoainespitoisuudet ovat olleet vain 2 mg/l suuremmat kuin vertailupisteellä, mutta marraskuussa pisteiden ero on ollut noin 5 mg/l. Sijoittamalla jatkuvatoimiset pH-mittalaitteet suoraan purkuojaan saataisiin tarkempaa tietoa tuotantoalueen kuormituspitoisuuksista.

Perinteistä näytteenottoa ei kuitenkaan pidä lopettaa, vaikka kokonaiskuormituksen saamiseksi käytettäisiin jatkuvatoimista pH-mittalaitetta. Näytteenotolla voidaan varmistaa mittalaitteen luotettavuus ja määrittää muita veden parametreja, joita ei pystytä mallintamaan pH-mittalaitteen avulla.

LÄHTEET

Alasaarela, E., Karvonen, T., Kokkila, T., Koponen, j., Kouvalainen, S., Lauri, H. & Virtanen, M. 1995. Maankäytön vaikutuksia kuvaava vesistömalli - esimerkkinä turvetuotannon vaikutukset Iijoen vesistöalueella. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Huttula, T., Lindfors, A. & Kiirikki M. 2004. Vedenlaadun seuranta automatisoituu [viitattu 27.4.2013]. Teoksessa *Vesitalous* 5. 29–32. Forssan kirjapaino Oy. Saatavissa: http://www.vesitalous.fi/upload/lehtiarkisto/2004/5_2004.pdf

Huttunen, I., Huttunen, M., Tattari, S., & Vehviläinen, B. 2013. SYKE-WSFS-VEMALA vesistömallin vedenlaatuosio. Koko Suomen kattava kuormituslaskenta typelle, fosforille ja kiintoainekselle [viitattu 27.3.2013]. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: [https://syke.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/2/TapahtumanTiedostot/385/Vesist%C3%B6mallij.%20vedenlaatuosio%20\(VEMLA\).pdf](https://syke.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/2/TapahtumanTiedostot/385/Vesist%C3%B6mallij.%20vedenlaatuosio%20(VEMLA).pdf)

Häikiö, M. 2013. VS: Kankaanniemensoiden ympäristölupa (nro 32/04/2) [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Rissanen, A. Lähetetty 1.2.2013.

Kankaanniemensoiden jatkolupa 2012. Aluehallintovirasto, Etelä-Suomi. Päätös nro 181/2012/2. Saatavissa: http://www.avi.fi/fi/virastot/etelasuomenavi/Ymparistojavesitalousluvat/Vesiluvat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/Vuosi%202012/esavi_paatos_181_2012_2-2012-09-06.pdf

Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. 2008. Suomi - Suoma. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Helsinki: Art Print Oy.

KYVY 2013a. [viitattu 15.3.2013]. Saatavissa: <http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/index.html>

KYVY 2013b. Henkilöstömme [viitattu 15.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/taso4.html>

KYVY 2013c. Toiminta [viitattu 15.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.kymijoenvesijaymparisto.fi/taso2.html>

Mattila, J., Raunio, J. & Mäntynen H. 2011. Saaransuon ja Kankaanniemensoiden turvetuotantoalueiden käyttö-, kuormitus-, vesistö- ja kalataloustarkkailuohjelma. Kymijoen vesi ja ympäristö ry.

Mellin, I. 2006. Tilastolliset menetelmät: Lineaarinen regressioanalyysi [viitattu 19.3.2013]. Saatavissa: <http://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Regranal.pdf>

MOHID. 2006. What is MOHID [viitattu 27.3.2013]. Saatavissa:

http://www.mohid.com/what_is_mohid.htm

Saaransuon ympäristölupa 2008. Itä-Suomen ympäristölupaviraston päätös nro 17/08/1. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=79972>

Tilastokeskus. 2012. Energian hankinta ja kulutus 2011 [viitattu 19.1.2013].

Saatavissa: http://www.stat.fi/til/ehk/2011/ehk_2011_2012-12-13_fi.pdf

Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä. 2006. Turvetuotannon tarkkailuopas [viitattu 15.3.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=51169&lan=fi>

Tuukkanen, T., Klöve, B., Marttila, H., Heikkinen, K. & Karppinen, A. 2013.

Tilastollinen analyysi turvetuotannon vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä [viitattu 13.3.2013]. Saatavissa:

<http://www oulu.fi/poves/pdf/tuveku.pdf>

Vapo Oy. 2009. Turvetuotantoalueiden vesistökuormituksen arviointi YVA-hankkeessa ja ympäristölupahakemuksissa. Yhteenveto tutkimusten ja kuormitustarkkailujen tuloksista. Pöyry.

Vesilaki 27.5.2011/587. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Vuoristo, H. (toim.) 1992. Yleisohjeet velvoitetarkkailusta. Helsinki: Valtion painatuskeskus. Saatavissa myös:

<http://www.environment.fi/download.asp?contentid=131400&lan=fi>

Väyrynen, T., Aaltonen, R., Haavikko, H., Juntunen, M., Kalliokoski, K., Niskala, A-L. & Tukiainen, O. 2008. Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas. Helsinki: Edita Prima Oy. Saatavissa myös:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=89011>

Warsta, M. 2008. Artikkel V. Ympäristölupajärjestelmän kustannustehokkuudesta toiminnanharjoittelijan ja hallinnon näkökulmasta - esimerkkitoimialoina metsäteollisuus ja turvetuotanto. Teoksessa Warsta, M. Ympäristölupajärjestelmä - Analyysi nykytilasta ja kehittämismahdollisuuksia. Helsinki: Edita.

Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000169>

Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>

LIITTEET

LIITE 1. Kartta Kankaanniemensoista ja Saaransuosta

LIITE 2. Vuoden 2012 osa velvoitetarkkailun tuloksista

LIITE 3. Vuosien 2000–2012 osa tuloksista Summanjoen
velvoitetarkkailupisteiltä V1 ja V2

LIITE 4. Regressiosuorat

LIITE 5. SYKE:n ja Simuloitujen arvojen kuviot

LIITE 1. Kartta Kankaanniemensoista ja Saaransuosta



LIITE 2/1. Vuoden 2012 osa velvoitetarkkailun tuloksista

NäytePvm	HavPaik	Näytteen nimi	K-aine mg/l	pH	COD Mn mgO2/l	kok.N µg/l	Kok.P µg/l	Fe spek µg/l
23.4.2012	V1	0.5	4,8	5,3	31	1400	46	640
23.5.2012	V1	0.5	7,5	6,5	21	500	33	770
6.6.2012	V1	0.5	3,7	6,5	17	570	24	490
3.9.2012	V1	0.5	6,4	6,6	23	780	31	950
23.4.2012	V2	0.5	18	5,3	31	1200	57	1000
23.5.2012	V2	0.5	11	6,4	21	490	30	730
6.6.2012	V2	0.5	8,6	6,5	18	580	25	730
3.9.2012	V2	0.5	5,9	6,5	26	840	37	1100
15.3.2012	V3	1	4,9	6,4	19	1200	33	1500
3.9.2012	V3	1	5,6	6,6	23	640	35	970
15.3.2012	V3	3	3,9			1100	41	1600
3.9.2012	V3	3	5,6			640	30	820
3.1.2012	H5	0.1	15	5,6	64	2400	120	3000
16.1.2012	H5	0.1	24	5,8	68	1700	98	3800
2.2.2012	H5	0.1	16	5,9	59	2600	140	3700
17.2.2012	H5	0.1	51	5,9	92	3800	230	6300
28.2.2012	H5	0.1	19	6	50	1900	130	4000
15.3.2012	H5	0.1	17	6,2	49	2200	140	4000
27.3.2012	H5	0.1	18	6,3	32	2600	140	3000
11.4.2012	H5	0.1	110	6,1	37	2200	280	8000
23.4.2012	H5	Ei näytteitä!						
10.5.2012	H5	0.1	270	6,3	37	1200	530	11000
23.5.2012	H5	0.1	23	6,5	35	930	91	2100
6.6.2012	H5	0.1	27	6,7	34	1400	92	2600
18.6.2012	H5	0.1	130	6,5	63	2600	170	5300
4.7.2012	H5	0.1	33	6,6	39	1500	93	3700
20.7.2012	H5	0.1	33	6,3	63	2100	77	2700
31.7.2012	H5	0.1	25	6,6	48	2000	100	3300
13.8.2012	H5	0.1	11	7	39	1400	64	3000
3.9.2012	H5	0.1	28	6,3	47	1900	94	2200
18.9.2012	H5	0.1	8	6,8	41	1600	56	2900
2.10.2012	H5	0.1	16	5,6	62	2600	87	3100
16.10.2012	H5	0.1	23	5,7	54	2200	110	1900
6.11.2012	H5	0.1	25	5,7	47	2100	110	1700
20.11.2012	H5	0.1	14	6,4	34	1500	63	2000
3.12.2012	H5	0.1	20	6,3	30	1300	71	2800
20.12.2012	H5	0.1	28	6,2	27	1700	72	2700

LIITE 2/2. Vuoden 2012 osa velvoitetarkkailun tuloksista

NäytePvm	HavPaik	Näytteen nimi	K-aine mg/l	pH	COD Mn mgO2/l	kok.N µg/l	Kok.P µg/l	Fe spek µg/l
3.1.2012	H6	0.1	4,2	5	67	2300	93	1600
16.1.2012	H6	0.1	5,4	5,1	70	1600	91	1800
2.2.2012	H6	0.1	3,1	5,4	68	2200	100	1700
17.2.2012	H6	0.1	2,2	5,5	60	2000	110	1700
28.2.2012	H6	0.1	1,5	5,7	61	2300	110	2100
15.3.2012	H6	0.1	2,4	5,7	63	2200	120	2500
27.3.2012	H6	0.1	2,9	5,8	85	2800	230	3700
11.4.2012	H6	0.1	3,9	5,9	88	2700	220	4300
23.4.2012	H6	Ei näytteitä!						
10.5.2012	H6	0.1	21	5,6	45	1200	130	3100
23.5.2012	H6	0.1	5,7	5,8	57	980	120	1400
6.6.2012	H6	0.1	6,8	5,8	55	1700	130	1500
18.6.2012	H6	0.1	37	5,9	69	2000	190	3200
4.7.2012	H6	0.1	4,4	6	70	1500	180	2500
20.7.2012	H6	0.1	11	5,8	54	2400	130	2100
31.7.2012	H6	0.1	8,3	5,9	71	2000	210	2900
13.8.2012	H6	0.1	3,7	6	63	1800	120	2300
3.9.2012	H6	0.1	8	5,6	59	1900	90	1700
18.9.2012	H6	0.1	4	6,1	56	1600	77	2100
2.10.2012	H6	0.1	9,2	5,3	64	2200	75	2600
16.10.2012	H6	0.1	5,4	5,5	49	2100	61	1300
6.11.2012	H6	0.1	8	5,6	42	1500	55	1300
20.11.2012	H6	0.1	3,8	5,9	37	1400	52	1000
3.12.2012	H6	0.1	5	6	34	1400	49	1600
20.12.2012	H6	0.1	6,4	6,1	31	1500	55	1800
keskiarvo			7,22	5,60	59	1886,67	116,58	2158,33

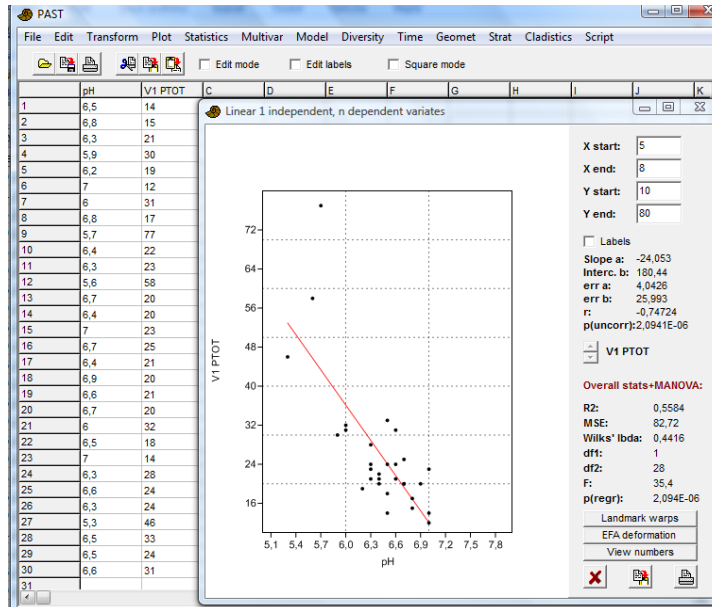
LIITE 3/1. Vuosien 2000–2012 osa tuloksista Summanjoen
velvoitetarkkailupisteiltä V1 ja V2

NäytePvm	HavPaik	Kiint GF/C	pH	Väri	COD Mn	kok.N	Kok.P	Fe spek
8.6.2000	V1	2,4	6,5	75	16	530	14	460
19.9.2000	V1	2,1	6,8	120	19	560	15	610
23.5.2001	V1	8,5	6,3	150	23	730	21	790
20.9.2001	V1	4,3	5,9	250	39	920	30	980
16.5.2002	V1	8,4	6,2	140	21	660	19	780
25.9.2002	V1	3	7	45	7,7	460	12	400
21.5.2003	V1	19	6	160	27,4	1100	31	1000
18.9.2003	V1	1,5	6,8	100	14	490	17	620
16.4.2004	V1	62	5,7	200	31	1700	77	1800
17.5.2004	V1	10	6,4	120	19	580	22	740
15.9.2004	V1	6,3	6,3	200	24	810	23	930
19.5.2005	V1	33	5,6	300	39	1600	58	1600
14.9.2005	V1	4,6	6,7	120	18	540	20	860
7.6.2006	V1	5,4	6,4	180	26	870	20	1100
13.9.2006	V1	5	7	120	15	540	23	920
7.6.2007	V1	6,2	6,7	140	18	680	25	850
13.9.2007	V1	3,8	6,4	160	23	580	21	860
5.6.2008	V1	3,9	6,9	100	13	450	20	580
9.9.2008	V1	3,2	6,6	160	28	930	21	810
2.6.2009	V1	4,2	6,7	120	16	510	20	660
8.9.2009	V1	5,2	6	280	48	900	32	1100
1.6.2010	V1	5,4	6,5	150	25	710	18	33
6.9.2010	V1	3,5	7	60	7,6	310	14	490
18.5.2011	V1	7	6,3	120	26	600	28	670
8.6.2011	V1	3,4	6,6	100	14	440	24	2200
5.9.2011	V1	3,1	6,3	250	39	980	24	930
23.4.2012	V1	4,8	5,3	200	31	1400	46	640
23.5.2012	V1	7,5	6,5	140	21	500	33	770
6.6.2012	V1	3,7	6,5	120	17	570	24	490
3.9.2012	V1	6,4	6,6	160	23	780	31	950

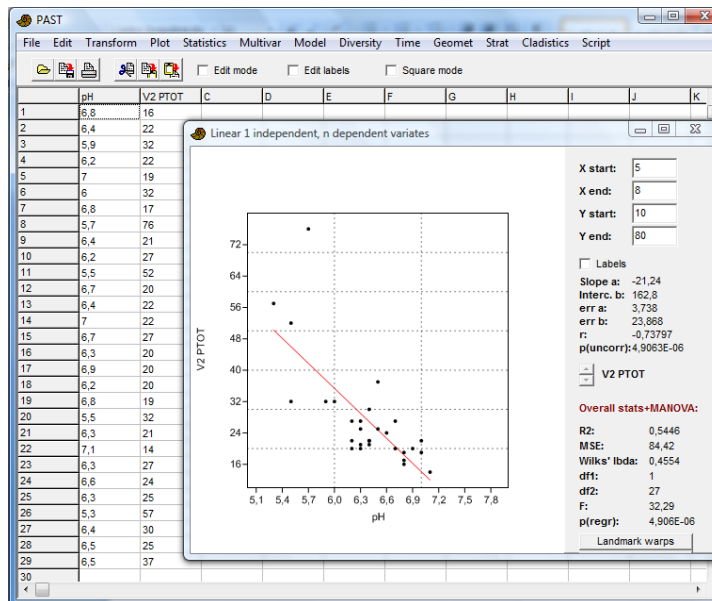
LIITE 3/2. Vuosien 2000–2012 osa tuloksista Summanjoen
velvoitetarkkailupisteiltä V1 ja V2

NäytePvm	HavPaik	Kiint GF/C	pH	Väri	COD Mn	kok.N	Kok.P	Fe spek
19.9.2000	V2	1,5	6,8	120	17	540	16	600
23.5.2001	V2	7,2	6,4	150	22	720	22	800
20.9.2001	V2	5,4	5,9	200	49	930	32	980
16.5.2002	V2	8,4	6,2	140	20	630	22	740
25.9.2002	V2	3	7	45	7,8	450	19	520
21.5.2003	V2	21	6	160	26,9	1100	32	1000
18.9.2003	V2	1,8	6,8	100	14	460	17	620
16.4.2004	V2	66	5,7	200	31	1600	76	1900
17.5.2004	V2	9,5	6,4	120	19	670	21	700
15.9.2004	V2	7	6,2	200	27	810	27	1100
19.5.2005	V2	30	5,5	300	42	1400	52	1600
14.9.2005	V2	4,5	6,7	120	18	580	20	950
7.6.2006	V2	6	6,4	180	26	750	22	930
13.9.2006	V2	3,5	7	130	17	780	22	1200
7.6.2007	V2	9	6,7	130	18	750	27	960
13.9.2007	V2	3,8	6,3	160	25	650	20	860
5.6.2008	V2	5,5	6,9	100	14	410	20	930
9.9.2008	V2	3	6,2	260	40	860	20	1100
2.6.2009	V2	4,5	6,8	120	16	530	19	970
8.9.2009	V2	7,4	5,5	280	60	1000	32	1200
1.6.2010	V2	5,6	6,3	180	26	670	21	920
6.9.2010	V2	2,5	7,1	70	8,4	350	14	610
18.5.2011	V2	6,4	6,3	140	26	520	27	700
8.6.2011	V2	4,2	6,6	120	15	390	24	1400
5.9.2011	V2	3,4	6,3	250	38	1100	25	1000
23.4.2012	V2	18	5,3	200	31	1200	57	1000
23.5.2012	V2	11	6,4	140	21	490	30	730
6.6.2012	V2	8,6	6,5	130	18	580	25	730
3.9.2012	V2	5,9	6,5	200	26	840	37	1100

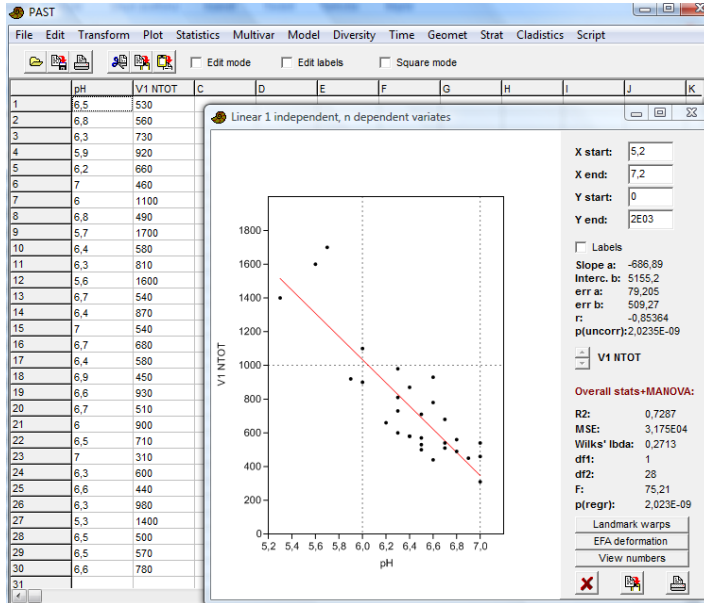
LIITE 4. Regressiosuorat



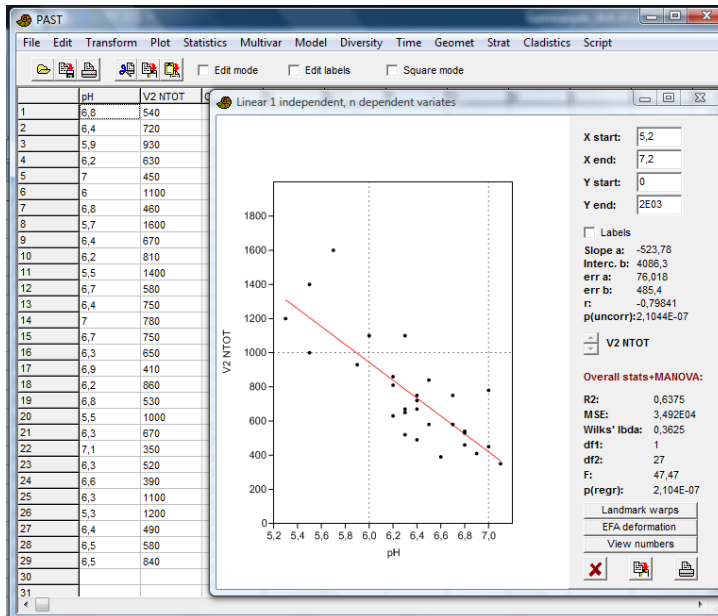
4/1. Vertailupisteen pH ja kokonaisfosforin välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö
 $= 180,44 + (-24,053 * pH)$



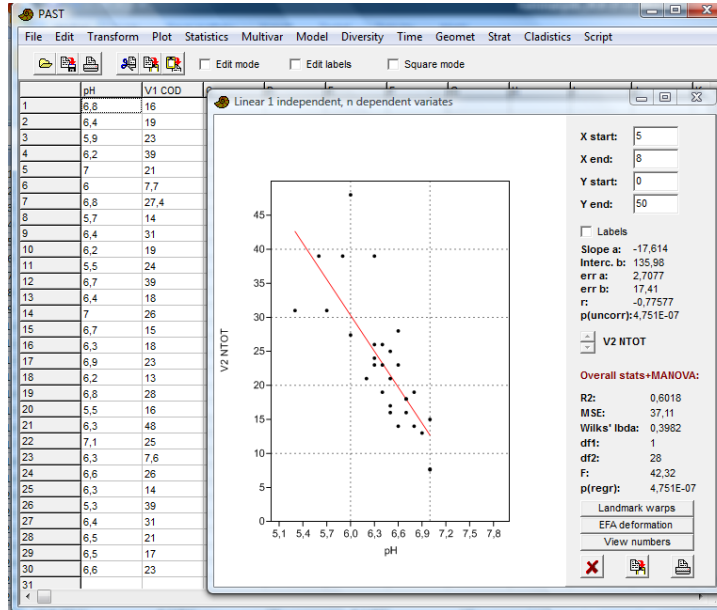
4/2. Kuormitetulla pisteen pH ja kokonaisfosforin välinen yhteys, regressiosuoran
 yhtälö $= 162,8 + (-21,24 * pH)$



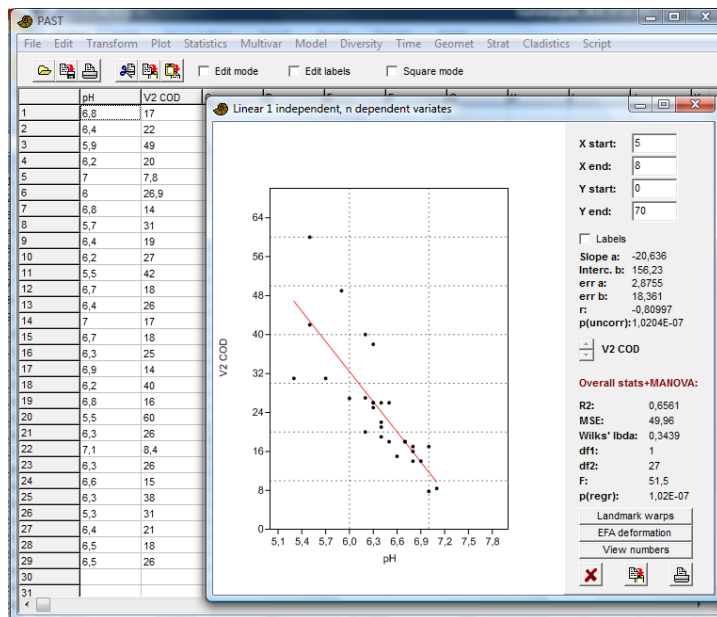
4/3. Vertailupisteen pH ja kokonaistypen välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö
 $= 5155,2 + (-686,89 * pH)$



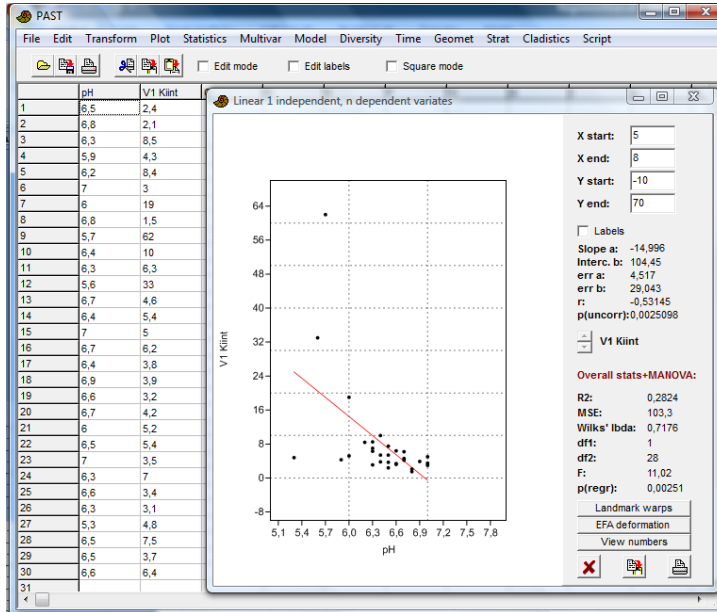
4/4. Kuormitetulla pisteen pH ja kokonaistypen välinen yhteys, regressiosuoran
yhtälö $= 4086,3 + (-523,78 * pH)$



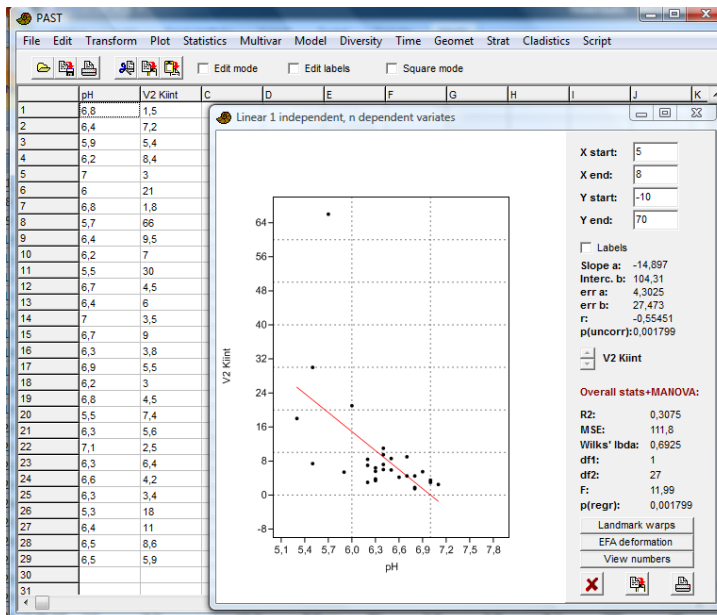
4/5. Vertailupisteen pH ja kemiallisen hapenkulutuksen välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö = $135,98 + (-17,614 * pH)$



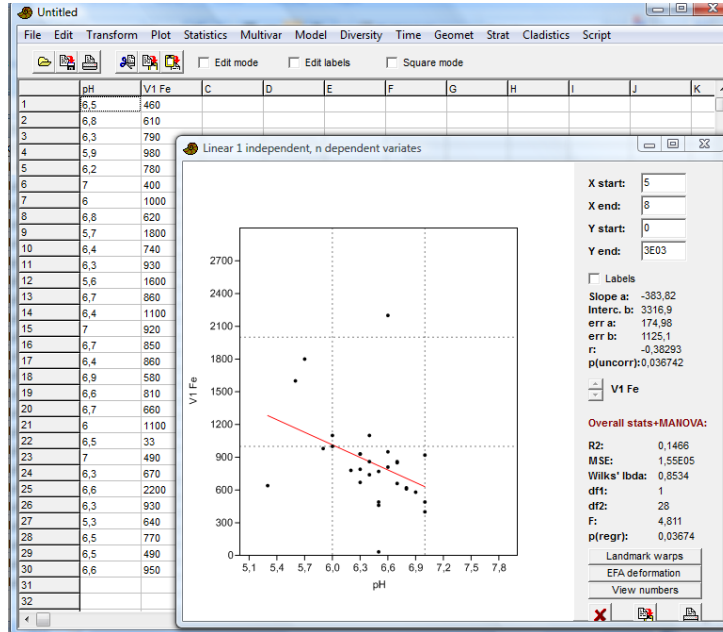
4/6. Kuormitetulla pisteen pH ja kemiallisen hapen välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö = $156,23 + (-20,636 * pH)$



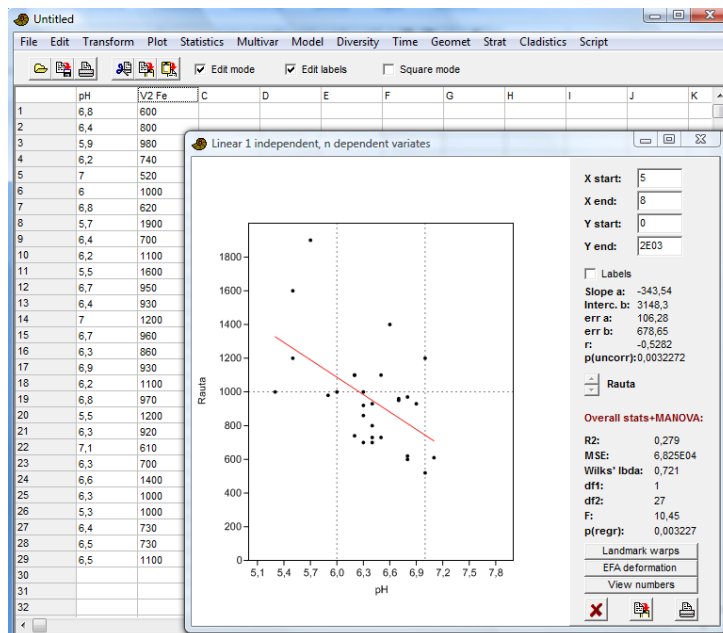
4/7. Vertailupisteen pH ja kiintoaineen välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö
 $= 104,45 + (-14,96 * pH)$



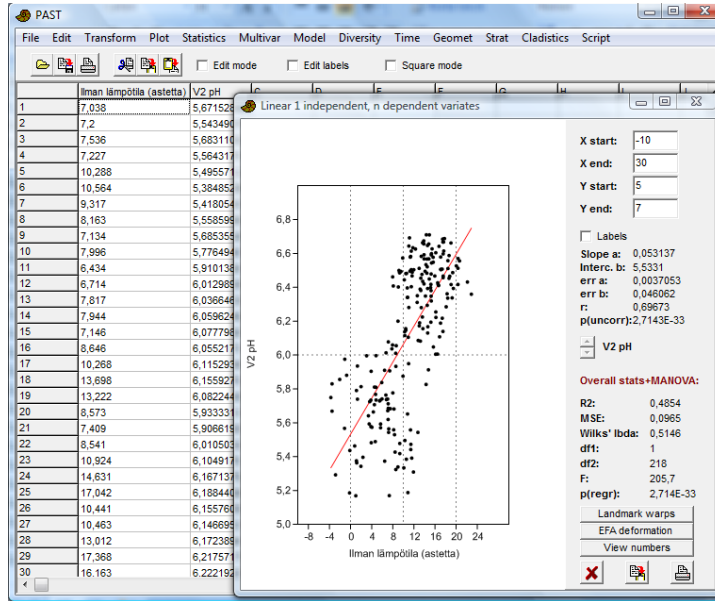
4/8. Kuormitetulla pisteen pH ja kiintoaineen välinen yhteys, regressiosuoran
yhtälö $= 104,31 + (-14,897 * pH)$



4/9. Vertailupisteen pH ja raudan välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö
 $= 3316,9 + (-383,82 * pH)$

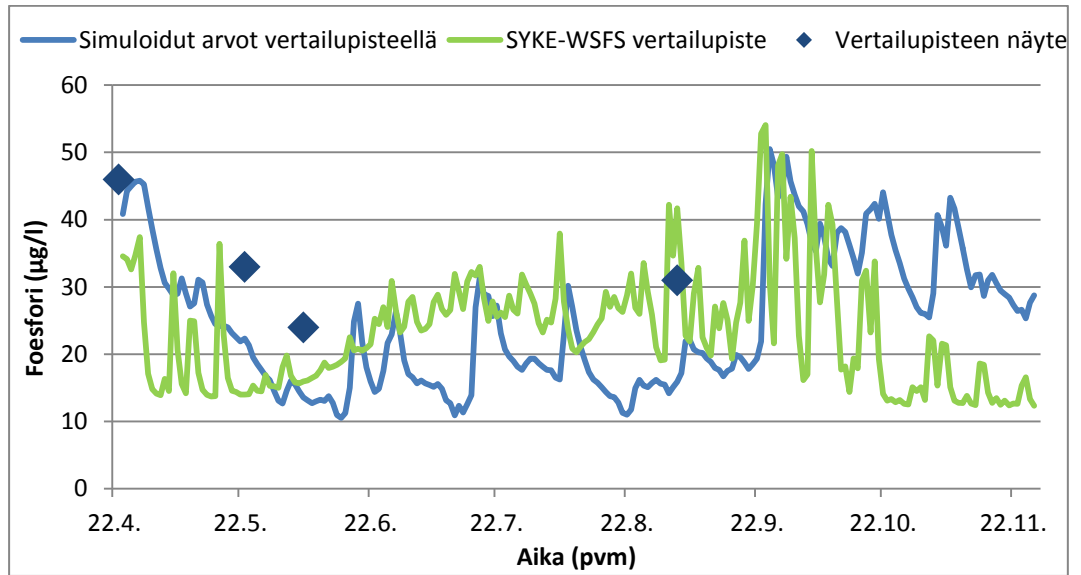


4/10. Kuormitetulla pisteen pH ja raudan välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö
 $= 3148,3 + (-343,54 * pH)$

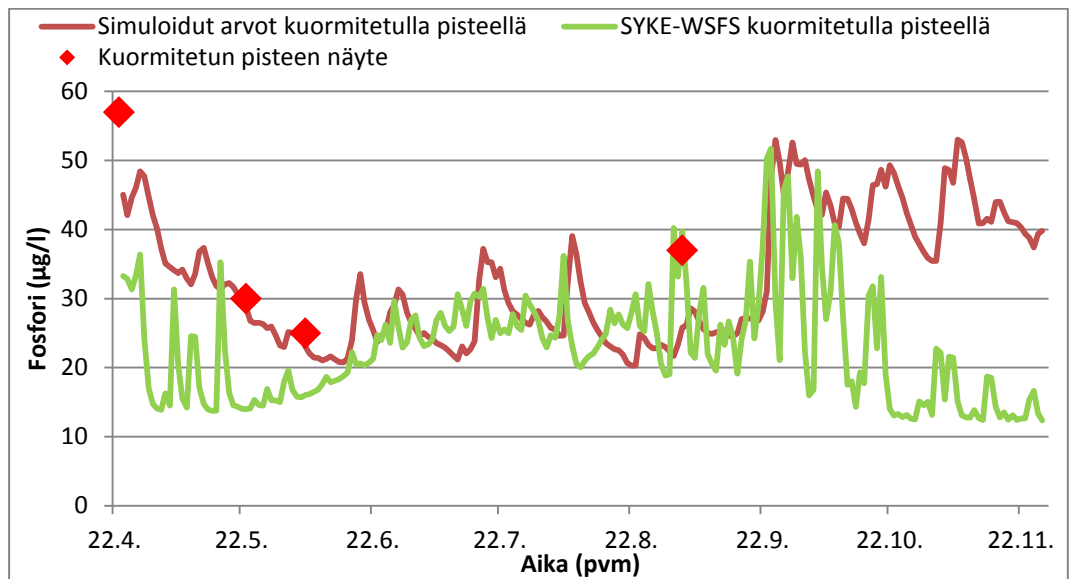


4/11. Kuormitetulla pisteen pH ja ilmanlämpötilan välinen yhteys, regressiosuoran yhtälö = $5,5331 + (0,053137 * \text{ilman lämpötila})$

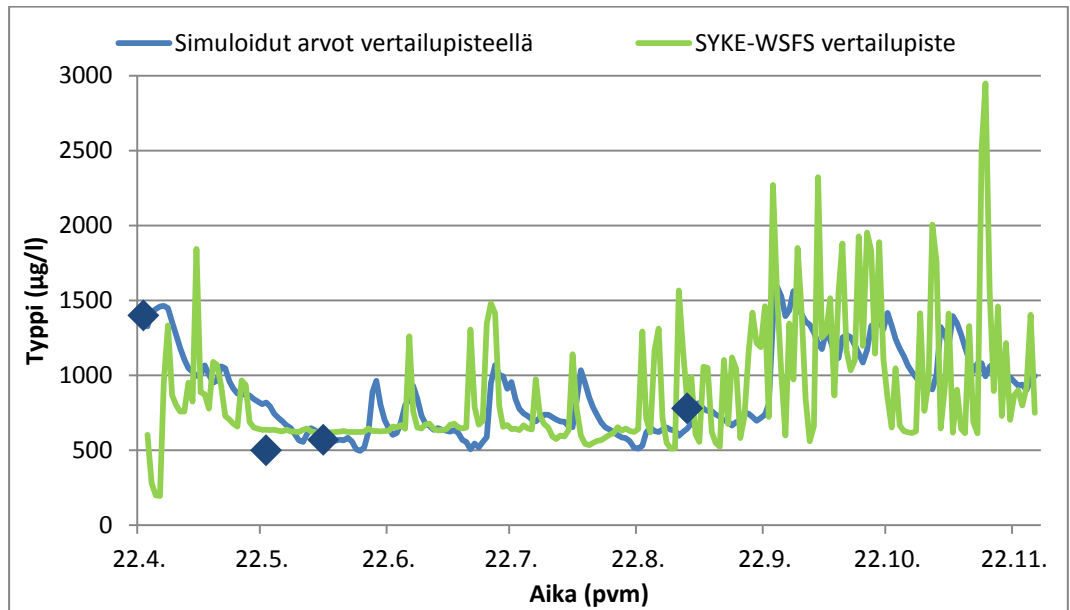
LIITE 5. SYKE:n ja Simuloitujen arvojen kuviot



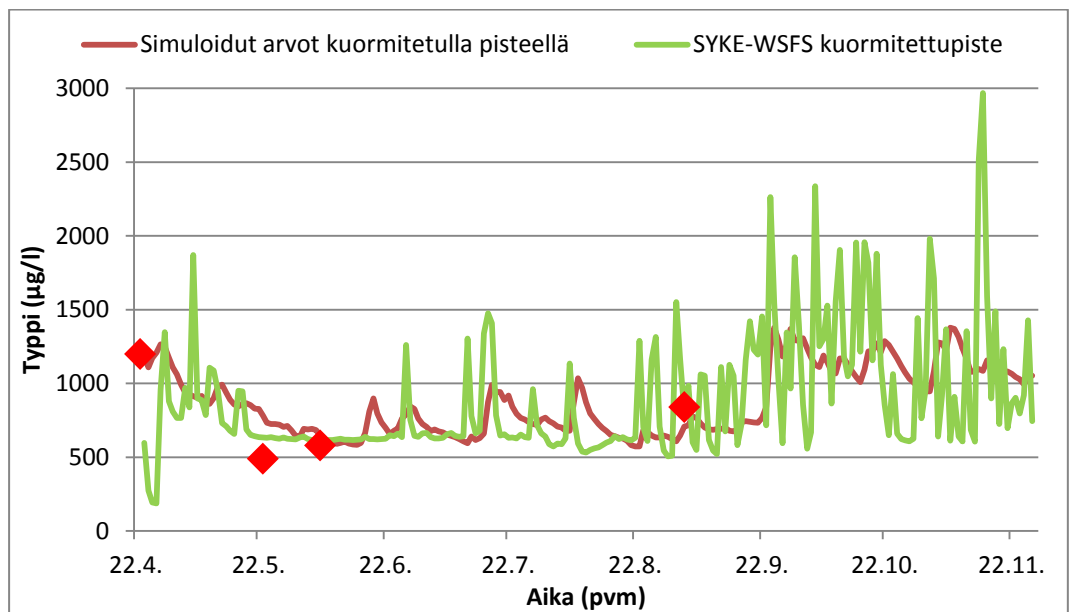
5/1. Vertailupisteen opinnäytetyön simuloitut, SYKE-WSFS-mallin simuloitut ja laboratorion kokonaisfosforin tulokset 23.4 - 27.11.2012



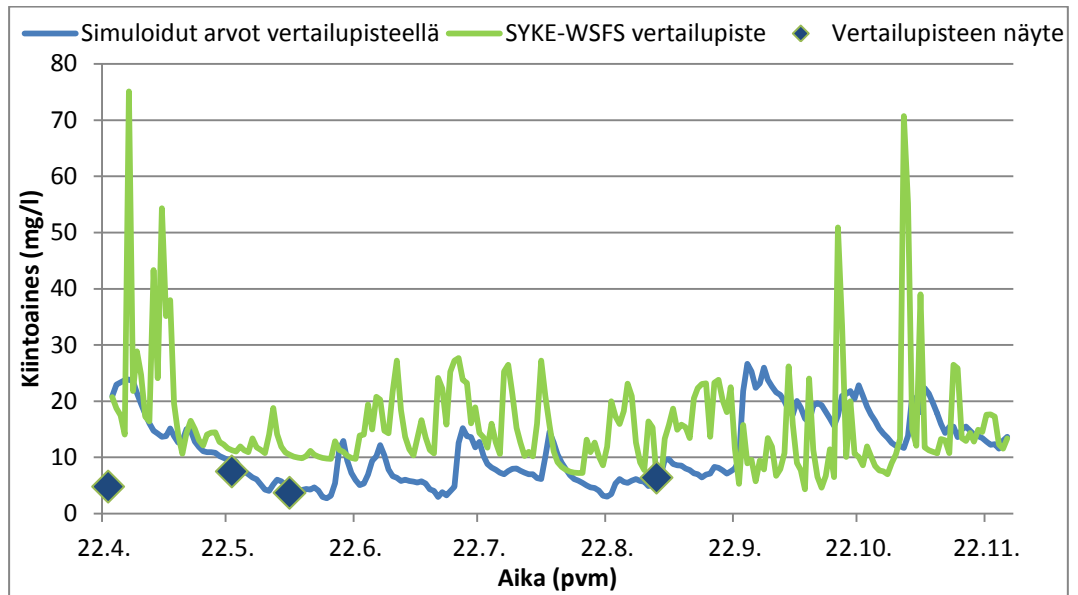
5/2. Kuormitetun pisteen opinnäytetyön simuloitut, SYKE-WSFS-mallin simuloitut ja laboratorion kokonaisfosforin tulokset 23.4 - 27.11.2012



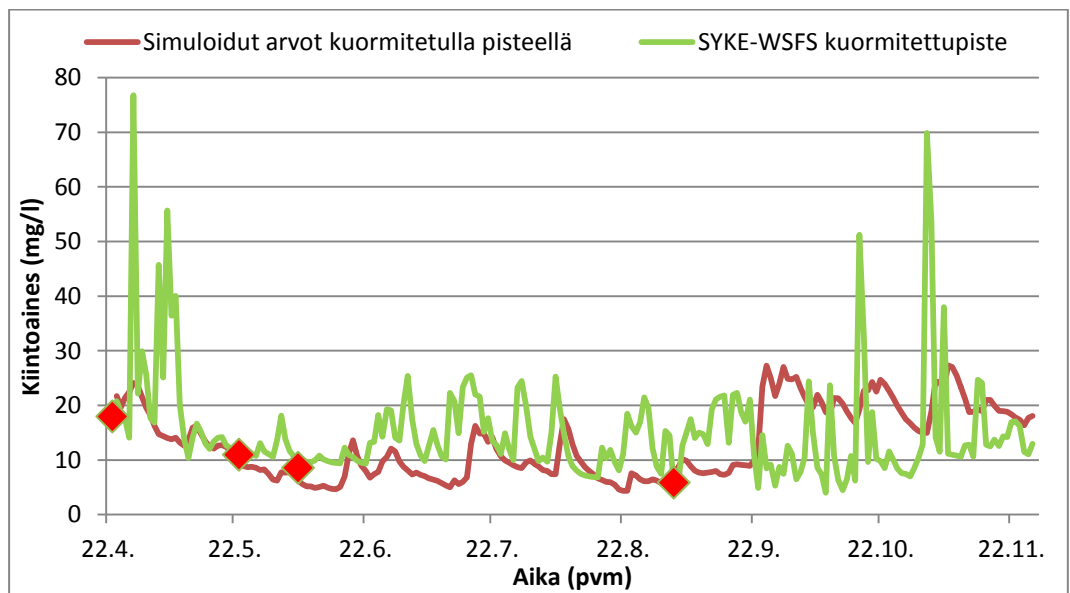
5/3. Vertailupisteen opinnäytetyön simuloidut, SYKE-WSFS-mallin simuloidut ja laboratorion kokonaistypen tulokset 23.4 - 27.11.2012



5/4. Kuormitetun pisteen opinnäytetyön simuloidut, SYKE-WSFS-mallin simuloidut ja laboratorion kokonaistypen tulokset 23.4 - 27.11.2012



5/3. Vertailupisteen opinnäytetyön simuloidut, SYKE-WSFS-mallin simuloidut ja laboratorion kiintoaineen tulokset 23.4 - 27.11.2012



5/6. Kuormitetun pisteen opinnäytetyön simuloidut, SYKE-WSFS-mallin simuloidut ja laboratorion kiintoaineen tulokset 23.4 - 27.11.2012