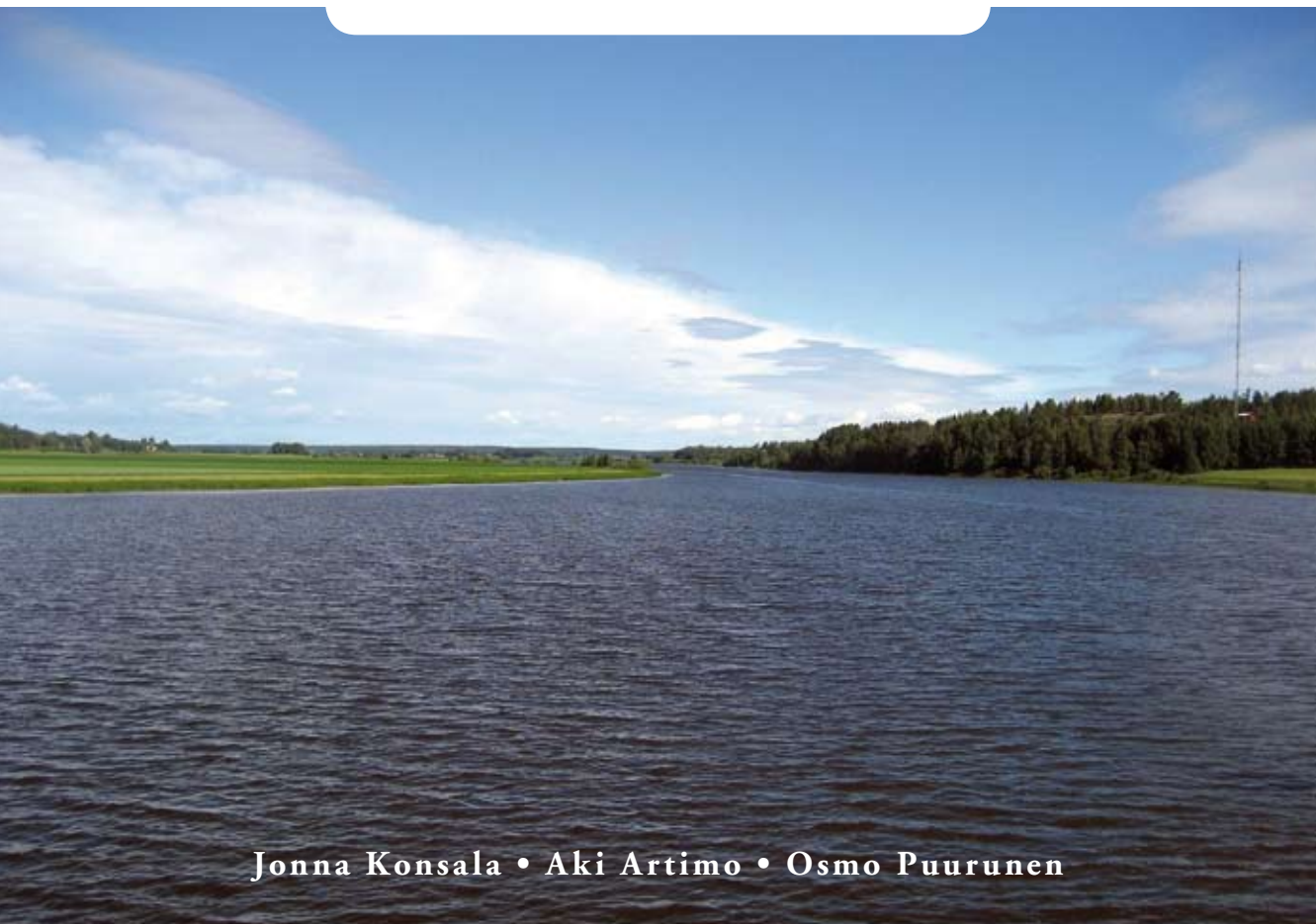




KOKEMÄENJOEN VALUMA-ALUEEN VAIKUTUKSET RAAKAVEDEN LAATUUN KARHINIEMESSÄ

Vedenlaatututkimukset
osana tekopohjavesihanketta



Jonna Konsala • Aki Artimo • Osmo Puurunen



KOKEMÄENJOEN VALUMA-ALUEEN VAIKUTUKSET RAAKAVEDEN LAATUUN KARHINIEMESSÄ

**Vedenlaatatutkimukset
osana tekopohjavesihanketta**

Turun Seudun Vesi Oy:n julkaisu
2008

ISBN 978-951-9253-09-1

© Turun Seudun Vesi Oy ja tekijät
Julkaisija: Turun Seudun Vesi Oy

Kirjoittajat: Jonna Konsala,
Aki Artimo ja Osmo Puurunen

Taitto ja kannen grafiikka:
Mainostoimisto Dimmi
Paino: Painoprisma Oy, Lieto

Karttojen julkaisulupa
© Maanmittauslaitos, lupa nro VASU/132/2008

Tilaukset: Turun Seudun Vesi Oy,
Maariankatu 1, 20100 Turku
Puh. (02) 277 7650

www.turunseudunvesi.fi

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
1.1 Pintavesi tekopohjaveden raakavetenä	6
1.2 Pintaveden laatu ja sen merkitys tekopohjaveden valmistuksessa	6
Vesistöihin kohdistuva kuormitus	6
Pintaveden laatu ja esikäsittely	8
1.3 Vedenlaadun tarkkailu Kokemäenjoessa	10
Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry	10
Automaattinen vedenlaadun seuranta	11
1.4 Kokemäenjoen tila ennen, nyt ja tulevaisuudessa	13
Pistekuormitus saatu kuriin	13
Hajakuormitus nykyisin pääosassa	13
Kokemäenjoen tila parantunut huomattavasti	13
Tulevaisuus	13
2 KOKEMÄENJOEN VESISTÖALUE	15
2.1 Yleiskuvaus	15
2.2 Vesistön osa-alueet ja niiden vedenlaatu	17
Pohjoiset järvireitit	17
Eteläiset järvireitit	17
Läntinen vesistöalue	18
2.3 Karhiniemen yläpuolinen valuma-alue ja sen piirteet	20
3 AIKAISEMPIA TUTKIMUKSIA	26
3.1 Vedenlaadun intensiiviseuranta vuosina 2000–2001	26
3.2 Sedimenttitutkimukset	26
3.3 Elohopeakokeet	29
3.4 Lääkeainetutkimukset	30

4 TUTKIMUSAINEISTOT JA -MENETELMÄT	32
4.1 Paikkatietoanalyysit.....	32
4.2 Vedenlaatuanalyysit.....	34
5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	36
5.1 Sääolojen vaikutus Kokemäenjoen virtaamaan	36
5.2 Vedenlaadun vaihtelu	37
Kiintoaine ja sameus.....	37
Sähkönjohtavuus	39
Happamuus ja alkaliteetti.....	42
Happitilanne	42
Orgaaninen aines	45
Ravinteet	46
Mikrobiologinen veden laatu	51
Rauta ja mangaani.....	53
Sulfaatit ja kloridit.....	53
Elohopea ja muut raskasmetallit	55
5.3 Valuma-alueen ominaisuuksien vaikutukset vedenlaatuun	55
Pintavalunta kuljettaa aineksia valuma-alueelta.....	56
Yläpuoliset järvet tasoittavat valuntaa ja toimivat nieluina	57
Maaperän geokemia vaikuttaa raakaveden laatuun	58
Maatalous lisää raakaveden ravinnepitoisuuksia	60
Asutusten jätevedet heikentävät veden mikrobiologista laatua.....	62
Teollisuus on päävastuussa raskasmetallikuormituksesta.....	63
6 LOPUKSI	65
LÄHDELUETTELO	66
LIITTEET	72



1 JOHDANTO

Tämän raportin tarkoituksena on koota yhteen Kokemäenjoen vedenlaatua koskevien tutkimusten tuloksia sekä arvioida vedenlaatuun vaikuttavia tekijöitä joen valuma-alueella. Havaintoja veden laadusta verrataan juomaveden valmistuksessa käytettävälle raakavedelle asetettuihin käyttökelpoisuusluokituksiin. Kokemäenjoen vedenlaadulla on tärkeä merkitys Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksen raakaveden oton kannalta. Pitkän ajan seurannalla saadaan tärkeää tietoa vedenlaadun vaihtelusta eri vuodenaikoina ja eri olosuhteissa. Raakaveden esikäsittelyssä tulee ottaa huomioon kaikki tekijät, jotka saattavat vaikuttaa veden käyttökelpoisuuteen tekopohjaveden imeytyksessä.

1.1 Pintavesi tekopohjaveden raakavetenä

Tekopohjavettä valmistetaan Suomessa 25 laitoksella. Raakavetenä tekopohjaveden imeytyksessä käytetään sekä järvi- että jokivettä. Tekopohjavesilaitoksilla käytettävän pintaveden laatu vaihtelee. Vesihuoltolain määräysten mukaan vesilaitosten on tarkkailtava käyttämänsä raakaveden määrää ja laatua. Raakaveden laatuvaatimuksista ja tarkkailun tiheydestä laki ei anna tarkkoja säännöksiä. Imeytettävän pintaveden laadun tutkimustiheys tekopohjavesilaitoksilla vaihtelee laitoskohtaisesti. (Hatva ym. 2004)

Pintaveden puhdistumisen kannalta tärkeimmät laatutekijät tekopohjaveden muodostamisessa ovat orgaanisen aineksen, hiilidioksidin ja veden liunneen hapen pitoisuudet (Hatva 2004). Vuodenajat vaikuttavat vedenlaatuun (lämpötila, happi, TOC) selvimmin allasimetyksessä etenkin imeytymisen alkuvaiheessa (Helmisaari ym. 2003). Riittävän viipymän jälkeen tekopohjavesi voidaan rinnastaa laadultaan pohjaveteen (Hatva 2004). Tekopohjaveden tuotannossa päästään orgaanisen aineksen suhteen hyvään tulokseen, kun TOC-pitoisuus laskee alle 2 mg/l. Tämä on myös hyvälle tekopohjavedelle asetettava tavoitearvo.

1.2 Pintaveden laatu ja sen merkitys tekopohjaveden valmistuksessa

Vesistöihin kohdistuva kuormitus

Raakavetenä tekopohjaveden valmistuksessa käytetään yleisimmin järvestä tai joesta otettavaa pintavettä (Díaz-Cruz & Barceló 2008). Pintaveden laatuun vaikuttavat teollisuuden, maatalouden ja asutuksen aiheuttamat päästöt. Luonnostaan vesistöjä kuormittavat luonnontilaisen valuma-alueen ja sadannan tuomat ainemäärät, jotka ovat vesistön pilaantumisen ja rehevöitymisen kannalta kuitenkin vähäisiä (Lehtovuori 2003).

Ihmistoiminnan aiheuttama piste- ja hajakuormitus ovat useimmin syynä vesistöjen laadun heikkenemiseen. Pistekuormituksen lähteitä ovat muun muassa teollisuus ja jätevedenpuhdistamot, joiden kuormitus on tasaista läpi vuoden. Muita pistekuormittajia ovat muun muassa kaatopaikat ja turvetuotantoalueet. Maa- ja metsätalous sekä haja- ja loma-asutus luokitellaan puolestaan hajakuormitukseksi, jonka määrä vaihtelee vuodenaikojen ja päästöetäisyyden mukaan. Hajakuormitus kulkeutuu vesistöihin pintavaluntana tai jokien ja ojien kautta. (Lehtovuori 2003)

Muun muassa teollisuuden aiheuttamaa pistekuormitusta säädellään laeilla ja direktiiveillä, mutta näistä huolimatta haitallisia kemikaaleja on ajoittain joutunut veteen aiheuttaen veden

likaantumista (Díaz-Cruz & Barceló 2008). Kokemäenjoki on ollut raskaan teollisuuden kuormituksen kohteena, mistä johtuen vedenlaatu on ollut 1960 ja 1970-luvuilla heikko. Vesistöä ovat kuormittaneet muun muassa paperiteollisuus ja sahat, tekstiiliteollisuus, metalliteollisuus, kumi- ja muoviteollisuus, kemianteollisuus sekä turkiska- ja nahkateollisuus (Raunio 1992). Parannusta vedenlaatuun on tapahtunut kahden selluloosatehtaan lopetettua toimintansa 1980-luvulla (Oravainen 2006).

Kokemäenjoen vesistöalueella on haja-asutuksen lisäksi useita kaupunkeja ja taajamia, joiden jätevedet johdetaan puhdistamoiden kautta vesistöön. Haitallisimpia jätevesien aineita ovat ravinteet, kiintoaines ja mikrobit, jotka saattavat vaikeuttaa vedenhankintaa (Lehtovuori 2003).



Kuva 1. Tekopohjavesihankkeen raakavedenottamo sijaitsee Karhiniemen sillan eteläreunassa Kokemäenjoen varrella. (Kuva: Jonna Konsala 2.7.2008)

Ravinteiden ohella vesistöön joutuu myös eloperäistä orgaanista ainesta, esimerkiksi humusta tai jätevesistä peräisin olevaa kiintoainesta. Jätevedenpuhdistamoilta saattaa joutua vesistöihin myös lääkaineita (esim. Vieno ym. 2005a). Nykyään jätevedet puhdistetaan biologisesti, mikä on vähentänyt jätevesipuhdistamoiden kuormitusta vesistöön (Oravainen 2006).

Maatalouden hajakuormitus vaikuttaa nykyään merkittävimmin Kokemäenjoen veden yleislaatuun ja ravinnetasoon (Oravainen 2006). Lannoitteet ja torjunta-aineet huuhtoutuvat peltoalueilta, joiden laaja-alaisuus tekee maatalouden hajakuormituksen hallinnasta vaikeaa (Díaz-Cruz & Barceló 2008). Eläintilojen vuotavista lantaloista tai epäedulliseen vuodenaikaan pelloille levitetystä lannasta aiheutuu vesistöihin ravinnepäästöjä (Rekolainen ym. 1992). Metsätalouden toimenpiteiden, kuten kunnostusojitusten, lannoituksen, uudistushakkuiden ja maanmuokkauksen seurauksena vesistöihin kulkeutuu kiintoainesta ja ravinteita (Joensuu ym. 2004). Metsäteollisuuden vaikutus on Kokemäenjoen vesistössä kuitenkin vähentynyt merkittävästi (Perälä 2007a).

Tekopohjaveden valmistuksessa pyritään raakaveden sameuden ja kiintoaineksen sekä kiintoainekseen sitoutuneiden raskasmetallien vähentämiseen, humuksen ja sen aiheuttaman värin pienentämiseen, veden mikrobiologiseen puhdistumiseen ja lämpötilan tasaantumiseen (Jaakko Pöyry Infra 2001). Hyvän raakaveden ominaisuuksia ovat muun muassa vähäinen orgaanisen aineksen määrä, runsashappisuus, hyvä bakteriologinen laatu ja vähäravinteisuus (Mälkki 1999).

Kokemäenjoen vedenlaatu vaihtelee vuodenajoittain. Kevätvalumien ja syyssateiden aikana ainesten pitoisuudet ovat suurimpia (Turun Seudun Vesi Oy 2003). Hajakuormituksen ollessa suurinta valuma-alueelta kulkeutuu vesistöihin kiintoainesta ja soilta humusta. Tulva-aikoina myös veden hygieeninen laatu heikkenee. Normaalityönteissä vedenlaadun vaihtelun ei ole todettu aiheuttavan tarvetta kuitenkaan raakavedenoton keskeyttämiselle (Turun Seudun Vesi Oy 2003). Kokemäenjoen raakavesi erottuu muista Suomessa käytetyistä raakavesistä suuremman sameuden ja kiintoainepitoisuuden takia (taulukko 1).

Taulukko 1. Raakaveden laatu Suomen eri tekopohjavesilaitoksilla.

	Hämeenlinna, Ahvenisto	Jyväskylä, Vuonteenharju	Tuusula, Jäniksenlinna	Mikkeli, Pursiala	Virttaankangas
Raakavesilähde	Alajärvi	Kuusvesi	Päijänne	Pitkäjärven vesistö	Kokemäenjoki
Esikäsittely	ei	ei	ei	ei	kyllä
TOC mg/l	10,3	6,7	5,8	7,4	8,4
KMnO ₄ -luku mg/l	43,5	21	20,9	24,9	33
COD _{Mn} mg/l	7,5-13,7	5,0-7,0	5,0-7,0	5,0-6,0	8,0-9,0
Väri mg/l Pt	20-60	15-25	<20	20-35	44
Happi mg/l	5,6	10,7	9,4	9	10,3
Kiintoaine mg/l	ei tiedossa	1,2	<1	1,5	5,4
Sameus FNU	1,51	0,83	1,78	1,0-4,0	5
Alkaliniteetti mmol/l	0,32	0,18	0,25	0,29	0,25
Sähkönjohtokyky mS/m	7,6	4,7	7,2	9,3	9

Tekopohjaveden muodostaminen tapahtuu imeyttämällä esikäsiteltyä tai käsittelemätöntä raakavettä maaperään. Maaperässä virratessaan imeytetyn veden laatu muuttuu luontaisen pohjaveden kaltaiseksi fysikaalisten, kemiallisten ja mikrobiologisten prosessien avulla. Veden viipymäajalla on todettu olevan tärkeä merkitys tässä prosessissa (esim. Kivimäki 1992). Kivimäen (1992) mukaan tärkeimpiä raakaveden kelpoisuuteen vaikuttavia ominaisuuksia ovat kiintoaineksen määrä, orgaanisen aineksen määrä, väri ja ravinteet. Iihola (1975) on jakanut tekopohjavedeksi valmistettavan raakaveden laadun fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten ominaisuuksien mukaan (taulukko 2).

Raakaveden kiintoaineksen suuri määrä edistää suodatinaineksen tukkeutumista (Kivimäki 1992). Samoin tukkeutumista aiheuttaa fosfori, joka edistää klorofylli-a:n tavoin leväkasvun riskiä imeytyksessä (Suunnittelukeskus Oy 2002). Orgaaninen aines pyritään poistamaan raakavedestä, koska se aiheuttaa esteettisiä ja hajuhaittoja sekä lisää bakteerikasvua (Lindroos ym. 2002). Orgaanisesta aineksesta saattaa muodostua karsinogeenisia tai mutageenisia yhdisteitä klooridesinfioinnin yhteydessä. Kiintoainekseen ja humukseen on sitoutunut myös muita aineita, kuten raskasmetalleja (Mälkki 2003). Veden

fysikaaliset ominaisuudet, kuten lämpötila, pH ja happipitoisuus vaikuttavat osaltaan tekopohjaveden puhdistusprosessiin. Esimerkiksi rauta liukenee kolmiarvoisesta ferriraudasta kaksiarvoiseen ferrorautaan veden happipitoisuuden alentuessa pitoisuuteen 0,5 mg/l ja happamuuden ollessa neutraali (Särkkä 1996). Mangaani käyttäytyy lähes samalla tavalla. Typen yhdisteistä ammoniumtyyppi kuluttaa happea hapetuessaan nitrifikaatiossa nitraatiksi (Pääkkönen 2003). Muita tekopohjaveden muodostamisen kannalta tärkeitä typen kierron vaiheita ovat orgaanisen typen ammonifikaatio ja nitriittitypen denitrifikaatio. Veden mikrobiologista laatua tarkkaillaan indikaattoribakteereiden avulla, jotta voidaan havaita suolistoperäisten tautien esiintyminen raakavedessä (Vesi ja viemärilaitosyhdistys 2000).

Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksen raakaveden puhdistuksen ensimmäinen vaihe ennen varsinaista tekopohjaveden muodostamista on esikäsittely. Esikäsittelymenetelmänä käytetään lievää kemiallista saostusta kontaktisuodatusperiaatteella hiekkasuotimissa. Kemiallisella saostuksella sameus vähenee yli 80 prosentilla ja kemiallinen hapenkulutus 75 prosentilla (Jaakko Pöyry Infra 2001). Kiintoaines poistuu suunnitellussa esikäsittelymenetelmässä lähes

Taulukko 2. Raakaveden laatuominaisuudet ovat fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia (Iihola 1975). Niitä voidaan mitata ja kuvata useiden vedenlaatumäärittysten avulla. Tekopohjaveden valmistuksessa laatuominaisuuksien vaikutus on huomioitava.

Laatuominaisuudet	Laatuominaisuuksia mittaavat määrittymiset	Vaikutus tekopohjaveden valmistusprosessissa
Fysikaaliset	kiintoainepitoisuus, sameus, väri, näkösyvyys, epäorgaanisten ja orgaanisten ainesten määrä ja koko, haju ja maku, lämpötila	imeytysjärjestelyt, raakaveden mekaanisen esikäsittelyn valinta
Kemialliset	kemiallinen hapenkulutus, liuennut happi, hiilidioksidi, rauta ja mangaani, ammoniakki, fosfaatit, sulfaatit, kloridipitoisuus, pH, alkaliniteetti, fenolilyhdisteet ja ligniitit, raskasmetallit, muut akkumuloituvat aineet (DDT, PCB)	maaperän hyväksikäytön mahdollisuudet (imeytettävän veden määrä ja veden viipymä maaperässä), esikäsittelymenetelmän valinta
Biologiset	biomassan määrittäminen, perustuotantokyvyn määrittäminen, bakteerimäärittymiset	imeytysjärjestelyt ja raakaveden mekaanisen esikäsittelyn valinta

kokonaan. Myös bakteerit poistuvat vedestä lähes kokonaan (98–99,9 %). Tällä menetelmällä myös raskasmetallit ja muut kiintoainekseen sitoutuneet epäpuhtaudet poistuvat raakavedestä.

Tekopohjaveden valmistukseen käytettävälle pintavedelle ei ole erikseen asetettu laatuvaatimuksia (Hatva ym. 2004). Yleisimpinä kriteereinä veden laadun arvioinnissa on käytetty orgaanisen hiilen kokonaismäärää, sameutta, ulosteperäisiä bakteereita ja leväbiomassaa. Raakaveden laatua on arvioitu valtioneuvoston (1994) pintavedelle asettamien laatuvaatimusten perusteella. Vaikka pohjavedeksi imeytettävä vesi ei kuulu päätöksen piiriin, on kyseisiä laatuvaatimuksia käytetty tekopohjavedeksi imeytettävän raakaveden laadun arvioimiseksi eri vedenlaadun ominaisuuksien osalta (esim. Oravainen 2001). Päätöksessä pintavesi jaetaan laadultaan kolmeen luokkaan, A1, A2 ja A3, veden fysikaalisten, kemiallisten ja mikrobiologisten raja-arvojen perusteella. Raja-arvot ovat joko pakollisia (I) tai ohjeellisia (G). Jos veden laatu alittaa A3-luokan vaatimukset, sitä ei voida käyttää juomaveden valmistamiseen. Muutoin luokitus määrittelee mahdollisen esikäsittelyn tarpeen ja tavan. Vesi- ja ympäristöhallitus (1988) on luokitellut vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden raakavedeksi. Tässä luokituksessa raakavesi jaetaan viiteen luokkaan: erinomaiseen, hyvään, tyydyttävään, huonoon ja sopimattomaan. Samanlaista luokitusta on käytetty Kaupunkiliiton (1984) laatimassa raakaveden laatuluokituksessa. (Liitteet 1–3)

Ihmiselle käyttökelpoisen veden laatuvaatimukset ja valvontatutkimukset on esitetty sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksessa (461/2000). Lähtökohtana asetuksessa on talousveden turvallinen laatu, josta ei tavanomaisina käyttömäärinä aiheudu terveydellisiä riskejä. Asetus muodostuu laatuvaatimuksista ja -suosituksista, jotka on jaettu mikrobiologisiin ja kemiallisiin laatuvaatimuksiin sekä mikrobiologisiin, kemiallisiin ja radioaktiivisiin laatusuosituksiin. Vaatimukset asettavat enimmäispitoisuudet indikaattoribakteereille ja kemiallisille

aineille, esimerkiksi raskasmetalleille sekä nitraatille ja nitriitille. Suosituksissa enimmäisarvot ovat tavoitteellisia ja määritetty muun muassa teknis-esteettisille laatuominaisuuksille (Fe, Mg, pH), esteettisille laatuominaisuuksille (sameus, väri, haju ja maku), orgaaniselle aineelle, ammoniumille ja koliformisille bakteereille. (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2000)



Kuva 2. Kokemäenjoesta saadaan raakavettä tekopohjaveden valmistusta varten. Kuvassa vasemmalla oleva jokivesi on puhtaaseen juomaveteen verrattuna sameampaa ja väriltään hieman kellertävää. Kuvan muovilieriöiden taustalle on liimattu valkoinen paperi, jonka tarkoituksena on korostaa vesien väri- ja sameuseroa. (Kuva: Jonna Konsala 9.8.2008)

1.3 Vedenlaadun tarkkailu Kokemäenjoessa

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry (Kvvy) tekee vuosittaista vedenlaadun seurantaa lähes koko Kokemäenjoen vesistöalueella. Kokemäenjokeen kohdistuva tutkimus ja veden

laadun raportointi on aloitettu jo vuonna 1975 (esim. Oravainen 2006). Kvvyn suorittama vedenlaadun seuranta kattaa useimpien järvi-reittien lisäksi Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen. Nykyistä tarkkailuohjelmaa on noudatettu vuodesta 1993 lähtien. Tässä raportissa on käytetty Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen tarkkailuohjelmissa kerättyjä vedenlaadun ominaisuuksia niin Kokemäenjoesta kuin myös kaikilta yläpuolisilta järvireiteiltä.

Kokemäenjoessa näytteenottopisteitä on yhteensä 16, joista kolme sijaitsee Karhiniemeen rakennettavan tekopohjavesilaitoksen raakavedenottamon yläpuolisella valuma-alueella. Yläjuoksulla on Tyrvään näytepiste (KOJO1), Äetsässä Keikyän näytepiste (KOJO5) ja Karhiniemessä raakaveden ottamon läheisyydessä yksi näytepiste (KOJO6). Kaikilta näytepisteiltä määritetään happipitoisuus, sameus, sähkönjohtavuus, pH, kokonaistyyppi ja -fosfori, ammoniumtyppi ja suolistobakteerit. Perustarkkailun lisäksi Karhiniemessä ja Liekovedellä analysoidaan kiintoaine, rauta, kemiallinen hapenkulutus, väri, klorofylli-a, nitraatti ja sulfaatit. Muita harvemmin mitattavia muuttujia ovat TOC ja fosfaatit. Karhiniemessä jokivedestä mitataan lisäksi elohopeapitoisuus.

Automaattinen vedenlaadun seuranta

Turun Seudun Vesi Oy on tehnyt Kokemäenjoen vedenlaadun jatkuvaa seurantaa automaattisilla mittalaitteilla toukokuusta 2003 lähtien. Mittausasemia on kaksi, Huittisten Karhiniemessä ja Äetsän voimalaitoksen padolla. Vedenlaadun seuranta-asemat mittaavat vedenlaatua 15 minuutin välein, joten kummaltakin mitta-asemalta saadaan 96 mittaustulosta päivässä kustakin vedenlaatuparametrasta. Vedenlaadun mitta-asemien suunnittelusta, toteutuksesta ja vedenlaatutulosten tarkastelusta vastaa Luode Consulting Oy.

Karhiniemen mittausasema sijaitsee mittaus-kaivossa joen etelärannalla TSV Oy:n tulevan raakavedenottamon vieressä (kuva 3). Jokivesi pumpataan näytteenottokaivoon routasuojattuja vesijohtoputkia pitkin. Vedenottoputket on asennettu jokeen noin 3 metrin syvyyteen, mikä edustaa keskimääräistä vedenottosyvyyttä tulevalla vedenottamolla. Karhiniemen vedenlaadun mittaukset tehdään YSI 6600 EDS moniparametrimittarilla (kuva 3). Mitattavia muuttujia ovat veden sameus, johtokyky, happipitoisuus, pH, a-klorofylli ja lämpötila.

Keväällä 2008 Karhiniemen mittausasemalle asennettiin YSI -mittarin lisäksi UV-VIS spektrometriaan perustuva S::CAN-mittauslaite. S::CAN-mittari mittaa veden sameutta ja nitraattipitoisuutta sekä orgaanisen hiilen määrää (TOC ja DOC) vedessä. Edellä mainittujen mitta-asparametrien lisäksi laite seuraa veden spektrissä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia määritettyjen hälytysparametrien mukaan. Laite lähettää hälytyksen, mikäli veden spektri poikkeaa merkittävästi normaalista. Hälytysparametrien avulla voidaan havaita mahdollisten haitta-aineiden ilmaantuminen veteen (kuva 3).

Äetsän automaattinen vedenlaadun seuranta-asema on kiinnitetty voimalaitoksen patorakenteisiin (kuva 4). Näytevesi pumpataan suoraan patoaltaasta eristettyjä ja lämmitettyjä vesijohtoputkia pitkin. Patoaltaan virtaukset ovat voimakkaita ja vesipatsaan oletetaan olevan siellä täysin sekoittunut. Mittausasemassa käytetään YSI 600 OMS moniparametrimittaria. Mitattavia muuttujia ovat veden sameus, johtokyky ja lämpötila.



Kuva 3. Automaattinen seuranta-asema tallentaa tiedot Kokemäenjoen vedenlaadusta Karhiniemessä (vas.). Näytteenotto tapahtuu YSI 6600 EDS moniparametrimittarilla (oik.) ja S::Can-mittauslaitteella (oik.). (Kuvat: Jonna Konsala 2.7.2008; Luode Consulting Oy)



Kuva 4. Vedenlaatatiedot tallentuvat Äetsässä voimalaitoksen patorakenteisiin kiinnitettyyn seuranta-asemaan (vas.). Mittausaseman sisällä näkyy YSI 600 OMS-moniparametrimittari (oik.) (Kuvat: Jonna Konsala 2.7.2008; Luode Consulting Oy)

1.4 Kokemäenjoen tila ennen, nyt ja tulevaisuudessa

Kirjoittaja Reijo Oravainen
Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Pistekuormitus saatu kuriin

Jätevesikuormitus on pienentynyt Kokemäenjoen vesistön alueella viimeisen 30 vuoden aikana murto-osaan aikaisemmasta. Orgaaninen happea kuluttava kuormitus oli vielä 1970-luvun alussa yli 300 t/d nykyisen kuormituksen ollessa noin 5 t/d (vähenemä 98 %). Orgaanisen kuormituksen vähenemiseen on vaikuttanut merkittävimmin metsäteollisuuden rakennemuutos ja biologisen jätevesien puhdistuksen käyttöönotto. Myös muun teollisuuden kuormitusosuus on pienentynyt huomattavasti.

Fosforikuormitus on vähentynyt tasolta 1500 kg/d tasolle 140 kg/d (vähenemä 90 %). Fosforikuormaan on vaikuttanut eniten asutuksen jätevesien käsittelyn tehostuminen. Typpikuormituksen osalta oleellista muutosta ei ole tapahtunut, koska aktiiviseen tyypin poistoon ei ole toistaiseksi pyritty. Typpikuormitus vähenee merkittävästi vasta ensi vuosikymmenellä.

Hajakuormitus nykyisin pääosassa

Kokemäenjoen Selkämereen kuljettama ravinnemäärä vaihtelee vesitilanteen mukaan. Keskimäärin tyypeä kulkeutuu mereen 25200 kg/d ja fosforia 1120 kg/d. Kokonaistypen keskipitoisuus on ollut mereen virtaavassa vedessä 1250 µg/l ja kokonaisfosforin keskipitoisuus 53 µg/l. Ravinnepitoisuudet ovat noin kolminkertaisia luonnontasoon verrattuna. Ravinnepitoisuuksien kohoaminen johtuu pääasiassa hajakuormituksesta. Jos mukaan lasketaan koko vesistöalueelle kohdistuva pistekuorma ilman ravinteiden

pidättymistä, pistekuorman osuudeksi saadaan typpikuormasta 28 % ja fosforikuormasta 13 %. Sedimentaatiosta ja ravinteiden pidättymisestä johtuen osuus on käytännössä selvästi vähäisempi. Jokialueelle kohdistuva pistekuormitus on alle 5 % Kokemäenjoen ravinnevirtaamasta.

Kokemäenjoen tila parantunut huomattavasti

Kokemäenjoen vedenlaadun muutokset ovat olleet vahvasti sidoksissa yläpuolisen järviolueen jätevesikuormituksen kehitykseen ja veden laatuun. Vedenlaatu pysyi välttävänä 1980-luvun puoliväliin saakka, jolloin kuormitustaso laski olennaisesti metsäteollisuuden rakennemuutoksen seurauksena. Esimerkiksi happitilanne parani tuolloin ratkaisevasti ja metsäteollisuuden jätevesileima heikkeni tuntuvasti.

Kokemäenjoen nykyinen happitilanne on hyvä ja rehevyyttä aiheuttava fosforipitoisuus on laskenut myös voimakkaasti. Happitilanne oli erittäin huono vielä 1970-luvun alun vähävetisinä talvina. Fosforipitoisuus on laskenut nykytasolle 1980-luvun aikana. Suuri pitoisuusvaihtelu johtuu hajakuormituksen vaihtelusta. Metsäteollisuuden jäteliemen leima on nykyisin lähes olematon. Tämä näkyy selvästi mm. COD_{Mn}-tuloksissa. Typpipitoisuudessa ei ole tapahtunut suuria muutoksia. Vesi soveltuu hygieenisyytensä puolesta pääsääntöisesti uimiseen. Luotsinmäen puhdistamon alapuolella Isojuopassa hygieeninen vedenlaatu on ajoittain edelleen huono.

Vedenlaatu on paras joen yläjuoksulla välillä Vammala-Huittinen ennen Loimijoen vaikutusta. Karhiniemen kohdalta onkin nykyisin saatavissa riittävästi hyvälaatuista ja tekopohjaveden valmistukseen sopivaa vettä.

Tulevaisuus

Pistekuormituksen määrässä ei ole enää saavutettavissa merkittävää vähentymistä. Ainoastaan typpikuormaa voidaan pienentää nykyisestään. Tampereen seudulla lähivuosina toteutuva typen poisto pienentää typpipitoisuuksia myös Kokemäenjoessa. Hajakuormitus on jatkossa määrävä tekijä rehevöitymisen kannalta, joten sen vähentämiseksi on tehtävä pitkäjänteistä työtä. Tulokset tulevat kuitenkin hitaasti, joten nykytilanteeseen ei ole odotettavissa olennaisia muutoksia lähitulevaisuudessa. Varsinaisia uhkakuoria ei ole näköpiirissä.

Hajakuormituksen vaihtelu on eri vuosina voimakasta sääoloista riippuen ja se säätelee nykyisin Kokemäenjoen vedenlaatua ja ulkonäköä merkittävimmin. Jos talvet lauhtuvat ja valumat lisääntyvät hajakuormituksen aiheuttama ravinnekuormitus voi jopa lisääntyä. Kokemäenjoen yläjuoksulla hajakuormituksen merkitys on kuitenkin vähäisempi kuin joen alajuoksulla, joten vedenlaadun heikkenemistä yläjuoksulla ei ole odotettavissa.



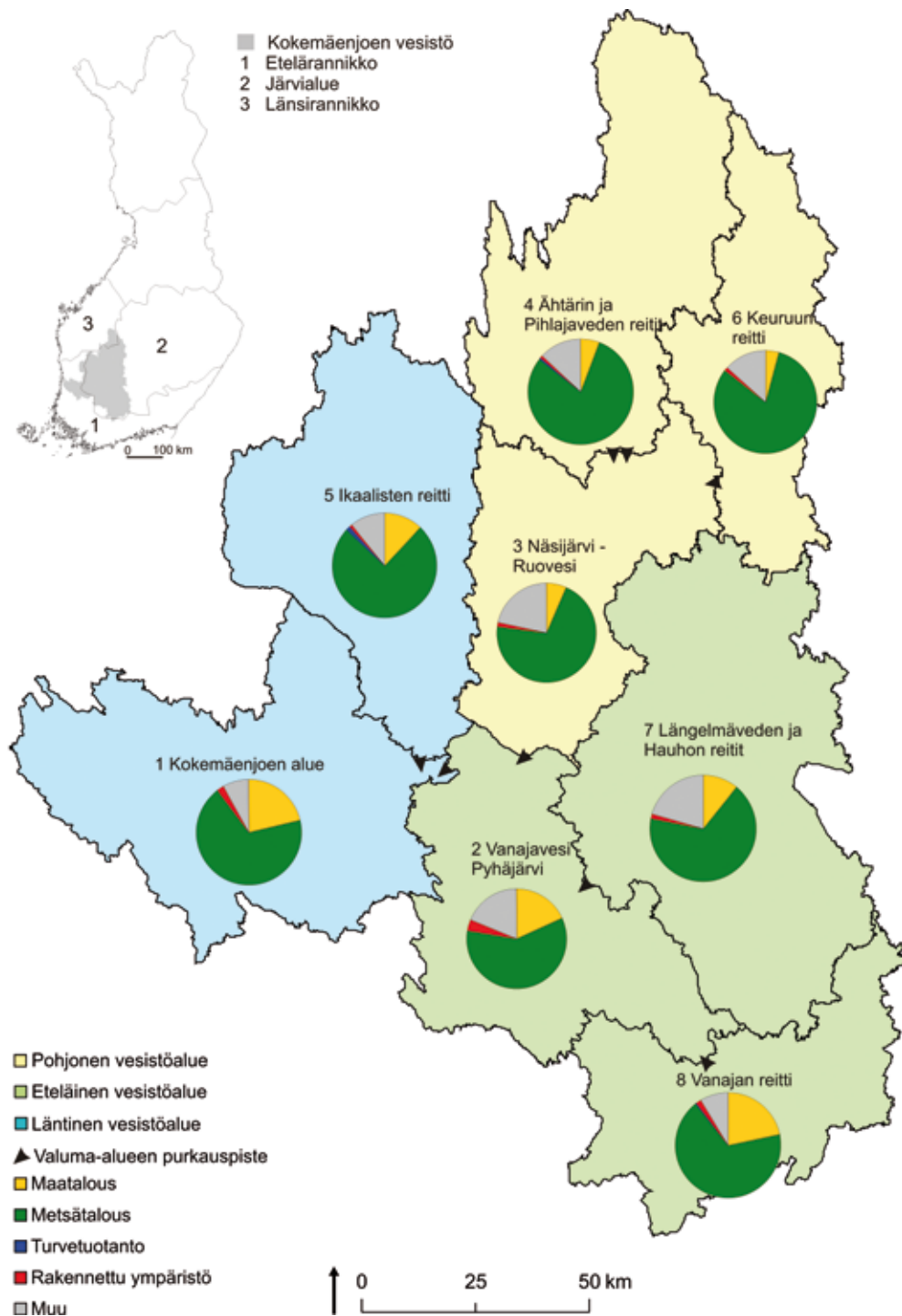
2.1 Yleiskuvaus

Kokemäenjoen vesistöalue on kooltaan noin 27050 neliökilometriä, ja se kattaa Suomen pinta-alasta 8 prosenttia ollen näin maamme neljänneksi suurin vesistöalue. Alue muodostuu yhteensä yhdeksästä osa-alueesta, Kokemäenjoen alueesta, Kokemäenjokeen laskevan Loimijoen alueesta ja seitsemästä järvireitistä (kuva 5). Loimijoen valuma-alue yhtyy Kokemäenjokeen Karhiniemen alapuolella. Raakavedenottamo sijaitsee Karhiniemen kohdalla, jonka yläpuolelle tutkimusaluekin on rajattu. Tutkimusalueen ulkopuolelle jää siis pääosa Kokemäenjokea, kuten myös vedenlaatuun merkittävästi vaikuttava maatalousvaltaisen valuma-alueen halki virtaava Loimijoki. Koko vesistöalueen pinta-alasta 11 prosenttia on järviä, maatalousmaata on noin 15 prosenttia ja metsätalouskäytössä olevien alueiden pinta-ala kattaa noin 69 prosenttia kokonaisalasta (Ekholm 1993, VEPS 2.0 2004) (kuva 5 ja taulukko 3).

Kokemäenjoen vesistöalue on heterogeeninen ja voidaan rajata ominaisuuksiltaan kahteen osaan. Vesistöalueen pohjoiset ja itäiset järvireitit kuuluvat Järvi-Suomeen ja lounaiset ja läntiset kuuluvat Lounais-Suomen vähäjärviseen viljelyalueeseen (Raunio 1992). Rantakari ym. (2004) ovat luokitelleet Suomen viiteen maantieteelliseen osa-alueeseen valuma-alueen ominaisuuksien ja järviveden laadun perusteella. Kokemäenjoki ulottuu näistä kolmelle alueelle (kuva 5). Ete-

lärannikkoa kuvataan rannikon alangoksi, jota vähäisten järvien lisäksi luonnehtii intensiivisen maatalouden peittämät savikot. Alueen pohjoisosissa on metsäisiä ylänköalueita kalliopaljastumiseen. Metsävaltaisen vesistöalueen peltoviljelyalueet ovat keskittyneet Kokemäenjoki- ja Loimijokilaaksoihin (Raunio 1992). Rantakari ym. (2004) mukaan järviolueelle ovat tyypillisiä ketjumaiset järvireitit ja metsäiset valuma-alueet, joissa harjoitetaan intensiivistä metsätaloutta. Vesistöalueen pohjoisimmat osat ulottuvat länsirannikon alueelle, jota luonnehtivat runsaat suoalueet ja viljelty savikot. Osin turvetuotannossa olevien suoalueiden osuus maa-alasta on täällä jopa 40–50 prosenttia (Bilaletdin ym. 2007).

Pirkanmaan maakunta kattaa pääosin koko Kokemäenjoen vesistöalueen. Asutus on keskittynyt vesistöjen rannoille. Järvireittien kohtaamispaikalle on syntynyt suurempi väestön tihentymä, jossa sijaitsevat muun muassa Tampere ja sen ympäristökunnat. Alueella asuu yli 60 prosenttia Pirkanmaan maakunnan väestöstä, joka kasvaa jatkuvan muuttoliikkeen myötä (Bilaletdin ym. 2007). Vesistöalue ulottuu osin Kanta-Hämeen maakuntaan, jossa sijaitsee Hämeenlinna, sekä osin Etelä-Pohjanmaan maakuntaan, jossa sijaitsee Ähtäri. Kokemäenjoen yläjuoksu kuuluu Pirkanmaan maakuntaan, mutta Äetsän ulkorajalta alkaa Varsinais-Suomen maakunta.



Kuva 5. Kokemäenjoen vesistöalue sijaitsee kolmella maantieteellisellä osa-alueella: etelärannikolla, järvalueella ja länsirannikolla (Rantakari ym. 2004). Vesistöalueen yleisin maankäyttömuoto on metsätalous, joka on vallitsevana jokaisessa osa-alueessa (VEPS 2.0 2004). Maankäyttöluokitus on tehty Suomen ympäristökeskuksen VEPS-järjestelmän lähtötietojen perusteella. Järjestelmässä pinta-alatiedot perustuvat SLICES-aineiston luokitukseen. Rakennetun ympäristön tiedot perustuvat hulevesien vesistövaikutusten laskemisessa käytettyihin pinta-alatietoihin, jotka ovat SLICES-aineiston rivi- ja kytkeytyneiden pientalojen alueet sekä erillispientalojen alueet. (Valuma-alue-paikkatietokanta, SYKE 1990).

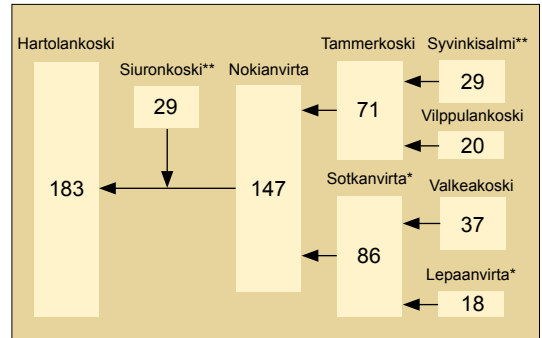
Taulukko 3. Kokemäenjoen vesistöalueen pinta-alat ja järvisyys (Ekholm 1993) (vrt. kuva 5). Taulukon ulkopuolelle on jätetty Loimijoen alue, joka jää Karhiniemen alapuoliselle vesistöalueelle.

Vesistöalueen osa	Pinta-ala km ²	Järvisyys
1 Kokemäenjoen alue	3679	5
2 Vanajavesi – Pyhäjärvi	2759	20
3 Näsijärvi – Ruovesi	2452	21
4 Ähtärin ja Pihlajaveden reitit	3193	19
5 Ikaalisten reitti	3155	9
6 Keuruun reitti	2028	11
7 Längelmäveden ja Hauhon reitti	4450	19
8 Vanajan reitti	2192	6
Kokemäenjoen vesistöalue	27046	11

2.2 Vesistön osa-alueet ja niiden vedenlaatu

Pohjoiset järvoreitit

Pohjoinen vesistöalue muodostuu Ähtärin ja Pihlajaveden, Keuruun sekä Näsijärven ja Ruoveden järvoreiteistä. Pohjoisten järvoreittien valuma-alueilla on runsaasti turvemaita, joka ilmenee vesien humuspitoisuutena ja perushappamuutena (Kvvy 2008). Keuruun reitillä turvemaan osuus on 27 prosenttia, kun Ähtärin ja Pihlajaveden reiteillä ne kattavat valuma-alueesta jopa 40 prosenttia. Näsijärven valuma-alueen metsäalasta turvemaita on noin 21 prosenttia. Keskeisenä vedenlaadun ongelmana onkin metsäojitusten ja paikoin turvetuotannon kuormitus (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2007). Peltoviljelyn osuus on alueilla alhainen, joten maatalouden hajakuormituksen vaikutus vesistöön jää vähäiseksi (Kvvy 2008). Valuma-alueiden ominaisuudet heijastuvat vedenlaadussa korkeina väri- ja COD_{Mn}-arvoina sekä alhaisina sameus-, sähkönjohtavuus- ja ravinnepitoisuuksina (kuva 7).



Kuva 6. Osa-alueiden keskiarvoiset virtaamat. Virtaamat perustuvat vuosien 1960–1991 aikana mitattuihin virtaamien keskiarvoihin (Hyvärinen & Korhonen 2003). *)Keskiarvoinen virtaama, ei ajanjaksoa (Paakkinen 2007) **)Vesihallituksen (1978) mukaan. Virtaamatiedoissa saattaa olla epäyhteneväisyyksiä johtuen niiden eri lähteistä ja mittausajanjaksoista.

Pistekuormitus on painottunut metsäteollisuuden alueille järvoreittien pohjoisosissa Mäntän seudulle ja eteläosissa Tampereen seudulle (Kvvy 2008). Kuormitus väheni merkittävästi kun Lieksan sellutehdas lopetti toimintansa vuonna 1985 ja Mäntän sellutehdas vuonna 1991. Muun pistekuormituksen merkitys vedenlaadun kannalta on ollut vähäistä. Asutuksen jätevesikuormitus on peräisin muun muassa Ähtärin, Virtain ja Mäntän kaupungeista sekä Vilppulasta ja Ruovedeltä.

Eteläiset järvoreitit

Vanajan sekä Vanajaveden ja Pyhäjärven reitit kuuluvat vesistöalueen maatalousvaltaisimpiin osa-alueisiin ja hajakuormitus vaikuttaa vedenlaatuun monin paikoin (Paakkinen 2007). Vanajan reitin vedenlaatu erottuu selkeästi muista

osa-alueista niin maatalouden ravinnekuormituksessa kuin asutusperäisessä kuormituksessa (kuva 7). Alueen suurin pistekuormittaja on Hämeenlinnan kaupunki, joka aiheuttaa merkittävimmän osan alueen orgaanisen aineen, fosforin ja typen kuormituksesta. Järvireittien toinen tärkeä pistekuormittaja on Vanajaveden alueella sijaitseva Valkeakosken seutu, jossa kaupungin jätevesien lisäksi kuormitusta tulee teollisuudesta (Kvvy 2008). Teollisuuden kuormittajia näillä osa-alueilla ovat muun muassa Tervakoski Oy, Rautaruukki Oyj, Kuitu Finland Oy ja UPM Kymmene Oyj. Teollisuus on pääosin vastuussa osa-alueen happea kuluttavasta kuormituksesta (Paakkinen 2007).

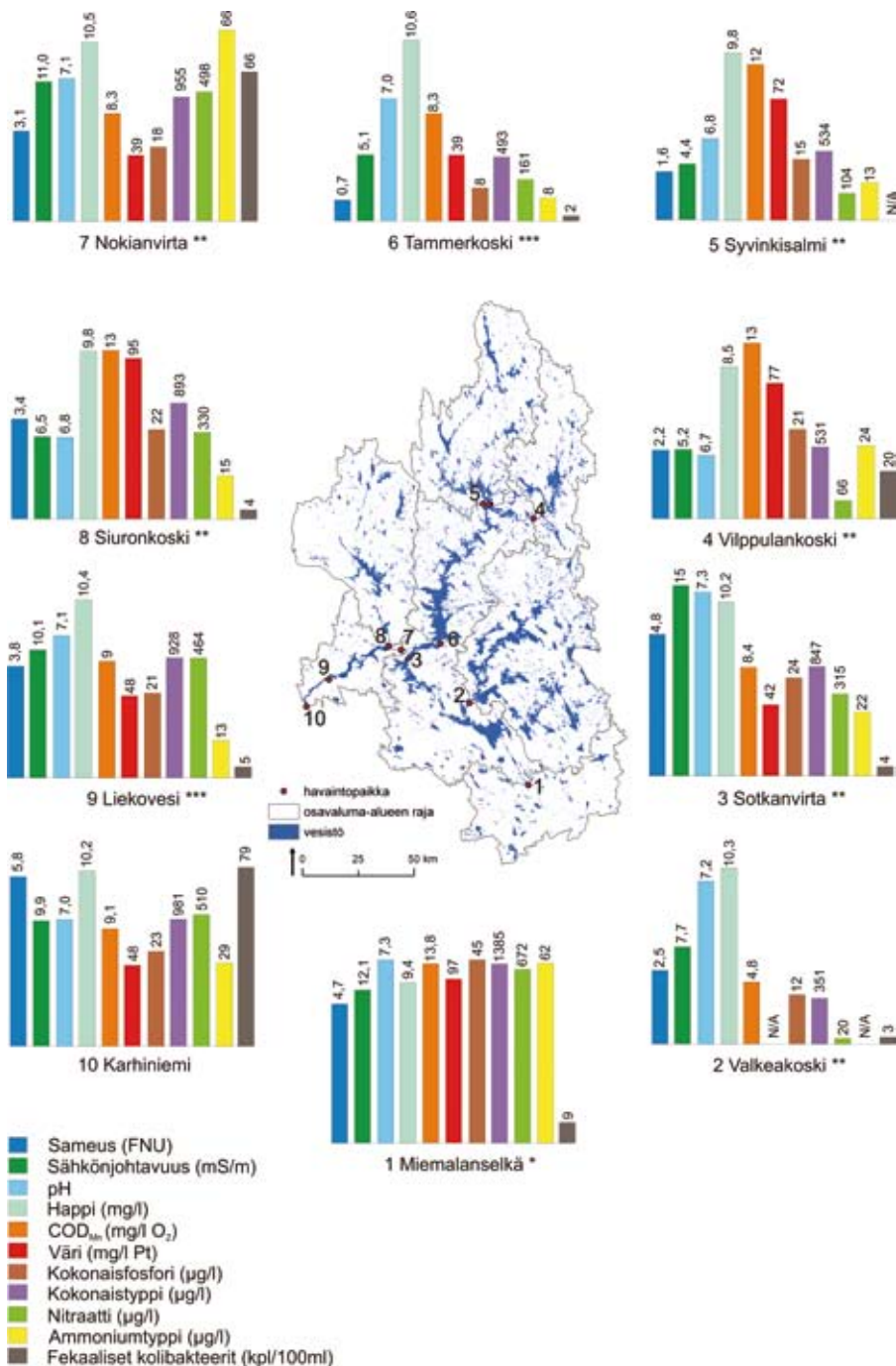
Längelmäveden ja Hauhon reittien vedenlaatu poikkeaa selkeästi edellisistä osa-alueista. Täällä hajakuormitus on vähäistä ja sen vaikutus vedenlaatuun jää paikalliseksi (Kvvy 2008). Alueella on vähän teollisuutta, joten kuormitus on pääosin peräisin taajamien jätevesistä. Luontaisesti reitin vedet ovat kirkkaita ja karuja. Alueen orgaanisen aineksen ja ravinteiden kuormitus on vähäistä muihin järvireitteihin verrattuna (kuva 7).

Tampere sijaitsee Tammerkosken alapuolella ja sen kuormitus kohdistuu Pyhäjärven pohjoisosiin, jonne johdetaan kaupungin jätevedet. Jätevedet lisäävät ravinnepitoisuuksia ja bakteerien määrää (Perälä 2007c). Tampereen kaupungin vaikutus näkyy Nokianvirrassa kohonneina ammoniumtyyppipitoisuuksina ja ulostebakteerien määrinä (kuva 7).

Läntinen vesistöalue

Ikaalisten reitin valuma-alueesta 38 prosenttia on turvemaata (Kvvy 2008). Tämä ilmenee vedenlaadun korkeana veden värinä ja kemiallisena hapenkulutuksena sekä luontaisena happamuutena (kuva 6). Valuma-alueen pinta-alasta 12 prosenttia on maatalousmaata (VEPS 2.0 2004), joka ilmenee kohonneina sameus- ja ravinnepitoisuuksina (Kvvy 2008). Hajakuormituksen lisäksi vedenlaatua heikentävät osaltaan myös asutusten jätevedet, jotka aiheuttavat rehevöitymistä Hämeenkyrön alapuolella (Kvvy 2008). Alueen teollinen pistekuormitus on vähäistä (Skippari ym. 2003). Ainoa teollinen kuormittaja on Kyron kartonkitehdas (Kvvy 2008).

Kokemäenjoen alueen yläjuoksulla sijaitsevat Kulovesi ja Rautavesi, jotka laskevat Liekoveden kautta Kokemäenjokeen. Näiden läpivirtausaltaiden laatu määräytyy pääosin Nokianvirran mukaan, mutta myös Ikaalisten reitillä on lievä vaikutus vedenlaatuun (Perälä 2007c). Kulovesi – Liekovesi reitin maatalousmaan osuus osa-alueen pinta-alasta on 18 prosenttia ja metsätalouden osuus 67 prosenttia (VEPS 2.0 2004). Asutuksesta aiheutuvaa jätevesikuormitusta aiheuttaa alueella sijaitseva Karkun taajama (Perälä 2007c). Perälän (2007c) mukaan Nokianvirralta Liekoveteen ei aiheudu merkittäviä muutoksia, joten kuormitus ei ole tällä reitillä vedenlaadun kannalta merkittävää.



Kuva 7. Vedenlaatu tutkimusalueella olevissa Kokemäenjoen vesistön osa-alueissa perustuen Kokemäenjoen vesistön ve-
 siensuojeluyhdistyksen seurantaan vuonna 2006 (*Paakkinen 2007, **)Perälä 2007b, ***)Perälä 2007c). Valkeakosken
 ja Miemalanselän vedet laskevat Vanajaveteen, josta ne yhdistyvät Sotkanvirrassa Pyhäjärveen. Tähän yhdistyy Tam-
 merkoskesta pohjoisen järvet, joiden latvavedet ovat peräisin Syvinkisalmelta ja Vilppulankoskelta. Pyhäjärvi laskee No-
 kianvirrasta kohti Kokemäenjoen suuta Liekovettä. Ennen jokisuuta siihen laskee pohjoisesta Siuronreitti. (Valuma-alue-
 paikkatietokanta, SYKE 1990; Digitaalinen korkeusmalli, Maanmittauslaitos 1997; CLC 2000 (25m) maankäyttö/
 maanpeite, ©SYKE (osittain © MMM, MML, VRK) 2004)

2.3 Karhiniemen yläpuolinen valuma-alue ja sen piirteet

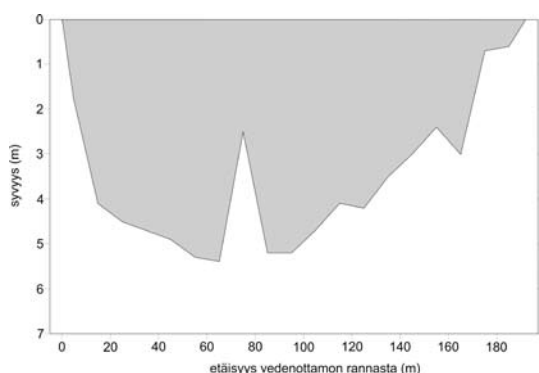
Kokemäenjoki alkaa Vammalan Liekovedestä, Tyrvään voimalaitokselta (kuva 8). Täältä joki virtaa Äetsän kautta Karhiniemeen, jossa sijaitsee tekopohjavesihankkeen raakavedenottamo. Tyrvään voimalaitoksen lisäksi jokiuoma on valjastettu myös Äetsän voimalaitoksella, jossa keskivirtaamaksi on mitattu noin $180 \text{ m}^3/\text{s}$.



Kuva 8. Kokemäenjoki alkaa Tyrvään voimalaitokselta (ylh.), joka on rakennettu 1950-luvun alussa (Raunio 1992). Äetsän voimalaitos (alh.) on alun perin rakennettu vuonna 1921. (Kuvat: Jonna Konsala 2.7.2008)

Karhiniemen yläpuolinen jokiosuus on noin 22 kilometriä pitkä. Hartolankosken alapuolella jokiuoman leveys on noin 160 metriä, Äetsän alapuolella myös noin 160 metriä ja Karhiniemen sillalla noin 192 metriä (Lindfors & Huttunen

2003) (kuva 9). Jokiuoma laskee matkalla Liekovedeltä Karhiniemeen yhteensä noin 12 metriä. Kokemäenjokeen laskee yläjuoksun peltoalueita halkovat Kikkelänjoki ja Luojoki sekä useita pelto-ojia. Metsäisiltä alueilta pääuomaan yhdistyy muun muassa Kilpijoki sekä useampia ojia. Näillä alueilla sijaitsevat myös valuma-alueen turvemaat.



Kuva 9. Karhiniemen sillan kohdalla jokiuoman leveys on noin 192 metriä ja syvyys on noin viisi metriä (Lindfors & Huttunen 2003 muokattu). (Kuva: Jonna Konsala 9.8.2008)



Karhiniemen yläpuoliseen valuma-alueeseen kuuluvat Kikkälänjoen ja Luojoen valuma-alueet, Äetsään ulottuva Keikyän alue sekä osin Karhiniemen alue. Valuma-alue on kooltaan noin 220 km², ja se kattaa Kokemäenjoen alueesta noin kuusi prosenttia sekä koko vesistöalueesta alle yhden prosentin. Pohjoisosassa on pienten järvien muodostama alue, joka kattaa valuma-alueesta noin yhden prosentin. Nämä järvet purkautuvat Kikkälänjoen ja Luojoen kautta Kokemäenjokeen (kuva 10).



Kuva 10. Kikkälänjoki on yksi Kokemäenjokeen laskevista sivu-uomista. Se virtaa peltoalueiden halki (alh.) ja laskee Kiikassa Kokemäenjokeen (ylh.). (Kuvat: Jonna Konsala 18.10.2008)

Maanpinnan korkeustaso valuma-alueella vaihtelee 45 metrin ja 122,4 metrin välillä. Alavimmat alueet ovat jokilaaksossa, josta korkeus merenpintaan kasvaa niin kaakkoon kuin luoteeseen päin mentäessä. Valuma-alueen topografia on vaihteleva. Keskimääräinen rinteiden jyrkkyys alueella on n. 16 astetta. Tasaisimmat alueet sijaitsevat jokilaaksossa. Litorinameren aikana kerrostuneet savikot peittävät jokilaaksoa, jota ympäröivät moreenipatjat kalliopaljastumiseen ja suoalueineen. Jokilaaksoa halkovat poikittain kaksi harjua kaakkois-luode-suuntaisesti, yksi ylä- ja toinen alajuoksulla.

Karhiniemeen ulottuva Kokemäenjoen valuma-alue on metsävaltainen ja alueen moreenimaita peittää alueen yleisimpänä metsätyyppinä havumetsä. Jokea ympäröivillä savikoilla harjoitetaan intensiivistä peltoviljelyä, joka kattaa valuma-alueen maankäytöstä noin neljäsosan. Turvemaat sijaitsevat valuma-alueen kaakkois-

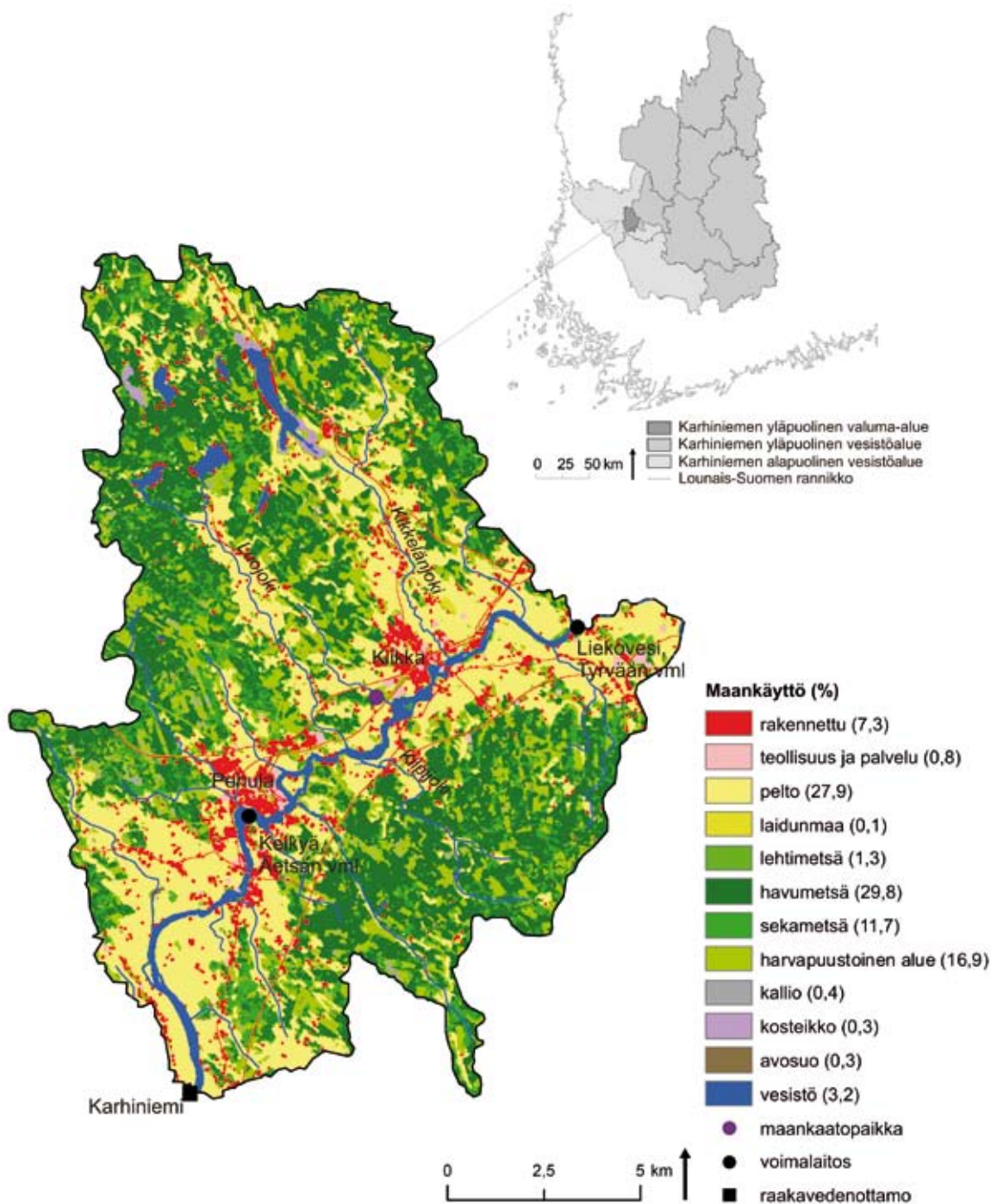
ja lounaisosissa, ja niiden osuus valuma-alueen pinta-alasta on alle kuusi prosenttia. Avosuot kattavat alueesta vain 0,3 prosenttia.

Äetsän kunta kattaa pääosan Karhiniemen yläpuolisesta valuma-alueesta. Asutus on keskittynyt jokivarren läheisyydessä oleviin asutuskeskuksiin, Pehulaan ja Kiikkaan. Lisäksi alueella on haja-asutusta. Kokemäenjoen yläjuoksulle kohdistuu myös jätevesikuormitus Vammalan kaupungista, joka sijaitsee Liekoveden yläpuolella, mutta ulottaa vaikutuksensa Karhiniemen yläpuoliselle valuma-alueelle. Äetsässä asukkaita on yhteensä 4 837 ja Vammalassa 16 692 (2007) (Kunnat.net 2008).

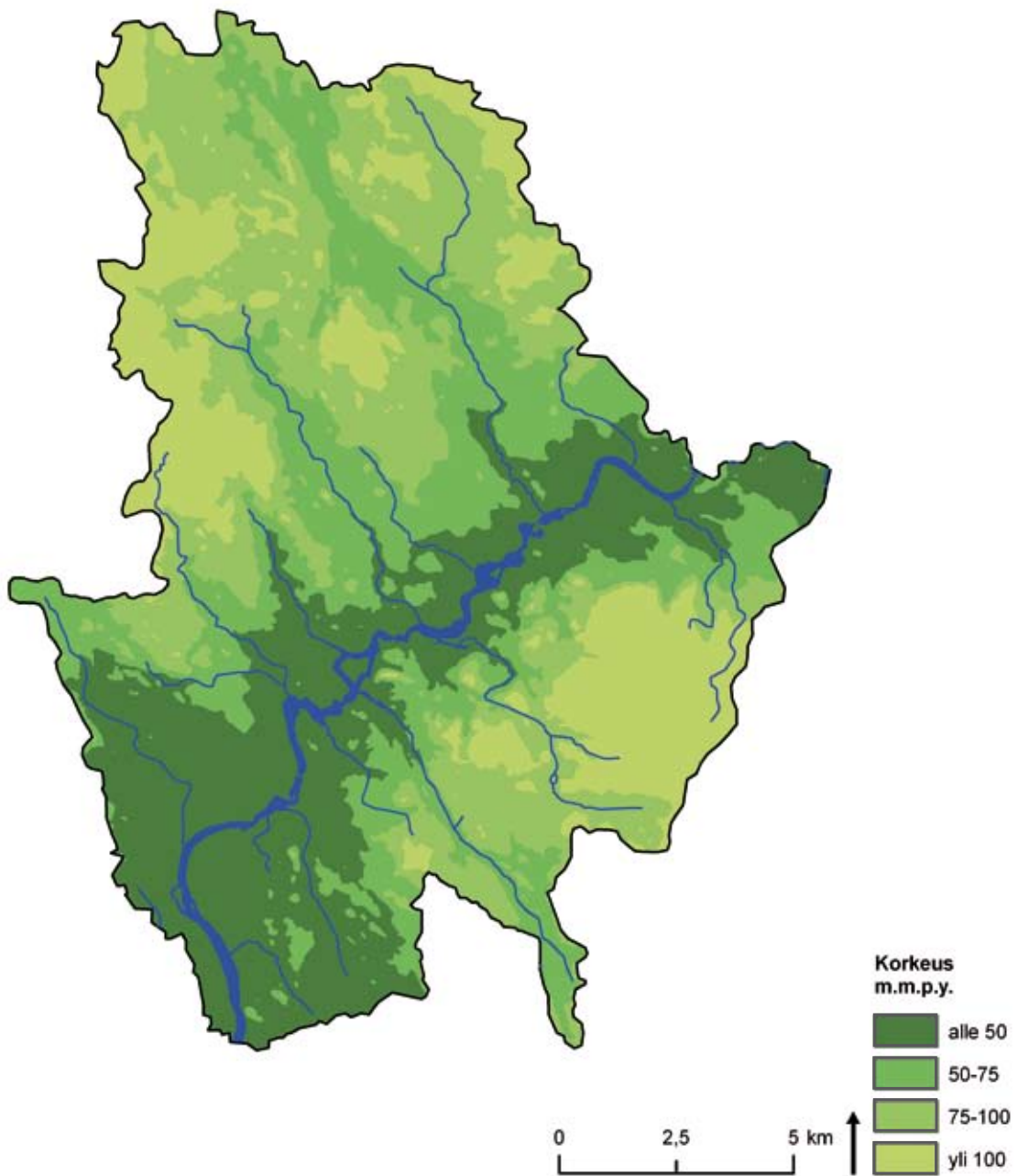
Teollisuus- ja palvelualueita on valuma-alueella yhteensä noin 1,8 km². Alueella on kemianteollisuutta, jota harjoittaa Finnish Chemicals Oy Äetsässä. Jalostuksen osuus elinkeinorakenteesta on suurin, 46,4 prosenttia (Äetsän kunta 2008).



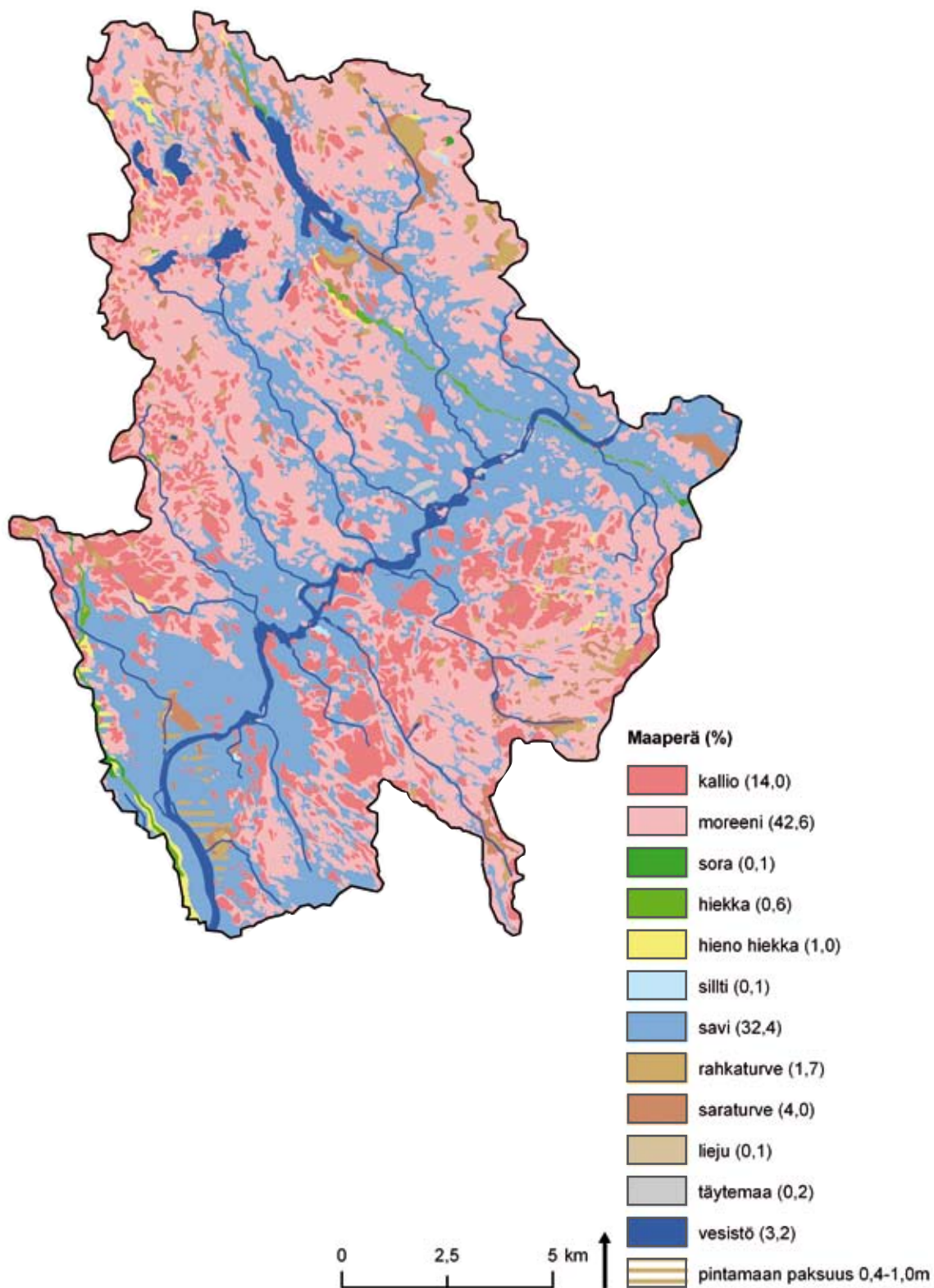
Kuva 11. Kokemäenjoen poikki kulkee Suomen pisin riippusilta Keikyässä. Taustalla näkyvät klooritehtaan savupiiput. (Kuva: Jonna Konsala 18.10.2008)



Kuva 12. Maankäyttö Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella. Havumetsät kattavat valuma-alueesta suurimman osan. Peltoviljely on keskittynyt jokilaakson savikoille. Indeksikartassa kuvataan Kokemäenjoen valuma-alue sekä sen yläpuolinen vesistöalue ja alapuolelle jäävä vesistöalue. (Valuma-alue –paikkatietokanta, SYKE 1990; PerusCD, Maanmittauslaitos 1997; Digitaalinen korkeusmalli, Maanmittauslaitos 1997; CLC2000 maanpeite/maankäyttö (25m), ©SYKE (osittain © MMM, MML, VRK) 2004; Map Database, Maanmittauslaitos 2005)



Kuva 13. Valuma-alueen topografian vaihtelu (vas.) on yhteydessä maaperän ominaisuuksiin (oik.). Korkeimmat alueet ovat luoteis- ja kaakkoisosissa, jossa sijaitsevat moreeni- ja kallioalueet. Savikot sijaitsevat jokilaakson alavilla alueilla. (Valuma-alue –paikkatietokanta SYKE 1990; Digitaalinen korkeusmalli, Maanmittauslaitos 1997; Map Database, Maanmittauslaitos 2005; CLC2000 maankäyttö/maanpeite (25m), ©SYKE (osittain © MMM, MML, VRK) 2004; Maaperäkartta, ©Geologian tutkimuskeskus 2007)





3 AIKAISEMPIA TUTKIMUKSIA

Kokemäenjoen vedenlaatua ja pohjasedimenttejä on tutkittu runsaasti jo usean vuosikymmenen ajan (esim. Isotalo 1979). Karhiniemen yläpuolinen jokiosuus on ollut mukana monissa tutkimuksissa, ja niin Liekovesi, Äetsä kuin Karhiniemikin ovat toimineet näytteenottopaikkoina Kokemäenjoella suoritetuissa tarkkailuissa. Pitkäaikainen ja laaja-alainen tutkimus mahdollistaa Karhiniemen vedenlaadun vaihtelun tarkastelun pitkällä aikavälillä, ja saatujen tutkimustulosten avulla voidaan mahdollisesti myös arvioida tulevia muutoksia Kokemäenjoessa.

Vedenlaadun seurantaan tehdään jatkuvatoimisen Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen ja Turun Seudun Vesi Oy:n toimesta. Muita tekopohjavesilaitoksen raakavedenoton kannalta kiinnostavia tutkimuksia ovat elohopeapitoisuuksien seuranta, sedimenttien metallipitoisuuksien tarkkailu ja lääkeainetutkimukset.

3.1 Vedenlaadun intensiiviseuranta vuosina 2000–2001

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys seurasi vedenlaatua tiennetysti kuukausittaisella näytteenotolla syyskuusta 2000 elokuuhun 2001. Tutkimus suoritettiin tekopohjavesihankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostusta varten Hämeen ympäristökeskuksen edellyttämänä. Vedenlaadun tarkkailussa suoritettiin

seuraavat mittaukset: happitilanne, kiintoaine ja sameus, happamuus, alkaliteetti ja sähkönjohtavuus, väri, COD_{Mn} , TOC ja BOD_7 , typpiyhdisteet, fosfori ja klorofylli-a, rauta ja mangaani, sulfaatti ja kloridi, fekaaliset kolit ja streptokokit (liite 4). Lisäksi tutkittiin raskasmetallipitoisuuksia (Zn, Hg, Cu, Ni, Pb, Cr, Cd, As, Mg, Al, Se) kalsium- ja natriumpitoisuuksia sekä AOX- ja PCB-yhdisteitä. Lisäksi kertaluontoisesti analysoitiin kloorifenolit ja pestisidit sekä sedimenttikeräimiin kertyneet furaanit ja dioksiinit. (Oravainen 2001)

Seurannan tuloksena todettiin, ettei Karhiniemen raakavedessä havaittu haitallisia kemikalleja tai raskasmetalleja, vaan vedenlaatu täytti käyttökelpoisuudeltaan pääosin Valtioneuvoston asettaman A1-luokan vaatimukset. Vesi- ja ympäristöhallituksen luokituksen mukaan raakavesi oli laadullisesti hyvää. Ammoniumtypipitoisuus, rautapitoisuus ja kolibakteerit olivat tekijöitä, joiden takia vedenlaatu oli ajoittain A1-luokkaa huonompi. Raakaveden todettiin olevan yleislaadultaan hyvää mahdollistaen raakaveden ottosuunnitelmat. (Oravainen 2001)

3.2 Sedimenttitutkimukset

Kokemäenjokeen 1960-luvulta lähtien kohdistunut teollinen kuormitus on ilmennyt myös pohjasedimenteissä, joihin haitta-aineet ovat sitoutuneet ja kerrostuneet uoman pohjalle. Salonen (2002) kuvaa Kokemäenjoessa nykyään tahtuvaa haitta-aineiden kuormitusta sisäiseksi

kuormitukseksi. Tätä ylläpitävät veden virtausvaihtelut, jotka saavat pohjakerrostumat liikkeelle ja sekoittumaan kiintoaineiksena veteen. Pohjasedimenttien haitta-aineiden pitoisuuksia ja riskiä raakavedenotolle on tutkittu useissa eri tutkimuksissa.

Syrjänen (1999) käsitteli Pro gradu -tutkielmaansa Kokemäenjoen pohjasedimentin laatua ja kerrostumisympäristöä. Tutkimus painottui Karhiniemen ja sen yläpuolella olevien pohjasedimenttien sisältämiin raskasmetallipitoisuuksiin, etenkin elohopeapitoisuuksiin. Sedimenteistä analysoitiin fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi elohopea, sinkki, kupari, nikkeli ja lyijy sekä kokonaisfosforipitoisuus (taulukko 4). Pohjasedimenttikairaukset suoritettiin Äetsän ja Kolsin patoaltaista sekä Karhiniemen alueella neljästä näytteenottolinjasta.

Tutkimustulosten perusteella todettiin, että pohjasedimenteissä olevat pitoisuudet ovat jäämiä alueelle 1960- ja 1970-luvuilla jokeen kohdistuneesta kuormituksesta. Suuret elohopeajäämät huononsivat sedimentin laatua Äetsässä yhdessä mittauspisteessä. Karhiniemessä ja Kolsissa raskasmetallipitoisuudet olivat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta normaalilla tasolla. Syrjäsen mukaan suuret tulvat saattavat saada elohopean sekoittumaan veteen eroosion seurauksena.

Sekoittuminen on kuitenkin lyhytaikaista ja tehokasta, mikä pienentää elohopean vaarallisuutta. Lisäksi elohopea liukenee veteen hitaasti. Tutkimuksessa todettiin, etteivät raskasmetallipitoisuudet aiheuta estettä raakavedenotolle, mutta seurantatutkimuksissa on kuitenkin huomioitava mahdollisten virtaamamuutosten vaikutukset sedimentteihin. (Syrjänen 1999)

Nykänen & Salonen (2000) tutkivat Rautaveden, Liekoveden ja Kokemäenjoen yläjuoksun raskasmetallipitoisuuksia. Tutkimuksen tarkoituksena oli erityisesti tarkentaa tietoja jokisedimentin nikkeli- ja kuparipitoisuuksista ja niiden alkupe-
räästä sekä arvioida raakaveden otolle aiheutuvia mahdollisia riskejä. Rauta- ja Liekovedeltä sekä Kokemäenjoesta otettiin yhteensä 19 pintasedimenttinäytettä sedimentin kerrostumisalueilta. Lisäksi otettiin jääsorminäyte Rautaveden akkumulaatioalueella sijaitsevasta syvänteestä. Sedimenttien metallipitoisuuksia tarkasteltaessa näistä analysoitiin Ni, Cu, Fe, Mn, Mg ja Ca – pitoisuudet (taulukko 5). Tulosten perusteella todettiin, etteivät kaivostoiminnasta aiheutuvat raskasmetallipäästöt muodosta riskiä raakaveden otolle.

Taulukko 4. Pohjasedimenttien raskasmetallipitoisuuksien keskiarvoja (mg/kg) Äetsän ja Kolsin patoaltailla ja koko Karhiniemen alueella (Syrjänen 1999).

	Hg	Cu	Zn	Ni	Pb	Kok.P
Äetsä	11,84	42	96	161	43	0,86
Karhiniemi	0,7	34	80	140	30	
Kolsi	0,31	6	116	99	27	1,06

Taulukko 5. Pintasedimenttien metallipitoisuudet (mg/kg) kuivaa sedimenttiainesta kohden (ppm) (Nykänen & Salonen 2000). Alkuperäisestä taulukosta on poimittu tulosten tilastolliset tunnusluvut.

	Ni	Cu	Fe	Mn	Mg	Ca
Pienin arvo	18	8	14900	500	2650	2450
Suurin arvo	110	28	70000	8100	7140	4740
Keskiarvo	40	16	27726	1590	5577	3739
Mediaani	36	17	25800	1070	5670	3860
Keskihajonta	20,23	6,18	12011,42	1670,89	1155,42	546,57

Biota BD Oy (2001) suoritti sedimenttitutkimuksen, joka ulottui Äetsän–Huittisten Karhiniemen alueelle. Tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä riittävä ja luotettava tutkimusaineisto, jonka avulla voitiin määrittää raakaveden otolle sedimenteistä aiheutuvat riskit. Tutkimusalueella suoritettiin pohjakartoitus, jonka perusteella näytteenottopaikat valittiin. Näytteenottopaikat sijoitettiin sedimentin kerrostumisalueille, joilta otettiin yhteensä 18 pohjasedimenttinäytettä. Näytteistä analysoitiin vesipitoisuus, hehkusuhäviö, raekokojakauma, elohopeapitoisuus sekä alkuaineet. Viidestä näytteestä analysoitiin lisäksi PCDD, PCDF, PCB ja PAH. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös sedimentaatiohistoriaa 50 cm:n syvyydeltä 10 cm:n välein vesipitoisuuden, hehkusuhäviön, raekokojakauman, elohopeapitoisuuden ja alkuaineiden perusteella. (Biota BD Oy 2001)

Tulosten perusteella todettiin sedimenttien olevan pääosin puhtaita, mutta ihmistoiminnan seurauksesta osin hieman likaantuneita (taulukko 6). Epäorgaanisista haitta-aineista kadmiumin ja sinkin pitoisuudet ylittivät osin saastuneelle maaperälle asetetut ohje- ja raja-arvot. Myös elohopeapitoisuus ylitti saastuneen maan raja-arvon. Ohjearvo ylittyi PCB:n, dioksiinien ja furaanien osalta, mutta likaantuneen sedimentin raja-arvoa ei kuitenkaan ylitetty. Myös nikkelpitoisuus ylitti ohjearvon Paskajärvestä laskevan joen mittauspisteessä. (Biota BD Oy 2001)

Elohopeapitoisuuden aiheuttaman riskin tarkastelussa todettiin: ”Elohopean likaamien sedimenttien sekoittuminen esimerkiksi tulvan yhteydessä ei nosta veden elohopeapitoisuutta raakavedelle asetetun elohopeapitoisuuden raja-arvon yli”. Näin sedimenteissä havaittujen elohopeapitoisuuksien ei voida todeta aiheuttavan nykyisellään riskiä vedenotolle. (Biota Oy BD 2001)

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry raportoi vuonna 2005 Kokemäenjoella suoritettua pohjasedimenttien raskasmetallitarkkailun tuloksista (Valkama 2006). Tarkkailualue kattoi koko Kokemäenjoen alueen. Karhiniemen yläpuoliselle vesistöalueelle sijoittui yhteensä neljä näytenäytettä: Liekovesi, Äetsän ylä- ja alapuoli sekä Loimijoen yläpuoli. Pohjasedimentistä otettiin kahden senttimetrin paksuiset näytteet putkinoutimella ja määritettiin kupari, elohopea, kadmium, kromi, nikkeli ja lyijy. Saatuja sedimenttien raskasmetallipitoisuuksia verrattiin kirjallisuudesta poimittuihin luonnonarvoihin (taulukko 7). (Valkama 2006)

Koko Kokemäenjoen suurin elohopeapitoisuus, 64 mg/kg, mitattiin Äetsän alapuolella. Muilla yläjuoksun näytenäytteillä se vaihteli 0,18–4,2 mg/kg välillä, mikä ylittää luonnontason. Kadmium ja kromipitoisuudet olivat suurimmat Liekovedellä. Näiden osalta luonnontasot alittuivat vain Loimijoen yläpuolella. Kuparipitoisuudet alittivat luonnontason puolestaan kaikilla näyte-

Taulukko 6. Raskasmetallipitoisuudet pohjasedimenttinäytteissä (mg/kg) (Biota BD Oy 2001). Alkuperäisestä taulukosta on poimittu tuloksien perusteella lasketut tilastolliset tunnusluvut. Taulukossa on esitetty myös raskasmetalleille asetetut ohje- ja raja-arvot maaperässä sekä luonnolliset taustapitoisuudet (Puolanne ym. 2004).

	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Pienin arvo	3,08	<0,1	0,05	35,2	14,2	17,1	9	81
Suurin arvo	8,67	40	1,36	76,9	39,3	97,3	29,4	230
Keskiarvo	5,37	5,7	0,47	56,95	26,3	29,7	18	132
Keskihajonta	1,43	9,5	0,25	11,04	5,9	13,4	5,7	39
Ohjearvo	10	0,2	0,5	100	100	60	60	150
Raja-arvo	50	5	10	400	400	200	300	700
Luonnollinen taustapitoisuus	5	0,05	0,3	80	25	20	17	70

Taulukko 7. Sedimentin kuiva-aine- ja metallipitoisuudet sedimentissä vuonna 2005 (Valkama 2006). Alkuperäisestä taulukosta on poimittu Karhiniemen yläpuolista jokiosuutta koskevat tulokset.

Havaintopaikka	Syvyys m	Kuiva- aine g/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg
Liekovesi	8,7	153	0,18	0,92	73	29	39	23
Äetsän yp	7,2	248	4,2	0,56	47	19	25	12
Äetsän ap	4	303	64	0,5	45	21	26	16
Loimijoen yp	3,9	584	2,3	0,14	26	<3	18	7,7
Luonnontaso			0,1	0,5	35	40	30	15

pisteillä. Nikkelipitoisuuden osalta luonnontaso ylittyi vain Liekovedellä. Lyijypitoisuuden luonnontaso ylittyi myös Liekovedellä sekä Äetsän alapuolella. Tutkimuksessa todettiin niin kuormituksen kuin pintasedimenttien metallipitoisuuksien laskeneen Kokemäenjoessa viime vuosikymmeninä. Äetsän alapuolella oli kuitenkin havaittavissa elohopeapitoisuuden nousua, joka on seurausta vanhojen sedimenttien liikkumisesta pintaosiin. (Valkama 2006)

3.3 Elohopeakokeet

Kokemäenjoen vesistöön on kohdistunut aiemmin raskasta teollisuuden kuormitusta. Äetsässä Finnish Chemicals Oy:n kloorin valmistus ja mahdolliset muut toiminnot ovat jättäneet jälkensä Kokemäenjoen pohjasedimentteihin, joihin elohopeaa on kiinnittynyt (Turun Seudun Vesi 2007). Elohopeatutkimuksia on tehty useita ja tutkimuksen kohteena ovat olleet pohjasedimentit ja jokivesi. Aiemmin kuvatut Biota BD Oy:n (2001) ja Valkaman (2006) tutkimukset kohdistuivat pohjasedimentteihin. Jokiveden elohopeapitoisuuksia on tarkasteltu erikseen tutkimuksissa ja seurannoissa.

Karhiniemi oli mukana Korhosen & Virtasen (1996) tekemässä tutkimuksessa, jossa arvioitiin Kokemäenjoen keskiosan ruoppauksen vaikutusta vesistön elohopeapitoisuuteen. Tutkimuskausi ajoittui vuosiin 1991–1992, jolloin

näytteitä otettiin yhteensä seitsemän kertaa kokonaiselohopean ja metyylielohopean analysointia varten. Tulosten perusteella todettiin, että kokonaiselohopean vaihtelua selittävät osaltaan veden kiintoainespitoisuus, virtaama ja näytteenottopaikka. Kiintoainekseen sitoutuneen elohopean määrä oli suurin kiintoainekseen ollessa runsaimmin liikkeellä. Metyylielohopean esiintymiseen vaikutti puolestaan vuodenaika ja lämpötila. Karhiniemessä mitattu kokonaiselohopeapitoisuus vaihteli välillä 2,73–9,30 ng/l ja metyylielohopea välillä <0,009–0,107 ng/l (1 ng = 1 miljardisosagramma).

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys on tehnyt jatkuvatoimista tutkimusta jokivedestä vuodesta 2003 lähtien kuukausittaisella näytteenotolla. Lisäksi elohopeamittauksia tehtiin intensiiviseurannassa vuosina 2000–2001. Seurantajakson aikana tehtiin yksi määräysrajan ylittänyt elohopeahavainto, joka ajoittui aikaan, jolloin virtaama oli juuri kaksinkertaistunut. (Turun Seudun Vesi 2007)

Virtaamamuutoksen vaikutuksen selvittämiseksi 24.5.2004 suoritettiin elohopeapitoisuuksien intensiivimittaus Turun Seudun Vesi Oy:n toimesta. Tässä mittauksessa nostettiin virtaamaa niin nopeasti kuin normaalitilanteessa oli mahdollista minimijuoksutuksesta (50 m³/s) viikkojuoksutuksen tasolle (250 m³/s) avaamalla Tyrvään, Äetsän ja Kolsin voimalaitosten luukut klo 5:00. Näytteitä otettiin puolen tunnin välein

kello 6:00–10:00, jolloin ylitettiin 200 m³/s virtaama. Tämän jälkeen siirryttiin tunnin välein tapahtuvaan näytteenottoon, jota jatkettiin kello 18:00 saakka. Kaikkien näytteiden elohopeapitoisuudet olivat lähellä määrittäysrajaa (0,002 µg/l) tai sen alapuolella. (Turun Seudun Vesi Oy 2007) (1 µg = 1 miljoonasosagramma)

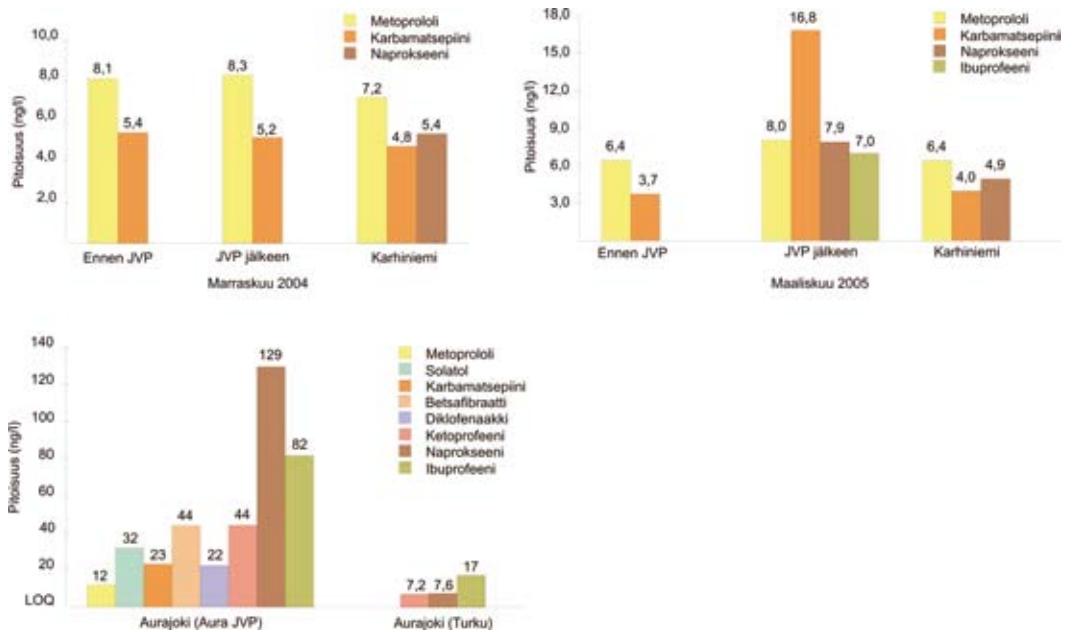
3.4 Lääkeainetutkimukset

Lääkeaineita joutuu vesistöihin jätevedenpuhdistamoista, jotka eivät kykene poistamaan täysin näitä yhdisteitä (Vieno ym. 2005a). Pintavesien lääkeainepitoisuudet ovat yleensä korkeintaan noin sata nanogrammaa litrassa, mutta pitoisuudet vaihtelevat lääkeaineiden käytön ja jätevesimäärien mukaan. Lisäksi on havaittu vuodenaikaista vaihtelua. Talvella on havaittu muita vuodenaikoja korkeampia pitoisuuksia, sillä alhaisessa lämpötilassa mikrobitoiminta on alhaista ja puhdistustehokkuus alenee. Lisäksi alhaisilla virtaamilla laimeneminen on vähäistä. Suurissa järvissä ja joissa pitoisuudet puolestaan laimenevat. Tämä ilmiö on havaittu yleisesti myös Kokemäenjoessa, vaikka suurempia pitoisuuksia onkin mitattu jätevesien purkupaikoilla. Tutkimukset ovat osoittaneet, että lääkeaineet saattavat joutua raakavetenä käytettävästä pintavedestä juomaveteen (Vieno ym. 2005b).

Vieno ym. (2005a) ovat tutkineet lääkeaineiden pitoisuuksista Suomen eri jokivesissä. Kokemäenjoesta analysoituja, määrittäysrajan ylittäneitä yhdisteitä ovat betasalpaajana käytetty metoprololi, epilepsialäkkeenä käytetty karbamatsepiini ja tulehduskipulääkkeinä käytetyt naprokseeni ja ibuprofeeni (Vieno 2005, erillinen paperi). Maaliskuussa mitattujen lääkeainepitoisuuksien voitiin havaita kasvaneen Äetsän jätevedenpuhdistamon jälkeen (kuva 14). Karhiniemessä pitoisuudet olivat laimentuneet määrittäysrajan lähelle. Aurajoen virtaama ei riittä laimentamaan lääkeaineiden pitoisuuksia alle määrittäysrajan (Vieno ym. 2005a). Lääkeainepitoisuudet säi-

lyvät tästä syystä osin Turkuun saakka ja niitä on havaittu myös juomavedestä hyvin pieninä pitoisuuksina. Kokemäenjoesta mitattuja lääkeaineita, kuten naprokseenia tai ibuprofeenia, on Aurajoesta havaittu paljon suurempina pitoisuuksina. Lisäksi Aurajoesta on tavattu useampia eri lääkeaineyhdisteitä.

Perttinä (2003) tarkasteli diplomityössään muun muassa Karhiniemen raakavedenottamon kohdalta tehtyjä lääkeaineanalyysyjä sekä näiden ja keskivirtaaman perusteella tehtyjä laskennallisia lääkeainepitoisuuksia. Hän tarkasteli laskennallisia pitoisuuksia ”worst case” tapauksina. Tällä tarkoitetaan teoriassa mahdollisesti tavattavaa maksimipitoisuutta siinä tapauksessa, että jätevedenpuhdistamolla ei tapahdu lääkeaineen poistumista, sekä tapauksina, jotka huomioivat myös lääkeaineiden poistumisen jätevedenpuhdistamolta. Edellisiä vertailtaessa Euroopan pintavesien pitoisuuksiin, voidaan todeta lääkeainepitoisuuksien olevan Kokemäenjoessa yleisesti huomattavasti pienempiä. Poikkeuksena kuitenkin ovat asetyylisalisyylihappo, ibuprofeeni ja karbamatsepiini. Analysoiduista yhdisteistä Kokemäenjoesta löytyi karbamatsepiinia ja galaxolidea, joka on syntetttinen myski. Karbamatsepiinin pitoisuus vaihteli 0,07–0,2 µg/l välillä, kun taas galaxoliden pitoisuus oli alle 0,015 µg/l. Vastaavat arvot Aurajoessa olivat 0,05–0,37 µg/l ja alle 0,03 µg/l. Perttinä (2003) toteaa, että havaituilla pitoisuuksilla ei ole merkitystä ihmisen terveydelle. Lääkeaineiden pitoisuuksia voidaan käyttää indikoimaan jäteveden vaikutusta vesistössä.



Kuva 14. Lääkeaineiden pitoisuuksia Kokemäenjoessa ja Aurajoessa (Vienon 2005 mukaan, erillinen paperi). Lääkeaineiden pitoisuudet on mitattu Kokemäenjoessa ennen ja jälkeen Äetsän jätevesipuhdistamoa sekä Karhiniemessä 30.11.2004 (ylh. vas.) ja 3.3.2005 (ylh. oik.). Aurajoessa lääkeaineiden pitoisuuksia on mitattu jätevedenpuhdistamolla ja Turussa (alh.).



4 TUTKIMUSAINEISTOT JA -MENETELMÄT

4.1 Paikkatietoanalyysit

Valuma-alueen ympäristön piirteitä tarkasteltiin paikkatietoanalyysin. Valuma-alue rajattiin Suomen ympäristökeskuksen valuma-alue -paikkatietokannan perusteella (taulukko 8). Jotta valuma-alue saatiin rajattua Karhiniemen yläpuoliseen osaan, suoritettiin ArcGIS 9.2 -ohjelmalla tätä varten valuma-alueanalyysi digitaalisesta korkeusmallista (taulukko 8). Valuma-alueanalyysissä purkautumispiste sijoitettiin Karhiniemen sillalle, jossa tekopohjavesihankkeen tuleva raakavedenotto sijaitsi. Määritetyn rajan perusteella muokattiin paikkatietokannassa oleva Kokemäenjoen yläosan muodostava polygoni (35.12) siten, että Karhiniemen alapuolelle jäävä valuma-alueen osa jäi sen ulkopuolelle.

Karhiniemen yläpuolisen valuma-alueen rajauksella leikattiin muut paikkatietoanalyysissä käytetyt aineistot. Alueen korkeussuhteita kuvattiin Maanmittauslaitoksen digitaalisella korkeusmallilla, maankäyttöä CLC2000-maankäyttö/maanpeite -aineistolla sekä maaperän ominaisuuksia Geologian tutkimuskeskuksen maaperä-aineistolla (taulukko 8).

Digitaalinen korkeusmalli luokiteltiin uudelleen neljää korkeusluokkaa edustavaan alueeseen: alle 50, 50–75, 75–100 ja yli 100 metriä merenpinnan yläpuolella. Korkeusaineiston perusteella laskettiin myös rinteiden kaltevuudet. Valuma-alueen korkeussuhteita kuvaavaan karttaan li-

sättiin jokiuoma CLC2000-aineistosta ja sivu-uomat Maanmittauslaitoksen Map database -aineistosta (taulukko 8).

CLC2000-maankäyttö/maanpeite -aineisto uudelleenluokiteltiin siten, että se edustaa raakaveden laadun kannalta merkittäviä tekijöitä valuma-alueella. Maankäytön luokkia on 12: rakennettu ympäristö, teollisuus- ja palvelualueet, peltoalueet, laidunmaa, lehti-, havu-, ja sekametsä, harvapuustoinen alue, kalliot, kosteikot, avosuot sekä vesistöt. Maankäyttöaineiston uudelleenluokituksessa tehtiin yleistystä, jossa muun muassa maa-ainesten ottoalueet liitettiin teollisuusalueisiin ja kaatopaikat rakennettuun ympäristöön. Näistä jälkimmäinen on kuitenkin esitetty kartalla erillisellä merkinnällä. Rasterimuotoisesta aineistosta laskettiin eri maankäyttömuotojen kattamat pinta-alat ja osuudet valuma-alueesta. Sivuuomat lisättiin Map database -aineistosta.

Maaperäaineisto uudelleenluokiteltiin GEO-luokituksen mukaisesti 12 luokkaan siten, että hieno hietä ja hiesu yhdistettiin siltiksi, ja karkea hietä muutettiin hienoksi hiekaksi. Muut luokat ovat kallio, moreeni, sora, hiekka, savi, rahka- ja saraturve, lieju, täytemaa ja vesistö. Maaperäaineistosta luotiin ensin pohjamaalajeja kuvaava taso, jonka jälkeen tähän yhdistettiin pintamaalajit raidoitettulla rasterilla. Pintamaalajin

merkitys on vedenlaadun kannalta tärkeä, sillä pintavalunta virtaa ylimmässä maakerroksessa huuhtoen ainesta. Tarkemmat maalajikuvaukset jätettiin yleistyksestä johtuen esittämättä. Pintalojen laskemiseksi Clip-toiminnolla leikattu vektorimuotoinen aineisto muutettiin rasterimuotoiseksi. Operaatio tapahtui menetelmällä, jossa solun arvo määrittyi suurimman pinta-alan kattavan arvon mukaan. Solujen kooksi määritettiin edellisten aineistojen mukaisesti 25 metriä. Pinta-alat laskettiin pintamaalajin mukaan. Myös maaperäkartaan lisättiin sivu-uomat Map database -aineistosta.

Koko vesistöaluetta kuvaavissa kartoissa on käytetty Suomen ympäristökeskuksen valuma-alueaineistoa. Vesistöalueen vedenlaatua havainnollistavassa kartassa valuma-alue on muokattu edellä kuvatun valuma-alueanalyysin perusteella tehdyllä rajauksella käsittämään Karhiniemen yläpuolinen vesistöalue. Tämän rajauksen ulkopuolella ovat Loimijoen valuma-alue ja suurin osa Kokemäenjoen aluetta. Vesistöt lisättiin karttaan CLC2000-maankäyttö/maanpeite -aineistosta.

Taulukko 8. Paikkatietoanalyysissä käytetyt paikkatietoaineistot.

Aineisto	Esitysmuoto	Kattavuus	Tarkkuus	Tuottaja/Lähde
CLC2000-maankäyttö/maanpeite (2004)	rasteri	koko Suomi	25m	©SYKE (osittain ©MMM, MML, VRK) *)
Digitaalinen korkeusmalli (1997)	rasteri	koko Suomi	25m	Maanmittauslaitos
Maaperäaineisto (2007)	vektori	2112 03, 2112 06, 2121 01, 2121 02, 2121 04, 2121 05, 2121 06	1:20 000	©Geologian tutkimuskeskus
Map database (2005)	vektori	21M, 21N	1:250 000	Maanmittauslaitos
PerusCD (1997)	rasteri	2112 03, 2112 06, 2121 04	1:20 000	Maanmittauslaitos
Valuma-alue -paikkatietokanta (1990)	vektori	koko Suomi	1:50 000	©SYKE **)

*) CLC2000 aineiston tuotannossa on käytetty seuraavien tiedon tuottajien aineistoja: SYKE, MML, MMM (peltotiedot 1999), VRK (rakennetut alueet 2001) ja satelliittikuvien tulkinnassa hyödynnetty Metsähallituksen ja UPM Kymmene Oy:n aineistoja.

**), **) OIVA - ympäristö- ja paikkatietopalvelu (valtion ympäristöhallinnon virastot) 4.6.2008. 6.6.2008.

4.2 Vedenlaatuanalyysit

Vedenlaadun ajallista vaihtelua tarkastellaan Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen keräämän aineiston perusteella. Vuonna 2000–2001 suoritettu intensiiviseuranta toimii tarkastelun lähtökohtana. Tutkimusaineistoa on jatkettu ajallisesti tämän tutkimuksen jälkeen kerätyillä tuloksilla aina 8.5.2008 saakka. Yhteensä tarkasteluun mukaan otettuja mittauskertoja on 97. Turun Seudun Vesi Oy:n tekemät mittaukset on otettu tarkasteluun mukaan täydentämään aineistoa ja tuomaan lisätietoa etenkin vedenlaadun ajallisesta vaihtelusta. Nämä tulokset perustuvat vuorokausikeskiarvoihin ajalta 1.6.2004–29.1.2008. Mukana on myös Äetsän voimalaitoksella suoritettut mittaukset ajalta 25.3.2005–29.1.2008. Turun Seudun Vesi Oy:n vuonna 2008 aloittamat TOC, DOC ja nitraatti -mittaukset on otettu tarkasteluun mukaan ajalta 31.1.–30.6.2008. Mittaukset suoritettiin 15 minuutin välein, mutta tuloksissa on huomioitu näiden perusteella lasketut vuorokausikeskiarvot. Vedenlaadun muuttujia heijastellaan kulloinkin vallitsevaan virtaamaan, joka on mitattu pääosin Äetsän voimalaitoksella. Äetsän puuttuvat arvot ajalta 1.7.2003–31.4.2004 on korvattu Kolsin voimalaitoksen virtaamatiedoilla.

Vedenlaadun keski- ja ääriarvoja vertaillaan valtioneuvoston (1994) asettamiin raja-arvoihin juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden ominaisuuksista sekä Vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) luokitukseen vesistöjen laadullisesta käyttökelpoisuudesta raakavedeksi (liitteet 1 ja 2).

Jokivedeksi muuttuvan järveden laadun paikallista vaihtelua seurataan sen matkalla Karhiniemen raakavedenottamolle. Tarkastelu perustuu Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen keräämiin näytteisiin. Näytepisteet sijaitsevat Liekoveden luusuassa, Äetsän Keikyässä ja Karhiniemessä. Kussakin vedenlaadun tarkastelussa on huomioitu vain ne mittauskerrat, jotka on suoritettu jokaisessa mittauspisteessä kyseisen

päivän aikana. Näin voidaan parantaa näytteiden vertailukelpoisuutta huomioiden kulloinkin vallitsevat virtaamaolot.

Liekovedeltä Karhiniemeen tehdyssä tarkastelussa on mukana yhteensä 57 mittauskertaa. Tuloksia tarkastellaan kuukausittaisina keskiarvoina koko tutkimuskauden (2.10.2000–8.5.2008) osalta. Näytteenottoja on suoritettu Liekovedellä harvemmin kuin Karhiniemessä, joten tulokset perustuvat helmikuussa kahteen mittauskertaan sekä heinä- ja marraskuussa vain yhden päivän mittauksiin. Joulukuun tulokset puuttuvat tästä syystä kokonaan. Muiden kuukausien osalta tuloksissa on huomioitu 3–8 näytteenottokertaa. Äetsän Keikyän mittauspisteen ollessa mukana tarkastelussa, on huomioitu yhteensä 31 mittauskertaa. Keikyässä analyysijä on suoritettu harvemmin sekä vähemmistä vedenlaadun ominaisuuksista kuin Liekovedellä tai Karhiniemessä.

Liekoveden ja Karhiniemen näytepisteiden välinen etäisyys on noin 22 kilometriä ja jokiosuus Äetsästä Karhiniemeen on noin 9,5 kilometriä. Luode Consulting Oy:n raportin (Lindfors & Kiirikki 2007) mukaan veden viipymäaika Äetsästä Karhiniemeen vaihtelee välillä 5–25 tuntia virtaaman suuruudesta riippuen. Koska virtaama ei muutu merkittävästi jokiosuudella, voi viipymäaika Liekovedeltä Karhiniemeen olla tämän perusteella yli kaksi vuorokautta hiljaisen virtaaman aikana. Vertailussa voidaan kuitenkin olettaa, että kuukausittaiset keskiarvot samoilta mittauspäiviltä antavat havainnollistavan kokonaiskuvan vedenlaadun muutoksesta Karhiniemen yläpuolisella jokiosuudella. Huomioitavaa on, että muutokset sääolosuhteissa ovat mahdollisesti vaikuttaneet vedenlaadun vaihteluun jokiosuudella, ja virtaamaolot ovat olleet vaihtelevia.

Tuloksen ollessa alle määrittäysrajan, keskiarvoja laskettaessa käytetään puolta arvosta eli $<10 = 5$ jne. Tämä koskee kiintoainesta, nitraattia, ammoniumtyyppiä, fosfaattia ja bakteereita.



*Kuva 15. Näytteenottopaikat
Karhiniemessä (ylin), Äetsäs-
sä (kesk.) ja Liekovedellä (alin).
(Kuva: Jonna Konsala 2.7.2008,
9.8.2008)*



5.1 Sääolojen vaikutus Kokemäenjoen virtaamaan

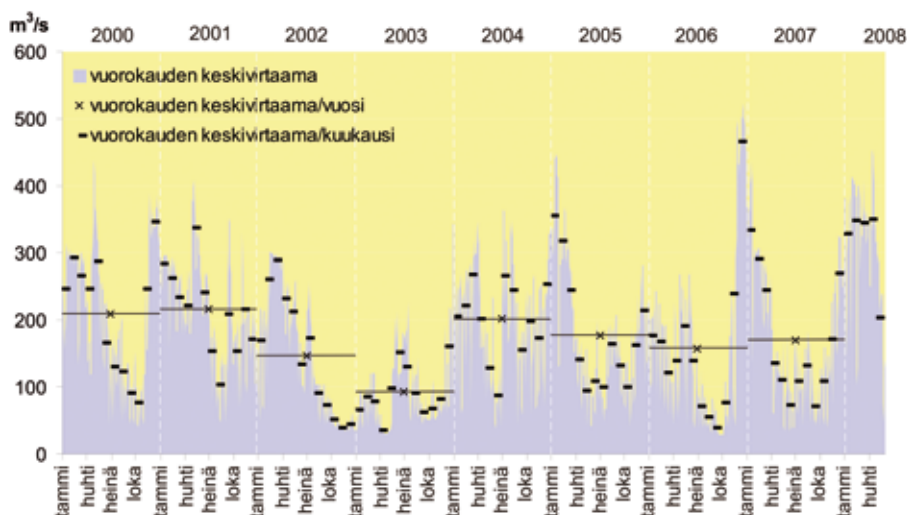
Karhiniemen raakavedenottamolta yläjuoksulle sijaitsee Äetsän voimalaitos, jossa keskivirtaamaksi on mitattu noin $180 \text{ m}^3/\text{s}$ (vuosina 2000–2008). Jokiosuuden alkaessa, Liekoveden suulla sijaitsevassa Hartolankoskessa on pitkän ajan virtaamakeskiarvoksi mitattu $183 \text{ m}^3/\text{s}$ (Hyvärinen & Korhonen 2003). Virtaama ei siis lisäännä merkittävästi joen yläjuoksulta Äetsään, ja näin sivu-uomien merkitys jää Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella vähäiseksi. Karhiniemen alapuolella Kokemäenjokeen yhtyy Loimijoki, jonka keskivirtaama on $24 \text{ m}^3/\text{s}$ ja Harjavallassa Kokemäenjoen keskivirtaama on kasvanut 231 kuutiometriin sekunnissa (Hyvärinen & Korhonen 2003).

Kokemäenjoen virtaama vaihteli sekä vuosittain että vuodenaikojen mukaan (kuva 16). Vuosikymmenen alussa vuoden keskivirtaamat olivat hieman normaalia ($180 \text{ m}^3/\text{s}$) korkeampia, kun puolestaan vuosi 2003 erottui selkeästi muista vähävirtaisena kautena. Tavallisesti vuoden aikana voidaan erottaa kaksi tulvakautta, kevät ja syksy. Poikkeuksena oli vuosi 2003, jolloin runsaimmat virtaamat mitattiin kesällä. Viime vuosina talvivirtaamat ovat voimistuneet.

Raakaveden laadussa voidaan havaita vuodenaikaisia ja vuotuisia vaihteluita. Vuodenaikaiseen vaihteluun vaikuttavat etenkin lämpötilan ja va-

laistuksen muutokset, joita häiritsevät paikalliset sääolosuhteet. Tärkeänä vuodenaikaisena muutoksena on järvien täyskierto keväisin ja syksyisin. Valaistus puolestaan on ensisijainen tekijä veden biologisessa toiminnassa ennen lämpötilaa ja ravinteita. Talvella jääpeitteen aikana happipitoisuus laskee ja liuenneiden ainesten pitoisuus kohoaa. Vuotuinen laadunvaihtelu vesistöissä on seurausta säätekijöistä, kuten sadanta- ja valaistusolosuhteista, jotka vaikuttavat valunnan mukanaan tuomiin ainesmääriin ja biologiseen toimintaan. (Iihola 1975)

Oravaisen (2002) mukaan Kokemäenjoen veden laatu on nykyään alivirtaamilla paras, kun vielä viime vuosikymmeninä tilanne oli päinvastainen. Ylivirtaamia muodostuu Kokemäenjoella keväällä lumien sulaessa, runsaiden kesäsateiden aikana, syyssateiden ja lauhan talven seurauksena (Oravainen 2002–2006). Ravinteita huuhtoutuu herkästi vesistöön keväällä, sillä pellot kylvetään ja lannoitetaan toukokuussa (Oravainen 2004). Talvella kohonnut lämpötila saattaa aiheuttaa lumipeitteen sulamisen, ja tämän seurauksena hulevedet lähtevät valuma-alueelta liikkeelle (Oravainen 2005). Syyssateiden on todettu puolestaan huuhtovan humusta, mikä näkyy veden ruskistumisena. Virtaama vaihtelee vuosittain vallitsevien sääolojen mukaan säädellen vesistöihin kohdistuvaa hajakuormitusta.



Kuva 16. Virtaaman vaihtelu Äetsän voimalaitoksella tarkastelujakson aikana. Sateet ja sulamisvedet muodostavat runsaita valumia Kokemäenjoessa. Hajakuormitus lisääntyy tulvapiikkien aikana, etenkin keväällä, syksyllä ja alkutalvella. Harmaalla on kuvattu vuorokauden keskivirtaama. Rasteilla esitetään vuorokausien keskivirtaaman vuosikeskiarvo ja mustalla palkilla kuukausikeskiarvo.

5.2 Vedenlaadun vaihtelu

Veden laadussa ei ole havaittavissa selvää muutosta tämän ja edellisen vuosikymmenen välillä laatuparametrien keskiarvoja tarkasteltaessa (taulukko 9). Bakteerien osalta on tapahtunut huomattavimmin parannusta, ja myös ammoniumtyypen pitoisuudet ovat jonkin verran laskeneet. Tämä kertoo asutusjätevesien puhdistustehon parantumisesta. Kokonaistypen osalta tilanne ei ole parantunut, vaan päinvastoin sen keskipitoisuus on lievästi noussut.

Kiintoaine ja sameus

Juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden kiintoainepitoisuuden raja-arvo A1-luokassa on 25 mg/l (Valtioneuvosto 1994), joka ei ylittynyt Karhiniemessä tutkimuskauden aikana. Kiintoainepitoisuus vaihteli 0,5–12 mg/l välillä ja oli keskiarvoltaan 5,1 mg/l (kuva 17).

Sameuden keskiarvo oli 6,6 FNU ja se vaihteli 0,9–17 FNU-yksikön välillä. Vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) mukaan erinomaisen veden sameus jää alle yhden FTU-yksikön, joka vastaa karkeasti FNU-yksikköä. Kiintoaine ja sameus varioivat melko yhtäläisellä trendillä.

Kiintoainesta kulkeutuu vesistöihin luonnollisesti eroosion seurauksena (Davie 2003). Oravainen (2005) on todennut, että jätevesien vaikutus Kokemäenjoen kiintoainemääriin on vähäinen, ja kiintoaineksen ja sameuden vaihteluun vaikuttavat etenkin valuntaolot ja eroosion voimakkuus. Suurimmat kiintoainepitoisuudet mitattiin Karhiniemessä keväällä ja syksyllä, jolloin hajakuormitus on voimakkainta (kuva 17). Kohonneita pitoisuuksia havaittiin myös kesällä. Tällöin näytteissä on runsaasti leväbiomassaa ja pintavedessä esiintyy leväsameutta (Kvvy 1999). Alhaisimmillaan aineskuljetus oli usein talvella.

Taulukko 9. Karhiniemen vedenlaatuparametrit, niiden keskiarvot sekä suurin ja pienin arvo tutkimuskaudella 2.10.2000–8.5.2008 ja sitä edeltäneinä vuosina 1990–2000.

Laatu-parametri	Lämpö-tila °C	pH	Sähkön-johtavuus mS/m	K-aine mg/l	Sameus FNU	COD _{Mn} mg/l O ₂	TOC mg/l	Väri mg/l Pt	Klorofylli mg/m ³	Happi mg/l	Happik. %
Keskiarvo 2000–2008	9,3	7,1	9,9	5,1	6,6	9	8,8	48	7,5	10,2	86
Suurin arvo	22,7	7,5	13,2	12	17	15	10	100	16	12,9	100
Pienin arvo	0,1	6,8	8,3	0,5	0,88	7,2	7	25	0,5	6,7	71
Keskiarvo 1990–2000	8,1	6,9	9,5	5,5	5,0	8,8		45	9,9	10,4	87
Suurin arvo	22,3	7,3	12,7	15	16	11		80	17	13	106
Pienin arvo	0,1	6,4	7,9	0,7	1,4	7,2		25	3,5	6,4	66

Laatu-parametri	Kok.N µg/l	NO ₂₃ -N µg/l	NH ₄ -N µg/l	Kok.P µg/l	PO ₄ -P µg/l	SO ₄ mg/l	Fe µg/l	Hg µg/l	Lämp.kolif kpl/100 ml	Al.fek.str kpl/100 ml
Keskiarvo 2000–2008	912	439	36	24	3,6	18	379	*	39	34
Suurin arvo	1480	930	110	43	11	27	990	0,27	550	340
Pienin arvo	450	<10	<5	15	<3	14	120	<0,05	0	0
Keskiarvo 1990–2000	837		53	26		17	373		96	56
Suurin arvo	1200		160	43		27	1000		780	350
Pienin arvo	510		7	18		12	170		<5	<2

*Elohopean määrittämissä oli 0,05 µg/l vuoteen 2003 saakka, jonka jälkeen se on ollut 0,1 µg/l. Elohopean pitoisuus vedessä on ollut pääsääntöisesti alle kulloinkin vallitsevan määrittämissä.

Sameuden ja virtaaman välistä yhteyttä voidaan havainnoida parhaiten Turun Seudun Vesi Oy:n määrittämistä sameuden vuorokausikeskiarvoista (kuva 17). Näiden mittausten perusteella Karhiniemen sameus vaihteli välillä 0,6–23,1 NTU ja oli keskiarvoltaan 5,0 NTU. Tuloksista voidaan havaita myös talvitulvien merkitys aineskuljetukseen kevät- ja syystulvien rinnalla. Kesäiset leväkukinnat kohottivat sameusarvoja. Sameus kasvoi Äetsästä Karhiniemeen ajoittain selkeästi.

Sameuden mittauksessa käytetyt yksiköt FNU ja NTU eroavat toisistaan määrittämissä menetelmistään, eivätkä näin ole suoraan verrattavissa keskenään (USGS 2008). NTU-yksiköiden mittaus perustuu näkyvän valon alloonpituuksiin, kun taas FNU-yksiköt mitataan infrapunavalon alloonpituuksilla. Yksiköiden on kuitenkin todettu olevan vertailukelpoisia (Kiirikki & Lindfors 2006).

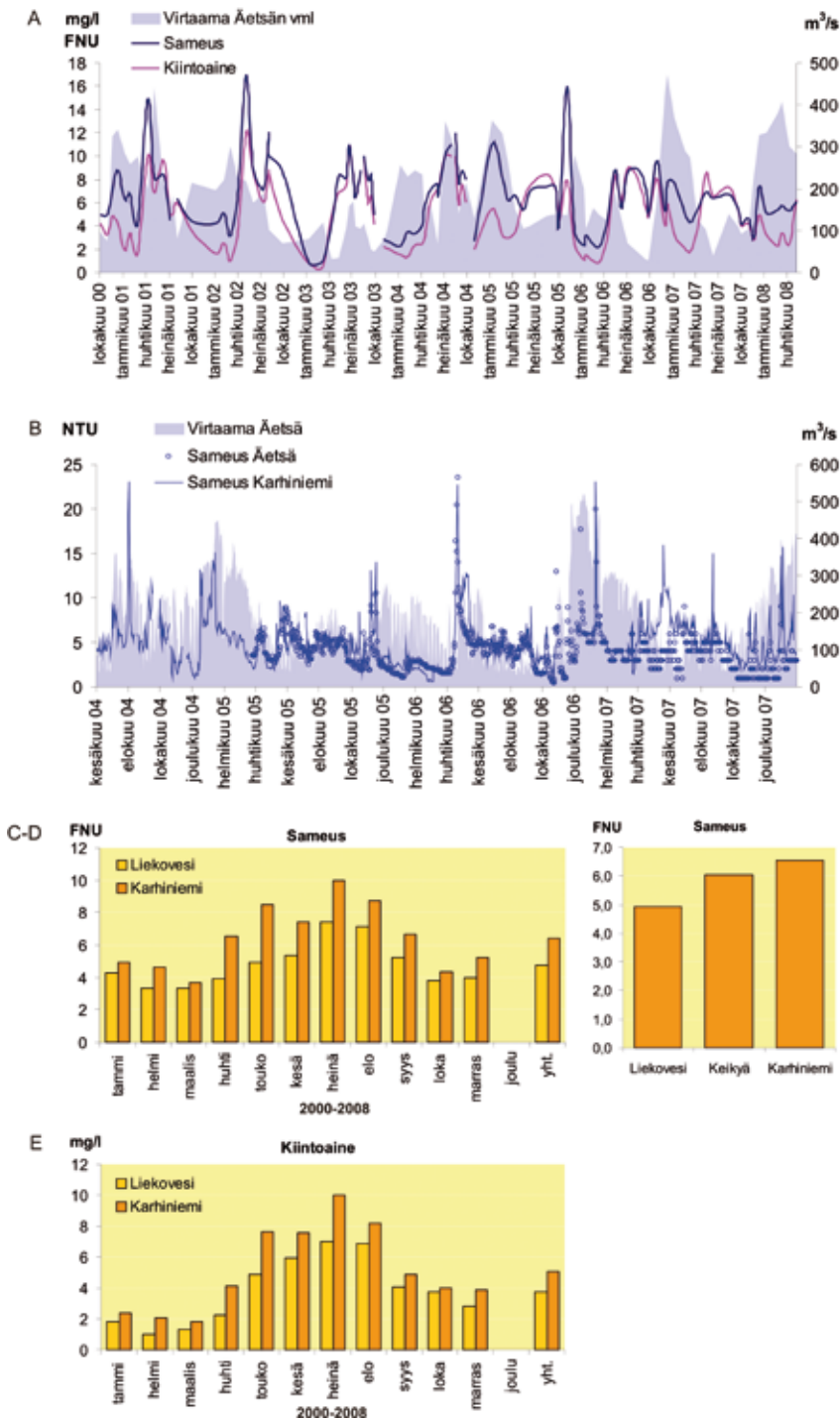
Aineskuljetuksen määrä lisääntyi Liekovedeltä Karhiniemeen etenkin keväällä hajakuormituksen seurauksena. Heinäkuussa suoritettu yhden päivän mittaus antaa kuvan yksittäisen tulvapiikin aiheuttamasta ainesmäärän lisääntymisestä Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella. Tällöin virtaama oli keskimääräistä voimakkaampi. Kun huomioidaan koko vuoden kattavat mittaukset, Liekoveden kiintoainespitoisuus oli 3,8 mg/l ja Karhiniemen 5,1 mg/l. Sameuden vastaavat arvot olivat 4,7 FNU ja 6,4 FNU. Keikyä mukaan lukien voidaan todeta, että sameus kasvoi melko tasaisesti Liekovedeltä Keikyään ja sieltä Karhiniemeen.

Sähkönjohtavuus

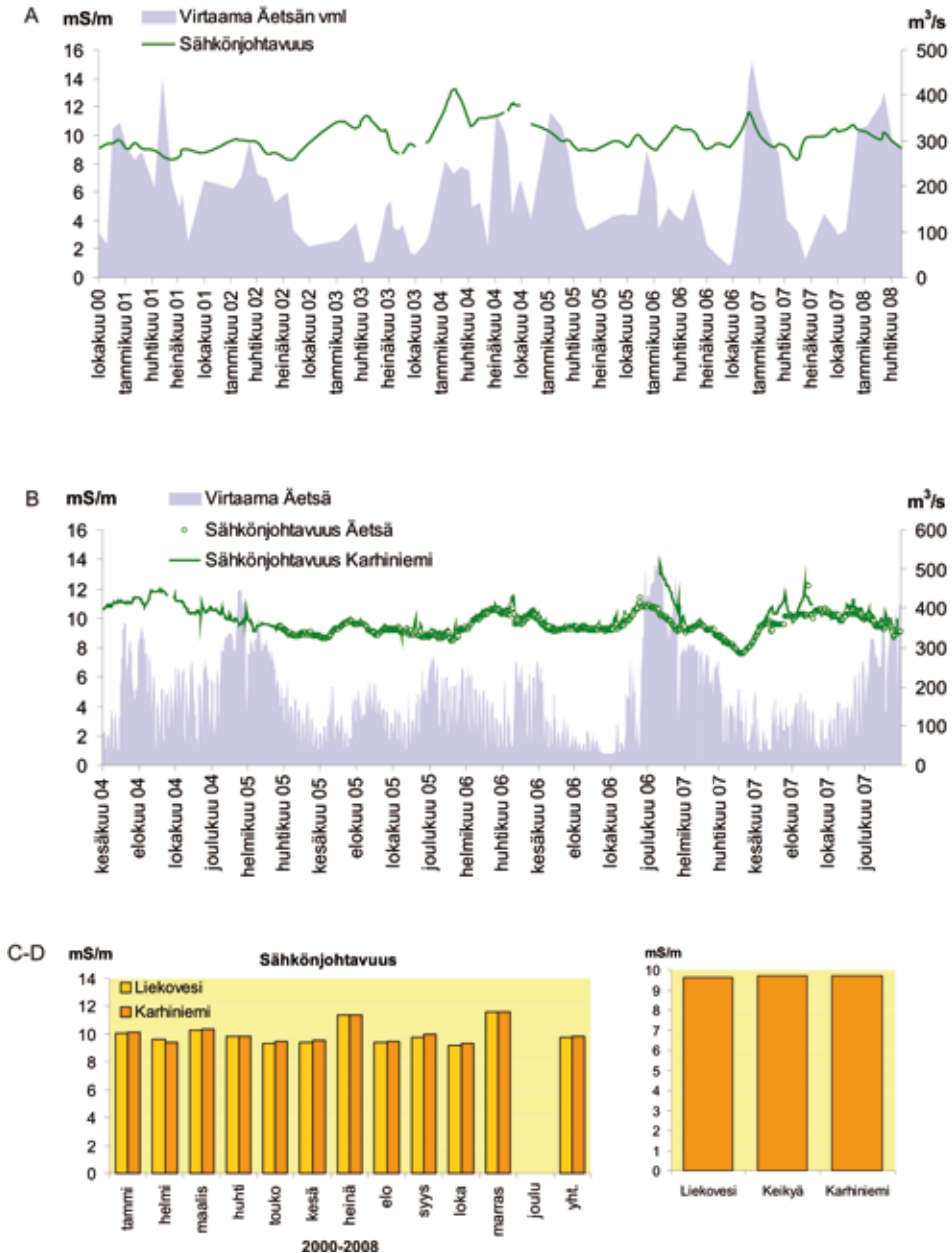
Liuenneiden aineiden suhteellista ekvivalenttisuutta kuvaava veden sähkönjohtavuus jäi Karhiniemessä selkeästi valtioneuvoston esittämän raja-arvon, 110 mS/m, alle. Raakaveden sähkönjohtavuuden keskiarvo oli 9,9 mS/s ja se vaihteli 8,3–13,2 mS/s välillä (kuva 18). Sähkönjohtavuuden osalta raakaveden laatu alitti myös Vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) asettaman alimman raja-arvon (20 mS/m). Sähkönjohtokyky kasvaa hajakuormituksen ja jätevesikuormituksen lisääntyessä (esim. Oravainen 2005). Sisävesissä sitä lisäävät peltolannoituksesta ja jätevesistä peräisin olevat natrium, kalium, kalsium, magnesium sekä kloridit ja sulfaatit (Kvvy 1999).

Sähkönjohtokyvyn vuodenaikaista vaihtelua tarkasteltiin Turun Seudun Vesi Oy:n tekemän seurannan perusteella. Myös näiden tulosten keskiarvoksi laskettiin 9,9 mS/m ja vaihteluväliksi 7,6–13,7 mS/s. Sähkönjohtavuuden voi havaita lisääntyneen Äetsästä Karhiniemeen talvitulvan aikana vuonna 2007. Samana vuonna kasvua näytepisteiden välillä tapahtui myös kesällä virtaaman noustessa.

Kuukausittaisia keskiarvoja tarkasteltaessa sähkönjohtavuus ei muuttunut Liekovedeltä Karhiniemeen raakaveden laadun kannalta merkittävästi. Tämän perusteella yläpuoliset järvi-alueet säätelevät pääosin liuenneiden aineiden pitoisuutta. Heinä- ja marraskuun arvot olivat muita kuukausittaisia keskiarvoja korkeampia. Tällöin virtaama oli keskimääräistä suurempi, joten voidaan todeta sähkönjohtavuuden olevan voimakkaan virtaaman aikana runsaampi. Liekovedeltä Keikyälle ja sieltä Karhiniemeen tapahtuva sähkönjohtavuuden nousu oli yhteensä noin 0,1 mS/m.



Kuva 17. (A) Karhiniemessä virtaaman (m^3/s) vuodenaikainen vaihtelu heijastuu sameuden (FNU) ja kiintoainespitoisuuden (mg/l) muutoksissa hajakuormituksen seurauksena (Kovy ry.). (B) Sameuden vaihtelu Karhiniemessä ja Äetsässä noudattelee melko yhtäläistä trendiä, vaikka ajoittain voidaan havaita lisääntymistä Äetsästä Karhiniemeen (Turun Seudun Vesi Oy). (C-E) Aineskuljetus lisääntyy selvästi Liekovedeltä Karhiniemeen. Sameus lisääntyy melko tasaisesti matkalla yläjuoksulta raakavedenottamolle, mutta suurin muutos tapahtuu valuma-alueen yläosassa.



Kuva 18. Sähkönjohtavuudella kuvataan raakavedessä olevien liuenneiden aineiden määrää. (A) Karhiniemessä virtaaman kasvu heijastuu piikkeinä sähkönjohtavuudessa (Kvvy ry.). (B, C, D) Sähkönjohtavuus ei muutu merkittävästi Karhiniemen yläpuolisella jokiosuudella (Kvvy ry ja TSV Oy). (B) Poikkeuksellisesti Äetsästä Karhiniemeen on kuitenkin havaittavissa kasvua vuoden 2007 talvitulvan seurauksena sekä runsassateisena kesänä (TSV Oy).

Happamuus ja alkaliteetti

Raakaveden happamuusarvot olivat lähellä neutraalia ja vaihtelivat pH 6,8 ja pH 7,5 välillä (kuva 19). Keskimääräiseksi pH arvoksi mitattiin 7,1, joka täyttää valtioneuvoston asettaman raja-arvon laatuluokalle A1 (pH 6,5–8,5). pH oli suurin yleensä syksyisin ja pienin talvisin. Selkeää trendiä pH:n ja virtaaman välillä ei havaittu. Oravaisen (esim. 2006) mukaan metsätalouden aiheuttaman kuormituksen alentuminen näkyy happamuuden vähentymisenä. Intensiiviseurannan aikana mitattu alkaliteetti vaihteli 0,22–0,30 mmol/l välillä, minkä perusteella raakaveden puskuriokyky veden happamuutta vastaan on hyvä (Oravainen 2001).

Turun Seudun Vesi Oy:n mittaamien vuorokausittaisten pH-arvojen vaihtelu oli myös pääosin lähellä neutraalia. Keskimääräinen pH oli näiden mittausten mukaan 7,1. Korkein pH-arvo oli 7,6 ja alhaisin 6,0. Happamoitumista voitiin havaita keväällä 2007, jolloin pH-arvot laskivat selkeästi neutraalin alapuolelle. Tällöin pH ylitti A1-luokalle asetetun laatuluokan raja-arvon.

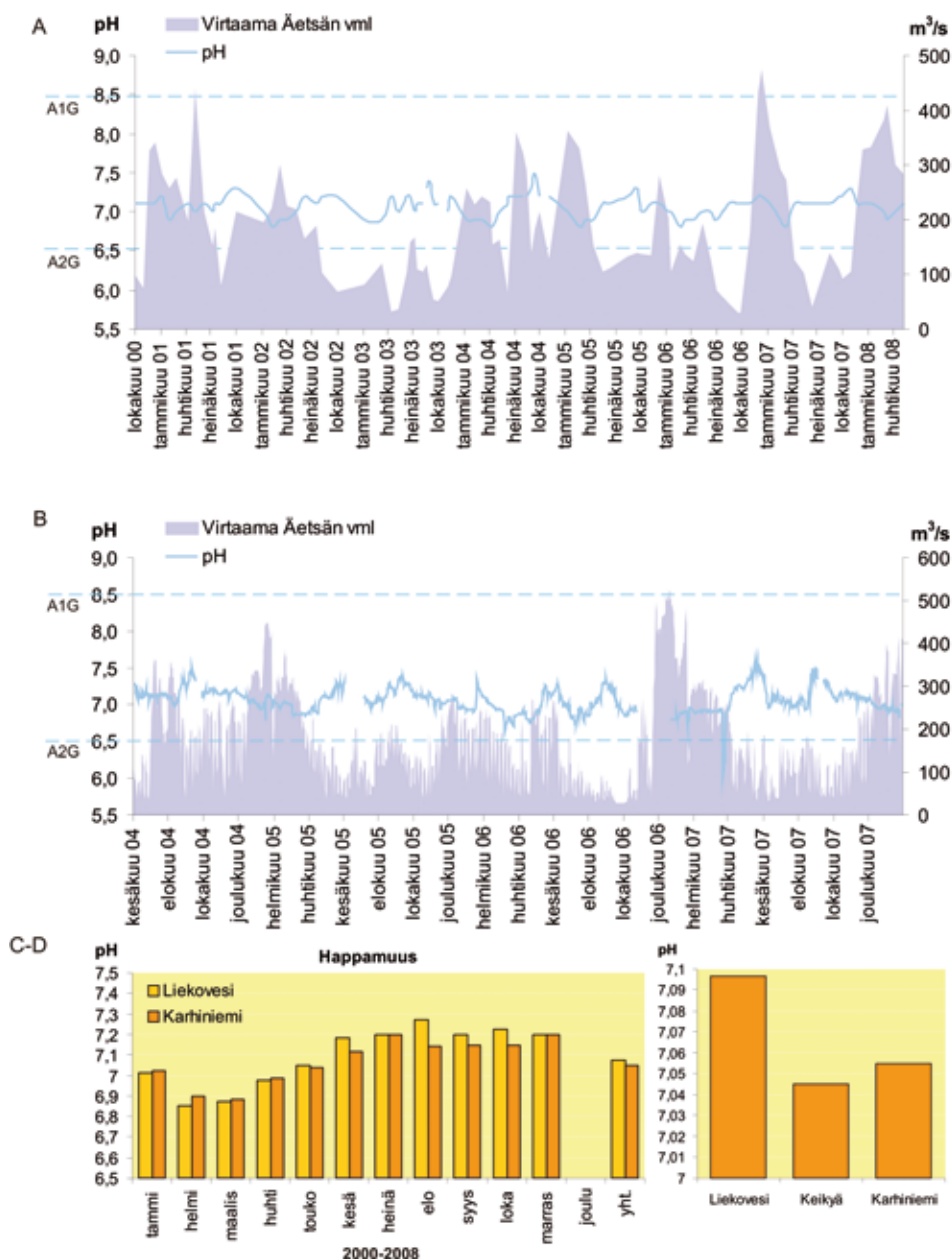
Happamuudessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia Karhiniemen yläpuolisella jokiosuudella, sillä pH-arvo laski Liekovedeltä lievästi Karhiniemeen. Keskimäärin koko tutkimusajanjakson pH Liekovedellä oli 7,1 ja Karhiniemessä 7,0.

Happitilanne

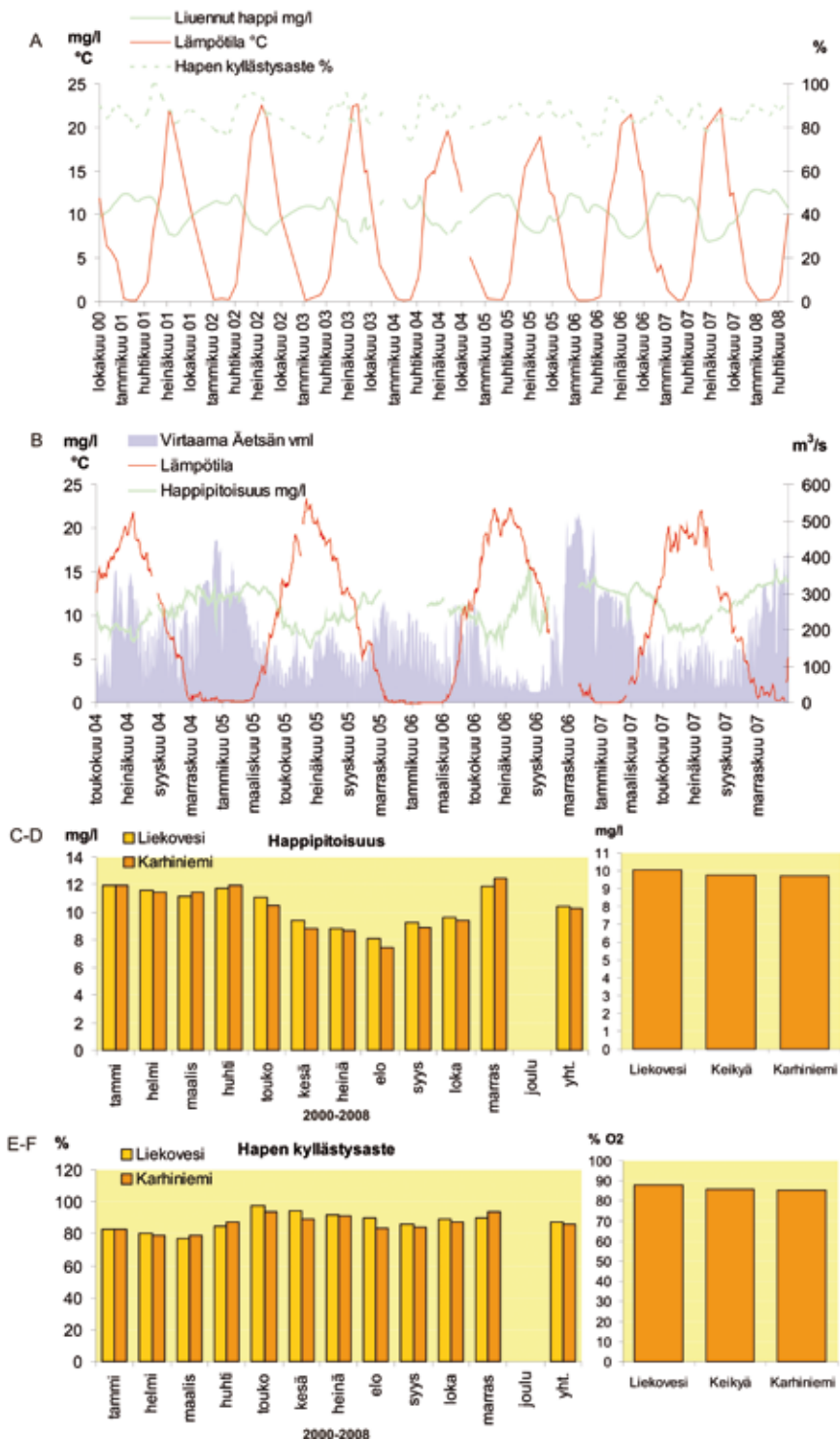
Karhiniemen raakavedessä oli liuennutta happea keskimäärin 10,2 mg/l ja sen määrä vaihteli 6,7–12,9 mg/l välillä (kuva 20). Hapen kyllästysasteen keskiarvo oli 86 prosenttia ja vaihteli 71–100 prosentin välillä. Valtioneuvoston määritelmän mukaan raakavesi täyttää kyllästysasteen osalta A1-luokan raja-arvon. Happipitoisuus on lämpötilariippuvainen (Davie 2003) ja tästä johtuen se vaihteli selkeästi vuodenaikaisella rytmillä ollen suurin talvella ja keväällä sekä pienin kesällä. Kokemäenjoen happitilanne on parantunut selkeästi 1970-luvun tilanteeseen verrattuna, eikä nykyinen jokeen kohdistuva orgaaninen kuormitus huononna sitä (Oravainen 2006).

Turun Seudun Vesi Oy:n mittaamat happipitoisuudet vaihtelivat 6,3 mg/l ja 15,2 mg/l välillä. Keskiarvolta happipitoisuus oli 10,8 mg/l. Myös tästä aineistosta voidaan havaita happipitoisuuden riippuvuus lämpötilaan. Happipitoisuus lisääntyi myös virtaaman kasvaessa, jolloin happivarastot täydentyvät.

Liekovedeltä Karhiniemelle happipitoisuus ja hapen kyllästysaste laskivat vähän. Liekoveden happipitoisuuden keskiarvo oli 10,5 mg/l ja Karhiniemessä vastaavasti 10,3 mg/l. Hapen kyllästysasteeksi mitattiin Liekovedellä 87,5 prosenttia ja Karhiniemessä 86,0 prosenttia. Happipitoisuuden ja kyllästysasteen vähentyminen tapahtui pääosin kesäkaudella.



Kuva 19. (A) Karhiniemessä happamuus vaihtelee neutraalin molemmiin puolin (Kvvy ry.). (B) Kesällä 2007 pH oli alhaisin, 6,0 (TSV Oy). (C-D) Merkittävää happamoitumista ei myöskään tapahdu jokivedessä matkalla Liekovedeltä Karhiniemeen (Kvvy ry.). Huomaa pH-arvoja kuvaavien diagrammien asteikko.



Kuva 20. (A ja B) Karhiniemessä happipitoisuus ja hapen kyllästysaste vaihtelee niin lämpötilan kuin virtaamaolojenkin mukaan (Kvvy ry, TSV Oy). Veden lämpötilan ollessa korkealla liuenneen hapen määrä pienenee. Virtaaman lisääntyessä happivarastot puolestaan täydentyvät. (C-F) Jokiosuudella Liekovedeltä Karhiniemeen happipitoisuus pysyy lähes samana, eikä täten happea kuluttava kuormitus ole merkittävää.

Orgaaninen aines

Orgaaninen aines on pääosin soilta ja metsämailta huuhtoutunutta humusta, jota on vedessä liuenneena, kolloidisena tai kiinteässä muodossa (Lahermo ym. 1996). Humus antaa vedelle kellanruskean värin. Orgaanista ainesta tulee vesistöihin myös jätevesistä (SYKE 2007a). Sen pitoisuutta voidaan kuvata mittaamalla veden orgaanisen aineksen kokonaismäärä (TOC) tai liuenneen orgaanisen aineksen määrä (DOC), väri, kemiallinen (COD_{Mn}) tai biologinen (BOD₇) hapenkulutus. Kortelaisen (1993) mukaan TOC ja COD_{Mn} pitoisuuksien sekä värin välillä on todettu vallitsevan merkittävä keskinäinen yhteys, joten viimeisiä voidaan käyttää karkeina arvoina veden orgaanisen hiilen kokonaismäärää mitattaessa.

Väriluvulla, joka osoittaa veden humusleiman, kuvataan veden ruskeutta (Kvvy 1999). Veden väri oli Karhiniemessä keskimäärin 48,3 mg/l Pt ja vaihteli välillä 25–100 mg/l Pt (kuva 21). Valtioneuvoston asettamaan luokan A1 raja-arvon alle ei päästy lainkaan, vaan värin perusteella raakavesi kuuluu luokkaan A2 ja A3. Laatuluo-kan A2 pakollinen raja-arvo ylittyi, mutta pitoisuudet eivät kuitenkaan ylittäneet A3 luokan ohjeellista raja-arvoa. Vesi- ja ympäristöhallinnon luokituksessa (1988) raakaveden käyttökelpoisuus on värin osalta pääosin hyvä ja ajoittain tyydyttävä. Värin perusteella raakavesi luokitellaan humuspitoiseksi (Kvvy 1999). Väriarvot vaihtelivat virtaamaolojen mukaan ollen runsas-ateisina aikoina korkeampia kuin kuivempina ajanjaksoina. Kesällä väriarvot yleensä alenevat ultraviolettisäteilyn hajottaessa humusta (Kvvy 1999).

Kemiallisella hapenkulutuksella mitataan vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten ainesten määrää ja lisäksi sen avulla kuvataan vesien humusleimaisuutta (Kvvy 1999). Orgaanista ainesta epäsuorasti mittaavan kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) keskiarvo Karhi-

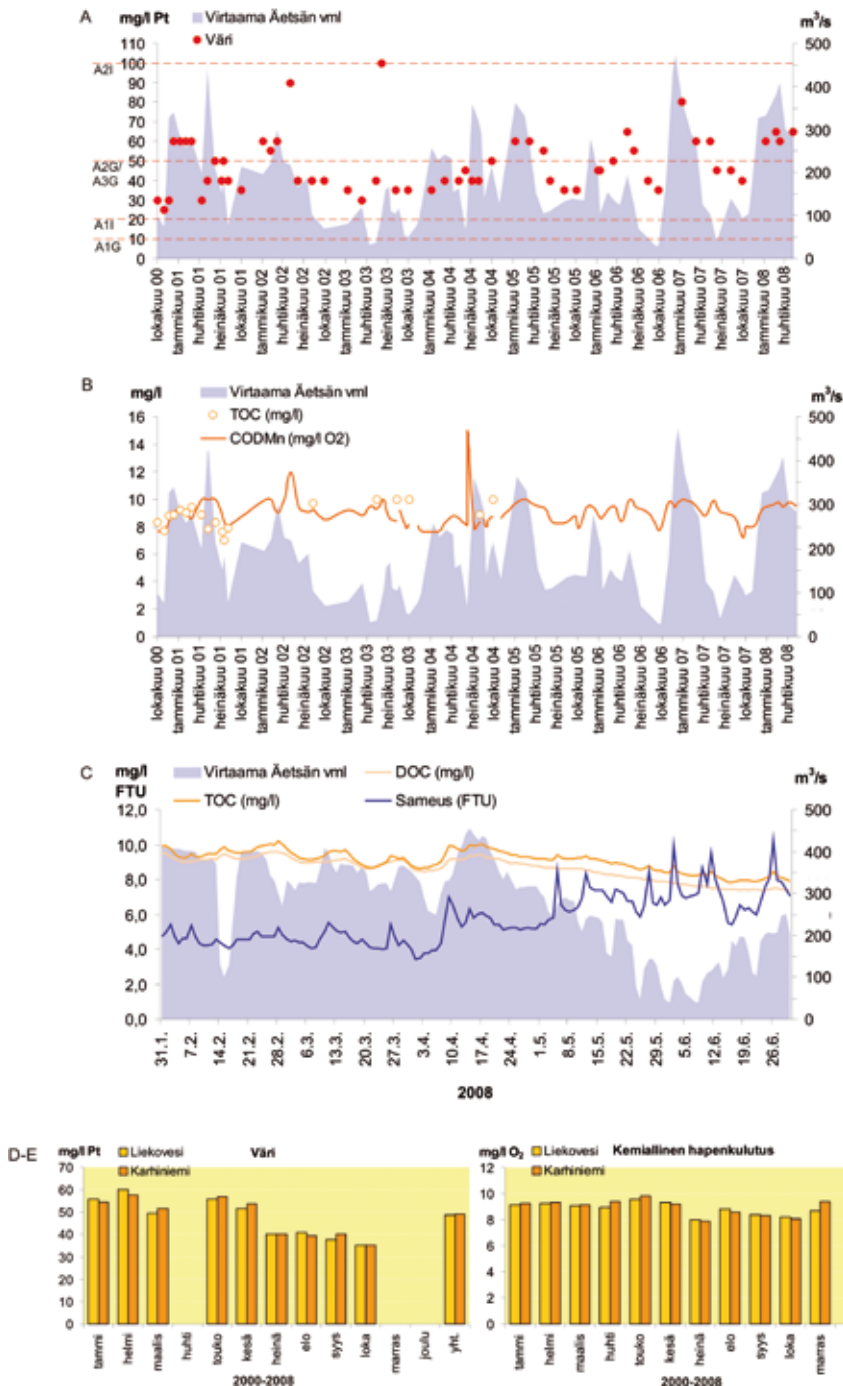
niemessä oli 9 mg/l, jonka perusteella raakavesi on vesi- ja ympäristöhallinnon (1988) mukaan laadultaan hyvää. COD_{Mn} vaihteli 7,2 mg/l O₂ ja 15 mg/l O₂ välillä (kuva 21). Myös kemiallinen hapenkulutus seurasi vaihteluita valuntaoloissa.

Orgaanisen hiilen kokonaismäärällä (TOC) voidaan kuvata humuksen määrää edellisiä paremmin (Lahermo ym. 1996). Karhiniemen TOC-pitoisuuksia tarkkailtiin Kvvy:n intensiiviseurannassa, jonka jälkeen havaintoja on tehty harvemmin vuoteen 2004 saakka. TOC-arvot vaihtelivat välillä 7–10 mg/l ja keskiarvoksi mitattiin 8,8 mg/l. Intensiivitutkimuksessa TOC-arvojen todettiin olevan melko yhtäläisiä COD_{Mn} arvojen kanssa (Oravainen 2001).

Vuoden 2008 helmikuussa Karhiniemessä aloitettiin TOC- ja DOC-pitoisuuksien seuranta Turun Seudun Vesi Oy:n toimesta. TOC-pitoisuuden vuorokausittaisten keskipitoisuuksien keskiarvoksi mitattiin 9,0 mg/l, ja DOC-pitoisuuden vastaava arvo oli 8,6 mg/l (taulukko 10). Näiden perusteella orgaanisen aineksen kokonaispitoisuudesta noin 85 prosenttia oli liuenneessa muodossa. Tämä on ominaista Suomen joille, joissa orgaanisen hiilen kokonaismäärästä suurin osa on liuenneessa muodossa (Mattson ym. 2005).

Taulukko 10. Vuonna 2008 aloitetun TOC, DOC ja sameus seurannan tilastollisia keskiarvoja (Turun Seudun Vesi Oy).

	TOC mg/l	DOC mg/l	SAMEUS FTU
Keskiarvo	9,0	8,6	5,7
Pienin arvo	7,6	7,3	3,4
Suurin arvo	10,2	9,6	10,3
Keskihajonta	0,6	0,7	1,4



Kuva 21. (A) Humuksen määrää indikoiva väri heikentää raakaveden laatua. (B) Kemiaallinen hapenkulutus sen sijaan täyttää A1-laatuluokan raja-arvot. Selkeää trendiä virtaaman ja orgaanisen aineksen välillä ei voida havaita. (C) Orgaanisen hiilen kokonaismäärästä suurin osa muodostuu liuenneesta orgaanisesta hiilestä. (D-E) Orgaanisen aineksen määrä ei lisääntynyt merkittävästi Karhineniemen yläpuolisella valuma-alueella värin tai kemiallisen hapenkulutuksen perusteella.

BOD₇ eli raakaveden biologinen hapen kulutus mitattiin intensiiviseurannan aikana vuosina 2000–2001. Tämä vaihteli 0,9–2,7 mg/l välillä ja oli keskimäärin 1,8 mg/l (Oravainen 2001). Nämä tulokset olivat alhaisia ja osoittivat Karhiniemeen kohdistuvan orgaanisen kuormituksen olevan vähäistä.

Orgaaninen aines ei juuri lisääntynyt Liekovedeltä Karhiniemelle kemiallisen hapenkulutuksen sekä värin perusteella. Kemiallinen hapenkulutus oli Liekovedessä 9,0 mg/l O₂ ja Karhiniemessä 9,1 mg/l O₂. Vastaavat arvot veden värille olivat 48,5 mg/l Pt ja 49,1 mg/l Pt. Orgaanisen hiilen kokonaismäärää on tutkittu edellisiä harvemmin. Sen pitoisuus oli Liekovedellä keskimäärin 9,5 mg/l ja Karhiniemessä 9,8 mg/l. Näiden perusteella Kokemäenjoen yläpuoliset järviolueet säätelevät pääosin Karhiniemen raakaveden orgaanisen aineksen määrää.

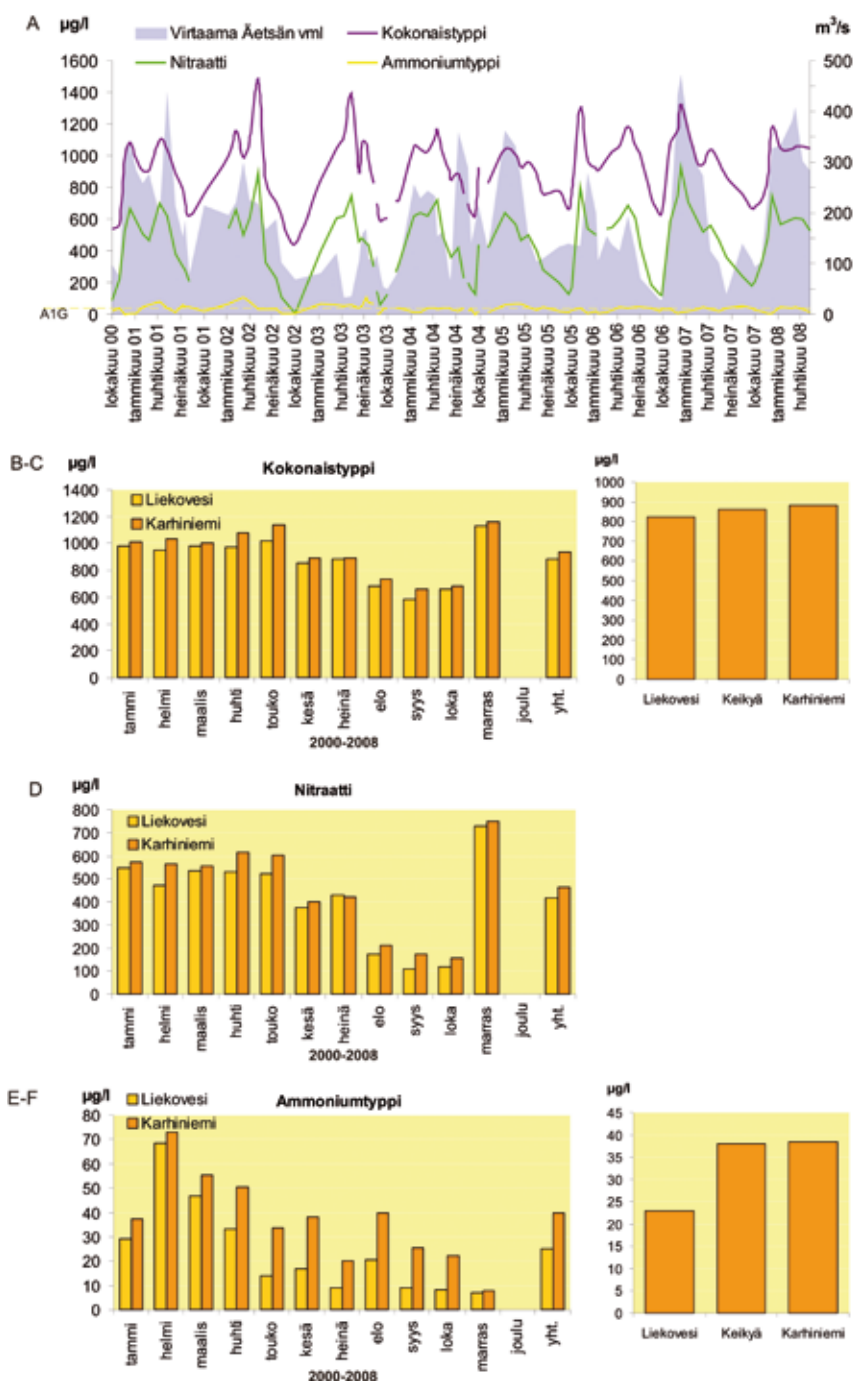
Ravinteet

Typpi on vedessä orgaanisena ja epäorgaanisena tyyppinä sekä nitraattina, nitriittinä ja ammoniumtyypinä (Kvvy 1999). Nitriitin osuus on vähäinen, sillä sitä esiintyy luonnon vesissä vain alle 10 µg/l. Karhiniemessä kokonaistypen määrä vaihteli 450–1480 µg/l välillä ja sen keskimääräinen pitoisuus oli 912 µg/l (kuva 22). Tästä noin puolet oli leville käyttökelpoista nitraattityppeä (NO₂₃-N). Sen pitoisuus vaihteli <10–930 µg/l välillä ja oli keskiarvoltaan 439 µg/l, mikä alittaa valtioneuvoston asettaman A1-luokan raja-arvon 25 mgNO₃/l (=5645 µgNO₃-N/l). Kokonaistyyppi ja nitraattipitoisuus lisääntyivät virtaaman kasvaessa. Tämän perusteella voidaan todeta hajakuormituksella olevan suuri vaikutus tyyppipitoisuuksiin (Oravainen 2001). Luontaisesti tyyppipitoisuus on alhaisin loppukesällä, jolloin tuotanto kuluttaa varastoja sekä korkeimmillaan talvikautena, jolloin typen käyttö on vähäistä (Kvvy 1999).

Nitraattia seurattiin Karhiniemen sillalta helmikuusta 2008 lähtien myös Turun Seudun Vesi Oy:n toimesta. Näiden mittausten perusteella nitraattipitoisuuksien keskiarvo oli 600 µg/l ja vaihteluväli 400–800 µg/l.

Ammoniumtypen (NH₄-N) osuudeksi kokonaistyyppistä mitattiin noin neljä prosenttia. Sen pitoisuuden keskiarvo oli 36 µg/l ja vaihteluväli <5–110 µg/l (kuva 22). Valtioneuvoston (1994) asettamien raja-arvojen mukaan raakavesi kuuluu keskiarvon perusteella A1 luokkaan, jonka ohjearvona on 0,05 mgNH₄/l (=39 µgNH₄-N/l). Ajoittain talvella, keväällä ja kesällä pitoisuudet nousivat A2-laatulokkaan, jonka kattoarvona on 1 mg/l (=775 µgNH₄-N). Oravaisen (2001) mukaan raakaveden ammoniumtyyppi on peräisin jätevesikuormituksesta.

Kokonaistyyppi lisääntyi Liekovedeltä Karhiniemeen. Sen keskimääräinen pitoisuus Liekovedellä oli 881 µg/l ja Karhiniemessä 938 µg/l (kuva 22). Suurinta lisäys oli keväällä, jolloin hajakuormitus on runsasta. Nitraatin pitoisuus oli Liekovedellä 416 µg/l ja se kasvoi yläpuolisella valuma-alueella ollen Karhiniemessä 463 µg/l. Myös nitraatin osalta pitoisuuden kasvu oli suurinta keväällä. Typen yhdisteistä merkittävimmin lisäystä osoitti ammoniumtyyppi, jonka keskimääräinen pitoisuus Liekovedessä oli 24,9 µg/l ja Karhiniemessä 39,8 µg/l. Suurin ammoniumtypen pitoisuuden nousu tapahtui Liekoveden ja Keikyän välillä, johon lasketaan Vammalan kaupungin ja Äetsän kunnan jätevedet. Ammoniumtypen kohoaminen johtuukin näiden kuntien aiheuttamasta jätevesikuormituksesta (vrt. Oravainen 2001).



Kuva 22. (A) Typpipitoisuus vaihtelee virtaaman mukaisesti hajakuormituksen seurauksena. (B-C) Kokonaistyppi- ja nitraattipitoisuudet eivät lisäänty Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella. (A, E-F) Typen yhdisteistä ammonium ylittää sille määritetyn A1-laatuluokan raja-arvon ja sen pitoisuus kasvaa Liekovedeltä Äetsän Keikyään. Tämä on seurausta Äetsän ja Vammalan jätevesikuormituksesta, joka kohdistuu tälle alueelle. Alle määritysrajan olleista tuloksista on tarkastelussa huomioitu puolet niiden arvoista (nitraatti $<10=5$ ja ammoniumtyppi $<5=2,5$).

Kokonaisfosforin määrä raakavedessä oli keskimäärin 24 µg/l ja vaihteluväli 15–43 µg/l (kuva 23). Keskiarvon perusteella raakavesi luokitellaan reheväksi (Kvvy 1999). Vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) ja Kaupunkiliiton (1984) luokitusten perusteella Kokemäenjoen vedenlaatu fosforin osalta on käyttökelpoisuudeltaan hyvää (10–25 µg/l) tai tyydyttävää (25–50 µg/l). Oravaisen (2006) mukaan Kokemäenjoen fosforipitoisuutta lisää merkittävästi hajakuormitus, josta johtuen fosforin määrä lisääntyi virtaaman kasvaessa.

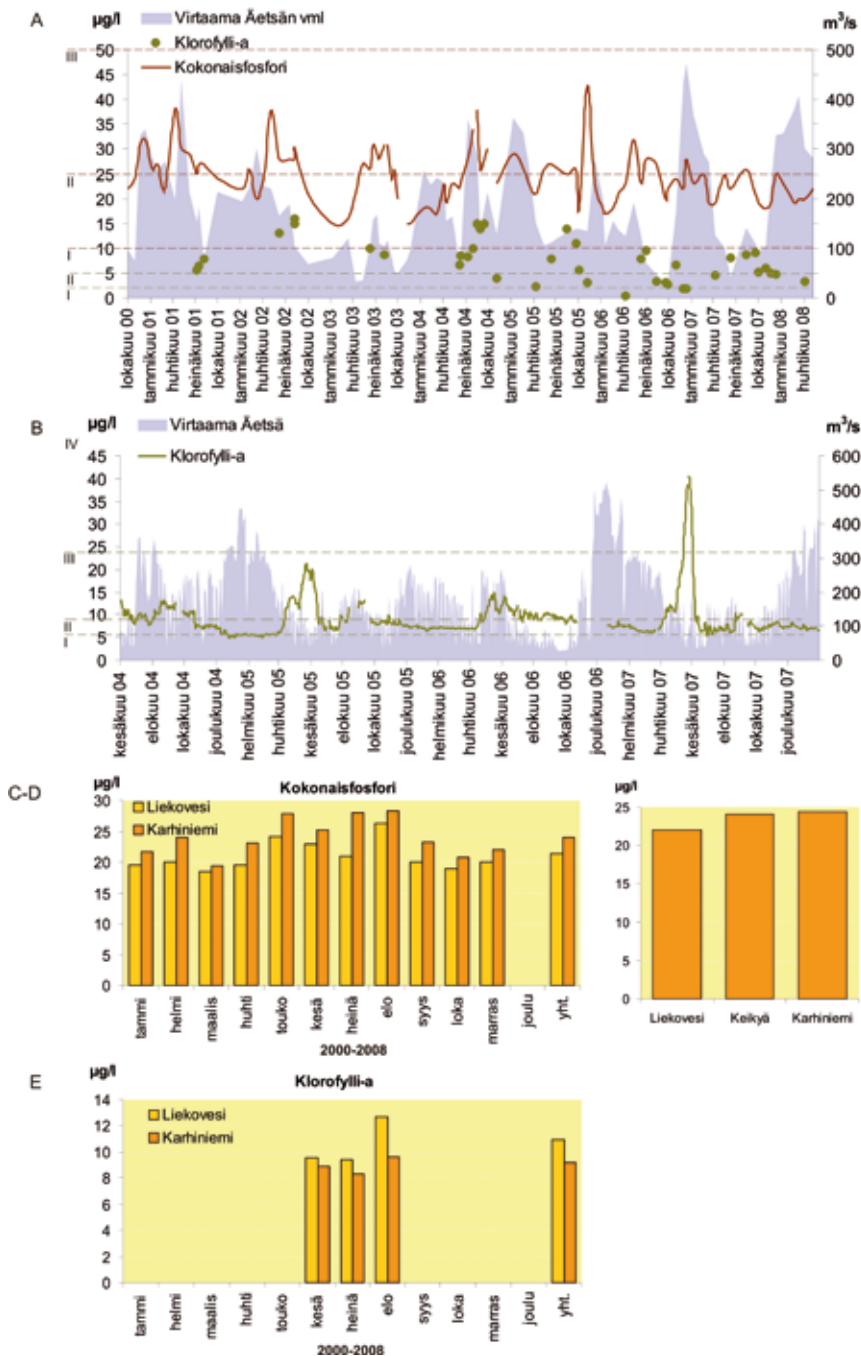
Fosfaattifosfori ($\text{PO}_4\text{-P}$) on liennut epäorgaaninen fosfori, jota pääasiassa levät käyttävät. Se on pääosin peräisin jätevesien pesuaineista ja saippuoista (Davie 2003). Fosfaattipitoisuus vaihteli Karhiniemessä <3–11 µg/l välillä ja jää näin selkeästi alle valtioneuvoston A1-luokalle asettaman raja-arvon 0,5 mg PO_4 /l (=166 µg $\text{PO}_4\text{-P}$ /l).

Fosforipitoisuus lisääntyi hieman Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella hajakuormituksen seurauksena. Keskimääräinen fosforipitoisuus oli Liekovedellä 21 µg/l ja Karhiniemessä 24 µg/l. Pääosa fosforin lisääntymisestä tapahtui Liekovedeltä Keikyään, joka todennäköisesti johtuu maatalousvaltaisten Kikkälänjoen ja Luojoen vaikutuksesta yläpuoliseen valuma-alueeseen. Fosforipitoisuus kasvaa Liekovedeltä Karhiniemeen sameuden ja kiintoainepitoisuuden kanssa samankaltaisella kuukausittaisella vaihtelulla.

Raakaveden levämäärää ja rehevyystasoa kuvaavan klorofyllipitoisuuden keskiarvo oli 7,5 µg/l ja vaihteluväli 0,5–16 µg/l (kuva 23). Keskiarvon perusteella raakavesi on lievästi reheväksi luokiteltavaa (Kvvy 1999). Klorofylli-a:n osalta veden käyttökelpoisuus vaihteli erinomaisesta tyydyttävään (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Keskiarvo sijoittui kuitenkin tyydyttävään laatuluokkaan (5–20 µg/l). Suurimmillaan klorofylli-a:n pitoisuus oli usein loppukesästä, elo-syyskuussa. Leväbiomassan esiintymiseen vaikuttavat erityi-

sesti sääolot (Kvvy 1999). Klorofylli-a:n pitoisuudet olivat Liekovedellä keskimäärin 11,0 µg/l ja Karhiniemessä vastaavasti 9,2 µg/l.

Turun Seudun Vesi Oy:n tekemän seurannan perusteella klorofylli-a:n pitoisuus oli Kvvy:n tuloksiin verrattuna hieman korkeampi. Keskiarvo oli 9,1 µg/l ja vaihteluväli 4,9–40,5 µg/l. Vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) mukaan raakaveden laadullinen käyttökelpoisuus klorofylli-a:n osalta vaihteli hyvästä huonoon. Suurimmat pitoisuudet mitattiin toukokuussa, jonka jälkeen tapahtui laskua loppukesää kohden. Vuoden 2007 kesä erottui erittäin rehevänä ajanjaksona.



Kuva 23. Kokonaisfosforipitoisuus vaihtelee virtaaman mukaisesti hajakuormituksen seurauksena. Raakaveden laatu vaihtelee fosforin osalta Vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) luokituksen mukaan hyvästä tyydyttävään. (A) Kvvy:n aineiston perusteella klorofylli-a:n pitoisuudet heikentävät vedenlaadun usein tyydyttävään luokkaan. (B) TSV Oy:n aineiston mukaan klorofylli-a:n perusteella raakaveden laatu kuuluu pääosin tyydyttävään luokkaan ja ajoittain jopa huonoon. Kesällä 2007 leväkasvu oli erittäin runsas muuhun tutkimusajanjaksoon verrattuna. (C-D) Fosforipitoisuus kasvaa Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella. (E) Klorofylli-a:n pitoisuudet ovat Liekovedellä suurempia.

Mikrobiologinen vedenlaatu

Normaalisti runsaina esiintyviä ulostebakteereja, lämpökestoisia kolibakteereja ja fekaalisia streptokokkeja voidaan käyttää ulosteperäisen kuormituksen indikaattoreina kuvaamaan mahdollista taudin riskiä raakavedessä (Kvvy 1999). Suolistobakteereita ei esiinny vesistöissä luonnostaan, vaan ne ovat peräisin jäteveden puhdistamolta tai haja-asutuksen ja karjatalouden aiheuttamasta hajakuormituksesta (Oravainen 2001).

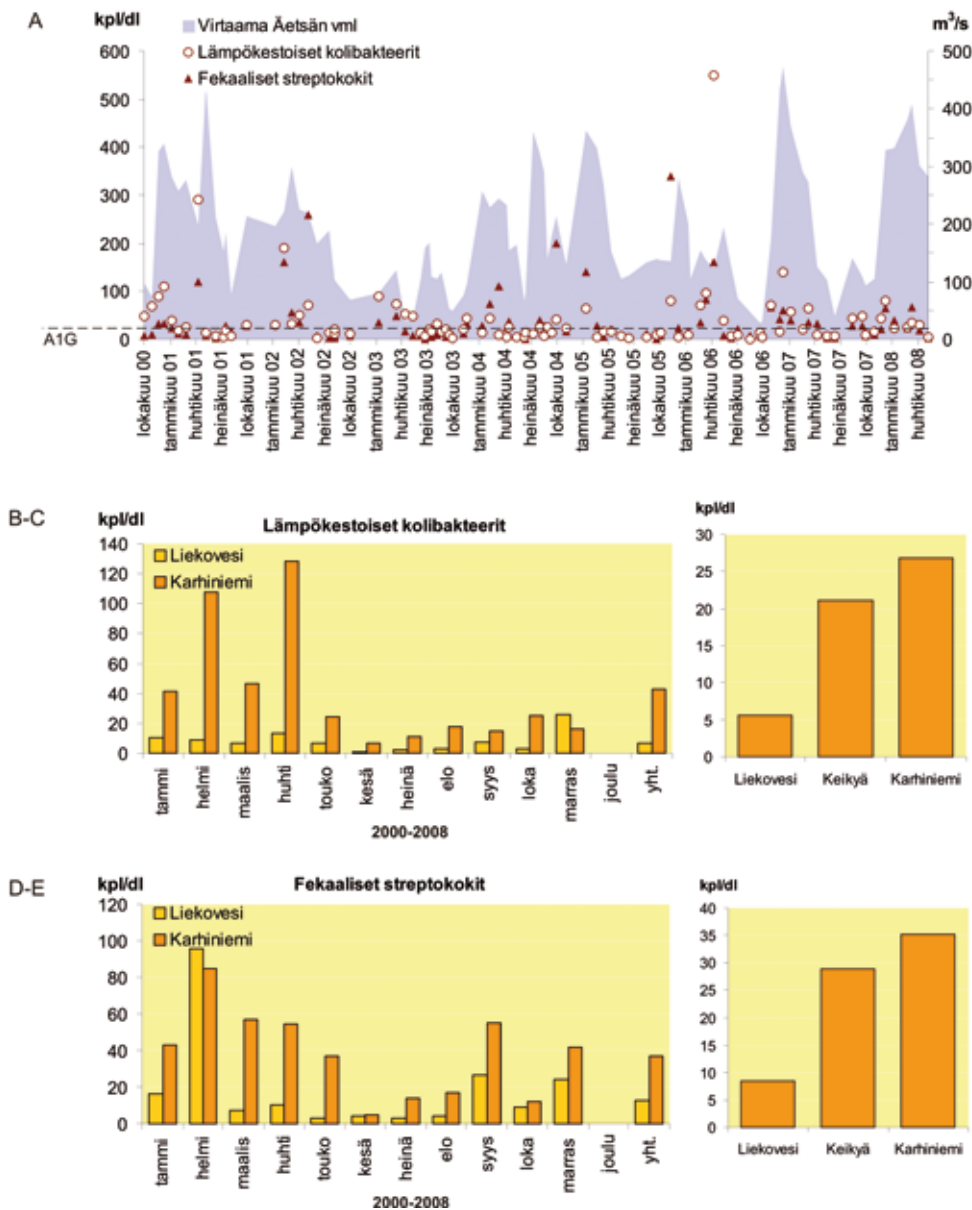
Lämpökestoisten kolibakteereiden keskiarvo oli 39 kpl/dl ja niiden määrä vaihteli 0–550 kpl/dl välillä (kuva 24). Keskiarvon perusteella raakavesi kuuluu näiden bakteerien osalta valtioneuvoston (1994) mukaan A2-luokkaan ja vesi- ja ympäristöhallituksen (1988) mukaan tyydyttävään käyttökelpoisuusluokkaan.

Fekaalisia streptokokkeja oli raakavedessä keskiarvolta 34 kpl/dl ja niiden määrä vaihteli 0–340 kpl/dl välillä (kuva 24). Keskiarvon perusteella myös näiden bakteerien osalta raakavesi kuuluu valtioneuvoston (1994) asettamaan laatuluokkaan A2, ja vesi- ja ympäristöhallituksen mukaan vedenlaatu on tyydyttävä.

Raakaveden mikrobiologinen laatu heikkenee ajoittain voimakkaasti. Bakterimäärät kohoavat sade- ja sulamiskausien aikana haja- ja hulevesikuormituksen seurauksena (esim. Oravainen 2004 ja 2006). Voimakkainta likaantuminen oli vuoden 2006 huhtikuussa.

Bakteerien määrä lisääntyi huomattavasti Liekovedeltä Karhiniemeen. Lämpökestoiset kolibakteerit lisääntyivät merkittävästi Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella, runsaimmin talvella ja keväällä (kuva 24). Liekovedellä lämpökestoisten kolibakteereiden määrä oli keskimäärin 7 kpl/dl ja Karhiniemellä vastaavasti 43 kpl/dl. Myös fekaalisten streptokokkien lisääntyminen oli suurta, etenkin keväällä ja syksyllä.

Liekovedellä niitä oli keskimäärin 12 kpl/dl ja Karhiniemessä vastaavasti 37 kpl/dl. Vuoden 2002 helmikuussa streptokokkien määrä oli poikkeuksellisesti runsas molemmilla mittauspisteillä sulamisvesien aiheuttamasta hajakuormituksesta johtuen (Oravainen 2003). Suurin indikaattoribakteerien lisäys tapahtui jokiosuuden yläosassa Liekovedeltä Keikyään, johon hajakuormituksen lisäksi kohdistuu Vammalan ja Äetsän jätevesien vaikutus.



Kuva 24. (A) Mikrobiologinen vedenlaatu täyttää pääosin A1-laatuluvon, mutta usein bakteerien määrä kohoaa heikentäen vedenlaatua (Kvvy ry). Tämän voidaan havaita tapahtuvan ajoittain runsaiden virtaamien aikana hajakuormituksen seurauksena. (B-E) Bakteerien määrä lisääntyy selkeästi Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella, etenkin Liekovedeltä Äetsän Keikyään. Tähän vaikuttaa osaltaan Vammalan ja Äetsän jätevesikuormitus ja osaltaan koko valuma-alueella vallitseva hajakuormitus.

Rauta ja mangaani

Rautaa esiintyi raakavedessä keskimäärin 379 µg/l ja sen pitoisuus vaihteli 120 µg/l ja 990 µg/l välillä (kuva 25). Valtioneuvoston asettaman ohjeellisen laatuluokan A1 raja-arvo on 100 µg/l ja pakollisen 300 µg/l. Tämän perusteella raakavesi kuuluu valtioneuvoston laatuluokkaan A2, jonka ohjeellisenä raja-arvona on 1000 µg/l. Vesi ja ympäristöhallituksen käyttökelpoisuusluokituksen (1994) mukaan rautapitoisuuden keskiarvon osalta vesi kuuluu hyvään laatuluokkaan (200–500 µg/l). Oravaisen (2001) mukaan pintaveden normaali rautapitoisuus on 100–200 µg/l, joka kuitenkin ylittyi Kokemäenjoessa usein.

Rautapitoisuus lisääntyi virtaaman kasvaessa ja suurimmat, yli 500 µg/l pitoisuudet mitattiin huhti-toukokuussa sekä tammikuussa. Tämä johtuu rautapitoisuuden lisääntymisestä eroosion seurauksena, kun maa-ainesta ja siihen sitoutunutta rautaa huuhtoutuu vesistöihin (Kvvy 1999). Lisäksi rautaa on sitoutunut humusyhdisteisiin, joten sen pitoisuus on suuri humusvesissä (Kvvy 1999). Muun muassa Kortelainen (1993) on todennut, että raudan ja orgaanisen aineksen välillä vallitsee voimakas yhteys.

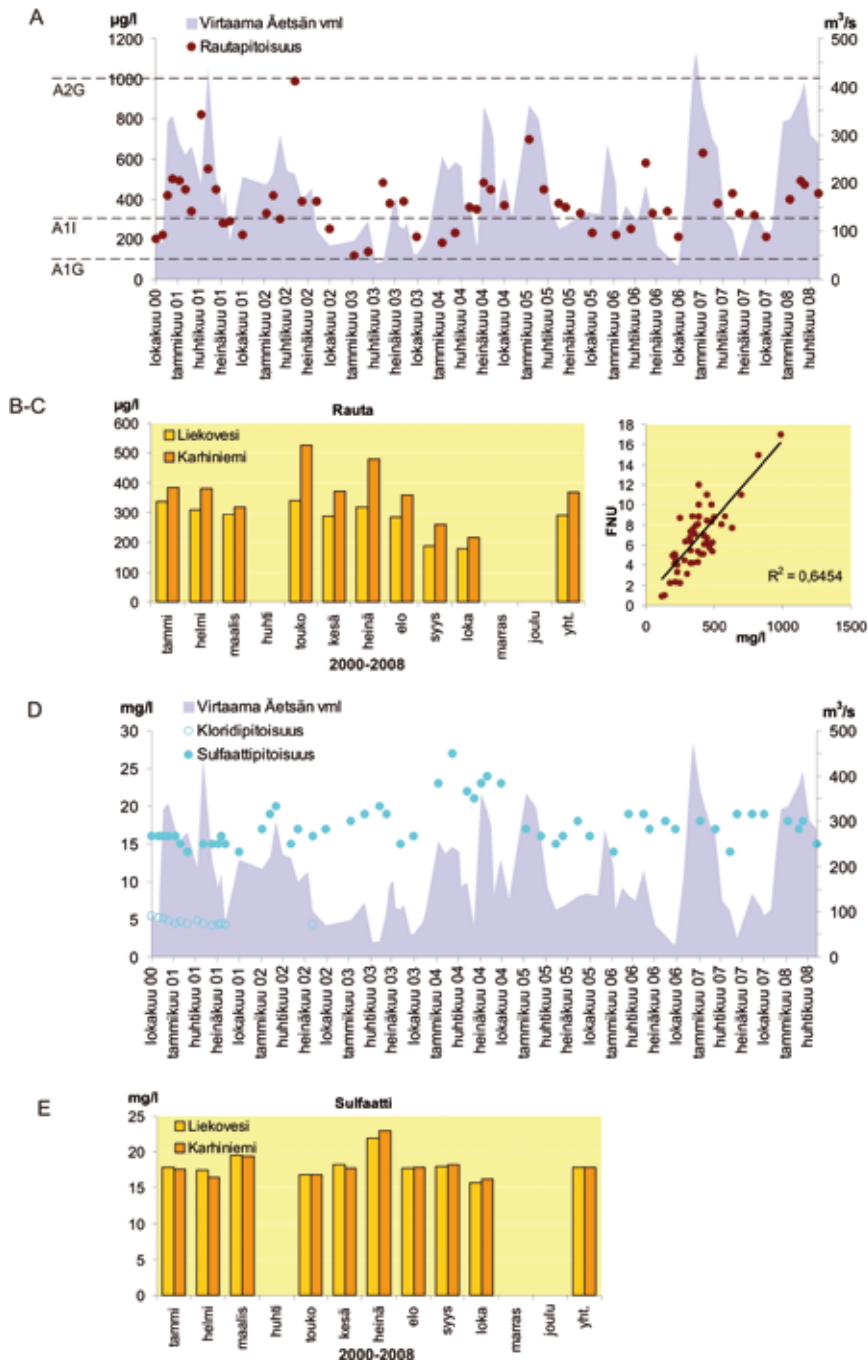
Rautapitoisuus kasvoi Liekovedeltä Karhiniemeen selkeästi kaikkina vuodenaikoina. Keskimääräinen rautapitoisuus oli Liekovedellä 289 µg/l ja vastaava arvo oli Karhiniemessä 369 µg/l. Suurin kasvu tapahtui toukokuussa. Myös heinäkuussa yksittäismittauksen perusteella voidaan todeta, että virtaaman lisääntyminen aiheuttaa rautapitoisuuden kasvua. Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella väri tai orgaaninen aines eivät osoittaneet merkittävää kasvua, joten raudan lisääntyminen on tämän perusteella pääosin seurausta eroosiosta. Lisäksi raudan ja sameuden välinen korrelaatio on voimakas ($R^2=0,65$).

Raudan lähisukulaisen mangaanin pitoisuuksia tutkittiin intensiiviseurannassa vuosina 2000–2001 (Oravainen 2001). Sen pitoisuus vaihteli 10–50 µg/l (keskiarvo 15 µg/l). Valtioneuvoston asettaman A1-luokan raja-arvo mangaanille on 0,05 mg/l, joka ei ylittynyt Karhiniemen vesinäytteissä. Oravaisen (2001) mukaan yläpuolisten järvialtaiden happitilanne määrittelee mangaanin vaihtelun.

Sulfaattit ja kloridit

Sulfaattipitoisuus raakavedessä vaihteli 14–27 mg/l välillä ja sen keskimääräinen pitoisuus oli 18 mg/l (kuva 25). Valtioneuvoston asettaman A1-luokan raja-arvo on 150 mg/l, joka alittui selkeästi. Sulfaattipitoisuudet olivat selkeästi korkeimmillaan vuonna 2004. Mattsonin ym. (2007) mukaan sulfaattipitoisuuksia lisäävät maataloudesta peräisin olevat lannoitteet sekä yhdyskunnan ja teollisuuden jätevedet. Samoin jätevesien lisäämä kloridipitoisuus vaihteli 4,4–5,5 mg/l välillä ja jää selvästi valtioneuvoston (1994) kloridille asettaman A1-luokan raja-arvon 200 mg/l alle (Oravainen 2001).

Sulfaattipitoisuus ei lisääntynyt merkittävästi Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella. Liekovedellä sulfaattipitoisuus oli keskimäärin 17,9 mg/l ja vastaavasti Karhiniemessä 17,8 mg/l (kuva 25). Tämän perusteella voidaan olettaa, että sulfaatit ovat pääosin peräisin yläpuoliselta järvialueelta, eivätkä Äetsän ja Vammalan jätevedet vaikuta niiden määrän kasvuun.



Kuva 25. (A) Rautapitoisuus heikentää raakaveden laadun usein A2-laatualueen tasolle (Kvvy ry.). Korkeita pitoisuuksia voidaan havaita virtaaman ollessa suuri. (B) Lisäksi rautapitoisuus kasvaa Liekovedeltä Karhiniemeen selvästi. Tämä kertoo raudan tulevan osin eroosion seurauksena ympäröivältä valuma-alueelta. (C) Tätä vahvistaa sen korrelaatio sameuden kanssa. (D) Sulfaattipitoisuus ei osoita selkeää vaihtelua virtaaman kanssa (Kvvy ry.). (E) Sulfaatti ei liisäännä merkittävästi Karhiniemen yläpuolisella jokiosuudella.

Elohopea ja muut raskasmetallit

Raakaveden elohopeapitoisuutta mitattiin intensiiviseurannassa vuosina 2000–2001. Elohopeamittausten tulokset jäivät pääsääntöisesti alle määritystarkkuuden, 0,05 µg/l (Oravainen 2001). Seurantaraportin mukaan kevään tulvakaudella esiintyi mitattavia pitoisuuksia eroosion seurauksena, minkä perusteella voidaan olettaa elohopean lähtevän liikkeelle virtauksen voimistuessa. Valtioneuvoston (1994) A1-luokalle määrittämä ohjeellinen raja-arvo 0,5 µg/l alitettiin selvästi. Intensiiviseurannan jälkeen suoritetuissa mittauksissa tulokset ovat kaikki alle määritysrajan (0,05 µg/l tai 0,1 µg/l).

Intensiiviseurannassa vuosina 2000–2001 myös muut raskasmetallipitoisuudet, kuten sinkki-, nikkeli-, lyijy-, kromi-, seleeni- ja arseenipitoisuudet jäivät niin alle määritystarkkuuden kuin raja-arvojenkin (Oravainen 2001). Kuparipitoisuus vaihteli intensiiviseurannassa 1,0–10 µg/l välillä, eikä näin ylittänyt valtioneuvoston asettamaa A1-luokan raja-arvoa, joka on 20 µg/l. Alumiinipitoisuus puolestaan vaihteli 130–660 µg/l välillä (keskiarvo 302 µg/l). Suurimmat arvot mitattiin sameusmaksimin aikana, sillä alumiini sisältyy savimineraaleihin. Vähäisen haitallisuuden vuoksi raakaveden alumiinille ei ole asetettu raja-arvoa (Oravainen 2001). Talousvesiasetuksen (2000) laatusuosituksissa alumiinin enimmäispitoisuus on 200 µg/l.

5.3 Valuma-alueen ominaisuuksien vaikutukset vedenlaatuun

Veteen joutuu aineita maaperästä, vesistön pohjalta, ilmakehästä, veden elollisista ja kuolleista hiukkasista sekä ihmisen toiminnan seurauksena jätevesistä, eikä näin luonnossa täysin ”puhdasta” vettä olekaan (Särkkä 1996). Veden laatuun vaikuttavat vesistöä ympäröivän valuma-alueen luonnolliset ominaisuudet, kuten paikallinen geologia ja kasvillisuus sekä ihmisen toiminta, kuten teollisuus ja maatalous (Smol 2008).

Kokemäenjoen vesistö on laaja ja ominaisuuksiltaan heterogeeninen; yläpuoliset järviolueet edustavat Järvi-suomelle tyypillistä metsätalousaluetta, kun taas Karhiniemen yläpuolinen valuma-alue edustaa Lounais-Suomelle tyypillistä savikkoista maatalousaluetta. Yläpuoliset järvireitit ja jokialueelta tuleva kuormitus määräävät yhdessä Kokemäenjoen vedenlaadun (Korhonen & Virtanen 1996).

Tekopohjaveden muodostamisen kannalta tärkeimpiä Karhiniemen vedenlaadun ominaisuuksia ovat orgaaninen aines, kiintoaines ja hygieeninen laatu. Vedenlaatu heikkenee usein tulva-aikoina hajakuormituksen lisääntyessä. Huomioitavaa kuitenkin on, että vedenlaadun ei missään olosuhteissa havaittu minkään parametrin osalta ylittävän A3-laatuluo-kan tasoa, jolloin raakaveden käyttö juomaveden valmistukseen ei olisi mahdollista. Raakaveden hyvän laadun takaamiseksi on tunnettava valuma-alueen tekijät, ja miten ne vaikuttavat veden ominaisuuksiin.

Pintavalunta kuljettaa aineksia valuma-alueelta

Valuma-alueelta kulkeutuu ainesta vesistöihin pintavalunnan seurauksena. Valunta muodostuu pääosin maanpinnalle sataneesta vedestä, joka kulkeutuu kohti jokiuomaa (Davie 2003). Valunnan suuruuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten ilmasto ja valuma-alueen ominaispiirteet (Hyvärinen 1986). Aluetekijöitä ovat muun muassa valuma-alueen muoto, koko ja järvisyys, topografia, maa- ja kallioperän ominaisuudet, kasvillisuus sekä jokiuomaston tiheys ja kaltevuus. Valunnan päätyessä valuma-alueelta jokiuomaan, sitä kutsutaan virtaamaksi (Davie 2003). Virtaamalla tarkoitetaan tiettyssä ajassa uomassa kulkevan veden määrää. Jokiuomassa vesi kuljettaa mukanaan valuma-alueelta valunnan mukana tuomaa ainesta kohti uoman suuta. Matkalla veden virtausnopeudessa tapahtuu muutoksia, joiden tiedetään lisäävän tai vähentävän veden mukana kulkeutuvan aineksen määrää synnyttäen eroosio- tai kerrostumisalueita.

Valuma, maaperän ominaisuudet, topografia, valuma-alueella harjoitetut maa- ja metsätaloustoimenpiteet sekä säätekijät vaikuttavat vesistöihin kohdistuvaan kuormitukseen (Rekolainen ym. 1992). Alueen ominaisuuksista johtuen kuormitus vaihtelee paikoin ja voi olla hyvin erilaista lähekkäisilläkin alueilla. Tämä on tyypillistä Kokemäenjoen vesistöalueella, jossa maankäyttö ja muut ympäristön piirteet vaihtelevat alueittain. Veden kyky irrottaa ja kuljettaa ainesta lisääntyy pintavalunnan nopeuden kasvaessa, minkä seurauksena kaltevat ja pitkät rinteet ovat herkimpiä eroosiolle (Rekolainen 1993). Maaperän fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet puolestaan vaikuttavat veden imeytymiseen ja maa-aineksen kykyyn sitoa epäpuhtauksia, kuten ravinteita. Säätekijät ja hydrologia aiheuttavat kuormituksen ajallisen vaihtelun, joka voi olla eri vuosien välillä hyvinkin suuri (Rekolainen ym. 1992).

Vesistökuormitus on tunnetusti suurinta lumensulamisen ja runsaiden sateiden yhteydessä (Rekolainen ym. 1992). Myös Karhiniemen osalta tämä voidaan havaita selkeästi esimerkiksi kiintoaineksen ja orgaanisen aineen osalta. Koska Etelä- ja Länsi-Suomelle tyypillinen viljelymenetelmä perustuu syyskyntöihin, ovat pellot kasvipeitteettömiä myöhäissyyskällä, talvella ja keväällä (Rekolainen 1993). Pelloilta huuhtoutuu saviainesta lisäten niin kiintoainespitoisuutta kuin myös ravinteiden määrää vesistöissä (kuva 26). Kevättulvien ja syyssateiden aikaan myös soilla valunta on vallitseva pintaosissa ja myös pohjaveden pinta on korkealla, mikä lisää liuenneen orgaanisen hiilen kulkeutumista jokiin (Heikkinen 1994). Orgaanisen aineksen määrä lisääntyy tulva-aikana myös uomasta irtoavan aineksen seurauksena.

Kesäisin, jolloin pintavalunta on usein vähäistä, vedenlaatuun vaikuttaa vilkkaimmillaan oleva biologinen toiminta (Iihola 1975). Vallitsevat sää- ja tuuliolot sekä ravinteiden saatavuus vaikuttavat kesäisin Kokemäenjoessa esiintyvien leväkukintojen määrään (esim. Oravainen 2006, Perälä 2007a). Kesällä vallitsevien levien eritteistä muodostuu lisäksi orgaanista hiiltä (Heikkinen 1994).

Raakaveden laatuun vaikuttavat joen ja järviälaiden valuma-alueiden ominaisuudet, kuten maaperä ja maankäyttö. Sääolot säätelevät voimakkaasti valumaa ja veden virtaamaa, minkä seurauksena myös veden laadussa voidaan havaita vuodenaikaista ja vuosittaista vaihtelua. Yleisenä toteamuksena voidaan sanoa, että raakaveden laatu on huonointa sulamis- ja sadeaikoina, jolloin hajakuormitus lisää pitoisuuksia.



*Kuva 26. Syksyinen pelto on kasvipeitteettömänä alttiina syyssateiden aiheuttamalle eroosiolle.
(Kuva: Jonna Konsala 18.10.2008).*

Yläpuoliset järvet tasoittavat valuntaa ja toimivat nieluina

Karhiniemeen laskevat vedet ovat peräisin järvi-alueelta, joka säätelee osaltaan Kokemäenjoen veden laatua. Koko Kokemäenjoen vesistön järvisyys on noin 11 prosenttia. Tähän verrattuna Karhiniemen yläpuolisen jokiosuuden valuma-alueella järvisyys on vähäinen. Kokemäenjoen vesistön vedenlaatua muuttaa merkittävimmin orgaanisen aineksen osalta vesistön latvaosat, jossa sijaitsevat laajat turvealueet. Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella myös turvemaan merkitys jää melko vähäiseksi. Samenteen vaikuttaa puolestaan voimakkaimmin vesistöalueen eteläosista tuleva järviireitti, jonka valuma-

alueella vallitsee voimakas hajakuormitus. Hajakuormitusta voidaan havaita myös Karhiniemen yläpuolisen jokiosuuden valuma-alueella. Yläpuolisten järvi-alueiden todettiin vaikuttavan vedenlaadun vaihteluihin, etenkin sähkönjohtavuuteen, happipitoisuuteen, orgaanisen aineksen määrään ja sulfaatteihin, sillä näiden pitoisuudet pysyvät lähes samansuuruisina Karhiniemen yläpuolisella jokiosuudella.

Järvi-alueiden vuosittainen rytmi vaikuttaa Kokemäenjoessa virtaavan veden määrän vaihteluihin. Kevättulvat muodostuvat jää- ja lumipeitteen sulaessa, ja syystulvat aiheutuvat sateiden seurauksena. Hyvärisen (1986) mukaan järvet tasaavat vuodenaikaisia valunnan vaihteluita pienentäen ylivalumia ja tasoittaen alivalumia.

Kokemäenjoen yläpuolisten järvireittien voidaan tämän perusteella olettaa alentavan kevät, syys- ja talvitulvia sekä lisäämällä veden vaihtuvuutta myös vähäsateisina ja lämpiminä kausina.

Syvät järvet toimivat luonnostaan sedimenttiaineksen kerääjinä, sillä niissä vallitseva energia on usein liian pieni, jotta järven pohjalle laskeutunut sedimentti lähtisi liikkeelle (Smol 2008). Kuitenkin matalissa järvissä vettä sekoittavat voimat, kuten tuuli, saavat sedimenttiaineksen hajaantumaan. Vesistöalueen vedenlaatua tarkasteltaessa voidaan havaita, että sameus lisääntyy merkittävimmin Liekovedeltä Karhiniemeen, mutta aineskuljetuksen kannalta myös Vanajaveden reitti on tärkeä (kuva 7). Osa-alueiden virtaavan veden määrä huomioiden, voidaan havaita, ettei aineskuorma lisäännä latvavesiltä Tammerkoskelle, vaan jopa vähenee. Tämän perusteella voidaan sanoa, että osa kiintoaineesta varastoituu Kokemäenjoen pohjoisreitin järvioltaisiin.

Järviolaiden on todettu pidättävän myös orgaanista ainesta (Mattson ym. 2005) ja ravinteita muun muassa pidentämällä veden viipymäaika ja näin edesauttamalla sedimentoitumista sekä biologista hajoamista (Rantakari ym. 2004, Lepistö ym. 2006). Sedimenttiin sitoutuneen partikkelimaisen fosforin on todettu sedimentoituvan järvialueelle tyypillisten vesireittien yläosiin (Arheimer & Lidén 2000, Rantakari ym. 2004). Typpi puolestaan poistuu sedimentoitumisen lisäksi denitrifikaation seurauksena (Lepistö ym. 2006). Leville käyttökelpoinen nitraattityppi voi kulkeutua hyvinkin kauas, sillä se ei sitoudu järvien pohjalle sedimentoituvaan kiintoainekseen (Pietiläinen ym. 2004). Kokemäenjoen vesistöalueella voidaan havaita, että orgaaninen aines vähenee värin perusteella pohjoisilla järvireiteillä (kuva 7). Pohjoisen järvireitit pidättävät myös fosforia.

Yläpuolisten järvialueiden vaikutusta vedenlaatuun vahvistaa Perälän (2007c) toteamus, että veden laatu ei muutu enää merkittävästi Nokian-

virrasta Liekoveteen, joten tällä välillä tapahtuva vesistökuormitus ei vaikuta vesistön yleistilaan suuresti. Lisäksi hänen mukaansa on oleellista, että Tampereen seudulta tuleva typpikuormitus ei juuri pidäty tälle järvireittiosuudelle. Ammoniumtyppi ja ulostebakteerien määrä vähenee kuitenkin Nokianvirrasta Liekoveteen (kuva 7) ja rauta puolestaan lisääntyy (Perälä 2007c). Jälkimmäiseen saattaa osaltaan vaikuttaa Siuronkoskelta saapuva humuspitoinen vesi, jonka on todettu olevan rautapitoista.

Kokemäenjoen yläpuoliset järvireitit säätelevät Kokemäenjoen virtaamaa sekä vaikuttavat Karhiniemen vedenlaatuun ja siinä tapahtuviin muutoksiin. Järvioltaat tasoittavat valuntaa, keräävät osan kiintoaineksesta ja siihen sitoutuneista yhdisteistä sekä pidättävät osin orgaanista ainesta ja ravinteita. Järviolueita ympäröivä maankäyttö heijastuu Karhiniemen vedenlaadussa esimerkiksi sameutena.

Maaperän geokemia vaikuttaa raakaveden laatuun

Maaperästä joutuu veteen kaikkia alkuaineita. Tärkeimpiä maaperästä veteen kulkeutuvia aineita ovat maa-alkalimetallit kalsium ja magnesium sekä alkalimetallit natrium ja kalium. Lisäksi sulfaatit, kloridit ja bikarbonaatit ovat peräisin maaperästä, kuten myös rauta, mangaani, pii ja hivenaineet sekä tuotannon kannalta tärkeät nitraatti ja fosfaatti. (Särkkä 1996)

Savi- ja silttikerrostumat ovat kerrostuneet Suomen rannikkokaistalle, jonka Litorinameri aikoinaan peitti (Lahermo ym. 1996). Kokemäenjoen yläjuoksu sijoittuu tämän savikkoalueen reuna-alueelle ja peittää Karhiniemen yläpuolisen valuma-alueesta noin kolmasosan. Savi-



Kuva 27. Kokemäenjoki saa alkunsa Liekoveden luusuasta, jossa järvimaisema muuttuu Lounais-Suomelle tyypilliseksi jokimaisemaksi. (Kuva: Jonna Konsala 2.7.2008)

maan vaikutus voidaan havaita Karhiniemen raakaveden sameuden ja kiintoainespitoisuuden muutoksissa, sillä valuma-alueen peltoviljellyt savikot ovat alttiina eroosiolle lisäten näin hajakuormitusta. Saviaines kuljettaa mukanaan siihen sitoutuneena myös muita aineita.

Vedenlaadun kannalta savikot ovat merkittäviä, sillä näistä huuhtoutuu moreeni- ja turve-maihin verrattuna enemmän aineita (Lahermo ym. 1996). Runsassavisimpien valuma-alueiden sähkönjohtavuus saattaa usein olla tästä johtuen moninkertainen. Esimerkiksi Kokemäenjokeen yhdistyvä savikkoisen valuma-alueen halki virtaava Loimijoki lisää sähkönjohtavuutta merkit-

tävästi Karhiniemen alapuolella (Perälä 2007a). Heikkisen (2000) mukaan savissa ja silteissä on kivennäismaalajeista suurin orgaanisen aineksen pitoisuus, joka on Litorinameren aikaisissa savissa noin 2–8 %. Näiltä Litorinameren savi- ja silttikerrostumilta huuhtoutuu vesiin runsaasti myös sulfaatteja ja klorideja (Lahermo ym. 1996). Oravaisen (2001) mukaan näiden pitoisuudet ovat Karhiniemessä hieman luonnontasoa suurempia, mutta raakaveden laadun kannalta alhaisia. Isotalon (1979) mukaan valuma-alueelta peräisin oleva saviaines kohottaa alumiinin ja raudan pitoisuuksia. Rautaa kulkeutuu hänen mukaansa myös humuksen mukana yläpuoliselta järviolueelta. Oravaisen (2001) mukaan veden

saviaineksen takia myös alumiinipitoisuus on jonkin verran koholla Karhiniemessä.

Moreeni peittää Karhiniemen yläpuolisesta valuma-alueesta yli 40 prosenttia. Lahermon ym. (1996) mukaan muun muassa Vammalan ja Tampereen alueilla moreenin hienoaineksessa on tavallista suurempia rautapitoisuuksia, mikä kuitenkin heidän tutkimissaan purosedimenteissä kuvastuu vain satunnaisesti. Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella rautapitoisuuden kasvu oli selkeästi havaittavissa, ja sen lisääntyminen tulva-aikoina sekä yhteys sameuden kanssa osoitti sen osin kulkevan maa-aineksen mukana. Myös Pirkanmaan moreenin korkeat arseenipitoisuudet ovat herättäneet mielenkiintoa, etenkin pohjavesissä (esim. Bilaletdin ym. 2007). Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen tutkimustuloksissa jokivedestä ei löytynyt määritysrajaa, 1 µg/l, ylittäviä arseenipitoisuuksia (Oravainen 2001).

Eloperäiset maalajit, kuten turve ja lieju, sisältävät maalajeista runsaimmin orgaanista ainesta (Heikkinen 2000) ja turvemaan osuus valuma-alueen pinta-alasta on yksi tärkein orgaanisen hiilen kokonaismäärään vaikuttava tekijä (Kortelainen 1993). Tämä voidaan havaita humuksen ja orgaanisen aineksen suurempina pitoisuuksina Kokemäenjoen vesistön latvavesillä, joiden valuma-alueilla on laajoja suoalueita. Humusvesien vaikutus yltää Kokemäenjokeen, sillä raakavesi on humuspitoista ja veden väri huonontaa vedenlaatua valtioneuvoston määrittämiin laatuluokkiin A2 ja A3.

Turvesoiden valumavesissä voi esiintyä myös ammoniumtyyppä poikkeuksellisen runsaasti (Kvvy 1999). Myös rautapitoisuuden tiedetään olevan korkea humuspitoisissa vesistöissä, sillä rauta on sitoutunut humusyhdisteisiin. Turvemailta peräisin olevan veden pH on orgaanisten happojen vaikutuksesta puolestaan alhainen (Davie 2003). Karhiniemen yläpuolisen valuma-alueen pinta-

alasta eloperäiset maalajit peittävät noin kuusi prosenttia. Täällä orgaanisen aineksen määrä ei lisäännä ja pH pysyy lähellä neutraalia. Ammoniumtyyppipitoisuuden esiintymiseen vaikuttaa alueen jätevesikuormitus (Oravainen 2001).

Maaperä vaikuttaa huuhtoutuvan aineksen määrään ja laatuun sekä tämän mukana kulkeutuviin aineisiin, kuten rautaan ja alumiiniin. Kiintoainekset huuhtoutuvat valuma-alueelta eroosion seurauksena. Humuspitoinen vesi on peräisin pääosin yläpuolisilta järviolueilta. Humuksen ja kiintoaineen mukana kulkeutuvat muut aineet, kuten rauta tarvitsee liueta kseen neutraalissa happamuudessa hyvin vähä happiset olot (0,5 mg/l).

Maatalous lisää raakaveden ravinnepitoisuuksia

Kokemäenjoen vesistön ja Karhiniemen yläpuolisen valuma-alueen ravinnepitoisuudet johtuvat pääosin maataloudesta, vaikka metsätalouden osuus maankäytöstä on huomattavasti suurin (VEPS 2.0 2004). Maatalous on keskittynyt vesistöalueen eteläosiin ja Kokemäenjokilaaksoon. Karhiniemen yläpuolisesta valuma-alueen pinta-alasta se kattaa noin kolmasosan. Turvetuotantoa harjoitetaan vesistöalueen pohjoisosissa.

Maatalouden kuormitus voidaan jakaa karjataloudesta peräisin olevaan pistekuormitukseen sekä peltoviljelyn aiheuttamaan hajakuormitukseen (Kauppi 1986). Kokemäenjoen vesistöalueella hajakuormituksen todettiin olevan veden laadun kannalta huomionarvoisin. Peltoviljely lisää eroosiota ja maa-aineksen huuhtoutumista vesistöihin (Kauppi 1986). Vesistöihin joutuu lannoitteina käytettyjä ravinteita, tyyppä ja fosforia, joiden suurimpana kuormittajana maata-

lous tunnetaan (Rekolainen ym. 1992). Maatalouden kuormitukseen vaikuttavat sadannan ja lämpötilan vaihtelut, maaperätyyppi ja peltojen kaltevuus sekä pelloilla harjoitetut viljelymenetelmät (Rekolainen 1993).

Fosfori kulkeutuu vesistöihin pääosin sitoutuneena kiintoainekseen (Rekolainen 1993). Leville käyttökelpoisen liuenneen reaktiivisen fosforin osuus kokonaisfosforin määrästä on laskettu olevan noin 25 prosenttia. Fosforin alkuperä on maatalouden kuormituksen ohella osin luonnollista (Rantakari ym. 2004), sillä maaperä on tällä alueella luonnostaan fosforirikasta (Koljonen 1992). Raakaveden laatu heikkeneekin fosforin osalta ajoittain tyydyttävälle tasolle (Vesi- ja ympäristöhallitus 1988). Typpilannoitteena käytetään usein helppoliukoista nitraattia, joka huuhtoutuu tästä syystä vesistöihin (Davie 2003). Typeä kulkeutuu myös kiintoainekseen sitoutuneena. Nitraattipitoisuudet täyttävät Karhiniemessä vaaditut vedenlaadun raja-arvot. Ravinteiden aiheuttama kesäisin kiihtynyt leväkasvu heikentää raakaveden laatua ajoittain.

Kiintoaineksen ja ravinteiden lisäksi maatalous kuormittaa vesistöjä myös torjunta-aineilla, jotka kulkeutuvat pääosin maahiukkasiin sitoutuneena (Kauppi 1986). Pelloilta huuhtoutuvia torjunta-aineita ei ole havaittu raakavedessä mitattavia pitoisuuksia (Jaakko Pöyry Infra 2001). Mattsonin ym. (2007) mukaan maataloudessa käytetyistä lannoitteista joutuu vesistöihin lisäksi sulfaatteja, joiden määrä on niin ikään Karhiniemessä vähäinen.

Metsätalouden kunnostusojitukset lisäävät vesistöihin kohdistuvaa kiintoaineskuormitusta ja lannoituksen seurauksena huuhtoutuu liukoisia ravinteita (Joensuu ym. 2004). Osaltaan kiintoaine- ja ravinnekuormitusta aiheuttavat myös voimaperäiset maanmuokkausmenetelmät ja uudistushakkuut. Turvemailla tehtävät uudishakkuut lisäävät muun muassa humuksen huuhtou-

tumista. Kulotus puolestaan aiheuttaa muutamiksi vuosiksi typpikuormituksen kasvua. Niin Kokemäenjoen vesistöalueella kuin Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueellakin metsätalouden aiheuttaman ravinnekuormituksen osuus on vähäinen (VEPS 2.0 2004). Perälän (2007c) mukaan metsäteollisuuden kuormituksen pienennyttyä nykyiselleen (2 % maksimista), happitilanne Kokemäenjoen yläjuoksulla on nykyään hyvä, sekä myös kemiallinen hapenkulutus ja ligniinipitoisuudet ovat laskeneet alhaisiksi.

Turvetuotannon on havaittu lisäävän epäorgaanisen typen kulkeutumista vesistöön (Heikkinen 1990). Kokemäenjoen vesistöalueella turvetuotannon osuus ravinnekuormittajana jää vain yhteen prosenttiin, kun taas pohjoisilla osa-alueilla sen vaikutus on muutaman prosentin suurempi (VEPS 2.0 2004). Typpikuorman lisäksi myös orgaaninen hiili, rauta ja fosfori saattavat lisääntyä turvetuotannon seurauksena (Heikkinen 1994).

Hajakuormituksella, etenkin maataloudella, on suurin vaikutus Karhiniemen vedenlaatuun. Maatalouden ravinnekuormitus ilmenee rehevöitymisinä ja ajoittaisina sinileväkukintoina. Kokemäenjokeen kohdistuvat metsäteollisuuden vaikutukset ovat nykyään vähäiset. Pohjoisosissa harjoitettu turvetuotanto ei ulota merkittävästi vaikutustaan Karhiniemen vedenlaatuun. Raakaveden esikäsittelyllä on merkittävä vaikutus sinileväkukintojen poistumisessa tekopohjavesilaitokselle imeytykseen johdettavasta vedestä. Myös sellaisilla tekopohjavesilaitoksilla, jossa raakavettä ei esikäsitellä, on sinileväkukintojen todettu pidättävän pääosin maan pintakerrokseen ja vajovesivyöhykkeeseen (Jaakko Pöyry Infra 2001).



Kuva 28. Jokilaakson savikot ovat intensiivisesti viljeltyjä, mikä altistaa ne keväällä, syksyllä ja alkutalvella eroosiolle.
(Kuva: Jonna Konsala 2.7.2008)

Asutusten jätevedet heikentävät veden mikrobiologista laatua

Asutusten jätevedet johdetaan vesistöihin nykyisin biologisesti puhdistettuna, mikä Perälän (2007a) mukaan on alentanut kuormitusta selvästi aiemmasta. Karhiniemen jokiosuudelle johdetaan Äetsän jätevesien lisäksi Vammalan kaupungin jätevedet. Lisäksi on todettu Tampereen kaupungin ulottavan ajoittain vaikutuksensa typen osalta Karhiniemen vedenlaatuun (Oravainen 2006). Jätevedenpuhdistamoilta kohdistuu vesistöihin BHK-, fosfori-, typpi- ja kiintoainekuormitusta. Perälän (2007a) mukaan näistä erityisesti biologinen hapenkulutus (BHK) ja

fosforikuorma ovat vähentyneet merkittävästi puhdistustehon parantuessa. Typen osalta poistoteho on edellisiin verrattuna alhainen, sillä pistekuormituksen merkitys on vähäinen, eikä typen poistosta saatavia vesistöhyötyjä ole katsottu puhdistuksen kannalta merkittäviksi. Perälän (2007a) mukaan jäteveden kiintoainekuorman vaikutukset veden laatuun ovat vähäiset. Karhiniemessä jätevesikuormituksesta peräisin oleva ammoniumtypen määrä lisääntyy ajoittain heikentäen veden laadun A2-laatulokkaan.

Juomaveden tuotannon kannalta tärkeää veden hygieenistä laatua kuvataan ulostebakteerien avulla. Karhiniemen hygieenistä vedenlaatua heikentävät Vammalan ja Äetsän jätevedet sekä

hajakuormitus (Perälä 2007c). Osaksi bakteerien on todettu olevan peräisin näitä ylempää. Likaantuminen on ajoittain voimakasta ja veden laatu heikkenee A2-laatulokkaan. Hörmanin (2005) mukaan vuosia jatkuvalla indikaattorimikrobien seurannalla voidaan antaa yleiskuva raakaveden mikrobiologisesta laadusta, mutta tulevia muutoksia ei pystytä välttämättä ennustamaan. Hänen mukaansa pintavedet ovat aina alttiita ulostesaastutukselle, mistä syystä onkin varauduttava siihen, että raakavesi sisältää todennäköisesti ihmiselle haitallisia mikrobeja. Tämä on veden käsittelyn lisäksi huomioitava sen valvonnassa. Tekopohjaveden viipymäjän on oltava riittävän pitkä veden hyvän mikrobiologisen laadun taakaamiseksi (Miettinen 2003). Turun Seudun Vesi Oy:n hankkeessa bakteerit poistuvat raakavedestä jo esikäsittelyn yhteydessä.

Jätevesien puhdistus on parantunut merkittävästi niin asutuksen kuin teollisuuden osalta. Tekniset parannukset ovat myös tulevaisuudessa yksi keino, jolla raakaveden laatua voidaan vielä parantaa. Pirkanmaalle on suunniteltu uutta keskusvedenpuhdistamoa, jossa käsiteltäisiin Tampereen seudun jätevedet vuodesta 2020 alkaen (Rauhamäki 2008). Keskittämällä yli 60 prosenttia Pirkanmaalla syntyvistä jätevesistä yhteen keskuspuhdistamoon, voidaan parantaa vesiensuojelua entisestään jätevesien osalta. Keskuspuhdistamon etuina mainitaan puhdistustason tehostuminen, säästöt käyttö- ja kunnossapitokustannuksissa sekä paremmat valmiudet ratkaista tulevaisuuden tuomat haasteet, kuten lietteen käsittely tai loppusijoitus.

Karhiniemessä veden hygieeninen laatu heikkenee ajoittain voimakkaasti. Likaantuminen on voimakkainta tulva-ajoina, jolloin hajakuormitus on runsasta. Asutuksen jätevesien puhdistusteho on parantunut viime vuosikymmeninä, mikä näkyy myös veden laadun parantumisena. Tekopohjaveden valmistuksessa suolistobakteerien on todettu poistuvan raakaveden esikäsittelyvaiheessa.

Teollisuus on päävastuussa raskasmetallikuormituksesta

Teollisuuden aiheuttama kuormitus on myös vähentynyt teollisuusprosesseihin ja jätevesien puhdistukseen kohdistuneiden parannusten myötä (SYKE 2007b). Kokemäenjoen kuormitus on painottunut sen alajuoksulle, mutta vedenlaatu määrittyy joen yläpuolisen kuormituksen mukaisesti (Kvvy 2008). Esimerkiksi selluteollisuuden loppuminen Nokialla ja Lieksassa paransi Kokemäenjoen happitilannetta (Oravainen 2006). Jokuoman varressa sijaitseva Finnish Chemicals Oy:n Äetsän tehdas aiheutti vielä 1970-luvulla merkittävää elohopeakuormitusta (Kvvy 2008). Nykyään elohopeaa ei enää käytetä prosessissa. Selluteollisuudessa käytettyjen orgaanisten klooriyhdisteiden (AOX) käyttö on nykyään myös lopetettu ja niiden pitoisuudet ovat laskeneet alhaisiksi (Oravainen 2001). Teollisuudessa käytetyt polyklooratut bifenyyli (PCB) ovat kiellettyjä, eikä niitä ole todettu Karhiniemen raakavedessä (Oravainen 2001). Euroopan päästörekisteri EPER-raportin (2004) mukaan Äetsän klooritehtaasta joutuu vesistöön kromia ja kromiyhdisteitä (SYKE 2008). Nämä pitoisuudet todettiin Karhiniemessä vuosina 2000–2001 suoritetussa intensiivitutkimuksessa muiden raskasmetallipitoisuuksien tavoin alhaisiksi (Oravainen 2001).

Kokemäenjoen vesistöalueella taajama-alueet keskittyvät eteläreiteille, jossa sijaitsevat Tampere ympäristökuntineen ja Hämeenlinna. Karhiniemen yläpuolisella valuma-alueella rakennetun ympäristön osuus on 7,3 prosenttia ja teollisuus ja palvelualueet kattavat 0,8 prosenttia. Taajamien hulevesien kuormituslähteitä ovat muun muassa ilmaperäinen kuormitus, korroosio, kiinteät jätteet, roskat, eläin- ja kasvijätteet sekä katujen ja muiden pintojen eroosiotuotteet (Melanen 1986). Hulevedet kuljettavat muun muassa raskasmetalleja, orgaanisia yhdisteitä, taudinaiheuttajia eliöitä, kiintoainesta, liuenneita aineita ja tiesuolaa (NRCS 1994). Jätevesikuormaan verrattuna hulevesien osuus orgaanisen aineen ja ravinteiden kuormituksessa on pieni (Melanen 1986). Pirkanmaan jätehuoltoa on keskitetty 2000-luvulla siten, että alueella on enää vain kaksi yhdyskuntajätettä vastaanottavaa toimipaikkaa (Bilaltdin ym. 2007). Äetsässä toimii maankaatopaikka ja lähin jäteasema sijaitsee Vammalassa.

Valuma-alueen yläpuolisesta ilmasta, jota muun muassa liikenteen ja teollisuuden päästöt kuormittavat, tulee laskeumana vesistöihin typen- ja rikin yhdisteitä (esim. Lahermo ym. 1996). Näiden happamoittavaa vaikutusta ei kuitenkaan ole havaittavissa Karhiniemessä, sillä veden pH on lähellä neutraalia ajoittaisia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Teollisuuden kuormituksen vähentyminen näkyy Kokemäenjoen vedenlaadun parantumisenä. Raskasmetallien osalta vedenlaadun on todettu olevan käyttökelpoista tekopohjaveden valmistukseen (Oravainen 2001). Kiintoaineeseen sitoutuneet raskasmetallit poistuvat jo raakaveden esikäsittelyssä. Raakaveden laadun seuranta mahdollisten onnettomuuksien varalta on kuitenkin tärkeää ja huomioitu riskinhallinnassa (Jaakko Pöyry Infra 2001).



6 LOPUKSI

Karhiniemen raakaveden laatuun vaikuttaa yläpuolisiin järviolueisiin ja Kokemäenjoen yläjuoksuun kohdistuva vesistökuormitus. Valuma-alueelta tuleva vesistökuormitus on pääosin hajakuormitusta, jonka merkitys on kasvanut asutuksen ja teollisuuden jätevesien vaikutuksen vähentyessä. Kiintoainesta ja ravinteita kulkeutuu pääosin vesistöalueen eteläosista ja humuspi-toista vettä pohjoisosien turvemailta. Jätevesien käsittely on parantunut merkittävästi viime vuosina ja tulevaisuudessa vesistöalueella tapahtuvien teknisten parannusten on uskottu vähentävän vesistökuormitusta entisestään.

Kokemäenjoen vedenlaatu on ollut tutkimuksen kohteena useissa selvityksissä sekä intensiivi- ja pitkäaikaisseurannoissa. Vedenlaatua on tutkittu laaja-alaisesti kattaen perustutkimuksen lisäksi myös raskasmetalli- ja lääkeainetutkimukset. Tässä raportissa esitetyt aiemmat tutkimukset ja seurantatulokset on otettu huomioon tekopohja-vesihankkeen toteutussuunnittelussa.

Vaikka vedenlaatu vaihtelee vuodenajoittain, pitoisuudet pysyvät valtioneuvoston asettamien laatuvaatimusten puitteissa. Vedenlaadun vaihtelua tarkasteltaessa voitiin havaita muun muassa värin, ammoniumin, fosforin, raudan, leväkasvun ja bakteereiden aiheuttavan ajoittain raakaveden laadun heikentymistä. Näihin

laatuparametreihin on tulevaisuudessa hyvä kiinnittää huomiota. Raakaveden laadussa ei ole odotettavissa yllättäviä muutoksia, jotka aiheuttaisivat riskiä vedenottosuunnitelmille.

Tekopohjavesilaitoksen käyttöön otettavan raakaveden hyvän laadun varmistamiseksi tehdään jatkuvatoimista seurantaa riittävällä mittaustihedellä eri sääolojen vallitessa. Kuukausittaisen näytteenoton on todettu olevan liian harva useiden laatuparametrien, kuten ravinteiden ja metallien osalta, sillä vedenlaadun vaihtelut ovat suuria tai mahdollinen saastuminen on lyhytaikaista (Meybeck & Helmer 1989). Tästä johtuen raakaveden laadun kannalta onkin tärkeää, että vedenlaadun muuttujia seurataan päivittäin raakavedenottamolla perusparametrien osalta. Vedenlaadun tarkkailun parantaminen vuonna 2008 aloitetuilla TOC-, DOC- ja nitraattianalyysillä tehostaa valvontaa entisestään. Tulevaisuudessa raakaveden laadun tarkkailua tullaan suorittamaan jatkuvatoimisesti valvomolosuhteissa raakaveden oton yhteydessä. Hälytysparametrien avulla estetään haitta-aineiden joutuminen tekopohjaveden valmistusprosessiin. Lisäksi raakavedenottoamo varustetaan muun muassa öljypuomilla sekä pH-, sähköjohtokyky-, ja öljyantureilla, jotta poikkeamat vedenlaadussa havaitaan (Turun Seudun Vesi Oy 2003).

KIITOKSET

Haluamme kiittää Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja linnologi Reijo Oravaista ja Turun maantieteen laitoksen yliassistentti Joni Mäkistä kirjan oikoluvusta ja hyvistä parannusehdotuksista.



LÄHDELUETTELO

- Arheimer, B. & Lidén, R. (2000). Nitrogen and phosphorous concentrations from agricultural catchments—influence of spatial and temporal variables. *Journal of Hydrology* 227, 140-159.
- Bilaledtin, Ä., Lehtinen, H., Luoma, S. & Loukola-Ruskeeniemi, K. (2007). Perustietoja Pirkanmaasta. *Teoksessa* Loukola-Ruskeeniemi, K., Ruskeeniemi, T., Parviainen, A., Backman, B. (toim.): *Arseeni Pirkanmaalla – esiintyminen, riskinarviointi ja riskinhallinta. Ramas-hankkeen tärkeimmät tulokset*, 15-17. Multiprint Oy, Helsinki.
- Biota BD Oy (2001). *Kokemäenjoen sedimenttitutkimus: Loppuraportti Äetsän – Huittisten Karhiniemen alueen sedimenttitutkimuksesta*. 54 s. Biota BD Oy.
- Davie, T. (2003). *Fundamentals of hydrology*. 169 s. Routledge, Lontoo.
- Díaz-Cruz, M.S. & Barceló, D. (2008). Trace organic chemicals contamination in ground water recharge. *Chemosphere* 72, 333–342.
- Ekholm, M. (1993). Suomen vesistöalueet. *Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A*, 126. 166 s.
- Hatva, T. (2004). Havaintoja pohjavesialueiden sekä tekopohjavesi- ja rantaimetyslaitosten veden laadusta. *Suomen ympäristökeskuksen moniste* 255. ISBN 952-11-1187-0 (PDF)
- Hatva, T., Kivimäki, A.-L., Rönkä, E. & Miettinen, I. (2004). Tekopohjavettä tuotetaan 25 laitoksella. *Ympäristö* 2, 20-23.
- Heikkinen, K. (1990). Transport of organic and inorganic matter in river, brook and peat mining water in the drainage basin of the River Kiminkijoki. *Aqua Fennica* 20,2, 143-155.
- Heikkinen, K. (1994). Organic matter, iron and nutrient transport and nature of dissolved organic matter in the drainage basin of a boreal humic river in northern Finland. *The Science of the Total environment* 152, 81-89.
- Heikkinen, P. (2000). Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. *Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportti* 150. 74 s.
- Helmisaari, H.-S., Illmer, K., Hatva, T., Lindroos, A.-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J., Reijonen, R. (toim.) (2003). *Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu. Temu-tutkimushankkeen loppuraportti*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 902. 220 s.
- Hyvärinen, V. (1986). Valunta. *Teoksessa* Mustonen, S. (toim.): *Sovellettu hydrologia*, 152-225. Vesiyhdistys r.y., Helsinki.
- Hyvärinen, V. & Korhonen, J. (toim.) (2003). Hydrologinen vuosikirja 1996-2000. *Suomen ympäristö*, 599. 219 s.

Hörman, A. (2005). Raakaveden mikrobiologinen laatu ja sen seuranta reaaliajassa. *Vesitalous* 4, 13-14.

Iihola, H. (1975). Tekopohjavesitutkimukset. *Teoksessa*: Kajosaari, E., Airaksinen, J., Helenius, L., Laukkanen, E., Wihuri, H. & Viikari, P. (toim.): *Pohjavesien hyväksikäyttö ja suojelu*. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskuksen julkaisu 125-75, IXb. 35 s.

Isotalo, I. (1979). Concentrations and loads of some metals and fluorine in the River Kokemäenjoki in 1975 and 1977. *Publications of the Water Research Institute* 30, 61 s.

Jaakko Pöyry Infra (2001), *Turun seudun tekopohjavesihanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus*. Turun Seudun Vesi Oy, Jaakko Pöyry Infra / Maa ja Vesi. 142 s.

Joensuu, S., Makkonen, T. & Matila, A. (2004). *Metsätalouden vesiensuojelu*. 48 s. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki.

Kauppi, L. (1986) Ihmisen toiminnan vaikutus hydrologiseen kiertoon. *Teoksessa* Mustonen, S. (toim.): *Sovellettu hydrologia*, 387-420. Vesiyhdistys r.y., Helsinki.

Kaupunkiliitto (1984). Vesilaitosten raakaveden laatuluokitus. *Kaupunkiliiton julkaisu* B 192. 49 s.

Kiirikki, M. & Lindfors, A (2006). *Kokemäenjoen vedenlaadun jatkuva seuranta 1.6.2005 – 28.2.2006*. Luode Consulting Oy. 14 s.

Kivimäki, A.-L. (1992). Tekopohjavesilaitokset Suomessa. *Vesi ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A*, 98. 150 s.

Kvvy (1999). *Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 15.8.2008. <http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?sivu=opasvihkonen.html>.

Kvvy (2008). *Vedenlaatu vesistöalueittain*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 15.8.2008. <http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?sivu=yleista.html>.

Koljonen, T. (toim.) (1992). *Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni*. 218 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Korhonen, P. & Virtanen, M. (1996). Elohopean kertymisen kuvaaminen matemaattisella mallilla. –Arvio Kokemäenjoen keskiosan ruoppauksen vaikutuksesta vesistön elohopeatilanteeseen. *Suomen ympäristö* 15, 75 s.

Kortelainen, P. (1993). Content of Total Organic Carbon in Finnish Lakes and Its Relationship to Catchment Characteristics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50, 1477-1483. Water and environment Research Institute, National Board of Waters and the Environment, Helsinki.

Kunnat.net (2008) *Asukasluvut, kaupungit ja muut kunnat suuruusjärjestyksessä*. Suomen Kuntaliitto. 12.9.2008. <http://www.kunnat.net/k_peruslistasivu.asp?path=1;29;374;36984;822>

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. (1996). *Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit*. 149 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Lehtovuori, P. (2003). Jäteveden käsittelyn tunnetut vaatimukset haja-asutusalueilla. Hauhon, Lammin, Luopioisten, Pälkäneen ja Tuusulan kunnissa. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 320. 89 s.

- Lepistö, A., Granlund, K., Kortelainen, P. & Räike, A. (2006). Nitrogen in river basins: Sources, retention in the surface waters and peatlands, and fluxes to estuaries in Finland. *Science of the Total Environment* 365, 238-259.
- Lindfors, A. & Huttunen, O. (2003). *Vedenlaadun vaihtelu Kokemäenjoen uoman poikkeileikkauksella* Karhiniemessä 16.11.2003. Luode Consulting Oy. 31 s.
- Lindfors, A. & Kiirikki, M. (2007). *Kokemäenjoen vedenlaadun jatkuva seuranta 1.6.2005-31.5.2006*. Luode Consulting Oy. 16 s.
- Lindroos, A.-J., Kitunen, V., Derome, J. & Helmisaari, H.S. (2002). Changes in dissolved organic carbon during artificial recharge of groundwater in a forested esker in Southern Finland. *Water research* 36, 4951-4958.
- Länsi-Suomen ympäristökeskus (2007). *Yhteistyöllä parempaan vesienhoitoon. Yhteenveto vesienhoitoa koskevista keskeisistä kysymyksistä Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueella*. 73 s. Oy Arkmedia Ab, Vaasa.
- Mattson, T., Kortelainen, P. & Räike, A. (2005). Export of DOM from boreal catchments: impacts of landuse cover and climate. *Biochemistry* 76, 373-394.
- Mattson, T., Kortelainen, P., Lepistö, A. & Räike, A. (2007). Organic and minerogenic acidity in Finnish rivers in relation to land use and deposition. *Science of the Total Environment* 383, 183-192.
- Melanen, M. (1986). Ihmisen toiminnan vaikutus hydrologiseen kiertoon. *Teoksessa* Mustonen, S. (toim.): *Sovellettu hydrologia*, 387-420. Vesiyhdistys r.y., Helsinki.
- Meybeck, M. & Helmer, R. (1989). The quality of rivers: from pristine stage to global pollution. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology (Global and Planetary Change Section)*, 75, 183-309.
- Miettinen, I. (2003). Mikrobit ja levät. *Teoksessa* Helmisaari, H.-S., Illmer, K., Hatva, T., Lindroos, A.-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J., Reijonen, R. (toim.): *Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu Temu-tutkimushankkeen loppuraportti*. Metsän-tutkimuslaitoksen tiedonantoja 902, 20-21.
- Mälkki, E. (1999). *Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö*. 304 s. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
- Mälkki, E. (2003). *Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksen toimivuuden ja maaperän vesimuu-
tosten sekä niiden ympäristövaikutusten arviointi*. Asiantuntijalausunto, osa II. 23.5.2003. 40 s.
- NRCS, National Research Council Staff (1994). *Ground water recharge using waters of impaired quality*. Committee on Ground Water Recharge, Water Science and Technology Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources. 283 s. National Academies Press, Washington, DC.
- Nykänen, M. & Salonen, V.P. (2000). *Rutaveden ja Kokemäenjoen ylähuoksun pohjasedimenttien nikkelpitoisuus*. 42 s. Turun yliopiston geologian laitos, Turku.
- Oravainen, R. (2001). *Yhteenvetoraportti Karhiniemen tarkkailupisteen veden laadun intensiiviseurannasta*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Kirje no 704/RO. Turun Seudun Vesi Oy, Turku.

Oravainen, R. (2002). Vuosiyhteenveto Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailusta vuodelta 2001. Julkaisu n:o 460. 49 s. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, Tampere.

Oravainen, R. (2003). *Vuosiyhteenveto Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailusta vuodelta 2002*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 484. 66 s.

Oravainen, R. (2004). *Vuosiyhteenveto Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailusta vuodelta 2003*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 502. 55 s.

Oravainen, R. (2005). *Vuosiyhteenveto Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailusta vuodelta 2004*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 524. 58 s.

Oravainen, R. (2006). *Vuosiyhteenveto Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailusta vuodelta 2005*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 541. 72 s.

Paakkinen, M. (2007). *Vanajan ja Vanajaveden-Pyhäjärven reittien yhteistarkkailu vuonna 2006*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 564. 74 s.

Perttinen, V.-P. (2003). *Lääkeaineiden ja hygieniatuotteiden esiintyminen ja käyttäytyminen vedenkäsittelyprosesseissa sekä ympäristössä Suomessa*. 93 s. Ympäristötekniikan osasto/ Bio- ja ympäristötekniikan laitos, Tampereen teknillinen yliopisto.

Perälä (2007a). *Kokemäenjoen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailu vuonna 2006*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu N:o 562. 66 s.

Perälä (2007b). *Mäntän seudun yhteistarkkailu vuonna 2006*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu N:o 555. 51 s.

Perälä (2007c). *Tampereen seudun yhteistarkkailu vuonna 2006*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 559. 78 s.

Pietiläinen, O.-P. Pitkänen, H. Räike, A. Tamminen, T. (2004). Ravinteiden reitit latvavesistöistä Suomenlahden ulapoille. *Vesitalous* 6/2004. Ympäristöviestintä YVT Oy.

Puolanne, J., Pyy, O. & Jeltsch, U. (toim) (2004). *Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa: Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti*. Ympäristöministeriön muistio 5/1994. 218 s.

Pääkkönen, J. (2003). Epäorgaaniset aineet. *Teoksessa* Helmisaari, H-S., Illmer, K., Hatva, T., Lindroos, A-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J., Reijonen, R. (toim.) *Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu. Temu-tutkimushankkeen loppuraportti*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 902, 22-24.

Rantakari, M., Kortelainen, P., Vuoremaa, J., Mannio, J. & Forsius, M. (2004). Finnish lake survey: The role of catchment attributes in determining nitrogen, phosphorous, and organic carbon concentrations. *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 4, 683-699.

Rauhamäki, H. (2008). *Pirkanmaan keskusvedenpuhdistamo*. Alueellinen vesihuoltopäivä, Nokia 13.3.2008. 29.9.2008 <<http://www.vvy.fi/koulvhpv/vhpv/2008/nokia/lehdistolyhennelmat/heidirauhamaki.pdf>>

Raunio, A. (1992). Ympäristötietoa Kokemäenjoesta. Satakunnan Luonnonsuojelupiirin Kokemäenjoki-projektin raportti. Satakuntaliitto, Sarja A: 189. 165 s. Pori.

Rekolainen, S. (1993). Assessment and mitigation of agricultural water pollution. *Publications of the water and environment research institute*, 12. 34 s.

- Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. (1992). *Maatalous ja vesien tila. Maveron loppuraportti*. Luonnonvarajulkaisuja 15. 61 s. Luonnonvarainneuvosto, Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki.
- Salonen, V.-P. (2002). Kokemäenjoen pohjasedimentit ja niiden laatu. *Teoksessa* Kääriä, J. (toim.): *Turun seudun tekopohjavesihanketta koskeva tutkimusseminaari*. Turun Seudun Vesi Oy:n julkaisu 1/2002.
- Skippari, K., Heino, H., Kaipainen, H. & Bilaltdin, Ä. (2003). Kyrösjärven, Parkanonjärven ja Jämijärven vesiensuojelusuunnitelman seuranta tutkimus. *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 329, 70 s.
- Smol, J.P. (2008). *Pollution of lakes and rivers. A paleoenvironmental perspective*. 2.ed. 383 s. Blackwell Publishing Ltd, Malden.
- Suunnittelukeskus Oy (2002). *Raakaveden esikäsittelykokeiden yhteenvetoraportti kokeista Kokemäenjoen vedellä Harjavallassa v. 2000-2001*. Rauman Veden ja Turun Seudun Vesi Oy:n julkaisu 148/B8672. 26 s.
- SYKE (2007a). *Orgaanisen aineen kuormitus*. 13.12.2007. Valtion ympäristöhallinto. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11388&lan=fi>>.
- SYKE (2007b). *Teollisuuden vesistökuormitus*. 16.10.2007. Valtion ympäristöhallinto. <<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=45027&lan=fi>>.
- SYKE (2008). *Suomen EPER*. FINNISH CHEMICALS, ÄETSÄN TEHTAAT. Euroopan päästörekisteri EPER (European Pollutant Emissions Register). Suomen ympäristökeskus, Ympäristösuojelun tietojärjestelmä Vahti. OIVA - ympäristö ja paikkatietopalvelu (valtion ympäristöhallinnon virastot). <http://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>. 25.6.2008
- Syrjänen, M. (1999). *Kokemäenjoen sedimenttien laatu ja kerrosumisolosuhteet Äetsän ja Kolsin patoaltaissa sekä Huittisten Karhiniemen alueella*. Pro gradu-tutkielma. 93 s. Turun yliopiston geologian laitos, Turku.
- Särkkä, J. (1996). *Järvet ja ympäristö. Limnologian perusteet*. 157 s. Gaudeamus, Tampere.
- Talousvesiasetus (2000). *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista, 461/2000*. 1.8.2008 <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>>.
- Turun Seudun Vesi Oy (2003). *Turun seudun tekopohjavesihanke. Ympäristövaikutusten arviointia täydentävät selvitykset*. Turun Seudun Vesi Oy:n julkaisu 3/2003. 66 s.
- Turun Seudun Vesi Oy (2007). *Turun seudun tekopohjavesihanke. Selvitys elohopeapitoisuudesta ja pohjaveden pinnoista*. Turun Seudun Vesi Oy:n selvitys 29.11.2007. 10 s.
- USGS (2008). *What is an FNU?*. <<http://or.water.usgs.gov/grapher/fnu.html>>. 27.10.2008
- Valkama, J. (2006). *Kokemäen ja Porin edustan merialueen yhteistarkkailu. Sedimentin metallipitoisuudet Kokemäenjoessa vuonna 2005*. Kokemäenjoen vesistön vesiesuojeluyhdistys ry, julkaisu n:o 548. 16 s.

- Valtioneuvosto (1994). *Valtioneuvoston päätös juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden laatuvaatimuksista ja tarkkailusta 366/1994*. FINLEX ®. 26.5.2008. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940366?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=366%2F1994>>.
- VEPS 2.0 (2004). *Vesistökuormituksen arviointi- ja hallintajärjestelmä VEPS*. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Vesihallitus (1978). Kokemäenjoen ja Karvianjoen vesistöjen vesien käytön kokonaissuunnitelma. Vesihallituksen asettaman työryhmän ehdotus. I osa. Kokemäenjoen vesistö. Suunnittelualue. Vesivarat. *Vesihallituksen tiedotus* 142, 187 s.
- Vesi- ja viemärilaitosyhdistys (2000). *Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista*. Suomen Kuntaliitto ja Vesi- ja viemärilaitosyhdistys, Helsinki. 39 s.
- Vesi- ja ympäristöhallitus (1988). Vesistöjen laadullisen käyttökelpoisuuden luokittaminen. *Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja* 20. 48 s.
- Vieno, N. (2005). *Lääkeaineiden analysointi Kokemäenjoesta*. Erillinen paperi.
- Vieno, N., Kronberg, L. & Tuhkanen, T. (2005a). Lääkeainejäämät vesistöissä ja talousvesissä – ongelma myös Suomessa? *Vesitalous* 6, 34-37.
- Vieno, N., Tuhkanen, T. & Kronberg, L. (2005b). Seasonal Variation in the Occurrence of Pharmaceuticals in Effluents from a Sewage Treatment Plant and in the recipient Water. *Environmental Science & Technology*, 39, 8220-8226.
- Äetsän kunta (2008). *Tilastotietoa Äetsästä*. <<http://www.aetsa.fi/aetsa/yleista/index.html>> 30.6.2008.



Liite 1

VALTIONEUVOSTON PÄÄTÖS JUOMAVEDEN VALMISTAMISEEN TARJOITETUN PINTAVEDEN LAATUVAATIMUKSISTA JA TARKKAILUSTA (366/1994, liitteet 1 ja 2)

Lähde: FINLEX® - Säädökset alkuperäisinä: 366/1994 <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940366>

Luokkiin A1, A2, A3 kuuluvien pintavesien valmistaminen juomavedeksi, vedenkäsittelyn standardimenetelmien määritelmät

Luokka A1

Yksinkertainen fysikaalinen käsittely ja desinfiointi, esimerkiksi pikasuodatus ja desinfiointi tai maahanimeytys.

Luokka A2

Normaali fysikaalinen käsittely, kemiallinen käsittely ja desinfiointi, esimerkiksi saostus, hiutaloittaminen, laskeutus tai flotaatio, suodatus, desinfiointi tai kontaktisuodatus ja desinfiointi.

Luokka A3

Mahdollinen esikäsittely (allasvarastointi) sekä tehostettu fysikaalinen ja kemiallinen käsittely, jatkokäsittely ja desinfiointi, esimerkiksi saostus, hiutaloittaminen, laskeutus tai flotaatio, suodatus, adsorptio (aktiivihiili), biologinen suodatus (aktiivihiili- tai hidassuodatus), desinfiointi.

Juomaveden valmistamiseen tarkoitetun pintaveden ominaisuudet

			A1	A1	A2	A2	A3	A3
	Suure		G	I	G	I	G	I
1	pH		6,5–8,5		5,5–9		5,5–9	
2	Väri	mg/l Pt	10	20(O)	50	100(O)	50	200(O)
3	Kiintoaine	mg/l	25					
4	Lämpötila	°C	22	25(O)	22	25(O)	22	25(O)
5	Sähkönjohtavuus	mS/m, 25°C	110		110		110	
6	Haju	(laimennusluku)	3		10		20	
7*	Nitraatti	mg/l NO ₃	25	50(O)		50(O)		50(O)
8	Fluoridi	mg/l F	1	1,5	1,7		1,7	
9*	Rauta	mg/l Fe	0,1	0,3	1	2	1	

10*	Mangaani	mg/l Mn	0,05		0,1		1	
11	Kupari	mg/l Cu	0,02	0,05(O)	0,05		1	
12	Sinkki	mg/l Zn	0,5	3	1	5	1	5
13	Boori	mg/l B	1		1		1	
14	Arseeni	mg/l As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
15	Kadmium	mg/l Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
16	Kromi	mg/l Cr		0,05		0,05		0,05
17	Lyijy	mg/l Pb		0,05		0,05		0,05
18	Seleen	mg/l Se		0,01		0,01		0,01
19	Elohopea	mg/l Hg	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
20	Barium	mg/l Ba		0,1		1		1
21	Syanidi	mg/l CN		0,05		0,05		0,05
22	Sulfaatti	mg/l SO ₄	150	250	150	250(O)	150	250(O)
23	Kloridi	mg/l Cl	200		200		200	
24	Pinta-aktiiviset aineet (anionitensidit)	mg/l O ₂	0,2		0,2		0,5	
25*	Fosfaatti	mg/l PO ₄	0,5		0,9		0,9	
26	Fenolit (fenoli-indeksi)	mg/l		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
27	Liuneet tai emulgoituneet hiilivedyt	mg/l		0,05		0,2	0,5	1
28	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt	mg/l		0,0002		0,0002		0,001
29	Torjunta-aineiden kokonaismäärä (paration, BHC, dieldriini)	mg/l		0,001		0,0025		0,005
30*	Kemiallinen hapen kulutus; hapetus dikromaatilla (CODCr)	mg/l O ₂					30	
31*	Liunneen hapen kyllästysaste	% O ₂	>70		>50		>30	
32*	Biokemiallinen hapen kulutus; ilman nitrifikaatiota (BOD ₇ , 20°C)	mg/l O ₂	3		5		7	
33	Kjeldahl-tyyppi (orgaanisesti sitoutunut N+NH ₄ + NH ₃)	mg/l N	1		2		3	
34	Ammonium	mg/l NH ₄	0,05		1	1,5	2	4(O)
35	Kloroformilla uutettavat aineet	mg/l	0,1		0,2		0,5	
36	Koliformisten bakteerien kokonaismäärä	/100 ml	50		5 000		50 000	
37	Lämpökestoiset koliformiset bakteerit	/100 ml	20		2 000		200 000	
38	Fekaaliset streptokokit	/100 ml	20		1 000		10 000	
39	Salmonellat		ei ole osoitettavissa 000 ml:ssa		ei ole osoitettavissa 1 000 ml:ssa			

I = Pakollinen, G = Ohje, O = Poikkeuksellisisa ilmastollisisa tai maantieteellisissä oloissa, katso 7 § 2 kohta.

* katso 7 § 4 kohta.Liite 2

Liite 2

VESISTÖJEN LAADULLINEN KÄYTTÖKELPOISUUS RAAKAVEDEKSI

Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisu 20 (1988)

Luokka	I erinomainen	II hyvä	III tydyttävä	IV huono	V sopimaton
Lämpötilamaksimi °C	<15	15-20	20-25	20-25	>25
Näkösyvyys m	>3,5	>2,5	1,5-2,5	0,5-1,5	
KMnO ₄ -luku	<15	15-40	40-80	80-120	>120
CODMn mg/l O ₂	3,8	3,8-10	10-20	20-30	>30
Väriluku	<15	15-70	70-150	150-200	>200
pH	6,5-7,5				
Happipitoisuus %	80-110	80-110	>60<125	>40<150	<40>150
Sähkönjohtavuus mS/m			<20	20-40	>40
Sameus FTU	<1				
Ammonium µg/l NH ₄ -N		<78	78-390	390-1600	>1600
Nitraatit mg/ NO ₃ -N				<6,8	>6,8
Nitriitit µg/l NO ₂ -N			<15	15-30	>30
Rauta µg/l	<200	200-500	500-2000	2000-5000	
Mangaani µg/l	<10	10-30	30-100	100-1000	>1000
Kok.fosfori µg/l	<10	10-25	25-50	50-100	>100
Kasviblanktonin biomassa mg/l		<0,5	0,5-2	2,0-10	>10
Klorofylli-a µg/l	<2	2-5	5-20	20-100	>100
"Kokonaispesäkeluku" kpl/ml			>1000	10000	>10000
Koliform. bakt. (35°C) kpl/dl	<10	<50	50-100	100-1000	>1000
Fek. koliformiset bakteerit tai Fek. streptokokit kpl/dl	1-2	<10	10-50	50-500	>500
NaLS mg/l		<2	2-5	5-10	>10
Mineraaliöljyt µg/l			<50	50-100	>100
Sulfaatti mg/l			<70	70-150	>150
Kloridi mg/l			<50	50-200	>200
Fenolit µg/l			<2	2-10	>10
Arseeni µg/l				<50	>50
Elohopea µg/l				<2	>2
Kadmium µg/l				<5	>5
Kromi µg/l				<50	>50
Lyijy µg/l				<50	>50
Kokonaissyanidi µg/l				<50	>50

Liite 3

PINTAVESIEN RAAKAVESILUOKITUKSEN MUUTTUJIEN RAJA-ARVOT ERI LAATULUOKISSA

Kaupunkiliiton julkaisu B 192 (1984)

Luokka	I erinomainen	II hyvä	III tydyttävä	IV huono	V sopimaton
Lämpötila °C (max.)	<15	15-20	20-25	20-25	>25
Näkösyvyys m	>3,5	>2,5	1,5-2,5	0,5-1,5	
KMnO ₄ -luku mg/l KMnO ₄	<15	15-40	40-80	80-120	>120
Veden väriluku	<15	15-70	70-150	150-200	>200
pH	6,5-7,5				
Sähkönjohtavuus mS/m			<20	20-40	>40
Kloridit mg/l			<50	50-200	>200
Sulfaatit mg/l			<70	70-150	>150
Happi min. % kyllästysarvosta	>80	>80	>60	>40	<40
Happi max. % kyllästysarvosta	<110	<110	<125	<150	>150
Sameus FTU	<1				
Nitraatit mg/l				<30	>30
Nitriitit µg/l			<50	50-100	>100
Ammonium µg/l		<100	100-500	500-2000	>2000
Rauta µg/l	<200	200-500	500-2000	2000-5000	
Mangaani µg/l	<10	10-30	30-100	100-1000	>1000
Fenolit µg/l			<2	2-10	>10
Lingiini (NaLS) mg/l		<2	2-5	5-10	>10
Mineraaliöljyt µg/l			<50	50-100	>100
Arseeni µg/l				<50	>50
Elohopea µg/l				<2	>2
Kadmium µg/l				<5	>5
Kromi (VI) µg/l				<50	>50
Lyijy µg/l				<50	>50
Kokonaissyaniidi µg/l				<50	>50
Kok.fosfori µg/l	<10	10-25	25-50	50-100	>100
a-klorofyyli µg/l	<2	2-5	5-20	20-100	>100
Kasvip. biomassa mg/l		<0,5	0,5-2	2-10	>10
Kokonaispesäkeluku kpl/ml			<1000	1000-10000	>10000
Koliform.(35°C) kpl/100ml	<10	<50	50-100	100-1000	>1000
Fekaaliset koliform. tai fekaaliset streptokokit kpl/100ml	0 (1-2)	<10	10-50	50-500	>500

Liite 4

KOKEMÄENJOEN INTENSIIVISEURANTA 2000–2001 TULOKSET KARHINIEMEN NÄYTTEISTÄ

Turun Seudun Vesi Oy

NäytePvm	TutkOhj	HavPaik	syvyys	Lämpöti	Happi	Kyll.%	Sameus	K-aine	Sähkönj	Ka hehk.jä	Heh.häv	
				°C	mg/l	%	FNU	mg/l	mS/m	mg/l	mg/l	
2.10.2000	KOJO	3	1	11,9	9,7	90	4,9	4,2	9,1			
30.10.2000	KOJO	3	1	6,4	10,3	84	4,9	3,2	9,4			
20.11.2000	KOJO	3	1	5,7	10,9	87	7,1	4,8	9,4			
11.12.2000	KOJO	3	1	4,7	11,6	90	8,8	4,2	9,7			
8.1.2001	KOJO	3	1	0,3	12,4	86	6,3	1,9	9,0			
1.2.2001	KOJO	3	1	0,1	12,3	84	6,7	3,4	9,5	3,4	0,0	
28.2.2001	KOJO	3	1	0,1	11,6	80	4,2	1,6	9,1	1,0	0,6	
11.4.2001	KOJO	3	1	2,2	12	87	15,0	10,0	8,9	8,7	1,6	
8.5.2001	KOJO	3	1	8,3	11,8	100	8,1	6,8	8,5	5,2	1,6	
11.6.2001	KOJO	3	1	13,2	9,8	94	8,3	9,7	8,3	7,3	2,4	
9.7.2001	KOJO	3	1	21,8	7,7	88	4,5	5,0	8,5	3,6	1,4	
18.7.2001	KOJO	3	1	21,5	7,8	88	E	4,9	9,0	E	E	
6.8.2001	KOJO	3	1	18,8	7,6	82	6,4	6,0	9,0	4,8	1,2	

NäytePvm	TutkOhj	HavPaik	syvyys	Cl	Fe	Mn	SO4	Zn	Hg	Klorof	Cu	
				mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/m3	µg/l	
2.10.2000	KOJO	3	1	5,5	200	40	16	<20	<0,05		<1	
30.10.2000	KOJO	3	1	5,3	220	50	16	<20	0,05		3,2	
20.11.2000	KOJO	3	1	5,1	420	40	16	<20	<0,05		2,8	
11.12.2000	KOJO	3	1	4,9	500	30	16	<20	0,05		3,4	
8.1.2001	KOJO	3	1	4,5	490	20	16	<20	0,06		5,1	
1.2.2001	KOJO	3	1	4,7	450	<10	15	<20	0,07		3,6	
28.2.2001	KOJO	3	1	4,5	340	10	14	<20	<0,05		4,9	
11.4.2001	KOJO	3	1	4,9	820	30	E	<20	0,27		2,5	
8.5.2001	KOJO	3	1	4,5	550	30	15	<20	<0,05		2,9	
11.6.2001	KOJO	3	1	4,2	450	39	15	<20	<0,05		10	
9.7.2001	KOJO	3	1	4,4	280	44	15	<3	<0,05	5,5	4,2	
18.7.2001	KOJO	3	1	4,5	280	46	16	3,2	<0,05	6,5	4,4	
6.8.2001	KOJO	3	1	4,3	290	49	15	<3	<0,05	P	4,1	

E = ei tulosta tai tulos hylätty

P = tulos puuttuu tai määrittäminen kesken

Alkalin	pH	Vari	COD(Mn)	BHK(s)	Kok. N	NO23-N	NH4-N	Kok.P	PO4P	Kok.P.liu	Lämp.kolif	Al.fek.str	
mmol/l		mg/l Pt	mg/l O2	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ug/l	kpl/100 ml	kpl/100 ml	
0,30	7,1	30	7,7	1,4	540	89	19	22	<3	8	48	~8	
0,29	7,1	25	7,6	1,3	570	220	38	24	6	12	68	~10	
0,27	7,1	30	8,4	0,9	990	530	<5	31	8	18	~90	32	
0,26	7,1	60	9,1	2,0	1090	670	6	32	11	19	110	31	
0,24	7,2	60	9,2	1,9	980	590	6	26	8	19	~40	~22	
0,26	6,9	60	9,0	2,7	910	510	48	27	10	18	18	12	
0,25	7,0	60	8,6	1,8	910	470	61	22	7	14	~25	~10	
0,24	7,1	30	10,0	2,7	1100	700	78	38	8	15	290	120	
0,22	7,0	40	10,0	2,3	1040	620	37	30	4	13	~14	6	
0,22	7,1	50	10,0	2,3	890	380	16	29	<3	12	7	2	
0,25	7,0	40	8,8	1,8	790	300	63	25	<3	10	4	8	
0,27	7,1	50	8,4	1,0	710	280	48	27	<3	15	18	28	
0,26	7,1	40	8,1	1,2	620	210	49	27	4	13	~8	15	

Ni	Pb	Cr	Cd	PCB	As	Ca	AOX	TOC	Mg	K	SiO2	Na	Se
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l
<2	<1	<2	<0,1	<0,5	<1	7,0	14,0	8,3	2,2	1,8	<10	5,7	<10
<2	<1	<2	<0,1	<0,5	<1	7,2	21,0	7,7	2,4	1,9	<10	5,5	<10
<2	<1	<2	<0,1	<0,5	<1	7,3	15,0	8,8	2,4	2	<10	5,5	<10
<2	<1	<2	<0,1	<0,5	<1	7,3	15,0	8,9	2,4	2,2	<10	6,0	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,4	12,0	9,2	2,2	1,7	<10	5,5	<10
<2	<1	<2	<0,1	<0,5	<1	6,7	17,0	9,0	2,3	1,7	<10	5,6	<2
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,4	18,0	9,4	2,2	1,7	<10	5,4	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,5	25,0	8,9	2,2	1,9	<10	5,0	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,3	41,0	7,8	2,1	1,7	<10	4,7	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,2	24,0	8,3	2,0	1,6	<10	4,7	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,1	16,0	7,6	2,0	1,7	<10	4,9	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,00	<1	6,7	15,0	7,0	2,1	1,8	<10	5,3	<10
<2	<1	<2	<0,1	<1,0	<1	P	14	P	2,1	1,8	P	5,2	P

