

MUSTJOKI NASTOLAN SALAJÄRVEN KUORMITTAJANA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristöteknologia
Ympäristöbiotekniikka
Opinnäytetyö
31.10.2006
Hanna Korell

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

KORELL, HANNA: Mustjoki Nastolan Salajärven kuormittajana

Ympäristöbiotekniikan opinnäytetyö, 42 sivua, 6 liitesivua

Työn ohjaajat: Silja Kostia, Lahden AMK; Tiina Karu-Hanski, Nastolan kunta

Syksy 2006

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Nastolan Salajärveen laskevan Mustjoen veden ja sedimentin nykytilaa, tehdä yhteenvetoa Mustjokea koskevista aiemmista tutkimustuloksista sekä laskea Salajärveen Mustjoen valuma-alueelta laskevan kuormituksen määrää. Salajärvi kuului Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaan Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen -hankkeen kohteisiin.

Mustjoen veden tilan selvittämiseksi otettiin vesi-, virtaama- ja sedimenttinäytteitä kesällä 2005-talvella 2006. Lisäksi tutkimukseen liitettiin kesällä 2005 tehty Mustjoen valuma-alueen kartoitus sekä kiinteistökartoitus, jossa tutkittiin Mustjoen valuma-alueen kiinteistöjen jätevedenkäsittelyjärjestelmien nykykunto.

Mustjoesta otetuista vesinäytteistä selvisi, että vesi on rehevöitynyttä sekä sisältää runsaasti humusta ja kiintoainetta. Tulokset viittasivat maataloudesta ja haja-asutuksesta syntyvään kuormitukseen. Kuormitusta saattaa lisätä myös Mustjoen päässä sijaitseva turpeenottosuo. Raskasmetallipitoisuudet ja kloorifenolipitoisuudet vedessä olivat pieniä. Sedimentin tila on parantunut raskasmetallien ja kloorifenolin osalta edellisestä näytteenotosta, jotka tehtiin vuonna 2003.

Mustjoki kuormittaa edelleen Salajärveä suurilla ravinne- ja kiintoainepitoisuuksilla. Ravinnepitoisuudet ovat vuosien varrella jopa nousseet, joten Mustjoen valuma-alueen kunnostustoimenpiteisiin tulisi ryhtyä. Peltoviljelmien kuormitukseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota esimerkiksi suojavahyhkeitä rakentamalla. Myös alueen jätevedenkäsittelyjärjestelmät tulisi kunnostaa.

Avainsanat: Mustjoki, Salajärvi, valuma-alue, rehevöityminen

Lahti Polytechnic
Faculty of Technology

KORELL, HANNA: River Mustjoki as the pollutor of Nastola's lake Salajärvi

Bachelor's Thesis of Environmental Engineering, 42 pages, 6 appendix pages

Instructor: Silja Kostia, Lahti Polytechnic, Supervisor: Tiina-Karu Hanski, Nastola municipality

Fall 2006

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the present condition of river Mustjoki's water and sediment, to summarize previous studies on river Mustjoki and to measure the amount of environmental load which flows through the river to Nastola's Lake Salajärvi. Salajärvi is one of the objects of "Reduction of load in lakes of Päijät-Häme"- project, financed by the EU.

To investigate the present condition, water and sediment quality samples and waterflow measurements were done during the period of summer 2005 to winter 2006. In addition, the wastewater systems of river Mustjoki's drainage area were being inspected.

The water samples of river Mustjoki revealed that the water was overfertilized and abundant with solid matter and organic substance. The results implied that the nearby fields and the local populations sewage water were the main causes of overfertilization. Also a peat bog near Mustjoki might add to the load. The contents of heavy metals and chlorinated phenolics were small. The sediments condition showed some improvement compared to samples taken in 2003. The amounts of heavy metals and chlorinated phenolics were small.

Mustjoki is still loading lake Salajärvi with phosphorus, nitrogen and solid substance. These contents have only grown bigger. Repair methods should be done to improve the water quality. For instance, shield zones could be built between the river and fields. Attention should also be paid to the areas waste water managing.

Keywords: River Mustjoki, Lake Salajärvi, drainage area, overfertilization

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 AINEISTO	3
2.1 Aikaisemmat vesi- ja sedimenttinäytteet	3
2.2 Vuosien 2005 ja 2006 aikana tehdyt tutkimukset	3
3 MUSTJOEN VEDENLAATU ERI MUUTTUIJEN OSALTA	6
3.1 Kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori	6
3.2 Typpi	9
3.3 Kemiallinen hapenkulutus	12
3.4 Väriluku	13
3.5 Happamuus ja puskurointikyky	14
3.6 Kiintoaine ja sameus	16
3.7 Sähkönjohtokyky	17
3.8 Kloridit	18
3.9 Metallit	19
3.10 Kloorifenolit	23
4 AINEVIRTAAMAT	25
4.1 Virtaamat	25
4.1.1 Mitattuihin virtaamiin perustuvat ainevirtaamalaskut	26
4.1.2 Koko vuoden ainevirtaama	28
4.1.3 Valuma-alueen kokoon perustuva ainevirtaama	29
4.2 Laskujen vertailua	30
5 SEDIMENTTINÄYTTEET	31
5.1 Kloorifenolipitoisuudet	31
5.2 Raskasmetallipitoisuudet	32
6 KIINTEISTÖKARTOITUS	35
6.1 Hajajätevesiasetuksen sisältö	35
6.2 Havainnot jätevedenkäsittelyjärjestelmistä	35
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	40
LÄHTEET	43
LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Salajärvi sijaitsee Nastolan kunnassa. Sen pinta-ala on noin 8 km². Salajärvellä on laaja valuma-alue, joka kattaa suuren osan Salpausselän pohjoispuolisista järvistä. Salajärveen laskee kolme jokea: Mustjoki pohjoisesta, Luhtaanjoki luoteesta ja Iso-Kukkanen-järvestä purkautuva laskujoki etelästä. Mustjoki ja Luhtaanjoki ovat Salajärveä eniten kuormittavat joet. (Anttila-Huhtinen 1998, 1, 5.) Salajärvi on viime vuosina hiljalleen rehevöitynyt. Järvessä on esiintynyt sinileväkukintoja, verkkojen ja kivien limoittumista ja kalojen läikkätautia. (Anttila-Huhtinen 1998, 1) Salajärven ranta-asukkaat ovat olleet aktiivisesti yhteydessä muun muassa Nastolan kunnan ympäristötoimeen järven kunnosta ja siinä tapahtuvista muutoksista.

Mustjoen valuma-alue on noin 7,5 % Salajärven koko valuma-alueesta. Mustjoki alkaa Heinolan puolelta kahtena haarana (Salinmäensuonoja ja Muskasensuonoja). Yläjuoksultaan joki on ojamainen, mutta Salajärveä lähestyessään uoma levenee ja sen virtaus hidastuu. (Lyytinen 1989, 44.) Mustjoen valuma-alue alkaa pohjoisessa Vierumäen keskustasta ja jatkuu Heinolan Korkeen kylän läpi Nastolan puolelle. Valuma-alueen suuruus on 18,38 km² (Anttila-Huhtinen 1998, 2). Mustjoen vedenlaatu on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu heikoksi. Mustjoen veden tilaa mahdollisesti heikentäviä tekijöitä ovat Versowood Heinola Oy Vierumäellä, Muskasensuo (Vapon turpeenottoalue), Mustjokea Heinolan ja Nastolan puolella reunustavat maatilat sekä haja-asutus.

Versowood Oy:n toimialoihin kuuluu sahateollisuus, liimapuuteollisuus, puupakkausteollisuus sekä maa- ja tienrakentamisen tuotteet. Versowood Heinola Oy:n kiinteistöllä sijaitsee höyläämö, liimapuutehdas, kyllästämöitä ja konekorjaamo. Vesistöön liittyvä velvoitetarkkailuohjelma on aloitettu 14.2.1980. Versowood Oy on Suomen neljänneksi suurin sahatavaran tuottaja ja jalostaja (Woodworking 2006). Saha on perustettu vuonna 1945 (Vierumäki -historia 2006).

Muskasensuon pinta-ala on noin 38 ha. Suo on suurelta osalta kunnostettu Vapon turpeenottoalueeksi. (Raikamo 1980, 53 - 54.) Turvetuotanto lisää tyypillisesti

vesistöjen kiintoaine-, humus- ja ravinnepitoisuuksia ja joissain tapauksissa metallipitoisuuksia (Ulvi ja Lakso 2005).

Mustjoen valuma-alueella on runsaasti peltoja, mutta karjaa on vain muutamalla tilalla. Maanviljely on yksi suurimpia vesistön rehevöitymiseen johtavia tekijöitä Suomessa. Maatalous nopeuttaa eroosiota ja näin ollen kuormittaa vesiä ravinteiden lisäksi huomattavalla kiintoainekuormalla.

Mustjoen valuma-alueella on 71 kiinteistöä, joista 44 on vakituisia asuntoja. Loput ovat kesäasumuksia, autioita tai metsätiloja. (Peltonen 2005.) Haja-asutus on myös huomattava ravinnekuormituksen lähde Suomessa.

Salajärvi otettiin kesällä 2005 Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen – hankkeen kohteeksi. Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen -hanke on Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittama järvien suojelu- ja kunnostushanke. Hankkeessa on mukana yhdeksän Päijät-Hämeen kuntaa: Asikkala, Hartola, Heinola, Hollola, Lahti, Nastola, Orimattila, Padasjoki ja Sysmä. Hankkeen tarkoituksena on pienentää kohteena olevien järvien ulkoista ja sisäistä kuormitusta. Tärkeimpiä ulkoisia kuormittajia ovat maa- ja metsätalous sekä haja-asutus. Haja-asutusalueiden jätevedenkäsittelyn vaatimuksia on kiristetty lainsäädännöllä. (Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen -hanke 2006.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Mustjoesta Salajärveen laskevaa kuormitusta. Mustjoen tilaa selvitettiin vesi- ja sedimenttinäytteenotoilla, jotka tehtiin kesän 2005 ja talven 2006 aikana. Muutamalla näytteenotokerroilla mitattiin myös virtaama vuosittaisten kuormitusten laskemiseksi. Lisäksi Mustjoen valuma-alueen kiinteistöjen jätevedenkäsittelyjärjestelmien kunto kartoitettiin. Uusien vesi- ja sedimenttinäytteiden tuloksia verrattiin vanhoihin tuloksiin, jotta saataisiin käsitys veden ja sedimentin tilan kehittymisestä. Salajärven tilaa selvitettiin järvestä otetuilla vesinäytteillä sekä Salajärveen laskevan Mustjoen kunnan kartoittamisella. Salajärven seurattiin kesän ja talven happitilannetta. Lisäksi hankkeen puitteissa tehtiin koekalastus.

Kuormitusselvityksen valmistuttua Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen -hanke esittelee selvityksen tuloksia Mustjoen valuma-alueen asukkaille sekä suunnittelee alueelle suojavyöhykkeitä

2 AINEISTO

2.1 Aikaisemmat vesi- ja sedimenttinäytteet

Ensimmäiset vesinäytteet Mustjoesta on otettu jo 1970-luvulla (Heinolan kaupunki). Versowood OY (entinen Vierumäen teollisuus) aloitti velvoitetarkkailun vuonna 1980. Versowood OY on tutkinut Mustjokea vuosina 1990 - 2002. Näytteitä on otettu 1 - 2 kertaa vuodessa. Heinolan kaupunki teki vuonna 1989 pistekuormitusprojektin, jossa myös Mustjoki oli kohteena. Vuonna 1997 - 98 tehtiin Salajärven kuormitusselvitys (Anttila-Huhtinen) , jossa Mustjoen ainevirtaamia selvitettiin edellisen kerran. Vuonna 2003 Hämeen ympäristökeskus teki selvityksen Vierumäen teollisuuden ympäristöluvan uusimista varten.

Vierumäen teollisuuden velvoitetarkkailussa vesinäytteistä on määritetty sähkönjohtokyky, raskasmetallit (arseeni, kupari, kromi, sinkki, lyijy), kloridit, kloorifenolit ja pH. Muissa Mustjoesta otetuissa vesinäytteissä on keskitytty enemmän ravinnekuormitusta ja orgaanisen aineen määrää ilmaiseviin parametreihin, kuten typpi-, fosfori- ja kiintoainepitoisuuksiin sekä kemialliseen hapenkulutukseen (COD:hen). Sedimenttinäytteitä Mustjoesta on aiempina vuosina otettu vain vuonna 2003. Tällöin näytteistä määritettiin kloorifenoli- ja raskasmetallipitoisuudet.

2.2 Vuosien 2005 ja 2006 aikana tehdyt tutkimukset

Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen -hankkeeseen liittyvä näytteenotto tapahtui kesällä 2005 (4 kertaa) sekä talvella 2006 (kerran).

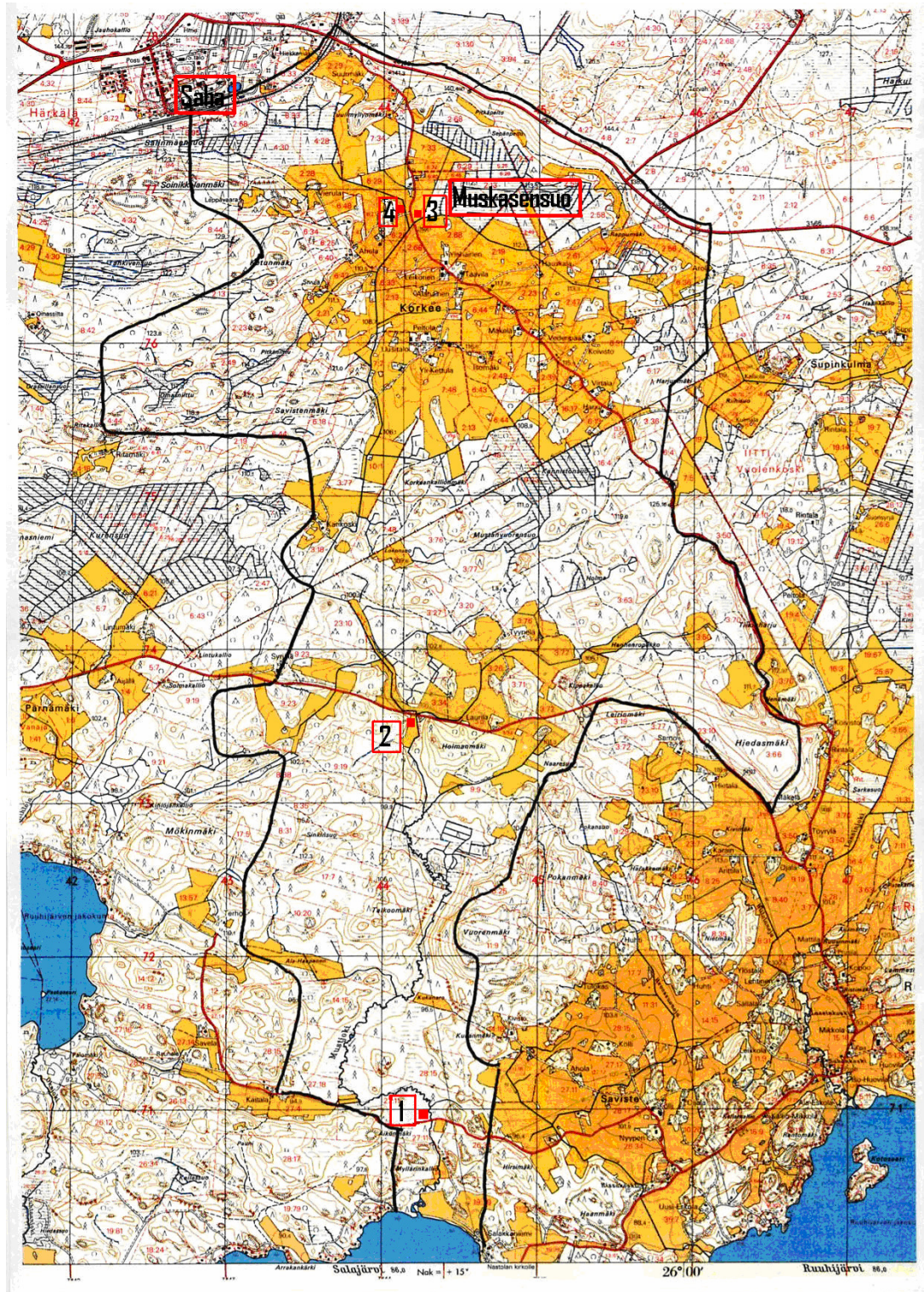
Kesänäytteenotoissa Mustjoesta otettiin vesinäytteet neljästä pisteestä.

Näytteenottopisteet sekä työn kannalta keskeiset teollisuus- ja turpeenottokohteet

on merkitty kuvioon 1. Kahdella näytteenotokerralla mitattiin myös virtaama. Tammikuun näytteenotossa otettiin vesinäytteet sekä virtaama näytteenottopisteistä 1 - 4 sekä sedimenttinäytteet pisteistä 3 - 4. Kesällä näytteenottajana toimi Hanna Korell (Nastolan kunta) ja tammikuun näytteenoton suoritti Sami Rantanen järvihankkeesta.

Vesinäytteenottopisteet pidettiin samoina kuin edellisessä, Hämeen ympäristökeskuksen vuonna 2003 tekemässä tutkimuksessa. Näytteenottopisteet on valittu siten, että niistä saadaan edustava kuva koko joen vesitilanteesta. Alajuoksulta ja keskijuoksulta on valittu yksi näytteenottopiste. Kaksi muuta näytteenottopistettä ovat Mustjoen molemmista alkuhaaroista. Kaikkien 2005 - 2006 otettujen näytteiden tulokset löytyvät yhteenvedona liitteestä 2. Sedimenttinäytteitä otettiin näytteenottopisteistä 3 ja 4, Mustjoen yläjuoksulta.

Vesinäytteiden ottamisessa käytettiin varrellista noudinta (kuvio 2). Näytteet otettiin steriileihin litran muovipulloihin . Virtaama määritettiin Schiltknecht - merkkisellä virtaamamittarilla, joka mittasi virtaaman yksikkönä m/s. Ainevirtaamalaskuja varten tuli myös mitata uoman leveys mittauskohdassa sekä mittauskohdan syvyys.



KUVIO 1. Näytteenottopisteet Mustjoessa (Nastolan kunta)

Näytteet analysoitiin Lahden tiede- ja yrityspuiston tutkimuslaboratoriossa. Vuoden 2005 – 2006 vesinäytteistä määritettiin sähkönjohtokyky, COD, kokonaisfosfori, liukoinen fosfori, kokonaistyppi ja kiintoaine. Lisäksi

tammikuussa näytteistä määritettiin myös arseeni, kromi ja kupari. Sedimenttinäytteistä määritettiin pitoisuudet seuraavista aineista: kloorifenoli, arseeni, kromi ja kupari.

Lisäksi aineistona toimi Heli Peltosen kesällä 2005 tekemä Mustjoen valuma-alueen kiinteistöjen jätevesikartoitus. Kartoitus tehtiin kyselylomakkeilla sekä lomakkeiden tuloksia tarkentavalla kartoituskierroksella. Lomakkeilla selvitettiin kiinteistöjen vedenhankintaa ja jätevedenkäsittelyjärjestelmää.



KUVIO 2. Vesinäytteenotin

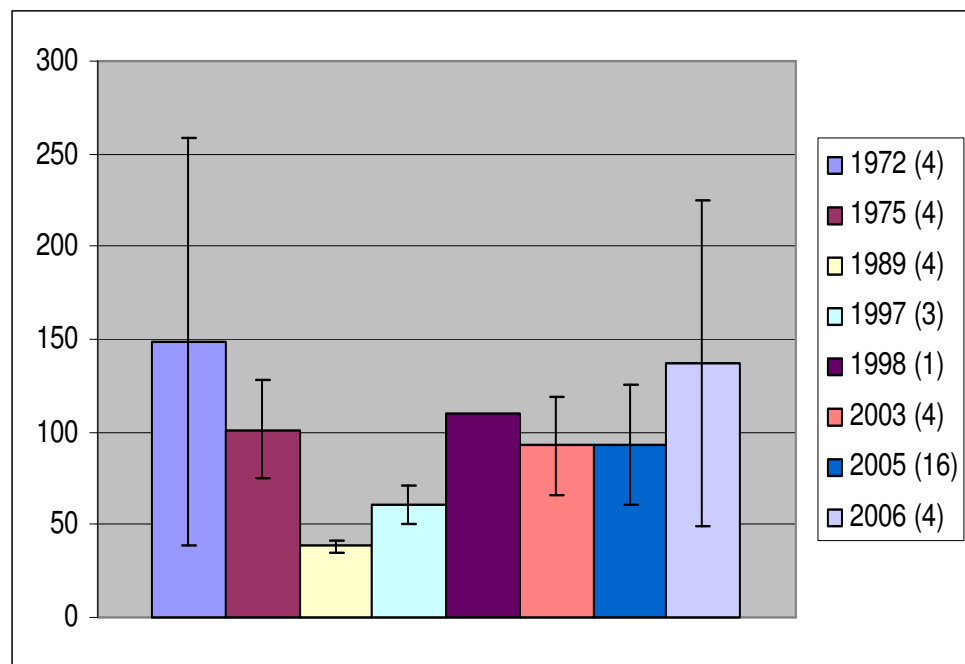
3 MUSTJOEN VEDENLAATU ERI MUUTTUIJEN OSALTA

3.1 Kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori

Mustjoesta vuosina 2005 ja 2006 otetuissa näytteissä kokonaisfosforipitoisuudet olivat 35 - 400 $\mu\text{g/l}$, eli Mustjoen vesi voidaan luokitella reheväksi tai erittäin reheväksi. Laatu luokaltaan vesi on välttävää tai huonoa. (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Korkein pitoisuus (400 $\mu\text{g/l}$) mitattiin tammikuussa 2006

näytteenottopisteestä 4, Mustjoen yläjuoksulta. Myös loppukesästä kyseisen näytteenottopisteen kokonaisfosforipitoisuudet olivat korkeat.

Kuviossa 3 on esitetty kokonaisfosforipitoisuuksien kehitys 1972 - 2006. Taulukossa on esitetty näytteenottojen vuosikeskiarvot, pitoisuuksien keskihajonnat sekä vuosittaiset näytteenotokerrat. Kokonaisfosforipitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan 1970-luvulla. Pitoisuuksissa on havaittavissa hienoista nousua 1980-luvun lopusta nykypäivään.



KUVIO 3. Kokonaisfosforipitoisuudet 1972-2006 (µg/l)

Fosfori esiintyy vedessä liukoisena tai kiintoaineeseen sitoutuneena.

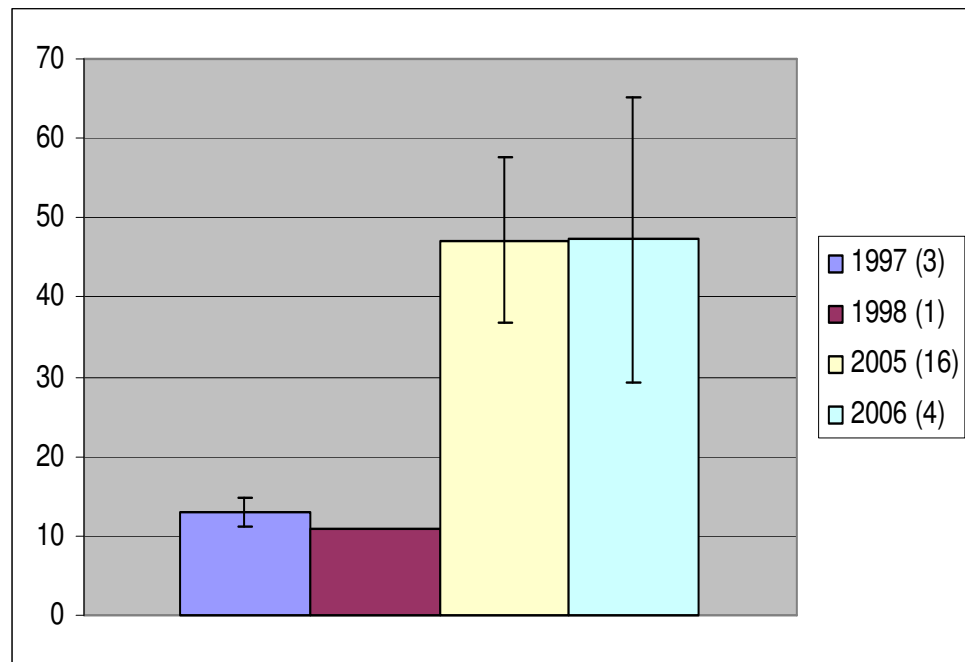
Kokonaisfosforimäärään sisältyy molemmat fosforin olomuodot (Majoinen 2005).

Kokonaisfosforipitoisuus on hyvä rehevyyden mittari (TAULUKKO 1). Fosfori toimii usein vedessä perustuotannon minimitekijänä. Jos vedessä on korkea fosforipitoisuus, leväkukinnot ovat todennäköisiä. (Mitä vesianalyysitulokset kertovat 2006.)

TAULUKKO 1. Vesistön rehevyysluokitus (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988)

Rehevyysluokka	Kok.P µg/l	Kok.N µg/l
Karu	alle 15	alle 400
Lievästi rehevä	15-25	400-600
Rehevä	25-100	600-1500
Erittäin rehevä	yli 100	yli 1500
Laatuluokka		
Erinomainen	alle 12	
Hyvä	12 – 30	
Tyydyttävä	30 - 50	
Välttävä	50 - 100	
Huono	yli 100	

Vuosina 2005 ja 2006 otetuissa näytteissä liukoisen fosforin pitoisuudet olivat 20µg/l ja 110 µg/l välillä. Sekä talvella että kesällä korkeimmat pitoisuudet löytyivät näytteenottopisteestä 4, Mustjoen yläjuoksulta. Hajonta näytteenottopisteiden ja -kertojen välillä oli melko suurta. Liukoisen fosforin pitoisuudet olivat selvästi korkeammalla tasolla kuin vuoden 1997 - 98 tutkimuksessa (10 -17 µg/l). Liukoisen fosforin vuosikeskiarvot, keskihajonnat ja näytteenottokerrat on esitetty kuviossa 4. Näytteenottokertojen lukumäärä on mainittu vuosiluvun jälkeen.



KUVIO 4. Liukoisen fosforin pitoisuudet 1997-2006 (µg/l)

Liukoisen fosforin kuormitusta syntyy yleensä maatalouden valumavesistä tai haja-asutuksen jätevesistä. Kuormituksen määrää voidaan vähentää alentamalla peltojen fosforilannoitusta. Vesistöissä liukoinen fosfori edistää on heti valmis levien ja kasvien käyttöön, joten se lisää rehevöitymistä (Maatalouden vesistökuormitus pienemmäksi 2006.) Suomessa noin 60 % vesistön fosforikuormituksesta aiheutuu maataloudesta (LIITE 1).

Liukoisen fosforin määrä Mustjoessa vaikuttaisi kasvaneen voimakkaammin 1990-luvun loppupuolelta 2000-luvun puolelle kuin kokonaisfosfori. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista oli vuonna 2005 50% ja 2006 35% , kun vuosina 1997 osuus oli 21% ja 1998 vain 10%. Tämä voi johtua kiintoaineesta tai sedimentissä olevan fosforin vapautumisesta liukoiseen muotoon (Majoinen 2005).

3.2 Typpi

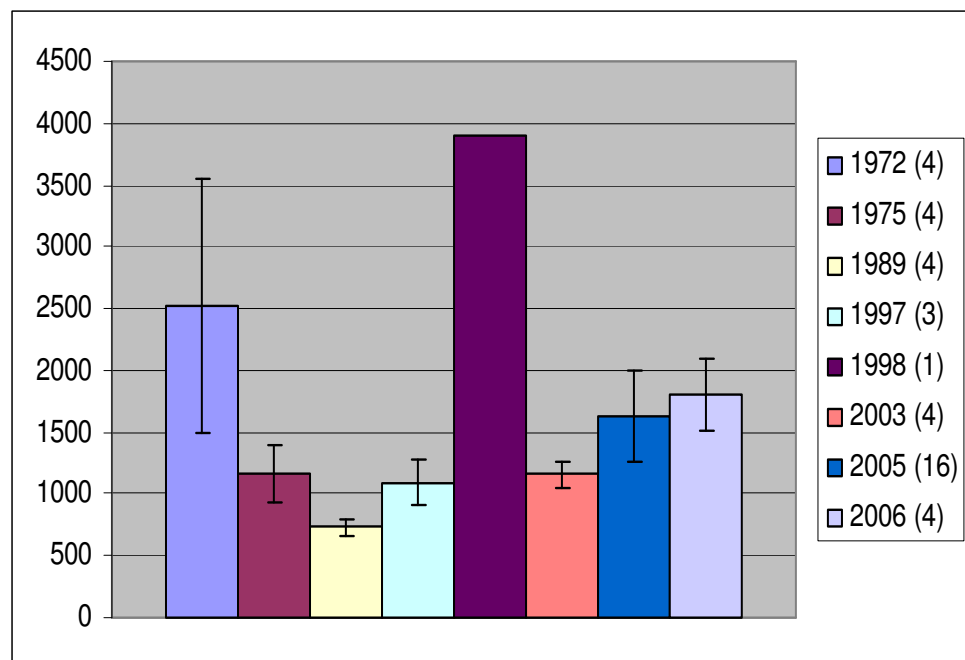
Mustjoesta vuosina 2005 ja 2006 mitatut kokonaistyyppipitoisuudet olivat 520 µg/l ja 3100 µg/l välillä. Kahdestakymmenestä mittauksesta kaikki yhtä

lukuunottamatta ylitti rehevän vesistön pitoisuuden (600 µg/l, TAULUKKO 1) ja lisäksi kymmenellä näytteenotokerralla ylittyi erittäin rehevän vesistön pitoisuus (yli 1500 µg/l, taulukko 1). Typpipitoisuudet ovat siis korkeita. Humuspitoisten vesistöjen typpipitoisuus on luontaisesti hieman korkeampi kuin kirkkaiden vesien (Jutila & Salminen 2006, 16). Talvella 2006 korkein kokonaistyyppipitoisuus on jälleen saatu näytteenotopisteestä 4, kun taas kesällä arvot olivat melko tasaisia eri näytteenotto kohtien välillä.

Kuviossa 5 on esitetty kokonaistypen vuosikeskiarvot vuosilta 1972 - 2006.

Kokonaistyyppipitoisuuden kehitys muistuttaa kokonaisfosforin kehitystä.

Kokonaistyyppipitoisuus on ollut huipussaan 1970-luvulla, laskenut hieman 1980-1990-luvuilla ja on taas nousussa. Vuoden 1998 ainoa mittaus on tehty kevättulvien aikana, joten arvo ei ole vertailukelpoinen.

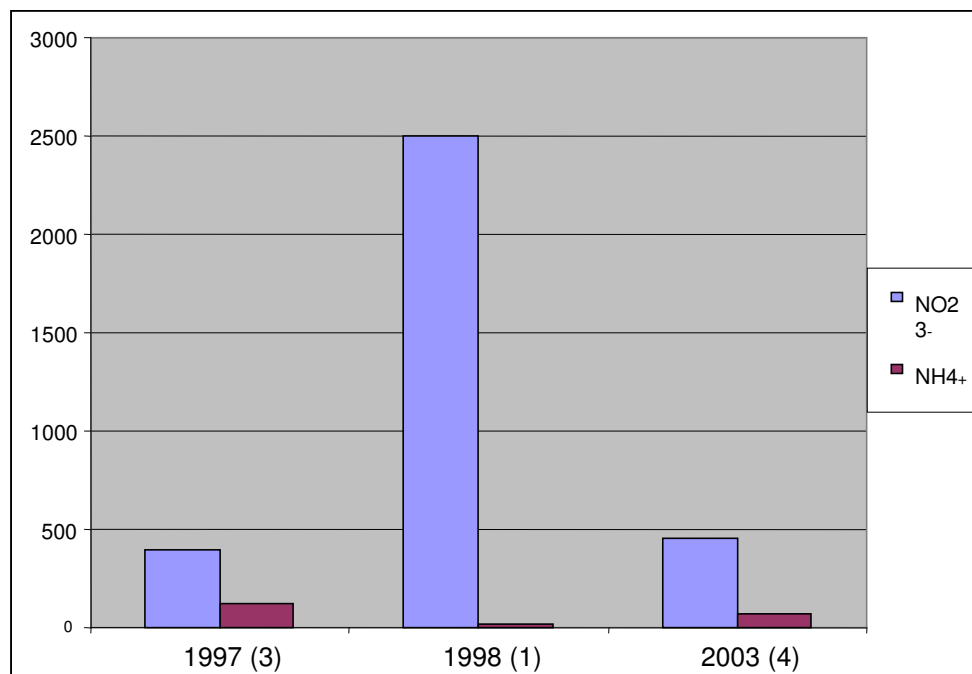


KUVIO 5. Kokonaistypen pitoisuudet (µg/l)

Typpi on järven tuottajien toiseksi tärkein ravinne ja siten myös tärkeä aine rehevöitymisen kannalta. Kokonaistyyppipitoisuus sisältää typen orgaaniset ja

epäorgaaniset (ammonium, NH_4^+ , nitraatti, NO_3^- ja nitriitti, NO_2^-) muodot (Vesianalyysien tulkinta 2006).

Mustjoen nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyyppipitoisuuksia on mitattu vuosina 1997 - 98 sekä 2003. Nitraatti- ja nitriittityyppipitoisuus on ollut erittäin korkea vuonna 1998, mutta kyseinen mittaus on tehty kevään kuormitushuipun aikana. Muina näytteenottovuosina nitraatti- ja nitriittipitoisuudet ovat pysyneet normaaleina. Ammoniumtyyppipitoisuudet ovat matalia. Pitoisuuksien vuosikeskiarvot on esitetty kuviossa 6.



KUVIO 6. Nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyypin pitoisuudet (µg/l)

Nitraatti- ja nitriittityypin pitoisuudet analysoidaan usein yhdessä. Nitriittityypin pitoisuudet vedessä ovat usein hyvin pieniä ja kohoavat vain, jos vesistöön on päässyt jätevettä tai myrkkyä. (Mitä vesianalyysitulokset kertovat 2006.)

Nitraattityyppiä on luonnonvesissä noin 50 - 500 µg/l. Yli 1000 µg/l olevat nitraattityyppipitoisuudet viittaavat yleensä jätevesipäästöihin tai lannoitteiden vaikutukseen (Mitä vesianalyysitulokset kertovat 2006). Ammoniumtyyppiä on luonnonvesissä yleensä noin 50 - 500 µg/l. Yleensä ammoniumtyypin pitoisuus on

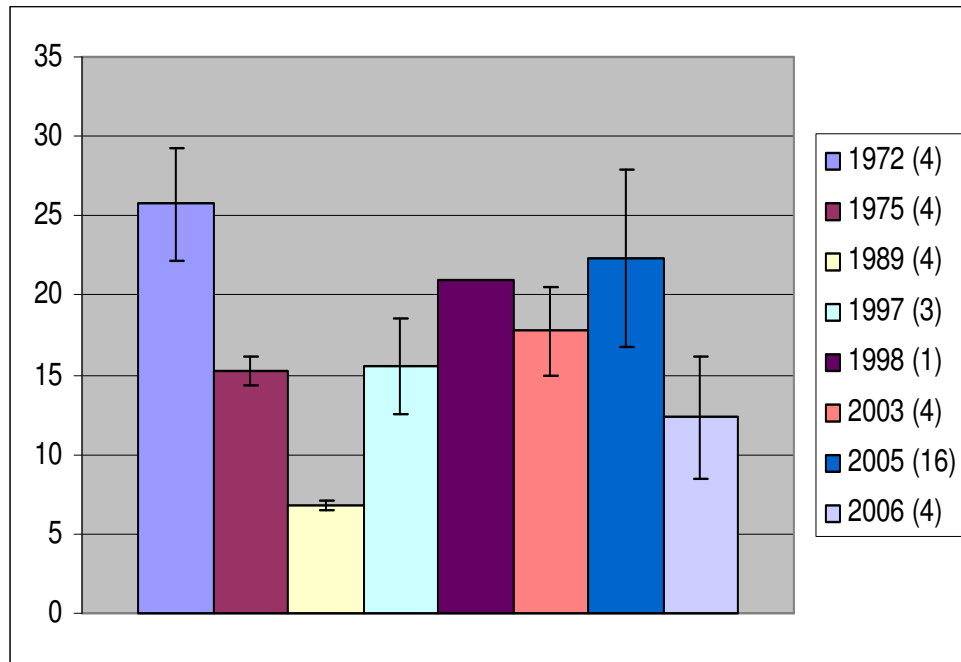
pienempi kuin nitraattitypen. Ammoniumtyyppipitoisuuden noustessa yli 1000 µg/l vesistöön on todennäköisesti päässyt jätevesipäästöjä, lannoitteita tai turvetuotantosoiden valumavesiä. (Mitä vesianalyysitulokset kertovat 2006.)

3.3 Kemiallinen hapenkulutus

Kesällä 2005 kemiallisen hapenkulutuksen (COD:n) pitoisuudet olivat 9mg/l ja 46 mg/l välillä. Korkeimmat pitoisuudet havaittiin elokuussa. Vuoden 2006 pienemmät COD-arvot todennäköisesti selittyvät näytteenottoajankohdalla (tammikuu). Korkeimmillaan COD-pitoisuudet ovat olleet elo-syyskuussa 2005.

COD-arvon ollessa yli 10 mg-O₂/l vesi luokitellaan runsashumuksiseksi eli ruskeavetiseksi. Mustjoesta mitatut COD-pitoisuudet ylittivät kyseisen arvon lähes jokaisena näytteenottovuonna. Normaleissa luonnonvesissä pitoisuuden pitäisi olla alle 20 mg/l (Vesianalyysien tulkinta 2006). Tämä arvo ylittyi kahdeksan kertaa eli puolessa näytteenotoista kesän 2005 aikana. Runsashumuksisuuden puolesta puhuvat myös näytteenottajan aistinvaraiset havainnot. Havainnot veden väristä sekä COD-pitoisuudet 2005 - 2006 on koottu liitteeseen 4. Kuviossa 7 on esitetty keskiarvot Mustjoen COD-tuloksista 1972 - 2006 (Heinolan kaupunki 2006). Vuoden 2005 mittaustulosten perusteella näyttäisi siltä, että myös kemiallisen hapenkulutuksen arvot lievässä nousussa 1990-lukuun verrattuna.

Kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) avulla mitataan orgaanisen aineksen määrää. Kemiallinen hapenkulutus tarkoittaa veden sisältämiä orgaanisia, kemiallisesti hapettuvia aineita. Orgaanisia aineita sisältävät jätevedet nostavat kemiallisen hapenkulutuksen arvoa. (Hapenkulutus 2006.) Hapettimena COD:n määrittämisessä käytetään permanganaatti-iona (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2006).



KUVIO 7. Kemiallinen hapenkulutus (mg/l) 1972-2006

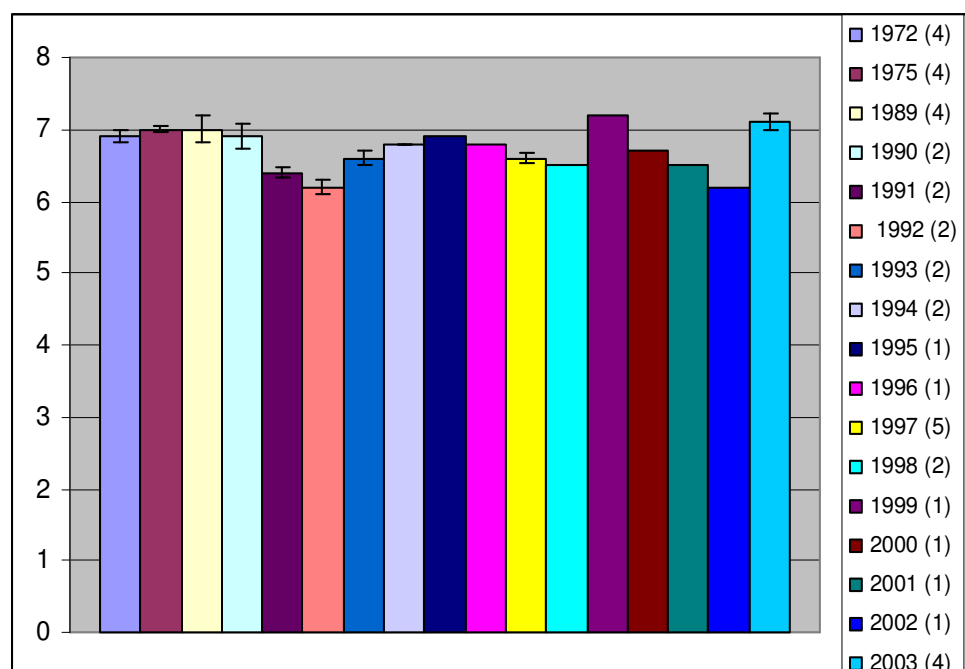
3.4 Väriluku

Veden värilukua on määritetty Mustjoesta vain vuonna 2003, jolloin neljän mittauksen keskiarvo on ollut 115 platina-asteikkoa (mgPt/l). Väriluku vaihteli 100mgPt/l ja 140 mgPt/l välillä. Vesianalyysien tulkintaohjeen mukaan värittömän veden väriluku on 5 - 15 mgPt/l, lievästi humuspitoisen värittömän veden 20 - 40 mgPt/l, humuspitoisen ruskean veden 50 -100 mgPt/l ja erittäin ruskean veden 100 -200 mgPt/l (Vesianalyysien tulkinta 2006). Mustjoen vesi kuului siis luokkaan erittäin ruskea vesi. Mustjoessa on väriluvun mittauksen perusteella ollut runsaasti orgaanista ainetta. Väriluvun mittausten ja COD-arvojen perusteella voidaan Mustjoen veden olevan erittäin runsashumuksista.

Veden väriluku kuvaa veden ruskeutta eli lähinnä humuksen määrää. Väriluku ilmoitetaan platina-asteikkoina (Pt). Veden väriä verrataan platinallevyyn värikiekon avulla. (Heinolan kaupunki 2006; Vesianalyysien tulkinta 2006).

3.5 Happamuus ja puskurointikyky

Mustjoen veden pH-arvojen vuosittaiset keskiarvot vaihtelevat 6,2 ja 7,2 välillä, eli pH on normaali. Veden pH on pysynyt yleensä lievästi happaman puolella, kuten humusvedelle on tyypillistä. Vuosittaiset pH-vaihtelut ovat melko pieniä (KUVIO 8).



KUVIO 8. Mustjoen pH-arvot keskihajontoineen 1972-2003

Luonnontilaisten vesien pH Suomessa on yleensä 6,0 - 7,0 eli lievästi happaman puolella luonnollisen humuskuormituksen takia. Suurin osa vesieliöistä on sopeutunut elämään pH-alueella 6 – 8. (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2006; Mitä vesianalyysitulokset kertovat 2006.)

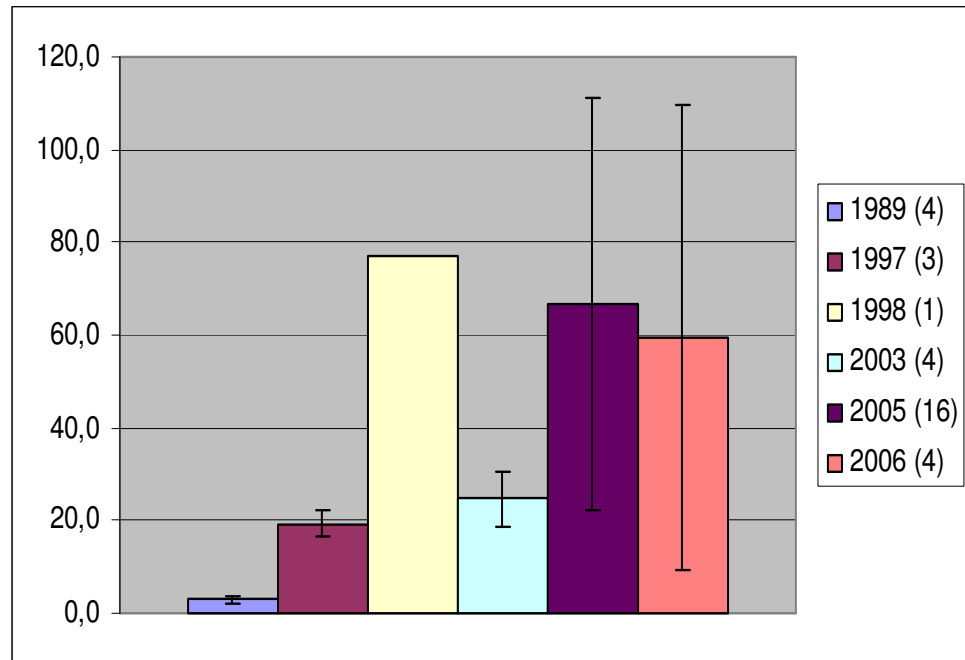
Mustjoen alkaliniteettia on määritetty 1970-luvulla (1972) sekä vuonna 2003. Molempina vuosina alkaliniteettia mitattiin neljästä mittauspisteestä. Arvot olivat molempina vuosina lähes samalla tasolla eli noin 0,6 mmol/l.

Alkaliniteetti kertoo veden kyvystä vastustaa pH:n muutoksia. Mitä alhaisempi alkaliniteetti on, sitä huonompi on vesistön puskuroimiskyky ja sitä herkemmin vesistö happamoituu. Jos alkaliniteetti on yli 0,20 mmol/l, vesistöllä on hyvä puskurikyky. (Mitä vesianalyysitulokset kertovat 2006.) Mustjoen puskurointikyky on erittäin hyvä, eli pelkoa happamoitumisesta ei ole.

3.6 Kiintoaine ja sameus

Kiintoainepitoisuudet vuosina 2005 ja 2006 vaihtelivat runsaasti eri näytteenotokertojen välillä. Elokuussa 2005, jolloin vesi oli erittäin tummaa (LIITE 2), kiintoainepitoisuus on ollut jopa 270 mg/l. Elokuun korkeisiin kiintoainepitoisuuksiin on saattanut vaikuttaa läheisillä pelloilla tapahtunut lannoitus. Tammikuussa otetuista näytteistä Salinmäensuon ojasta (Vierumäen teollisuuden puoleinen haara) mitattu kiintoainepitoisuus oli 210 mg/l. Talvella 2006 mitatut kiintoainepitoisuudet ovat pysyneet lähes samalla tasolla kuin kesällä 2005.

Kuviossa 9 on esitetty kiintoainepitoisuuksien mittaustuloksien vuosikeskiarvot. Kiintoainepitoisuus on vuosien varrella lisääntynyt huomattavasti, vuoden 1998 kuormitushuippua lukuun ottamatta.



KUVIO 9. Kiintoainepitoisuus (mg/l) 1989-2006

Kiintoaine kuvaa vedessä olevan hiukkasmaisen aineen määrää. Jokivesille on tyypillistä sameuden ja kiintoainepitoisuuden vaihtelu. Puhtaan, kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on 1 mg/l. (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2006.) Veden kiintoainepitoisuutta lisäävät rehevöityminen, maanpinnan rikkominen, kasvillisuuden poistaminen ja ojittaminen (Suomen ympäristökeskus 2006 b).

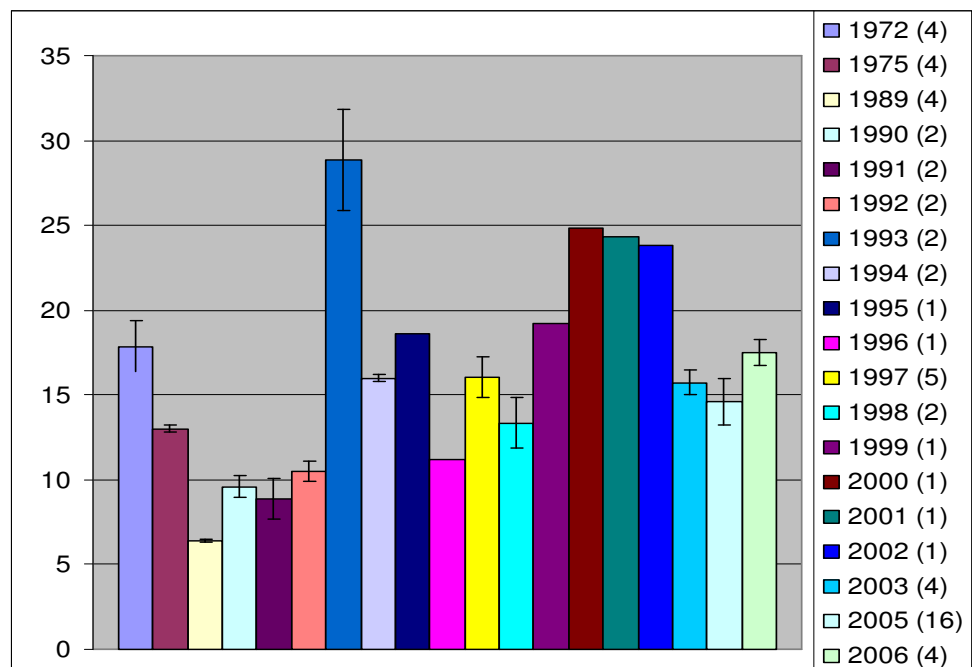
Sameus mittaa veden samennusta, ja sen yksikkönä käytetään FTU:ta (Formazin turbidity unit). Kirkkaan veden sameusarvo on <1, lievästi samean 1-5 ja samean veden 5-10. Jokivedet ovat yleensä paljon järvivesiä sameampia, sillä eroosio on niissä voimakkaampaa (Jutila ja Salminen 2006, 20; Vesianalyysien tulkinta 2006.) Mustjoesta on määritetty sameutta vuonna 2003 neljästä mittauspisteestä. Mittausten keskiarvo oli 14,8 Formazin turbidity unitia (FTU). Arvot olivat 9,8-20 FTU. Vesi oli sameaa kyseisenä vuonna, mutta yhden vuoden perusteella ei voida päätellä sameuden kehittymisestä mitään.

3.7 Sähkönjohtokyky

Vuosina 2005 - 2006 Mustjoen sähkönjohtokyky oli 7,1 - 30,6 mS/m. Korkein arvo mitattiin näytteenottopisteestä 4 syyskuussa 2005. Talvella sähkönjohtokyky oli hieman korkeampi kuin kesällä. Vuonna 2005 - 2006 näytteenotoissa sähkönjohtokyky pysyi alle 20 mS/m eli jokivedelle normaalin rajoissa yhtä näytteenottokertaa lukuun ottamatta.

Sähkönjohtokyky on ollut korkeimmillaan vuonna 1993 (20,3 - 37,4 mS/m). Arvot ovat nousseet 1980-luvun loppupuolelta hieman, mutta eivät ole viime vuosina enää nousseet. Uusimmat tulokset ovat hieman pienempiä kuin 2000-luvun alussa, tosin kyseisinä vuosina on näytteitä otettu vain kerran.

Mustjoen vesinäytteiden sähkönjohtokyvyn vuosittaiset keskiarvot sekä keskihajonnat on esitetty kuviossa 10. Sähkönjohtokyky on pääsääntöisesti pysynyt jokivedelle normaalin arvon (10 - 20 mS/m) rajoissa.



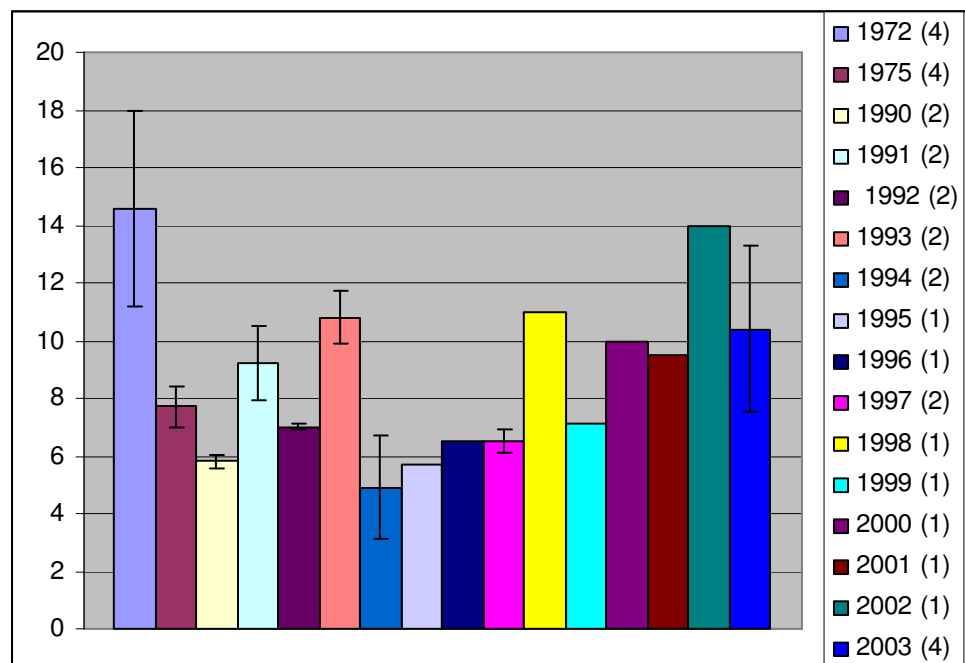
KUVIO 10. Sähkönjohtokyky Mustjoessa 1972-2006 (mS/m).

Sähkönjohtokyky indikoi vedessä olevien ionien (suolojen) määrää. Suomen vesistöissä sähkönjohtavuutta lisäävät mm. kationit natrium, kalium, magnesium ja kalsium sekä kloridit ja sulfidit, jotka ovat anioneja. Rehevissä vesissä sähkönjohtokyky on kohonnut, erityisesti silloin jos vesistöön on päässyt teollisuuden jätevesiä tai lannoitteita. (Tyystjärvi 2005, 3 - 4; Sakomaa 2003.) Suomen jokivesien johtokyky on tyypillisesti 10 - 20 mS/m. Voimakkaasti viljellyillä alueilla sähkönjohtokyky on luokkaa 15 - 20 mS/m. (Mitä vesianalyysiulokset kertovat 2006.)

3.8 Kloridit

Kloridipitoisuuksia on analysoitu Mustjoesta Vierumäen teollisuuden velvoitetarkkailun yhteydessä sekä 1970-luvulla (Heinolan kaupunki) ja vuonna 2003 (Nastolan kunta). Tarkkailujen vuosikeskiarvot ovat kuviossa 11.

Kloridipitoisuus on ollut hienoisessa nousussa.



KUVIO 11. Kloridipitoisuus (mg/l)

3.9 Metallit

Vuonna 2006 Mustjoesta määritettiin arseeni-, kromi- ja kuparipitoisuudet. Arseenipitoisuuden keskiarvo vuonna 2006 oli 24 µg/l. Suurimmat pitoisuudet mitattiin talven 2006 aikana näytteenottopisteestä 4, joen yläjuoksulta, joten raskasmetallit saattavat olla peräisin sahalta. Sahoilla käytetyt kyllästysaineet (mm. CCA-puun suojakemikaali) sisältävät kromia, kuparia ja arseenia. Lisäksi turvesuon kaivamisessa saattaa vapautua arseenia sekä muita raskasmetalleita.

Mustjoen arseenipitoisuudet ovat laskusuunnassa. Korkeimmat pitoisuudet on mitattu vuonna 2000 (270 µg/l), jonka jälkeen pitoisuudet ovat laskeneet. Juomaveden arseenipitoisuuden ylärajana pidetään 10 µg/l, kun taas kaloille myrkyllinen pitoisuus on 50 µg/l (Kansanterveyslaitos 2006; Suomen ympäristökeskus 2006a). Mustjoessa on vuosina 2003 ja 2006 jääty selvästi alle 50 µg/l arseenipitoisuuden.

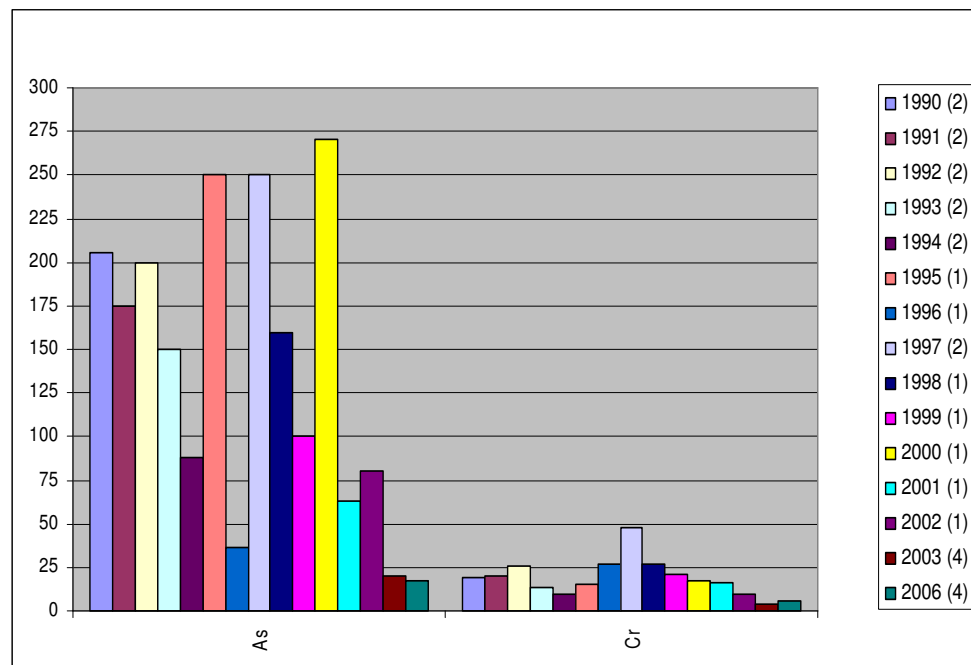
Mustjoen kromipitoisuudet ovat olleet melko pieniä. Vuonna 2006 kromipitoisuuden keskiarvo oli 6 µg/l. Suurin mitattu kromipitoisuus on ollut 75 µg/l vuonna 1997. Kromipitoisuudet ovat arseenipitoisuuksien tapaan laskussa, eikä nykyinen kromin määrä aiheuta vaaraa vesieliöille.

Sekä kromin että arseenin määrät ylittävät yhä reilusti Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely -projektissa (SAMASE) määritetyn taustapitoisuuden jokivedessä (TAULUKKO 2). Arseenin taustapitoisuus on 4 µg/l ja kromin 0,7 µg/l. Nämä taustapitoisuudet ylittyivät vielä vuonna 2005 - 2006. Mustjoen kromi- ja arseenipitoisuuksien kehitys on esitetty kuviossa 12.

TAULUKKO 2. Raskasmetallien taustapitoisuudet joki- ja järvivedessä.

(Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa 1994)

Metalli	Taustapitoisuus joki- ja järvivedessä (µg/l)	Viimeisin mittaustulos Mustjoesta (µg/l)
Kromi	0,7	6 (2006)
Arseeni	4	24 (2006)
Kupari	3	20 (2006)
Sinkki	15	20 (2002)
Lyijy	4	<0,001mg/l (1994)



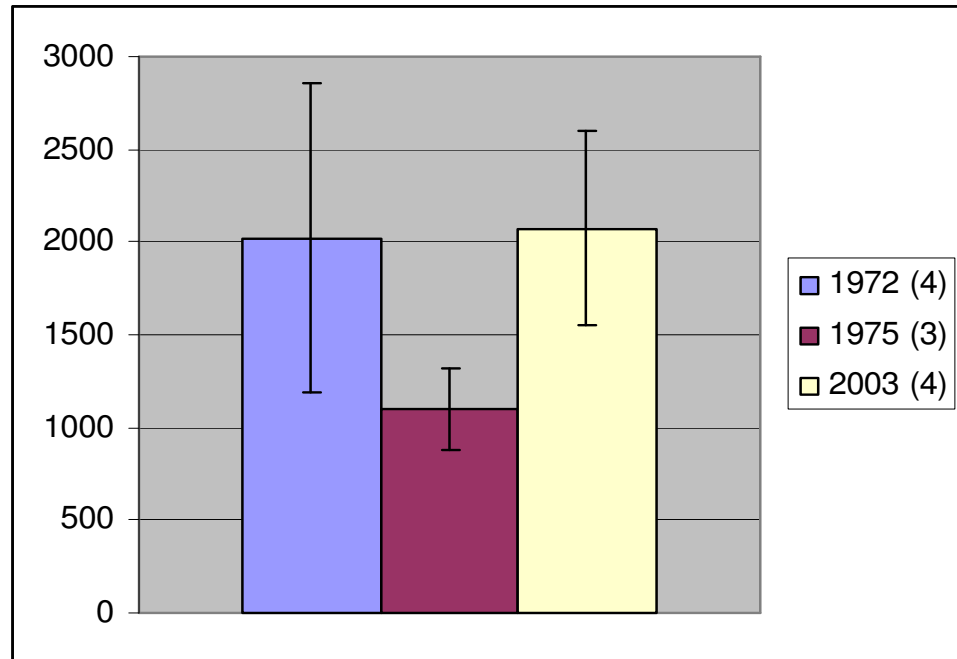
KUVIO 12. Arseenin (As) ja kromin (Cr) pitoisuudet (µg/l) vuosina 1990-2006.

Mustjoesta mitatut kupari-, sinkki- ja lyijypitoisuudet ovat olleet hyvin pieniä, yleensä alle määrittäysrajan (TAULUKKO 3). Pitoisuudet eivät ylitä SAMASE-taustapitoisuuksia (TAULUKKO 2).

TAULUKKO 3. Mustjoesta mitatut kupari-, sinkki- ja lyijypitoisuudet ($\mu\text{g/l}$)

Mittauspvm	Kupari $\mu\text{g/l}$	Sinkki $\mu\text{g/l}$	Lyijy $\mu\text{g/l}$
12.6.1990	<0,1	<0,1	<0,001
15.10.1990	<0,1		<0,001
18.4.1991	<0,1		<0,001
19.9.1991	<0,1		0,0011
25.5.1992	<0,1		<0,001
28.10.1992	0,1		<0,001
21.5.1993	<0,1		<0,001
26.10.1993	<0,1		0,002
25.5.1994	<0,1		<0,001
20.10.1994	<0,1	<0,1	
6.6.1995	<0,05	<0,02	
29.5.1996	<0,05	0,03	
28.5.1997	<0,05	<0,05	
6.11.1997	<0,05	<0,05	
27.5.1998	<0,05	<0,05	
6.10.1999	0,028	0,014	
12.10.2000	<0,02	<0,01	
5.11.2001	<0,02	0,03	
30.10.2002	<0,02	0,02	
4.5.2003 (1)	0,003		
4.5.2003 (2)	0,003		
4.5.2003 (3)	0,003		
4.5.2003 (4)	0,007		
24.1.2006 (1)	<0,02		
24.1.2006 (2)	<0,02		
24.1.2006 (3)	0,02		
24.1.2006 (4)	<0,02		

Rautapitoisuuksia on mitattu 1970-luvulla sekä vuonna 2003. Rautapitoisuus vuonna 1972 on suurin piirtein samalla tasolla kuin vuonna 2003 (kuvio 13). Humusvesien rautapitoisuus on tyypillisesti 400 -1000 $\mu\text{g/l}$ (Tyystjärvi 2005, 5). Viimeksi mitattu rautapitoisuus on yli 2000 $\mu\text{g/l}$ eli arvo on korkea jopa humuspitoiselle vedelle.



KUVIO 13. Mustjoen rautapitoisuudet ($\mu\text{g/l}$)

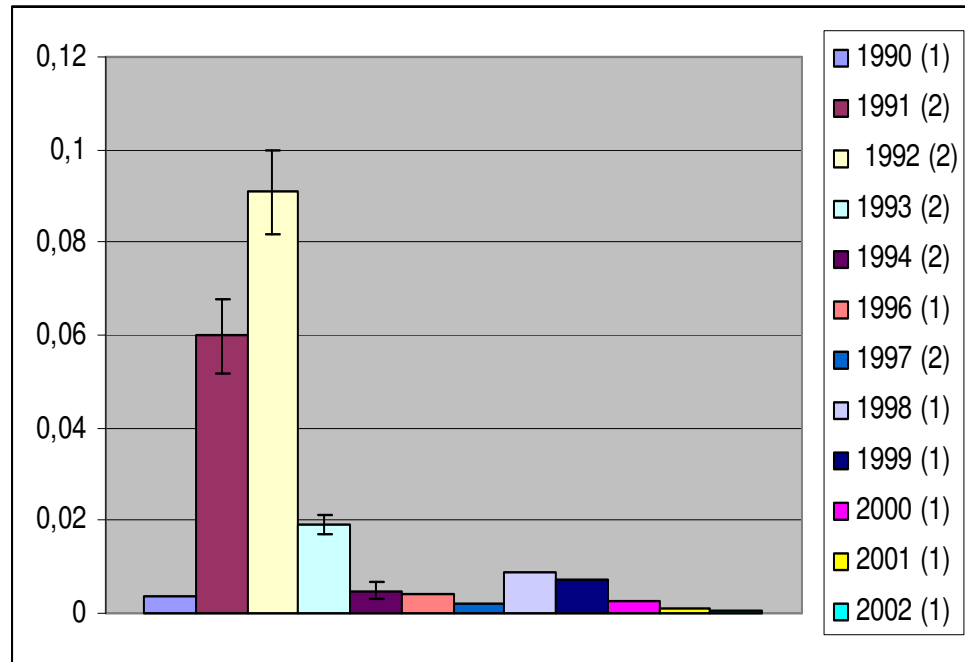
Taulukossa 4 on esitetty metallien turvallisia pitoisuuksia vedessä. Näitä pitoisuuksia suuremmat arvot ovat vahingollisia kaloille ja muille vesieliöille. Arvoja on verrattu viimeisimpiin Mustjoesta mitattuihin metallipitoisuuksiin. Kuparin (2006) ja raudan (2003) pitoisuudet Mustjoessa ylittivät turvallisen pitoisuuden raja-arvon. Vuonna 2006 Mustjoesta mitatut arseeni- ja kromipitoisuudet pysyivät alle haitallisen arvon.

TAULUKKO 4. Metallien turvalliset pitoisuudet vedessä (Suomen ympäristökeskus 2006a)

Metalli	Turvallinen pitoisuus	Arvot Mustjoessa viimeisimmässä mittauksessa
Kromi (III) Cr ³⁺	<0,04mg/l, kun pH alle 6,5 <0,1mg/l, kun pH yli 6,5	0,006mg/l (2006)
Kromi (IV) Cr ⁴⁺	<0,02-0,075mg/l	
Rauta	<0,1mg/l lohikaloille <0,2mg/l särkikaloille	2mg/l (2003)
Kupari	<0,005mg/l	0,02mg/l (2006)
Sinkki	<0,03mg/l lohikaloille <0,3mg/l särkikaloille	0,02mg/l (2002)
Arseeni	<0,05mg/l	0,024mg/l (2006)
Lyijy	<0,001-0,008mg/l lohikaloille <0,07mg/l karppikaloille	Alle määritysrajan <0,001mg/l (1994)

3.10 Kloorifenolit

Mustjoen vedestä mitattujen kloorifenoleiden yhteispitoisuudet on esitetty kuviossa 14. Kloorifenolien pitoisuus vedessä on huomattavasti pienentynyt 1990-luvun pitoisuuksista. Viimeisin vedestä mitattu pitoisuus (2002) on ollut erittäin pieni (0,0004 µg/l). Mustjoen kloorifenolipitoisuudet eivät ole haitallisia ihmisille tai vesieliöille. Vedestä on todettu mittauksissa sekä di-, tri-, tetra- että pentakloorifenoleita. Tetrakloorifenoleita on löytynyt lähes kymmenkertainen määrä muihin kloorifenoleihin verrattuna. Tetrakloorifenolin muihin kloorifenoleihin verrattuna suuremmat pitoisuudet johtunevat siitä, että tetrakloorifenoli on puun sinistymisenestoaineen, KY-5:n pääkomponentti. KY5:ttä käytettiin ennen myös Versowood OY:n sahalla, ennen aineen käyttökieltoa 1980-luvulla.

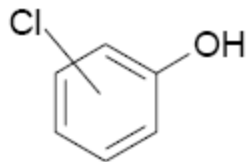


KUVIO 14. Klorifenolipitoisuuden kehitys Mustjoessa (µg/l).

Klorifenolit ovat hiilivetyrenkaita, joissa osan vetyatomeista korvaa klooriatomi (KUVIO 15). Klorifenolit ovat happamia, rasvaliukoisia (muutamit vesiliukoisia) ja pysyviä yhdisteitä. Rasvaliukoisina ne imeytyvät helposti ihon läpi.

Klorifenoleille voi altistua myös ruoan ja hengitysilman kautta. Klorifenolit ovat solumyrkkyjä, jotka häiritsevät solujen energiankäyttöä. Ne aiheuttavat iho-oireita, elintoimintojen kiihtymistä ja niiden epäillään aiheuttavan syöpää.

(Ympäristömyrkyt 2006.)



KUVIO 15. Klorifenolin rakenne (Lyytikäinen 2004, 8)

Suomessa kloorifenoleita käytetään erityisesti sahoilla. Vedessä ne absorboituvat partikkeleihin ja sedimentoituvat. Osa rikastuu eliöihin. Ne hajoavat hitaasti monin mm. bioottisesti sekä kemiallisesti. Bioottinen hajoaminen on kemiallista nopeampaa. (Ympäristömyrkyt 2006.)

Suomessa sahoilla yleisesti vuoteen 1984 asti käytössä ollut KY5-kloorifenolivalmiste sisälsi 2,4,6-trikloorifenolia, 2,3,4,6-tetrakloorifenolia ja pentakloorifenolia. Epäpuhtauksina kloorifenolivalmisteissa on myös klooritettuja dioksiineja ja furaaneja (Tuomisto 2006).

4 AINEVIRTAAMAT

4.1 Virtaamat

Vuosittaiset ainevirtaamat on laskettu kahdella tavalla: mitattuihin virtaamiin perustuen sekä valuma-alueen koon ja teoreettisesti arvioidun valuman (9 l/s/km^2) mukaan. Eri tavoin laskettuja ainevirtaamatuloksia verrattiin keskenään sekä vuoden 1998 tutkimuksessa mitattuihin ainevirtaamiin.

Mustjoen virtaamaa mitattiin tutkimuksen aikana kolme kertaa: heinäkuussa ja elokuussa 2005 sekä tammikuussa 2006. Kaikilla mittauskerroilla laskettiin ainevirtaamat COD:stä, kiintoaineesta, liukoisesta fosforista ja kokonaisfosforista sekä kokonaistypestä. Neljän mittauspaikan ainevirtaamien tuloksista laskettiin keskiarvot.

Mittauksissa, jotka tehtiin 12.7. ja 5.8., käytettiin Shiltknecht-merkkistä siivikkoa, joka ilmoitti virtaaman metreinä sekunnissa. Ainevirtaaman laskemiseen tarvittiin lisäksi mittaussyvyys ja uoman leveys. Tammikuun mittauksessa virtaaman yksikkönä oli l/s, jolloin leveys- ja syvyystietoja ei tarvittu.

Ainevirtaamat eivät olleet kovin suuria, sillä Mustjoki virtasi hyvin heikosti mittausaikoina. Etenkin elokuussa suoritettussa mittauksessa uoma oli paikoitellen lähes kuiva. Vettä oli kahdessa mittauspaikassa vain noin 10 cm, ja virtaus oli

olematonta. Sadejaksojen jälkeen tai keväällä ainevirtaamat olisivat varmasti olleet suurempia, mutta virtaamamittari oli lainassa vain heinä-elokuussa, joten useampia virtaamamittauksia ei voitu suorittaa.

4.1.1 Mitattuihin virtaamiin perustuvat ainevirtaamalaskut

Kesän 2005 mittausten ainevirtaamat laskettiin kaavalla: $Q * C * V * t$, jossa

Q = virtaama (m/s) (mittausten keskiarvo)

C = aineen mitattu pitoisuus

V = uoman syvyys * leveys

t = sekuntia/vuorokausi

Tulokset muutettiin yksikköön kg/vrk. Eri mittaussyvyyksien tuloksista laskettiin keskiarvot. Lopuksi laskettiin keskiarvo jokaisen neljän mittaustaikinan tuloksista. Laskuissa tarvittavat mittaustulokset on esitetty liitteessä 3 (yhteenveto 2005-2006 vesinäytteiden tuloksista) sekä liitteessä 4 (kesän 2005 virtaamamittausten tulokset sekä mittauskohdan syvyys ja uoman leveys). Ainevirtaamalaskuesimerkki, joka perustuu 12.7.2005 tehtyihin mittauksiin, on esitetty liitteessä 5.

Talven 2006 virtaamatulokset on ilmoitettu suoraan litroina/sekunti. Ainevirtaamat laskettiin siis kaavalla $Q * C * t$, jossa

Q = virtaama (l/s)

C = pitoisuus

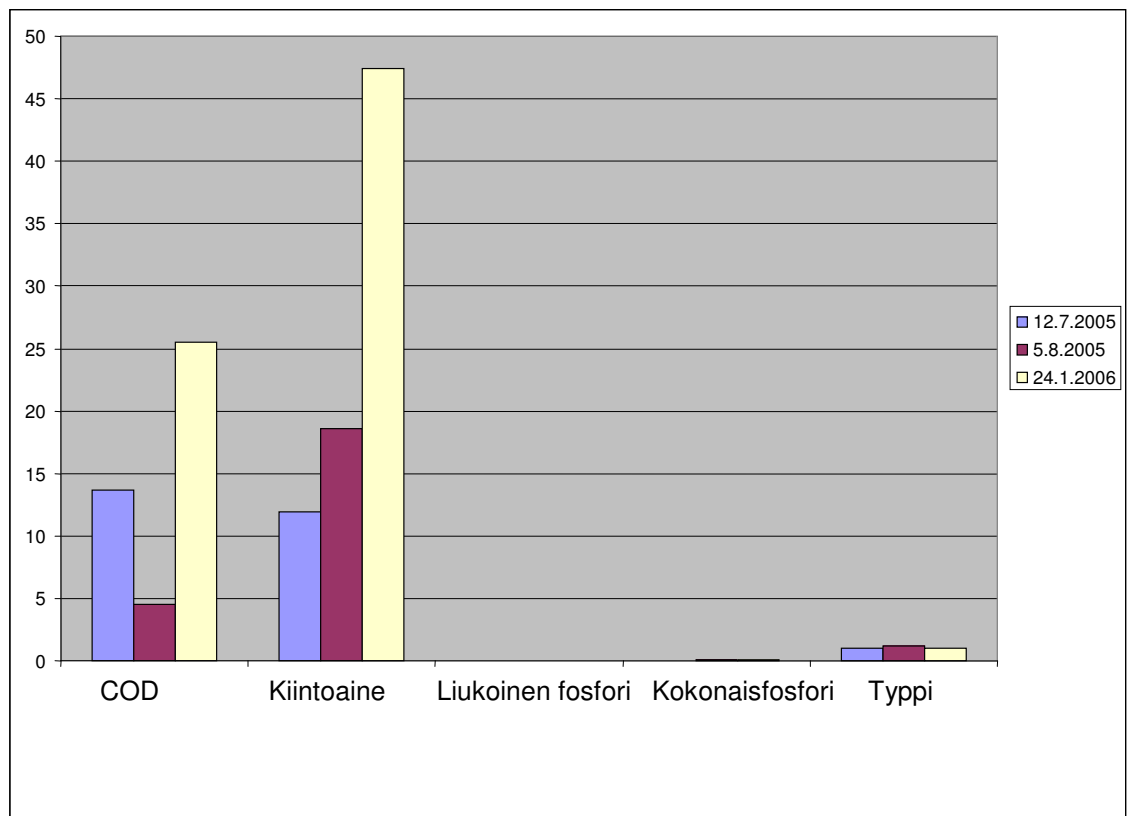
t = sekunteja/vuorokausi

Tammikuun 2006 virtaamamittausten tulokset on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 5. Tammikuun virtaamamittausten tulokset

Mittauspiste	Pvm	Virtaama (l/s)
1	24.1.2006	2,4
2	24.1.2006	4
3	24.1.2006	9,6
4	24.1.2006	10,4

Kuviossa 16 on esitetty keskiarvot ainevirtaamista jokaiselta mittauskerralta kemiallisen hapenkulutuksen, kiintoaineen, kokonaisfosforin, liukoisin fosforin ja typen osalta. Ainevirtaamat on laskettu kilogrammoina vuorokautta kohden.



KUVIO 16. Ainevirtaamat (kg/vrk)

4.1.2 Koko vuoden ainevirtaama

Mitattujen virtaamien perusteella pystyttiin laskemaan ainevirtaamat päivää kohti. Koska Mustjoen ainevirtaamia ei mitattu keväällä tai syksyllä, koko vuoden kuormitustulokset tuli arvioida. Jutilan ja Salmisen (2006) mukaan kevään ja syksyn ylivirtaamakuukaudet olivat maaliskuu-, huhti-, syys-, loka- ja marraskuu. Loput kuukaudet ovat kesä- ja talvikuukausia, joiden ainevirtaaman prosenttiosuus koko vuoden ainevirtaamasta on 19 %. Näistä kesäkuukausissa on 123 ja talvikuukausissa 90 vuorokautta.

Ainevirtaamatulokset laskettiin kaavalla:

$$L = ((CQ_k * D_k) + (CQ_t * D_t)) / 0,19$$

jossa

L = Mustjoen ainevirtaama vuodessa

CQ_k = ainevirtaaman keskiarvo kesällä (mitattu)

CQ_t = ainevirtaaman keskiarvo talvella (mitattu)

D_k = kesän päivien lukumäärä (123)

D_t = talven päivien lukumäärä (90)

0,19 = kerroin, joka lisää tulokseen kevään ja syksyn kuormituksen

Esimerkkilaskuna on esitetty kiintoaineen vuotuisen ainevirtaaman laskeminen:

Ensiksi lasketaan kiintoaineen virtaaman keskiarvo kesältä ja talvelta.

Keskiarvoja varten tarvittavat mittaustulokset on esitetty liitteessä 3. Kesän keskiarvoksi tulee $(11,8 \text{ kg/vrk} + 18,7 \text{ kg/vrk}) = 15,3 \text{ kg/vrk}$

Talven keskiarvoksi tulee $47,4 \text{ kg/vrk}$

Lasketaan ylläolevan kaavan mukaan kiintoaineen ainevirtaama vuodessa:

$$\text{Ainevirtaama vuodessa} = L = (15,3 \text{ kg/vrk} * 123) + (47,4 \text{ kg/vrk} * 90) / 0,19 = 32\,357 \text{ kg/vuosi}$$

4.1.3 Valuma-alueen kokoon perustuva ainevirtaama

Vertailun vuoksi Mustjoen ainevirtaamat laskettiin myös teoreettisella, valuma-alueen kokoon perustuvalla kaavalla. Mustjoen valuma-alueen koko on 18,38 km² (Anttila-Huhtinen 1998). Joen valuman oletetaan olevan 9 l/s/km² (Jutila ja Salminen 2006, 37). Ainevirtaama laskettiin seuraavasti:

$$L = CQ * (A * Q * t_a)$$

L = Mustjoen ainevirtaama vuodessa

CQ = aineen pitoisuuden keskiarvo (mitattu)

A = valuma-alueen pinta-ala, 18,38km²

Q = Valuma, 9l/s/km²

d_a = sekuntia/vuosi (365d * 24h * 60min * 60s)

Esimerkkilaskuna on esitetty kiintoaineen ainevirtaaman laskeminen teoreettisella kaavalla ylläolevan kaavan mukaan:

CQ (kiintoaine) = 63,05 mg/l = 0,00006305 kg/l

L = 0,00006305 kg/l * [(18,38km² * 9l/s/km² * (365 * 24 * 60 * 60 s / vuosi)] =
328 911 kg/vuosi

Pitoisuuksien keskiarvot sekä laskujen tulokset molemmilla laskutavoilla on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Laskujen tulokset ja pitoisuuksien keskiarvot

	Mitattujen pitoisuuksien keskiarvot	4.1.1 Mitattujen virtaamien perusteella lasketut ainevirtaamat (kg/a)	4.1.5 Valuma-alueen koon perusteella laskettu ainevirtaama (kg/a)	1998 lasketut ainevirtaamat
Kokonaisfosfori	114,95 µg/l	85	600	657
Liukoinen fosfori	47,2 µg/l	34	250	
Kokonaistyppi	1715,95 µg/l	1200	8950	13830
COD	17,3 mg/l	17970	90 250	
Kiintoaine	63,05 mg/l	32400	328 900	

2 4.2 Laskujen vertailua

Valuma-alueen kokoon ja arvioituun valumaan perustuvalla laskutavalla saatiin noin 5 -10-kertaisia arvoja todellisiin virtaamamittauksiin perustuviin ainevirtaamiin verrattuna. Todennäköisesti Mustjoen valuma on pienempi kuin laskussa oletettu 9 l/s/km², joten voidaan olettaa todellisiin virtaamamittauksiin perustuvan laskutavan antavan tässä tapauksessa lähempänä oikeaa olevan tuloksen.

Edellisen kerran Mustjoen ainevirtaamia on laskettu Salajärven kuormitustutkimuksen (Anttila-Huhtinen 1998) yhteydessä. Tällöin ainevirtaamat laskettiin vain fosforin ja typen suhteen. Fosforikuormitus oli tutkimuksen mukaan 657 kg/vuosi ja typpikuormitus 13830 kg/vuosi. Ainevirtaamat ovat siis olleet edellisessä tutkimuksessa suurempia. Laskutapojen erilaisuuksista johtuen tuloksia ei voida kuitenkaan suoraan verrata toisiinsa. Vuonna 1997 - 98 virtaamaa mitattiin viisi kertaa toukokuun 1997 ja huhtikuun 1998 välisenä aikana. Huhtikuussa ainevirtaamat ovat olleet moninkertaisia kesällä tehtyihin mittauksiin verrattuna. Uudessa tutkimuksessa tällaista kuormitushuippua ei sattunut mittausajanjaksolle.

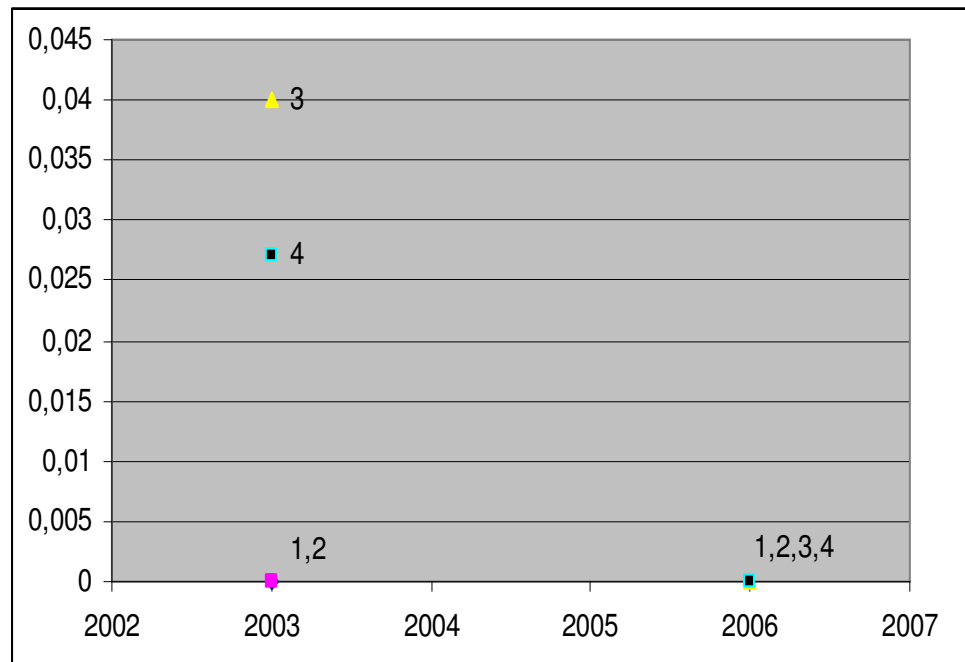
Koska virtaamamittauksia tehtiin tutkimuksen aikana vain kolme, otos jäi erittäin pieneksi ja ainevirtaamalaskujen tulokset ovat karkeita arvioita todellisesta ainevirtaamasta. Lähemmäksi todellisuutta päästäisiin, jos mittauksia suoritettaisiin jokaisena vuodenaikana ja erilaisten olosuhteiden vallitessa.

5 SEDIMENTTINÄYTTEET

5.1 Kloorifenolipitoisuudet

Kloorifenoleiden käytön vähentäminen sahoilla näkyy sekä vesi- että sedimenttinäytteissä. Vuonna 2006 otetuista sedimenttinäytteistä ei löytynyt enää ollenkaan kloorifenoleita. Kloorifenoleiden pitoisuudet jäivät myös vuonna 2003 reilusti alle saastuneiden maiden kunnostus ja selvitys-projektin (ns. SAMASE-projekti) vuonna 1994 määrittelemien raja- ja ohjearvojen (TAULUKKO 6). SAMASE-ohjearvo ilmaisee suurimman pitoisuuden, joka on ympäristölle ja ihmiselle vaaraton. Raja-arvo puolestaan ilmaisee pitoisuuden, jonka ylittäminen vaatii alueen kunnostamista. Jos pitoisuus sijoittuu raja- ja ohjearvon väliselle alueelle, alueen maankäyttöä on vältettävä mutta kunnostus ei ole välttämätöntä. (Kärki 2005, 9.)

Vuoden 2003 mittauksissa sedimenteistä löytyi kloorifenolia Muskasensuon ojasta (3) ja Salinmäensuon ojasta (4). Terhontien (1) ja Pärnämäentien (2) mittauspisteistä ei löytynyt kloorifenoleita. Kloorifenoleiden yhteispitoisuudet mittauspisteissä ovat (3) 0,040 mg/kg ka ja (4) 0,027 mg/kg ka. Kloorifenoleita löytyi siis vain sahan lähistöltä, ei enää joen keski- tai alajuoksulta. Mustjoesta mitatut kloorifenolipitoisuudet 0,027 - 0,04 mg/kg olivat tyypillisiä verrattuina muiden sahojen tai paperitehtaiden lähistöllä mitattuihin sedimenttien kloorifenolipitoisuuksiin, jotka vaihtelevat välillä 0,0001 - 2,3 mg/kg (Lyytikäinen 2004, 20). Vuonna 2003 näytteenottopisteestä (3) löytyi pitoisuuksia seuraavista kloorifenoleista: 3,4-dikloorifenoli, 2,3,5- ja 3,4,5-trikloorifenoli, 2,3,4,6-tetrakloorifenoli sekä pentakloorifenoli. Pisteestä (4) löytyi seuraavia kloorifenoleita: 2,3-dikloorifenoli, 2,4,5-trikloorifenoli, 3,4,5-trikloorifenoli, 2,3,4,6-tetrakloorifenoli ja pentakloorifenoli. Kloorifenolipitoisuudet sedimentissä löytyvät kuvioista 17. Kuvioon on merkitty kloorifenoleiden yhteispitoisuudet eri näytteenottoaikoissa.



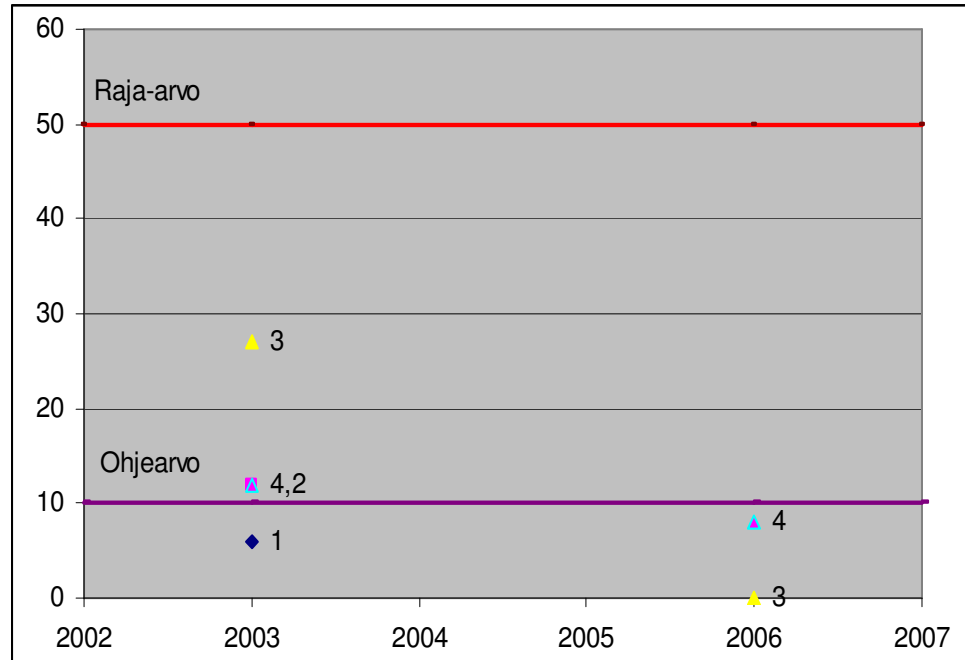
KUVIO 17. Kloorifenoleiden yhteispitoisuudet sedimentissä mg/kg/ka

5.2 Raskasmetallipitoisuudet

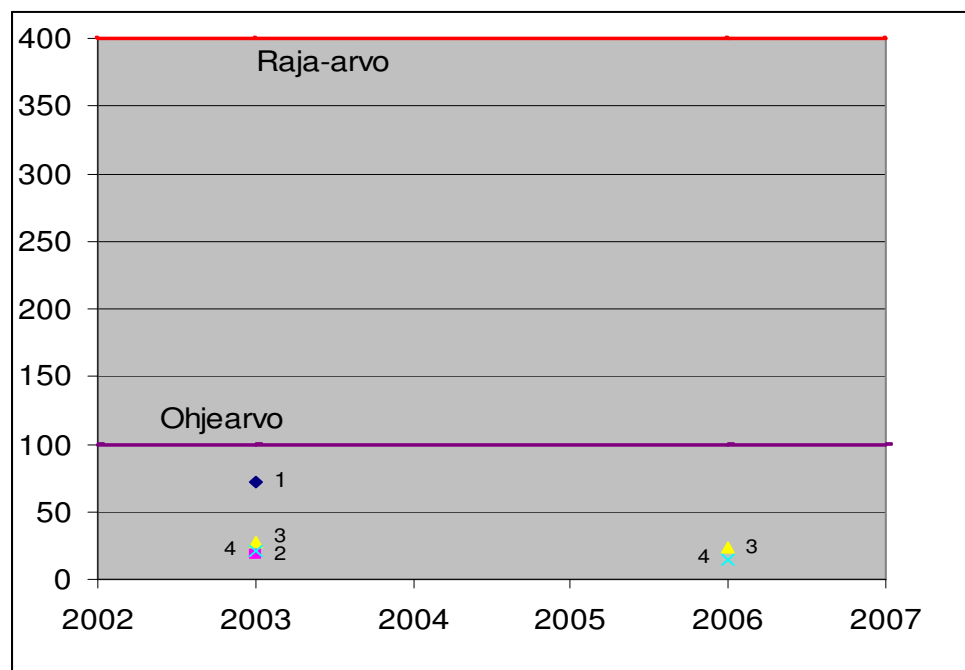
Mustjoen sedimenteistä mitatut arseenipitoisuudet olivat 6 - 27 mg/kg, kromipitoisuudet 18 - 72 mg/kg ja kuparipitoisuudet 8 - 26 mg/kg.

Mustjoen sedimentistä mitatut arseenipitoisuudet asettuivat vuonna 2003 ohjearvon ja raja-arvon välimaastoon, jolloin sedimenttiä liikuttavaa toimintaa olisi tullut välttää. Vuonna 2006 arvot jäivät kuitenkin jo hieman ohjearvon alapuolelle. Kromin ja kuparin pitoisuudet olivat taustapitoisuuden luokkaa sekä 2003 että 2006. Arseenin määrä sedimentissä väheni selvästi vuodesta 2003. Kromin ja kuparin pitoisuudet pysyivät ennallaan. Minkään raskasmetallin pitoisuus ei vuonna 2006 enää ylittänyt taulukossa 7 esiteltyjä SAMASE-PROJEKTIN ohje- tai raja-arvoja. Näytteitä otettiin tosin vain kahdesta pisteestä. Hieman laajemmalla näytteenotolla olisi voinut saada paremman kuvan koko joen sedimentin tilasta. Esimerkiksi vuonna 2003 kuparia ja kromia löytyi eniten näytteenottopisteestä 1, jota ei tässä tutkimuksessa testattu ollenkaan. Otettujen näytteiden valossa joen ruoppaukselle ei kuitenkaan ole mitään esteitä, sillä haitta-ainepitoisuudet ovat

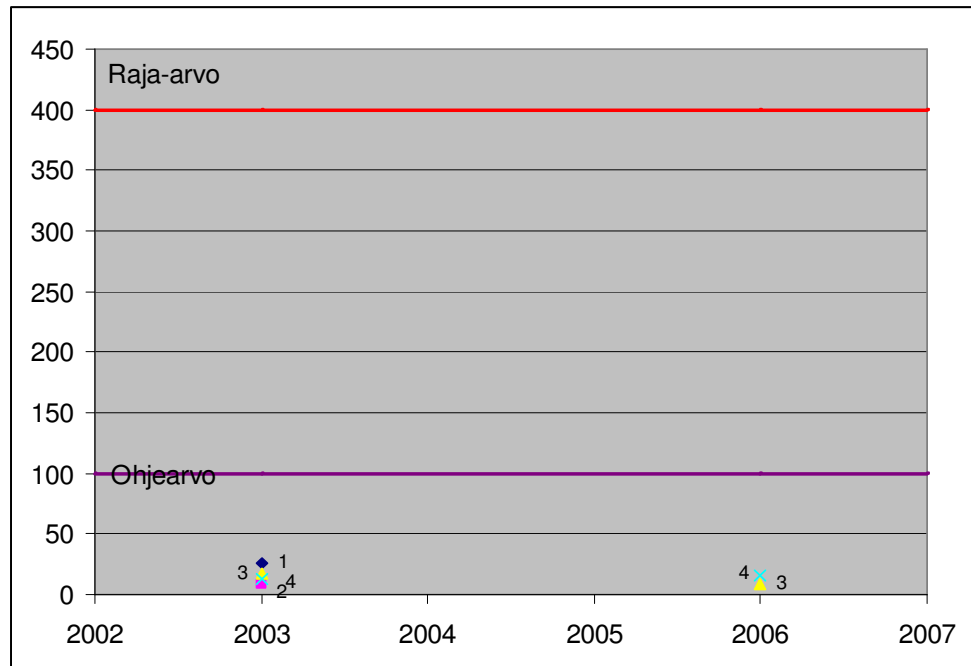
pieniä. Raskasmetallipitoisuudet sedimentissä on esitetty kuvioissa 18-20 näytteenottoaikojen mukaan.



KUVIO 18. Arseenin pitoisuudet sedimentissä mg/kg/ka



KUVIO 19. Kromin pitoisuudet sedimentissä mg/kg/ka



KUVIO 20. Kuparin pitoisuudet sedimentissä mg/kg/ka

TAULUKKO 7. SAMASE-tausta-, ohje- ja raja-arvot (Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa 1994)

	Taustapitoisuus maaperässä mg/kg	Ohjearvo mg/kg	Raja-arvo mg/kg
Cr	80	100	400
Cu	25	100	400
Pb	17	60	300
Zn	70	150	700
As	5	10	50
Kloorifenolit yhteensä	0,1		10

6 KIINTEISTÖKARTOITUS

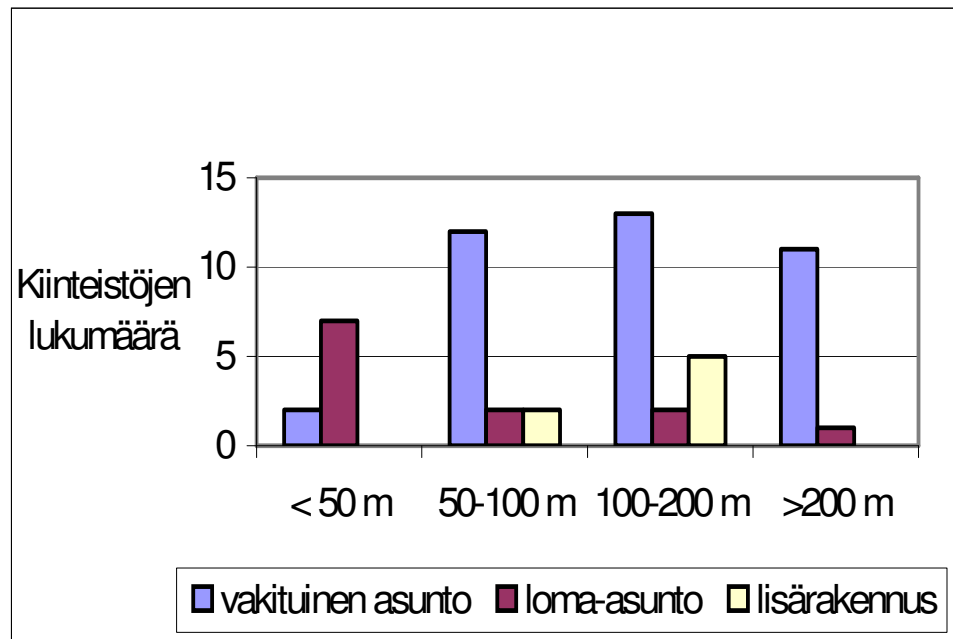
6.1 Hajajätevesiasetuksen sisältö

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (542/2003) tuli voimaan 1.1.2004. Asetuksen tarkoituksena on vähentää talousjätevesien päästöjä ja niiden ympäristövaikutuksia. Jätevedestä tulee uuden asetuksen mukaan poistua vähintään 90 % orgaanisesta aineesta, 85 % kokonaisfosforista ja 40 % kokonaistypestä. Kaikkien jätevesijärjestelmien tulee täyttää asetuksen vaatimukset viimeistään vuonna 2014. Asetuksen mukaan yhden asukkaan vuorokaudessa synnyttämien käsittelemättömien jätevesien biologinen hapenkulutus (BOD) on 50 g, fosforikuormitus 2,2 g ja typpikuormitus 14 g. Puhdistusprosentit lasketaan edellä mainituista arvoista. Jätevesien johtamisen vaihtoehdot uuden asetuksen mukaan on esitetty liitteessä 6.

6.2 Havainnot jätevedenkäsittelyjärjestelmistä

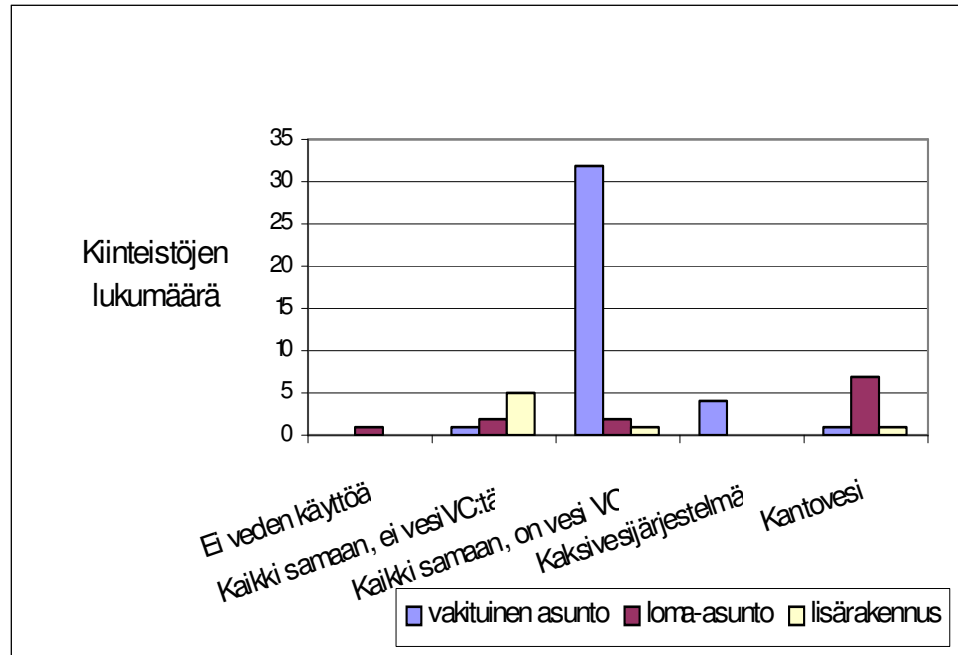
Mustjoen valuma-alue alkaa pohjoisessa Vierumäen keskustan tuntumasta ja kulkee Korkean kylän läpi etelään Nastolan kunnan puolelle. Valuma-alue on peltovaltaista, mutta karjaa on enää vain muutamalla tilalla. (Peltonen 2005.)

Valuma-alueen 71 kiinteistölle lähetetyistä kyselylomakkeista noin puolet palautettiin. Loput tiedot hankittiin kartoituskierroksella. Kiinteistöistä 44 oli vakituisia asuntoja, 12 loma-asuntoja, 7 loma-asuntojen lisärakennuksia joissa oli erillinen vesipiste ja loput 8 autioita tiloja tai metsätiloja. Kiinteistöt sijaitsevat melko kaukana vesistöistä, mikä pienentää vesistöön joutuvan kuormituksen määrää (KUVIO 21). (Peltonen 2005.)



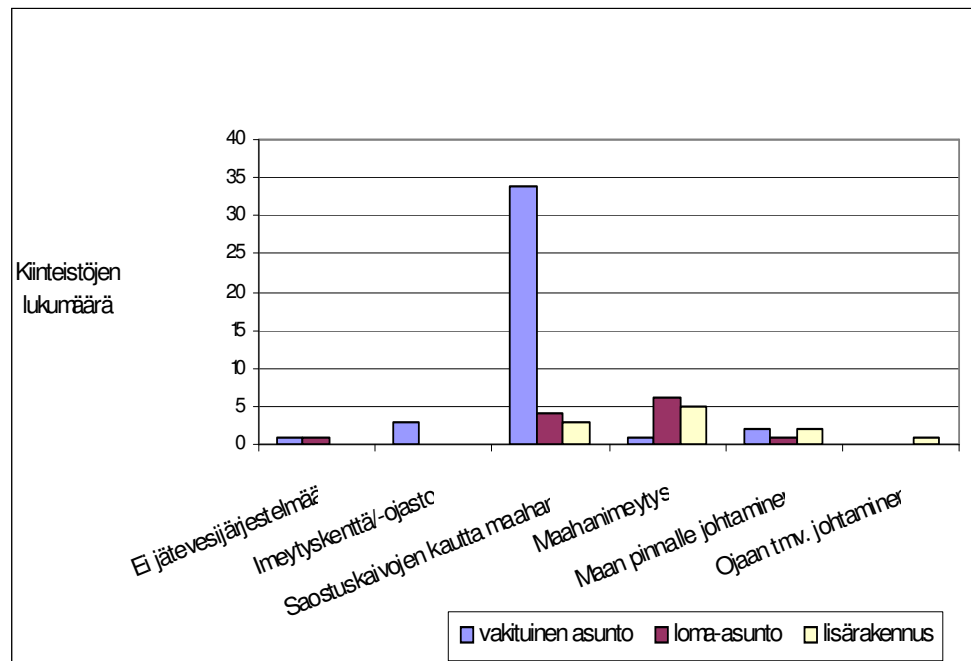
KUVIO 21. Mustjoen valuma-alueen kiinteistöjen etäisyys vesistöstä (Peltonen 2005)

Valuma-alueen kiinteistöistä 93 % ottaa käyttöveden omasta kaivosta. Lopuissa on käytössä kantovesi. Kiinteistöistä 84 %:lle tuli paineellinen vesi. Lopuilla oli käytössä kantovesi, joka imeytettiin maahan imeytyskaivon kautta. Noin 75 %:lla kiinteistöistä oli käytössä vesi-WC. Neljäsosa käytti joko puuceeta tai kemiallista käymälää. Yleisin käytäntö kiinteistöillä oli johtaa sekä harmaat että mustat vedet samaan jätevedenkäsittelyjärjestelmään. Muutamalla kiinteistöllä WC-vedet johdettiin umpisäiliöön ja pesuvedet omaan järjestelmäänsä, yleensä saostuskaivojen kautta imeytykseen (kuviokuva 22). (Peltonen 2005.)



KUVIO 22. Jätevesien käsittelytavat (Peltonen 2005)

Lähes kaikilla kiinteistöillä jätevedet johdettiin saostuskaivojen kautta maaperään. Saostuskaivoja oli yleensä 1-2, ja niiden materiaalina oli betoni. Kolmella kiinteistöllä vedet johdettiin saostuskaivojen jälkeen maaperäkäsittelyyn, eli käsittely vastasi uuden asetuksen vaatimuksia (KUVIO 23) (Peltonen 2005.)



KUVIO 23. Kiinteistöjen jätevesijärjestelmät (Peltonen 2005)

Suurin osa jätevedenkäsittelyjärjestelmistä kaipaa korjausta vuoteen 2014 mennessä. Yleisin puute oli saostuskaivojen liian vähäinen määrä. Myös saostuskaivojen jälkeinen maaperäkäsittely puuttui suurimmalta osalta kiinteistöjä. Korjattavaa löytyi myös järjestelmien T-kappaleista. Lisäksi umpisäiliöiden ylivuoto havaittiin yhdellä kiinteistöistä, mutta käytännössä kaikissa tarkastuksen kohteina olleissa umpisäiliöissä oli ylivuodon mahdollisuus. (Peltonen 2005.)

Hajajätevesien käsittelyä koskevan asetuksen mukaan yhden ihmisen fosforikuormitus on 2,2 g/vrk, typpikuormitus 14 g/vrk ja biologinen hapenkulutus 50g/vrk. Loma-asunnoilla fosforia ja typpeä syntyy noin 60 % vakituisen asunnon ravinnekuormasta. Laskennallisesti haja-asutus aiheuttaa kuormitusta seuraavasti (ennen jäteveden käsittelyä):

Vakituisesti asutut asunnot (44 kiinteistöä):

$$44 \times 365 \text{ vrk} \times 2,2 \text{ g/vrk (P)} = 35 \text{ kg/vuosi}$$

$$44 \times 365 \text{ vrk} \times 14 \text{ g/vrk (N)} = 225 \text{ kg/vuosi}$$

$$44 \times 365 \text{ vrk} \times 50 \text{ g/vrk (BOD)} = 803 \text{ kg/vuosi}$$

Lisärakennukset ja loma-asunnot (7 lisärakennusta ja 12 loma-asuntoa):

$$19 \times 365 \text{ vrk} \times 2,2 \text{ g/vrk} \times 0,6 = 9 \text{ kg/vuosi}$$

$$19 \times 365 \text{ vrk} \times 14 \text{ g/vrk} \times 0,6 = 58 \text{ kg/vuosi}$$

$$19 \times 365 \text{ vrk} \times 50 \text{ g/vrk} \times 0,6 = 208 \text{ kg/vuosi}$$

Yhteensä haja-asutuksesta syntyy tämän laskentatavan mukaan Mustjoen valuma-alueella fosforia 44 kg/vuosi, typpeä 283 kg/vuosi orgaanista ainesta (BOD) 1011 kg/vuosi. Vakituisesti asutuilla kiinteistöillä on oletettu asuvan vain 1 henkilö, joten todellinen kuormitus lienee jonkin verran suurempi. Jos kiinteistöt saavuttaisivat jätevesien puhdistamisessa valtioneuvoston asetuksen 542/2003 asettamat vaatimukset, fosforia pääsisi ympäristöön $44 \text{ kg} * 0,15 = 6,6 \text{ kg}$, typpeä $283 \text{ kg} + 58 \text{ kg} * 0,6 = 170 \text{ kg}$ ja orgaanista ainesta $1011 \text{ kg} * 0,1 = 101 \text{ kg}$ vuodessa.

Suurin osa kiinteistöistä ei kuitenkaan pääse nykyisillä jätevesijärjestelmillä uuden haja-asutuksen jätevesien käsittelyä koskevan asetuksen puhdistusvaatimukseen. Suurin osa kiinteistöistä puhdisti kaikki jätevetensä saostuskaivokäsittelyllä, joka poistaa lähinnä kiintoaineita. Kaikki liuenneet ravinteet pääsevät saostuskaivokäsittelystä ympäristöön. Saostuskaivokäsittelyn ravinteiden puhdistusteho on noin 10-20 %. Jos arvioidaan, että nykyisillä käsittelymenetelmillä Mustjoen valuma-alueen kiinteistöillä poistuu noin 25 % orgaanisesta aineesta, tyyppästä ja fosforista, ympäristöön pääsee fosforia $44 \text{ kg} * 0,75 = 33 \text{ kg}$, typpeä $283 \text{ kg} * 0,75 = 212 \text{ kg}$ ja orgaanista ainetta $1011 \text{ kg} * 0,75 = 758 \text{ kg}$ vuodessa. Kaikki ravinteet eivät tietenkään päädy Mustjokeen, sillä kiinteistöt sijaitsivat suhteellisen kaukana Mustjoen rannasta. Jätevesien käsittelyjärjestelmien saneeraamisella olisi kuitenkin jonkin verran vaikutusta Mustjoen ravinnekuormitukseen.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Mustjoen veden ja sedimentin nykytilaa, arvioida Mustjoesta Salajärveen kulkeutuvaa ravinnekuormitusta sekä koota Mustjokea koskevat näytetulokset samoihin kansiin.

Veden laatu Mustjoessa 2005-2006 oli heikko etenkin ravinteiden suhteen. Mustjoki kuormitti Salajärveä suurilla kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksilla. Liukoisen fosforin määrä on kasvanut runsaasti. Kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet ovat lievässä nousussa. On mahdollista, että Salajärven ranta-asukkaita huolestuttanut kalojen läikkätauti johtuu juuri järven ravinnekuormituksen äkillisestä lisääntymisestä. (Toivonen 1992, 126.) Mustjoen ravinnepitoisuudet olivat uusimmissa näytteenotoissa suurimmat joen yläjuoksulla, joka on kauttaaltaan peltoviljelysten ympäröimää aluetta. Vedenlaatu parani alajuoksulle päin.

Voidaankin päätellä, että ravinne- ja kiintoainekuormitus syntyy suureksi osaksi maanviljelystä. Peltoviljelysten pinta-ala Mustjoen valuma-alueella on kasvanut vuosien mittaan. Maanviljelyn aiheuttama eroosio saattaa aiheuttaa kiintoaineen ja ravinteiden runsaan joutumisen jokiveteen. Maatalous on Suomessa suurin fosfori- ja typpikuormittaja, ja onkin arvioitu että 60% vesistöjen fosforikuormituksesta ja 50% typpikuormituksesta syntyy maataloudesta. Mitä lähempänä viljelykset ovat vesistöä, sitä suurempi kuormitusriski on. (Taipalinen, Puurunen ja Lehtonen 2006.)

Ravinnekuormitusta syntyy myös haja- ja vapaa-ajanasutuksen jätevesistä, sillä suurin osa Mustjoen valuma-alueen kiinteistöjen jätevedenkäsittelyjärjestelmistä ei vielä täytä uuden jätevesiasetuksen vaatimuksia. On arvioitu, että kolmiosainen saostussäiliö poistaa korkeintaan 10 - 20 % jätevesien fosfori- ja typpikuormasta. Suurin osa Mustjoen valuma-alueen kiinteistöistä oli varustettu vain yksi- tai kaksiosaisella saostussäiliöllä ilman niiden jälkeistä maaperäkäsittelyä. Haja-asutuksen vaikutus Mustjoen ravinnekuormitukseen ei ole kuitenkaan niin huomattava kuin maanviljelyn.

Sekä metallipitoisuudet että kloorifenolipitoisuudet Mustjoen vedessä ovat laskeneet. Raskasmetalleista arseenin ja kromin pitoisuudet ylittivät vielä taustapitoisuudet. Kloorifenolipitoisuudet vedessä olivat edellisissä mittauksissa erittäin pieniä. Vielä 1990-luvulla ja 2000-luvun alussa Mustjoesta on mitattu korkeita arseenipitoisuuksia, ja myös muiden raskasmetallien pitoisuudet ovat olleet nykyistä korkeammalla tasolla. Ympäristölainsäädäntö on tiukentunut, ja samaan aikaan tietoisuus aineiden haittavaikutuksista kasvanut. Esimerkiksi ennen yleisesti sahoilla käytetty puun sinistymisenestoaine KY5, jota myös Vierumäellä käytettiin, todettiin ympäristölle ja ihmiselle vaaralliseksi aineeksi, ja sen käyttö kiellettiin. Myös kyllästysaineiden käyttöä on rajoitettu säädöksillä.

Viimeisimmistä, vuonna 2006 otetuista sedimentinäytteistä ei löytynyt ollenkaan kloorifenoleita, ja raskasmetallien pitoisuudetkin olivat pieniä. Vuonna 2003 kloorifenoleita löytyi Mustjoen molemmista alkuhaaroista, Salinmäensuon ojasta ja Muskasensuon ojasta. Sedimenttiä liikuttavasta toiminnasta (esimerkiksi ruoppaus) ei näiden tulosten perusteella aiheudu ympäristöriskejä. Pistekuormituksen (lähinnä Versowood OY) merkitys Mustjoen veden ja sedimentin laatuun oli tämän tutkimuksen aikana vähäinen.

Vesinäytteiden perusteella Mustjoen valuma-alueella olisi ryhdyttävä toimenpiteisiin hajakuormituksen, erityisesti maataloudesta syntyvän kuormituksen vähentämiseksi. Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen -hanke suunnittelee Mustjoen valuma-alueelle suojavyöhykkeiden ja laskeutusaltaiden rakentamista. Suojavyöhykkeiden avulla vähennettäisiin eroosion vaikutusta ja maatalouden päästöjä vesistöön. Otollisimmat sijoituspaikat laskeutusaltaalle ja suojavyöhykkeille ovat Mustjoen yläjuoksulla, Korkean kylällä, jossa vesi oli näytteiden mukaan huonolaatuisinta ja ravinnepitoisinta, ja johon Mustjoen valuma-alueen maatalous keskittyy.

Suojavyöhykkeiden rakentamisella estetään ravinteiden pääsyä veteen. Laskeutusaltailla taas yritetään poistaa veteen jo joutuneita ravinteita ja kiintoainetta. Laskeutusaltailla saadaan puhdistettua kiintoainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita, mutta liuenneiden ravinneiden puhdistuksessa laskeutusaltaat eivät ole erityisen toimiva menetelmä. Siksi olisi tärkeää estää tai

vähentää ravinteiden pääsyä veteen. Maanviljelijöiden on mahdollista hakea EU:n ympäristötuen erityistukea suojavyyhykkeiden ja laskeutusaltaiden rakentamiseen.

Ravinnekuormitusta veteen voidaan vähentää myös haja-asutuksen jätevesijärjestelmiä tehostamalla. Erityisesti huomiota tulisi kiinnittää niihin kiinteistöihin, joilla on vesi-WC, ja jotka sijaitsevat lähellä (alle 200m) Mustjokea.

LÄHTEET

- Anttila-Huhtinen, M. 1998. Salajärven (Nastola) Kuormitusselvitys 1997 - 98. Kymijoen Vesiensuojeluyhdistys ry:n tutkimusraportti no 11/1998.
- Hapenkulutus. 2006. [verkkajulkaisu]. [viitattu 19.1.2006]. Saatavissa: <http://www.tat.fi/fi/koulut/vedesta/kortti41.pdf>.
- Heinolan kaupunki. 2006. Vesianalyysien tulkinta [verkkajulkaisu]. [viitattu 5.4.2006]. Saatavissa: http://www.heinola.fi/FIN/Palvelut/Ymparisto/Ymparistoluvat_ja_ilmoitukset/vesianalyysien_tulkinta.htm.
- Jutila, H. & Salminen, P. 2006. Hämeenlinnan Katumajärven tila ja kuormitus. Hämeenlinnan seudullisen ympäristötoimen julkaisuja 2. [verkkajulkaisu]. [viitattu 5.4.2006]. Saatavissa: <http://www.hameenlinna.fi/yosasto/jarki/Katumaj%E4rven%20tila%20ja%20kuormitus%20liitteineen.pdf>.
- Kansanterveyslaitos. 2006. Arseeni. [verkkajulkaisu]. [viitattu 16.3.2006] Saatavissa: http://www.ktl.fi/portal/suomi/osiot/tietoa_terveydesta/elinymparisto_ja_asuminen/vesi/kaiuvesi/terveyshaitat/arseeni/.
- Kokemäenjoen vesistönsuojeluyhdistys ry. 2006. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi. [verkkajulkaisu]. [viitattu 19.1.2006] Saatavissa: www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?sivu=kiintoaine.html.
- Kärki, S. 2006. Myllypuron riskikartoitus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 6.4.2006] Saatavissa: <http://www.tampere.fi/tiedostot/54L1XZgQV/myllypuronriskikartoitus.pdf>
- Lyytikäinen, M. 2004. Transport, bioavailability and effects of Ky-5 and CCA wood preservative components in aquatic conditions. University of Joensuu. [verkkajulkaisu]. [viitattu 5.4.2006]. Saatavilla: <http://www.joensuu.fi/biologia/PhD/lyytikainen.pdf>.
- Lyytinen, V. 1989. Vesistöjen pienkuormitusselvitys ja kuormittajien jätehuoltoselvitys Heinolan maalaiskunnassa. Heinolan maalaiskunta.
- Maatalouden vesistökuormitus pienemmäksi. 2006. [verkkajulkaisu]. [viitattu 19.1.2006]. Saatavissa: <http://www.yrjola.fi/Espoo/maatalous.html#anchor137479>.
- Majoinen, L. 2005. Vesiensuojelukosteikot. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Espoo. [verkkajulkaisu]. [viitattu 6.12.2006]. Saatavissa: <http://www.water.tkk.fi/wr/tutkimus/thesis/Majoinen2005.pdf>

- Mitä vesianalyysitulokset kertovat. 2006. [verkkojulkaisu].[viitattu 4.4.2006].
Saatavissa: <http://www.planet.fi/kyvvy/vesianalyysit.html>.
- Nastolan kunta. Maastokartta 1:20000.
- Opas jätevesien käsittelystä haja-asutusalueella 2005. Nastolan kunta,
ympäristötoimi.
- Peltonen, Heli. 2005. Mustjoen valuma-alueen kiinteistökartoitus. Päijät-Hämeen
järvien kuormituksen pienentäminen-hanke.
- Päijät-Hämeen järvien kuormituksen pienentäminen –hanke. 2005.
[verkkojulkaisu]. [viitattu 6.4.2006]. Saatavissa:
<http://www.paijannetalo.net/jarvet/etu.html>.
- Raikamo, E. 1980. Päijät-Hämeen suot ja turvevarojen käyttömahdollisuudet.
Espoo.
- Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. 1994. Saastuneiden maiden
selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö.
- Sakomaa, V. 2003. Biologisia ja kemiallisia muuttujia Kahtlammissa elokuussa
2003. [verkkojulkaisu]. [viitattu 11.7.2005]. Saatavissa:
<http://www.cc.jyu.fi/~vsakomaa/kahtlammi>.
- Suomen ympäristökeskus. 2006a. Haitalliset aineet. [verkkojulkaisu].[viitattu
14.3.2006]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=108347&lan=FI>.
- Suomen ympäristökeskus.2006b. Kiintoainepitoisuus. [verkkojulkaisu].[viitattu
16.3.2006]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12085&lan=fi>
- Suomen ympäristökeskus. 2006c. Maatalouden vesistökuormitus. [verkkojulkaisu].
[viitattu 16.3.2006]. Saatavissa
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=104460&lan=fi>.
- Vesianalyysien tulkinta. 2006. Tampereen kaupunki. Ympäristövalvonta..
[verkkojulkaisu].[viitattu 5.4.2006]. Saatavissa:
[http://www.tampere.fi/ytoteto/yva/tehtava/ympsuo/vesisto/vesiantu.
htm#sam](http://www.tampere.fi/ytoteto/yva/tehtava/ympsuo/vesisto/vesiantu.htm#sam).
- Taipalinen, I. , Puurunen, T. ja Lehtonen, I. 2006. Maatalouden vesistökuormitus.
[verkkojulkaisu].[viitattu 6.12.2006]. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/psavo/maa/maatal/kuormit.htm>
- Toivonen ym. Kalamiehen tietokirja 2. 1992. Werner Söderström
Osakeyhtiö. Porvoo.

- Tuomisto, J. Vesihuolto. 2006. Sairauksien ehkäisy. [verkkajulkaisu].[viitattu 16.3.2006]. Saatavilla:
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=sae60040
- Tyystjärvi, K. 2006. Vesitutkimus 1.0suo. [verkkajulkaisu].[viitattu 19.1.2006]. Saatavissa:
http://www.heureka.fi/attachments/vesitutkimus_1.0suo.pdf.
- Ulvi, T. & Lakso, E. 2005. Järvien kunnostus. Edita Prima Oy. Helsinki.
- Vesi- ja ympäristöhallitus. 1988. Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -sarja. Helsinki.
- Vierumäki -historia. 2006. [verkkajulkaisu]. [viitattu 1.4.2006]. Saatavissa:
<http://www.vierumaki.net/index.php?sivu=historia>.
- Woodworking, puuntyöstölehti. 2005. [verkkolehti]. [viitattu 1.4.2006]. Saatavissa:
http://www.puuntyosto.com/uutiset_3_2005.html.
- Ympäristömyrkyt. 2006.[verkkajulkaisu].[viitattu 16.3.2006]. Saatavilla:
<http://www.biomi.org/biologia/ymparistomyrkyt/>.

LIITTEET

LIITE 1 Suomen ympäristökeskus 2006c. Vesistön fosforikuormittajat

LIITE 2 Hanna Korell 2005. Havainnot Mustjoen veden väristä.

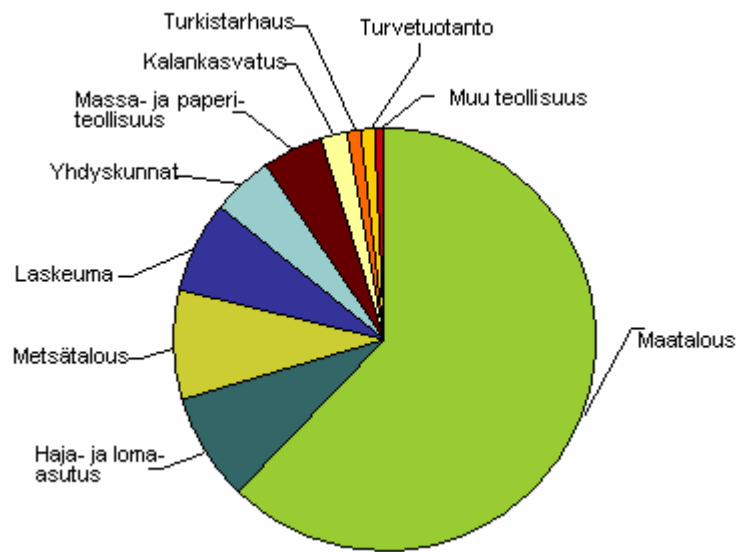
LIITE 3 Hanna Korell 2005-2006. Yhteenveto Mustjoen vesi- ja sedimenttinäytteistä 2005-2006

LIITE 4 Hanna Korell 2006-2006. Virtaamamittausten tulokset

LIITE 5 Hanna Korell 2006. Esimerkkilasku kiintoaineen päivittäisen ainevirtaaman laskemisesta (perustuu 12.7.2005 tehtyihin mittauksiin

LIITE 6 Nastolan kunta 2005. Jätevesien käsittelyn vaihtoehdot asetuksen (542/2003) mukaan

LIITE 1



Vesistön fosforikuormittajat. (Suomen ympäristökeskus 2006c)

LIITE 2

Mittauspaikka ja pvm	COD-Mn (mg/l)	Veden väri
1.7.2005 Terhontie	9,3	vaaleanruskea
1.7.2005 Pärnämäentie	10,8	vaaleanruskea
1.7.2005 Korkeentie 1	12,7	vaaleanruskea
1.7.2005 Korkeentie 2	16,6	vaaleanruskea
12.7.2005 Terhontie	12,8	ruskea
12.7.2005 Pärnämäentie	13,6	ruskea
12.7.2005 Korkeentie 1	9,3	ruskea
12.7.2005 Korkeentie 2	17,9	ruskea
5.8.2005 Terhontie	7,1	tumma
5.8.2005 Pärnämäentie	10,3	tumma
5.8.2005 Korkeentie 1	19,5	tumma
5.8.2005 Korkeentie 2	15,8	tumma
1.9.2005 Terhontie	16,2	ruskea
1.9.2005 Pärnämäentie	17,1	ruskea
1.9.2005 Korkeentie 1	14,4	ruskea
1.9.2005 Korkeentie 2	30,6	ruskea
24.1.2006 Terhontie	19,2	-
24.1.2006 Pärnämäentie	19,0	-
24.1.2006 Salinmäensuon oja	19,0	-
24.1.2006 Muskasensuon oja	12,8	-

Taulukko COD-pitoisuuksista ja veden väristä näytteenottohetkellä.

LIITE 3

Näytteen- ottopiste	Pvm	Sähkön- johtokyky (mS/m)	COD (mg/l)	kiintoaine (mg/l)	liukoinen fosfori (µg/l)	kokonais- fosfori (µg/l)	kokonai- s-tyyppi (µg/l)	arseeni (µg/l)	kro- mi (µg/l)	kupari (µg/l)
1	1.7.2005	9,3	27	46	37	67	1900			
2	1.7.2005	10,8	25	31	31	35	1900			
3	1.7.2005	12,7	18	27	32	43	1200			
4	1.7.2005	16,6	25	34	36	40	1700			
1	12.7.2005	12,8	12	17	38	66	1100			
2	12.7.2005	13,6	11	12	43	63	1000			
3	12.7.2005	9,3	9	16	44	62	520			
4	12.7.2005	17,9	9,2	3,6	40	54	1200			
1	5.8.2005	7,1	35	190	39	200	2000			
2	5.8.2005	10,3	33	270	53	190	3100			
3	5.8.2005	19,5	36	35	49	110	2800			
4	5.8.2005	15,8	46	260	82	120	2600			
1	1.9.2005	16,2	16	6,4	44	72	1400			
2	1.9.2005	17,1	16	15	47	77	1400			
3	1.9.2005	14,4	12	73	29	46	790			
4	1.9.2005	30,6	27	29	110	250	1500			
1	24.1.2006	19,2	8,5	13	34	55	1900	4	<5	<20
2	24.1.2006	19	8,2	4,1	35	53	1700	4	<5	<20
3	24.1.2006	12,8	8,6	11	20	38	1100	<4	<5	<20
4	24.1.2006	19	24	210	100	400	2500	43	22	20

Yhteenveto Mustjoen vesinäytteistä 2005-2006

Näytteenotto- piste	Pvm	Kloorifenolit yht. (mg/kg ka)	Arseeni (mg/kg ka)	Kromi (mg/kg ka)	Kupari (mg/kg ka)
3	24.1.2006	0	0	23	8
4	24.1.2006	0	8	14	16

Yhteenveto Mustjoen sedimentinäytteistä 2006

LIITE 4

Mittauspiste	Pvm	virtaama (m/s)	Uoman leveys (m)	Mittausvyvyys (m)
1	12.7.2005	0,19	1,4	0,05
1	12.7.2005	0,15	1,4	0,1
1	12.7.2005	0,12	1,4	0,2
1	5.8.2005	0,07	1,4	0,05
1	5.8.2005	0,1	1,4	0,1
1	5.8.2005	0,13	1,4	0,2
2	12.7.2005	0,02	1,5	0,05
2	12.7.2005	0,04	1,5	0,1
2	12.7.2005	0,07	1,5	0,2
2	12.7.2005	0,03	1,5	0,3
2	12.7.2005	0,04	1,5	0,4
2	5.8.2005	0,03	1,5	0,05
2	5.8.2005	0,02	1,5	0,1
2	5.8.2005	0,03	1,5	0,15
3	12.7.2005	0,19	0,7	0,05
3	12.7.2005	0,23	0,7	0,1
3	5.8.2005	0,04	0,7	0,05
4	12.7.2005	0,09	0,6	0,05
4	12.7.2005	0,06	0,6	0,1
4	12.7.2005	0,04	0,6	0,15
4	12.7.2005	0,04	0,6	0,2
4	12.7.2005	0,01	0,6	0,25
4	5.8.2005	0,02	0,6	0,05
4	5.8.2005	0,01	0,6	0,1
4	5.8.2005	0,01	0,6	0,15

LIITE 5

1.) Veden virtaamien keskiarvot jokaisesta mittauspisteestä (Q*V)

$$\text{Mittauspiste 1: } [(0,19 \text{ m/s} * 1,4 \text{ m} * 0,05 \text{ m}) + (0,15 \text{ m/s} * 1,4 \text{ m} * 0,1 \text{ m}) + (0,12 \text{ m/s} * 1,4 \text{ m} * 0,2 \text{ m})] / 3 = 0,0226 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Mittauspiste 2: } [(0,02 \text{ m/s} * 1,5 \text{ m} * 0,05 \text{ m}) + (0,04 \text{ m/s} * 1,5 \text{ m} * 0,1 \text{ m}) + (0,07 \text{ m/s} * 1,5 \text{ m} * 0,2 \text{ m}) + (0,03 \text{ m/s} * 1,5 \text{ m} * 0,3 \text{ m}) + (0,04 \text{ m/s} * 1,5 \text{ m} * 0,4 \text{ m})] / 5 = 0,0132 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Mittauspiste 3: } [(0,19 \text{ m/s} * 0,7 \text{ m} * 0,05 \text{ m}) + (0,23 \text{ m/s} * 0,7 \text{ m} * 0,1 \text{ m})] / 2 = 0,0114 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Mittauspiste 4: } [(0,09 \text{ m/s} * 0,6 \text{ m} * 0,05 \text{ m}) + (0,06 \text{ m/s} * 0,6 \text{ m} * 0,1 \text{ m}) + (0,04 \text{ m/s} * 0,6 \text{ m} * 0,15 \text{ m}) + (0,04 \text{ m/s} * 0,6 \text{ m} * 0,2 \text{ m}) + (0,01 \text{ m/s} * 0,6 \text{ m} * 0,25 \text{ m})] / 5 = 0,0032 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.) Kiintoaineen virtaamat jokaisesta näytteenottopisteestä (C * Q * V * t). Milli- ja mikrogrammat muutetaan kilogrammoiksi (kertoimet 10⁻⁶ ja 10⁻⁹). Virtaama (m³/s) muutetaan litroiksi sekunnissa.

$$\text{Mittauspiste 1: } 0,000012 \text{ kg/l} * 22,6 \text{ l/s} * 86\,400 \text{ s/vrk} = 23,4 \text{ kg/vrk}$$

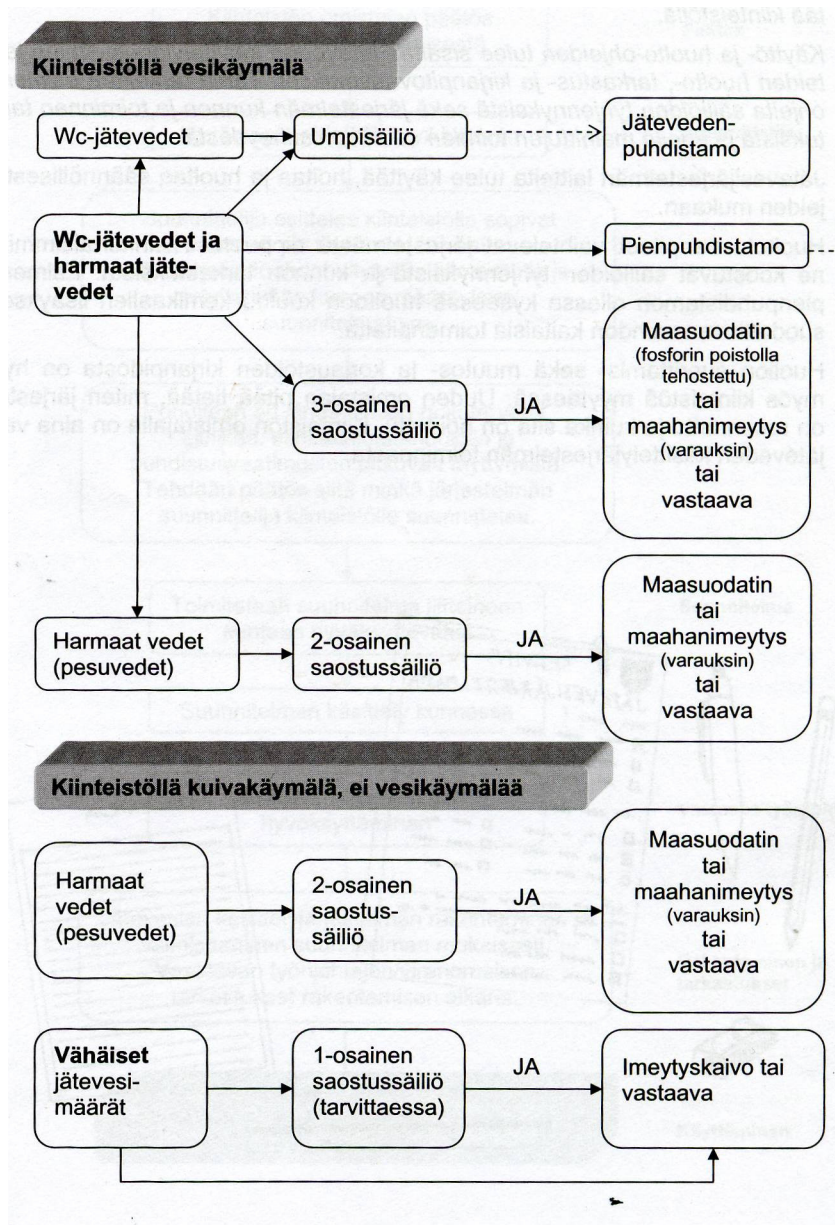
$$\text{Mittauspiste 2: } 0,000011 \text{ kg/l} * 13,2 \text{ l/s} * 86\,400 \text{ s/vrk} = 12,5 \text{ kg/vrk}$$

$$\text{Mittauspiste 3: } 0,000009 \text{ kg/l} * 11,4 \text{ l/s} * 86\,400 \text{ s/vrk} = 8,9 \text{ kg/vrk}$$

$$\text{Mittauspiste 4: } 0,000092 \text{ kg/l} * 3,2 \text{ l/s} * 86\,400 \text{ s/vrk} = 2,5 \text{ kg/vrk}$$

3.) Ainevirtaamista lasketaan keskiarvo : (23,4 kg/vrk + 12,5 kg/vrk + 8,9 kg/vrk + 2,5 kg/vrk) / 4 = 11,8 kg kiintoainetta/vrk (12.7.2005).

LIITE 6



Jätevesien käsittelyn vaihtoehdot asetuksen (542/2003) mukaan (Opas jätevesien käsittelystä haja-asutusalueella 2005)