



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

VT7-HANKKEEN SILTATÖIDEN SAMEUSPÄÄSTÖJEN SEURANTA VUONNA 2012

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Ville Virtanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikka

VIRTANEN, VILLE:

VT7-hankkeen siltatöiden
sameuspäästöjen seuranta vuonna 2012

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 48 sivua

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli seurata vuoden 2012 valtatie 7 siltatöiden sameuspäästöjä kahden joen osalta. Seurannalla alettiin kartoittaa sameuspäästöjen vaikutusta jokien veden laatuun ja uhanalaisen vuollejokisimpukan elinympäristöön.

Opinnäytetyö toteutettiin vuoden 2012 aikana suoritettujen näytteenottojen ja niistä saatujen tulosten avulla. Tuloksia tarkasteltiin vuollejokisimpukan elinympäristön vaatimien raja-arvojen perusteella sekä mittauspisteiden välillä ilmenevien eroavaisuuksien avulla.

Tuloksista ilmeni, että paikoitellen raja-arvot olivat ylittyneet esimerkiksi paalutuksesta vuoksi. Urakoitsijan toimesta jokien veden laatu kuitenkin välittömien toimenpiteiden jälkeen laski aina vaadittujen raja-arvojen alapuolelle.

Tämän opinnäytetyön avulla saatiin selvitettyä tapahtuneet jokiveden laadun muutokset, sekä käytyä lävitse jatkuvatoimisten sameusmittareiden käyttöä.

Asiasanat: sameus, mittaaminen, seuranta, jatkuvatoiminen sameusmittaus, vuollejokisimpukka

Lahti University of Applied Sciences
Environmental Technology

VIRTANEN, VILLE:

Monitoring the turbidity emissions
caused by bridge construction work on
Highway 7 in the year 2012

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 48 pages

Spring 2013

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to monitor the turbidity emissions caused by bridge construction work on Highway 7 in the year 2012. The study covered two rivers. The purpose of the monitoring was to examine the impact of the emissions on the quality of the rivers water and on the habitat of thick shelled river mussels.

The thesis was carried out with samplings and the results from them in the year 2012. The results were examined according to the required limit values for the habitat of thick shelled river mussels. The divergence between the measurement points was also studied.

Results showed that in some places the limit values were exceeded because of actions like pile-driving. However, after immediate actions by the contractor the values declined under the required limit values.

With this thesis the changes to the turbidity levels of the rivers got investigated. The usage of continuous turbidity meters also became familiar.

Key words: turbidity, measuring, monitoring, continuous turbidity measurement, thick shelled river mussel

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	3
2	TYÖHÖN LIITTYVÄN TARKKAILUN PERUSTE JA TAVOITE	4
3	SAMEUSMITTAUKSEN HISTORIAA	5
3.1	Anturit	5
3.2	Asemat	5
3.3	Sameusmittauksen nykytilanne Suomessa	6
4	VUOLLEJOKISIMPUKOIDEN TARKKAILU	7
4.1	Esiintyminen	7
4.2	Suojelu ja tarkkailu	7
5	RAKENNUSHANKKEEN KUVAUS OPINNÄYTETYÖSSÄ KÄSITELTYJEN KOHTEIDEN OSALTA	9
5.1	Taasianjoki ja Tesjoen sillat	9
5.2	Ahvenkoski, Kymijoen hirvikoskenhaara	10
6	JOKIVESIEN LAADUN JA SAMEUDEN SEURANTA	11
6.1	Laadun seuranta	11
6.2	Sameuden seuranta	12
7	SAMEUS JA MUUT MITATUT MUUTTUJAT	13
7.1	Sameus	13
7.2	Muut mitatut muuttujat yleisesti	14
7.2.1	Sähkönjohtavuus	14
7.2.2	pH-arvo	14
7.2.3	Kokonaistyyppi	14
7.2.4	Kokonaisfosfori	15
8	JATKUVATOIMISTEN SAMEUSMITTAREIDEN JA KERTALUONTOISTEN KÄSINÄYTTEENOTTOJEN TOTEUTUS, TULOKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI	16
8.1	Mittausten toteutus	16
8.1.1	Jatkuvatoimisten mittareiden toteutus	16
8.1.2	Kertaluontaisten käsinäytteenottojen toteutus	16
8.2	Jatkuvatoimisten sameusmittareiden tulokset	17
8.2.1	Ahvenkoski	17
8.2.2	Taasianjoki	19

8.3	Kertaluontoisten käsinäytteenottojen tulokset	20
8.3.1	Ahvenkoski	20
8.3.2	Taasianjoki	22
8.4	Tulosten arviointi	24
8.4.1	Ahvenkoski	25
8.4.2	Taasianjoki	26
8.5	Vuollejokisimpukkaan kohdistuvat vaikutukset	26
8.6	Sameuden ja kiintoaineen vaikutukset	27
8.6.1	Vesikasvillisuus	27
8.6.2	Pohjaeläimet	28
8.6.3	Kalat	28
9	JATKUVATOIMISET SAMEUSMITTARIT YLEISESTI	30
9.1	Anturit	30
9.1.1	OBS-anturit	30
9.1.2	YSI-anturi	31
9.1.3	S::can-spektrometriananturit	31
9.1.4	Antureiden erot	32
9.2	Mittauspaikan valinta ja asennus	33
9.2.1	Telineet	33
9.2.2	Mittauspaikan valinta	34
9.2.3	Paikanvalinnan ongelmakohdat.	35
9.2.4	Kalibrointi	35
9.3	Huolto	35
9.3.1	Perushuolto	35
9.3.2	Lisähuolto	36
9.3.3	Yleisimmät huoltotoimenpiteet	36
10	JATKUVATOIMINEN SAMEUSMITTAUS OSANA VEDEN LAADUN SEURANTAA	37
11	YHTEENVETO	39
11.1	Sameusmittaus tulevaisuudessa	40
11.2	Omat ajatukset opinnäytetyöstä	40
	LÄHTEET	41

Lyhenteet ja käsitteet

a-klorofylli

Mittaa lehtivihreällisten planktonlevien runsautta vedessä. On suoraan verrannollinen levämäärään ja siten järven rehevyystasoon.

Fotosynteesi

Lehtivihreälliset kasvit käyttävät valoenergiaa energian saantiin. Kasvit valmistavat energiaa, eli sokeria, hiilidioksidin, veden ja auringonvalon avulla. Samalla vapautuu happea.

Habitaatti

Elinympäristö, jossa tietty eliö elää ja lisääntyy. Ympäristöolojen ja tarvittavien resurssien muodostama kokonaisuus.

Kiintoaine, mg/l

Veteen sekoittuneiden kiinteiden aineiden pitoisuus.

Kokonaisfosforipitoisuus, kok.P ug/l

Tärkeimpiä vesissä rehevöitymistä aiheuttavia kasvinravinteita, käsittää sekä liuenneen epäorgaanisen että sitoutuneen orgaanisen fosforin.

Kokonaistyppi, kok.N ug/l

Tärkeimpiä vesissä rehevöitymistä aiheuttavia kasvinravinteita, käsittää sekä liuenneen epäorgaanisen että sitoutuneen orgaanisen typen.

Periphyton

Sekoitus leviä, syanobakteereja, heterotrofisia mikrobeja ja lietettä, joka on kiinnittynyt makeiden vesistöjen pohjan pinnalle.

pH

Kuvaa veden happamuusastetta.

Sameus, FTU/FNU/NTU

Se sameus, jonka vedessä sekoittuneena olevat kiinteät hiukkaset vedelle aiheuttavat. Sameuden mittaaminen riippuu käytetystä aallonpituudesta sekä asetetusta kulmasta, johon anturi on asetettu. Tästä syystä eri laitteissa käytetään eri mittausyksiköitä eivätkä ne ole suoraan verrannollisia toisiinsa.

FTU: Yleinen käytetty standardi, numeeriset arvot samat kuin NTU:lla.

FNU & NTU: Mittaavat valon hajoamisen 90 asteen kulmassa, mutta FNU käyttää infrapunavaloa, kun taas NTU normaalia valkoista valoa.

Usean parametrin mittareissa käytetään infrapunavaloa.

Sähkönjohtokyky, mS/m

Kuvaa vedessä olevien sähköä johtavien yhdisteiden, ns. elektrolyyttien pitoisuutta. Sitä suurempi arvo, mitä enemmän vedessä on ravinteita.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli seurata VT7 siltatöiden rakentamisesta aiheutuvien sameuspäästöjen vaikutusta jokiin sekä uhanalaisten vuollejokisimpukoiden elinoloihin. Tarkasteltavana olevat joet, joissa tehtiin siltatöitä, ovat Tesjoen sillat, Taasianjoki ja Ahvenkoski, Kymijoen Hirvikoskenhaara. Lisäksi käsitellään lyhyesti jatkuvatoimisten sameusmittareiden toimintaa ja käyttöä.

Jokien laatua seurattiin jatkuvatoimisilla sameusmittareilla, jotka lähettivät langattomasti mittaustuloksia, joiden perusteella siltatöiden aiheuttamia sameuspäästöjä arvioitiin, ja myös tarvittaessa rajoitettiin sameusarvojen kohotessa yli raja-arvojen. Mittauksia tehtiin myös kertaluontoisin käsinäytteenotoin aikoina, jolloin odotettiin rakennustöistä aiheutuvan suurimmat sameuspäästöt. Käsinäytteenotoilla saatiin myös laajempilaatuisia tuloksia, joilla jokiveden laatua, ja siltatöiden vaikutusta siihen, voidaan arvioida.

Jatkuvatoimisten sameusmittareiden tuloksista on huomattavissa molemmissa joissa selvää sameusmäärien vaihtelua, kuten myös häiriötekijöitä, jotka liittyvät mittareiden antureiden toimintaan, häiriötekijät on kuitenkin helppo erotella tuloksista. Käsinäytteenoton tuloksissa sameusmäärien vaihtelu on selvästi lievempää. Käsinäytteenoton näytteistä tutkittiin myös kiintoainepitoisuus, sähkönjohtokyky, pH, kokonaistypen- ja kokonaisfosforin pitoisuudet.

Tulosten perusteella voidaan todeta siltatöiden ylittäneen paikoittain vuollejokisimpukoiden vaatimat raja-arvot, mutta myös nopeasti palautuvan tyydyttävälle tasolle. Voidaan todeta, että siltatyöt eivät vaikuttaneet pitkällisesti jokien laatuun ja vuollejokisimpukoiden elinolosuhteisiin.

2 TYÖHÖN LIITTYVÄN TARKKAILUN PERUSTE JA TAVOITE

Valtatie 7 (E18) moottoritiehankkeeseen liittyen Etelä-Suomen aluehallintovirasto ja Itä-Suomen aluehallintovirasto ovat myöntäneet Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen liikenne- ja infrastruktuuri- vastuualueelle ympäristöluvat, joista kahta tutkitaan tässä opinnäytetyössä.

Luvat ovat seuraavat:

1) ESAVI Nro 151/2010/4 Dnro ESAVI/250/04.09/2010 (Tesjoen sillat, Taasianjoki)

2) ISAVI Nro 94/10/2 Dnro ISAVI/48/04.09/2010 (Ahvenkoski, Kymijoen Hirvikoskenhaara)

Vesistötarkkailuohjelmalla pyrittiin seuraamaan valtatie 7 siltarakennustöiden vaikutusta jokien vedenlaatuun ja uhanalaisen vuollejokisimpukan esiintymiseen ja elinolosuhteisiin.

3 SAMEUSMITTAUKSEN HISTORIAA

3.1 Anturit

Sameusstandardi juontuu vuoteen 1900 saakka, jolloin Whipple ja Jackson loivat vertausarvolaimennuksia. Näiden avulla pystyttiin arvioimaan sameusarvoja. He käyttivät apunaan sen aikaista diafanometriä eli Jacksonin kynttiläsameusmittaria, jossa sameus arvioitiin silmämääräisesti. Tämä tekniikka oli kuitenkin monella tapaa epätarkka. (Juusela 2012.)

Nefelometrinen mittaustekniikka kehitettiin toisen maailmansodan aikaan. Näytteen sisältämien hiukkasten valonsironnan avulla mittaavat laitteet olivat suuri harppaus eteenpäin, ja nefelometriä myötä alettiin myös käyttää valoa vastaanottavia sensoreita, jolloin epävarmasta silmämääräisestä arvioinnista luovuttiin. (Juusela 2012.)

Nefelometrisen mittaustekniikan rinnalle kehitettiin 1950-luvulla transmissiometrit, jotka mittaavat sameuden näytteen läpi kulkevan valonsäteiden himmenemisen avulla. Vaikkakin tekniikka kehittyi, jäi mittaustarkkuuteen yhä parannettavaa, ja tämän lisäksi laitteet soveltuivat vain laboratoriokäyttöön. (Juusela 2012.)

Teknologian kehityksen myötä luonnonvesissä toteutettavat sameusmittaukset mahdollistuivat niin sanottujen dynaamisten antureiden avulla, jotka mahdollistivat paikanpäällä määrittämisen ja olivat vedenkestäviä. Dynaamisten sameusantureiden mittaustekniikka säilyi lähes muuttumattomana 1980-luvulle saakka, jolloin tutkimuskäytössä alkoi myös yleistyä optiseen takaisinsirontaan perustuvat mittaustekniikat, jonka lyhenne on OBS, Optical BackScatter. (Juusela 2012.)

3.2 Asemat

Automatisoidut mittausasemat otettiin käyttöön 1950-luvun puolivälissä, kun Saksan liittotasavallassa ja USA:ssa perustettiin veden pH:ta, sähkönjohtavuutta

ja lämpötilaa mittaavia asemia. Seurantajärjestelmiä on myös otettu käyttöön myöhemmin niin muuallakin Euroopassa kuin myös Japanissa. (Juusela 2012.)

Ensimmäinen siirreltävä automaattinen mittausasema otettiin koekäyttöön Suomessa vuonna 1974. 1970-luvulla Suomessa tehdyissä mittauksissa tarkasteltiin lämpötilan, sähkönjohtavuuden ja pH:n lisäksi myös happipitoisuutta ja sameutta. Mittaustarkkuutta ja luotettavuutta parantaakseen huomiota kiinnitettiin myös antureiden puhdistamiseen ja kalibroimiseen. (Juusela 2012.)

1970- ja 1980-luvulla tiedonsiirto- ja tallennusongelmat haittasivat automaattista vesistöjen tilan seurantaa. 1990-luvulla suurimmat haitat liittyivät tulosten laadunvarmentamiseen, standardointiin prosessointiin ja analysoimiseen sekä ohjelmistojen kehittämiseen. Kehityksestä huolimatta nämä ongelmat ovat vielä voimassa nykyaikana, pois lukien tiedonsiirto- ja tallennusongelmat, jotka on saatu eliminoidua nykyaikaisen tietoliikennetekniikan avulla. (Juusela 2012.)

3.3 Sameusmittauksen nykytilanne Suomessa

Suomessa on tehty Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion, yliopistojen ja yksityisten yritysten hankkeissa jatkuvatoimista vedenlaadun seurantaa. Luotettavuuden parantamiseksi on kuitenkin tehtävä yhä lisää tutkimusta. Laboratoriomääritykset ovat vielä tarkempia verrattuna sensoreihin. Laboratoriomääritysten rinnalla jatkuvatoiminen vedenlaadunseuranta antaa kuitenkin arvokasta tietoa. (Juusela 2012)

4 VUOLLEJOKISIMPUKOIDEN TARKKAILU

Vuollejokisimpukka kuuluu uhanalaisuudeltaan vaarantuneiden lajien luokkaan ja kuuluu myös Euroopan unionin luontodirektiivi liitteen IV(a):han, joka tarkoittaa, että ne kuuluvat yhteisön tärkeinä pitämiin eläinlajeihin ja ovat tiukasti suojeltuja myös luonnonsuojelualueiden ulkopuolella. (Ympäristöministeriö 2012.) Kuva vuollejokisimpukasta kuvassa 1.

4.1 Esiintyminen

Vuollejokisimpukkaa esiintyy hankkeeseen liittyvissä kohteissa Taasianjoella, Ahvenkoskella Kymijoen Hirvikoskenhaarassa, Kymijoen pyhtäänhaarassa, Kymijoen Langinkoskenhaarassa ja Kymijoen Korkeakoskenhaarassa. Hankkeeseen liittyvistä Siltakylänjoesta ja Kymijoen Huumanhaarasta vuollejokisimpukkaa ei ole löytynyt.

Opinnäytetyössä käsiteltävien joista Taasianjoella hankkeen lähivaikutusalueella elää 1500 yksilön kanta, joista 500 välittömässä läheisyydessä. Ahvenkoskella, Kymijoen Hirvikoskenhaarassa vuollejokisimpukoiden määrät on arvioitu erittäin suuriksi. (Mattila 2011.)

4.2 Suojelu ja tarkkailu

Kantojen ollessa suuria ei ole mahdollista lähteä siirtämään simpukoita pois rakennuskohteen luota. Suositeltuja suojelukeinoja noudatettaessa mahdollisimman tarkoin, siltarakennushankkeet eivät uhkaisi lajin olemassaoloa.

Niillä paikoin kun simpukat jäävät rakennushankkeen vaikutusalueelle, on huolehdittava uhanalaisuusluokituksen takia, että simpukoiden olosuhteita seurataan vesistövaikutusten seurannan yhteydessä. Tarkkailu suoritetaan hankkeen aikana sameusmittauksien sekä sukellustutkimusten avulla. Lajiin liittyvät perustutkimukset on tehty aikaisemmin.

Tarkkailulinjat perustettiin siltatyömaiden alapuolelle. Linjojen pituudet vaihtelevat 0 – 50 metriä kohteesta riippuen. Vuosittaisessa seurantatutkimuksessa

pyritään simpukoita häiritsemään mahdollisemman vähän olettamalla vuollejokisimpukoiden ympäristövaatimukset samanlaisiksi, kuin muiden linjoilla tavattavien jokisimpukoiden. Näin tarkkailu voidaan suorittaa mahdollisimman vähäisillä simpukkanäytteillä. Sukelluksilla ja valokuvauksin dokumentoidaan ja tarkkaillaan elinolosuhteita ja elinvoimaisuutta. Havainnoista raportoidaan ELY-keskukseen, mikäli olosuhteissa on tapahtunut huomattavaa heikkenemistä, jolloin viranomaiset voivat määrittellä jatkotoimenpiteet.

Seuranta jatketaan vuosina 2015 ja 2020 seurantalinjailla sekä näytteenotoilla. Näillä pyritään seuraamaan pidempiaikaisia olosuhdevaihteluita sekä vuollejokisimpukoiden elinvoimaisuutta.

Tarkkailusta voidaan joutua neuvottelemaan valvojan viranomaisen kanssa erikseen. Tällaisia poikkeustilanteita ovat esimerkiksi laitteiston hajoaminen tai ulkoiset ympäristötekijät. Urakoitsijat ovat velvoitettuja ilmoittamaan poikkeustapauksista valvovalle viranomaiselle sekä vesistö tarkkailusta vastaavalle taholle. (Mattila 2011.)

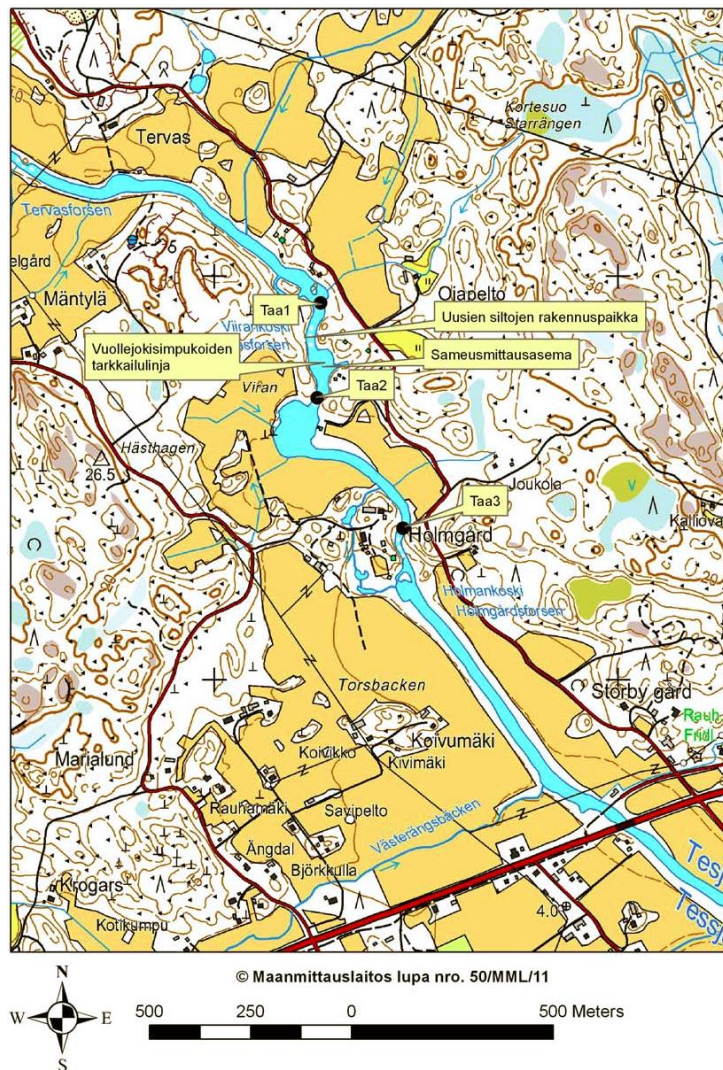


KUVA 1. Vuollejokisimpukka (Kuukauden laji: vuollejokisimpukka 2009, kuva: Tero Taponen)

5 RAKENNUSHANKKEEN KUVAUS OPINNÄYTETYÖSSÄ KÄSITELTYJEN KOHTEIDEN OSALTA

5.1 Taasianjoki ja Tesjoen sillat

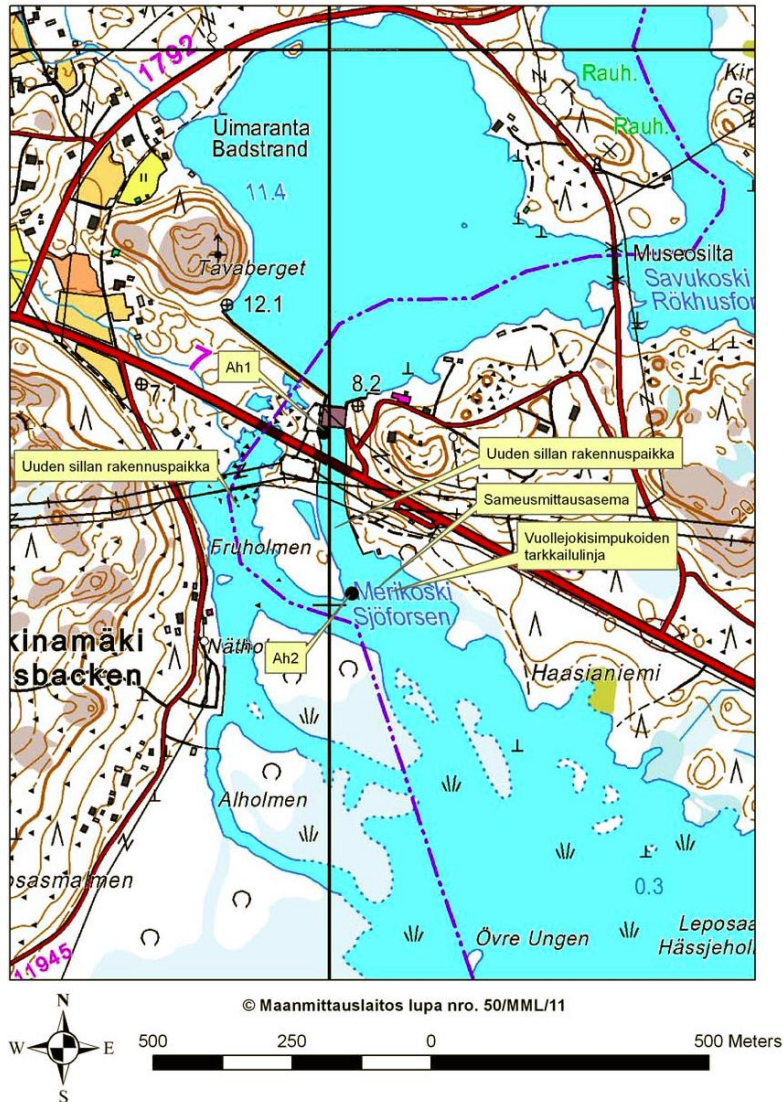
Taasianjoen yli Tesjoelle rakennetaan sillat nykyisestä valtatie 7:n siltapaikasta 1,5 km ylävirtaan. Kuvan 2 kartassa on myös ilmoitettu käsinäytteenottojen pisteet.



KUVA 2. Siltojen rakennuttamispaikka, jatkuvatoimisten sameusmittarin asema, kertaluontoisten käsinäytteenottojen pisteet sekä vuollejokisimpukoiden tarkkailulinja(Mattila 2011)

5.2 Ahvenkoski, Kymijoen hirvikoskenhaara

Kymijoen Hirvikoskenhaaraan toteutettaviin siltarakenteisiin liittyy itäinen ja läntinen sillan rakennuspaikka. Kuvan 3 kartassa on myös ilmoitettu käsinäytteenottojen pisteet.



KUVA 3. Siltojen rakennuttamispaikka, jatkuvatoimisten sameusmittarin asema, kertaluontoisten käsinäytteenottojen pisteet sekä vuollejokisimpukoiden tarkkailulinja (Mattila 2011)

6 JOKIVESIEN LAADUN JA SAMEUDEN SEURANTA

6.1 Laadun seuranta

Kaikkien siltahankkeiden enimmäiset vaikutukset vedenlaatuun keskittyvät rakennustöiden ajaksi. Rakennustyöt aiheuttavat usein samentumaa ja kiintoaineksen pitoisuuksien nousua sekä ravinnepitoisuuksien kasvua. (Mattila 2011.)

Pääsääntöisesti pintaveden laadun tarkkailu ajoitettiin samaan aikaan tapahtuvaksi kuin työvaiheet, joiden aikana oli, tai voitiin odottaa olevan, vesistövaikutuksia. Näihin työvaiheisiin lukeutuivat muun muassa kaivutyöt, paalutukset ja rakenteiden purut. Tarkkailu edellytti, että urakoitsijalta saadaan tarkkailuissa tarvittavat tiedot ja aikataulut. (Mattila 2011.)

Paikasta riippuen vedenlaatua seurattiin kahdella tai kolmella pisteellä. Rakennuspisteestä ylävirtaan sijoitettiin ensimmäinen mittauspiste noin 100 – 200 metrin päähän pisteeseen, jonka vedenlaatu kuvastaa mahdollisimman hyvin vedenlaatua, joka laskee tarkkailualueen lävitse. Rakennuspisteen alavirtaan sijoitettiin toinen 100 – 200 metrin päähän ja mahdollinen kolmas piste 300 – 500 metrin päähän rakennuskohteiden alapuolelle. Lisäksi vedenlaatutietoja saatiin yhteistarkkailuun kuuluvista käsinäytteenottopisteistä. Ahvenkoskenlahden sijainnin takia käytettiin vain yhtä alajuoksun mittauspistettä. (Mattila 2011.)

Siltahankkeisiin liittyvistä vesinäytteistä määritettiin sameus, kiintoainepitoisuus, pH, sähkönjohtavuus, kokonaisfosfori ja kokonaistyppi. Opinnäytetyössä keskitytään suurimmaksi osaksi sameuden mittaustuloksiin, mutta myös muiden arvojen tulokset käydään lävitse lyhyesti.

Käsin otettujen näytteenottojen analysointi tehtiin standardien mukaisesti akkreditoidussa laboratoriossa.

6.2 Sameuden seuranta

Sameutta seurattiin tehostetusti uhanalaisen vuollejokisimpukan esiintymispaikoilla, jotta sameuden vaikutusta simpukoiden elinympäristöön voitiin valvoa mahdollisimman tarkoin (Mattila 2011).

Jatkuvatoimisia sameusmittareita asennettiin kohteisiin, joissa esiintyy runsaasti uhanalaista vuollejokisimpukkaa, minkä takia rakentamisen vaikutukset ovat suurimmat näillä alueilla. Sameutta mitattiin mahdollisimman läheltä pohjaa ja sameusmittarit lähettivät mittaustietoja jatkuvasti internetsivulle, jolloin rakentamisen vaikutusten seuranta voitiin tehdä reaaliaikaisesti.

Jatkuvatoimisesti sameutta seurattiin niiden rakennusvaiheiden aikana, jolloin oli mahdollista, että sameuspäästöt nousevat haitallisiin lukemiin simpukoiden osalta. Sameusanturit sijoitettiin 200 – 300 metrin päähän rakennuskohteesta alajuoksuun tai parhaiten sille soveltuvaan kohteeseen. Jatkuvatoimisille sameusmittareille raja-arvoksi asetettiin 300 NTU:ta tuntikeskiarvona mitattuna. Raja-arvo on määritelty aikaisempien tutkimusten perusteella (Mattila 2011). Raja-arvon ylittyessä hälytys lähetetään urakoitsijalle, jolloin työt on keskeytettävä siksi ajaksi, että sameuden arvo on laskenut raja-arvon alapuolelle ja tarvittavat toimenpiteet sameuden syntymisen estämiseksi on tehty työmaalla. (Mattila 2011.)

Jatkuvatoimisen sameusmittauksen lisäksi sameutta seurattiin kertaluontaisilla käsinäytteenotoilla. Näitä sameuskartoituksia tehdään viranomaisen pyynnöstä niissä rakennuskohteissa, joissa esiintyy vuollejokisimpukkaa. Täydentävät sameuskartoitukset ajoitettiin poikkeustilanteisiin tai rakennusvaiheisiin, jolloin sameuspäästöjen odotettiin olevan suurimmillaan. (Mattila 2011.)

7 SAMEUS JA MUUT MITATUT MUUTTUMAT

7.1 Sameus

Sameuden aiheuttavat vedessä olevat hiukkaset, kuten saviaines ja levät.

Sameuden voimakkuus määräytyy hiukkasten koosta sekä määrästä vesistössä.

Sameutta kuvaavana yksikkönä käytetään useimmiten FTU:ta, joka on lyhenne Formazin Turbidity Unitista. International Organization for Standardization eli ISO käyttää yksikköä FNU, eli Formazin Nephelometric Unit. (Wikipedia 2013.)

FTU-yksiköllä määritettynä kirkkaan veden sameus on pienempi kuin 1,0 FTU:ta.

Lievästi samean veden arvo on 1 – 5 FTU:ta. Sameus ei ole tällöin vielä selvästi silmillä havaittavaa. Tällaisia arvoja havaitaan tyypillisesti lievästi rehevissä järvivesissä, joissa kuitenkin syvänteiden pohjalla voidaan havaita sameusarvon kohoamista, vaikka vesi muuten olisi sameusyksiköltään <5 FTU:ta.

Jokivedet ovat järvivesiä tavanomaisesti sameampi, sillä virtaaman aiheuttama eroosio vapauttaa hiukkasia veteen. Myös sameuden vaihtelu on huomattavasti voimakkaampaa vuodenaikojen ja sadannan vaihtelun vuoksi.

Kevättulvien aikaan jokien sameusarvot nousevat joesta riippuen melko huomattavasti. Joet, jotka kulkevat viljelysmaiden halki, varsinkin tulva-aikoina, keräävät paljon saviainesta. Tällaisten jokien FTU-arvot vaihtelevat yleensä 30:n ja 80:n välillä, mutta tulvakausina arvot voivat nousta jopa yli 200:n.

Hämeen ELY-keskuksen toimialueella virtaa sekä samea- että kirkasvetisiä jokia. Laajojen viljelysmaiden halki virtaavien jokien vesi on pelloilta kulkeutuvan saviaineksen samentamaa. Tällaisia jokia ovat esimerkiksi Lanskin- ja Haltiajoki Artjärvellä. Niiden arvot vaihtelevat suunnilleen välillä 30 - 80 FTU, mutta voivat tulvakausina nousta yli 200:n. Kirkkaimmissa virtavesissä, kuten Kalkkistenkoskessa sameus on yleensä <1 FTU. (Ympäristöhallinto 2012a)

7.2 Muut mitatut muuttujat yleisesti

7.2.1 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus ilmaisee veteen liuenneiden suolojen määrää. Makeissa vesissä sähkönjohtavuutta lisäävät orgaanisten aineiden hajotessa vapautuvat ionit.

Meriveden suolapitoisuus itsessään jo kasvattaa sähkönjohtavuutta. Myös jätevedet johtavat sähköä paremmin, mikä takia sähkönjohtavuutta voidaankin käyttää apuna jätevesien vesistöissä kulkeutumisen seurannassa.

Sähkönjohtavuuden yksikkönä käytetään millisiemensia metriä kohti (mS/m) tai mikrosiemensia senttimetriä kohti ($\mu\text{S}/\text{cm}$). $1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011e).

7.2.2 pH-arvo

pH kuvaa veden happamuusastetta. Vetyionit aiheuttavat veden happamuuden.

pH-asteikko on logaritminen, jolloin asteikon laskiessa yhden yksikön vetyionikonsentraatio kymmenkertaistuu.

Neutraalin veden pH arvo on 7. Luonnontilaisten vesien pH-arvo on 6 – 7 eli lievästi hapan. pH:ssa tapahtuu vaihtelua niin vuotuisessa kuin myös vuorokautisessa mittakaavassa. Talvella pH-arvo on yleensä alhaisempi kesään verrattuna, sillä levätuotanto kohottaa hiukan pH-arvoa. Vuorokautisessa mittakaavassa vaihtelua tapahtuu yön ja päivän välillä, jolloin yön pH-arvo on jonkin verran alempi. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011d)

7.2.3 Kokonaistyyppi

Veteen liuenneet, liukenemattomat tai kolloidiset orgaaniset yhdisteet tai liuenneet epäorgaaniset yhdisteet aiheuttavat veden typpipitoisuuden. Kokonaistypellä tarkoitetaan typen kokonaismäärää vedessä.

Tyyppi on fosforin ohella vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkein ravinne. Kokonaistyyppipitoisuutta käytettäessä on otettava huomioon vesistön

pintakerroksesta kesäkuukausina määritettyjä arvoja, sekä luotettavan rehevyytason tuloksen saamiseksi on ravinteiden ohella syytä määrittää myös a-klorofyllipitoisuus. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011b)

7.2.4 Kokonaisfosfori

Fosfori esiintyy yleensä pieninä pitoisuuksina ja sitoutuneena erilaisiin yhdisteisiin. Typen ohella fosfori on vesien tuotannon ja rehevöitymisen kannalta tärkein ravinne. Fosforia liukenee jokiin fosforipitoisista kivilajeista rapautumisen seurauksena luonnollisesti. Ihmisen toiminnan seurauksena fosforia kulkeutuu vesistöihin runsaasti luonnonhuuhtouman lisäksi, mikä onkin tärkein syy vesien rehevöitymiseen.

Vesistön rehevyytaso arvioitaessa käytetään vesistön pintakerroksesta saatuja kesäkuukausien kokonaisfosforipitoisuuksia (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011a).

8 JATKUVATOIMISTEN SAMEUSMITTAREIDEN JA KERTALUONTOISTEN KÄSINÄYTTEENOTTOJEN TOTEUTUS, TULOKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI

8.1 Mittausten toteutus

8.1.1 Jatkuvat toimisten mittareiden toteutus

Asennus toteutettiin aluksi laituriin kiinnitettävällä mittauslaitteistolla. Ongelmaksi ilmeni kuitenkin paikoin ilkeävaltaa. Laitteita rikottiin, vaikuttaen näin tuloksiin ja aiheuttaen taloudellista haittaa. Ratkaisuna näytteenotto toteutettiin joen keskelle vietävällä poijulla, johon laitteisto oli kiinnitetty. Poiju koottiin maissa ja vietiin moottoriveneellä oikeaan paikkaan. Ankkurin avulla poiju ankkuroitiin pohjaan kiinni. Sameuslaitteisto sisälsi sisäisen virtalähteen ja lähetti langattomasti mittaustulokset eteenpäin. Mittauslaitteistoja käytiin säännöllisesti huoltamassa ja puhdistamassa.

8.1.2 Kertaluontaisten käsinäytteenottojen toteutus

Näytteenotot suoritettiin joen rannalta käyttämällä teleskooppikeppiin kiinnitettyä aukileikattua pulloa näytteenottimena. Vesi kaadettiin näytteenottopulloihin, jotka olivat polyeteeni- ja polypropyleenipulloja. Näytteitä otettiin sameuden, kiintoaineen, sähkönjohtavuuden, pH:n, kokonaistypen ja kokonaisfosforin mittaamiseen. Näytepullot pakattiin styroksilaukkuihin ja kuljetettiin heti näytteenottojen suorittamisen jälkeen laboratorioon analysoitaviksi.

8.2 Jatkuvatoimisten sameusmittareiden tulokset

Kuvioissa punainen nuoli kuvastaa työvaiheen alkua ja vihreä nuoli loppua.

Sininen nuoli osoittaa ajan, jolloin ei tapahtunut mittausta.

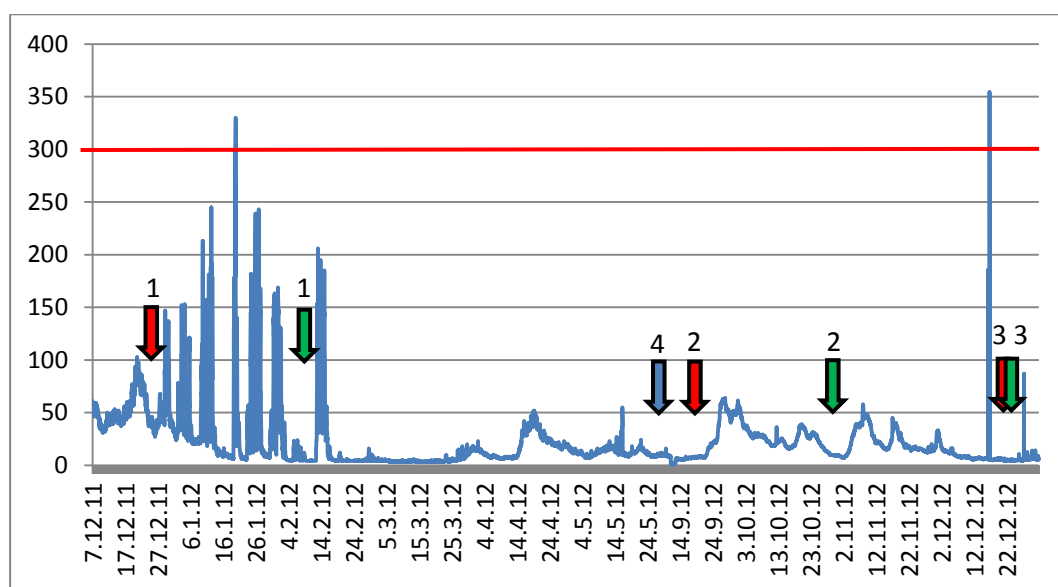
Punainen viiva kuvioissa kuvastaa vuollejokisimpukoiden vaatimaa raja-arvoa.

8.2.1 Ahvenkoski

#1: Massanvaihto ranta-alueella

#2 & #3: Paalutus

#4: Ei mittausta 1.6. - 12.9.

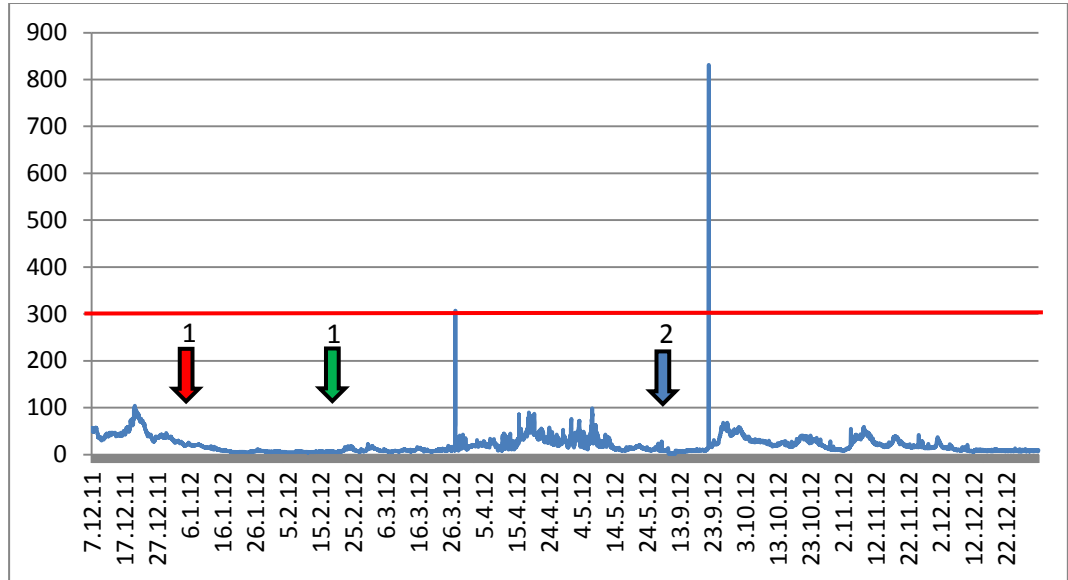


KUVIO 1. Ahvenkosken itäinen sameus (NTU)

Kuvio 1:ssä nähdään Ahvenkosken itäisen mittauspisteen jatkuvatoimisen sameusmittauksen tulokset. Suurimmat arvojen vaihtelut tapahtuvat työvaiheiden aikana, varsinkin massanvaihdon aikana. 300 NTU:n, eli raja-arvon, ylittäviä mittauksia on kaksi vuoden aikana.

#1: Paalutus

#2: Ei mittausta 1.6. – 12.9.

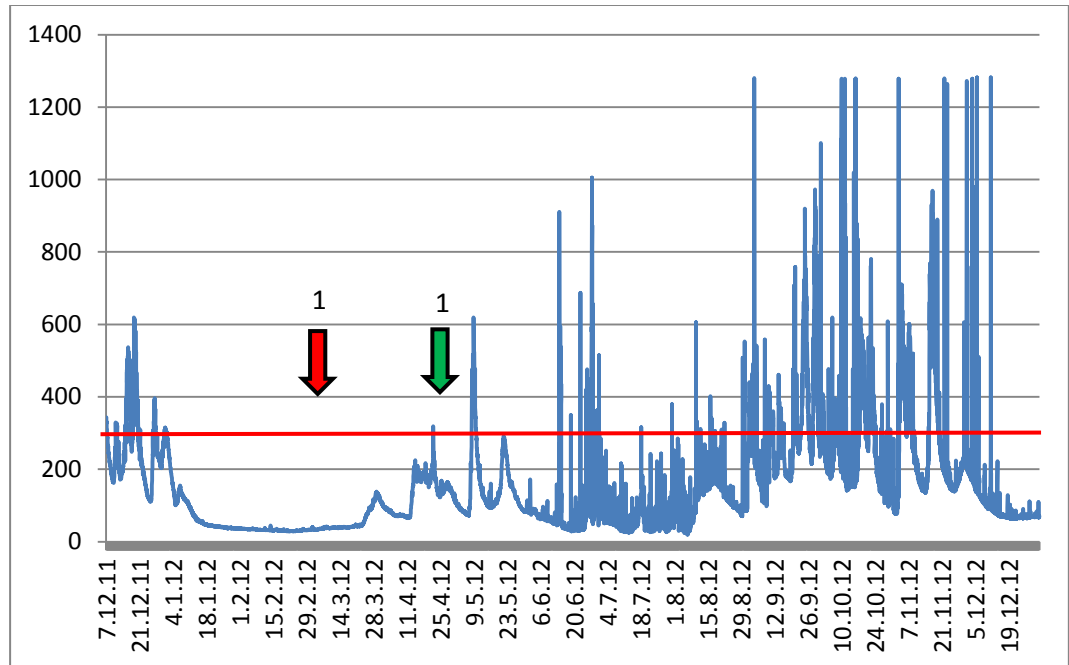


KUVIO 2. Ahvenkosken läntinen sameus (NTU)

Kuvio 2:ssa nähdään Ahvenkosken läntisen mittauspisteen jatkuvatoimisen sameusmittauksen tulokset. Välillä 26.3. ja 14.5. on aktiivisempaa sameusarvojen muutosta. 300 NTU:n, eli raja-arvon ylityksiä tapahtuu kahdesti.

8.2.2 Taasianjoki

#1: Paalutus

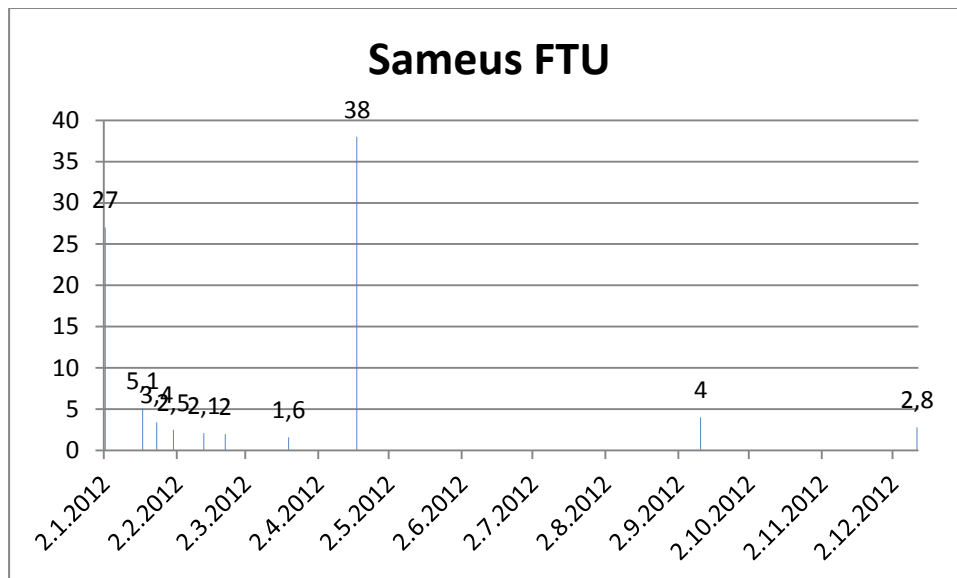


KUVIO 3. Taasianjoen sameus (NTU)

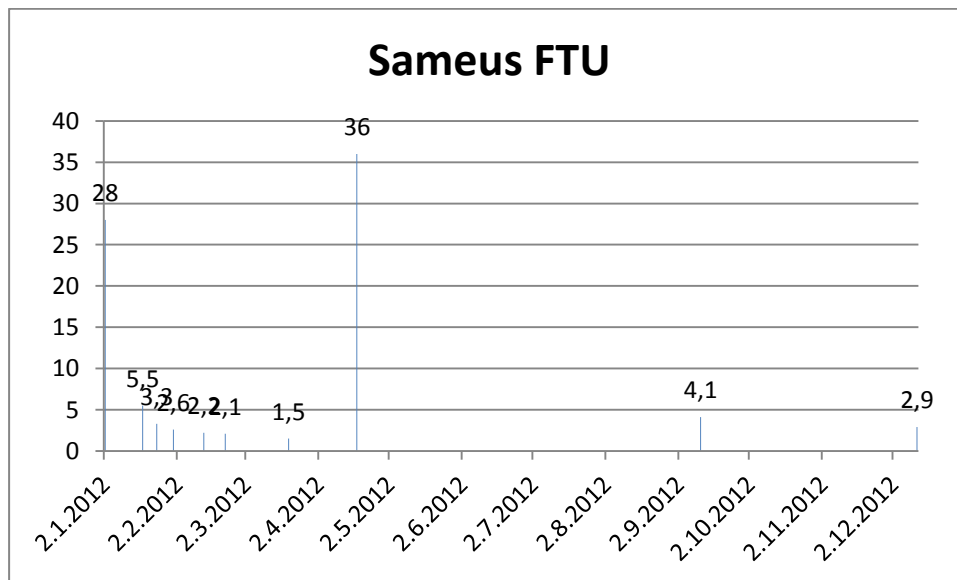
Kuviossa 3 nähdään Taasianjoen mittauspisteen jatkuvatoimisen sameusmittauksen tulokset. Sameusmäärät pysyvät alhaisina vain 4.1. ja 28.3. välisenä aikana. Muulloin on suuria sameusarvojen vaihteluja sekä 300 NTU:n, eli raja-arvon ylityksiä.

8.3 Kertaluontoisten käsinäytteenottojen tulokset

8.3.1 Ahvenkoski



KUVIO 4. Ahvenkosken sillan rakentamispisteen yläpuolinen mittauspiste



KUVIO 5. Ahvenkosken sillan rakentamispisteen alapuolinen mittauspiste

Kuvioissa 4 ja 5 nähdään sameusarvojen muutokset pylväsdiagrammina käsinäytteenotoin suoritettuna Ahvenkoskelta. Kuvio 4:n tulokset ovat ennen siltatöitä ja kuvio 5:n jälkeen siltatöiden, mahdollistaen näin vertailun.

TAULUKKO 1. Käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena pisteestä AH1

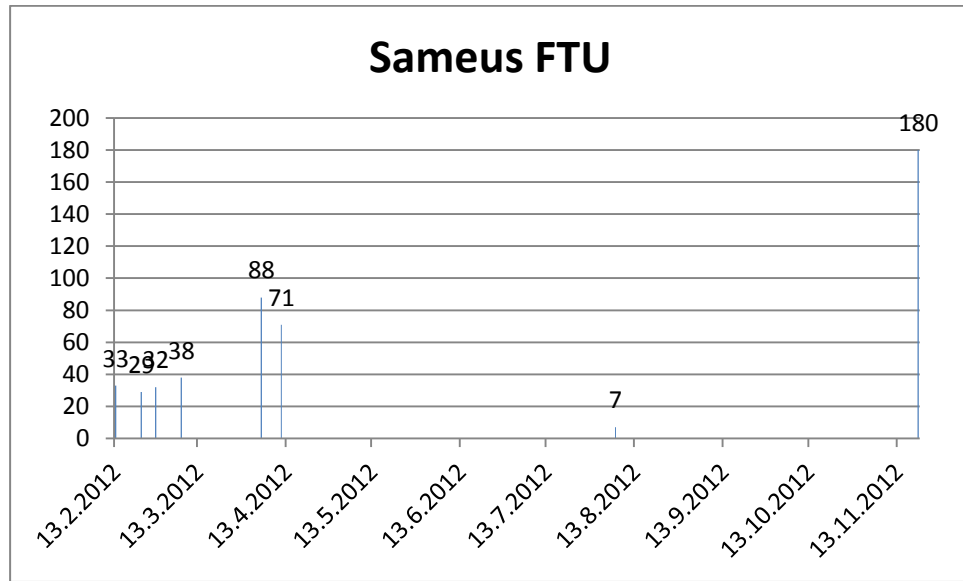
NäytePvm	Sameus	Kiint GF/C	Sähk	pH	kok.N	Kok.P
	FTU	mg/l	mS/m		µg/l	µg/l
2.1.2012	27	8,7	7,7	6,7	970	52
18.1.2012	5,1	2,4	7,8	7,1	570	15
24.1.2012	3,4	1,5	7,7	7	620	13
31.1.2012	2,5	1,5	7,8	6,9	610	13
13.2.2012	2,1	1,4	8	6,8	690	10
22.2.2012	2	1,4	7,9	6,8	500	4
20.3.2012	1,6	1,5	7,8	6,9	570	33
18.4.2012	38	15	7,7	6,8	860	59
11.9.2012	4	3,9	8	7,1	420	17
12.12.2012	2,8	2	7,5	7,2	530	13

TAULUKKO 2. Käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena pisteestä AH2

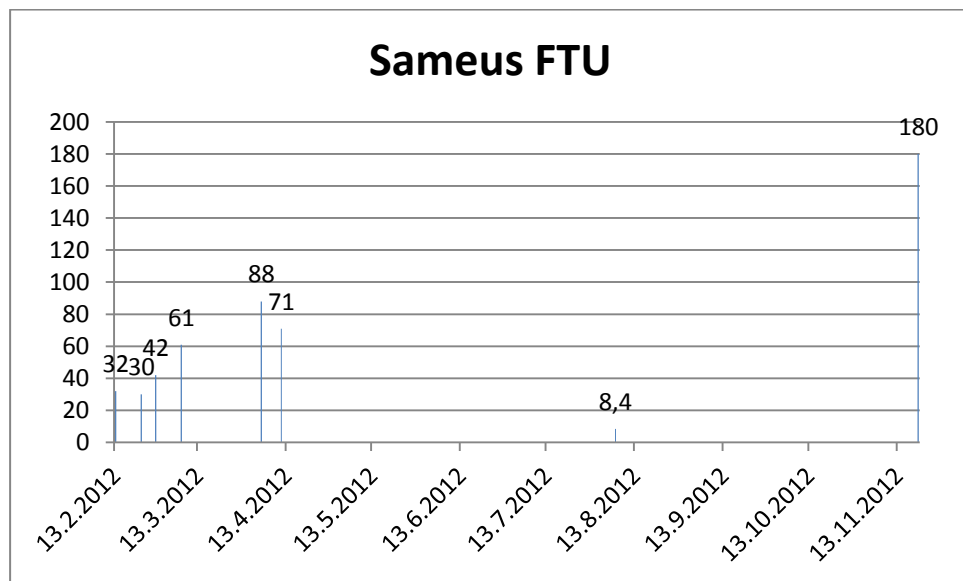
NäytePvm	Sameus	Kiint GF/C	Sähk	pH	kok.N	Kok.P
	FTU	mg/l	mS/m		µg/l	µg/l
2.1.2012	28	9,8	7,7	6,8	990	54
18.1.2012	5,5	2,1	7,9	6,9	540	15
24.1.2012	3,3	1,4	7,7	6,9	620	13
31.1.2012	2,6	1,3	7,8	6,9	610	11
7.2.2012	3,2	1,9	7,9	6,8	600	13
13.2.2012	2,2	1,3	8	6,8	690	6
22.2.2012	2,1	1,2	7,9	6,8	500	4
20.3.2012	1,5	1,4	7,8	6,8	610	10
18.4.2012	36	15	7,8	6,7	840	60
11.9.2012	4,1	4	8	7,1	450	17
9.10.2012	19	7,8	8,1	7	760	47
5.11.2012	18	6,2	8	6,6	720	43
12.12.2012	2,9	1,9	7,5	6,9	550	13

Taulukoissa 1 ja 2 nähdään kertaluontoisten käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena Ahvenkoskelta. Taulukko 1:n tulokset ovat ennen siltatöitä ja taulukko 2:n jälkeen siltatöiden, mahdollistaen näin vertailun. Huomioitavaa: Päiviltä 7.2., 9.10. ja 5.11. ei ole tuloksia mittauspisteestä AH1, joten pisteestä AH2 saatuja tuloksia näiltä päiviltä ei voida vertailla.

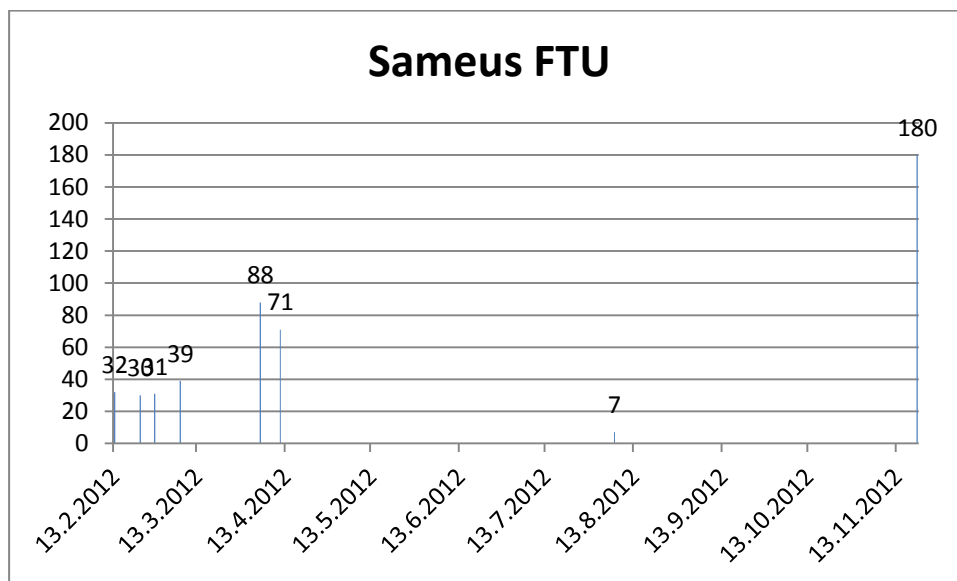
8.3.2 Taasianjoki



KUVIO 6. Taasianjoen sillan rakentamispisteen yläpuolinen mittauspiste



KUVIO 7. Taasianjoen sillan rakentamispisteen ensimmäinen alapuolinen mittauspiste



KUVIO 8. Taasianjoen sillan rakentamispisteen toinen alapuolinen mittauspiste

Kuvioissa 6, 7 ja 8 nähdään sameusarvojen muutokset pylväsdiagrammina käsinäytteenotoin suoritettuna Taasianjoelta. Kuvio 6:n tulokset ovat ennen siltatöitä ja kuvio 7:n ja 8:n jälkeen siltatöiden, mahdollistaen näin vertailun.

TAULUKKO 3. Käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena pisteestä Taa1

NäytePvm	Sameus FTU	Kiint GF/C mg/l	Sähk mS/m	pH	kok.N µg/l	Kok.P µg/l
13.2.2012	33	13	18,4	6,6	1900	57
22.2.2012	29	10	20	6,9	1500	39
27.2.2012	32	11	20,4	6,8	1400	56
7.3.2012	38	18	18,2	6,9	1200	83
4.4.2012	88	17	12,4	6,5	2800	140
11.4.2012	71	16	14,1	6,8	2000	130
6.8.2012	7	3,8	20,5	7,5	720	39
20.11.2012	180	18	10,2	6,7	2200	250

TAULUKKO 4. Käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena pisteestä Taa2

NäytePvm	Sameus	Kiint GF/C	Sähk	pH	kok.N	Kok.P
	FTU	mg/l	mS/m		µg/l	µg/l
13.2.2012	32	12	18,3	6,6	1700	65
22.2.2012	30	11	20,5	6,9	1700	37
27.2.2012	42	25	20,4	6,9	1700	67
7.3.2012	61	51	18,2	6,9	1300	120
4.4.2012	88	21	12,5	6,6	2800	140
11.4.2012	71	17	14,1	6,8	2000	130
6.8.2012	8,4	5	20,1	7,5	740	42
20.11.2012	180	12	10,2	6,8	2300	260

TAULUKKO 5. Käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena pisteestä Taa3

NäytePvm	Sameus	Kiint GF/C	Sähk	pH	kok.N	Kok.P
	FTU	mg/l	mS/m		µg/l	µg/l
13.2.2012	32	12	18,3	6,7	1800	72
22.2.2012	30	9,3	20,7	6,9	1900	39
27.2.2012	31	11	20,4	6,9	1300	61
7.3.2012	39	14	18,3	6,9	1100	84
4.4.2012	88	16	12,4	6,6	2700	140
11.4.2012	71	16	14	6,8	2100	130
6.8.2012	7	3,3	20,2	7,6	830	34
20.11.2012	180	11	10,1	6,8	2000	260

Taulukoissa 3, 4 ja 5 nähdään kertaluontoisten käsinäytteenottojen tulokset kokonaisuutena Taasianjoelta. Taulukko 3:n tulokset ovat ennen siltatöitä ja taulukko 4:n ja 5:n jälkeen siltatöiden, mahdollistaen näin vertailun.

Huomioitavaa: Punaisella korostetut arvot ovat kohonneet huomioon otavan paljon verrattuna vertailupisteen(Taa1) arvoihin.

8.4 Tulosten arviointi

Tuloksista on selvästi huomattavissa ero käsiteltyjen jokien osalta.

Ahvenkoskessa sameus- ja muut päästöt pysyivät melko lailla raja-arvon alapuolella, kun taas Taasianjoen arvot ylittivät melkein jatkuvasti raja-arvon. On

kuitenkin muistettava, että jatkuvatoimiset sameusmittarit ovat alttiita häiriöille, varsinkin hieman rehevöityneemmissä joissa, missä likaa, vesikasveja ja eliöitä voi tarttua helpommin anturiin kiinni, anturissa olevasta puhdistusharjasta huolimatta. Tuloksista päätellen Taasianjoki onkin hyvin mahdollisesti paljon rehevämpi verrattuna Ahvenkoskeen, joten sen mittaustuloksia tarkasteltaessa on oltava huomattavasti kriittisempi.

8.4.1 Ahvenkoski

Itäinen mittauspiste:

Sameuden nousua on selvästi huomattavissa massanvaihdon aikana jatkuvatoimisen sameusmittarin tuloksissa. Maksimiarvo massanvaihdon aikana oli 330 NTU:ta, joka ylittää raja-arvon. Vastaavasti kertaluontoisten käsinäytteenottojen tulokset eivät nouse massanvaihdon aikana 38 FTU:ta korkeammaksi, mutta sameusarvo oli suuri jo ennen työmaata, joten siltatöiden ei oleteta olevan vaikuttava tekijä tässä tapauksessa.

Paalutusten lähiaikoina sameusarvot pysyvät alle sadan NTU:n, lukuun ottamatta piikkiä, joka nousee yli 350 NTU:n. Muuten tasaisena pysyvien sameusarvojen perusteella voidaan olettaa piikin olevan virhearvo, joka voi johtua mittalaitteen anturia häiritsevistä vesieliöistä tai vesikasveista.

Massanvaihdon järkeiset käsinäytteenottojen sameustulokset pysyvät kokonaisuudessaan alle 20 FTU:n. Tämä tukee jatkuvatoimisista sameusmittareista saatua dataa.

Läntinen mittauspiste:

Läntisen mittauspisteen jatkuvatoimisen mittarin sameusarvot pysyvät alle sadan NTU:n kahta poikkeusta lukuun ottamatta. Ensimmäisessä poikkeamassa raja-arvo ylittyy juuri ja juuri 307 NTU:lla kahden tunnin ajan, mikä todennäköisesti johtui voimalaitoksen ohijuoksuudesta. Toisessa sameusarvo nousee yli 830 NTU:n, joten voidaan olettaa kyseessä olevan jälleen virhearvo mittauksen häiriöstä aiheutuen.

Muut mitatut arvot:

Suuria arvojen kasvuja ei ole tapahtunut ennen ja jälkeen siltatöiden mitattujen arvojen välillä, joten tästä voidaan päätellä, ettei siltatöillä ollut juurikaan vaikutusta jokiveden näihin ominaisuuksiin.

8.4.2 Taasianjoki

300 NTU:n raja-arvon ylityksiä on huomattavasti enemmän jatkuvatoimisen sameusmittarin mukaan, verrattuna Ahvenkoskelta saatuihin tuloksiin.

Korkeimmillaan sameusarvot käyvät lähellä 1300 NTU:ta, mutta suurimmat piikit pois luettuna virhearvoina, voidaan havaita sameusarvojen nousseen paikoitellen yli raja-arvon, varsinkin vuoden toisen puoliskon aikana.

Kertaluontoisten näytteenottojen tulokset tukevat saatuja jatkuvatoimisen sameusmittarin tuloksia. Vaikkakin saadut arvot ovat pieniä, on mahdollista, että käsinäytteenotot on suoritettu aikana, jolloin suuresti vaihteleva sameuden määrä on ollut pienimmillään. Oikein suoritettujen käsinäytteenottojen tulokset ovat kuitenkin luotettavampia verrattuna jatkuvatoimisella sameusmittarilla saatuihin tuloksiin.

Muut mitatut arvot:

Huomioitavaa nousua on tapahtunut niin kiintoaineen, kokonaistypen ja kokonaisfosforin osalta. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava kuitenkin, että useat arvot olivat koholla jo ennen siltatöitä, ja vaikka arvot yhä kohoaisivat siltatöiden jälkeen, niin siltatyöt eivät mahdollisesti ole perimmäinen syy arvojen kasvuun, vaan muut ulkoiset lähteet, kuten maatalous, voivat vaikuttaa suuresti veden laatuun.

8.5 Vuollejokisimpukkaan kohdistuvat vaikutukset

Vuollejokisimpukan runsain populaatio on keskittynyt savisameaan Vantaanjokeen. Tämä johtuu luonnollisesti paremmasta sietokyvystä

ravinteikkaita ympäristöjä vastaan, kuin esimerkiksi toinen Suomessa oleva rauhoitettu suursimpukkalaji, jokihelmsimpukka.

Kuitenkin vuollejokisimpukalle korkeat nitraattipitoisuudet ovat haitallisia, ja täten siis varsinkin lannoitteet, joissa käytetään nitraatti-ioneja, ovat niille erittäin haitallisia. Happamoituminen ja rehevöityminen ovat myös erittäin haitallisia. Vuollejokisimpukat ovat alimpana haitallisille oloille irrottautuessaan toukkavaiheessa isäntäkalastaan, jossa ne loisivat hedelmöityksensä jälkeisen ajan, ja vajoavat pohjaan pysyville asuinsijoilleen. (Kuukauden laji: vuollejokisimpukka 2009.)

Saatujen tulosten perusteella Ahvenkoskella eivät sameusarvot nousseet työvaiheiden aikana hälyttävän korkeaksi. Myöskään muut käsinäytteenotolla saadut arvot eivät nousseet hälyttävän korkealle. On siis tuloksista pääteltävissä, että siltatöistä ei syntynyt muuta kuin mahdollista erittäin hetkellistä haittaa.

Taasjoella Sameusarvot taas olivat kokonaislaatusesti huomattavan paljon korkeammalla, kuten myös muut saadut arvot. Vaikkakin vuollejokisimpukka on sietokyvyltään kohtalaisen hyvä ravinteikkaita ympäristöjä vastaan, on korkeista sameus- ja kiintoainearvoista voinut aiheutua kuluneen vuoden ajalta pientä haittaa. Kuitenkin suuret kokonaistyyppi- ja kokonaiasfosforiarvot ovat luultavimmin olleet suurin haitta vuollejokisimpukakannalle.

8.6 Sameuden ja kiintoaineen vaikutukset

8.6.1 Vesikasvillisuus

Sameuden aiheuttama kiintoaine voi kulkeutua veden mukana ja hangata ja tukehduttaa vesikasveja ja periphytonia ja heikentää näin ollen perustuotantoa heikentämällä vesikasvien fotosynteesiä. Epäorgaaninen kiintoaine on yksi sameutta lisäävistä tekijöistä. Yleisesti ottaen huomattavan korkeat kiintoainepitoisuudet ovat jokivesissä suhteellisen lyhytaikaisia, joten kasvillisuuteen aiheutuvat vaikutukset jäävät yleensä vähäisiksi.

Vesikasvillisuus vaikuttaa veden virtausnopeuteen ja luo hidasvirtaisia ja nopeavirtaisia alueita. Kasvillisuuden hidastaessa virtausnopeutta vähenee myös virtaamasta aiheutuvan eroosion vaikutus. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011c.)

8.6.2 Pohjaeläimet

Pohjaeläimet pystyvät sopeutumaan lyhytaikaisiin kiintoainespitoisuuksien muutoksiin, mutta jatkuva korkea kiintoainepitoisuus voi muuttaa täysin pohjaeläimistön luonnollisen koostumuksen. Pohjalle laskeutuva kiintoaine saa pohjaeläimet siirtymään parempaan elinympäristöön, sillä alkuperäisen pohjamateriaalin peittyminen hienojakoisella kiintoaineksella voi aiheuttaa haittoja pohjaeläinpopulaatiolle. Kiintoaineksen lisääntyessä lajisto muuttuu sellaiseksi, joka selviytyy parhaiten uusissa olosuhteissa. Erityisesti soveliaan habitatin määrän vähentyminen pienentää pohjaeläinpopulaatiota. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011c.)

Pohjan epästabiilisuus sekä valon määrän vähentyminen lisäävät pohjaeläinten kulkeutumista. Kiintoaine vaikuttaa pohjaeläimiin muun muassa hakkaamalla niiden pintaa, sekä niiden hengityselimet kärsivät hienosta kiintoaineksestä. Kiintoaineen määrän kasvulla on myös suora vaikutus veden hapenmäärään. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011c.)

Sameassa vedessä pohjaeläinten ravinnonhankinta vaikeutuu, varsinkin suodattajilla. Saaliseläinten tiheydet laskevat pohjalevien ravintoarvojen heiketessä. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011c.)

8.6.3 Kalat

Kalojen elinympäristöä muuttavat huomattavasti veden sameneminen kiintoaineen tai kasvaneen leväbiomassan takia sekä veden värin muutokset humuksen lisääntymisen seurauksena. Valon väheneminen vaikuttaa suoraan kilpailu- ja peto-saalis-suhteisiin, jolloin näön avulla ravintoa etsivät lajit ovat huomattavasti huonommassa asemassa. Valon vähentyessä useiden kalalajien elinympäristö tai

kutupaikka heikkenee. Muun muassa vapautuneiden ravinteiden takia vesikasvillisuuden väheneminen edesauttaa jälleen leväbiomassan kasvua. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011c.)

9 JATKUVATOIMISET SAMEUSMITTARIT YLEISESTI

9.1 Anturit

9.1.1 OBS-anturit

OBS-anturi mittaa sähkömagneettisen säteilyn takaisinsironnan avulla vedessä olevan sameuden. Anturi täytyy pitää oikein kalibroituna 0-liuoksen avulla.

OBS-anturit ovat edullisia sekä helppokäyttöisiä. Anturin malliin vaikuttaa sijoituspaikan vaatimukset. Halvemmat mallit vaativat toimiakseen erillisen tiedonkeräimen sekä sen kautta virransyötön. Kalliimmat mallit pystyvät toimimaan itsenäisesti ja sisältävät muistin, tiedonkeruuyksikön sekä virtalähteen, akun tai paristot. Jälkimmäiset on suunniteltu vaativampiin olosuhteisiin, eli valtamerelle tai vahvasti virtaavaan veteen. Optisen linssin puhtaanapitoa varten on saatavilla automaattinen harjapesuri, joka puhdistaa linssin säännöllisin väliajoin siihen mahdollisesti kiinnittyneistä kasveista ja eliöistä. Takertuneet kasvit ja eliöt vaikuttavat anturin toimintaan vääristäen näin saatuja sameustuloksia. (Arola 2012.)

Kuvassa 4 nähdään OBS-3+-sameusanturi harjapesurilla.



KUVA 4. OBS-3+-sameusanturi harjapesurilla (Jatkuvatoiminen sameusmittaus, kuva: Lippo Sundberg, MTT)

9.1.2 YSI-anturi

YSI-anturit ovat myös takaisinsironnan avulla mittaavia optisia antureita. Ne ovat erittäin toimintavarmoja ja toimivat sisäisillä tai ulkoisilla virranlähteillä.

Sameuden lisäksi YSI-anturi mittaa lämpötilan sekä sähkönjohtavuuden. Osaan sarjan antureista voidaan kiinnittää myös muita optisia antureita, jotka mittaavat samanaikaisesti esimerkiksi a-klorofyllin tai hapen, helpottaen ja monipuolistavan laitteen käyttömahdollisuuksia. (Arola 2012.)

Etuna YSI-antureissa on sisäänrakennettu muisti, jolloin pintayksikköä ei tarvita kohteissa, joissa jatkuvatoimista dataa ei tarvitse lähettää reaaliajassa. Laitteesta löytyy myös sisäänrakennettu mekaaninen pyyhkijä, joten erillistä puhdistusharjaa ei tarvita. Optisen linssin puhtautta kannattaa kuitenkin seurata yhtäläillä kuin erillistä puhdistusharjaa käyttävien anturien kanssa. (Arola 2012.)

Kuvassa 5 nähdään YSI-sameusanturi sekä S::can-spektrometriananturi.



KUVA 5. YSI-sameusanturi (ylempi) ja S::can-spektrometriananturi (alempi) (Jatkuvatoiminen sameusmittaus, kuva: Mikko Kiirikki, Luode Consulting Oy)

9.1.3 S::can-spektrometriananturit

S::can-monitoimianturit mittaavat valon vaimenemisella veden sameuden määrän. OBS- ja YSI-antureista poiketen S::can-spektrometriananturi pystyy mittaamaan

muun muassa sameutta, nitraattityppeä ja orgaanisen aineen määrän jatkuvatoimisesti. Signaalin niin kutsuttu sormenjälki, eli signaalin tunnistettavuus, mahdollistaa useiden parametrien samanaikaisen mittaamisen sekä erittäin tarkan kompensoinnin muun muassa valolähteen muutoksille ilman ylimääräisten antureiden lisäämistä laitteeseen. (Arola 2012.)

Laitteistot soveltuvat parhaiten luonnonvesiin, teollisuusovelluksiin ja puhdasvesi- sekä jätevesisovelluksiin. Mittaus suoritetaan rungon suuntaisesti, joten asentaminen ja mittaaminen onnistuvat pienessäkin tilassa, kunhan vesi vaihtuu anturin mittaavan valotien kohdalla. Mittausalue vaihtelee veden ominaisuuksien mukaan. (Arola 2012.)

Anturi on helppo ottaa käyttöön, sillä se toimii niin patteri ja akkukäyttöisenä, kuin myös verkkovirralla. Puhdistusmekanismina toimii paineilma, joka tuotetaan paikallisella kompressorilla tai vaihtoehtoisesti sukelluspullosta. (Arola 2012.)

S::can-anturit voivat tallentaa tiedon joko paikallisesti sisäiseen muistiin tai lähettää ajankohtaista aineistoa langattomasti. (Arola 2012.)

9.1.4 Antureiden erot

Verrattuna OBS-antureihin S::can-anturit ovat optisesti paremmin kompensoituja, sillä ne mittaavat koko spektriä. Jokaisen anturityypin kohdalla on vielä epäselvää, kuinka hyvin ne toimivat humuspitoisissa vesissä. Savisameissa vesissä mittaukset ovat osoittautuneet melko luotettaviksi. (Arola 2012.)

Antureiden käyttämät mittayksiköt ovat erilaisia, OBS ja YSI ilmoittavat tulokset NTU:na ja S::can FTU:na. Yksiköistä on kuitenkin pyritty tekemään mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään. Sameusarvoilla 0-100 yksiköiden välit ovat erittäin pieniä. Taulukossa 6 on listattu laitteiden teknisiä eroja. (Arola 2012.)

TAULUKKO 6. Mittauslaitteiden erot taulukoituna

Laite	Mitta-alue	Virtalähde	Datankero	Ohjelmisto
OBS	valittavissa	ulkoinen/sisäinen	ulkoinen	mukana
YSI	kiinteä	ulkoinen/sisäinen	ulkoinen/sisäinen	mukana
S::can	valittavissa	ulkoinen	ulkoinen/sisäinen	mukana

9.2 Mittauspaikan valinta ja asennus

Vedenlaatumittareille yleisempiä asennuskohteita ovat ojat, purot, joet ja kosteikot, mutta niitä asennetaan myös suurempiin vesistöihin, kuten järviin ja meriin. Mittauspaikan valinnassa on otettava huomioon sijainti niin, että valuma-alueesta saadaan mahdollisimman todenmukaiset tulokset. Myös huollon ja ylläpidon järjestäminen on otettava huomioon. (Arola 2012.)

9.2.1 Telineet

Anturitelineet valitaan kohteen mukaan. Telineet voidaan jaotella neljään eri ryhmään. Pohjaan kiinnitettävät telineet ovat yksinkertaisia, mutta niiden luokse pääseminen sekoittaa pohjaa ja näin ollen voi vääristää mittaustuloksia. Paalun tukevuus on myös epävarmaa, varsinkin talvella, jolloin liikkuvat jäät eivät irrota telineitä pohjasta. Ripustettu asennus tehdään joko siltoihin tai laitureihin, tai johonkin veden yläpuoliseen pisteeseen. Näissä huolto on helpompaa, eikä niiden luoksepääseminen aiheuta pohjan sekoittumista. Mikäli ei ole mahdollista rakentaa telineitä sopiviin rakenteisiin, niin on mahdollista käyttää myös rannalle nostettavia sekä kellukkeiden, kuten poijujen, varaan rakennettavia telineitä. (Arola 2012.) Kuvassa 6 nähdään mittausanturi asennettuna laiturille.



KUVA 6. Mittausanturi laiturilla (Jatkuvatoiminen sameusmittaus, kuva: Lippo Sundberg, MTT)

9.2.2 Mittauspaikan valinta

Asennettaessa anturia on otettava huomioon rantapenkereen aiheuttamat pyörteet, mutta myös huollon ja ylläpidon helppous ja turvallisuus. Myös vedenpinnan muutokset, varsinkin tulva-aikana, on otettava huomioon. (Arola 2012.)

Virtauksen esteenä ei saa olla sivu-uomia, ilmakuplia eikä esteitä, jotka saattaisivat aiheuttaa kuohuvia virtapaikkoja tai joihin irtoroskat saattaisivat takertua, vaikuttaen näin anturin mittaustuloksiin. Ranta- ja vesikasvit voivat myös vaikuttaa tuloksiin, jos ne tulevat anturin mittauskohdan tielle. Siltoihin asentamista ei suositella liikenteen tärinän, päästöjen, pölyämisen, suolauksen ja aurauksen mahdollisten vaikutusten takia. Myös sillan rakenteet saattavat aiheuttaa pyörteitä, jotka vaikuttaisivat jälleen tuloksiin. (Arola 2012.)

Anturi asennetaan oikealle syvyydelle niin, ettei pohjavirtaaman nostattama aines vaikuta tuloksiin. Liian lähelle pintaa asetettu anturi taas kerää kasvustoa linssin esteeksi auringonvalon voimalla, tai talvella sillä on mahdollisuus jäätyä. Kaikissa tilanteissa huoltokäyntien määrä lisääntyisi huomattavasti oikein asennettuun anturiin verrattuna. (Arola 2012.)

9.2.3 Paikanvalinnan ongelmakohdat.

Paikanvalinnassa ei yleensä päästä ihanteelliseen tilanteeseen, vaan joudutaan tekemään kompromisseja. Paikkaa valittaessa on otettava huomioon lupa-asiat sekä ilkivallan mahdollisuus. Pihapiirit ja aidatut alueet ovat yleisesti turvallisia asennuskohteita, kun taas esimerkiksi julkiset laiturit ovat alttiita ilkivallalle. (Arola 2012.)

9.2.4 Kalibrointi

Sameusmittareissa tulee muistaa säännöllinen kalibrointi. Vaikka anturit kalibroidaan tehtaalla valmiiksi, voi kaksi samalla standardilla kalibroituja anturia antaa hieman eriävät tulokset samasta näytteestä. Heikon antureiden vertailtavuuden takia anturit kalibroidaan usein sameuden lisäksi myös kiintoaineeseen nähden näin saaden vertailukelpoisemman pitoisuusarvon. (Arola 2012.)

Antureille on myös suoritettava paikalliskalibrointi, sillä vedessä olevien partikkeleiden koko, muoto ja tummuus vaikuttavat mittaustuloksiin (Arola 2012).

9.3 Huolto

Anturin keräämää aineistoa on seurattava ja anturia huollettava säännöllisesti. Säännöllinen huoltosuunnitelma ehkäisee mahdolliset mittaustulosten toimintaa heikentävät olosuhteet, olivat ne sitten ilkivaltaa tai luonnollista likaantumista, jota laitteen sisäänrakennettu puhdistusmekanismi ei saa hoidettua. (Arola 2012.)

9.3.1 Perushuolto

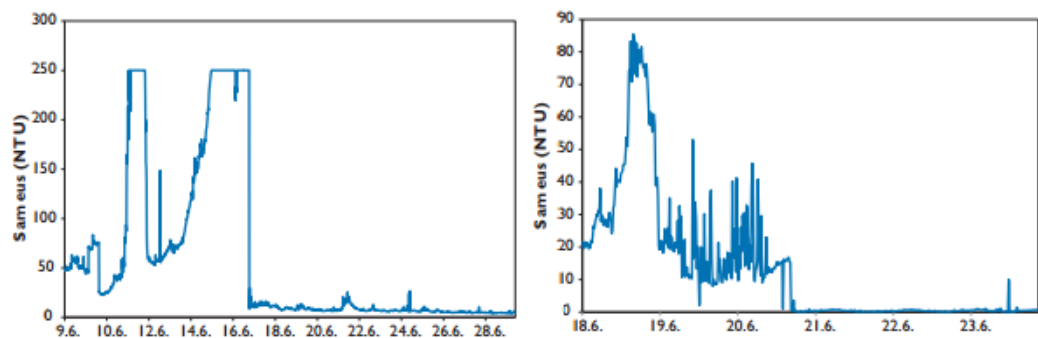
Säännöllisellä perushuollolla ennaltaehkäistään toimintahäiriöitä ja niistä johtuvia virheitä aineistossa. Perushuollon aikana tarkistetaan anturin kiinnitys, mittalaitetelineet ja virransaanti sekä tarvittaessa vaihdetaan akku tai paristot ja suoritetaan mittalaitteen kalibrointi. (Arola 2012.)

Antureiden puhdistustarve on tehtävä paikkakohtaisesti siten, ettei aineistossa ole havaittavissa muutoksia ennen tai jälkeen puhdistuksen. On myös huomioitava, ettei huoltotöitä tehdä mittauksen aikana tai juuri ennen mittausta, sillä työt voivat aiheuttaa pohjan pölyämistä, mikä näkyy jälkeinpäin mittaustuloksissa. (Arola 2012.)

Kuvio 11:ssä nähdään vesikasvillisuuden tai -eliöiden aiheuttamia virhearvoja.

9.3.2 Lisähuolto

Perushuollon lisäksi laitteita on huollettava tarpeen mukaan esimerkiksi rajujen ukkosmyrskyjen jälkeen. Laitteen toiminta arvioidaan joko paikan päällä tai mittaustuloksista arvioimalla. Automaattinen laadunvalvonta helpottaa huoltotoimenpiteiden tarpeen arviointia. (Arola 2012.)



KUVIO 11. Vesikasvillisuuden tai -eliöiden aiheuttamia virhearvoja (Arola 2012)

9.3.3 Yleisimmät huoltotoimenpiteet

Yleisin huoltotoimenpide on antureiden puhdistus. Muita toimenpiteitä ovat akun tai pariston vaihto, ohjelmistopäivitykset, anturin sijainnin säätäminen tai vaihtaminen parempaan syvyyteen, tiedonsiirto-ongelmien korjaus, puhdistusmekanismin huolto ja tarvittaessa talviaikaiset ylösnotot ja keväiset veteenlaskut. Laitteistosta riippuen tietyt huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa etänä. Tällaisia ovat esimerkiksi ohjelmistopäivitykset, mittaustiheyden muuttaminen ja ohjelmisto ongelmien korjaaminen. Huolto aiheuttaa suurimman osan automaattisen mittauksen kustannuksista. (Arola 2012.)

10 JATKUVATOIMINEN SAMEUSMITTAUS OSANA VEDEN LAADUN SEURANTAA

Yhteistarkkailulla on suuri merkitys vesistöjen ekologisen ja kemiallisen tilan arvioinnissa. Taloudellinen paine on johtanut seurantaverkon sekä näytteenottotiheyden harventamiseen. Ympäristön seurannan ja raportoinnin tuottavuutta parannetaan korvaamalla perinteiset menetelmät sähköisillä antureilla. Perinteinen vesistön seuranta säilytettäisiin minimitasolla.

Automaattiseurannasta kertyneet kokemukset ovat jo vuodesta 2005 lähtien osoittaneet automaattiseurannan olevan tehokas tutkimushankkeissa, mutta vesistötarkkailua ei suositella jätettävän vain automaattiseurannan varaan. Vaikka mittaustulokset ovat hyviä tulosten osalta, ei kuitenkaan kaikkia parametreja pystytä seuraamaan eikä mallintamaan automaattisesti. Myös haitallisten aineiden seuranta automaattisesti on vielä mahdotonta.

Jatkuvatoimista veden laadun mittaamista hyödynnetään monenlaisilla valuma-alueilla. Automaattisen seurannan ottaminen osaksi tarkkailuja vaatii aina hyvän vesistökohtaisen suunnittelun niin mittapaikan kuin myös mitattavien parametrien suhteen.

Jatkuvatoimiset mittaukset ovat korvaamattomia hulevesikuormitteisten vesien tutkimisessa. Mitä pienempi ja voimakkaampi vesistöön kohdistuva vaikutus on, sitä nopeampia ovat veden laadun ja määrän vaihtelut. Tässä vaiheessa automaattimittauksen tiheään otetut mittaustulokset ovat parhaimmillaan.

Yhteistarkkailun merkittävyys painottuu pitkään kestäneeseen tarkkailuun, jossa otetaan huomioon useita muuttujia, joka kertoo veden laadun kehityksestä. Suurimmaksi puutteeksi seurannassa nousee yleensä harva näytteenotto, jota rajoittaa yleensä rajalliset resurssit.

Vaikkei automaattimittauksia olisi mahdollista ottaa osaksi ympärivuotiseen tarkkailuun, on mahdollista mittauksia toteuttaa lyhyempiaikaisina säännöllisinä mittauskampanjoina, jolloin esimerkiksi kesän alivirtaamakaudella sattuneet satunnaispäästöt saadaan mitattua pienemmillä kustannuksilla. Ideaalitulanteessa vesistössä olisi vesistökohtainen automaattimittausasemien verkosto.

On tärkeää muistaa, etteivät automaattianturit korvaa täysin perinteisiä vesinäytteenottoja ja laboratorioanalyysijä. Automaattimittareiden tuoma tieto auttaa arvioimaan, mitä vesistössä on tapahtunut näytteenottohetkien välissä, helpottaen tarkempilaatuisten mittaustulosten arviointia. (Valkama & Lahti 2012, 4-7)

11 YHTEENVETO

Sameusarvojen seuranta aloitettiin, jotta voidaan tarkastella valtatie 7:n uusien siltojen rakentamisesta aiheutuvan sameuden ja muiden sameusmittauksen ohella mitattujen arvojen vaikutusta vuollejokisimpukan elinympäristöön, kuten myös yleisesti jokivesien laatuun. Mittaukset toteutettiin jatkuvatoimisia sameusmittareita käyttäen, sekä aikoina, joina odotettiin sameusarvojen nousevan työvaiheiden takia, otettiin vielä kertaluontaisia käsinäytteitä, joilla saatiin tärkeempää tietoa veden laadusta sekä sameuden että muiden arvojen osalta.

Jatkuvatoimisten sameusmittareiden sekä kertaluontaisten käsinäytteenottojen tuloksia vertailtaessa huomattiin selvästi, että nämä kaksi työtappaa erillään eivät olisi antaneet kovinkaan tarkkaa kuvaa veden laadusta. Yhdessä jatkuvatoimista sameusmittausta sekä kertaluontaisia käsinäytteenottoja käytettäessä saadaan paljon tarkempia tuloksia, sekä se on myös taloudellisesti kannattavampaa, sillä vain kertaluontaisilla näytteenotoilla kustannukset nousisivat moninkertaisiksi. Jatkuvatoimisia sameusmittareita taas ei voida yksinään käyttää, sillä niiden luotettavuus ei ole vielä samalla tasolla kuin laboratoriossa hoidettavien mittausten.

Laajempaa kartoitusta kertaluontoisin käsinäytteenotoin jäi kaipaamaan. Oli monen kuukauden pituisia aikoja, jolloin ei tehty lainkaan käsinäytteenottoja. Käsinäytteenottojen lisääminen esimerkiksi joka kuukausi tehtäväksi olisi tuonut paljon lisää vertailukelpoisuutta jatkuvatoimisten sameusmittausten ja kertaluontaisten käsinäytteenottojen tuloksien välille. Taasianjoella esimerkiksi havaittiin jatkuvatoimisilla mittauksilla suuria arvojen vaihteluja, joita olisi pystytty eliminoimaan virhearvioiksi varmemmin useammilla käsinäytteenotoilla.

Tuloksia tarkasteltaessa on oltava kriittinen, mutta loppujenlopuksi ne antavat kuitenkin kattavat lähtökohdat jokivesien laadun arvioimiseen sekä siltatöistä aiheutuvien päästöjen vaikutusten arvioimiseen vuollejokisimpukoiden elinympäristön osalta. Mittauksia ja saatuja tuloksia voi siis pitää onnistuneina.

11.1 Sameusmittaus tulevaisuudessa

Jatkuvatoiminen sameusmittaus tulee tulevaisuudessa melko varmasti lisääntymään mittalaitteiden luotettavuuden kasvaessa, kuin myös hintojen laskiessa. On arvioitu, että käsinäytteenotto ei kata tarpeeksi hyvin vesistön laadun seurantaa, sillä mittauksia tehdään huomattavasti vähemmän, mitä jatkuvatoimisilla sameusmittauksilla pystytään kattamaan. Valkama ym. 2010 tutkimuksessaan totesikin, että pelloilta huuhtoutuva kuormitus syntyy pulsseina ja siksi kuormitustapahtumat ovat hyvin nopeita. Harvaan tehdyissä käsinäytteenotoissa tällaiset vaikutukset eivät välttämättä näy ollenkaan, kun taas automatisoitu mittaus havaitsee esimerkiksi tunnin välein tapahtuvat muutokset. Jatkuvatoimisilla mittareilla saataisiin myös paljon kattavampi tutkimus tehtyä, sillä mittareita voitaisiin asentaa useampaan kohteeseen, kuin käsinäytteenottoja olisi rahallisesti kannattavaa suorittaa.

Jatkuvatoimisia mittareita jouduttaisiin vielä kehittämään suuresti, jotta ne vastaisivat samoja laatuvaatimuksia laboratoriotestien kanssa. Tästä syystä siis on kannattavinta vielä käyttää jatkuvatoimisia mittareita nopeiden muutosten havainnoinnissa ja säilyttää käsinäytteenotot täydentävinä.

11.2 Omat ajatukset opinnäytetyöstä

Opinnäytetyön toteutus sujui mielestäni hyvin. Harjoitteluni aikana osallistuin moniin vaiheisiin, kuten käsinäytteenottoihin ja jatkuvatoimisen sameusmittarin poijuasennukseen. Näin pystyin paremmin sisäistämään koko työn tarkoituksen ja asettamaan oman päämääräni, jota tulisin tarkastelemaan opinnäytetyössä. Sain erittäin kattavan aineiston Kymijoen vesi ja ympäristö ry:ltä, minkä avulla työn toteutus oli mukavaa ja motivoivaa.

Ainoa työn tekoa vaikeuttava asia tapahtui oman virheen kautta. Tietokoneen hajoamisen johdosta aineistojen katoaminen pitkitti opinnäytetyön valmistumista, mutta sain nopeasti aineistot uudelleen Kymijoen vesi ja ympäristö ry:ltä, ja sain kirjoitettua opinnäytetyön valmiiksi vain hieman suunnittelemaani aikataulua jäljessä.

LÄHTEET

Arola, H. 2012. Suomen ympäristökeskus. Jatkuvatoiminen sameusmittaus [viitattu 9.4.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135544&lan=fi>

Kuukauden laji: vuollejokisimpukka. 2009. Ympäristökeskus. [viitattu 30.5.2013]. Saatavissa:

http://www.hel.fi/wps/portal/Ymparistokeskus/Artikkeli?urile=hki:path:/Ymk/fi/Ymp_ri_st_n+tila/Luonto/Kuukauden+laji+huhtikuu+2009¤t=true

Juusela, V. 2012. Suomen ympäristökeskus. Jatkuvatoiminen sameusmittaus [viitattu 28.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135544&lan=fi>

Mattila, J. 2011. Kymijoen vesi ja ympäristö ry. Valtatie 7 vesistö tarkkailuohjelma välillä Taasianjoki-Ahvenkoskenlahti-Pyhtäänhaara-Siltakylänjoki-Langinkoskenhaara-Korkeakoskenhaara

Pohjois-Pohjanmaan ELY.2011a. Kokonaisfosfori [viitattu 28.5.2013].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12876&lan=fi>

Pohjois-Pohjanmaan ELY.2011b. Kokonaistyyppi [viitattu 28.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=73194&lan=fi>

Pohjois-Pohjanmaan ELY.2011c. Kiintoainekuormitus vaikuttaa eliöstöön [viitattu 25.4.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11596&lan=fi>

Pohjois-Pohjanmaan ELY.2011d. pH-arvo [viitattu 28.5.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12875&lan=fi>

Pohjois-Pohjanmaan ELY.2011e. Sähkönjohtavuus [viitattu 28.5.2013].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12883&lan=fi>

Ympäristöhallinto. 2012a. Sameus vedenlaatua kuvaavana muuttujana [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17452&lan=fi>

Ympäristöhallinto. 2012b. OH2/2012 Jatkuvatoiminen sameusmittaus [viitattu 27.4.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135544&lan=fi>

Ympäristöhallinto. 2011. Kiintoainekuormitus vaikuttaa eliöstöön [Viitattu 27.4.2013]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11596&lan=fi#a0>

Ympäristöministeriö.2012. Lajien suojelu EU:n lintu- ja luontodirektiiveissä [viitattu 8.5.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=854>

Ympäristölupapäätös ESAVI Nro 151/2010/4 Dnro ESAVI/250/04.09/2010.

Saatavissa:http://www.avi.fi/fi/virastot/etelasuomenavi/Ymparistojavesitalousluvat/Vesiluvat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/Vuosi%202010/esavi_paatos_151_2010_4-2010-09-16.pdf

Ympäristölupapäätös ISAVI Nro 94/10/2 Dnro ISAVI/48/04.09/2010. Saatavissa:

http://www.avi.fi/fi/virastot/itasuomenavi/ymparistojavesitalousluvat/Vesiluvat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/Vuosi%202010/isavi_paatos_94_10_2-2010-10-6.pdf

Valkama, P., Lahti, K. 2009. Aquarius. Jatkuvatoimiset mittaukset osana yhteistarkkailua. 4. Forssa Print.

Valkama, P., Lahti, K., Särkelä, A. 2010. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Automaattimittauksella tarkkaa tietoa maatalouden vesistökuormituksesta [viitattu 25.5.2013]. Saatavilla:

<http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/086.pdf>

Wikipedia. 2013. Turbidity [viitattu 1.5.2013]. Saatavilla:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Turbidity>