



HELSINGIN KAUPUNGIN

YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA

Metyyli-t-butyylieetteri (MTBE) Helsingin vesissä

Terhi Piilo ja Antti Salla

Helsinki 2000



SISÄLTÖ

	sivu
TIIVISTELMÄ	
1. JOHDANTO	1
1.1. Tausta	1
1.2. Tutkimuksen tavoite	
2. MTBE:N OMINAISUUDET	1
2.1. Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet	1
2.2. Kulkeutuminen	2
2.3. Terveysvaikutukset	2
3. MTBE HELSINGIN HUOLTAMOTONTTIEN POHJAVESISISSÄ	3
4. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	3
4.1. Tutkimuskohteet	3
4.1.1. Merivesi	3
4.1.2. Pintavesi	4
4.1.3. Pohjavesi	5
4.1.4. Vesijohtovesi	5
4.1.5. Jätevesi	6
4.2. Näytteenotto	6
4.2.1. Merivesi	6
4.2.2. Pintavesi	7
4.2.3. Pohjavesi	8
4.2.4. Vesijohtovesi	8
4.2.5. Jätevesi	8
4.3. Analysointi	8
5. TULOKSET	9
5.1. Merivesi	9
5.2. Pintavesi	10
5.3. Pohjavesi	11
5.4. Vesijohtovesi	11
5.5. Jätevesi	
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	11
6.1. Merivesi	11
6.2. Pintavesi	12
6.3. Pohjavesi	12
6.4. Vesijohtovesi	13
6.5. Jätevesi	13
6.6. Loppupäätelmä	13
LÄHTEET	14
LIITE	
Näytepistekartta	

TIIVISTELMÄ

Metyyli-t-butyylieetteriä (MTBE) on käytetty bensiinin lisäaineena vuodesta 1981 lähtien. MTBE toimii bensiinissä oksygenaattina eli hapen määrän lisääjänä ja lisäksi se korottaa bensiinin oktaanilukua. Oksygenaatit vähentävät polttoaineen palaessa syntyviä hiilivety päästöjä. MTBE:n käyttöönoton tarkoituksena olikin parantaa ilmanlaatua, mutta seurauksena oli myös vakava uhka luonnon vesille.

Koska MTBE on erittäin vesiliukoinen neste, se ei juurikaan sitoudu maaperään, vaan kulkeutuu helposti pohja- ja pintavesiin, joissa se leviää nopeasti ja voi lyhyessä ajassa saastuttaa suuria vesimääriä. Moottoriveneistä ja niiden polttoaineen jakeluasemilta voi MTBE:tä päästä suoraan mereen. MTBE ei kerry elimistöön mutta sillä on monenlaisia terveys- ja ympäristövaikutuksia, joita kaikkia ei vielä tunneta.

Tässä työssä selvitettiin MTBE:n pitoisuuksia Helsingin venesatamien merivesissä, pintavesissä, pohjavesissä sekä jätevedessä ja käyttövedessä. Merivedestä otettiin 17 näytettä, pohjavesistä kymmenen, pintavesistä viisi, puhdistamattomasta ja puhdistetusta käyttövedestä molemmista kaksi ja puhdistamattomasta jätevedestä yksi näyte.

MTBE-pitoisuus oli merivesissä suurin, keskimäärin 2,6 µg/l (suurin arvo 6,12 µg/l) ja pintavesissä keskiarvo oli 0,40 µg/l. Pohjavesien pitoisuudet olivat paikoin alle määrittämissä rajan ja keskiarvo oli 0,26 µg/l. Jätevedessä MTBE:tä oli keskimäärin 0,55 µg/l ja käyttövedessä sitä ei käytetyllä menetelmällä havaittu lainkaan. USA:ssa MTBE:lle on ehdotettu luonnonvesien ohjearvoksi 20 µg/l.

MTBE:tä todettiin Helsingin kaikentyyppisissä luonnonvesissä ja puhdistamattomassa jätevedessä. Pitoisuudet olivat pieniä, mutta todennäköisesti ne tulevat kasvamaan autokannan kasvaessa, jos MTBE:n käyttö jatkuu.

1. Johdanto

1.1. Tausta

Metyyli-tertiääri-butyylieetteriä (MTBE) on käytetty bensiinin lisäaineena vuodesta 1981 lähtien. MTBE toimii bensiinissä oksygenaattina eli hapen määrän lisääjänä ja lisäksi se korottaa bensiinin oktaanilukua. Oksygenaatit vähentävät polttoaineen paluessa syntyviä hiilivety päästöjä. MTBE:n käyttöönoton tarkoituksena olikin parantaa ilmanlaatua, mutta seurauksena oli myös vakava uhka luonnon vesille. Suomessa ei ole asetettu ohjearvoja MTBE:n enimmäispitoisuuksille vedessä. Tässä tutkimuksessa saatuja pitoisuuksia on verrattu Yhdysvalloissa ehdotettuun ohjearvoon (Health Advisory level) 20 µg/l. Maaperän kunnostustavoitteena on yleensä ollut pitoisuus 5 mg/kg. (1 ja 8.) MTBE:tä on havaittu USA:ssa kaikissa luonnon vesissä, myös sadevedessä (3, 4, 5 ja 8).

MTBE on yleisin bensiini oksygenaatti. Sen lisäksi on oksygenaattina käytetty etanolia, metanolia, etyyli-tertiääri-butyylieetteriä (ETBE), tertiääri-butyyli-alkoholia (TBA), tertiääri-amyli-metyyli-eetteriä (TAME) sekä di-isopropyyli-eetteriä (DIPE) (2).

1.2. Tutkimuksen tavoite

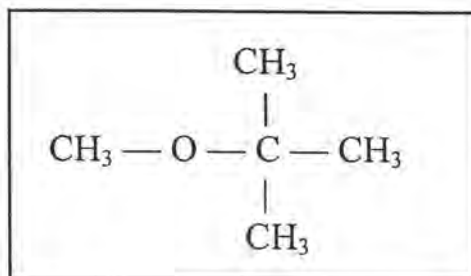
Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää MTBE-pitoisuus Helsingin luonnonvesissä sekä talous- ja jätevedessä. Luonnonvesinäytteitä otettiin merestä, puroista, joesta ja pohjavedestä. Näytteenotto suunniteltiin niin, että saadaan mahdollisimman kattava kuva Helsingin alueen luonnonvesien MTBE-pitoisuuksista. Vedenpuhdistuslaitoksilta otettiin talousvesinäytteet tarkoituksena saada vahvistus oletukselle, että talousvesi ei sisällä MTBE:tä. Luonnonvesien ja talousveden lisäksi otettiin näyte myös puhdistamattomasta jätevedestä tarkoituksena selvittää tuleeko sekaviemäroidyiltä alueilta ja huoltoasemien öljynerotuskajojen yli havaittava määrä MTBE:tä.

Osasta näytteistä analysoitiin myös tertiääri-amyli-metyyli-eetterin (TAME) pitoisuudet ja pohjavesinäytteistä myös muiden VOC-yhdisteiden pitoisuuksia.

2. MTBE:n ominaisuudet

2.1. Fysikaalis-kemialliset ominaisuudet

MTBE on erittäin helposti haihtuva, väritön, tulenarka neste, jossa on voimakas haju (1). Sitä ei esiinny luonnossa. Kuvassa 1 on esitetty MTBE:n kemiallinen rakenne ja taulukossa 1 on lueteltu sen kemiallis-fysikaalisia ominaisuuksia.



Kuva 1. Metyyli-tertiääri-butyyli-eetterin rakenne (1 ja 6)

Taulukko 1. MTBE:n kemiallis-fysikaalisia ominaisuuksia (1 ja 6)

CAS No:	1634-04-4
EINECS NO:	2166531
Kaava:	C ₅ H ₁₂ O
Synonyymit:	2-metoksi-2-metyylipropaani, MTBE, metyyli-t-butyylieetteri, metyyli-tertiääri-butyylieetteri
Molekyylipaino:	88,15
Tiheys:	0,741
Liukoisuus veteen	48 000 mg/l (20 °C)
Sulamispiste:	-109 °C
Kiehumispiste:	55,2 °C
Leimahduspiste:	-28 °C
Höyrynpaine:	245 mmHg (25 °C)

2.2. Kulkeutuminen

Koska MTBE on erittäin vesiliukoinen neste, se ei juurikaan sitoudu maaperään, vaan kulkeutuu helposti pohjaveteen ja etenee veden mukana erittäin nopeasti. MTBE liukenee veteen paremmin kuin BTEX-yhdisteet (bentseeni, tolueeni, etyyli-bentseeni, ksyleeni). Maahan jouduttuaan bensiinin eri komponentit eroavat ajan kuluessa toisistaan veden mukana liikkueensa. Lopulta MTBE on saastuneen alueen etureunassa. Äärimmäisessä tapauksessa pitkän ajan kuluttua, jos saastumisen lähde on poistunut, MTBE on täysin erottunut bensiinin muista komponenteista. MTBE:n kulkeutuminen pohjavesivyöhykkeessä on konservatiivista; se liikkuu lähes samalla nopeudella kuin pohjavesi. (1, 4 ja 8.)

2.3. Terveysvaikutukset

Ihmisten ja eläinten elimistöön MTBE imeytyy lähinnä hengitysteitse, mutta jonkin verran myös ihon läpi. Elimistössä se kulkeutuu lähinnä aivo- ja rasvakudokseen. Sen

aineenvaihduntatuote on t-butanoli, jonka on kokeellisesti osoitettu muuttuvan edelleen formaldehydiksi ja asetoniksi (1). MTBE ei kerry elimistöön, vaan hajoaa ja poistuu. Kokeellisesti MTBE ja sen aineenvaihduntatuotteet poistuvat elimistöstä lähinnä uloshengityksen kautta ja vähäisinä määrinä myös virtsan ja ulosteen mukana. (1, 6, 7 ja 8.)

Rottakokeissa on havaittu ärsytysoireita, verentungosta ja paikallisia tulehduksia nenän limakalvoilla ja hengitysteissä sekä lievää huumaavaa vaikutusta. MTBE:n on todettu eläinkokeissa lisäävän kasvaimia. (1, 6, 7 ja 8.)

Ihmisten oireista ei ole olemassa kattavaa aineistoa. Yksittäisiä havaintoja ja subjektiivisia tuntemuksia oireista on selitetty sillä, että osa ihmisistä kokee MTBE:n hajun erittäin epämiellyttävänä. Hajukynnys vedessä on 15 µg/l ja makuhaittaa syntyy, jos pitoisuus on yli 40 µg/l. Hajukynnys ilmassa on noin 2 mg/m³. MTBE-altistuksen ihmisille aiheuttamia akuutteja oireita ovat iho-oireet, päänsärky, pahoinvointi sekä silmä-ärsytys. Nykyisten arvioiden mukaan aine ei ole karsinogeeninen. (1, 6, 7 ja 8.)

3. MTBE Helsingin huoltoasematonttien pohjavesissä

Huoltoasemien maaperätutkimuksissa on vesinäytteiden MTBE-pitoisuuksia määritetty vaihtelevasti. Vuosina 1999 ja 2000 Helsingissä tehtiin 21:n huoltoasema-alueen tutkimuksissa 89 pohjaveden MTBE-analyysiä. Pitoisuudet vaihtelivat välillä <0,01 - 170 000 µg/l ja keskiarvo oli 7 468 µg/l. (9.)

73:sta vesinäytteitä määritettiin myös TAME:n pitoisuus, joka vaihteli välillä 0,01 - 334 000 µg/l ja oli keskiarvoltaan 1665 µg/l. (9.)

4. Tutkimuksen toteutus

4.1. Tutkimuskohteet

4.1.1. Merivesi

Merivesinäytteitä otettiin kuudelta venesatama-alueelta: Kaivopuistonrannasta, Lauttasaaresta, Munkkiniemen rannalta, Laajasalon ja Herttoniemen väliseltä lahdelta, Puotilasta ja Kallahden rannasta sekä näiden lisäksi vertailukohtana Eteläsatamasta. Näytteenottopisteiden valinnassa otettiin huomioon venesatamien liikennemäärä sekä sijainti avomeren suhteen. Haluttiin tutkia sekä hiljaisten että vilkkaiden venesatamien meriveden pitoisuudet. Lisäksi haluttiin selvittää miten suojaisan poukaman ja laajan selän pitoisuudet eroavat toisistaan. Merinäytepisteitä oli 17 ja ne on esitetty taulukossa 2 sekä liitekartassa tunnuksilla MV1 ... MV17.

Taulukko 2. Merivesinäytteiden ottopaikat

Näyte	Sijainti	Koordinaatit	
		x	y
MV1. Eteläsatama	Vironallas	17960	50250
MV2. Merisatama	Sirpalesalmen koillisranta	16650	49860
MV3. Merisatama	Meritorin länsipuoli	16750	50000
MV4. Liuskaluoto	Saaren koillisranta	16380	49920
MV5. Liuskaluoto	Saaren luoteispää	16440	49840
MV6. Herttoniemi	Laivalahti, Reginankujan pää	20340	54400
MV7. Herttoniemi	Laivalahti, Simppukarinkuja	20090	54365
MV8. Yliskylänlahti	Lahden kaakkoisranta	19590	55370
MV9. Pyysaari	Saaren pohjoispää, jakeluasema	19555	54100
MV10. Pyysaari	Saaren koillisranta	19535	54170
MV11. Pikku-Kallahti	Kalkkihiekantien pää	21720	60600
MV12. Herttoniemi	Killingholmanpuujan pää	20110	54825
MV13. Maarlahti	Jakeluaseman länsipuoli	22575	58660
MV14. Ramsaynranta	Saunalahden pohj.ranta, laiturit	20860	55260
MV15. Ramsaynranta	Riihitien päästä itään	21150	55440
MV16. Lauttasaari	Veneentekijänt. I:n koillispuoli	16130	46735
MV17. Lauttasaari	Vattunokankarin lounaisranta	16230	46825

4.1.2. Pintavesi

Purovesinäytteet otettiin Mätäjoesta ja Longinojasta, joista otettiin näyte sekä yläjuoksulta että alajuoksulta. Mätäjoessa on useaan otteeseen havaittu öljykalvo ja vuonna 1998 siinä todettiin öljyä, joka muistutti vanhaa jäteöljyä. Longinojan kohdalla ei ole kirjattuja öljyhavaintoja. Purojen sijainnit edustavat kumpaakin Vantaanjoen jakamaa puoliskoa Helsingistä. Longinoja laskee Vantaanjokeen ja Mätäjoki laskee Laajalahteen. Jokivesinäyte otettiin Vantaanjoen alajuoksulta Viikinmäen kohdalta.

Pintavesien näytepisteet on lueteltu taulukossa 3 ja esitetty liitekartassa tunnuksilla PuV1 ... PuV4 (purovesinäytteet) ja JoV (jokivesinäyte).

Taulukko 3. Pintavesinäytteiden ottopaikat

Näyte	Sijainti	Koordinaatit	
		x	y
PuV1. Mätäjoki	Pitäjänmäki, Strömbergintie	24150	45270
PuV2. Mätäjoki	Kannelmäki, Kehä I:n varrelta, lähellä Vihdintien risteystä	25690	45220
PuV3. Longinoja	Malmi, Ruotutorpantien läheisyydessä	26600	53050
PuV4. Longinoja	Malmi, Malminkaaren varrelta, Ormuspelto	28070	54450
JoV. Vantaanjoki	Viikinmäki, ulkoilutien läheisyydessä.	24400	51890

4.1.3. Pohjavesi

Pohjavedestä otettiin yhteensä 9 näytettä. Näytteenottopisteet sijaitsivat laajasti koko Helsingin alueella. Näytteenottopaikat valittiin satunnaisesti yrittämättä tähdätä todennäköisesti saastuneisiin tai todennäköisesti puhtaisiin alueisiin. Näytteenottopaikkoja olivat Tattariharjun pohjavesialue (Näyte PV1), Vuosaaren pohjavesialue (Näyte PV2), Vuosaaren kaatopaikka (Näytteet PV3 ja PV4), Maununneva (Näytteet PV5 ja PV6), Tali (Näytteet PV7 ja PV8) sekä Rautatientori (Näytteet PV9 ja PV10). Ottopaikkojen sijainti on kuvattu taulukossa 4 ja esitetty kartalla liitteessä 1.

Taulukko 4. Pohjavesinäytteiden ottopaikat

Näyte	Sijainti	Koordinaatit	
		X	Y
PV1. Tattarisuo	Tattariharjun eteläpäässä, Lahden ja Porvoon moottoriteiden ramppien välissä	27390	56310
PV2. Vuosaari	Vuosaaren keskustassa, entisen Hautalan vedenottamon paikalla.	22514	60499
PV3. Vuosaari	Vuosaaren kaatopaikan eteläpuolella, putki G13II.	24260	61583
PV4. Vuosaari	Vuosaaren kaatopaikan pohjoispuolelle, putki G11.	25078	61456
PV5. Maununneva	Kaarelantien itäpuolella, puistoalueella.	26268	47291
PV6. Maununneva	Kaarelantien länsipuolella, metsäisellä mäellä.	26174	47429
PV7. Tali	Purotien päässä.	23509	45399
PV8. Tali	Taimistontien itäpuolella, kevyen liikenteen väylän ja Mätäjoen välissä.	23680	45265
PV9. Rautatientori	Rautatieaseman seinustalla, Rautatientorin luoteiskulmassa.	18631	49619
PV10. Rautatientori	Sama kuin edellinen.	18631	49619

4.1.4. Vesijohtovesi

Talousvedestä otettiin näytteitä vedenpuhdistuslaitoksilta. Sekä Pitkälän että Vanhankaupungin vedenpuhdistuslaitoksilta otettiin näytteet sekä tulevasta raakavedestä että jakeluun lähtevästä vedestä. Näytteenottopaikat on merkitty liitekarttaan 1 tunnuksilla TV1 ja TV2.

4.1.5. Jätevesi

Jätevesinäyte otettiin Viikinmäen vedenpuhdistamolle tulevasta jätevedestä. Näytteenottoaika on merkitty liitekarttaan tunnuksella JV.

4.2. Näytteenotto

4.2.1. Merivesi

Merivesinäytteet otettiin venesatamista 19.7. - 5.8. 1999 välisenä aikana. Näytteet ottivat Tuulia Toikka ja Kati Immonen. Näytteet otettiin 250 ml:n lasipulloihin. Pulot täytettiin piripintaan. Analysointi tehtiin 24 tunnin kuluessa näytteenotosta. Näytteenottoaikana oli kuivaa, joten pintavesien virtaama mereen oli pieni. Näytteenottoolosuhteet on kuvailtu tarkemmin taulukossa 5.

Taulukko 5. Meriveden näytteenotto-olosuhteet

Näyte	Näytteenotto-olosuhteet
MV1. Eteläsatama	Tuuli 1 m/s, aurinkoista, kohtuullisen vilkas liikenne
MV2. Merisatama	Tyyntä, aurinkoista, hiljainen veneliikenne, vedenpinnalla öljykalvo
MV3. Merisatama	Tuuli 1 m/s, aurinkoista, erit.hiljainen liikenne, vedenpinnalla selvästi havaittava öljykalvo
MV4. Liuskaluoto	Tuuli n. 2 m/s, aurinkoista, kirkasta vettä, ei liikennettä
MV5. Liuskaluoto	Tuuli 2 m/s ulapalta, aurinkoista, muutama vene tankkaamassa
MV6. Herttoniemi	Tuuli 3 m/s, aurinkoista, muutama vene liikkeellä
MV7. Herttoniemi	Tuuli 3 m/s, aurinkoista, vedessä roskaa ja ohut öljyvana
MV8. Yliskylänlahti	Tuuli 2 m/s, aurinkoista, ei liikennettä, vedessä kelluu maalihilsettä tai levää
MV9. Pyysaari	Tuuli 2 m/s, pilvistä, kohtalainen liikenne, huoltoasema suljettu
MV10. Pyysaari	Tuuli 2 m/s, pilvistä, puhtaan näköistä
MV11. Pikku-Kallahti	Tuuli 3 m/s, pilvistä, ei liikennettä, laiturissa pääosin purjeveneitä
MV12. Herttoniemi	Tuuli 3 m/s, pilvistä, hiljainen veneliikenne
MV13. Maarlahti	Tuuli 2 m/s, pilvistä, laiturissa paljon moottoriveneitä, liikenne hiljainen
MV14. Ramsaynranta	Tuuli n.5 m/s, yläpilveä, laiturissa paljon moottoriveneitä, ei liikennettä
MV15. Ramsaynranta	Tuuli n.3 m/s, yläpilveä, moottoriveneitä, ei liikennettä
MV16. Lauttasaari	Tuuli 2 m/s, utuista pilveä, ei liikennettä
MV17. Lauttasaari	Tuuli 2 m/s, pilvistä, ei liikennettä, selvä bensiinin haju, näyte tankkauslaiturilta

4.2.2. Pintavesi

Puronäytteet otettiin 7.10.1999. Näytteet ottivat Terhi Piilo ja Eija-Leena Ranta. Vesinäytteet otettiin virtaavasta vedestä 250 ml:n lasipulloon, mahdollisimman täyteen.

Taulukko 6. Pohjavesiputkien tietoja

Näyte	PV-putki	Vesipinnan taso	
		Ennen pumppaus- ta	Pumppauksen jälkeen
PV2. Vuosaari	5208/01P	+3.33	+3.33
PV3. Vuosaari	4618/06P	+0.47	+0.38
PV4. Vuosaari	4618/01P	+2.06	+1.34
PV5. Maununneva	5209/01P	+27.34	+26.57
PV6. Maununneva	5209/02P	+28.8	+28.8
PV7. Tali	5621/08P	+4.35	+4.35
PV8. Tali	5621/09P	+4.4	+4.4
PV9. Rautatientori	6126/ 116O	+0.43	+0.33
PV10. Rautatientori	6126/116P	-0.99	-1.00

Taulukko 7. Pohjavesinäytteistä tehdyt aistihavainnot

Näyte	Havainnot
PV1. Tattarisuo	Väritön, hajuton
PV2. Vuosaari	Väritön, hajuton
PV3. Vuosaari	Ruskehtava, hajuton
PV4. Vuosaari	Ruskehtava, hajuton
PV5. Maununneva	Kellertävä, hiutaleinen, voimakas rikin haju
PV6. Maununneva	Kellertävä, samea, lievä rikin haju
PV7. Tali	Sinertävän harmaa, samea, tunkkainen haju
PV8. Tali	Ruskehtava, hajuton
PV9. Rautatientori	Ruskehtava, hajuton
PV10. Rautatientori	Väritön, viemärin haju

Näytteenottopäivä oli sateinen, tosin kukin näytteenottohetki oli sateeton. Virtaus puroissa oli runsasta, koska pitkän kuivan kauden jälkeen oli parin viikon ajan sata-
nut runsaasti. Purojen virtaamaa todennäköisesti lisäsi se, että kuivunut maa ei pysty-
nyt ottamaan kerralla suurta määrää vettä, vaan vesi hakeutui pintauomiin.

Vantaanjoesta otettiin näyte 22.11.1999 joen ollessa jäässä. Näyte otettiin Viikinmäen
kohdalta jäähän tehdystä reiästä. Pakkasta oli muutama aste.

4.2.3. Pohjavesi

Näytteet otettiin 10.11 ja 1.12.1999 välisenä aikana. Ensimmäiset näytteen otti Terhi Piilo Tattarisuon vedenottamon kuilukaivosta. Apuna oli Helsingin Vedestä Heli Lindström, joka oli pumpannut etukäteen vettä pohjavedenottamosta kaksi tuntia. Näytteet otettiin letkun kautta 250 ml:n lasipulloon piri-pintaan ja se suljettiin tiiviisti. Näytteitä otettiin kaksi ja molemmat toimitettiin laboratorioon analysoitaviksi.

Seuraavat näytteet otettiin pohjavesiputkista (taulukko 6). Näytteenottajina olivat Terhi Piilo ja Eija-Leena Ranta. Kolme ensimmäistä näytettä otettiin 25.11.1999. Näytteenottimena käytettiin muovilettoa ja sen kärjessä muovista venttiiliä. Vettä pumpattiin kustakin putkesta noin 5 minuuttia ennen näytteen ottoa.

Pohjavedenpinnan korkeus mitattiin ennen ja jälkeen pumppauksen. Näytteet otettiin letkun kautta 250 ml:n lasipulloon piri-pintaan ja pullo suljettiin tiiviisti. Rinnakkaisnäytteitä ei analysoitu. Näytteenoton yhteydessä tehdyt aistihavainnot on esitetty taulukossa 7.

4.2.4. Vesijohtovesi

Ensimmäiset talousvesinäytteet vedenpuhdistuslaitoksilta otettiin 11.11.1999. Näytteet otti Terhi Piilo. Apuna näytteenottoaikojen näyttämässä oli puhdistuslaitosten laboratoriotyöntekijöitä. Näytteenottohetkellä vedenpuhdistuslaitoksilla oli epänormaali tilanne. Päijänne-tunneli oli ollut poissa käytöstä pari viikkoa. Vaikka Päijänne-tunneli olikin otettu käyttöön uudestaan jo 10.11., vesi kierrätettiin vielä Silvolan kautta, jotta remontissa mahdollisesti Päijänne-tunnelin veteen joutunut kalkki laimenisi. Silvolaan otettiin myös Vantaanjoen vettä, jonka osuus laitokselle tulevasta vedestä oli noin 40 %. Normaalitilanteen näytteet otettiin 8.12.1999.

4.2.5. Jätevesi

Jätevesinäyte otettiin Viikin jätevedenpuhdistamolle tulevasta vedestä 19. - 20.10. välisenä yönä jatkuvana näytteenä astiaan, josta otettiin litran suuruinen näyte lasipulloon aamulla 20.10. ja toimitettiin ympäristölaboratorioon. Lasipullo täytettiin piri-pintaan ja suljettiin tiiviisti.

4.3. Analysointi

Analyysit tehtiin Helsingin kaupungin ympäristölaboratoriossa. Näytteistä analysoitiin MTBE-pitoisuus ja lisäksi yhteensä 25 eri haihtuvaa orgaanista yhdistettä. Analyysi tehtiin purge-and-trap -menetelmällä, jossa näytettä kuplitetaan heliumilla ja kerätään haihtuvat yhdisteet Tenax- adsorbenttiin. Yhdisteet tunnistettiin kaasukromatografi-massaspektrometrillä. Helsingin kaupungin ympäristölaboratorion ilmoittama määrittäysraja MTBE:lle on 0,13 µg/l. Taulukossa 8 on esitetty myös muiden VOC:ien määrittäysrajat. Käytetyn menetelmän mittausepävarmuutta ei ole laskettu, mutta laboratorio arvioi, että se on luokkaa noin 20 %. Näytteet analysoitiin 24 tunnin sisällä näytteenotosta.

Taulukko 8. Haihtuvien yhdisteiden (VOC) määrittämissrajat

Yhdiste	LOQ($\mu\text{g/l}$)	Yhdiste	LOQ($\mu\text{g/l}$)
1,2-dikloorieteeni	0,4	etyyliibentseeni	0,1
kloroformi	0,2	1,4-ksyleeni	0,1
1,1-trikloorietaani	0,7	bromoformi	0,2
1,2-trikloorietaani	0,6	styreeni	0,2
tetrakloorimetaani	0,5	1,2-ksyleeni	0,2
bentseeni	0,1	nonaani	1,7
trikloorieteeni	0,2	1,3,5-trimetyyliibentseeni	0,1
heptaani	1,2	dekaani	1,4
tolueeni	0,1	1,4-diklooribentseeni	0,1
dibromikloorimetaani	0,3	1,2,4-triklooribentseeni	0,1
oktaani	1,3	MTBE	0,13
tetrakloorieteeni	0,1	TAME	0,07
klooribentseeni	0,1		

5. Tulokset

5.1. Merivesi

Venesatamista otetut merivesinäytteet sisälsivät pieniä määriä MTBE:tä. Keskimääräinen pitoisuus oli noin 2,6 $\mu\text{g/l}$ ja suurin pitoisuus 6,12 $\mu\text{g/l}$ oli Puotilan venesatamassa. Muita VOC:eja ei havaittu. MTBE-pitoisuudetkin jäivät selvästi USA:ssa ehdotetun epävirallisen ohjearvon 20 $\mu\text{g/l}$ alle. Tulokset on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Merivesinäytteiden MTBE-pitoisuudet

Näyte	MTBE -pit. ($\mu\text{g/l}$)	Näyte	MTBE -pit. ($\mu\text{g/l}$)
MV1. Eteläsatama	0,61	10. Pyysaari	0,9
MV2. Merisatama	5,8	11. Pikku Kallahti	0,39
MV3. Merisatama	6,13	12. Herttoniemi	1,33
MV4. Liuskaluoto	4,11	13. Maarlahti	6,12
MV5. Liuskaluoto	4,22	14. Ramsaynranta	4,93
MV6. Herttoniemi	0,67	15. Ramsaynranta	2,89
MV7. Herttoniemi	2,84	16. Lauttasaari	1,46
MV8. Yliskylänlahti	0,88	17. Lauttasaari	1,18
MV9. Pyysaari	0,92	KESKIARVO	2,662

5.2. Pintavesi

Puroveden MTBE-pitoisuudet olivat hyvin pieniä, mutta havaittavia. Keskiarvo oli 0,40 µg/l ja suurin arvo 0,62 µg/l. MTBE:tä saattoi näytteenottohetkellä olla normaalia enemmän, sillä sitä oli edeltänyt ensin pitkä kuiva kesä ja runsaan viikon runsasateinen kausi. Sadevesi huuhtelee esim. pysäköintialueita ja niiltä vesi joutuu sadevesiviemäriin, joista useat laskevat puroihin. Myös osasta vanhoja huoltoasemia pintavedet kulkeutuvat sadevesiviemäriverkkoon. Kuivan kauden aikana pysäköintialueilla ja vastaavilla asfalttipinnoille on voinut kerääntyä MTBE:tä, joka sateen tullessa huuhtoutuu sadeveden mukana. Näin voi ensimmäisten sateiden jälkeen purovedessä olla tavallista suurempia MTBE-määriä. Tulokset on esitetty taulukossa 10.

Vantaanjoen MTBE-pitoisuus oli erittäin pieni, noin 0,193 µg/l, mikä on jo lähellä määritysrajaa, 0,1 µg/l (taulukko 10).

Taulukko 10. Pintavesinäytteiden MTBE- ja TAME-pitoisuudet

Näyte	Pitoisuus	
	MTBE µg/l	TAME µg/l
PuV1. Mätäjoki	0,43	0,24
PuV2. Mätäjoki	0,41	0,24
PuV3. Longinoja	0,34	0,12
PuV4. Longinoja	0,62	0,16
JoV. Vantaanjoki	0,193	0,057
KESKIARVO	0,40	0,16

5.3. Pohjavesi

Pohjavesinäytteissä oli MTBE:tä keskimäärin 0,26 µg/l ja enimmillään 0,72 µg/l. Pohjavesien MTBE-pitoisuudet on esitetty taulukossa 11. Taulukossa on myös maininta muista mahdollisesti havaituista VOC-pitoisuuksista. Talin näyte PV7 osoittaa selvää pohjaveden likaantumista klooratuilla liuottimilla ja asia on selvitettävä tarkemmin.

5.4. Vesijohtovesi

Ensimmäisissä, 1.11.1999, vedenpuhdistuslaitoksilta otetuissa näytteissä kaikkien VOC:ien pitoisuudet olivat alle määritysrajan, lukuunottamatta Pitkäkosken raakavedessä olevaa kloroformipitoisuutta 0,24 µg/l. MTBE:tä ei ollut kummankaan laitoksen raaka- eikä puhdasvedessä. Seuraavissa 8.12.1999 otetuissa normaaliolojen näytteissä ei havaittu raaka- tai puhdasvedessä MTBE:tä eikä muita VOC-yhdisteitä.

Taulukko 11. Pohjavesinäytteiden MTBE-, TAME- ja VOC-pitoisuudet

Näyte	MTBE µg/l	TAME µg/l	Muut VOC'it µg/l
PV1a Tattarisuo	0,670	ei tod.	ei tod.
PV1b Tattarisuo 2	0,717	ei tod.	ei tod.
PV2 Vuosaari	0,34	ei tod.	kloroformi 0,30; tetrakloorieteeni 0,34
PV3 Vuosaari	0,53	ei tod.	kloroformi 0,34; bentseeni 1,11; 1,4-ksyleeni 0,77
PV4 Vuosaari	ei tod.	ei tod.	kloroformi 0,28
PV5 Maununneva	ei tod.	ei tod.	kloroformi 1,07; 1,4-ksyleeni 0,45; 1,2-ksyleeni 0,28
PV6 Maununneva	ei tod.	ei tod.	kloroformi 0,22
PV7 Tali	0,355	ei tod.	1,2-dikloorieteeni 318,00; 1,2-dikloorietaani 0,41; bentseeni 0,43; trikloorieteeni 315,00; tetrakloorieteeni 92,00
PV8 Tali	ei tod.	ei tod.	1,2-dikloorieteeni 0,56; trikloorieteeni 2,05; 1,2-ksyleeni 0,21
PV9 Rautatientori	ei tod.	ei tod.	trikloorieteeni 1,80; 1,2-ksyleeni 0,21
PV10 Rautatientori	ei tod.	ei tod.	kloroformi 0,36; trikloorieteeni 0,45; alfa-pineeni 0,14
KESKIARVO	0,26		

5.5. Jätevesi

Jätevesinäytteessä oli MTBE:tä 0,91 µg/l ja TAME:n pitoisuus oli 0,19 µg/l.

6. Johtopäätökset

6.1. Merivesi

Merivedessä oli havaittavia pitoisuuksia MTBE:tä. Keskiarvo oli 2,6 µg/l eli noin 13 % ohjearvosta 20 µg/l. Suurimmat pitoisuudet olivat niissä satamissa, jotka olivat suojaisimmassa paikassa ja joissa oli paljon liikennettä. Venesatamien merkittävin MTBE:n lähde on bensiinikäyttöiset veneet. Suuri lähde saattaa olla myös vesijettien moottorit, joista voi joutua bensiiniä palamattomana veteen jopa kymmeniä prosentteja (10). Eteläsatamassa MTBE-pitoisuus oli pienempi kuin venesatamissa, koska autolautat ja muut laivat käyttävät polttoaineena dieselöljyä.

6.2. Pintavesi

Pintavesien MTBE-pitoisuudet olivat hyvin pieniä, keskimäärin 0,40 µg/l eli noin 2 % ohjearvosta. Näytteenottoaikkajien vesiin MTBE:tä on todennäköisesti kulkeutunut liikennealueilta oja ja muita uomia pitkin. Näytteenottohetkellä virtaus oli voimakas ja pitkän kuivan ajan jälkeen rankkasateet olivat huuhtoneet maata ja päällystettyjä pintoja. Näin ollen MTBE-pitoisuus saattoi olla jopa korkeampi kuin normaalisti, sillä pitkän ajan kuluessa esim. asfaltin pinnalle kertynyt MTBE oli kulkeutunut puroihin. Toisaalta vesimäärä oli suuri, mikä taas puolestaan laimentaa MTBE-pitoisuutta. Ulkomaisten tutkimusten mukaan kaupunkialueilla on myös sadevedessä MTBE:tä, joten helsinkiläisessä pintavedessäkin saattaa olla sadeveden mukana kulkeutunutta MTBE:tä.

Vantaanjoen MTBE-pitoisuus oli hyvin pieni. Suuri osa Vantaanjoen vedestä tulee alueelta, jossa liikenne on vähäisempää kuin Helsingissä.

6.3. Pohjavesi

Pohjavesien MTBE-pitoisuuksien keskiarvo oli 0,26 µg/l.

Tattarisuon pohjavedenottamon MTBE-pitoisuus oli korkeampi kuin pintavesissä (ja muissa pohjavesissä). Pitoisuus oli 0,670 ja 0,717 µg/l eli noin neljä prosenttia ohjearvosta. Tattarisuon pohjavedenotto sijaitsee kahden erittäin vilkkaan moottoritien rampin välissä, mikä lienee syynä korkeampaan arvoon.

Vuosaaren keskustassa sijaitseva pohjavesiputki edustaa Vuosaaren luokkaan I kuuluvan pohjavesialueen vettä. Se sijaitsee likimain samalla paikalla kuin Hautalan vedenotto sijaitsee. Nykyään alue on vilkkaasti liikennöity, pohjavesiputki on aivan Vuotien vieressä. Vedestä löytyvä MTBE-pitoisuus (0,34 µg/l) on noin 2 % ohjearvosta. MTBE lienee peräisin liikenteestä, eikä kyseessä ole huoltoaseman tms. aiheuttama saastuminen.

Vuosaaren kaatopaikan eteläpuolisesta putkesta G13II (PV3) otettu näyte edustaa jätetäytön alla virtaavaa varsinaista pohjavettä, jolla on havaittu olevan yhteys kaatopaikan suotovesiin. MTBE-pitoisuus oli 0,53 µg/l eli noin 3% ohjearvosta. Kaatopaikan pohjoispuolisesta putkesta G11 (PV4) otettu näyte kuvastaa lähinnä puhtaiden maiden läjitysalueen suotovesien vaikutusta (11). Tästä putkesta otetusta näytteestä ei todettu MTBE:tä.

Maununnevan pohjavesiputket sijaitsevat lähellä Hämeenlinnanväylää, mutta lähiympäristö oli kuitenkin lähinnä metsäistä ja puistomaista. MTBE:tä ei ollut käytetyllä analyysimenetelmällä havaittavaa määrää. Pohjavesiputkien kohdalla on savi-turve-täyttö -alue, joka viittaa huonoon vedenjohtavuuteen. Tämä saattaa olla syynä siihen, ettei MTBE:tä ole kulkeutunut pohjaveteen asti.

Talissa oli toisessa näytteessä (PV7) pieni (0,355 µg/l) pitoisuus MTBE:tä, jo toisessa näytteessä (PV8) sitä ei todettu lainkaan. Putki PV7 on aivan savialueen reunalla ja PV8 on savialueen päällä ja pohjavesi on suojassa saven alla. PV8 on myös kauempana liikenteestä.

Rautatien näytteissä ei kummassakaan havaittu MTBE:tä. Keskusta-alue on lähes kauttaaltaan päällystetty ja pohjavettä muodostuu ainoastaan ydinkeskustan puistoalueilla.

6.4. Vesijohtovesi

MTBE:tä ei käytetyllä menetelmällä todettu puhdistamojen raakavedessä eikä puhdistetussa käyttövedessä.

6.5. Jätevesi

Jätevedessä oli MTBE:tä 0,91 µg/l eli noin 5 % ohjearvosta. MTBE on todennäköisesti lähtöisin huoltoasemien öljynerotuskaivoista, jotka eivät pysty pidättämään MTBE:tä. Osa lienee peräisin sekaviemäröidyiltä alueilta, joilta myös sadevedet ohjataan jätevesiviemäriin.

6.6. Loppupäätelmä

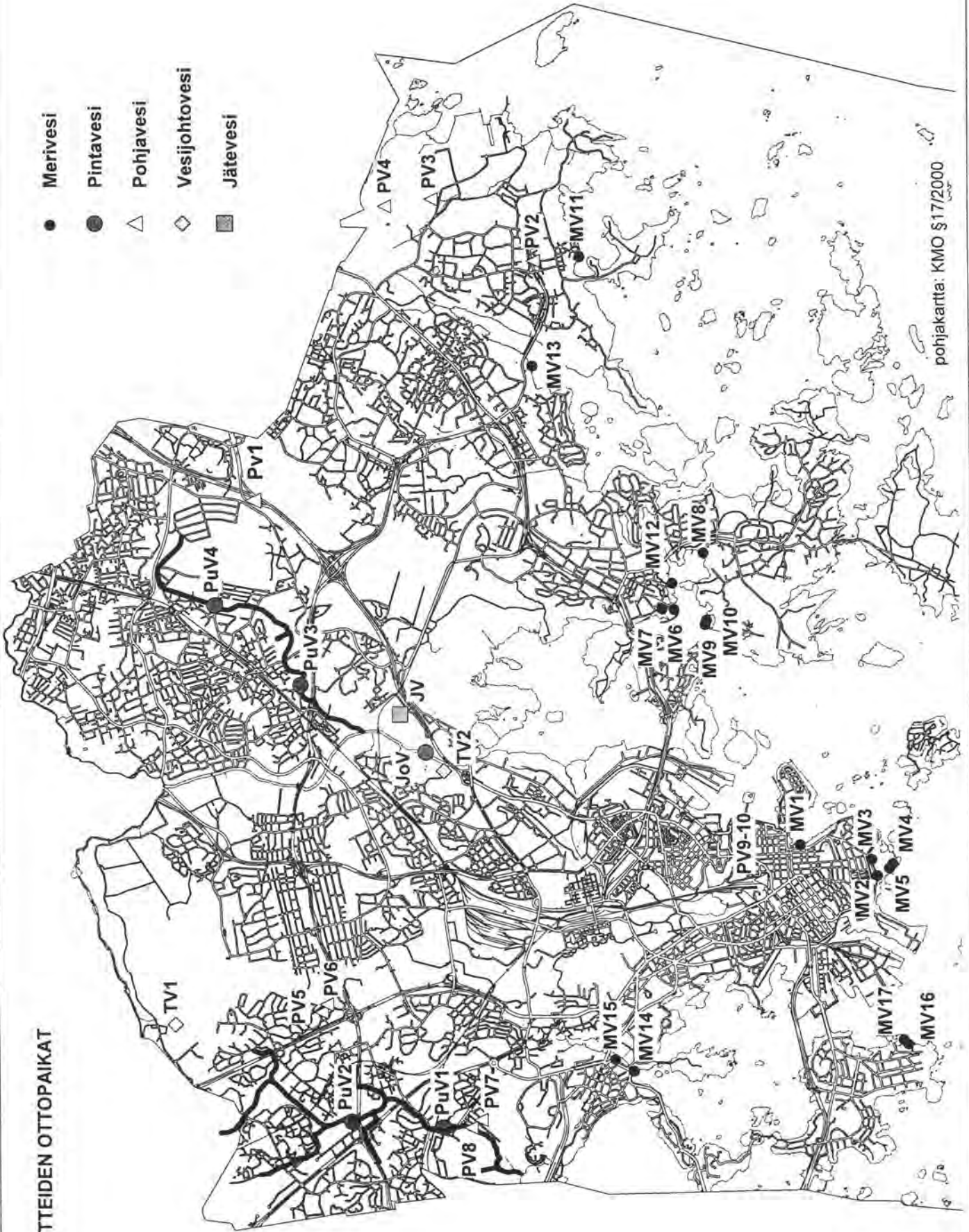
Kaikki mitatut pitoisuudet olivat niin pieniä, ettei niistä katsota aiheutuvan terveys- tai ympäristöriskiä. Pitoisuudet olivat kaikki alle USA:n epävirallisen ohjearvon 20 µg/l. Autokannan kasvun seurauksena MTBE-päästöjen voidaan ennustaa lisääntyvän ja sen pitoisuuksia vesissä tulisi seurata ellei sitä korvata muilla aineilla.

LÄHTEET

1. Suomen ympäristökeskus ja Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus 2000: MTBE Draft Risk Assessment, asetuksen EY 793/93 mukainen olemassa olevien aineiden riskinarviointi (luonnos 12.5.2000), Helsinki 2000.
2. Langenhof A., van Teunenbroek T., Effenberger M., Schirmer M. 2000: The Occurrence of MTBE in Groundwater in Europe. In: Contaminated Soil, Proceedings of the Seventh International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil 2000, Leipzig, Germany. MPG Books, Great Britain 2000.
3. [Http://sd.water.usgs.gov/nawqa/vocns/mtbe/](http://sd.water.usgs.gov/nawqa/vocns/mtbe/)
4. [Http://wwwsd.cr.usgs.gov/nawqa/pubs/ofr95.456/ofr.html](http://wwwsd.cr.usgs.gov/nawqa/pubs/ofr95.456/ofr.html)
5. [Http://wwwsd.cr.gov/nawqa/pubs/wrir96.4145/wrir.doc.html](http://wwwsd.cr.gov/nawqa/pubs/wrir96.4145/wrir.doc.html)
6. [Http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/mtbe/mtbe.html](http://scifun.chem.wisc.edu/chemweek/mtbe/mtbe.html)
7. [Http://www.epa.gov/envirofw/html/emci/chemref/1634044.html](http://www.epa.gov/envirofw/html/emci/chemref/1634044.html)
8. [Http://water.wr.usgs.gov/mtbe/fs20396/](http://water.wr.usgs.gov/mtbe/fs20396/)
9. Ranta Eija-Leena 2000: Henkilökohtainen tiedonanto, Helsingin kaupungin ympäristökeskus.
10. Pekka Kaakinen 1999, Suomen Luonto 12/99 s.44. Forssa 1999.
11. Vesihydro Oy 1998: Pinta- ja pohjavesien virtaus- ja likaantumisselvitys Vuosaarella. Helsingin kaupunki, Helsingin Energia. Helsinki 1998.

VESINÄYTYTTEIDEN OTTOPAIKAT

- Merivesi
- Pintavesi
- △ Pohjavesi
- ◇ Vesijohtovesi
- Jätevesi



HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 1999

1. **Helsingin kaupungin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelma 1994 - 1998. Seurantaraportti 1998.** Camilla v. Bonsdorff, Pirkko Pulkkinen, Rauno Tolonen, Mona Arnold, Hannu Arovaara, Eeva Pitkänen, Markku Viinikka, Ilkka Viitasalo, Seija Malinen, Kaisa Pajanen, Kari Silfverberg ja Sari Kettunen
2. **Helsingin seudun merialueen tarkkailu automaattisin ja perinteisin menetelmin vuonna 1998.** Katja Pellikka ja Hilka Viljamaa
3. **Toimintasuunnitelma akuuttien katupölyhaittojen torjumiseksi.** Rauno Tolonen, Timo Paavilainen ja Mona Arnold
4. **Vuoden 1999 tutkimusohjelma.** Irene Rissanen (toim.)
5. **Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1998.** Lauri Pesonen (toim.)
6. **Grillaukseen käytettävien makkaroiden koostumus ja laatu.** Ingrid Aminoff, Antti Pönkä, Aimo Kuhmonen, Pirjo Tikkanen ja Seppo Ahonen
7. **Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuohjeet.** Irene Rissanen
8. **Opas ympäristötilinpäätöksestä hallintokunnille.** Janne Rönkkö
9. **Boreaaliset metsäluhdat ja puustoiset suot Mustavuoren - Porvarinlahden - Labbackan - Kasabergetin alueella.** Lausunto. Arto Kurtto ja Leena Helynranta
10. **Pakattujen mehujen A-, C- ja E-vitamiinipitoisuudet.** Timo Vartiala ja Pirjo Tikkanen

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 2000

1. **Operational Plan for the Prevention of Acute Street Dust Problems. (Translation of Paper 3/99).** Rauno Tolonen, Timo Paavilainen and Mona Arnold
2. **Östersundomin lintulahtien kasvillisuuskartoitus.** Jarmo Honkanen
3. **Östersundomin lintulahtien kasvillisuuskartoitus. Pysyvät seuranta-alat.** Jarmo Honkanen
4. **Vuoden 2000 tutkimusohjelma.** Irene Rissanen (toim.)
5. **Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1999.** Lauri Pesonen (toim.)
- 6.
7. **Luonnonsuojelulain suojellut luontotyypit Helsingissä.** Tuija Ahonen ja Kati Markkanen
8. **Torjunta-ainejäämien tutkimukset ympäristölaboratoriossa vuosina 1992-1999.** Pirjo Tikkanen
9. **Bengtsårin niittykasvillisuuden seuranta 1989-2000 sekä villiintyneen puutarhan kasvilajisto kesällä 2000.** Laura Hiltunen
10. **Alg@line -projektin interkalibrointien tulokset vuonna 2000.** Yhteenveto. Katja Pellikka
11. **Metyyli-t-butyylietteri (MTBE) Helsingin vesissä.** Terhi Piilo ja Antti Salla
12. **Haitta-aineiden taustapitoisuudet ja laskeumat Helsingin maaperässä.** Antti Salla

Tilaukset: Helsingin kaupungin ympäristökeskus, neuvonta

PL 500, 00099 Helsingin kaupunki, puh. 7312 2730, fax 7312 2235, sähköposti ymk@ymk.hcl.fi.
