

Matti Matinheikki

Tiesuolauksen ja vaarallisten aineiden kuljetusten aiheuttama riski pohjavesialueille



1992

Alkusanat

Tämä selvitys on osa Oulun tiepiirin ympäristön tilaselvitystä, joka käynnistyi vuoden 1992 alussa. Tilaselvityksellä pyritään hakemaan perustieto tieympäristön nykytilasta, yleisten teiden merkityksestä ympäristölle. Selvityksen tuottaman tiedon perusteella on tarkoitus kehittää tienpidon ympäristöllistä laatua.

Tämän pohjavesia koskevan selvityksen on laatinut Oulun tiepiirissä tekniikan ylioppilas Matti Matinheikki. Vaarallisten aineiden kuljetustiedot on selvittänyt Jyrki Sasi LT-konsultit Oy:stä. Työn ohjauksesta ovat vastanneet geohydrologi Mikko Jaako Oulun vesi- ja ympäristöpiiristä ja ympäristösuunnittelija Ismo Karhu Oulun tiepiiristä. Teknisten palvelujen vastuualue ja teialueet ovat hankkineet työssä tarvittuja lähtötietoja. Näytteiden analyysit on tehty Oulun vesi- ja ympäristöpiirin Vesilaboratoriossa.



Tielaitos
Kirjasto

Doknro: 940188
Nidenro: 940273

Sisältö

1	JOHDANTO	4
	1.1 Tavoitteet	4
	1.2 Taustaa	4
	1.3 Tutkimusaineisto	4
2	SUOLAN KÄYTÖN TAUSTAA	4
	2.1 Natrium- ja kalsiumkloridi	4
	2.2 Tiesuolauksen vaikutukset	5
	2.2.1 Vaikutukset pintavesiin	5
	2.2.2 Vaikutukset pohjavesiin	5
	2.3 Tausta-arvot	6
3	LIUKKAUDEN TORJUNTA	6
	3.1 Suolan käyttö	6
	3.2 Pölynsidonta	8
	3.3 Hiekoitus	10
4	TULOKSET POHJAVESIALUEITTAIN	12
	4.1 Tärkeät pohjavesialueet	12
	4.2 Kaivot	33
5	TUTKIMUSTULOSTEN KÄSITTELY	35
	5.1 Tärkeät pohjavesialueet	35
	5.2 Kaivot	36
	5.3 Tulevaisuudessa käyttöönotettavat pohjavesialueet	38
6	VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUKSET	39
	6.1 VAK-virrat	39
	6.2 Vaarallisten aineiden aiheuttamat riskit	40
7	YHDISTETTY RISKIN ARVIOINTI	44
	7.1 Riskiluku	44
	7.2 Pohjavesialueiden tarkastelu	46
	7.3 Onnettomuustodennäköisyys pohjavesialueilla	47
8	YHTEENVETO	48
9	KIRJALLISUUSLUETTELO	50
10	LIITTEET	51

1. JOHDANTO

1.1 Tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Oulun tiepiirin alueella suolattavien teiden läheisyydessä olevien pohjavesialueiden ja vedenottamoiden Cl-pitoisuuden kehitystä mahdollisimman pitkältä aikaväliltä, todeta ne kohteet, joiden pohjaveden laatuun tiesuolaus on vaikuttanut ja esittää toimenpide-ehdotuksia, joilla tilanne voidaan joko korjata tai estää pohjaveden laadun heikentyminen edelleen. Työhön liitettiin myös vaarallisten aineiden kuljetusten aiheuttaman pohjavesiriskin arviointi.

Kaivojen osalta tavoitteena oli kartoittaa nykytilanne ja todentaa ne ongelmakaivot, joissa kloridipitoisuus ylittää tiesuolauksen seurauksena talousvedelle asetetun laatutavoitteen, 100 mg/l. Selvityksen jälkeen kloridipitoisuuden seuranta jatketaan niissä kaivoissa, joissa pitoisuus ylittää 100 mg/l tai, joissa pitoisuuden katsotaan tiesuolauksen vaikutuksesta selvästi kohonneen.

1.2 Taustaa

Oulun tiepiiri tutki kesällä 1992 01.05-30.09 välisenä aikana tiesuolauksen vaikutusta alueellaan oleviin tärkeisiin pohjavesialueisiin, vedenottamoihin ja yksittäisten talouksien kaivoihin, joiden pohjaveden muodostumisalueella tai sen läheisyydessä on suolattava tie.

Oulun tiepiirin alueella tutkittiin tiesuolauksen vaikutusta pohjaveden laatuun yhteensä 19 pohjavesialueella ja 28 vedenottamolla. Vedenottamoiden lisäksi selvitettiin suolauksen vaikutusta 101 suolattavan tien läheisyydessä olevaan kaivoon ja 15 pohjavesiputkeen.

1.3 Tutkimusaineisto

Tiepiirin ottamien näytteiden lisäksi aineistoa kerättiin Oulun vesi- ja ympäristöpiiristä, vesiyhtiöiltä, terveystarkastajilta ja kaivojen omistajilta. Suurimmassa osassa tapauksista vedenottamoilta ei löytynyt tietoa kloridipitoisuudesta, jolloin kuvaa Cl-pitoisuuden kehityksestä tai trendistä on mahdotonta muodostaa. Näissä tilanteissa jouduttiin turvautumaan johtokyvyn ja muiden veden suolapitoisuutta kuvaavien aineiden kehitykseen pohjavesialueella. Analyysitulokset vedenottamoilta ovat liitteellä 2 ja kaivoista liitteellä 3.

2. SUOLAN KÄYTÖN TAUSTAA

2.1 Natrium- ja kalsiumkloridi

Liukkauden torjunnassa käytettävä suola on suurelta osalta natriumkloridia, joka on hyvin vesiliukoinen ja normaaliolosuhteissa haihtumaton. Liukoisuutensa takia suola muodostaa uhan pohjavesille, jonne

se rikastuu. Talvisuolaus, jossa käytetään suolaa tai suolahiekkaa, voi vaikuttaa haitallisesti pinta- ja pohjaveteen sekä maaperän kautta edelleen kasvillisuuteen.

Kalsiumkloridi on kalsiumhydroksidin ja suolahapon suola, jolla on kyky sitoa itseensä kosteutta. Pohjaveteen joutuessaan se lisää veden suola-aineksia ja korroosiota. Kalsiumkloridia käytetään pölynsidontaan sorateilla.

2.2 Tiesuolauksen vaikutukset

Maaperään joutuessaan maantiesuola nostaa kloridipitoisuutta, sähkönjohtokykyä, pH:ta, natrium- ja kalsiumpitoisuutta. Jos vesi on kovaa ja sulfaattipitoista, on todennäköistä, että veden kloridipitoisuus on luonnostaan korkeampi. Kesäsuolaus vaikuttaa kovuuteen. Maaperän suolapitoisuus riippuu suolauksen määrästä, maatyypistä, maan kosteudesta, haihdunnasta, sadannasta, alueen geologiasta ja pintavalunnasta. Suolan konsentraatio maaperässä riippuu siinä olevista pohja- ja vajoveistä. Eri tutkimuksissa on todettu maaperän suolapitoisuuksien olevan suurimmillaan tien vieressä ja maan pintaosissa vähentyen mentäessä kauemmas ja syvemmälle maaperään. Suolapitoisuuden on todettu laskevan maaperässä taustatasolle n. 30 metrin päässä tiestä (Hofstra ja Smith).

2.2.1 Vaikutukset pintavesiin

Pintavedet ovat suhteellisen tunteettomia suolapitoisuuden vaihtelulle lukuunottamatta pienimpiä puroja ja oja. Kuitenkin volyymitään pienissä ja matalissa järvissä suolan voimakas lisääntyminen ja kertyminen järveen voi hidastaa veden pystysuuntaista vuodenaikaiskiertoa ja aiheuttaa näin happikatoa. Kierron hidastuminen johtuu raskaamman suolapitoisen veden joutumisesta makean veden alle ja järven syvänteisiin.

2.2.2 Vaikutukset pohjavesiin

Suola joutuu sohjon ja lumen sulamisen yhteydessä tien ympäristöön, jolloin natriumkloridi voi suotautua vesiliukoisena maahan ja pohjaveteen. Suolapitoisuuden lisääntyminen pohjavesialueella riippuu monesta tekijästä: pohjavesialueen laajuudesta, pohjavedenpinnan korkeudesta, pohjaveden virtauksesta, alueen geologiasta, sadannasta, tien ja akviferin välisestä etäisyydestä ja tiellä käytetystä suolamäärästä.

2.3 Tausta-arvot

Suomessa on tehty muutamia laajoja pohjaveden laatua koskevia tutkimuksia koskien kaivoja ja harjuja. Edellä mainittuja tutkimuksia ovat Sipilän (1989), Wäreén (1959) Lahermon (1989) ja Natukan (1961) tekemät tutkimukset. Sipilän, Lahermon ja Wäreén tutkimukset käsittelivät kaivoveden laatua ja Natukan harjujen pohjavesien laatua. Viimeisin kaivovesien laatua valtakunnallisesti tutkinut selvitys, Kaivo -90, on valmistunut elokuussa tänä vuonna. Natukan mukaan kloridin keskiarvo Suomen harjujen pohjavesissä on 7,5 mg/l ja sähkönjohtavuuden 10,3 mS/m.

Taulukko 1. Kaivoveden laatu Suomessa. Viimeisessä sarakkeessa Oulun tiepiirin selvityksen keskiarvot.

Akviferin aines	Lahermo et. al. (1989)				Korkka-Niemi (1990)		Selvitys
	Hk ja Sr ka. md.	Mr ka. md.	Savi ka. md.	ka.	md.	ka.	
Sähk.joht. (mS/m)	20,6 15,0	23,7 19,5	38,3 32,7	21,3	17,6	25,26	
Cl-pit. (mg/l)	15,4 7,2	17,1 9,0	25,8 13,4	10,8	5,3	25,51	

3. LIUKKAUDEN TORJUNTA

Oulun tiepiirissä pelkän suolan käyttö liukkauden torjuntaan alkoi 60-luvun puolessavälissä. Ensimmäisenä Oulun tiepiirissä suolan käytön tien liukkauden torjuntaan aloitti Kempeleen tiemestari-piiri, joka toimi kokeilualueena vuosina 1964-65. Hiekan seassa suola käytettiin jo 50-luvulla.

3.1 Suolan käyttö

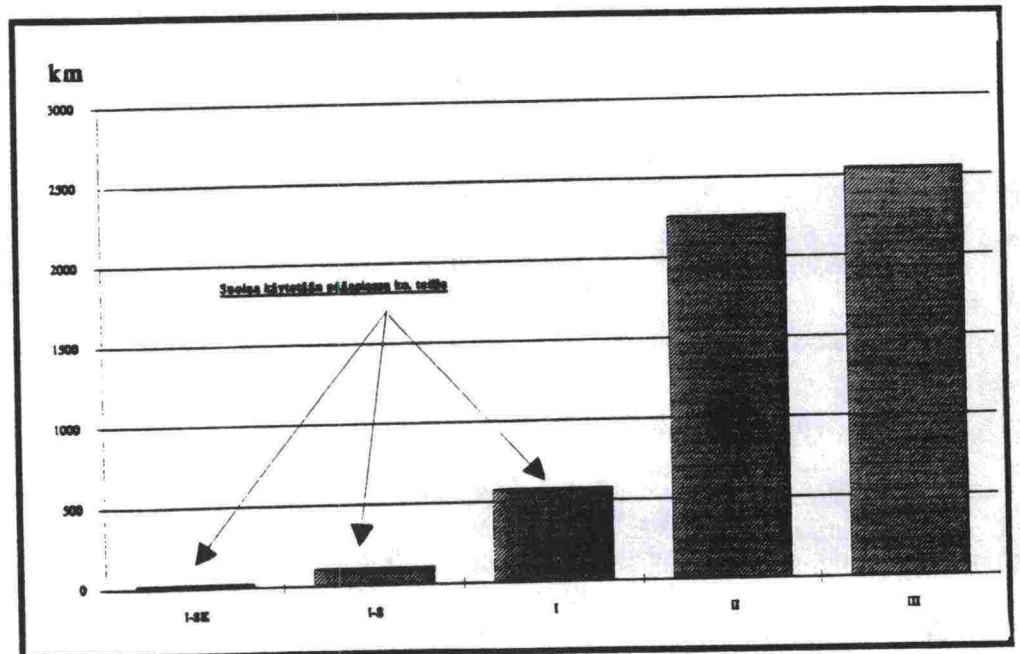
Oulun tiepiirin käyttämät suolamäärät ovat viimeisenä viitenä vuonna vaihdelleet välillä 1608 ja 4607 t/v. Tielaitoksen käyttämistä suolan kokonaismäärästä Oulun tiepiirin osuus oli vuonna -91 3,3 %. Tiepiirin liukkauden torjuntaan käyttämät suolamäärät ovat siis varsin pieniä, samoin kuin kolmen muun pohjoisimman tiepiirin, Keski-pohjanmaan-, Kainuun- ja Lapin tiepiirin käyttämät suolamäärät, joiden yhteenlaskettu osuus on 5,2 % Tielaitoksen käyttämästä suolamäärästä (liite 7. Viiden pohjoisimman suolausmäärien kehitys vuosina 1986-91). Syynä vähäiseen käyttöön ovat pohjoisen sijainnin johdosta pienemmät nollakelien määrät, Etelä-Suomea alhaisemmat liikennemäärät ja esim. Oulun tiepiirissä osassa tiepiiriä olevat poronhoitoalueet, jotka rajoittavat suolausta merkittävästi.

Tiepiirin alueella oleva tiestö jakautuu kunnossapitoluokkiin seuraavasti:

IS-2 ajor.	20,9 km
IS-1 ajor.	107,9 km
1-ik	574,3 km
2-ik	2260,0 km
3-ik	1207,5 km

Suolattavia teitä on Oulun tiepiirin alueella yhteensä 624,8 km, jotka jakaantuvat eri hallintoluokkaisille teille seuraavasti: valtatiet 480,5 km, kantatiet 109,2 km ja maantiet 35,1 km.

Kuva 1. Oulun tiepiirin alueella olevien teiden jakautuminen kunnossapitoluokkiin.

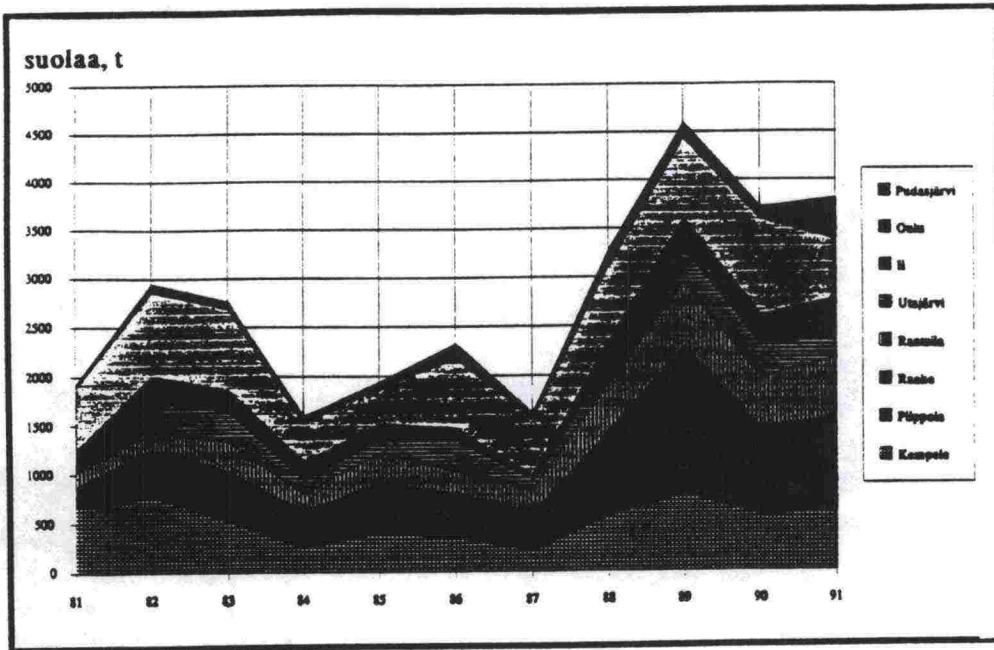


Oulun kymmenestä tiemestaripiiristä kahdessa, Kuusamon ja Taivalkosken, ei liukkauden torjuntaan käytetä pelkkää suolaa, vaan suolahiekkää. Syynä tähän on mm. porotalous, joka rajoittaa suolan käyttöä teillä. Myös osassa Pudasjärven tiemestaripiiriä suolausta rajoitetaan edellä mainitusta syystä.

Määrällisesti eniten suolaa käyttävät Oulun ja Kempeleen tmp:t, joissa I-hoitoluokan teitä on paljon ja liikennemäärät ovat suuret. Kun tarkastellaan eri tmp:en käyttämiä suolamääriä teittäin (liite 4. Suolan käyttö tiemestaripiireittäin) huomataan eri tiemestaripiirien samalla tiellä käyttämien suolamäärien erojen kaventuneen, jolloin ajo-olot tiellä yhdenmukaistuvat. Poikkeuksen muodostaa Vt 8, jossa Raahen ja Kempeleen tmp:n tielle käyttämät suolamäärät poikkeavat suhteellisen paljon toisistaan.

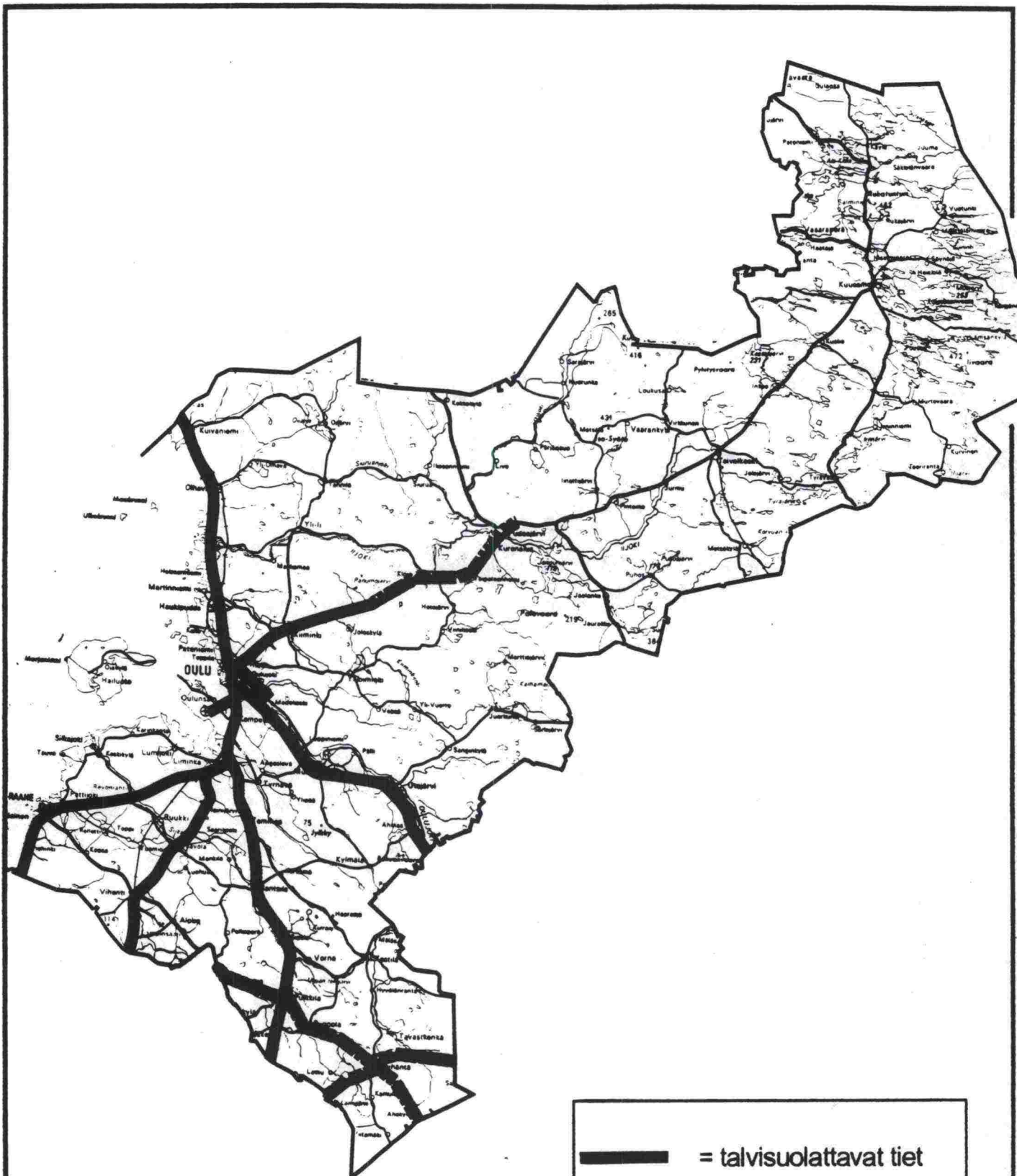
Suurimpia suolamääriä pääteistä käytetään Vt 4:llä ja Vt 8:lla. Vä-
häisemmässä määrin suolaa käytetään Vt 20:llä, Vt 22:lla ja Kt
86:lla. Muilla suolattavilla teillä, kuten Vt 19:llä, Kt 85:llä ja Kt
88:lla, liukkaudentorjuntaa pelkän suolan avulla harjoitetaan ns.
"mustan jään" aikana.



Kuva 2. Suolan käyttömäärät Oulun tiepiirissä ja niiden jakaantuminen
tiemestaripiireittäin vuosina 1981-1991.



3.2 Pölynsidonta

Kesäsuolaukseen käytettävän kalsiumkloridin käyttömäärät ovat vähen-
tyneet Oulun tiepiirissä. Samalla ovat soratiekilometriä kohden käy-
tetyt pölynsidontamäärät laskeneet n. 0,3 t/soratiekm:llä viimeisen
kuuden vuoden aikana. Kuusamon tmp:ssä, jossa sorateiden yhteenlas-
kettu pituus on suurin, pölynsidontamäärät ovat suurimmat. Soratieki-
lometriä kohden käytetyt suolamäärät ovat lähes kaikissa tiemestari-
piireissä samaa luokkaa eli 1 t/soratiekm. Poikkeuksena ovat Oulun ja
Kempeleen tmp:t. Kempeleen tmp:ssä on pölynsidontaan vuosittain käy-
tetty suolaa keskimäärin 2,1 t/soratiekm.



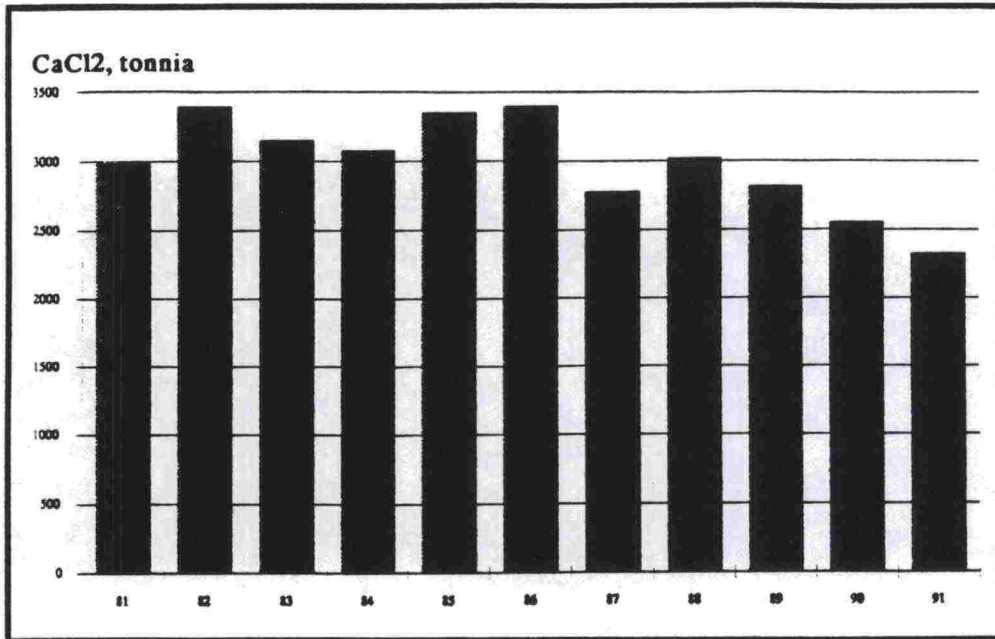
 = talvisuolattavat tiet
 = mustan jään aikana suolattavat tiet

kuva 3

SUOLATTAVAT TIET

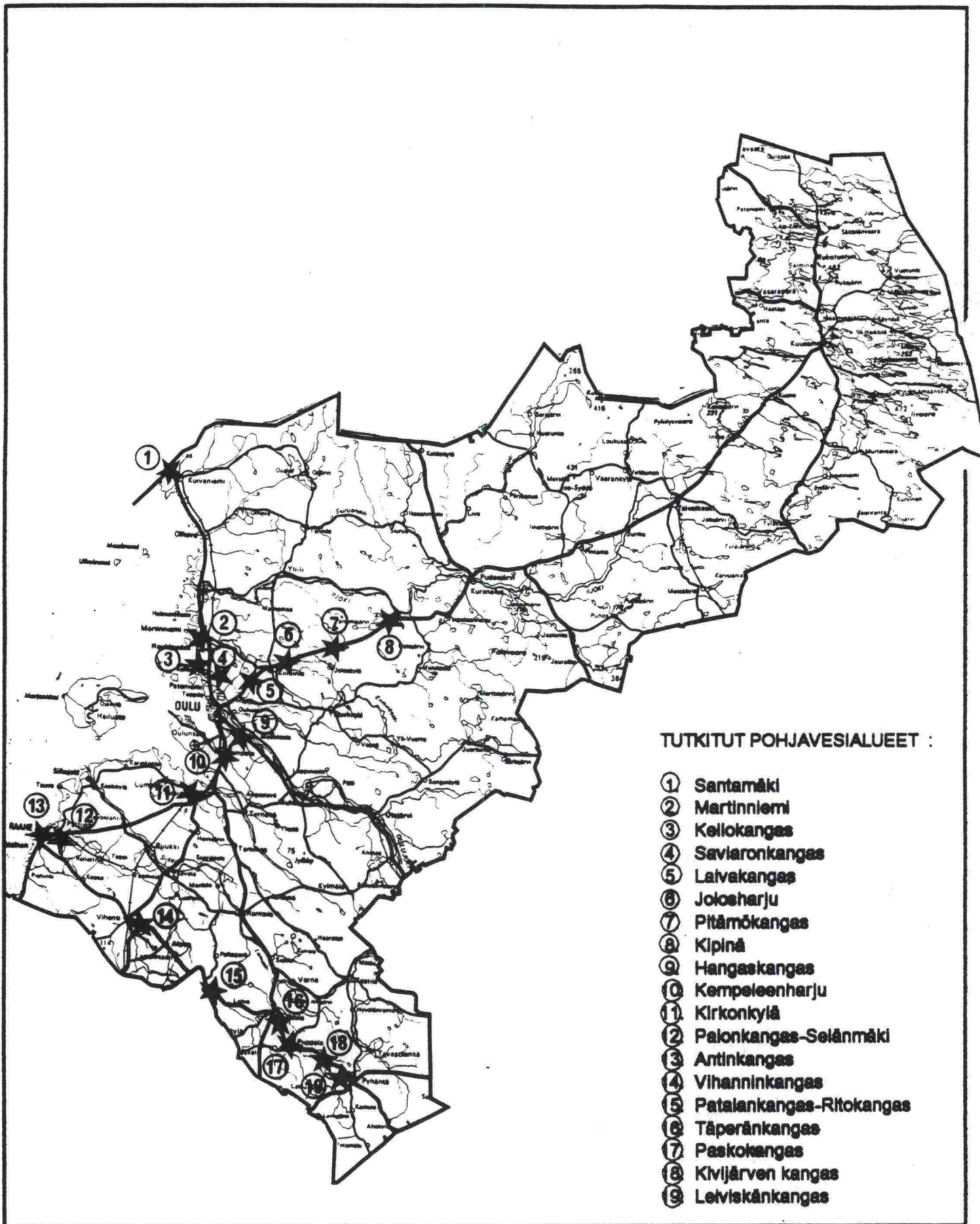
Oulun tiepiiri

Kuva 4. Pölynsidontamäärät Oulun tiepiirissä vuosina 1981-1991.



3.3 Hiekoitus

Tiepiirin liukkauden torjuntaan käyttämät hiekan kokonaismäärät ovat kasvaneet voimakkaasti vuosina 1987-90. Kasvu kokonaismäärissä on ollut lähes nelinkertainen. Suurimman osan hiekasta käyttivät Oulun ja Kuusamon tmp:t. Tiepiirin vuonna -91 käyttämä hiekkamäärä kilometriä kohden oli 8,5 t. Hiekkaan sekoitettavat suolamäärät ovat pieniä vaihdellen 20-35 kg/m³, joten hiekoituksella on vähäinen merkitys pohjaveden kloridipitoisuuden nostajana verrattuna pelkän suolan käyttöön. Hiekoitusmäärien kehitys on kuvattu liitteellä 6.



Kuva 5 TUTKITUT POHJAVESIALUEET

Oulun tiepiiri 1992

4. TULOKSET POHJAVESIALUEITTAIN

Tutkitut pohjavesialueet on jaoteltu seuraavassa eri tiemestaripiirien alueille, jotta kunkin tmp:n käyttämien suolamäärien ja pohjaveden laadun kehitystä olisi helpompi kuvata. Suurin osa tutkituista yhdestätoista pohjavesialueista sijaitsi Oulun ja Piippolan tiemestaripiireissä, joiden käyttämät suolamäärät pohjavesialueilla poikkeavat toisistaan huomattavasti.

Oulun tmp:ssä vuosittaiset liukkauden torjuntaan käytettävät suolamäärät ovat vaihdelleet välillä 406-996 t/vuosi. Oulun tmp:n käyttämien suolamäärien prosentuaalinen osuus koko tiepiirin käyttämistä suolausmääristä oli vuonna -91 15,9 %. Oulun tmp:ssä pohjavesialueella olevia talvisuolattaville teille suolaa käytetään runsaasti. Vastaavasti Piippolan tmp:ssä pohjavesialueet sijaitsivat sellaisten teiden varrella, joita suolataan vain ns. "mustan jään" aikana. Tällöin suolausmäärät jäivät pieniksi.

4.1 Tärkeät pohjavesialueet

Oulun tiemestaripiiri

Oulun tiemestaripiirin hoitoalueella on 13 tärkeäksi pohjavesialueeksi luokiteltua aluetta. Talvisuolattavat tiet kulkevat kuuden pohjavesiesiintymän muodostumisalueen halki. Ko. pohjavesialueet sijaitsevat Vt 4:n ja Vt 20:n vaikutusalueella. Vt 4:llä on käytetty natriumkloridia keskimäärin 7,6 t/km ja Vt 20:llä 7,1 t/km viimeisten kymmenen vuoden aikana.

Martinniemi, 11 084 02

Martinniemen pohjavesialue on otettu käyttöön vuonna 1965, jolloin alueelle rakennettiin Martinniemen vedenottamo. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 2,61 km² ja arvioitu antoisuus 800 m³/d. Vuonna -91 vedenottamolta pumpattiin vettä keskimäärin 660 m³/d.

Martinniemen pohjavesialue kuuluu Oulun tmp:n hoitoalueeseen. Pohjavesialueella sijaitsee kolme tietä: Vt 4, Pt 18741 ja Pt 18744. Edellämäintuista teistä vain Vt 4:ää suolataan ja se sivuaa pohjavesialuetta 0,2 km:n matkalta. Vedenottamon etäisyys tiestä on n. 1,1 km.

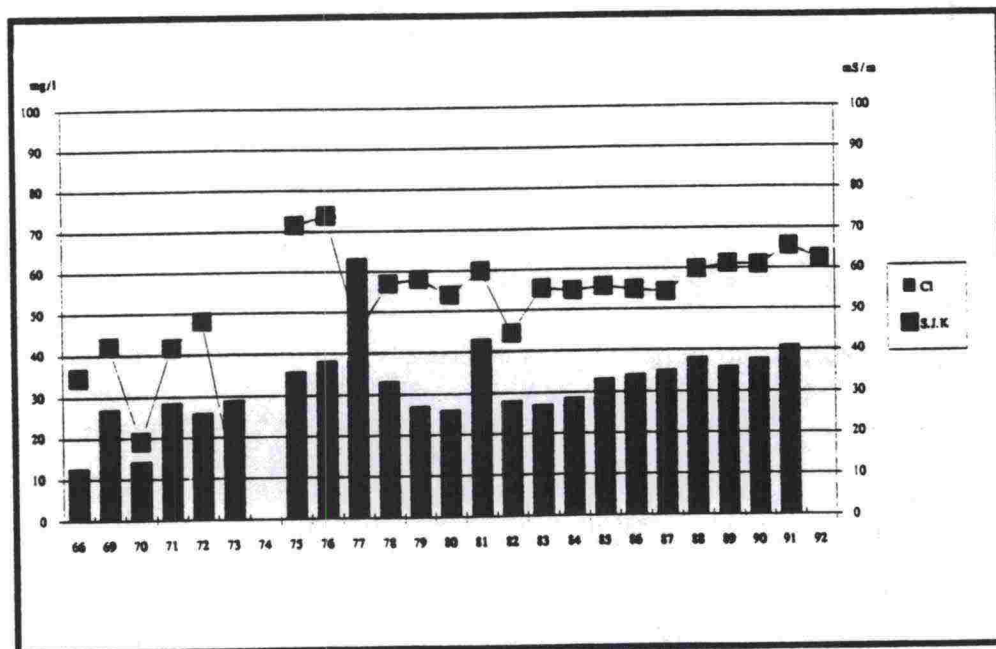
Alueen hydrogeologia

Martinniemen pohjavesialueen pintamaalajit ovat pääasiassa hiekkaa ja moreenia. Moreenien päällä esiintyy paikoin rantakerrostumia. Erityisesti vedenottamon pohjoispuolella on tiiviitä hienojakoisia moreeni-muodostumia. Alavilla paikoilla maalaji on hiesua.

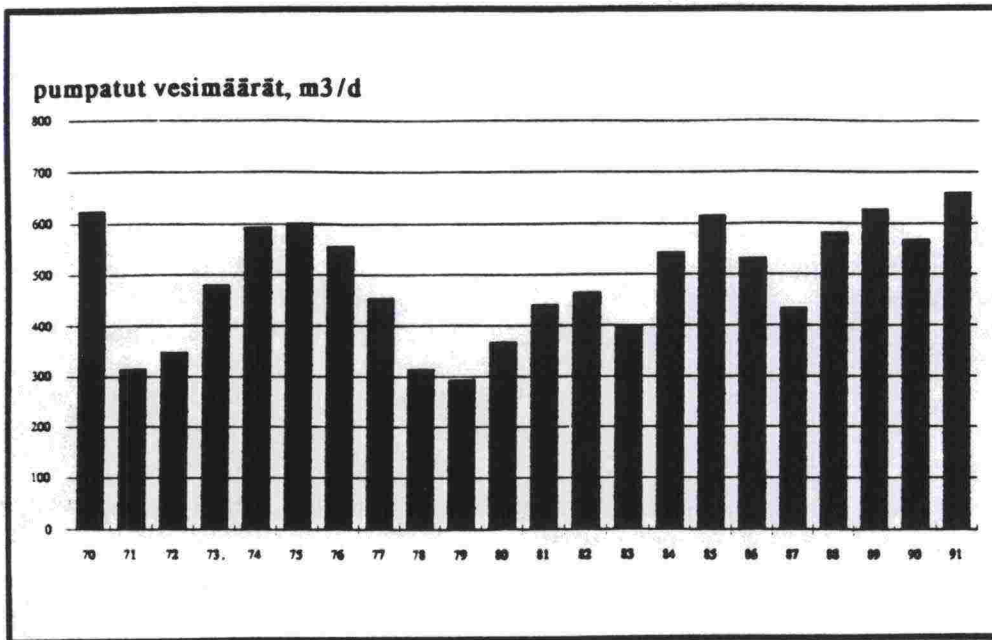
Cl- ja sähkönjohtavuusarvot

Martinniemen vedenottamolta on kloridipitoisuus aineistoa jo 60-luvun alusta. Vaikka Cl-pitoisuus on jo vuonna -71 ollut korkea - 28,5 mg/l, niin on vedenottamon raakavedestä otetuissa näytteissä on havaittavissa lievää nousua niin kloridin kuin sähkönjohtavuudenkin osalta. Vuonna -91 mitattiin kloridin osalta ko. vuoden maksimiarvo 43,0 mg/l. Pohjavesialueella on kuitenkin tiesuolauksen lisäksi muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa pohjavesialueen Cl-pitoisuuteen sitä nostavasti: asutusta, maataloutta, maanottoa ja lisäksi pohjavesialue on vanhan Litorinameren pohjan alueella. Vedenoton vaikutukseen Cl-pitoisuuden nostajana viittaisi pumppattujen vesimäärien ja kloridiarvojen vertailu. Vedenottamolta pumpatun vuotuisen vesimäärän kasvaessa nousevat myös raakavedestä mitatut Cl- ja sähkönjohtavuusarvot ja vastaavasti pumpatun vesimäärän laskiessa edellämainitut arvot laskevat.

Kuva 6. Martinniemen vedenottamon raakaveden kloridi- ja johtokykyarvojen kehitys vuosina 1966-92.



Kuva 7. Martinniemen vedenottamolta pumpatut vesimäärät



Saviaronkangas, 11 084 01

Saviaronkankaan pohjavesialue on otettu käyttöön vuonna 1965. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 9,75 km². Esiintymän antoisuudeksi on arvioitu 2500 m³/d. Vettä Saviaronkankaan vedenottamolta on pumpattu vuonna -91 2146 m³/d.

Saviaronkankaan pohjavesialue sijaitsee Vt 4 varrella, mutta tie ei kulje pohjavesialueen muodostumisalueella. Muodostumisalueella kulkevaa Pt 18729 ei suolata. Vedenottamon etäisyys Vt 4:ltä on n. 2,0 km.

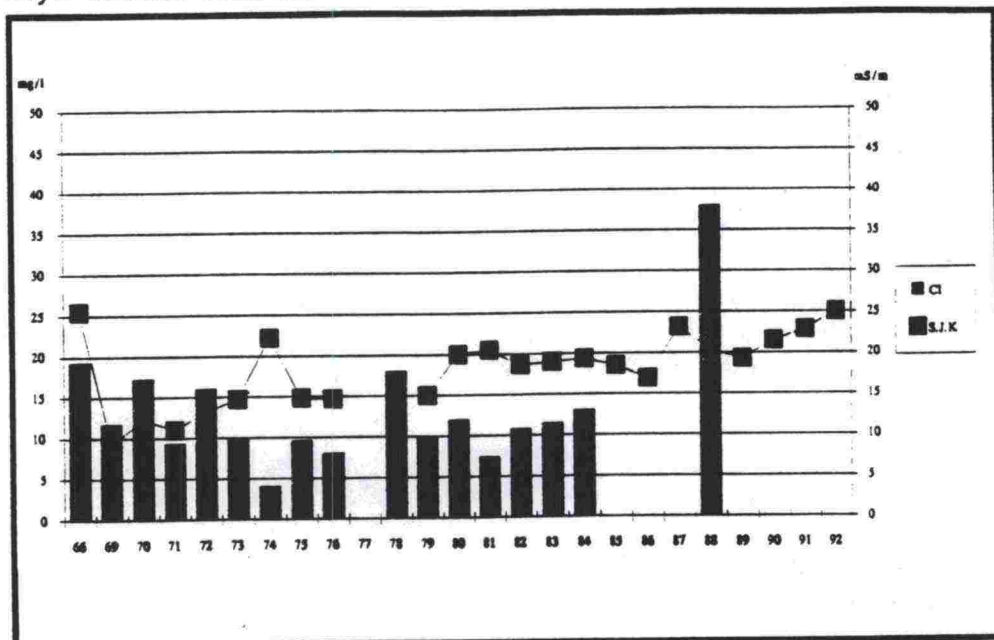
Alueen hydrogeologia

Saviaronkankaan alue on pääosin moreenipeitteinen, jossa paikoitellen esiintyy rantahiekkakerrostumia. Paksun moreenikerroksen alla esiintyy glasifluviaalinen eli jäätikön sulamisveden pääosin kerrostamaa lajittunutta ainesta.

Cl- ja sähkönjohtavuusarvot

Kloridipitoisuudet ja sähkönjohtavuusarvoilla on vedenottamolla nouseva trendi. Erityisesti kloridipitoisuudet ovat nousseet nopeasti. Vuonna -88 on vedenottamon raakavedestä mitattu Cl-arvo 38 mg/l. Samaan aikaan kun sähkönjohtavuus- ja Cl-arvot ovat nousseet on Oulun tmp lisännyt suolan käyttöä ja vedenottamolta pumpattava vesimäärä kasvanut. Saviaronkankaan kloridipitoisuuden eräät nousun syyt ovat ilmeisesti maaperän suoloissa ja lisääntyneessä raakaveden pumppauksessa. Lisääntynyt pumppaus ei ole kuitenkaan yksin aiheuttanut kaikkea kloridipitoisuuden nousua.

Kuva 8. Saviaronkankaan vedenottamon kloridi- ja johtokykyarvojen kehitys vuosina 1966-92.



Kellonkangas, 11 084 04

Kellonkankaan pohjavesialuetta ei ole otettu käyttöön. Alueen kokonaispinta-alaksi on arvioitu 23,3 km² ja antoisuudeksi 3500 m³/d. Kellonkankaan pohjavesialueen halki kulkevat: Vt 4, Pt 18277 ja Pt 18279. Näistä teistä ainoa suolattava tie, Vt4, kulkee muodostumisalueella n. 2,2 km.

Jolosharju, 11 255 02

Jolosharjun pohjavesialueelle on rakennettu vedenottamo vuonna 1974. Jolosharjun kokonaispinta-ala on 2,9 km² ja muodostumispinta-ala 0,8 km². Alueen antoisuudeksi on arvioitu 700 m³/d. Jolosharjun vedenottamolta pumpattiin vettä 30 m³/d vuonna -90.

Vt 20 kulkee Jolosharjun pohjavesialueen poikki n. 0,1 km matkalla. Vedenottamon etäisyys tiestä on n. 0,4 km. Vt 20:llä suolausmäärät ovat vaihdelleet 1,5-3,8 t/km välillä eli käytetyt määrät ovat varsin pieniä. Vedenottamon lisäksi kloridia ja sähkönjohtokykyä on tarkkailtu pohjavesiputkessa, joka sijaitsee n. 15 m päässä Vt 20:ltä.

Alueen hydrogeologia

Jolosharjun pohjavesiesiintymä muodostuu kapeasta selännemäisestä harjusta. Harjun ydinosa sisältää lähinnä karkeata soraa. Pinta- ja reunaosat sisältävät vähäisessä määrin hiekkaa. Pohjaveden päävirtaussuunta on länsiluode eli tieltä vedenottamoa ja pohjavesiputkea kohden.

Cl- ja johtokykyarvojen kehitys

Vedenottamolta mitatut Cl-pitoisuudet ovat yhtä arvoa lukuunottamatta olleet alle 10 mg/l. Ainoa poikkeus on vuosi -76, jolloin vedenottamolta mitattiin Cl-pitoisuus 20,5 mg/l. Sähkönjohtavuusarvot ovat vedenottamolla korkeita. Johtokykyarvot ovat vaihdelleet vedenottamolla välillä 24,0-37,5 mS/m. Pohjavesiputkesta, jonka etäisyys Vt 20:stä on 15 m, mitatut kloridiarvot ovat kaikki pienempiä kuin 10 mg/l. Viimeisin (15.7.92) pohjavesiputkesta mitattu kloridiarvo oli 7,3 mg/l. Pohjavesialueen kloridiarvot ovat alhaisia ja selvitysaineiston perusteella tiesuolaus ei ole vaikuttanut nostavasti vedenottamon kloridipitoisuuteen.

Laivakangas, 11 255 01

Laivakankaan pohjavesialueella oleva Jäälin vedenottamo, joka on rakennettu vuonna 1968, toimii tällä hetkellä varavedenottamona. Laivakankaan muodostumisalueiden yhteenlaskettu pinta-ala on 3,7 km². Antoisuudeksi alueelle on arvioitu 800 m³/d.

Laivakankaan pohjavesiesiintymän alueella sijaitsevat tiet: Vt 20 ja Pt 18715. Vt 20, jota talvisuolataan, kulkee muodostumisalueella n. 1,3 km. Laivakankaan pohjavesialueella käytetyt suolamäärät ovat lisääntyneet arvosta 3,9 t/km (-85) arvoon 9,9 t/km (-90). Jäälin vedenottamon etäisyys Vt 20:ltä on n. 0,4 km.

Alueen hydrogeologia

Laivakankaan pohjavesialue muodostuu harjusta, jonka aines on hiekka-valtaista, ja siihen liittyvistä rantakerrostumista. Harju on antikliininen harju, joka purkautuu alueen reunaosien soille. Pohjavesialueella ja Jäälinjärvellä on todennäköisesti hydraulinen yhteys. Pohjavesi on lievästi hapanta ja pehmeää.

Vedenottamot ja pohjavesiputket

Vedenottamolta mitatut kloridipitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 1,6-5,4 mg/l. Pohjavesiputkesta, joka sijaitsee tiestä n. 15 m päässä, mitattiin 15.7.92 Cl-arvo 1,5 mg/l sähkönjohtavuuden ollessa 9,3 mS/m. Putki on tien oikealla puolella. Pohjaveden tarkkaa paikallista virtaussuuntaa ei tiedetä. Vaikka alueella on muitakin suolapitoisuutta lisääviä lähteitä, kuten esim. taajama-asutusta, ei pohjaveden kloridipitoisuudessa ole havaittavissa kasvua analyysitulosten perusteella. Pohjavesiputkien analyysitulokset liitteellä 8.

Hangaskangas, 11 564 01

Hangaskankaan pohjavesialueella on kaksi toimivaa vedenottamoa; Hangaskangas I ja II. Alueella on lisäksi tutkittu neljän uuden vedenottamon paikkaa. Hangaskangas I on rakennettu vuonna -65 ja II vuonna -82. Pohjavesialueen antoisuudeksi arvioidaan 5000 m³/d. Vuonna -91 Hangaskangas II pumpattiin vettä 540 m³/d. Hangaskangas I:itä pumpatut vesimäärät ovat erittäin pieniä.

Hangaskankaan pohjavesialueella kulkee kolme tietä: Vt 22, Pt 18672 ja Pt 18685. Näistä ainoastaan Vt 22 suolataan. Vedenottamoiden ja tien välissä kulkee lisäksi rautatie. Esiintymä on Oulun ja Muhoksen tmp:en hoitoalueella. Tiemestaripiirien käyttämät suolamäärät poikkeavat toisistaan siten, että Oulun tmp käyttää hieman enemmän suolaa Vt 22:lla. Vuonna -90 Oulun tmp käytti suolaa pohjavesialueen kohdalla n. 9,0 t/km ja Muhoksen tmp n. 5,4 t/km. Vt 22 kulkee muodostumialueella harjun pituussuunnassa n. 1,9 km matkalla. Vedenottamoiden etäisyydet tiestä ovat n. 1,5 km (Hangaskangas I) ja 0,8 km (Hangaskangas II).

Alueen hydrogeologia

Pohjavesialue muodostuu laajasta ja suhteellisen tasaisesta harjusta. Ydinosa sisältää karkeaa hiekkaa ja kivistä soraa, joka on monin paikoin moreenikerroksen peittämä. Hienoa hiekkaa sisältävät kerrokset ovat yleisiä alueen pintaosissa. Pohjavesialue on antiklinen eli vettä ympäristöönsä luovuttava. Hangaskankaan luoteisosan maalajit muodostavat suurempia kokonaisuuksia kuin kaakkoisosassa. Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakosta luoteeseen harjun pituussuuntaisesti. Maasto pohjavesialueen kohdalla nousee estäen pintavalunnan vedenottamoiden suuntaan, ja suhteellisen voimakkaasti viettävät ojat vievät tieltä valuvesiä pois alueelta.

Vedenottamot

Vedenottamoilta mitatut kloridipitoisuus arvot vaihtelevat Hangaskankaan I tapauksessa välillä 0,5-2,0 mg/l. Pitoisuuden kehityksessä ei näy viitteitä tiesuolauksen vaikutukseen vedenottamolla. Hangaskankaan toisella vedenottamolla kloridiarvot ovat alhaisia, vaihdellen välillä 0,7-1,0 mg/l. Pohjavesialueella on tiesuolauksen ohella muita kloridipitoisuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä, kuten tiili- tehdas ja asutusta.

Uudet vedenottamopaikat

Oulun kaupungin toimeksiannosta on Hangaskankaan alueella tutkittu neljää uutta vedenottamopaikkaa, joiden etäisyydet Vt 22 vaihtelevat n. 50 metristä 1,8 kilometriin. 7/87-9/87 välisenä aikana mitatuissa näytteissä Cl-pitoisuus vaihteli tutkituissa pisteissä välillä 0,9-3,4 mg/l. 750 metrin päässä tiestä sijainnut tutkimuspisteen Cl-pitoisuus eri syvyyksissä vaihteli välillä 2,4-3,4 mg/l.

Lähimpänä tiestä tutkituista vedenottamoista on piste M3, jonka etäisyys tiestä on n. 50 m. Pisteestä mitatut kloridipitoisuuden arvot ovat vaihdelleet vuonna -89 välillä 4,9-6,2 mg/l. Arvot ovat Hangaskankaan pohjavesialueella mitatuista kloridipitoisuusarvoista korkeimpia. Suolan leviämistä tutkitun pisteen, M3, suuntaan vaikeuttaa huonosti vettäjohtavat maalajit.

Hangaskankaan pohjavesialueella kloridipitoisuudet ovat erittäin alhaisia, eikä tiesuolauksella ole vaikutusta vedenottamoilta pumpattavan pohjaveden laatuun maaston eikä vedenottamoiden ja tien välisen suuren etäisyyden vuoksi.

Kempeleen tiemestaripiiri

Kempeleen tiemestaripiirin alueella on kuusi tärkeiksi pohjavesialueiksi luokiteltua kohdetta. Näistä kahdella, Kempeleenharjun ja Kirkonkylän, muodostumisalueella on talvisuolattava tie. Vt 4 kulkee Kempeleenharjun muodostumisalueella, jolle tiesuolaa on käytetty keskimäärin 8,3 t/km. Kirkonkylän muodostumisalueen läheisyydessä olevalle Vt 8:lle on suolaa käytetty keskimäärin n. 3,7 t/km.

Kempeleenharju, 11 244 01

Pohjavesialueella on kaksi vedenottamoita, Tuohino ja Monkkanen, joista Tuohino on rakennettu jo vuonna -68. Monkkasen vedenottamo on toiminut vasta vuodesta -88 lähtien. Alueen antoisuus on 7500 m³/d. Vedenottamoilta on pumpattu vuonna -91 yhteensä 1933 m³/d. Muodostumisalueen pinta-ala on 18,96 km².

Alueen hydrogeologia

Kempeleenharju kuuluu suureen harjujaksoon, joka esiintyy monin paikoin ns. piiloharjuna. Vallitsevana aineksena harjussa on hiekka. Pohjaveden päävirtaussuunta on luoteeseen harjun pituussuuntaisesti.

Kempeleenharjun pohjavesialueella kulkee useita tietä, alueella on tiheää asutusta, pienteollisuutta, maatalous- ja rakennustoimintaa. Lisäksi Monkkasen vedenottamon lähellä n. 1,5 km päässä sijaitsee tiepiirin suolavarasto ja tiemestaripiirin suolahiekkavarasto. Ko. varastoilla on suojaus. Suojaukseen kuuluu asfalttilattia ja valumaveden keräyskaivot. Tuohinon vedenottamon likaantumiseriskiä lisää vielä Tuohinonoja, jonka laadun on todettu jonkin verran heikkenevän vedenottamoa lähestyttäessä. Oletettavasti ojaan vuotaa asumajätevesiä joko sakokaivoista tai imeytyskaivoista.

Suolavarastot

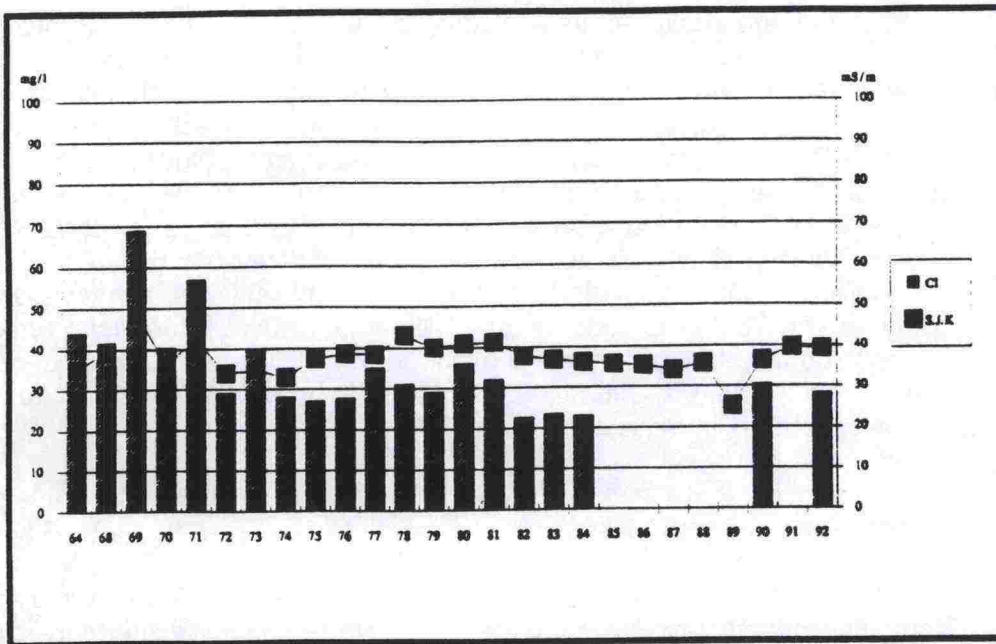
Monkkasen vedenottamon läheisyydessä n. 1,5 km päässä sijaitsevat Kempeleen tiemestaripiirin suolahiekkavarasto ja Oulun tiepiirin suolavarasto. Tiepiirin suolavaraston käyttö on aloitettu vuonna -69. Vuosittain varastolla käsitellään kalsiumkloridia n. 300 t ja natriumkloridia n. 800 t. Tiemestaripiirin varastossa säilytetään suolahiekkaa.

Vedenottamot

Tuohinon vedenottamon etäisyys Vt 4:ltä on n. 0,4 km. Vt 4 kulkee muodostumisalueella n. 1,4 km matkalla. Vuonna -90 Kempeleen tmp käytti vedenottamon kohdalla suolaa 9,2 t/km. Pohjavesialueelle on vuonna -89 rakennettu suojaus muodostumisalueella oleville Vt 4 plv:lle 1100-2620 ja Pt 18637 plv:lle 0-1860. Suojaukseen kuuluu lisäksi kolme öljynerotusallasta.

Tuohinon vedenottamolta mitatuissa Cl-pitoisuuksissa on selvä laskeva suuntaus lukuunottamatta viimeistä mittausta 02.07.92, jolloin mitattiin Cl-pitoisuudeksi 28 mg/l sähkönjohtavuuden ollessa 41 mS/m. Monkkasen vedenottamolla, jonka etäisyys on Mt 8152 n. 100 m, Cl-pitoisuus on pysynyt 20 mg/l tasolla.

Kuva 9. Tuohinon vedenottamon kloridi- ja johtokykyarvojen kehitys.

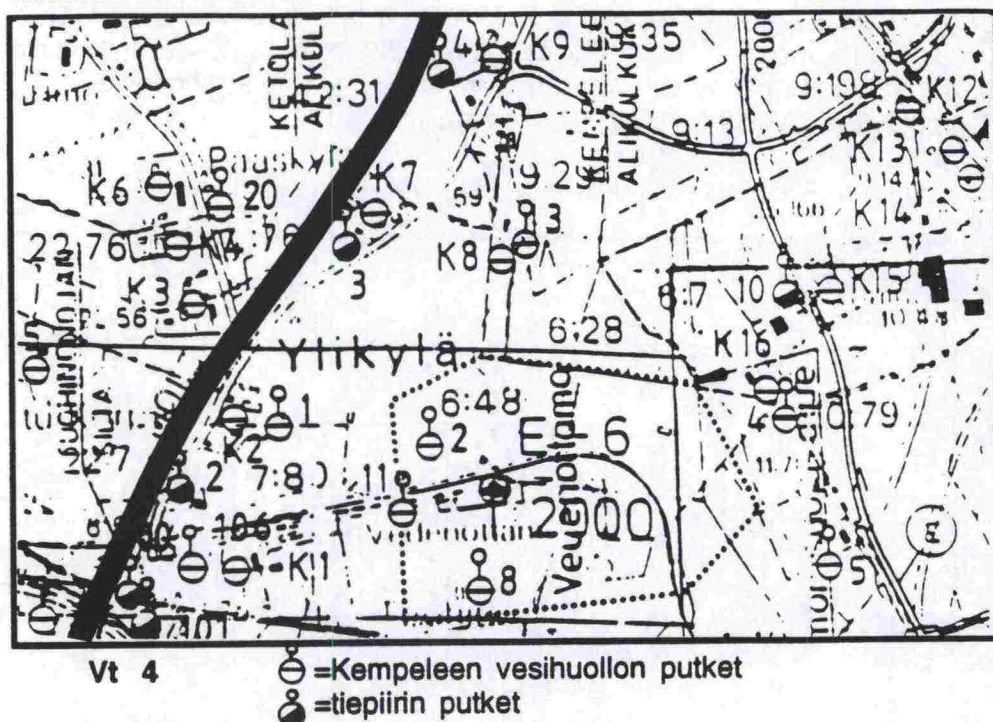


Pohjavesiputket

Valtatie 4:llä, välillä Kempele-Kiviniemi, moottoriliikennetieksi rakentamisen yhteydessä tutkittiin mm. tienpidon vaikutusta pohjaveden laatuun. Pohjaveden laatua tutkittiin pohjavesiputkista: P2, P3, P8, P11, E4:3, E4:4, E4:5 ja P101. Putkien etäisyydet Vt 4:ltä vaihtelivat 15-450 m. Pohjavesiputkista P8, P11 ja P2 sijaitsevat vedenottamon suojaalueella. Suojauksen rakentamisen jälkeen suurin kloridipitoisuuden lasku on tapahtunut putkessa P11, jonka huippuarvosta 328 mg/l on tultu arvoon 3,8 mg/l. Muissa putkissa pitoisuudet ovat pysyneet suhteellisen tasaisina. Putkessa E4:3, jonka etäisyys tiestä on n. 10-15 m, Cl-pitoisuus on kuitenkin noussut arvoon 112 mg/l (13.3.92). Kohonneissa Cl-pitoisuusarvoissa on havaittavissa rakentamisen vaikutus. Maa-aineksen otto vaikuttaa nostavasti pohjaveden sähkönjohtokykyyn ja mm. Cl-pitoisuuteen.

Pohjavesialueen suolapitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä alueella on runsaasti ja tiesuolauksen vaikutus näyttää ulottuvan vain tiealueen välittömään läheisyyteen n. 10-25 m etäisyydelle. Muodostumisalueen suojaus estää tiesuolauksen vaikutuksen kauempana oleviin pohjavesiputkiin ja erityisesti vedenottamoalueen pohjaveden tarkkailupisteisiin. Kunnossapidon osuus vedenottamolta pumpattavan veden suolapitoisuuden lisääjänä on pieni. Alueelle kloridipitoisuutta on lisännyt litelannan levittäminen pelloille vedenottamon läheisyydessä.

Kuva 10. Tuohinon vedenottamon alue. Pohjavesiputkien sijainti. mittakaava 1:10 000



Kirkonkylä, 11 425 02

Kirkonkylän Foudilan vedenottamo on rakennettu vuonna 1960. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on pieni 0,12 km². Antoisuudeksi on arvioitu 2000 m³/d. Foudilan vedenottamolta pumpattiin vuonna -90 vettä 1087 m³/d.

Alueen hydrogeologia

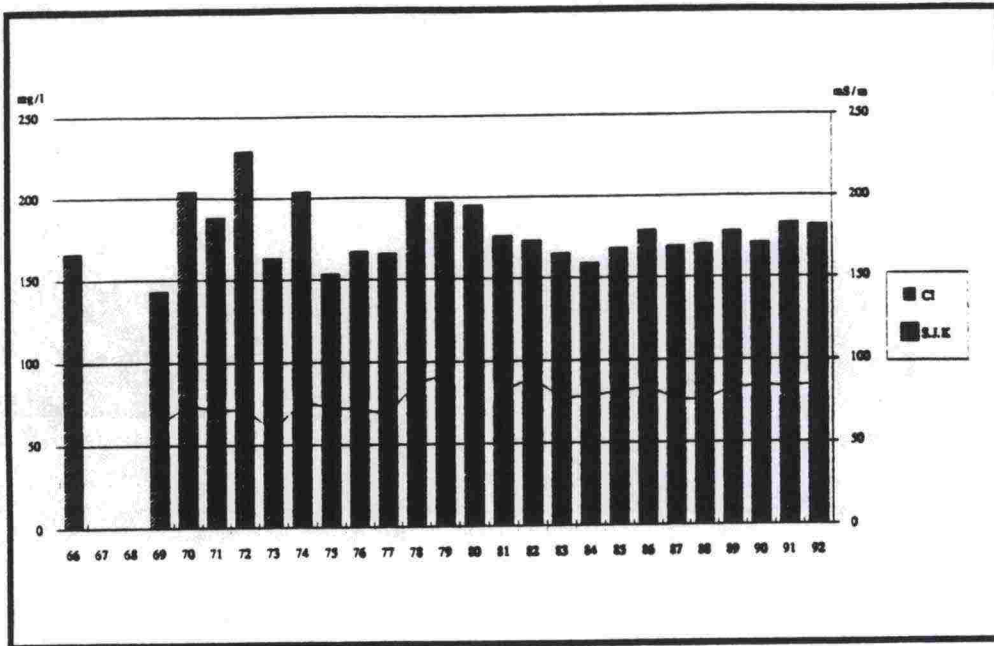
Kirkonkylän pohjavesialue kuuluu harujuksoon, joka muuttuu Limingan kirkonkylän alueella ns. piiloharjuksi. Karkeata, hiekasta ja sorasta, koostuvaa harjuainesta peittää yleensä paksu n. 5 m paksuinen savikerros. Tiiviin pintakerroksen alla oleva pohjavesi on paineellista ja se purkautuu lähteestä Liminganjokeen. Hydraulinen yhteys ympäristöön on hyvä. Pohjavesialue sijaitsee vanhan meren pohjan alueella. Foudilan vedenottamon etäisyys Vt 8:ltä on n. 0,9 km. Muita suolapitoisuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ovat mm. asutus, rautatie, maatalous ja vanhat maakerrokset.

Cl- ja sähkönjohtavuusarvot

Foudilan vedenottamolta mitatut Cl-pitoisuudet ovat huomattavan korkeita ollen maksimissaan 229 mg/l (-72). Vuosina 1969-92 Cl-pitoisuus vaihteli välillä 143-229 mg/l. Kloridipitoisuus on ollut korkea koko vedenottamon käyttöajan, lukuunottamatta 11.6.68 suoritettua näytteenottoa, jossa Cl pitoisuudeksi mitattiin 1,5 mg/l. Tiesuolauksen vaikutus näin kaukana olevalle vedenottamolle, jonka antoisuus on

suuri on epätodennäköistä. Lisäksi Kempeleen tmp:n käyttämät suolamäärät ovat ko. tiellä pieniä. Foudilan kohdalla on tiesuolaa käytetty viimeisen 10 vuoden aikana keskimäärin 3,7 t/km kutakin talvihoitokautta kohden. Todennäköisin suolan lähteet ovat vanhat maakerrostumat, koska paksujen savikerrostumien alla virtaava paineellinen pohjavesi sisältää runsaasti liuenneita aineita.

Kuva 11. Foudilan vedenottamon kloridi- ja johtokykyarvot



Raahen tiemestaripiiri

Raahen tiemestaripiirin alueella sijaitsee 6 tärkeäksi pohjavesialueeksi kuuluvaa aluetta. Näistä kolmen, Antinkankaan, Palokangas-Selänmäen ja Vihanninkankaan, pohjavesialueiden muodostumisalueella kulkee talvisuolattava valtatie. Kahden ensiksi mainitun muodostumisalueella sijaitsevalla Vt 8:lla on käytetty suolaa vuosittain keskimäärin n. 6 t/km. Antinkankaan pohjavesialueella suolataan lisäksi Mt 8104:ää vuosittain n. 5,6 t/km. Vihanninkankaan pohjavesialueella kulkevalla Kt 86:llä on vuosittain käytetty suolaa keskimäärin 3,2t/km.

Antinkangas, 11 678 01

Antinkankaan vedenottamo on rakennettu vuonna 1949. Vedenottamon antoisuudeksi on arvioitu 2500 m³/d. Vuonna -91 vedenottamolta on pumpattu 1258 m³/d vettä. Pohjavesialueen muodostumisalueen koko on 4,16 km², ja se sijaitsee lähes kokonaisuudessaan Raahen kaupunkitajaman alueella.

Alueen hydrogeologia

Antinkankaan pohjavesialue muodostuu ns. piiloharjusta, jonka ydinosa on suhteellisen kapea ja hiekkavaltainen. Harjua peittävät hienompi-rakeiset sedimentit suuressa osassa aluetta. Pohjavesialue sijaitsee vanhan merenpohjan alueella. Pohjavesialue sijaitsee saastumiselle erittäin alttiissa paikassa. Aluetta vaarantavat mm. maantiet, rautatie, huoltoasemat, korjaamot, hautausmaat, teollisuusalue, suolavarastot ja taajama-asutus. Vt 8 kulkee muodostumisalueella n. 1,6 km. Pohjavesialueella on myös muita teitä, joiden kunnossapidosta vastaavat kaupunki tai tielaitos. Antinkankaan vedenottamon etäisyys Vt 8 on n. 0,47 km ja suolattavasta kaupungin tulotiestä, Mt 8104, n. 50 m. Tulotietä ei enää suolattu talvikaudella 91-92. Tätä ennen tuloteillä käytetyt suolamäärät olivat korkeita, maksimissaan 12,3 t/km vuonna 1989.

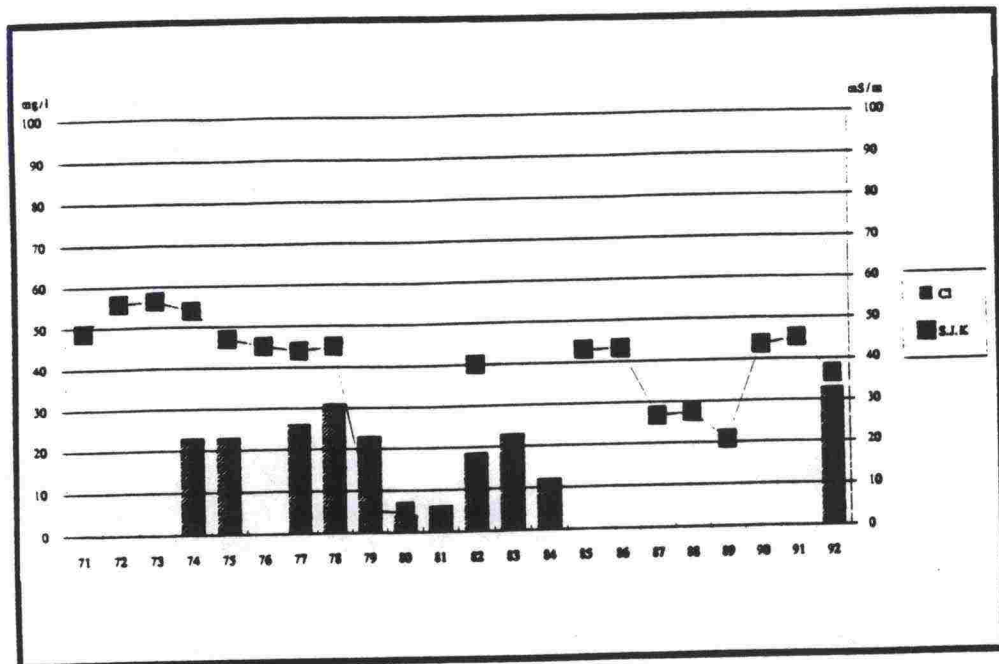
Suolavarastot

Pohjavesialueella sijaitsevat Paraatinmäen ja tmp:n suolavarastot. Näistä Paraatinmäen varasto on poistettu käytöstä. Paraatinmäen suolavaraston etäisyys vedenottamosta on n. 1,1 km. Paraatinmäen käyttö suolavarastona lopetettiin vuonna 1988. Vuosittain Paraatinmäen suolavarastossa säilytettiin n. 10-15 t suolaa, joka on suhteellisen pieni määrä. Suolavarasto oli suojaamaton. Koska pohjavesialue saa täydennystä kaakkoispuolelta tulevasta valunnasta on mahdollista, että suolavarastosta on pääsy valunnan mukana suolapitoista vettä muodostumisalueelle ja vedenottamolle. Raahen tiemestaripiirin suolavarasto, jonka etäisyys vedenottamosta on n. 1,3 km, sijaitsee muodostumisalueen koillisosassa. Varastolla säilytetään vuosittain n. 100 t suolaa. Varasto on katettu ja siinä on asfalttilattia.

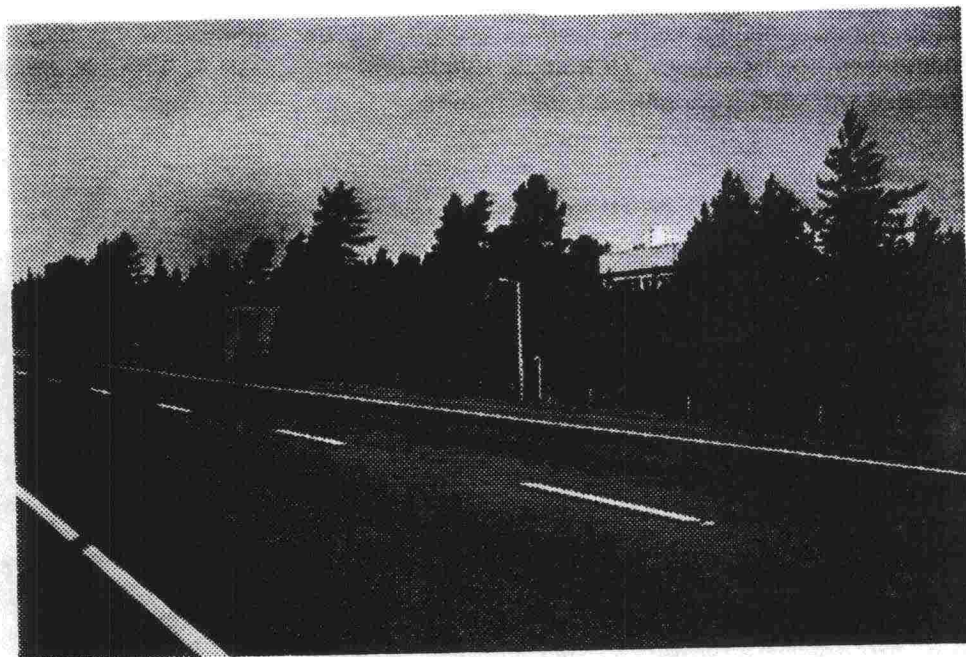
Cl- ja sähkönjohtavuusarvot

Antinkankaan vedenottamolta on tiedossa mitattuja Cl-pitoisuustietoja vuodesta 1974 alkaen, jolloin mitattiin kloridipitoisuudeksi 23 mg/l. Viimeisin Cl-pitoisuus arvo, 32,9 mg/l, mitattiin vedenottamolta 1.7.92. Kloridipitoisuus on käynyt alhaisena, jopa 4,0 mg/l (1980), jonka jälkeen trendi on ollut nouseva. Sähkönjohtavuus vedenottamalla on korkeahko. 1.7.92 mitattu viimeisin johtokykyarvo on 43 mS/m. Pohjavesiputkesta nro 2 on tiedossa kaksi analyysitietoa. Ensimmäisessä, 18.9 1991, mitatussa näytteessä Cl-pitoisuus oli 96 mg/l. Toisessa, 1.7 1992, mitatussa näytteessä Cl-pitoisuus oli 36 mg/l. Vaikka kloridipitoisuuden trendi on nouseva, ei tiesuolaus ole Cl-pitoisuuden suurin lisääjä, vaan oletettavasti vanhan merenpohjan suolapitoiset kerrostumat. Tiesuolaus ja suolavarastot voivat vaikuttaa nostavasti vedenottamolta mitattuihin Cl-pitoisuuksiin, koska vedenottamo sijaitsee lähellä tietä ja Paraatinmäen suolavarasto on ollut pohjaveden virtaukseen nähden epäedullisessa paikassa.

Kuva 12. Antinkankaan vedenottamon kloridi- ja johtokykyarvojen kehitys.



Kuva 13. Antinkankaan vedenottamo



Palokangas-Selänmäki, 11 582 01

Palokankaan pohjavesialueella on viisi vedenottamoita, joista ensimmäinen, Sarkala, on rakennettu vuonna 1969. Pohjavesialueen muodostumisa-alue on 6,91 km² ja antoisuudeksi on arvioitu 4000 m³/d. Vuonna -91 pumpattiin alueen vedenottamoilta vettä yhteensä 2169 m³/d.

Alueen hydrogeologia

Palokangas-Selänmäki kuuluu nk. Vihannin harjukosoon. Karkea ydinosa koostuu pääasiassa sorasta ja hiekasta. Rantahiekkamuodostumia on levinnyt laajalti harjun ympäristöön. Mt 8121 kulkee harjun yli pituussuunnassa, kun taas Vt 8 ylittää harjun poikkisuunnassa. Pohjaveden päävirtaussuunta on luode. Pohjavettä vaarantavia kohteita alueella ovat maantiet, murskeasema, saha, konepaja, motocrossrata ja pienlentokenttä.

Vt 8 kulkee pohjavesiesiintymän muodostumisalueella n. 1,4 km ja Mt 8121 puolestaan 8,8 km matkalla. Pohjavesialueella on edellä mainittujen teiden lisäksi kaksi muuta tietä: Pt 18588 ja Pt 18589. Näitä teitä ei suolata.

Vedenottamot

Pohjavesialueella on useita vedenottamoita, joista on tarkasteltu vain kolmea: Sarkalaa, Palokangasta ja Selänmäkeä. Sarkalan vedenottamon etäisyys suolattavasta tiestä, Vt 8, on n. 150 m. Palokankaan vedenottamon vastaavasti 1,7 km ja Selänmäen 6,3 km. Jälkimmäiset vedenottamot sijaisevat lähellä Mt 8121, mutta ko. tietä ei suolata.

Cl- ja sähkönjohtavuusarvot

Sarkalan vedenottamolta mitatun Cl-pitoisuuden trendi on ollut lievästi laskeva. Cl-arvot ovat vaihdelleet vuosikeskiarvojen 16 mg/l ja 6,2 mg/l välillä. Viimeisin mittaus tehtiin 1.7.92, jolloin kloridipitoisuudeksi saatiin 6,2 mg/l ja sähkönjohtavuudeksi 9,3 mS/m.

Palokankaan vedenottamolta analyysitietoja kloridin osalta on vain kolmelta vuodelta ja ne ovat vaihdelleet 4,3-4,9 mg/l välillä. Selänmäen vedenottamolla kloridi on vaihdellut vuosikeskiarvojen 2 mg/l ja 6 mg/l välillä. Vedenottamoiden ja suolattavan tien välisen suuren etäisyyden ja pohjaveden virtaussuunnan vuoksi tiesuolauksella ei ole vaikutusta pohjaveden laatuun vedenottamolla.

Tiesuolaus vaikuttaa ko. pohjavesialueella vain tien välittömään läheisyyteen. Pohjavesialueella sijaitsevasta yksittäisen talouden pohjavesikaivosta, jonka etäisyys Vt 8 on n. 15 m, mitattiin 1.7.92 Cl-arvoksi 5,7 mg/l. Kaivo sijaitsee tien oikealla puolella. Pitoisuus on alhainen verrattessa sitä esim. muihin samantyyppisiin kaivoihin, jotka ovat vastaavilla etäisyyksillä Vt 4:stä tai Vt 20:stä.

Vihanninkangas, 11 926 02

Vihanninkankaalla on neljä vedenottamoa, joista kolmea suolattavaa tietä lähinnä olevaa on tarkasteltu selvityksen yhteydessä. Pohjavesialueen muodostumisalueen suuruus on 4,45 km² ja alueen antoisuus on 4000 m³/d. Vedenottamoilta pumpattu vesimäärä vuonna -91 oli yhteensä 1331 m³/d.

Alueen yleiskuvaus

Vihanninkankaan pohjavesialue kuuluu osana Vihannin harjujaksoon. Alueen koillisreunalla kulkeva harjun ydinosa on karkeata ja hyvin vettäjohtavaa. Alueen lounaispuolella soiden turvekerrosten alla on hienoa hiekkaa ja paikoin silttiä. Pohjaveden päävirtausuunta on luode lukuunottamatta alueen kaakkoisosaa.

Pohjaveden laatua vaarantavat Vihanninkankaalla seuraavat kohteet: rautatie, maantiet, hautausmaa, puukyllästämö, jätevedenpuhdistamo, korjaamot, huoltoasemat, turpeenotto ja suolavarasto. Lisäksi kuntaajama sijaitsee muodostumisalueella.

Pohjavesialueella sijaitsevista teistä Kt 86 kulkee pohjavesiesiintymän muodostumisalueella n. 3,1 km ja Kt 88 n. 2 km. Paikallistiet, Pt 18555 ja Pt 18553, kulkevat muodostumisalueella alle kilometrin pituisella matkalla. Edellä mainituista teistä vain Kt 86:tta suolataan. Kt 86:llä käytetyt suolamäärät ovat vaihdelleet viimeisten kymmenen vuoden aikana 1,8-7,0 t/km välillä. Vuosien 81-90 suolankäytömäärien keskiarvo on 3,2 t/km.

Suolavarasto

Suolavaraston etäisyys Ohimaan vedenottamolta on n. 0,8 km. Suolan varastointi lopetettiin alueella vuonna 1984. Varastossa vuosittain säilytettävä suolamäärä oli 5-7 t/vuosi. Suolavarastossa ei ollut suojausta. Suolavaraston alueella pohjaveden virtaussuunta on tieltä varastolle päin, joten suolavaraston vaikutus ei näy vedenottamolla.

Vedenottamot

Pohjavesialueella sijaitsee viisi vedenottamoa. Näistä Ohimaanperän vedenottamon etäisyys Kt 86:sta on n. 0,4 km ja Petäjämäen vedenottamon etäisyys 0,6 km. Lähimpänä Kt 88 sijaitsee Ojastin vedenottamo - n. 900 m päässä.

Ohimaanperä

Ohimaanperän vedenottamolla Cl-pitoisuus on alhainen. Viimeisin, 8.4.92, mitattu Cl-pitoisuus oli 7,5 mg/l ja johtokyky 7,7 mS/m. Ohimaanperä vedenottamon läheisyydessä on neljästä pohjavesiputkesta

otettu näytteitä vuosien 1982-90 välillä. Pohjavesiputkista analysoituissa näytteissä Cl-pitoisuus oli erittäin alhainen vaihdellen 0,6-6,0 mg/l välillä. Pohjavesiputkien etäisyys Kt 86:sta on alle 50 m. Vain yhdessä putkessa, PP028:ssa, trendi oli nouseva ja viimeisin mitattu pitoisuus 4,5 mg/l (-86).

Petäjämäki ja Ojasti

Petäjämäen ja Ojastin vedenottamoilta mitatut kloridipitoisuusarvot ovat myös erittäin alhaisia. Ojastin viimeisin, 18.3.92, mitattu Cl-pitoisuus oli 1,6 mg/l. Petäjämäen viimeisin mittaustulos on niinkin kaukaa kuin vuodelta -83, jolloin se oli 1 mg/l.

Vaikka vedenottamoiden lähellä on sellaista toimintaa, joka voi lisätä Cl-pitoisuutta, on suolojen määrä alueella alhainen. Tiesuolaus ei ole vaikuttanut vedenottamoilta pumpattavan pohjaveden kloridipitoisuuteen.

Piippolan tiemestaripiiri

Piippolan tiemestaripiirin hoitoalueella on tutkittu viisi tmp:n alueella olevasta kymmenestä tärkeäksi luokitellusta pohjavesialueesta. Patalankankaan pohjavesialuetta lukuunottamatta pohjavesialueet sijaitsevat Vt 19 varrella. Vt 19:ta käytetyt suolamäärät ovat pieniä. Vuosina 1985-90 käytettiin tiellä suolaa vuosittain keskimäärin 1,8 t/km. Piippolan tmp torjuu liukkautta Vt 19:llä, Kt 85:llä ja Kt 88:lla pääasiassa "mustan jään" aikana.

Täperänkangas, 11 617 01

Täperänkankaan pohjavesialueella, jonka kokonaispinta-ala on 2,25 km², on kaksi vedenottamoa: Täperä I ja II. Täperä I on rakennettu vuonna 1965 ja Täperä II vuonna 1979. Alueen antoisuudeksi on arvioitu 400 m³/d ja vuonna -91 vedenottamoilta pumpattiin vettä yhteensä 252 m³/d.

Alueen hydrogeologia

Täperänkankaan pohjavesialue muodostuu suhteellisen matalasta ja kaapeasta harjusta, jonka aines on pääasiassa hiekkaa. Ydinkeskustassa on myös jonkin verran soraa. Pohjaveden päävirtausuunta on luoteeseen harjun piteuden suuntaisesti. Vedenottamon kohdalla maasto nousee tieltä vedenottamolle mentäessä, jolloin pintavalunta alueelle estyy. Vt 4:llä käytetyt suolamäärät eivät voi levitä vedenottamon suuntaan pohjavesivirtauksen suunnasta johtuen. Pohjavesialuetta vaarantavia kohteita alueella ovat mm. maantiet, hautausmaa ja suojaamattomat pienöljysäiliöt.

Tiesuolauksen vaikutukset vedenottamoille

Vt 19 kulkee pohjavesialueen muodostumisalueella n. 3,0 km. Vt 4 sivuaa pohjavesialuetta n. 0,2 km matkalta. Täperä I etäisyys Vt 19 on 200 m ja Täperä II 50 m. Vedenottamoilta mitatut Cl-pitoisuudet olivat alhaisia. Viimeisin, 11.5.92, mitattu kloriditulos Täperä II:lta oli 9,4 mg/l. Pohjavesialueella sijaitsevista kolmesta kuilukaivoista mitattiin selvityksen aikana näytteet, joissa Cl-pitoisuudet olivat alhaisia vaihdellen 1,0-6,2 mg/l välillä. Tiesuolauksen vaikutusta ei voida havaita vedenottamolla.

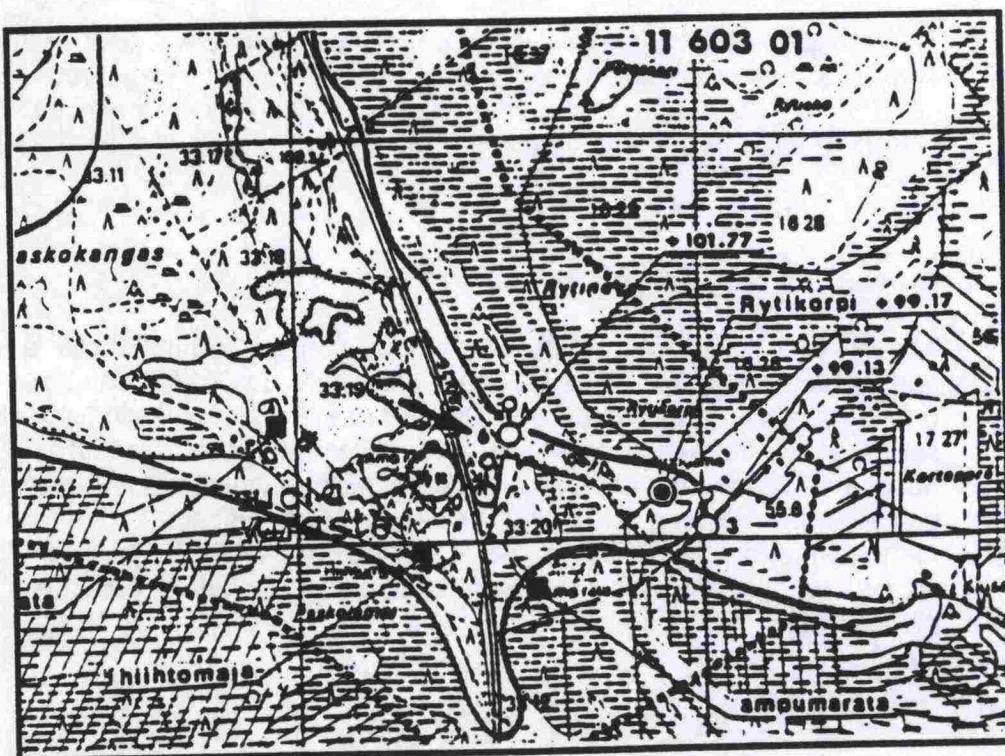
Paskonkangas, 11 603 01

Paskonkankaan pohjavesialueella on kolme vedenottamoa, joista tietä lähinnä on vuonna 1965 rakennettu Rytikorven vedenottamo. Pohjavesialueen, jonka kokonaispinta-ala on 4,9 km², antoisuus on 900 m³/d. Rytikorven vedenottamolta pumpattiin vuonna -91 vettä 115 m³/d.

Alueen hydrogeologia

Paskonkankaan pohjavesialue sijaitsee kahden harjujakson yhtymäkohdassa. Harjun ydinosa koostuu kivisestä sorasta ja hiekasta. Sora esiintyy usein pintakerroksena hiekan päällä. Hiekka on hallitsevana lievealueilla. Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakko eli tieltä Rytikorven vedenottamolle päin. Muut pohjavettä vaarantavat kohteet alueella ovat hiihtomaja, ampumaradat ja vanha suolavarasto.

Kuva 14. Paskonkankaan pohjavesialue. mittakaava 1:20 000



Suolavarasto

Suolavarasto otettiin käyttöön 50-luvun puolessavälissä ja alueen käyttö suolavarastona on lopetettiin vuonna 1984. Varastoalueella säilytettiin vuosittain CaCl_2 :a n. 200-300 t ja NaCl :a n. 50 t. Kaliumkloridi säilytettiin säkeissä tai tynnyreissä, mutta natriumkloridi varastoitiin alueella irtotavarana. Varastossa on vasta loppuajoina ollut lankkulattia. Suolavarasto sijaitsee n. 600 m päässä vedenottamolta ja pohjavedenvirtaussuunta on varastoalueelta vedenottamolle.

Cl-pitoisuudet alueella

Selvityksen aikana Paskonkankaan alueelta tutkittiin Cl-pitoisuutta kolmesta eri kohteesta: vedenottamolta, pohjavesiputkesta ja hiihtomajan kaivosta. Pohjavesiputki sijoitettiin suolavaraston ja vedenottamon väliin. Hiihtomajan kaivo on puolestaan pohjaveden virtaukseen nähden suolavaraston "paremmalla" puolen. Vedenottamon Cl-pitoisuudet ovat alhaisia, samoin kuin pohjavesiputken ja kaivon, ollen alle 10 mg/l. Suolavaraston ja tien vaikutus näkyy kuitenkin pohjavesiputken hieman korkeampana Cl-pitoisuutena. Tiesuolauksen ja suolavaraston vaikutusta ei ole havaittavissa vedenottamalla.

Kivijärvenkangas, 11 630 02

Kivijärvenkankaan pohjavesialueelle rakennettiin vedenottamo vuonna -90. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 3,68 km² ja antoisuus 600 m³/d. Pohjavettä pumpattiin vedenottamolta 354 m³/d vuonna -90

Alueen hydrogeologia

Kivijärvenkangas koostuu korkeahkosta selännemäisestä harjusta. Harjun ydinosa sisältää pääasiassa karkeata kivistä soraa. Lievealueilla vallitsevana aineksena on hiekka. Pohjavesiolosuhteet ovat antikliiniset. Alueen keskiosassa muodostuvien pohjavesien virtaussuunnat ovat luode ja kaakko harjun pituussuuntaisesti. Pohjavettä vaarantavia kohteita ovat Vt 19 ja Pt 18505, joissa käytetään talvi- ja kesäsuolausta. Vt 19 kulkee muodostumisalueella 3,7 km ja Pt 18505 0,7 km matkalla.

Vedenottamon Cl-pitoisuudet

Viimeisin, 6.2.92, mitattu Cl-pitoisuus vedenottamolta, jonka etäisyys Vt 19 on 50 m, on 7,3 mg/l. Tien varrelta, alle 50 m etäisyydellä olevista pohjavesiputkista P5 ja P8, on selvityksen aikana mitattu 1,6 ja 6,7 mg/l kloridipitoisuudet. Sähkönjohtavuusarvot ovat alueella alhaiset ollen luokkaa 2-4 mS/m. Vaikka suolauksen vaikutukset eivät näy vedenottamalla, suolan vähäisen käyttömäärän vuoksi, on Cl-pitoisuuden nopea kasvu mahdollista, jos suolan käyttö tiellä lisääntyy. Vt 19:ta on tähän asti suola käytetty keskimäärin n. 1,8 t/vuosi.

Leiviskänkangas, 11 630 01

Leiviskänkankaan pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 4,40 km² ja antoisuus 800 m³/d. Alueella olevista kahdesta vedenottamosta, Kamulasta ja Leiviskänkankaalta, pumpattiin vuonna -91 yhteensä 363 m³/d vettä. Kamula on rakennettu vuonna 1965 ja Leiviskänkangas 1979.

Alueen hydrogeologia

Leiviskänkankaan pohjavesialue on leveä harjulaajentuma, jonka ydinosa on kapeahko ja sisältää lähinnä soraa. Lievealueilla vallitsevana aineksena on hiekka. Pohjavedenpäävirtaussuunta on kaakkoon, Pyhäjärven suuntaan. Hydraulinen yhteys Kamulan ja Leiviskänkankaan vedenottamoiden välillä on huono. Pohjavettä vaarantavia kohteita alueella ovat Vt 19, Pt 18508 ja teollisuusalue.

Vt 19 kulkee pohjaveden muodostumisalueella n. 2,3 km. Lisäksi Pt 18508, jota kesäsuolataan, kulkee muodostumisalueella 200 m matkalla. Näille teille käytetyt vuosittaiset suolamäärät ovat pieniä. Pt 18508:lla käytetään CaCl₂:ta vuosittain keskimäärin 1,1 t/km. Kamulan vedenottamon etäisyys Vt 19:sta on 350 m ja Leiviskänkankaan vedenottamon 250 m.

Tiesuolauksen vaikutus pohjavesialueella

Kamulan ja Leiviskänkankaan vedenottamoiden Cl-pitoisuudet ovat olleet koko niiden käyttöiän alhaisia. 8. kesäkuuta 1992 mitatuissa näytteissä kloridipitoisuus oli Kamulan vedenottamolla 2,1 mg/l ja Leiviskänkankaan vedenottamolla 4,2 mg/l. Nämä arvot ovat samaa tasoa 70-luvun alussa mitattujen pitoisuuksien kanssa. Leiviskänkankaan pohjavesialueella sijaitsevasta kuilukaivosta, jonka etäisyys Vt 19:lle on 60 m, mitattiin tutkimuksen aikana Cl-arvo 28,0 mg/l. Tiesuolauksen ohella korkeahkoon Cl-pitoisuuteen kaivossa saattaa vaikuttaa maataloustoiminta ja erityisesti navetta, jonka etäisyys kaivosta on < 15 m. Tiesuolauksen vaikutusta pohjaveden laatuun ei selvityksen perusteella ole havaittavissa vedenottamoilla.

Patalankangas-Ritokangas, 11 617 03

Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 3,34 km² ja antoisuus 1000 m³/d. Alueella on kaksi vedenottamoa: Patalankangas ja Ritokangas. Vedenottamoiden yhteenlaskettu pumpattu vesimäärä vuonna -91 oli 629 m³/d.

Alueen hydrogeologia

Kt 88 kulkee pohjavesiesiintymän muodostumisalueella 1,7 km. Pohjavesialue sijaitsee luoteis-kaakkosuunnassa kulkevassa harjuronossa, joka alkaa Pattijoelta ja kulkee Vihannin kautta Itä-Suomen vaara-alueille. Maaperän suhteen harju on pääasiassa hiekkaa ja soraa, joiden vedenjohtavuus on hyvä. Ritokankaan ydinosa on soravaltainen

(KiSr). Lieveosa muodostuu hiekasta. Patalankankaan ydinosassa on kivistä soraa ja hiekkaa. Pohjavedenvirtaussuunta on Patalankankaan vedenottamon kohdalla tieltä vedenottamolle. Piippolan tmp on käyttänyt kyseisellä tiellä suolaa vain neljänä viime vuotena, jolloin määrät ovat vaihdelleet 0,5-3,2 t/km välillä. Patalankankaan vedenottamon raakavedestä mitattiin tänä vuonna, 28.1.92, Cl-pitoisuus 3,0 mg/l. Korkein vedenottamolta sen käytön aikana mitattu sähkönjohtavuusarvo on 13,3 mS/m. Klوريدipitoisuus ja sähkönjohtavuus ovat koko Patalankankaan vedenottamon käyttöiän, vuodesta 1978, olleet alhaisia. Tutkimustulosten perusteella tiesuolauksella ei ole vaikutusta vedenottamon raakaveden klوريدipitoisuuteen.

Pudasjärven tiemestariipiiri

Pudasjärven tiemestariipiirin alueella on yksi pohjavesialue, jonka muodostumisalueella on talvisuolattava tie. Pudasjärven tmp:n viimeisen kymmenen vuoden aikana talvisuolaukseen käyttämät natriumkloridin määrät Vt 20:lla ovat pieniä ollen keskimäärin 1,7 t/km.

Kipinänkangas, 11 615 13

Kipinänkankaan kokonaispinta-ala on 5,92 km² ja antoisuus 500 m³/d. Kipinänkankaan vedenottamo on rakennettu vuonna 1979.

Alueen hydrogeologia

Kipinänkankaan pohjavesialue muodostuu selännemäisestä harjusta. Harjun ydinosan aines on soravaltaista. Alueen keski- ja pohjoisosissa harjuaines on osittain moreenikerroksen peittämää. Pohjavesiolot esiintymässä ovat antikliiniset ja pohjaveden virtaussuunta on luoteeseen, tieltä vedenottamo kohden. Vedenottamon etäisyys Vt 20, joka kulkee muodostumisalueella 600 m, on n. 2,2 km. Muita pohjavesialueella kulkevia teitä ovat Mt 854 ja Pt 18579. Kalsiumkloridia käytetään vuosittain pölynsidontaan Pt 18579:llä n. 1,2 t/km. Pt 18579 kulkee muodostumisalueella 2,1 km.

Tiesuolauksen vaikutukset

Vedenottamolta ei ole mitattu Cl-pitoisuutta kuin kerran, vuonna 1978, jolloin se oli 5,9 mg/l ja johtokyky 6,9 mS/m. Terveystarkastajalta saamamme johtokykyarvot, jotka vaihtelivat vuosina 1987-1991 välillä 6,2-7,0 mS/m, ovat matalia. Tiesuolaus ei vaikuta vedenottamolta pumpattavan pohjaveden laatuun vedenottamon ja tien välisen suuren etäisyyden ja pienten suolamäärien (1,7 t/km vuosittain) vuoksi.

Pitämökangas, 11 973 07

Pitämökankaan pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 1,06 km² ja esiintymän antoisuus on 100m³/d. Alueella oleva Arkalan vedenottamo on rakennettu vuonna 1982 ja vedenottamolta on vuonna -91 pumpattu vettä 22 m³/d.

Pitämökankaan pohjavesialue muodostuu moreeniselänteestä ja sen itäpuoleiselle reunalle kerrostuneesta rantamuodostumasta. Moreenaines on hyvin vettä läpäisevää. Pohjavettä vaarantavia kohteita alueella ovat Vt 20 ja huoltoasema. Vt 20 kulkee pohjavesialueen muodostumisalueella n. 1 km matkalla. Pohjavesialueella käytetyt suolamäärät ovat suhteellisen pieniä vaihdellen välillä 1,5-3,8 t/km vuosina 1981-90.

Vedenottamo

Pohja vesialueella olevan Arkalan vedenottamon etäisyys tiestä on n. 0,3 km. Vedenottamolta ei ole määritetty kloridipitoisuutta. Johtokyky on vaihdellut vedenottamolla 3-6,5 mS/m välillä. Sähkönjohtokykyarvon perusteella tiesuolaus ei ole vaikuttanut vedenottamolta pumpattavan raakaveden Cl-pitoisuuteen.

lin tiemestariipiiri

lin tiemestariipiirin alueella on yhdeksän tärkeäksi pohjavesialueeksi luokiteltua pohjavesiesiintymää. Näistä vain Santamäen muodostumisalueella on talvisuolattava tie. Vt 4:llä viimeisten 10 vuoden aikana käytetyt suolamäärät lin tmp.n alueella ovat olleet keskimäärin 3,8 t/km.

Santamäki, 11 292 01

Santamäen pohjavesialue otettiin käyttöön vuonna 1982. Pohjavesialueen antoisuudeksi on arvioitu 400 m³/d. Vesioikeuden lupa vedenottoon on 300 m³/d. Vuonna -91 vedenottamolta pumpattiin vettä 112 m³/d.

Alueen hydrogeologia

Alue liittyy osana kapeaan, epäyhtenäiseen harjujaksoon. Harjun ydinosa koostuu pääasiassa kivisestä sorasta. Alueen keskiosasta ydinosan karkea materiaali on suurimmaksi osaksi käytetty lähelle pohjaveden pinnan tasoa niin, että osassa sorakuoppaa ko. aineksen paksuus jää n. 5 m tai sen alle. Pohjaveden päävirtaussuunta on itään eli vedenottamolta tien suuntaan. Muodostumisalueella on neljä tietä: Vt 4, Pt 18811, Pt 18812 ja Pt 188132. Vt 4 kulkee muodostumisalueella 1,2 km. Paikallisteistä kesäsuolataan vain Pt 18813, joka kulkee muodostumisalueella 300 m. Santamäen vedenottamon etäisyys Vt 4:itä on n. 1,0 km.

Cl- ja johtokykyarvot

Vedenottamalla johtokykyarvot ovat vaihdelleet 8,7-13,6 mS/m välillä. Verkostovedestä mitatuissa näytteissä on alueelta pumpatusta vedestä mitattu vain alle 2 mg/l olevia kloridipitoisuuksia. On epätodennäköistä, että suolaus vaikuttaa vedenottamolta pumpattavan pohjaveden laatuun, koska vedenottamon etäisyys suolattavasta tiestä on suuri, käytetyt suolamäärät pieniä ja pohjaveden virtaussuunta on epäedullinen suolan leviämiseen vedenottamolle.

4.2 Kaivot

Selvityksen yhteydessä tiepiiri tutki tiesuolauksen vaikutusta yhteensä 101 kaivossa ja 15 pohjavesiputkessa, jotka sijaitsivat talvi-suolattavan tien läheisyydessä. Kaivot jakautuivat seuraavasti eri teille:

tie	Kaivojen lkm
Vt 4	49
Vt 8	3
Vt 19	26
Vt 20	16
Kt 86	7
	101

Kaivojen etäisyydet suolattavasta tiestä vaihtelivat 10-550 metriin, valtaosan sijaitessa alle 100 metrin säteellä tiestä. Kaivotyyppi oli yleensä betoni- tai teräsbetonirenkainen kuilukaivo, jonka syvyys vaihteli 2,5-5,5 m. Putkikaivoja tutkitusta aineistosta oli neljä kappaletta.

Kaivoista mitatuista näytteistä vain neljässä pitoisuus oli yli 100 mg/l. Ko. kaivoista kolme, jotka toimivat vain kasteluvetenä, sijaitsivat 10-25 metrin etäisyydellä Vt 4:stä. Neljäs kaivo, jossa pitoisuus oli yli 100 mg/l, on putkikaivo, jonka syvyys on 24 metriä. Kaivo on 120 metrin päässä Vt 4:stä. Viimeksimainitusta kaivosta saatu vettä käytetään talousvetenä. Kaikkiaan 11 kaivossa ylitettiin kloridipitoisuusarvo 25 mg/l, jota voidaan pitää korkeahkona pitoisuutena.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että merkittävä osa Vt 4:n varrella olleista kaivoista toimi ainoastaan satunnaisesti kasteluveden lähteenä tai ne oli poistettu kokonaan käytöstä, jolloin niistä puuttuu "laimennustekijä", sillä seurauksella, että suolapitoinen vesi rikastuu kaivoon. "Laimennustekijän" puuttuminen ja kaivojen pieni etäisyys selittävät korkealla (214-235 mg/l) olevat pitoisuudet kaivoissa. Putkikaivossa oleva korkea suolapitoisuus (159 mg/l) on luultavasti peräisin vanhoista maakerrostumista. Putkikaivo sijaitsee Litorina-merivaiheen pohjan alueella.

Kloridipitoisuus 100 mg/l ylittyi seuraavissa kaivoissa: Anttila (159 mg/l), Haanpää (220 mg/l), Mikkola (214 mg/l) ja Myllykoski (235 mg/l). Lisäksi korkeahkoja pitoisuuksia mitattiin Vääräniemen (54 mg/l), Hälisen (38 mg/l), Kankaan (37 mg/l), Kiutun (34 mg/l), Schönbergin (30 mg/l), Autiolan (29 mg/l) ja Sipolan (26 mg/l) kaivoista. Jatkoseurantaa kloridipitoisuudenmittauksen muodossa tullaan harjoittamaan edellä mainituissa kaivoissa lukuunottamatta niitä kaivoja, joita ei käytetä enää talousveden lähteenä. Seuraavassa on tarkasteltu tarkemmin niitä kaivoja, joissa kloridipitoisuus oli yli 100 mg/l.

Anttila

Anttilan omistama kaivo on tyypiltään putkikaivo, jonka syvyys on 24 metriä. Kaivo sijaitsee Vt 4:n varrella n. 120 m etäisyydellä tiestä. Kaivon syvyys ja sijainti Litorina-merivaiheen pohjan alueella sekä suuri etäisyys tiestä viittaavat siihen, ettei tiesuolaus ole aiheuttanut korkeaa kloridipitoisuutta, 159 mg/l. Kaivon kloridipitoisuutta seurataan jatkossa.

Haanpää

Haanpään omistamasta kaivosta mitattiin selvityksen aikana kloridipitoisuudeksi 220 mg/l. Kaivon etäisyys Vt 4:stä on 10-15 m. Maasto viettää loivasti tieltä kaivon suuntaan. Kaivon yleiskunto on huono. Kaivon vettä ei käytetä enää talousvetenä vaan satunnaisesti kasvien kasteluvetenä. Tiesuolaus on aiheuttanut kohonneen kloridipitoisuuden.

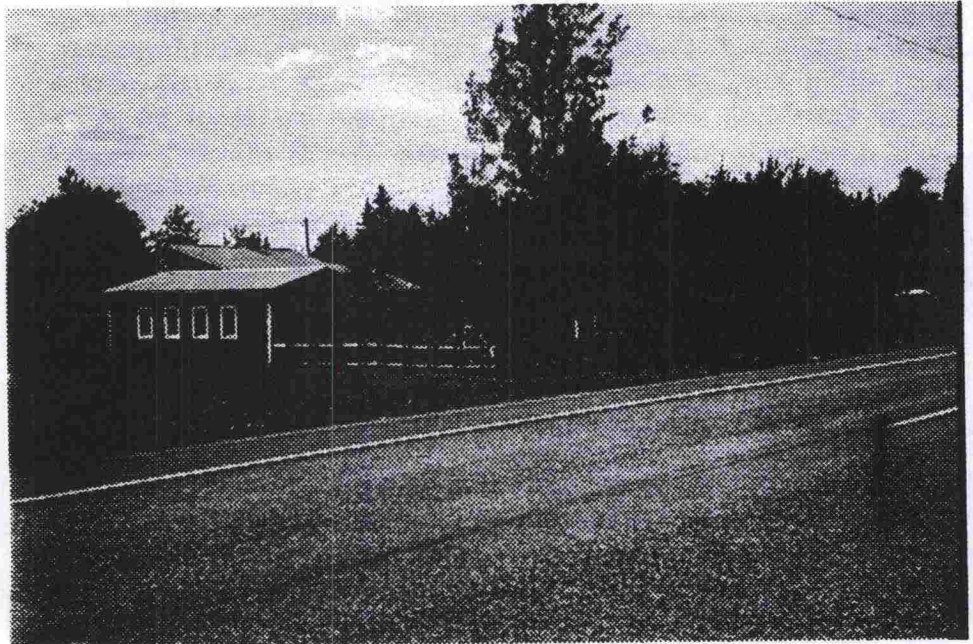
Myllykoski

Kaivon etäisyys Vt 4:stä on 25 m. Maasto viettää loivasti tieltä kaivolle ja kaivon kunto on huonohko. Kaivon vettä käytetään satunnaisesti kasteluvetenä. Tiesuolaus on aiheuttanut kohonneen kloridipitoisuuden.

Mikkola

Mikkolan omistamasta kaivosta on selvityksen aikana mitattiin kloridipitoisuus 214 mg/l. Kaivon etäisyys Vt 4:stä on 15 m. Maasto viettää tieltä kaivolle päin. Kaivon vettä käytetään vain kasvien kasteluvetenä. Tiesuolaus on aiheuttanut korkeahkon kloridipitoisuuden. Mikkolan kaivosta kuva sivulla 35.

Kuva 15. Mikkolan kaivo. Kaivon etäisyys tiestä on n. 15 m. Vettä käytetään kasteluvetenä. Kaivon yleiskunto on hyvä.



5. Tutkimusaineiston käsittely

5.1 Tärkeät pohjavesialueet

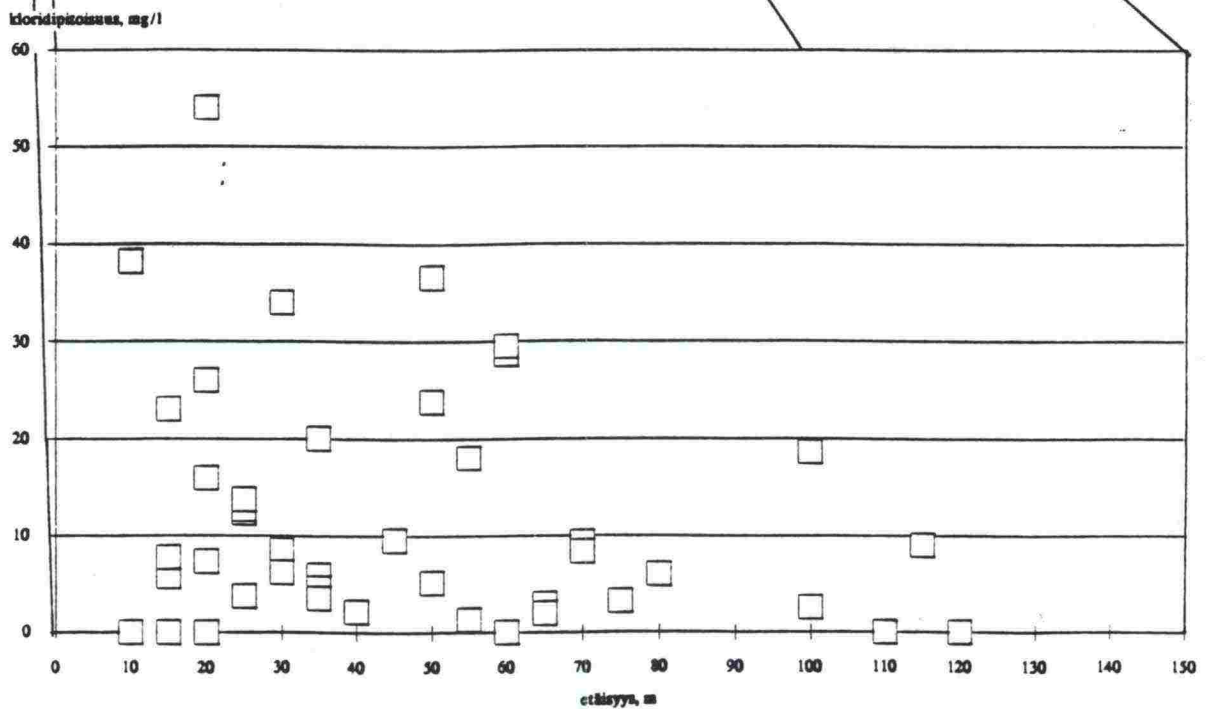
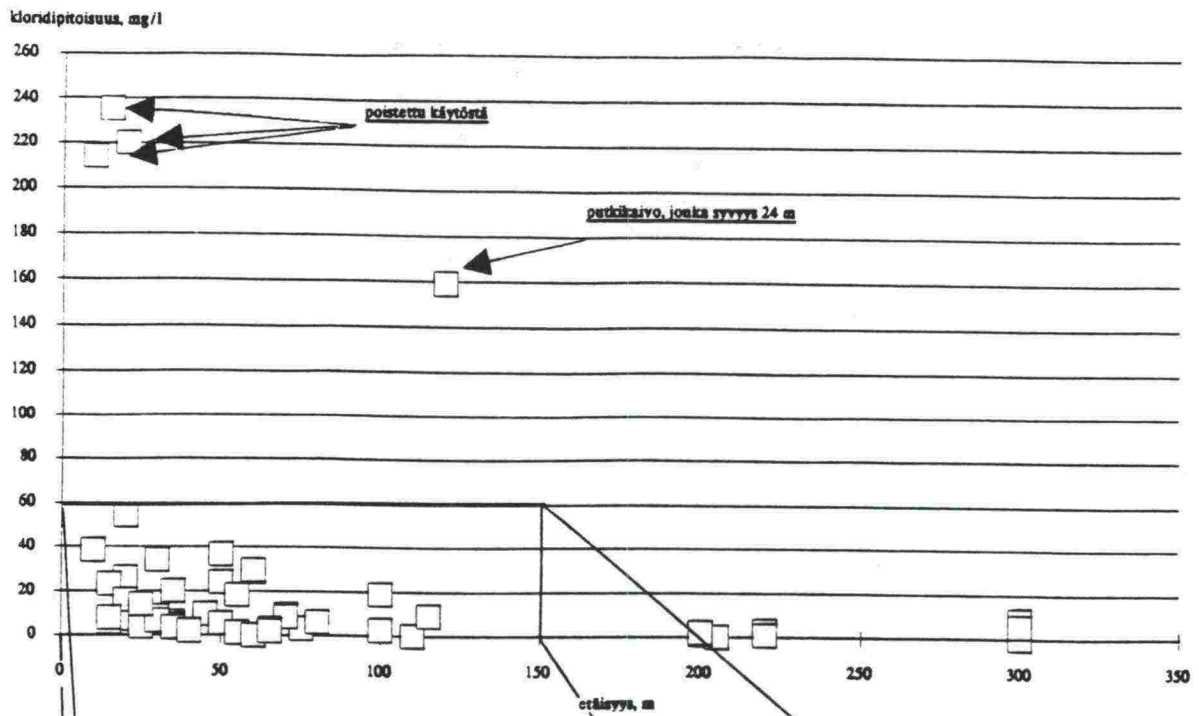
Oulun tiepiirin alueella tutkituista pohjavesialueista vain neljä oli sellaisia, jotka eivät sijainneet vanhan Litorina-merivaiheen merenpohjan alueella. Vedenottamoiden kloridipitoisuuksia on 80-luvulla mitattu harvoin ja tämän vuoksi kloridipitoisuuden trendiä on vaikea arvioida. Tutkituista pohjavesialueiden vedenottamoista vain yhdessä, Foudilan vedenottamolla on mitattu yli 100 mg/l olevia kloridiarvoja. Foudilan lisäksi korkeita Cl-pitoisuuksia (18-63,2 mg/l) on mitattu Antinkankaan, Martinniemen, Saviaronkankaan, Tuohinon ja Monkkasen vedenottamoilla. Nämä kaikki vedenottamot sijaitsevat vanhan merenpohjan alueella ja ovat meren läheisyydessä. Tutkituista vedenottamoista vain seitsemässä ylitetään vuosina -91 ja -92 kloridin ja sähkönjohtavuuden osalta ne keskiarvot, jotka Natukka (1961) on laatinut yhteenvedossaan harjujen pohjaveden laadusta. Natukan mukaan keskiarvot olivat kloridin tapauksessa 7,5 mg/l ja sähkönjohtavuuden 10,2 mS/m.

Tiesuolauksen vaikutus vedenottamoille tutkituilla pohjavesialueilla on ollut vähäinen ja vedenottamoilla, joissa kloridipitoisuus on korkea, tiesuolauksen ohella on olemassa monia muita kloridipitoisuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ja tiesuolauksen arvioitu vaikutus näissä tapauksissa on yleensä pieni. Antinkankaan pohjavesialueella suolan kulkeutumista ja tiesuolan vaikutusta on tutkittava vielä lisää. Antinkankaan pohjavesialue sijaitsee riskialtiissa paikassa ja mm. tiesuolan vaikutusta ei voida sulkea pois pohjavedenlaatua arvioidessa.

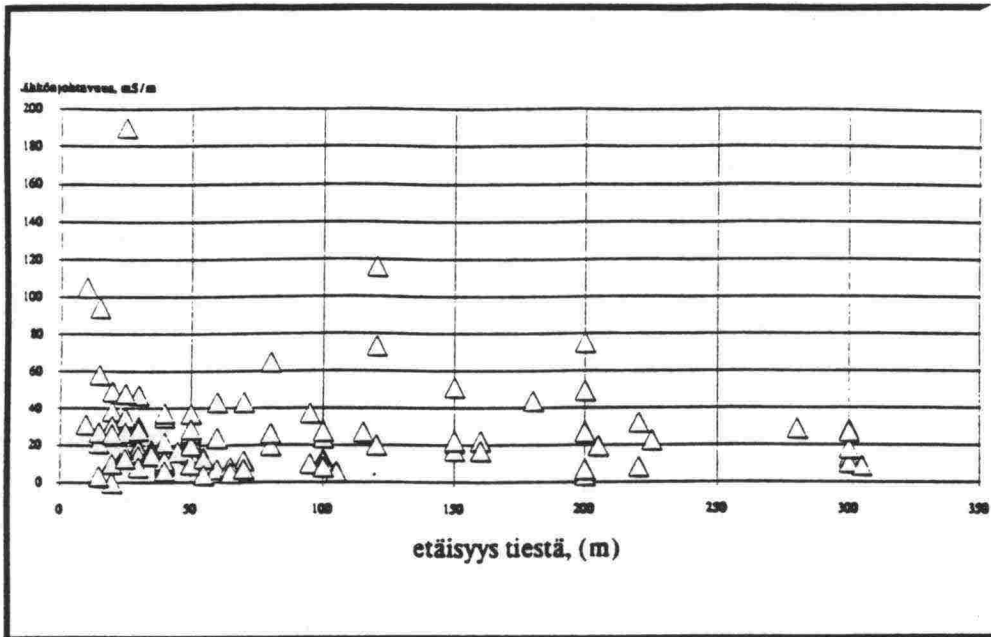
5.2 Kaivot

Tiepiirin tekemän selvityksen aineistoa analysoitaessa suolan vaikutus näyttää ulottuvan erittäin kapealle kaistaleelle, alle 100 metrin tiestä, riippuen paikallisista olosuhteista. Tutkittujen kaivojen kloridipitoisuuden keskiarvo oli 25,51 mg/l ja sähkönjohtavuuden 25,26 mS/m, jotka ovat hieman korkeampia verrattuna tausta-arvoina olleiden Lahermon, Wäreen ja Sipilän aineistoon. Eri teiden välillä on suuria eroja analyysitulosten keskiarvoissa. Vt 4:llä kloridin keskiarvo oli 44,18 mg/l, kun se muilla teillä oli huomattavasti alhaisempi esim. Vt 19 11,92 mg/l. Kun verrataan tämän selvityksen aineistoa Lahermon et. al. tutkimuksen aineistoon kaivoveden laadun osalta on tutkittujen kaivojen Cl-pitoisuuden keskiarvo (25,51 mg/l) n. 10 mg/l korkeampi kuin Lahermon tutkimuksessa. Jos tiepiirin tutkimuksesta jätetään tarkastelun ulkopuolelle Vt 4, jonka varrella olevat kaivot ovat suureksi osaksi pois käytöstä, on selvityksen kaivovesien kloridipitoisuuden keskiarvo alle Lahermon tutkimuksen keskiarvon.

Oulun tiepiirin alueella tiesuolaus on nostanut kloridipitoisuutta joissakin tien läheisyydessä olevissa kaivoissa. Tiesuolaus ei kuitenkaan ole aiheuttanut kloridipitoisuuden laatutavoitteen ylitystä niissä kaivoissa, joiden vettä käytetään talousvetenä. Kuvassa 16. on kuvattu kloridipitoisuuden suhdetta kaivon etäisyyteen tiestä. Tiesuolauksen kloridipitoisuutta nostava vaikutus rajoittuu tutkituissa kohteissa niihin kaivoihin, joiden etäisyys suolattavasta tiestä on alle 100 m. Sähkönjohtokyky ei ole suoraan yhtä riippuvainen etäisyydestä suolattavaan tiehen kuin kloridipitoisuus, vaan kaukanakin tiestä esiintyy korkeahkoja johtokykyarvoja (vrt. Kuva 17).



Kuva 17 Tien ja kaivon välisen etäisyyden vaikutus sähköjohtokykyyn.



6. VAARALLISTEN AINEIDEN KULJETUKSET

6.1 VAK-virrat

Osana ympäristöntilaselvitystä on Oulun tiepiiri selvittänyt vaarallisten aineiden kuljetusten aiheuttamaa onnettomuusriskiä tiepiirin alueella oleville tärkeille pohjavesialueille. Taustana tutkimukselle on Oulun kaupungin ja Oulun tiepiirin teettämä selvitys "Vaarallisten aineiden kuljetukset Oulussa", jonka on tehnyt LTT-konsultit Oy.

Konsultin tekemässä työssä on tarkasteltu VAK-aineiden kuljetuksesta aiheutuvia onnettomuusriskejä ja niistä johtuvia toimenpidetarpeita Oulun kaupungin alueella. Tässä selvityksessä keskitytään Oulun tiepiirin alueella olevien tärkeiden pohjavesialueiden riskiluokitukseen, riskialttimpien tiekohtien ja pohjavesialueiden kartoitukseen.

Pohjavesialueiden riskiluokituksen perusteella Oulun tiepiiri pystyy kohdentamaan mahdolliset suojaustoimenpiteet niihin kohteisiin, joissa tien kunnossapito, vaarallisten aineiden kuljetukset, hydrogeologiset olosuhteet ja vedenottamon sijainti aiheuttavat yhdessä potentiaalisesti suurimman riskin pohjaveden laadun muuttumiselle.

Vaarallisten aineiden kuljetusten virrat keskittyvät Oulun tiepiirin alueella Oulun ympäristöön ja pääteillä erityisesti Vt4, Vt 8, Vt 20, Vt 22 ja Kt 86:lle. Kuvassa 18 ja 19. on kuvattu vaarallisten aineiden materiaalivirtoja. Kuvassa 18. on teittäin merkitty öljytuotteiden kuljetusmäärät (t/vuosi) ja kuvaan 19. on merkitty muiden VAK-tuotteiden materiaalivirrat tiepiirin alueella.

Vaarallisten aineiden kuljetusreitit kulkevat yhteensä 25 tärkeän pohjavesialueen läpi tai sivuavat niitä. Pohjavesialueet jakautuvat eri teille seuraavasti:

tie	tärkeiden pohjavesialueiden lkm.
Vt 4	5
Vt 8	3
Vt 19	4
Vt 20	9
Vt 22	1
Kt 86	2
Kt 88	1
yht.	25

Ko. pohjavesialueilla ei ole suojausta Kempeleenharjun pohjavesialuetta lukuunottamatta. Kempeleenharjun pohjavesiesiintymän muodostumisalueella on rakennettu suojaus paaluväleille 1100-2620 (Vt 4) ja 0-1860 (Pt 18637). Suojausten lisäksi muodostumisalueella on kolme öljyn erotusallasta.

misalueella on rakennettu suojaus paaluväleille 1100-2620 (Vt 4) ja 0-1860 (Pt 18637). Suojausten lisäksi muodostumisalueella on kolme öljyn erotusallasta.

6.2 Vaarallisten aineiden aiheuttamat riskit

Vaarallisten aineiden aiheuttamia ympäristöriskejä ovat niiden haitalliset vaikutukset ihmisiin, luontoon ja rakenteisiin. Tässä selvityksessä pääpaino on VAK-aineiden pohjavesille aiheutuvan riskin arvioimisessa. Vaarallisten aineiden onnettomuus- ja vahinkotyyppit voidaan jakaa seuraavasti:

- vuoto maahan,
- kaasuvuoto,
- tulipalo ja
- räjähdys

Näistä merkittävin pohjavesialueiden kannalta on vuoto maahan. Säiliöajoneuvon tyypillisin onnettomuus on säiliön oikean kyljen repeytyminen, jonka seurauksena vaarallinen aine vuotaa maahan. Vakavia vuotoja on arvioitu olevan 9,4 % kaikista VAK-on-nettomuuksista. Todennäköisyyttä sille, että vaarallinen aine vakavan vuodon seurauksena pääsee pohjaveteen saakka on vaikea arvioida, koska vaarallisten aineiden mahdollisuudet päästä pohjaveteen riippuvat mm. vaarallisen aineen ominaisuuksista (viskositeetti), luiskan materiaalista, maaperän ominaisuuksista ja pohjaveden pinnan korkeudesta, joten paikallista olosuhteista riippuen riskin suuruus vaihtelee merkittävästi.

Pohjavesille erityisen vaarallisia aineita ovat nestemäiset tuotteet, jotka voidaan jaotella: veteen liukeneviin ja vettä raskaampiin aineisiin, veteen liukeneviin ja vettä kevyempiin aineisiin ja veteen liukenemattomiin aineisiin.

Veteen liukenevat vettä raskaammat aineet

Tähän ryhmään kuuluvat aineet ovat syövyttäviä aineita happoja ja emäksiä. Tyypillistä aineille on, että ne ovat viskooseja ja huonosti haihtuvia. Aineiden vaarallisuus perustuu niiden väkevyYTEEN.

Veteen liukenevat vettä kevyemmät aineet

Ryhmään kuuluvat aineet ovat pääasiassa palavia nesteitä, jotka ovat ominaisuuksiltaan herkästi juoksevia ja liukenevat helposti veteen.

Veteen liukenemattomat aineet

Ryhmä jakautuu vettä kevyempiin ja raskaampiin aineisiin. Vettä kevyemmät aineet, johon kuuluvat mm. bensiini ja polttoöljyt, liukenevat huonosti veteen ja kelluvat veden pinnalla. Vettä raskaammat aineet joutuessaan vesistöön vajoavat pohjaan ja liukenevat hitaasti veteen.

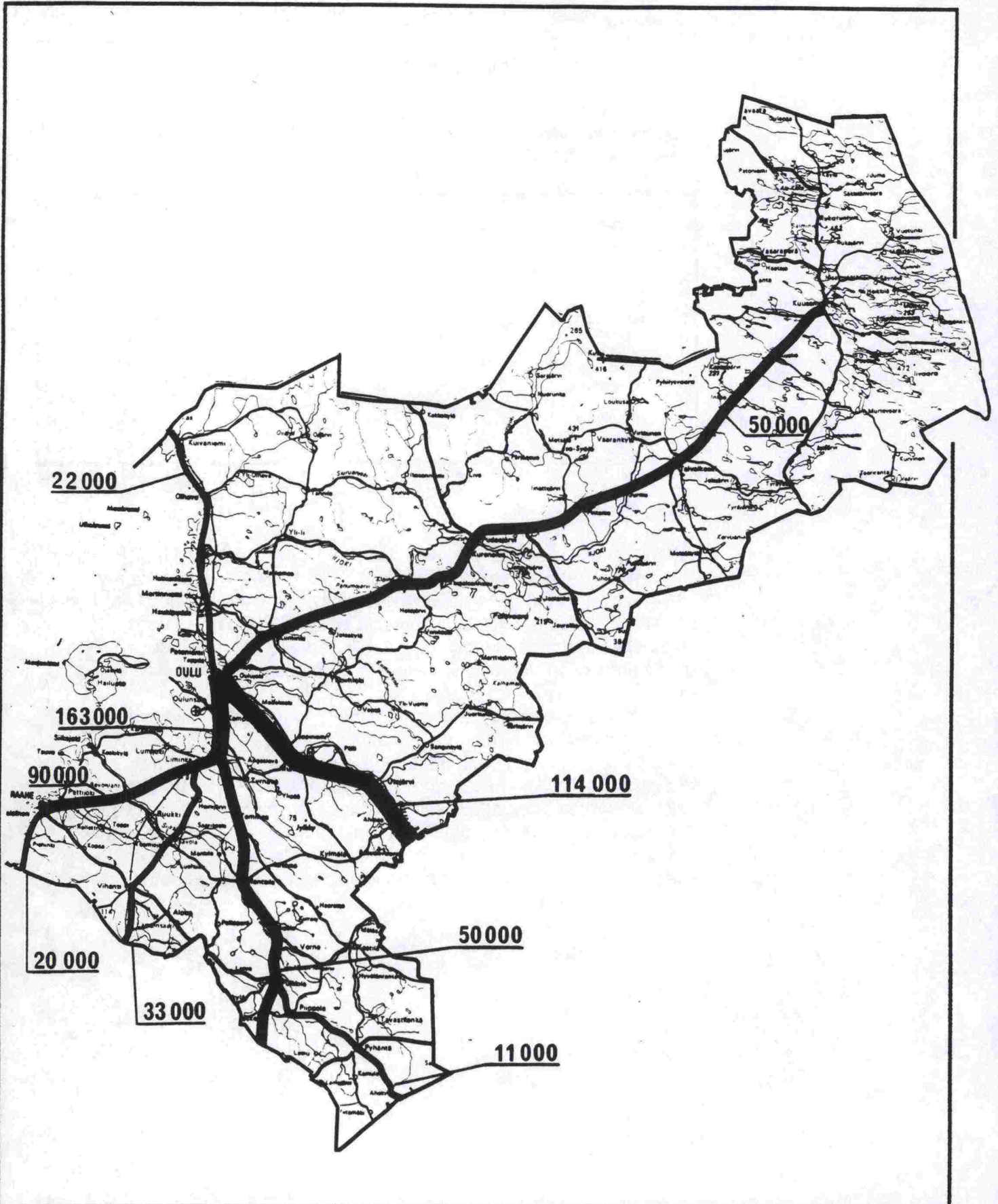
Taulukko 2. Vaarallisten aineiden vaikutukset (lähde: Vaarallisten aineiden kuljetukset Oulussa)

VAK-luokka	vaikutus		
	tuli-palo	kaasumai-nen tulipalo	myrkyllisyys
2. kaasut		X	X
3. palovaaralliset nesteet	X	X	
5. hapettavat aineet.	X		
6. myrkylliset aineet			X
8. syövyttävät aineet			(X)

Öljytuotteet

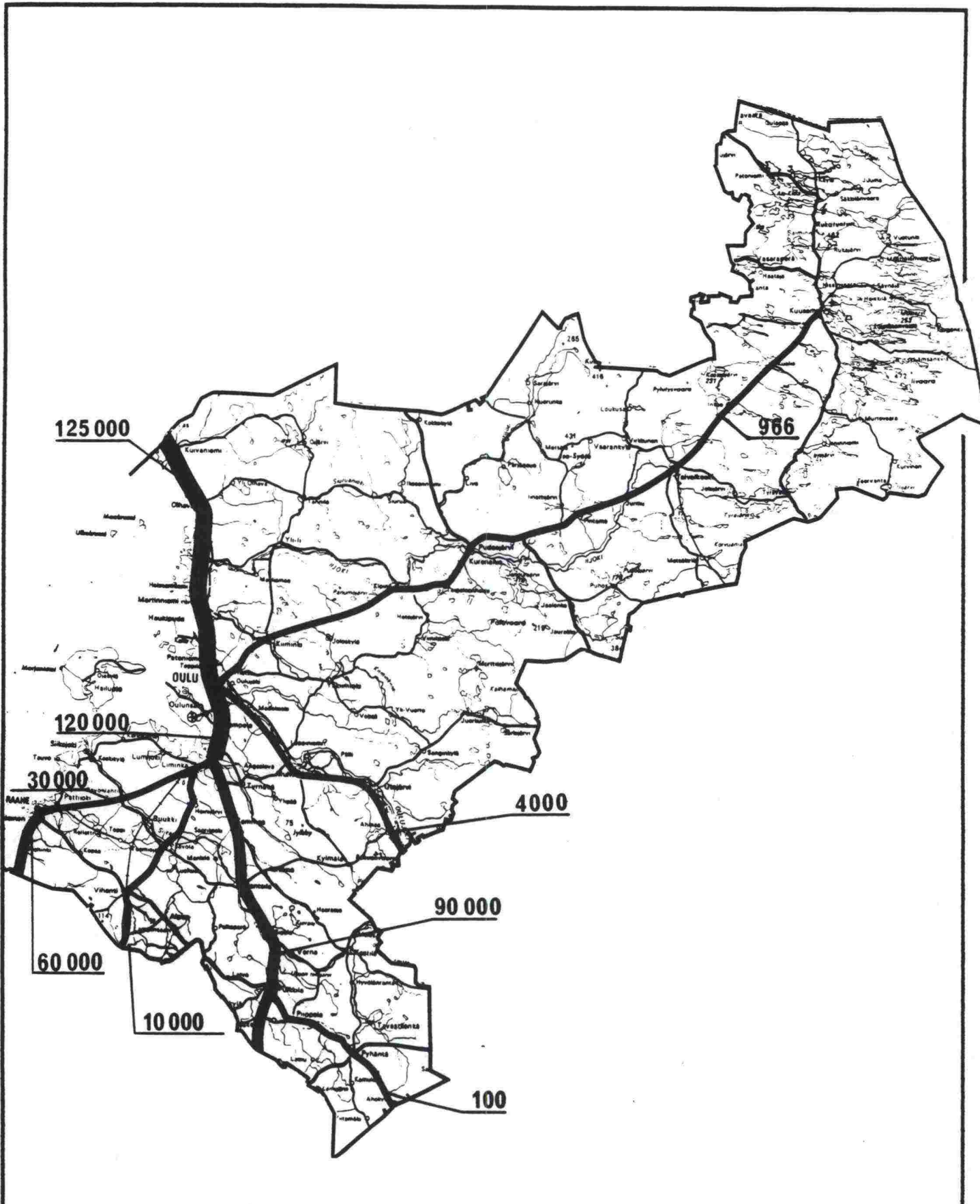
Liikenneministeriön vuonna 1987 tekemän yleisselvityksen, "Vaarallisten aineiden kuljetukset Suomessa", mukaan vaarallisia aineita ko. vuonna 1987 kuljetettiin 9,8 milj. tonnia. Kuljetusmääristä valtaosa, 80 %, oli bensiiniä ja polttoöljyä. Syövyttäviä aineita oli n. 15 % ja kaasuja n. 1,6 %. Myös Oulun tiepiirin alueella öljytuotteiden kuljetukset muodostavat suurimman osan vaarallisten aineiden kuljetuksista.

Öljytuotteiden pidättäytyminen maaperään, hajoaminen ja kulkeutuminen riippuu suuresti ko. aineen viskositeetistä. Esim. bensiinin leviämisenopeus on moninkertainen lämmitysöljyn leviämiseen verrattuna. Vedellä kyllästymättömässä maassa öljyä pidättäytyy maarakeiden pinnalle. erityisesti hienorakeisissa maissa pidättäytyminen on tehokasta. Jos maa on märkää öljyn pidättäytyminen heikkenee. Kapillaarivyöhykkeellä on tärkeä merkitys pidättymiselle pohjaveden yläpuolella. Karkeassa soramaassa öljynpääsy pohjaveteen on lähes esteetön, koska kapillaarivyöhykettä ei juuri ole.



Kuva 18 ÖLJYTUOTTEIDEN KULJETUSMÄÄRÄT VUOSINA 1991 - 1992
 (tonnia / vuosi)

Oulun tiepiiri 1992



**Kuva 19 VAK - AINEIDEN (EI ÖLJYTUOTTEIDEN) KULJETUSMÄÄRÄT
 VUOSINA 1991 - 1992 (tonnia / vuosi)**

Oulun tiepiiri 1992

7. YHDISTETTY RISKIN ARVIOINTI

Oulun tiepiirin alueella olevien pohjavesien pilaantumisriskiä on pyritty tarkastelemaan kahdella eri tavalla. On pyritty kartoittamaan kriittisimmät tieosuudet ja laskemaan pohjavesialueille riskiluku, joka kuvaa tieosuituksen ja vaarallisten aineiden aiheuttamaa riskiä vedenotolle. Riskiluvun ohella on laskettu suuntaa antava onnettomuustodennäköisyys pohjavesiesiintymän muodostumisalueilla. Onnettomuustodennäköisyys (onn./100 v) kuvaa kuinka monta onnettomuutta yhteensä vaarallisia aineita kuljettaville ajoneuvoille todennäköisesti tapahtuu pohjavesiesiintymän muodostumisalueella 100 vuodessa.

7.1 Riskiluku

Pohjavesialueilla laskettavalla riskiluvulla arvioidaan pohjavesialueiden pohjaveden laadun muuttumisriskiä. Saatu riskiluku kuvaa tieosuituksen ja vaarallisten aineiden aiheuttamaa riskiä vedenotolle. Erityisesti on huomattava, että riskiluku ei määrittele pohjavesien pilaantumisen tai suolaantumisen todennäköisyyttä tai sen laajuutta, vaan riskilukujen avulla pohjavesialueet asetetaan järjestykseen potentiaalisen uhan perusteella. Tällöin suurimman riskiluvun omaavalla pohjavesialueella on suurin riski pohjaveden laadun muuttumiselle. Riskiluvun maksimipistemäärä on 100 pistettä. Riskiluku on laskettu Vesi- ja ympäristöhallituksen Kuntatoimiston luonnosohjeiden (25.6 1992) mukaisesti.

Riskilukua laskettaessa tarkastellaan seuraavia tekijöitä:

A. Pohjavesialue tiedot

B. Kulkeutumiseen vaikuttavat tekijät

- imeytymiskerroin tien läheisyydessä
- pohjaveden virtausuunta tien ja vedenottamonvälisellä alueella
- tien ja vedenottamon välillä pohjaveden virtausta estävät tekijät
- aineksen vedenläpäisevyys koko esiintymässä

C. Vedenottotiedot

- vedenotto
- tien sijainti pohjavesialueella olevaan vedenottamoon nähden.

D. Teiden suolaus ja vaarallisten aineiden kuljetukset.

- tien suhde pohjaveden muodostumisalueeseen
- suolakuorma kunnossapitoluokan mukaan
- tieosuuden sijainti tiepiireittäin
- vaarallisten aineiden kuljetukset tonnia/vuosi pohjavesialueella kulkevalla tieosuudella

Riskilukuun vaikuttavat edellä mainittujen tekijöiden ohella lisätiedot:

- pohjaveden laadussa mitatut Cl-pitoisuudet
- sähkönjohtavuusarvot
- muut Cl-pitoisuuteen vaikuttavat toiminnot

Riskiluvun laskennassa on jouduttu joissain tapauksissa arvioimaan mm. imeytymiskerrointa tien läheisyydessä pohjavesialueen geohydrologisten kuvausten ja tien rakennusasiakirjojen perusteella.

Lisätiedoissa olevaa korkeasta Cl-pitoisuudesta johtuvaa lisäpisteytyksen antamista hankaloittaa lähes kaikkien tarkasteltujen pohjavesialueiden sijainti Litorina-merivaiheen pohjan alueella. Tämän ohella mm. Antinkankaan, Kirkonkylän, Kempeleenharjun, Martinniemen pohjavesialueilla on muita kloridipitoisuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä kuten mm. meren läheisyys, asutusta ja teollisuutta. Vaikka pohjavesialueella on runsaasti muita suolapitoisuuteen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä ei tiesuolausta kloridipitoisuutta nostavana tekijänä voida sulkea pois esim. Antinkankaan pohjavesialueella.

Riskilukuihin on lisätty korkeasta kloridipitoisuudesta johtuvat lisäpisteet. Korkeista kloridipitoisuuksista lisäpisteitä riskilukuun saaneet pohjavesialueet on merkitty tähdellä (*). Suluissa olevalla Kirkonkylän pohjavesialueella on suojaukseen verrattavat paksut savikerrostumat

Taulukko 3. Pohjavesialueiden riskijärjestys Oulun tiepiirin alueella.

pohjavesialueen nimi
*Antinkangas, Raahе
*(Kirkonkylä, Foudila, paksut savikerr., Liminka
*Martinniemi, Haukipudas
Jolosharju, Kiiminki
Täperänkangas, Pulkkila
Santamäki, Kuivaniemi
*Savlaronkangas, Haukipudas
Kellonkangas, Haukipudas
Hangaskangas, Oulu
Paskonkangas, Piippola
Kivijärvenkangas, Pyhäntä
Leiviskänkangas, Pyhäntä
Patalank-Ritokangas, Pulkkila
Palokangas-Selänmäki, Pattijoki
Pitämökangas, Ylikiminki
Vihanninkangas, Vihanti
Taviharju, Kuusamo
Kirkonkylä, Kuusamo
Kipinäkangas, Pudasjärvi
Pojula-Pintamo, Pudasjärvi
Korentokangas, Pudasjärvi
Taivalvaara-Repoharju, Taivaikoski
Laivakangas, Kiiminki

7.2 Pohjavesialueiden tarkastelu

Antinkangas

Suurimman riskiluvun tutkituista pohjavesialueista sai Antinkankaan pohjavesialue. Pohjavesialueen halki kulkevilla teillä kuljetetaan merkittäviä määriä vaarallisia aineita (yhteensä n.150 000 tonnia/vuosi). Vedenottamon etäisyys suolattavasta tiestä on n. 50 m. Pohjavesialueella on lisäksi muita pohjaveden laatua vaarantavia tekijöitä, kuten asutusta, hautausmaa, huoltamo, pienteollisuutta ja suolavarasto. Vaikka Antinkankaan pohjavesialue ei saisi korkeista kloridipitoisuudesta lisäpisteitä sillä olisi siitä huolimatta suurin riskiluku tutkituista pohjavesialueista. Antinkankaan pohjavesialueella olisi jatkossa harkittava toimenpiteitä, joilla vähennetään mm. vaarallisten aineiden aiheuttamaa riskiä pohjaveden otolle. Antinkankaan pohjavesialueella on tällä hetkellä käynnissä Raahen kaupungin toimesta laajempi pohjavesitutkimus, jonka yhteydessä olisi mielekäästä tutkia myös pohjavesialueen mahdollista suojausta.

Kirkonkylä

Kirkonkylän pohjavesialueen Foudilan vedenottamo sijaitsee n. 900 m päässä Vt 8:lta. Vedenottamo sijaitsee Litorina-merivaiheen pohjan alueella. Vedenottamolta on mitattu korkeita kloridipitoisuuksia (179-229 mg/l), jotka todennäköisesti johtuvat vanhoista maakerrokista, sillä tiivin pintakerroksen (savi/siltti) alla paineellisena virranut pohjavesi sisältää runsaasti liuenneita aineita. Alueen geohydrologisen kuvauksen mukaan muodostumisalueella vettä johtavia kerroksia peittää yleensä 5 metrin paikoitellen 10 metrin paksuinen savi-kerros, joka vastaa suojausta. Tien vieressä voi kuitenkin olla imeytymissiilmäkeitä, josta mm. tiesuolat ja vaaralliset aineet pääsevät pohjaveteen asti. Korkea kloridipitoisuus nostaa riskilukua merkittävästi !

Martinniemi

Martinniemen vedenottamo sijaitsee n. 1,1 km päässä Vt 4:ltä, jolla kulkee merkittäviä määriä vaarallisten aineiden kuljetuksia vuosittain (n. 147 000 tonnia/vuosi). Pohjavesialueen riskilukua nostaa korkeahko kloridipitoisuus, joka johtunee osaltaan mm. vanhoista maakerroksista, lisääntyneestä pumppauksesta ja asutuksesta.

Muut pohjavesialueet

Muita riskialtteita kohteita ovat Vt 19 varressa olevat pohjavesialueet. Näillä pohjavesialueilla on useita sellaisia ominaisuuksia, jotka lisäävät pohjaveden likaantumisen riskiä tiesuolauksen ja vaarallisten aineiden kuljetusten määrien kasvaessa. Valtatien varressa olevien pohjavesialueiden vedenottamot ovat lähellä tietä, tiet kulkevat pohjavesialueiden yli pituussuunnassa ja pohjaveden virtaus-suunta on yleensä tieltä vedenottamolle. Jos Vt 19 siirrytään tien

liukkauden torjunnassa mittavampaan talvisuolaukseen nykyisestä ns. "mustan jään" aikaisesta liukkauden torjunnasta, kasvaa ko. pohjavesialueiden riskiluku huomattavasti.

7.3 Onnettomuustodennäköisyys pohjavesialueilla

Riskiluvun lisäksi on jokaiselle tutkitulle pohjavesialueelle laskettu suuntaa antava onnettomuustodennäköisyys, joka kuvaa montako onnettomuutta yhteensä tapahtuu vaarallisten aineita kuljettaville ajoneuvoille pohjavesiesiintymän muodostumisalueella. Kaikista vaarallista aineita kuljettaville ajoneuvoille tapahtuvista onnettomuuksista vakavia onnettomuuksia eli vaarallisen aineen pohjaveteen pääsyn johtavia onnettomuuksia on n. 9,4 %.

Onnettomuustodennäköisyyttä laskettaessa on käytetty apuna seuraavia tietoja: raskaan liikenteen onnettomuusmäärät teittäin vuosina 1987-1991, tien kulkemaa matka pohjavesialueen muodostumisalueella ja vaarallisten aineiden virtoja teittäin (tonnia/vuosi).

Onnettomuustodennäköisyys on epätarkka ja vain suuntaa antava, mutta sen avulla voidaan kartoittaa niitä tieosuuksia ja pohjavesialueita, joilla VAK-onnettomuus on muita pohjavesialueita todennäköisempi. Liitteessä 9. on eri pohjavesialueille saadut onnettomuuslukumäärät 100 vuotta kohden.

Onnettomuusalttiimpia pohjavesialueita ovat Kempeleenharju, Korentokangas, Antinkangas ja Poijula-atkossa kloridipitoisuuden mittaus vedennottamolta pumpatusta raakavedestä tulisi liittää talousvesitutkimukseen seuraavilla pohjavesialueilla: Antinkangas, Kirkonkylä, Martinniemi, Kempeleenharju, Jolosharju, Täperänkangas, Saviaronkangas, Paskonkangas, Kivijärvenkangas ja Leiviskänkangas. Pintamo. Korentokankaan ja Poijula-Pintamon onnettomuustodennäköisyyteen vaikutti pohjavesialueiden pit-kä muoto ja tien kulkeminen pituussuunnassa muodostumisalueen yli. Kempeleenharjun muodostumisalue on suojattu Vt 4:n kohdalta (kts. luku 4.1). Antinkankaan pohjavesialue nousee myös tässä vertailussa riskialtiimpien pohjavesialueiden joukkoon.

8. YHTEENVETO

Tutkituista, tärkeiksi pohjavesialueiksi luokitelluista pohjavesiesiintymistä vain yhdessä, Kirkonkylän pohjavesialueen Foudilan vedenottamolta, on mitattu laatutavoitteen ylittäviä kloridipitoisuuksia. Foudilan vedenottamon lisäksi kolmelta muulta, Antinkankaan, Martinniemen ja Saviaronkankaan, vedenottamolta mitattiin yli 30 mg/l olevia kloridipitoisuuksia.

Oulun tiepiirin alueella tutkitut pohjavesialueet sijaitsevat vanhan Litorina-merivaiheen pohjan alueella. Antinkankaan, Martinniemen ja Kempeleenharjun pohjavesialueet rajoittuvat mereen ja edellä mainittujen pohjavesialueiden vedenottamoiden lisäksi myös Foudilan ja Saviaronkankaan vedenottamot sijaitsevat suhteellisen lähellä merta. Vanhat maakerrokset näyttäisivät selvityksen perusteella olevan eräs syy korkeahkoihin kloridi- ja johtokykyarvoihin edellämaituilla pohjavesialueilla.

Foudilan vedenottamon korkea kloridipitoisuus johtunee pohjavesialueen hydrogeologisista olosuhteista. Pohjaveden muodostumisalueella karkeaa, hiekasta ja sorasta koostuvaa harjuainesta peittää yleensä yli viiden, paikoitellen yli kymmenen metrin paksuinen savi/silttikerros. Koska paksun savikerroksen alla virtaava paineellinen pohjavesi sisältää runsaasti liuenneita aineita, on todennäköistä, että suuri kloridipitoisuus on peräisin vanhoista maakerrostumista.

Tutkituista pohjavesialueista ja vedenottamoista suurin tiesuolauksesta aiheutuva pohjaveden laadun muuttumisen riski on Antinkankaan pohjavesialueella ja vedenottamolla. Antinkankaan pohjavesialueella on runsaasti toimintoja, jotka vaarantavat pohjaveden laatua kuten mm. tiet, suolavarasto, huoltamo, asutus ja hautausmaa. Lisäksi pohjavesialueella kuljetetaan merkittäviä määriä vaarallisia aineita. Tiesuolauksen vaikutusta pohjaveden laatuun on pyritty estämään lopettamalla Mt 8104 :llä talvisuolaus vuonna -91. Myös jatkossa tien kunnossapito pyritään hoitamaan ilman tiesuolausta. Jatkossa olisi tarkoituksenmukaista suunnitella Antinkankaan pohjavesialueen suojaamista.

Muita tulevaisuudessa tiesuolauksen näkökulmasta riskialttiita kohteita ovat Vt 19 varressa olevat pohjavesialueet: Täperänkangas, Paskonkangas, Kivijärvenkangas ja Leiviskänkangas. Näillä pohjavesialueilla tiesuolan käyttömäärien lisääminen nykyisestä tasostaan vaikuttaisi todennäköisesti nopeasti vedenottamoilta pumpattavan pohjaveden laatuun kloridin osalta. Edellämaituilla pohjavesialueilla on useita sellaisia tekijöitä, jotka edesauttavat pohjaveden laadun muuttumista. Vt 19 kulkee pohjavesialueiden yli pituussuunnassa. Vedenottamoiden etäisyys tiestä on pieni esim. Kivijärvenkankaan vedenottamon etäisyys tiestä on alle 25 m. Pohjaveden virtaussuunta on yleensä tieltä vedenottamolle.

Kaivojen osalta saadusta aineistosta (kuva 16.) on pääteltävissä, että tien suolaus voi nostaa aivan tien lähellä olevien kaivojen suolapitoisuutta, kun olosuhteet ovat sellaiset, että suola kulkeutuu helposti pohjaveeseen. Aineiston perusteella tällainen suolapitoisuuden kohoaminen ulottuu enintään noin 100 metrin etäisyydelle tiestä.

Kaivoveden käyttökelpoisuuteen vaikuttavat kloridipitoisuuden kohoamiset jäävät poikkeustapauksiksi. Tutkituista 101 kaivosta neljässä ylittyi ohjearvo 100 mg/l. Näistä kolmessa tiesuolaus on todennäköisesti keskeisin suolapitoisuuden nousun aiheuttaja. Merkittävää haittaa tästä ei aiheudu, koska kaivot ovat vain satunnaisessa kasteluvesikäytössä.

Oulun tiepiirin alueella suolaus ei tämän selvityksen perusteella muodosta vakavaa uhkaa pohjavesialueiden pohjaveden laadulle. Niillä pohjavesialueilla, joissa kloridipitoisuus on korkeahko, on olemassa myös useita muita kloridipitoisuutta nostavia lähteitä. Tiesuolaus on eräissä tapauksissa ollut osatekijänä Cl-pitoisuuden nousuun, mutta pohjaveden pilaantumista pohjavesialueilla tai talousveden lähteenä käytettävissä yksittäisten talouksien kaivoissa se ei ole aiheuttanut yhdessäkään tapauksessa.

Jatkossa kloridipitoisuuden mittausta vedenottamolta pumpatusta raakavedestä tulisi liittää talousvesitutkimukseen seuraavilla pohjavesialueilla: Antinkangas, Kirkonkylä, Martinniemi, Kempeleenharju, Jolosharju, Täperänkangas, Saviaronkangas, Paskonkangas, Kivijärvenkangas ja Leiviskänkangas. Kaivoveden kloridipitoisuutta tulisi seurata niissä kaivoissa, joissa pitoisuus on korkeahko ja vettä käytetään talousvetenä. Näitä kaivoja ovat kohdassa 4.2 mainitut kaivot (Anttila, Vääräniemi, Hälinen, Kangas, Schönberg, Autiola ja Sipola).

Vaarallisia aineita kulkee Oulun tiepiirin alueella merkittäviä määriä. Tutkitut VAK-liikennevirrat risteävät tai sivuavat tiepiirin alueella yhteensä 25 tärkeää pohjavesialuetta. Kuljetukset keskittyvät pääasiassa vilkkaimmin liikennöidyille teille. Vaarallisten aineiden virrat keskittyvät erityisesti Vt 4:lle ja Vt 8:lle. Niiden lisäksi suurempia määriä vaarallisia aineita kuljetetaan Vt 20:lla, Vt 22:lla ja Kt 86:lla.

Useiden pohjavesialueiden osalta aiheutuu samanaikaista riskiä sekä vaarallisten aineiden että tien suolauksesta. Tässä yhteydessä tehtiin yhdistetty riskin arviointi Vesi- ja ympäristöhallituksen alustavan ohjeen mukaisesti. Sen mukaan suurin riski kohdistuu Antinkankaan pohjavesialueelle.

Riskikohteiden järjestys saattaa muuttua nopeasti VAK-kuljetusreitien, VAK- ja tiesuolausmäärien muuttuessa. Oulun tiepiirin alueella tällä hetkellä pohjaveden pilaumisriskiltään alhaisia, mutta tulevaisuudessa mahdollisesti potentiaalisia riskikohteita ovat Vt 19 varrella olevat pohjavesialueet. Vt 19 oleville pohjavesialueille on yhteistä vedenottamon pieni etäisyys tiestä, tien kulkeminen pituussuunnassa muodostumisalueen yli ja pohjaveden virtausuunta tieltä vedenottamolle.

Jatkossa olisi selvitettävä suojauksen mahdollisuudet ja kustannukset Antinkankaan pohjavesialueella. Koska riskin suuruus Vt 19 varrella olevilla pohjavesialueilla saattaa nopeastikin muuttua olisi ko. pohjavesialueille harkittava suojaussuunnitelmia.

9. KIRJALLISUUSLUETTELO

Korkka-Niemi .1990,Kaivovesien happamoituminen Suomessa, VYH A 47, Helsinki

Korhonen, Hedlund... . Pohjaveden laatu, Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 251

Peltokangas. Harjuakviferin hydraulisten ominaisuuksien määrittämisestä pohjavesiselvitysten yhteydessä

Kaupunkiliitto. Pohjaveden suojelu, julkaisu B93

Setälä, Assmuth. Kemikaalien käyttäytymiseen maaperässä vaikuttavat fysikaalis-kemialliset ja biologiset tekijät.

Pönkkä. 1971. Pohjaveden laatu saven alaisissa vettäjohtavissa kerrostumissa, Vesitalous 6/71

TVH 743934. Pohjaveden suojelu tien kunnossapitotöissä

Tielaitoksen selvityksiä. 4/91. Suolauksen vaikutus tienvarsikasvillisuuteen, Kuopion tuotantotekninen yksikkö.

Soveri. Tielaitoksen selvityksiä. 21/91. Tiesuolauksen vaikutus pohjaveeseen Salpausselän alueella.

Soveri. 1990. Effects of road salting on ground water quality in Salpausselkä area in southern Finland, Nordisk hydrologisk konferens, Kalmar 1990

VTI. 1980, Vintervägs miljöpåverkan.

Uudenmaan tie- ja vesirakennuspiiri, kunnossapito 1979. Tiesuolan esiintyminen moottoritien lähialueen maaperässä sekä pinta- ja pohjavedessä

LT-konsultit, 1992. Vaarallisten aineiden kuljetukset Oulussa

10. LIITTEET

- Liite 1. Tiivistelmätiedot vedenottamoilta
- Liite 2. Vedenottamoiden analyysitulokset
- Liite 3. Kaivojen analyysitulokset
- Liite 4. Tiemestaripiirien käyttämät suolamäärät
- Liite 5. Suolan käyttö teittain kuvat
- Liite 6. Hiekoitusmäärien kehitys Oulun tiepiirissä
- Liite 7. Tiepiirien suolankäyttömääriä vuosina 1986-91
- Liite 8. Kloridipitoisuuksien ja sähkönjohtokyvyn keskiarvojen kehitys tutkituilla vedenottamoilla
- Liite 9. Taulukko onnettomuustodennäköisyyksistä pohjavesialueiden muodostumisalueella

Tiemes- tarpiliri	Pv-alue koodi	Ottamo	Alueen antoisuus (m3/d)	Alueen käyttö- aste (-91)	Ensim. mittaus		Vilm. mittaus		Cl/joht	Trendi	Kloridipitoisuuden vaikuttavia tekijöitä
					Cl (mg/l)	kk/v	Cl (mg/l)	kk/v			
Oulu	11 084 01	Saviaronk.	2500	0,86	19,3	/ 66	40	/ 88	0,55	+	vanhat maakerrokset, pumppaus
Oulu	11 084 02	Martinniemi	800	0,83	28,5	/ 78	43	12/ 91	0,63	+	vanhat maakerrokset, pumppaus, meri ?
Oulu	11 084 04	Kellokan.	3500	0							
Oulu	11 255 01	Laivak.	800	0	1,6	7/ 68	12	/ 83	1,12		asutus, teoll., huoltoasema
Oulu	11 255 02	Jolosharju	700	0,04	5,5	6/ 72	3,5	/ 83	0,08	-	luontainen kloridipitoisuus
Oulu	11 564 01	Hangask. I	5000	0,11	1,53	/ 70	1	/ 91	0,22	+/-	luontainen kloridipitoisuus
Oulu	11 973 07	Arkala	100	0,22	1	5/ 80	0,8	/ 83	0,24	+/-	luontainen, tie, huoltoasema
Kempele	11 244 01	Tuohino	7500	0,26	44	/ 65	28,3	7/ 92	0,69	-	vanhat maakerrokset, tie, asutus, teoll.
Kempele	11 244 01	Monkkanen			21	/ 90	18,3	7/ 92	0,6		vanhat maakerrokset, suolavarasto, asutus
Kempele	11 425 02	Foudila	2000	0,54	197	/ 66	174	7/ 92	2,12	+/-	vanhat maakerrokset, asutus, rautatie, tie
Raahe	11 678 01	Antink.	2500	0,5	23	/ 74	32,9	7/ 92	0,77	+	vanhat maakerr., tie, suolav., asutus, teoll., hautausmaa
Raahe	11 582 01	Sarkala	4000	0,54	11	7/ 70	6,2	7/ 92	0,66	+/-	korjaamo, motocrosrata, pienlentokonekenttä
Raahe	11 582 01	Palokangas	4000		6,7	/ 77	4,9	/ 84	0,6		
Raahe	11 582 01	Selänmäki	4000		2,8	/ 70	2,2	/ 83	0,29		
Raahe	11 926 02	Ohimaa	4000	0,33	1,4	8/ 69	7,5	4/ 92	0,97	+/-	tie, suolavarasto, hautausmaa, asutus
Raahe	11 926 02	Petäjämäki			1,2	/ 70					
Raahe	11 926 02	Vihannink.			1	7/ 79	0,8	1 / 92	0,14		suolavarasto, hautausmaa
Raahe	11 926 02	Ojasti					1,6	/ 92	0,34		
Piippola	11 617 01	Täperä I	400	0,63	7,5	12/ 70	9,4	11/ 92	1,23	-	tie, asutus, maatalous
Piippola	11 603 01	Rytikorpi	900	0,13	5	12/ 63	1	5/ 92	0,25	-	tie, suolavarasto, ampumarata
Piippola	11 630 01	Kamula	800	0,45	4	10/ 62	2,1	/ 92		+/-	tie, maatalous, teollisuus
Piippola	11 630 01	Leiviskänk.			1,9	11/ 78	4,2	6/ 92	0,98		
Piippola	11 630 03	Kivijärvi	600	0,59			7,3	/ 92		+/-	tie
Piippola	11 617 03	Patala	1000	0,63	4,7	11/ 76	3	1/ 92	0,6	+/-	tie
Piippola	11 617 03	Ritokangas			2,7	12/ 76					
Pudasjärvi	11 615 13	Kipinä	500								tie
li	11 292 01	Santamäki	300	0,373	0,25	5/ 79	6	/ 84	0,61	-	tie, maanotto

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	
Patalankangas	92			3	2	5.15	5.3						
Patalankangas	91	4	3.58	5.8	7	5.44	6.7						
Patalankangas	90				4	4.85	5.1	4	0.15	0.16	0.27	0.34	
Patalankangas	89				4	4.2	4.6	3	0.13	0.15	0.23	0.25	4.167
Patalankangas	88				4	13.3	40.7	4	0.37	1.07	8.77	34	
Patalankangas	87				4	12.1	36.3	4	0.35	0.95	8.07	31	
Patalankangas	86				3	14	16	3	0.01	0.19	0.3	0.39	
Patalankangas	85				4	4.1	4.9	4	0.13	0.15	0.32	0.36	
Patalankangas	84				2	4.4	4.4	2	0.12	0.12	0.32	0.36	
Patalankangas	83	3	1.1	1.4	3	6.6	11.4	3	0.12	0.14	0.44	0.83	
Patalankangas	82	4	1.8	3	4	3.9	4.2						
Patalankangas	81	3	1.3	2	3	4.5	5.3				1.3	2	
Patalankangas	80	2	2	2				2	0.14	0.14	0.5	0.6	
Patalankangas	79	4	2	3	4	4	5	5	0.22	0.42	0.1	0.5	
Patalankangas	78	1	2		1	5		1	0.2		0.6		
Martinniemi	92				1	62.4			2				
Martinniemi	91	4	41	43	4	65.5	68.8	4	2.55	2.44			126.25
Martinniemi	90	4	37.7	41	4	60.9	63.9	4	2.55	2.44	0.06	0.11	110
Martinniemi	89	4	35.8	41	4	61.1	62.4	4	2.51	2.68	0.08	0.11	112
Martinniemi	88	4	38	40	4	59.8	62.7	4	2.45	2.69	<0,01	<0,01	92
Martinniemi	87	4	35	41	4	54.3	58.8	4	2.28	2.3	0.12	0.19	
Martinniemi	86	3	34	39	4	54.9	60.2	4	2.36	2.76	0.13	0.18	
Martinniemi	85	4	33	37	4	55.8	58.6	4	2.34	2.5	0.21	0.42	
Martinniemi	84	6	28.6	29	6	54.7	56.6	6	2.22	2.41	0.15	0.28	
Martinniemi	83	2	27	32	2	55.4	58.6	2	2.4	2.42	0.15	0.3	
Martinniemi	82	4	28	29	4	44.4	58.7				0.24	0.38	
Martinniemi	81	1	43		1	59.9					0.89		
Martinniemi	80	1	26		1	54		1	2.3		0.1		
Martinniemi	79	1	27		1	58		1	2.54		0.6		
Martinniemi	78	1	33		1	57		1	2.1		<0,1		
Martinniemi	77	1	63.2		1	45		1	2.65		<0,1		
Martinniemi	76	2	38.1	40.6	2	73.9	76.3	2	2.07		0.04		
Martinniemi	75	1	35.7		1	71.5		1	2.86		0.95		
Martinniemi	74							1	2.72				
Martinniemi	73	2	29	30	2	9	13.2						
Martinniemi	72	2	26		2	48.1		2	1.62	2.38			
Martinniemi	71	2	28.5	29	2	41.7	43.5	2	2.36	2.38			
Martinniemi	70		14.2	24.7		19.1	40		5.85	2.32			
Martinniemi	69		27			42			1.93				
Martinniemi	66		12.5			34.5							

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	ka.
Saviaronkangas	92				1	25			0.63				
Saviaronkangas	91				4	22.9	25.6	4	0.67	0.71	0.3	0.99	37.75
Saviaronkangas	90				4	21.5	22.9	4	0.74	1.11	0.08	0.45	
Saviaronkangas	89				4	19.3	22.7	4	0.52	0.58	0.08	0.21	31.67
Saviaronkangas	88	2	38	40	4	20.3	22	4	0.7	0.97	0.04	0.04	29
Saviaronkangas	87				4	23.2	23.9	4	0.57	0.59	0.06	0.12	
Saviaronkangas	86				5	16.9	23.4	5	0.54	0.56	0.06	0.08	
Saviaronkangas	85				4	18.5	19.6	4	0.45	0.56	0.08	0.11	
Saviaronkangas	84	1	13		6	19.4	21.5	6	0.54	0.56	0.07	0.24	
Saviaronkangas	83	2	11.5	12	2	19	21.3	2	0.59	0.59	0.04	0.07	
Saviaronkangas	82	4	10.8	13	2	18.6	19.3				0.09	0.19	
Saviaronkangas	81	1	7.4		1	20.5					0.08		
Saviaronkangas	80	1	12		1	20		1	0.69		<,01		
Saviaronkangas	79	1	10		1	15		1	0.48		1.4		
Saviaronkangas	78	1	18		1	15		1	0.52				
Saviaronkangas	77	1	8		1	14.7		2	0.38	0.45			
Saviaronkangas	76	1	8		1	14.7		4	0.38	0.45			
Saviaronkangas	75	2	9.6	10	2	14.8	16.5	2	0.46	0.48	0.23		
Saviaronkangas	74	1	4		1	22.2		2	0.39	0.47	3.6		
Saviaronkangas	73	1	10		1	14.7		1	0.47				
Saviaronkangas	72	1	16		1	13.2		1	0.25				
Saviaronkangas	71	2	9.3	9.5	2	11	12.8	2	0.44	0.45			
Saviaronkangas	70	6	17.2	40	6	12.3	24.7	6	0.7	2.29			
Saviaronkangas	69		11.7			9.2							
Saviaronkangas	66		19.3			25.5							
Tuohino	92	2	19.7	28.3	4	39.3	40.8	3	0.2	0.04	0.02	0.12	28
Tuohino	91				12	39.5	42.2	12	1.15	1.23	3	0.08	0.11
Tuohino	90	2	30.5	31	12	36.4	40.9	12	1.13	1.23	0.08	0.08	
Tuohino	89				22	25.2	30.3	24	0.71	0.94	1.03	1.7	16.16
Tuohino	88				39	35.7	42.6	65	1.21	1.35	0.06	0.11	9.8
Tuohino	87				57	34	41.2	87	1.18	1.39	0.1	1.3	
Tuohino	86				25	35.3	42.3	69	1.35	1.65	0.05	0.43	
Tuohino	85				16	35.7	41.5	53	1.1	1.41	0.02	0.04	
Tuohino	84	4	23	26	22	36.1	44.5	60	1.16	1.18	0.45	3.6	
Tuohino	83	9	23.4	41	9	36.7	43.3	43	1.27	2.5	0.01	0.01	
Tuohino	82	9	22.6	41	9	37.7	44.9				0.26	1.2	
Tuohino	81	2	32	36	2	41.2	41.9				0.12		
Tuohino	80	2	36	48	2	41	42	22	1.15	1.68	0.7	1.4	
Tuohino	79	2	29	30	4	40	46	23	1.24	1.48	0.1	0.2	
Tuohino	78	2	31	42	2	43	49	20	1.2	1.4	<0,1	<0,1	

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	
Tuohino	77	2	35	40	2	38.4	39.4	24	0.76	2.07	0.1	0.1	
Tuohino	76	2	27.7	39	2	38.6	42.5	22	0.52	1.15	0.03	0.04	
Tuohino	75	2	27	38	2	37.4	41.1	24	1.09	1.09	0.01	0.01	
Tuohino	74	2	28	36	2	32.8	36.2	22	1.08	1.26	<0,1	<0,1	
Tuohino	73	6	40	57	6	34.7	43.3	8	1.19	1.42			
Tuohino	72	2	29		3	33.8		5	1.55				
Tuohino	71	2	57	61	3	42.5	48.5	3	1.39	1.46			
Tuohino	70		40.3			36.3			0.71				
Tuohino	69		69			48.8			1.35				
Tuohino	68		37.1			39.5			1.38				
Tuohino	64		44			35			1.33				
Monkkanen	92	1	18.3		8	30.2	37.1	2	0.71	0.8	0.83	1	19.5
Monkkanen	91	2	19	20	31	28.9	39.4	31	0.83	1.91	2.7	5.2	20.75
Monkkanen	90	2	21	21	16	28.4	35.5	16	0.71	0.81	1.89	3.5	
Monkkanen	89				22	25.2	30.3	24	0.71	0.94	1.03	1.7	16.16
Monkkanen	88				18	20.8	26	26	0.62	0.79	1.16	2	16
Monkkanen	87				10	15.3	18.8	10	0.49	0.61	1.26	2.2	
Jolosharju	92				1	27.4		1	1.41				
Jolosharju	91				4	30.7	33.2	4	1.57	1.6	0.12	0.16	
Jolosharju	90				4	29.3	31.2	4	1.54	1.91	0.11	0.17	
Jolosharju	89				2	26.3	26.7	2	1.29	1.32	0.17	0.29	
Jolosharju	88				1	26.3		1	1.35		0.04		
Jolosharju	87				3	28	30	3	1.4	1.54	0.06	0.08	
Jolosharju	86				4	29.2	29.6	4	1.39	1.48	0.05	0.07	
Jolosharju	85				4	30.5	32.2	4	1.52	1.62	0.13	0.23	
Jolosharju	84				4	33.2	35.8	4	1.64	1.78	0.08	0.15	
Jolosharju	83	2	2.7	3.5	2	30.2	31.9	2	1.5	1.61	0.08	0.15	
Jolosharju	82		7.6			33.2							
Jolosharju	81		3.8			33.7					0.14		
Jolosharju	80	7	5	8	7	24	39	7	1.1	1.8	0.5	1.7	
Jolosharju	79	3	7	7	3	29	33	3	1.72	1.91	<0,1		
Jolosharju	78												
Jolosharju	77		7			35.6			0.31				
Jolosharju	76	1	20.5		1	37.5		1	1.89				
Jolosharju	75	1	6.7		1	29.9		1	1.75		0.6		
Jolosharju	74	1	8		1	9		1	1.8		0.2		
Jolosharju	73												
Jolosharju	72		5.5			33.3			1.57				

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	ka.
Jääli	80		5.4			7.7			0.21		0.99		
Jääli	79	4	5	6	4	9	10						
Jääli	78												
Jääli	77		5						0.02				
Jääli	76		5			3.4							
Jääli	75	1	1.79		1	3.1							
Jääli	74	2	2		2	2.6		2	0.11				
Jääli	73												
Jääli	72												
Jääli	71												
Jääli	70												
Jääli	69												
Jääli	68		1.6			2.5			0.11		0.05		
Jääli	67												
Jääli	66												
Santamäki	92												
Santamäki	91				2	9.25	10.1	2	0.34	0.41	0.93		6.7
Santamäki	90				3	9.2	9.6	3	2.33	4.1			
Santamäki	89				6	11	21.9	6	0.33	0.37	0.87	1.5	35.67
Santamäki	88					17.5							
Santamäki	87					11.2							
Santamäki	86					13.6							
Santamäki	85					8.8							
Santamäki	84				2	9.9	10.1						
Santamäki	83				3	9.21	9.6						
Santamäki	82												
Santamäki	81		2.3			8.7							
Santamäki	80												
Foudila	92		182			85.1			1.46		0.08		35
Foudila	91	15	183	197	5	83.7	85.8	5	1.36	1.46	0.09	0.12	36.2
Foudila	90	4	171	178	4	83.8	86.9	4	1.28	1.42	0.12	0.2	34.25
Foudila	89	4	178	181	4	83.1	84.9	4	1.4	1.58	0.1	0.16	36
Foudila	88	4	170	177	4	75.4	80.6	4	1.35	1.54	0.01	0.09	
Foudila	87	4	169	174	4	75.7	80.2	4	1.52	2.38	0.07	0.08	
Foudila	86	4	179	190	4	83.3	88.2	4	1.3	1.37	0.07	0.08	
Foudila	85	3	168	171	3	81.1	83.6	3	1.3	1.4	0.07	0.18	
Foudila	84	5	159	166	5	78	84	5	1.27	1.37	0.09	0.19	
Foudila	83	3	165	175	3	77	79.5	3	1.15	1.21	0.02	0.03	
Foudila	82	4	173	189	4	89.3	85.8				0.01	0.19	
Foudila	81	1	176		1	82.4					0.06		

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)		JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka. max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	
Foudila	80	1	195		1	1.43		1	1.43		0.01	
Foudila	79	1	197		1	92		1	1.42			
Foudila	78	1	200		1	87		1	1.26		0.01	
Foudila	77	1	166		1	68.2		1	1.21		1.2	
Foudila	76	1	167		1	71.6		1	2.36		1.32	
Foudila	75	1	154		1	72.3		1	0.97		0.13	
Foudila	74		204			76.2						
Foudila	73	1	163		1	59		1	0.94			
Foudila	72	1	229		1	71.1		1	1.37			
Foudila	71	1	188		1	71		1	1.25			
Foudila	70		204			74						
Foudila	69		143			62.7						
Foudila	68											
Foudila	67											
Foudila	66	3	166	197	3	65.3	77					
Hangask. I	92											
Hangask. I	91		1.2			5.5						
Hangask. I	90											
Hangask. I	89	8	0.73	0.9	8	5.71	6.49	8	0.18	0.21	0.12	0.18
Hangask. I	88	6	0.7	0.9	6	4.9	6.38	6	0.32	1.19	0.21	0.53
Hangask. I	87	4	.7	0.9	4	4	4.1	2	0.13	0.13	0.52	0.57
Hangask. I	86				4	4	4	4	0.13	0.14	0.7	0.75
Hangask. I	85	2	0.6	0.6	2	4.1	4.1	2	0.14	0.14	0.64	0.79
Hangask. I	84	2	0.7	0.8	2	4.3	4.6	2	0.13	0.13	0.78	0.8
Hangask. I	83	1	0.6		1	4.2		1	0.13		0.62	
Hangask. I	82	2	0.6	0.6	2	3.9	4					
Hangask. I	81	2	0.5	0.5	2	4.5	4.5				0.73	0.75
Hangask. I	80	2	1	1	2	4	6					
Hangask. I	79	2	1	1	2	5	5					
Hangask. I	78	2	1	2	2	4	4		0.13			
Hangask. I	77	2	1	2	2	4	4					
Hangask. I	76	2	1	1.1	2	3.5	3.6					
Hangask. I	75	2	1.8	2	2	3.6	3.6	2	0.12	0.12		
Hangask. I	74	2	1	2	2	3.7	3.7	2	0.14	0.16		
Hangask. I	73	2	2	2	2	3.9	3.9	2	0.14	0.16		
Hangask. I	72	2	3		2	4		2	0.14		1	
Hangask. I	71	1	2.02		1	4.2		1	0.16		0.21	
Hangask. I	70		1.53			5.5			0.26		0.38	

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)		JOHT.KYKY (mS/m)		KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l) ka.		
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.		ka.	
Hangask. II	92												
Hangask. II	91		1.2			4.8		0.7		<0,1			
Hangask. II	90												
Hangask. II	89												
Hangask. II	88	5	0.7	0.7	6	6.08	6.5	6	0.31	0.81	0.12	0.32	
Hangask. II	87	4	0.7	0.9	4	4	4.1	4	0.19	0.21	0.32	0.32	
Hangask. II	86				4	5.9	6	4	0.21	0.21	0.41	0.46	
Hangask. II	85	3	0.66	0.9	3	5.6	5.9	3	0.15	0.21	0.44	0.45	
Hangask. II	84	2	0.7	0.7	2	6.2	6.4	2	0.22	0.22	0.6	0.66	
Hangask. II	83	2	0.9	1	2	6.4	6.4	2	0.22	0.2	0.78	0.84	
Hangask. II	82	2	0.8	1.2	3	4.9	6.2				0.98	1	
Selänmäki	92				2	7	7.9	2	0.24	0.28	0.14	0.18	6.65
Selänmäki	91				2	6.7	8.3	2	0.19	0.23	0.2	0.23	7.1
Selänmäki	90				3	6.86	7.9	3	0.69	1.8			
Selänmäki	89				3	7.3	9.2	3	0.2	0.27	0.16	0.28	6.167
Selänmäki	88				2	6.05	7	2	0.2	0.22			
Selänmäki	87				6	7.1	7.8	6	0.23	0.26	0.2	0.35	
Selänmäki	86				8	5.4	6.9	8	0.15	0.19	0.2	0.35	
Selänmäki	85				10	6.2	15	10	0.21	0.44	0.22	0.43	
Selänmäki	84				3	9.2	10.6	3	0.2	0.33	0.24	0.36	
Selänmäki	83	9	2.2	3.8	9	7.6	12.2	9	0.24	0.49	0.25	0.65	
Selänmäki	82	9	3.6	6	9	7.4	12.3				0.15	0.33	
Selänmäki	81	3	2.2	3.6							0.22	0.32	
Selänmäki	80	2	3	4	2	6	7	2	0.19	0.23	0.2	0.2	
Selänmäki	79	2	2	2	2	6	9	2	0.17	0.25	0.4	0.8	
Selänmäki	78	2	8	9	2	7	8	2	0.24	0.26	0.2	0.2	
Selänmäki	77	2	5	7	2	5.8	6.1						
Selänmäki	76	2	5.2	6.1	2	6.4	7	2	0.23	0.24	0.11	0.2	
Selänmäki	75	2	4.6	5.5	2	6.6	7.1	2	0.24	0.27	0.32	0.37	
Selänmäki	74	2	5	6	2	8.3	10.9	2	0.2	0.22	0.5	0.8	
Selänmäki	73	1	6		1	6		1	0.22		1		
Selänmäki	72	1	6		1	11.6		1	0.61		1		
Selänmäki	71	1	3.5		1	5.3		1	0.26		1		
Selänmäki	70		2.8			8.7							
Rytikorpi	92		1		2	5.7	5.8	2	0.18	0.2			
Rytikorpi	91				4	5.28	5.6	4	0.15	0.16	0.96	1.2	8.16
Rytikorpi	90				4	5.15	5.4	4	0.14	0.15	0.94	1.6	
Rytikorpi	89				4	4.9	5.3	4	0.13	0.14	0.52	0.55	6.54
Rytikorpi	88				4	4.2	4.3	4	0.13	0.13	0.44	0.47	
Rytikorpi	87				3	4	4.2	3	0.01	0.12	0.46	0.52	

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	
Rytikorpi	86				4	4	4	4	0.13	0.13	0.31	0.47	
Rytikorpi	85				2	4.1	4.1	2	0.12	0.12	0.27	0.37	
Rytikorpi	84							2	0.11	0.11			
Rytikorpi	83	1	1.4		1	3.6		1	0.11				
Rytikorpi	82	2	3.8	5.5	2	3.8	3.9						
Rytikorpi	81	2	2.2	2.3	2	5.9	6						
Rytikorpi	80	1	3		1	3							
Rytikorpi	79	1	3		1	3		1	0.12				
Rytikorpi	78	1	7		1	3		1	0.4				
Rytikorpi	77	1	2		1	3.2							
Rytikorpi	76	1	2		1	4							
Törrö	92												
Törrö	91				3	8.63	9.1	3	0.33	0.38	2.3	2.5	4.53
Törrö	90				4	8.36	9.02	2	0.28	0.28	2.1	2.4	
Törrö	89				1	7.8		1	.25		1.7		
Törrö	88				1	9.9		1	0.22		2.2		
Törrö	87	1	4.9		4	5.8	6	3	0.23	0.25	2	2.5	
Törrö	86				2	5.8	6.2	1	0.21		2.3		
Törrö	85				1	6		1	0.2				
Törrö	84				2	6.2	6.4	2	0.2	0.21	2.2	2.2	
Törrö	83	2	3.2	3.5	2	5.7	5.8	2	0.2	0.2	1.9	2	
Törrö	82	2	3.4	4.1	2	5.7	5.8						
Törrö	81	1	2.6		1	6.1							
Törrö	80	2	2	3	2	4	5	3	0.14	0.18	0.8	1.1	
Törrö	79	1	3		1	6		1	0.18		2.1		
Törrö	78	1	4		3	8	10	1	0.16		1.4		
Törrö	77	4	3	3	4	3.1	4.1	4	0.14	0.2			
Törrö	76	4	5.7	7.4	4	8	11.5	4	0.3	0.16			
Törrö	75	1	12.5		1	7.1							
Törrö	74	5	6	10	5	6.2	8.6	5	0.27	0.22			
Törrö	73	1	4		1	4.5		1	0.09		1		
Törrö	72	1	6		1	5.2		1	0.18		1		
Kipinä	92												
Kipinä	91					6.5							
Kipinä	90					6.6							
Kipinä	89					7.5							
Kipinä	88					4.9							
Kipinä	87					6.2							

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	ka.
Kiviharju	92												
Kiviharju	91												
Kiviharju	90				3	2.45	2.64				<1		
Kiviharju	89												
Kiviharju	88				4	2.42	2.64						
Kiviharju	87	2	0.9	0.9	2	2	2.1						
Kiviharju	86				3	1.8	1.9						
Kiviharju	85				1	1.9							
Täperä II	92		9.4			7.6			0.18				
Täperä II	91				4	10.8	12.3	3	0.25	0.26			5.1
Täperä II	90				4	9.9	10.3	4	0.22	0.24	1.65	2	5.4
Täperä II	89				4	13.4	14.5	4	0.28	0.31	2	2.1	5.175
Täperä II	88				6	12.2	13.7	6	0.32	0.37	<0,1		
Täperä II	87				8	10.2	14.6	8	0.28	0.34	1.8	3.6	
Täperä II	86				10	13.3	23.8	10	0.33	0.45	1.75	2.2	
Täperä II	85				8	14.4	21.9	8	0.37	0.52	3	3.9	
Täperä II	84				6	12.7	20	6	0.36	0.49	2.5	3.6	
Täperä II	83	2	13.5	24	2	10.9	12.6	2	0.3	0.39			
Täperä II	82	2	11	18	3	10.7	13.4						
Täperä II	81	1	3.8		1	6.3					5.2		
Täperä II	80	2	5	7	2	8	9	2	0.22	0.23	9.2		
Täperä II	79	1	3		1	7		1	0.19				
Täperä II	78		5			8			0.24		3.4		
Täperä II	77		5			7.1			0.23		2.4		
Täperä II	76		5.2			7.9			0.41				
Täperä II	75		6.1			7.3			0.37				
Täperä II	74		8			7.6			0.34				
Täperä II	73												
Täperä II	72		7			7.1			0.27				
Kamula	92		2.1		2	11.3	11.6	2	0.57	0.58			
Kamula	91				4	7.78	12.5	4	0.34	0.59	0.42	0.81	6.7
Kamula	90				4	9.35	13.7	4	0.33	0.6	0.17	0.29	
Kamula	89				4	7.65	8.9	4	0.31	0.38	0.15	0.29	3.625
Kamula	88				4	6.6	7.8	4	0.29	0.36	0.07	0.14	
Kamula	87				4	5.4	7.1	4	0.26	0.35			
Kamula	86				4	5.3	5.9	4	0.23	0.25			
Kamula	85				3	4.4	5.2	3	0.18	0.22	0.15	0.24	
Kamula	84							2	0.13	0.15			
Kamula	83	2	0.6	0.7							0.06	0.06	
Kamula	82	2	1.92	2	2	4.2	4.9						

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	
Kamula	81	1	2.3		1	2.8							
Kamula	80	2	2	3	2	3	3	2	0.12		<0,1		
Kamula	79	2	3	3	2	2	2	2	0.13	0.14			
Kamula	78	1	2		1	2		1	0.11				
Kamula	77	1	1		1	2			0.09				
Kivijärvenk.	92		7.3		2	3.85	4.1	2	0.03	0.03			
Kivijärvenk.	91				4	3.73	4.1	4	0.02	0.02	0.79	2.3	
Kivijärvenk.	90				3	2.4	2.8	3	0.01	0.01	0.12	0.18	
Antinkangas	92		32.9		2	36.4	39.9	2	1.71				
Antinkangas	91				4	45.1	46.5	4	1.28	1.36	0.12	0.12	
Antinkangas	90				4	43.5	46.6	4	1.19	1.22	0.25	0.16	
Antinkangas	89				12	20.8	50.4	12	0.93	1.33	0.15	0.31	
Antinkangas	88				8	27.4	46.4	8	0.87	1.79	0.2	0.91	
Antinkangas	87				6	26.7	44.6	6	0.73	1.3	0.19	0.62	
Antinkangas	86				4	43.2	44.5	4	1.32	1.37	0.1	0.33	
Antinkangas	85				4	43.1	47.6	4	1.31	1.44	0.11	0.16	
Antinkangas	84	1	12					5	1.16	1.39	0.21	0.6	
Antinkangas	83	3	23	24				3	1.27	1.43	0.04	0.06	
Antinkangas	82	4	18.5	25	4	40	49.8				0.13	0.23	
Antinkangas	81	1	6.2								1		
Antinkangas	80	1	4		1	5?		1	1.53		<0,1		
Antinkangas	79	1	23		1	5,1?		1	1.42		0.1		
Antinkangas	78	1	31		12	45	49	12	1.4	1.6	0.22		
Antinkangas	77	1	26		37	43.9	50	36	1.4	1.61	0.6		
Antinkangas	76				32	45.1	54	31	1.44				
Antinkangas	75		23		31	47		31	1.48	1.6	1		
Antinkangas	74		23			54			1.87				
Antinkangas	73					56.5			1.64				
Antinkangas	72				41	55.9		41	1.53				
Antinkangas	71				9	48.7	56	12	1.46	1.6			
Täperä I	92		1			4			0.39				
Täperä I	91				4	4.03	4.4	3	0.11	0.15	0.36	0.64	
Täperä I	90				4	3.43	3.6	4	0.09	0.11	0.35	0.64	
Täperä I	89				4	4	4.3	4	0.11	0.13	0.29	0.53	
Sarkala	92				5	8.82	10.5	4	0.55	0.72			
Sarkala	91				4	9.48	10	6	0.26	0.4	0.13	0.16	
Sarkala	90				4	9.18	9.6	4	0.23	0.28	0.29	0.61	
Sarkala	89												
Sarkala	88				2	10.8	10.8	2	0.25	0.25	0.06	0.07	
Sarkala	87				3	11	13.3	3	0.25	0.31	0.07	0.12	

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	
Sarkala	86				4	9	9	4	0.2	0.21	0.09	0.19	
Sarkala	85				4	10.6	13.4	4	0.25	0.3	0.1	0.16	
Sarkala	84	1	6.9		5	13.3	14.8	5	0.3	0.38			
Sarkala	83	2	5.7	5.7	2	13.3	13.3	2	0.28	0.28	0.04	0.04	
Sarkala	82	6	6.6	6.9	6	20.6	47.7				0.13	0.31	
Sarkala	81	1	6.2	1	17						0.07		
Sarkala	80	2	13	20	2	26	35	2	0.81	1.09	<0,1		
Sarkala	79	2	9	10	2	23	27	2	0.47	0.49			
Sarkala	78	2	16	17	13	26	30	13	0.54	0.07	<0,1		
Sarkala	77	2	11	12	41	22.6	31.8	37	0.67	1.49	0.6	0.6	
Sarkala	76				28	21.2	30	27	0.5	0.38			
Sarkala	75		12		32	26.6	37	32	0.54	0.68	<0,1		
Sarkala	74		11			18.5			0.5				
Sarkala	73					20.7			0.41				
Sarkala	72				17	16.7		17	0.34				
Sarkala	71				12	15.1	18	12	0.34	0.41			
Palokangas	92				3	6.87	7	3	3.2	5			
Palokangas	91				5	9.22	11.5	5	0.24	0.27	0.19	0.37	9.14
Palokangas	90				4	8.43	9.3	4	0.23	0.28	0.29	0.61	
Palokangas	89												
Palokangas	88				2	8	8.3	2	0.21	0.22	0.4	0.79	
Palokangas	87				3	7.5	7.9	3	0.21	0.22			
Palokangas	86				7	7.9	8.7	7	0.21	0.24	0.85	1.1	
Palokangas	85				6	7.6	8.1	7	0.22	0.25			
Palokangas	84	1	4.9		5	8.1	8.8	5	0.2	0.23	0.68	1.2	
Palokangas	83	4	4.5	5.2	4	8.5	11	4	0.24	0.25	0.14	0.33	
Palokangas	82	1	4.3		1	7.7					0.2		
Leiviskänk.	92		4.2		2	4.25	4.3	2	0.16	0.2			
Leiviskänk.	91				4	4.05	4.6	4	0.12	0.14	0.51	0.85	4.275
Leiviskänk.	90				4	4.3	4.6	4	0.13	0.14	0.49	0.95	
Leiviskänk.	89				4	4.85	5.3	4	0.14	0.15	0.39	0.57	3.625
Leiviskänk.	88				4	4.03	4.2	4	0.12	0.13			
Leiviskänk.	87				4	4.4	5.8	4	0.15	0.21	0.39	0.45	
Leiviskänk.	86				4	3.9	4	4	0.15	0.23	0.39	0.59	
Leiviskänk.	85				2	3.5	3.5	2	0.1	0.1	0.57	0.65	
Leiviskänk.	84				2	3.6	3.7	2	0.09	0.1	0.35	0.5	
Leiviskänk.	83	2	1.1	1.2	2	3.9	5	2	.13	0.16	0.38	0.69	
Leiviskänk.	82	3	1.66	2.4	3	3.9	4.4				0.17	0.38	
Leiviskänk.	81	1	3.2		1	4.1							
Leiviskänk.	80	1	2		1	2					<0,1		

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	ka.
Leiviskänk.	79	1	3		1	2		1	0.11		1		
Ohimaanperä	92	1	7.5		2	7.25	7.7	2	0.25	2.5	0.27	0.27	7.15
Ohimaanperä	91				5	7.42	9.3	5	0.21	0.24	0.9	1.2	5.125
Ohimaanperä	90		3.3		3	5.77	7.3	3	0.19	0.22	0.8	1.9	
Ohimaanperä	89				4	5.68	8	4	0.18	0.21	0.43	1	4.5
Ohimaanperä	88				3	4.8	4.8	3	0.18	0.19	0.16	0.25	
Ohimaanperä	87				3	4.7	4.9	3	0.16	0.2	0.16	0.22	
Ohimaanperä	86				6	5	5.7	6	0.17	0.18	0.18	0.3	
Ohimaanperä	85				10	6.1	7.2	10	0.21	0.22	0.49	1.3	
Ohimaanperä	84				3	7	7.1	3	0.21	0.21	0.14	0.19	
Ohimaanperä	83	3	3.4	3.7	3	6.1	6.3	3	0.2	0.22	0.42	0.73	
Ohimaanperä	82	2	3	3.1	3	10.7	11.1				0.02	0.02	
Ohimaanperä	81												
Ohimaanperä	80	1	2		1	11		1	0.02		0.3		
Ohimaanperä	79	1	2		1	10		1	0.21		0.2		
Ohimaanperä	78	1	2		1	11		1	0.2		<0,1		
Ohimaanperä	77	1	3		1	9.5		1	0.22				
Ohimaanperä	76	1	8.9		1	9.5		1	0.24		0.15		
Ohimaanperä	75	1	1.9		1	5.9		1	0.18		0.02		
Ohimaanperä	74	1	2		1	5.7		1	0.27		0.1		
Ohimaanperä	73	1	3		1	5.3		1	2.2		1		
Ohimaanperä	72	1	4		1	5.6		1	0.23				
Ohimaanperä	71	1	1.1		1	2.3		1	0.13		<0,1		
Petäjämäki	92				1	5.6		1	0.19		0.05		
Petäjämäki	91				1	11.5		1	0.47		0.1		9.2
Petäjämäki	90				1	5.3		1	0.16		0.04		
Petäjämäki	89				1	14.4		1	0.61		0.04		
Petäjämäki	88				1	12.7		1	0.53		0.04		
Petäjämäki	87				2	9.6	15	2	0.44	0.7	0.19	0.21	
Petäjämäki	86				1	4.3		1	0.01		0.21		
Petäjämäki	85				1	4.2		1	0.13				
Petäjämäki	84				1	12.4		1	0.49		0.04		
Petäjämäki	83	1	1		1	3.7					<0,1		
Petäjämäki	82	2	1.1	1.3	2	14.3	15.3				0.26	0.34	
Petäjämäki	81	1	1		1	15.9					0.22		
Petäjämäki	80	1	1		1	1.6		1	0.6		0.4		
Petäjämäki	79	1	1		1	3.3		1	0.1		<0,1		
Petäjämäki	78	1	1		1	3		1	0.1		0.3		
Petäjämäki	77	1	3		1	3		1	0.02		0.3		
Petäjämäki	76	1	4.6		1	2.8							

Vedenottamo	Vuosi	KLORIDI (mg/l)			JOHT.KYKY (mS/m)			KOK.KOV (mmol/l)			NO3 (mg/l)		SO4 (mg/l)
		n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	n.	ka.	max.	ka.	max.	ka.
Petäjämäki	75										0.35		
Petäjämäki	74												
Petäjämäki	73	1	3		2	3.7		1	0.13				
Petäjämäki	72	1	3		1	2.7		1	0.16				
Petäjämäki	71	1	5		1	3.3		1	0.13				
Petäjämäki	70		2.1			3.05			0.1				
Ojasti	92	1	1.6		1	4.6		1	0.15		0.03		
Ojasti	91				1	5.2		1	0.2		0.13		
Ojasti	90				4	4.83	5.1	4	0.15	0.16	0.2	0.24	
Ojasti	89				3	4.37	4.4	3	0.13	0.16	0.2	0.29	
Ojasti	88				1	4.4		1	0.15				
Ojasti	87				3	3.6	3.8	3	0.11	0.12			
Vihannink.	92	1	0.8		2	0.2	5.7	2	0.17	0.19	0.09	0.09	3.9
Vihannink.	91				4	4.78	5	4	0.15	0.17	0.31	0.54	5.175
Vihannink.	90				4	4.8	6	4	0.15	0.17	0.27	0.41	
Vihannink.	89	2	0.85	0.9	6	4.67	5	6	0.17	0.2	0.2	0.34	5.43
Vihannink.	88												
Vihannink.	87												
Vihannink.	86	10	0.9	1.6	10	4.6	7.6	10	0.16	0.2	0.13	0.47	3.7
Pitämökangas	92					3.2							
Pitämökangas	91				2	3.4	3.6	2	0.1	0.11	0.13	0.17	
Pitämökangas	90				2	3.05	3.1	2	0.1	0.1	0.09	0.11	
Pitämökangas	89				1	3.1		1	0.1		0.08		3.5
Pitämökangas	88				2	3.05	3.1	2	0.1	0.1			
Pitämökangas	87				4	4.5	6.5	4	0.13	0.15			
Pitämökangas	86				2	3	3	2	0.1	0.11	0.17	0.18	
Pitämökangas	85				2	3.1	3.1	2	0.1	0.1	0.14	0.21	
Pitämökangas	84				2	3.2	3.2	2	0.1	0.1	0.4	0.6	
Pitämökangas	83	2	0.8	0.8	2	3.3	3.6	2	0.11	0.11	0.33	0.53	

kaivo	Cl- pit. mg/l	joht. kyky mS/m	etäi syys m	maas- to	tie	huom!	kloridipitoisuuden mahdollisesti vaikuttavat tekijät
Anttila	159	116	120		Vt 4	putkik,	maatalous, vanhat maakerr.
Tuhola		75,2	200		Vt 4	ei käyt.	maatalous
Kontio		73,5	120		Vt 4	ei käyt.	maatalous
Kangas	9,3	11,4	70		Vt 4		
Näppänä	2,9	8	220		Vt 4		navetta, ulko-wc
Vähäsepp		13,1	300	nous.	Vt 4	ei käyt.	
Suvanto		4,4	500	lask.	Vt 4		
Rautio		21,6	660	nous.	Vt 4	ei käyt.	
nro 16	9,5	35	40		Vt 4	ei käyt.	tie
Kylmänen		43,6	180		Vt 4	ei käyt.	
Anttonen	4,6	30	30		Vt 4		maatalous, navetta, tie
Mutkala	12,8	35	25		Vt 4	ei käyt.	maatalous, tie
Keino	12,7	13,3	25		Vt 4	ei käyt.	maatalous, tie
Hiukala		21,7	40		Vt 4	ei käyt.	
Kankaanp.	9	27	120	nous.	Vt 4		maatalous, tie
Nuhala		38,3	20	lask.	Vt 4	ei käyt.	maatalous, tie
Raski	7,3	49	15		Vt 4	ei käyt.	maatalous, tie
Myllysaari		23,1	50		Vt 4		maatalous, tie
Kataja		20,3	50		Vt 4		
Sakko		23,7	100		Vt 4	ei käyt.	
Mikonmaa	5,1	37	20		Vt 4	ei käyt.	tie
Keränen		21	150		Vt 4	ei käyt.	
Alipullero		21	150		Vt 4		
Alipullero		17	155		Vt 4		
Haanpää	220	105	1	lask.	Vt 4	ei käyt.	tie
Mäntyrinne		19,6	80	nous.	Vt 4		
Leppäluoto		30,4	20		Vt 4		maatalous, navetta
Kantola		64,8	80		Vt 4	ei käyt.	
Vainio		26,8	200		Vt 4		Pt etäisyys 30 m.
Ojala		28,7	280		Vt 4		navetta
Koivisto		19,8	120		Vt 4		
nro 42		22,4	220		Vt 4	ei käyt.	
nro 43		18,6	100		Vt 4		
Matalak.		22	160		Vt 4	ei käyt.	
Ylipelto		26,6	200		Vt 4		
Mikkola	214	94	15	lask.	Vt 4	ei käyt.	tie
Meijeri	12,3	48	20	lask.	Vt 4	ei käyt.	tie, maatalous
Sipola	26	27	20	lask.	Vt 4		tie, maatalous
Myllykoski	235	190	25		Vt 4	ei käyt.	tie
Mutkala		5,1	150		Vt 4		
Ahola		27,1	100		Vt 4		porakaivo syv. 48 m
Haapala		22	150	nous.	Vt 4		
Lehtomäki	1,3	15	200	nous.	Vt 4		
Tuomela		13	50		Vt 4		
Halonen	7,5	47	30		Vt 4		
Kiuttu	34	18,6	30		Vt 4	ei käyt.	tie
Mäkipaaso	5,9	18	30		Vt 4	ei käyt.	tie
Malo	3,2	43	70	lask.	Vt 4		

kaivo	Cl-pit. mg/l	joht. kyky mS/m	etäi syys m	maas- to	tie	huom!	kloridipitoisuuteen mahdol- lisesti vaikuttavat tekijät
Halttu nro 57	5,1 1,1	12,2 5,8	100 40		Vt 4 Vt 19		
Kankaann. Säisä	6,2	37,3 14,2	40 30	nous.	Vt 19 Vt 19	ei käyt.	maatalous, tie
Kivijärvi	6	26	80	nous.	Vt 19	ei käyt.	maatalous, tie
Ahokas		14,3	35		Vt 19		hautausmaa
Ahokas		9,6	50		Vt 19		
Rönkkömäki		10,1	300		Vt 19	ei käyt.	
Manala		9,1	40		Vt 19		maanotto
Härmä		8,2	100		Vt 19		ampumarata, suolavarasto.
Hiihtomaja	2,5	5,7	100		Vt 19		ampumarata, suolavarasto.
Lohenkari		8	30	lask.	Vt 19		
Ketola	15,9	10,2	20		Vt 19		tie, asutus
Lehtola		11,3	100		Vt 19		hautausmaa
Lapintaiva		7,1	60		Vt 19		
Torvinen		8,6	300		Vt 19		
Kangas	36,6	26,5	50		Vt 19		kaatopaikka, hautausmaa
Jarva	3,5	17	35		Vt 19		
Jarva		15,6	25		Vt 19		
Jarva		12,7	50		Vt 19		
Seppä		10,3	40		Vt 19		maatalous, navetta
Autiola	28,7	23	60		Vt 19		navetta et. 10 m
Marjomaa	2,1	16,5	40		Vt 19		
Väyrynen	23	21,4	15		Vt 19		tie
Piippo	2,9	8,2	60		Vt 19		
Rytilä		16,6	30		Vt 19	ei käyt.	
Ahokylä	3,7	28	30		Vt 19		
Raatikaine	8,4	28	300	nous.	Vt 8		
Roppola	5,7	58	15		Vt 8		tie
Hautala	1,5	3,7	200	nous	Vt 8		
Hiltunen	18	28,6	50		Vt 20		
Vääräniemi	54	26	20		Vt 20		tie, asutus, teollisuus
Repola		11,7	35		Vt 20		
Taipaleen ottamo	1,9	5	60		Vt 20		
Rantak. nro 92	20	14,6 9,7	35 100		Vt 20 Vt 20		tie
Koistinen		19,2	200		Vt 20		
Pousu		3,7	60		Vt 20		
Pousu		8,1	100		Vt 20		
Mettovaara	13,7	12,8	25		Vt 20		tie, huoltoasema
Vahtola	7,7	27	15	nous.	Vt 20		
Hälinen	38,2	31	15		Vt 20		tie
Leppälä		48,9	200		Vt 20		
Schönberf	29,5	43	60		Vt 20		tie, maatalous
Schönberf	23,8	20	50		Vt 20		tie, maatalous

kaivo	Cl- pit. mg/l	joht. kyky mS/m	etäi syys m	maas- tie	huom!	kloridipitoisuuden mahdollisesti vaikuttavat tekijät
Lähtölä	0,9	32	220		Kt 86	ei käyt.
Hyrynk.		16,8	160		Kt 86	ei käyt.
Järvelin	5,5	18	300		Kt 86	maatalous
Matkas.		9,2	250		Kt 86	maatalous
Tikkanen	2	6,6	200		Kt 86	
Vikki		6,2	40		Kt 86	
Uusitalo	8,3	6,9	40		Kt 86	

Pudasjärven tmp		Kempeleen tmp				
Vt 20		Vt 8	Vt 4	Kt 86	Mt 815	
81	0.6	81	4.9	10.8	6.3	7.7
82	1.6	82	5.7	12.7	7.3	9.4
83	1.2	83	3.8	8.5	5.5	6.6
84	1.1	84	1.8	4.1	2.7	3.6
85	0.8	85	2.9	6.5	3.6	4.9
86	2.7	86	2.6	5.6	3.6	3.6
87	0.7	87	1.6	3.5	2.1	2.5
88	3.1	88	4.1	9.2	5.5	6.5
89	3.1	89	5.8	12.9	5.5	7.2
90	2.3	90	4.1	9.2	5.5	6.5

Piippolan tmp				Rantsilan tmp			
Vt4	Vt 19	Kt 85	Kt 88	Vt 4	Kt 86		
81				81	4		
82	6.6			82	4.4		
83	8.9			83	7	1.1	
84	4.7			84	3.8	1	
85	7.8	1.8	0.4	85	6.5	1.8	
86	5.4	1	0.2	86	5	1.5	
87	4	0.7	0.2	87	4.6	2	
88	9.7	1.5	0.4	0.5	88	8.7	5
89	15.5	5	2	3.2	89	11.3	7.5
90	7.7	1.3	0.4	0.5	90	8.8	6.7

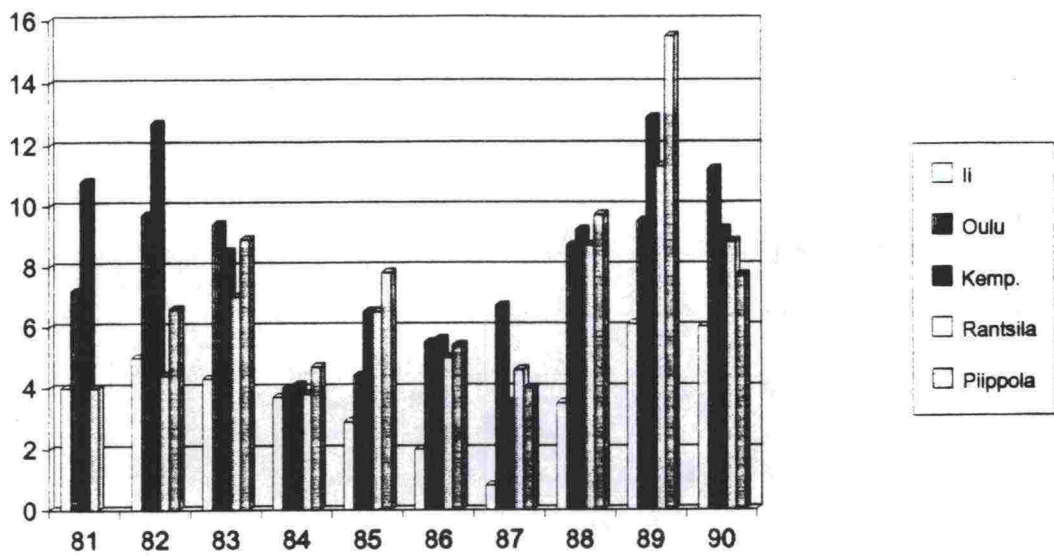
Oulun tmp							
	Vt 4	Vt 22	Mt 8155	Mt 8156	Mt 830	Oulu Kiim.	Kiim.-Hirvin.
81	7.2	5.8	6.3	4.2	2.7	6.4	2.5
82	9.7	7.8	8.7	5.8	3.7	8.6	3.3
83	9.4	7.5	8.3	5.6	3.6	8.3	3.2
84	4	3.6	4	2.7	1.7	4	1.5
85	4.4	3.6	4	2.6	1.7	3.9	1.5
86	5.5	6.6	7.3	4.9	3.1	7.3	2.8
87	6.7	5.5	6	4	2.6	6	2.3
88	8.7	7	7.7	5.1	3.3	7.7	3
89	9.5	7.7	8.3	5.7	3.6	8.5	3.3
90	11.2	9	10	6.7	4.3	9.9	3.8

Muhoksen tmp		lin tmp	
Vt22		Vt4	
81	0.5	81	4
82	4.8	82	5
83	4.9	83	4.3
84	2.2	84	3.7
85	2.4	85	2.9
86	5.1	86	2
87	1.6	87	0.8
88	4.2	88	3.5
89	5.8	89	6.1
90	5.4	90	6

Raahen tmp				
	Vt81s	Vt81	Kt86	Tulotiet
81	3.4	3.4	1.8	3.1
82	4.9	4.9	2.6	4.5
83	4.3	4.3	2.3	4
84	3.9	3.9	2.1	3.6
85	3.8	3.8	2	3.5
86	4.3	4.3	2.3	4
87	4	4	2.1	3.7
88	8.6	8.6	4.5	7.9
89	13.3	13.3	7	12.3
90	9.9	9.9	5.2	9.1

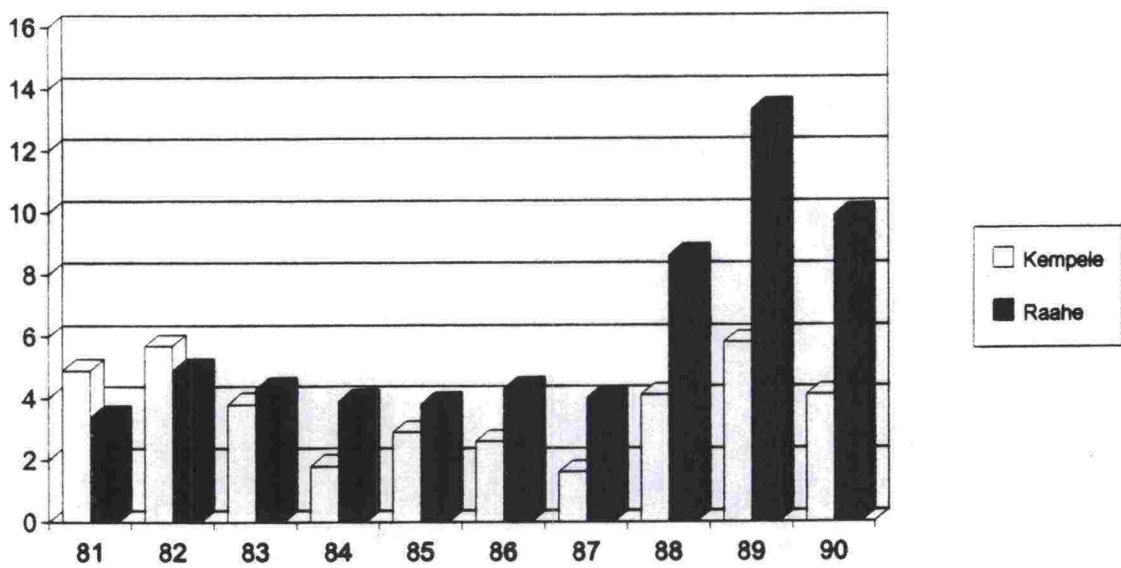
t/km

Vt 4:n suolausmäärät tiemestaripeittäin



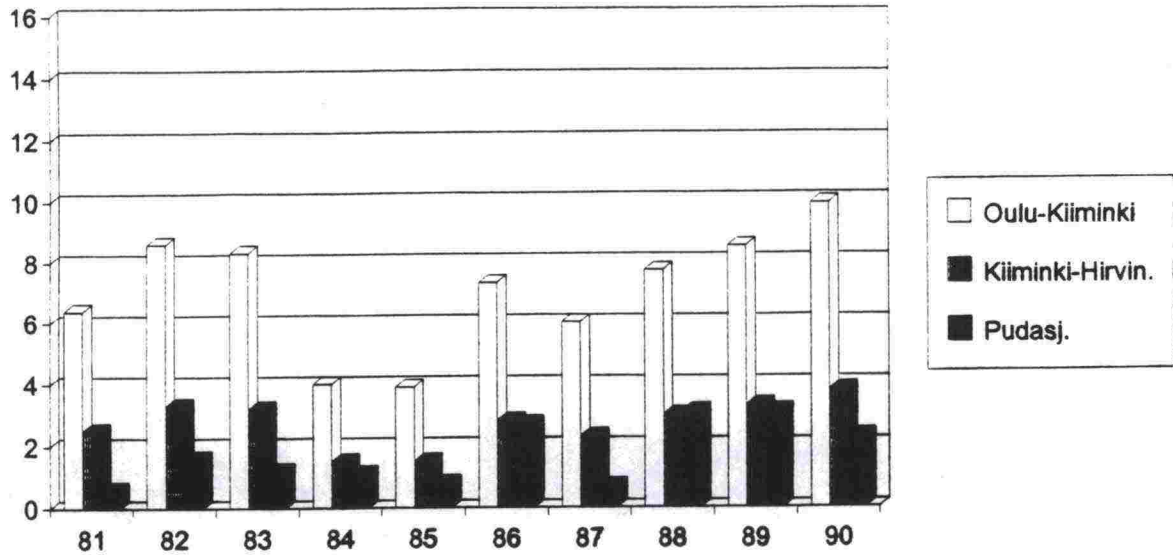
t/km

Vt 8:n suolausmäärät tiemestaripeittäin



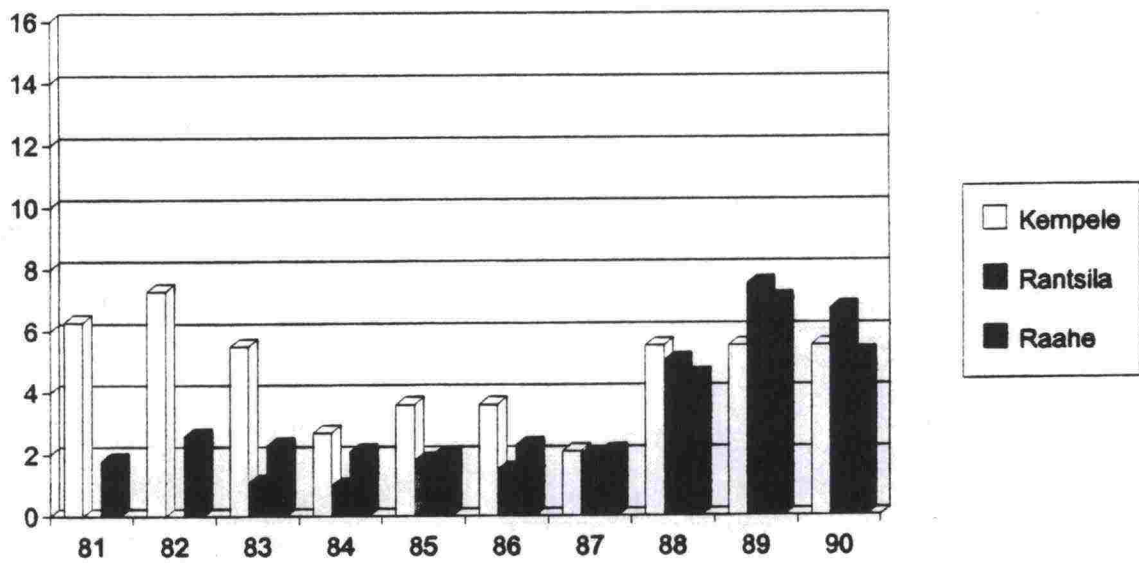
Vt 20:n suolausmäärät tiemestaripiireittäin

t/km

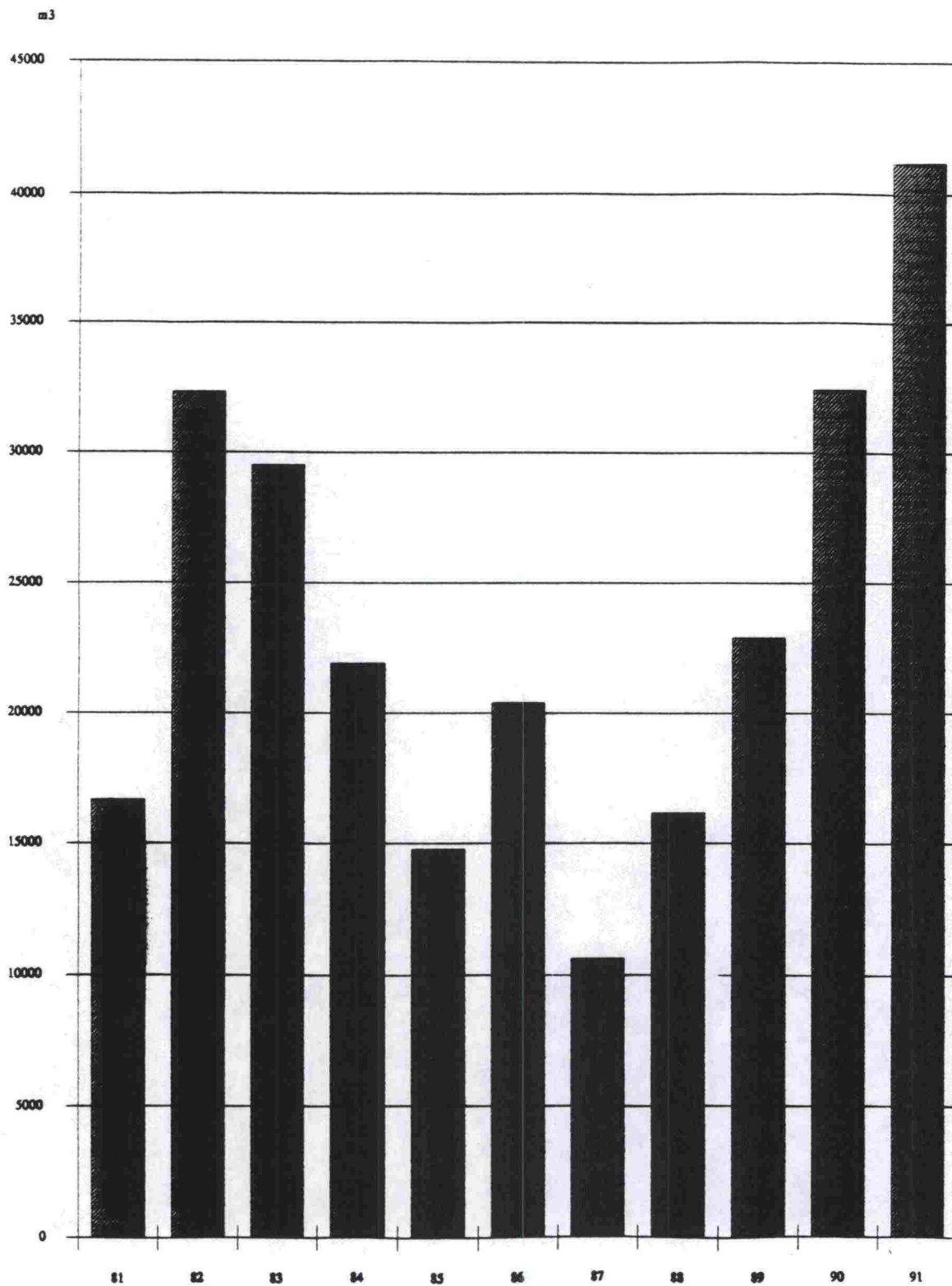


Kt 86:n suolausmäärät tiemestaripiireittäin

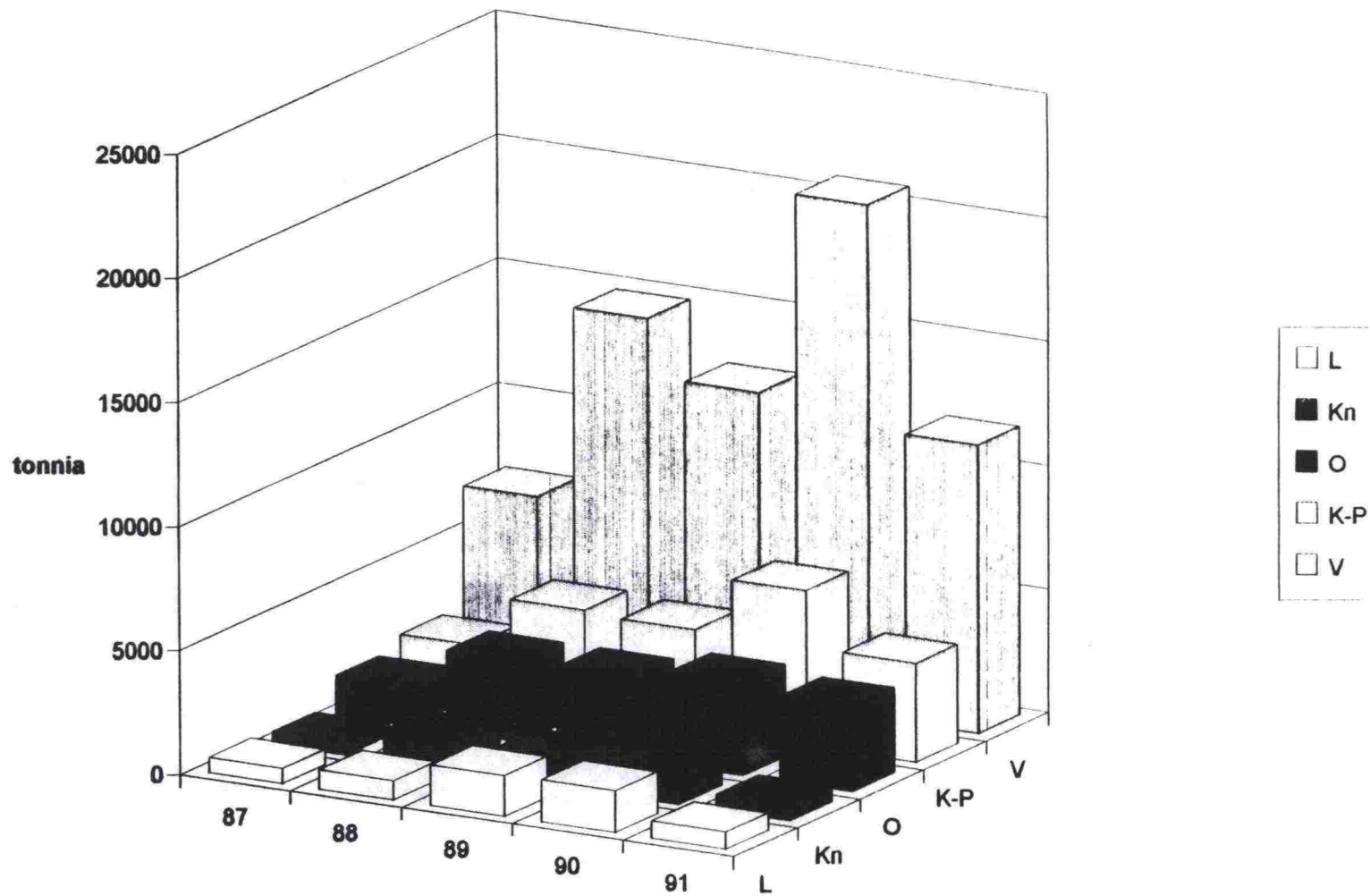
t/km



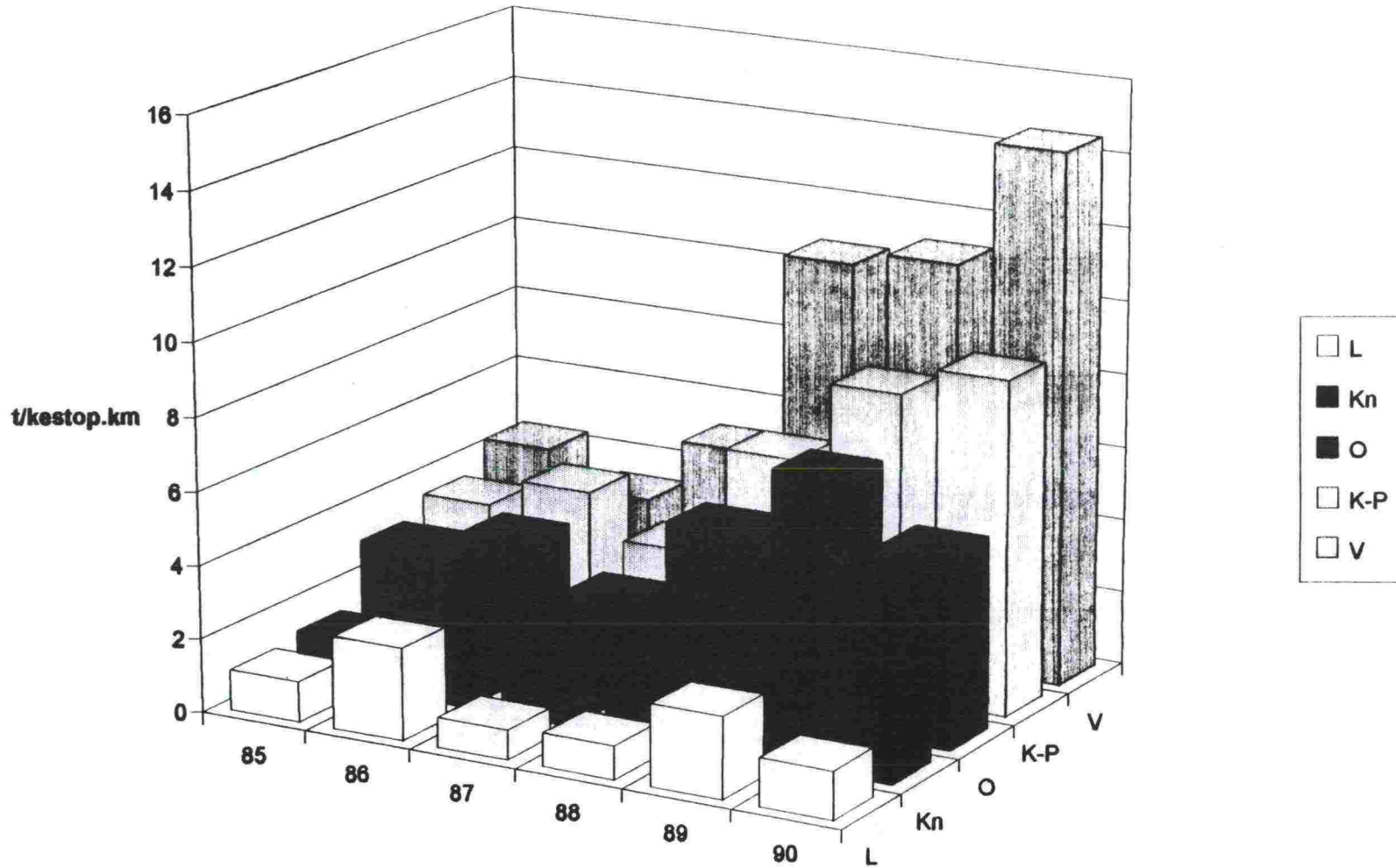
Hiekoitusmäärät vuosina 1981-91



Suolan käyttömäärien kehitys (tonnia) Vaasan, Keski-Pohjanmaan, Oulun, Kainuun ja Lapin tiepiireissä vuosina 1987-91



Suolan käyttämäärien kehitys (t/kestop.km/vuosi) Vaasan, Keski-Pohjanmaan, Oulun, Kainuun ja Lapin tiepiireissä vuosina 1985-90



Sähkönjohtavuuden kehitys tutkituilla pohjavesialueilla

	n	ka.	keskihaj.	max	min
75	13	25.65	24.86	72.3	3.1
76	14	24.57	24.83	73.9	2.8
77	14	20.81	21.5	68.2	2
78	15	21.66	25.24	87	2
79	17	18.4	24.77	92	2
80	16	13.54	15.6	54	1.43
81	15	20.9	23.17	82.2	2.8
82	19	19.2	21.74	89.3	3.8
83	19	16.38	20.07	77	3.3
84	18	17.88	20.33	78	3.2
85	22	16.33	20.62	81.1	1.9
86	23	16.24	20.32	83.3	1.8
87	25	14.98	17.58	75.7	2
88	25	16.06	17.91	75.4	2.42
89	22	16.68	19.75	83.1	3.1
90	26	16.07	20.14	83.8	2.4
91	27	16.65	20.29	83.7	3.4
92	22	17.78	21.73	85.1	0.2

Kloridipitoisuuden kehitys tutkituilla pohjavesialueilla

	n	ka.	keskihaj.	max	min
75	13	22.82	40.8	154	1.79
76	8	25.83	57.28	167	1
77	15	22.41	43.25	166	1
78	15	24.06	50.05	200	1
79	18	18.33	45.48	197	1
80	18	17.74	45.23	195	1
81	17	17.41	42.49	176	0.5
82	19	16	38.81	173	0.6
83	21	14.02	35.57	165	0.6
84	10	25.48	47.79	159	0.7
85	4	50.57	79.76	168	0.6
86	3	71.3	94.73	179	0.9
87	6	35.2	66.8	169	0.7
88	5	49.48	69.91	170	0.7
89	4	53.84	84.4	178	0.73
90	5	52.7	67.38	171	3.3
91	6	41.49	71.01	183	1.2
92	15	18.95	44.81	178	0.8

tie tunnus	KVL ka (ajon/vrk)	VAK öljy (t/v)	VAK muut (t/v)	pv-alueen koodi	pv-alueen nimi	antoisuus (m3/d)	käyttöaste (-91)	suoj. tiepit. (km)	KA-onn.tn tiellä (onn/10E6 km)	onn.tn. pv-al. (kpl/100v)
Vt 4 (3)	7651	22000	125000	11 084 02	Martinniemi	800	0,83	0,2	0,54	0,06
Pt 18741	3088			11 084 02	Martinniemi	800	0,83	2,3		
Pt 18744	1724			11 084 02	Martinniemi	800	0,83	0,1		
Vt 4 (3)	12872	22000	125000	11 084 04	Kellok.	3500	0	2,2	0,54	0,68
Pt 18727	727			11 084 04	Kellok.	3500	0	1,5		
Pt 18729	778			11 084 04	Kellok.	3500	0	0,5		
Vt 4 (3)	12782	22000	125000	11 084 01	Saviaronk.	2500	0,86	0	0,54	
Pt 18729	778			11 084 01	Saviaronk.	2500	0,86	1,52		
Vt 4 (2)	12829	163000	120000	11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	1,5	0,68	1,04
Mt 8141	3260			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	1		
Mt 8241	398			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	2,4		
Mt 8154	2906			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	1,4		
Mt 8152	6655			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	3		
Pt 18637	2990			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	8,8		
Pt 18680	710			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	2,4		
Pt 18681	1905			11 244 01	Kempeleenh.	7500	0,26	1,4		
Vt 20	7740	50000	1000	11 255 01	Laivak.	800	0	1,26	0,39	0,08
Pt 18715	290			11 255 01	Laivak.	800	0	0,4		
Vt 20	2491	45000	1000	11 255 02	Jolosharju	700	0,04	0,1	0,39	0,01
Vt 4 (3)	4869	22000	125000	11 292 01	Santamäki	400	0,36	1,2	0,54	0,37
Pt 18811	290			11 292 01	Santamäki	400	0,36	0,15		
Pt 18812	466			11 292 01	Santamäki	400	0,36	1		
Pt 18813	425			11 292 01	Santamäki	400	0,36	0,3		
Vt 8	5005	123000	40000	11 425 02	Kirkonkylä	2000	0,54	0		
Vt 22	3929	114000	4000	11 564 01	Hangask.	5000	0,11	1,85	0,51	0,37
Pt 18672	174			11 564 01	Hangask.	5000	0,11	2		
Pt 18685	104			11 564 01	Hangask.	5000	0,11	0,7		
Vt 8	3544	90000	30000	11 582 01	Palokangas	4000	0,54	1,4	0,67	0,39
Mt 8121	1343			11 582 01	Palokangas	4000	0,54	5,9		
Mt 8121				11 582 01	Palokangas	4000	0,54	2,9		
Pt 18588	66			11 582 01	Palokangas	4000	0,54	0,4		
Pt 18589	24			11 582 01	Palokangas	4000	0,54	0,2		
Vt 19	1460	4800	200	11 603 01	Paskok.	900	0,13	2,6	0,80	0,03
Kt 78	2435			11 615 02	Törrönk.	1500	x	1,8		
Vt 20	2491	45000	1000	11 615 13	Kipinänk.	500	x	0,6	0,39	0,04
Pt 18579	567			11 615 13	Kipinänk.	500	x	2,1		

tie tunnus	KVL ka (ajon/vrk)	VAK öljy (t/v)	VAK muut (t/v)	pv-alueen koodi	pv-alueen nimi	antoisuus (m3/d)	käyttöaste (-91)	suoj. tiepit. (km)	KA-onn.tn tiellä (onn/10E6)	onn.tn. pv-al. (kpl/100)
Mt 854	325			11 615 13	Kipinänk.	500	x	1,2		
Vt 20	3133	30000	1000	11 615 05	Korentok.		x	15,2	3,935E-07	0,622
Kt 78	1089			11 615 05	Korentok.		x	0,5		
Vt 20	1330	30000	1000	11 615 06	Poijula-Pintamo		x	12,1	3,935E-07	0,4952
Mt 860	445			11 615 06	--		x	0,5		
Pt 18786	95			11 615 06	--		x	0,6		
Vt 19	1460	4800	200	11 617 01	Täperänk.	400	0,63	3	8,00E-07	0,0403
Vt 4 (1)	1972	50000	90000	11 617 01	Täperänk.	400	0,63	0,2	6,142E-07	0,0647
Kt 88	1460	11000	100	11 617 03	Patalank.	1000	0,63	1,7		
Vt 19	1159	2900	200	11 630 01	Leiviskänk.	800	0,45	2,3	8,00E-07	0,0193
Pt 18508	851			11 630 01	Leiviskänk.	800	0,45	0,2		
Vt 19	1159	2900	200	11 630 03	Kivijärvenk.	600	0,59	3,7	8,00E-07	0,031
Pt 18505	74			11 630 03	Kivijärvenk.	600	0,59	0,7		
Vt 8	6563	90000	60000	11 678 01	Antink.	3000	0,42	1,6	6,712E-07	0,5799
Mt 8103	5119			11 678 01	Antink.	3000	0,42	0,4		
Pt 18580	1020			11 678 01	Antink.	3000	0,42	0		
Pt 18583	677			11 678 01	Antink.	3000	0,42	0		
Pt 18582	4166			11 678 01	Antink.	3000	0,42	0,2		
Mt 8104	7936			11 678 01	Antink.	3000	0,42	1,8		
Kt 86	1709	10000	33000	11 575 01	Mikonselkä		0	0,6	5,405E-07	0,0536
Kt 88	896	11000	100	11 926 02	Vihannink.	4000	0,33	2		
Kt 86	1766	10000	33000	11 926 02	Vihannink.	4000	0,33	2,5	5,405E-07	0,2234
Pt 18555	397			11 926 02	Vihannink.	4000	0,33	1		
Pt 18553	71			11 926 02	Vihannink.	4000	0,33	0,4		
Pt 18560	974			11 926 02	Vihannink.	4000	0,33	0,9		
Pt 18559	106			11 926 02	Vihannink.	4000	0,33	0,7		
Vt 20	394	45000	1000	11 973 07	Pitämönk.	100	0,22	1	3,935E-07	0,0606
Vt 5	2990			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	4,8		
Mt 869	2178			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	1,3		
Pt 18858	1339			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	x		
Pt 18864	310			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	x		
Pt 18867	265			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	x		
Pt 18868	128			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	x		
Pt 18869	131			11 305 01	Kirkonkylä	7500	x	x		

tie tunnus	KVL ka (ajon/vrk)	VAK öljy (t/v)	VAK muut (t/v)	pv-alueen koodi	pv-alueen nimi	antoisuus (m3/d)	käyttöaste (-91)	suoj. tiepit. (km)	KA-onn.tn tiellä (onn/10E6 km)	onn.tn. pv-al. (kpl/100v)
Vt 20	3828	30000	1000	11 305 10	Taviharju	150	x	0,06	0,39	0,00
Vt 20	1690	30000	1000	11 832 04	Taivalvaara-Repoharju	8000	x	8,14	0,39	0,33