

Satakunnan Ammattikorkeakoulu
Tekniikka Pori
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka
2007

NAKKILAN JA HIIRIJÄRVEN SEUDUN VESISTÖTUTKIMUS

Heidi Aarikka
Heli Ruoho

NAKKILAN JA HARJAVALLAN HIIRIJÄRVEN SEUDUN VESISTÖTUTKIMUS

Aarikka, Heidi
Ruoho, Heli
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Pori
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka
Kesäkuu 2007
Koskinen, Sirkka-Liisa, ins.
Vanha-aho, Tuula, FL
UDK: 504.05, 504.054, 504.506
Sivumäärä: 55

Asiasanat: analyysi, vesi, pitoisuus, tulokset

Opinnäytetyössä tutkittiin Harjavallan Hiirijärven ja Nakkilan seudun vesistöjä. Seudun asukkaat olivat kiinnostuneita vesistöjen nykyisestä tilasta.

Vesistöjen tilaa on kuormittanut peltojen lannoitteet. Myös liikenne on yksi kuormitustekijä. Vesistöjen tilaan on vaikuttanut onnettomuus, jossa Outokumpu Harjavalta Metalsin tehtaiden lietevedettä pääsi Kurkelanojan ja Tattaranjoen kautta Kokemäenjokeen. Tämän lisäksi Kurkelansuon turvetuotantoalueen kuivatusvedet lasketaan ojien kautta Tattaranjokeen.

Vesistöjen tutkimista varten otettiin vesinäytteet, joista analysoitiin pH, sameus, sähkönjohtokyky, typpi-, kupari-, rauta-, nikkeli-, arseeni-, kalium-, fosforipitoisuudet sekä veden kemiallisen hapen kulutus. Tuloksista todettiin oja-, joki- ja lähdevesien rehevöityneen ja kaivovedet eivät täyttäneet talousveden laatuvaatimuksia.

WATERCOURSES OF HARJAVALTA HIIRIJÄRVI AND NAKKILA REGION

Aarikka, Heidi
Ruoho, Heli
Satakunta Polytechnic
Technic Pori
Degree Programme in chemical engineering
Chemical engineering
June 2007
Koskinen, Sirkka-Liisa , ins.
Vanha-aho, Tuula, FL
UDK: 504.05, 504.054, 504.506
Pages: 55

Key words: analysis, water, content, results

In the Bachelor's thesis, the watercourses of Harjavalta Hiirijärvi and Nakkila region were examined. The inhabitants of the area were interested about the current situation of the waters.

Fertilizers from fields have loaded the condition of the waters. Also traffic is notified to be one stress factor. The condition of the waterways has been affected by an accident, where sludge liquor from factories of Outokumpu Harjavalta Metals Oy was reached to Kokemäenjoki River through Kurkelanoja and Tattaranjoki River. In addition, the drainage waters of the peat production area of Kurkelansuo are directed through ditches to Tattaranjoki River.

For the examination of the watercourses, water samples, from which analyzes of pH, turbidity, conductivity, nitrogen-, copper-, iron-, nickel-, arsenic-, potassium-, phosphorous contents and the chemical oxygen demand of water, were taken. From results were discovered beck-, river- and fountainwaters had became entrophic and wellwaters didn't meet the housewaters quality requirements.

SISÄLLYSLUETTELO

1 VESIANALYYSIT	9
1.1 Vesianalyysin suunnittelu	9
1.2 Esivalmistelut	9
1.3 Näytetyypit	9
1.4 Näytteenoton suoritus	10
1.5 Näytteiden kuljetus ja säilytys	11
1.6 Määritykset	11
1.6.1 pH	12
1.6.2 Sameus	12
1.6.3 Sähkönjohtokyky	13
1.6.4 Typpi	13
1.6.5 Kupari	14
1.6.6 Rauta	14
1.6.7 Nikkeli	15
1.6.8 Arseeni	15
1.6.9 Kalium	15
1.6.10 Fosfori	15
1.6.11 Kemiallisen hapen kulutus eli COD	16
2 TYÖN SUORITUS	17
2.1 Aihe	17
2.2 Näytepaikkoihin tutustuminen	17
2.3 Suunnittelu	17
2.4 Näytteiden haku ja käsittely	18
2.5 Laboratorio määritykset	18
2.5.1 pH:n mitta	18
2.5.2 Sameuden mitta	19
2.5.3 Sähkönjohtokyvyn mitta	19
2.5.4 Typen määritys	20
2.5.5 Liekkiatomiabsorptiospektrofotometri määritykset	21
2.5.6 Fosforin määritys	23

2.5.7 Veden kemiallisen hapen kulutuksen määrittäminen eli COD	25
3 TYÖN TULOKSET	27
3.1 Näytteenottopaikat	27
3.2 Näytteenoton ajankohdat ja havainnot	28
3.3 Kestävöimättömien näytteen mittaustulokset	28
3.4 Kestävöityjen näytteen mittaustulokset	32
3.5 Tulosten laskeminen	39
3.5.1 Typen määrityksen laskukaavat	40
3.5.2 Veden kemiallisen hapen kulutuksen laskukaavat	40
3.5.3 Esimerkkilaskut käytetyistä laskukaavoista	41
3.6 Tulosten tarkastelu	42
3.6.1 Näytteen ottaminen	43
3.6.2 pH-mittauksien tulkinta	44
3.6.3 Sameusmittauksien tulkinta	44
3.6.4 Sähkönjohtokyky-mittauksien tulkinta	45
3.6.5 Typpipitoisuuksien tulkinta	46
3.6.6 Kuparipitoisuuksien tulkinta	46
3.6.7 Rautapitoisuuksien tulkinta	46
3.6.8 Nikkelipitoisuuksien tulkinta	47
3.6.9 Arseenipitoisuuksien tulkinta	47
3.6.10 Kaliumipitoisuuksien tulkinta	47
3.6.11 Fosforipitoisuuksien tulkinta	48
3.6.12 Veden kemiallisen hapen kulutuksen tulkinta	48
3.7 Aikaisempia mittaustuloksia	48
3.8 Yhteenveto	50
LÄHTEET	52
LIITELUETTELO	54

TERMILUETTELO

Alkuaineet:

Al	Alumiini
As	Arseeni
Ca	Kalsium
Cu	Kupari
P	Fosfori
Fe	Rauta
Hg	Elohopea
K	Kalium
N	Typpi
Na	Natrium
Ni	Nikkeli
Mg	Magnesium
Zn	Sinkki

Ionit:

Cl^-	Kloridi
NH_4^+	Ammonium
NO_2^-	Nitriitti
NO_3^-	Nitraatti
PO_4^{3-}	Fosfaatti
SO_4^{2-}	Sulfaatti

Hapot:

$C_6H_8O_6$	askorbiinihappo
HCl	Suolahappo
H_3BO_3	Boorihappo
H_2NCH_2COOH	Glysiini
HNO_3	Typpihappo
HOC_6H_4COOH	Salisyylihappo
H_2SO_4	Rikkihappo

Muut yhdisteet:

$CHCl_3$	Kloroformi
C_2H_5OH	Etanoli
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Kuparisulfaattipentahydraatti
KI	Kaliumjodidi
KIO_3	Kaliumjodaatti
KH_2PO_4	Kaliumvetyfosfaatti
$KMnO_4$	Kaliumpermanganaatti
$K(SbO)C_4H_4O_6$	Kaliumantimoni(III)oksiditartraatti
K_2SO_4	Kaliumsulfaatti
$K_2S_2O_8$	Kaliumperoksidisulfaatti
NaOH	Natriumhydroksidi
Na_2CO_3	Natriumkarbonaatti
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	Natriumtiosulfaattipentahydraatti
NH_4Cl	Ammoniumkloridi
$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	Ammoniumheptamolybdaattitetrahydraatti

JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheeksi valittiin vesianalyysi. Ensin haluttiin tutkia Kokemäenjoen vesistöä, mutta vesianalyysijä oli tehty paljon jo aiemmin liittyen Kokemäenjoen veden laatuun. Sitten päätettiin tutkia ojien, joen, lähteiden ja kaivojen veden laatua Harjavallan Hiirijärven ja Nakkilan alueilta.

Tämä aihe valittiin, koska alueelle on päässyt vuosien saatossa erilaisia vesistöjä kuormittavia jätevesiä. Haluttiin saada varmistus veden käyttökelpoisuudesta ja vesien tilasta nykyhetkellä, koska aikaa on kulunut runsaasti suuronnettomuudesta, joka sattui vuonna 1994. Liettevesi pilasi kaivo-, oja-, joki- ja lähdevesiä. Haluttiin tutkia vesistön nykytilanne. Kaivovettä tutkittiin, koska haluttiin tietää täyttävätkö kaivovedet talousveden laatuvaatimukset.

1 VESIANALYYSI

1.1 Vesianalyysin suunnittelu

Vesianalyysin suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota moniin asioihin. On tärkeää selvittää, milloin saadaan otettua edustavin vesinäyte. Suunnittelussa kannattaa miettiä, mitä vesinäytteistä tutkitaan sekä mitä menetelmiä tutkimuksissa kannattaa käyttää. Yleensä käytetään SFS-standardien mukaisia menetelmiä. Näytteenottopaikkojen tutkiminen ja niihin tutustuminen on yksi tärkeimpiä asioita vesianalyysin suunnittelussa. Ennen näytteiden ottoa on suunniteltava tarkasti, mitä välineitä näytteen ottamista varten tarvitaan. /1, s. 116/

1.2 Esivalmistelut

Esivalmisteluissa on selvitettävä, kuinka suuren näytetilavuuden kukin havaintosuure tarvitsee analyysiä varten. On myös esimerkiksi selvitettävä, mitkä havaintosuureet voidaan analysoida samaan pulloon otetusta näytteestä. Selvitetään myös toimenpiteet, jotka tulee tehdä välittömästi näytteenottopaikalla (esimerkiksi kestäväointi) ja varustaudutaan toimenpiteiden edellyttämällä tavalla. /1, s. 117/

1.3 Näytetyypit

Erilaiset näytetyypit voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: pistonäytteisiin ja kokoomanäytteisiin. Pistonäyte otetaan yhdellä ”pistolla” valitusta näytteenottopaikasta. Tällaisesta näytteestä käytetään myös toista nimeä, joka on kertanäyte. Tämän tyyppinen näyte tulee kyseeseen esimerkiksi silloin, kun tarvitaan vain karkeaa suuruusluokkatietoa, näyte ei kestä säilyttämistä,

halutaan selvittää tutkittavassa kohteessa erityisesti havaintosuureen pitoisuuksien vaihteluja tai tutkittavien havaintosuureiden pitoisuudet riittävän pitkällä aikavälillä ei oleellisesti vaihtelee.

Kokoomanäyte on taas kahdesta tai useammasta pistonäytteestä valmistettu homogeeninen seosnäyte. Kokoomanäyte tulee kysymykseen, kun halutaan esimerkiksi keskimääräistä pitoisuus tietoa, ja etenkin kun halutaan määrällistä kuormitustietoa. /1, s. 118/

1.4 Näytteenoton suoritus

Näytteenottopaikka tulee valita siten, että näyte edustaa mahdollisimman täydellisesti tutkittavaa kohdetta. Esimerkiksi jätevesi tutkimuksissa on varmistuttava siitä, että koko vesimassa on hyvin sekoittunut. Pohjavesinäytteen ottaminen jonkin talon vesijohtoverkosta saattaisi olla houkutteleva ajatus, mutta olisi suuri todennäköisyys saada virheelliset tulokset muun muassa raudalle, kuparille ja sinkille.

Tutkimuksen kannalta oleellista on, että näyte laboratoriossa suoritettavassa määrittäsvaiheessa vastaa vielä alkuperäistä tilannetta. Näytteenotolta tämä edellyttää, että näyte ei kontaminoidu, keräilyastiassa ei tapahdu esimerkiksi kemiallisten reaktioiden vuoksi haitallisia muutoksia ja johonkin kannelliseen keräilyastiaan kootut osanäytteet sekoitetaan huolellisesti ennen kuin siitä otetaan varsinainen määrittäsnäyte vietäväksi laboratorioon. Kontaminaatiolla tarkoitetaan jonkin aineen tai organismin joutumista näytteeseen muualta kuin tutkittavasta kohteesta. Myös pullojen ja muiden astioiden pysyvä sekä järjestelmällinen merkintä etukäteen vähentää sekaannuksien mahdollisuuksia. /1, s.119-120/

1.5 Näytteiden kuljetus ja säilytys

Pääperiaate kuljetuksessa ja säilytyksessä on saada näytteen ominaisuudet pysymään näytteenottohetkeä vastaavina. Siksi on pyrittävä siihen, että näyte analysoidaan mahdollisimman pian, suoritetaan näytteen kestäväointi annettujen erityisohjeiden mukaisesti sekä näytteet jäähdytetään noin +4 °C:seen ja säilytetään pimeässä.

Näytteitä voidaan kestävoidä joko fysikaalisin (pakastus) tai kemiallisin (pH:n säätö sekä erilaisten kemikaalien lisäys) menetelmin. Asianmukaisista vesitutkimuksia suorittavista laboratorioista on saatavissa erityisohjeita. Kuljetuksessa on suositeltavaa käyttää termoslaatikoita, jotka kesällä hidastavat lämpenemistä ja talvella estävät jäätymistä. /1, s. 121/

1.6 Määritykset

Määrittäminen on vaihe, joka suoritetaan laboratoriossa tähän tehtävään erikoistuneen henkilön toimesta. Osa määrittämisistä, esimerkiksi lämpötila (ja pH), on suoritettava välittömästi näytteenoton yhteydessä tai niiden mittaus on suoritettava suoraan tutkittavasta kohteesta instrumentaalisin laitteistoin. On tärkeää, että kaikissa vesitutkimuksissa on mahdollisuus jälkeenpäin selvittää, millä menetelmällä kunkin havaintosuureen lukuarvo on määritetty. Kemiassa ja sen eri sovellutusaloilla käytetään usein käsitettä pitoisuus, jolla tarkoitetaan yleisesti kuinka paljon tarkasteltavaa ainetta on jossain toisessa aineessa.

/1, s.121-122/

1.6.1 pH

Veden pH kuvaa joko happamuutta tai emäksisyyttä. Happamat luonnonvedet, joissa pH on alle 7, ovat Suomessa hyvin yleisiä. Happamuus johtuu hiilihaposta, joka voi syövyttää metalliputkia aiheuttaen vesivahinkoja. Veden alhainen pH voi aiheuttaa esimerkiksi ihoärsytystä. /2/

Luonnontilaisten puhtaiden vesien happamuus on melko lähellä neutraalia (pH 7). Suomen vesistöissä pH on yleensä hieman happamalla puolella johtuen vesien luontaisesta humuskuormituksesta (pH yleensä 6,5-6,8). Normaalisti pH on kuitenkin talvella hieman alhaisempi kuin kesällä. Kesäaikana päällysveden pH-taso voi kohota lievästi johtuen taas levätuotannosta. /3/

Karujen vesistöjemme pH-arvot ovat normaalisti tasolla 5,5-6,5, kun taas rehevissä järvissä pH-arvo saattaa olla jopa yli 7 /4, s. 232/. Uusien kaivojen pH-arvo saattaa olla korkea, mutta laskee vähitellen. Veden pH-arvo pyritään pitämään yleensä välillä 7,2-9,0. /5, s. 24/

1.6.2 Sameus

Sameus kuvaa veden sisältämien partikkeleiden aiheuttamaa sameutta. Veden sameus johtuu usein savesta, raudasta tai kolloidisista yhdisteistä. Sameudella ei sinänsä ole mitään terveydellisiä haittavaikutuksia. Veden sameus saattaa vaikuttaa esimerkiksi veden desinfioinnin onnistumiseen.

Sameus ilmoitetaan yleensä yksikkönä NTU. Lyhenne NTU tulee englanninkielen sanoista Nephelometric Turbidity Unit. /6/

Veden sameuden perusteella voidaan päätellä veden puhdistuksen tarpeellisuus. Samea vesi, joka sisältää roskia ja pieniä vesieliäimiä on eräs kaivoon pääsevän

pintaveden merkki. /5, s. 21/ Sameus ei kuitenkaan tee vedestä välttämättä käyttökeltvotonta, sillä sameus voidaan poistaa esimerkiksi suodattamalla /7/.

1.6.3 Sähkönjohtokyky

Sähkönjohtokyky kuvaa veteen liuenneiden erilaisten suolojen määrää. Veden sähkönjohtavuutta lisäävät natrium, kalium, magnesium ja kalsium sekä kloridit ja sulfaatit. Suolojen määrää lisäävät muun muassa jätevedet ja peltolannoitus. Pohjavesien sähkönjohtavuuteen vaikuttaakin erityisesti maaperän laatu. Savipeitteisillä alueilla kaivoveden sähkönjohtavuus on korkeampi (n. 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) kuin esimerkiksi sora- ja hiekka-alueilla (n. 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$). /7/

1.6.4 Typpi

Veden tavallisimmat typpiyhdisteet ovat ammonium, nitriitti ja nitraatti. Näiden typpiyhdisteiden esiintyminen vedessä viittaa jätevesien pääsyyn kaivoon. /5, s. 25/

Typpiyhdisteitä joutuu vesiin esimerkiksi orgaanisen aineen hajoamistuotteina, lannoitteista sekä jätevesien mukana. Ammonium heikentää veden hajua ja makua ja lisää muun muassa korroosiota. /16/

Nitraatit, fosfaatit ja ammonium viittaavat veden rehevöitymiseen. Näitä ravinteita huuhtoutuu vesiin esimerkiksi viemäreistä, pelloilta, lantaloista ja vedenpuhdistamoista. Ympäristön runsas liikenne kohottaa vesistöissä nitraattien määrää. Talousvedeksi ei kelpaa runsaasti nitraatteja sisältävä vesi. Nitriittien runsaus ilmaiseekin vedessä olevan bakteeritoimintaa. Ammoniumin esiintyminen pintavedessä on osoitus veden likaantumisesta ja syynä voi olla läheinen jätevesien purkautumispaikka. /17/

Luonnontilaisten kirkkaiden vesien typpipitoisuus on 0,2-0,5 mg/l.

Humusvesissä taso on 0,4-0,8 mg/l. Hyvin ruskeissa vesissä typpeä on

luonnostaankin yli 1,0 mg/l. Runsaasti viljellyillä alueilla joki- ja ojavesien typpipitoisuudet ovat 2,0-4,0 mg/l, joskus jopa yli 5,0 mg/l. /29/

Talousveden laatuvaatimus nitriitin enimmäispitoisuudelle on 0,5 mg/l, nitraatille 50 mg/l sekä nitraattitypelle 11 mg/l /30/. Kaivovedelle ammoniumin raja-arvo on 0,5 mg/l, nitriitin raja-arvo on 0,5 mg/l sekä nitraatin raja-arvo 50 mg/l /31/.

1.6.5 Kupari

Kupari on yleensä peräisin putkistosta, josta alhainen pH saa kuparin liukenemaan. Veden kuparipitoisuus on lämminvesipuolella suurempi kuin kylmällä puolella. Kupari aiheuttaa veteen metallista makua, edistää korroosiota ja värjää vesilaitteita. /8/ Luonnonvesissä kuparia ei esiinny juuri lainkaan /9, s. 87/.

Talousveden raja-arvo kuparipitoisuudelle on 1,0mg/l ja tavoitearvo on alle 0,3 mg/l /32/. Hyvän kaivoveden enimmäispitoisuus saa olla 2 mg/l. /30/

1.6.6 Rauta

Rauta eli ruoste on kaivojen yleisimpiä epäpuhtauksia. Kun veden rautamäärä ylittää pitoisuuden 1 mg/l, esiintyy vedessä pistävää, metallista makua ja mahdollisesti sakkaa. Pienemmät pitoisuudet aiheuttavat värjäytymiä saniteettitiloissa ja pyykissä sekä suuret rautamäärät voivat tukkeuttaa vesilaitteita sekä ruostuttaa putkia ja astioita. /10/

Kun veden rautapitoisuus on 0,05 mg/l, se voi aiheuttaa saostumia. Rauta on liuenneena vedessä ioneina (joko ferro-ionina Fe^{2+} tai ferri-ionina Fe^{3+}). Rauta on pintavesissä on usein sitoutuneena humukseen. Kahdenarvoinen ferro-ioni hapettuu helposti kolmenarvoiseksi ferri-ioniksi, ja tällöin rautapitoinen vesi

muuttuu ruskehtavaksi. Vesinäytteestä rautapitoisuus voidaan määrittää spektrofotometrisesti. /11/

Raudan enimmäisarvo talous- ja juomavedessä on 0,2 mg/l /33/. Hyvässä kaivovedessä on rautaa alle 0,1 mg/l /34/.

1.6.7 Nikkeli

Nikkeli on myrkyllinen ja pitkäaikaisvaikutteinen, ja siksi erittäin vaarallinen metalli. Kupari, elohopea ja nikkeli lisäävät toistensa myrkkyvaikutusta esiintyessään yhdessä. Pohjalle sedimentoitunut nikkeli liukenee melko helposti uudelleen veteen. /12, s. 31-32/

Talousveden laatuvaatimus nikkelin enimmäispitoisuudelle on 0,02 mg/l /34/. Kaivoveden enimmäispitoisuus on 0,2 mg/l /30/.

1.6.8 Arseeni

Syöpää aiheuttava arseeni on ympäristömyrkky. Raskasmetallit voivat olla peräisin maa- tai kallioperästä tai erilaisista päästöistä. Arseenia esiintyy runsaasti alueellisesti kalliopohjavesissä. Talousveden suurin sallittu arseenipitoisuus on 0,01 mg/l. /13/ Kaivoveden normaali arseenipitoisuus on alle 0,0001 mg/l /36/.

1.6.9 Kalium

Typpi, fosfori ja kalium ovat pääravinteita. Nämä esiintyvät nitraatteina, fosfaatteina ja sulfaatteina. /14/ Veden ravinnepitoisuus johtaa vesistöjen haitalliseen rehevöitymiseen, joka taas kuluttaa veden happea /15 s. 112/.

1.6.10 Fosfori

Fosfori on kasveille välttämätön aine. Fosforia lisätään pelloille lannoitteena. Vesistöissä se on yksi rehevöitymisen päätekijöistä. Levät pystyvät käyttämään osan fosfaateista suoraan ravinnokseen ja fosfaatit kuluvat myös vesistöissä nopeasti. Maaperän fosfaatit ovat yleensä niukkaliukoisia. /18/

Karuissa järvissä päällysveden fosforipitoisuus voi olla 0,005 mg/l. Lievästi rehevässä vedessä pitoisuus on tasoa 0,015-0,020 mg/l ja rehevässä 0,020-0,1 mg/l. Hyvin rehevissä ihmisten kuormittamissa järvissä fosforipitoisuus on jopa yli 0,1 mg/l. /37/

1.6.11 Kemiallisen hapen kulutus eli COD

Happi on veden puhdistamista edistävä aine. Monet orgaaniset ja jotkut epäorgaaniset jätteet hajoavat happipitoisessa vedessä hitaasti tai nopeasti vaarattomampaan muotoon yhtymällä happeen joko suoraan tai aerobisten eli happea tarvitsevien bakteerien välityksellä. Happivajaus on pintavesissä tyypillisin saastuneisuuden tunnusmerkki. Vesistöjen tilaa tutkittaessa on kiinnitettävä suuri huomio juuri happeen ja hapen kulumiseen. /4, s. 225/ On tärkeää huomata, että käsitteet happipitoisuus ja hapen kulutus kuvaavat eri asioita.

Kemiallinen hapenkulutus kuvaa vesistön saastuneisuutta. Kemiallinen hapenkulutus voidaan määrittää esimerkiksi KMnO_4 -titrauksella, josta saadaan näytteen permanganaattiluku. Se ilmoittaa kemiallisesti hapettuvan orgaanisen aineksen määrän tutkittavassa liuoksessa. Permanganaattiluku antaa myös kuvan veden laadusta sekä jätevesien vesistölle aiheuttamasta kuormituksesta. /19/

Enimmäisarvo KMnO_4 -luvulle talous- ja juomavedessä on 12 mg/l /33/. Tavoitearvo on kuitenkin alle 8 mg/l /38/. Hyvän kaivoveden enimmäispitoisuus on 20 mg/l /30/.

2 TYÖN SUORITUS

2.1 Aihe

Aiheen valinnan perusteita oli saada työskennellä laboratoriossa ja tutkia näytteitä. Päädyttiin tutkimaan vesiä, jotka sijaitsevat Nakkilan ja Harjavalan Hiirijärven seudulla.

Huhtikuussa 1994 Outokumpu Harjavalta Metalsin tehtaiden saostusaltan valli murtui. Lietevettä pääsi 20 000 kuutiometriä Kurkelanojan ja Tattaranjoen kautta Kokemäenjokeen. /2/

Lietevesi pilasi kaivo-, oja-, joki- ja lähdevesiä. Aasukkaat olivatkin kiinnostuneita veden nykyisestä laadusta.

2.2 Näytepaikkoihin tutustuminen

Aiheen selvittyä tutustuttiin mahdollisiin näytepaikkoihin. Saatiin opastusta paikallisilta asukkailta, jotka näyttivät meille ojat, kaivot ja lähteet, joiden veden laatu kiinnosti heitä. Näytteiden otto paikoilla katsottiin heti, kuinka saadaan näytteet otettua.

2.3 Suunnittelu

Ensin tehtiin aikataulu, jonka mukaan toimitaan. Sitten suunniteltiin, mitä kannattaa tutkia samalla kertaa ja mitkä ovat pidempiä tutkimuksia. Otettiin selvää, kuinka monta näytettä pitää yhdestä kohdasta ottaa ja kuinka näytteiden

kanssa toimitaan. Suunniteltiin vielä mitä välineitä tarvitaan näytteen ottoa varten.

2.4 Näytteiden haku ja käsittely

Näytteitä otettiin yhteensä 11 eri paikasta (Liite 1-5). Ojista ja joesta pyrittiin ottamaan näytteet virtaavasta kohdasta, jotta saataisiin mahdollisimman edustavat näytteet. Lähteistä näytteet otettiin rannalta.

Kaivoista näytteet saatiin otettua ämpärin avulla. Jokaisesta paikasta otettiin 2 näytettä, joista toinen kestäväöitiin laimealla rikkihapolla ja toinen näyte säilytettiin sellaisenaan. Näytepullot huuhdeltiin aina näytepaikalla ensin sillä vedellä, mitä pulloon oltiin ottamassa. Samoin myös ämpäri huuhdeltiin ensin kaivovedellä ennen kuin siihen otettiin varsinainen vesi, josta näyte saatiin otettua pulloon. Näytteenotto tapahtui niin, että pullo upotettiin kokonaan vedenpinnan alapuolelle ja korkki suljettiin vedenpinnan alapuolella. Kaivoista otettiin näyte muuten samalla periaatteella, mutta vettä piti nostaa ämpärillä ensin ylös. Kestäväöitäviin näytteisiin lisättiin näytteenoton jälkeen heti laimea rikkihappo, joten pulloon piti jättää vähän tilaa rikkihapolle.

2.5 Laboratoriomääritykset

Laboratoriossa ensimmäiseksi tutkittiin kestäväimättömistä näytteistä pH sekä pH-paperilla että pH-mittarilla, sameus, sähkönjohtokyky ja typpipitoisuus. Samalla katsottiin silmämääräisesti veden väri. Sitten siirryttiin tutkimaan kestäväöityjä näytteitä, joista analysoitiin kupari-, rauta-, nikkeli-, arseeni-, kalium-, ja fosforipitoisuus sekä veden kemiallinen hapen kulutus eli COD.

2.5.1 pH:n mittaus

Suoritettiin pH mittaukset laitteella 744 pH Meter Metrohm (Liite 6, Kuva 12).

Käytettiin pH:n mittauksissa kestäväimättömiä vesinäytteitä. Pyrittiin mittaamaan pH:n mahdollisimman nopeasti näytteen oton jälkeen. Dekanterilasit huuhdottiin mittauksessa käytettävällä näytevedellä, jonka jälkeen dekanterilasi täytettiin näytevedellä mittausta varten.

Aluksi suoritettiin pH-mittarin kalibrointi, jotta saadut tulokset olisivat luotettavia. Kalibrointi suoritettiin kahdella puskuriliuksella. Kalibroinnin jälkeen elektrodi huuhdeltiin tislatulla vedellä ja huuhtelu toistettiin jokaisen mittauksen välillä, jonka jälkeen elektrodi upotettiin näyteveteen. Näin saatiin näytteille pH-arvot.

2.5.2 Sameuden mittaus

Sameusmittaukset suoritettiin laitteella Turb 550 IR (Liite 6, Kuva 13). Sameus mittauksissa käytettiin kestäväimättömiä vesinäytteitä. Sameus mitattiin myös mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen.

Aluksi suoritettiin sameusmittarin kalibrointi. Kalibrointi suoritettiin kolmen standardiliuksen avulla. Kalibroinnin jälkeen näytekyvetti huuhdeltiin ensin tislatulla vedellä. Sen jälkeen kyvetti huuhdeltiin näytevedellä ja suoritettiin mittaus. Jokaisen mittauksen välissä kyvetti huuhdeltiin ensin tislatulla vedellä ja sitten vielä näytevedellä, jotta tulokset saatiin luotettaviksi.

2.5.3 Sähkönjohtokyvyn mittaus

Sähkönjohtokyky mittaukset suoritettiin laitteella Inolab (Liite 6, Kuva 14). Mittauksissa käytettiin kestäväimättömiä vesinäytteitä. Sähkönjohtokyky mitattiin mahdollisimman nopeasti näytteen oton jälkeen.

Aluksi huuhdeltiin dekantterilasit näytevedellä, jonka jälkeen kaadettiin näytevettä dekantterilasiin. Kun näytevesi oli dekantterilasissa, mitattiin siitä sähkönjohtokyky.

2.5.4 Typen määrittäminen

Typen määrittämisessä käytettiin kestäväimättömiä vesinäytteitä. Ensin valmistettiin reagenssit. Osa oli valmiina ja osa valmistettiin itse. Valmiina olivat katalysaattori-seos, indikaattori-liuos sekä Devardan seos. Katalysaattori-seos sisälsi 2 g kuparisulfaattipentahydraattia ja 100 g kaliumsulfaattia. Indikaattori-liuos sisälsi 0,1 g bromkresolivihreää 100 ml:ssä etanolia ja 0,1 g metyyli-punaista 100 ml:ssä etanolia. Devardan seos sisälsi alumiinia 45 %, kuparia 50 % ja sinkkiä 5 %. Valmistettiin itse 4 % boori-happo, glysiinin perusliuos ja siitä glysiinin työliuos. Tehtiin itse myös ammoniumkloridin perusliuos ja siitä ammoniumkloridin työliuos. 4 % boori-happo valmistettiin punnitsemalla 40 g boori-happoa, johon lisättiin 5 ml indikaattori-liuosta ja tämän jälkeen mittapullo täytettiin litraksi tislattulla vedellä. Glysiini-liuos valmistettiin liuottamalla 5,362 g glysiiniä tislattuun veteen ja laimennettiin litraksi tislattulla vedellä. Glysiinin työliuos valmistettiin laimentamalla 10 ml glysiinin perusliuosta tislattulla vedellä litraksi. Ammoniumkloridin perusliuos valmistettiin liuottamalla 0,382 g ammoniumkloridia tislattuun veteen ja laimennettiin litraksi tislattulla vedellä. Liuokseen lisättiin 1 tippa kloroformia kestäväintiaineeksi. Ammoniumkloridin työlioksen valmistamiseksi pipetoitiin 50 ml ammoniumkloridin perusliuosta ja tämän jälkeen laimennettiin liuos litraksi tislattulla vedellä.

Reagenssien valmistuksen jälkeen suoritettiin märkäpoltto. Märkäpoltto suoritettiin laitteella BÜCHI Digestion Unit K-424 (Liite 7, Kuva 15). Märkäpoltto tapahtui vetokaapissa. Polttoastiaan mitattiin 50 ml hyvin ravisteltua vesinäytettä, johon lisättiin 2 ml väkevää rikkihappoa, 35 mg Devardan seosta sekä 2 g katalysaattori-seosta. Nollanäyte valmistettiin samalla tavalla, mutta vesinäytteen sijasta lisättiin 50 ml tislattua vettä. Tarkistusliuos

valmistettiin myös samalla tavalla, mutta vesinäytteen sijasta laitettiin 50 ml glysiinin työliuosta. Laitettiin putket polttolaitteeseen, kaasun keräyskansi paikoilleen ja imuletku kiinni. Sitten avattiin vesihana ja käynnistettiin laite. Poltto kesti noin 2 tuntia, jolloin putkeen muodostui vihertävä märkä sakka. Märkäpolton jälkeen tislattiin näytteet. Tislaus suoritettiin laitteella BÜCHI Distillation Unit K-314 (Liite 7, Kuva 16). Putket jäähdytettiin ennen tislautusta. Sitten lisättiin 50 ml tislattua vettä ja laitettiin vesikierto päälle. Laitettiin polttoputket tisluslaitteeseen ja tisleen keräys niin, että muoviletkun pää on nesteen pinnan alapuolella. Annosteltiin 15 ml natriumhydroksia polttoputkeen. Johdettiin vesihöyryä polttoputkeen. Tislaus kesti noin 4 minuuttia, jolloin tisleen tilavuudeksi tuli noin 100 ml. Otettiin muoviputki pois liuoksen sisältä ja jatkettiin tislautusta noin 0,5 minuutin ajan. Tislauksen onnistuminen tarkastettiin sekä tarkistusliuoksen että nollanäytteen avulla.

Tislauksen jälkeen titrattiin nollanäyte, tarkistusliuos sekä näytteet. Titraus suoritettiin laitteella Bürette Digital III Easy Calibration (Liite 7, Kuva 17). Titraus suoritettiin suolahapolla. /21/

2.5.5 Liekkiatomiabsorptiospektrofotometri määritykset

Liekkiatomiabsorptiospektrofotometrillä määritettiin kupari-, rauta-, nikkeli-, arseeni- ja kaliumpitoisuudet (Liite 8, Kuva 18). Määritykset tehtiin samalla periaatteella. Ensin valmistettiin perusliuos, josta valmistettiin pitoisuudeltaan erilaiset vertailuliuokset. Vertailuliuksien pitoisuudet ilmoitetaan ppm pitoisuuksina, joka tarkoittaa miljoonasosia (ppm= parts per million).

Kuparipitoisuuden määrittämiseksi valmistettiin ensin perusliuos. Perusliuosta varten mitattiin 10 ml tislattua vettä ja 10 ml väkevää typpihappoa, johon lisättiin

1 g kuparijauhetta. Kun kuparijauhe oli liuotettu, siirrettiin saatu liuos 1000 ml mittapulloon ja laimennettiin liuos 1000 ml asti tislattulla vedellä. Saadusta liuoksesta valmistettiin 1 ppm, 2 ppm, 5 ppm ja 10 ppm vertailuliuosarjan.

Vertailuliuokset saatiin valmistettua mittaamalla perusliuoksesta 1 ml, 2ml, 5,ml ja 10 ml eri 1000 ml mittapulloihin ja liuokset laimennettiin 1000 ml merkkiin asti tislattulla vedellä.

Ensin valmistettiin perusliuos rautapitoisuuden määrittämiseksi. Perusliuosta varten mitattiin 1 mg rautajauhetta ja lisättiin se 1000 ml mittapulloon ja täytettiin pullo 1000 millilitraan tislattulla vedellä. Saadusta perusliuoksesta valmistettiin vertailuliuokset 1 ppm, 2 ppm, 5 ppm ja 20 ppm.

Myös nikkelipitoisuuden määrittämiseksi valmistettiin ensin perusliuos. Mitattiin perusliuosta varten 10 ml tislattua vettä ja 10 ml väkevää typpihappoa, johon liuotettiin 1 g nikkelijauhetta. Liuos siirrettiin 1000 ml mittapulloon ja täytettiin 1000 ml asti tislattulla vedellä. Saadusta perusliuoksesta valmistettiin 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm ja 4 ppm vertailuliuokset.

Sitten valmistettiin perusliuos arseenipitoisuuden määrittämistä varten. Perusliuosta varten mitattiin 50 ml väkevää suolahappoa ja 1,320 g As_2O_3 . Saatu liuos siirrettiin jälleen 1000 ml mittapulloon ja täytettiin 1000 ml tislattulla vedellä. Perusliuoksesta valmistettiin 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm ja 20 ppm vertailuliuokset.

Lopuksi valmistettiin perusliuos kaliumpitoisuuden määrittämistä varten. Perusliuosta varten mitattiin 1,907 g kaliumklorodia, joka siirrettiin suoraan 1000 ml mittapulloon ja laimennettiin 1000 ml tislattulla vedellä. Perusliuoksesta valmistettiin 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm ja 4 ppm vertailuliuokset.

Pitoisuuksien määrittämiseksi käynnistettiin liekkiatomiabsorptiospektrofotometrilaitteisto ohjeiden mukaisesti. Aluksi avattiin sekä ilma- että asetyleenihanat. Tämän jälkeen käynnistettiin tietokoneelta ohjelma AA Winlab Analyst. Aluksi tehtiin kyseisellä ohjelmalla metodi, jonka jälkeen valittiin alkuainetta vastaan lamppu valikosta. Lamppu annettiin lämmetä ennen määritystä noin 10 minuutin ajan. Ennen mittausten aloittamista sytytettiin liekki. Mittaukset suoritettiin asettamalla imuletku ensin nollaliuokseen eli deionisoituun veteen, jonka jälkeen ohjelma suoritti

mittauksen. Sitten standardiliuokset syötettiin jokainen erikseen samalla tavalla kuin nollaliuos pienimmästä pitoisuudesta suurimpaan pitoisuuteen ja tämän jälkeen vielä syötettiin tutkittavat vesinäytteet imuletkun avulla.

Analysoitava aine saatetaan siis atomimuotoon syöttämällä näyte kuumaan liekkiin. Atomeina oleva näyte absorboi valolähteen lähettämää säteilyä. Valon absorptio noudattaa Lambert-Beerin lakia, joten absorptio on suoraan verrannollinen konsentraatioon näytteessä. Lambert-Beerin laki esitetään tavallisessa muodossa $A = \varepsilon \times b \times c$, missä A on absorbanssi, ε molaarinen absorptiokerroin, b näytteen paksuus ja c absorboivan aineen konsentraatio. /39/

2.5.6 Fosforin määrittäminen

Kokonaisfosforin määrittäminen suoritettiin laitteella UV-1700 Spektrofotometrillä (Liite 8, Kuva 19). Kokonaisfosforin määrittämisessä käytettiin kestäväitä näytteitä. Aluksi valmistettiin reagenssit. Valmistettiin itse 4 mol/l rikkihappo, 0,04 mol/l rikkihappo, kaliumperoksidisulfaattiliuos, fosfaatin perusliuos, fosfaatin työliuos, välineiden puhdistukseen 2 mol/l suolahappo sekä 4 mol/l natriumhydroksidiliuos. Valmiina olivat askorbiinihappoliuos, molybdaattireagenssi sekä sameuden ja värin korjausreagenssi.

4 mol/l rikkihappo valmistettiin sekoittamalla 110 ml väkevää rikkihappoa noin 350 ml tislattua vettä, liuos jäädytettiin huoneenlämpöiseksi ja laimennettiin tislattulla vedellä 500 millilitraksi. 0,04 mol/l rikkihappo valmistettiin laimentamalla 10 ml 4 mol/l rikkihappoa tislattulla vedellä litraksi. Kaliumperoksidisulfaattiliuosta varten liuotettiin 5 g kaliumperoksidisulfaattia 100 ml:aan tislattua vettä. Fosfaatin perusliuos valmistettiin liuottamalla 0,2197 g kaliumdivetyfosfaattia tislattuun veteen 1000 ml mittapullossa, lisäsimme liuokseen 10 ml 4 mol/l rikkihappoa ja liuos laimennettiin litraksi tislattulla vedellä. Fosfaatin työliuos valmistettiin pipetoimalla 10 ml fosfaatin perusliuosta 500 ml mittapulloon ja laimennettiin 500 ml:aan tislattulla vedellä. 2 mol/l suolahappo valmistettiin lisäämällä 160 ml väkevää suolahappoa noin

500 ml tislattua vettä ja sitten laimennettiin litraksi tislatulla vedellä. 4 mol/l natriumhydroksidiliuos valmistettiin liuottamalla 160 g natriumhydroksidia noin 800 ml vettä samalla sekoittaen ja jäähdyttäen ja liuos laimennettiin litraksi tislatulla vedellä. Askorbiinihappoliuos sisälsi 5 g askorbiinihappoa 100 ml:ssa vettä. Molybdaattireagenssi on valmistettu sekoittamalla 120 ml väkevää rikkihappoa ja 170 ml tislattua vettä, jonka jälkeen liuos on jäähdytetty huoneenlämpöiseksi. Tämän jälkeen on liuotettu 13 g ammoniumheptamolybdaattitetrahydraattia 100 ml tislattua vettä. Sitten on liuotettu 0,35 g kaliumantimoni(III)oksiditartraattia 100 ml tislattua vettä. Molybdaattireagenssi on valmistettu siten, että rikkihappoliuokseen on lisätty samalla sekoittaen ensin molybdaattiliuos ja sen jälkeen antimoniliuos. Seos on laimennettu vedellä 500 millilitraksi. Sameuden ja värin korjausreagenssi on valmistettu liuottamalla 2,5 g askorbiinihappoa tislattuun veteen ja sitten on lisätty varovasti samalla sekoittaen 12 ml väkevää rikkihappoa. Liuos on jäähdytetty huoneenlämpöiseksi ja laimennettu tislatulla vedellä 100 ml.

Reagenssien valmistuksen jälkeen pestiin määrityksessä käytettävät laboratoriovälineet lämpimällä suolahapolla. Sen jälkeen huuhdeltiin välineet hyvin tislatulla vedellä. Reaktiopullot ja kyvetit puhdistettiin lisäksi natriumhydroksidiliuoksella ja sen jälkeen tislatulla vedellä. Vesinäytteitä ei suodatettu, koska näytteet olivat kestäväitä.

Pipetoitiin 1,0 ml, 2,0 ml, 5,0 ml, 10,0 ml, 25,0 ml, 50,0 ml ja 75,0 ml fosfaatin työliuosta 100 ml mittapulloihin ja täytettiin pullot tislatulla vedellä 100 ml. Liuokset sisälsivät fosforia 10 µg/l, 20 µg/l, 50 µg/l, 100 µg/l, 250 µg/l, 500 µg/l ja 750 µg/l. Jokaiseen pulloon lisättiin 1,0 ml 4 mol/l rikkihappoa ja sekoitettiin.

Pipetoitiin 25,0 ml happamaksi tehtyä vertailuliuoksia autoklaavipulloihin. Nollanäytettä varten pipetoitiin yhteen pulloon 25,0 ml 0,04 mol/l rikkihappoa. Sitten pipetoitiin 25 ml kestäväitä vesinäytteitä pulloihin ja lisättiin 5 ml peroksodisulfaattiliuosta sekä omiin näytteisiin että nollanäytteeseen. Jokaiseen pulloon lisättiin 5,0 ml peroksodisulfaattiliuosta ja sekoitettiin. Näytepullot

laitettiin muoviset kierrekorkit ennen autoklavointia. Tämän jälkeen näytepullot laitettiin autoklaaviin eli paineastiaan, jolla saimme 200 kPa paineen (joka vastaa 120 °C (Liite8, Kuva 20). Näytteitä ja nollanäytettä autoklavoitiin 30 minuuttia, jonka jälkeen liuokset jäähdytettiin huoneenlämpöisiksi. Korkit irrotettiin välittömästi kuumista pulloista.

Autoklavoituihin näytteisiin ja nollanäytteeseen lisättiin 1,0 ml askorbiinihappoliuosta ja sekoitettiin hyvin. Tämän jälkeen odotettiin 0,5 minuuttia ja lisättiin 1,0 ml molybdaattireagenssia ja sekoitettiin hyvin. Tämän jälkeen mitattiin liuosten absorbanssit 700 nm aallonpituudella 10 mm kyvetissä vesi referenssinä.

Absorbanssit mitattiin käyttämällä UV-1700 spektrofotometriä (Liite 8, Kuva 19). Käytettiin kvantitatiivista mittausta. Valittiin mittauksessa käytettävä aallonpituus. Suoritettiin laitteen nollaus laittamalla nollanäytettä kahteen kyvetiin ja nollattiin laite. Laitteen kalibrointi suoritettiin syöttämällä standardien konsentraatiot standarditaulukkoon. Laitettiin standardiliuokset kyvetteihin pienimmästä konsentraatiosta suurimpaan konsentraatioon. Standardiliuoksista havaittiin selvästi, miten väri tummui konsentraation kasvaessa (Liite 8, Kuva 21). Tämän jälkeen mitattiin standardiliuokset ja saatiin taulukko sekä kalibrointisuora. Tämän jälkeen mitattiin näytteiden absorbanssit. /22/

2.5.7 Veden kemiallisen hapen kulutuksen määrittäminen eli COD

Kemiallisen hapen kulutuksen määrittäminen suoritettiin permanganaattihapetuksella. Työssä käytettiin kestäviä vesinäytteitä. Aluksi valmistettiin reagenssit. Valmistettavat reagenssit olivat 0,02 mol/l kaliumpermanganaattiliuos, 0,002 mol/l kaliumpermanganaattiliuos, 4 mol/l rikkihappo, 0,1 mol/l kaliumjodidiliuos, 0,002 mol/l kaliumjodaattiliuos, tärkkelysliuos sekä 0,01 mol/l natriumtiosulfaattiliuos.

0,02 mol/l kaliumpermanganaattiliuos valmistettiin liuottamalla 3,2 g kaliumpermanganaattia litraan tislattua vettä. Liuos kuumennettiin kiehuvaaksi (noin 30 minuuttia), jonka jälkeen liuos suodatettiin. Tämän jälkeen valmistettiin 0,002 mol/l kaliumpermanganaattiliuos laimentamalla 10 ml kaliumpermanganaattiliuosta tislatulla vedellä 100 ml. 4 mol/l rikkihappo valmistettiin lisäämällä 220 ml väkevää rikkihappoa noin 600 ml tislattua vettä. Liuos jäähdytettiin huoneenlämpöiseksi ja laimennettiin tislatulla vedellä litraksi. Liuotettiin 4,15 g kaliumjodidia tislattuun veteen valmistettaessa 0,1 mol/l kaliumjodidiliuosta, jonka jälkeen laimennettiin liuos 250 ml tislatulla vedellä. Liuotettiin 428 mg kaliumjodaattia tislattuun veteen ja laimennettiin liuos litraksi, jolloin saatiin 0,002 mol/l kaliumjodaattiliuos. Tärkkelysliuos valmistettiin sekoittamalla 1 g tärkkelystä 100 ml tislattua vettä. Seosta lämmitettiin hieman, jonka jälkeen annettiin sen jäähtyä ja lisättiin 0,1 g salisyylihappoa liuoksen kestävämmiseksi. Liuotettiin 2,5 g natriumtiosulfaattipentahydraattia tislattuun veteen valmistettaessa 0,01 mol/l natriumtiosulfaattiliuosta. Lisättiin 0,1 g vedetöntä natriumkarbonaattia liuoksen kestävämmiseksi ja laimennettiin liuos litraksi tislatulla vedellä. Liuoksen konsentraatio oli tunnettava 0,0001 mol/l tarkkuudella. Määritettiin konsentraatio seuraavasti. Lisättiin titrausastiaan 25 ml tislattua vettä, 2 ml rikkihappoa ja 1 ml kaliumjodidiliuosta. Sekoitettiin seos hyvin ja lisättiin 5 ml kaliumjodaattiliuosta. Liuos titrattiin liuos välittömästi natriumtiosulfaattiliuoksella, kunnes väri muuttui vaalean kellanruskeaksi. Lisättiin titrausastiaan 0,25 ml tärkkelysliuosta ja jatkettiin titrausta kunnes sininen väri hävisi. Suoritimme 3 rinnakkaismääritystä.

Ravisteltiin näytepulloja ja siirrettiin 10 ml kutakin näytettä koeputkiin. Lisättiin 0,5 ml rikkihappoa ja 2 ml kaliumpermanganaattiliuosta. Koeputket suojattiin laittamalla niihin foliokorkit ja sen jälkeen putket laitettiin vesihauteeseen ja annettiin olla 20 minuuttia kiehuvaassa vedessä (Liite 9, Kuva 22). Välittömästi sen jälkeen putket jäähdytettiin huoneenlämpöisiksi kylmässä vedessä. Lisättiin näytteisiin 1 ml kaliumjodidiliuosta ja 0,25 ml tärkkelysliuosta. Titrattiin näytteet natriumtiosulfaattiliuoksella samalla sekoittaen magneettisekoittimella, kunnes sininen väri hävisi (Liite 9, Kuva 23).

Nollanäyte valmistettiin käyttäen 10,0 ml tislattua vettä ja käsiteltiin sitä samalla tavalla kuin näytteitäkin. /23/

3 TYÖN TULOKSET

Työn tuloksissa kerrotaan näytepaikoista ja tarkastellaan saatuja tuloksia. Vesinäytteitä otettiin yhteensä 11, joista 2 näytettä on lähdevettä, 3 näytettä on ojavettä, 3 näytettä on jokivettä sekä 3 näytettä on kaivovettä. Saadut tulokset esitetään taulukkomuodossa, jotta niitä on helpompi vertailla. Tuloksia myös selvennetään kirjallisesti.

3.1 Näytteidenottopaikat

Vesinäytteet kerättiin Harjavallan Hiirijärven ja Nakkilan alueelta. Taulukossa käytetään tässä kappaleessa esitettyjä nimityksiä vesinäytteistä.

Lähdevesinäytteet otettiin kahdesta eri lähteestä, joista toinen on pieni lähde keskellä metsärämeikköä (lähde 1) ja toinen on iso lähde aukeammalla paikalla (lähde 2). Lähteet sijaitsevat Hiirijärvellä saman tien varrella. Ojavesinäytteet otettiin Kurkelanojasta kahdesta eri kohdasta sekä Alhonojasta yhdestä kohdasta. Kurkelanojan vesinäytteet haettiin eri kohdista, joissa vesi virtasi vauhdikkaasti. Toinen Kurkelanojan vesinäyte otettiin läheltä ajotietä peltojen välistä (Kurkelanoja 1) ja toinen Kurkelanojan vesinäyte otettiin peltojen keskeltä (Kurkelanoja 2). Alhonojasta otettiin vain yksi vesinäyte (Alhonoja). Alhonojan vesinäyte haettiin sillan alta peltojen välistä Matomäen koulun tien viereltä. Tattaranjoesta otettiin kolme eri vesinäytettä. Vesinäytteet haettiin Tattaran sillan alta autotien vierestä (Tattaranjoki), Tattaranjoen sivuhaarasta peltojen välistä (Tattaranjoen haara 1) sekä Tattaranjoen pienemmästä sivuhaarasta peltojen keskeltä (Tattaranjoen haara 2). Kaivoista otettiin kolme eri vesinäytettä. Kaivot sijaitsevat lähekkäin autotien molemmin puolin. Ensimmäinen vesinäyte otettiin kaivosta, joka on aivan Kurkelanojan

vieressä pellon reunalla (kaivo1). Toinen vesinäyte otettiin kaivosta, joka on ihan tien vieressä vanhan suulin edessä (kaivo 2). Kolmas vesinäyte otettiin kaivosta, joka sijaitsee talon pihassa (kaivo 3).

3.2 Näytteenoton ajankohdat ja havainnot

Ojen, joen ja lähteiden näytteet haettiin 15.06.2006. Näytteitä tutkittiin silmämääräisesti. Vesinäytteistä havaittiin, että kirkasta vettä oli Tattaranjoen haara 1, lähde 1 ja lähde 2. Lähde 1 oli puoliksi jäässä, kun näyte haettiin. Lopuista vesinäytteistä havaittiin selkeä kellertävä väri. Alhonojan vieressä oli kaivuutyöt käynnissä, kun haettiin vesinäytettä.

Kaivojen näytteet haettiin 21.08.2006. Kaivoissa havaittiin paljon irtoroskia ja ruskehtava väri vedessä. Kuivuuden vuoksi kaivovettä oli vain vähän kaivojen pohjilla.

Typpianalyysiin tarvittiin tuoreet näytteet, joten haettiin uudet vesinäytteet 30.08.2006. Vesinäyte otettiin Lähteestä 2, Tattaranjoesta, kaivosta 1 ja kaivosta 3, koska kuivuuden vuoksi muut ojat, joen haarat ja lähde 1 olivat kuivuneet. Sitten haettiin vielä yksi näyte kaivosta 2 typpianalyysia varten 01.09.2006.

3.3 Kestävöimättömien näytteiden mittaustulokset

Kestävöimättömät vesinäytteet haettiin samana päivänä, kun vesinäytteitä tutkittiin. Kestävöimättömistä vesinäytteistä analysoitiin mahdollisimman nopeasti näytteenoton jälkeen pH, sameus, sähkönjohtokyky ja typpipitoisuus.

Aluksi mitattiin tarkat pH-arvot pH-mittarin avulla, jonka jälkeen tarkasteltiin vielä pH-arvoja pH-paperin avulla. pH-mittarin avulla saatiin paljon tarkemmat tulokset mittauksille. pH-paperin avulla saatiin tulokset silmämääräisesti arvioimalla, joten tulokset eivät ole yhtä luotettavat kuin pH-mittarilla mitatut pH-arvot (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. pH-mittauksien tulokset

Vesinäytteet	pH-mittari	pH-paperi
Lähde 1	5,38	6
Lähde 2	6,44	7
Kurkelanoja 1	5,37	5
Kurkelanoja 2	5,39	6
Alhonoja	5,95	6
Tattaranjoki	3,83	4
Tattaranjoen haara 1	3,20	3
Tattaranjoen haara 2	5,47	6
Kaivo 1	6,62	7
Kaivo 2	6,86	7
Kaivo 3	7,07	8

pH-mittauksien jälkeen mitattiin välittömästi sameudet. Koska näytepullot olivat läpinäkyviä, niistä pystyttiin havaitsemaan silmämääräisesti sameiden ja kirkkaiden vesinäytteiden erot. (Taulukko 2).

TAULUKKO 2. Sameusmittauksien tulokset

Vesinäytteet	Sameus, [NTU]
Lähde 1	11,1
Lähde 2	7,28
Kurkelanoja 1	12,3
Kurkelanoja 2	20,4
Alhonoja	27,3
Tattaranjoki	16,3
Tattaranjoen haara 1	2,53
Tattaranjoen haara 2	27,6
Kaivo 1	11,2
Kaivo 2	28,0
Kaivo 3	13,4

Sähkönjohtokyky mitattiin heti sameusmittauksen jälkeen. Mittaustuloksissa ei havaittu kovin merkittäviä eroja vesinäytteiden välillä (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Sähkönjohtokyvyn mittaustulokset

Vesinäytteet	Sähkönjohtokyky, [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Lähde 1	331
Lähde 2	202
Kurkelanoja 1	345
Kurkelanoja 2	362
Alhonoja	123
Tattaranjoki	324
Tattaranjoen haara 1	652
Tattaranjoen haara 2	203
Kaivo 1	255
Kaivo 2	355
Kaivo 3	353

Typen määrittystä varten haettiin uudet tuoreet vesinäytteet. Kuivan kesän takia saatiin vain osa vesinäytteistä otettua, koska pienimmät ojat ja jokien haarat olivat kuivuneet. Tuloksista huomattiin, että osa vesinäytteistä sisälsi typpeä ja osa ei sisältänyt typpeä (Taulukko 4).

TAULUKKO 4. Typen mittaustulokset

Vesinäytteet	Titrauksen HCl-kulutus	Typipitoisuus, [mg/l]
Nollanäyte	0,09 ml	0,00
Tarkistusliuos	0,45 ml	8,68
Lähde 2	0,05 ml	-1,12
Tattaranjoki	0,13 ml	1,12
Kaivo 1	0,04 ml	-1,40
Kaivo 2	0,11 ml	0,56
Kaivo 3	0,11 ml	0,56

3.4 Kestävöityjen näytteiden mittaustulokset

Kestävöidyistä vesinäytteistä analysoitiin kupari-, rauta-, nikkeli-, arseeni-, kalium- ja fosforipitoisuudet. Lisäksi mitattiin vielä veden kemiallisen hapen kulutus. Analysointiin kului runsaasti aikaa, koska valmistettiin ensin paljon erilaisia liuoksia tarkasti ja vasta sitten suoritettiin analysointi.

Kuparipitoisuuksien mittauksissa käytettiin kesällä 2006 haettuja kestäväitä vesinäytteitä. Kuparin määrittäminen suoritettiin liekkiatomiabsorptiospektrofotometrillä ja määrittämisen jälkeen saatiin tulosteet, joista luettiin tulokset (Liite 10). Tuloksissa havaittiin pieniä eroavaisuuksia kuparipitoisuuksissa (Taulukko 5).

TAULUKKO 5. Kuparipitoisuuksien mittaustulokset

Vesinäytteet	Kuparipitoisuus, [mg/l]
Lähde 1	0,009
Lähde 2	-0,003
Kurkelanoja 1	0,029
Kurkelanoja 2	0,034
Alhonoja	0,007
Tattaranjoki	0,016
Tattaranjoen haara 1	0,018
Tattaranjoen haara 2	0,011
Kaivo 1	0,017
Kaivo 2	0,020
Kaivo 3	0,005

Raudan määrittäminen tehtiin kestävyillä vesinäytteillä. Raudan määrittäminen suoritettiin liekkiatomiabsorptiospektrofotometrillä ja määrittämisen jälkeen saatiin tulokset tuloksista. Rautapitoisuuksien mittauksissa havaittiin suuria eroja vesinäytteiden välillä (Taulukko 6).

TAULUKKO 6. Rautapitoisuuksien mittaustulokset

Vesinäytteet	Rautapitoisuus, [mg/l]
Lähde 1	0,424
Lähde 2	2,782
Kurkelanoja 1	2,314
Kurkelanoja 2	1,845
Alhonoja	9,750
Tattaranjoki	4,110
Tattaranjoen haara 1	1,356
Tattaranjoen haara 2	5,284
Kaivo 1	0,130
Kaivo 2	7,550
Kaivo 3	0,455

Nikkelipitoisuuksien analysointiin käytettiin kestäväitä vesinäytteitä. Nikkelin määrittäminen suoritettiin liekkiatomiabsorptiospektrofotometrillä ja määrittämisen jälkeen saatiin tulosteet, joista luettiin tulokset. (Taulukko 7).

TAULUKKO 7. Nikkelipitoisuuksien mittaustulokset

Vesinäytteet	Nikkelipitoisuus, [mg/l]
Lähde 1	0,066
Lähde 2	0,019
Kurkelanoja 1	0,348
Kurkelanoja 2	0,501
Alhonoja	0,147
Tattaranjoki	0,254
Tattaranjoen haara 1	0,513
Tattaranjoen haara 2	0,202
Kaivo 1	0,074
Kaivo 2	-0,017
Kaivo 3	0,046

Arseenipitoisuuksien määrittäminen tehtiin kestävävyillä vesinäytteillä. Arseenin määrittäminen suoritettiin liekkiatomiaabsorptiospektrofotometrillä ja määrittämisen jälkeen saatiin tulokset tuloksista. Määrittämisessä havaittiin ,ettei mikään vesinäytteistä sisältänyt myrkyllistä arseenia (Taulukko 8).

TAULUKKO 8. Arseenipitoisuuksien mittaustulokset

Vesinäytteet	Arseenipitoisuus, [mg/l]
Lähde 1	-0,013
Lähde 2	-0,012
Kurkelanoja 1	-0,013
Kurkelanoja 2	-0,013
Alhonoja	-0,014
Tattaranjoki	-0,013
Tattaranjoen haara 1	-0,014
Tattaranjoen haara 2	-0,014
Kaivo 1	-0,015
Kaivo 2	-0,010
Kaivo 3	-0,015

Kaliumpitoisuudet analysoitiin kestäväidystä vesinäytteistä. Kaliumin määrittäminen suoritettiin liekkiatomiabsorptiospektrofotometrillä ja määrittämisen jälkeen saatiin tulosteet, joista luettiin tulokset. Määrittämisessä huomattiin jokaisen vesinäytteen sisältävän selvästi kaliumia. Vesinäytteissä havaittiin todella suuret eroavaisuudet kaliumpitoisuuksissa (Taulukko 9).

TAULUKKO 9. Kaliumpitoisuuksien mittaustulokset

Vesinäytteet	Kaliumpitoisuus, [mg/l]
Lähde 1	1,481
Lähde 2	3,281
Kurkelanoja 1	12,220
Kurkelanoja 2	12,360
Alhonoja	3,711
Tattaranjoki	6,102
Tattaranjoen haara 1	89,060
Tattaranjoen haara 2	4,429
Kaivo 1	1,688
Kaivo 2	3,734
Kaivo 3	1,912

Fosforipitoisuuksien määritykset tehtiin kestäväidylle vesinäytteille. Fosforin määrittäminen suoritettiin UV/Vis-Spektrofotometrillä ja määrityksen jälkeen saatiin tulosteet, joista luettiin tulokset (Liite 11). Määrittäytuloksissa huomattiin melko suuria eroja fosforipitoisuuksien välillä (Taulukko 10).

TAULUKKO 10. Fosforipitoisuuksien mittaustulokset

Vesinäytteet	Fosforipitoisuus, [mg/l]
Lähde 1	0,0974
Lähde 2	0,0284
Kurkelanoja 1	0,0675
Kurkelanoja 2	0,0225
Alhonoja	0,2968
Tattaranjoki	0,0252
Tattaranjoen haara 1	0,0245
Tattaranjoen haara 2	0,0233
Kaivo 1	0,2488
Kaivo 2	0,3488
Kaivo 3	0,0750

Veden kemiallisen hapen kulutuksen määrittämisessä käytettiin kestävyöityjä vesinäytteitä. Määrityksissä huomattiin selviä eroja vesinäytteiden välillä (Taulukko 11).

TAULUKKO 11. Veden kemiallisen hapen kulutuksen mittaustulokset

Vesinäytteet	Titrauksen $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ - kulutus, [ml]	Vesinäytteen kemiallinen hapen kulutus, [mg/l]	Permanganaattiluku [mg/l $KMnO_4$]
Nollanäyte	2,11	0,00	0,00
Lähde 1	0,41	13,85	54,71
Lähde 2	1,45	5,37	21,21
Kurkelanoja 1	0,32	14,58	57,60
Kurkelanoja 2	0,34	14,42	56,96
Alhonoja	0,13	16,14	63,75
Tattarajoki	0,26	15,08	43,92
Tattaranjoen haara 1	0,72	11,33	44,75
Tattaranjoen haara 2	0,27	15,00	59,25

Kaivo 1	1,29	6,67	26,35
Kaivo 2	0,00	17,20	>67,94
Kaivo 3	1,00	9,05	35,75

3.5 Tulosten laskeminen

Tulosten laskemiseksi käytettiin erilaisia laskukaavoja. Laskukaavoja käytettiin typen ja veden kemiallisen hapen kulutuksen määrittämisessä. Laskukaavat otettiin työohjeista /21, 22/.

3.5.1 Typen määrittämisen laskukaavat

$$(1) \quad x = \frac{(V_3 - V_4) \times c \times 14 \times 1 \times 1000}{V}, \text{ jossa}$$

x näytteen typpipitoisuus, mg/l

V_3 näytteen titraukseen kulunut rikkihappomäärä, ml

V_4 nollanäytteen titraukseen kulunut rikkihappomäärä, ml

c suolahapon konsentraatio, mol/l

14 typen moolimassa, g/mol

1000 muuntokerroin, mg/g

1 muuntokerroin 1-arvoisella hapolla titrattaessa.

3.5.2 Veden kemiallisen hapen kulutuksen laskukaavat

$$(2) \quad c_1 = \frac{30 \times c_2}{V}, \text{ jossa}$$

c_1 natriumtiosulfaattiliuoksen konsentraatio, mol/l

c_2 kaliumjodaattiliuoksen konsentraatio, mol/l

V

määrittelyssä kuluneen natriumtiosulfaattiliuoksen tilavuus, ml
 kerroin 30 kaliumjodaattiliuoksen tilavuus (5 ml) kertaa 6 (mooli jodaattia
 vastaa 6 moolia tiosulfaattia).

$$(3) \quad \text{COD}_{Mn} = (V_2 - V_1) \times c_1 \times 800 \times f, \text{ jossa}$$

COD_{Mn} näytteen kemiallinen hapen kulutus, mg/l

V_1 näytteen titraukseen kulunut natriumtiosulfaattiliuoksen
 tilavuus, ml

V_2 nollanäytteen titraukseen kulunut natriumtiosulfaattiliuoksen
 tilavuus, ml

c_1 natriumtiosulfaattiliuoksen konsentraatio, mol/l

kerroin 800 puolet hapen (O) moolimassasta milligrammoiksi muutettuna
 jaettuna näytetilavuudella

f laimennuskerroin; laimennetun näytteen tilavuus jaettuna
 laimentamattoman näytteen tilavuudella.

Permanganaattiluvun (mg/l KMnO_4) ja COD_{Mn} -arvon välillä on voimassa
 yhtälö:

$$(4) \quad \text{Permanganaattiluku on } 3,95 \times \text{COD}_{Mn}.$$

Kerroin 3,95 tulee lausekkeesta

$$\frac{158}{16 \times 2,5}, \text{ jossa}$$

158 kaliumpermanganaatin moolimassa

16 hapen (O) moolimassa

2,5 1 mooli permanganaattia vastaa 2,5 moolia happea (O).

3.5.3 Esimerkkilaskut käytetyistä laskukaavoista

Esimerkkilaskuissa käytetään toisen vesinäytteen (lähde 2) saatuja lukuarvoja.

Ensimmäistä vesinäytettä (lähde 1) ei tutkittu typen määrittelyssä, joten

luonnollisesti valitaan seuraava näyte (Lähde 2) havainnollistamaan

laskukaavoja.

$$(1) \quad x = \frac{(0,05ml - 0,09ml) \times 0,1mol / l \times 14 \times 1 \times 1000}{50ml} = -1,12mg / l$$

Kaavaa (2) käytettiin ennen varsinaista analyysiä. Kaavan avulla saatiin laskettua natriumtiosulfaattiliuoksen konsentraatio. Suoritettiin 3 rinnakkaismäärittystä titraamalla. Otettiin tulokset ylös, ja laskettiin keskiarvo, jota käytettiin titrauskulutuksena V (Kaava (2)).

Titrauskulutuksen keskiarvoksi saatiin rinnakkaismäärittöksistä 5,89 ml.

$$(2) \quad c_1 = \frac{30 \times 0,002mol / l}{5,89ml} = 0,010187mol / l$$

Kaavassa (3) tarvittiin kaavan (2) avulla saatua natriumtiosulfaattiliuoksen konsentraatiota. Tämä konsentraatio laskettiin siis vain kerran, ja käytettiin samaa lukuarvoa jokaisen näytteen kohdalla.

$$(3) \quad COD_{Mn} = (2,11ml - 1,45ml) \times 0,010187mol / l \times 800 \times 1 = 5,38mg / l \approx 5,4mg / l$$

$$(4) \quad 3,95 \times 5,38 \text{ mg/l} = 20,25 \text{ mg/l}$$

3.6 Tulosten tarkastelu

Kappaleissa 3.3 ja 3.4 esitetyt taulukot tehtiin mittaustuloksien perusteella. Tässä kappaleessa siirrytään tutkimaan saatuja mittaustuloksia tarkemmin ja pohditaan mahdollisia virhetekijöitä sekä työssä esiintyneitä ongelmia.

Mittaukset tehtiin SFS-standardiohjeiden mukaisesti. Analyyseissä käytettiin ohjeiden mukaisia välineitä ja laitteita. Työvälineiden puhdistamisesta pidettiin hyvää huolta. Jokainen mittaus tehtiin huolellisesti ja tulokset kirjattiin heti

ylös. Koko opinnäytetyön ajan pidettiin työpäiväkirjaa. Tulosten luotettavuus todettiin pitäväksi silmämääräisen tarkastelun ja laboratorioanalyysien välillä. Teorian ja tulosten välisiä ristiriitoja ei juuri ilmennyt.

Asukkaat saavat tietoa kaivo-, oja-, joki- ja lähdevesistä. Tieto vesien saastuneisuudesta on todella tärkeää. Nyt asukkaat saavat tiedon, mihin voivat vettä hyödyntää.

Pelloilta valuvat ravinteet rehevöittävät alueen oja- ja jokivesiä. Rehevöitymistä voitaisiin hidastaa laskeutusaltaiden avulla. Laskeutusaltaalla tarkoitetaan ojaan tai puroon kaivamalla tai patoamalla tehtyä allasta, jolla pyritään poistamaan maatalouden valumavesistä kiintoainetta ja sen mukana kulkeutuvia ravinteita. Laskeutusaltan toiminta perustuu veden mukana kulkeutuvien maapartikkelien laskeutumiseen altaan pohjalle, kun veden virtausnopeus pienenee ja pyörteisyys vähenee. /40/

3.6.1 Näytteen ottaminen

Näytteitä haettiin useaan kertaan kesällä sekä syksyllä. Näytepullot pyrittiin sulkemaan vedenpinnan alapuolella, mutta Tattaranjoen haaroissa vettä oli niin vähän ettei näytepulloa pystytty upottamaan kokonaan vedenpinnan alapuolelle. Tästä syystä näytepullot suljettiin vasta, kun vesinäytettä oltiin saatu tarpeeksi näytepulloon. Tattaranjoen haarojen näytepulloihin näin ollen pääsi myös happea, joka luettiin yhdeksi virhetekijäksi tutkimuksissa.

Vesinäytteitä haettiin aikaisin aamulla, jolloin lähde 1 oli pinnasta jäässä. Jäänpinta jouduttiin rikkomaan ennen vesinäytteen ottoa. Vesinäyte otettiin matalasta rannasta, joten pulloon pääsi runsaasti roskaa.

Typpianalyysiä varten tarvittiin kestäväimättömät vesinäytteet. Syksyllä haettiin uudet vesinäytteet. Kuivan kesän takia osa näytepaikoista oli kuivunut. Siksi otettiin vesinäytteet vain niistä näytepaikoista, joissa oli vettä. Vesinäytteet

saatiin vain lähteestä 2, Tattaranjoesta sekä kaikista kaivoista. Kaivovedet olivat selvästi vähentyneet kesän aikana kuivuuden vuoksi. Vesinäytteet todettiin silmämääräisesti roskaisiksi ja sameiksi. Kesällä saatiin kaivoista paljon kirkkaammat vesinäytteet, joten kuivuuden vuoksi vesi ei ollut vaihtunut kaivoissa vähään aikaan.

Näytteenoton jälkeen matkattiin mahdollisimman nopeasti koululle. Vesinäytteet laitettiin koululla kylmään ja tehtiin tarvittavat toimenpiteet analysointia varten. Matkan aikana vesinäytteet ehtivät kuitenkin hieman lämmetä.

3.6.2 pH-mittauksien tulkinta

pH-mittarin avulla saatiin tarkemmat ja luotettavammat mittaustulokset kuin pH-paperilla. pH-paperin avulla saatiin vain vähän suuntaa antavat pH-arvot vesinäytteille. Tuloksista huomattiin selvästi, että pH-mittarin antamat tulokset olivat tarkemmat, mutta suuruusluokka oli suunnilleen sama pH-paperin ja pH-mittarin välillä. Tattaranjoessa ja Tattaranjoen haarassa 1 oli huomattavan alhaiset pH-arvot. (Taulukko 1) Tattaranjoessa on havaittu aiemminkin veden olevan happamalla puolella /27/.

Kurkelanojan ja Tattaranjoen vesi on ollut keskimääräisesti happamalla puolella. Leväkasvu on saattanut vaikuttaa ajoittain pH-arvoihin nostaen sitä emäksiselle puolelle. /27/

Kaivovesien pH laatusuositukset ovat välillä 6,5 – 9,5 /28/. Tuloksista huomattiin, että kaivovedet olivat laatusuosituksien alarajalla ja täyttivät laatusuosituksen pH:n osalta (Taulukko 1).

3.6.3 Sameusmittauksien tulkinta

Jo näytepaikoilla tehtiin silmämääräistä vesinäytteiden tarkastelua. Lähteestä 1 otetussa vesinäytteessä havaittiin roskia, mutta vesi todettiin muuten kirkkaaksi. Selvästi roskia vähemmän sisältänyt lähteen 2 vesi todettiin kirkkaaksi.

Tattaranjoen haarassa 1 todettiin selvästi kirkkain vesinäyte. Alhonojasta saatiin todella samea vesinäyte, johon todettiin vaikuttavan käynnissä olleet kaivuutyöt ojanpientareilla. Kaivosta 2 saatiin roskainen ja ruskea vesinäyte. Myös kaivossa 3 havaittiin irtoroskien lisäksi vähäinen vesimäärä. Muut vesinäytteet havaittiin tasaisen kellertäviksi.

Sameuteen vaikuttaa esimerkiksi savi ja rauta. Suurimmat sameudet havaittiin Tattaranjoen haarassa 2, Alhonojassa ja kaivossa 2. Nämä paikat sisälsivät myös runsaasti rautaa (Taulukko 6).

Silmämääräiset tarkastelut todettiin sameuden kannalta paikkansa pitäviksi. Sameusmittarilla saatiin selvät tulokset, joihin pohjautuen havaittiin omat silmämääräiset havainnot oikeiksi. Esimerkiksi todettiin Tattaranjoen haarassa 1 olevan kirkkain vesi, joka myös sameusmittarin antamien tuloksien perusteella kirkkain. (Taulukko 2)

Sameuden laatusuositus kaivovesissä on 1 NTU /28/. Tuloksista todettiin, että kaivovedet ylittivät reilusti annetun laatusuositusrajan sameuden kohdalla (Taulukko 2).

3.6.4 Sähkönjohtokykymittauksien tulkinta

Sähkönjohtokyvyn tuloksien perusteella ei havaittu kovin selkeitä eroja vesinäytteiden välillä. Sähkönjohtokykyyn vaikuttavat jätevedet ja peltolannoitus. Ne lisäävät suolojen määrää vesissä esimerkiksi kalium lisää sähkönjohtokykyä.

Suurin sähkönjohtokyky mitattiin Tattaranjoen haarasta 1. Tämä vesinäyte sisälsi myös runsaasti kaliumia (Taulukko 9). Tattaranjoen haara 1 on peltojen ympäröimä, joten peltojen lannoitteet nostavat sähkönjohtokykyä. Veden virtaus Tattaranjoen haarassa 1 todettiin vähäiseksi. Tattaranjoen haarassa 2 havaittiin veden virtaavan runsaasti ja vettä virtasi lisäksi hieman Tattaranjoen haaraan 1. Koska Tattaranjoen haarassa 1 veden virtaus oli pientä, niin suolat eivät päässeet kulkemaan eteenpäin. Alhonojassa huomattiin suuri veden virtaus. (Taulukko 3)

Sähkönjohtavuudelle on annettu kaivovesille laatusuositusraja alle 2 500 $\mu\text{S}/\text{cm}/28^\circ$. Tuloksista huomattiin, että kaikki kolme kaivoa alittavat annetun suosituksen (Taulukko 3).

3.6.5 Typpipitoisuuksien tulkinta

Lannoitteet ja jätevedet lisäävät vesien typpipitoisuutta. Tattaranjoessa havaittiin suurin typpipitoisuus, johon voi vaikuttaa jätevesien pääsy jokeen, peltolannoitukset sekä Valtatie 2 liikenne. Lähteestä 2 otettu vesinäyte havaittiin typettömäksi. Lähteeseen 2 ei vaikuta lannoitus, jätevedet eikä liiallinen liikenne, koska lähde 2 sijaitsee metsikön keskellä rauhallisella paikalla. Typpipitoisuudet havaittiin saaduissa tuloksissa hyvin alhaisiksi, kun saatuja tuloksia verrattiin sivun 13-14 talousveden laatuvaatimuksiin ja –suosituksiin. (Taulukko 4)

3.6.6 Kuparipitoisuuksien tulkinta

Kuparipitoisuudet todettiin pieniksi. Luonnonvesissä ei juurikaan kuparia ole. Syyksi kuparin esiintymiselle vesissä voidaan pitää Outokumpu Metalsin tehtaiden saostusaltaan vallin murtumista, jolloin vesistöihin pääsi virtaamaan lietevedettä, joka sisälsi eri metalleja /20/. Lähteessä 2 ei havaittu kuparia lainkaan.

Kuparipitoisuudelle on laadittu kemiallinen laatuvaatimus koskien kaivovesiä. Laatuvaatimus kaivovesissä on maksimissaan 2 mg/l /28/. Todettiin, että kaivovesien kuparipitoisuudet olivat hyvin pieniä ja kaivovedet toteuttivat laatuvaatimuksen (Taulukko 5).

3.6.7 Rautapitoisuuksien tulkinta

Rauta on kaivojen yleisimpiä epäpuhtauksia. Veden ruskea väri johtuu kolmenarvoisesta ferri-ionista /11/. Ruskeimmat vesinäytteet saatiin Alhonojasta ja kaivosta 2, jotka sisälsivät myös eniten rautaa (Taulukko 6).

Raudan enimmäisarvo talous- ja juomavedessä on 0,2 mg/l /33/. Hyvässä kaivovedessä on rautaa alle 0,1 mg/l /34/. Tuloksista huomattiin, ettei mikään kaivo täytä laatusuosituksia rautapitoisuuden kohdalla (Taulukko 6).

3.6.8 Nikkelipitoisuuksien tulkinta

Kupari, elohopea ja nikkeli lisäävät toistensa myrkkyyvaikutusta esiintyessään yhdessä /12, s. 31-32/. Syyksi nikkelin esiintymiselle vesissä voidaan pitää Outokumpu Metalsin tehtaiden saostusaltaan vallin murtumista, jolloin vesistöihin pääsi virtaamaan lietevedettä, joka sisälsi eri metalleja /20/.

Kaivovesille on laadittu nikkelipitoisuudesta laatuvaatimus, jossa kaivovesi saa sisältää enimmillään 20µg/l nikkeliä /28/. Tuloksista huomattiin, että vain kaivo 2 täyttää laatuvaatimuksen nikkelipitoisuudesta, koska kaivossa 2 ei nikkeliä ollut lainkaan (Taulukko 7).

3.6.9 Arseenipitoisuuksien tulkinta

Vesinäytteet eivät sisältäneet arseenia (Taulukko 8). Aikaisempien mittaustulosten perusteella arseenipitoisuudet ovat olleet laboratoriorajojen alapuolella /27/.

Arseenille on myös laadittu laatuvaatimus kaivovesille. Kaivovedessä saa enimmillään esiintyä arseenia 10 µg/l /28/.

3.6.10 Kaliumpitoisuuksien tulkinta

Kalium on yksi veden pääravinteista. Rehevöityminen johtuu veden runsaasta ravinnepitoisuudesta. Ravinteet ovat peräisin lannoitteista sekä jätevesistä.

Oja- ja jokivesissä havaittiin runsaitakin kaliumpitoisuuksia. Näytteenottopaikoilla huomattiin runsasta rehevöitymistä (Liite 6).

3.6.11 Fosforipitoisuuksien tulkinta

Fosforia esiintyy peltojen lannoitteissa. Vesistöissä fosfori aiheuttaa rehevöitymistä. /18/

Suurimmat fosforipitoisuudet mitattiin Alhonojasta, kaivosta 1 ja kaivosta 2. Alhonojan fosforipitoisuuden esiintymiselle pidettiin syynä peltojen lannoituksia. Kaikissa vesinäytteissä havaittiin melko suuria fosforipitoisuuksia. Saatujen tuloksien perusteella todettiin tutkittujen vesien olevan runsaasti rehevöityneitä, kun tutkimus tuloksia verrattiin sivun 16 luonnonvesien ja talousveden laatuvaatimukseen ja -suositukseen. (Taulukko 10)

3.6.12 Veden kemiallisen hapen kulutuksen tulkinta

Kemiallinen hapenkulutus kuvaa vesistön saastuneisuutta. Kemiallinen hapenkulutus määritettiin KMnO_4 -titrauksella, josta saatiin vesinäytteen permanganaattiluku, joka ilmoittaa kemiallisesti hapettuvan orgaanisen aineksen määrän tutkittavassa vesinäytteessä. Permanganaattiluku antaa myös kuvan veden laadusta sekä jätevesien vesistölle aiheuttamasta kuormituksesta.

Kaivovesille on laadittu laatusuositus KMnO_4 -luvulle. Suurin sallittu luku on 20 mg/l /28/. Kaivovedet ylittävät laatusuosituksen selvästi. (Taulukko 11).

3.7 Aikaisempia mittaustuloksia

Hiirijärven ja Nakkilan seudun vesistöjä on tutkittu myös aiemmin. Syynä tähän voidaan pitää huhtikuussa 1994 tapahtunutta onnettomuutta, kun Outokumpu Harjavalta Metalsin tehtaiden saostusaltaan valli murtui /20/.

Tattaranjokea ja sivuojia on kunnostettu vuosien mittaan. Kiukaisista Nakkilan ydinkeskustan ohi Kokemäenjokeen virtaavan joen pääuoma on kunnostettu noin 9,4 km matkalta. Sivuojia on ruopattu. /25/

Kurkelansuon turvetuotantoalue sijaitsee Nakkilan alueella Kokemäenjokeen laskevan Tattaranjoen vesistöalueella. Aikaisemmin suon kuivatusvesien käsittely oli melko vähäistä. Kuivatusvedet lasketaan ojien kautta Tattaranjokeen. Turvetuotantoalueella ei ole ollut mitään viranomaispäätöksiin perustuvia velvoitteita tarkkailla toiminnan ympäristövaikutuksia. Vuonna 2004 tarkkailtiin turvetuotantoalueen valumavesiä ja vesistövaikutuksia. Turvetuotantoalueen kuivatusvedet olivat turvetuotantoalueiden keskimääräistä tasoa väkevämpiä, sillä kuivatusvesien ravinnepitoisuudet olivat suuria. Kurkelansuon kuivatusvedet kohottava hieman Tattaranjoen ravinnepitoisuuksia, mutta veden yleislaatuun niillä ei ole vaikutusta. /26/

Kurkelanojan vettä on tutkittu vuosien varrella ja veden laadusta on tietoja vuosilta 1992-2001. Veden laadun vaihtelut ovat olleet suuria vuosien 1992-2001 välillä. Kurkelanojan vesi on ollut keskimääräisesti selvästi hapanta (pH

5,2). Leväkasvu on saattanut vaikuttaa ajoittain pH-arvoihin nostaen sitä emäksiselle puolelle (vaihteluväli 2,7 – 8,2). Sähkönjohtavuus on vaihdellut välillä 280 – 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja keskiarvo on ollut noin 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kurkelanojassa on havaittu liuenneena kuparia, nikkeliä, sinkkiä ja rautaa sekä sulfaattia. Vedessä on myös havaittu olleen liuenneena kadmiumia ja lyijyä.

Kurkelanojaan laskevien jätevesien määrää on vähennetty. Metallipitoisuudet Kurkelanojan vedessä ovat pienentyneet selvästi viimeisen kymmenen vuoden aikana. Nykyään Kurkelanojan veden laadussa on havaittavissa hieman kohonneita kupari-, nikkeli-, sinkki- ja sulfaattipitoisuuksia. Kuitenkin Kurkelanojan veden laskiessa Tattaranjokeen pitoisuudet laimenevat selvästi. Kurkelanojan vesinäytteiden kiintoaineessa metallit ja arseeni ovat alittaneet laboratorion määritysrajan.

Tattaranjoen vedenlaatua on tutkittu vuosien 1998-2001 välillä. Tattaranjoen vesi on ollut myös lievästi hapanta (pH-arvojen vaihteluväli 5,2 – 7,5). Sähkönjohtavuuden keskiarvo Tattaranjoessa on ollut 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja vaihteluväli on ollut 230 – 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Samoin kuten Kurkelanojassa, on Tattaranjoessakin kiintoaineen määrässä esiintynyt suuria vaihteluja välillä 4 – 47 mg/l ja keskiarvo on ollut noin 20 mg/l. Tattaranjoesta ennen Kurkelanojan liittymää otettujen vesinäytteiden suodoksista mitattujen metallien, rautaa lukuun ottamatta, sekä arseenin ja sulfaatin pitoisuudet ovat olleet pienempiä kuin Kurkelanojassa. Kiintoaineeseen sitoutuneiden metallien pitoisuudet ovat olleet melko pieniä. Kuparipitoisuuden vaihteluväli on ollut 0,01 – 0,12 mg/l ja sinkkipitoisuuden vaihteluväli on ollut 0,01 – 0,06 mg/l. Laboratorion määritysrajan alapuolelle ovat jääneet sekä kadmiumin että lyijyn pitoisuudet.

Tattaranjoesta Kurkelanojan liittymän jälkeen löytyy veden tutkimustuloksia vuosilta 1995-2001. Tattaranjoen vesi on ollut keskimäärin hapanta (pH 6,3 ja vaihteluväli 4,8 – 8,0). Veden sähkönjohtavuus on ollut keskimäärin 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja vaihteluväli on ollut 250 – 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Kiintoaineen määrä on ollut keskimäärin 31 mg/l ja vaihteluväli on ollut 6 – 106 mg/l. Liittymäkohdan

jälkeen Tattaranjoen pitoisuudet nousevat Kurkelanojan veden laadun vuoksi. Kadmiumin, lyijyn ja arseenin pitoisuudet ovat alittaneet laboratorion määritysrajat tehdyissä tutkimuksissa. /27/

3.8 Yhteenveto

Tulosten perusteella osa pitoisuuksista ylittää tavoitearvot ja osa pitoisuuksista jää tavoitearvojen alapuolelle. Tulokset ovat myös osittain suuruudeltaan aikaisempien mittaustulosten suuruusluokkaa.

Mitatut pH-arvot ovat suuruusluokaltaan normaaleja, paitsi Tattaranjoessa ja Tattaranjoen haarassa 1 oli poikkeuksellisen pienet pH-arvot. Aikaisempien mittaustulosten perusteella Tattaranjoen vesi on ollut lievästi hapanta /27/.

Sähkönjohtokyvyt olivat aikaisempien mittaustulosten perusteella pienempiä /27/. Mitatut lukemat vastaavat tavallisia kaivoveden arvoja /7/.

Typen mittaustuloksissa Tattaranjoesta otettu näyte sisälsi eniten typpeä. Korkea typpipitoisuus viittaa ruskeaan veteen /29/.

Kuparipitoisuudet ovat huomattavasti alle raja-arvojen. Aikaisemmin mitattu kuparipitoisuus Tattaranjoessa vastaa suuruusluokaltaan mitattua kuparipitoisuutta /27/.

Rauta- ja nikkelipitoisuudet taas ylittävät selvästi raja-arvot. Mikään näyte ei sisältänyt arseenia. Aikaisempien mittaustulosten mukaan arseenipitoisuudet ovat alittaneet laboratorion määritysrajat /27/.

Fosforipitoisuuksien perusteella vesistöt voidaan luokitella lievästi reheviksi ja jopa erittäin reheviksi. Myös kaliumpitoisuudet olivat osittain suuria, joka viittaa myös rehevöitymiseen.

Permanganaattiluvut ovat melko suuria. Aikaisempia mittaustuloksia kemiallisen hapenkulutuksesta ei ole tiedossa.

LÄHTEET

- 1: Isoaho, S.& Valve, M. 1988. Vesikemian perusteet. Espoo: Otakustantamo.
- 2: <http://www.watman.fi/ykstal/vesiana-ph.htm>
- 3: <http://www.tampere.fi/ytoteto/yva/tehtava/ympsuo/vesisto/vesiantu.htm>
- 4: Peltonen, E. 1982. Kemiaa Insinööreille. Porvoo Hki Juva: WSOY.
- 5: Insinööritoimisto Kaiko Oy. 1976. Vesikirja. Helsinki: Vesto-yhtiöt.
- 6: http://www.hohsepartec.fi/hoh_fin/vesikysymyksiä_kemialliset_ongelmat.html
- 7: http://heureka.fi/attachments/vesitutkimus_1.0suo.pdf
- 8: http://www.watman.fi/ykstal/vesiana_kupari.htm
- 9: Juoma- ja talousveden tutkimusmenetelmät. 1969. Helsinki: Elintarviketutkijainseura Ry.
- 10: http://www.watman.fi/ykstal/vesiana_rauta.htm
- 11: <http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/vesilaatu.html>
- 12: Raunio, A. 1992. Ympäristötietoa Kokemäenjoesta. Satakunnan luonnonsuojelupiirin Kokemäenjokiprojektin raportti. Satakunnan luonnonsuojelupiiri Ry. Pori: Satakuntaliitto
- 13: http://www.watman.fi/ykstal/vesiana_muut.htm
- 14: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/vihannekset/lannoitteet.htm>
- 15: Dahlgren, Helakorpi & Jalonen. 1984. Ammattikoulujen teknillisten alojen kemia. Insinööritieto Oy.

- 16: http://www.watman.fi/ykstal/vesiana_typpi.htm
- 17: <http://www31.brinkster.com/urpipau/vesi/ammon.htm>
- 18: <http://www31.brinkster.com/urpipau/vesi/fosfori.htm>
- 19: <http://www.malux.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/vesi/main.htm#kemiallinen%20hapenkulutus>
- 20: Jukkapekka Varjonen. Kokemaäenjoen öljyvuodosta tulossa iso lasku Bolidenille. Satakunnan Kansa, 2006. Vol. 164, s. 5.
- 21: SFS 5505. Jäteveden epäorgaanisen ja orgaanisen typen määrittäminen. Helsinki : Suomen standardisoimisliitto, 1988. 4 s.
- 22: SFS 3026. Veden kokonaisfosforin määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 1986. 6 s.
- 23: SFS 3036. Veden kemiallisen hapen kulutuksen määrittäminen. 2. p. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 1981. s. 5
- 24: http://www.pori.fi/tpk/porin_tulvat/Kokemaenjoenraportti2003.doc
- 25: <http://www.pori.fi/kirjasto/satakunta/sk/index.php>
- 26: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=45685&lan=fi>
- 27: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=27648&lan=fi>
- 28: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=30832&lan=fi>
- 29: http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?sivu=kokonaistyyppi.html
- 30: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=1698&lan=fi>
- 31: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166571&lan=fi#a6>
- 32: <http://keuruu.fi/terve/vesitut3.htm#Kupari>
- 33: <http://www.tat.fi/fi/koulut/vedesta/kortti13.pdf>
- 34: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=166571&lan=fi#a14>
- 35: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=193458&lan=FI>
- 36: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=193185&lan=fi>
- 37: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17448&lan=fi>
- 38: <http://www.keuruu.fi/terve/vesitut3.htm#KmnO4-luku>
- 39: http://fi.wikipedia.org/wiki/Beerin_ja_Lambertin_laki
- 40: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=13253&lan=fi>

LIITELUETTELO

LIITE 1	NÄYTTEENOTTOPAIKKA 1 KUVA 1. Lähde 1 NÄYTTEENOTTOPAIKKA 2 KUVA 2. Lähde 2
LIITE 2	NÄYTTEENOTTOPAIKKA 3 KUVA 3. Kurkelanoja 1 NÄYTTEENOTTOPAIKKA 4 KUVA 4. Kurkelanoja 2
LIITE 3	NÄYTTEENOTTOPAIKKA 5 KUVA 5. Alhonoja NÄYTTEENOTTOPAIKKA 6 KUVA 6. Tattaranjoki
LIITE 4	NÄYTTEENOTTOPAIKKA 7 KUVA 7. Tattaranjoen haara 1 NÄYTTEENOTTOPAIKKA 8 KUVA 8. Tattaranjoen haara 2
LIITE 5	NÄYTTEENOTTOPAIKKA 9 KUVA 9. Kaivo 1 NÄYTTEENOTTOPAIKKA 10 KUVA 10. Kaivo 2 NÄYTTEENOTTOPAIKKA 11

	KUVA 11. Kaivo 3
LIITE 6	PH:N MITTAUS
	KUVA 12. pH-mittari, 744 pH Meter Metrohm
	SAMEUDEN MITTAUS
	KUVA 13. Sameusmittari, Turb 550 IR
	SÄHKÖNJOHTOKYVYN MITTAUS
LIITE 7	KUVA 14. Sähkönjohtokyky mittari, Inolab
	TYPEN MÄÄRITYS
	KUVA 15. Märkäpoltto, BÜCHI Digestion
UnitPoltto	
	KUVA 16. Tislaus, BÜCHI Distillation Unit K-314
	KUVA 17. Titraus, Bürette Digital III Easy
	Calibratoir
LIITE 8	LIEKKIATOMIABSORBTIOSPEKTRO-
	FOTOMETRI
	MÄÄRITYKSET
	KUVA 18. Liekkiatomiabsorbtiospektrofotometri
	FOSFORIN MÄÄRITYS
	KUVA 19. UV-1700 Spektrofotometri
	KUVA 20. Autoklaavi
	KUVA 21. Standardiliuokset
LIITE 9	VEDEN KEMIALLISEN HAPEN KULUTUKSEN
	MÄÄRITYS ELI COD
	KUVA 22. Vesihaude
	KUVA 23. Titrausmääritys
LIITE 10	KUPARIPITOISUUKSIEN TULOKSET
LIITE 11	FOSFORIPITOISUUKSIEN TULOKSET

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 1



KUVA 1. Lähde 1

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 2



KUVA 2. Lähde 2

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 3



KUVA 3. Kurkelanoja 1

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 4



KUVA 4. Kurkelanoja 2

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 5



KUVA 5. Alhonoja

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 6



KUVA 6. Tattaranjoki

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 7



KUVA 7. Tattaranjoen haara 1

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 8



KUVA 8. Tattaranjoen haara 2

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 9



KUVA 9. Kaivo 1

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 10



KUVA 10. Kaivo 2

NÄYTTEENOTTOPAIKKA 11



KUVA 11. Kaivo 3

PH:N MITTAUS



KUVA 12. pH-mittari, 744 pH Meter Metrohm

SAMEUDEN MITTAUS



KUVA 13. Sameusmittari, Turb 550 IR

SÄHKÖNJOHTOKYVYN MITTAUS



KUVA 14. Sähkönjohtokykymittari, Inolab

TYPEN MÄÄRITYS



KUVA 15. Märkäpoltto, BÜCHI Digestion UnitPoltto



KUVA 16. Tislaus, BÜCHI Distillation Unit K-314



KUVA 17. Titraus, Bürette Digital III Easy Calibratoir

LIEKKIATOMIABSORBTIOSPEKTROFOTOMETRI MÄÄRITYKSET



KUVA 18. Liekkiatomiabsorbtiospektrofotometri

FOSFORIN MÄÄRITYS



KUVA 19. UV-1700 Spektrofotometri



KUVA 20. Autoklaavi



KUVA 21. Standardiliuokset

VEDEN KEMIALLISTEN HAPEN KULUTUKSEN MÄÄRITYS ELI COD



KUVA 22. Vesihaude



KUVA 23. Titrausmääritys

KUPARIPITOISUUKSIEN TULOKSET

Method Name: Ha Hr Cu
Method Description:

Element: Cu

Date: 08/21/2006
Technique: Flame
Wavelength: 324.8 nm
Lamp Current: 15
Sample Info File: Untitled

Calibration Equation: Zero Intercept: Nonlinear
Slit Width: 0.70 nm
Energy: 65
Results Data Set:

=====

Element: Cu Seq. No.: 1 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006
Sample ID: Calib Blank

Repl #	Sample Conc mg/L	Std Conc mg/L	Blnk Corr Signal	Time
1			-0.052	11:26:04
2			-0.052	11:26:11
3			-0.052	11:26:19
Mean:			-0.052	
SD :			0.000	
%RSD:			0.09	

Auto-zero performed.

=====

Element: Cu Seq. No.: 2 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006
Sample ID: st1

Repl #	Sample Conc mg/L	Std Conc mg/L	Blnk Corr Signal	Time
1			0.052	11:27:10
2			0.052	11:27:17
3			0.052	11:27:25
Mean:			0.052	
SD :			0.000	
%RSD:			0.16	

Standard number 1 applied. [1.000]
Correlation Coefficient: 1.0000

Slope: 0.0516

Element: Cu Seq. No.: 3 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006
Sample ID: st2

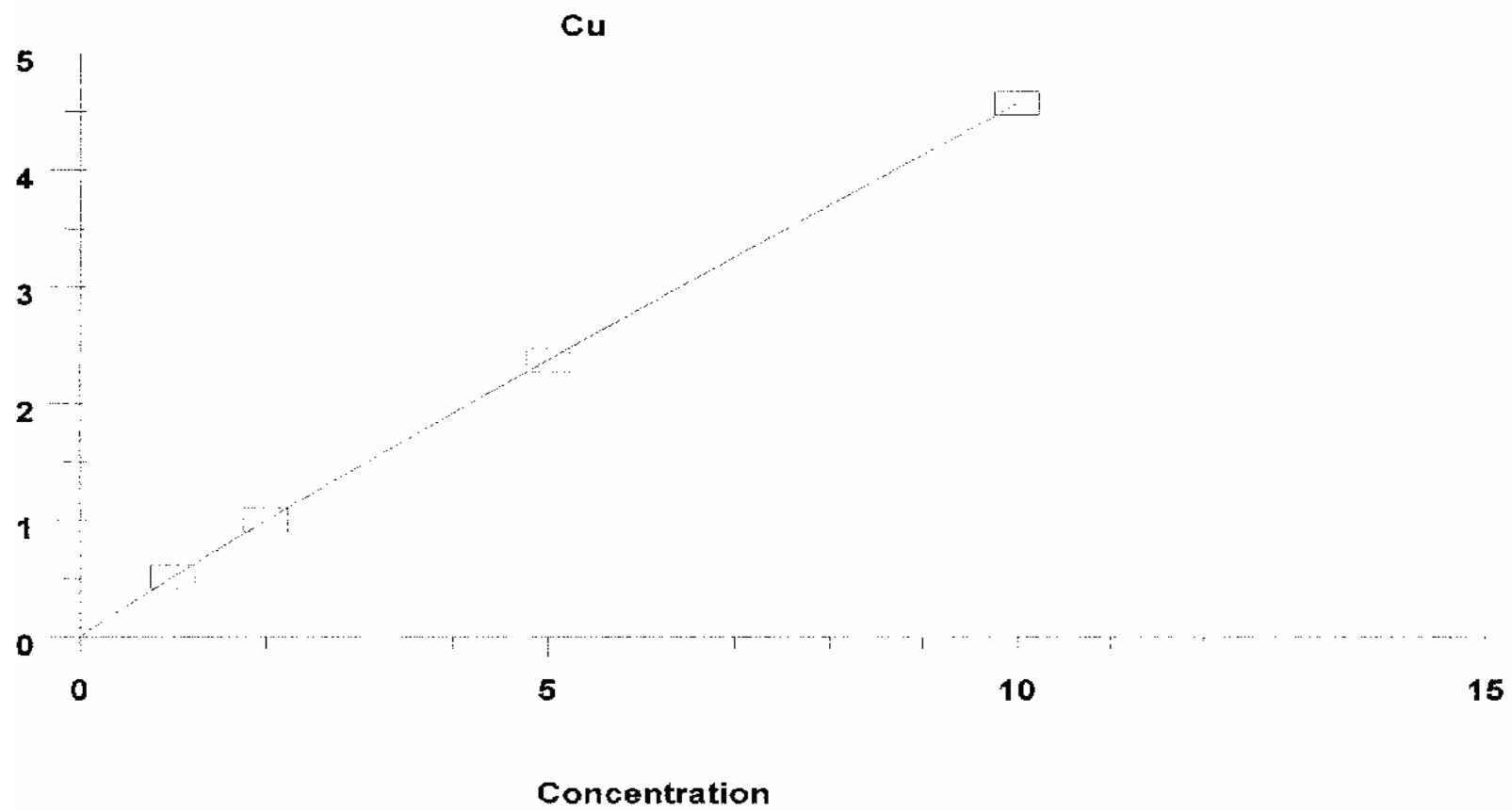
Rep #	Sample Conc mg/L	Std Conc mg/L	Blank Corr Signal	Time
1			0.100	11:28:32
2			0.101	11:28:40
3			0.100	11:28:47
Mean:			0.100	
SD :			0.000	
%RSD:			0.04	
Standard number 2 applied. [2.000]				
Correlation Coefficient:			1.0000	Slope: 0.0530

Element: Cu Seq. No.: 4 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006
Sample ID: st3

Rep #	Sample Conc mg/L	Std Conc mg/L	Blank Corr Signal	Time
1			0.236	11:29:57
2			0.237	11:30:05
3			0.237	11:30:12
Mean:			0.237	
SD :			0.001	
%RSD:			0.31	
Standard number 3 applied. [5.000]				
Correlation Coefficient:			1.0000	Slope: 0.0532

Element: Cu Seq. No.: 5 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006
Sample ID: st4

Rep #	Sample Conc mg/L	Std Conc mg/L	Blank Corr Signal	Time
1			0.457	11:31:23
2			0.458	11:31:30
3			0.456	11:31:38
Mean:			0.457	
SD :			0.001	
%RSD:			0.31	
Standard number 4 applied. [10.000]				
Correlation Coefficient:			1.0000	Slope: 0.0546



=====

Element: Cu Seq. No.: 6 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006

Sample ID: Sample000 /hhdg 1

=====

Rep_#	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.007	0.007	0.000	11:32:27
2	0.009	0.009	0.000	11:32:34
3	0.013	0.013	0.001	11:32:42
Mean:	0.009	0.009	0.001	
SD :	0.003	0.003	0.000	
%RSD:	33.75	33.75	33.72	

=====

Element: Cu Seq. No.: 7 AS Loc.: --- Date: 08/21/2006

Sample ID: Lahde 2

=====

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time
1	-0.003	0.003	0.000	11:33:48
2	-0.003	-0.003	0.000	11:33:55
3	-0.003	-0.003	0.000	11:34:03
Mean:	-0.003	0.003	0.000	
SD :	0.000	0.000	0.000	
%RSD:	5.64	5.64	5.65	

=====

Element: Cu Seq. No.: 9 AS Loc.: Date: 08/21/2006

Sample ID: Korkelanoja 1

=====

Rep_#	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.029	0.029	0.002	11:35:05
2	0.029	0.029	0.002	11:35:12
3	0.030	0.030	0.002	11:35:20
Mean:	0.029	0.029	0.002	
SD :	0.001	0.001	0.000	
%RSD:	2.32	2.32	2.32	

```
=====
Element: Cu      Seq. No.: 9      AS Loc.: ---      Date: 08/21/2005
Sample ID: karkelanoja 2
=====
```

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	B1: kCorr Signal	Time
1	0.032	0.032	0.002	11:36:18
2	0.036	0.036	0.002	11:36:25
3	0.036	0.036	0.002	11:36:33
Mean:	0.034	0.034	0.002	
SD :	0.002	0.002	0.000	
%RSD:	6.70	6.70	6.68	

```
=====
Element: Cu      Seq. No.: 10     AS Loc.: ---     Date: 08/21/2005
Sample ID: tattaran silta
=====
```

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	B1: kCorr Signal	Time
1	0.014	0.014	0.001	11:37:13
2	0.017	0.017	0.001	11:37:22
3	0.018	0.018	0.001	11:37:29
Mean:	0.016	0.016	0.001	
SD :	0.002	0.002	0.000	
%RSD:	11.15	11.15	11.13	

```
=====
Element: Cu      Seq. No.: 11     AS Loc.: ---     Date: 08/21/2005
Sample ID: tattaran haara 1
=====
```

Repl #	SampleConc mg/L	StdConc mg/L	B1: kCorr Signal	Time
1	0.015	0.015	0.001	11:38:13
2	0.019	0.019	0.001	11:38:20
3	0.020	0.020	0.001	11:38:29
Mean:	0.018	0.018	0.001	
SD :	0.003	0.003	0.000	
%RSD:	14.22	14.22	14.21	

```

=====
Element: Cu      Seq. No.: 12      AS Loc.: ---      Date: 08/21/2006
Sample ID: tattaran haara 2
=====

```

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.014	0.014	0.001	11:39:09
2	0.010	0.010	0.001	11:39:17
3	0.009	0.009	0.001	11:39:24
Mean:	0.011	0.011	0.001	
SD :	0.003	0.003	0.000	
%RSD:	24.28	24.28	24.26	

```

=====
Element: Cu      Seq. No.: 13      AS Loc.: ---      Date: 08/21/2006
Sample ID: alhonoja
=====

```

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.007	0.007	0.000	11:40:05
2	0.007	0.007	0.000	11:40:12
3	0.007	0.007	0.000	11:40:20
Mean:	0.007	0.007	0.000	
SD :	0.000	0.000	0.000	
%RSD:	1.86	1.86	1.86	

```

=====
Element: Cu      Seq. No.: 14      AS Loc.: ---      Date: 08/21/2006
Sample ID: kaivo 1 (B)
=====

```

Repl #	SampleConc mg/L	StndConc mg/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.017	0.017	0.001	11:40:53
2	0.017	0.017	0.001	11:41:01
3	0.017	0.017	0.001	11:41:09
Mean:	0.017	0.017	0.001	
SD :	0.000	0.000	0.000	
%RSD:	0.87	0.87	0.87	

```

=====
Element: Cu      Seq. No.: 15      AS Loc.: ---      Date: 08/21/2006
Sample ID: kaivo 2 (C)
=====

```

Repl #	SampleConc ng/L	StdConc ng/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.020	0.020	0.000	11:42:25
2	0.019	0.019	0.000	11:42:32
3	0.020	0.020	0.000	11:42:40
Mean:	0.020	0.020	0.000	
SD :	0.001	0.001	0.000	
%RSD:	3.76	3.76	3.76	

```

=====
Element: Cu      Seq. No.: 16      AS Loc.: ---      Date: 08/21/2006
Sample ID: kaivo 3 (H)
=====

```

Repl #	SampleConc ng/L	StdConc ng/L	BlnkCorr Signal	Time
1	0.003	0.003	0.000	11:43:27
2	0.006	0.006	0.000	11:43:34
3	0.005	0.005	0.000	11:43:42
Mean:	0.005	0.005	0.000	
SD :	0.001	0.001	0.000	
%RSD:	31.91	31.91	31.90	

No.	ABS	ppm
1	0.260	0.0974
2	0.076	0.0284
3	0.180	0.0675
4	0.060	0.0225
5	0.067	0.0252
6	0.065	0.0245
7	0.062	0.0233
8	0.793	0.2968
9	0.665	0.2488
10	0.932	0.3488
11	0.201	0.0750

23/Aug/06 12:37:48

Quantitation 700.0nm -0.103A

Smpl No.	A B S	Conc.(ppm)
4	0.060	0.0225
5	0.067	0.0252
6	0.065	0.0245
7	0.062	0.0233
8	0.793	0.2968
9	0.665	0.2488
10	0.932	0.3488
11	0.201	0.0750
12		

Smpl No. DataFile DataDisp Equation

23/Aug/06 12:38:29

Quantitation 700.0nm -0.103A

Smpl No.	A B S	Conc.(ppm)
4	0.060	0.0225
5	0.067	0.0252
6	0.065	0.0245
7	0.062	0.0233
8	0.793	0.2968
9	0.665	0.2488
10	0.932	0.3488
11	0.201	0.0750
12		

Smpl No. DataFile DataDisp Equation

23/Aug/06 12:38:58

Quantitation 700.0nm -0.103A

Smpl No.	A B S	Conc.(ppm)
4	0.060	0.0225
5	0.067	0.0252