

Sadevesiviemäreiden vedenlaatu

Paula Nurmi

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO	3
2	TUTKIMUSALUEET JA HAVAINTOPAIKAT.....	3
3	TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT.....	4
4	SADEMÄÄRÄT.....	5
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELUA.....	6
5.1	HAPPAMUUS.....	6
5.2	KIINTOAINE JA ORGAANINEN HIILI (TOC).....	6
5.3	FOSFORI- JA TYPPI	8
5.4	SÄHKÖNJOHTAVUUS, KLORIDI JA SULFAATTI.....	10
5.5	METALLIT	12
5.5.1	<i>Rauta ja mangaani</i>	<i>12</i>
5.5.2	<i>Elohopea, kadmium, kromi ja lyijy</i>	<i>13</i>
5.5.3	<i>Sinkki, kupari ja nikkeli</i>	<i>14</i>
5.5.4	<i>Muut metallit</i>	<i>17</i>
5.6	ABSORBOITUVAT ORGAANISET HALOGEENIYHDISTEET (AOX).....	17
5.7	MINERAALIÖLJYT	17
5.8	HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET (VOC)	18
5.9	FEKAALISET KOLIMUOTOISET BAKTEERIT	19
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	19
	LÄHDEKIRJALLISUUS	21

Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa selvitettiin sadevesiviemärien veden laatua yleensä ja onko teollisuustoimintojen alueilta viemäriin huuhtoutuvalla vedellä erityistä kuormitusvaikutusta verrattuna asuinalueisiin.

Tutkimuskohteina olivat Tattarisuon, Roihupellon ja Herttoniemen teollisuusalueet, Vartioharjun asuinalue sekä Töölönlahden alue ydinkeskustassa.

Vesinäytteet otettiin 10.4, 13.6, 27.8, 11.10 ja 23.10.2001 sadevesiviemärien tarkistuskäynteistä tai viemärien suulta. Tattarisuon näytteet otettiin purkuojasta, koska alueella ei ole sadevesiviemärointia. Näytteistä tutkittiin pH, sähköjohtavuus, kiintoaine, kokonaistyppeä, kokonaisfosfori, orgaanisen aineen kokonaismäärä (TOC), kloridi, sulfaatti, rauta, mangaani, elohopea, kadmium, lyijy, kromi, nikkeli, kupari, sinkki, arseeni, boori, barium, koboltti, molybdeeni, antimoni, seleeni, tallium, uraani, vanadiini, mineraaliöljyt, absorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet (AOX), haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) sekä fekaaliset kolimuotoiset bakteerit ohjelman mukaisesti.

Tutkittujen alueiden hulevedet sisälsivät suhteellisen vähän kiintoainetta, orgaanista ainetta ja ravinteita. Tähän ovat vaikuttaneet mm. valuma-alueiden enimmäkseen päällystetyt pinnat ja vähäiset viheralueet, katujen hyvä puhtaanapito ja tutkimusajankohdat. Näytteenotto ei sattunut esim. rankkasateiden aikaan, jolloin kiintoainetta todennäköisesti huuhtoutuu huleveteen paljon enemmän. Raskasmetalleja, jotka esiintyvät pääasiassa kiintoaineeseen sitoutuneina, ei esiintynyt normaalitilanteissa merkittävän suurina määriä millään tutkimusalueella. Keskustan liikenneväylien bensiinin lisäainepäästöt hulevesiin eivät ydinkeskustassa olleet suuria, vaan niitä esiintyi erityisesti teollisuusalueilla.

Hulevesissä olevat haitta-aineet ovat pääsääntöisesti peräisin liikenteestä. Teollisuusalueilta tulevan huleveden laatu poikkesi muista alueista normaalitilanteessa lähinnä vain suurempien VOC-pitoisuuksien muodossa. Roihupellon teollisuusalue poikkesi muista alueista siinä, että tutkimusjakson aikana sadevesiviemäriin oli valuma-alueelta tullut eri tyyppisiä satunnaispäästöjä, jotka heikensivät selvästi veden laatua. Vartioharjun asuinalueella ilmeisesti kiinteistökohtaisesta lämmityksestä johtuen rikkiä sisältävät päästöt näkyivät hulevedessä voimakkaampina kuin muualla.

1 Johdanto

Sadevesiviemärien kautta teollisuusalueilta sekä asuinkorttelien katu- ja pihalueilta vesistöön kulkeutuvasta veden laadusta ei ole Helsingin alueelta juurikaan tietoja. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli alustavasti selvittää sadevesiviemäreissä kulkevan veden laatu yleensä ja onko teollisuustoimintojen alueilta sadevesiviemäriin huuhtoutuvalla vedellä erityistä kuormitusvaikutusta verrattuna asuinalueisiin.

Selvityksessä tarkastellaan pelkästään veden laatua. Vesistöön kohdistuvaa kuormitusta ei ole laskettu. Selvityksen perusteella voidaan tarvittaessa valita tutkittavat muuttujat ja selvittää niiden aiheuttama kuormitus mereen erillisessä tutkimuksessa.

Suomessa hulevesitutkimuksia on toistaiseksi tehty melko vähän. Hulevedellä tarkoitetaan sateen aiheuttamaa pintavaluntaa sulana kautena, joka kulkeutuu lopulta sadevesiviemärien ja ojien kautta vesistöihin. Yleensä hulevesitutkimuksiin on myös liitetty lumen sulamisen aiheuttama valunta keväällä eli sulamisvedet. Hulevedet sisältävät sekä ilmaperäisiä että maan pinnalta huuhtoutuneita aineita. Kattavin selvitys hulevesistä on tehty vuosina 1977-1979, jolloin valtakunnallisessa hulevesitutkimuksessa selvitettiin sekä huleveden laatua että määriä (Melanen 1980). Kyseisen selvityksen lisäksi tämän tutkimuksen tuloksia verrataan Turussa (Salonen 2000), Vaasassa (Kannala 2001) ja Mikkelissä (Teiska 1997) tehtyihin selvityksiin. Lisäksi vertailuaineistoina on käytetty Helsingin lumen vastaanottoaikojen lumi- ja sulamisvesitutkimustuloksia vuosilta 1989-98 (Vahanne ym. 2000) sekä Viikinmäen jätevedenpuhdistamon puhdistetun jäteveden keskiarvopitoisuuksia vuodelta 2000 (Fred 2001).

Tässä tutkimuksessa hulevesiin on luettu kuuluviksi sateen aiheuttama pintavalunta, keväällä lumensulamisvedet sekä satunnaiset katujen ja pihojen huuhteluvedet.

2 Tutkimusalueet ja havaintopaikat

Tutkimuskohteiksi valittiin kolme teollisuusaluetta, yksi asuinalue sekä Töölönlahden ympäristö ydinkeskustassa. Teollisuusalueilta pyrittiin valitsemaan sellainen sadevesiviemärintialue (valuma-alue), joka mahdollisimman puhtaasti kerää vesiä pelkästään teollisuusalueilta ja asuinalueelta sellainen havaintopaikka, joka kuvaa pelkästään asuinkortteleista muodostuvaa valumaaluetta. Töölönlahteen purkautuu kolme sadevesiviemäriä, joiden valuma-alueet koostuvat lähinnä asuin- ja toimistokortteleista, julkisista rakennuksista sekä parkki- ja katualueista.

Tattarisuon teollisuusalueella sijaitsee runsaasti autokorjaamoja ja varastoja, kuljetusliikkeitä, konekorjaamoja ja muuta pienimuotoista kone- ja metalliteollisuutta, pajoja ja verstaita sekä jäte- ja romuyrityksiä. Alueella ei ole sadevesiviemärointiä, vaan kadunvarsiojat keräävät sade- ja valumavesiä, joista se osa joka ei imeydy maahan tai haihdu, purkautuu pääojassa pois alueelta. Purkuojan valuma-alueella kadut ovat asfaltoituja sekä myös useat teollisuustonttien piha-alueet. Alueella on kuitenkin suhteellisen runsaasti päällystämätöntä maata, johon sadevesi voi suoraan imeytyä. Teollisuusalueen maapohja on alun perin suota. Näytteet otettiin purkuojasta (liite 1).

Herttoniemen teollisuusalueella sijaitsee paljon koneiden ja tarvikkeiden tukkukaupparyityksiä sekä rakentamiseen, autojen myyntiin ja huoltoon liittyvää toimintaa. Sahaajankadun pohjoispään alueelta tulevat hulevedet kulkevat Sahaajankadulla olevassa viemärissä, joka Sahaajankatu 6:n kohdalla purkautuu avo-ojaan. Valuma-alue on pääosin asfaltoituja katu- ja piha-alueita. Vedet purkautuvat lopulta Porolahteen. Näytteet otettiin viemärin suulta paikasta, missä viemäri muuttuu avo-ojaksi (liite 2).

Roihupellon teollisuusalueella toiminta keskittyy koneiden tukkukauppaan, rakennus- ja metalliteollisuuteen, painotoimintaan sekä moottoriajoneuvojen osien ja varusteiden kauppaan. Alueelta sadevesiviemäroidyt vedet johdetaan Varikkotien jälkeen avo-ojaan. Ojasta vesi kulkee lopulta Mustapuron kautta Strömsinlahteen. Valuma-alue on pääosin asfaltoitua. Hulevesiä tulee alueelle myös kahdelta läheiseltä pienehköltä asuinalueelta. Näytteet otettiin Roihupellon varikkokentällä olevasta sadevesiviemärin tarkistuskaivosta (liite 3).

Asuinalueilta tulevia vesiä kuvasi **Vartiogarjun** asuinalue, jossa on pääasiassa omakotitaloja ja muita pientaloja sekä pari melko pientä puistoaluetta. Sadevesiviemäri purkautuu Vartiokylänlahden rantaan. Näytteet otettiin viemärin suulta ennen purkupaikkaa mereen (liite 4).

Töölönlahteen purkautuu kolme sadevesiviemäriä. Helsinginkadun suunnasta urheilutalolta asti purkautuu hulevesiä Töölönlahden perukkaan. Kyseessä on lähinnä katualueiden sadevesivalunta. Alueella on asuinkerrostaloja sekä joitakin julkisia rakennuksia. Näytteet otettiin Helsinginkadun tarkistuskaivosta läheltä purkautumispaikkaa. Töölönlahteen Oopperatalon kohdalle tulee toinen sadevesiviemäri, joka kerää hulevesiä Mäntymäen kentältä, Paa-vo Nurmentieltä ja -polulta sekä Helsinginkadun alkupäästä. Alueella sijaitsee asuinkerrostaloja, pari julkista rakennusta ja iso parkkialue. Näytteet otettiin viemärin tarkistuskaivosta ennen lahteen purkautumista. Kolmas Töölönlahteen purkautuva sadevesiviemäri sijaitsee Finlandia-talon kohdalla, joka kerää vedet Karamzininkadun ympäristöstä. Näytteet otettiin myös tarkistuskaivosta ennen vesien purkautumista Töölönlahteen. Kaikkien viemäreiden valuma-alueet ovat melko pieniä, etupäässä asfaltoituja katu- ja parkkialueita (liite 5).

3 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Näytteenotto pyrittiin ajoittamaan tapahtuvaksi sateiden aikaan ja keväällä lumsulamis aikaan. Maksimaalisia "rankkasade"-tilanteita ei haettu, vaan näytteenotot on tehty tavanomaisten sateiden aikana tai jälkeen. Näytteenottopäivät olivat: 10.4, 13.6, 27.8, 11.10 ja 23.10.2001. Viimeisellä havaintokerralla Roihupellon viemärissä ei ollut vettä eikä näytettä voitu ottaa. Töölönlahden perukasta ei otettu näytteitä enää kesäkuun jälkeen, koska viemärin suu todettiin tukkeutuneeksi.

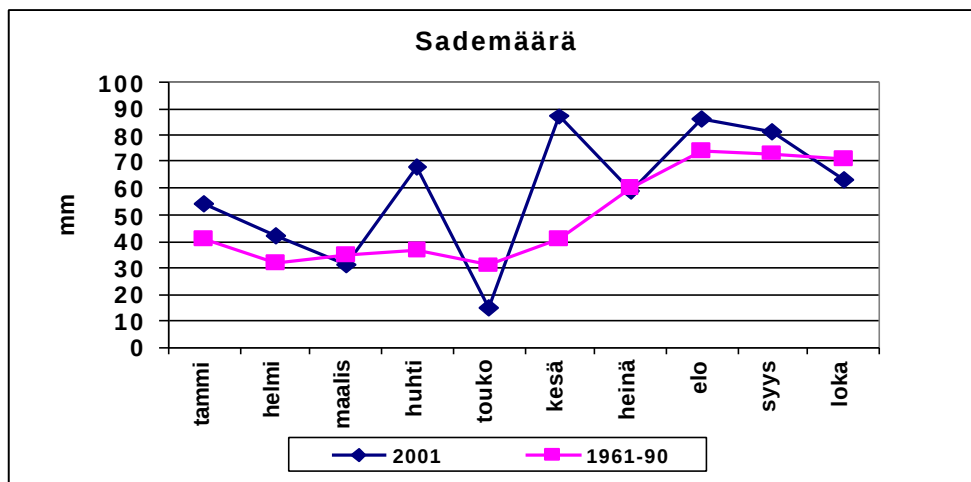
Näytteistä tehtiin kaikilta havaintopaikoilta seuraavat analyysit: pH, sähköjohtavuus, kiintoaine, kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori, orgaanisen aineen kokonaismäärä (TOC), kloridi, sulfaatti ja metalleista rauta, elohopea, arseeni, boori, barium, kadmium, koboltti, kromi, kupari, mangaani, molybdeeni, nikkeli, lyijy, antimoni, seleeni, tallium, uraani, vanadiini ja sinkki.

Huhtikuussa tutkittiin lisäksi kaikilta havaintopaikoilta absorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet (AOX) sekä mineraaliöljyt ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC). Teollisuusalueilta tutkittiin öljyt ja VOC:t jokaisella havaintokerralla, sekä VOC:t ydinkeskustasta ja Vartioharjasta myös syksyllä. Suolistoperäisiä bakteereja (fekaaliset kolimuotoiset bakteerit) tutkittiin syksyllä kertaluonteisesti kaikilta havaintopaikoilta.

Näytteet on analysoitu Helsingin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa standardisoitujen tai muutoin hyväksytyjen menetelmien mukaisesti. Metallimääritykset on tehty suodattamattomista näytteistä. Alkuperäiset tulokset on esitetty liitteessä 6.

4 Sademäärät

Huhtikuu oli normaalia lämpimämpi ja satoi runsaasti (kuva 1). Lunta huhtikuun alussa oli Helsingissä enää vähän. Ennen näytteenottoa edeltävinä kahtena päivänä satoi hieman vettä.



Kuva 1. Keskimääräiset sademäärät sekä vuosien 1961-90 keskiarvo

kuukausittain Helsingin Kaisaniemessä (Ilmatieteen laitos).

Toukokuun lämpötila ja sademäärä vastasivat pitkäaikaista keskiarvoa. Kesäkuu 2001 oli sen sijaan kolea ja runsassateinen. Näytteenottopäivänä satoi noin 13 mm ja sitä edeltävinä päivinä oli jo satanut noin viikon ajan.

Elokuu ja alkusyksy olivat keskimääräistä lämpimämpiä. Elo-syyskuun sademäärä oli jonkin verran keskiarvoa suurempi ja lokakuussa pitkäaikaista keskiarvoa pienempi. Elokuun näytteenottopäivänä satoi noin 15 mm ja sitä edeltävät päivät olivat sateettomia.

Lokakuun alkupuolen näytteenottopäivänä satoi hieman. Edellisenä päivänä oli satanut noin 7 mm. Lokakuun lopun näytteenottopäivä oli kuiva eikä ennen näytteenottopäivää ollut satanut pitkään aikaan.

5 Tulokset ja tulosten tarkastelua

5.1 Happamuus

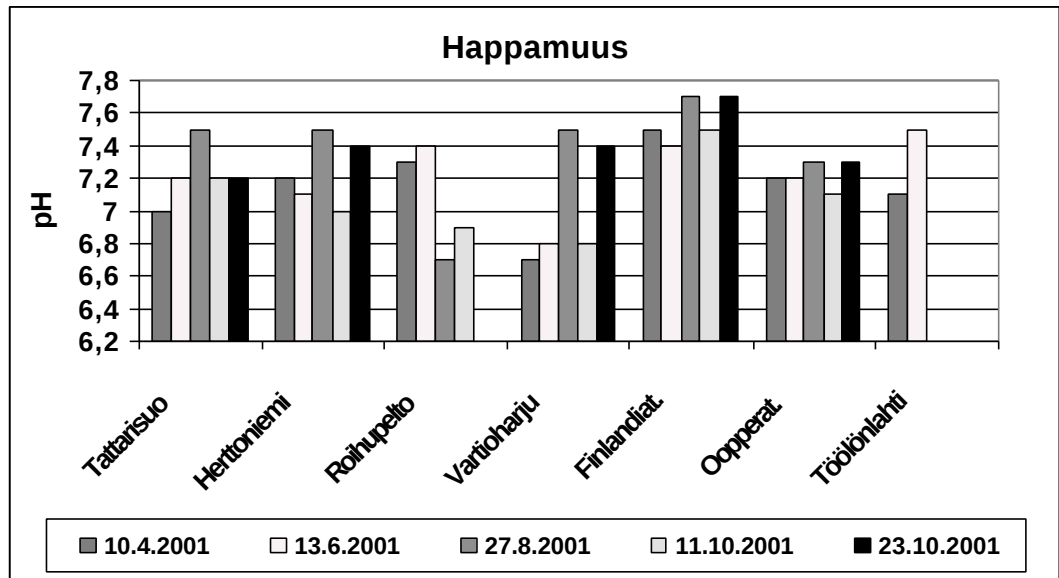
Huleveden happamuus oli yleensä lähellä neutraalia. Vartioharjussa keväällä ja alkukesällä sekä Roihupellossa elokuussa mitattiin pienimmät arvot (6,7 pH) (kuva 2). Vartioharjun alhaisimmat kevätarvot voivat selittyä sillä, että alueella on yleisesti kiinteistökohtainen lämmitys sekä Myllypuron lämpökeskus, joiden rikkipäästöt ovat voineet vaikuttaa lumensulamisvesiin happamoittavasti.

Huleveden happamuuden on todettu olevan lähellä neutraalia muissakin tutkimuksissa. Tyypillinen arvo Malmqvistin (1994) mukaan on 6,0 - 7,2 pH. Vaasan keskustassa huleveden pH vaihteli välillä 6,5 - 7,5 pH painotetun keskiarvon ollessa 7,0 pH. Helsingin lumitutkimuksissa lumen keskimääräinen (1989-98) pH oli 7,2. Vaikka sadevesi voi olla melko hapanta, sen pH muuttuu maan pinnalla ja viemäriverkostossa lähelle neutraalia.

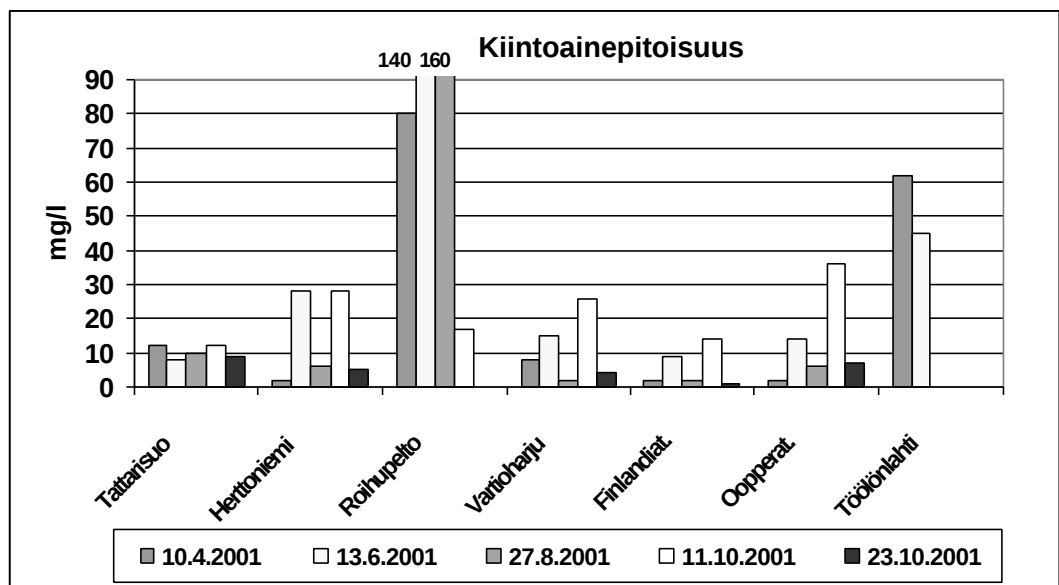
5.2 Kiintoaine ja orgaaninen hiili (TOC)

Huleveden kiintoaineen ja orgaanisen hiilen pitoisuudet olivat keskimäärin 6-14 mg/l. Tästä poikkeuksena oli Roihupellon teollisuusalue sekä Töölönlahden perukka, jossa kiintoainepitoisuudet olivat muita alueita korkeammalla tasolla. Roihupellon teollisuusalueelta huuhtoutuva vesi sisälsi kiintoainetta ja orgaanista hiiltä huhti- ja kesäkuussa erittäin paljon. Tämän sekä korkeiden ravinnepitoisuuksien perusteella voidaan epäillä jätevesipäästöä sadevesiviemäriin huhti - kesäkuussa. Elokuussa Roihupellon viemäriessä kiintoainepitoisuus oli edelleen suuri, mutta orgaanisen aineen määrä tavanomainen eli kiintoaine muodostui pääasiassa epäorgaanisesta aineesta. Töölönlahden perukan sadevesiviemäri todettiin kesäkuussa tukkeutuneeksi ja vie-

märiin oli siitä syystä kerääntynyt mm. kiintoainetta tavallista enemmän (kuvat 3 ja 4).



Kuva 2. Huleveden happamuus.

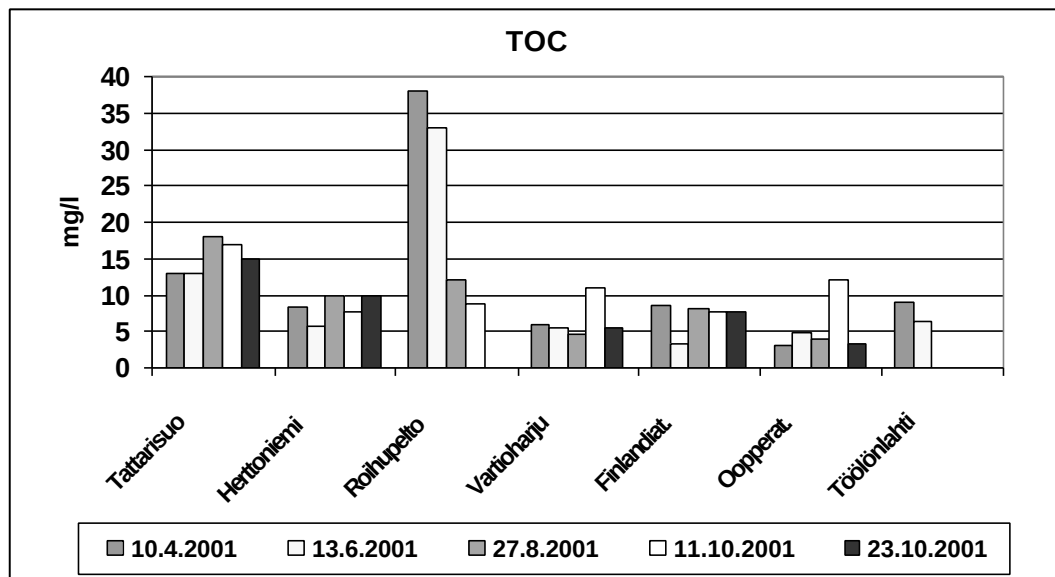


Kuva 3. Huleveden kiintoainepitoisuus.

Roihupeltoa ja Töölönlahden perukkaa lukuunottamatta muiden havaintopaikkojen huleveden kiintoainepitoisuudet olivat pieniä. Kiintoaine- ja orgaanisen

hiilen pitoisuuksien välinen vaihtelu eri havaintokertoina jäi vähäiseksi. Tämä kuvastanee sitä, että valuma-alueet olivat samantyyppisiä lähinnä päällystettyjä katu- ja piha-alueita ilman merkittävää kasvillisuutta. Keväällä lumien sulamis aikaan ei havaittu pitoisuuksien kasvua, mikä voi johtua tehokkaasta kätulumen poistamisesta.

Muualla tehdyissä selvityksissä on saatu tulokseksi huomattavasti suurempia kiintoainepitoisuuksia sekä enemmän vaihtelua havaintokertojen välillä. Vaasassa kiintoainepitoisuus vaihteli 31 - 410 mg/l välillä painotetun keskiarvon ollessa 210 mg/l. Melanen (1980) on arvioinut taajamien keskusta-alueiden huleveden kiintoainepitoisuudeksi vähintään 120 mg/l. Turussa viideltä havaintopaikalta tehdyn kertaluonteisen näytteenoton (heinäkuussa) perusteella saatiin kuitenkin pääosin vastaavia kiintoainepitoisuuksia kuin Helsingissä. Helsingin lumen keskimääräinen (1989-98) kiintoainepitoisuus on 22 mg/l ja sulamisveden 32 mg/l. Viikinmäen puhdistamolta lähtevän veden kiintoainepitoisuus on pieni; luokkaa 10 mg/l.



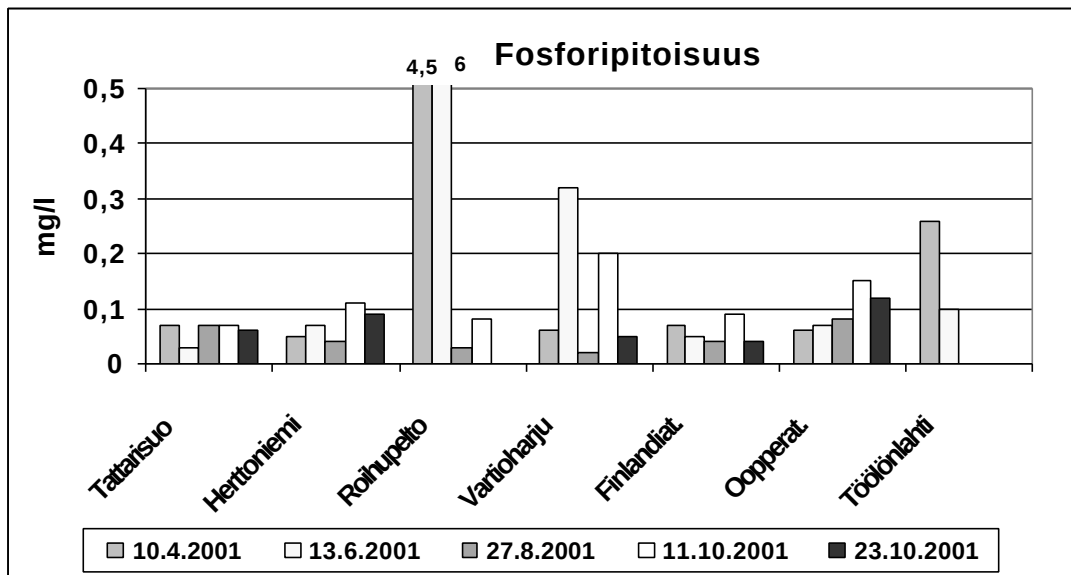
Kuva 4. Huleveden orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuus.

5.3 Fosfori- ja typpi

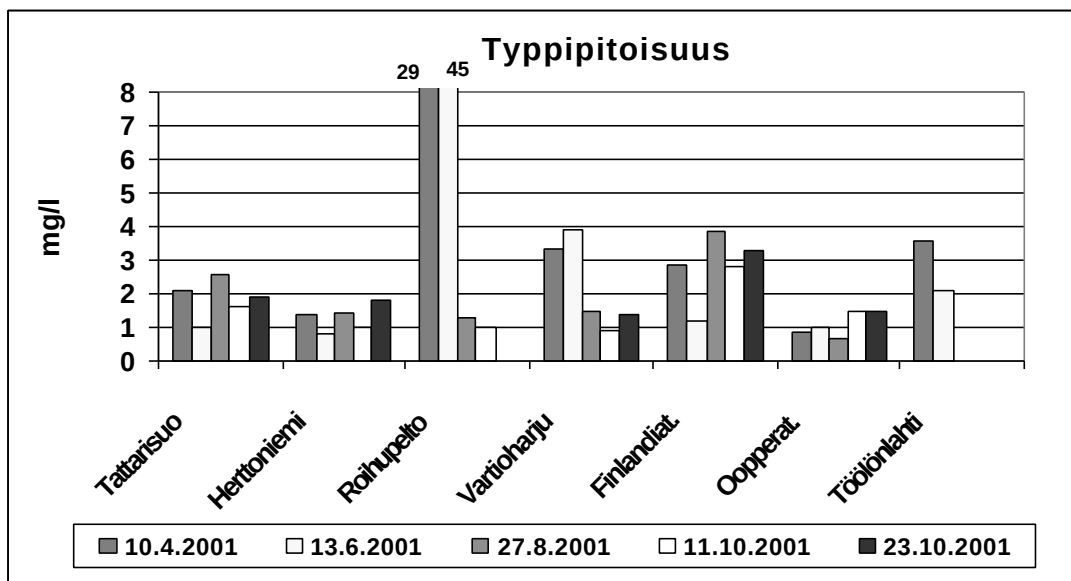
Huleveden kokonaisfosforipitoisuus oli yleensä alle 0,1 mg/l. Tattarisuolla, Herttoniemessä ja Finlandiatalla pitoisuudet eri havaintokerroilla olivat samaa suuruusluokkaa. Vartioharjussa fosforipitoisuus oli kesäkuussa ja loka-kuun alussa kohonnut samoin kuin Töölönlahden perukassa huhtikuussa. Roihupellon vedessä kokonaisfosforipitoisuudet olivat huomattavan suuria huhtikuussa ja kesäkuussa, mikä viittaa sadevesiviemäriin tulleetseen jätevesipäästöön (kuva 5).

Viikinmäen puhdistamolta lähtevän puhdistetun jäteveden kokonaisfosforipitoisuus on noin 0,50 mg/l, mihin verrattuna huleveden fosforipitoisuus on pääsääntöisesti vain noin 1/4. Helsingin lumesta ja lumensulamisvedestä mitatut fosforipitoisuudet olivat keskimäärin alle 0,12 mg/l.

Helsingin hulevesistä mitatut fosforipitoisuudet olivat pääasiassa samaa suuruusluokkaa kuin Mikkelissä, Turussa ja Vaasassa mitatut pitoisuudet. Mikkelissä fosforipitoisuus vaihteli 0,02 - 0,26 mg/l välillä, Turussa 0,03 - 0,19 mg/l välillä ja Vaasassa 0,09 - 1,5 mg/l välillä painotetun keskiarvon ollessa 0,19 mg/l.



Kuva 5. Huleveden kokonaisfosforipitoisuus.



Kuva 6. Huleveden kokonaistyyppipitoisuus.

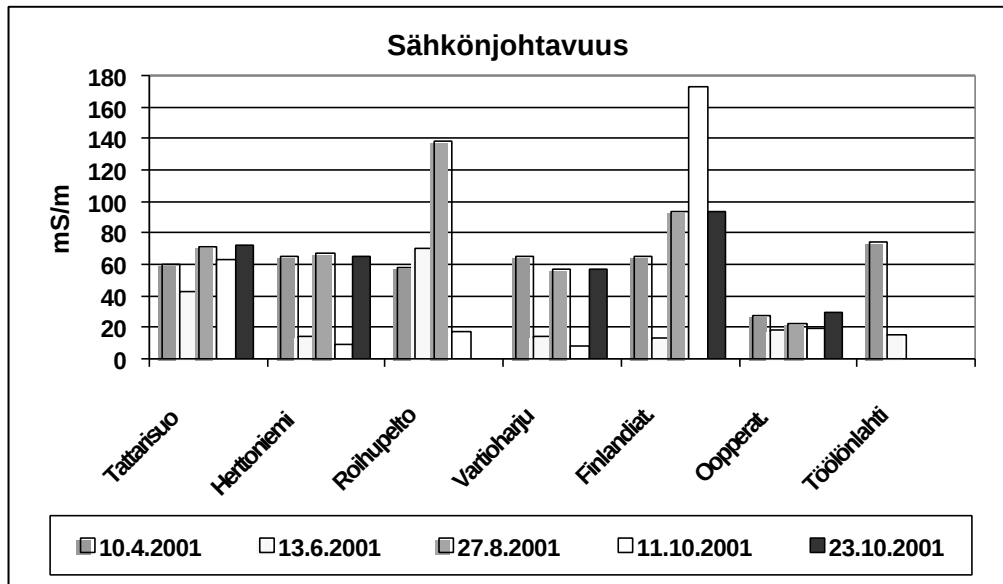
Huleveden pienimmät typpipitoisuudet mitattiin Herttoniemestä ja Oopperatalolta. Selvästi suurimmat pitoisuudet mitattiin Roihupellosta huhtikuussa ja kesäkuussa. Pitoisuustaso viittaa jätevesipäästöön kyseisinä ajankohtina. Elokuussa typpipitoisuus Roihupellossa oli jo pienentynyt normaalitasolle. Kokonaistyppipitoisuus vaihtelee eri alueilla epäsäännöllisesti, eikä mikään alue erityisesti erottaudu (kuva 6). Koko aineiston keskimääräinen typpipitoisuus (Roihupellon huhti- ja kesäkuun tulosta lukuunottamatta) oli 1,88 mg/l.

Huleveden typpi on Helsingissä suurelta osin ilmapäästöistä peräisin. Ydinkeskustassa Finlandiatalon, Oopperatalon ja Töölönlahden perukan alueella on erityisen paljon autoliikennettä, mutta huleveden typpipitoisuus ei merkittävästi poikkea muista alueista. Helsingissä huleveden typpipitoisuudet olivat hieman suurempia kuin Mikkelissä ja Turussa (x 1,35 mg/l). Vaasassa sen sijaan oli selvästi suurimmat pitoisuudet (x 2,35 mg/l). Viikinmäen puhdistamon käsitellyn jäteveden keskimääräinen typpipitoisuus vuonna 2000 oli 13 mg/l, mikä on huomattavasti suurempi pitoisuus kuin hulevesissä.

5.4 Sähkönjohtavuus, kloridi ja sulfaatti

Havaintopaikkojen sähkönjohtavuus oli yleensä lähellä arvoa 60 ms/m. Eri havaintokertojen välillä oli kuitenkin suuria vaihteluita. Suurimmat sähkönjohtavuusarvot mitattiin Roihupellosta elokuussa ja Finlandiatalolta lokakuun alussa (kuva 7).

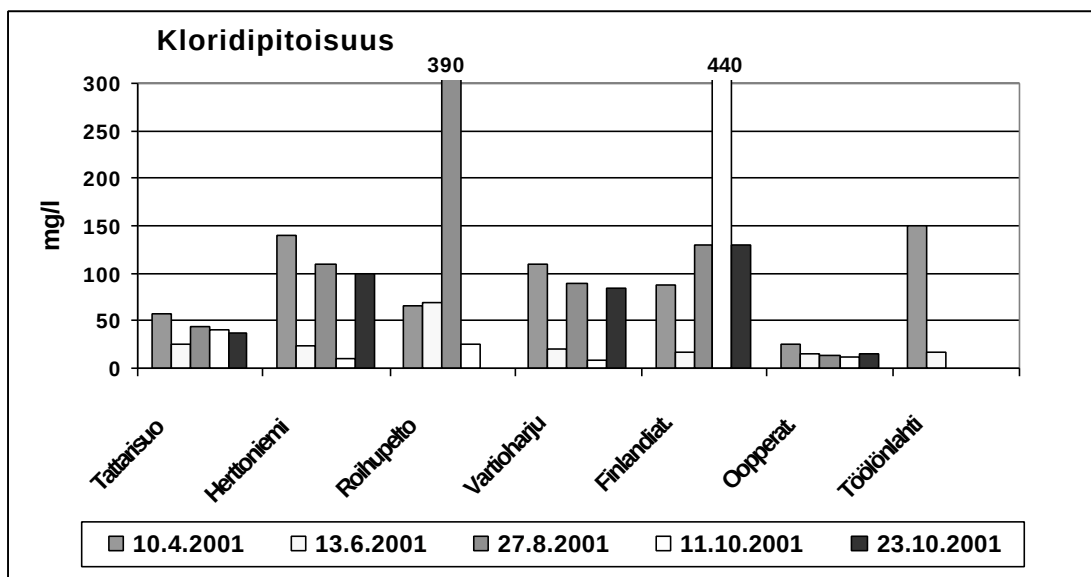
Samoissa paikoissa samoina ajankohtina mitattiin myös suurimmat kloridipitoisuudet. Roihupellosta mitattu suurin pitoisuus oli 390 mg/l ja Finlandiatalolta 440 mg/l. Pitoisuudet ylittivät Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksen (2001) talousvedelle antaman laatusuositusarvon 250 mg/l. Useimmissa kohteissa kloridipitoisuudet olivat suurimmat lumen sulamisen aikoihin, jolloin katujen talvikunnossapitoon liittyvä suolaaminen on vaikuttanut veden laatuun. Pitoisuuspiikit Roihupellossa ja Finlandiatalolla eivät kuitenkaan liity katujen suolaamiseen. Syyt satunnaisiin korkeisiin pitoisuuksiin eivät ole tiedossa (kuva 8).



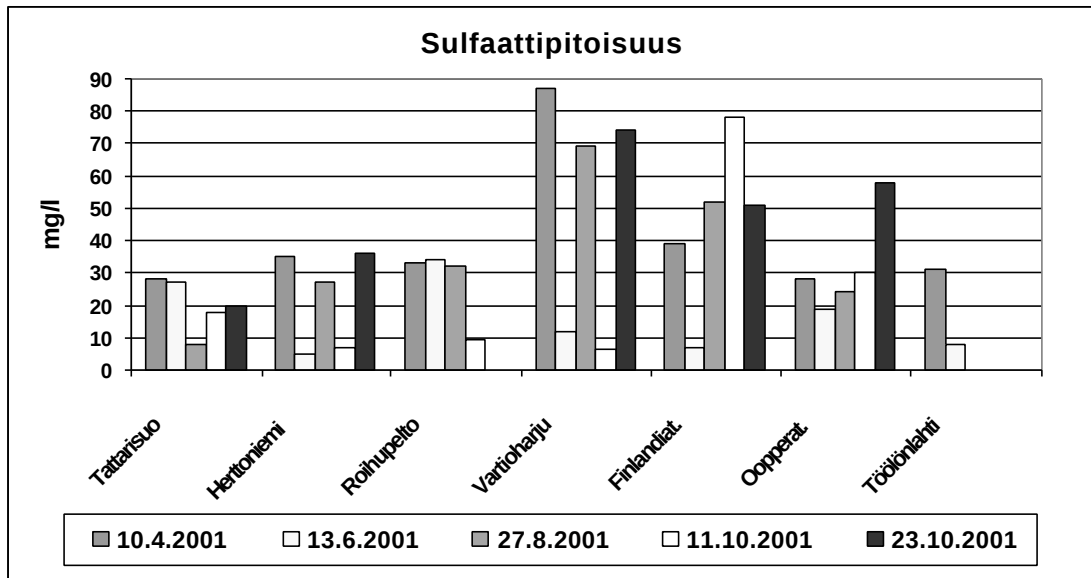
Kuva 7. Huleveden sähkönjohtavuus.

Suurimmat sulfaattipitoisuudet mitattiin Vartioharjusta. Seuraavaksi suurimmat pitoisuudet olivat Finlandiatalla ja Oopperatalolla. Pienin keskimääräinen sulfaattipitoisuus oli Tattarisuolla. Useissa kohteissa suurimmat pitoisuudet esiintyivät lumen sulamisen aikana (kuva 9). Rikkipitoisuuksia tulee maahan ja hulevesiin ilman kautta lähinnä energian tuotannon ja lämmityksen seurauksena.

STM:n asetuksessa sulfaatin laatusuositus talousvedelle on 250 mg/l ja putki-en syöpymisen estämiseksi suositusraja on 150 mg/l. Nämä raja-arvot alitettiin kaikilla havaintopaikoilla ja havaintokerroilla.



Kuva 8. Huleveden kloridipitoisuus.

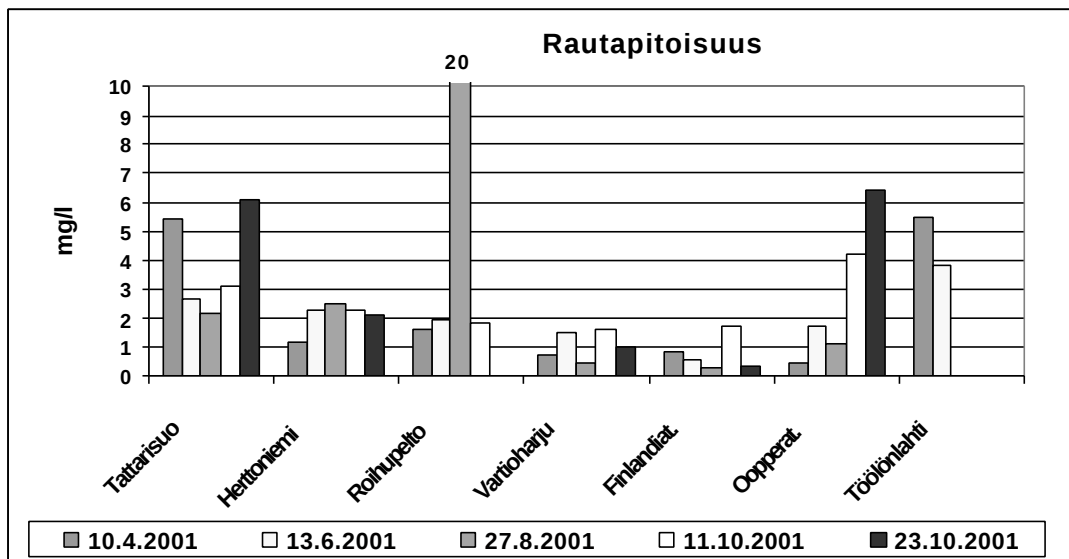


Kuva 9. Huleveden sulfaattipitoisuus.

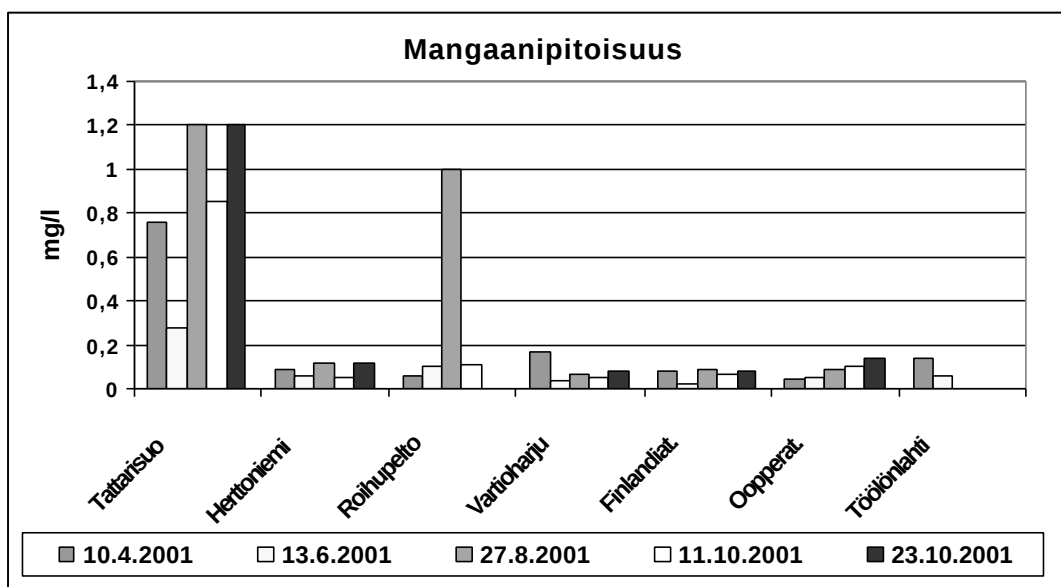
5.5 Metallit

5.5.1 Rauta ja mangaani

Suurimmat rauta - ja mangaanipitoisuudet olivat Tattarisuolla. Sen lisäksi Roihupellosta mitattiin elokuussa suuret rauta- ja mangaanipitoisuudet.



Kuva 10. Huleveden rautapitoisuus.



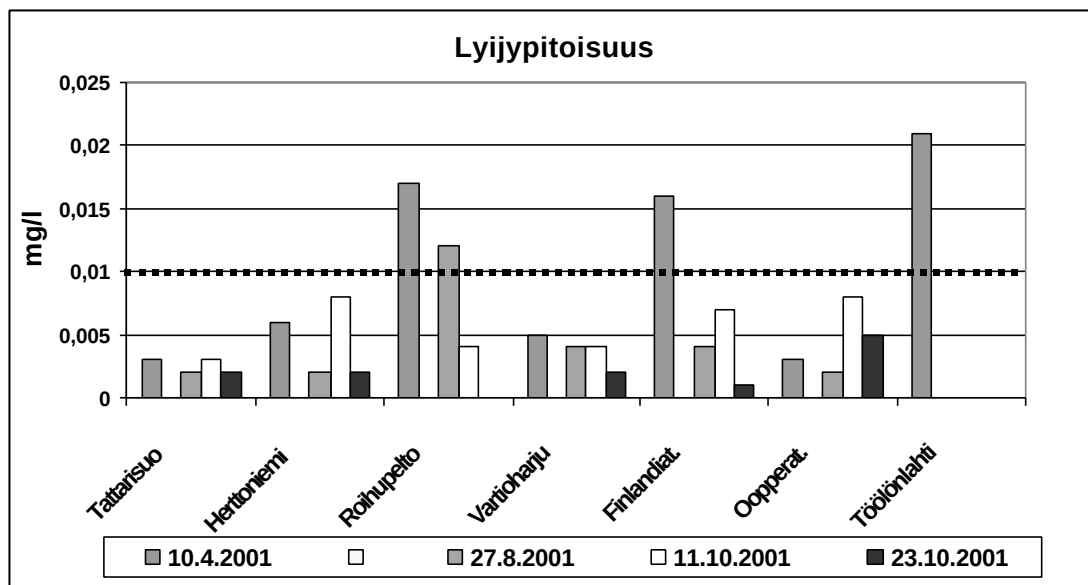
Kuva 11. Huleveden mangaanipitoisuus.

Oopperatalon sadevesiviemäriässä oli tavallista enemmän rautaa lokakuussa ja Töölönlahden perukassa huhti- ja kesäkuussa (kuvat 10 ja 11). Helsingin pu-roissa virtaava vesi on paikoitellen hyvin rautapitoista eikä Tattarisuon pur-kuoja poikkea rauta- ja mangaanipitoisuuden osalta muista puroista (Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunta 1987). Roihupellosta raudan ja man-gaanin lisäksi mitattiin elokuussa myös suuret kiintoaine- ja kloridipitoisuudet.

5.5.2 Elohopea, kadmium, kromi ja lyijy

Haitallisimpina raskasmetalleina pidetään yleensä elohopeaa, kadmiumia, lyi-lyä ja kromia. Näytevesien elohopeapitoisuudet jäivät alle analyysin määritys-ajan ($<0,2 \mu\text{g/l}$) kaikissa näytteissä. Näytteiden kadmiumpitoisuudet vaihteli-vat välillä $<0,2 - 0,7 \mu\text{g/l}$. STM:n talousvedelle annettu raja-arvo on $5 \mu\text{g/l}$, jo-ten pitoisuuksia voidaan pitää hyvin pieninä. Kromipitoisuudet olivat yleensä alle $20 \mu\text{g/l}$ (koko aineiston keskiarvo $11,3 \mu\text{g/l}$). STM:n asetuksen raja-arvo ($50 \mu\text{g/l}$) ylittyi vain kerran, jolloin Vartioharjussa mitattiin $65 \mu\text{g/l}$ pitoisuus. Helsingin Vesi on tutkinut Itäkeskuksen Mustapuronpolun sadevesipumppaa-mon veden raskasmetallipitoisuuksia kuukausittain ajalta lokakuu 1989 - jou-lukuu 1991. Keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli $1,13 \mu\text{g/l}$ ja kromipitoisuus $6,6 \mu\text{g/l}$ ($n=26$). Kadmiumpitoisuuden keskiarvoa nosti yksi yksittäinen mittaus ($18 \mu\text{g/l}$), muutoin pitoisuudet olivat lähes aina alle $1,0 \mu\text{g/l}$, mikä vastaa hyvin tämän tutkimuksen kohteiden pitoisuuksia. Viikinmäen puhdistamon käsitellyn jäteveden keskimääräinen kadmiumpitoisuus oli $0,04 \mu\text{g/l}$ ja kromipitoisuus $2,7 \mu\text{g/l}$ vuonna 2000 eli pitoisuudet ovat erittäin alhaisia. Tukholmassa on tehty selvitys tie- ja katumateriaalin kulumisen aiheuttamasta kuormituksesta ja ha-vaittu hulevesien kromin olevan pääasiassa peräisin katujen asfaltoimiseen käytetystä kiviaineksesta (Klint 2001).

Lyijypitoisuudet vaihtelivat välillä 1 - 21 µg/l, keskiarvon ollessa 6,0 µg/l (kuva 12). Talousvedelle annettu raja-arvo on 10 µg/l, joka ylittyi huhtikuun näytteissä Roihupellossa, Finlandiatalolla ja Töölönlahden perukassa sekä Roihupellossa myös elokuussa.



Kuva 12. Huleveden lyijypitoisuus. (..... = STM:n talousveden raja-arvo) Lumensulamisvedet sisälsivät lyijyä selvästi enemmän kuin kesäaikaiset hulevedet. Töölönlahden perukassa viemärin tukoksesta johtunut veden seisominen viemärissä näkyi lähes kaikkien aineiden "kasaantumisena". Kesäkuun lyijytulokset hylättiin analyysissä ilmenneen häiriön johdosta.

Mustapuronpolun pumpppaamolta 1989-1991 mitattu keskimääräinen lyijypitoisuus oli 7,0 µg/l. Keskiarvotulosten mukaan lyijypitoisuus ei ole juurikaan pienentynyt viimeisten 10 vuoden aikana. Viikinmäen puhdistamolta lähtevän puhdistetun jäteveden keskimääräinen lyijypitoisuus vuonna 2000 oli 2,0 µg/l. Siihen nähden hulevedet sisältävät enemmän lyijyä. Vaasassa tehdyssä selvityksessä huleveden lyijypitoisuus oli samaa suuruusluokkaa kuin Helsingissä.

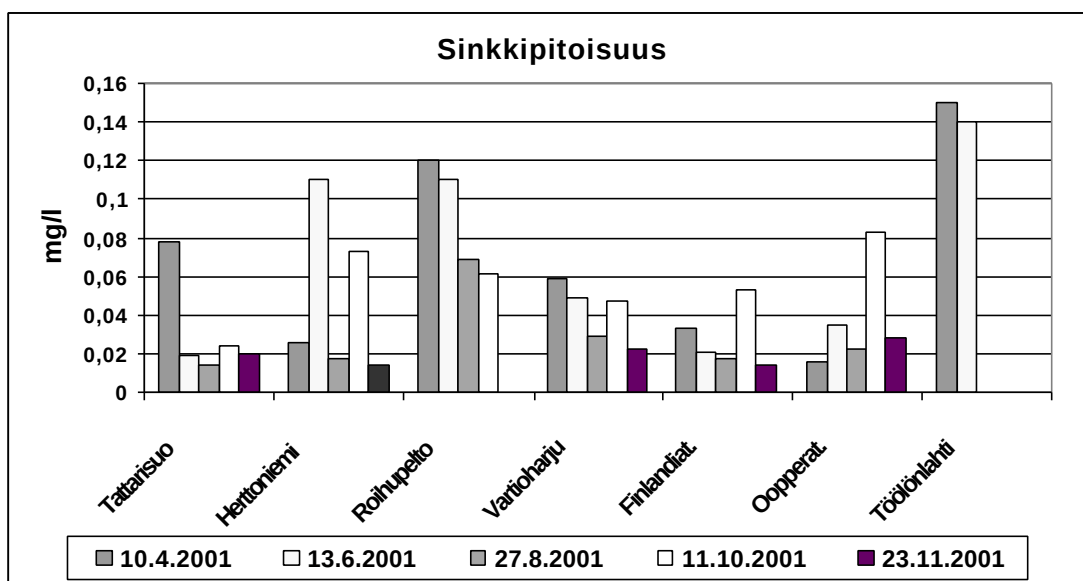
Tukholmassa liikenteen, etenkin nastarenkaiden, aiheuttama katupintojen kulumisen irrotti päällystemateriaalin kiviainekseen sitoutuneista raskasmetalleista eniten lyijyä (Klint 2001). Kuluminen johdosta irtoavat partikkelit ovat pakokaasupäästöihin verrattuna suurempikokoisia ja leviävät pääsääntöisesti hulevesien mukana ympäristöön. Koska hulevesien liikenneperäinen lyijy on peräisin katumateriaalista, lyijypitoisuus hulevesissä ei ole vähentynyt, vaikka ilmapäästöt lyijyttömän bensiinin käyttöönoton jälkeen ovat pienentyneet.

5.5.3 Sinkki, kupari ja nikkeli

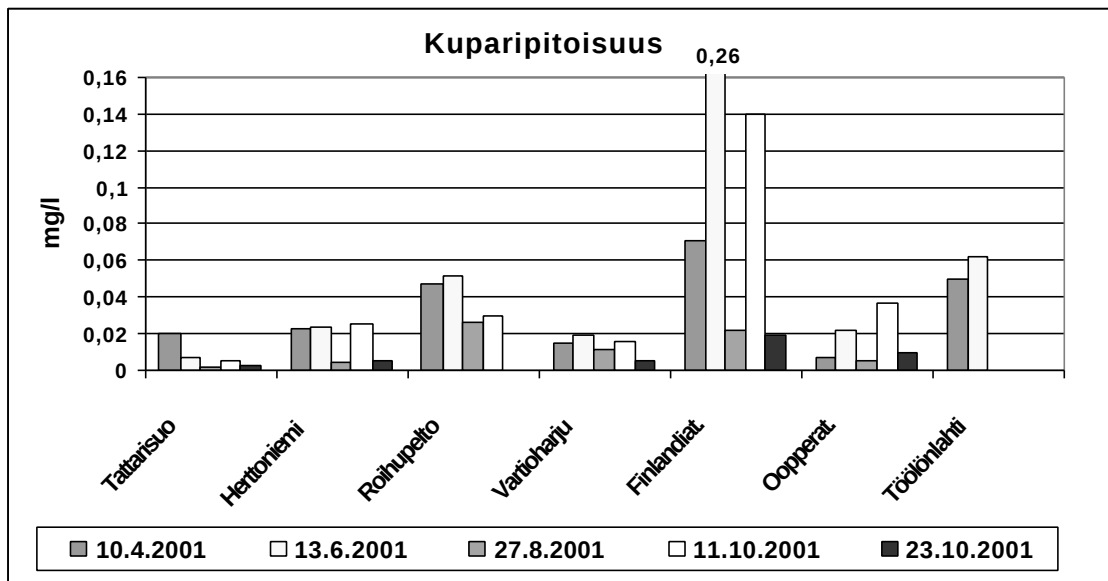
Suurimmat sinkkipitoisuudet mitattiin Töölönlahden perukassa, missä pitoisuus vaihteli 0,14 - 0,15 mg/l välillä. Koko aineiston keskimääräiseksi sinkkipitoisuudeksi tuli 0,041 mg/l, mutta eri havaintokertojen välillä esiintyi suurta vaihtelua. Useissa kohteissa suurimmat pitoisuudet olivat lumensulamisaikaan keväällä (kuva 13). Sinkin ja kuparin lähteenä pidetään rakennusmateriaaleja, joista korroosion seurauksena irtoaa metalleja. Etenkin maalaamattomilta, galvanoidulla pellillä päällystetyiltä katoilta kulkeutuu hulevesiin sinkkiä ja kuparikatoilta kuparia. Lisäksi sinkkiä voi irrota huomattavia määriä katujen päällysteen sisältämästä kiviaineksesta katujen kulumisen seurauksena (Klint 2000).

Helsingin hulevesistä mitatut sinkkipitoisuudet olivat hieman pienempiä kuin muualla tehdyissä selvityksissä mitatut pitoisuudet. Valtakunnallisessa selvityksessä Melanen (1980) sai sinkin maksimipitoisuudeksi 0,44 mg/l, Malmqvist (1994) Ruotsissa 0,64 mg/l, Kannala (2000) Vaasassa 0,49 mg/l ja Helsingissä mitattu suurin pitoisuus oli 0,15 mg/l. Helsingin Veden sadevesipumppaamotutkimuksessa 1989-91 saatiin sinkin keskimääräiseksi pitoisuudeksi 0,05 mg/l, mikä vastasi myös tämän tutkimuksen keskipitoisuutta.

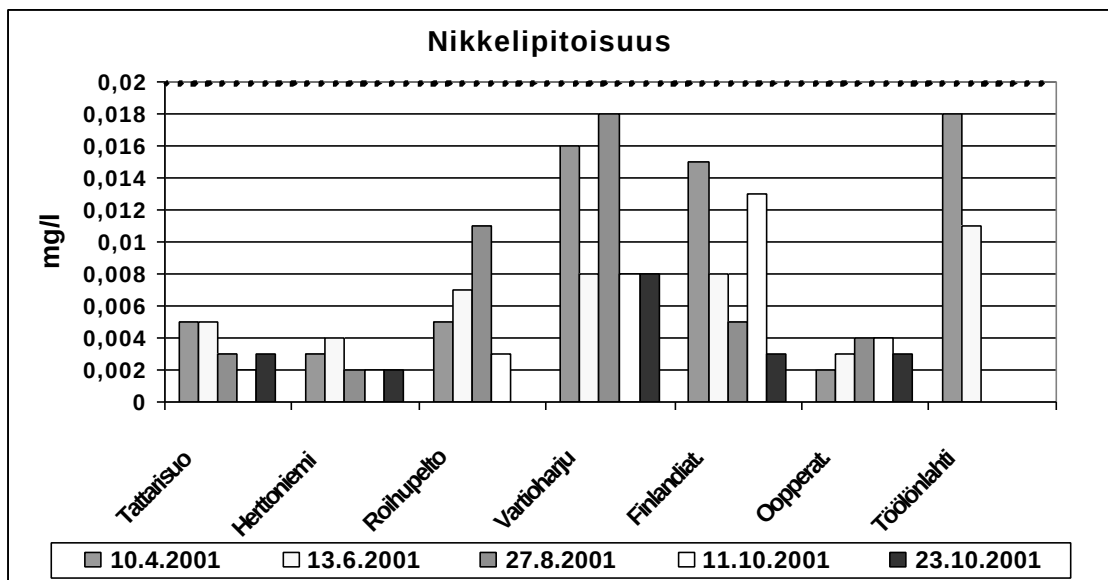
Kuparipitoisuudet olivat pieniä lukuunottamatta Finlandiatalon aluetta, jossa pitoisuudet olivat selvästi muita kohteita suuremmat (kuva 14). Finlandiatolossa on kuparikatto ja erilaisia kupariputkia, jotka ovat voineet vaikuttaa huleveden kuparipitoisuuteen. Finlandiatalon maksimipitoisuudet (0,14 mg/l ja 0,26 mg/l) eivät kuitenkaan poikenneet mitenkään muista tutkimuksista. Valtakunnallisessa hulevesiselvityksessä saatiin 0,035 - 0,180 mg/l kuparipitoisuuksia ja Ruotsissa on mitattu 0,026 - 0,323 mg/l pitoisuuksia. Vaasassa saatiin pienimmät kuparipitoisuudet vaihteluvälin ollessa 0,020 - 0,062 mg/l. Viikinmäen puhdistamon käsitellyn jäteveden kuparipitoisuus oli vuonna 2000 keskimäärin 0,018 mg/l, mikä yleensä sadevesiviemäreissä ylitettiin. Kuparille annettu STM:n talousveden raja-arvo on kupariputkista johtuen melko korkea; 2 mg/l, mikä pitoisuus alitettiin kaikissa näytteissä.



Kuva 13. Huleveden sinkkipitoisuus.



Kuva 14. Huleveden kuparipitoisuus.



Kuva 15. Huleveden nikkelipitoisuus. (..... = STM:n talousveden raja-arvo)

Nikkelipitoisuudet jäivät talousvedelle annetun raja-arvon alapuolelle kaikilla havaintopaikoilla. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin Roihupellosta, Vartiohar-

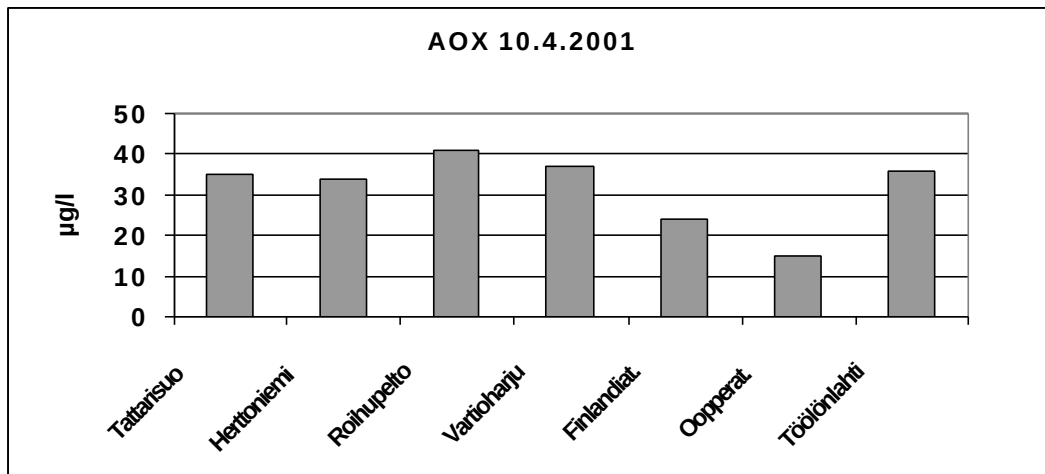
justa, Finlandiatolalta ja Töölönlahden perukasta (kuva 15). Koko aineiston keskiarvo oli 6,6 µg/l, mikä oli jonkin verran pienempi kuin sadevesipumppaamotutkimuksessa 1989-91, jossa nikkelipitoisuuden keskiarvo oli 9,1 µg/l. Viikinmäen puhdistamon käsitellyn jäteveden keskimääräinen nikkelipitoisuus vuonna 2000 oli 7,0 µg/l.

5.5.4 Muut metallit

Muita analysoituja metalleja olivat arseeni, barium, boori, koboltti, molybdeeni, antimoni, seleeni, tallium, uraani ja vanadiini. Näiden aineiden pitoisuudet huilevesissä olivat alhaisia (ks. liite 6).

5.6 Absorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet (AOX)

AOX ilmaisee veden eloperäisiin yhdisteisiin sitoutuneen kloorin kokonaismäärän. Siihen sisältyy sekä haitallisia että haitattomia yhdisteitä. AOX-yhdisteitä tutkittiin kertaluonteisesti eri tutkimuskohteista huhtikuussa. Pitoisuudet vaihtelivat tavanomaisesti 20 - 40 µg/l välillä (kuva 16). Vuosaaren rakentamiseen liittyvän pohjaveden laadun seurannan tulosten AOX-pitoisuudet ovat vaihdelleet välillä <5 - 125 µg/l keskiarvon ollessa 27 µg/l (n=44). Vuosaaren tuloksiin verrattuna pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa.



Kuva 16. Huleveden AOX-pitoisuudet.

5.7 Mineraaliöljyt

Roihupellon teollisuusalueelta huuhtoutui viemäriin öljyä etenkin lumensula-misvesien mukana. Muualla pitoisuudet olivat kaikilla havaintokerroilla alle 1 mg/l (taulukko 1).

Taulukko 1. Mineraaliöljypitoisuus eri havaintopaikoilla (mg/l)

Paikka pvm	Tattarisuo	Herttoniemi	Roihupelto	Vartioharju	Finlandia- talo	Ooppera- talo	Töölönlahti
10.4.01	<1	<1	7	<1	<1	<1	<1
13.6.01	<1	<1	1,6				
27.8.01	<1	<1	<1				
11.10.01	<1	<1	<1				
23.10.01	<1	<1		<1	<1	<1	

5.8 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Haihtuvista orgaanisista yhdisteistä merkittävimpiä ovat bensiinin lisäaineena käytetyt metyyli-tertiääri-butyylieetteri (MTBE) ja tertiääri-amylyli-metyyli-eetteri (TAME). Näiden yhdisteiden pitoisuudet hulevedessä olivat korkeimmat Herttoniemessä ja Tattarisuolla. Herttoniemessä MTBE:n pitoisuudet vaihtelivat 0,54 - 22,6 µg/l välillä keskiarvon ollessa 13,3 µg/l ja Tattarisuolla 4,10 - 18,0 µg/l, keskiarvon ollessa 8,67 µg/l. TAME:n keskiarvopitoisuus Herttoniemessä oli 3,79 µg/l ja Tattarisuolla 2,97 µg/l. Muissa tutkituissa kohteissa näitä yhdisteitä esiintyi satunnaisesti vähäisiä määriä (taulukko 2).

Taulukko 2. Huleveden VOC-yhdisteet. (Taulukossa on esitetty vain ne yhdisteet, joita todettiin määritystarkkuuden rajoissa. Täydelliset tulostaulukot on esitetty liitteessä 6).

analyysi µg/l	pvm	Tattarisuo	Herttoniemi	Roihupelto	Vartioharju	Finlandiat.	Oopperat.
MTBE	10.4.2001	5,76	15,33	0,71	3,2	Ei tod.	Ei tod.
	13.6.2001	8,26	14,85	Ei tod.	-	-	-
	27.8.2001	7,24	22,6	Ei tod.	-	-	-
	11.10.2001	18,00	13,00	2,00	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
	23.10.2001	4,10	0,54	-	Ei tod.	0,95	Ei tod.
TAME	10.4.2001	3,1	4,5	Ei tod.	0,17	Ei tod.	Ei tod.
	13.6.2001	3,99	4,54	0,13	-	-	-
	27.8.2001	3,06	6,6	Ei tod.	-	-	-
	11.10.2001	3,30	3,20	0,12	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
	23.10.2001	1,38	0,12	-	Ei tod.	0,26	Ei tod.
tolueeni	10.4.2001	Ei tod.	Ei tod.	1,3	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
	13.6.2001	0,26	0,3	1,4	-	-	-
etyylietseeni	10.4.2001	Ei tod.	Ei tod.	1,2	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
1,4-ksyleeni	10.4.2001	Ei tod.	Ei tod.	4,2	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
	13.6.2001	Ei tod.	Ei tod.	0,28	-	-	-
1,2-ksyleeni	10.4.2001	Ei tod.	Ei tod.	2,37	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
	13.6.2001	Ei tod.	Ei tod.	0,24	-	-	-
	10.4.2001	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
trikloroeteeni	13.6.2001	0,4	Ei tod.	Ei tod.	-	-	-

	23.10.2001	0,78	Ei tod.	-	Ei tod.	Ei tod.	Ei tod.
tetraklorome- taani	23.10.2001	Ei tod.	Ei tod.	-	Ei tod.	2,10	Ei tod.

Helsingissä tutkittiin vuonna 1999 luonnonvesien, talousveden ja jäteveden MTBE-pitoisuuksia (Piilo & Salla 2000). Luonnonvesinäytteet otettiin merestä (venesatamista), puroista, joesta ja pohjavedestä. Venesatamista mitattu keskimääräinen pitoisuus oli 2,6 µg/l ja suurin pitoisuus 6,12 µg/l. Purovedestä mitattu suurin pitoisuus oli 0,62 µg/l, pohjavedestä mitattu 0,72 µg/l ja jätevedestä mitattu 0,91 µg/l. Näihin tuloksiin nähden Herttoniemen sadevesiviemäristä ja Tattarisuon purkuojasta mitatut pitoisuudet olivat selvästi suurempia. USA:ssa on MTBE:lle annettu epävirallinen ohjearvo 20 µg/l, joka yhtä tulosta lukuunottamatta alitettiin tässä aineistossa.

Muista VOC-yhdisteistä esiintyi tolueenia, etyylibentseeniä ja ksyleeniä erityisesti Roihupellossa huhti- ja kesäkuussa. Samoina havaintokertoina näytteissä oli myös öljyä. Öljyä ei esiintynyt enää loppukesän ja syksyn näytteissä ja VOC-pitoisuudet olivat selvästi alentuneet.

Tattarisuolla havaittiin pieniä määriä trikloorieteeniä kesä- ja lokakuussa. Yhdiste on liuotinta, jota käytetään mm. rasvan poistoon. Finlandiatalon lähellä olevassa sadevesiviemärissä esiintyi lokakuussa tetraklorometaani-nimistä liuotinainetta.

5.9 Fekaaliset kolimuotoiset bakteerit

Fekaaliset kolimuotoiset bakteerit määritettiin kertaluonteisesti lokakuun lopun havaintokerralla. Finlandiatalolla ja Oopperatalolla fekaalisia kolimuotoisia bakteereja oli 2 kpl /100 ml, Tattarisuolla 24 kpl/100 ml, Vartioharjussa 460 kpl/100 ml ja Herttoniemessä 23 000 kpl/100 ml.

Suomessa tehdyissä muissa hulevesiselvityksissä hulevesissä on havaittu runsaasti suolistoperäisiä bakteereja. Valtakunnallisessa hulevesitutkimuksessa on saatu taajamien fekaalisten kolimuotoisten bakteerien määräksi 100 - 200 000 kpl/100ml (Melanen 1980). Mikkelin hulevesiselvityksessä saatiin fekaalisten kolimuotoisten bakteerien määräksi 0-1120 kpl/100 ml, Turussa kerätutkimuksessa 600-2100 kpl/100 ml ja Vaasassa 1200 - 120 000 kpl/100 ml. Bakteerien katsotaan olevan peräisin pääosin koirien ja lintujen ulosteista ja satunnaisista jätevesipäästöistä.

6 Johtopäätökset

Tattarisuon teollisuusalueen purkuojan veden laadussa teollisuustoiminta näkyi lähinnä bensiinin lisäaineiden MTBE:n ja TAME:n kohonneina pitoisuuksina sekä pieninä määrinä liuotinaiteita. Raskasmetalleja, sulfaattia, kloridia eikä ravinteita ollut poikkeavia määriä. Ojaveden korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet johtuvat taas luonnonolosuhteista eikä teollisuustoiminnasta. Tattarisuon teollisuusalueen kadunvarsiojat keräävät suurimman osan alueelta tulevista päästöistä ja mahdolliset haitta-aineet imeytyvät ojissa maaperään ja

jäävät alueelle. Vain osa teollisuusalueen sadevesistä päätyy lopulta alueelta lähtevään purkuojaan. Tämän selvityksen perusteella alueelta ei vesien mukana poistu merkittäviä määriä haitallisia aineita.

Herttoniemen teollisuusalueen päästöt ovat lähinnä liikenneperäisiä ja autojen korjaukseen ja huoltoon liittyviä MTBE- ja TAME-päästöjä. Tutkimuskohteista Herttoniemen alueella bensiinin lisäainepitoisuudet hulevedessä olivat suurimmat. Muita tutkittuja aineita Herttoniemen sadevesiviemärin vedessä oli melko vähän. Fekaalisia kolimuotoisia bakteereja Herttoniemessä oli lokakuun kertaluonteisessa tutkimuksessa runsaasti. Koska ravinnepitoisuudet olivat samaan aikaan normaalilla tasolla, kyse ei ollut jätevesipäästöstä.

Roihupellon teollisuusalueella öljypitoiset päästöt ovat vaikuttaneet huhti- ja kesäkuun kohonneisiin huleveden VOC- ja öljypitoisuuksiin. Loppuvuodesta öljyä ei enää havaittu ja VOC-pitoisuudet olivat selvästi alentuneet. Huhti- ja kesäkuun näytteiden ravinnepitoisuudet olivat erityisen korkeita ja viittasivat sadevesiviemäriin joutuneeseen jätevesipäästöön. Loppukesästä alkaen ravinnepitoisuudet pienenivät normaalitasolle. Elokuussa hulevedessä oli erityisen runsaasti kiintoainetta, kloridia ja metalleja, mikä viittaa myös jonkinlaiseen tilapäiseen päästöön valuma-alueella. Tutkimusjakson aikana kyseisessä sadevesiviemärissä veden laatu vaihteli paljon ja muihin kohteisiin verrattuna monien aineiden pitoisuushuiput esiintyivät Roihupellossa. Sadevesiviemärin valuma-alueelta oli tutkimusjakson aikana päässyt viemäriin erilaisia ja eri aineita sisältäviä päästöjä, jotka heikensivät huleveden laatua.

Vartioharjun valuma-alueelle tuleva kuormitus näkyi parhaiten lumensulamisvesissä. Lumensulamisvesissä oli metalleja, kloridia ja tyyppä yleensä enemmän kuin kesäaikana. Sulamisvesien pH oli erityisen alhainen ja sulfaattipitoisuudet korkeita. Talojen lämmityksestä (ei kaukolämpöä) syntyvät päästöt näkyivät erityisesti Vartioharjun hulevesissä ja nimenomaan lumensulamisvesissä. Liikenteen vaikutusta ei juurikaan näkynyt kesäsateiden aiheuttamassa huuhtoumassa, mutta sulamisvesissä esiintyi muiden liikennepäästöjen lisäksi pieniä määriä bensiinin lisäaineita. Teollisuus ja ydinkeskustan alueisiin verrattuna liikenteen päästöjen vaikutus oli Vartioharjun asuinalueella hieman vähäisempää, mutta erot eivät olleet kovin suuria.

Töölönlahteen tulevien hulevesien kiintoaineen, orgaanisen aineen ja ravinteiden pitoisuudet olivat pieniä. Metallipitoisuudet olivat yleensä alhaisia, poikkeuksena lumensulamisvesien lyijypitoisuudet ja Finlandiatalon alueen kuparipitoisuus. Kupari on ilmeisesti peräisin Finlandiatalon kuparikatosta ja kupariputkista. Lokakuun alun havaintokerralla Finlandiatalon sadevesiviemärin veden kloridi- ja sulfaattipitoisuudet olivat ilmeisesti jonkinlaisen päästön seurauksena kohonneet. Öljyä ei havaittu ja bensiinin lisäaineita esiintyi lähinnä kevään sulamisvesissä. Huleveden sulfaattipitoisuudet olivat Vartioharjun jälkeen suurimmat, mikä todennäköisesti johtuu Salmisaaren voimalaitoksen läheisyydestä. Ydinkeskustan hulevesissä näkyi liikenteen ja energiatuotannon päästöjen vaikutusta, mutta haitta-ainepitoisuudet eivät olleet erityisen korkeita. Töölönlahden perukassa olevan sadevesiviemärin tulokset eivät kuvaa normaalitilannetta viemärin tukkeutumisen johdosta.

Yleisesti ottaen tutkittujen alueiden hulevesissä oli suhteellisen vähän kiintoainetta, orgaanista ainetta ja ravinteita. Koska haitalliset aineet esim. raskasmetallit ovat sitoutuneita kiintoaineeseen ja orgaaniseen aineeseen, haitallisten aineiden pitoisuudet eivät normaalitilanteessa olleet merkittävän suuria minkään tutkimuskohteen hulevesissä. Kiintoaineen ja orgaanisen aineen vähyteen tutkituilla alueilla ovat vaikuttaneet mm. valuma-alueiden enimmäkseen päällystetyt pinnat ja vähäiset viheralueet, katujen hyvä puhtaanapito ja tutkimusajankohdat. Rankkasateen aikana syntyy todennäköisesti suurempi kiintoainehuuhtouma kuin mitä tässä selvityksessä havaintoajankohtina esiintyi.

Hulevesissä olevat haitta-aineet ovat pääsääntöisesti peräisin liikenteestä. Todennäköisesti katujen kulumisen seurauksena hulevesiin joutuu etenkin lyijyä, kromia ja sinkkiä. Osa haitta-aineista on ilman kautta hiukkaslaskeumana veden joutuvia yhdisteitä kuten typpi- ja rikkiyhdisteet. Eri alueiden typpi- ja lyijypitoisuudet eivät kovin paljon poikenneet toisistaan. Suuremmat typpipitoisuudet Turussa ja Mikkelissä tehtyihin selvityksiin verrattuna johtuvat todennäköisesti Helsingin suuremmasta liikennemäärästä. Keskustan liikenneväylien bensiinin lisäainepäästöt hulevesiin eivät ydinkeskustassa olleet suuria, vaan niitä esiintyi erityisesti teollisuusalueilla.

Teollisuusalueilta tulevan huleveden laatu poikkesi muista alueista normaalitilanteessa lähinnä vain suurempien VOC-pitoisuuksien muodossa. Roihupellon alue poikkesi muista alueista siinä, että tutkimusjakson aikana sadevesiviemäriin oli valuma-alueelta tullut eri tyyppisiä satunnaispäästöjä, jotka heikensivät selvästi veden laatua.

Lähdekirjallisuus

Fred, T. 2001. Helsingin kaupungin jätevesien johtamisen ja käsittelyn veloitettarkkailun tulokset vuodelta 2000. Moniste. 13.s. Helsingin Vesi. Viikinmäen puhdistamo.

Helsingin kaupungin ympäristönsuojelulautakunta 1987. Helsingin purot. Julkaisu 5/1987. 97 s.

Kannala, M. 2001. Vaasan kaupungin hulevesikuormituksen vähentäminen. Alueelliset ympäristöjulkaisut 216:1-95. Länsi-Suomen ympäristökeskus.

Klint, M. 2001. Vägmaterialets bidrag till dagvattenföroreningarna inom Stockholms stad. Institutionen för Geologi och Geokemi. Stockholms Universitet. Rapport 25. 63 s.

Lahtinen, J. 1992. Sadevesitutkimus 10.10.1989-31.12.1991. Moniste. 11 s. Helsingin kaupunki. Vesi- ja viemärlaitos.

Malmqvist, P-A., Svensson, G., Fjellström, C. 1994. Dagvattnets sammansättning. Svenska vatten- och avloppsvattenföreningen, VAV. VA-forsk Rapport 1994/11. 37 s.

Melanen, M. 1980. Taajamien hule- ja sulamisvedet. I-osa, laadun tarkastelu. Vesihallituksen tiedotus 197:1-138.

Piilo, T. & Salla, A. 2000. Metyyli-t-butyylietteri (MTBE) Helsingin vesissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 11/2000. 14 s.

Salonen, I. 2000. Aurajoen valuma-alueen hulevesiselvitys. Insinööritoimisto. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Moniste. 56 s. Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

Teiska, M. 1997. Mikkelin kaupunkialueen hulevesiselvitys. Mikkelin seudun ympäristökeskuksen julkaisuja 3/1998. 27 s.

Vahanne, P., Koskinen, A., Mäkelä, K., Tuominen, A., Räsänen, J., Huhdanmäki, A., Ritola, J. 2000. Kaduille ja kiinteistöihin kertyneen, poiskuljetettavan lumen hävittäminen Helsingissä. VTT Yhdyskuntatekniikka. Tutkimusraportti 570. 87 s. Helsingin kaupungin rakennusvirasto.

Vuosaaren pohjavesialue. Pohjavesialueelle rakentamiseen liittyvien pohjavesitarkkailujen tuloksia. Helsingin kaupungin ympäristökeskus.