

20040539



TIEHALLINTO

**ILOLA – SANNAINEN PT 11863
PAINUMAN KORJAUS RENGASROUHERAKENTEELLA**

Raportti vuosien 1997-2003 seurantamittauksista

 Tieliikelaitos

 RAMBOLL

08 TIEH / ILO

**ILOLA – SANNAINEN PT 11863
PAINUMAN KORJAUS RENGASROUHERAKENTEELLA**

Raportti vuosien 1997-2003 seurantamittauksista

Työraportti



Tiehallinto

HELSINKI 2004

ALKUSANAT

Tässä Uudenmaan tiepiirin tilaamassa raportissa käsitellään Ilola-Sannainen pt 11863 rengasrouhekoerakenteen mittauksia vuosilta 1997-2003. Koekohteen esittely, rakentaminen, instrumentointi ja rakentamisen aikaiset havainnot sekä mittaustulokset rakentamisen ja vuoden 1997 aikana on esitetty julkaisussa "Anu Repo, Ilola-Sannainen pt 11863 painuman korjaus rengasrouhekoerakenteella, raportti rakentamisesta ja seurantamittauksista (Tielaitoksen selvityksiä 19/1998)". Seurantamittauksista ja niiden tuloksista on aikaisemmin kirjoitettu raportit vuosina 1999, 2000 ja 2003. Tämä raportti on tehty samaan formaattiin kuin edelliset, jolloin raporttiin on päivitetty vuosien 1997-2003 mittaustulokset sekä tehty tulosten perusteella johtopäätökset rakenteen toiminnasta ja ympäristövaikutuksista. Seuranta-mittauksia on tarkoitus jatkaa vuosittain ympäristövaikutusten osalta ja joka toinen vuosi teknisen seurannan osalta vuoteen 2008 saakka.

Koerakennuskohteen seurantamittauksista on vastannut Tieliikelaitos, Konsultointi, Etelä-Suomen suunnittelupalvelut. Potentiometrimitaukset on tehnyt SCC Viatek - SGT ja vesinäytteet on analysoitu Suunnittelukeskus Oy:n ympäristölaboratoriossa.

Alkuperäisen seurantamittausraportin vuonna 1999 ovat kirjoittaneet Veli-Matti Uotinen Fundus Oy:stä ja Erja Vallila Ramboll Finland Oy:stä (entinen SCC Viatek Oy). Tämän raportin ympäristövaikutusosuuden on päivittänyt Erja Vallila Ramboll Finland Oy:stä. Päivitykset teknisen seurannan osalta sekä raportin kokoamisen ja viimeistelyn ovat tehneet Heikki Onninen ja Taru Lampimäki Tieliikelaitoksesta. Raportin kommentointiin ovat osallistuneet Petter Sandin Uudenmaan tiepiiristä, Mikko Smura ja Jorma Immonen Tieliikelaitoksesta sekä Mikko Talola Lassila & Tikanoja Oy:stä.

Helsinki, huhtikuu 2004

Tiehallinto
Uudenmaan tiepiiri

Tieliikelaitos Konsultointi
Etelä-Suomen suunnittelupalvelut

Ramboll Finland Oy

Sisältö

1	JOHDANTO	7
2	RAKENNE JA INSTRUMENTOINTI	7
3	KANTAVUUSMITTAUKSET	8
3.1	Pudotuspainolaitemittaukset	8
3.2	E-moduulien takaisinlaskennat	12
3.2.1	Odemarkin menetelmä	12
3.2.2	APAS-takaisinlaskennat	13
4	SIIRTYMÄ- JA PAINUMAMITTAUKSET	14
4.1	Potentiometrimittaukset	14
4.2	Painumamittaukset	15
5	YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	17
5.1	Koejärjestelyt ja mittaukset	17
5.2	Vesipintojen mittaukset	18
5.3	Kuivatustarkastelu	18
5.4	Pohjavesialueiden vesipinnat	21
5.5	Lysimetrien vesinäytteet	22
5.6	Pohjavesinäytteet	23
5.7	Vesinäytteet Ilolanjoesta	24
5.8	Rengasrouheen laskennallinen kuormitus Ilolanjokeen	24
5.9	Yhteenveto pohjavesialueen muista tutkimuksista 2001-2002	25
5.10	Arvio rengasrouheen ympäristökelpoisuudesta	25
6	PÄÄTELMÄT JA EHDOTUS JATKOSEURANNASTA	26
	LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Tässä raportissa käsitellään rengasrouhekoerakenteen seurantamittauksia vuosilta 1997-2003. Koerakennuskohde sijaitsee Porvoossa paikallistiellä 11863 Ilola-Sannainen. Koerakennuskohde rakennettiin elo-syyskuussa vuonna 1997.

Koekohteen esittely, rakentaminen, instrumentointi ja rakentamisen aikaiset havainnot sekä mittaustulokset rakentamisen ja vuoden 1997 aikana on esitetty julkaisussa "Anu Repo, Ilola-Sannainen pt 11863 painuman korjaus rengasrouhekoerakenteella, raportti rakentamisesta ja seurantamittauksista (Tielaitoksen selvityksiä 19/1998)".

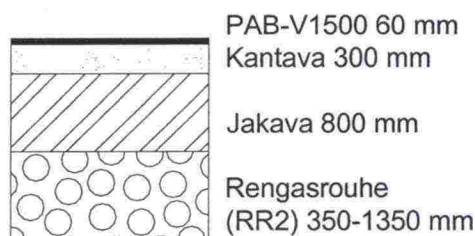
Seurantamittausten tulokset on raportoitu joka toinen vuosi. Aiemmin ilmestyneet raportit ovat:

- Raportti vuoden 1997–1998 seurantamittauksista (vuonna 1999)
- Raportti vuoden 1997–2000 seurantamittauksista (vuonna 2001)
- Raportti vuoden 1997–2002 seurantamittauksista (vuonna 2003)

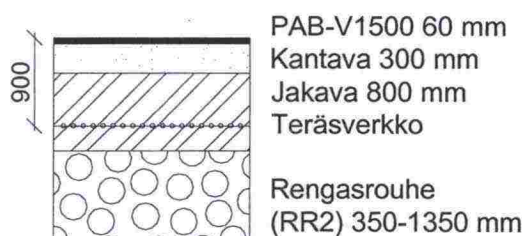
2 RAKENNE JA INSTRUMENTOINTI

Koekohteessa on rengasrouhetta kiilamaisena rakenteena jakavan kerroksen ja pohjamaan välissä. Lisäksi puolet koekohteesta on tuettu teräsverkolla, joka sijaitsee jakavassa kerroksessa noin 0,9 metrin syvyydellä päällysteestä.

Plv. 970-1150



Plv. 1150-1320



Kuva 1. Rakennekerrokset.

Koeosuuksien instrumentoinnissa ja seurannassa on käytetty seuraavia menetelmiä:

1. kantavuusmittaukset pudotuspainolaitteella ja levykuormituslaitteella
2. painumanastat
3. potentiometrit (2 kpl)
4. lysimetrit (2 kpl) + mittaus- ja keräyskaivo
5. pohjavesiputki

Tieliikelaitoksen Konsultointi (aikaisemmin Tielaitos) on vastannut v.2000-2003 aikana mittauksista. Potentiometrimitaukset on tehnyt Harri Lähteinen Viatek-SGT Oy:stä ja vesinäytteet on analysoitu Suunnittelukeskus Oy:n ympäristölaboratoriossa. Suunnittelukeskus Oy on vastannut myös vesinäytteiden ottamisesta.

Mittaussuunnitelma ja toteutuneet mittausajankohdat vuonna 2003 on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Toteutuneet mittaukset vuonna 2003.

SEURANTAMITTAUS 2003	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
Kantavuusmittaukset							28.7.					
Painumavaaitus										vko 43		
Ympäristövaikutukset Vesinäytteet kaivo+ putki+Ilolanjoki					15.5.					13.10.		

3 KANTAVUUSMITTAUKSET

3.1 Pudotuspainolaitemittaukset

Vuosina 1997–2003 on tehty pudotuspainolaitemittauksia yhteensä kahdeksan kertaa: kaksi kevätmittausta, neljä kesämittausta ja kaksi syysmittausta. Taulukossa 2 on esitetty teräsverkottoman (plv. 980–1155) ja teräsverkollisen (plv. 1165–1320) rakenteen päältä pudotuspainolaitteella vuosina 1997–2003 mitattujen kantavuuksien pienimmät ja suurimmat arvot sekä keskiarvot. Lisäksi on esitetty päällysteen lämpötila, jolla on suuri vaikutus päällysteen jäykkyysmoduuliin. Vuoden 2002 kantavuusmittausta ei voida pitää vertailukelpoisena mittausajankohdan alhaisen lämpötilan (+3...+4 °C) takia.

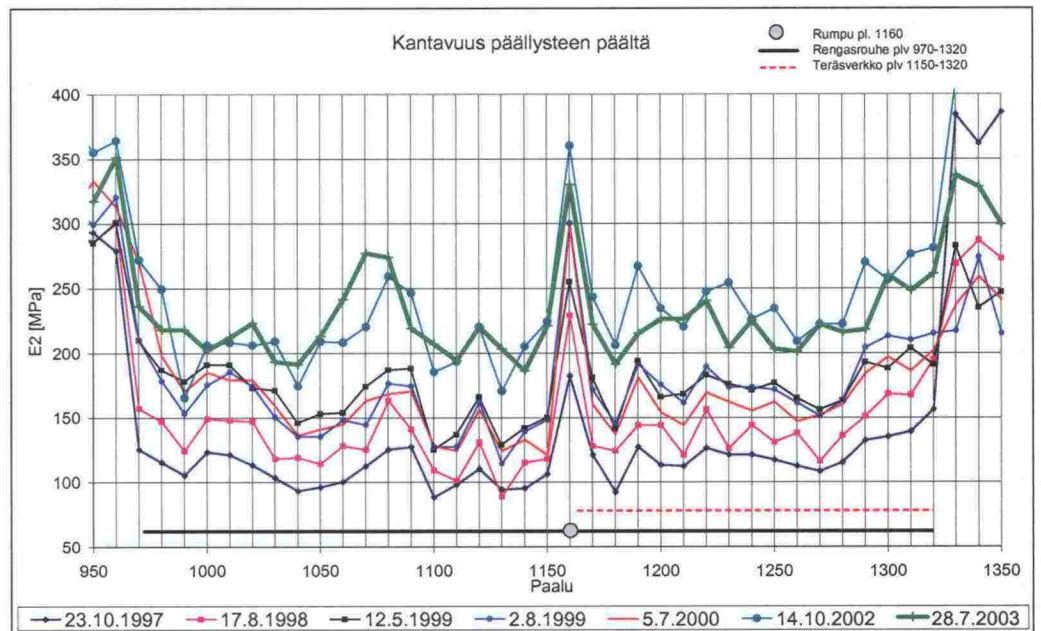
Taulukko 2. Pudotuspainolaitteella mitatut E_2 -arvot [MPa] koeosuuksille plv. 980-1155 (ei teräsverkkoa) ja plv. 1165-1320 (teräsverkollinen).

E_2	23.10.97 T= +1...+3°C	7.5.98 T= +8...+11°C	17.8.98 T= +16...+23°C	12.5.99 T= +20...+26°C	2.8.99 T= +28...+35°C	5.7.00 T= +25...+32°C	14.10.02 T= +3...+4°C	28.7.03 T= +19...+22°C
Ei teräsverkkoa plv. 980–1155								
Pienin	88	99	89	129	114	121	165	186
Suurin	127	157	163	210	210	198	259	277
Keskiarvo	108,2	128,6	128,6	165,9	155,5	154,4	208,7	217,3
Teräsverkollinen plv. 1165–1320								
Pienin	92	125	116	142	145	137	206	191
Suurin	156	168	195	204	215	202	281	261
Keskiarvo	122,6	144,8	143,1	176,1	179,1	165,8	241,7	223,6

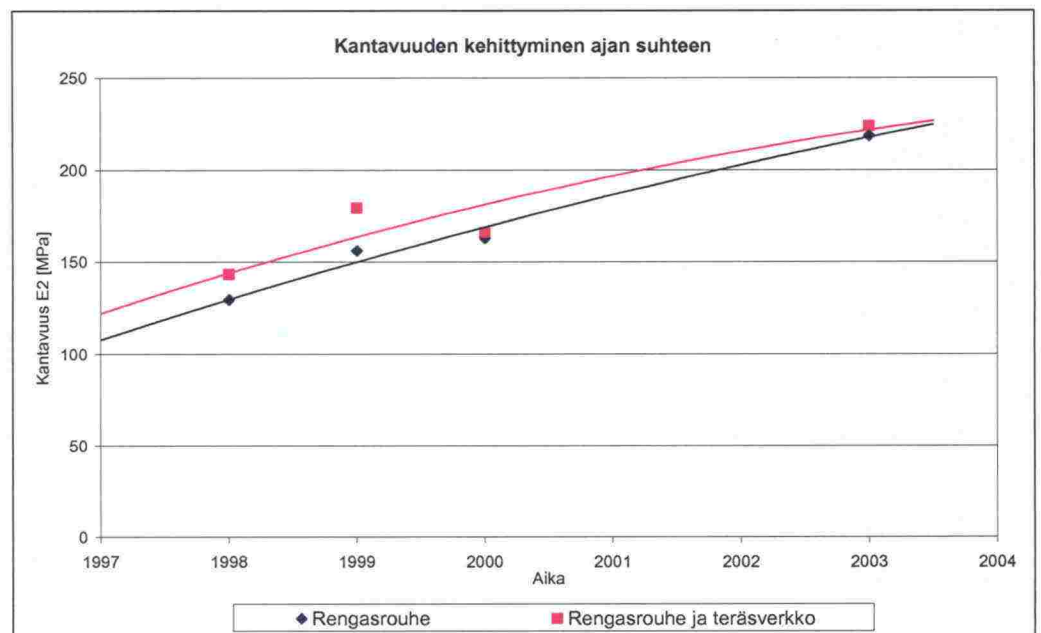
Kuvassa 2 on esitetty kaikki mitatut kantavuustulokset 10 metrin välein tien pituussuunnassa ja kuvassa 3 kesällä mitattujen (17.8.1998, 2.8.1999, 5.7.2000 ja 28.7.2003) keskimääräisten kantavuustulosten kehittyminen ajan suhteen.

Kahden ensimmäisen vuoden kaltainen kantavuuden parantuminen on pysähtynyt vuoden 1999 syksyllä (kuva 2). Vuoden 2000 mittausten perusteella kantavuus on jopa hieman pienentynyt edellisestä vuodesta, erityisesti teräsverkollisella osuudella paaluvälillä 1165–1320. Uusimpien, heinäkuussa 2003, tehtyjen mittausten mukaan kantavuus on kohonnut

huomattavasti koko koerakenteen alueella: verrattuna vuosien 1999 ja 2000 kesätuloksiin teräsverkollisen koalueen kantavuus on parantunut 25–35 % ja teräsverkottoman alueen jopa noin 40 %. Teräsverkollisen koalueen kantavuustulokset ovat olleet aiempina vuosina 6–15 % parempia kuin teräsverkottoman koalueen. Vuoden 2003 mittauksissa teräsverkollisen rakenteen kantavuus oli enää 3 % verkotonta parempi. Kun rakenteen valmistumisesta on kulunut kuusi vuotta, näyttää rakenteiden kantavuus edelleen paranevan. Koko seurantajakson ajan teräsverkollisen rakenteen kantavuus on ollut verkotonta parempi, mutta ero on kaventunut uusimpien mittausten mukaan.

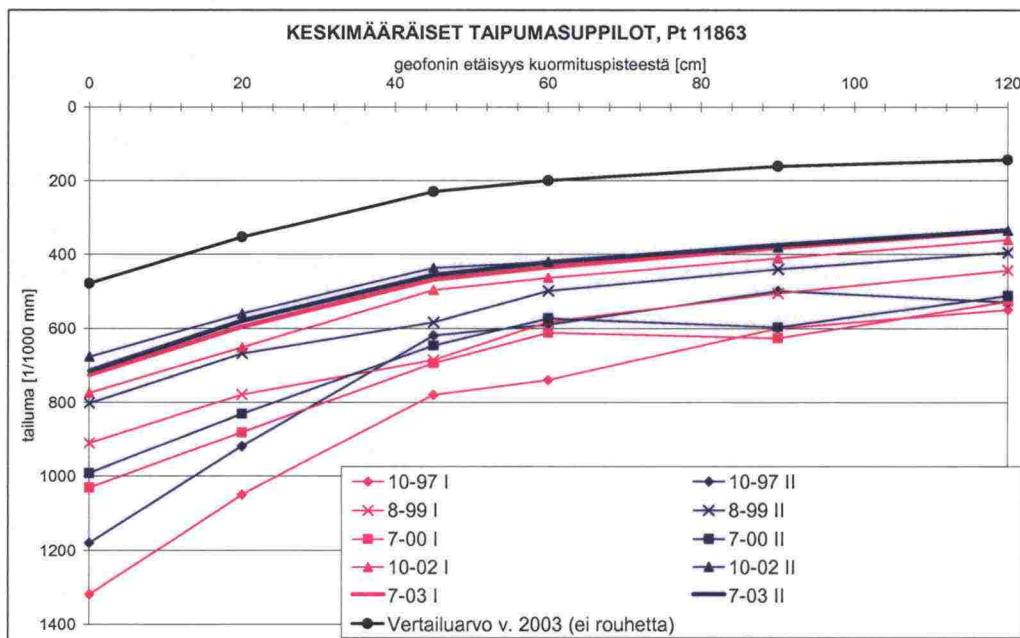


Kuva 2. Pudotuspainolaitteella mitatut kantavuudet vuosina 1997–2003.



Kuva 3. Pudotuspainolaitteella mitatut kesäkantavuudet ajan suhteen vuosina 1998-2003.

Kuvassa 4 on esitetty pudotuspainomittausten tiedoista käsitellyjä keskimääräisiä taipuman arvoja. Kuvassa esitetyt käyrät I tarkoittavat paaluvälin 980–1150 (ei teräsverkkoa) ja käyrät II paaluvälin 1170–1300 (teräsverkollinen rakenne) mittaustuloksista laskettuja keskimääräisiä taipumia. Taipumasuppiloista voidaan havaita, että rakenne on kauttaaltaan jäykistynyt vuosien 1997–2003 aikana. Erityisesti rakenteen yläosan, jota kuvaavat geofonit 0, 20 ja 45, taipuma on pienentynyt. Kuvaajaan on otettu mukaan rengasrouhealueen ulkopuolelta, tavanomaisen rakenteen päältä (plv. 950–960 ja 1330–1350) vuonna 2003 mitattu keskimääräinen taipumasuppilo. Geofonien mitaamat taipumat ovat rengasrouherakenteen ulkopuolella pienempiä kuin rengasrouherakenteen päältä mitattuina. Taipumasuppilon muoto on sen sijaan sama uusimpiin mittauksiin verrattuna.



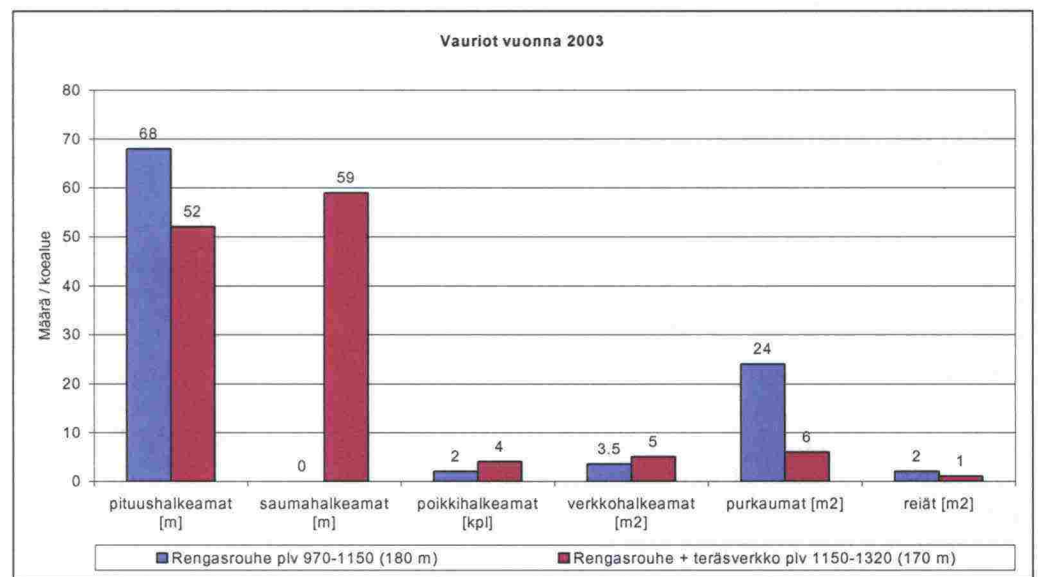
Kuva 4. Keskimääräiset taipumasuppilot. I = plv. 980–1150 (ei teräsverkkoa), II = plv. 1170–1300 (teräsverkollinen osuus).

Mitatuista taipumista voidaan laskea taipumasuppiloparametreja, jotka kuvaavat mm. eri rakennekerrosten kuntoa. Tässä käytetään pintakantavuusindeksiä eli niin kutsuttua SCI -arvoa, joka lasketaan kuormituslevyn alta ja etäisyydellä r [mm] mitattujen taipumien d [μm] erotuksena: $SCI_r = d_0 - d_r$. Saatu indeksiarvo kuvaa rakenteen kuntoa tien pinnasta syvyydelle r [mm] saakka. /Tielaitos & VTT, 2000: TPPT Menetelmäkuvaus 1, Pudotuspainolaitemittaus/. SCI_{200} -arvot ovat olleet kaikissa mittauksissa teräsverkollisella ja -verkottomalla osuudella keskenään lähes samat koko seuranta-ajan, mikä on luonnollista, sillä pintarakenne on molemmilla alueilla sama. SCI_{200} -arvosarjan trendi on hitaasti laskeva eli taipumat ovat pienentyneet (taulukko 3). Teräsverkko sijaitsee noin 900 mm syvyydessä ja se on havaittavissa SCI_{900} ja SCI_{1200} -indekseistä: teräsverkollisen alueen arvot ovat verkottoman alueen arvoja pienempiä eli teräsverkoton rakenne taipuu enemmän kuin teräsverkollinen rakenne. Myös näiden mittaussarjojen trendi on laskeva eli taipumat pienenevät ajan myötä. Vuoden 2003 mittauksissa rakennetyyppien välinen indeksiarvojen ero on pieni myös suuremmilla SCI -arvoilla.

Taulukko 3. Pintakantavuusindeksin SCI ($= d_0 - d_r$) keskiarvot [μm].

Mittauspvm.		23.10.97	7.5.98	17.8.98	12.5.99	2.8.99	5.7.00	14.10.02	28.7.03
Koe- osuus	SCI ₂₀₀								
	Plv. 980–1150, ei verkkoa	240	243	213	174	132	151	122	131
	Plv. 1170–1300, teräsverkko	252	245	217	179	134	161	117	135
SCI ₉₀₀	Plv. 980–1150, ei verkkoa				443	409	408	364	344
	Plv. 1170–1300, teräsverkko				426	362	397	296	341
SCI ₁₂₀₀	Plv. 980–1150, ei verkkoa				503	472	511	414	391
	Plv. 1170–1300, teräsverkko				479	407	480	342	381

Pintakantavuusindeksin SCI₂₀₀ sanotaan korreloivan kohtuullisen hyvin vauriosumman kanssa. Vauriosumman (pituus-, poikki-, verkkohalkeamien, reikien ja purkautumien määrä) on todettu tavanomaisilla tierakenteilla alkavan huomattavasti nousta, kun SCI₂₀₀ on yli 180 μm . Koetien SCI₂₀₀ -arvot ovat olleet keväästä 1999 lähtien alle tuon raja-arvon. Teräsverkollisen alueen SCI₂₀₀ -arvo on hieman huonompi kuin teräsverkottoman rakenteen. Mittaustarkkuuden rajoissa arvoja voidaan kuitenkin pitää lähes samoina. Vuonna 2003 tehdyn vaurioinventoinnin mukaan teräsverkottoman rakenteen vauriosumma oli 47 m²/100 m ja teräsverkollisen 54 m²/100 m eli kohteet luokitellaan tyydyttäväksi. Vauriot inventointiin PVI -menetelmällä. Kuvassa 5 on esitetty vauriomäärät tyypeittäin.



Kuva 5. PVI -menetelmällä vuonna 2003 inventoidut vauriot tyypeittäin.

3.2 E-moduulien takaisinlaskennat

Rengasrouheen E-moduulin suuruutta arvioitiin Odemarkin menetelmällä ja APAS-ohjelmalla takaisinlaskemalla.

3.2.1 Odemarkin menetelmä

Odemarkin menetelmässä PAB-kerroksen, kantavan ja jakavan kerroksen E-moduulit oletettiin vakioiksi ja rengasrouheen E-moduulia muuttaen pyrittiin lasketut kantavuudet saamaan samaksi kuin mitatut kantavuudet. Myös pohjamaan E-moduulin vaihtelun merkitystä analysoitiin. Lisäksi vuosina 2002 ja 2003 on takaisinlaskennassa tarkasteltu PAB -päällysten jäykentymistä.

Takaisinlaskennat tehtiin rakenteelle A, jossa rengasrouheen paksuutena käytettiin 1,0 metriä (vastaa noin plv. 1080–1110 ja plv. 1190–1230) sekä rakenteelle B, jossa rengasrouheen paksuutena käytettiin 0,35 metriä (vastaa noin plv. 970–980 sekä plv. 1290–1310). Teräsverkkoa ei voida ottaa huomioon Odemarkin menetelmässä. Laskelmien tulokset on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Paksussa rakenteessa A pohjamaan kantavuusotaksuma (5–40 MPa) vaikuttaa vain hyvin vähän laskettuun kantavuuteen.

Taulukko 4. Rakenne A (rengasrouhekerroksen paksuus 1 m), takaisinlaskennan lähtöarvot ja tulokset Odemarkin menetelmällä.

Rakennekerros	Paksuus [cm]	Käytetty E-moduuli [MN/m ²]						
		1998	1999	2000	2002		2003	
PAB-V1500	6	1500	1500	1500	1500	2500	1500	2500
Kantava kerros	30	280	280	280	280	280	280	280
Jakava kerros	80	200	200	200	200	200	200	200
Rengasrouhe RR2	100	1,6	2,5	2,2	5,3	4,0	13,0	8,6
Pohjamaa		5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40
Laskettu kantavuus [MN/m ²]		127–128– 128–129	163–164– 165–165	153–154– 155–155	208–209– 210–211	209–210– 210–211	214–218– 221–223	215–219– 221–223
Mitatut kantavuudet [MN/m ²]		106...153	127...191	124...181	185...267		194...274	

Taulukko 5. Rakenne B (rengasrouhekerroksen paksuus 0,35 m), takaisinlaskennan lähtöarvot ja tulokset Odemarkin menetelmällä.

Rakennekerros	Paksuus [cm]	Käytetty E-moduuli [MN/m ²]						
		1998	1999	2000	2002		2003	
PAB-V1500	6	1500	1500	1500	1500	2500	1500	2500
Kantava kerros	30	280	280	280	280	280	280	280
Jakava kerros	80	200	200	200	200	200	200	200
Rengasrouhe RR2	35	1,6	2,5	2,2	5,3	4,0	13,0	8,6
Pohjamaa		5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40	5 – 10 – 20 – 40
Laskettu kantavuus [MN/m ²]		149–159– 164–167	176–187– 192–195	169–179– 186–189	207–220– 230–234	213–225– 234–240	205–216– 224–229	210–220– 227–232
Mitatut kantavuudet [MN/m ²]		142...168	178...213	184...271	246...276		218...260	

Takaisinlaskentojen perusteella voidaan todeta, että rengasrouheen E-moduuli on rakentamisen jälkeen kasvanut jopa viisinkertaiseksi (v. 2003 mittaukset vrt. v. 1998). Myös PAB –päällysteen kantavuus on vuosien myötä lisääntynyt. Kun rengasrouhekerros on riittävän paksu (esim. 1,0 m), ei pohjamaan kantavuudella ole laskennallisesti käytännön merkitystä kantavuuteen. Laskettaessa moduuleja paksulla rakenteella saadaan paras arvio itse rengasrouheen moduulista ja sen vaihtelusta.

3.2.2 APAS-takaisinlaskennat

APAS -ohjelmalla voidaan arvioida rakenteessa toteutuvia kerrosten E-moduuleja analysoimalla pudotuspainolaitteella saatuja mittaustuloksia. Vaihtelemalla kerrosten laskentaparametrien arvoja voidaan ohjelmalla hakea taipumasuppilon kuvaajaa, joka parhaiten vastaa muodoltaan mittaustuloksia.

Päivämäärien 17.8.1998 ... 28.7.2003 mittaustulosten takaisinlaskennassa lähdettiin siitä, että pohjamaan moduuli pidettiin samana ($E=40$ MPa) kuin Anu Revon raportissa tehtiin, mutta sitomattomille kerroksille annettiin uudet, suuremmat "vakioarvot". Taipumasuppilo pyrittiin sovittamaan mittaustuloksia vastaavaksi aluksi ainoastaan rengasrouheen E-moduulia muuttamalla. Koska PAB –päällysteet jäykistyvät vanhetessaan, annettiin myös päällysteen moduulin muuttua. Uusimmissa takaisinlaskennoissa käytetyt päällyste-moduulit ovat liioiteltuja ja niitä on käytetty vain, jotta päästään hyvään taipumasuppilosovitukseen. Yhtä hyvään sovitukseen päästäisiin, jos sitomattomien kerrosten moduuleja suurennettaisiin, mutta vertailtavuuden säilyttämiseksi ne haluttiin pitää samana kuin aikaisemmissakin takaisinlaskennoissa. Taulukossa 6 on esitetty takaisinlaskennan tulokset.

Taulukko 6. E-moduulin takaisinlaskenta päällysteen päältä 23.10.1997, 17.8.1998, 12.5.1999, 2.8.1999, 5.7.2000, 14.10.2002 ja 28.7.2003 tehdyistä pudotuspainomittauksista.

Materiaali-kerros	Kerroksen paksuus d [cm]	Poissonin vakio ν	Jäykkyys moduuli	Jäykkyys moduuli	Jäykkyys moduuli	Jäykkyys moduuli	Jäykkyys moduuli	Jäykkyys moduuli	Jäykkyys moduuli
			E [MPa]	E [MPa]	E [MPa]	E [MPa]	E [MPa]	E [MPa]	E [MPa]
			23.10.1997	17.8.1998	12.5.1999	2.8.1999	5.7.2000	14.10.2002	28.7.2003
PAB-V	6	0.35	1 500	2 665	4 000	4 000	4 000	10 000	10 000
Kallio-murske	30	0.35	200	280	280	280	280	280	280
Sora	80	0.35	160	200	200	200	200	200	200
Rengasrouhe RR2	100	0.35	2	3.2	8	8	8	8	11
Pohjamaa		-	40	40	40	40	40	40	40

Tuloksissa on huomattavaa, että mitatun kantavuuden parantuminen keskimääräisestä 115 MN/m^2 :stä yli 200 MN/m^2 :iin vaikuttaa merkittävästi APAS -ohjelmalla takaisinlaskettaviin E-moduuleihin. Minkään kerroksen laskettua E-moduulia ei voida varmuudella pitää todellisuutta vastaavana. Muillakin E-moduulien kombinaatioilla voidaan päästä yhtä hyvin taipumasuppilosovitukseen kuin taulukossa 6 esitetyillä arvoilla.

Kantavuuden parantuminen näyttäisi johtuvan etupäässä rengasrouhekerroksen jäykentymisestä. Rengasrouhekerroksen jäykentyminen voi johtua rengasrouheen tiivistymisestä, rengasrouhepalojen asettumisesta liikennekuormituksen vaikutuksesta toisiinsa nähden limittäin ja staattisen kuormituksen aiheuttamasta rouhepalojen keskinäisten kosketuspintojen suurenemisesta. Osaltaan parantunut kantavuus johtunee myös PAB -päällysteen ajan myötä tapahtuvasta jäykentymisestä eli kovenemisestä.

4 SIIRTYMÄ- JA PAINUMAMITTAUKSET

4.1 Potentiometrimitaukset

Koekohteeseen on asennettu pl 1100 ja pl 1180 potentiometrit rengasrouhekerroksen kokoonpuristuvuuden arvioimiseksi. Potentiometriä asentamisesta on kerrottu julkaisussa Tielaitoksen selvityksiä 19/1998. Potentiometrit mitattiin viimeksi vuonna 2000 elokuussa. Taulukossa 7 on esitetty mittaustulokset tuohon saakka.

Kokonaiskokoontumista laskettaessa on tehty oletus, että seurantalanne potentiometriä uudelleen asentamisen ja uusien kalibrointi arvojen mittaamisen jälkeen (19.9.97) vastaa 13.9.97 ollut tilanne.

Taulukko 7. Potentiometrimitaukset vuosina 1997–2000

Mittaus- pvm	Mittalukema		Vastaa siirtymää		Huomioitavaa
	[V] PL1100	[V] PL1180	[cm / %] PL1100	[cm / %] PL1180	
8.9.97	0,805	0,731	-	-	Heti asennuksen jälkeen (kalibroitu)
13.9.97	0,205	0,209	15 cm / 11,4 %	13,1 cm / 9,4 %	Kantava kerros tehty, päätös uudelleen asentamisesta
19.9.97	0,249 0,748 0,607	0,209 0,644 0,589	13,9 -12,5 3,5	13,1 -10,9 1,4	Rakenne kaivettiin auki Nosto (ero edelliseen) Rakenteet päälle tiivistettynä, uudet kalibrointi arvot
12.12.97	0,556	0,551	1,3 cm / 1,0 %	1,0 cm / 0,7 %	Päällistys +3kk liikenteen vaikutus
17.4.98	0,546	0,552	1,5 cm / 1,1 %	0,9 cm / 0,6 %	Kuormituksessa ei muutosta
7.11.98	0,536	0,551	1,8 cm / 1,4 %	1,0 cm / 0,7 %	Kuormituksessa ei muutosta
24.3.99	0,526	0,551	2,0 cm / 1,5 %	1,0 cm / 0,7 %	Kuormituksessa ei muutosta
25.8.99	0,521	0,550	2,2 cm / 1,7 %	1,0 cm / 0,7 %	Kuormituksessa ei muutosta
11.8.2000	0,548	0,549	1,5 cm / 1,1 %	1,0 cm / 0,7 %	Kuormituksessa ei muutosta
Yhteensä 8.9.97 verrattuna			16,5 cm / 12,6 %	14,1 cm / 10,0 %	

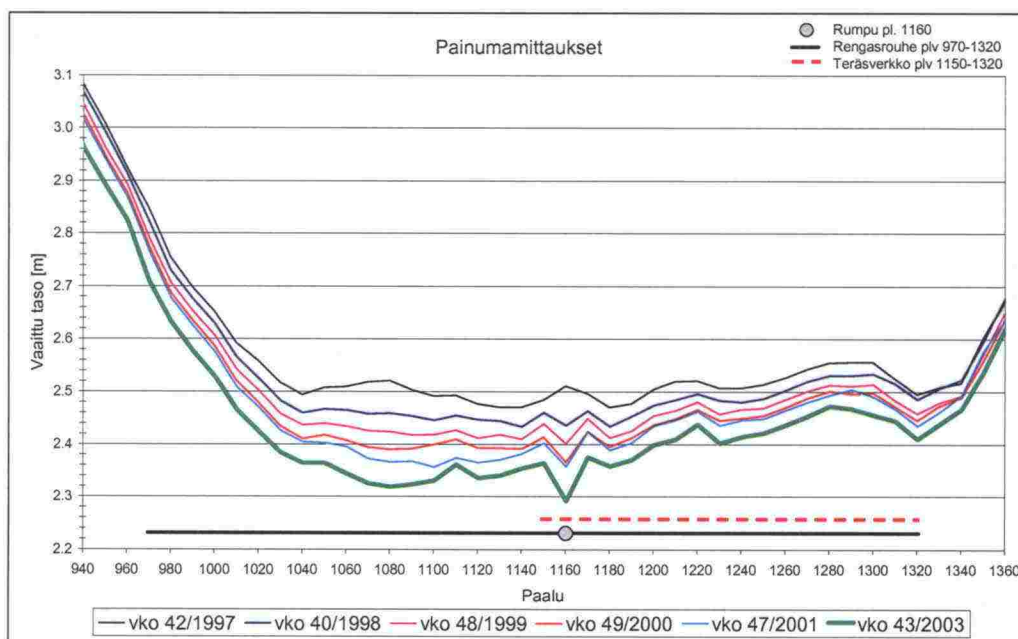
Paalulla 1100 mittausten mukaan rengasrouhekerros on päällistämisen jälkeen kokoonpuristunut noin loppukesään 1999 noin 9 mm, jonka jälkeen mittausten mukaan rengasrouhekerros on "laajentunut" viimeisen vuoden aikana 7 mm. Paalulla 1180 ei ole tapahtunut kokoonpuristumista 12.12.97 jälkeen. Rakentamisen aikaisten vaaitusten perusteella RR-kerroksen toteutuneet paksuudet olivat paalulla 1100 1,31 m ja paalulla 1180 1,40 m. Kokonaisuudessaan rengasrouhekerros on paalulla 1100 kokoonpuristunut rakentamisen aikana ja noin 35 kuukautta liikenteellä olon jälkeen yhteensä noin 16,5 cm (12,6 %) ja paalulla 1180 14,1 cm (10,0 %). Tulosten perusteella voidaan olettaa, että rengasrouhekerros tiivistyy 10–13 % heti päällis-

rakenteiden rakentamisen aikana, kun rakennekerrokset ovat noin 1,1-1,2 metriä paksut ja tämän jälkeen kokoonpuristuminen on hyvin vähäistä, lähes mittaustarkkuuden rajoissa.

4.2 Painumamittaukset

Tien pinnan painumista on seurattu vaaituksin vuosina 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 ja 2003 (1–4 vaaitusta/vuosi). Painumia on mitattu 20–40 metrin välein asennetuista painumanastoista sekä 10 metrin välein muilta paaluilta tien molemmista reunoista ja keskilinjalta. Kaikki painumamittaustulokset on esitetty liitteessä 1.

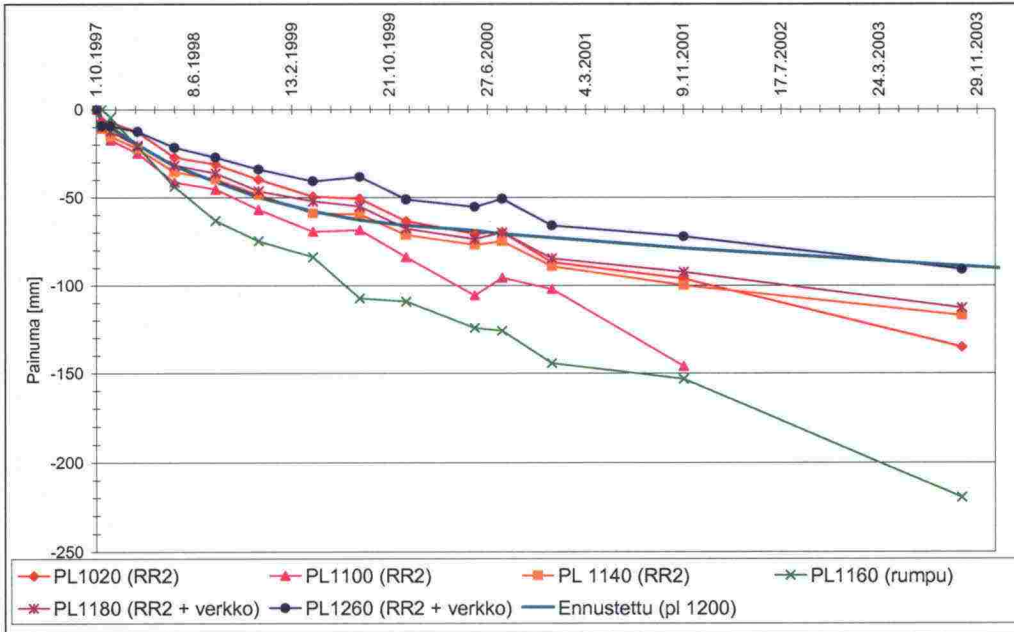
Noin 70 kuukautta päällystämisen jälkeen (v. 2003) tieosuuden painumat ovat 50–215 mm ollen keskimäärin 118 mm. Kuvassa 6 on esitetty tien pinnan profiili keskilinjjan kohdalta. Kuvan 6 ja liitteen 1 perusteella voidaan todeta, että painuminen on suurinta plv. 1040–1100 sekä rummun kohdalla paalulla 1160. Uusimmassa mittauksessa keskimääräinen painuminen rengasrouhe-rakenteessa plv. 970–1150 on ollut 142 mm ja teräsverkollisella osuudella (plv. 1170–1320) 103 mm. Rummun kohdalla koko rakenne on tehty kiviaineksesta, joten tierakenteen kuormitus pohjamaalle on huomattavasti suurempi kuin muulla tieosuudella. Rumpukohdan kokonaispainuma 6 vuotta rakentamisen jälkeen on 195–220 mm. Tuossa kohdassa tien pinta on hyvin lyhyellä matkaa yli 8 cm ympäröivää tiealuetta alempana, jolloin laskennallinen pituuskaltevuuden muutos on 1,7–2,8 % (L= 3–5 m). Täten painumaero alkaa olla liikennettä ja ajomukavuutta häiritsevää 60 km/h ajonopeudella. Muuten painuminen on tapahtunut suhteellisen tasaisesti koko koerakenteessa.



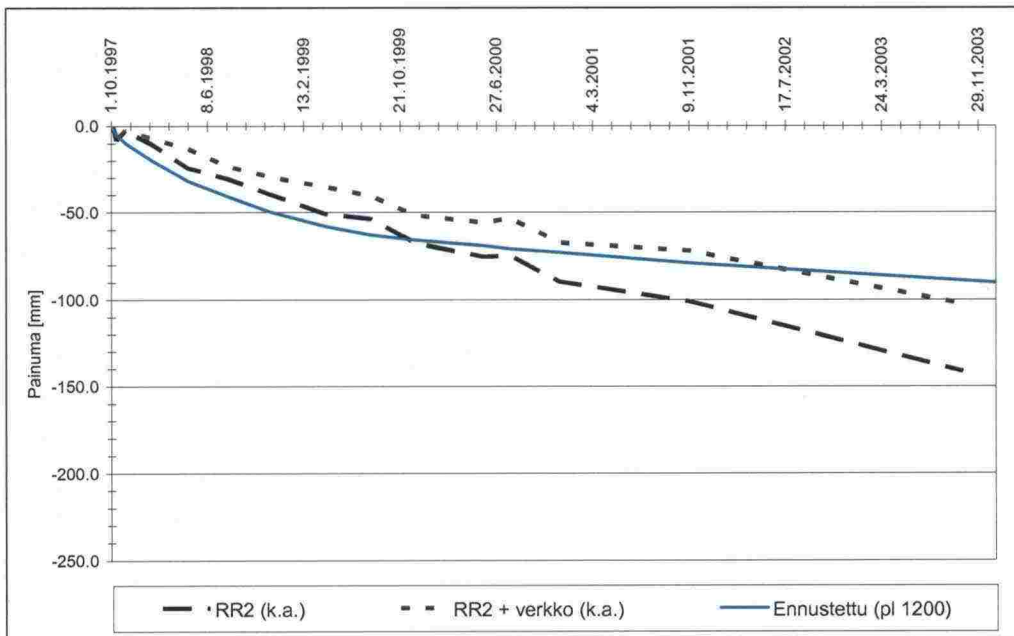
Kuva 6. Tien pinnan tasaus keskilinjalla päällystämisen jälkeen. Mittaukset on suoritettu kunakin vuonna loka-joulukuun välillä.

Painumaennusteen (pl. 1200) mukaan 100 mm painuma tapahtuu 7 vuoden kuluessa rakentamisesta (v. 2004) ja 20 vuoden kuluttua (v. 2017) painuman suuruuden ennustetaan olevan 160 mm. Painumaennusteeseen verrattuna koetien toteutunut keskimääräinen painuma 6 vuoden jälkeen on rengas-

rouhekoeosuudella noin 59 % ja rengasrouhe- ja teräsverkko-osuudella 15 % suurempi kuin ennustettu painuma. Kuvassa 7 on esitetty painumaennuste sekä painuminen paaluilla 1020, 1100, 1140, 1160, 1180 ja 1260. Kuvassa 8 on koeosuuksien keskimääräinen painuminen sekä painumaennuste.



Kuva 7. Havaintopisteiden painuminen sekä painumaennuste ajan funktiona.



Kuva 8. Rakenteiden keskimääräinen painuminen sekä painumaennuste.

Elokuun 2000 mittauksessa voi olla pieni virhe, koska tien pinta näyttää kohonneen huhti–elokuun välisenä aikana plv:llä 970–1150 keskimäärin 0,6 mm ja plv. 1150–1320 2,5 mm. Suurin yksittäinen arvo on noin 10 mm. Myös paaluväli 1330–1370, mille ei ole tehty toimenpiteitä, on hieman kohonnut. Syy näihin on todennäköisesti se, että kiintopiste on ollut koholla

(routinut) huhtikuussa. Samaa "kohoamis-/ painuman tasaantumisiilmiötä" on havaittavissa myös vuoden 1999 huhti- ja elokuun välisissä mittauksissa.

Vuoden 2001 pl 1100 painuman kiihtyminen on yksittäinen, hyvin paikallinen tulos, koska esim. saman paaluluvun reunoilla vastaavaa "notkahdusta" ei mittausten mukaan ole. Vuoden 2003 mittausten mukaan painuminen näyttäisi vain jatkuvan ja melkeinpä jopa hieman kiihtyvän koko koerakenteen alueella, vaikka painuma-arviossa on painumisen oletettu hidastuvan ajan myötä.

Koerakenne suunniteltiin siten, että pohjamaalle tien korottamisen jälkeen tulee lisäkuormaa noin 0–2,5 kPa. Laskelmissa ei ole otettu huomioon rengasrouhekerroksen kokoonpuristumista, minkä suuruus vuoden 2000 potentiometrimittauksien perusteella voi olla suuruusluokkaa 10–20 mm. Koska potentiometrimittaukset eivät välttämättä olleet tarkkoja, saattaa rengasrouhekerroksen tiivistyminen olla suurempikin.

5 YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

5.1 Koejärjestelyt ja mittaukset

Ympäristövaikutusten seuranta varten ennen rakentamista asennettiin paalulle 1060 muovinen pohjavesiputki (pituus 19,5 m, siiviläosa 18,5–19,5 m syvyydessä) ja rakentamisen yhteydessä asennettiin plv. 1062–1065 kaksi lysimetriallasta, jotka on yhdistetty yhteiseen mittaus- ja keräyskaivoon. Helmikuussa 2000 asennettiin uusi muovinen pohjavesiputki noin paalulle 1080, koska epäiltiin paalulla 1060 sijaitsevan pohjavesiputken toimintaa. Paalulla 1080 sijaitsevan putken pituus on 26 metriä, ja siiviläosa on 25–26 m syvyydessä. Pohjavesiputkien vesinäytteet on otettu noin 5,8–6,0 metrin syvyydeltä putken päästä eli noin tasolta -3,1...-3,3.

Vesinäytteiden laboratorioanalyysit on tehty seuranta-aikana Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa ja Suunnittelukeskuksen laboratoriossa. Vuosina 1997–1998 kaikki analyysit on tehty Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen laboratoriossa. Vuosien 1999–2001 analyysit on tehty Suunnittelukeskus Oy:n ympäristölaboratoriossa lukuun ottamatta PAH-määryksiä. PAH-määrykset tehtiin Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa lukuun ottamatta 5/99 otettuja näytteitä, joiden PAH -yhdistemäärykset tehtiin Lahden tutkimuslaboratoriossa.

Koska redox-potentiaalimittauksissa todettiin menetelmämuunnoksien puuttuvan joidenkin mittausten osalta, toimitti Suunnittelukeskus uudet, korvaavat redox-potentiaalimittauksitutkimustodistukset maaliskuussa 2004. Tutkimustodistukset ovat tämän raportin liitteenä (liite 2).

Maaliskuussa 2002 mitattiin kohteen sivuojien, rumpujen, laskuojan ja Ilolanjoen korkeustasot kuivatustarkastelua varten.

5.2 Vesipintojen mittaukset

Koeosuudella rengasrouhekerroksen alapinnan taso on syvimmillään noin -0,30 m noin paalulla 1160. Paaluvälillä 1062–1065, missä lysimetrialtaat sijaitsevat, rengasrouheen alapinta on noin tasolla +0,25...+0,45 m.

Taulukossa 8 on esitetty pohjavesipintahavainnot ja lysimetrien keräyskaivossa olevan veden pinta. Mittaukset on tehty näytteenottojen yhteydessä. Pohjavedenpinta on vaihdellut noin tasolla -0,77...+1,94 m pohjavesiputkihavaintojen mukaan.

Lysimetrissä vesipinta on vaihdellut tasolla +0,76...+1,23 m. Keräyskaivo on pumpattu tyhjäksi näytteenottojen yhteydessä.

Rengasrouhetta huuhtelevan orsivesialtaan tilavuus, kun orsiveden pinnan oletetaan olevan tasolla +0,7...+0,9 m, on noin 1550–2050 m³. Orsivesi ei ole hydraulisessa yhteydessä varsinaiseen pohjaveteen, joka sijaitsee 10-25 metriä paksun savikerroksen alapuolella.

Taulukko 8. Pohjavesipintatiedot, mittaus- ja keräyskaivon vesikertymät.

Pvm	Pohjaveden pinta	Lysimetrikaivon vesipinta	Lysimetrikaivon vesimäärä [l]
18.11.97	-0,66	+ 0,86*	78,8
27.5.98	+0,44	+0,76*	71,0
1.10.98	+0,35	+0,84*	77,2
26.3.99	+0,24	+0,76*	71,0
4.5.99	+1,12	+0,91*	82,7
14.10.99	-0,77	+0,88*	80,3
17.2.00	+0,60	+1,01*	90,5
30.5.00	+0,20	+0,97*	87,4
13.12.00	-0,57	+1,22*	106,9
23.1.01	--	+0,94*	85,02
18.7.01	--	+0,88*	80,3
24.7.01	+0,15	--	--
26.11.01	+0,40	+0,98*	88,1
13.3.02	+0,40	+1,11**	103,74
4.11.02	+1,94	+0,76	76,44
15.5.03	-0,55	+1,06	99,84
13.10.03	+0,01	+1,23	113,1

* 18.11.97-26.11.01 havainnot on laskettu alkuperäisen lysimetrikaivon korkeustason mukaan.

** 13.3.02 lysimetrikaivon korkeustaso mitattiin, ja todettiin, että 4,5 vuoden aikana kaivo ja lysimetrit ovat painuneet noin 75 mm.

5.3 Kuivatustarkastelu

Ilolanjoen vesipinnan ja sivuoijien yhteys

Sulan maan aikana jokivedellä on esteetön pääsy (laskuojassa olevan betonisen halk. 500 mm:n rummun kautta) tien sivuojiin, kun joen veden pinta on yli tason +0,35 m, mikä on tien sivuoijien matalin kohta. Kun vesipinta nousee joessa yli tason +0,6...+0,65 m, jokivesi pääsee pl 1160 rummun kautta oikeaan sivuojaan. Kun joen vesipinta nousee tasolle +1,0 m, vasemmassa sivuojassa on vettä noin plv. 1115–1250 ja oikeassa sivuojassa

noin plv. 1145–1175. Vasemmassa sivuojassa on noin paalulla 1090 padottava kohta, mikä estää veden virtauksen sivuojassa (molempiin suuntiin), kun vesipinta on alle tason +2,0 m. Oikeassa sivuojassa ei merkittäviä padottavia kohtia ole.

Lysimetrin vesipinnan ja muiden vesipintojen yhteys

Lysimetrissä olevan veden korkeustaso on vaihdellut noin tasolla +0,76...+1,20 m. Tien painumisen yhteydessä myös lysimetrit ja lysimetrin tarkkailukaivo ovat painuneet, joten joka mittauskerralla ei ole tiedossa absoluuttista vedenpinnan korkeustasoa. Taulukossa 8 aikavälillä 27.5.98-26.11.01 mitatut vedenpinnan korkeudet ovat arviolta noin 10–75 mm liian suuria.

Lysimetrien rakenteesta johtuen lysimetrialtaiden alin reuna on noin tasolla +0,76. Oletettavasti lysimetriallas on kaikkina aikoina ollut reunojaan myöten täynnä vettä. Mahdollista olisi pitkänä sateettomana kautena kesällä, että lysimetrissä oleva vesipinta haihtumisen takia hieman laskisi alle tason +0,76, mutta tätä ei ole tehdyissä mittauksissa havaittu. Lysimetrissä olevan veden pinta ei siis matalan veden aikana välttämättä kuvaa rengasrouherakenteessa vallitsevaa vedenpintaa. Toisaalta, kun vesipinta on yli +0,76, kuvaa lysimetrin vesipinta koko rengasrouherakenteessa olevaa vedenpintaa. Rengasrouheen vedenläpäisevyys on niin suuri, että vesi pääsee liikkumaan varsin vapaasti pitkin rengasrouherakennetta ja todennäköisesti rengasrouhekerroksessa vesipinnan gradientti (kaltevuus) on hyvin pieni ts. vesipinnan korkeus koko rakenteessa tietyllä hetkellä lähes sama.

Teoriassa kuivana kautena saveen kaivettu rengasrouherakenne pääsee kuivamaan noin tasolle +0,35 m, mikä on tien sivuojien alin korkeus. Rengasrouherakenne on tehty lihavaan saveen kaivamalla "kaukalo", missä kaukalon reunat muodostuvat käytännössä vettä läpäisemättömästä lihavasta savesta. Poikkileikkausten perusteella noin plv. 1120–1160 vasemmassa reunassa kaukalon yläreunan taso on noin +1,2 m. Muualla kaukalon reunan taso on korkeammalla. Esimerkiksi v.1999 touko–lokakuussa joen pinnan korkeus oli koko ajan alle tason +0,2 m, mutta vesipinta rengasrouherakenteessa säilyi tasolla +0,8...+0,9 m. Tämä osoittaa, että kaukalo on lähes vedenpitävä.

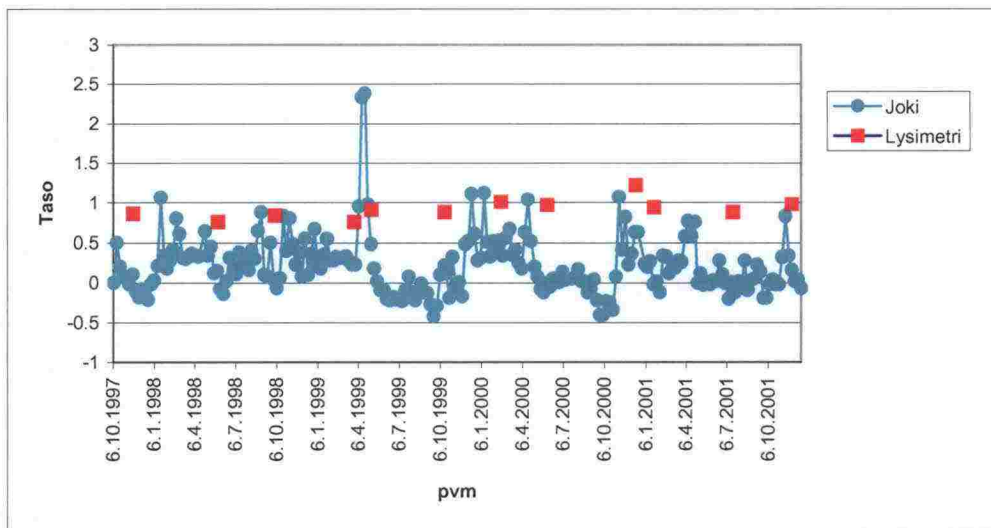
Todennäköistä on, että vedenpinnan noustessa joessa ja sivuojissa yli tason +1,2 m, pääsee vesi luiskatäyteen läpi virtaamaan suhteellisen esteettömästi kaukalon "reunan" yli rengasrouherakenteeseen ja päin vastoin. Tällöin jokiveden pinta ja rengasrouheessa oleva vedenpinta yhtyvät pienellä viiveellä riippuen luiskatäyteen vedenläpäisevyydestä. Vedenpinnan laskiessa tason +1,2 m alle vettä ei juuri sivuojista pääse siirtymään rengasrouherakenteeseen ja rengasrouheessa olevan vesipinta laskee varsin hitaasti purkautumalla kaukalon yläreunan läpi sivuojiin (yläreunassa voi olla vettä johtavampia kohtia esim. saven halkeilla kuivuuden takia).

Johtopäätökset

Rengasrouherakenne on käytännössä vesitiiviissä kaukalossa, missä vesipinta ei pääse laskemaan noin tasoa +0,75 m alemmaksi, ellei tule todella pitkää ja poikkeuksellista sateetonta kuivaa kautta. Rengasrouhekerroksen vesimäärä lisääntyy etupäässä asfaltille kertyvän sadeveden imeytyessä

enimmäkseen piennarmurskeen läpi tien rakennekerrokseen ja sitä kautta rengasrouherakenteeseen. Kun sivuojissa ja Ilolanjoessa vesipinta nousee yli +1,2 m, pääsee myös jokivettä rengasrouherakenteeseen. Tulva-aikana jokivedellä on siis huuhteleva vaikutus rengasrouheeseen. Pääasiassa rengasrouherakenteessa oleva vesi on varsin stabiilissa tilassa ja vedenpinnan vaihtelut johtuvat lähinnä sateiden määrästä.

Kohteen valmistumisen jälkeen tulvavesi on ilmeisesti vain yhden kerran huhtikuussa 1999 varsinaisesti "huuhdellut" rengasrouherakennetta (ks. kuva 9). Mittaustiedot joen pinnasta ovat kuvassa vuoden 2001 loppuun asti.



Kuva 9. Joesta ja tierakenteen lysimetristä mitattujen vesipintojen vaihtelu 1997-2001.

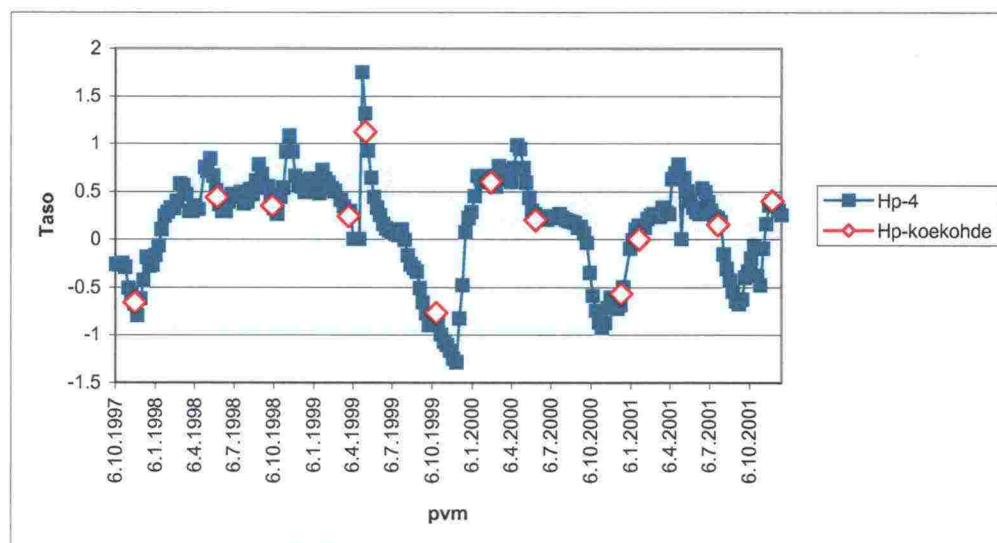
Vasemmassa sivuojassa noin pl:lla 1090 oleva "pato" aiheuttaa sen, että vasemmassa sivuojassa pl:lta 1090 pohjoisesta päin tulevat pintavedet ainakin osittain imeytyvät luiskatäyteen läpi rengasrouheeseen.

Pysyvästi vedenpinnan alapuolella on rengasrouhetta noin 1500–2000 m³rtr ja vedenpinnan "vaihteluvyöhykkeessä" (vesipinta +0,8...+1,2) noin 800-1000 m³rtr. Rengasrouherakenteen huokoisuus on noin 40 %, joten pysyvästi rakenteessa on vettä noin 600–800 m³ ja vaihteluvyöhykkeessä noin 300–400 m³. Vesi todennäköisesti jonkin verran liikkuu rakenteessa myös pystysuunnassa lämpötilaerojen ja pitoisuusvaihteluiden takia, mutta oletettavaa on, että tason +0,8 alapuolinen vesi ei juuri pääse "vaihtumaan" ja rengasrouheesta liukenevien aineiden pitoisuudet kasvavat tällöin ainakin teoriassa ajan myötä.

Tulva-aikana rengasrouhetta huuhtelevaan veteen liukenee pieniä määriä haitta-aineita. "Huuhteluvesi" purkautuu takaisin jokeen, mutta heti jokeen päästessä haitta-ainepitoisuudet laimenevat merkityksettömän pieniksi.

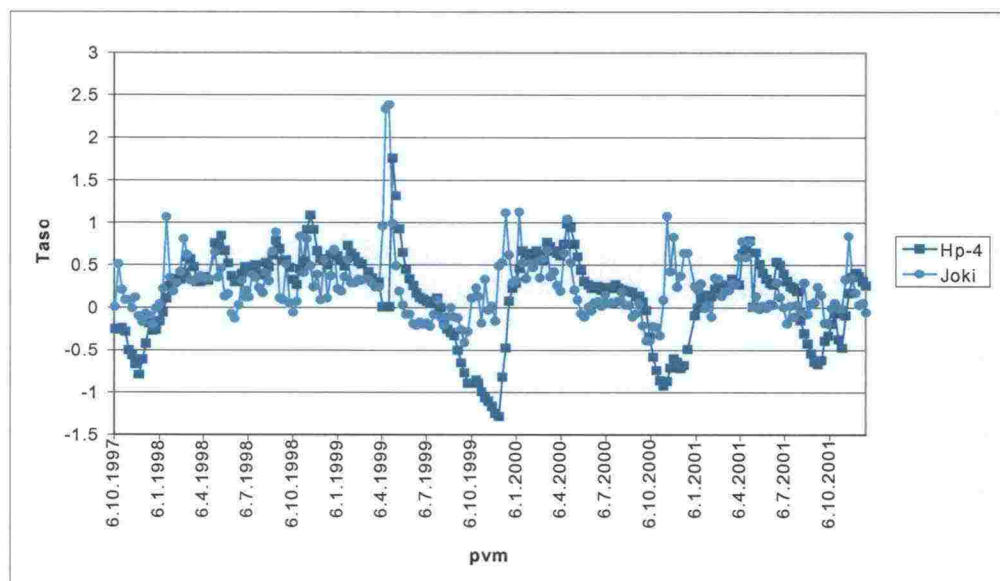
5.4 Pohjavesialueiden vesipinnat

Koekohteen Sannaisten pohjavesialueen ja Bölen pohjavesialueen välillä on todennäköisesti olemassa hydraulinen yhteys. Yhteys on olemassa myös pohjavesialueiden ja Ilolanjoen välillä. Vesipinnan gradientin suuruus ja suunta vaihtelee, johon voivat olla syynä välillisesti virtausolosuhteiden muutokset Ilolanjoessa ja vedenottamon käyttöaikojen vaihtelut.



Kuva 10. Vesipintojen vaihtelu Bölen vedenottamoalueella havaintoputkessa no 4 ja koekohteella Sannaisten pohjavesialueella.

Porvoon vesilaitoksen mukaan Bölen pohjavesialueella on todettu olevan hydraulinen yhteys Ilolanjokeen. Pohjavesivarasto täydentyi Ilolanjoen vesipinnan noustessa (kuva 11).



Kuva 11. Vesipinnan vaihtelu Bölen vedenottamoalueella ja Ilolanjoen vesipinta ajan funktiona.

5.5 Lysimetrien vesinäytteet

Liitteen 3 taulukoissa 1/5 ja 2/5 on esitetty kaikki lysimetrikaivosta analysoitujen vesinäytteiden tulokset vuosilta 1997–2003.

Veden metallipitoisuudet ovat olleet pieniä koko seurantajakson ajan. Veden sulfaattipitoisuus on korkealla tasolla lukuunottamatta lyhyttä jaksoa lokakuussa 1999 ja helmikuussa 2000, jolloin myös sähkönjohtavuus oli hieman alhaisemmalla tasolla, sekä toukokuussa ja lokakuussa 2003. Vedestä tehdyt aistinvaraiset havainnot viittaavat sen laadulliseen huononemiseen hapettomissa olosuhteissa.

Veden pH on vaihdellut koko seurannan aikana 3,4 ja 7,5 välillä. Vuosina 2001 ja 2002 pH on vaihdellut välillä 3,4– 5,9. Vuoden 2003 näytteenotoissa pH on ollut neutraali. Kaivon veden pH:n ja metalli- tai PAH -pitoisuuksien välillä ei ole selkeätä yhteyttä. pH-arvot eivät välttämättä kuvaa orsiveden laatua, koska vesi keräyskaivoon on tullut todennäköisesti heti edellisen näytteenoton jälkeen, ja on ollut koko näytteenottojen välisen ajan kontaktissa kaivossa olevan ilman hiilidioksidin kanssa. Tämä on voinut vaikuttaa pH-arvoon alentavasti (karbonoituminen).

Mangaanin ja raudan pitoisuudet ovat vaihdelleet voimakkaasti. Mangaanin pitoisuus on vaihdellut välillä 0,003– 5,6 mg/l. Rautapitoisuudessa on ollut hyvin voimakasta vaihtelua. Pienimmän ja suurimman pitoisuuden ero on noin 24 000 –kertainen. Kahtena viimeisenä seurantakautena vaihtelu on huomattavasti vähentynyt ja raudan pitoisuus on ollut noin 10 –kertainen juomaveden laatuvaatimukseen verrattuna. Raudan, mangaanin ja sulfaatin pitoisuusarvot ovat pääasiassa ylittäneet juomavedelle asetetut teknis-esteettiset arvot lukuun ottamatta kahta lyhyttä jaksoa. Määritetyt arvoista ei olisi juomavedessä terveydellistä haittaa.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätöksiin (STM no 74/1994 vuoteen 2001 saakka, ja STM no 461/2000 vuodesta 2001) verrattuna talousveden laatuvaatimuksista sisältyvien PAH -yhdisteiden pitoisuudet eivät ole ylittäneet laatuvaatitteita. Kaikkien analysoitujen PAH –yhdisteiden (24 kpl) kokonaispitoisuus lysimetrikaivon vedessä on vaihdellut välillä 65,4-815,19 ng/l. Suurimmat yli 200 ng/l olevat pitoisuudet ajoittuvat ajalle 2-4 vuotta rakentamisesta. PAHien kokonaispitoisuudet olivat viimeisen seurantakauden aikana talousvedelle annetun vaatimuksen tasolla eli välillä 0,10-0,12 µg/l. PAHien analyysimenetelmän määritysraja on muuttunut viimeisen vuoden aikana. Yksittäisten yhdisteiden osalta määritysrajat ovat kuitenkin noin 0,01 µg/l.

Tulosten perusteella rengasrouheesta liikenee jossain määrin rautaa, mangaania, sulfaatteja ja polyaromaattisia hiiliyhdisteitä. Raudan ja mangaanin pitoisuusvaihtelut ovat suuria. Sulfaattien liukeneminen on ollut seurantajaksolla melko tasaista alusta alkaen. Nyt kuusi vuotta rakentamisen jälkeen sulfaattien pitoisuus on laskenut alle 250 mg/l, tosin lyhyt alhaisen pitoisuuden jakso oli havaittavissa myös kaksi vuotta rakentamisen jälkeen. PAHien liukeneminen on nähtävissä alusta alkaen, ja ollut suurimmillaan 2-4 vuotta rakentamisesta.

5.6 Pohjavesinäytteet

Liitteen 3 taulukossa 3/5 on esitetty kootusti pohjavesiputkesta paalulla 1060 otettujen vesinäytteiden analyysitulokset ja taulukossa 4/5 paalulla 1080 sijaitsevan pohjavesiputken tulokset.

Pohjavedessä on ollut alun perin mitattavissa normaalia korkeammat pitoisuudet kuparia, lyijyä, rautaa, mangaaneja ja polyaromaattisia hiilivetyjä.

Lyijyn määrä pohjavedessä on selkeästi vähentynyt kokeen alussa saatuihin arvoihin verrattuna. Vuoden 1999 tuloksissa veden lyijypitoisuus täyttää talousvedelle asetetut terveydelliset laatuvaatimukset. Pohjaveden lyijypitoisuus johtunee läheisestä vt 7 liikenteestä ja on mahdollista, että lyijypitoisuus on laskenut lyijyllisten polttoaineiden vähentymisen takia.

Rautaa on pohjavedessä havaittu melko runsaasti jo ennen rakentamista, ja pitoisuus kasvoi kaksinkertaiseksi lokakuuhun 1998 mennessä. Tämän jälkeen rautapitoisuus on selvästi ollut pienempi.

Mangaanin pitoisuus on alussa ennen rakentamista ollut vain hieman alle juomavedelle asetetun teknis-esteettisen laatuavoitteen, mutta on siitä huomattavasti noussut kokeen aikana. Huuhtelujen ja uuden pohjavesiputken asentamisen jälkeen pitoisuus on aina ollut hieman pienempi. On mahdollista, että mangaania kertyy pienessä määrin pohjavesiputken pinnalle ja pohjavesiputken huuhtelu aina kaksi viikkoa ennen näytteenottoa antaisi oikeellisemmän tuloksen pohjaveden mangaanipitoisuudesta.

Veden sähkönjohtavuus on ollut rakentamisen jälkeen koko ajan huuhtelun jälkeistä tulosta lukuun ottamatta varsin korkea ja veden laatu tältäkin osin on huono.

Vesi on ollut yleensä harmahtavaa, hieman sameaa tai kirkasta ja hajutonta. Redox-potentiaali on ollut seurantajakson alussa korkeammalla tasolla kuin myöhemmin. Syksyllä 1999 näytteessä todettiin rikkiyhdisteiden hajua. Veden aistinvaraiset havainnot viittasivat siihen, että vesi on seissyt putkessa hapettomassa olotilassa. Pohjaveden pinta on tällöin myös varsin alhaalla verrattuna aikaisempiin näytteenottokertoihin mikä viittaa aikaisempaa vähäisempään pohjaveden muodostumiseen ja virtaukseen näytteenottoa edeltävinä aikoina.

Pohjavedessä havaittiin PAH -yhdisteitä ennen rakentamista. Myös talousvesiasetusten tarkoittamia PAH -yhdisteitä on ollut vuosina 1997–2000 pitoisuuksien vaihdellessa välillä 2,4–55 ng/l. PAH-pitoisuuksien kokonaispitoisuus on ollut selvästi kohonnut vuosina 1999–2000. Vuoden 2001 näytteenotoissa PAHien kokonaispitoisuudet olivat pienempiä. Vuoden 2002 näytteenotossa marraskuussa pitoisuus ylitti jälleen 100 ng/l. Vuoden 2003 näytteenotossa ei havaittu määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia, kokonaispitoisuuden määritysraja muuttui ollen 0,10 µg/l.

Teoriassa ja käytännössä rengasrouheesta liukenevat aineet eivät pääse 10–26 metrin paksuisen savikerroksen läpi varsinaiseen pohjaveteen, vrt. kuivatustarkastelu kohdassa 5.3.

5.7 Vesinäytteet Ilojanjoesta

Marraskuussa 2001 ja 2002 sekä toukokuussa ja marraskuussa vuonna 2003 otettiin vesinäytteet myös Ilojanjoesta (liite 3, taulukko 5/5). Näytepiste sijaitsee joessa paalulla 1060 sijaitsevasta pohjavesiputkesta kohtisuoraan. Piste on hieman ylävirtaan laskuojasta, joka lähtee koekohteen paalulla 1160 sijaitsevan rummun kohdalta. Näytteet on otettu noin 30 cm syvyydeltä. Vuosien 2001 ja 2002 näytteiden perusteella vedessä on kohonneita pitoisuuksia PAH -yhdisteitä ja myös bentso(a)pyreeniä. Vuonna 2003 PAH-yhdisteitä tai bentso(a)pyreeniä ei havaittu. Veden kuparipitoisuus poikkeaa myös normaalista (vrt. Suomen geokemian Atlas, osa 3. Purovedet ja sedimentit). Vuoden 2003 näyteenotossa toukokuussa vedessä havaittiin 0,001 mg/l lyijyä eli lievästi kohonnut pitoisuus. Sinkkipitoisuus on hieman kohonnut mutta tavanomainen, paitsi lokakuun 2003 mittauksessa pitoisuus oli hieman tavanomaista korkeampi. Mangaanin ja raudan pitoisuudet ovat koholla.

5.8 Rengasrouheen laskennallinen kuormitus Ilojanjokeen

Tulva-aikana rengasrouhetta huuhtelevaan veteen liukenee pieniä määriä haitta-aineita. "Huuhteluvesi" purkautuu takaisin jokeen, mutta heti jokeen päästessä haitta-ainepitoisuudet laimenevat merkityksettömän pieniksi. Rengasrouherakenteen vaikutusta pitoisuuksiin voidaan karkeasti laskea vuositasolla, hetkellistä vaikutusta ei tässä ole tarpeen tarkastella.

Sademäärä tien pinnalle: $350 \text{ m} * 6 \text{ m} * 0,65 \text{ m} = 1365 \text{ m}^3$

Oletetaan, että pientareen ja luiskatäyteen läpi imeytyy sadannasta 30 % rengasrouheeseen $= 410 \text{ m}^3$

Oletetaan, että veden haitta-ainepitoisuudet ovat vastaavat kuin lysimetrien vesinäytetulokset (liite 3, taulukot 1/5 ja 2/5) ja rengasrouhekerrosta vuoden aikana huuhdellut 410 m^3 vettä päätyy Ilojanjokeen:

Mn	1.2...5.6 mg/l * 410 * 1000 l	= 500 ...2300 g
Fe	2 ...120 mg/l * 410 * 1000 l	= 800...50000 g
Sulfaatti	60...860 mg/l * 410 * 1000 l	= 25000 ...350000 g
PAH	80...815 ng/l * 410 * 1000 l	= 33 ...340 mg

Ilojanjoen MQ = $2.6 \text{ m}^3/\text{s}$ $\rightarrow 8.2 * 10^{10} \text{ l/a}$

Rengasrouheen aiheuttama pitoisuuden lisäys laskettuna Ilojanjoen vuosivirtaamalle:

Mn	$6...30 * 10^{-6}$	mg/l
Fe	$1...60 * 10^{-5}$	mg/l
Sulfaatti	$3...14 * 10^{-4}$	mg/l
PAH-yhdisteet	$4...40 * 10^{-4}$	ng/l

5.9 Yhteenveto pohjavesialueen muista tutkimuksista 2001-2002

Porvoon kaupungin vesilaitos ja Tieliikelaitos tekivät alustavia hieman laajempia tutkimuksia pohjavesialueilla pohjavedestä löytyneiden kohonneiden PAH -pitoisuuksien selvittämiseksi.

Tieliikelaitos teki alustavia tutkimuksia pohjavesialueen laadusta välittömästi koekohteen pohjois- ja eteläpuolella olevista pohjavesiputkista. Pohjavesialueen pohjoispuolella on kolme Porvoon kaupungin vesilaitoksen havaintoputkea HP3, HP4 ja HP23, sekä eteläpuolella yksi havaintoputki HP515, jotka tyhjennettiin näytteenottoa varten joulukuussa 2000. Kaikissa putkissa havaittiin tyhjennysvaiheessa mustaa sakkaa ja mustaa vettä. Sakka oli kertynyt putkiin pitemmän ajan kuluessa muodostuman pintakerroksista. Veden antoisuus putkissa oli kuitenkin hyvä. Sakasta ja vedestä lähetettiin näytteet laboratorioon, sakassa havaittiin mineraaliöljyjä ja PAH -yhdisteitä. Vedestä analysoitiin yhdestä näytteestä PAH -yhdisteitä, ja niitä löytyi 517,19 ng/l.

Porvoon kaupunki teetti pohjavesialueesta tutkimuksen 27.11.2001, jossa näytteenotto oli rajoitettu samoihin pohjavesiputkiin. Myös tällöin, ennen vesinäytteenottoa, pumppauksen alussa vesi on ollut mustaa ja sameaa. Varsinaisissa näytteissä noin 30 min pumppauksen jälkeen ei havaittu mineraaliöljyjä. PAH -yhdisteiden kokonaispitoisuus kaikissa näytteissä oli 0,01 µg/l eli 10-11 ng/l. Pohjavesiputkien siiviläosien yläpää oli kahdessa havaintoputkista (HP4 ja HP515) noin 0,5–1,5 metriä näytteenottohetkellä mitatun pohjavesipinnan alapuolella. Öljy-yhdisteet havaitaan parhaiten pohjavesiputkista, joiden siiviläosien yläpää tavoittaa pohjavesipinnan. Yhdestä havaintoputkesta ei ole saatavilla tietoa siivilän asennustasosta. Ilolanjoesta läheltä koekohdetta, todennäköisesti paalulla 1160 olevan rummun kautta kulkevan laskuojan läheisyydestä otetussa vesinäytteessä, havaittiin lähellä määritysrajaa 0,01 µg/l oleva pitoisuus PAH -yhdisteitä.

5.10 Arvio rengasrouheen ympäristökelpoisuudesta

Lysimetrien keräyskaivosta otettujen vesinäytteiden haitta-ainepitoisuudet kuvaavat rengasrouhekerroksessa olevan orsiveden laatua. Rengasrouhekerroksesta osa on jatkuvasti orsivedessä ja orsivesi liuottaa jatkuvasti haitta-aineita. Orsiveden, sadevesien ja pintavesien määrällä on vaikutusta PAH -yhdisteiden, raudan ja mangaanin pitoisuuksiin. Analyysitulosten perusteella näyttäisi siltä, että sulfaattien pitoisuus on saavuttanut 250 mg/l alittavan tason kuusi vuotta rakentamisen jälkeen. 5-6 vuotta rakentamisen jälkeen raudan, mangaanin ja PAHien pitoisuudet ovat olleet pienempiä verrattuna 2–4 vuotta rakentamisen jälkeen havaittuihin huippupitoisuuksiin. Orsivesipinnan yläpuolisesta rengasrouheesta liukenemista tulee vielä tapahtumaan sadevesien ja pintavesien virratessa tierakenteen läpi, mutta todennäköisesti ainakin jatkuvasti orsivesikerroksessa olevasta rengasrouheesta liukenevat PAH -yhdistemäärät ovat laskemassa.

Orsiveden pinta ei vaihtelee kovin paljoa, ainoastaan rankimpien sateiden yhteydessä pintavedet ja tulvedet voivat nostaa vedenpintaa ja täten veden liuottava vaikutus veden liikkeestä johtuen kasvaa. Toisaalta suurempi vesimäärä voi laimentaa pitoisuuksia. Suurimman osan ajasta orsivesi todennäköisesti on varsin liikkumattomassa tilassa.

Orsiveden pinnan noustessa vesi purkautuu sivuojia pitkin koekohteen paalulle 1160, ja edelleen laskuojaa pitkin Ilolanjokeen. Ilolanjokeen laskuojaa myöten laskevan veden pitoisuudet ovat erittäin pienet, koska sadevedestä suurin osa valuu pintavaluntana päällysteeltä sivuoihin laimentaen rengasrouheen kanssa kosketuksissa olleen veden haitta-ainepitoisuudet.

Kuusi vuotta rakentamisen jälkeen raudan, mangaanin, ja PAH -yhdisteiden pitoisuudet ylittävät talousvedelle asetut vaatimukset. Orsivesi ei ole yhteydessä pohjavesimuodostumaan eikä orsiveden laatu vaikuta pohjavesimuodostuman laatuun koekohteen alueella.

Ilolanjoen vedessä havaittiin kahdella vuosien 2001 ja 2002 näytteenotto-kerroilla PAH -yhdisteitä ja bentso(a)pyreeniä, kun taas vuonna 2003 niitä ei havaittu. Joen vesi on hydraulisesti yhteydessä pohjavesialueisiin, ja todennäköisesti huonontaa näiden laatua ko. yhdisteiden suhteen. Pohjavedestä vuonna 2003 otetuissa näytteissä ei havaittu myöskään PAH -yhdisteitä, mikä viittaisi joki- ja pohjaveden laadun paranemiseen PAH -yhdisteiden osalta. Pohjavesialueilla vuosina 2001 ja 2002 tehtyjen tutkimusten perusteella ei vielä kuitenkaan ole täysin selvää, mistä kohonneet pitoisuudet pohjavesialueella johtuvat. Myös vedenottamalla on esiintynyt yhden näytteenoton yhteydessä PAH -yhdistettä. Jokivedessä havaittiin vuoden 2003 näytteenotossa ensimmäisen kerran havaittavissa oleva, kuitenkin Suomen taustapitoisuuksien tasolla oleva pitoisuus lyijyä. Myös sinkin pitoisuus oli lievästi kohonneella tasolla.

6 PÄÄTELMÄT JA EHDOTUS JATKOSEURANNASTA

Kantavuuden kasvu pysähtyi hetkellisesti vuoden 1999 jälkeen vuoden 2000 mittauksen perusteella. Vuonna 2003 kantavuus on sen sijaan parantanut huomattavasti ja on rengasrouheosuudella keskimäärin noin 100 % suurempi kuin heti koerakenteen valmistuttua. Teräsverkollisella osuudella vuonna 2003 mitattu keskimääräinen kantavuus on noin 80 % suurempi kuin kantavuus heti koerakenteen valmistuttua. Parantunut kantavuus johtuu todennäköisesti PAB -päällysteen jäykkyyden lisääntymisestä, rengasrouheen tiivistymisestä ja kumikappaleiden välisten kosketuskohtien "tyssäntymisestä" johtuvasta E-moduulin paranemisesta.

Tien painuminen on ollut ennakoitua suurempaa. Rengasrouherakenteen keskimääräinen painuma oli kuusi vuotta rakenteen valmistumisen jälkeen vuonna 2003 noin 140 mm ja teräsverkko-osuuden noin 100 mm. Vuonna 1997 laadittuun painuma-arvioon verrattuna rengasrouheosuuden painuma on 59 % ja teräsverkko-osuuden 15 % suurempi kuin ennustettu painuma, joka on alle 90 mm. Painumalaskelmassa ei ole otettu huomioon rengasrouherakenteen kokoonpuristumista, joka on mittausten mukaan ollut päällystämisen jälkeen vähäistä (ehkä noin 10 mm). Alimmillaan noin 170 m matkalla tien pinta on tasolla +2,3...+2,4. Jokiveden pinnan korkeus on mitattu vaihtelevan tasolla -0,5...+1,1 ja kerran, keväällä 1999, jokiveden pinta on ollut tasolla +2,4. Suurin paikallinen painuma (220 mm) on paalulla 1160, jossa sijaitsee halkaisijaltaan 500 mm muovirumpu. Rumpu on perustettu kiviainesarinalle ja kohta on lujitettu kahdella geovahvisteella. Rummun kohdalla käytetyt geovahvisteet ovat tyypiltään sellaisia, että suurin vetovoima saavutetaan vasta suhteellisen suurella venymällä. Voidaan arvioida, että lujitteet ovat alkaneet toimia suunnitellulla tavalla vasta nyt, kun rumpu on

painunut ympäristöään enemmän. Tähän perustuen painuman korjaustavaksi sopii painuman tasaaminen päällystemassalla.

Teknisesti tie on toiminut suunnitellulla tavalla, kantavuuden suhteen jopa suunniteltua paremmalla tavalla. Kantavuus- ja painumamittauksia voidaan harventaa entisestään esim. toteutettavaksi vain joka toinen vuosi.

Rengasrouherakenteeseen asennettujen lysimetrien keräilykaivosta mitattuna orsiveden rauta - ja mangaanipitoisuudet sekä PAH -yhdisteiden pitoisuudet ovat hieman laskeneet 2–4 vuotta rakentamisen jälkeen tavatuista huippupitoisuuksista. Rengasrouherakenteen kanssa yhteydessä oleva orsivesi ei ole yhteydessä pohjavesimuodostumaan eikä orsiveden laadun taten pitäisi vaikuttaa pohjavesimuodostuman laatuun koekohteen alueella. Rengasrouherakenteesta huuhtoutuu vettä laskuojan kautta Iloanjokeen tulvien aikana. Laskennallinen kuormitus Iloanjokeen on erittäin pieni. Joessa esiintyvät taustapitoisuudet ylittävät rengasrouherakenteesta aiheutuvan laskennallisen kuormituksen.

Pohjaveden laadussa olleiden häiriöiden vuoksi ja vuoden 2000–2002 lisätutkimusten tulosten perusteella kahdella pohjavesialueella olisi syytä ryhtyä laajempiin tutkimuksiin ja pilaantumislähteiden kartoitukseen kunnan, vesilaitoksen ja muiden toimijoiden toimesta. Pilaantumisen selvitystyö ehdotetaan tehtäväksi rengasrouherakenteen ympäristöseurannasta erillisenä tarkasteluna, jossa toimittaisiin kuitenkin yhteistyössä mm. näytteenoton ohjelmoinnin suhteen.

Ehdotus jatkoseurannaksi vuosille 2004-2007 on esitetty taulukossa 9. Tien teknistä seuranta jatketaan painumavaaituksin ja kantavuusmittauksin; potentiometrejä ei suositella enää mitattavaksi. Mittaukset tehdään kesäkuussa vuosina 2005 ja 2007.

Ympäristöseuranta jatketaan luvan edellyttämällä aikataululla vuoteen 2007 asti. Näytteenottokertoja ehdotetaan harvennettavaksi. Vuonna 2004 otetaan yksi näyte lokakuussa lysimetrikaivosta ja pohjavesiputkesta, samoin kuin vuonna 2005 ja viimeinen näyte otetaan lokakuussa 2007 kymmenen vuotta rakentamisen jälkeen. Näytteenotto-ohjelma tarkistetaan tulosten perusteella vuosittain, eli ohjelmaa tarkistetaan, mikäli näytetuloksissa havaitaan jotain trendistä poikkeavaa. Taustapitoisuusnäytteiden ottamisesta Iloanjoesta luovutaan ja pelkkä pohjavesitulokset tässä suhteessa katsotaan riittäväksi, koska nämä ovat hydraulisesti yhteydessä toisiinsa.

Taulukko 9. Seurantamittaukset vuosina 2004-2007.

SEURANTA-MITTAUS	2004	2005	2006	2007
Painumavaaitus		kesäkuu		kesäkuu
Kantavuusmittaukset		kesäkuu		kesäkuu
Ympäristövaikutukset Vesinäytteet: kaivo+uusi pvpputki	lokakuu	lokakuu		lokakuu

Paalu	2.10.1997		14.10.1997		6.11.1997		14.1.1998		18.4.1998		1.8.1998		1.10.1998		7.4.1999		4.8.1999		1.12.1999		vko 21/2000		vko 31/2000		vko 49/2000		vko 47/2001		vko 43/2003	
	korkeus [m]		kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]	kork. [m]	ero [mm]
1300	2.336		2.327	-9.3	2.328	0.8	2.321	-5.4	2.312	-14.5	2.297	-29.7	2.291	-35.7	2.290	-36.4	2.281	-46.1	2.268	-58.9	2.263	-63.8	2.264	-62.8	2.252	-74.4	2.224	-102.8	2.205	-121.6
	2.564		2.556	-7.7	2.557	0.5	2.554	-2.5	2.544	-12.8	2.538	-18.2	2.533	-23.3	2.533	-23.8	2.524	-32.5	2.513	-43.3	2.508	-48.1	2.510	-46.4	2.497	-59.1	2.489	-67.3	2.455	-101.6
	2.656		2.641	-15.7	2.652	11.7	2.648	7.5	2.642	1.0	2.635	-5.3	2.630	-10.3	2.629	-11.6	2.621	-19.3	2.611	-29.3	2.607	-33.5	2.609	-31.4	2.598	-43.0	2.585	-55.7	2.557	-83.7
1310			2.312	-0.5	2.311	-0.5	2.300	-12.3	2.297	-15.3	2.282	-30.1	2.275	-37.0	2.267	-44.6	2.256	-55.6	2.242	-70.0	2.234	-78.0	2.237	-75.3	2.225	-87.0	2.220	-91.6	2.175	-137.4
			2.525		2.526	0.4	2.531	5.8	2.525	-0.3	2.511	-14.6	2.515	-10.6	2.503	-22.0	2.499	-26.1	2.483	-42.5	2.485	-40.4	2.479	-46.1	2.472	-53.6	2.466	-58.9	2.443	-82.0
			2.620		2.620	0.2	2.617	-2.5	2.613	-6.6	2.607	-12.1	2.602	-17.8	2.606	-13.4	2.595	-24.3	2.586	-33.7	2.583	-36.7	2.585	-34.7	2.574	-46.0	2.558	-61.2	2.537	-82.9
1320			2.336		2.339	2.9	2.346	10.3	2.363	27.2	2.309	-26.9	2.305	-30.9	2.361	25.4	2.284	-51.6	2.275	-60.6	2.266	-70.2	2.268	-68.4	2.257	-78.5	2.273	-63.4	2.191	-144.6
			2.495		2.494	-1.2	2.509	13.3	2.516	20.7	2.484	-11.4	2.485	-10.1	2.511	15.4	2.468	-27.1	2.458	-36.9	2.455	-40.2	2.455	-39.8	2.445	-50.1	2.434	-61.1	2.409	-86.5
			2.589		2.592	3.2	2.599	9.4	2.624	34.8	2.582	-7.7	2.580	-8.8	2.623	33.9	2.573	-16.4	2.565	-24.0	2.560	-28.9	2.564	-25.6	2.553	-36.2	2.547	-42.4		
1330	2.413		2.408	-4.5	2.412	3.4	2.420	12.1	2.437	28.2	2.398	-10.7	2.398	-9.9	2.434	25.5	2.387	-21.4	2.379	-29.2	2.375	-33.4	2.378	-30.6	2.366	-42.2	2.357	-51.7	2.323	-85.4
	2.512		2.508	-4.6	2.510	2.1	2.521	13.8	2.538	30.6	2.498	-9.3	2.506	-1.9	2.536	28.1	2.488	-19.9	2.479	-28.5	2.479	-29.0	2.473	-34.9	2.473	-35.0	2.460	-47.2	2.437	-70.2
	2.617		2.613	-4.3	2.616	3.3	2.627	13.6	2.662	49.0	2.607	-6.1	2.608	-5.3	2.657	43.7	2.593	-20.3	2.586	-26.8	2.580	-32.5	2.585	-27.7	2.574	-39.2	2.592	-20.5	2.532	-81.4
1340			2.460		2.458	-2.6	2.460	-0.1	2.479	19.3	2.449	-11.1	2.448	-12.3	2.480	19.8	2.441	-19.1	2.433	-27.3	2.429	-31.0	2.433	-27.0	2.422	-37.8	2.426	-34.6	2.381	-78.7
			2.517		2.516	-0.8	2.545	28.1	2.553	36.4	2.508	-8.8	2.522	4.9	2.552	35.4	2.503	-13.4	2.491	-25.3	2.494	-22.6	2.497	-20.1	2.489	-28.1	2.492	-25.2	2.466	-51.0
			2.662		2.672	9.5	2.682	19.8	2.714	51.5	2.665	2.5	2.672	9.1	2.718	55.7	2.660	-2.6	2.653	-9.1	2.651	-11.9	2.655	-7.0	2.643	-19.0	2.642	-20.1	2.613	-49.3
1350			2.569		2.561	-8.5	2.559	-10.4	2.573	3.9	2.554	-15.1	2.552	-17.5	2.576	6.5	2.549	-20.0	2.539	-30.6	2.536	-33.7	2.539	-30.3	2.527	-42.2	2.531	-38.1	2.482	-87.3
			2.602		2.590	-12.3	2.621	18.7	2.636	34.6	2.584	-17.8	2.594	-7.8	2.638	36.3	2.580	-22.1	2.570	-31.8	2.572	-29.6	2.573	-28.5	2.558	-44.1	2.575	-26.5	2.535	-66.7
			2.716		2.716	-0.3	2.727	10.8	2.751	35.4	2.708	-8.1	2.715	-1.3	2.751	34.9	2.708	-8.1	2.699	-16.6	2.698	-18.0	2.702	-13.9	2.689	-27.3	2.690	-26.5	2.657	-59.1
1360	2.619		2.615	-4.0	2.618	3.2	2.620	5.0	2.625	10.4	2.610	-5.4	2.610	-4.9	2.622	7.3	2.603	-12.1	2.594	-20.7	2.592	-23.5	2.596	-19.0	2.582	-33.2	2.576	-39.1	2.537	-78.2
	2.676		2.671	-4.1	2.674	2.9	2.707	35.8	2.716	44.5	2.666	-5.9	2.678	6.2	2.719	47.7	2.660	-11.3	2.651	-20.2	2.647	-24.8	2.653	-18.8	2.638	-33.2	2.636	-35.3	2.620	-51.9
	2.730		2.726	-3.7	2.730	3.3	2.742	16.1	2.762	35.8	2.722	-4.3	2.729	2.5	2.758	31.2	2.718	-8.5	2.708	-18.5	2.705	-21.1	2.711	-15.7	2.696	-30.0	2.692	-34.7	2.660	-66.7
1370			2.621		2.630	8.7	2.641	19.4	2.645	23.6	2.621	-0.4	2.626	5.0	2.642	20.5	2.607	-14.8	2.603	-18.3	2.600	-21.5	2.599	-22.3	2.590	-31.8	2.589	-32.0	2.541	-80.6
			2.738		2.740	2.0	2.778	39.7	2.785	47.5	2.735	-2.9	2.755	17.3	2.788	50.0	2.733	-5.0	2.720	-17.7	2.720	-17.7	2.720	-17.7	2.723	-14.8	2.706	-32.2	2.682	-55.8
			2.713		2.715	2.6	2.736	23.1	2.752	39.7	2.708	-4.3	2.721	8.1	2.753	40.3	2.705	-7.3	2.696	-16.3	2.693	-19.5	2.699	-13.3	2.684	-28.1	2.684	-29.0	2.643	-69.4



SUUNNITTELUKESKUS OY
YMPÄRISTÖLABORATORIO

Tutkimustodistus Nro VEJV1423/2003
18.3.2004/1

Tieliikelaitos/Jorma Immonen
Kumirouherakenteen vesitutkimus VT7 Ilola-Sannainen
Näytteenottopäivä: 13.10.2003
4000-C3520/2003/3425-3427

Numeroiden selitys:

3425 Ilola-Sannainen, lysimetrien keräilykaivo pl 1060
3426 Ilola-Sannainen, pohjavesiputki pl 1080
3427 Ilolanjoki

Määrittäminen	Laatu	Menetelmä	3425	3426	3427
Syvyys	m				0.1
Vedenkorkeus putken päästä	m		-1.33	-3.01	
Lämpötila	°C	Eloh.mittari	10.9	6.6	6.9
Liukoinen kromi ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001	<0.001	<0.001
Liukoinen kupari ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.005	0.002	0.009
Liukoinen lyijy ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001	<0.001	<0.001
Liukoinen mangaani ¹⁾	mg/l	ICP-MS	1.9	0.35	0.19
Liukoinen rauta ¹⁾	mg/l	ICP-MS	2.8	0.29	0.19
Liukoinen sinkki ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.006	14	0.018
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	160		70
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+227	+219	
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	76	111	31
pH-luku		SFS 3021	7.0	7.6	6.5
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	GC-MS	ks.liite	ks.liite	ks.liite
Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872	28	<2	29

Muut määrittämislaboratoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio

LAUSUNTO

Metallit määritetty suodatetuista näytteistä (suodatin 45 mikrometriä).
PAH-yhdisteiden tulokset ovat liitteenä.

Lysimetrikaivon vesi oli kellertävää ja haisi hieman rikkivedeyttä.
Pohjavesiputken näyte otettiin akkukäyttöisellä oppopumpulla. Vettä vaihdettiin pumppaamalla 20 minuuttia nopeudella 0,1 l/s. Putken antoisuus oli hyvä.
Ilolanjoen vesi oli sameaa ja lievästi rushtavan harmaata.

Heidi Mustalahti
insinööri AMK, kemian- ja ympäristötekniikka

Tiedoksi:

Tieliikennelaitos Konsultointi Etelä-Suomen yksikkö
Jorma Immonen
PL 157
00521 Helsinki

HELSINGIN KAUPUNKI
Ympäristökeskus
Ympäristölaboratorio



TUTKIMUSTODISTUS
Päivä: 03.11.03

Sivu: 1

Suunnittelukeskus Oy
ympäristölaboratorio
Haverinen Paula
Pl 68
00521 HELSINKI

Tutkimuksen syy Tilausnäyte
Näytteen ottaja Tilaaajan toimesta otettu näyte

Näyttenumero	Näyte	Näytteenottoaika	Ottopvm	Saap.pvm	Tutk.al.pvm
1)	2003-07988-1	Vesi, 3425		131003	221003
2)	2003-07988-2	Vesi, 3426		131003	221003
3)	2003-07988-3	Vesi, 3427		131003	201003

Tutkimus	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Yksikkö	Menetelmä
Alkuaineiden määrittely ICP-MS:llä					ISO/DIS 17294-1
Kromi, Cr	<0,001	<0,001	<0,001	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Kupari, Cu	0,005	0,002	0,009	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Lyijy, Pb	<0,001	<0,001	<0,001	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Mangaani, Mn	1,9	0,35	0,19	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Sinkki, Zn	0,006	0,003	0,018	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Rauta, Fe	2,8	0,29	0,19	mg/l	* SFS 5074, 5502
PAH-yhdisteet, allamainitut yht (laskeutettu vesi)	0,12	<0,1	<0,1	µg/l	GCMS 4
- Naftaleeni (semikvantitatiivinen)	<0,015	<0,015	<0,015	µg/l	GCMS 4
- 2-Metyyli-naftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- 1-Metyyli-naftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Bifenyyli	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- 2,6-Dimetyyli-naftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Asenaftyleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Asenafeeni	0,02	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- 2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	ei analys	ei analys	ei analys	µg/l	GCMS 4
- Fluoreeni	0,07	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Fenantreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 3
- 1-Metyylifenantreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Bentso(a)antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Kryseeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Bentso(b)fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	* GCMS 4
- Bentso(k)fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	* GCMS 4
- Bentso(e)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Bentso(s)pyreeni	<0,003	<0,003	<0,003	µg/l	GCMS 4
- Peryleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Indaani(1,2,3-cd)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	* GCMS 4
- Dibentso(a,h)antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GCMS 4
- Bentso(ghi)peryleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	* GCMS 4

*) Menetelmä on FINAS akkreditoitu. Akkreditointi ei koske lausuntoa.
Mittausepävarmuudet liitteessä

Lisätietoja antaa: Kemisti Timo Lukkarinen 7312 2665
kemisti Timo Vartiola 7312 2656



Laboratoriopäällikkö Seppo Ahonen 7312 2660

Henkilötiedot rekisteröidään LimsBOSS-ympäristölaboratorion ympäristö- ja elintarvikkeenäytteiden tietojärjestelmään.
Järjestelmän rekisteriseloste on nähtävissä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kirjassa osoitteessa
Helsinginkatu 24 ja internetissä osoitteessa www.hel.fi/rekisteriseloste

Asiakirjan osittainen kopioiminen kielletty. Testausulos koskee vain tutkittua näytettä.

Postiosoite Käyntiosoite
PL 500 Helsinginkatu 24 (09) 7312 1 (Vaihe)
00099 HELSINGIN KAUPUNKI 00530 Helsinki (09) 7312 2655 (Fax)



HELSINGIN KAUPUNKI
Ympäristökeskus
Ympäristölaboratorio



TUTKIMUSTODISTUS
Päivä: 03.11.03

Sivu: 2

Liite Analyysien mittausepävarmuudet

Analyysi	Yksikkö	Mittausalueen rajat	Epävarmuus
Kromi, Cr	(mg/l)	0,001 -	20 %
Kupari, Cu	(mg/l)	0,001 -	20 %
Lyijy, Pb	(mg/l)	0,001 -	20 %
Mangaani, Mn	(mg/l)	0,001 -	20 %
Sinkki, Zn	(mg/l)	0,002 -	20 %
- Naftaleeni (semikvantitatiivinen)	(µg/l)	0,015 -	40 %
- 2-Metyylinaftaleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- 1-Metyylinaftaleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bifenyyli	(µg/l)	0,01 -	30 %
- 2,6-Dimetyylinaftaleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Asenaftaleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Asenafteni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- 2,3,5-Trimetyylinaftaleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Fluoreeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Fenantreeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Antraseeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- 1-Metyylifenantreeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Fluoranteeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Pyreeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bentso(a)antraseeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Kryseeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bentso(b)fluoranteeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bentso(k)fluoranteeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bentso(e)pyreeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bentso(a)pyreeni	(µg/l)	0,003 -	30 %
- Peryleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Indaani(1,2,3-cd)pyreeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Dibentso(a,h)antraseeni	(µg/l)	0,01 -	30 %
- Bentso(ghi)peryleeni	(µg/l)	0,01 -	30 %



Henkilötiedot rekisteröidään LimsBOSS-ympäristölaboratorion ympäristö- ja elintarvikenäytteiden tietojärjestelmään. Järjestelmän rekisteriseloste on nähtävissä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kirjaamossa osoitteessa Helsinginkatu 24 ja internetissä osoitteessa www.hel.fi/rekisteriseloste

Asiakirjan osittainen kopioiminen kielletty. Testausulos koskee vain tutkittua näyettä.

Postiosoite
PL 500
00099 HELSINGIN KAUPUNKI

Käyntiosoite
Helsinginkatu 24
00530 Helsinki

(09) 7312 1 (Vaihde)
(09) 7312 2655 (Fax)



SUUNNITTELUKESKUS OY
YMPÄRISTÖLABORATORIO

Tutkimustodistus Nro VEJV1425/2003

18.3.2004/1

Tieliikelaitos/Jorma Immonen
Kumirouherakenteen vesitutkimus VT7 Ilola-Sannainen
Näytteenottopäivä: 15.5.2003
4000-C3520/2003/1391-1393

Numeroiden selitys:

1391 Ilola-Sannainen, lysimetrien keräyskaivo pl 1060
1392 Ilola-Sannainen, pohjavesiputki pl 1080
1393 Ilolanjoki

Määrittys	Laatu	Menetelmä	1391	1392	1393
Syvyys	m				0.1
Vedenkorkeus putken päästä	m		-1.5	-3.57	
Lämpötila	°C	Eloh.mittari	5.0	6.8	11.2
Liukoinen kromi ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001	<0.001	<0.001
Liukoinen kupari ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.003	<0.001	0.005
Liukoinen lyijy ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001	<0.001	0.001
Liukoinen mangaani ¹⁾	mg/l	ICP-MS	1.5	0.22	0.12
Liukoinen rauta ¹⁾	mg/l	ICP-MS	2.1	0.020	0.100
Liukoinen sinkki ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.010	0.004	0.009
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	110	17	33
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+231	+252	+255
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	61	67	17
pH-luku		SFS 3021	7.1	7.6	7.0
Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872	11	<2	17
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	GC-MS	ks.liite	ks.liite	ks.liite

Muut määrittäyslaboratoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio

LAUSUNTO

Lysimetrikaivossa veden pinnalla oli vähän epäselvää kalvoa, vesi oli lievästi oranssin väristä ja sisälsi paljon oransseja hiutaleita. Vesi oli hajutonta. Näytteenoton jälkeen kaivosta pumpattiin viereiseen ojaan vettä noin 70 litraa.

Pohjavesiputkea pumpattiin veden vaihtamiseksi ennen näytteenottoa 20 minuutin ajan antoisuudella 5 l/min. Vesi oli kirkasta, väritöntä ja hajutonta.

Jokiveden näyte otettiin rannalta käsin.

Redox-tulokset on muunnettu vetyelektrodiasteikolle. PAH-tulokset ovat liitteenä.

Heidi Mustalahti

Heidi Mustalahti
insinööri AMK, kemian- ja ympäristötekniikka

Tiedoksi:

SCC Viatek
Erja Vallila
PL 3, Piispanmäentie 5
02241 ESPOO

SUUNNITTELUKESKUS OY
Opastinsilta 6, PL 68, 00521 HELSINKI
Puh. (09) 15 641, fax. (09) 1564 353

www.suunnittelukeskus.fi
ALV.REK, krno 794.040, FI 1607860-3



HELSINGIN KAUPUNKI
Ympäristökeskus
Ympäristölaboratorio



TUTKIMUSTODISTUS
Päivä: 16.06.03

Sivu: 1

Suunnittelukeskus Oy
Paula Haverinen

PL 68
00521 HELSINKI

Tutkimuksen syy Tilausnäyte
Näytteen ottaja Tilaajan toimesta otettu näyte

Näyttenumero	Näyte	Näytteenottopaikka	Ottopvm	Saap.pvm	Tutk.al.pvm
1)	2003-03609-1	Vesi 1391		160503	230503
2)	2003-03609-2	Vesi 1392		160503	230503
3)	2003-03609-3	Vesi 1393		160503	230503

Tutkimus	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3	Yksikkö	Menetelmä
PAH-yhdisteet, allamainitut yhteensä	0,1	<0,02	<0,02	µg/l	GC/MS 4
- Naftaleeni	<0,02	<0,02	<0,02	µg/l	GC/MS 4
- 2-Metyylinaftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- 1-Metyylinaftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Bifenyylit	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- 2,6-Dimetyylinaftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Asenaftyleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Asenafteni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- 2,3,5-Trimetyylinaftaleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Fluoreeni	0,03	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Fenantreeni	<0,03	<0,03	<0,03	µg/l	GC/MS 4
- Antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 3
- 1-Metyylifenantreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Fluoranteeni	<0,04	<0,04	<0,04	µg/l	GC/MS 4
- Pyreeni	<0,03	<0,03	<0,03	µg/l	GC/MS 4
- Bentso(a)antraseeni	<0,02	<0,02	<0,02	µg/l	GC/MS 4
- Kryseeni	<0,02	<0,02	<0,02	µg/l	GC/MS 4
- Bentso(b)fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Bentso(k)fluoranteeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Bentso(e)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Bentso(a)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Peryleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Indaani(1,2,3-cd)pyreeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Dibentso(a,h)antraseeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
- Bentso(ghi)peryleeni	<0,01	<0,01	<0,01	µg/l	GC/MS 4
Kromi, Cr	<0,001	<0,001	<0,001	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Kupari, Cu	0,003	<0,001	0,005	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Lyijy, Pb	<0,001	<0,001	0,001	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Mangaani, Mn	1,5	0,22	0,12	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Sinkki, Zn	0,010	0,004	0,009	mg/l	* ISO/DIS 17294-2
Rauta, Fe	2,1	0,020	0,100	mg/l	* SFS 5074, 5302

*) Menetelmä on FINAS akkreditoitu. Akkreditointi ei koske lausuntoa.
Mittausepävarmuudet liitteessä

Lisätietoja antaa: Kemisti Timo Lukkarinen 7312 2665
kemisti Timo Vartiola 7312 2656

Seija Kalso
laboratorionyhteyshenkilö Seija Kalso 7312 2630

Henkilötiedot rekisteröidään LimsBOSS-ympäristölaboratorion ympäristö- ja elintarvikenäytteiden tietojärjestelmään.
Järjestelmän rekisteriseloste on nähtävissä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kirjaamossa osoitteessa
Helsinginkatu 24 ja internetissä osoitteessa www.hel.fi/rekisteriseloste

Asiakirjan osittainen kopioiminen kielletty. Testaustulos koskee vain tutkittua näytettä.

Postiosoite
PL 500
00099 HELSINGIN KAUPUNKI

Käyntiosoite
Helsinginkatu 24
00530 Helsinki

(09) 7312 1 (Vaihde)
(09) 7312 2655 (Fax)



HELSINGIN KAUPUNKI
Ympäristökeskus
Ympäristölaboratorio



TUTKIMUSTODISTUS
Päivä: 16.06.03

Sivu: 3

Liite Analyysien mittausepävarmuudet

Analyysi	Yksikkö	Mittausalueen rajat	Epävarmuus
Kromi, Cr	(mg/l)	0,001 -	20 %
Kupari, Cu	(mg/l)	0,001 -	20 %
Lyijy, Pb	(mg/l)	0,001 -	20 %
Mangaani, Mn	(mg/l)	0,001 -	20 %
Sinkki, Zn	(mg/l)	0,002 -	20 %

Henkilötiedot rekisteröidään LimsBOSS-ympäristölaboratorion ympäristö- ja elintarvikenäytteiden tietojärjestelmään. Järjestelmän rekisteriseloste on nähtävissä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kirjaamossa osoitteessa Helsinginkatu 24 ja internetissä osoitteessa www.hel.fi/rekisteriseloste

Asiakirjan osittainen kopioiminen kielletty. Testaustulos koskee vain tulkittua näytettä

Postiosoite

PL 500

00099 HELSINGIN KAUPUNKI

Käyntiosoite

Helsinginkatu 24

00530 Helsinki

(09) 7312 1 (Vaihe)

(09) 7312 2655 (Fax)

Tutkimustodistus Nro VEJV1807/2001
24.3.2004/1



Tieliikelaitos
Erja Vallila
Geosuunnittelu
PL 157
00521 Helsinki

Tieliikelaitos

Vt7 Porvoo-Koskenkylä Ilola-Sannainen

Näytteenottopäivä: 26.11.2001 Työn aloituspäivä: 26.11.2001

Näytteenottaja: SKOY/Hannu Paukkunen

4000/01102/2001/4197-4199

Numeroiden selitys:

4197 Lysimetrien keräyskaivo

4198 Ilolanjoki piste 1060

4198 Pohjavesiputki pl 1080

Määrittäminen	Laatu	Menetelmä	4197	4198	4199
Syvyys	m				0.5
Vedenkorkeus putken päästä	m		-1.60	-2.62	
Lämpötila	°C	Eloh.mittari	5.6	6.2	0.4
Liukoinen kromi ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001	0.002	0.001
Liukoinen kupari ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.003	0.001	0.005
Liukoinen lyijy ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Liukoinen mangaani ¹⁾	mg/l	ICP-MS	2.7	0.19	0.12
Liukoinen rauta ¹⁾	mg/l	SFS5074 GAAS	2.3	0.053	0.37
Liukoinen sinkki ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.007	0.002	0.008
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	360	18	28
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	87	60	16
pH-luku		SFS 3021	5.1	7.1	6.9
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	GC-MS	ks.laus.	ks.laus.	ks.laus.
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+217	+224	+222
Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872	15	2	9


Muut määrityslaboratoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio

LAUSUNTO

TÄMÄ RAPORTTI KORVAA AIKAISEMMAN 16.1.2002 PÄIVÄTYN RAPORTIN.
REDOX-TULOS ON LASKENNALLISESTI MUUTETTU VETYELEKTRODIASTEIKOLLE.

Liukoisten metallien pitoisuudet tutkittiin suodatetusta (0,45 µm) vedestä.

PAH-yhdisteiden tulokset ovat liitteenä.


Kari Kamppi
MMK, limnologi



SUUNNITTELUKESKUS OY

YMPÄRISTÖTUTKIMUS

Tieliikelaitos
Erja Vallila
Geosuunnittelu
PL 157
00521 Helsinki

Tieliikelaitos**Vt7 Porvoo-Koskenkylä Ilola-Sannainen**

Näytteenottopäivä: 24.7.2001

Työn aloituspäivä: 25.7.2001

Näytteenottaja: SKOY/AEn & KKa

4000/01102/2001/2359

Numeroiden selitys:

2359 Pohjavesiputki 1080

Määrittäminen	Laatu	Menetelmä	2359
Vedenkorkeus putken päästä	m		-2.87
Lämpötila	°C	Eloh.mittari	7.0
Liukoinen kromi ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.004
Liukoinen kupari ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.001
Liukoinen lyijy ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.0005
Liukoinen mangaani ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.28
Liukoinen rauta ¹⁾	mg/l	SFS3047 FAAS	0.15
Liukoinen sinkki ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.002
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	23
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	73
pH-luku		SFS 3021	7.3
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	HPLC fluores	ks.liite
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+244
Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872	4

Muut määrittämislaboratoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio


LAUSUNTO

TÄMÄ RAPORTTI KORVAA AIKAISEMMAN 29.8.2001 PÄIVÄTYN RAPORTIN.

MUUTOS: REDOX-TULOS ON LASKENNALLISESTI MUUNNETTU VETYELEKTRODIASTEIKOLLE.

Vesi oli kirkasta, väritöntä ja lievästi rikkivedyn hajuista. PAH-tulokset ovat liitteenä.

Näyte otettiin akkukäyttöisellä uoppopumpulla. Veden vaihtamiseksi vettä pumpattiin n. 70 litraa ennen näytteen ottamista.


Kari Kamppi
MMK, limnologi

Tutkimustodistus Nro VEJV1028/2001
24.3.2004/1



Tieliikelaitos
Erja Vallila
Geosuunnittelu
PL 157
00521 Helsinki

Tieliikelaitos

Vt7 Porvoo-Koskenkylä Ilola-Sannainen

Näytteenottopäivä: 18.7.2001

Työn aloituspäivä: 19.7.2001

Näytteenottaja: SKOY/AEn

4000/01102/2001/2309

Numeroiden selitys:

2309 Lysimetrien keräilykaivo

Määrittäminen	Laatu	Menetelmä	2309
Vedenkorkeus putken päästä	m		-1.70
Lämpötila	°C	Eloh.mittari	16.1
Liukoinen kromi ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001
Liukoinen kupari ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.010
Liukoinen lyijy ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001
Liukoinen mangaani ¹⁾	mg/l	ICP-MS	4.4
Liukoinen rauta ¹⁾	mg/l	SFS5074 GAAS	28
Liukoinen sinkki ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.018
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	650
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	160
pH-luku		SFS 3021	3.4
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	GC-MS	ks.liite
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+570
Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872	8

Muut määrittämisselätoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristöselätorio

LAUSUNTO

TÄMÄ RAPORTTI KORVAA AIKAISEMMAN 29.8.2001 PÄIVÄTYN RAPORTIN.


MUUTOS: REDOX-TULOS ON LASKENNALLISESTI MUUTETTU VETYELEKTRODIASTEIKOLLE.

pH oli alhainen. pH-määrittämisselätyksiä tehtiin kaksi rinnakkaista, ja tulos oli kummassakin sama.

Pohjavesien yleiseen tasoon verrattuna sulfaatti-, rauta- ja mangaanipitoisuus ja sähkönjohtokyky olivat korkeita. Liukoiset metallit on määrittetty suodatetusta (0,45 µm) vedestä. PAH-tulokset ovat liitteenä.

Lysimetrikaivon vesi vaihdettiin myöhemmin eli 24.7.2001 pumppaamalla 20 minuutin ajan tuotolla 10 l/min. Kaivon vesipinta ei laskenut havaittavissa määrin pumppauksen seurauksena.

Alueen pohjavesiputken näyte otettiin 24.7.2000. Tulokset ovat erillisessä raportissa.


Kari Kamppi
MMK, limnologi

Tutkimustodistus Nro VEJV167/2000

24.3.2004/1



SUUNNITTELUKESKUS OY

YMPÄRISTÖTUTKIMUS

Tielaitos Konsultointi
Jorma Immonen
PL 157
00521 Helsinki

Tielaitos**Vt7 Porvoo-Koskenkylä Ilola-Sannainen**

Näytteenottopäivä: 17.2.2000

Työn aloituspäivä: 18.2.2000

Näytteenottaja: SKOY/Hannu Paukkunen

0000/01102/2000/253-255

Numeroiden selitys:

253 Pohjavesiputki 1060

255 Pohjavesiputki 1080

254 Lysimetrien keräilykaivo

Määrittäminen	Laatu	Menetelmä	253	254	255
Vedenkorkeus putken päästä	m		-2.06	-1.62	-2.42
Lämpötila	°C	Eloh.mittari	5.5	2.4	5.4
Liukoinen kromi ¹⁾	µg/l	ICP-MS	6	6	<2
Liukoinen kupari ¹⁾	µg/l	ICP-MS	<2	<2	3
Liukoinen lyijy ¹⁾	µg/l	ICP-MS	<0.5	<0.5	<0.5
Liukoinen mangaani ¹⁾	µg/l	ICP-MS	930	3	80
Liukoinen rauta ¹⁾	µg/l	SFS3047 FAAS	29	21000	6
Liukoinen sinkki ¹⁾	µg/l	ICP-MS	3	5	10
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	<1	63	48
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	226	80	48
pH-luku		SFS 3021	7.5	7.0	7.6
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	HPLC fluores	ks.liite	ks.liite	ks.liite
Kiintoaine	mg/l	SFS-EN 872	12	74	5
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+261	+282	+177

Muut määrittämislaboratoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio

LAUSUNTO

TÄMÄ RAPORTTI KORVAA 16.3.2000 PÄIVÄTYN RAPORTIN.

MUUTOS: REDOX-TULOS ON LASKENNALLISESTI MUUNNETTU VETYELEKTRODIASTEIKOLLE.

Metallit on määritetty suodatetusta (0,45 µm) vedestä.

Kromipitoisuudet olivat hieman kohonneet putkessa 1060 ja kaivossa. Sähkönjohtokyky oli putkessa 1060 korkea, kaivossa melko korkea ja putkessa 1080 jonkin verran kohonnut. Sulfaattipitoisuus oli kohonnut kaivossa ja putkessa 1080.

pH oli pohjavesien perustasoa korkeampi kummassakin putkessa.

PAH-tulokset ovat liitteinä.

Tulosten jakelu: Fundus Oy/Veli-Matti Uotinen, Melkonkatu 9, 00210 Helsinki.

Kari Kamppi
MMK, limnologi

Tutkimustodistus Nro VEJV1563/1999
24.3.2004/1



SUUNNITTELUKESKUS OY

YMPÄRISTÖTUTKIMUS

Tielaitos Konsultointi Etelä-Suomen yksikkö
Mikko Smura
PL 157
00521 Helsinki

Tielaitos Konsultointi Etelä-Suomen yksikkö
Vesinäytteet, rengasrouhekoerakenne PT 11863 Ilola-Sannainen
Näytteenottopäivä: 14.10.1999 Työn aloituspäivä: 15.10.1999
Näytteenottaja: Suunnittelukeskus Oy/Hannu Paukkunen
0000/01102/1999/3795-3796

Numeroiden selitys:
3795 Pohjavesi havaintoputki pl 1060 3796 Lysimetrien keräilykaivo

Määrittäminen	Laatu	Menetelmä	3795	3796
Vedenkorkeus putken päästä	m		-3.49	-1.75
Liukoinen kromi ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.002	<0.001
Liukoinen kupari ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.029	0.010
Liukoinen lyijy ¹⁾	mg/l	ICP-MS	<0.001	<0.001
Liukoinen mangaani ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.81	2.2
Liukoinen rauta ¹⁾	mg/l	SFS5074 GAAS	<0.25	20
Liukoinen sinkki ¹⁾	mg/l	ICP-MS	0.014	0.010
Sulfaatti SO ₄	mg/l	Komitea 1968	8.0	79
Sähkönjohtavuus 25 °C	mS/m	SFS-EN 27888	170	74
pH-luku		SFS 3021	7.2	7.0
Redox-potentiaali	mV	Vetyelektrod	+146	+91
PAH (polyarom. hiilivedyt) ¹⁾	µg/l	GC-MS	liite	liite

Muut määrityslaboratoriot: 1) Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristölaboratorio

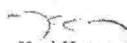
LAUSUNTO

TÄMÄ RAPORTTI KORVAA AIKAISEMMAN 15.11.1999 PÄIVÄTYN RAPORTIN.
MUUTOS: REDOX-TULOS ON LASKENNALLISESTI MUUNNETTU VETYELEKTRODIASTEIKOLLE.

Putken pl 1060 antoisuus oli hyvä. Veden ulkonäkö oli hieman samea ja lievästi harmaa. Vedessä oli vähän rikkivedyn tyyppistä hajua. Sähkönjohtokyky oli erittäin korkea.

Lysimetrien keräilykaivossa vesi oli sameaa ja vahvasti ruskean väristä. Vedessä ja kaivossa oli rautasakkaa. Vedessä oli vähän hajua jota voisi kuvata ehkä hieman öljymäiseksi. Sähkönjohtokyky ja sulfaatti- ja rautapitoisuus olivat korkeita.

PAH-yhdisteet on määritetty CH₂Cl₂-uuttoa ja GC-MS-menetelmää käyttäen. Tulokset ovat liitteenä.


Kari Kamppi
MMK, limnologi

Taulukko 1/5. Lysimetrikaivon vesinäyteenanalyysitulokset vuosilta 1997-2001

	Menetelmä	Yksikö	11/97 -1*	11/97 -2*	5/98	10/98	5/99	10/99	2/00	05/00	01/01	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 74, v, 1994]	
												terveydelliset	teknisteettiset
Kromi, Cr	SFS 5074,550	mg/l	0,005	0,005	0,004	0,005	<0,002	<0,001	0,006	0,001	<0,001	0,05	
Kupari, Cu	SFS 5074,550	mg/l	0,044	0,031	0,025	0,047	0,13	0,010	<0,002	0,003	0,039	--	1
Sinkki, Zn	SFS 3044,304	mg/l	0,12	0,068	0,91	0,15	0,17	0,010	0,005	0,007	0,0443	--	3
Lyijy, Pb	SFS 5074,550	mg/l	<0,001	<0,001	0,005	0,004	<0,002	<0,001	<0,005	<0,0005	0,0018	0,01	
Mangaani, Mn	SFS 5074,550	mg/l	1,2	1,2	4,7	3,7	1,7	2,2	0,003	0,008	5,6	--	0,05
Rauta, Fe	SFS 5074,550	mg/l	0,23	0,22	84	6,5	0,005	20	21	120	12,7	--	0,2
Sulfaatti, SO₄²⁻	ISO/DIS 10304	mg/l	370	380	600	590	215	79	63	860	650	--	²⁾ 150
pH	SFS 3021	-	7,5	7,4	6,46	5,93	6,5	7,0	7,0	6,6	3,4	--	²⁾ 6,5-9,5
Sähkönjohtavuus	SFS 3022	mS/m	152	152	146	128	58	74	80	190	170	--	²⁾
Redox-potentiaali	vetyelektrodi	mV	222	223	108	164	-	+91	+282	-45	-	--	--
Kiintoaine	SFS-EN 872	mg/l							74				
PAH-yhdisteet (kokonaispitoisuus)	CH ₂ Cl ₂ -uutto, GC/MS	ng/l	174,2	184,6	98,6	207,2	200	804	815,19	299	379	³⁾ 200	
^{3) 5)} PAH-yhdisteet	CH ₂ Cl ₂ -uutto, GC/MS	ng/l	11,2	10,1	5,6	8,3		72,87	n,d	n,d	16	200	
^{4) 5)} Benzo(a)pyreeni	CH ₂ Cl ₂ -uutto, GC/MS	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	⁴⁾ 0,7	

1) 11/97 otettiin keräyskaivosta kaksi näytettä

2) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähkönjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.

3) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

4) WHO Guideline (tulokset 1997-2000)

5) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

n.d.: ei todettu

Taulukko 2/5. Lysimetrikaivon vesinäyteanalyysitulokset vuosilta 2001-2003

	Menetelmä	Yksikkö	07/01	11/01	11/02	05/03	10/03	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 461, v. 2000]	
								Laatuvaatimukset	Laatutavoitteet
Kromi, Cr	SFS 5074,550	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,050	
Kupari, Cu	SFS 5074,550	mg/l	0,010	0,003	0,002	0,003	0,005	2,0	
Sinkki, Zn	SFS 3044,304	mg/l	0,018	0,007	0,020	0,010	0,006	--	--
Lyijy, Pb	SFS 5074,550	mg/l	<0,001	<0,0005	<0,0005	<0,001	<0,001	0,010	
Mangaani, Mn	SFS 5074,550	mg/l	4,4	2,7	2,0	1,5	1,9	--	0,050
Rauta, Fe	SFS 5074,550	mg/l	28	2,3	2,1	2,1	2,8	--	0,200
Sulfaatti, SO₄²⁻	ISO/DIS 10304	mg/l	650	360	330	110	160	--	250
pH	SFS 3021	-	3,4	5,1	5,9	7,1	7,0	--	6,5-9,5
Sähkönjohtavuus	SFS 3022	mS/m	160	87	90	61	76	--	250
Redox-potentiaali	vetyelektrodi	mV	+570	+217	415	+231	+227	--	--
Kiintoaine	SFS-EN 872	mg/l	8	15	3	11	28	--	--
PAH-yhdisteet (kokonaispitoisuus)	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	65,2	200	104	0,10 µg/l	0,12µg/l	⁵⁾ 100	
^{3) 5)} PAH-yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	n.d.	n.d.	n.d.	<80	<80	⁵⁾ 100	
^{4) 5)} Benzo(a)pyreeni	CH2Cl2-uutto, GC/MS	µg/l	<0,003	<0,003	<0,003	<0,01	<0,003	⁵⁾ 0,010	

1) 11/97 otettiin keräyskaivosta kaksi näytettä

2) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähkönjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.

3) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

4) WHO Guideline (tulokset 1997-2000)

5) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

n.d.: ei todettu

Taulukko 3/5. Pohjavesiputken pl 1060 vesinäyteanalyysitulokset vuosilta 1997-2000.

	Menetelmä	Yksikö	8/97	1)		5/98	10/98	5/99	10/99	2/00	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset		Pohjaveden laatu
			"0-näyte"	11/97-1	11/97-2							Terveystieteelliset	Teknisteettiset
Kromi, Cr	SFS 5074,550	mg/l	0,003	0,006	0,003	0,003	0,004	<0,002	0,002	0,006	0,05		
Kupari, Cu	SFS 5074,550	mg/l	0,022	0,057	0,03	0,13	0,31	0,012	0,029	<0,002	--	1	
Sinkki, Zn	SFS 3044,304	mg/l	0,08	0,44	0,22	0,61	0,31	0,30	0,014	0,003	--	3	
Lyijy, Pb	SFS 5074,550	mg/l	0,084	0,058	0,031	0,021	0,021	0,003	<0,001	<0,005	0,01		Sopimaton jos > 50 µg
Mangaani, Mn	SFS 5074,550	mg/l	0,044	0,33	0,71	0,91	1,1	0,018	0,81	0,93	--	0,05	
Rauta, Fe	SFS 5074,550	mg/l	1,4	2,2	2,2	2,4	2,7	0,41	<0,25	0,029	--	0,2	
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	ISO/DIS 10304	mg/l	26,9	22	17	20	1,1	15,7	8,0	<1	--	2) 150	
pH	SFS 3021	-	7,06	7,29	7,32	7,55	7,7	6,6	7,2	7,5	--	2) 6,5-9,5	
Sähkönjohtavuus	SFS 3022	mS/m	23,4	72,7	160	210	267	16	170	226	--	2)	Huono >30, < 50 mS/m
Redox-potentiaali	DIN 38 404	mV	310	280	174	333	257	-	-59	56	--	--	Huono < 200 mV
PAH-yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	56,5	186,5	71,2	19,4	47,7	<50	582	289,45	3) (200)		
3) 5) PAH-yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	20,3	12,1	11,7	2,4	4,6		55,02	10,26	200		
4) 5) Benzo(a)pyreeni	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l									4) 700		

1) 11/97 otettiin keräyskaivosta kaksi näytettä

2) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähkönjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.

3) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

4) WHO Guideline (tulokset 1997-2000)

5) Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

n.d.: ei todettu

Taulukko 4/5. Pohjavesiputken pl 1080 vesinäyteanalyysitulokset 2000-2003.

	Menetelmä	yks,	2/00	05/00	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 74, v. 1994]		07/01	11/01	11/02	05/03	10/03	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 461, v. 2000]	
					Terveydelliset tai laatuvaatimukset	Teknis-esteettiset/laatusuosituksukset						Laatuvaatimukset	Laatu-tavoitteet
Kromi, Cr	SFS 5074,550	mg/l	<0,002	0,003	0,05		0,004	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,050	
Kupari, Cu	SFS 5074,550	mg/l	0,003	0,002	--	1	0,001	0,001	0,001	<0,001	0,002	2,0	
Sinkki, Zn	SFS 3044,304	mg/l	0,003	0,004	--	3	0,002	0,003	0,002	0,004	14	--	--
Lyijy, Pb	SFS 5074,550	mg/l	0,010	<0,0005	0,01		<0,0005	<0,005	<0,0005	<0,001	<0,001	0,010	
Mangaani, Mn	SFS 5074,550	mg/l	0,08	0,57	--	0,05	0,28	0,24	0,19	0,22	0,35	--	0,050
Rauta, Fe	SFS 5074,550	mg/l	0,006	0,17	--	0,2	0,15	0,37	0,053	0,020	0,29	--	0,200
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	ISO/DIS 10304	mg/l	48	31	--	²⁾ 150	23	18	18	17	--	--	250
pH	SFS 3021	-	7,6	7,2	--	²⁾ 6,5-9,5	7,3	7,5	7,1	7,6	7,6	--	6,5-9,5
Sähkönjohtavuus	SFS 3022	mS/m	48	81	--	²⁾	73	84	60	67	111	--	250
Redox-potentiaali	vetyelektrodi	mV	+177	+4	--	--	+244	+224	W19	+252	+219	--	--
PAH-yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	246,98	123,26	³⁾ (200)		23,2	112	32	<0,20 µg/l	<0,10 µg/l	⁵⁾ (100)	
^{3) 5)} PAH-yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	9,18	15,56	³⁾ 200		n.d., <40	n.d., <40	n.d., <40	<0,20 µg/l	<0,10 µg/l	⁵⁾ 100	
^{4) 5)} Benzo(a)pyreeni	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l			⁴⁾ 700		n.d., <3,0	n.d., <3,0	n.d., <3,0	<10	<3	⁵⁾ 10	

²⁾ Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: tavoite-arvot turvattaessa talousveden hyvä laatu: sulfaatti < 50, sähkönjohtavuus < 40, pH 7,0-8,8.

³⁾ Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 74/1994: fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, benzo(a)pyreenistä, indeno(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni

⁴⁾ WHO Guideline (tulokset 1997-2000)

⁵⁾ Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni. Benzo(a)pyreenille asetettu laatuvaatimus 0,010 µg/l.

n.d. = ei todettu, W = analyysin tulos epävarma

Taulukko 5/5. Jokiveden laatu 2001-2003.

	Menetelmä	yks.	11/01 Jokivesi PI 1060 (26.11.01)	11/01 ⁶⁾ Jokivesi Piste xxxx (27.11.01)	11/02 Jokivesi PI 1060	05/03 Jokivesi PI 1060	10/03 Jokivesi PI 1060	Talousvedelle asetetut laatuvaatimukset [Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 461, v. 2000]	
								Laatuvaatimukset	Laatutavoitteet
Kromi, Cr	SFS 5074,550	mg/l	-	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,050	
Kupari, Cu	SFS 5074,550	mg/l	-	0,003	0,005	0,005	0,009	2,0	
Sinkki, Zn	SFS 3044,304	mg/l	-	0,003	0,008	0,009	0,018	--	--
Lyijy, Pb	SFS 5074,550	mg/l	-	<0,0005	<0,0005	0,001	<0,001	0,010	
Mangaani, Mn	SFS 5074,550	mg/l	-	0,046	0,12	0,12	0,19	--	0,050
Rauta, Fe	SFS 5074,550	mg/l	-	1,1	0,37	0,100	0,19	--	0,200
Sulfaatti, SO ₄ ²⁻	ISO/DIS 10304	mg/l	-	27	28	33	70	--	250
pH	SFS 3021	-	-	7,4	6,9	7,0	6,5	--	6,5-9,5
Sähkön- johtavuus	SFS 3022	mS/m	-	30	16	17	31	--	250
Redox- potentiaali	vetyelektrodi	mV	-	428	W17	+255	--	--	--
PAH- yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	11	58	180	<0,02µg/l	<0,10 µg/l	⁵⁾ (100)	
^{3) 5)} PAH- yhdisteet	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	n.d., <40	n.d.<40	n.d.<40	<0,02 µg/l	<0,10 µg/l	⁵⁾ 100	
^{4) 5)} Benzo(a)pyreeni	CH2Cl2-uutto, GC/MS	ng/l	n.d., <10	4,8	4,6	<10	<3	⁵⁾ 10	

⁵⁾ Sosiaali- ja terveysministeriön päätös no 461/2000: benzo(b)fluoranteeni, benzo(k)fluoranteeni, indaano(123-cd)pyreeni ja benzo(ghi)peryleeni. Benzo(a)pyreenille asetettu laatuvaatimus 0,010 µg/l.

⁶⁾ jokivesi, analyysin tehnyt Paavo Ristola Oy

n.d. = ei todettu, W = analyysin tulos epävarma