



YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU

Jouko Soveri, Risto Mäkinen ja Kimmo Peltonen

# Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975–1999



Jouko Soveri, Risto Mäkinen ja Kimmo Peltonen

Pohjaveden  
korkeuden ja laadun  
vaihteluista Suomessa  
1975–1999

HELSINKI 2001

ISBN 952-11-0746-4  
ISSN 1238-7312

Iso kansikuva: Suuret lähteet Valkealassa. Timo Ahlberg.  
Pienet kuvat, ylhäältä: Myllylähde Oripäässä. Risto Mäkinen.  
Keskellä: Uhrilähde Jämijärvellä. Risto Mäkinen.  
Alhaalla: Makrohuokokset ovat tärkeitä veden kuljettajia maassa. Pertti Seuna, 1974.

© Maanmittauslaitos lupa nro 7/MYY/01

Paino: Tummuvuoren kirjapaino Oy, 2001

Pohjakartat © Maanmittauslaitos, lupanro 7/MML/15

# Alkusanat

Pohjaveden valtakunnallisen tutkimus- ja havaintoverkon käynnistämiseen vaikutti suuresti Vesihallituksen pääjohtaja Simo Jaatinen ollessaan vesihallinnon tieteellisen neuvottelukunnan puheenjohtajana. Asemien rakentaminen tapahtui silloisten vesipiirien toimesta. Tutkimusasemien kunnostamisesta, näytteiden otosta ja osasta analytiikkaa vastaavat nykyisin alueelliset ympäristökeskukset. Huomattava osa vesinäytteistä tehdään lisäksi Suomen ympäristökeskusten laboratoriossa. Tutkimuksen virallisina referoijina olivat geologi Tuomo Hatva ja hydrologi Veli Hyvärinen. Lisäksi tutkimuspäällikkö Pertti Seuna on tehnyt arvokkaita huomioita julkaisun käsikirjoitukseen. Esitän kaikille edellä mainituille ja tutkimukseen osallistuneille parhaat kiitokset.

Vantaalla 18.7.1999

Jouko Soveri

Jouko Soveri toimi valtakunnallisen pohjaveden tutkimus- ja seurantaverkon parissa lähes koko työuransa ajan. Hän oli perustamassa pohjavesiasemaverkkoa, kehittämässä tutkimus- ja seurantamenetelmiä sekä ideoimassa jatkuvasti uutta. Hän teki väitöskirjansa seurantaverkon tuloksista ja näki kauas tulevaisuuteen oivaltaen pitkäjänteisen seurannan tuoman tiedon arvon ja soveltamismahdollisuudet. Hän oli myös perustamassa integroidun pohjavesiseurannan asemia Baltian maihin ja toimi kiinteässä yhteistyössä pohjoismaisten tutkijakollegojensa kanssa. Valitettavasti hän ei ennättänyt nähdä tätä raporttia kahdenkymmenen viiden vuoden havaintotuloksista lopullisessa asussaan. Joukon työ ja valtakunnallinen pohjaveden seurantaverkosto jäävät kuitenkin elämään. Aiemmin tehdyt ja tulevaisuudessa tehtävät pohjavesihavainnot säilyvät kansallisena pääomana, jonka avulla saamme tietoa menneistä ajoista ja pystymme arvioimaan tulevia muutoksia ympäristömme tilassa. Pohjavesi on erityisen arvokas luonnonvara, jonka seurantaan ja tutkimukseen sijoitetut voimavarat säilyttävät arvonsa eivätkä koskaan mene hukkaan. Pohjavesiseurantaan ovat kiinteästi osallistuneet alueelliset ympäristökeskukset ja havait-sijat. Julkaisun loppuunsaattamisessa on antanut apua Pertti Seuna. Riitta Soveri on tutustunut käsikirjoitukseen ja antanut tärkeitä korjausehdotuksia sisältöön ja ulkoasuun. Katri Salmela on taittanut julkaisun ja hänen osuutensa kuvien ja taulukoiden viimeistelyssä on ollut suuri. Parhaat kiitokset pitkään tutkimukseen ja sen julkaisemiseen myötävaikuttaneille.

Helsingissä 27.10.2000

Risto Mäkinen ja Kimmo Peltonen





# Sisällys

<b>Alkusanat</b> .....	<b>3</b>
<b>I Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Maanalaiset vedet</b> .....	<b>9</b>
2.1 Maavesi .....	9
2.2 Pohjavesi .....	11
<b>3 Pohjaveden integroitu seuranta</b> .....	<b>13</b>
3.1 Seurannan tavoitteet .....	13
3.2 Seurantaverkko ja havaintojärjestelyt .....	13
3.2.1 Pohjaveden korkeuden seuranta .....	16
3.2.2 Pohjaveden laadun seuranta .....	16
<b>4 Asemakohtaiset tulokset</b> .....	<b>19</b>
4.1 Siuntio .....	21
4.2 Karkkila .....	24
4.3 Orimattila .....	29
4.4 Tullinkangas .....	34
4.5 Jomala .....	39
4.6 Perniö .....	43
4.7 Oripää .....	45
4.8 Kuumainen .....	51
4.9 Orivesi .....	54
4.10 Jämijärvi .....	59
4.11 Siikainen .....	64
4.12 Elimäki .....	67
4.13 Valkeala .....	72
4.14 Kotaniemi .....	77
4.15 Parikkala .....	82
4.16 Pertunmaa .....	87
4.17 Pistohiekka .....	92
4.18 Naakkima .....	97
4.19 Heinävesi .....	102
4.20 Talluskylä .....	107
4.21 Viinikkala .....	109
4.22 Kangaslahti .....	114
4.23 Akonjoki .....	119
4.24 Kuuksenvaara .....	124
4.25 Jaamankangas .....	129
4.26 Jakokoski .....	134
4.27 Juutilankangas .....	136
4.28 Rajamäki .....	141
4.29 Taipale .....	146
4.30 Laihia .....	151
4.31 Lummukka .....	156
4.32 Mutkala .....	161
4.33 Vehkoo .....	166
4.34 Äijälä .....	171

4.35	Taikkomäki .....	176
4.36	Halsua .....	181
4.37	Haapajärvi .....	186
4.38	Kälviä .....	191
4.39	Kalajoki .....	196
4.40	Pyhätä .....	201
4.41	Ruukki .....	206
4.42	Pudasjärvi .....	211
4.43	Kuusamo .....	216
4.44	Kolmisoppi .....	221
4.45	Lumiaho .....	226
4.46	Alakangas .....	231
4.47	Kullisuo .....	236
4.48	Könölä .....	241
4.49	Lautavaara .....	245
4.50	Vallovaara .....	249
4.51	Sodankylä .....	254
4.52	Muonio .....	259
4.53	Nellim .....	265
<b>5 Tulosten valtakunnallinen tarkastelu .....</b>		<b>270</b>
5.1	Pohjaveden korkeuden vaihtelut .....	270
5.1.1	Vaihtelu eri muodostumissa .....	270
5.1.2	Pohjaveden muodostumisregiimit .....	272
5.1.3	Pitkän jakson vaihtelut .....	274
5.2	Pohjaveden ainepitoisuuksien vaihtelut .....	277
5.2.1	Kemiallinen koostumus .....	277
5.2.2	Vaihtelu eri maa- ja kivilajeissa .....	281
5.2.3	Vuodenaikaisvaihtelu .....	287
5.2.4	Ainepitoisuuksien ja pinnankorkeuden välinen riippuvuus .....	292
5.2.5	Pohjaveden pitoisuustrendit .....	294
<b>6 Johtopäätökset.....</b>		<b>303</b>
<b>English summary .....</b>		<b>308</b>
<b>Kirjallisuus .....</b>		<b>312</b>
<b>Liitteet .....</b>		<b>315</b>
Liite 1. Pohjaveden pinnankorkeudet asemilla v. 1974-1999 .....		315
Liite 2. Pohjavesiasemien värikartat .....		342
<b>Kuvailulehdet .....</b>		<b>380</b>

# Johdanto

Maa- ja metsätalousministeriön asettama vesihallinnon tieteellinen neuvottelukunta totesi vuonna 1972 pohjavesien valtakunnallisen havainnoinnin ja tutkimuksen jälkeensä jääneisyyden Suomessa. Neuvottelukunta piti tärkeänä, että silloinen vesihallitus ryhtyisi nopeisiin toimenpiteisiin asian korjaamiseksi. Pohjavesien seuranta- ja tutkimusverkoston rakentaminen käynnistyi nopeasti ja ensimmäiset pohjavesiasemat rakennettiin työllisyysvaroilla Lapin, Oulun ja Pohjois-Karjalan vesipiirien alueille jo keväällä 1973. Koko verkosto valmistui vuonna 1974 ja varsinainen seurantatyö käynnistyi vuoden 1975 aikana.

Pohjaveden seuranta-asemia perustettiin samanaikaisesti myös muissa Pohjoismaissa kansainvälisen hydrologisen vuosikymmenen (IHD, 1965-1974) aikana. Samaan aikaan käynnistyi pohjoismainen yhteistyö muillakin hydrologian aloilla ja voidaankin sanoa, että tämä ajanjakso oli samalla perusta pohjoismaiselle hydrologiselle yhteistyölle jatkossa (Nordberg ed.1980, Soveri ed. 1982, Kirkhusmo ed. 1986).

Pohjavesien seurannan järjestelyt ovat yleensä riippuneet siitä, ovatko vedenhankinnan tai vesiensuojelun tarpeet etusijalla. Usein seurannat ovat liittyneet tiettyihin hankkeisiin ja ovat olleet laajuudeltaan paikallisia tai alueellisia ja näin myös kestoaltaan lyhytaikaisia. Pitkäaikaiset ja yhtenäiset havainnot ovat kuitenkin aina edellytys, jotta ympäristön tilassa tapahtuvia muutoksia ja kehitystä voidaan arvioida.

Tässä tutkimuksessa pohjaveden tilassa tapahtuvia muutoksia arvioidaan integroidusti siten, että pohjaveden määrän ja laadun vuorovaikutuksia tarkastellaan hydrologisen kierron osana, miten sateet ja sulamisvedet vaikuttavat pohjaveden muodostumiseen ja purkautumiseen ja vastaavasti miten nämä määrättekijät vaikuttavat pohjaveden laadun kehittymiseen. Tarkastelun kohteena eivät ole varsinaiset suuret vedenottamoalueet vaan pienemmät, Suomen eri maalajeja edustavat pohjavesialueet, joiden käyttö liittyy lähinnä haja-asutusalueiden vedenhankintaan.

Pohjaveden laatu ja korkeustiedot ovat aina kiinnostaneet erityisesti haja-asutusalueilla asuvia ihmisiä, joiden vesihuolto on oman kaivon varassa. Suomessa on vielä noin 350 000 taloutta eli lähes miljoona ihmistä kunnallisen vesijohtoverkoston ulkopuolella. Suuri osa tästä väestöstä ei tule koskaan liittymäänkään yleiseen vedenjakeluun pitkien siirtoetäisyyksien takia. Näillä usein maatalousvaltaisilla alueilla, joilla veden käyttötarve on suuri karjatalouden, kasteluveden tai muun käytön takia, puhdas vesi ja sen riittävyys on elinehto.

Pohjaveden laatu ja määrä riippuvat ratkaisevasti pohjaveden muodostumisalueen geologiasta rakenteesta ja maalajeista. Maaperän ja kallioperän mineraalikoostumus vaikuttaa ratkaisevasti pohjaveden kemialliseen peruskoostumukseen, mutta laadun vaihteluihin ja muutoksiin vaikuttavat myös monet ulkoiset tekijät. Pohjaveden määrä riippuu muodostumisalueen koosta ja maalajista, ja määrän vaihtelut taas ajallisesti ja alueellisesti sadannan, pohjaveden muodostumisen ja pohjaveden purkautumisen välisistä vuorovaikutuksista. Tätä vuorovaikutusta on seurattu pohjaveden korkeuden mittauksilla.

Pohjaveden luonnollisia korkeustietoja tarvitaan usein taustatietoina, kun epäillään jonkin toiminnan aiheuttaneen vedenpinnan laskua tai jopa kaivojen kuivumista. Esimerkiksi maa-aineksen oton tai rakentamisen vaikutukset saattavat ilmetä ympäristön pohjavesisuhteissa monin eri tavoin. Muutokset voivat tapahtua joko äkillisesti tai hitaasti pitkällä aikavälillä. Asutusalueiden asfaltoiminen ja viemäröinti muuttavat usein alueiden hydrologisia olosuhteita siten, että pintavalunnan suhteellinen osuus kasvaa ja pohjaveden muodostuminen vähenee. Tällaiset muutokset tapahtuvat hitaasti usean vuoden aikana ja niiden toteaminen on vaikeaa. Kuivatukset ja ojitukset voivat myös aiheuttaa pohjaveden vähentymistä. Suurimpana vaarana pohjavesimuutoksille ovat kuitenkin maanlaiset rakenteet, kuten eri tarkoituksia varten rakennetut kal-

liotilat ja tunnelit sekä kaivokset. Ilman pitkäaikaisia seurantoja on mahdotonta arvioida edellä kuvattuja pohjaveden tilassa tapahtuvia muutoksia, johtuivat ne sitten luonnollisista tai ihmisen aiheuttamista syistä.

Tässä tutkimuksessa on esitelty Suomen ympäristökeskuksen pohjavesiasemaverkosto, kuvattu asemien ominaisuuksia, pohjaveden muodostumisalueiden laajuutta ja pohjaveden virtauksia, esitetty pinnankorkeuden ja laadun muutoksia ja vaihteluita, sekä tarkasteltu ääri-ilmiöitä. Tämä on laajin tähänastisista Suomen luonnontilaisen pohjaveden laadun ja määrän vaihteluja käsittelevä perusteos, mistä selviävät niin vähä- kuin runsasvetiset vuodet ja mikä on luonnontilaisen pohjaveden laatu. Pohjaveden pinnankorkeuden tarkastelujaksona ovat vuodet 1975-1999. Mikäli havainnot ovat alkaneet aikaisemmin, on kaikki tiedot pyritty ottamaan mukaan. Laadun osalta tarkastelujaksona ovat vuodet 1975-1998.



## Maanalaiset vedet

Vettä esiintyy maaperässä joko pohjavetenä tai eri tavoin maarakeisiin sitoutuneena maavetenä. Vettä esiintyy maaperässä myös höyrystyneessä muodossa, mikä pyrkii olemaan tasapainossa ilman kosteuden kanssa. Tämän lisäksi vettä esiintyy kemiallisesti sitoutuneena mineraalien kiderakenteisiin.

Pohjavesi täyttää maaperän huokokset ja kallioperän halkeamat. Pohjaveden pinta määritetään tasoksi, jossa veden hydrostaattinen paine on yhtä suuri kuin vallitseva ilmanpaine ja huokokset ovat veden kyllästämiä.

Hydrologiassa maavedellä tarkoitetaan sitä vettä, mikä esiintyy pohjavesipinnan yläpuolella osittain ilman ja osittain veden kyllästämissä maavesivyöhykkeessä. Maavesivyöhykkeessä hydrostaattinen paine on aina pienempi kuin pohjavesivyöhykkeessä. Hienorakeisissa koheesiomaalajeissa maa- ja pohjavesivyöhykkeiden tarkka erottaminen on usein vaikeaa voimakkaan kapillaarisuuden takia. Kapillaarivesivyöhyke muodostuu maa-aineksen ja vesimolekyylien välisen vetovoiman sekä veden pintajännityksen vaikutuksesta. Kuvassa 2.1 on esitetty maavesivyöhykkeet.

Pohjavesi on jäätiköiden jälkeen maapallon suurin suolattoman veden varasto. Pohjavettä arvioidaan olevan lähes sata kertaa enemmän kuin makeaa järvi- ja jokivettä. Pohjaveden osuus koko maapallon vesivaroista on vain 0,6 %, ja siitä vain noin 7 % osallistuu hydrologiseen kiertokulkuun ja on vuorovaikutuksessa muiden vesivarastojen kanssa. Käytännössä tämä tarkoittaa myös sitä, että vain tämä pohjavesimäärä uudistuu ja on saatavissa käyttöön.

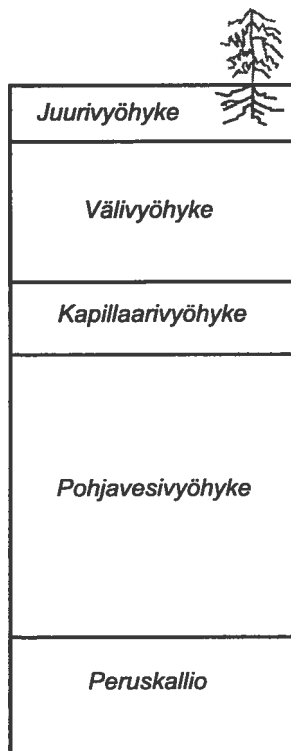
Maaveden osuus suolattoman veden kokonaismäärästä on vain noin 0,1 %. Maavesivaraston suhteellinen vähyys ei kuitenkaan selitä kyseisen varaston merkitystä hydrologisessa kierrossa. Tärkeätä on se, kuinka paljon tapahtuu virtausta kyseisen varaston lävitse. Maanalaisten vesien merkitys hydrologisessa kierrossa selviää, kun todetaan, että mantereilta haihtuneista vesistä suuri osa on kulkeutunut maavesivyöhykkeen kautta. Myös jokien kautta poistuneesta vedestä huomattava osa on kulkeutunut maanalaisena vetenä. Maanalaisten vesien eri varastot ovat aina yhteydessä pintavesiin.

### 2.1 Maavesi

Maanpinnan ja pohjaveden pinnan välisessä vyöhykkeessä olevia vesiä nimitetään maavesiksi. Maavesivyöhykkeellä on oleellinen merkitys veden hydrologisessa kierrossa, sillä juuri tässä vyöhykkeessä tapahtuvat pääosassa sateen, haihtumisen ja valunnan väliset vuorovaikutukset.

Lumen sulamisen tai pitkäaikaisen sateen seurauksena maavesivyöhyke saavuttaa kyllästyneen tilan ja ylimääräinen vesi valuu pohjavesivarastoon tai kulkeutuu pintavaluntana vesistöön. Kesällä haihdunta ja kasvien vedenotto kuivattavat maata. Talvella maavesi maan pinnan tuntumassa jäätyy ja muodostuu routaa. Maan vesipitoisuus säätelee ilman ja kaasujen vaihtumista maassa ja vaikuttaa siten juurten hengitykseen, mikrobin toimintaan ja maan kemialliseen tilaan. Sateen ja lämpötilan vuodenaikaisvaihtelut vaikuttavat merkittävästi maan vesisuhteisiin.

Suomessa suurin osa sateena tulevasta vedestä ja sulamisvedestä imeytyy maaperään. Osa vedestä haihtuu takaisin ilmakehään ja osa kulkeutuu pintavaluntana vesistöihin. Maavesivyöhykkeen syvyys riippuu pohjaveden pinnan korkeudesta ja sen vesipitoisuus sademäärän ajallisista vaihteluista, sulannasta, maan fysikaalisista ominaisuuksista, mm. rakeisuudesta ja huokoisuudesta sekä läpäisettömän pinnan etäisyydestä.



Kuva 2.1. Maavesivyöhykkeet.

Hydrostaattisen tasapainotilan vallitessa maaperän kosteus suotokerroksessa on se vesimäärä, joka on jäänyt jäljelle, kun painovoimavesi on suotautunut pois. Jäljelle jäänyt vesi on eri tavoin maarakeitten ympärille sitoutunutta. Maavesiä on pyritty luokittelemaan erilaisia perusteita käyttäen mm. niiden voimien mukaan, jotka määräävät vesimolekyylien liikkeen ja sijainnin. Tällöin veden sitoutuvuudesta maa-ainekseen on käytetty mm. seuraavia termejä: adsorptio- ja absorptiovesi, hygroskooppinen ja hydrataatiovesi sekä imbitiovesi, joka on välimuoto kemiallisesti sitoutuneen ja adsorptioveden välillä.

Maavesien sitoutuvuuteen ja näin myös niiden hydrodynaamisiin liikkeisiin vaikuttavat useat eri voimat, jotka selittyvät termodynaamisin perustein. Yleisesti tätä asiaa tarkasteltaessa maavesien kokonaissitoutuvuus ( $T$ ) määräytyy seuraavista osatekijöistä:

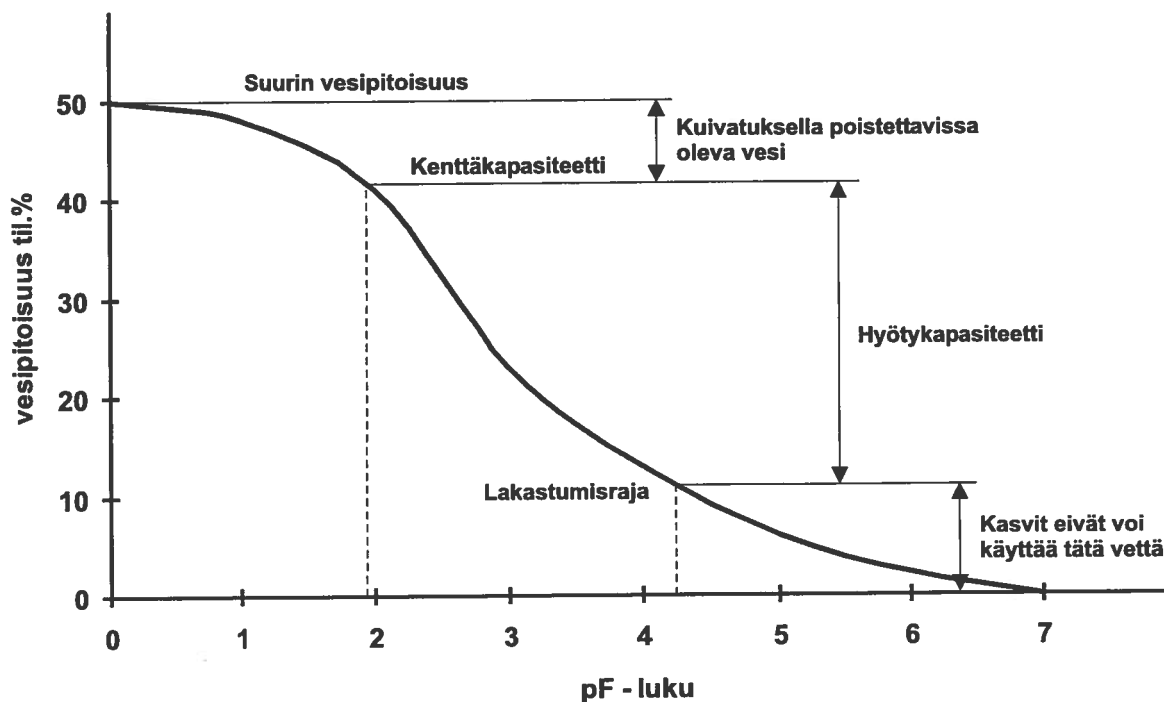
$$T = Z + M + O \quad (2.1)$$

jossa  $Z$  = painovoimapotentiaali,

$M$  = matrikspotentiaali, jolla tarkoitetaan kapillaarisuuden ja adsorption yhteisvaikutusta sekä  $O$  = osmoosipotentiaali.

Maavesien sitoutumisvoimakkuus määräytyy suureksi osaksi maahiukkasten raekoon ja niiden sähkövarausten mukaan. Mitä hienorakeisempi maalaji, sitä enemmän se sisältää voimakkaasti sidottua vettä. Käytännössä maavesien sitoutumisenergiaa voidaan kuvata mm. pF-luvulla, jolla tarkoitetaan senttimetreinä ilmaistun vesipatsaan korkeuden kymmenjärjestelmän logaritmia. Esim. pF-luku 4 tarkoittaa, että vesi on sitoutunut maahan voimalla, jonka voittaminen vaatii  $10^4 = 10\,000$  cm vesipatsaan painoa eli noin 10 ilmakehän painetta vastaavan imun.

Yleisesti on määritelty kaksi maaveden tärkeää kosteustilaa: kenttäkapasiteetti ja lakastumisraja. Kenttäkapasiteetti vastaa maan vesipitoisuutta kun vapaa, painovoiman vaikutuksesta liikkuva vesi on poistunut. Lakastumisraja tarkoittaa sitä vesipitoisuutta, jonka alapuolella kasvit alkavat lakastua. Kuvassa 2.1.1 on esitetty maan vesipitoisuuden ja pF-luvun vuorosuhde.



Kuva 2.1.1. Maan vesipitoisuuden ja pF-luvun vuorosuhde.

Maankosteutta voidaan mitata joko maaperän vesipitoisuutena tai maaveden irrottamiseen tarvittavana energiana. Koska vesipitoisuuden ja maavesien energiasidonnaisuuden välillä on olemassa maalajikohtainen riippuvuus, vastaavat eri menetelmillä saadut arvot toisiaan tiettyjen ehtojen puitteissa. Maankosteutta vesipitoisuutena mitataan yleisimmin gravimetrisesti, välillisesti neutronimittarilla tai TDR-menetelmällä, joiden käyttö soveltuu hyvin maankosteuden ajallisten vaihteluiden arvioimiseen. Energiasidonnaisuutta mitataan tensiometreillä, joilla ei suoraan mitata maankosteutta vaan maan imuvoimaa.

## 2.2 Pohjavesi

Pohjavesi on maaperän ja kallioperän kyllästetyssä vyöhykkeessä vapaasti painovoiman vaikutuksesta liikkuvaa vettä. Pohjavesi on jatkuvasti liikkeessä veden kyllästävässä maaperän ja kallioperän vyöhykkeessä ja se purkautuu lopulta vesistöihin. Pohjavesi saattaa myös esiintyä paineellisena eli arteesisena, jos pohjavesimuodostuma rajoittuu yläpuolella vettä läpäisemättömään kerrokseen tai se voi esiintyä varsinaisen pohjavesivyöhykkeen päällä ns. orsivetenä vettä läpäisemättömien kerroksien päällä.

Suomen pohjavesivarat ovat käyttötarpeitamme ajatellen runsaat, joskin niiden suhteellinen määrä on pintavesiin verrattuna vähäinen. Suomen järvien vesitilavuudeksi on arvioitu 230 km<sup>3</sup>, josta riittäisi käyttöväettä noin 300 milj.m<sup>3</sup> vuorokaudessa. Myös pohjavesivarat ovat runsaat. Niiden antoisuudeksi on arvioitu noin 6 milj.m<sup>3</sup> vuorokaudessa. 1990-luvun lopussa pohjaveden käyttö vesilaitosten jakamasta vedestä oli vain noin 0,7 milj.m<sup>3</sup> vuorokaudessa.

Pohjaveden käyttö on jatkuvasti lisääntynyt sekä suhteellisesti pintavesiin nähden että kokonaismäärän osalta. Näin on tapahtunut, vaikka useilla Suomen vesilaitoksilla kokonaiskulutus on kääntynyt selvästi laskuun viime vuosien aikana. Tällä hetkellä vesilaitosten jakama vesimäärä on noin 1 milj.m<sup>3</sup> vuorokaudessa. Pohjaveden käytön määrä kasvoi vuosien 1960 ja 1990

aikana yli kolminkertaiseksi. Vuonna 1998 pohjaveden käytön osuus vesilaitosten jakamasta vedestä oli jo noin 59 %, eli yli puolet maamme talouksista käytti talousvetenään pohjavettä. Lisäksi haja-asutusalueilla lähes miljoona ihmistä elää oman kaivon varassa. Ennusteiden mukaan vuonna 2010 pohjaveden osuus käytetystä vedestä olisi jo 70 %, vaikka veden ominaiskulu- tus säilyisi edelleen nykyisenä, noin 150-200 litrana asukasta kohti vuorokaudessa.

Pohjaveden muodostumistapahtumat säätelevät monella tavalla pohjaveden ainesuhteita joko vähentäen tai lisäten siihen liuenneita aineksia. Laadun vaihtelut ovat selvempiä ja nopeampia lähellä maanpintaa olevissa pohjavesiesiintymissä ja vastaavasti vähäisempiä ja hitaampia syvissä harjumuodostumissa.

Pohjaveden laatu vaihtelee Suomessa alueellisesti paljon. Emäksisillä kivilajialueilla pohja- vesi sisältää huomattavan paljon liuenneita mineraaleja, kun taas happamilla kivilajialueilla poh- javedet ovat pehmeitä ja sisältävät vähän elektrolyyttejä. Rannikkoalueilla ja erityisesti Pohjan- maan sulfidimailla pohjavedet sisältävät suhteellisen paljon liuenneita aineita kuten rautaa, man- gaania, sulfaatteja ja klorideja. Lounais- ja Kaakkois-Suomessa on laajoja yhtenäisiä rapakivialu- eita, joilla pohjaveden fluoridipitoisuudet usein ylittävät hyvälle juomavedelle asetetun raja- arvon  $1,5 \text{ mg l}^{-1}$  (Soveri & Soveri 1981).

Ihmisen erilaiset toiminnat, kuten teollisuus, kaupunkirakentaminen, liikenne ja maa- ja metsätalous, saattavat huonontaa pohjaveden laatua. Maa- ja metsätalousalueilla suurin pohja- veden pilaantumisvaara aiheutuu väkilannoitteiden ja torjunta-aineiden käytöstä. Pohjaveden pilaantumisvaaraa aiheuttavat lisäksi öljyjen ja myrkyllisten aineiden kuljetukset ja varastointi, kaatopaikat, jätevesien imeytys maahan, hiekan ja soran otto, tiesuolan käyttö ja ympäristön happamoituminen.

## Pohjaveden integroitu seuranta

### 3.1 Seurannan tavoitteet

Pohjavesiseurantojen tavoitteet esitettiin vuoden 1973 valtakunnallisen pohjavesiasemaverkon rakentamis- ja tutkimussuunnitelmassa, jossa todettiin mm.:

*”Tämän uuden valtakunnallisen projektin tavoitteena on valvontatehtävien lisäksi kehittää yleistä pohjavesitietoutta Suomen erilaisista olosuhteista ja näin pyrkiä edistämään pohjavesien järkevää käyttöä ja sen kokonaissuunnittelua tarkoituksenmukaisimmalla tavalla. Monipuolisen tieteellisen tutkimustyön avulla pyritään myös kehittämään käytännön vedenhankintasuunnittelua. Asemakohtaisten tutkimusten eräänä tarkoituksena on kehittää Suomen erilaisia olosuhteita vastaavia geohydrologisia pohjavesimalleja, jotta entistä tarkemmin voitaisiin arvioida pohjavesien muodostumisen ja sen virtaustekijöiden välisiä syy-yhteyksiä. Pohjavesien määrän ja laadun ajallisten vaihteluiden seuraaminen sekä niiden muutoksien arvioiminen pidemmällä jaksolla on tullut viime vuosina yhä tärkeämmäksi, koska pohjavesien käyttö vedenhankinnassa niin määrällisesti kuin suhteellisesti pintavesiin nähden jatkuvasti lisääntyy. Pohjavesien osuuden koko valtakunnallisessa vesihuollossa arvioidaan tällä hetkellä olevan noin 33% (nykyisin 59%). Pohjavesiasemilla toteutetaan uutena havaintojärjestelyinä pohjavesien laadun tarkkailu. Tutkimuksilla tul- laan myös selvittämään pohjavesien suojeluun liittyviä näkökohtia ja sen suojaamistarpeita, jotta edistettäisiin tietoisesti tämän arvokkaan ja monessa mielessä aliarvostetun luonnonvaran käyttöä tulevaisuudessa” (Soveri 1973).*

Nämä yli 25 vuotta sitten esitetyt pohjaveden seuranta- ja tutkimustavoitteet ovat pääosin vieläkin ajankohtaisia. Nykyistä seurantaohjelmaa on jonkin verran myöhemmin tarkennettu ajan vaatimusten mukaisesti. Pohjavesiseurantojen tutkimuksissa on käytetty integroitua lähestymistapaa, jossa seurataan sade- ja sulamisveden kulkua ja muutosprosesseja maaperässä ja sen vaikutusta pohjaveden määrään ja laatuun, jolloin seurannan tavoitteena ensisijaisesti on:

- tuottaa luotettavaa ja monipuolista tietoa Suomen pohjavesivaroista ja niiden laadusta ympäristöasioita koskevan päätöksenteon pohjaksi erityisesti haja-asutusalueiden vedenhankinnan tarpeisiin
- arvioida pohjaveden määrän ja laadun paikallisia ja ajallisia vaihteluita erilaisissa hydrogeologisissa ja ilmasto-oloissa
- arvioida erilaisten ihmistoimintojen vaikutuksia pohjaveden laatuun ja määrään
- ennustaa pitkän jakson aikavälillä pohjaveden tilassa (määrä ja laatu) tapahtuvia muutoksia
- tuottaa ns. puhtaiden alueiden vertailutietoa pohjavesien valvontaa, suojelua sekä käyttöä varten
- tuottaa geohydrologista perustietoa tutkimusta ja erityisesti pohjaveden muodostumis- ja aineiden kulkeutumismallien kehittämistä varten
- kehittää havaintoverkon tiedostojen kansainvälistä yhteiskäyttöä erityisesti Pohjoismaiden, Baltian maiden ja EU:n vastaavien tietojärjestelmien kanssa.

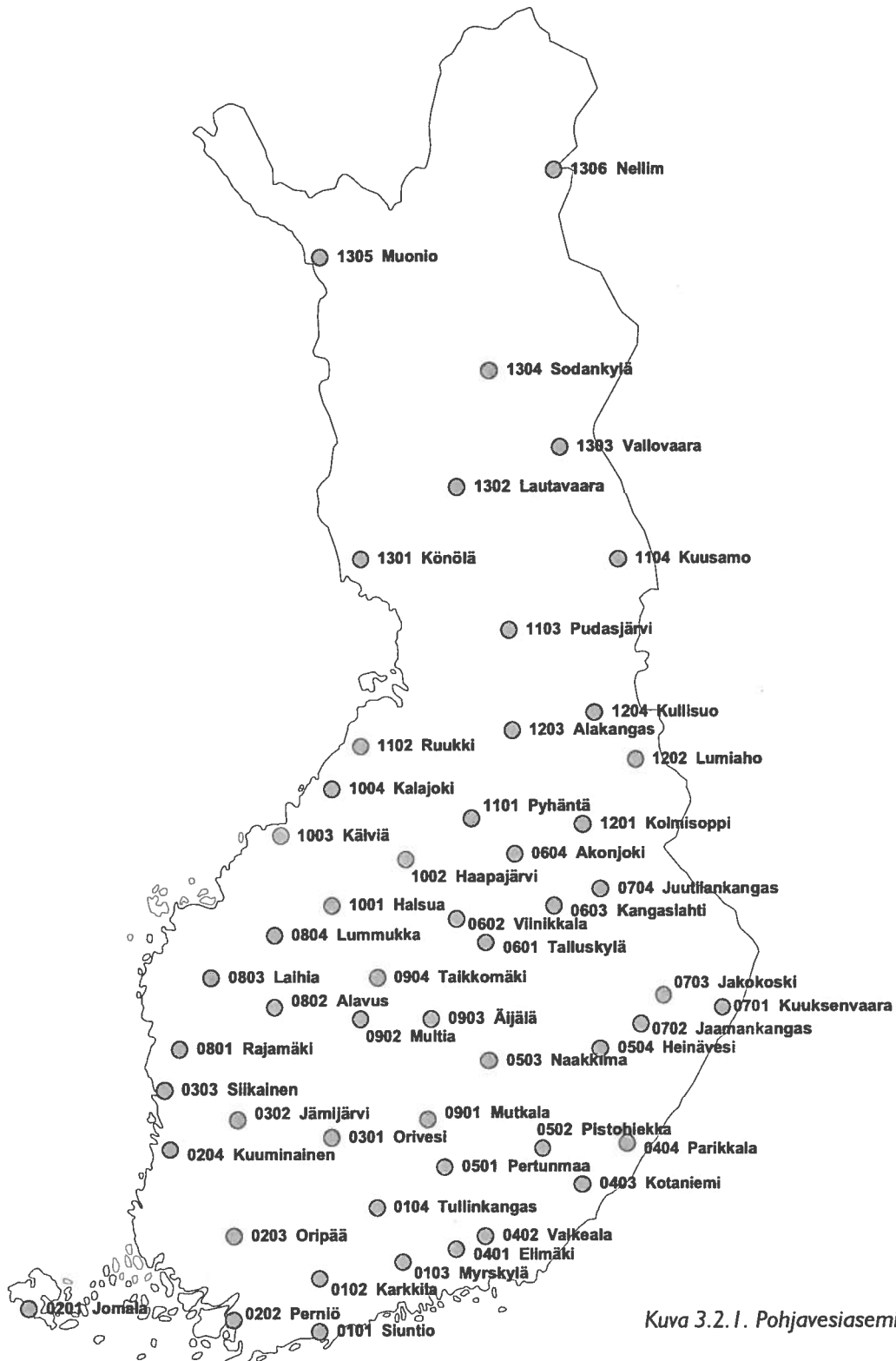
### 3.2 Seurantaverkko ja havaintojärjestelyt

Suomen ympäristökeskuksen 53 pohjavesiasemaa (kuva 3.2.1) edustavat erilaisia ilmasto-, maasto- ja maaperäoloja Suomessa. Ne on perustettu alueille, joilla ihmisen toiminnan vaikutukset ovat mahdollisimman vähäisiä. Asemat ovat hydrogeologisesti yhtenäisiä pohjaveden muodostumisalueita tai niiden pienempiä rajattuja alueita, joiden koot vaihtelevat 0,2 ja 3,0 km<sup>2</sup> välillä. Eri



havaintojärjestelyt asemilla on suunniteltu siten, että vesitaseen eri komponentit ovat määritettävissä, jolloin pohjaveden muodostumista ja pohjaveden laadun muutoksia voidaan arvioida vesi- ja ainetaseiden avulla.

Pohjavesiasemien maaperätiedot perustuvat paikan päällä tehtyihin kartoituksiin. Kairaus-tietojen perusteella selvitettiin maan laatu, paksuus, kerroksellisuus, asema, pohjaveden syvyys ja sen virtaussuunnat. Maanäytteistä määritettiin humus, rakeisuus ja vedenläpäisevyys. Pohja-vesiasemilta määritettiin maaperä- ja kallioperätietojen lisäksi maankäyttö sekä kasvillisuus. Jos pohjavesiaseman lähialueella ei ole ollut kalliopaljastumia, kallioperätiedot on tutkittu Geologi-an tutkimuskeskuksen kallioperäkartoista. Asemakohtaiset tiedot on esitetty taulukossa 3.2.1.



Kuva 3.2.1. Pohjavesiasemien sijainti.

Taulukko 3.2.1. Pohjavesiasemien sijanti ja kuvailu. Lyhenteet: Sa = savi, Si = siltti, Hk = hiekka, Sr = sora, Mr = moreeni, Gr = graniitti, Grdr = granodioriitti, Kvdr = kvartsidioriitti, Prf = porfyryriitti, Kgn = kiillegneissi, Sgn = suonigneissi, Kl = kiilleliuske, Amf = amfiboliitti, Dr = dioriitti, Rk = rapakivi, Ahk = arkoosihiikkakivi, Pe = pelto, Su = suo, Me = metsä. Lä = lähde, Pu = putki ja Ka = kaivo.

Asema	Tunnus	Koordinaatit		Korkeus meren- pinnasta (m)	Maalaji	Kallioperä	Maankäyttö	Näytteen ottoaikka
Siuntio	0101	60° 08´	24° 15´	10	Sa	Gr	Pe	Lä
Karkkila	0102	60° 33´	24° 13´	95	Sr, Si	Gr	Me, Pe	Lä
Orimattila	0103	60° 44´	25° 50´	65	Si, Sr	Gr	Me, Pe	Lä
Tullinkangas	0104	61° 11´	25° 13´	162	Hk, Si	Kgn	Me	Lä
Jomala	0201	60° 07´	19° 52´	10	Mr, Sa, Hk	Rk	Me, Pe	Ka
Pernö	0202	60° 12´	22° 57´	65	Sr, Mr	Gr	Me	Lä
Oripää	0203	60° 55´	22° 41´	85	Hk, Sr	Grdr	Me	Pu
Kuumainen	0204	61° 30´	21° 31´	7	Mr	Ahk	Me	Ka
Orivesi	0301	61° 40´	24° 19´	135	Mr	Prf	Me	Pu
Jämijärvi	0302	61° 46´	22° 47´	140	Hk	Grdr	Me	Lä
Siikainen	0303	61° 52´	21° 52´	20	Mr	Kgn	Me, Su	Pu
Elimäki	0401	60° 45´	26° 30´	55	Mr, Sa	Rk	Me, Su	Lä (-88)
Valkeala	0402	60° 55´	27° 02´	75	Sr, Mr	Rk	Me, Su	Lä
Kotaniemi	0403	61° 23´	28° 41´	100	Mr	Grdr	Me, Pe	Lä
Parikkala	0404	61° 37´	29° 26´	90	Hk	Kgn	Me, Su	Lä
Pertunmaa	0501	61° 31´	26° 34´	115	Si, Mr	Sgn	Pe, Me	Ka
Pistohiekka	0502	61° 34´	28° 01´	85	Hk	Sgn	Me	Ka
Naakkima	0503	62° 13´	27° 08´	115	Hk, Sr, Si	Kgn	Me	Pu
Heinävesi	0504	62° 25´	28° 58´	105	Mr	Kgn	Me, Pe	Ka
Talluskylä	0601	63° 06´	26° 56´	120	Hk	Kgn	Me	-
Viinikkala	0602	63° 16´	26° 20´	115	Si	Dr	Me, Pe	Lä
Kangaslahti	0603	63° 25´	28° 05´	130	Hk	Sgn	Me	Lä
Akonjoki	0604	63° 50´	27° 29´	145	Hk, Mr	Gr	Me, Su	Pu
Kuusenvaara	0701	62° 39´	31° 01´	155	Hk	Kvdr	Me	Pu
Jaamankangas	0702	62° 40´	29° 43´	105	Hk	Kl	Me, Su	Lä
Jakokoski	0703	62° 44´	29° 58´	145	Sr, Mr	Grdr	Me	-
Juutilankangas	0704	63° 35´	28° 57´	125	Si, Sa	Gr	Me	Lä
Rajamäki	0801	62° 16´	21° 55´	135	Hk	Gr	Me	Pu
Taipale	0802	62° 35´	23° 20´	115	Mr	Grdr, Kl	Me	Lä
Laihia	0803	62° 52´	22° 07´	35	Sa, Mr	Amf	Pe, Me	Pu
Lummukka	0804	63° 08´	23° 23´	80	Hk, Mr	Kl	Su, Me	Pu
Mutkala	0901	61° 44´	26° 12´	100	Mr, Hk	Grdr	Me	Ka
Vehkoo	0902	62° 30´	24° 42´	150	Si, Hk, Mr	Gr	Me, Su	Lä
Äijälä	0903	62° 32´	26° 01´	110	Hk, Si	Gr	Me, Pe	Lä
Taikkomäki	0904	62° 50´	24° 57´	180	Mr	Gr	Me, Su	Lä
Halsua	1001	63° 24´	24° 17´	155	Hk, Sr	Grdr	Me, Su	Lä
Haapajärvi	1002	63° 47´	25° 16´	105	Mr	Aggl	Me	Lä
Kälviä	1003	63° 52´	23° 25´	15	Sa, Mr	Kl	Pe, Me	Pu
Kalajoki	1004	64° 15´	24° 03´	30	Si, Hk	Gr	Me, Su, Pe	Pu
Pyhäntä	1101	64° 05´	26° 40´	175	Hk	Gr	Me	Lä
Ruukki	1102	64° 36´	24° 47´	80	Hk	Kgn	Me	Lä
Pudasjärvi	1103	65° 24´	27° 33´	215	Mr, Hk	Gr	Me, Su	Lä
Kuusamo	1104	65° 55´	29° 11´	270	Hk, Mr	Kgn	Me, Su	Lä
Kolmisoppi	1201	64° 02´	28° 32´	190	Mr	Gr	Me, Su	Lä
Lumiahjo	1202	64° 32´	29° 39´	205	Mr	Gr	Me, Su	Lä
Alakangas	1203	64° 41´	27° 23´	165	Hk	Gr	Me	Lä
Kullisuo	1204	64° 49´	28° 56´	200	Mr	Gr	Su, Me	Lä
Könölä	1301	66° 00´	24° 28´	45	Mr	Kl	Me, Pe	Lä
Lautavaara	1302	66° 38´	26° 23´	175	Hk	Gr	Me, Su	Lä
Vallovaara	1303	66° 51´	28° 26´	200	Mr	Grdr	Su, Me	Lä
Sodankylä	1304	67° 23´	26° 38´	180	Mr, Hk	Kl	Me, Su	Lä
Muonio	1305	68° 08´	23° 21´	250	Hk	Grdr	Me, Su	Lä
Nellim	1306	68° 52´	28° 17´	125	Mr	Gr	Me, Su	Ka

### 3.2.1 Pohjaveden korkeuden seuranta

Jokaisella pohjavesiasemalla on 10 pohjaveden korkeuden havaintoputkea, jotka on sijoitettu havaintoalueelle systemaattisesti siten, että niistä voidaan määrittää pohjaveden virtaussuunnat. Havaintoputkina on käytetty 2" teräspankkuja, jotka on asetettu 50...200 metrin välein. Pohjaveden korkeus on mitattu näistä putkista manuaalisesti kaksi kertaa kuukaudessa ja havainnot on laskettu kenttäkeskiarvo. Pohjaveden korkeustiedot on ilmoitettu korkeuksina merenpinnasta ( $N_{60}$ -taso).

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavat pinnankorkeudet ovat kenttäkeskiarvoja ja niiden muutokset kuvaavat alueen keskimääräistä tilannetta. Lisäksi jokaisella tutkimusasemalla on piirtävä rekisteröintilaitte, limnigrafi, joka rekisteröi pohjaveden pinnan jatkuvat muutokset. Näitä tuloksia ei ole käytetty tämän tutkimuksen yhteydessä, vaan tietoja on tarkoitettu käyttämään myöhemmin mallintamisessa.

Pohjaveden pinnankorkeudet on esitetty asemakohtaisesti luvussa 4. Pinnankorkeuksien aikasarjat on esitetty kuvina, joista käy ilmi kenttäkeskiarvo, ajankohdan poikkeama keskiarvosta sekä pitkän jakson kuukausikeskiarvot, minimi ja maksimi. Liitteen 1 taulukossa on esitetty pohjavesiasemilla tehtyjen havaintojen kuukausikeskiarvot, jotka kuvaavat kunkin pohjavesiaseman kuukausittaista alueellista pohjaveden pinnankorkeutta. Vertailujaksona on käytetty koko mittausjaksoa. Tulosten valtakunnallinen tarkastelu on tehty luvussa 5.

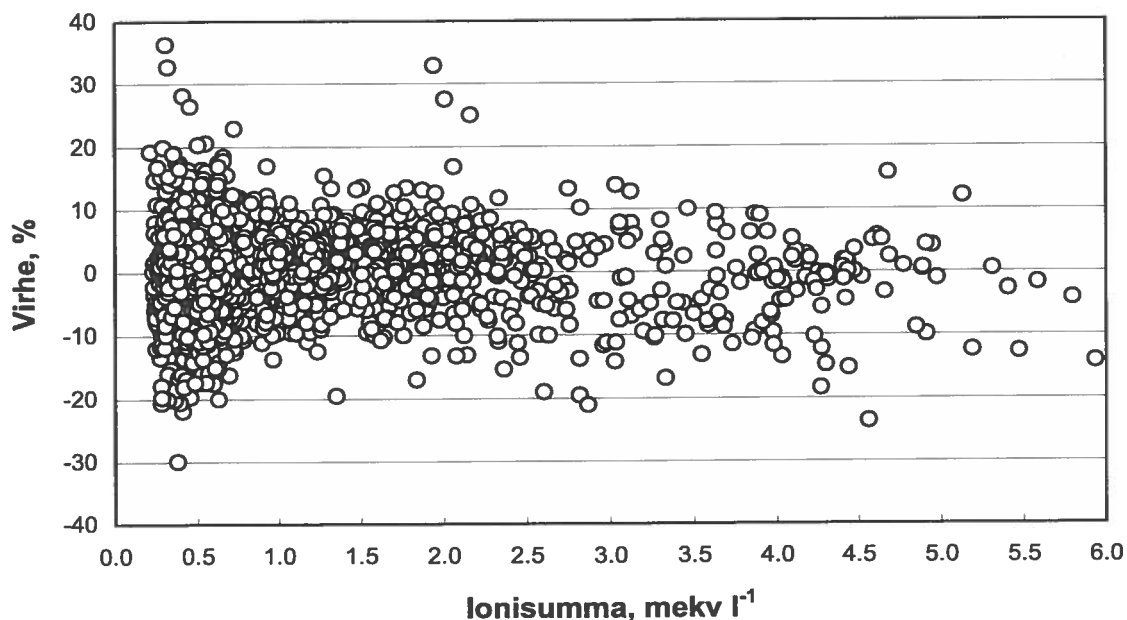
### 3.2.2 Pohjaveden laadun seuranta

Suurin osa pohjaveden laatusuuruuksien näytesarjoista on kerätty pohjavesiasemien muodostumisalueella tai lähialueella olevista lähteistä. Lisäksi näytteitä on otettu PVC-muovisista pohjavesiputkista tai kaivoista. Näytteet on otettu säännöllisesti samana ajankohtana ja samasta kohdasta, jotta tulosten vertailtavuus olisi hyvä. Vuosina 1975-79 vesinäytteet otettiin kerran kuukaudessa ja vuodesta 1980 lähtien joka toinen kuukausi. Näytteet on otettu lähteistä juoksuamalla näyte suoraan näytepulloon tai pohjavesiputkista ja kaivoista putkinoutimella, vesinäytteenottimella tai eräissä tapauksissa uppopumpulla. Näytteenottomenetelmiä on yksityiskohtaisesti kuvattu julkaisussa Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät (Mäkelä ym. 1992). Raskasmetallinäytteitä voidaan pitää edustavina tapauksissa, joissa näyte on otettu lähteestä valuvasta vedestä suoraan näytepulloihin. Ruttner-vedennoutimen on todettu aiheuttavan luonnonvesinäytteisiin kupari-, sinkki- ja lyijykontaminaatioita (Antikainen ym. 1990). Lisäksi otettaessa näytteitä putkista saattaa putkien seinämiin saostuneita epäpuhtauksia joutua näytteeseen.

Näytteet on analysoitu Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa sekä alueellisten ympäristökeskusten laboratorioissa. Näytteistä on määritetty sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, pH, kokonaistyyppi ( $N_{tot}$ ), nitraattityppi ( $N_{NO_3}$ ), ammoniumtyppi ( $N_{NH_4}$ ), kokonaisfosfori ( $P_{tot}$ ), fosfaattifosfori ( $P_{PO_4}$ ), kloridi (Cl), rauta (Fe), mangaani (Mn), sulfaatti ( $SO_4$ ), natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), piidioksidi ( $SiO_2$ ), fluoridi (F), alumiini (Al), kadmium (Cd), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), sinkki (Zn), elohopea (Hg) ja orgaaninen hiili (TOC). Näytteiden käsittely ja analysointi on perustunut vesi- ja ympäristöhallinnossa yleisesti käytettyihin menetelmiin (Erkoma & Mäkinen 1975, Vesihallitus 1981). Suomen ympäristökeskuksessa ja alueellisissa ympäristökeskuksissa pääasiallisesti käytetyt analyysimenetelmät on esitetty taulukossa 3.2.2.1.

Taulukko 3.2.2.1. Tutkimuksessa käytetyt analyysimenetelmät.

Muuttuja	Menetelmä
Sähkönjohtavuus	Mittaus platinaelektrodilla lämpötilassa 25°C (SFS 3022).
Alkaliniteetti	Potentiometrinen määrittäminen pH-arvoon 4,5, minkä jälkeen titrausta jatketaan arvoon 4,2. Potentiometrinen määrittäminen, ekvivalenttikohta määritetään ekstrapoloimalla (Granin menetelmä, perustuu standardiin ISO/DIS 9963-2:1992).
pH	Potentiometrinen määrittäminen lämpötilassa 25°C (SFS 3021).
N <sub>tot</sub>	Typen määrittäminen peroksidisulfaattihapetuksen jälkeen, Techicon Traacs automaattianalysointilaitteella (modifioitu SFS 3031).
N <sub>NO3</sub>	Nitriitti- ja nitraattityypen summan määrittäminen. Tuloksesta vähennetään SFS 3029 mukainen nitriittityypen määrä, Techicon Traacs automaattianalysointilaitteella (modifioitu SFS 3030).
N <sub>NH4</sub>	Spektrofotometrinen menetelmä (SFS 3032).
P <sub>tot</sub>	Spektrofotometrinen menetelmä, hajotus peroksidisulfaattilla (SFS 3026).
P <sub>PO4</sub>	Spektrofotometrinen menetelmä (SFS 3025).
Cl	Ionikromatografinen menetelmä.
Fe	Spektrofotometrinen menetelmä (SFS 3028).
Mn	Spektrofotometrinen menetelmä (SFS 3033).
SO <sub>4</sub>	Ionikromatografinen menetelmä ja fotometrinen menetelmä.
K, Na	Atomiabsortiospektrofotometrinen määrittäminen, liekkimenetelmä (SFS 3017).
Mg, Ca	Atomiabsortiospektrofotometrinen määrittäminen, liekkimenetelmä (SFS 3018).
SiO <sub>2</sub>	Atomiabsortiospektrofotometrinen määrittäminen.
F	Potentiometrinen määrittäminen (SFS 3027).
Al, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn	Atomiabsortiospektrofotometrinen määrittäminen, liekkimenetelmä (SFS 3046, SFS 3047, SFS 3048) ja grafiittiunimenetelmä (SFS 5074, SFS 5502, SFS 5503). Vuodesta 1993 lähtien määrittäminen ICP-MS:llä (Akkreditoitu menetelmä).
Hg	Kylmähöyrymenetelmä.
TOC	Orgaanisen kokonaishiilen määrittäminen, perustuu standardiin SFS-ISO 8245.



Kuva 3.2.2.1. Pohjaveden pääkomponenttien varaustase.

Vesianalyysimenetelmien kehittymisen seurauksena määrittystarkkuudet ovat tutkimusjakson aikana saattaneet muuttua huomattavastikin. Raskasmetallien osalta analyysiraja on jakson aikana alentunut jopa yli sadanteen osaan.

Analyysituloksista on laskettu tärkeimpien kationien ( $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  ja  $Mg^{++}$ ) ja anionien ( $SO_4^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$  ja  $HCO_3^-$ ) summakonsentraatiot. Näistä lasketun ionitaseen sekä sähköjohtavuudesta lasketun kokonaisvarauksen perusteella virheellisiksi arvioidut määritykset on hylätty. Pohjaveden pääkomponenttien varaustaseen virhe ( $[\text{kationit} - \text{anionit}]/[\text{kationit} + \text{anionit}]$ ) ja kokonaisionisumma on esitetty kuvassa 3.2.2.1. Aineiston varaustase oli 19,1 %:lla määrityksistä yli 5 %, 4,3 %:lla yli 10 % ja 0,6 %:lla yli 20 % epätasapainossa.

Pohjaveden ainepitoisuudet on asemakohtaisesti esitetty luvussa 4. Tulosten tilastolliset tunnusluvut, keskiarvo, mediaani, keskihajonta, minimi- ja maksimiarvo sekä havaintojen lukumäärä on esitetty taulukkoina. Ainepitoisuuksien aikasarjat on esitetty kuvina, joissa on myös esitetty pitoisuuksien vuosikeskiarvojen kolmen vuoden liukuva keskiarvo. Aikasarjojen pitkän aikavälin muutoksia on arvioitu Seasonal Kendall -testillä, joka epäparametrinen testinä soveltuu hyvin vedenlaatuajasarjojen trendien arvioimiseen (esim. Hirsch ym. 1982).

Tulosten tarkastelu valtakunnallisessa mittakaavassa on tehty luvussa 5. Koko pohjaveden laatuaineistosta lasketut tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukkona. Ainepitoisuuksien jakaumat on esitetty kumulatiivisina jakaumakäyrinä. Pohjaveden kemiallisen koostumuksen alueellista ja ajallista vaihtelua erilaisissa maa- ja kivilajeissa on selvitetty pitoisuustaulukkojen ja korrelaatiomatriisien avulla. Pohjavesikemian alueellisia piirteitä eri maalajityypeissä on havainnollistettu kolmiodiagrammeihin (Piper-diagrammit). Laskeumaperäisten aineiden vaikutusta pohjaveden ainepitoisuuksiin eri maa- ja kallioperätyypeissä on pyritty selvittämään vertailemalla pohjavesiasemilta kerättävien luminäytteiden pitoisuuksia pohjaveden ainepitoisuuksiin.

Pohjaveden laadun lyhyen aikavälin muutoksia, lähinnä vuodenaikojen vaihtelusta riippuvia ilmiöitä on tarkasteltu eräiden pohjavesiasemien osalta pitoisuusvaihtelun vuosisyklejä kuvaavilla diagrammeilla, joissa pitoisuusarvojen lisäksi on esitetty periodivaihtelua approksimoiva splin-käyrä. Yleisiä hydrologisista tekijöistä johtuvia pitoisuusmuutoksia on pyritty selvittämään pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun ja ainepitoisuuksien välisellä korrelaatioanalyysillä.

Asemakohtaiset pitkän tarkastelujakson trendianalyyysien tulokset on koottu yhteen kokonaan kattavaksi yhteenvedoksi esittämällä tilastollisesti merkittävien trendien lukumäärät pylväsdiagrammeina, trendien voimakkuusestimaatit jakaumadiagrammeina sekä trendien maantieteellinen jakautuminen valtakunnallisina karttakkeina.



## Asemakohtaiset tulokset

Pohjavesiasemien sijainnista, topografiasta, maa- ja kallioperästä, esiintymän dimensioista, maankäytöstä sekä tiedossa olevista aluetekijöiden muutoksista on tässä luvussa esitetty kunkin aseman osalta lyhyet kuvaukset.

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli, minimi- ja maksimijankohdat, pitkän aikajakson pinnankorkeusvaihtelu, minimi- ja maksimijankohdat sekä pohjavesitilanteen kannalta poikkeuksellisen kuivien tai kosteiden vuosien esiintyminen on kuvailtu asemakohtaisesti. Kuvina on esitetty pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo, kenttäkeskiarvo, kolmen vuoden liukuva keskiarvo sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta. Liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot.

Pohjavesien ainepitoisuuksien jakaumaa kuvaavat tunnusluvut, pitoisuusvaihtelun ajalliset muutokset sekä pitoisuuksien korrelaatiot on esitetty asemakohtaisesti taulukkoesityksinä. Tärkeimpien ainepitoisuuksien aikasarjat on esitetty kuvina. Korrelaatiot on laskettu traditionaalisella Spearmanin korrelaatioanalyysillä, joka epäparametrisena menetelmänä soveltuu vinosti jakautuneiden vedenlaatu- ja pinnankorkeusaineistojen riippuvuuksien tarkasteluun.

Vedenlaatumuuttujista on taulukoissa esitetty muuttujien keski-, mediaani-, minimi- ja maksimiarvo, keskihajonta sekä näytteiden lukumäärä. Kaikkien vedenlaatuparametrien osalta määritysrajalla tai sen alapuolella olevien analyysien prosenttiosuudet on ilmoitettu, mikäli ne ylittävät 5 %.

Ainepitoisuuksien aikasarjat on esitetty kuvina seuraavien määritysten osalta: pH, johtavuus ( $\text{mS m}^{-1}$ ), alkaliniteetti ( $\text{mmol l}^{-1}$ ), pääanionien ( $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$  ja  $\text{HCO}_3$ ) ja pääkationien ( $\text{K}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Mg}$  ja  $\text{Ca}$ ) ekvivalenttisuhteet ( $\text{mekv l}^{-1}$ ),  $\text{SO}_4$  ( $\text{mg l}^{-1}$ ),  $\text{Cl}$  ( $\text{mg l}^{-1}$ ),  $\text{NO}_3$  ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ),  $\text{NH}_4$  ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ),  $\text{PO}_4$  ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) ja  $\text{Al}$  ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ). Lisäksi aikasarjana on esitetty  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhde, joka kuvaa muun muassa happamista sade- ja sulamisvesistä johtuvia vaikutuksia maa- ja kallioperän mineraaliaineksen rapautumiseen. Analyysituloksista on myös laskettu vuosikeskiarvojen kolmen vuoden liukuva keskiarvo, joka on esitetty aikasarjakuvissa.

Pohjavesien pH:n, alkaliniteetin, sähkönjohtavuuden sekä  $\text{K}$ -,  $\text{Na}$ -,  $\text{Mg}$ -,  $\text{Ca}$ -,  $\text{Cl}$ -,  $\text{SO}_4$ -,  $\text{NO}_3$ -,  $\text{NH}_4$ -,  $\text{PO}_4$ - ja  $\text{Al}$ -pitoisuuksien pitkän jakson ajallisia muutoksia on arvioitu Seasonal Kendall -testillä, joka epäparametrisena testinä soveltuu hyvin yleensä vinosti jakautuneiden, auto-korreloituneiden ja vuodenaikojen mukaan vaihtelevien vedenlaatuajaksien trendien arvioimiseen (esim. Hirsch ym. 1982, Koskiahho 1995). Aineistona oli joka toinen kuukausi tehdyt pitoisuusmääritykset, toisin sanoen pohjaveden laadun kausivaihtelun vaikutuksia on pyritty pienentämään testaamalla kuuden vuosittaisen näytteenottokauden trendejä. Seasonal Kendall -testi tehdään siten, että kunkin kauden jokaista aikasarjan havaintoa verrataan jokaiseen aikaisempaan havaintoon laskemalla näiden erotus. Trendien voimakkuusestimaattorina on käytetty havaintoparien erotuksien ja havaintoja erottavien vuosien lukumäärien osamäärästä laskettua keskiarvoa, paitsi fosfaattifosforin, ammoniumtypen ja alumiinin kohdalla jakaumien vinoudesta johtuen osamäärien mediaania. Seasonal Kendall -testin käyttö edellyttää, että trendit ovat riittävässä määrin samansuuntaiset ja -suuruiset, mikä on varmistettu eri kausien trendien homogeenisuuden testauksella (Van Belle & Hughes 1984).

Happamoitumiskehityksen arviointia varten trendianalyysi tehtiin myös  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhteelle, joka kuvaa esimerkiksi antropogeenista alkuperää olevien vahvojen happojen vaikutusta maaperän ja pohjaveden happamoitumisessa.  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhde on lähellä arvoa yksi tilanteessa, jossa maaperän mineraaliaineksen rapautuminen ja emäskationien huuhtoutuminen

pohjaveteen aiheutuu pääasiassa ilmakehästä ja pintamaakerroksesta liuenneesta hiilidioksidista. Kun vahvojen happojen vaikutuksesta emäskationien pitoisuus pohjavedessä kasvaa ja bikarbonaattipitoisuus laskee, nousee  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhde yli yhden (von Brömssen 1989).

Pohjavesien happamoitumiskehitys voidaan jakaa neljään vaiheeseen (Soveri 1985; Soveri & Knutsson 1994; Knutsson 1994a ja 1994b). Ensimmäiseen vaiheeseen liittyy kevätulannan yhteydessä tapahtuva pH:n, alkaliniteetin ja eräiden muiden ionien pitoisuuden aleneminen sekä sulfaattipitoisuuden nousu. Toisessa vaiheessa pohjaveden kokonaiskovuus ( $\text{Ca} + \text{Mg}$ ) nousee pidemmällä aikavälillä, jolloin myös sulfaatti- ja/tai nitraattipitoisuudet nousevat, mutta pH ei muutu. Happamoitumisen toisen vaiheen indikaattorina voidaan pitää  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhteen nousua. Kolmannessa vaiheessa pohjaveden alkaliniteetilla ja/tai pH:lla havaitaan laskeva trendi. Alkaliniteetin aleneminen on tyypillistä hyvin rapautumista kestävässä kivilajiympäristöissä, jollaisia Suomen kallioperässä ovat happaman ja intermediäärin kivilajiassosiaation kivilajit. Happamoitumisen neljännessä vaiheessa alkaliniteetti putoaa nolnaan ja pH laskee alle viiden, jolloin alumiinipitoisuus kohoaa voimakkaasti ja myös raskasmetallien liukoisuus pohjaveteen kasvaa (Soveri 1991a ja 1991b). Tällaisissa pohjavesissä usein myös sulfaatti- ja nitraattipitoisuudet ovat korkeita.

## 4.1 Siuntio

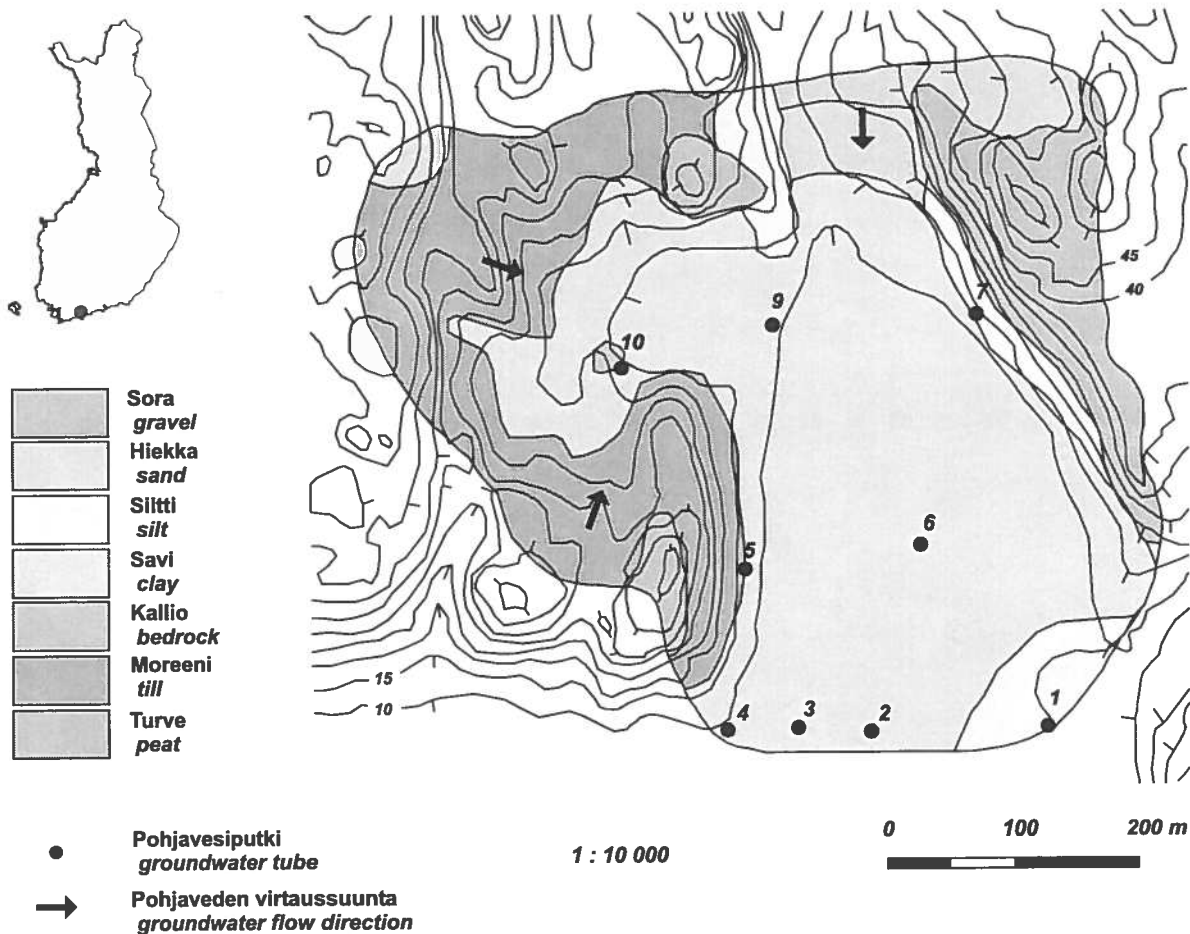
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Siuntion kunnassa (peruskarttalehti 2032 06 A ja vesistöalue 22.001). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,63 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 7...60 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.1.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alueen maakerrokset ovat olleet voimakkaan eroosion kohteena. Reunoilla on paljaaksi huuhtoutuneita kallioita, joiden rinteillä esiintyy moreenia ja rantakerrostumia. Laaksot ovat hienorakeisten sedimenttien peittämiä. Alueen eteläreunalla savikerrostumien paksuudet ovat paikoin lähes 30 metriä. Pintamaalajeista savea on 66,3 %, moreenia 11,9 %, hiekkaa 2,1 % ja turvetta 0,4 %. Paljastuneen kalliopinnan osuus on 19,3 %. Alueen kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjavesi virtaa alueen reunoilta keskustaa kohten.

Pohjaveden näytteenottopaikka sijaitsee muodostumisalueen koillisreunalla olevassa rantakerrostumassa, jonka mineraaliaineksen lajite on hiekkaa ja soraa. Lähde on antoisuudeltaan pieni ja edustaa muodostumisaluetta huonosti, joten näytteenotto on lopetettu vuonna 1992.

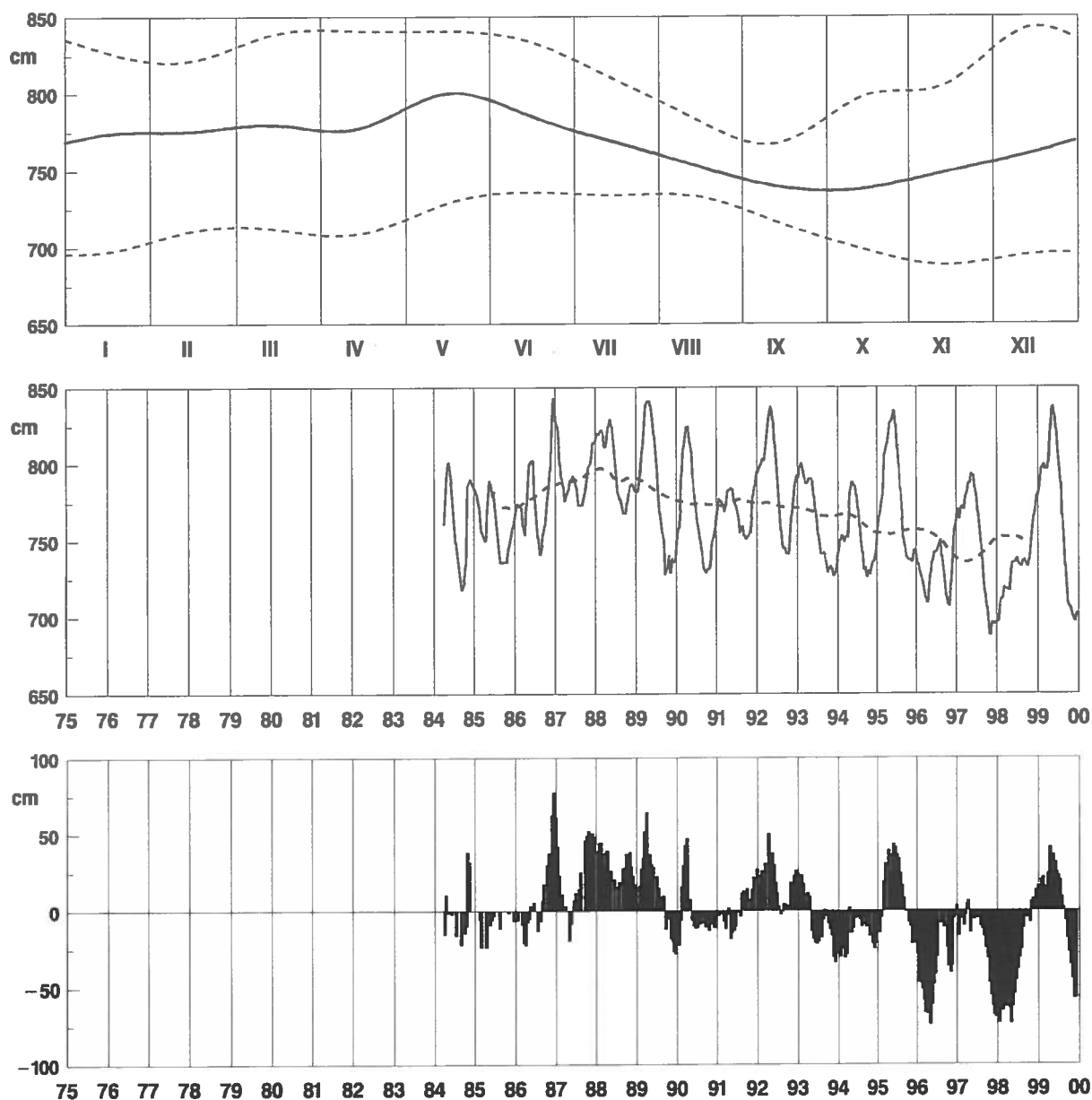


Kuva 4.1.1. Siuntion pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputket ja pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 342.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Siuntion alueella oli 58 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syys-lokakuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1984-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 155 cm. Alimmillaan vedenpinta oli marraskuussa 1997 ja ylimmillään joulukuussa 1986. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.1.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1996 ja 1998; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1987, 1988, 1989, 1992 ja 1995.



Kuva 4.1.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liuku-kuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Siuntion pohjavesiasemalla vuosina 1984-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 10,39 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1990-1992. Analyysitulosten tunnuslukuja on esitetty taulukossa 4.1.1. Pohjavesi oli alueella hapanta, mistä johtuen alkaliniteetti oli poikkeuksellisen pieni ja Al-pitoisuus keskimääräistä korkeampi.

Taulukko 4.1.1. Siuntion pohjavesiasemalta vuosina 1990-92 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
V <sub>25</sub>	mS m-l	3,33	3,35	2,9	3,6	0,21	10
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,037	0,04	0,02	0,06	0,013	7
pH		5,32	5,3	5,1	5,6	0,14	10
N <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	173	160	80	380	93,3	10
N <sub>NO3</sub>	µg l <sup>-1</sup>	27,7	20,5	10	93	24,4	10
N <sub>NH4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	8,0	5	4	17	5,3	10
P <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	12,6	6,5	2	47	14,0	10
P <sub>PO4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	7,0	3	2	16	7,81	3
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,18	1,8	1,3	6,1	1,40	10
Fe	µg l <sup>-1</sup>	211	210	<20	460	169	10
Mn	µg l <sup>-1</sup>	32,9	34	22	47	9,08	9
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	7,26	7,25	6,5	8,2	0,50	10
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,50	1,50	1,3	1,7	0,13	8
K	mg l <sup>-1</sup>	0,75	0,55	0,4	1,5	0,38	8
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,23	2,25	2,0	2,5	0,17	8
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,45	0,45	0,4	0,5	0,053	8
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	5,93	6,30	1,7	8,1	2,02	7
F	µg l <sup>-1</sup>	47,1	50	40	60	7,6	7
Al	µg l <sup>-1</sup>	302	261	181	500	104	7
Cu	µg l <sup>-1</sup>	1,30	1,3	1,3	1,3	.	1
Pb	µg l <sup>-1</sup>	1,00	1,0	1,0	1,0	.	1
Ni	µg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	<1	.	1
Zn	µg l <sup>-1</sup>	9,93	9,5	5,7	15,0	4,02	4
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,65	1,25	1,0	3,1	0,98	4



## 4.2 Karkkila

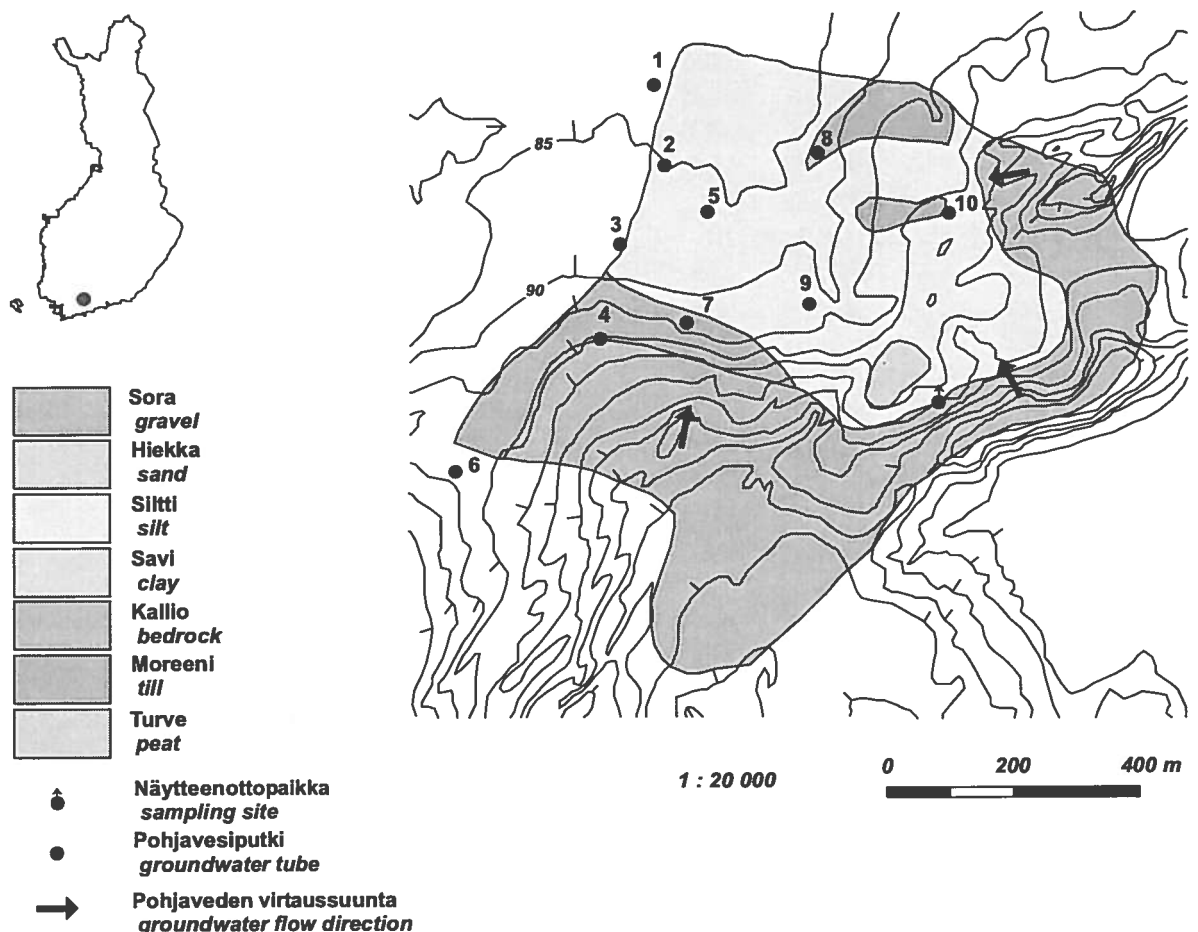
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Karkkilan kaupungissa (peruskarttalehti 2042 04 B ja vesistöalue 23.051). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,61 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 82...138 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.2.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa toisen Salpausselän reunamuodostumavyöhykettä. Aines selänten alueella on pääasiassa soraa, alempana on silttiä ja paikoin moreenia. Aittoissuonmäen luoteisrinteellä pohjavesi purkautuu lähteinä, joista yhdestä tutkimusalueen pohjavesinäytteet on otettu. Näytteenottolähde on pinta-alaltaan noin 1,7 m<sup>2</sup>, tilavuudeltaan noin 0,3 m<sup>3</sup> ja sen arvioitu ylivuoto on 0,8 l s<sup>-1</sup>.

Pohjaveden muodostumisalueen pintamaalajeista soraa on 45,9 %, silttiä 42,2 %, moreenia 10,7 % ja turvetta 1,2 %. Kalliopaljastumia alueella ei esiinny. Alueen pelto-osa on pääosin silttiä. Alueen kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti (Härme 1953).

Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakosta luoteeseen, mutta maaston topografian vaihtelu aiheuttaa sen, että osalla aluetta pohjaveden virtaus on itä-länsisuuntaista sekä etelä-pohjois-suuntaista.

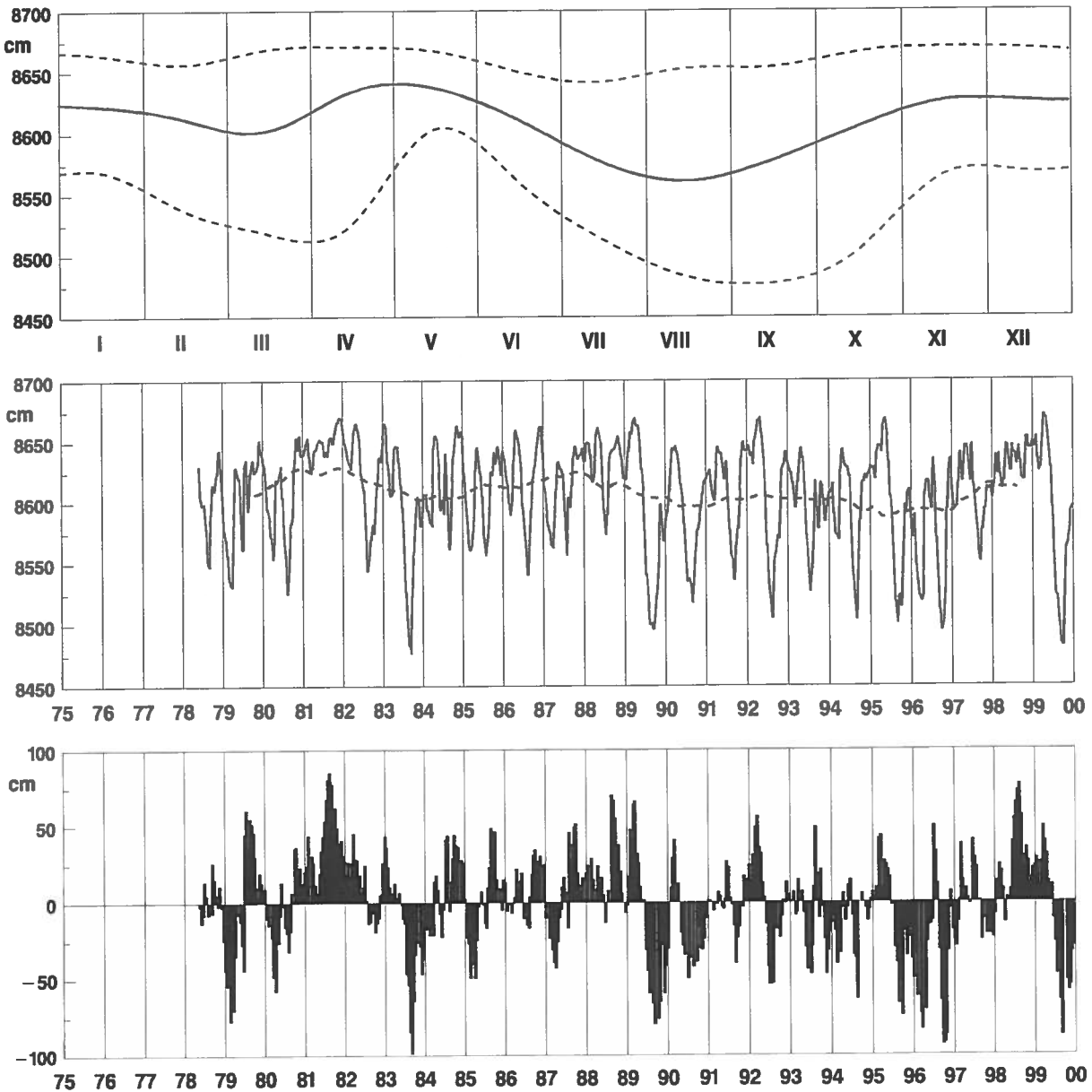


Kuva 4.2.1. Karkkilan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti ja pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 343.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Karkkilan alueella oli 75 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan huhti-toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1978-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 194 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1983 ja ylimmillään huhtikuussa 1999. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.2.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1983, 1989, 1990, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981 ja 1998.



Kuva 4.2.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liuku-keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Karkkilan pohjavesiasemalla vuosina 1978-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 87,74 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.2.1.

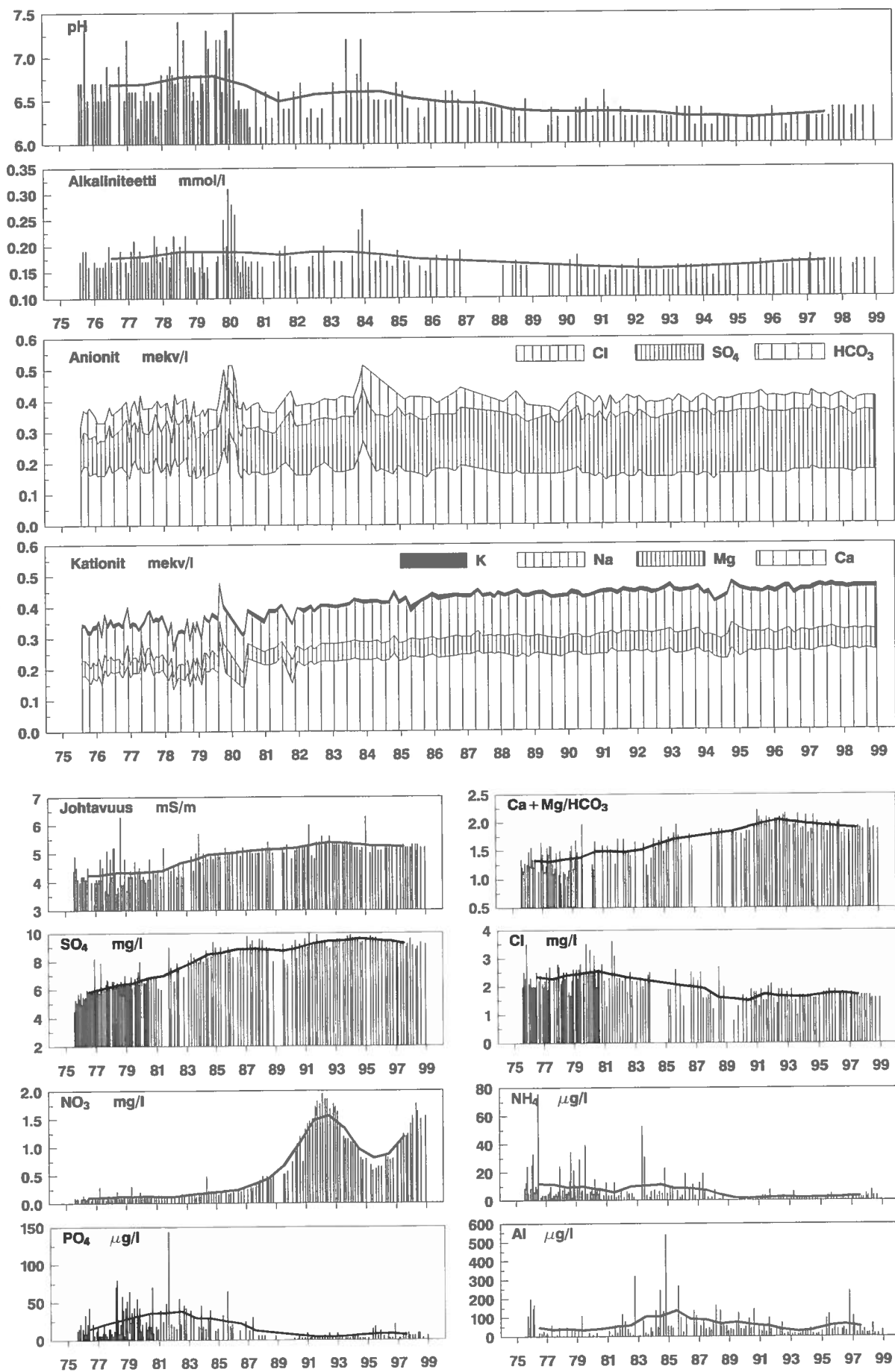
Toistuvasti alle määrittäsrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  17,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 36,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 89,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 76,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 98,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 90,0%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 97,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 88,9%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 89,7%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.2.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.2.3.

Kuvassa 4.2.3. on esitetty pohjaveden laadun aikasarjoja. Sähkönjohtavuusarvot ovat lähellä maan keskiarvoa. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania korkeampi, mutta taso on trendianalyysin mukaan (taulukko 4.2.2.) alentunut vuosien 1975-1997 aikana lähes 0,5 pH-yksikköä. 1990-luvun puolenvälin jälkeen happamuus ei ole lisääntynyt. Alkaliniteetti on jakson alkupuoliskolla ja lopussa jonkin verran kohonnut, mutta koko tutkimusjaksolle laskettu lineaarinen trendiestimaatti on selvästi laskeva. Ca + Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on noussut vuoden 1976 keskiarvosta 1,3 vuoden 1992 keskiarvoon 2,1, minkä jälkeen suhde on taas pienentyt.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaaniin verrattuna yli kaksinkertainen. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut vuoteen 1993 asti. 1980-luvun puolivälin jälkeen SO<sub>4</sub>-pitoisuuden nousuvauhti on jonkin verran tasaantunut ja vuodesta 1994 lähtien pitoisuus on ollut laskusuunnassa, mikä on seurausta rikkipäästöjen merkittävästä vähentymisestä Suomessa. Pohjaveden kloridipitoisuus on samaa suuruusluokkaa kuin sulamisvesien haihduntakorjattu pitoisuus. Kloridipitoisuus on alentunut 1980-luvun alusta lähtien jonkin verran.

Taulukko 4.2.1. Karkkilan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi- ja keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	4,79	5,0	3,2	6,3	0,57	145
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,17	0,17	0,14	0,31	0,03	140
pH		6,54	6,4	6,1	7,5	0,29	150
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	277	255	80	540	125	62
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	112	45	5	440	119	147
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,8	3	<1	59	7,7	146
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,4	4	1	27	4,6	57
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,3	4	<1	47	6,6	136
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,09	2,0	0,8	3,6	0,49	136
Fe	μg l <sup>-1</sup>	43,2	27,5	4	280	50,1	90
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	42	.	127
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	7,84	8,2	3,6	10,0	1,55	147
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,74	2,8	1,9	3,1	0,27	150
K	mg l <sup>-1</sup>	0,44	0,4	0,1	0,9	0,086	151
Ca	mg l <sup>-1</sup>	4,45	4,7	2,7	5,8	0,67	142
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,68	0,7	0,4	1,1	0,11	149
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,0	12,0	4,3	13,6	1,29	59
F	μg l <sup>-1</sup>	250	260	<10	450	65,6	123
Al	μg l <sup>-1</sup>	63,5	41	5	540	72,0	121
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,25	.	45
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,37	<1	<1	15,0	2,29	147
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,0	.	136
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,0	.	47
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	9,0	.	50
Hg	μg l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,10	.	29
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,15	1,1	0,7	2,3	0,39	37



Kuva 4.2.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Karkkilan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Nitraattipitoisuuden mediaani on likimain valtakunnallista tasoa. NO<sub>3</sub>-pitoisuus on kuitenkin noussut loivasti mutta tasaisesti 1970-luvun puolivälistä lähtien ilmaperäisen laskeuman takia. Näytteenottopisteen yläpuoliselta harjualueelta metsä hakattiin 1980-luvun loppupuolella. Avohakkuualueen raja on noin 50 m etäisyydellä lähteestä. Metsänhakkuista johtuen NO<sub>3</sub>-pitoisuus kohosi voimakkaasti 1980-luvun lopulla saavuttaen maksimiarvon vuonna 1991. Uuden metsän kasvaessa pitoisuus alkoi taas laskea, koska ilmaperäinen typpi on merkittävä puuston kasvutekijä. Nitraatin pitoisuuskäyrä nousi uudelleen vuonna 1995, mihin syynä olivat taas mittavat harvennushakkuut vuosina 1994-1995. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on laskenut merkittävästi, jyrkimmin 1980-luvun loppupuolella. Fosforipitoisuus on keskimääräistä pienempi. PO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut 1980-luvun alkuun saakka, minkä jälkeen on havaittavissa tilastollisesti merkittävä pitoisuuden aleneminen. Fluoridipitoisuus on koko maan mediaaniin verrattuna yli nelinkertainen.

Taulukko 4.2.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Karkkilan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	9,96	<0,001	56,8	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-4,53	<0,001	-0,879	µmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-7,92	<0,001	-0,0213	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	12,4	<0,001	53,6	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-6,59	<0,001	-0,237	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-5,79	<0,001	-0,733	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-7,51	<0,001	-40,4	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	11,9	<0,001	0,184	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	10,3	<0,001	25,0	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	4,47	<0,001	3,50	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	11,4	<0,001	74,7	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	10,1	<0,001	11,2	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	8,90	<0,001	0,0331	ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Taulukko 4.2.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Karkkilan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		-,36***												
pH		-,44***	,45***											
NO <sub>3</sub>		,76***	-,51***	-,58***										
NH <sub>4</sub>		-,39***	,25**	,40***	-,49***									
PO <sub>4</sub>		-,35***	,41***	,39***	,50***	,53***								
Cl		-,51***	,44***	,45***	-,59***	,38***	,57***							
SO <sub>4</sub>		,74***	-,43***	-,62***	,84***	-,41***	-,46***	-,56***						
Na		,72***	-,37***	-,45***	,69***	-,45***	-,46***	-,53***	,75***					
K					,18*			-,26**						
Ca		,72***	-,40***	-,55***	,78***	-,45***	-,48***	-,54***	,83***	,77***	,19*			
Mg	-,25*	,62***	-,35***	-,49***	,70***	-,42***	-,39***	-,40***	,77***	,62***		,72***		
Al					,21*									
SiO <sub>2</sub>				,47**		,36*		,37*						,34*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

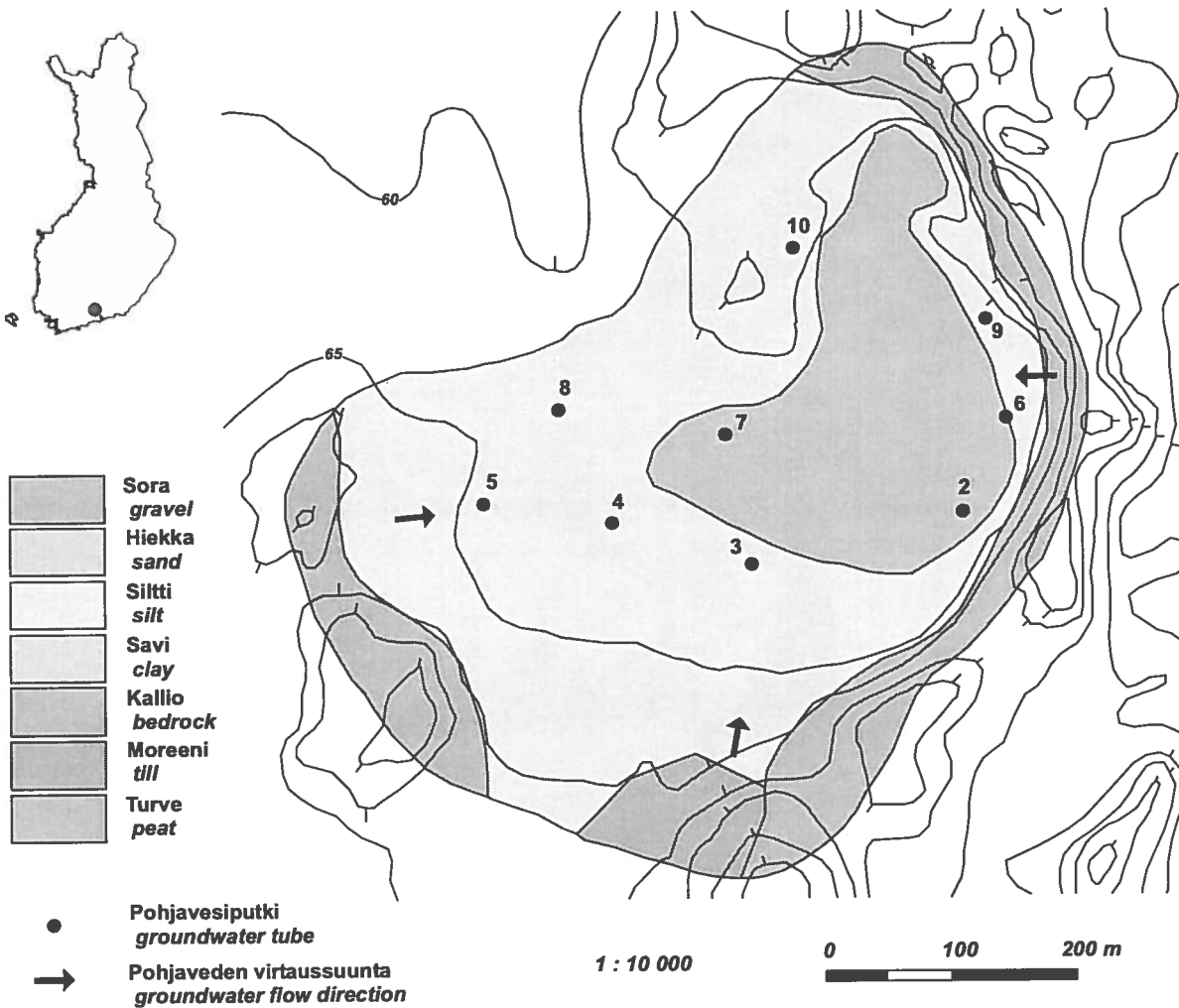
## 4.3 Orimattila

### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Orimattilan kunnassa (peruskarttalehti 3022 06 ja vesistöalue 16.005). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,72 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 61...95 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.3.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alueen itäreunassa kulkee pitkittäisharju ja keskellä on noin 10 ha:n suuruinen suoalue sekä noin 9 ha viljeltyä peltoa. Suoalueen noin 1...2 metrin vahvuisen turvekerroksen alla on silttiä 3...8 metriä. Muodostumisalueen pintamaalajeista silttiä on 57,9 %, turvetta 20,0 %, soraa 12,0 % ja moreenia 10,1 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti (Laitakari 1962).

Pohjavesiaseman alue on maljamainen allas, johon pohjavesi purkautuu itäpuolisesta harjasta sekä etelä- ja länsipuolella olevilta moreenialueilta. Pohjavesinäyte otetaan lähteestä varsinaiselta asemalta 3 km etelään. Näytteenottopaikka sijaitsee pohjavesiaseman muodostumisalueen kautta kulkevan harjun alarinteessä, metsän reunassa. Lähde on pinta-alaltaan noin 200 m<sup>2</sup>, tilavuudeltaan noin 80 m<sup>3</sup> ja sen arvioitu ylivuoto on noin 16 l s<sup>-1</sup>.

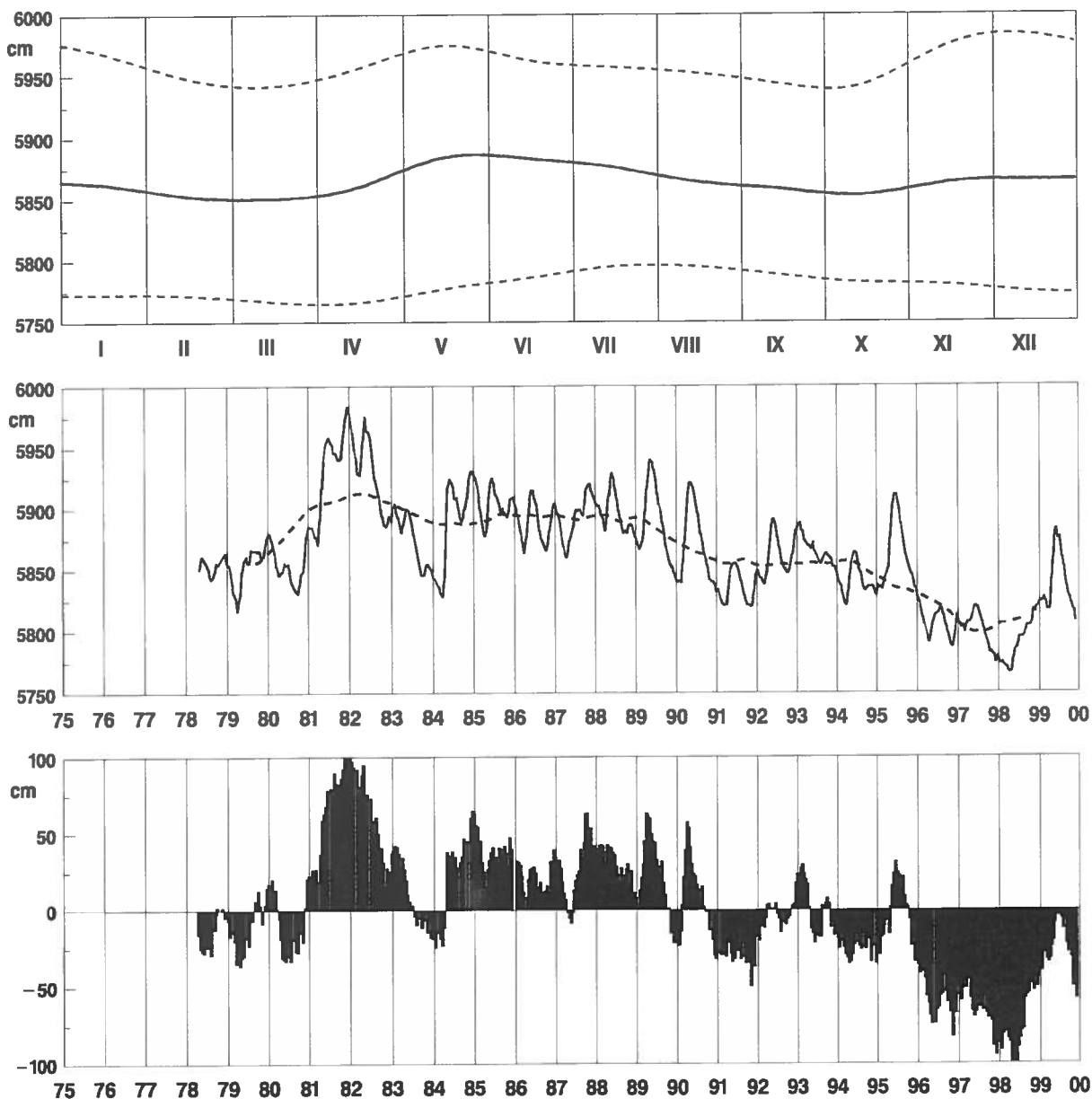


Kuva 4.3.1. Orimattilan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti ja pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 344.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Orimattilan alueella oli 33 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan touko-kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1978-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 217 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1998 ja ylimmillään joulukuussa 1981. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.3.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1991, 1994, 1996, 1997 ja 1998; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1984, 1985, 1988 ja 1989. Pitkän jakson tarkastelussa havaittiin pohjaveden pinnan alenemista vuodesta 1989 alkaen.



Kuva 4.3.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liuku-keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Orimattilan pohjavesiasemalla vuosina 1978-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 61,56 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.3.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Fe 33,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 89,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 82,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 98,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 97,7%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 95,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 97,2%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 82,4%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 7,9%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.3.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.3.3.

Taulukko 4.3.1. Orimattilan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$\text{Y}_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	10,01	9,9	8,2	12,0	0,86	155
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	0,64	0,63	0,52	0,84	0,07	144
pH		6,53	6,5	5,9	7,3	0,19	158
$\text{N}_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	269	260	170	510	52,3	72
$\text{N}_{\text{NO}_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	209	220	21,0	550	52,2	155
$\text{N}_{\text{NH}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,5	5	<1	35	4,7	150
$\text{P}_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	8,6	7	2	120	14,7	61
$\text{P}_{\text{PO}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	8,7	7	1	26	5,3	146
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	4,78	4,8	1,8	7,0	0,73	147
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	31,9	27	1,8	190	26,9	95
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	62	.	135
$\text{SO}_4$	$\text{mg l}^{-1}$	7,77	8,0	4,6	9,7	1,09	148
Na	$\text{mg l}^{-1}$	5,53	5,6	4,0	7,6	0,56	155
K	$\text{mg l}^{-1}$	1,12	1,1	0,9	3,3	0,20	155
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	7,33	7,3	3,9	9,6	0,76	150
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	3,79	3,8	1,8	5,3	0,40	156
$\text{SiO}_2$	$\text{mg l}^{-1}$	13,13	13,0	10,8	14,5	0,62	71
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	177,4	180	44	380	38,5	122
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	36,5	20	5	224	40,8	121
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	.	36
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,08	<1	<1	11,0	1,76	145
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	9,0	.	130
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	1,1	.	40
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	6,8	.	43
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	.	17
TOC	$\text{mg l}^{-1}$	0,70	0,7	0,4	1,1	0,14	38

Taulukko 4.3.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Orimattilan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus	Z	p	Trendin voimakkuus	
$\text{Y}_{25}$	6,89	<0,001	54,7 $\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.			
pH	-4,10	<0,001	-0,0056 pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	$\text{NO}_3$			
$\text{NH}_4$	-5,85	<0,001	-0,244 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$	-5,94	<0,001	-0,968 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl	6,27	<0,001	45,7 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$	11,4	<0,001	0,122 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Na	10,7	<0,001	53,9 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K	6,79	<0,001	13,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca	6,02	<0,001	53,8 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	5,22	<0,001	21,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$	5,45	<0,001	0,0061 ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al			



Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.3.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä korkeampia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,2 yksikköä koko maan mediaania korkeampi, joskin pH on lineaarisen trendiestimaatin mukaan vuosina 1975-1997 alentunut 0,13 yksikköä. Voimakkainta pH:n aleneminen on ollut 1990-luvun alussa. Alkaliniteetti on lähes kolminkertainen maan mediaaniin verrattuna ja arvot ovat vaihdelleet huomattavasti tutkimusjakson aikana (0,52...0,84). Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on jonkin verran noussut.

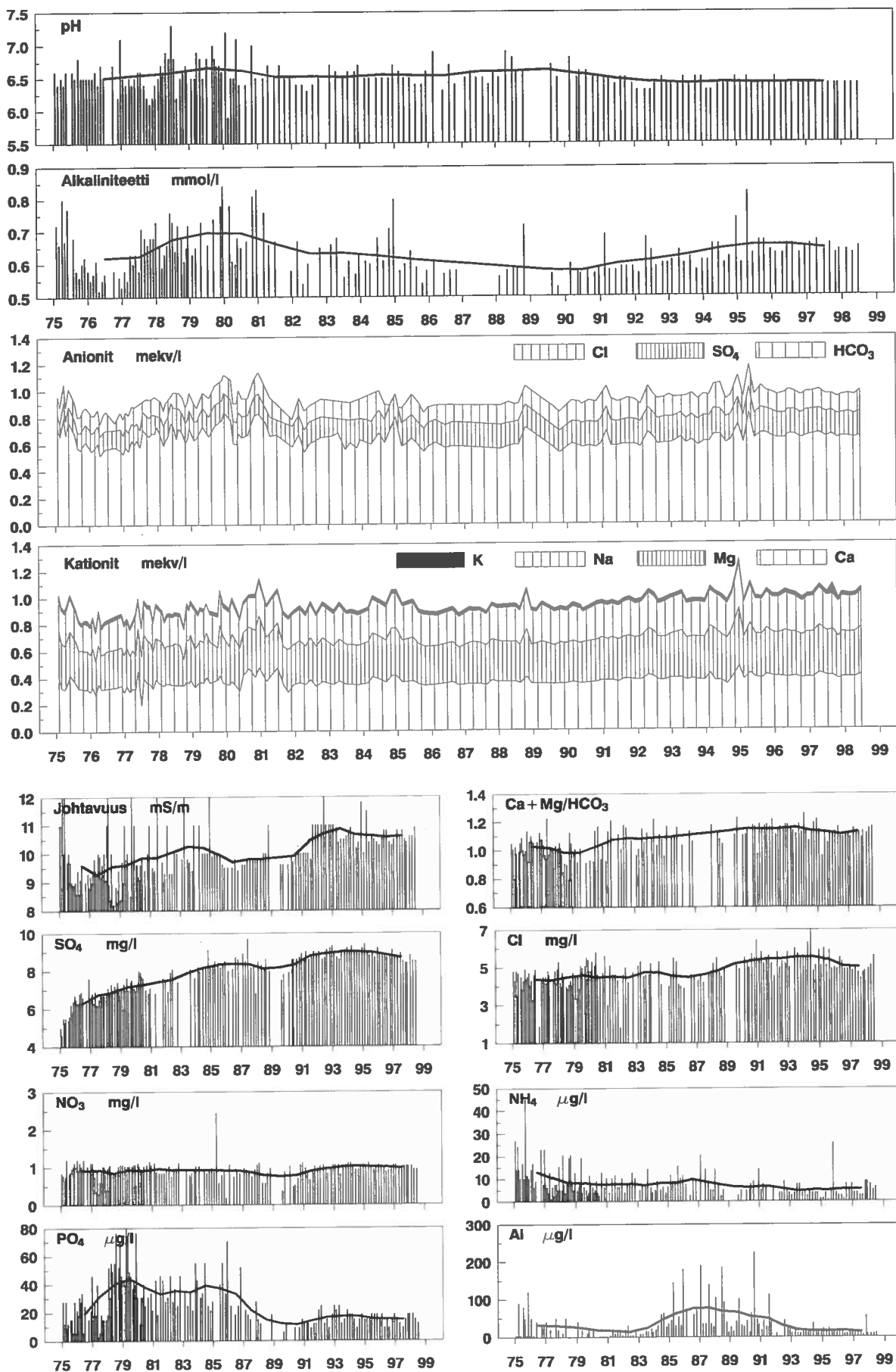
Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaaniin verrattuna yli kaksinkertainen. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on vuoteen 1994 asti noussut, joskin nousuvauhti on jakson lopulla tasaantunut. 1990-luvun jälkipuoliskolla sulfaattipitoisuus on kääntynyt laskusuuntaan. Kloridipitoisuus on yli kolminkertainen maan mediaaniin verrattuna. Cl-pitoisuuden nousevaan trendiin on syynä lähteen yläpuolella olevalla harjulla kulkevan tien talvisuolaus. 1990-luvun jälkipuolella Cl-pitoisuus on jonkin verran laskenut.

Nitraattipitoisuuden mediaani on yli nelinkertainen koko maan mediaaniin verrattuna. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat likimain valtakunnallista keskitasoa ja trendit laskevia. Fluoridipitoisuuden mediaani on koko maan mediaaniin verrattuna kolminkertainen.

Taulukko 4.3.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Orimattilan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,26**												
pH														
NO <sub>3</sub>		-,32**												
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>			-,19*	,30***										
Cl	-,22*	,46***				-,34***	-,33***							
SO <sub>4</sub>		,41***	-,19*	-,25**		-,34***		,51***						
Na		-,60***		-,25**		-,25**	-,32***	,57***	,67***					
K		,38***			,22*			,31***	,31***	,48***				
Ca		,52***	,46***		,18*	-,30**		,42***	,34***	,48***	,42***			
Mg		,56***	,49***			-,21*	-,19*	,42***	,23**	,48***	,36***	,67***		
Al			-,28*		-,22*									
SiO <sub>2</sub>				,30*										

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.3.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Orimattilan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

## 4.4 Tullinkangas

### Pohjavesiaseman kuvaus

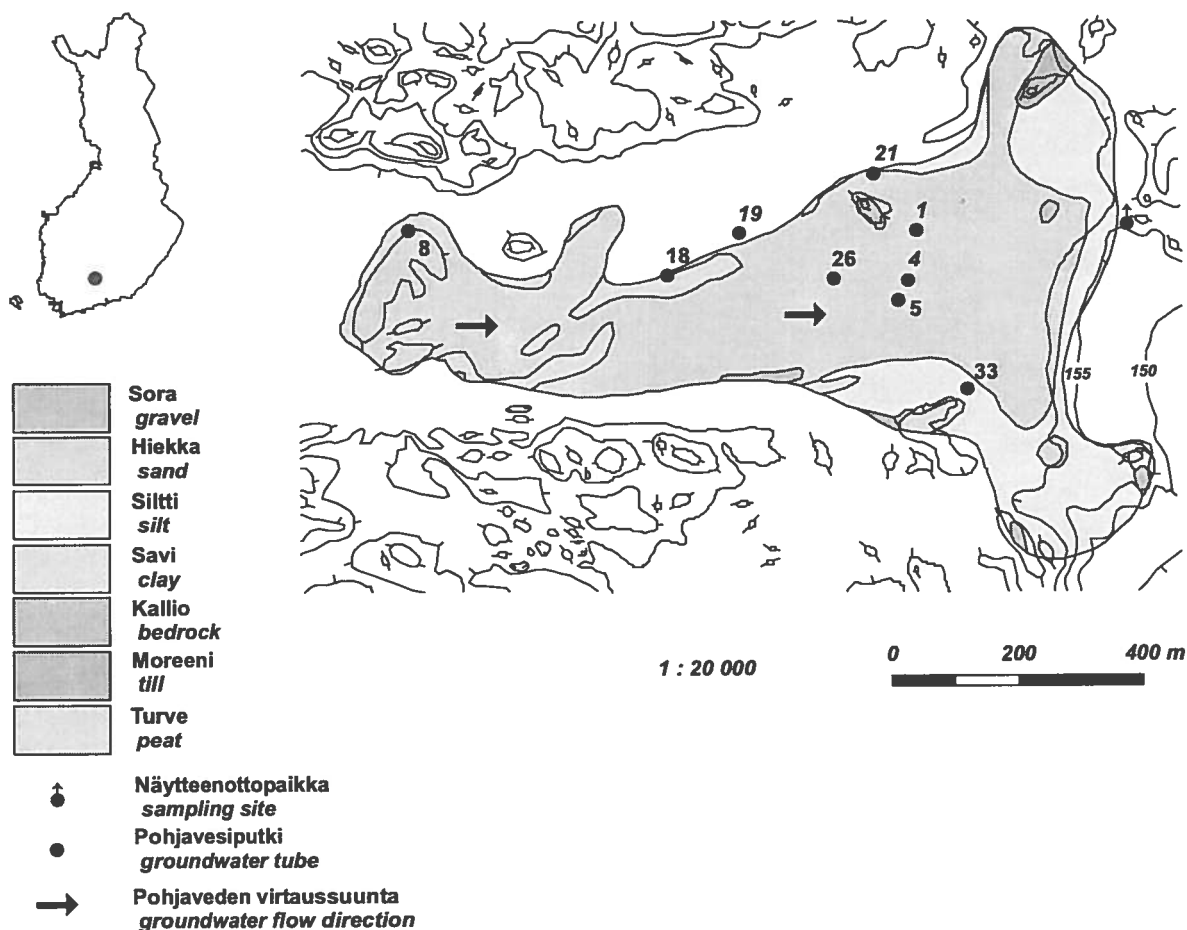
Pohjavesiasema sijaitsee Lammin kunnassa (peruskarttalehti 2134 08 D ja vesistöalue 35.836). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,15 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 160...170 N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.4.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on itä-länsisuuntainen, noin 2 km pituinen ja noin 0,5 km levyinen deltamuodostuma, joka lännessä rajoittuu Selkäjärveen ja idässä Halmansuohon. Pohjois- ja eteläpuolella on moreenia sekä kalliopaljastumia.

Topografialtaan muuten verraten tasaisessa muodostumassa on pitkänomaisia painanteita, jotka ovat suureksi osaksi soistuneet. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 67,0 %, silttiä 24,5 %, turvetta 5,9 %, moreenia 1,3 % ja soraa 0,6 %. Paljastuneen kalliopinnan osuus on 0,7 %. Alueen kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 1,0 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,2 m<sup>3</sup> lähde. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,4 l s<sup>-1</sup>. Näytteenottopisteen länsipuolella metsä on hakattu ja pintamaa aurattu 1970-1980-lukujen vaihteessa, jonka jälkeen alueelle on istutettu ensin mäntyä ja myöhemmin kuusta.

Pohjaveden päävirtaussuunta on lännestä itään.

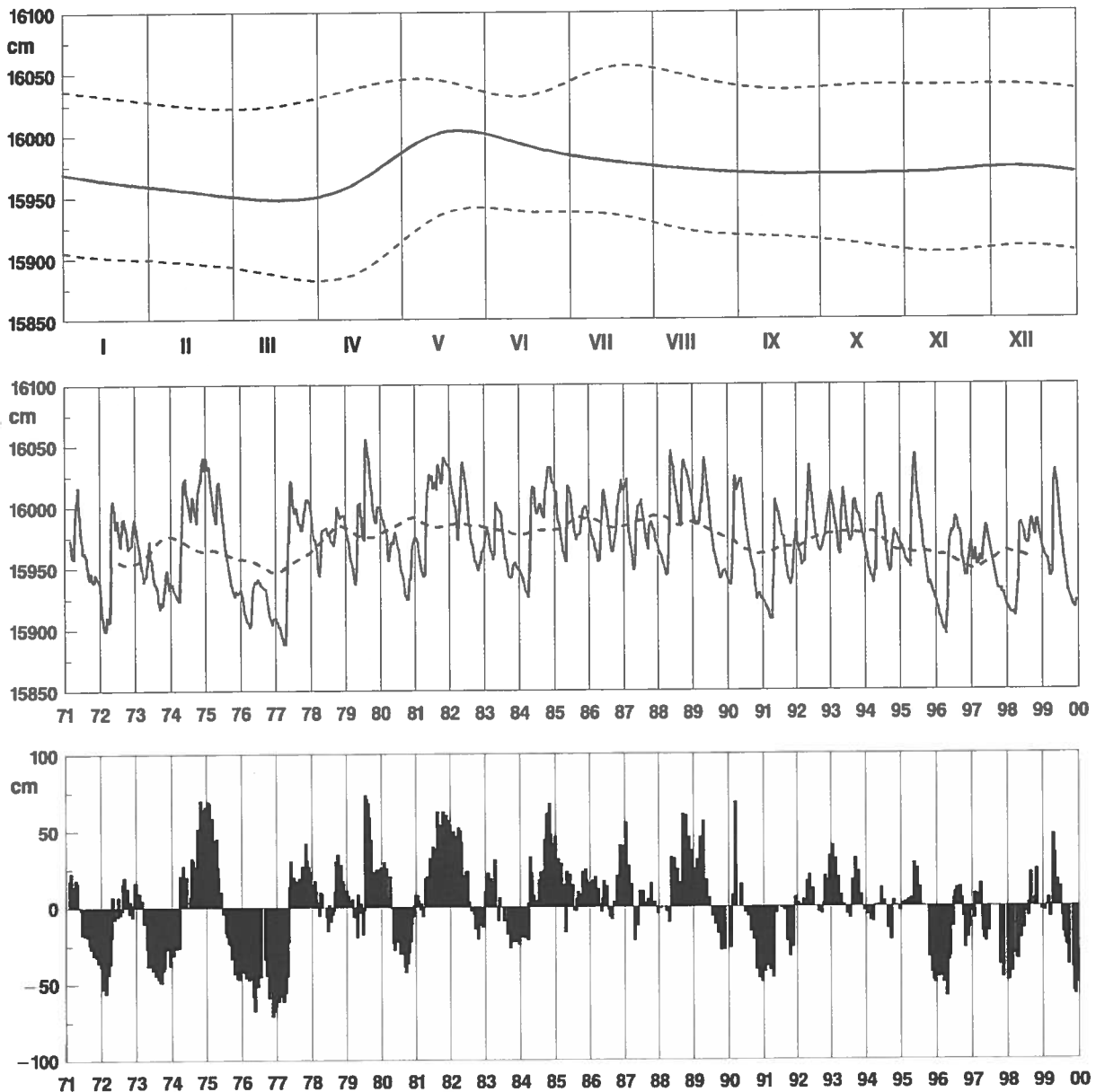


Kuva 4.4.1. Tullinkankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 345.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Tullinkankaan alueella oli 56 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1971-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 167 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1977 ja ylimmillään heinäkuussa 1979. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.4.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1971, 1973, 1976, 1991 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1979, 1981, 1982, 1984 ja 1988.



Kuva 4.4.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liuku-kuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Tullinkankaan pohjavesiasemalla vuosina 1971-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 161,63 m.

## Pohjaveden laatu

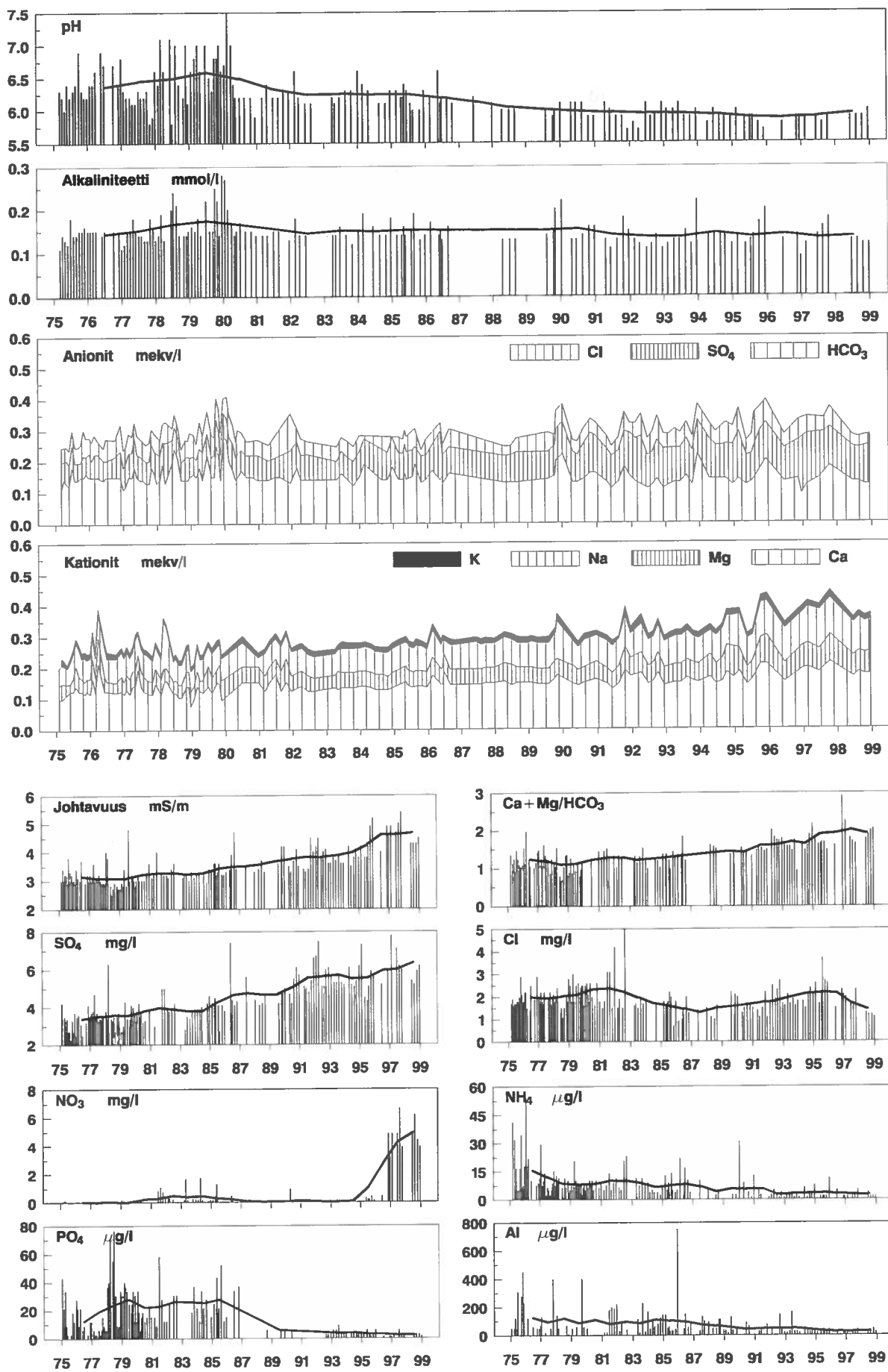
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.4.1.

Toistuvasti alle määrittämissä esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  7,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $P_{PO_4}$  11,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 26,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 75,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 8,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 74,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 95,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 91,4%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 100%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 96,3%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 81,8%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendal -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.4.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.4.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.4.3. Pohjaveden sähkönjohtavuus on keskimääräistä pienempi. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania pienempi ja taso on alentunut vuosina 1975-1994 0,7 pH-yksikköä. Alkaliniteetti on jakson alkupuoliskolla jonkin verran kohonnut, mutta koko aikajaksolla trendi on laskeva. Vahvojen happojen vaikutusta kuvaava suhde  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$  on noussut voimakkaasti. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat nousseet.

Taulukko 4.4.1. Tullinkankaan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerättyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	mS $\text{m}^{-1}$	3,44	3,3	2,5	5,2	0,52	141
Alk.	mmol $\text{l}^{-1}$	0,151	0,14	0,09	0,28	0,031	137
pH		6,24	6,2	5,7	7,5	0,34	144
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	152	86	29	1200	222	59
$N_{\text{NO}_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	55,9	11,5	<1	1100	158	134
$N_{\text{NH}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,6	5	<1	42	6,2	138
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,8	3	1	11	2,8	40
$P_{\text{PO}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,7	4	<1	25	5,0	112
Cl	mg $\text{l}^{-1}$	1,94	1,8	0,7	5,0	0,59	138
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	63,3	36	<1	260	63,1	80
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	160	.	122
$\text{SO}_4$	mg $\text{l}^{-1}$	4,28	4,1	2,3	7,8	1,13	135
Na	mg $\text{l}^{-1}$	1,81	1,8	0,7	3,5	0,34	145
K	mg $\text{l}^{-1}$	0,68	0,7	0,3	1,2	0,12	143
Ca	mg $\text{l}^{-1}$	2,85	2,8	1,5	4,3	0,48	136
Mg	mg $\text{l}^{-1}$	0,64	0,6	0,3	1,2	0,14	144
$\text{SiO}_2$	mg $\text{l}^{-1}$	10,5	10,5	7,0	13,8	0,87	62
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	56,1	50	<10	250	34,8	119
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	85,1	50	5	750	104	111
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,13	.	27
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,71	<1	<1	25,0	3,43	134
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	6,0	.	121
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	<1	.	28
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	14,0	.	35
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,010	<0,01	<0,01	0,05	0,014	11
TOC	mg $\text{l}^{-1}$	1,44	1,3	0,8	3,1	0,60	29



Kuva 4.4.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Tullinkankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on lähellä koko maan mediaania, mutta SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut jatkuvasti tutkimusjakson aikana, voimakkaimmin 1980-luvun puolivälissä. Kloridipitoisuus on vaihdellut tutkimusjakson aikana eikä tilastollisesti merkitsevää trendiä esiinny. 1990-luvun loppupuolella kloridipitoisuus on ollut laskusuunnassa.

Nitraattipitoisuus on vuosina 1981-86 kohonnut alueella suoritettujen metsänhakkuiden seurauksena. Nitraattipitoisuus on kohonnut uudelleen voimakkaasti 1990-luvun lopussa. NO<sub>3</sub>:n huuhtoutuminen pohjaveteen on ollut voimakkainta keväällä, jolloin pitoisuus on aika-ajoin kohonnut yli kymmenkertaiseksi keskiarvoon verrattuna. Tätä ilmentää myös pohjaveden pinnan korkeuden ja nitraattipitoisuuden välinen merkitsevä positiivinen korrelaatio (taulukko 4.4.3). NH<sub>4</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ja Al-pitoisuuksien kohdalla on havaittavissa tilastollisesti merkitsevä laskeva trendi.

Taulukko 4.4.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Tullinkankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyystaso. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus			Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	8,54	<0,001	52,6	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Aik.	-4,38	<0,001	-1,24	mmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-9,35	<0,001	-0,0309	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>				
NH <sub>4</sub>	-7,19	<0,001	-0,348	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-4,74	<0,001	-0,646	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>	9,42	<0,001	0,120	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	8,42	<0,001	29,1	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	6,18	<0,001	8,28	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	8,58	<0,001	49,4	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	8,37	<0,001	14,6	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	7,85	<0,001	0,0358	ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-4,46	<0,001	-6,32	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.4.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Tullinkankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnan korkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Aik.														
pH														
NO <sub>3</sub>														
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>														
Cl														
SO <sub>4</sub>														
Na														
K														
Ca														
Mg														
Al														
SiO <sub>2</sub>														

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.5 Jomala

### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Jomalan kunnassa Ahvenanmaalla (peruskarttalehti 1012 06 ja vesistö-alue 82.037). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,27 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 5...21 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.5.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

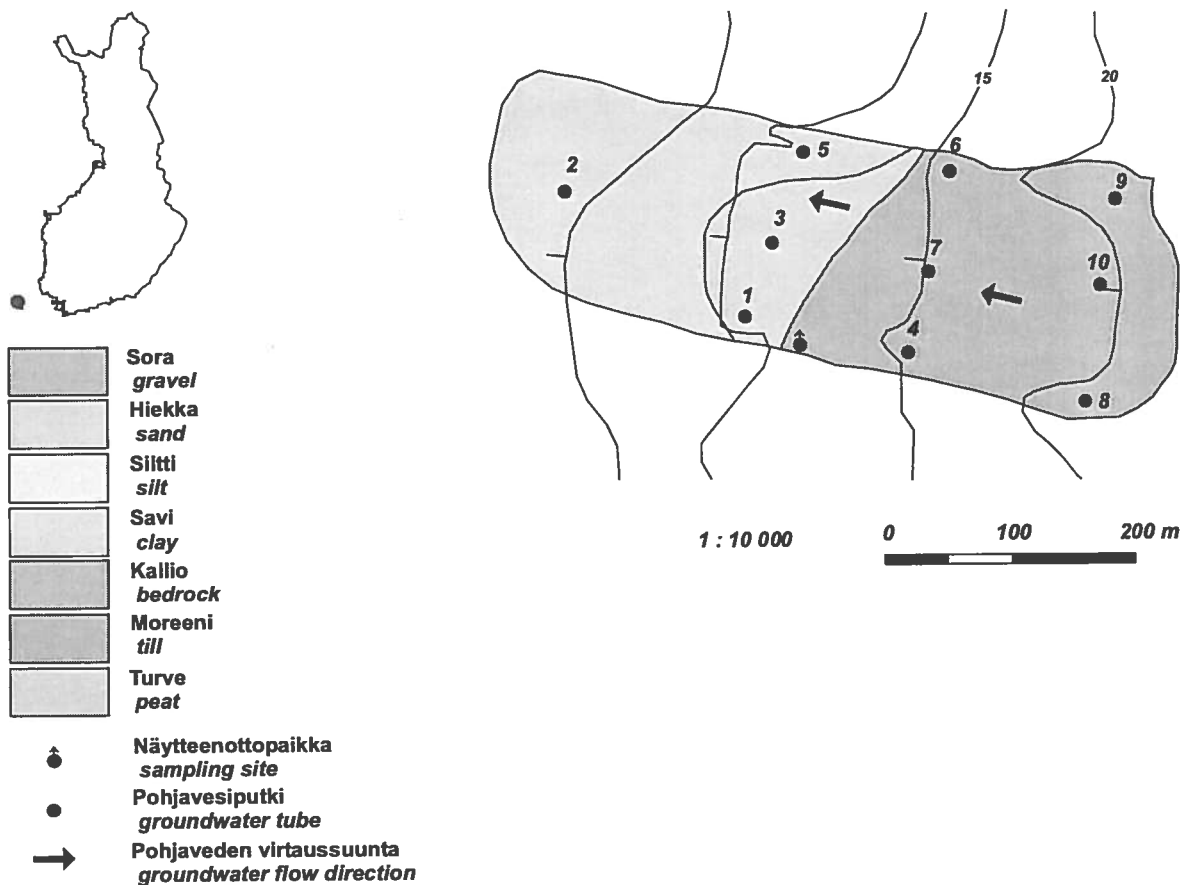
Aluetta luonnehtivat pohjois-eteläsuuntaiset selänteet ja niiden väliset laaksot. Aseman itäpäässä on moreeniselänne. Maalaji vaihtuu länteen päin mentäessä hienommiksi sedimenteiksi. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 50,1 %, savea 36,5 % ja hiekkaa 13,4 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on rapakivigraniitti. Pohjavesinäyte otetaan kivikehikkoisesta kaivosta.

Pohjavesi virtaa moreeniselänteen alueelta idästä länteen seuraten maaston topografiaa.

### Pohjaveden korkeus

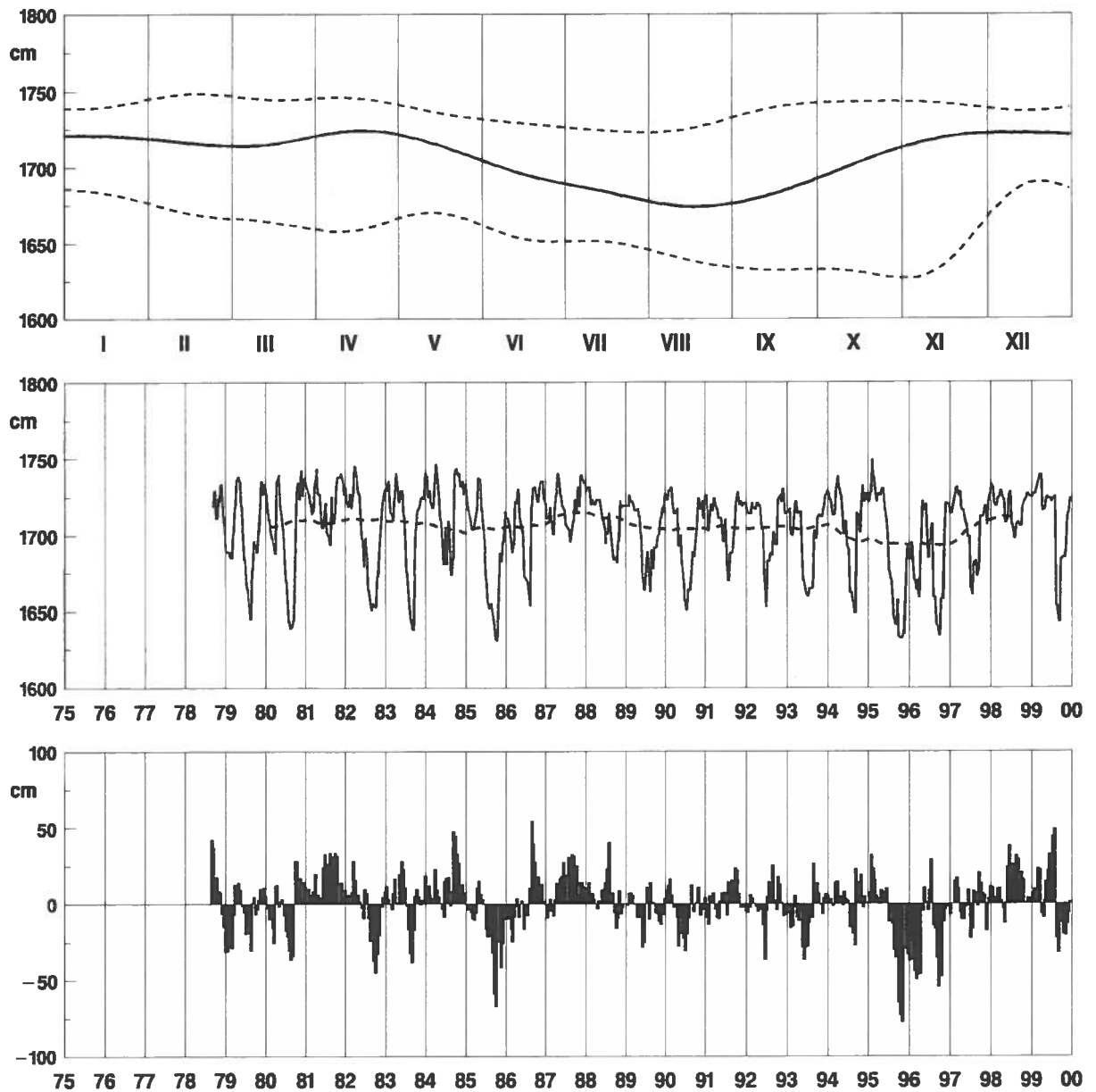
Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Jomalan alueella oli 50 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan huhtikuussa.

Tarkasteltavan jakson 1979-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 118 cm. Alimmillaan vedenpinta oli lokakuussa 1985 ja ylimmillään helmikuussa 1995. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.5.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1985, 1995 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1984, 1987 ja 1998.



Kuva 4.5.1. Jomalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 345.



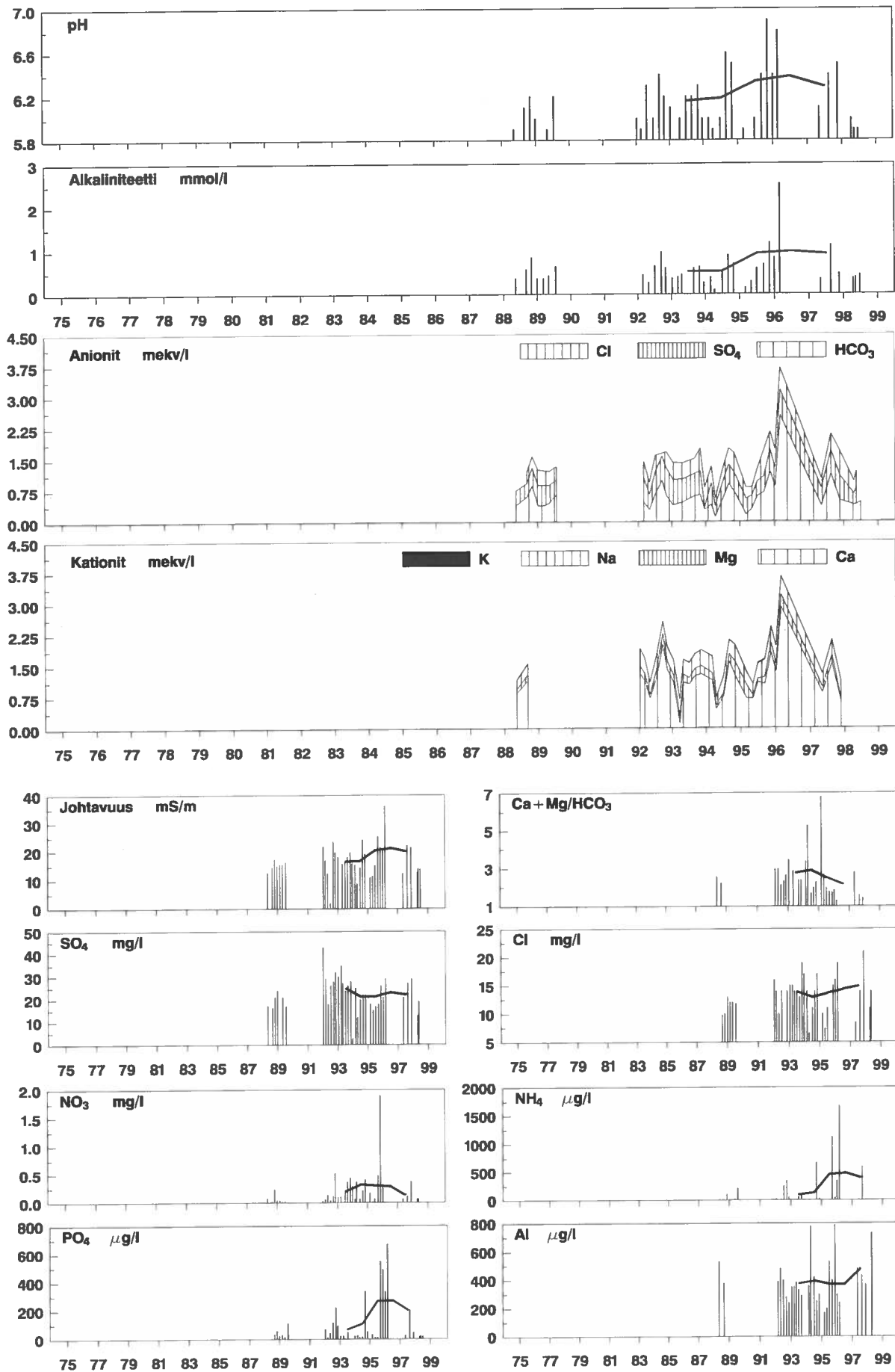


Kuva 4.5.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liuku-kuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Jomalan pohjavesiasemalla vuosina 1979-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 17,32 m.

### Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1988 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.5.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Mn 47,1%  $\leq$  20  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 28,6%  $\leq$  1  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 53,6%  $\leq$  0,1  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 71,4%  $\leq$  0,01  $\mu\text{g l}^{-1}$ .



Kuva 4.5.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Jomalan pohjavesiasemalla vuosina 1988-1998.

Taulukko 4.5.1. Jomalan pohjavesiasemalta vuosina 1988-1989 sekä 1992-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	17,2	16,4	1,8	36,2	5,82	34
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,61	0,50	0,10	2,54	0,43	33
pH		6,17	6,1	5,8	6,9	0,27	34
N <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	910	845	110	2200	373	34
N <sub>NO3</sub>	µg l <sup>-1</sup>	49,4	24	<1	430	74,9	35
N <sub>NH4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	129	8	1	1300	276	35
P <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	57,6	26	7	260	69,9	35
P <sub>PO4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	38,8	13	2	220	56,5	32
Cl	mg l <sup>-1</sup>	13,4	14,0	6,5	21,0	3,34	32
Fe	µg l <sup>-1</sup>	290	205	69	680	177	34
Mn	µg l <sup>-1</sup>	47,8	27,5	<20	520	89,0	34
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	23,2	23,0	2,8	43,0	7,27	34
Na	mg l <sup>-1</sup>	8,06	8,3	4,4	10,0	1,41	29
K	mg l <sup>-1</sup>	0,45	0,5	0,2	1,0	0,20	29
Ca	mg l <sup>-1</sup>	23,1	23,0	2,4	58,0	10,3	29
Mg	mg l <sup>-1</sup>	2,05	2,1	0,4	4,0	0,90	29
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	9,27	9,2	7,1	11,8	1,03	29
F	µg l <sup>-1</sup>	166	170	9,7	200	34,1	28
Al	µg l <sup>-1</sup>	386	370	170	790	147	27
Cd	µg l <sup>-1</sup>	0,28	0,10	<0,1	2,26	0,50	28
Cu	µg l <sup>-1</sup>	30,6	19,0	2,10	250	46,3	28
Pb	µg l <sup>-1</sup>	2,18	1,9	<1	7,2	1,79	28
Ni	µg l <sup>-1</sup>	21,9	15,0	2,9	170	30,6	28
Zn	µg l <sup>-1</sup>	50,6	39,4	12,0	290	53,0	27
Hg	µg l <sup>-1</sup>	0,012	<0,01	<0,01	0,04	0,01	14
TOC	mg l <sup>-1</sup>	18,6	18,0	12,6	28,0	4,42	24

## 4.6 Perniö

### Pohjavesiaseman kuvaus

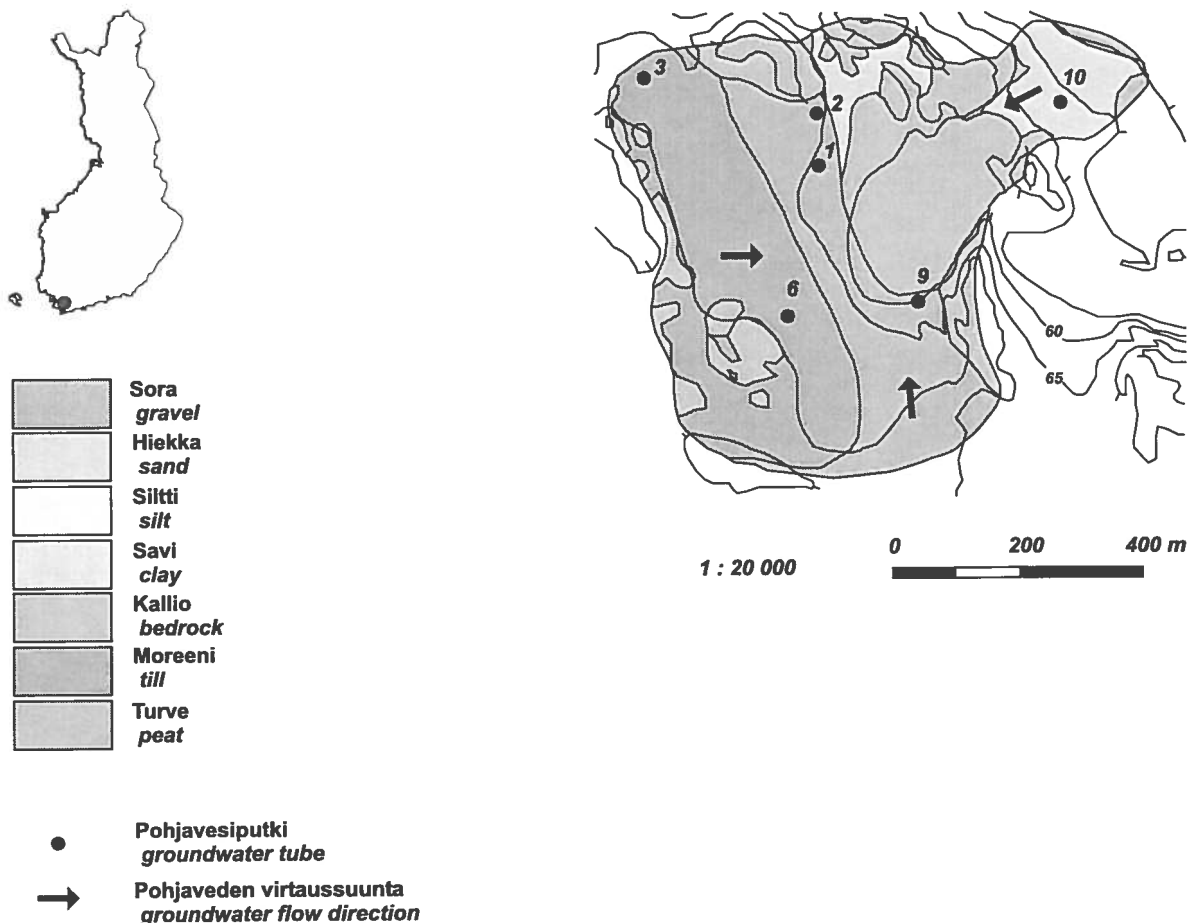
Pohjavesiasema sijaitsee Perniön kunnassa (peruskarttalehti 2012 09 B ja vesistöalue 82.020). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,11 km<sup>2</sup> ja pinnankorkeus vaihtelee välillä 58...83 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.6.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Aseman halki kulkee voimakkaasti rantavoimien muokkaama katkonainen harju, jota ympäröivät paljaaksi huuhtoutuneet kalliot.

Maankohoamisen aiheuttama rannansiirtyminen näkyy eri puolilla aluetta lukuisina ranta-kerrostumina. Sekä moreeni että harjuaines on paikoin runsaastikin huuhtoutunut. Pohjaveden muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 31,9 %, soraa 23,3 %, turvetta 17,6 % ja hiekkaa 10,4 %. Paljastuneen kalliopinnan osuus on 16,8 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 10 m<sup>2</sup> lähde, joka sijaitsee noin 2 km asemalta itään. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,2 l s<sup>-1</sup>. Viereisen suon vedet sekoittuvat ajoittain lähteeseen, mistä johtuen näytteenotto on lopetettu vuonna 1976.

Pohjaveden päävirtaussuunta on etelästä ja lännestä harjuselänten kautta alueen koillisosassa olevaa suota kohti.

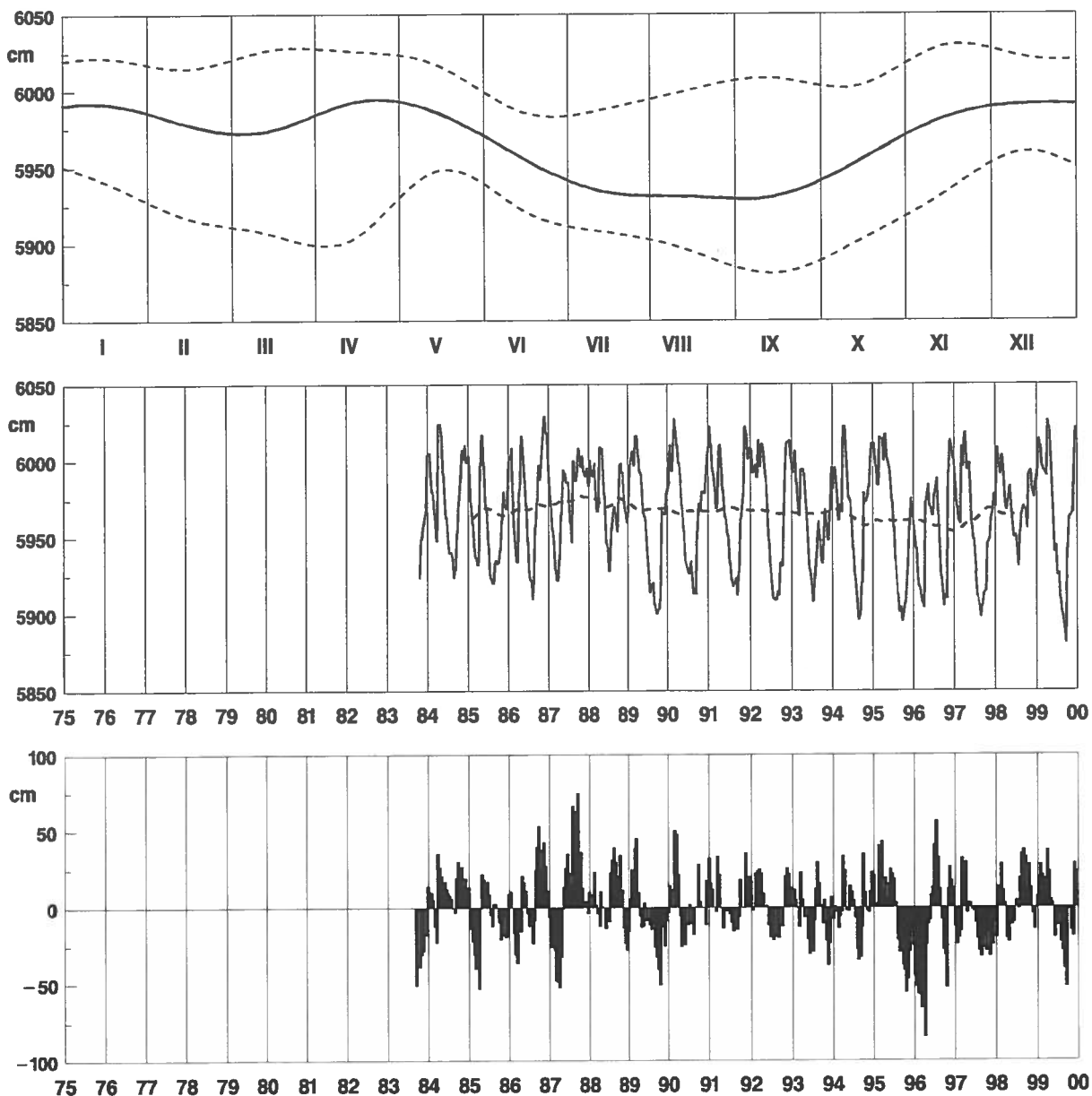


Kuva 4.6.1. Perniön pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 346.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Perniön alueella oli 61 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan huhtikuussa.

Tarkasteltavan jakson 1983-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 148 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään marraskuussa 1986. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.6.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1989, 1995, 1996 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1984 ja 1987.



Kuva 4.6.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Perniön pohjavesiasemalla vuosina 1983-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 60,82 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1975-1976. Näytteistä määritetyt ainepitoisuudet on esitetty taulukossa 4.6.1. Toistuvasti alle määrittäjärajaa esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$   $9,1\% \leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn  $81,2\% \leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F  $40,0\% \leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu  $61,9\% \leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Pb  $38,5\% \leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ .

Taulukko 4.6.1. Perniön pohjavesiasemalta vuosina 1975-1976 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	mS $\text{m}^{-1}$	3,94	4,05	1,3	4,5	0,67	20
Alk.	mmol $\text{l}^{-1}$	0,19	0,19	0,10	0,23	0,025	20
pH		6,49	6,5	5,9	6,8	0,24	21
$N_{NO_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	60,9	62,0	39	93	16,5	11
$N_{NH_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,2	6	1	11	2,4	11
$P_{PO_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,2	3	1	9	1,6	20
Cl	mg $\text{l}^{-1}$	2,06	2,05	1,7	2,5	0,21	20
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	98	23,2	16
$SO_4$	mg $\text{l}^{-1}$	4,25	4,1	3,5	5,6	0,50	20
Na	mg $\text{l}^{-1}$	2,24	2,3	1,9	2,8	0,18	20
K	mg $\text{l}^{-1}$	0,60	0,6	0,5	0,9	0,13	20
Ca	mg $\text{l}^{-1}$	3,22	3,3	2,6	3,8	0,30	20
Mg	mg $\text{l}^{-1}$	0,79	0,8	0,3	0,9	0,14	20
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	43,5	40	10	90	27,8	20
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	40,0	50	5	90	27,6	20
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,24	<1	<1	5,0	2,22	21
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,27	5,0	<1	5,0	2,28	13

## 4.7 Oripää

### Pohjavesiaseman kuvaus

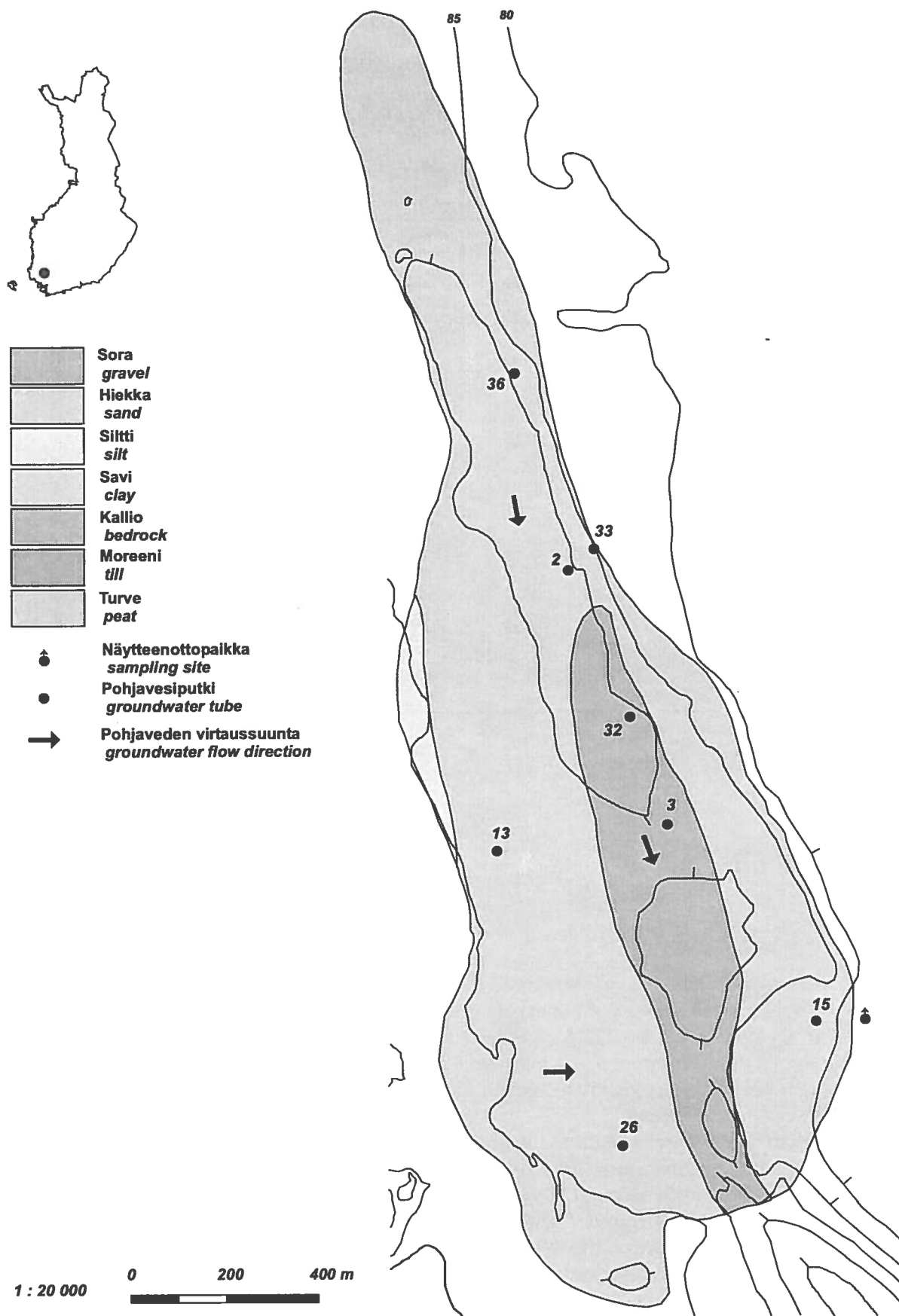
Pohjavesiasema sijaitsee Oripään kunnassa (peruskarttalehti 2111 02 D sekä 2111 05 B ja vesistö-alue 34.045). Tutkimusalueen pinta-ala on  $3,48 \text{ km}^2$  ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 78...93 m  $N_{60}$ -tasosta. Kuvassa 4.7.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa Säkylän-Virtaan-Oripään harjujaksoa, joka on Lounais-Suomen merkittävin sora- ja hiekkamuodostuma.

Aseman alue käsittää harjun Myllylähdettä ympäröivän osan. Alue on valtaosaltaan kumpuilevaa tasaista kangasta, jossa kasvaa harvahko, keski-ikäinen ja mäntyvaltainen metsä. Alueen koillisosassa on jonkin verran viljelyksiä, sekä pohjois- ja länsiosissa on otettu soraa. Harjualueen ympärillä on soita. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 81,8 %, soraa 16,4 % ja silttiä 1,8 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioriitti (Salli 1953).

Pohjaveden päävirtaussuunta on pohjoisesta etelään. Alueella on myös poikittaista veden virtausta.

Pohjavesinäyte otetaan rautaputkesta, johon vesi nousee paineenalaisesta muodostumasta noin 25 metrin syvyydestä. Putkessa arvioitu ylivuoto on noin  $0,4 \text{ l s}^{-1}$ .



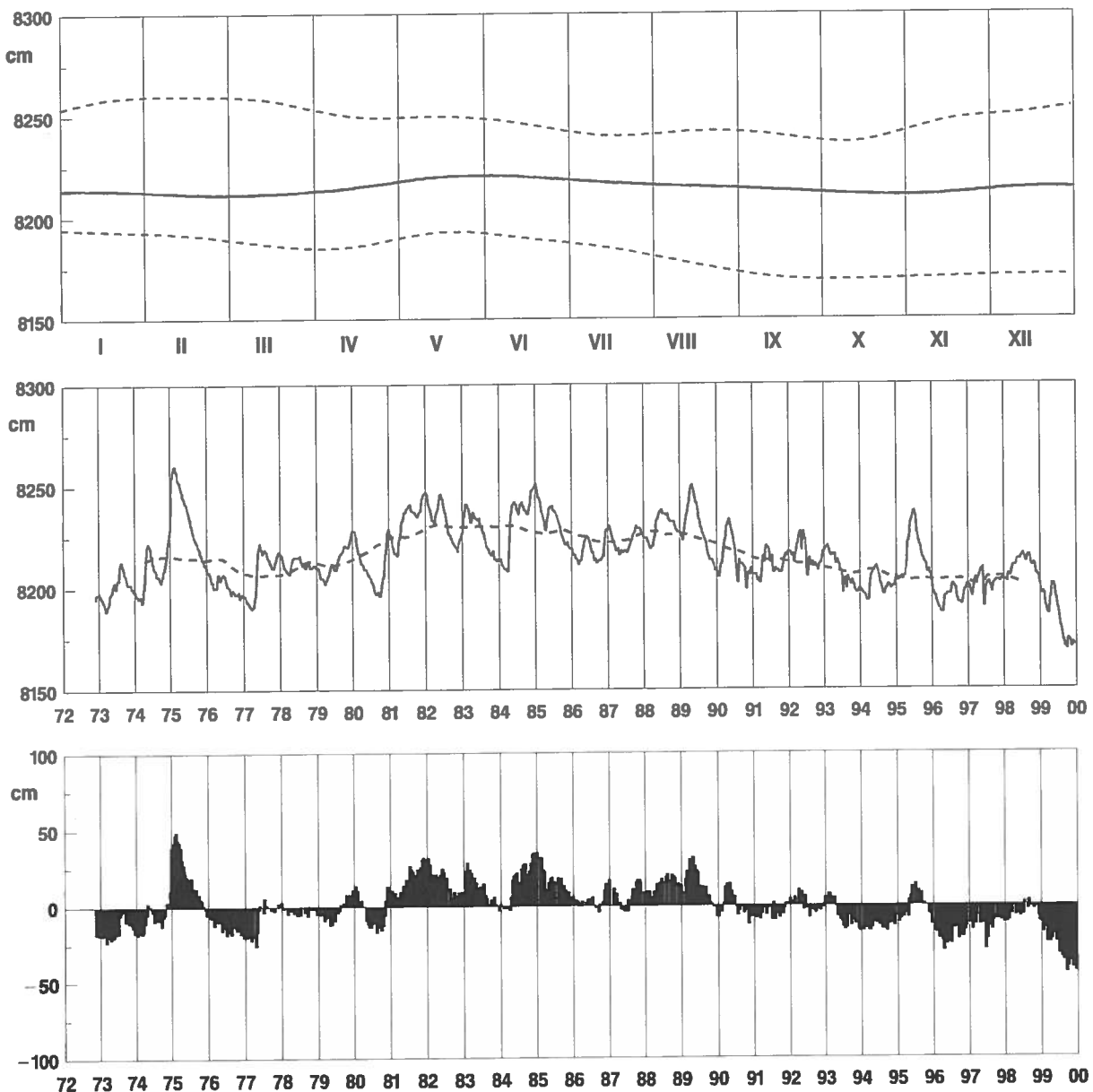
Kuva 4.7.1. Oripään pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 347.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Oripään alueella oli 9 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1972-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 91 cm. Alimmillaan vedenpinta oli lokakuussa 1999 ja ylimmillään helmikuussa 1975. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.7.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1973, 1976, 1994, 1996, 1997 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1988 ja 1989.

Pohjavesiputket sijaitsevat Myllylähteen pohjoispuolella ja todennäköisesti niihin ei ole vaikuttanut Myllylähteen eteläpuolisten alueiden runsas maa-ainesten otto.



Kuva 4.7.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Oripään pohjavesiasemalla vuosina 1972-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 87,26 m.



## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.7.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  26,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 79,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 92,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 85,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 90,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 88,9%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 94,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 88,4%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 36,4%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 61,5%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.7.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.7.3.

Taulukko 4.7.1. Oripään pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	9,59	9,5	7,8	14,2	0,74	150
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	0,68	0,67	0,60	0,88	0,04	143
pH		8,36	8,4	6,9	8,8	0,33	151
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	257	245	170	640	66,0	58
$N_{\text{NO}_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	182	190	100	310	52,5	141
$N_{\text{NH}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,9	3	<1	19	3,2	136
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	16,9	16	11	26	2,6	56
$P_{\text{PO}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	16,1	16	12	23	1,5	149
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	2,65	2,5	0,3	4,7	0,67	148
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	20,3	<20	<20	160	26,6	71
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	43	7,8	136
$\text{SO}_4$	$\text{mg l}^{-1}$	6,23	6,0	4,0	8,2	0,86	142
Na	$\text{mg l}^{-1}$	2,91	2,9	1,2	3,9	0,28	142
K	$\text{mg l}^{-1}$	0,97	1,0	0,6	1,5	0,12	142
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	12,6	12,5	9,0	16,0	1,38	138
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	1,53	1,5	1,2	3,0	0,29	140
$\text{SiO}_2$	$\text{mg l}^{-1}$	11,1	11,1	8,5	12,0	0,49	52
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	161	160	30	300	34,4	107
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	21,2	15	4	61	15,6	111
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,6	<0,1	<0,1	8,5	1,7	35
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	14,0	1,7	131
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	5,0	1,2	115
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	2,0	0,3	35
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	6,0	1,5	36
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,018	<0,01	<0,01	0,12	0,025	22
TOC	$\text{mg l}^{-1}$	0,41	0,3	0,2	0,7	0,17	31

Taulukko 4.7.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Oripään pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus
$Y_{25}$	9,96	<0,001	56,8 $\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	6,51	<0,001	2,80 $\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH				$\text{NO}_3$	13,6	<0,001	34,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
$\text{NH}_4$	-4,62	<0,001	-0,180 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$	-2,68	0,007	-0,153 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl	6,27	<0,001	50,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$	11,6	<0,001	0,120 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Na	8,57	<0,001	19,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K	7,07	<0,001	5,88 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca	10,4	<0,001	0,153 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	9,91	<0,001	18,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$	7,30	<0,001	9,07 $\text{mekv ekv}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Al			

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.7.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat maan mediaaniin verrattuna yli kaksinkertaiset ja sähkönjohtavuuden trendi on nouseva. Pohjavesi on emäksistä eikä pH:n aikatrendiä esiinny. Alkaliniteetti on valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna kolminkertainen ja sen trendi on nouseva. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on tutkimuksen alkuvuosien arvosta 1,0 noussut yli 1,2:een. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat nousseet. Erityisesti kalsiumpitoisuus on poikkeuksellisen korkea, mikä viittaa karbonaattimineraalien esiintymiseen maa- ja kallioperässä. Lisäksi pohjaveden muodostumisen ja purkautumisen välinen aikaviive on alueella erittäin suuri.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 2,2 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut tutkimusjakson aikana, voimakkaimmin vuosina 1987-1988 ja 1995-1996. Kloridipitoisuuksilla on nouseva trendi. 1990-luvulla kloridipitoisuus on noussut voimakkaasti; vuosikeskiarvoina pitoisuus on kaksinkertaistunut vuosina 1990 - 1997.

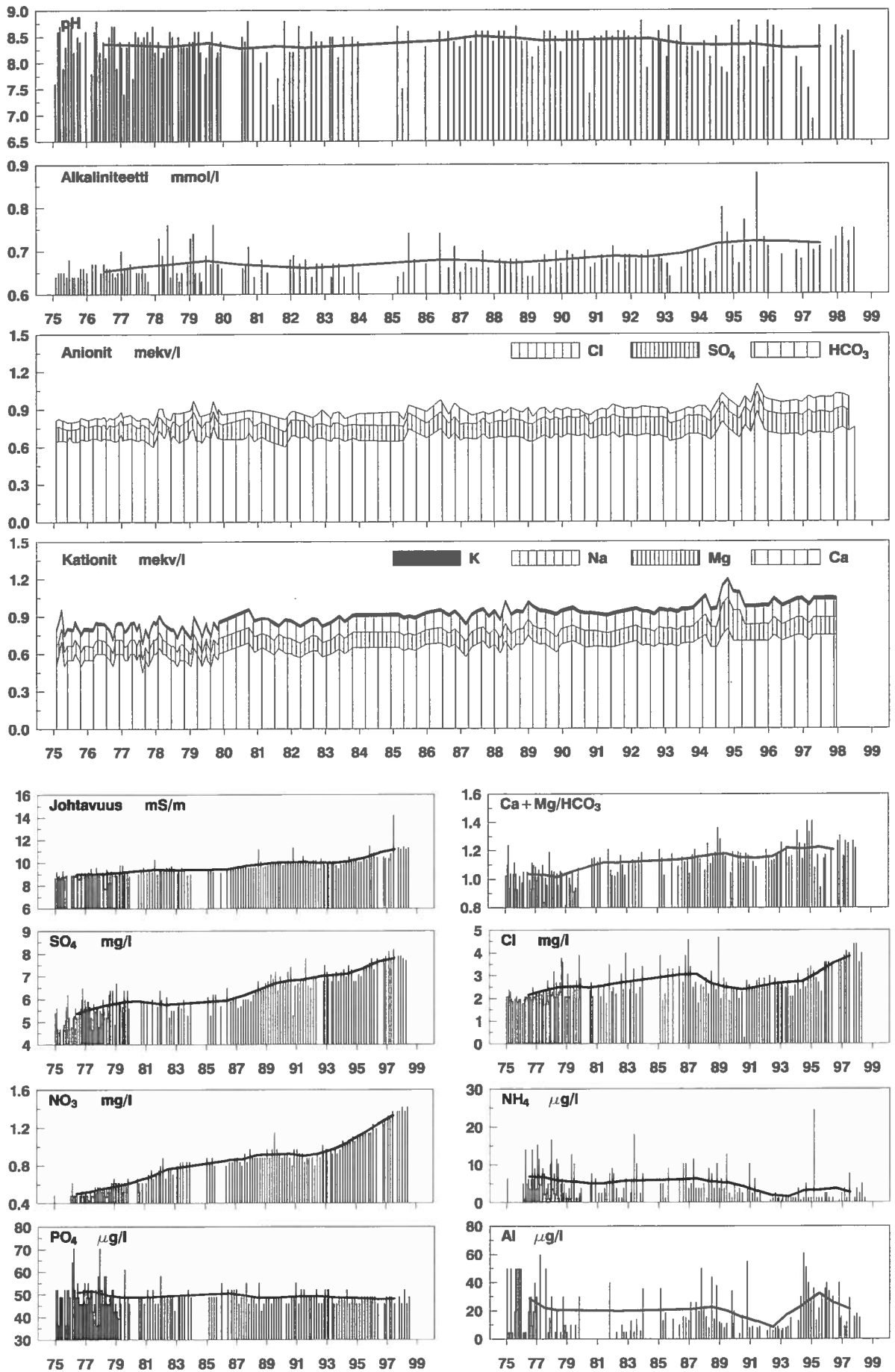
Nitraattipitoisuus on noussut tutkimusjakson aikana, voimakkaimmin vuodesta 1992 lähtien. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on merkittävästi pienentynyt, voimakkaimmin vuosien 1989-1991 aikana. Fosforipitoisuudet ovat valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna noin kaksinkertaiset (P<sub>tot</sub>) ja kolminkertaiset (P<sub>PO<sub>4</sub></sub>), joihin syynä saattaa olla näytteen itäpuolella sijaitsevien peltojen viljely. P<sub>PO<sub>4</sub></sub>-trendi on laskeva.

Pohjaveden pääkomponenttien pitoisuuksien nousuun on todennäköisesti vaikuttanut näytteenottopisteen länsipuolella, noin 500 metrin etäisyydellä tehty soranotto sekä mahdollisesti kloridi- ja natriumpitoisuuksien nousuun noin 800 metrin etäisyydellä olevan tien talvisuolaus. Kloridipitoisuus on vaihdellut eri vuodenaikoina; vuosina 1990-1997 pienimmät pitoisuudet ovat esiintyneet loppukesällä johtuen aikaviiveestä.

Taulukko 4.7.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Oripään pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994.

GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydeston p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Aik.		,36***												
pH														
NO <sub>3</sub>	,24**	,77**	,37***											
NH <sub>4</sub>		-,25**	-,33***											
PO <sub>4</sub>				-,19*										
Cl														
SO <sub>4</sub>														
Na	,25**	,49***	,30**	,20*	,70***	-,29**		,31***	,50***					
K		,35***			,53***				,30**	,40***				
Ca		,61***	,38***		,74***			,29**	,56***	,57***	,41***			
Mg		,61***	,25**		,63***	-,21*		,32***	,56***	,53***	,36***	,57***		
Al														
SiO <sub>2</sub>	,58***				-,41*	,58***			-,42*				-,39*	
*	p ≤ 0,05													
**	p ≤ 0,01													
***	p ≤ 0,001													



Kuva 4.7.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Oriipään pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

## 4.8 Kuumainen

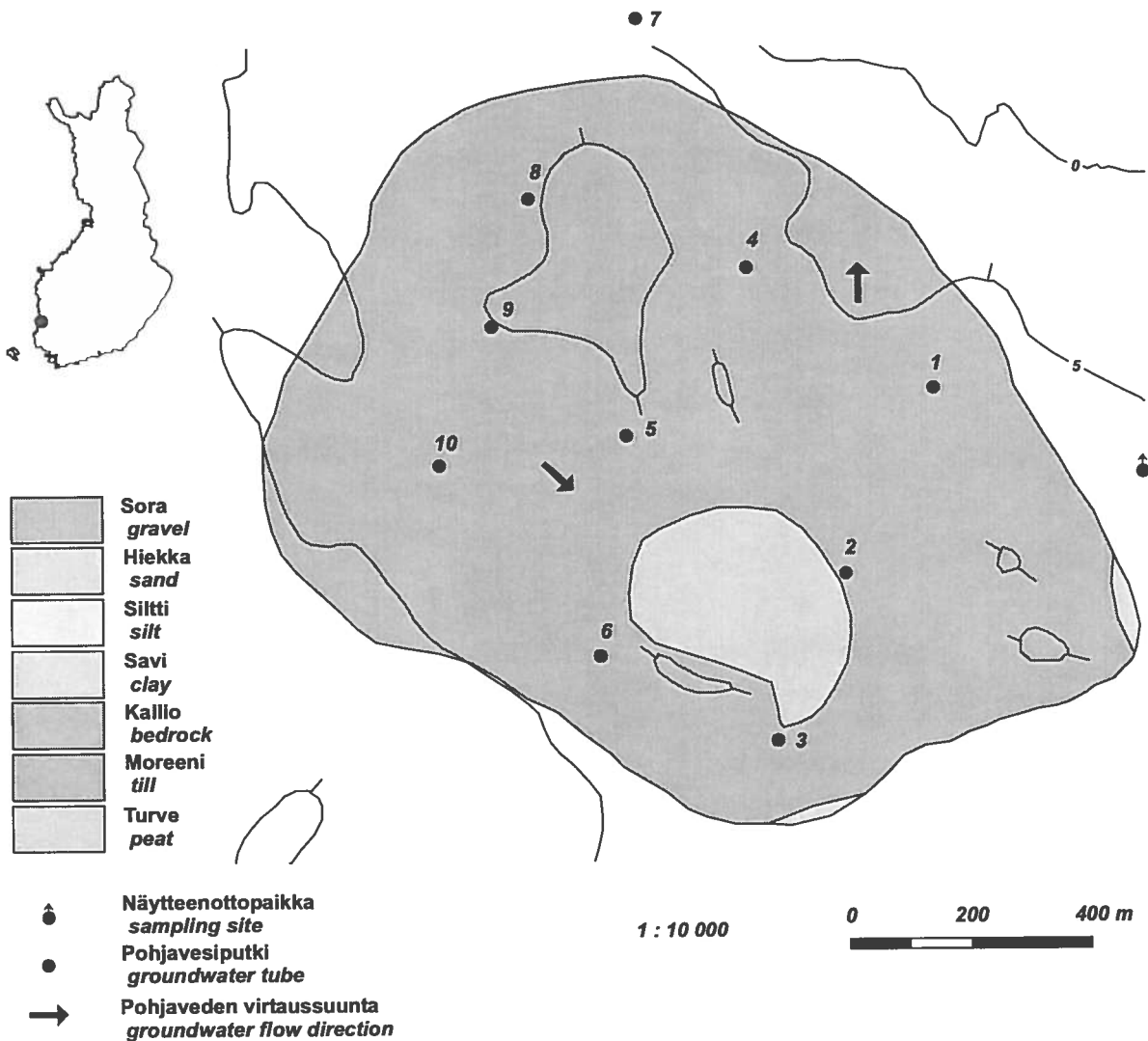
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Porin kaupungissa (peruskarttalehti 1141 09 C ja vesistöalue 83V034). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,82 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 4...11 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.8.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on melko tasaista, lohkareista moreenialuetta, minkä pääasiallinen aines on lohkareinen hiekkakivi. Alue sijaitsee aivan meren rannassa. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 92,1 %, turvetta 7,3 % ja hiekkaa 0,6 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on Satakunnan arkoosihiekkakivi, mikä ilmenee myös alueen lohkareissa ja irtokivissä.

Pohjavesi virtaa rannan tuntumassa etelästä pohjoiseen ja sisempänä niemellä luoteesta kaakkoon kohti alueen eteläosassa sijaitsevaa suota.

Näytteenottoaika on hiekkakiveen louhittu, vesisyvyydeltään keskimäärin kolme metriä oleva kaivo, joka sijaitsee talon pihassa ja on jatkuvasti käytössä. Kaivo ei ole näytteenottoaikana edustava, koska pintavedet sekoittuvat aika-ajoin pohjaveteen, mistä johtuen näytteenotto on lopetettu vuonna 1978.

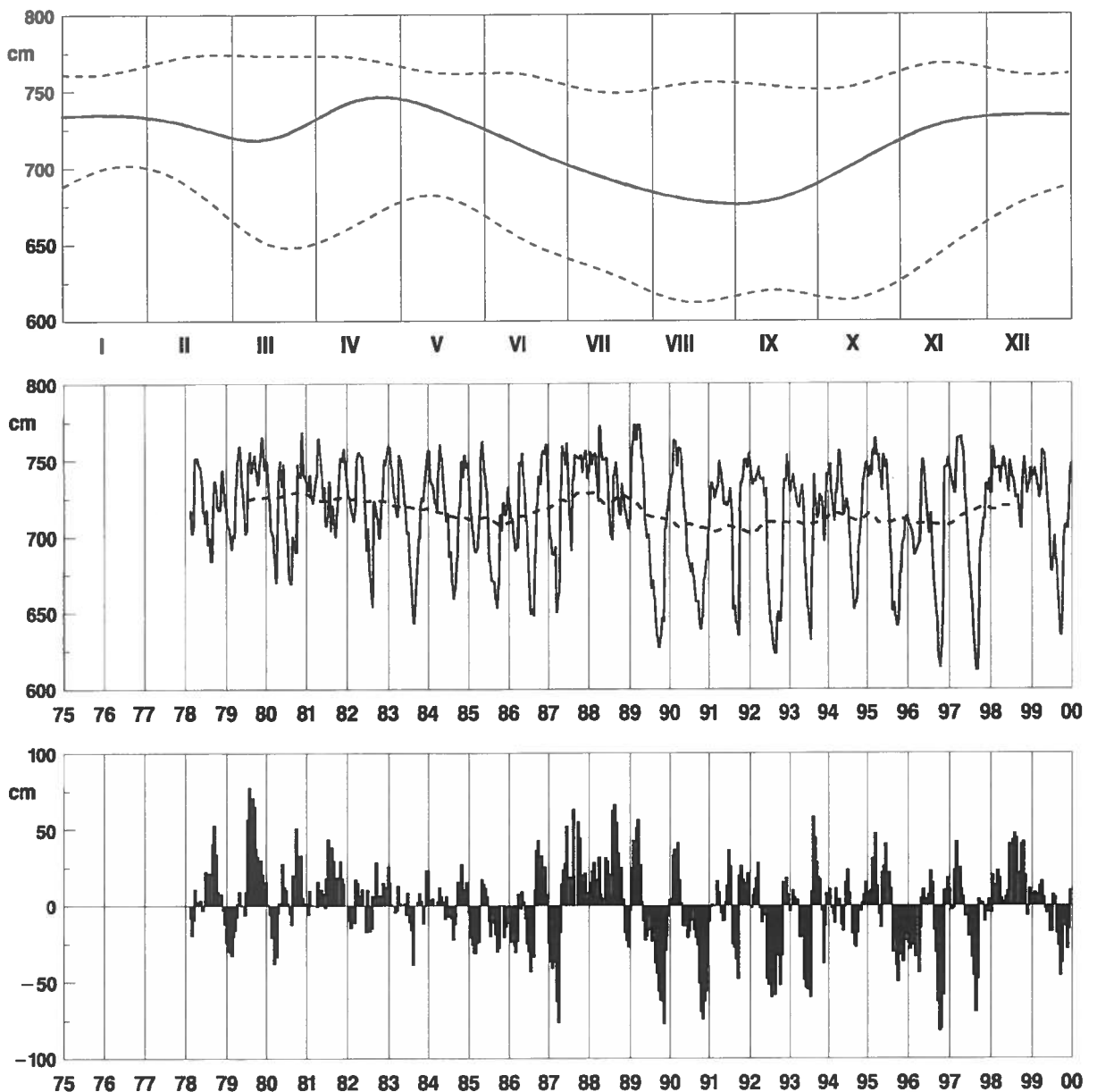


Kuva 4.8.1. Kuuminaisten pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 348.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kuuminaisten alueella oli 63 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elo-syyskuussa ja korkeimmillaan huhtikuussa.

Tarkasteltavan jakson 1978-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 161 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa 1997 ja ylimmillään maaliskuussa 1989. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.8.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi oli vuosina 1989, 1990, 1992 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1979, 1987, 1988 ja 1998.



Kuva 4.8.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kuuminaisten pohjavesiasemalla vuosina 1978-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 8,17 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1975-76 ja 1978. Analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.8.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Mn 66,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$  ja F 46,1%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ .

Taulukko 4.8.1. Kuuminaisten pohjavesiasemalta vuosina 1975-1976 ja 1978 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	10,4	10,0	9,2	12,0	1,08	12
Aik.	mmol l <sup>-1</sup>	0,23	0,24	0,10	0,47	0,091	14
pH		6,03	6,0	5,6	6,7	0,25	14
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	32,0	12	9	75	37,3	3
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	143	140	74	220	51,3	13
Cl	mg l <sup>-1</sup>	3,45	3,4	2,1	4,8	0,89	11
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	24,3	<20	<20	67	16,6	12
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	15,0	13,0	11,0	26,0	4,38	14
Na	mg l <sup>-1</sup>	3,64	3,55	2,9	6,5	0,89	14
K	mg l <sup>-1</sup>	4,04	4,1	3,1	4,9	0,48	14
Ca	mg l <sup>-1</sup>	9,97	9,5	7,6	14,0	1,78	14
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,75	1,7	1,1	2,8	0,41	14
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	32,7	30	5	90	25,4	13
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	354	360	270	430	45,4	13
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	14,0	11,0	<1	40,0	10,6	14
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,46	5,0	<1	7,0	2,42	13

## 4.9 Orivesi

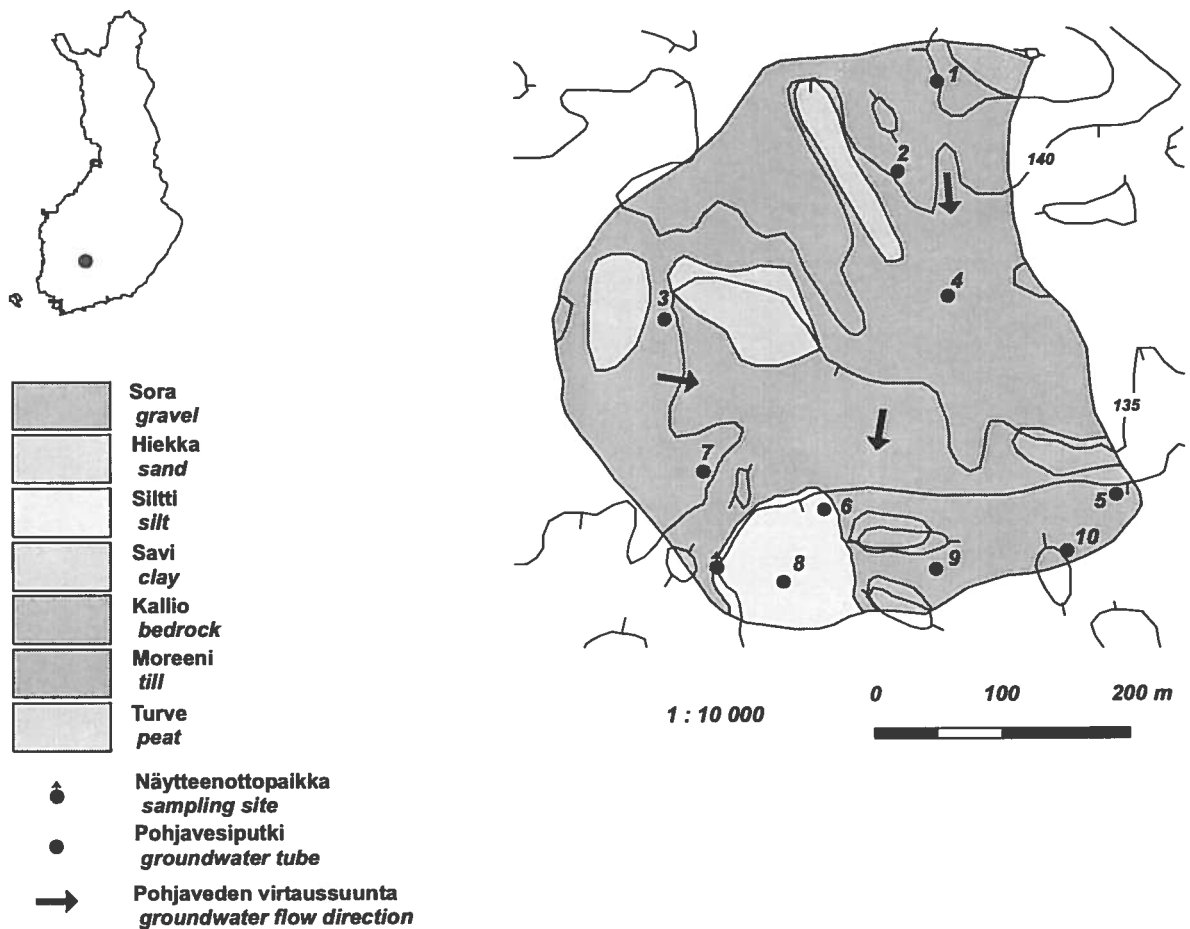
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Oriveden kunnassa (peruskarttalehdet 2142 04 D sekä 2142 05 C ja vesistöalue 35.741). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,41 km<sup>2</sup> ja pinnankorkeus vaihtelee välillä 127-150 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.9.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alueen maaperä on lähinnä moreenia, joka peittää ohuena kerroksena kallioperää. Painanteissa esiintyy silttiä. Alueella on lukuisia soita ja runsaasti kalliopaljastumia. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 79,8 %, turvetta 9,1 % ja silttiä 4,6 %. Paljastuneen kalliopin osuus on 4,6 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on porfyryriitti.

Pohjavesi virtaa pohjoisesta ja luoteesta kohti alueen eteläosia.

Pohjavesinäyte otetaan muoviputken ylivuodosta. Lähialueella on suoritettu harvennushakkuuta 1990-luvun alussa.

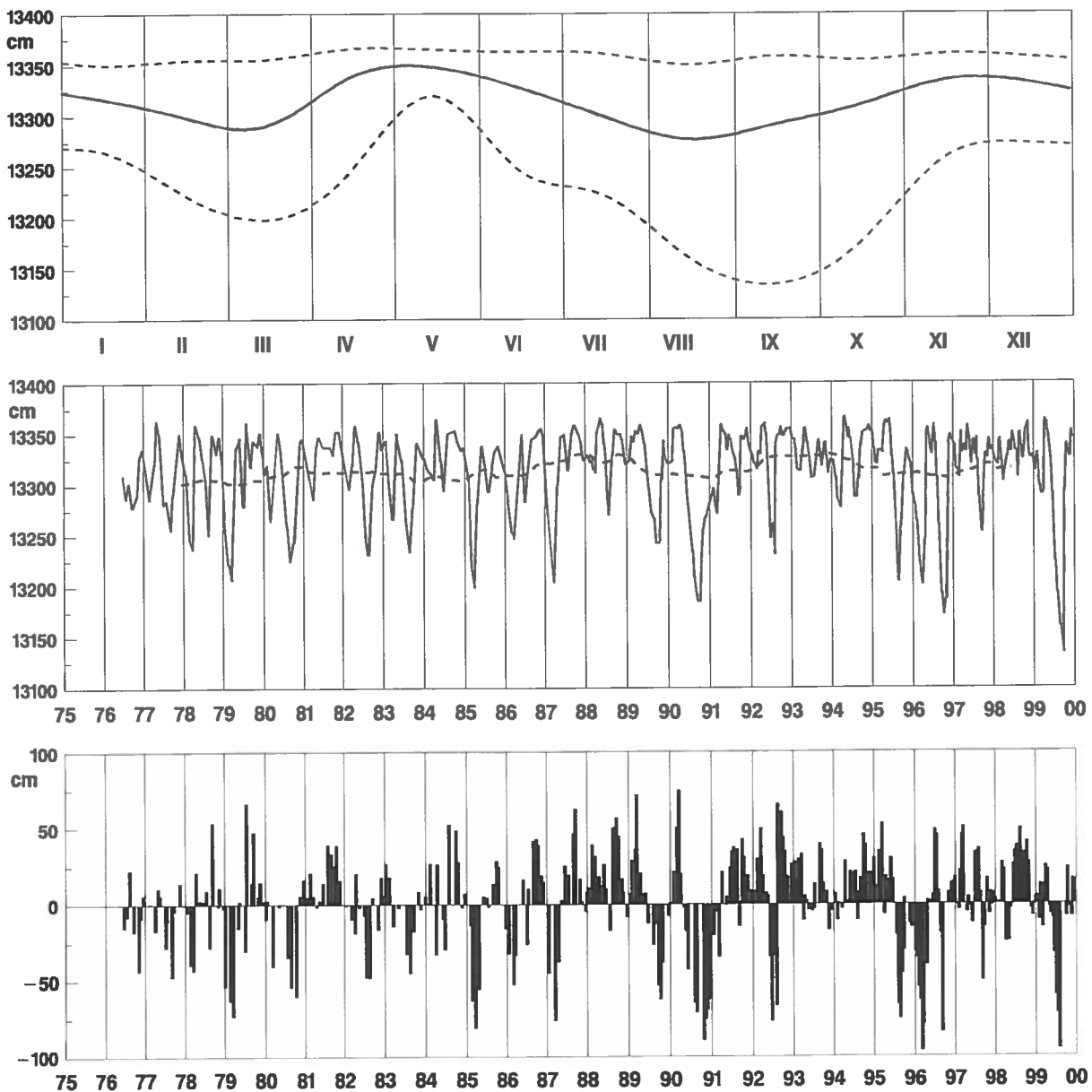


Kuva 4.9.1. Oriveden pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 349.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Oriveden alueella oli 67 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 232 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään huhtikuussa 1994. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.9.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1990, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1988, 1992 ja 1998.



Kuva 4.9.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Oriveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 133,46 m.



## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.9.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  17,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 8,4%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 7,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 51,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 70,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 89,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 71,3%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 95,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 81,8%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 92,3%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.9.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.9.3.

Taulukko 4.9.1. Oriveden pohjavesiasemalta vuosina 1976-1995 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$V_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	5,35	5,3	4,8	6,5	0,28	95
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	0,22	0,22	0,17	0,26	0,02	92
pH		5,81	5,8	5,4	6,0	0,10	96
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	101	96	76	160	19,4	33
$N_{NO_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	95,1	52	16	350	77,4	77
$N_{NH_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	7,4	3	1	66	10,8	84
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,0	5	3	7	1,3	26
$P_{PO_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	8,4	4	1	72	11,4	95
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	1,37	1,3	0,6	3,2	0,36	95
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	120	73	<20	470	123	41
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	29,7	<20	<20	180	33,4	92
$SO_4$	$\text{mg l}^{-1}$	9,15	9,1	7,5	13,0	0,88	91
Na	$\text{mg l}^{-1}$	2,84	2,8	1,6	4,6	0,39	89
K	$\text{mg l}^{-1}$	0,82	0,8	0,5	1,6	0,17	88
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	3,99	4,0	2,5	5,3	0,38	85
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	1,51	1,5	0,3	2,1	0,21	89
$SiO_2$	$\text{mg l}^{-1}$	14,2	14,2	13,0	15,5	0,66	33
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	153	150	30	280	37,3	71
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	216	123	<1	1500	234	69
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,25	.	22
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,86	<1	<1	16,0	2,78	81
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	8,0	.	74
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	2,0	.	22
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	7,97	<5	<5	48,0	13,5	21
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,010	<0,01	<0,01	0,05	0,012	13
TOC	$\text{mg l}^{-1}$	1,69	1,7	1,3	2,0	0,18	12

Taulukko 4.9.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Oriveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1995.

Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
$V_{25}$				Alk.				
pH	2,84	0,005	0,0078	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	$NO_3$	-8,81	<0,001	-55,0 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
$NH_4$	-2,61	0,002	-0,194	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$PO_4$	-2,22	0,026	-0,250 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl				$SO_4$				
Na				K				
Ca	3,59	<0,001	2,32	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	2,82	0,005	3,13 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	2,68	0,007	4,51	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al			

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.9.3. Sähkönjohtavuus on jonkin verran valtakunnallista mediaania korkeampi ja pH:n mediaani 0,5 yksikköä pienempi. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde (keskiarvo 1,46) on jonkin verran noussut. Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet ovat nousseet.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 5,3 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on vaihdellut tutkimusjakson aikana eikä merkitsevää trendiä esiinny. 1980-luvun puolivälin jälkeen sulfaattipitoisuus on pysynyt melko vakiona. Kloridipitoisuus on maan keskitasoa jonkin verran pienempi.

Nitraattipitoisuus on noussut 1970-luvun lopulla, minkä jälkeen pitoisuuden lasku on ollut likimain logaritmista. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat trendianalyysin mukaan pienentyneet.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on jonkin verran korkeampi, F-, Fe- ja Mn-pitoisuudet noin kaksinkertaisia ja Al-pitoisuus nelinkertainen valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna.

Taulukko 4.9.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Oriveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1994.

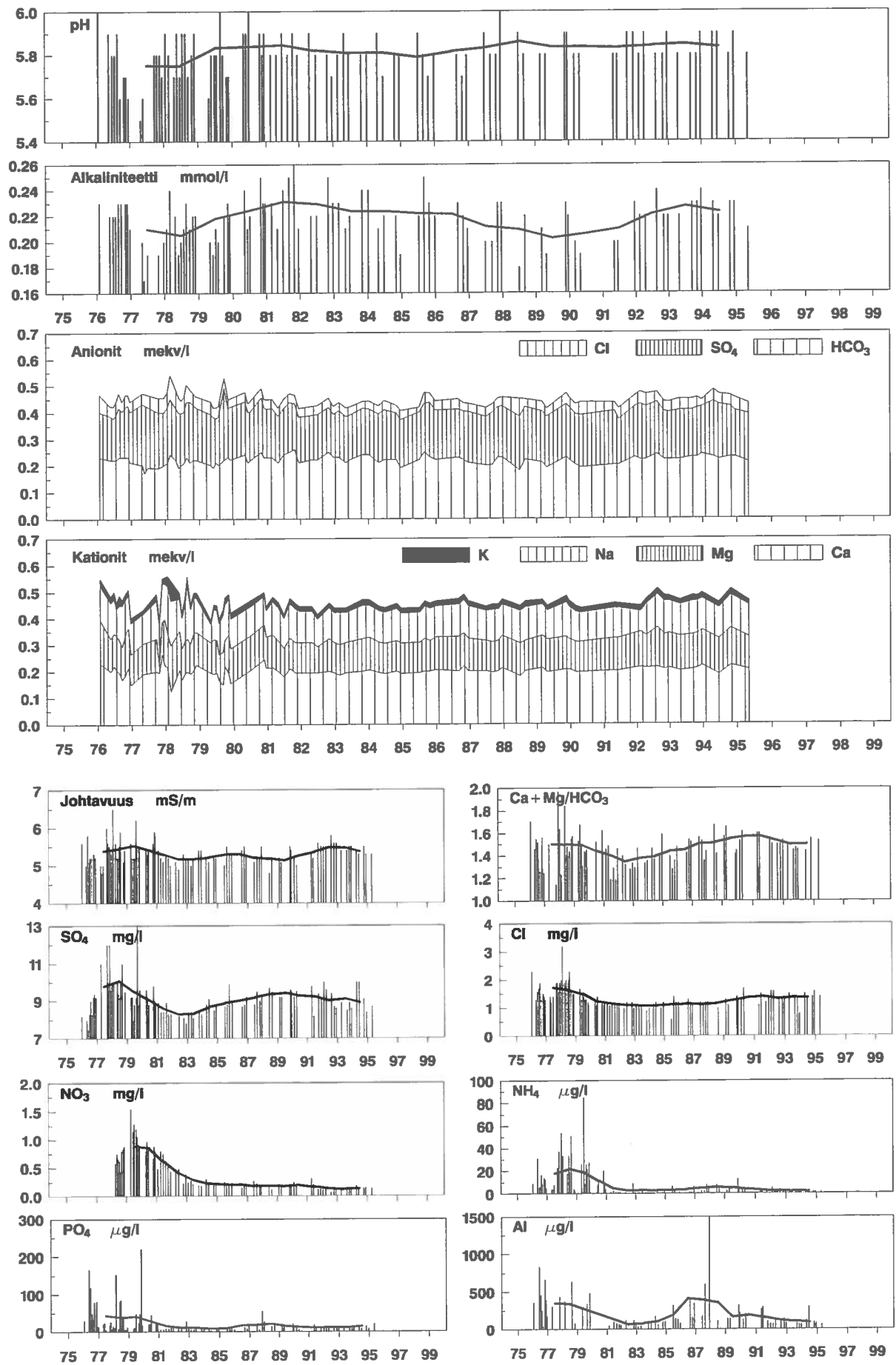
GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,45***												
pH			,21*											
NO <sub>3</sub>														
NH <sub>4</sub>					,36**									
PO <sub>4</sub>						,63***								
Cl						,45***	,25*							
SO <sub>4</sub>								,37***						
Na								,23*	,26*	,30**				
K										,57***				
Ca														
Mg														
Al														
SiO <sub>2</sub>														

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.9.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Oriveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1995.

## 4.10 Jämijärvi

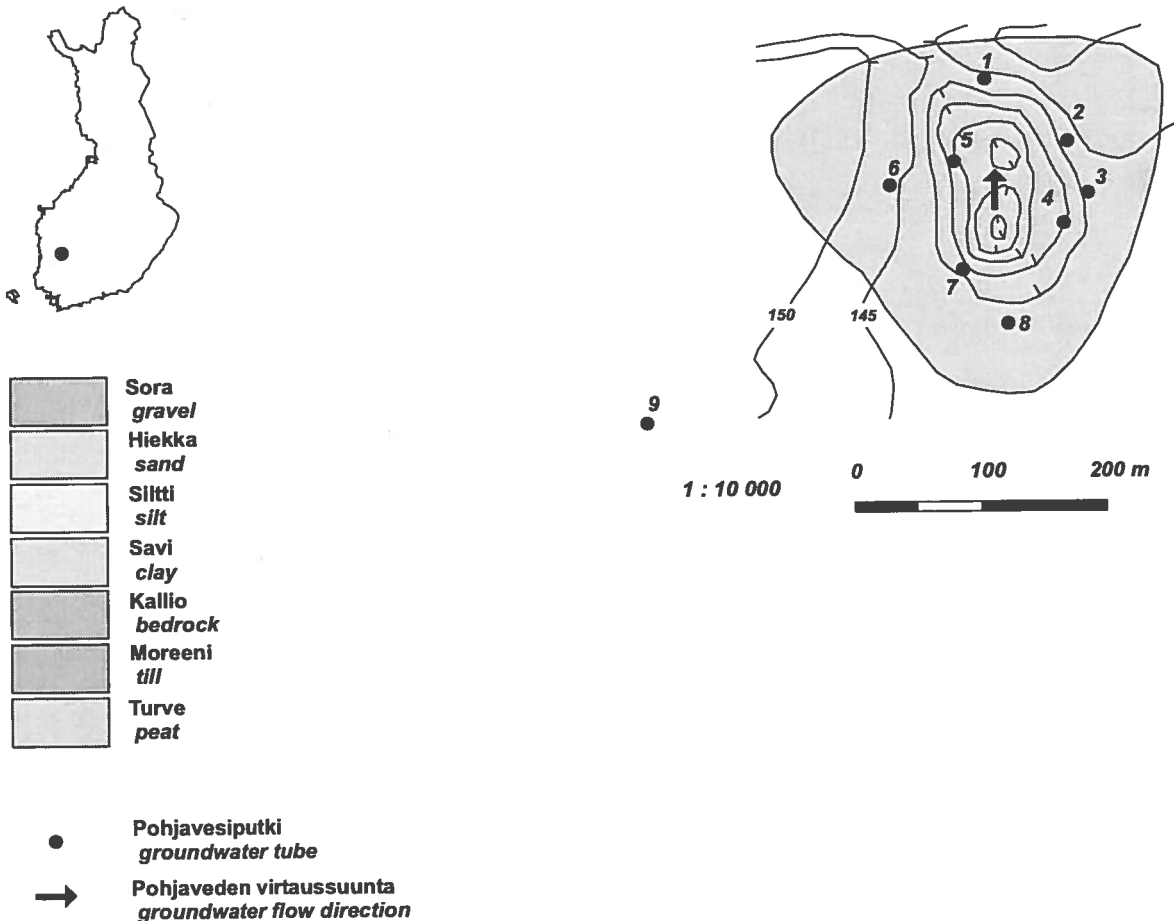
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Jämijärven kunnassa (peruskarttalehti 2122 06 ja vesistöalue 35.542). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,17 km<sup>2</sup> ja se edustaa suppakuopan ympäristöä. Pohjaveden muodostumisalue on kokonaisuudessa pinta-alaltaan huomattavasti suurempi. Alueen maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 118...150 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.10.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa Hämeenkannekan reunamuodostumaa. Ainekseltaan se on pääasiassa hiekkaa ja soraa. Maakerrosten paksuudet pohjaveden pinnan yläpuolella ovat useita kymmeniä metrejä. Pohjavesiaseman pintamaalaji on kokonaisuudessaan hiekkaa. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioriitti (Virransalo & Vaarna 1993).

Pohjaveden päävirtaussuunta on etelästä pohjoiseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 10 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 2 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä alueen pohjoislaidalla noin 1 km asemalta koilliseen. Lähteen arvioitu ylivuoto on 2...5 l s<sup>-1</sup>.

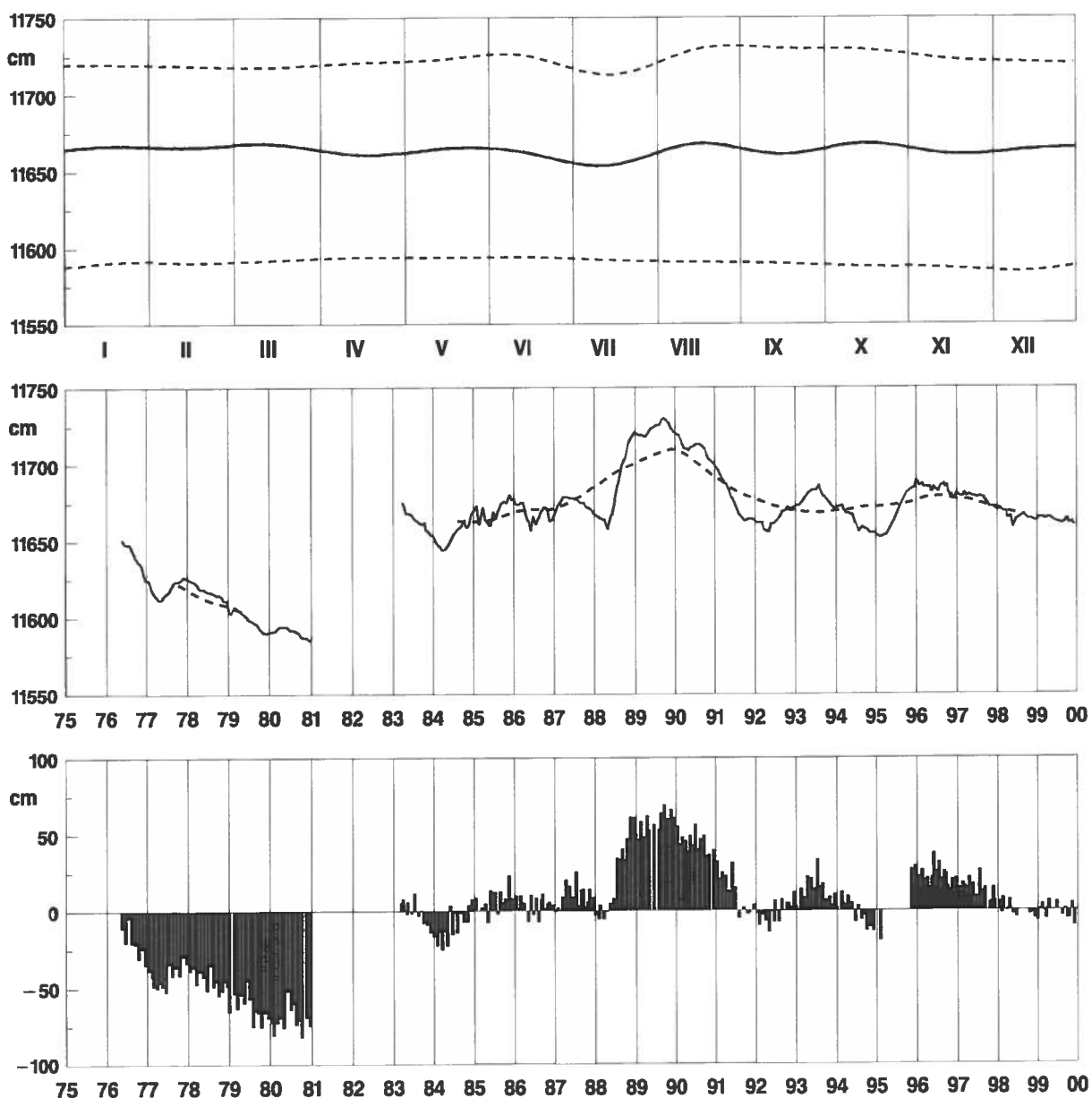


Kuva 4.10.1. Jämijärven pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 349.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Jämijärven alueella oli 7 cm. Alimmillaan vedenpinta oli heinäkuussa ja korkeimmillaan tammikuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 145 cm. Alimmillaan vedenpinta oli joulukuussa 1980 ja ylimmillään syyskuussa 1989. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.10.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Vuosilta 1981-1982 ei ole havaintoja. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1977, 1978, 1979 ja 1980; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1988, 1989 ja 1990.



Kuva 4.10.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Jämijärven pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 139,39 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1977 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.10.1.

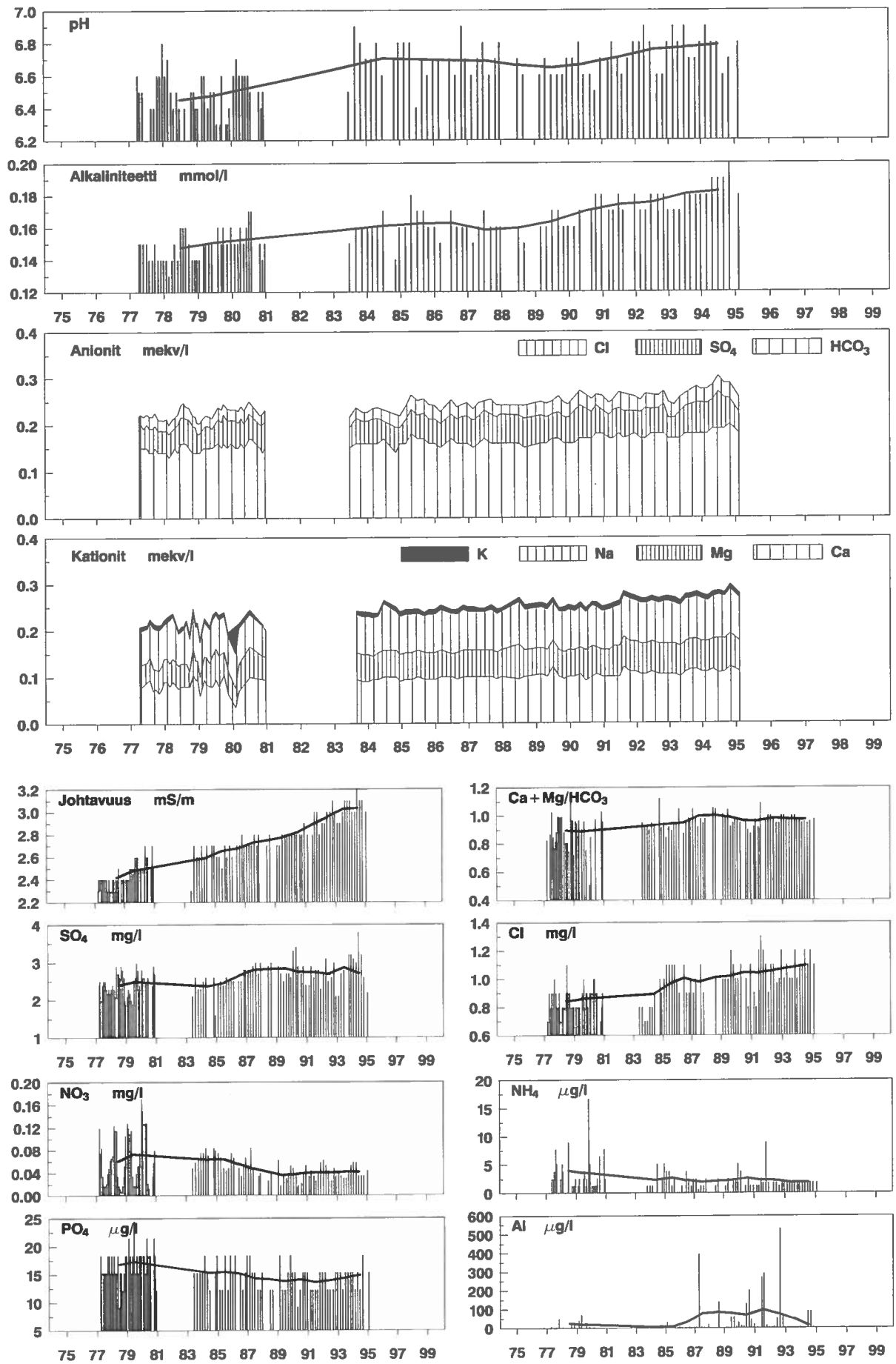
Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH4}$  30,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 74,7%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 98,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 100%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 37,5%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 81,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 94,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 100%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 84,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 80,6%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 81,3%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 63,6%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.10.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.10.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.10.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä pienempiä, mutta trendi on jyrkästi nouseva. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,3 yksikköä koko maan mediaania korkeampi ja trendi on nouseva. Alkaliniteetilla on nouseva trendi. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on lähellä arvoa 1, mutta suhde on loivasti noususuuntainen. Emäkationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat nousseet.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,2 mg l<sup>-1</sup> pienempi. Myös kloridipitoisuus on keskimääräistä pienempi. SO<sub>4</sub>- ja Cl-pitoisuuksien trendit ovat nousevia.

Taulukko 4.10.1. Jämijärven pohjavesiasemalta vuosina 1977-1995 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,66	2,7	2,3	3,2	0,23	106
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,16	0,16	0,13	0,20	0,01	104
pH		6,62	6,6	6,2	6,9	0,17	108
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	27,8	26	10	61	11,6	49
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	12,8	11	2	39	7,4	107
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	2,2	1,5	<1	13	1,8	85
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,4	5	4	8	1,0	37
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,1	5	3	8	0,9	106
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,3	0,14	103
Fe	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	56	8,1	51
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	<20	.	91
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,59	2,6	1,6	3,8	0,35	105
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,89	1,9	1,3	2,3	0,17	102
K	mg l <sup>-1</sup>	0,37	0,4	0,1	0,9	0,08	104
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,91	2,0	0,7	2,4	0,28	96
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,69	0,7	0,4	0,9	0,11	106
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	9,96	10,0	9,4	10,7	0,32	51
F	μg l <sup>-1</sup>	52,3	25	<20	400	78,1	72
Al	μg l <sup>-1</sup>	42,3	7	1	530	92,0	71
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,25	.	31
Cu	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	6,5	.	96
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	5,0	.	95
Ni	μg l <sup>-1</sup>	1,06	<1	<1	15,0	2,63	33
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	3,1	.	19
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,011	<0,01	<0,01	0,05	0,011	16
TOC	mg l <sup>-1</sup>	<0,5	<0,5	<0,5	1,0	.	12



Kuva 4.10.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Jämijärven pohjavesiasemalla vuosina 1977-1995.

Nitraattipitoisuus on pieni ja trendi laskeva. NO<sub>3</sub>-pitoisuus on vaihdellut vuodenaajasta riippuen, mutta vaihtelu on tutkimusjakson loppupuoliskolla tasaantunut, mahdollisesti näytteenottofrekvenssin harventamisen tai lähteen patoamisen vaikutuksesta. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on laskeutunut tasaisesti. Kokonais- ja fosfaattifosforipitoisuudet ovat jonkin verran keskimääräistä pienempiä. PO<sub>4</sub>-pitoisuudella on laskeva trendi.

Fluoridi-, rauta-, mangaani- ja alumiinipitoisuudet ovat pieniä.

Taulukko 4.10.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Jämijärven pohjavesiasemalla vuosina 1977-1995.

Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	11,6	<0,001	41,8	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	8,97	<0,001	2,32	µmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	6,00	<0,001	0,0153	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-3,14	0,002	-1,30	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-2,40	0,016	-0,0437	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-3,97	<0,001	-0,133	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	6,96	<0,001	19,1	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	5,02	<0,001	35,2	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	8,22	<0,001	17,0	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	2,47	0,014	0,296	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	8,64	<0,001	33,6	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	8,03	<0,001	13,7	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	3,05	0,002	0,0040	ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Taulukko 4.10.3. Pohjaveden laatuomuttujen keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Jämijärven pohjavesiasemalla vuosina 1977-1994.

GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,82***												
pH		,61***	,53***											
NO <sub>3</sub>		-,28**	-,30**											
NH <sub>4</sub>		-,22*		-,24*										
PO <sub>4</sub>		-,42***	-,43***	-,31**	,31**									
Cl		,70***	,65***	,36***	-,34***									
SO <sub>4</sub>		,56***	,39***	,23*	-,29**		-,35***	,40***						
Na		,72***	,61***	,53***	-,26**		-,36***	,54***	,33***					
K		,30**	,27**	,38***			-,22*	,26*		,40***				
Ca		,83***	,75***	,48***	-,25*	-,26*	-,32**	,60***	,47***	,62***	,26*			
Mg		,70***	,69***	,52***			-,35***	,53***	,28**	,58***	,40***	,69***		
Al				-,44***							-,33**			
SiO <sub>2</sub>		-,38**	-,43**	-,33*								-,34*	-,41**	

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001



## 4.11 Siikainen

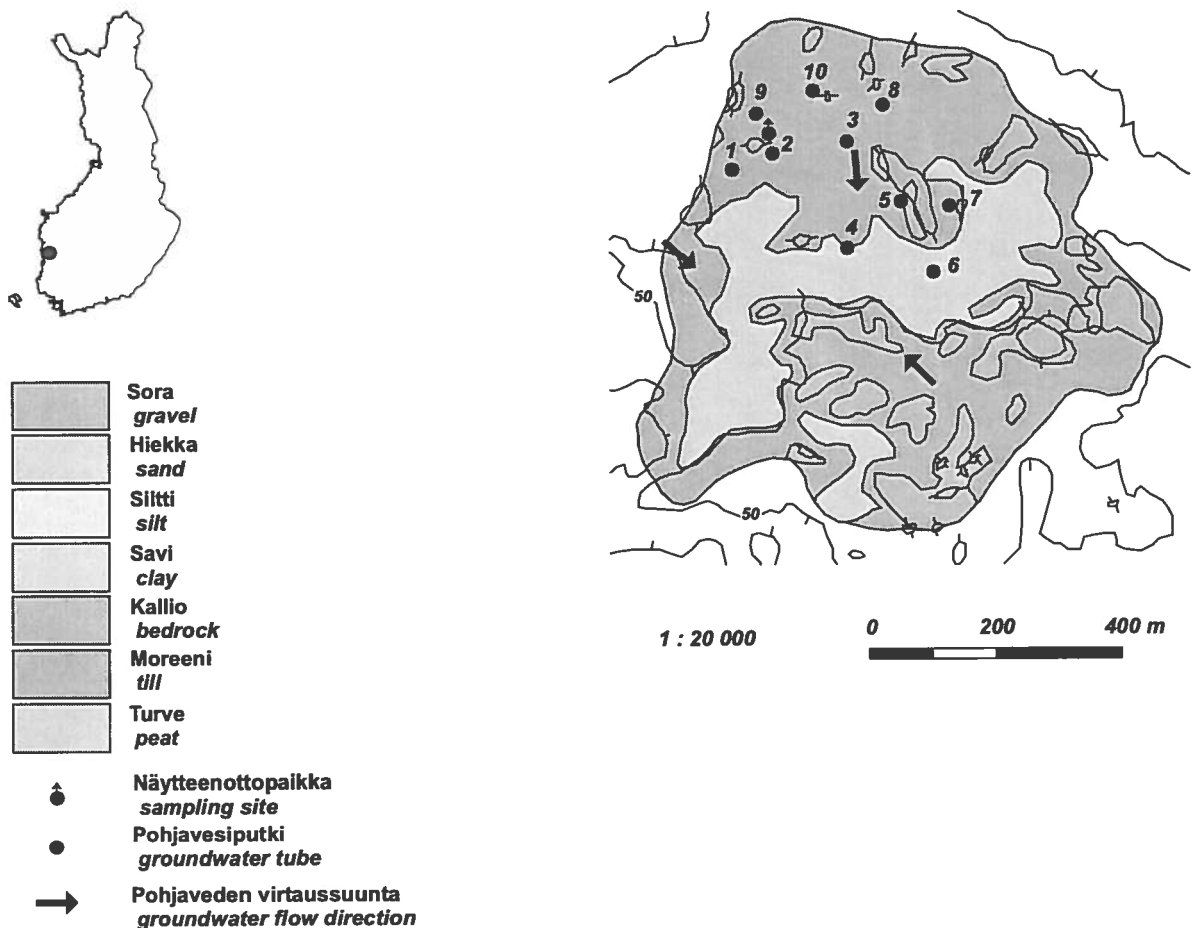
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Siikaisten kunnassa (peruskarttalehti 1233 01 C ja vesistöalue 36.061). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,26 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 50...61 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.11.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Pohjavesiasema edustaa alueelle tyypillistä järvien ja soiden vuorottelemaa kumpuilevaa moreenimaastoa. Alueen kallioperä on melko tasainen, joten se antaa pinnanmuotoihin vain vähäistä vaihtelua. Muodostumisalueen pintamaalajeista on moreenia 61,8 % ja turvetta 25,5 %. Paljastuneen kalliopinnan osuus on 12,7 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi.

Pohjavesi virtaa pohjoisesta ja kaakosta tasaisten moreenialueiden kautta alueen keskellä olevaa suoaluetta kohti.

Pohjavesinäytteet on otettu noin kolmen metrin syvyyteen asennetusta näytteenottoputkesta, jossa näytettä otettaessa vesi sameutuu helposti. Näytteenottoaikojen edustavuus on huono, joten näytteenotto on lopetettu vuonna 1983.

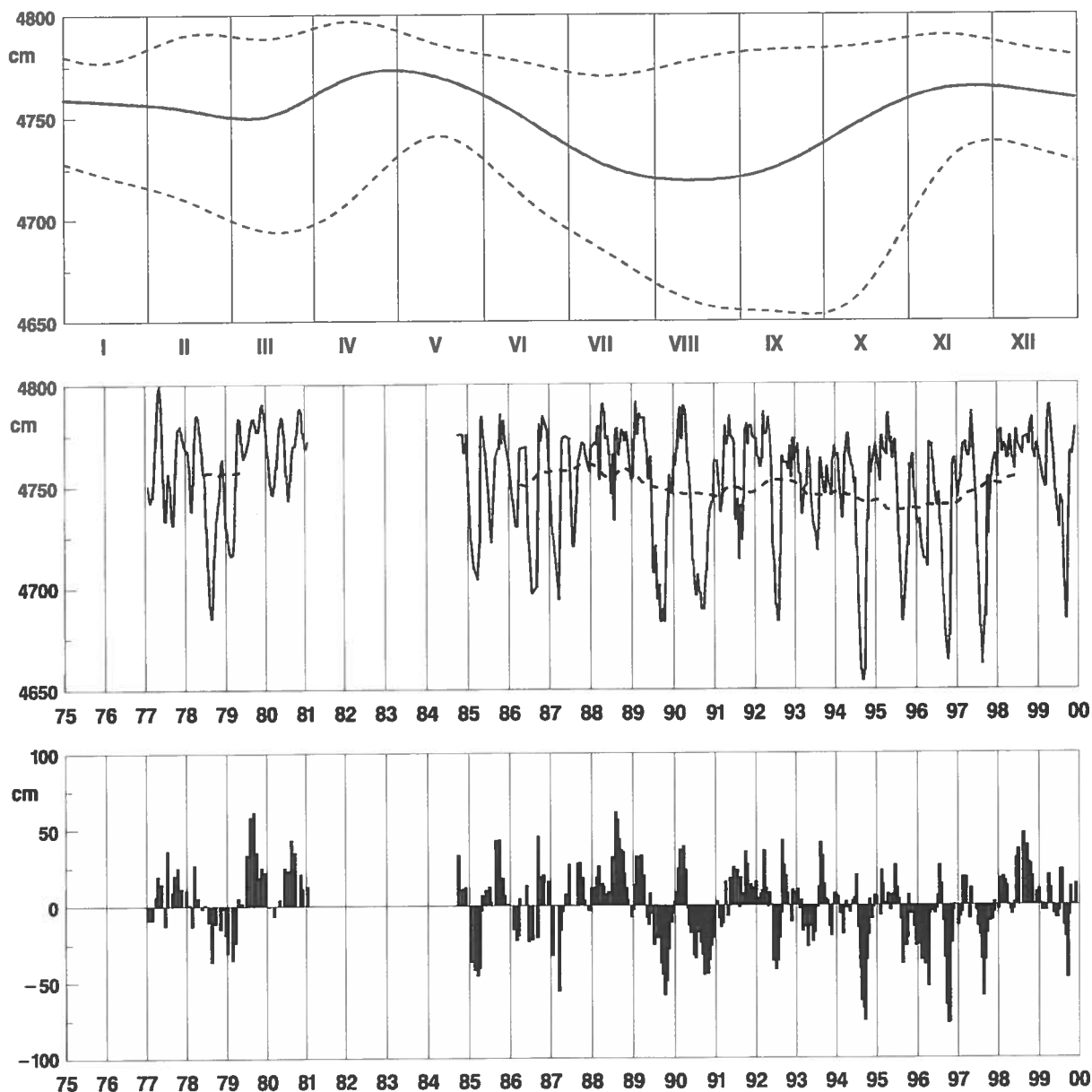


Kuva 4.11.1. Siikaisten pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 350.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Siikaisten alueella oli 50 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan huhti-toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1977-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 143 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1994 ja ylimmillään huhtikuussa 1977. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.11.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Vuosilta 1981-1984 ei ole havaintoja. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1989, 1990 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1979, 1988, 1991 ja 1998.



Kuva 4.11.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Siikaisten pohjavesiasemalla vuosina 1977-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 48,11 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1977-1983. Näytteistä määritetyt ainepitoisuudet on esitetty taulukossa 4.11.1  $N_{NO_3}$ -määrityksistä  $30,0\% \leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ . Raskametallipitoisuuksia ei ole esitetty, koska Ruttner-näyteenottimen käytöstä johtuvien kontaminaatioiden mahdollisuus on ilmeinen. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.11.2.

Taulukko 4.11.1. Siikaisten pohjavesiasemalta vuosina 1977-1983 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	8,81	8,9	5,8	11,0	0,94	38
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	0,36	0,34	0,16	0,58	0,102	39
pH		5,85	5,9	5,5	6,2	0,18	39
$N_{NO_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,0	2,5	1	46	9,4	30
$N_{NH_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	197	205	1	300	56,3	34
$P_{PO_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	156	110	6	610	145	34
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	3,11	3,1	2,4	4,9	0,47	39
Fe	$\text{mg l}^{-1}$	42,8	41,3	17,8	77,0	18,7	10
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	827	610	36	3900	809	29
$SO_4$	$\text{mg l}^{-1}$	12,5	13,0	2,0	21,0	3,86	34
Na	$\text{mg l}^{-1}$	4,85	4,3	2,5	8,8	1,50	34
K	$\text{mg l}^{-1}$	4,43	3,55	1,3	13,0	2,77	28
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	5,12	5,15	1,1	8,4	1,51	34
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	5,04	4,5	1,8	12,5	2,45	30
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	139	125	70	250	45,2	16
Al	$\text{mg l}^{-1}$	3,66	2,20	0,009	16,8	4,73	12

Taulukko 4.11.2. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Siikaisten pohjavesiasemalla vuosina 1977-1983. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näyteenottoajankohtaa. Merkitsevyyden tason  $p = 0,05$  alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	$Y_{25}$	Alk.	pH	$NO_3$	$NH_4$	$PO_4$	Cl	$SO_4$	Na	K	Ca	Mg	Al
$Y_{25}$														
Alk.		,54***												
pH		,61***	,32*											
$NO_3$														
$NH_4$		,35*												
$PO_4$		,57***	,56***			,46*								
Cl			-,39*											
$SO_4$			-,53**				-,52**	-,37*						
Na							,63***							
K						,50*	,71***			,63***				
Ca														
Mg						,61***	,67***			,59***	,90***			
Al														

\*  $p \leq 0,05$   
 \*\*  $p \leq 0,01$   
 \*\*\*  $p \leq 0,001$

## 4.12 Elimäki

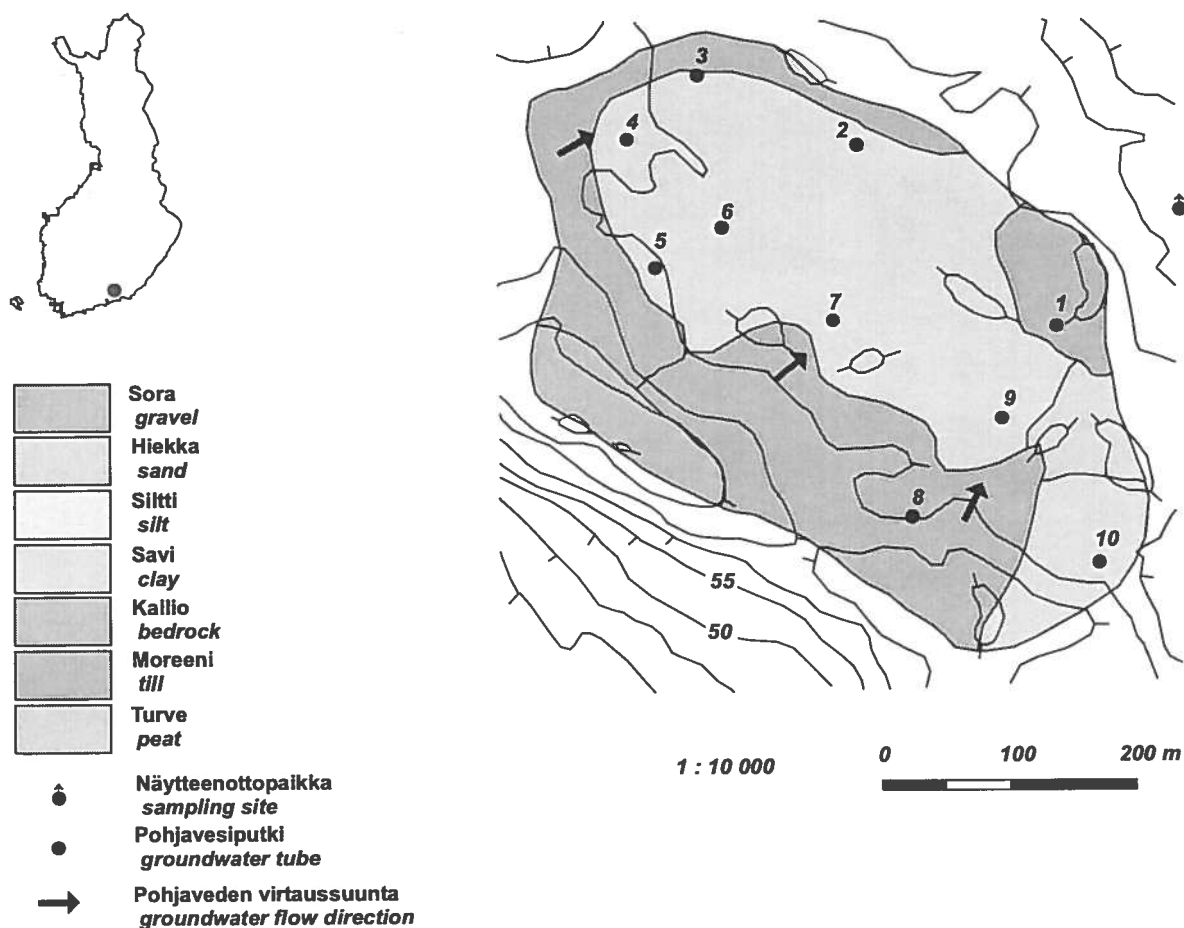
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Elimäen kunnassa (peruskarttalehti 3024 06 B ja vesistöalue 14.114). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,44 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 56...76 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.12.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Aseman alueella moreeni myötäilee ohuena kerroksena kallion muotoja. Kumpujen väliset alueet ovat savien täyttämiä. Pintaosien aines on hyvin lajittunutta. Muodostumisalueen pintamaalajeista savea on 49,8 %, moreenia 41,5 % ja hiekkaa 3,4 %. Paljastuneen kalliopinnan osuus on 5,3 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on rapakivigraniitti.

Pohjaveden muodostumisalue on maljamainen allas, jota rajoittavat moreenikumpareet etelässä, lounaassa ja pohjoisessa. Pohjaveden päävirtaussuunta on lounaasta koilliseen.

Näytteenottoaikka on pinta-alaltaan noin 0,7 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,1 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä vanhan avohakkuualueen reunassa. Lähteen arvioitu ylivuoto vaihtelee vuodenojottain, noin 0 - 0,5 l s<sup>-1</sup>. Aikaisemmin Elimäen pohjavesiaseman näytteet otettiin näytteenottoputkesta, mutta huonon edustavuuden takia näytteet on vuodesta lähtien otettu 1988 nykyisestä lähteestä. Lähialueella on suoritettu metsän avohakkuu vuonna 1994.

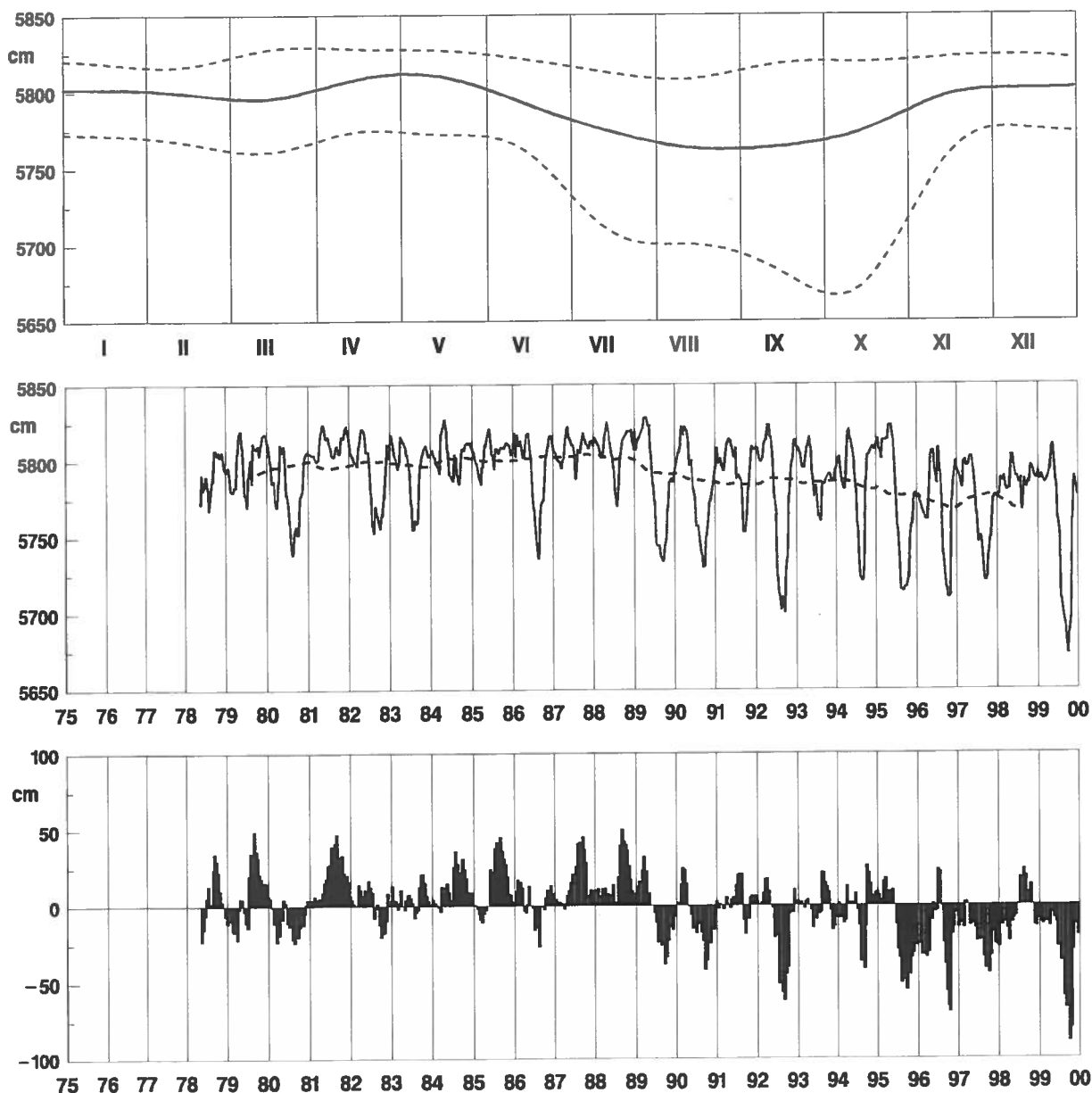


Kuva 4.12.1. Elimäen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 350.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Elimäen alueella oli 48 cm. Alimmillaan vedenpinta oli heinä-syyskuussa ja korkeimmillaan huhti-toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1978-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 155 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään maaliskuussa 1989. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.12.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1989, 1990, 1992, 1995, 1996, 1997 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1985, 1987 ja 1988.



Kuva 4.12.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Elimäen pohjavesiasemalla vuosina 1978-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 58,47 m.

## Pohjaveden laatu

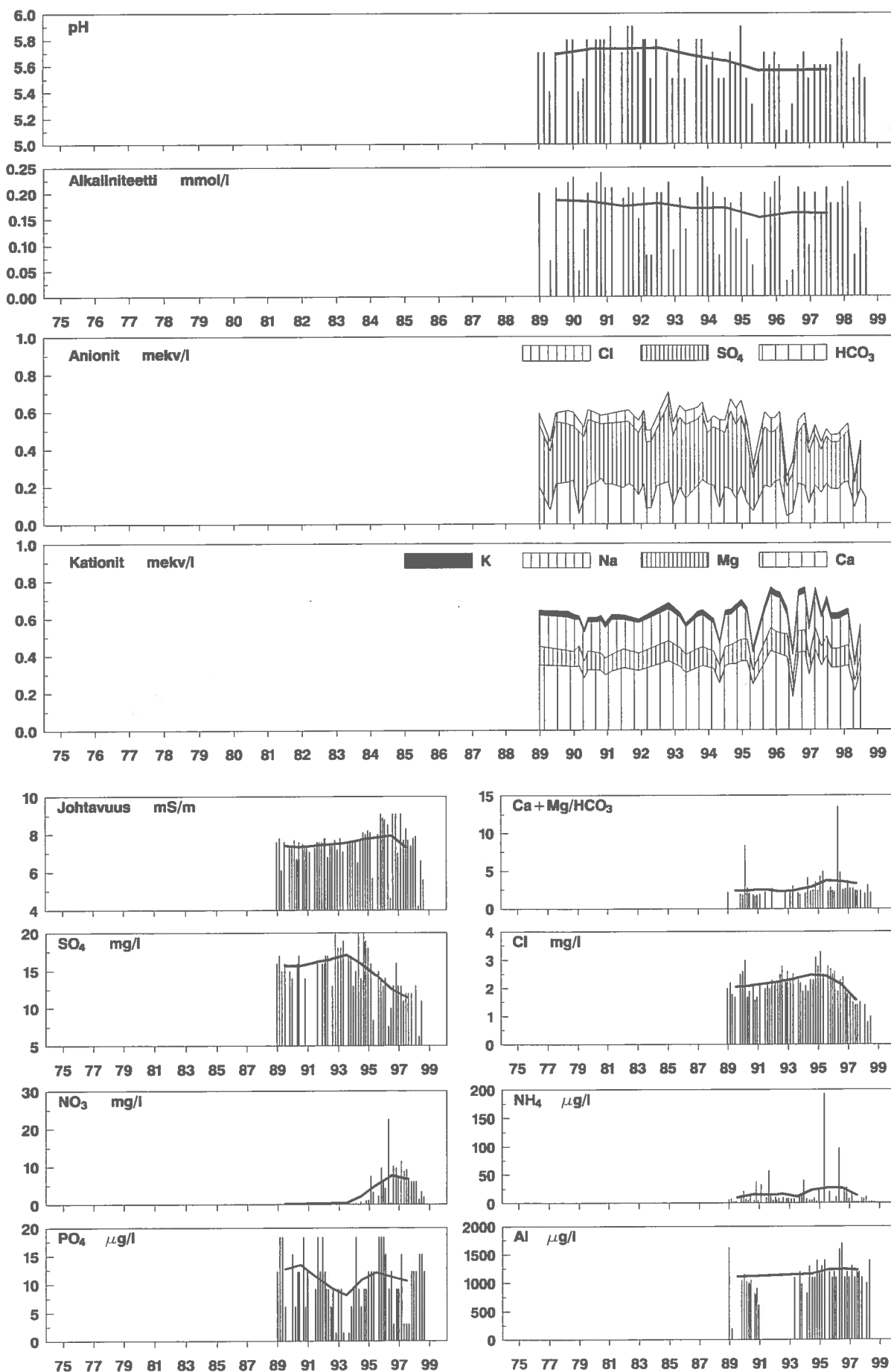
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1988 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.12.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $P_{PO_4}$  6,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 17,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 84,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 85,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 97,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 6,1%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 91,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 91,4%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 69,6%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.12.2.

Pohjaveden sähkönjohtavuusarvot ylittävät selvästi maan keskiarvon ja pH:n mediaani on 0,5 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Alkaliniteetti on jonkin verran keskimääräistä pienempi. Vahvojen, todennäköisesti laskeumaperäisten happojen vaikutus ilmenee korkeana Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhteena (2,6). Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat keskimääräistä korkeampia.

Taulukko 4.12.1. Elimäen pohjavesiasemalta vuosina 1988-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	7,61	7,6	4,6	9,1	0,82	52
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,17	0,20	0,03	0,24	0,06	51
pH		5,65	5,7	5,1	5,9	0,17	51
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	840	230	120	6100	1132	51
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	656	99,5	17	5100	1018	50
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	13,2	7	2	150	23,1	52
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	12,1	7	3	93	15,7	52
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,5	3	<1	6,0	1,66	50
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,20	2,2	1,4	3,3	0,44	51
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	125	51,5	<20	2800	392	52
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	180	.	50
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	15,1	15,5	7,6	20,0	2,90	44
Na	mg l <sup>-1</sup>	4,17	3,85	2,2	20,0	2,61	40
K	mg l <sup>-1</sup>	1,09	1,1	0,5	1,5	0,21	39
Ca	mg l <sup>-1</sup>	6,85	6,9	3,5	8,6	1,03	39
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,22	1,2	0,9	1,5	0,14	39
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	16,9	18,0	8,9	20,0	2,6	44
F	mg l <sup>-1</sup>	2,38	2,50	1,10	2,90	0,35	34
Al	mg l <sup>-1</sup>	1,13	1,10	0,20	1,70	0,27	35
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,33	.	35
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	8,1	.	35
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	2,1	.	34
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	1,6	.	34
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	8,85	6,8	4,3	22,2	5,02	33
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,026	<0,01	<0,01	0,20	0,048	23
TOC	mg l <sup>-1</sup>	3,80	2,5	<0,5	19,0	3,75	35



Kuva 4.12.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Elimäen pohjavesiasemalla vuosina 1988-1998.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaaniin verrattuna yli nelinkertainen. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on laskenut 1990-luvun puolenvälin jälkeen. Kloridipitoisuus on keskimääräistä valtakunnallista tasoa ja pitoisuus on niinkään laskenut 1990-luvun loppupuolella. Nitraattipitoisuus on noussut voimakkaasti avohakkuiden seurauksena vuodesta 1995 lähtien, mutta pitoisuus on kääntynyt laskusuuntaan vuonna 1997.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on selvästi keskimääräistä korkeampi, alumiinin mediaanipitoisuus on yli 30-kertainen ja fluoridin mediaanipitoisuus yli 40-kertainen maan mediaaneihin verrattuna. Korkeat fluoridipitoisuudet ovat tyypillisiä rapakivialueiden pohjavesille. Orgaanisen hiilen pitoisuus on erityisesti keväisin ollut keskimääräistä korkeampi.

Taulukko 4.12.2. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Elimäen (uusi näytteenottoaika) pohjavesiasemalla vuosina 1988-1994. GWL = pohjaveden pinnan korkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.														
pH														
NO <sub>3</sub>														
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>														
Cl														
SO <sub>4</sub>														
Na														
K														
Ca														
Mg														
Al														
SiO <sub>2</sub>														
*	p ≤ 0,05													
**	p ≤ 0,01													
***	p ≤ 0,001													



## 4.13 Valkeala

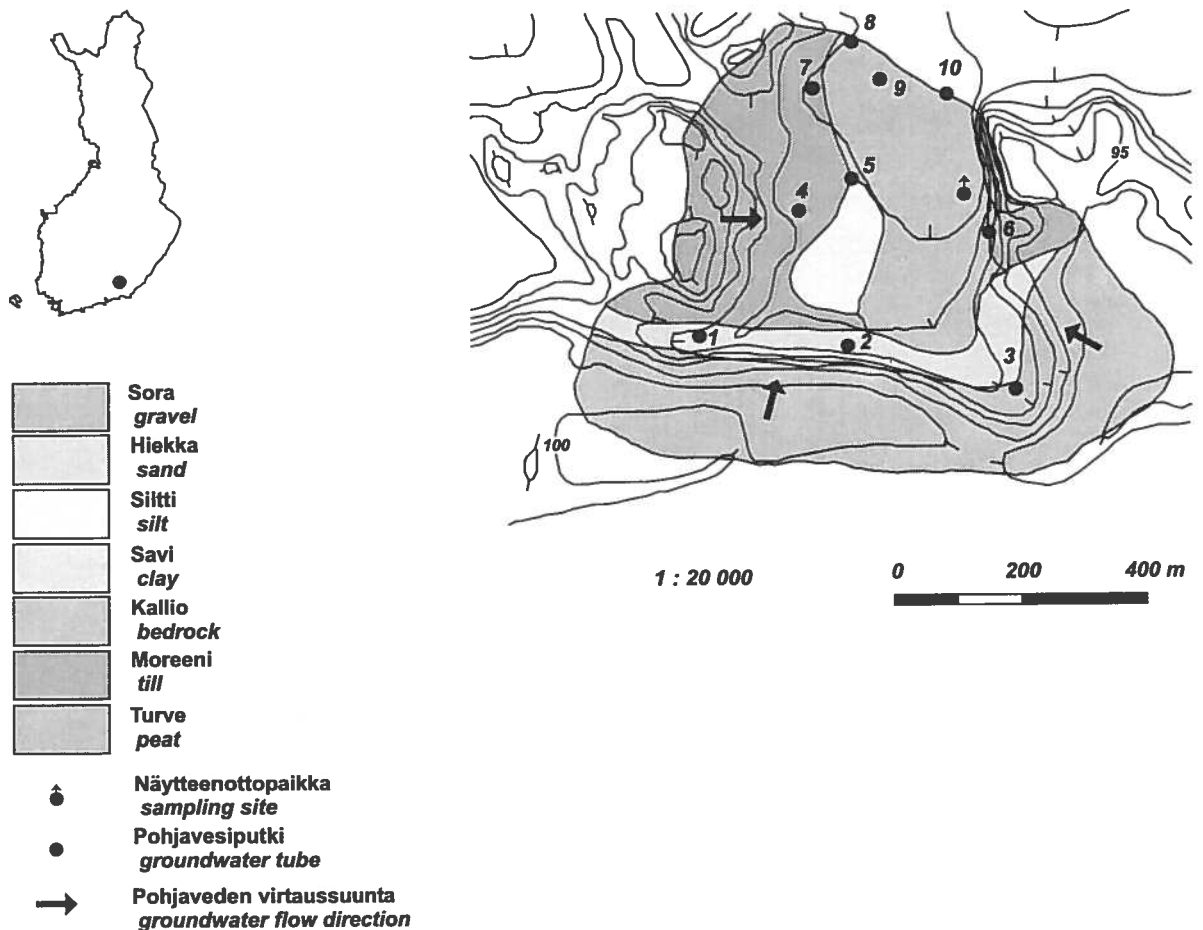
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Valkealan kunnassa (peruskarttalehti 3131 02 B ja vesistöalue 14.182). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,79 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 68...105 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.13.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa ensimmäistä Salpausselkää. Keskellä on suuri suo, jota lännessä reunustavat moreenimäet ja idässä kalliopaljastumat. Eteläosassa aluetta on soraa ja hiekkaa, pohjoisosissa pääasiassa moreenia. Muodostumisalueen pintamaalajeista soraa on 59,0 %, moreenia 17,6 %, turvetta 13,7 %, hiekkaa 6,7 % ja silttiä 2,8 %. Paljastuneen kalliopinnan osuus on 0,6 %. Kalliope-  
rän vallitseva kivilaji on rapakivigraniitti.

Pohjaveden päävirtaussuunta on etelästä ja kaakosta kohti alueen keskellä olevaa suota. Myös lännessä pohjavesi virtaa suolle päin.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 150 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 250 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitse rinteiden ja suon yhtymäkohdassa. Lähden arvioitu ylivuoto on 10...15 l s<sup>-1</sup>. Lähden yläpuoliselta rinteeltä on hakattu tiheä kuusikko 1980-luvun alussa. Valuma-alueen eteläosan poikki kulkee talvisuolattava tie.

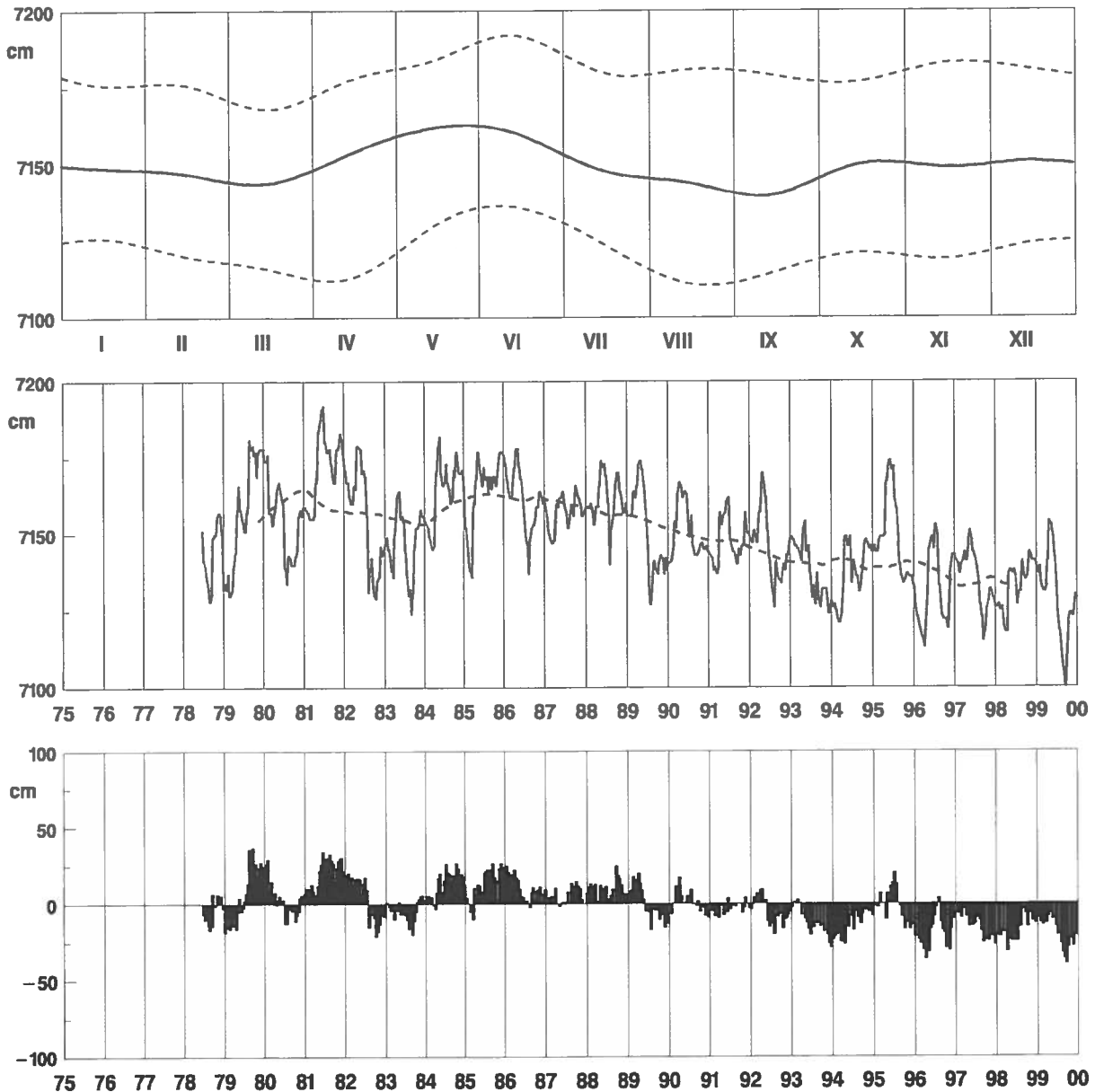


Kuva 4.13.1. Valkealan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 351.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Valkealan alueella oli 18 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1978-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 94 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään kesäkuussa 1981. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.13.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1993, 1994, 1996, 1997, 1998 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1979, 1981, 1982, 1984, 1985 ja 1988.



Kuva 4.13.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Valkealan pohjavesiasemalla vuosina 1978-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 72,31 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.13.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $P_{\text{tot}}$  6,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $P_{\text{PO4}}$  15,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 89,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 84,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 63,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 83,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 76,3%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 94,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 89,5%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 91,3%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 22,7%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.13.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.13.3.

Taulukko 4.13.1. Valkealan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	9,20	10,0	5,1	13,1	2,65	206
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	0,29	0,28	0,22	0,34	0,02	161
pH		6,82	6,8	6,2	7,5	0,17	206
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	131,3	130	87	360	36,0	78
$N_{\text{NO3}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	84,7	83	20	180	21,3	165
$N_{\text{NH4}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,8	5	1	36	5,4	139
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,1	3	<1	14	2,1	65
$P_{\text{PO4}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,3	2	<1	23	3,9	141
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	11,9	14,0	2,0	21,0	6,27	196
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	53	.	102
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	64	.	131
$\text{SO}_4$	$\text{mg l}^{-1}$	4,09	3,9	1,1	9,2	1,47	155
Na	$\text{mg l}^{-1}$	4,01	3,15	1,6	13,0	1,93	142
K	$\text{mg l}^{-1}$	0,96	1,0	0,6	1,3	0,17	138
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	8,62	9,0	4,5	13,0	2,52	130
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	1,34	1,3	0,5	10,7	0,87	140
$\text{SiO}_2$	$\text{mg l}^{-1}$	12,9	13,0	11,0	14,3	0,64	69
F	$\text{mg l}^{-1}$	1,45	1,40	1,10	2,30	0,174	108
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	32,6	15	2	355	55,2	101
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	.	38
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,69	<1	<1	88,0	9,36	127
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,19	<1	<1	12,0	2,37	117
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,34	<1	<1	60,0	10,1	36
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	15,9	<5	<5	250	46,1	38
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	0,01	0,06	.	23
TOC	$\text{mg l}^{-1}$	0,89	0,75	<0,5	3,4	0,55	44

Taulukko 4.13.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Valkealan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus
$Y_{25}$	16,0	<0,001	0,345 $\text{mS m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	5,32	<0,001	0,584 $\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH				$\text{NO}_3$			
$\text{NH}_4$	-5,52	<0,001	-0,321 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$	-5,60	<0,001	-0,244 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl	15,8	<0,001	0,831 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$	12,1	<0,001	0,185 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Na	13,2	<0,001	0,231 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K	9,86	<0,001	17,9 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca	12,5	<0,001	0,316 $\text{mg l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	12,5	<0,001	44,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$	10,9	<0,001	64,7 $\text{mekv ekv}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Al	-2,25	0,024	-0,465 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.13.3. Sähkönjohtavuus on yli kaksinkertainen maan mediaaniin verrattuna ja trendi on ollut voimakkaasti nouseva. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,5 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Alkaliniteetti on tarkastelujakson aikana jonkin verran kohonnut. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on noussut vuoden 1975 keskiarvosta 1,1 vuoden 1997 keskiarvoon 2,5, mikä on seurausta karbonaatti- ja maa-alkalimineraalien rapautumisen lisääntymisestä vahvojen, laskeumaperäisten happojen vaikutuksesta. Kalsiumpitoisuus on tutkimusjakson aikana kaksinkertaistunut ja vuonna 1997 Ca-pitoisuus oli nelinkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on lähellä maan mediaania, mutta pitoisuus on kohonnut voimakkaasti 1990-luvun puoleenväliin saakka (korkein pitoisuus vuosina 1995-1996, jolloin keskiarvo 6,75 mg l<sup>-1</sup>), jonka jälkeen pitoisuus on kääntynyt laskusuuntaan. Kloridipitoisuus on voimakkaasti noussut, jyrkimmin 1980-luvun alkupuolella. Kloridipitoisuuden nousu johtuu pohjaveden muodostumisalueen poikki kulkevan tien talvisuolauksesta. Pohjaveden pinnankorkeuden ja kloridipitoisuuden välinen korrelaatio on negatiivinen, toisin kuin esimerkiksi pinnankorkeuden korrelaatiot nitraatin ja fosfaatin kanssa. Kloridipitoisuus siis laimenee näytteenottopisteen ympäristössä pohjavesivaraston kasvaessa, mikä johtuu näytteenottopisteen etäisyydestä (800 m) maantiehen. Kloridin ja eräiden muiden ionien pitoisuussyklejä on tarkasteltu tarkemmin luvussa 5.2.2.

Nitraattipitoisuus on noussut 1980-luvun alkupuolella alueella suoritettujen avohakkuiden seurauksena. Metsänhakuun jälkeen alueella on tehty myös maanpinnan muokkausta. Nitraattipitoisuus on ollut laskusuunnassa 1980-luvun puolivälin jälkeen ja pitoisuus oli tutkimusjakson lopussa samalla tasolla kuin ennen metsänhakkuita. Nitraattipitoisuuden vuodenaikaisvaihtelu näkyy aikasarjassa selvästi. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on maan keskitasoa ja pitoisuudella on laskeva trendi. Fosforipitoisuus on keskimääräistä pienempi. PO<sub>4</sub>-pitoisuudella on laskeva trendi. Fluoridipitoisuus on rapakivialueelle tyypillisen korkea.

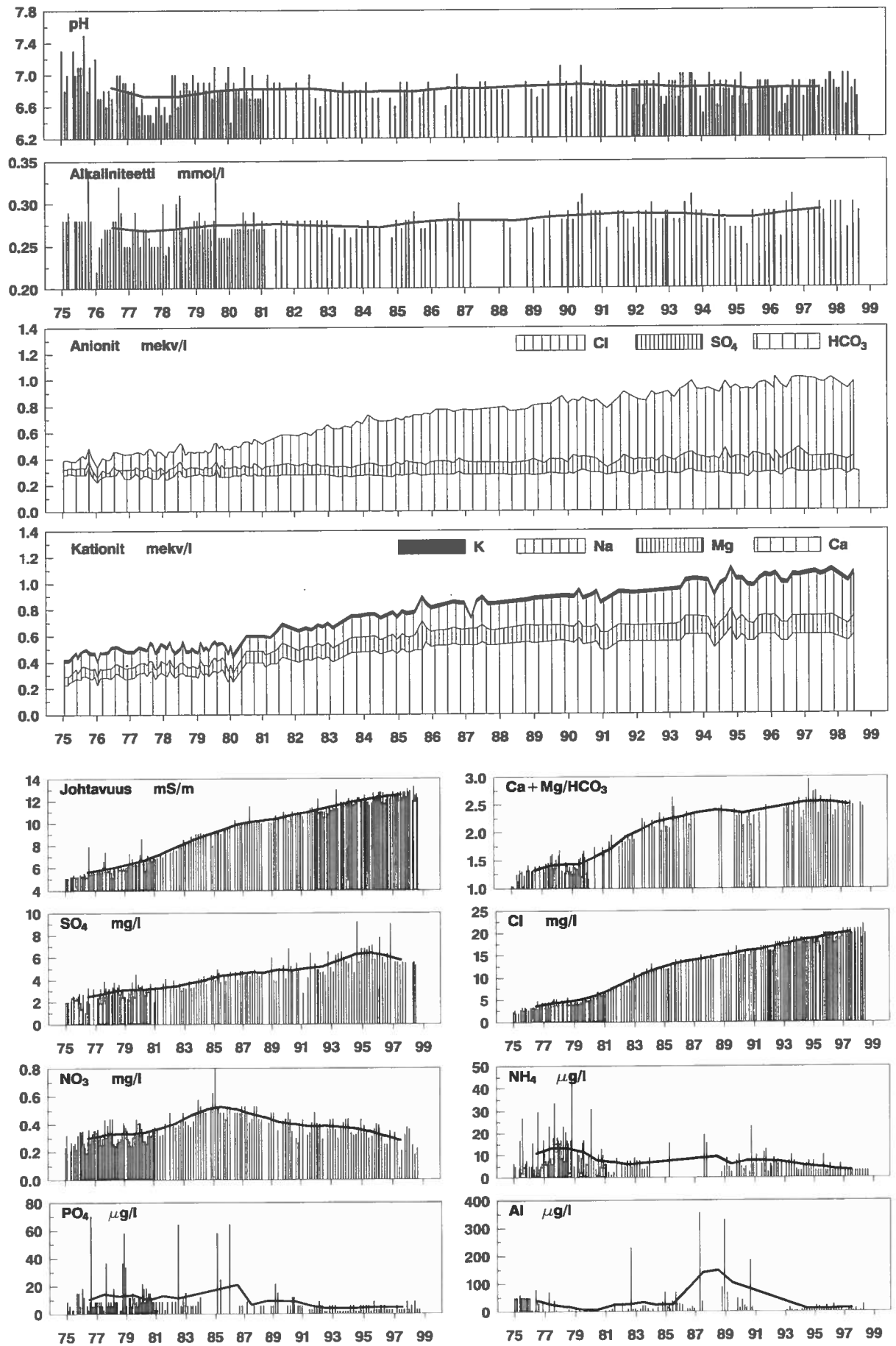
Taulukko 4.13.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Valkealan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 allittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,33***													
Alk.	-,22*	,34***												
pH			,28***											
NO <sub>3</sub>	,19*	,54***												
NH <sub>4</sub>				-,22*										
PO <sub>4</sub>	,38***	-,28**	-,27**			,20*								
Cl	-,34***	,98***	,33***		,54***		-,32***							
SO <sub>4</sub>		,88***	,33***		,50***		-,34***	,88***						
Na		,84***	,29**		,51***		-,36***	,85***	,79***					
K		,69***	,36***		,40***		-,29**	,69***	,67***					
Ca		,94***	,38***		,53***		-,30**	,96***	,86***	,84***	,68***			
Mg		,90***	,32***		,53***		-,27**	,92***	,84***	,83***	,67***	,91***		
Al	,32*													
SiO <sub>2</sub>	,36*	-,64***			,65***		,44**	-,70***	-,42**	-,74***	-,43**	-,46**	-,48**	,48**

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.13.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Valkealan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

## 4.14 Kotaniemi

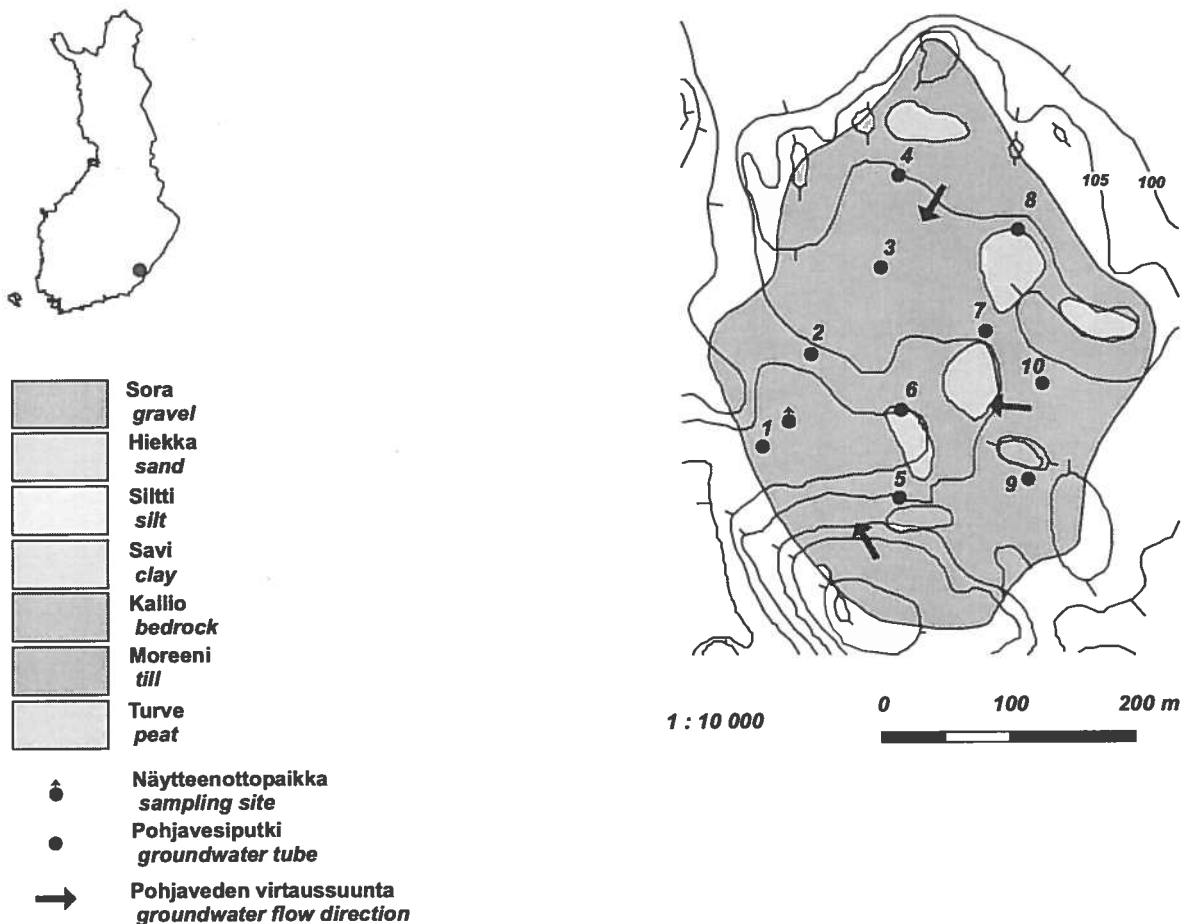
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Ruokolahden kunnassa (peruskarttalehdet 4121 01 D sekä 4121 04 B ja vesistöalue 04.112). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,28 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 94...120 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.14.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Aseman alue on pääosin moreenia, paikoin esiintyy myös soita ja kalliopaljastumia. Alueen pintamaalajeista moreenia on 89,9 %, turvetta 8,1 % ja kallion osuus on 2,0 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioniitti

Pohjavesiaseman alue on pitkänomainen allas, jossa pohjavesi virtaa rinteiden topografian mukaisesti koillisesta, idästä ja kaakosta kohti alueen länsilaitaa.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,8 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,24 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0 - 0,5 l s<sup>-1</sup>. Alueella on suoritettu metsän harvennushakkuuta ja pienimuotoista avohakkuuta.

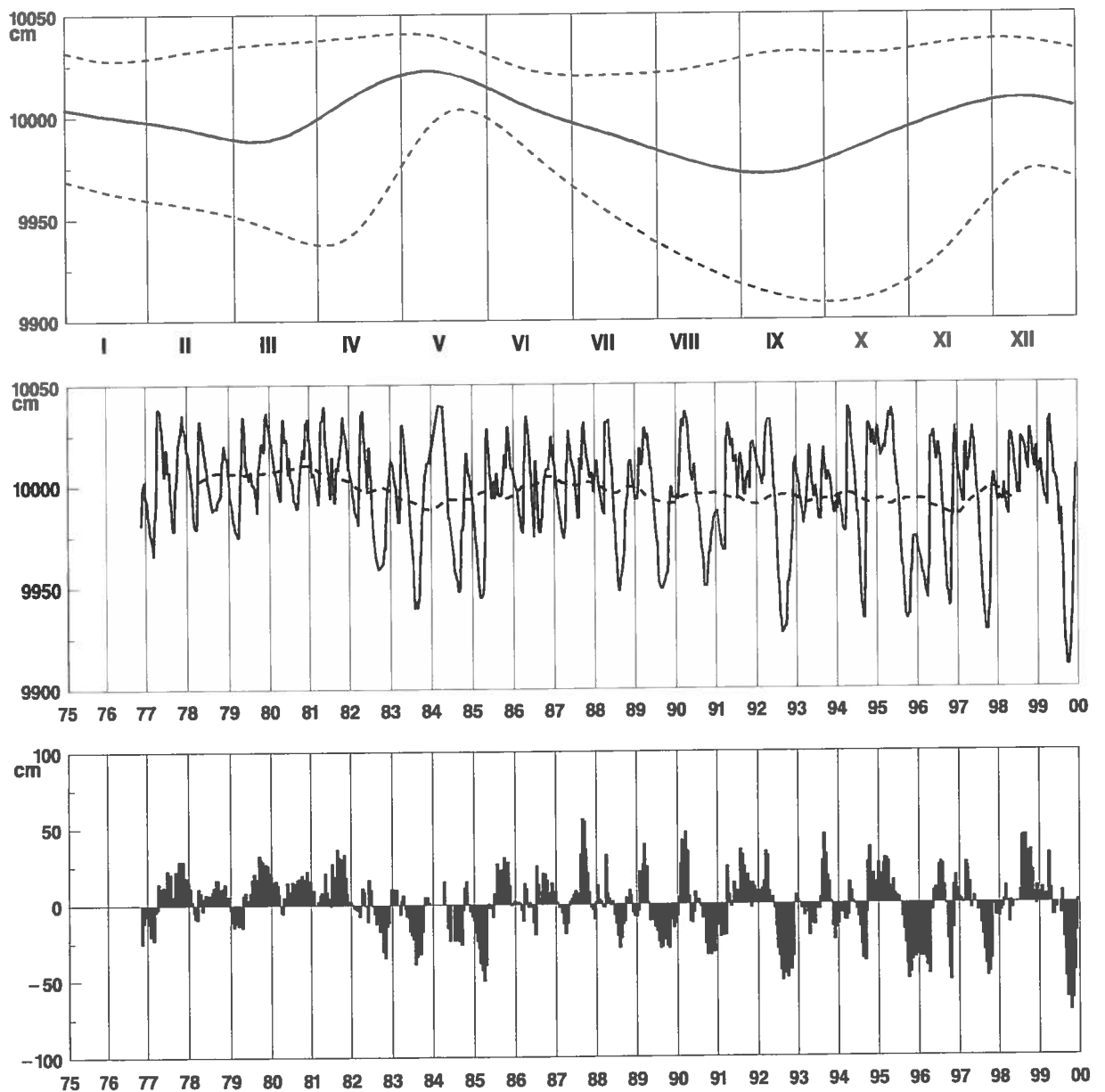


Kuva 4.14.1. Kotaniemen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 352.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kotaniemen alueella oli 47 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1977-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 168 cm. Alimmillaan vedenpinta oli lokakuussa 1999 ja ylimmillään huhtikuussa 1984. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.14.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1983, 1992, 1995, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1977, 1979, 1980, 1981, 1991 ja 1998.



Kuva 4.14.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kotaniemen pohjavesiasemalla vuosina 1977-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 100,62 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.14.1.

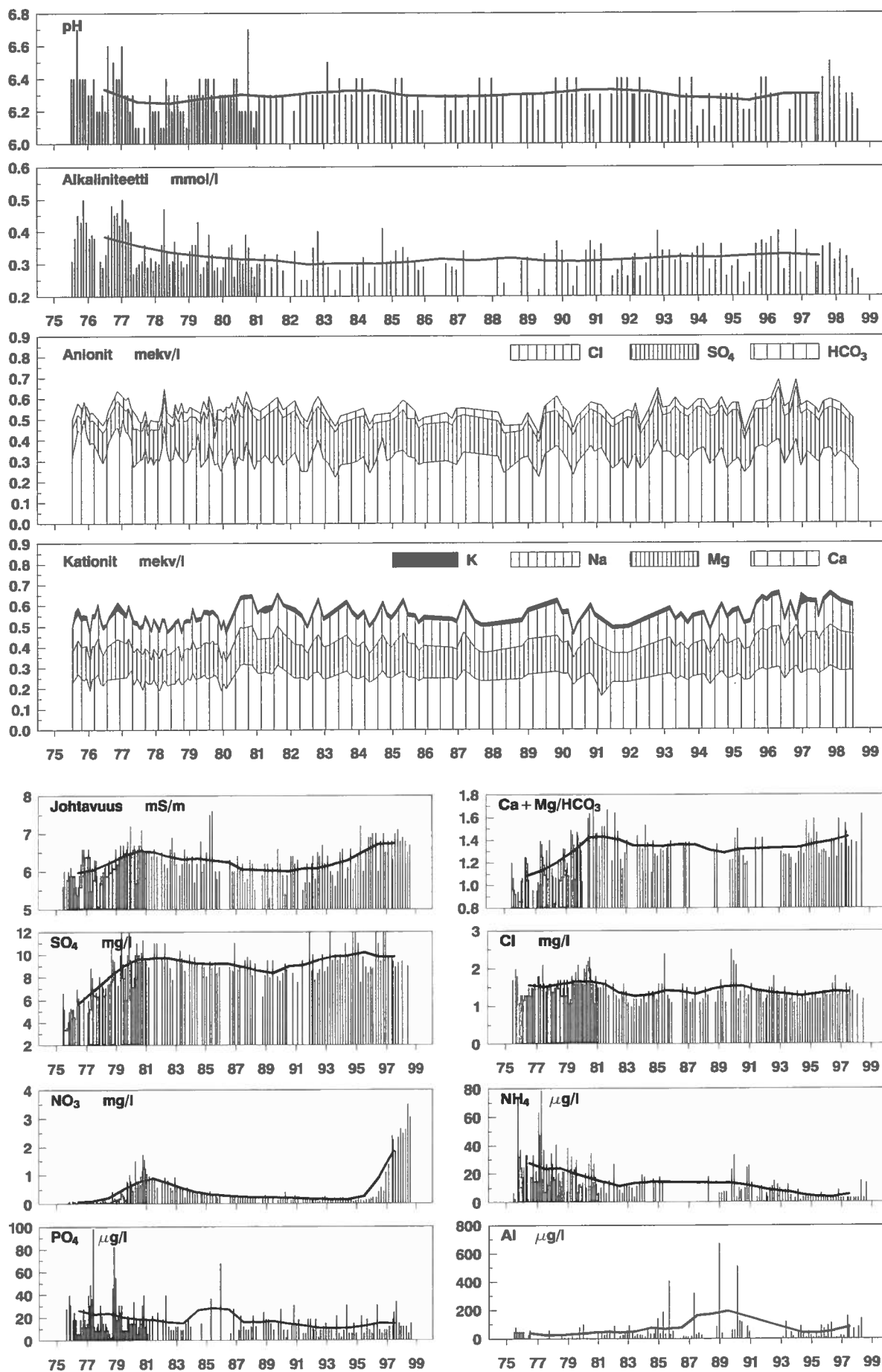
Toistuvasti alle määrittelysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Fe 37,3%  $\leq$  20  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 66,9%  $\leq$  20  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 67,2%  $\leq$  1  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 75,4%  $\leq$  1  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 82,4%  $\leq$  5  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 97,1%  $\leq$  1  $\mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 97,1%  $\leq$  0,1  $\mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 91,3%  $\leq$  0,01  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.14.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.14.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.14.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä korkeampia. Pohjaveden pH:n mediaani on sama kuin koko maan mediaani eikä trendiä esiinny. Alkaliniteetti on jakson alkupuoliskolla laskenut ja loppupuolella noussut, joten tilastollisesti merkitsevää nousevaa tai laskevaa trendiä ei esiinny. Lisäksi alkaliniteetin eri vuodenaikajaksojen trendit ovat epähomogeeniset: keväällä sekä loppukesällä trendi on laskeva ja muina ajankohtina nouseva tai trendiä ei esiinny. Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuustrendit ovat nousevia ja myös Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on noussut, vuoden 1975 keskiarvosta 1,0 vuoden 1997 keskiarvoon 1,4, mikä viittaa pohjaveden happamoitumisen alkamiseen.

Taulukko 4.14.1. Kotaniemen pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätystä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	6,27	6,2	5,1	7,6	0,43	161
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,33	0,32	0,22	0,50	0,06	154
pH		6,30	6,3	6,0	6,7	0,11	161
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	178	120	42	700	150	71
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	90,7	50	3	600	108	158
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	12,1	10	1	61	10,2	138
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,1	8	1	46	9,8	64
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,9	5	<1	32	4,5	146
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,47	1,4	1	2,5	0,29	157
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	52,1	30	<20	300	62,6	99
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	20,6	12,5	1	130	20,3	142
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	8,71	8,9	3,5	12,0	1,85	142
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,96	3,0	0,34	3,8	0,33	133
K	mg l <sup>-1</sup>	0,80	0,8	0,3	2,4	0,21	133
Ca	mg l <sup>-1</sup>	5,06	5,0	3,2	6,4	0,55	128
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,95	1,9	1,4	2,4	0,19	132
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,9	13,0	11,0	14,6	0,84	62
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	87,4	80	10	200	33,4	98
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	65,0	40	3,9	670	97,0	97
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,55	.	34
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,68	<1	<1	30,0	4,70	122
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,41	<1	<1	21,0	2,58	126
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	1,2	.	34
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	9,36	<5	<5	156	28,2	34
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	.	23
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,31	1,1	0,7	3,6	0,59	43





Kuva 4.14.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kotaniemen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 5,1 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut voimakkaasti 1970-luvun lopussa ja loivemmin 1990-luvun alkupuoliskolla. Sulfaattilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuudella on laskeva trendi.

Nitraattipitoisuus on noussut 1970-luvulla ja uudestaan vuonna 1996 suoritettujen metsänhakkuiden seurauksena. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat laskeneet melko tasaisesti tutkimusjakson aikana.

Taulukko 4.14.2. Seasonal Kendal- testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kotaniemen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	2,59	0,010	22,3	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.			
pH					NO <sub>3</sub>			
NH <sub>4</sub>	-8,38	<0,001	-0,867	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-3,45	<0,001	-0,333 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-2,55	0,011	-7,02	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	4,47	<0,001	0,143 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na					K			
Ca	2,88	0,004	29,9	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	4,58	<0,001	14,8 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	3,32	<0,001	12,7	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al			

Taulukko 4.14.3 Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kotaniemen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,41***													
Alk.	-,76***	,34***												
pH														
NO <sub>3</sub>		,48***	-,34***											
NH <sub>4</sub>			,38***											
PO <sub>4</sub>						,43***								
Cl		,40***	,18*			,28**								
SO <sub>4</sub>	,33***		-,53***		,58***	-,36***		-,19*						
Na	-,36***	,47***	,33***		,22*	,30**								
K	-,36***		,35***			,35***			-,20*	,41***				
Ca	-,34***	,56***	,26**		,33***					,44***	,35***			
Mg	-,44***	,51***	,33***							,47***	,38***	,59***		
Al	,29*						,28*							
SiO <sub>2</sub>	-,52***	,62***	,67***		,39**					,54**	,56***	,74***	,52**	

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.15 Parikkala

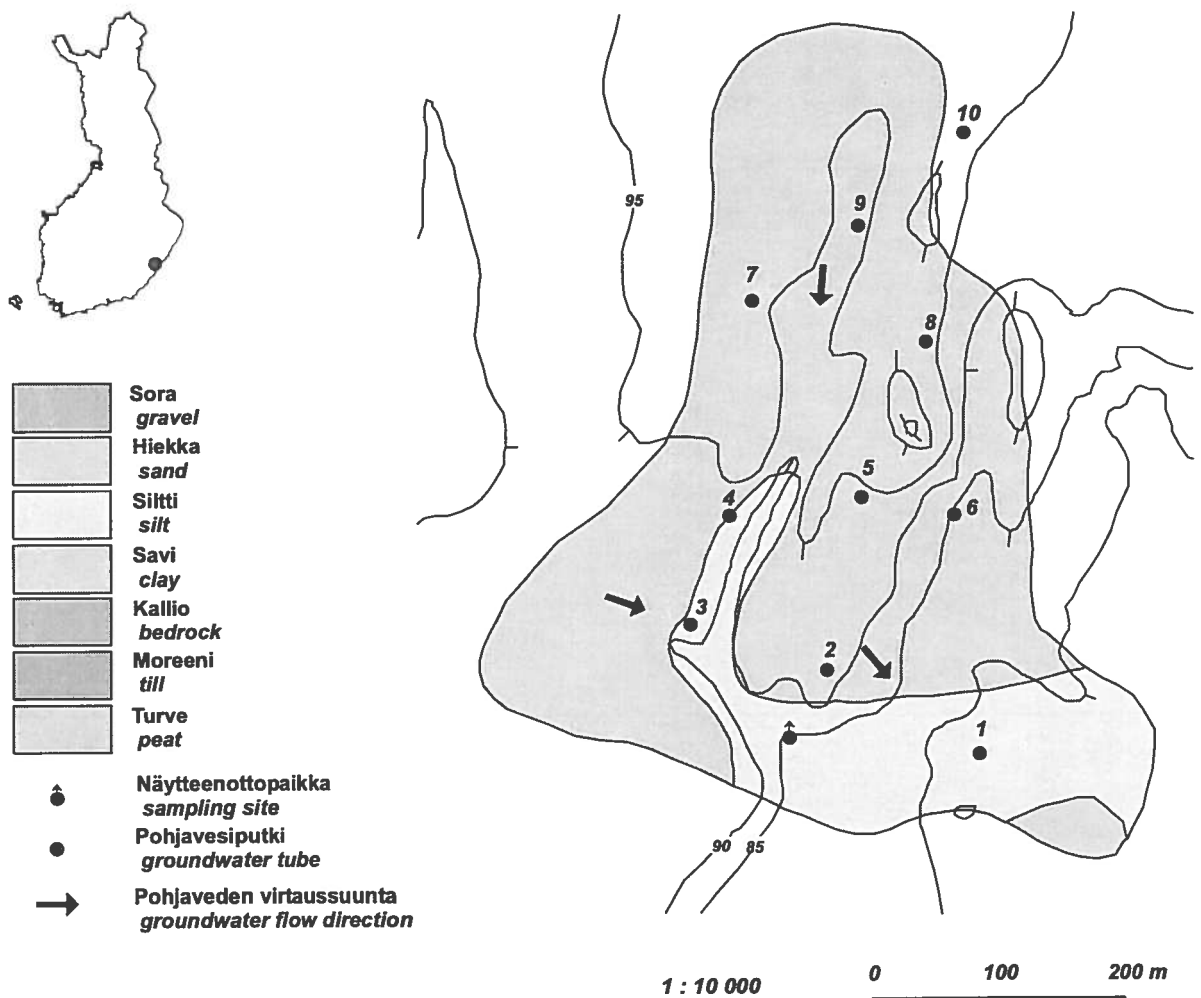
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Parikkalan kunnassa (peruskarttalehti 4124 04 A ja vesistöalue 03.028). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,51 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 79...106 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.15.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Aseman sivuitse kulkee pohjois-eteläsuuntainen pitkittäisharju, joka kääntyy hieman etelämpänä itään päin. Kangas on melko tasaista laeltaan, vain muutama kalliopaljastuma rikkoo topografian. Muodostuman reunoilla on hienorakeisia maalajeja. Muodostumisalueen pintamaalajeista on hiekkaa 78,6 % ja silttiä 21,4 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi.

Pohjavesi virtaa idästä, pohjoisesta ja lännestä kohti alueen keskiosassa olevaa joenuomaa.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,2 m<sup>2</sup> lähde, joka sijaitsee metsäisen rintein juurella rämeen laidassa. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 1,0 l s<sup>-1</sup>. Näytteenottpisteen ympäristöä on ojitettu ja lähelle on rakennettu metsäautotie vuonna 1992.

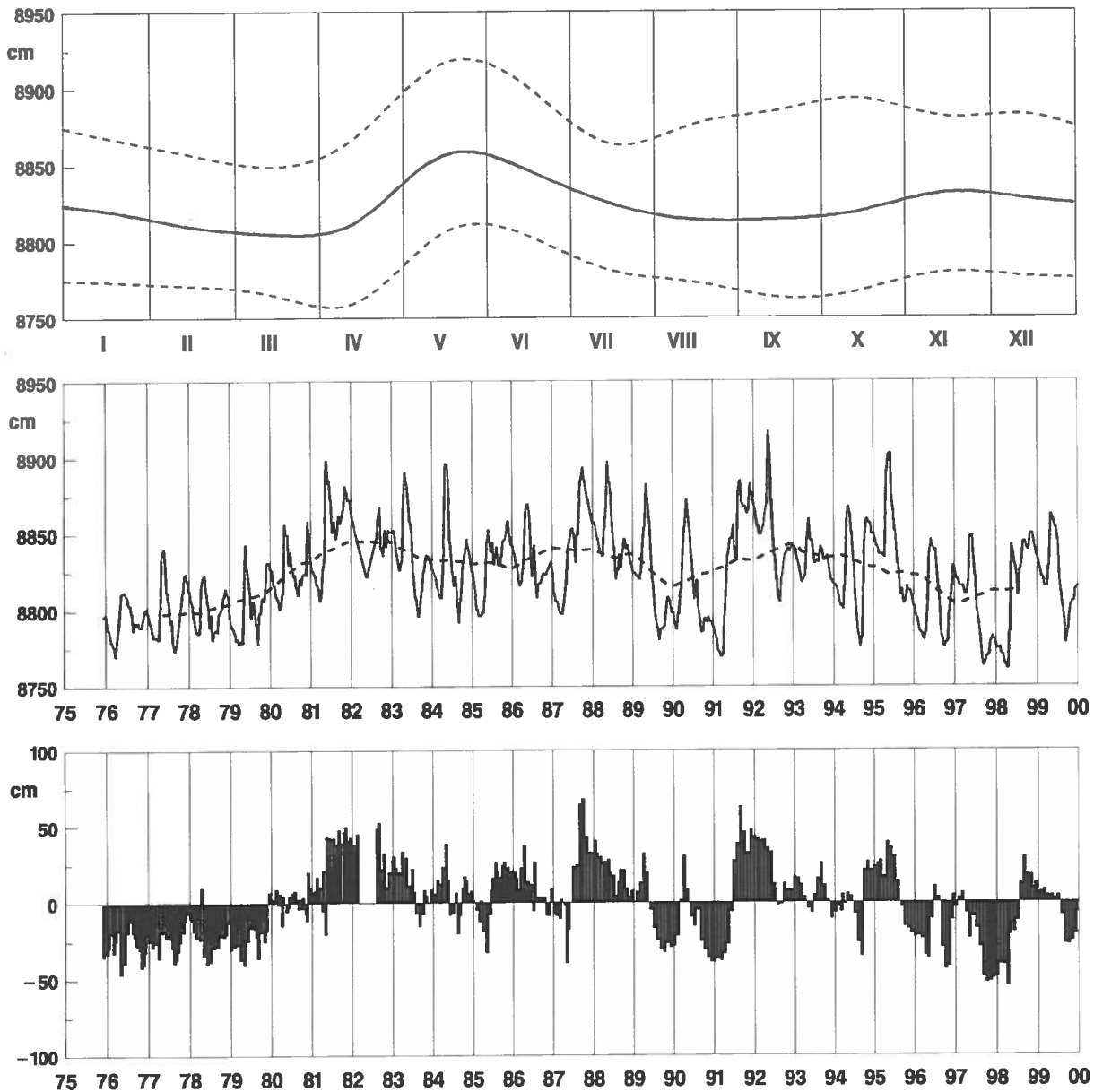


Kuva 4.15.1. Parikkalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 353.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Parikkalan alueella oli 50 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 155 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1998 ja ylimmillään toukokuussa 1992. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.15.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1977, 1978, 1979, 1989, 1990, 1996 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1987, 1988, 1991 ja 1992.



Kuva 4.15.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Parikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 90,24 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.15.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 62,9%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Mn 55,5%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 5,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 44,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 89,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 2,6%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 2,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 97,1%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 82,6%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.15.2 ja ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot taulukossa 4.15.3.

Taulukko 4.15.1. Parikkalan pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	3,12	3,2	2,3	5,7	0,42	152
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,13	0,14	0,00	0,26	0,04	141
pH		5,83	5,9	4,2	6,3	0,33	155
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	314	200	100	1500	290	71
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	77,3	51	6	460	84,4	151
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	62,8	52	1	400	49,9	147
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	21,8	16,5	4	100	18,2	64
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	13,1	10	1	58	10,2	153
Cl	mg l <sup>-1</sup>	0,98	0,9	<1	2,1	0,32	151
Fe	mg l <sup>-1</sup>	1,24	1,00	0,03	3,80	0,76	98
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	27,0	20	<20	100	20,7	146
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,41	4,45	1,5	15,0	2,12	132
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,47	1,5	1,1	1,9	0,18	124
K	mg l <sup>-1</sup>	0,54	0,5	0,3	1,1	0,13	125
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,82	2,9	1,4	3,8	0,44	115
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,49	0,5	0,3	0,7	0,07	122
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	11,9	12,0	8,3	15,0	1,2	62
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	57,3	50	<20	270	37,3	93
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	171	133	40	900	134	88
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	.	35
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,49	1,5	<1	92,0	9,48	114
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	6,0	.	118
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	4,50	3,3	<1	31,0	4,82	36
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,0	7,6	4,4	32,0	6,97	38
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,019	<0,01	<0,01	0,16	0,038	23
TOC	mg l <sup>-1</sup>	4,56	2,7	1,4	25,0	5,10	43

Taulukko 4.15.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Parikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	7,24	<0,001	22,9	$\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-1,99	0,047	-1,47	$\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>				
NH <sub>4</sub>					PO <sub>4</sub>	-4,43	<0,001	-0,836	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>	8,41	<0,001	0,182	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	4,75	<0,001	9,43	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K	3,85	<0,001	2,73	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca	5,62	<0,001	28,6	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	3,40	<0,001	3,86	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	3,51	<0,001	20,1	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-4,21	<0,001	-5,17	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.15.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat selvästi keskimääräistä pienempiä ja pH:n mediaani on 0,4 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Merkitsevää trendiä ei ole, mutta pH:n vuodenaikaisvaihtelu, sulamisvesien vaikutuksesta aiheutuva kevään ja alkukesän pH-depressio, on voimakasta. Pienimmillään pH on laskenut arvoon 4,2 vuoden 1982 keväällä, jolloin palautuminen keskimääräiselle tasolle on tapahtunut vasta loppuvuodesta (kuva 4.15.2). Alkaliniteetilla on jokseenkin merkitsevä laskeva trendi ja vuodenajasta riippuva periodivaihtelu näkyy selvästi myös alkaliniteetin kohdalla. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on trendiestimaatin mukaan noussut tutkimusjaksolla lähes 0,5 yksikköä, mikä on osoitus happamoitumisen etenemisestä. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat nousseet.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 0,65 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuuksilla on nouseva trendi ja korkeita pitoisuuksia esiintyy keväisin keskimääräistä pienempien pH- ja alkaliniteettiarvojen yhteydessä (esim. Knutsson, 1994b, happamoitumisen I-vaihe). Sulfaatilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuus on pieni eikä merkitsevää trendiä esiinny.

Nitraattipitoisuus on noussut väliaikaisesti 1980-luvun alussa. Myös nitraatilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on maan mediaaniin verrattuna yli kahdeksankertainen. Typpipitoisuudet ovat olleet korkeimmillaan keväisin. Kokonaisfosfori- ja fosfaattifosforipitoisuudet ovat maan mediaaneihin verrattuna noin kaksinkertaiset. PO<sub>4</sub>-trendi on laskeva.

Fe-pitoisuus on maan mediaaniin verrattuna lähes 30-kertainen ja Al-pitoisuus noin viisinkertainen. Alumiinilla on laskeva trendi. Raskasmetalleista Cu-, Ni- ja Zn-pitoisuudet ovat valtakunnallisia mediaaneja selvästi korkeampia. Peltosen (1993) Svekocarjalaisen nikkeli-provinssin esiintymiksi luokittelemat Ruimun ja Revonmäen Ni-Cu-mineralisaatiot sijaitsevat Parikkalan pohjavesiasemasta alle viidentoista kilometrin etäisyydellä, joten pohjaveden keskimääräistä korkeammat raskasmetallipitoisuudet saattavat johtua kallioperän alueellisesta metallogeniasta. Keskimääräistä korkeampia raskasmetallipitoisuuksia esiintyy erityisesti keväisin pohjaveden pH-depression yhteydessä.

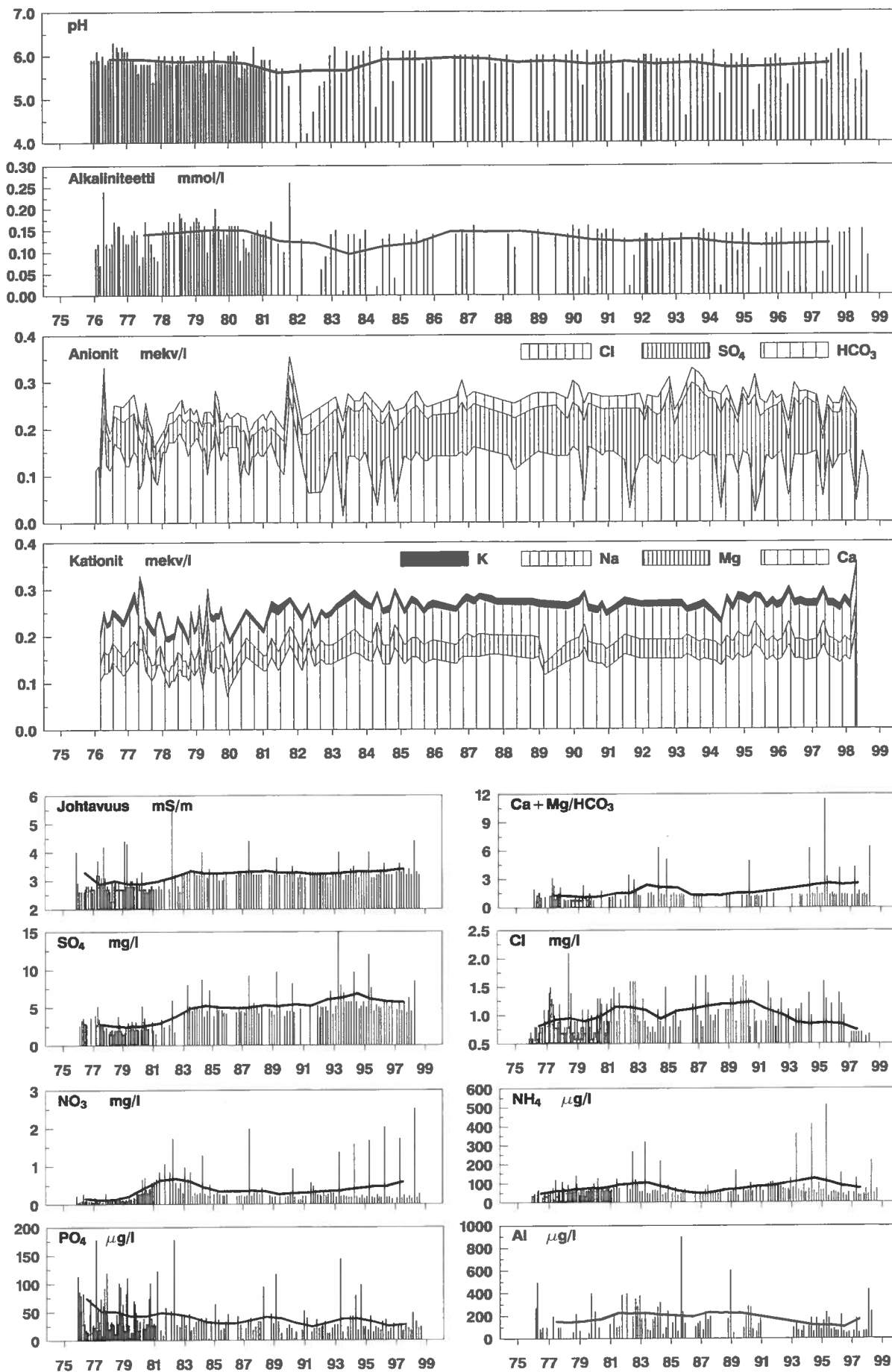
Taulukko 4.15.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Parikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,37***													
Alk.	-,48***	-,28***												
pH	-,26**		,46***											
NO <sub>3</sub>	,66***	,31***	-,41***	-,32***										
NH <sub>4</sub>	,26**		-,30**	-,43***	,46***									
PO <sub>4</sub>	-,29***													
Cl	,30***	,26**	-,29**	-,32***	,37***	,22*								
SO <sub>4</sub>	,59***	,72***	-,58***		,41***		,23*							
Na		,25*		,39***		-,27**	-,29**		,35***					
K		,23*		,28**	-,27**	-,20*			,24*	,50***				
Ca	,49***	,60***	-,38***		,42***			,33**	,71***	,29**	,22*			
Mg	,25*	,35***	-,23*				-,23*		,51***	,33***	,22*	,58***		
Al			-,29*	-,32**	,37**	,35**	,41***							
SiO <sub>2</sub>	-,47**	-,37*	,45**	,57***	-,37*	-,49***			-,58***					

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.15.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Parikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

## 4.16 Pertunmaa

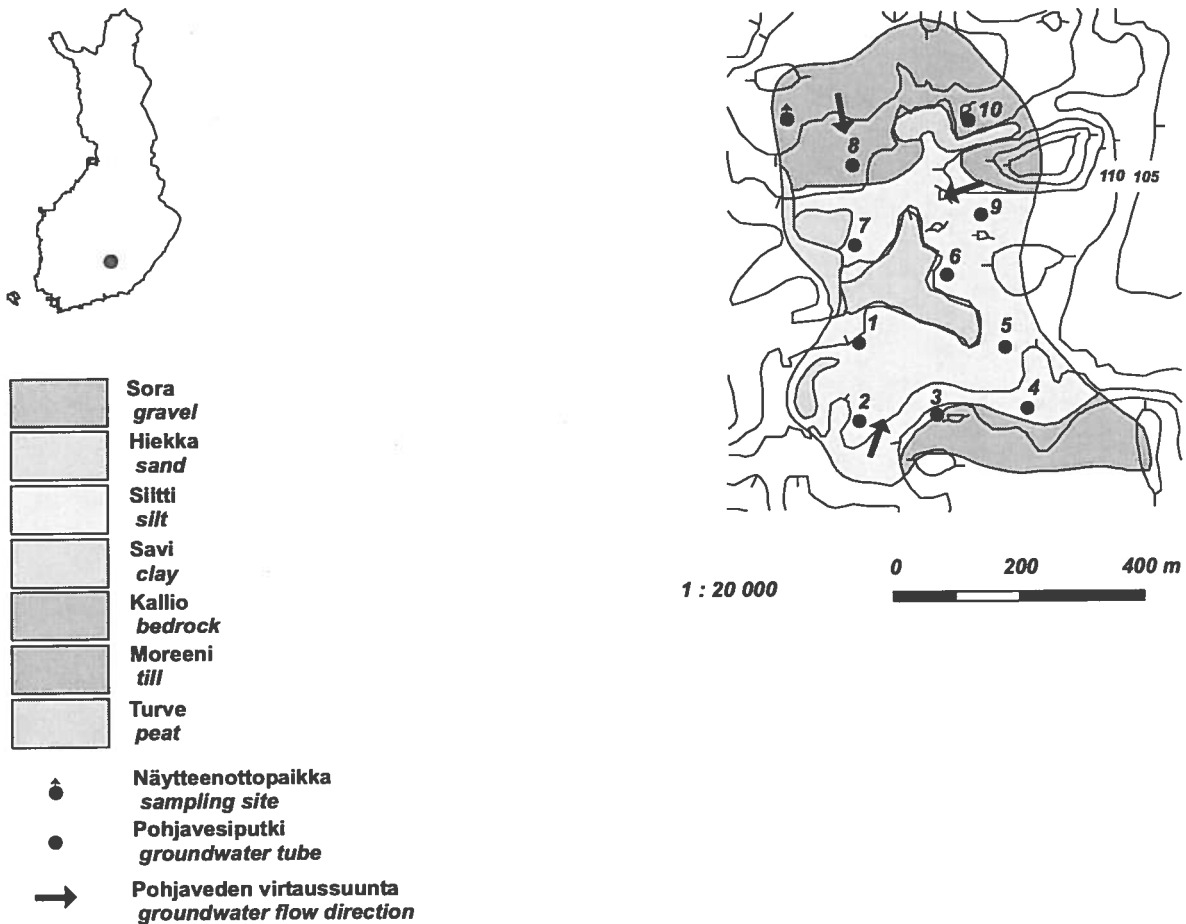
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Pertunmaan kunnassa (peruskarttalehti 3123 06 C ja vesistöalue 14.916). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,76 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 108...132 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.16.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa epäyhtenäistä harjujaksoa, joka katkonaisena kulkee pitkin Pertunmaan kunnan itälaitaa. Muodostuma on etelä-pohjoissuuntainen. Muodostumisalueen pintamaalajeista silttiä on 47,0 %, moreenia 38,9 %, turvetta 11,6 % ja hiekkaa 2,5 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on suonigneissi (Simonen 1978).

Pohjaveden päävirtaussuunta on pohjoisesta, idästä ja kaakosta länttä kohti.

Näyte otetaan vanhasta, kivistä ladotusta kaivosta, josta vettä nostetaan myös kesäasukaiden talouskäyttöön. Kaivo sijaitsee vanhan maalaistalon pihassa, josta maantielle on matkaa noin 50 m.



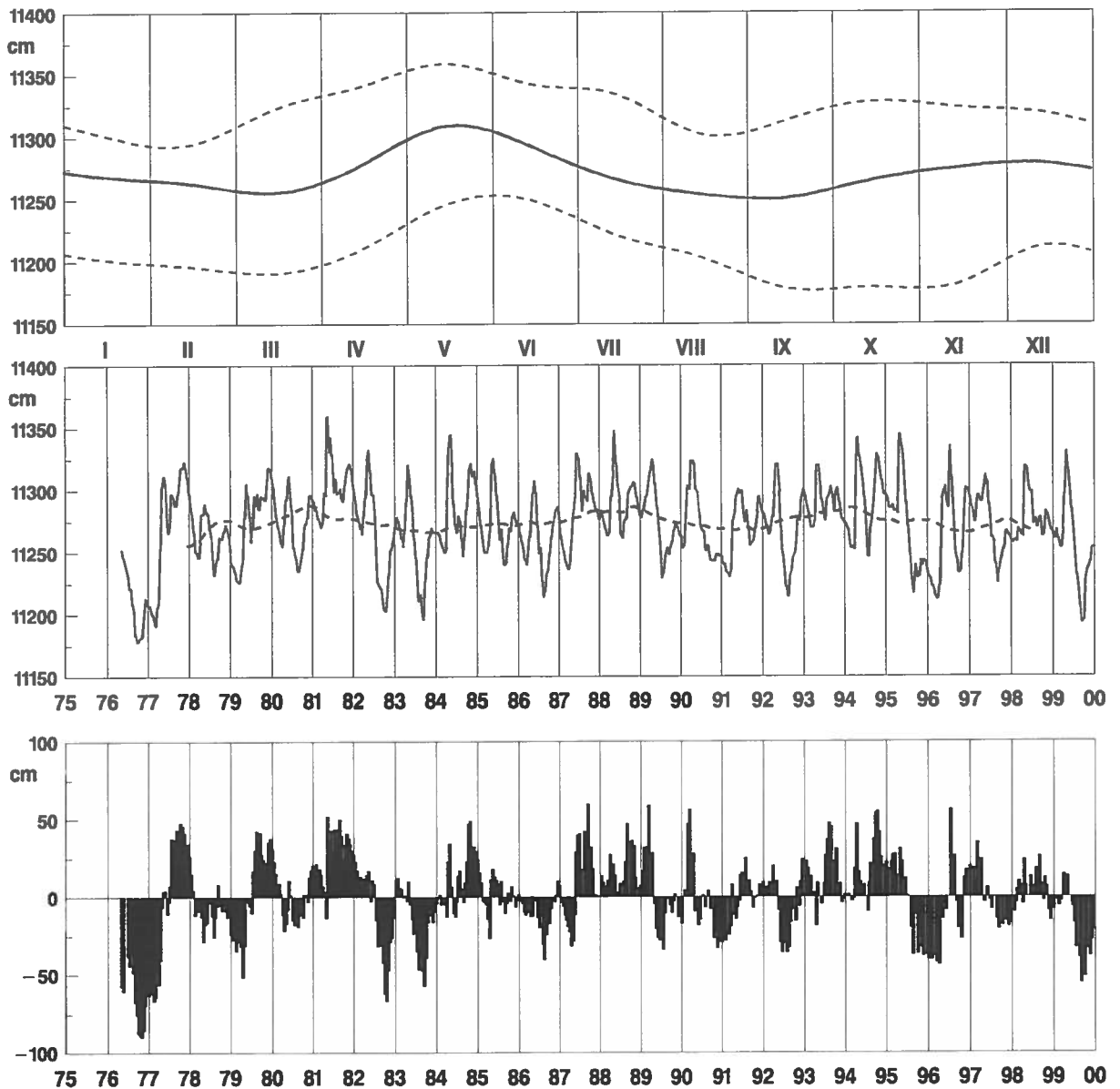
Kuva 4.16.1. Pertunmaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 354.



## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Pertunmaan alueella oli 53 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 181 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1976 ja ylimmillään toukokuussa 1981. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.16.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1982, 1983, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1977, 1979, 1981, 1988 ja 1994.



Kuva 4.16.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Pertunmaan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 114,20 m.

## Pohjaveden laatu

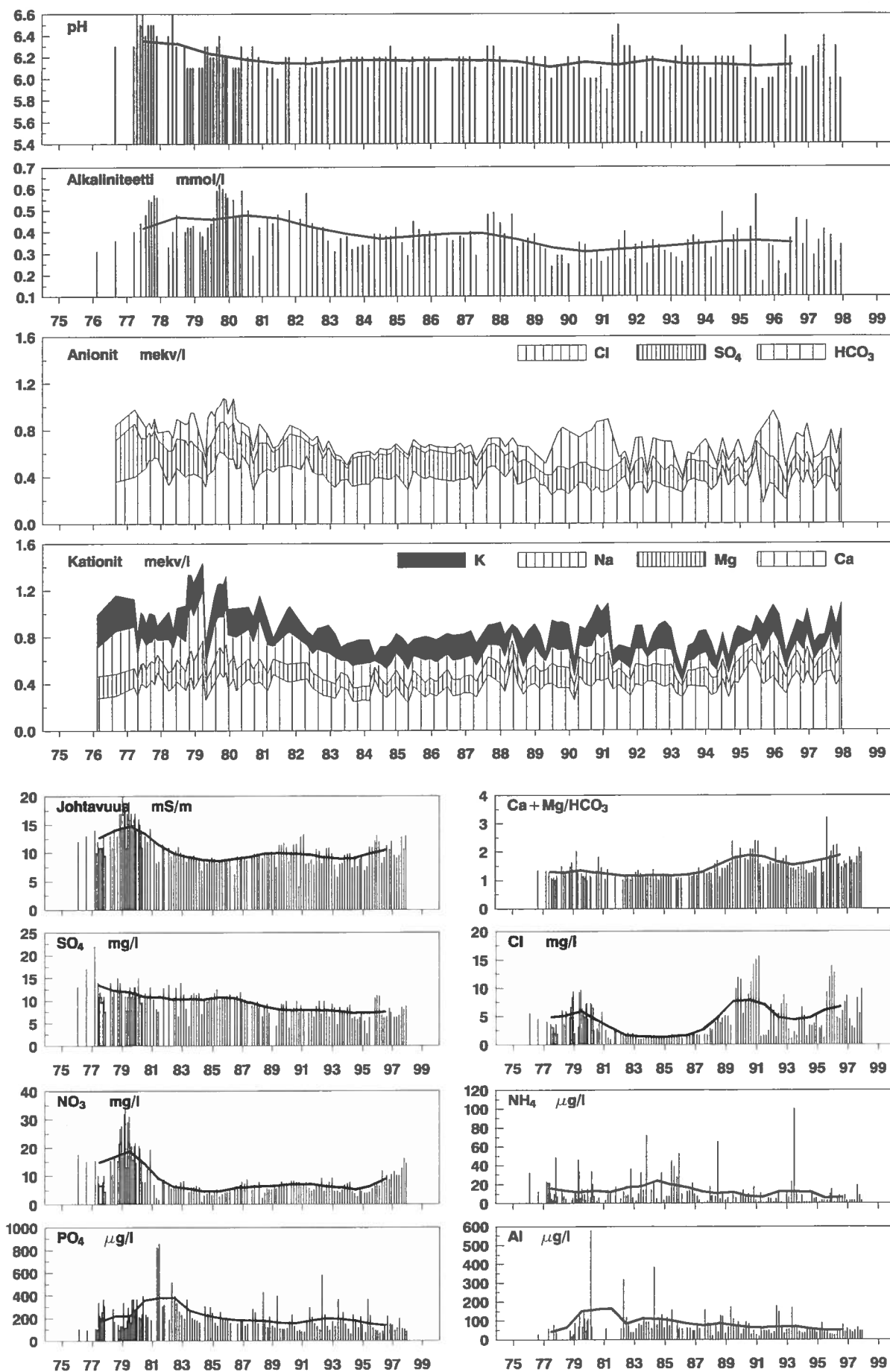
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.16.1.

Toistuvasti alle määrittysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Fe 14,5%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 83,2%  $\leq 20 \mu\text{g}$ , Cu 1,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 92,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 22,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 87,5%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 73,0%  $\leq 0,01 \mu\text{g}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.16.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.16.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.16.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat yli kaksinkertaiset verrattuna maan mediaaniin. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä alle koko maan mediaanin ja taso on tutkimusjakson aikana jonkin verran alentunut. Alkaliniteetilla on laskeva trendi. Emäskationeista kalsiumilla on nouseva trendi, mutta natriumin ja kaliumin trendi on laskeva. Kaliumpitoisuus on huomattavan korkea, lähes kymmenkertainen maan mediaaniin verrattuna, mikä johtunee maataloustoiminnassa käytettyjen lannoitteiden vaikutuksista. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on trendiestimaatin perusteella noussut vuosien 1976-1997 aikana lähes 0,8 yksikköä korkeimman vuosikeskiarvon ollessa 2,0 (vuonna 1995).

Taulukko 4.16.1. Pertunmaan pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätystä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	10,8	10,0	4,1	20,0	2,81	135
Aik.	mmol l <sup>-1</sup>	0,39	0,38	0,17	0,62	0,09	131
pH		6,19	6,2	5,5	6,6	0,15	133
N <sub>tot</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,12	1,90	0,88	6,80	0,893	65
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,14	1,70	0,230	7,60	1,47	132
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	10,3	7	1	78	11,6	125
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	59,0	46,5	23	200	34,5	60
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	68,3	61	3	280	41,2	131
Cl	mg l <sup>-1</sup>	4,59	3,5	1,0	15,7	3,40	131
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	55,7	41	<20	216	42,1	76
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	110	.	119
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	9,71	9,9	2,8	22,0	2,78	127
Na	mg l <sup>-1</sup>	3,92	3,4	1,0	9,6	1,88	130
K	mg l <sup>-1</sup>	7,62	7,9	1,7	13,0	2,12	128
Ca	mg l <sup>-1</sup>	7,59	7,6	4,7	12,0	1,47	125
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,96	1,9	1,1	3,3	0,42	131
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,8	13,0	7,4	15,0	1,32	65
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	49,6	43	<20	150	21,2	103
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	80,5	61	19	580	70,4	113
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,50	.	56
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,04	5,0	1,0	17,0	3,16	130
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	5,0	.	125
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,39	2,31	<1	9,79	2,67	58
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	127	120	10,0	474	69,2	64
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,011	0,01	<0,01	0,03	0,007	37
TOC	mg l <sup>-1</sup>	4,04	3,6	0,9	14,0	2,23	27



Kuva 4.16.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Pertunmaan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 6,1 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. Sulfaatilla on melko tasaisesti laskeva trendi. Kloridipitoisuuden periodivaihtelu on ollut voimakasta 1990-luvulla korkeimpien pitoisuusarvojen esiintyessä pääasiassa talvella.

Nitraatti- ja fosfaattipitoisuudet ovat poikkeuksellisen korkeita, mikä lienee alueella harjoitetun maataloustoiminnan vaikutusta. Raskasmetallipitoisuudet (erityisesti Zn) ovat keskimääräistä korkeampia. Nikkelipitoisuudet ovat jonkin verran nousseet vuoden 1995 alusta lähtien.

Taulukko 4.16.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Pertunmaan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-3,22	0,001	-0,148	mS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-5,76	<0,001	-6,56	μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-3,43	<0,001	-0,0072	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-2,01	0,045	-0,287	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-4,04	<0,001	-0,369	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-5,95	<0,001	-7,15	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	3,07	0,002	0,142	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	-8,83	<0,001	-0,255	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	-9,89	<0,001	-0,189	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	-4,12	<0,001	-0,103	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	3,31	<0,001	56,9	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg				
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	7,39	<0,001	35,2	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-4,11	<0,001	-1,61	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.16.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Pertunmaan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.	,42***	,34***												
pH	,28**		,29**											
NO <sub>3</sub>	-,21*	,81***												
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>	,55***		,54***	,42***										
Cl		,66***			,59***		-,45***							
SO <sub>4</sub>	-,27**	,55***	,34***		,53***									
Na	-,37***	,77***	,35***		,70***			,27**	,84***					
K	-,39***	,76***			,71***		-,35***	,52***	,62***	,81***				
Ca	,51***	,35***	,48***		,21*	-,26**	,27**	,39***						
Mg		,78***	,29**		,68***		-,24*	,79***	,28**	,47***	,62***	,57***		
Al	,27**			,23*		,29**	,62***	-,36***			-,27**			-,30**
SiO <sub>2</sub>		,35*	,37*						,33*	,45**	,41**	,49***		,29*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.17 Pistohiekka

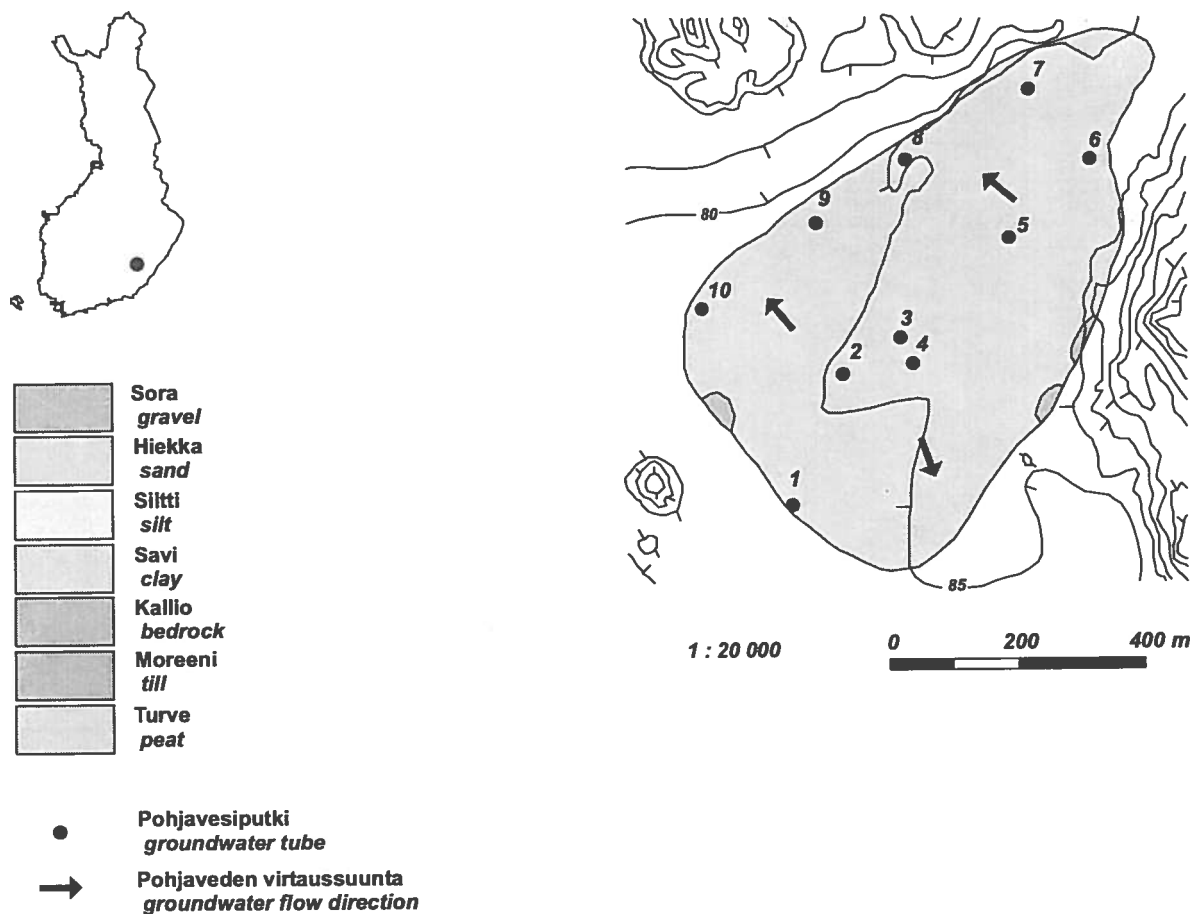
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Puumalan kunnassa (peruskarttalehdet 3144 04 A ja 3143 06 B, vesistö-alue 04.112). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,00 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 82...91 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.17.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on lähes pohjois-eteläsuuntaisen Juvan-Puumalan harjujakson delta. Muodostumisalueen pääasiallinen maalaji on hiekka. Paljastuneen kallion osuus on 1,1 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on suonigneissi.

Pohjavesi virtaa alueen eteläosissa kaakkoon ja muualla luoteeseen päin. Pohjavedenjakaja sijaitsee alueen eteläosassa.

Pohjavesinäyte otetaan aseman alueen ulkopuolella olevasta kaivosta, josta vettä nostetaan myös talouskäyttöön. Kaivo on betonirenkainen ja sijaitsee loivassa rinteessä.

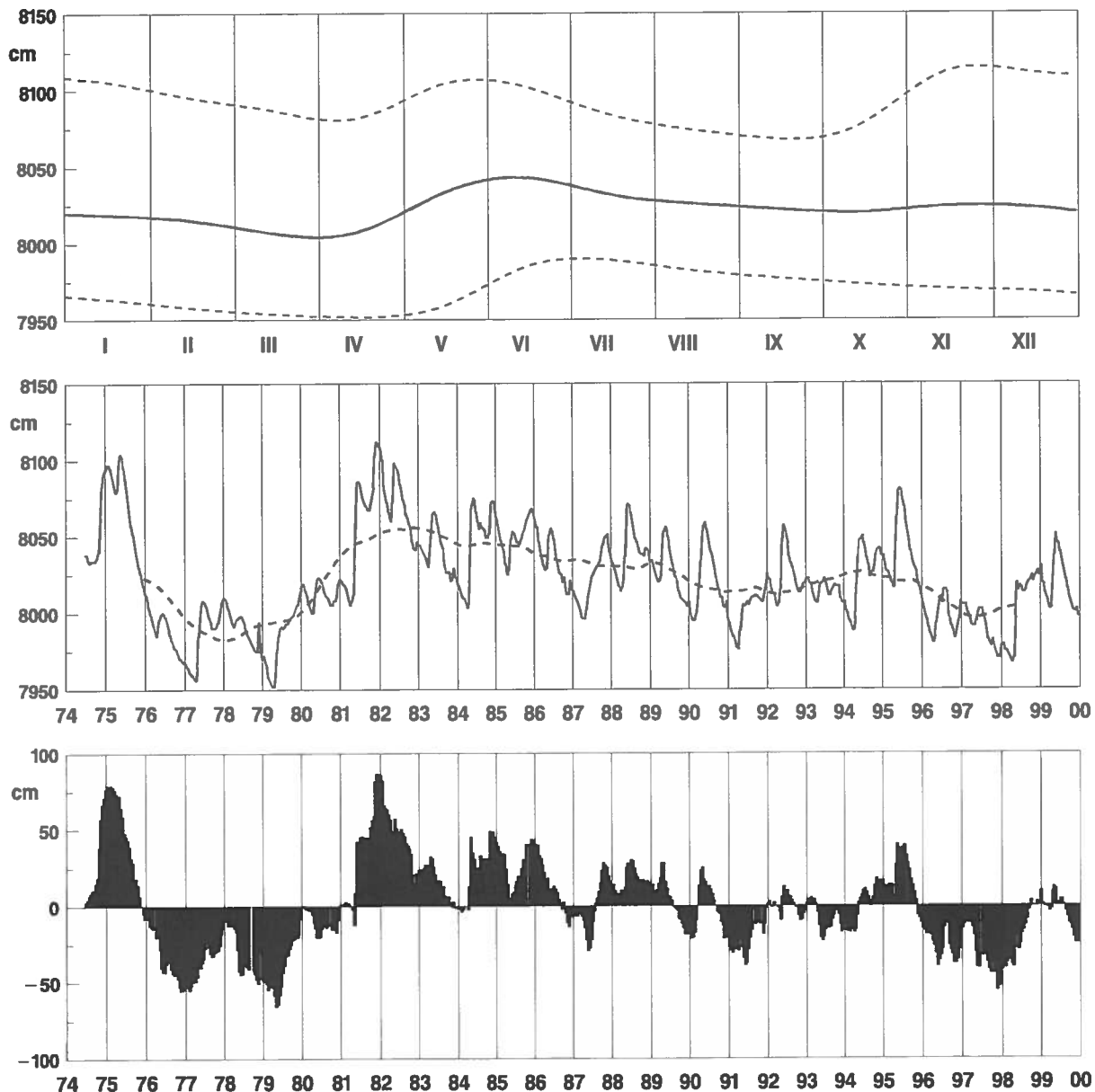


Kuva 4.17.1. Pistohiekan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 354.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Pistohiekan alueella oli 33 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 160 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1979 ja ylimmillään marraskuussa 1981. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.17.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1977, 1978, 1979, 1991, 1996, 1997 ja 1998; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1981, 1982, 1984, 1985 ja 1995.



Kuva 4.17.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Pistohiekan pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 85,52 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1977 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.17.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 14,0% ≤ 1 mg l<sup>-1</sup>, Fe 43,8% ≤ 20 µg l<sup>-1</sup>, Mn 97,0% ≤ 20 µg l<sup>-1</sup>, F 9,7% ≤ 20 µg l<sup>-1</sup>, Cu 34,7% ≤ 1 µg l<sup>-1</sup>, Pb 95,9% ≤ 1 µg l<sup>-1</sup>, Zn 60,3% ≤ 5 µg l<sup>-1</sup>, Ni 43,1% ≤ 1 µg l<sup>-1</sup>, Cd 94,1% ≤ 0,1 µg l<sup>-1</sup> ja Hg 90,6% ≤ 0,01 µg l<sup>-1</sup>. Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.17.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.17.3.

Taulukko 4.17.1. Pistohiekan pohjavesiasemalta vuosina 1977-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	4,95	4,8	4,2	6,8	0,57	132
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,27	0,26	0,19	0,40	0,05	129
pH		6,25	6,2	5,8	6,8	0,17	132
N <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	161	115	13	760	137	80
N <sub>NO3</sub>	µg l <sup>-1</sup>	101	21,5	3	1000	163	130
N <sub>NH4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	7,0	5	1	34	6,3	126
P <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	4,3	3	1	39	5,1	57
P <sub>PO4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	3,1	3	1	8	1,6	118
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,63	1,3	<1	5,2	0,87	129
Fe	µg l <sup>-1</sup>	24,8	<20	<20	240	31,0	89
Mn	µg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	78	.	99
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	5,17	5,25	1,5	7,1	1,20	122
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,61	2,6	1,6	4,7	0,37	125
K	mg l <sup>-1</sup>	0,54	0,5	0,4	1,2	0,10	125
Ca	mg l <sup>-1</sup>	5,30	5,0	3,3	8,0	0,98	117
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,52	0,5	0,3	0,8	0,07	124
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	13,6	13,5	12,0	17,9	0,9	77
F	µg l <sup>-1</sup>	40,2	30	<20	140	24,5	103
Al	µg l <sup>-1</sup>	21,9	14	<1	160	22,7	110
Cd	µg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,25	.	51
Cu	µg l <sup>-1</sup>	3,06	2,0	<1	12,0	2,79	127
Pb	µg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	7,0	.	122
Ni	µg l <sup>-1</sup>	2,03	1,55	<1	17,0	2,40	58
Zn	µg l <sup>-1</sup>	11,5	<5	<5	86,0	17,4	63
Hg	µg l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	.	32
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,99	0,8	0,4	6,0	1,04	26

Taulukko 4.17.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Pistohiekan pohjavesiasemalla vuosina 1977-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-5,06	<0,001	-32,5	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-8,95	<0,001	-5,63	µmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-7,93	<0,001	-0,0181	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-6,07	<0,001	-27,2	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-3,93	<0,001	-0,325	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-5,30	<0,001	-0,370	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-5,04	<0,001	-39,8	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	10,3	<0,001	0,165	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na					K	-2,80	0,005	3,34	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	-6,28	<0,001	-84,3	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg				
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	5,42	<0,001	8,95	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.17.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat jonkin verran maan mediaania suurempia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania pienempi ja taso on trendiestimaatin mukaan alentunut tutkimusjakson aikana 0,4 pH-yksikköä. Alkaliniteetti on 1980-luvun lopulta lähtien laskenut ja vuonna 1994 alkaliniteetti saavutti likimain valtakunnallisen mediaanitason. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on jonkin verran nousnut. Emäskationien pitoisuudet ovat vaihdelleet; kaliumin ja kalsiumin pitoisuustrendit ovat laskevia.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,45 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut, voimakkaimmin vuosina 1984-1986. Kloridipitoisuus on ollut selvästi koholla vuosina 1982-1985.

Nitraattipitoisuus on selvästi noussut vuoden 1981 lopulta lähtien palautuen 1990-luvulta lähtien alkuperäiselle tasolle. Ammonium- ja fosfaattipitoisuudet ovat koko maan mediaanien alapuolella ja trendit ovat laskevia.

Taulukko 4.17.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Pistohiekan pohjavesiasemalla vuosina 1977-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

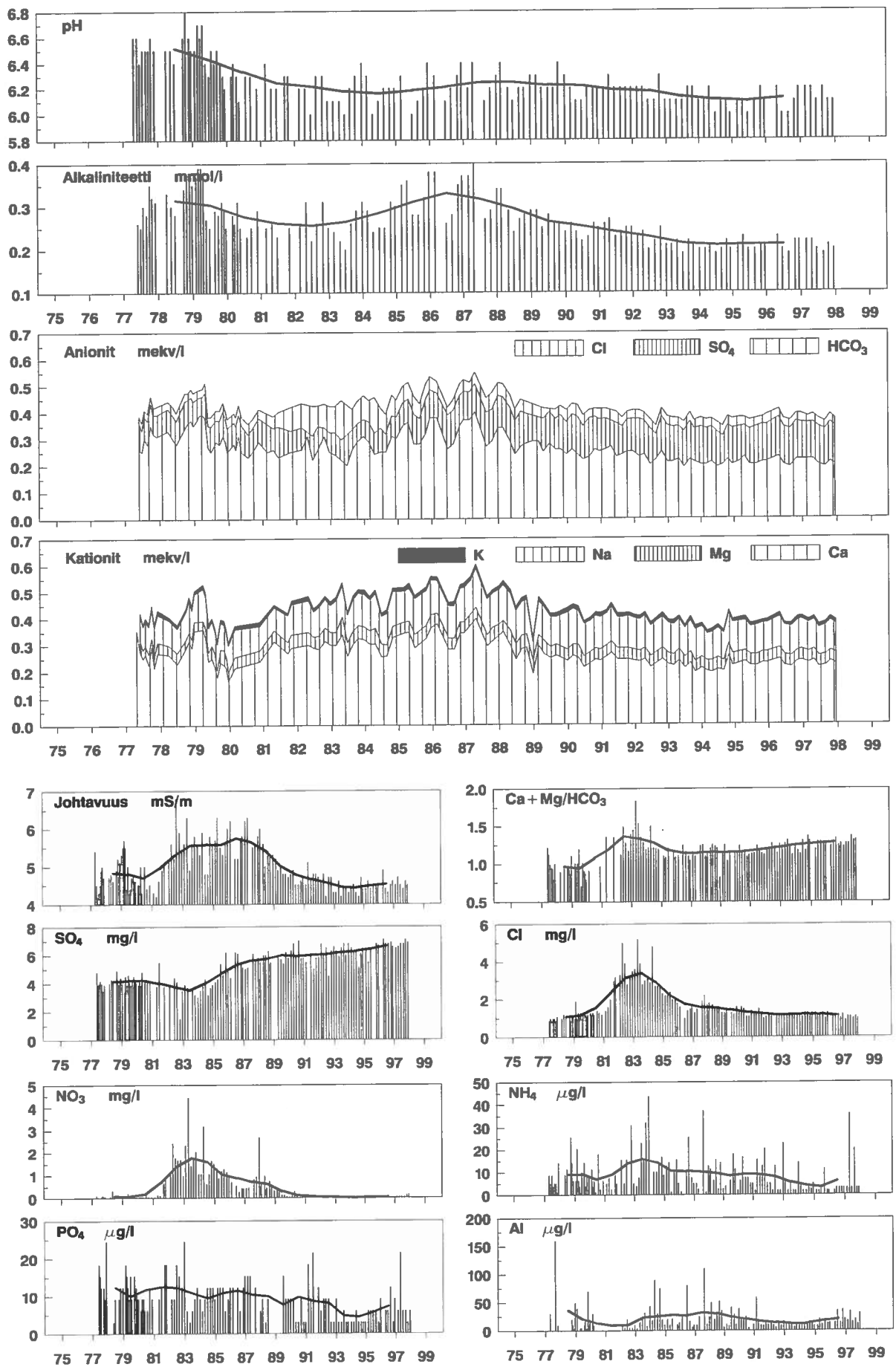
	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,26**													
Alk.	-,25**	,60***												
pH	-,58***		,67***											
NO <sub>3</sub>	,50***	,81**	,41***											
NH <sub>4</sub>		,26**			,33***									
PO <sub>4</sub>		,34***	,49***	,40***	,33***									
Cl	,67***	,56***		-,38***	,72***	,29**								
SO <sub>4</sub>		-,30**	-,47***	-,43***	-,45***		-,38***							
Na	,24*	,57***		-,23*	,36***			,38***	,33***					
K		,51***	,47***		,35***			,22*		,46***				
Ca		,83***	,65***	,23*	,75***	,22*	,47***	,46***	-,38***	,49***	,43***			
Mg	,51***	,35***		-,36***	,45***			,59***		,25**				
Al						,25*				,27**				
SiO <sub>2</sub>		,45***	,52***	,42***	,36**		,32*	,29*	-,45***	,32*	,43***	,44***		

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001





Kuva 4.17.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Pistohiekan pohjavesiasemalla vuosina 1977-1997.

## 4.18 Naakkima

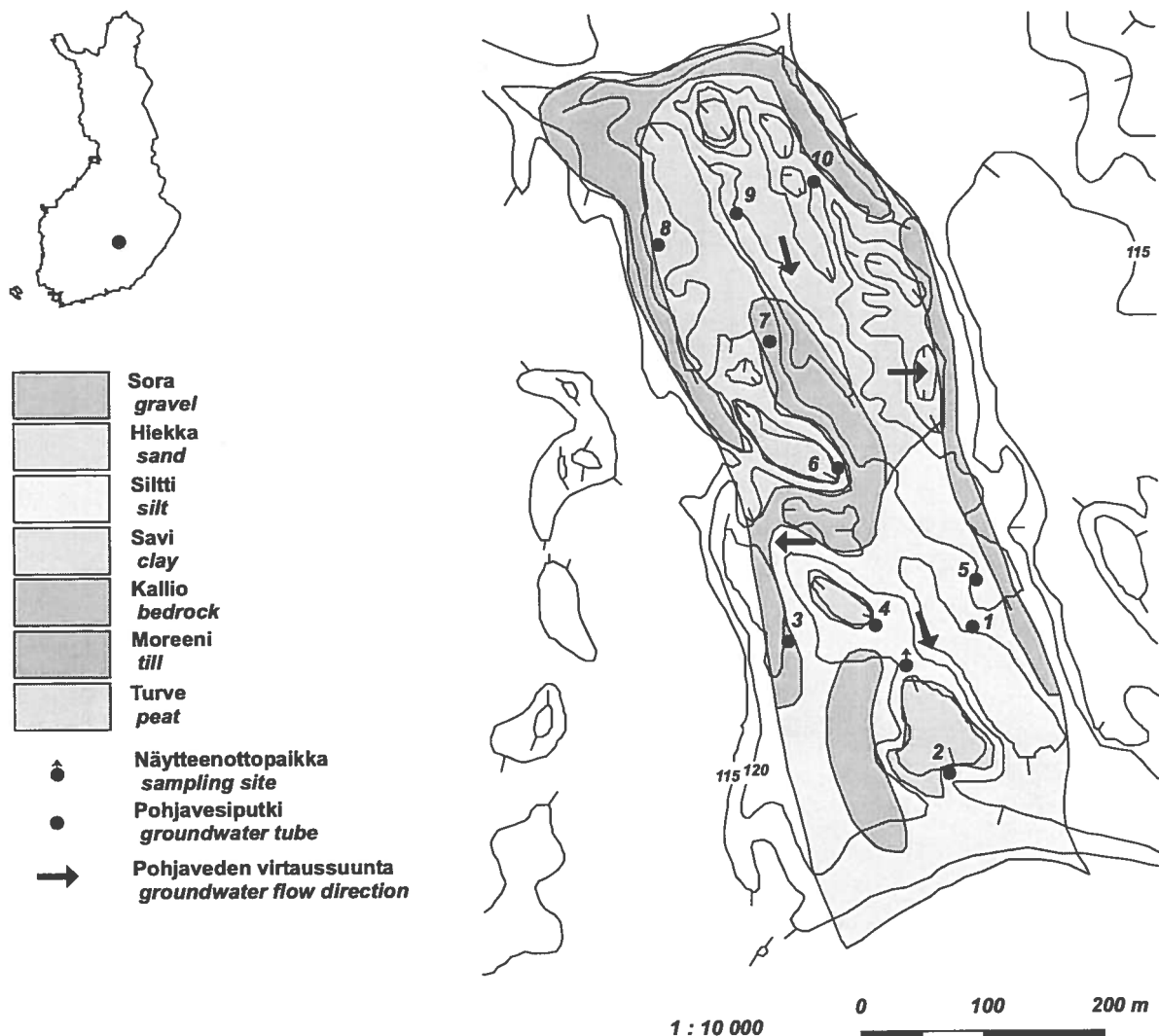
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Pieksämäen maalaiskunnassa (peruskarttalehdet 3232 01 D ja 3232 02 C, vesistöalue 14.937). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,42 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 110...126 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.18.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoipaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee samalla pitkittäisharjujaksolla kuin Pistohiekan pohjavesiasema. Pohjaveden muodostumisaluetta rajoittavat etelässä ja lännessä vesistöt sekä idässä suo. Alue koostuu useista selänleistä, jotka mutkittelevat lähes pohjois-eteläsuuntaisesti. Muodostumisalueen pintamaalajeista silttiä on 33,7 %, hiekkaa 31,2 %, soraa 28,7 % ja turvetta 6,4 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi (Vorma 1971).

Pohjavesi virtaa pohjoisesta etelään sekä muodostuman keskeltä reunoja kohden.

Pohjavesinäyte otetaan metsässä sijaitsevasta näytteenottokaivosta.

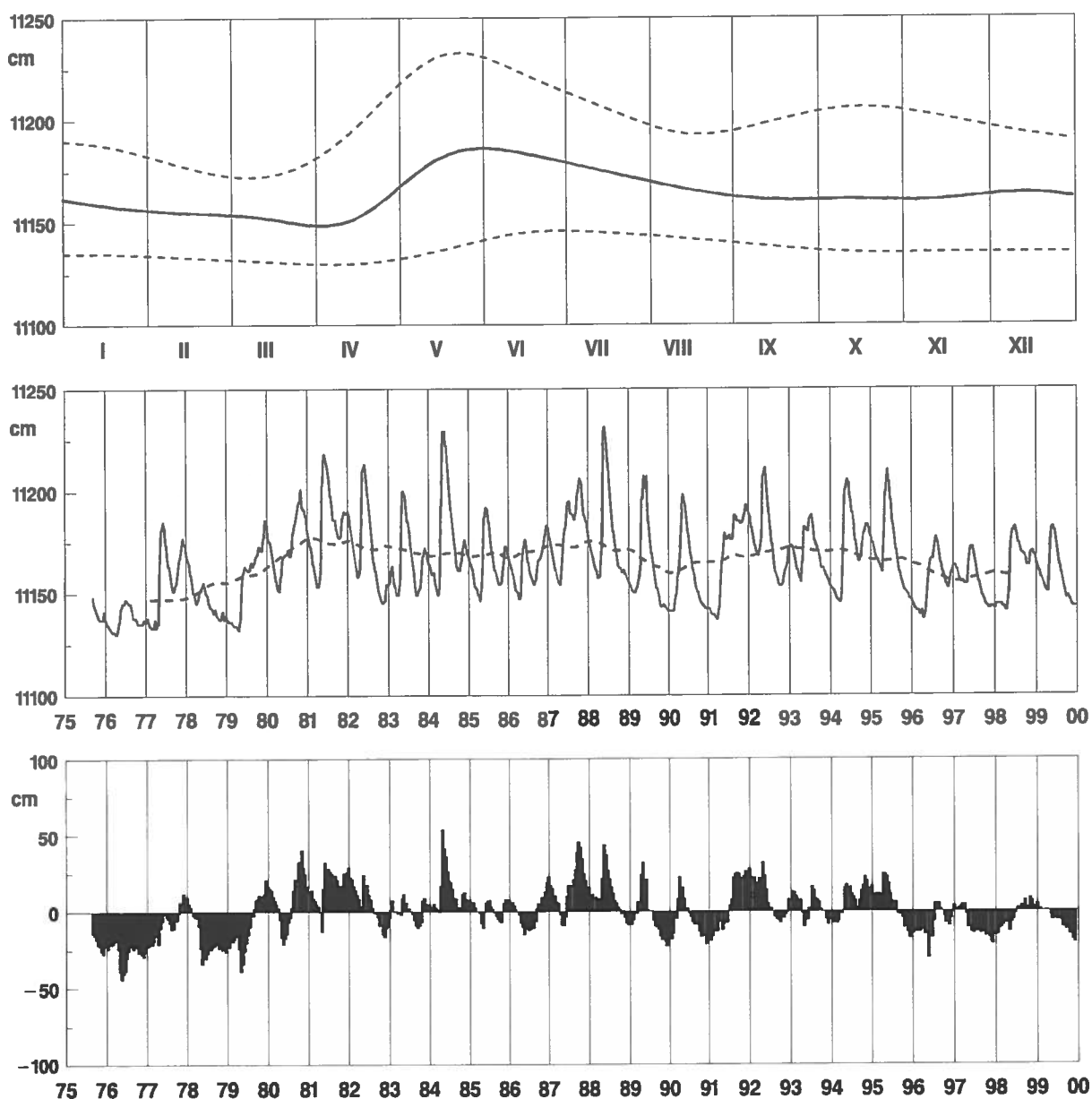


Kuva 4.18.1. Naakkiman pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoipaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 355.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Naakkiman alueella oli 33 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 101 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1976 ja ylimmillään toukokuussa 1988. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.18.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1978 ja 1979; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1984, 1987, 1988 ja 1992.



Kuva 4.18.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Naakkiman pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 115,31 m.

## Pohjaveden laatu

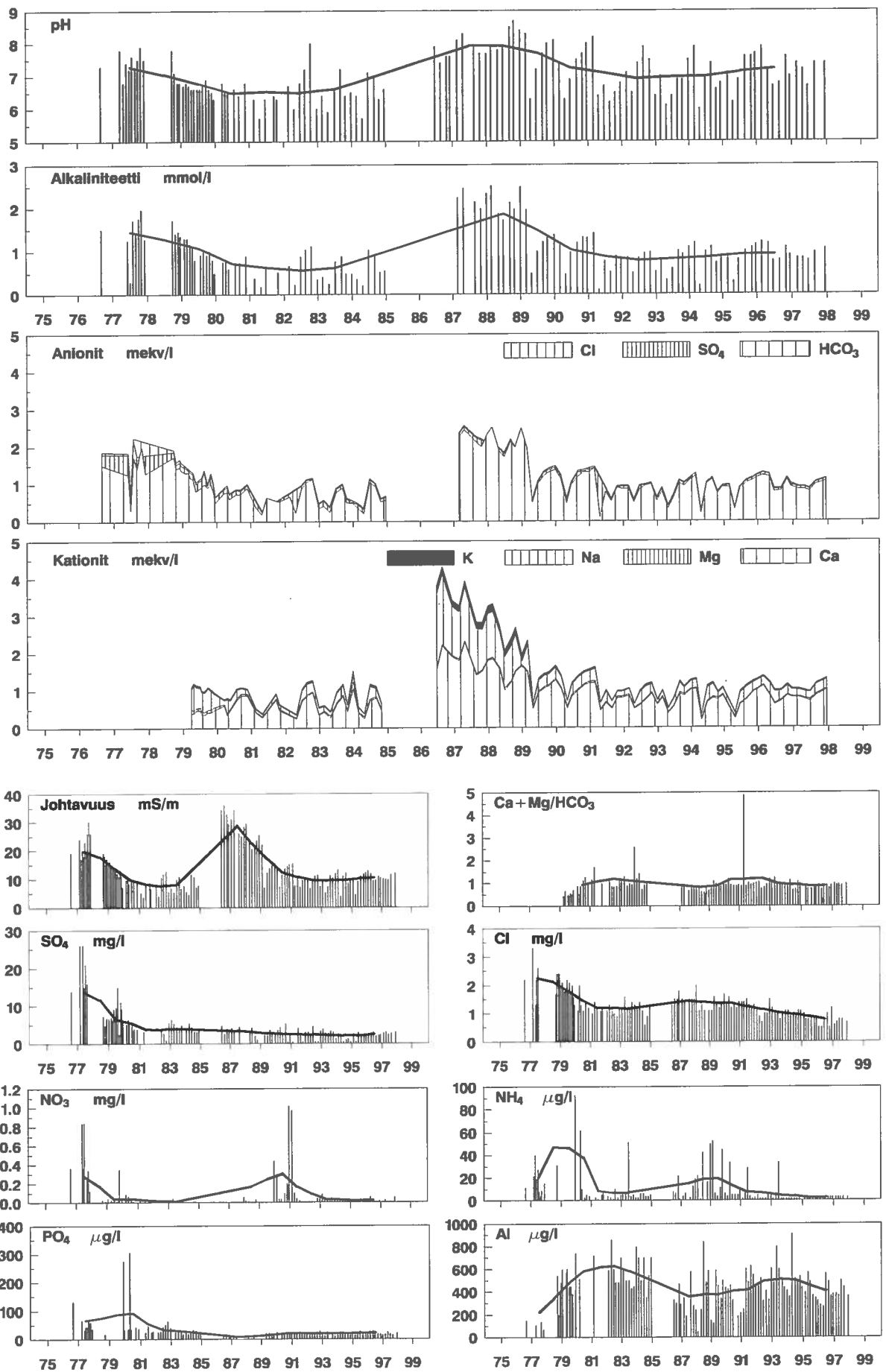
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.18.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 27,4%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Mn 54,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 10,7%  $\leq 20 \mu\text{g}$ , Cu 0,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 42,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 61,2%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 29,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 87,9%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.18.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.18.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.18.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat lähes kolminkertaisia maan mediaaniin verrattuna. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,7 yksikköä koko maan mediaania korkeampi ja trendi on nouseva. Korkea pH ja alkaliniteetti johtuvat pääasiassa suuresta kalsiumpitoisuudesta. Alkaliniteetti ja emäskationien pitoisuudet ovat nousseet voimakkaasti 1980-luvun puolivälin jälkeen palautuen normaalitasolle 1980-luvun lopussa.

Taulukko 4.18.1. Naakkiman pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi- ja keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	13,5	11,3	3,4	35,9	7,34	123
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	1,02	0,93	0,10	2,51	0,53	115
pH		7,06	7,0	5,7	8,7	0,66	123
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	267	250	58	690	92,2	69
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	19,6	5	1	230	43,6	99
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	8,1	3	1	72	11,9	104
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	12,4	12	8	19	2,3	61
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	10,3	7	1	100	13,5	98
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,32	1,2	<1	0,48	117	
Fe	μg l <sup>-1</sup>	158	130	66	810	101	84
Mn	μg l <sup>-1</sup>	22,6	<20	<20	110	19,3	99
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,64	3,3	<1	26,0	4,54	105
Na	mg l <sup>-1</sup>	8,59	5,9	1,3	46,0	8,69	115
K	mg l <sup>-1</sup>	2,58	1,9	0,5	9,0	2,21	103
Ca	mg l <sup>-1</sup>	16,9	16,0	3,9	46,0	9,00	102
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,56	0,5	0,3	2,4	0,32	119
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	9,96	9,5	6,7	15,0	2,06	74
F	μg l <sup>-1</sup>	49,4	40	<20	160	28,5	103
Al	μg l <sup>-1</sup>	450	450	50	910	174	103
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	.	51
Cu	μg l <sup>-1</sup>	8,35	5,0	1,0	50,0	9,28	121
Pb	μg l <sup>-1</sup>	6,67	2,0	<1	65,0	14,1	119
Ni	μg l <sup>-1</sup>	3,33	2,4	<1	17,0	3,28	61
Zn	μg l <sup>-1</sup>	9,15	<5	<5	173	21,4	67
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,010	<0,01	<0,01	0,05	0,011	33
TOC	mg l <sup>-1</sup>	11,9	12,0	4,2	15,3	2,51	25



Kuva 4.18.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Naakkiman pohjavesiasemalla vuosina 1979-1997.

Tärkeimpien ionien pitoisuuksilla on selvä vuodenajasta riippuva periodivaihtelu. Läheisen suoreunaisen lammen vesi näyttää vaikuttavan veden laatuun. Kaikki merkitsevät pitoisuustrendit ovat pH-trendiä lukuun ottamatta laskevia.

Taulukko 4.18.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Naakkiman pohjavesiasemalla vuosina 1976-1994. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus	Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	-2,02	0,043	-0,478 mS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.			
pH	2,01	0,044	0,0079 pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>		μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	
NH <sub>4</sub>	-4,20	<0,001	-0,222 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-4,44	<0,001	-0,708 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-7,07	<0,001	-57,4 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	-7,58	<0,001	-0,302 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na				K			
Ca				Mg	-7,44	<0,001	-25,7 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>				Al			

Taulukko 4.18.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Naakkiman pohjavesiasemalla vuosina 1976-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,94***												
pH		,83***	,87***											
NO <sub>3</sub>	-,26*	,43***	,35**	,37***										
NH <sub>4</sub>		,26*			,33**									
PO <sub>4</sub>				-,25*										
Cl	-,33***	,41***	,21*		,24*	,47***								
SO <sub>4</sub>						,45***	,32**	,61***						
Na		,86***	,76***	,64***	,29*			,43***	,26*					
K		,87***	,82***	,79***		-,29*				,85***				
Ca		,75***	,80***	,85***	,27*		-,48***		-,40***	,52***	,70***			
Mg		,39***	,28**		,27*	,33**	,26***	,65***	,61***	,41***				
Al		-,64***	-,64***	-,63***	-,34**					-,47***	-,49***	-,63***	-,23*	
SiO <sub>2</sub>		-,46***	-,48***	-,47***						-,40***	-,50***	-,40**		,33*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.19 Heinävesi

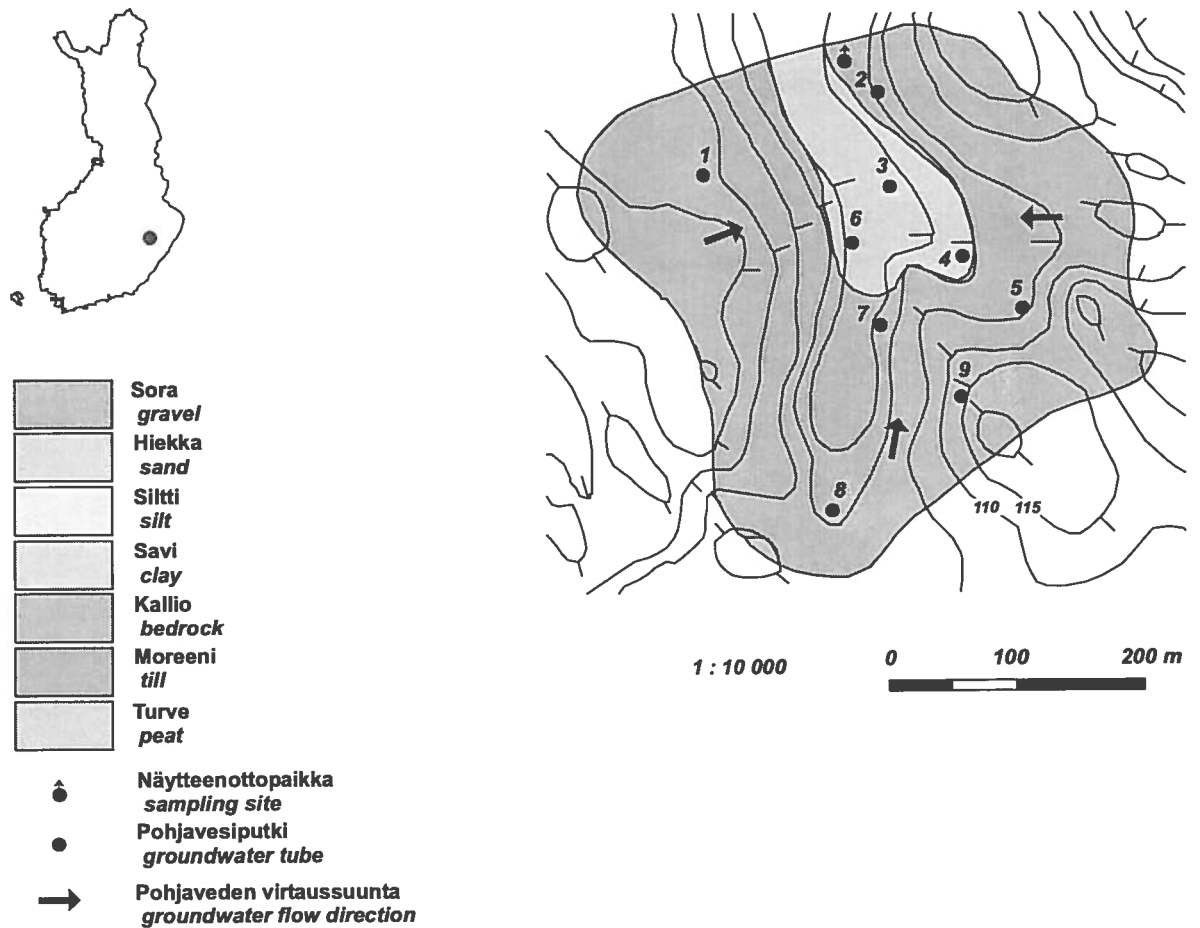
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Heinäveden kunnassa (peruskarttalehti 4221 07 D ja vesistöalue 04.274). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,35 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 93...122 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.19.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoapaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alueelle on tunnusomaista kaakko-luode -suuntaisuus. Maakerrokset ovat ohuita ja alueen keskellä on ohut turvekerros. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 87,6 % ja turvetta 12,4 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi.

Pohjavesiaseman alue on kattilamainen laakso, jossa pohjavesi virtaa reunoilta kohti keski-osaa.

Näytteenottoaika on kesäkäytössä olevan maalaistalon kivikehikkoinen kaivo, joka sijaitsee pellon reunassa.

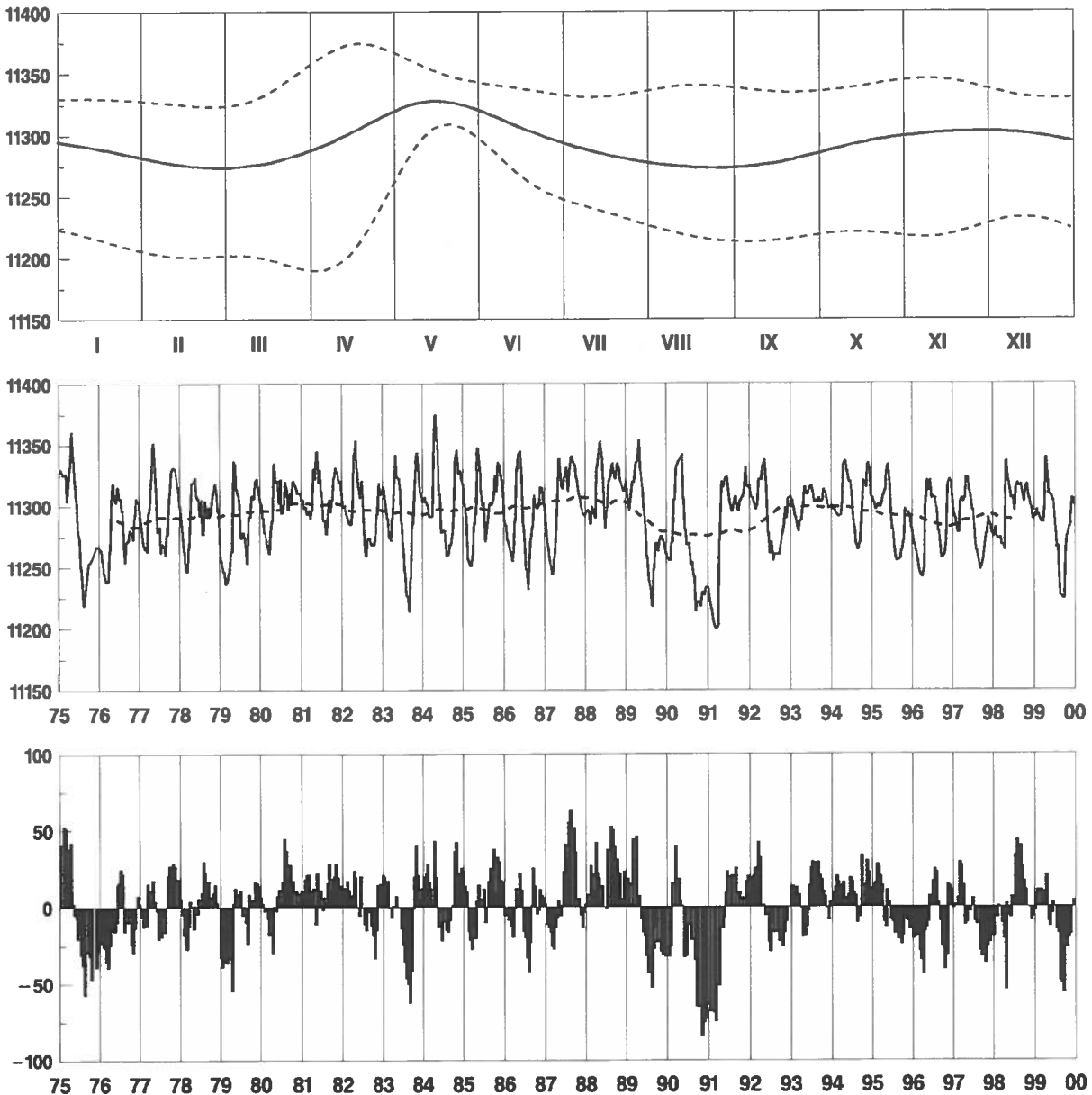


Kuva 4.19.1. Heinäveden pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoapaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 356.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Heinäveden alueella oli 52 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 174 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1991 ja ylimmillään huhtikuussa 1984. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.19.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1975, 1989 ja 1990; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1980, 1981, 1987 ja 1988.



Kuva 4.19.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Heinäveden pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 113,63 m.



## Pohjaveden laatu

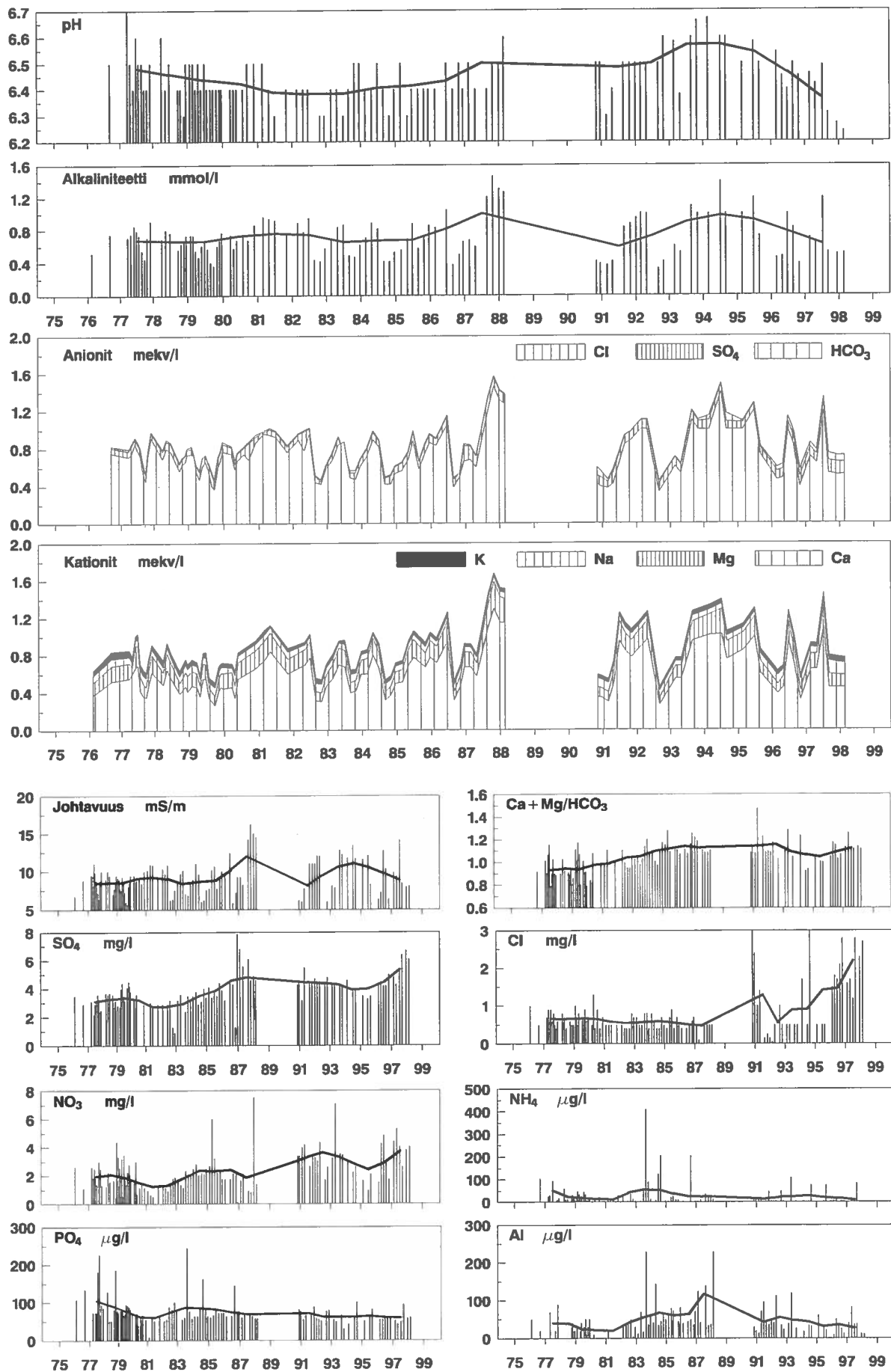
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.19.1.

Toistuvasti alle määrittelysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 84,6%  $\leq$  1 mg l<sup>-1</sup>, Fe 9,5%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Mn 84,7%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cu 12,0%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Pb 84,7%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Zn 59,4%  $\leq$  5  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Ni 65,6%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cd 82,4%  $\leq$  0,1  $\mu$ g l<sup>-1</sup> ja Hg 62,7%  $\leq$  0,01  $\mu$ g l<sup>-1</sup>. Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.19.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.19.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.19.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat yli kaksinkertaisia maan mediaaniin verrattuna. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Alkaliniteetti on huomattavasti keskimääräistä korkeampi ja korrelaatiot ovat voimakkaita kalsiumin, magnesiumin ja sähkönjohtavuuden kanssa. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on jonkin verran noussut, mutta suhde oli vuonna 1997 1,15, joten vahvojen happojen vaikutus on ollut vähäistä.

Taulukko 4.19.1. Heinäveden pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	9,20	9,1	5,0	16,2	2,22	105
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,73	0,71	0,33	1,46	0,24	106
pH		6,45	6,4	6,2	6,7	0,09	105
N <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	929	893,5	460	2000	324	52
N <sub>NO3</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	539	485	33	1700	294	104
N <sub>NH4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	22,0	8	<1	320	41,2	101
P <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	28,6	26	18	65	9,7	32
P <sub>PO4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	24,8	22,5	1	80	11,6	102
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,0	0,60	104
Fe	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	84,6	52	<20	761	111	63
Mn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	80	.	98
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	3,82	3,7	0,9	7,9	1,10	98
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,6	1,5	1,0	3,2	0,39	100
K	mg l <sup>-1</sup>	1,83	1,8	0,9	3,0	0,39	100
Ca	mg l <sup>-1</sup>	12,2	11,1	5,3	26,0	4,63	98
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,91	1,9	0,9	3,5	0,55	100
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,68	6,6	3,3	9,4	0,91	54
F	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	77,1	70,5	<20	280	33,2	78
Al	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	49,3	40	5	230	40,3	85
Cd	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	0,22	<0,1	<0,1	5,0	0,66	68
Cu	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	5,65	4,0	<1	35,0	6,18	100
Pb	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	1,2	<1	<1	14,5	2,40	98
Ni	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	1,42	<1	<1	10,0	1,60	61
Zn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	7,72	<5	<5	82,0	10,8	69
Hg	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	0,085	<0,01	<0,01	1,40	0,264	51
TOC	mg l <sup>-1</sup>	3,37	3,9	1,0	5,5	1,45	23



Kuva 4.19.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Heinäveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997.

Taulukko 4.19.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Heinäveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus			Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>					Aik.				
pH					NO <sub>3</sub>	4,91	<0,001	104	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-3,07	<0,002	-0,507	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-4,28	<0,001	-1,28	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>	5,84	<0,001	0,132	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na					K				
Ca	2,31	0,021	0,451	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg				
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	4,30	<0,001	11,7	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Sulfaattipitoisuuden mediaani on lähellä koko maan mediaania. Sulfaattipitoisuus on noussut 1980-luvun alkupuolella vuoteen 1987 asti, minkä jälkeen pitoisuus on ollut loivassa laskussa, kunnes taas vuonna 1997 pitoisuus on kääntynyt noususuuntaan. Korkeampia kloridipitoisuuksia on alkanut esiintyä 1990-luvulla.

Nitraatti- ja fosfaattipitoisuudet ovat selvästi keskimääräistä korkeampia. NO<sub>3</sub>-trendi on nouseva ja PO<sub>4</sub>-trendi valtakunnalliseen tapaan laskeva.

Tärkeimpien ionien pitoisuuksissa on selvästi havaittavissa vuodenaajoista riippuva periodi-vaihtelu, mikä näkyy myös ainepitoisuuksien korrelaatioina pohjaveden pinnakorkeuden kanssa. Voimakkaimmat korrelaatiot (sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, Ca, Mg ja Al) ovat positiivisia, toisin sanoen vedenpinnan noustessa elektrolyyttipitoisuus nousee.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on poikkeuksellisen matala, mikä viittaa pohjaveden nopeaan kiertoon.

Taulukko 4.19.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Heinäveden pohjavesiasemalla vuosina 1976-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,40***													
Aik.	,39***	,97***												
pH	-,21*	,32**	,32**											
NO <sub>3</sub>				,24*										
NH <sub>4</sub>	-,28**													
PO <sub>4</sub>	-,35***	-,46***	-,42***			,43***								
Cl	-,23*	-,26*	-,31**				,28**							
SO <sub>4</sub>				,29**	,22*		-,26*							
Na	-,33**	-,65***	-,63***	-,23*		,33**	,48***	,33**	-,30**					
K	-,23*					,31**	,36***		-,23*	,35***				
Ca	,44***	,93***	,90***	,33**		-,23*	-,48***	-,37***	,35**	-,71***	-,29**			
Mg	,39***	,94***	,93***	,32**			-,45***	-,31**		-,56***		,88***		
Al	,35**								,25*	-,35**	-,37**	,32**		
SiO <sub>2</sub>							,58***			,68***				-,40***

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.20 Talluskylä

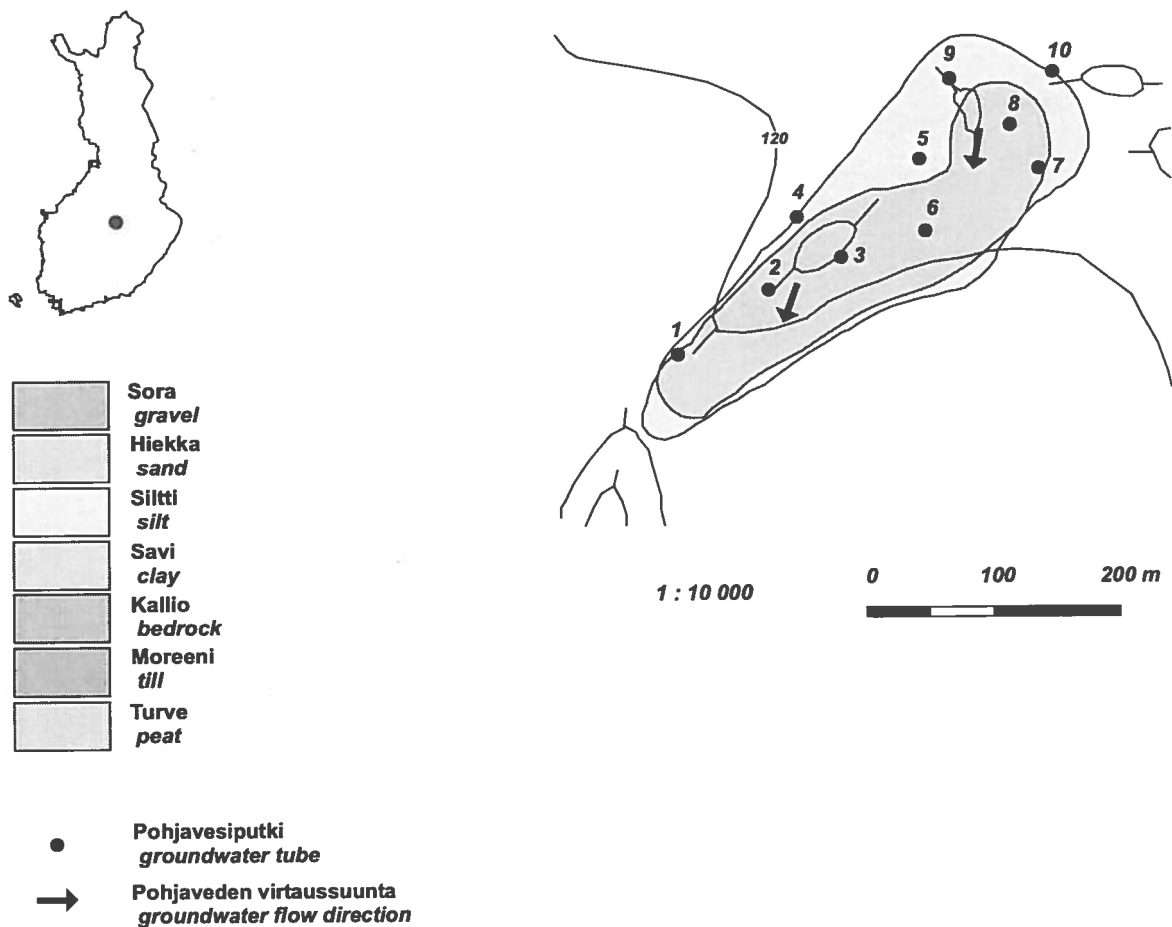
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Tervon kunnassa (peruskarttalehti 3313 11 D ja vesistöalue 14.738). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,12 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 118...126 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.20.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on reunamuodostumatyyppinen koillinen-lounas -suuntainen selänne. Alueen pintamaalajeista hiekkaa on 63,1 % ja silttiä 36,9 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi.

Pohjaveden virtaussuunta on koillisesta lounaaseen.

Pohjavesinäytteenottoa ei alueella ole suoritettu.

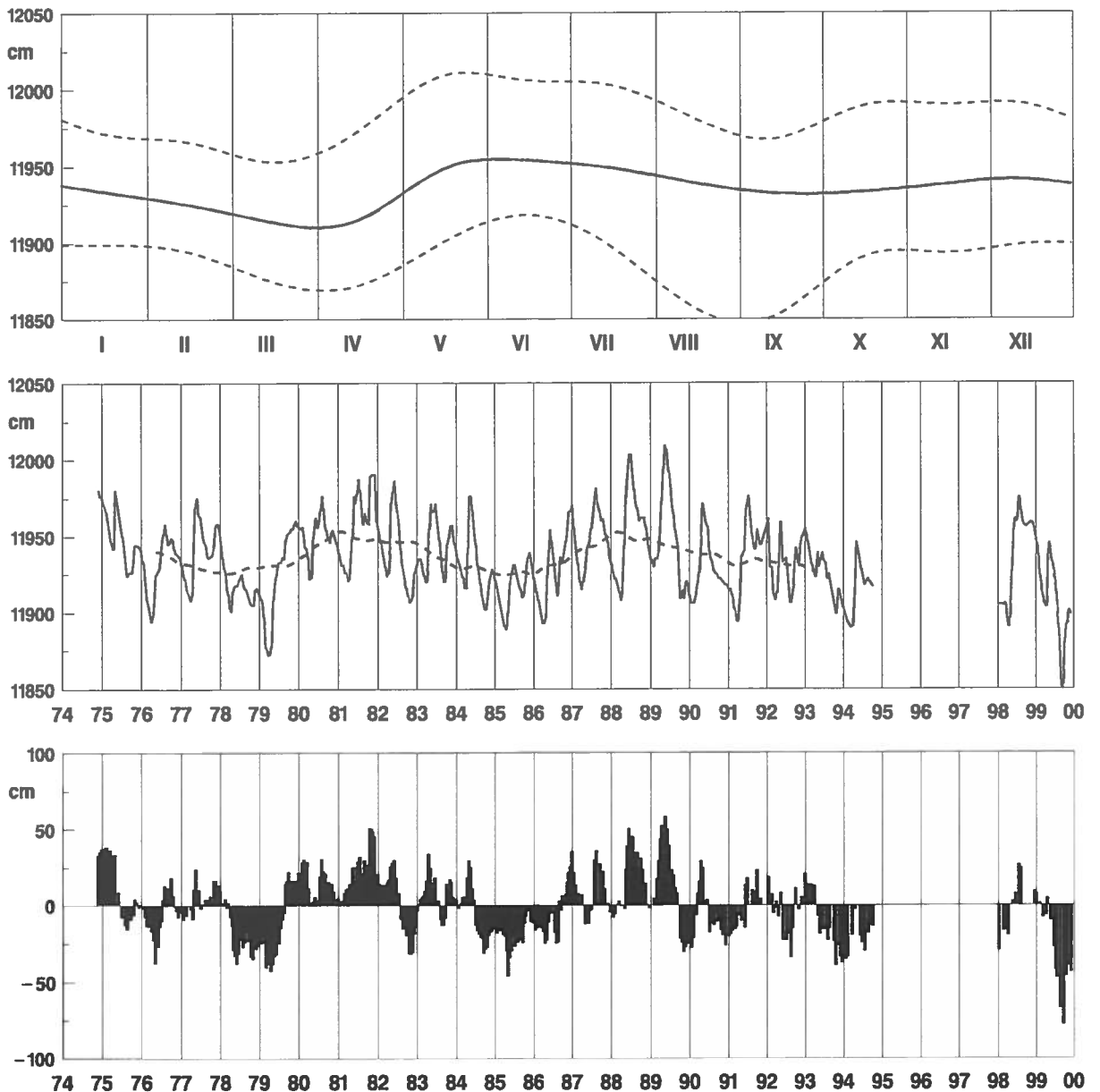


Kuva 4.20.1. Talluskylän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 356.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Talluskylän alueella oli 40 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 156 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään toukokuussa 1989. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.20.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuu-kausikeskiarvot. Vuosilta 1995-1997 ei ole havaintoja. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1979, 1984, 1985, 1993, 1994 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1980, 1981, 1988 ja 1989.



Kuva 4.20.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Talluskylän pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 122,22 m.

## 4.21 Viinikkala

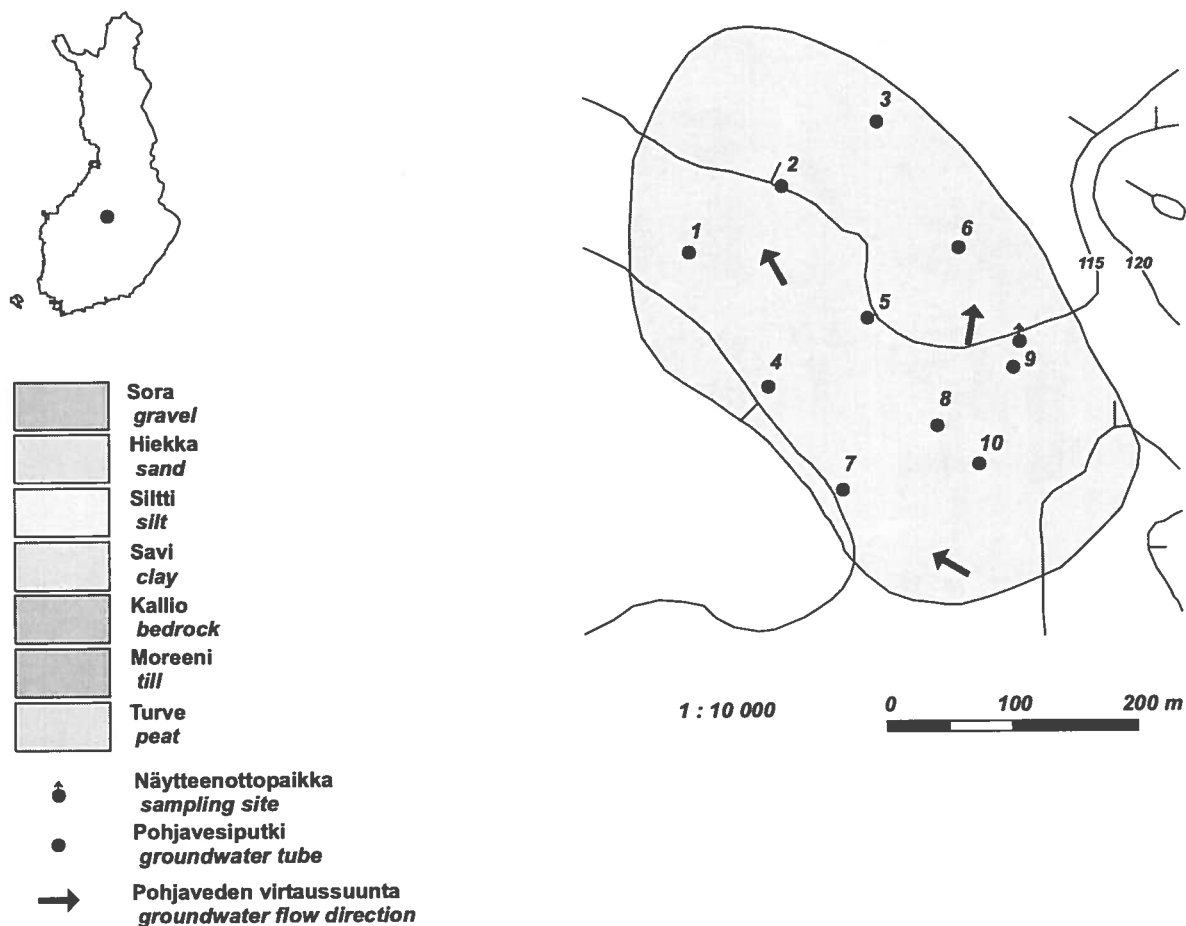
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Keiteleen kunnassa (peruskarttalehti 3314 01 D ja vesistöalue 14.731). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,33 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 116...122 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.21.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Muodostumisalueen pintamaalaji on kokonaisuudessaan silttiä, minkä alla on yhtenäinen moreenipatja. Kallioperän vallitsevat kivilajit ovat dioritteja ja gabroja (Salli 1977).

Pohjavesi virtaa topografian mukaisesti kaakosta luoteeseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 1,5 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,5 m<sup>3</sup> lähde. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,4 l s<sup>-1</sup>. Alueella harjoitetaan maataloustoimintaa. Lähin pelto sijaitsee 50 metrin etäisyydellä lähteestä. Ympäristössä on suoritettu jatkuvasti harvennus- sekä avohakkuita.

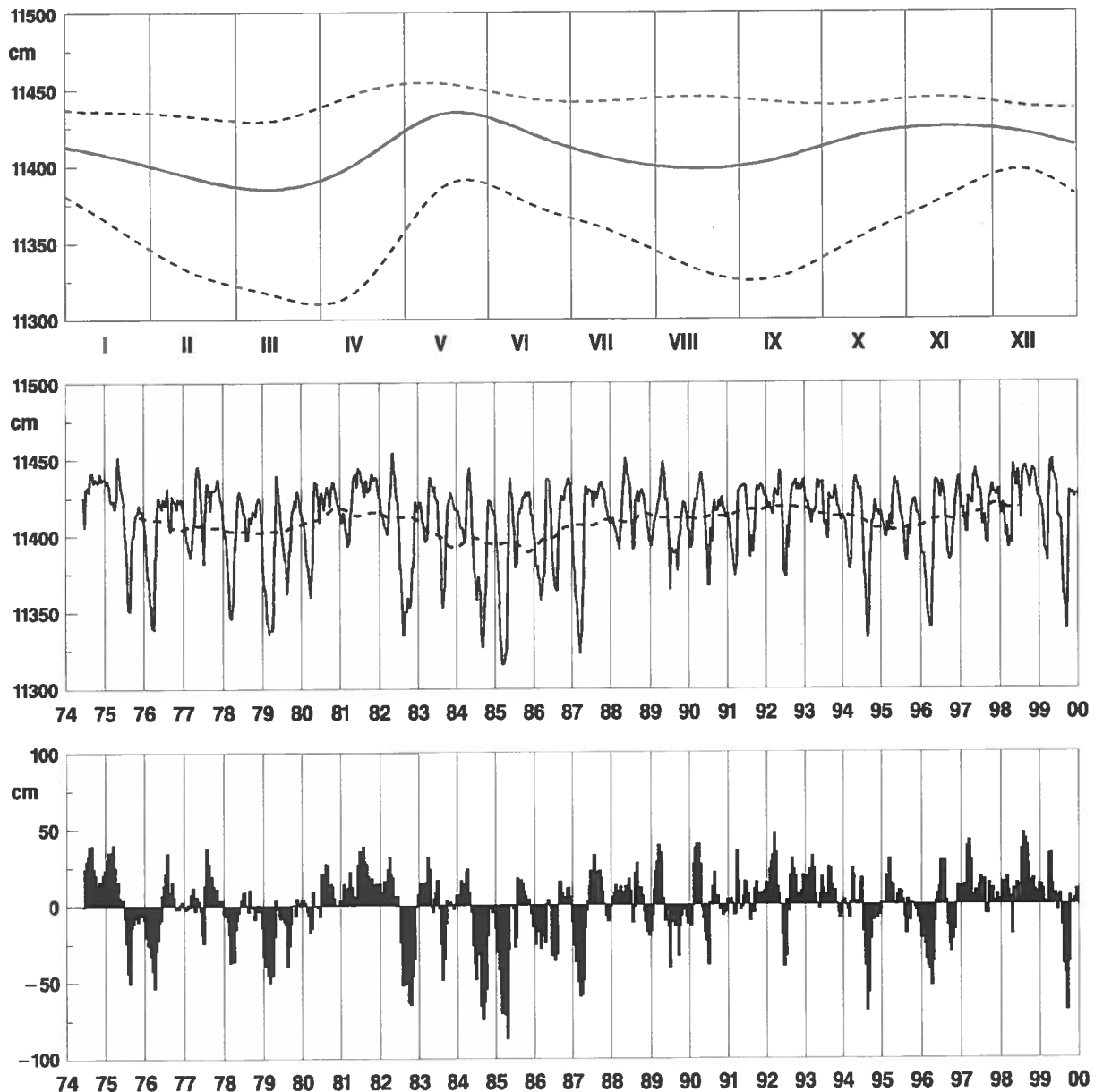


Kuva 4.21.1. Viinikkalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 357.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Viinikkalan alueella oli 51 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 138 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1985 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.21.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1979, 1982, 1984, 1985, 1987 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1981, 1992, 1993, 1997 ja 1998.



Kuva 4.21.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Viinikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 114,89 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.21.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Fe 79,1%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 87,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 8,1%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 47,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 81,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 91,7%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 91,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 72,7%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.21.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.21.3.

Taulukko 4.21.1. Viinikkalan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	6,86	6,9	5,1	9,8	0,77	114
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,29	0,29	0,15	0,55	0,05	113
pH		6,19	6,2	6,0	6,8	0,12	117
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	946	910	310	1900	421	36
N <sub>NO3</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,13	1,10	0,08	3,08	0,56	108
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	14,1	6,0	1	270	36,1	109
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	8,1	4	2	42	11,1	22
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,7	4	2	53	6,8	114
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,30	2,3	1,3	4,2	0,63	116
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	30,2	<20	<20	520	80	67
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	130	.	97
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,44	6,3	3,6	16,0	1,25	111
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,74	2,7	2,1	4,3	0,42	110
K	mg l <sup>-1</sup>	2,75	2,7	1,8	4,4	0,43	111
Ca	mg l <sup>-1</sup>	5,36	5,2	3,0	7,8	0,83	110
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,62	1,6	0,6	2,4	0,23	111
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,5	13,0	11,0	14,0	0,92	32
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	63,0	60	<20	180	28,7	86
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	31,2	9,5	1	180	43,0	84
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	22
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	4,71	2,0	<1	28,0	6,05	110
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,21	<1	<1	15,0	1,98	103
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,09	<1	<1	14,8	2,93	24
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	14,0	.	23
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,010	<0,01	<0,01	0,03	0,011	11
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,34	1,0	0,7	7,0	1,43	18

Taulukko 4.21.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Viinikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-1,96	<0,050	-18,6	$\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.				
pH					NO <sub>3</sub>	-4,78	<0,001	-195	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-5,82	<0,001	-0,331	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-3,07	<0,002	-0,207	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>				
Na	-7,10	<0,001	-29,5	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K	-4,70	<0,001	-27,9	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca					Mg				
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al	-2,99	<0,003	-0,395	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>



Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.21.3. Sähkönjohtavuus- ja alkaliniteetti ovat valtakunnallista mediaania korkeampia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on 1,4, mikä on osoitus vahvojen happojen vaikutuksesta. Emäskationeista kaliumin suhteellinen osuus on huomattavan korkea, mikä johtunee peltojen läheisyydestä.

Sulfaattipitoisuus on 2,5 mg l<sup>-1</sup> ja kloridipitoisuus 0,8 mg l<sup>-1</sup> koko maan mediaania korkeampi.

Pohjaveden korkea nitraattipitoisuus selittyy läheisten peltojen aiheuttamalla typpikuormituksella. Ammoniumtyppi- ja fosforipitoisuudet ovat lukuun ottamatta muutamia pitoisuuspiikkejä valtakunnallista keskitasoa. Kaikki merkitsevät pitoisuustrendit ovat laskevia.

Kuparipitoisuus on keskimääräistä korkeampi, mikä saattaa johtua Keiteleeseen alueen kalliomaaperässä esiintyvistä sulfidimineraaleista.

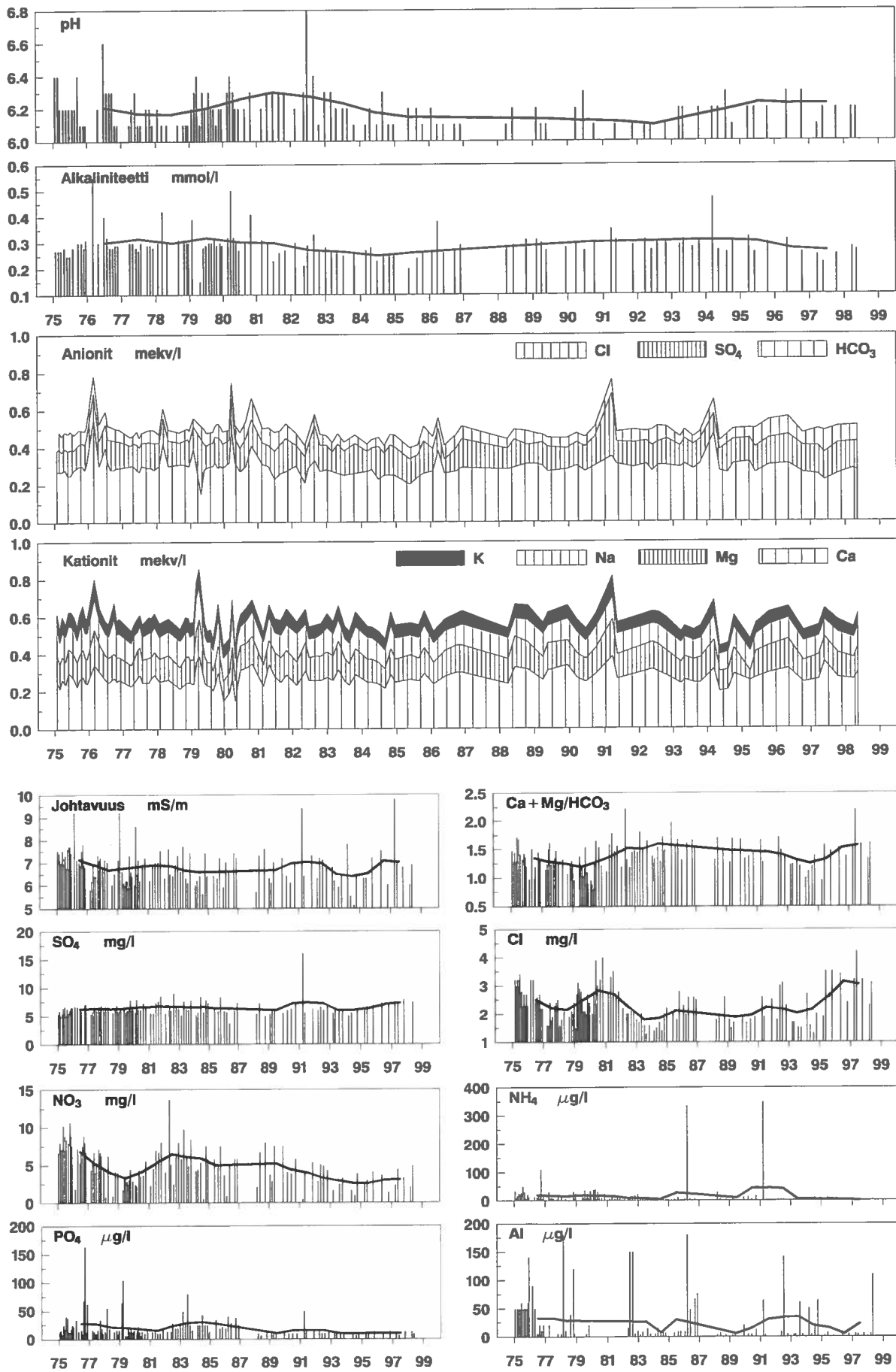
Taulukko 4.21.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Viinikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,24**													
Alk.	-,28**													
pH														
NO <sub>3</sub>	,51***	,60***	-,41***											
NH <sub>4</sub>	-,27**		,20*	,31**										
PO <sub>4</sub>	-,25**	,32**				,20*								
Cl	,24*	,54***			,27**	,30**								
SO <sub>4</sub>	,22*	,34***			,25*									
Na		,45***	,37***			,49***	,35***	,37***						
K	,21*	,81***			,58***	,23*	,31**	,47***	,41***	,49***				
Ca	,24*	,64***			,38***			,38***	,33***		,54***			
Mg		,71***			,32**			,40***	,32**		,58***	,73***		
Al	-,24*	,37**				,42***	,32**	,44***		,33**	,40***		,27*	
SiO <sub>2</sub>	-,43*		,45*							,86***				

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.21.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Viinikkalan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

## 4.22 Kangaslahti

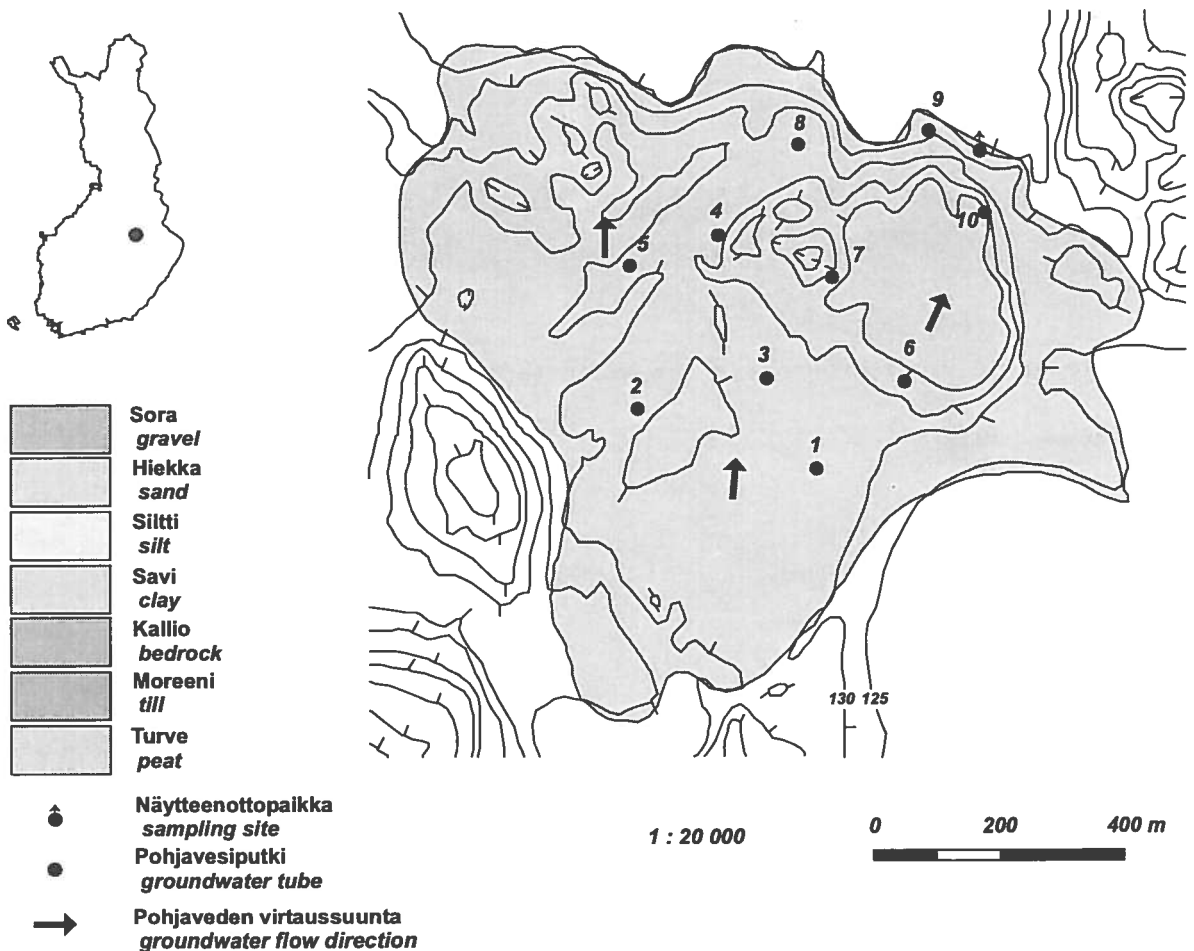
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Rautavaaran kunnassa (peruskarttalehti 3334 06 D ja vesistöalue 04.661). Tutkimusalueen pinta-ala on 2,14 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 120...148 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.22.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa Kangaslahden laajasta deltakompleksista. Muodostumisalueen pintamaalaji on kokonaisuudessaan hiekkaa. Kallioperän vallitseva kivilaji on suonigneissi.

Pohjaveden päävirtaussuunta on etelästä pohjoiseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,2 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,04 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee 1970-luvun lopussa paljaaksi hakatun rinteiden reunalla. Lähden arvioitu ylivuoto on noin 0,1 l s<sup>-1</sup>. Nykyään alueella kasvaa taimikkoa.

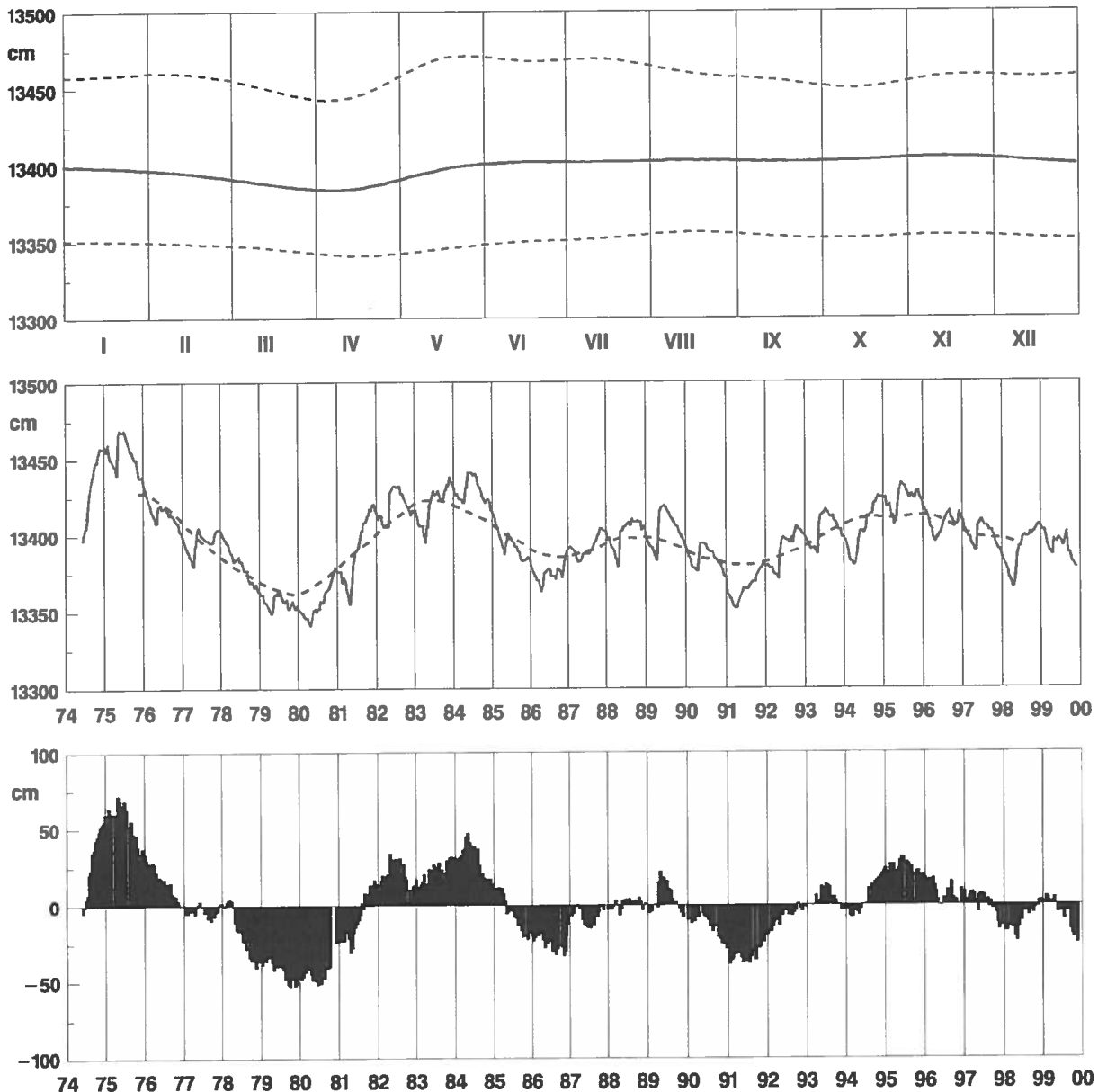


Kuva 4.22.1. Kangaslahden pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 358.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kangaslahden alueella oli 19 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan marraskuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 128 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1980 ja ylimmillään toukokuussa 1975. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.22.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1979, 1980, 1986 ja 1991; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1975, 1982, 1983, 1984 ja 1995.



Kuva 4.22.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kangaslahden pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 142,07 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.22.1.

Toistuvasti alle määrittelyrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NO_3}$  7,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 80,4%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 58,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 75,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 54,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 77,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 95,7%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 100%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 76,9%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 66,6%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.22.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.22.3.

Taulukko 4.22.1. Kangaslahden pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	2,77	2,7	1,7	3,6	0,26	101
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	0,18	0,18	0,11	0,29	0,03	102
pH		6,47	6,4	5,9	7,1	0,30	103
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	70,1	42	17	270	61,1	35
$N_{NO_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	22,1	20	1	86	16,7	101
$N_{NH_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	12,8	9	1	66	12,7	101
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	18,1	17	15	36	4,5	23
$P_{PO_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	13,4	15	3	28	5,1	99
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	<1	<1	<1	1,9	.	102
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	30,4	<20	<20	259	49,1	58
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	140	.	86
$SO_4$	$\text{mg l}^{-1}$	2,61	2,3	<1	6,5	1,15	95
Na	$\text{mg l}^{-1}$	1,90	1,9	1,4	2,5	0,18	96
K	$\text{mg l}^{-1}$	0,76	0,8	0,4	1,1	0,14	96
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	1,83	1,8	1,0	2,9	0,37	90
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	0,83	0,8	0,4	1,9	0,18	96
$SiO_2$	$\text{mg l}^{-1}$	11,0	11,0	9,7	11,9	0,4	32
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	36,4	26	<20	170	29,4	75
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	31,5	18	<1	180	37,0	74
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	25
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,66	<1	<1	60,0	10,5	95
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,26	<1	<1	5,0	1,56	90
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	1,0	.	25
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	11,0	.	23
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,010	0,01	<0,01	0,03	0,008	13
TOC	$\text{mg l}^{-1}$	0,50	0,5	<0,5	1,3	0,26	18

Taulukko 4.22.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kangaslahden pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus
$Y_{25}$				Alk.	-2,17	0,030	-1,26 $\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH	5,69	<0,001	0,0291 pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	$NO_3$	3,63	<0,001	2,61 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
$NH_4$	-7,25	<0,001	-0,867 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$PO_4$	2,46	0,014	0,564 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-3,03	0,003	0,117 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$SO_4$			
Na				K			
Ca	-4,99	<0,001	-28,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-3,45	<0,001	-7,42 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/ $HCO_3$	-3,66	<0,001	2,98 mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-3,55	<0,001	-1,25 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.22.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä pienempiä. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Happamuus on vähentynyt voimakkaasti vuoden 1987 lopulla. Alkaliniteetilla on laskeva trendi (taulukko 4.22.2). Ca + Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on alle yhden ja trendi loivasti laskeva. Myös kalsium- ja magnesiumipitoisuudet ovat alle keskitason ja trendit laskevia. Kalium on emäskatio-neista suhteellisesti voimakkaimmin edustettuna.

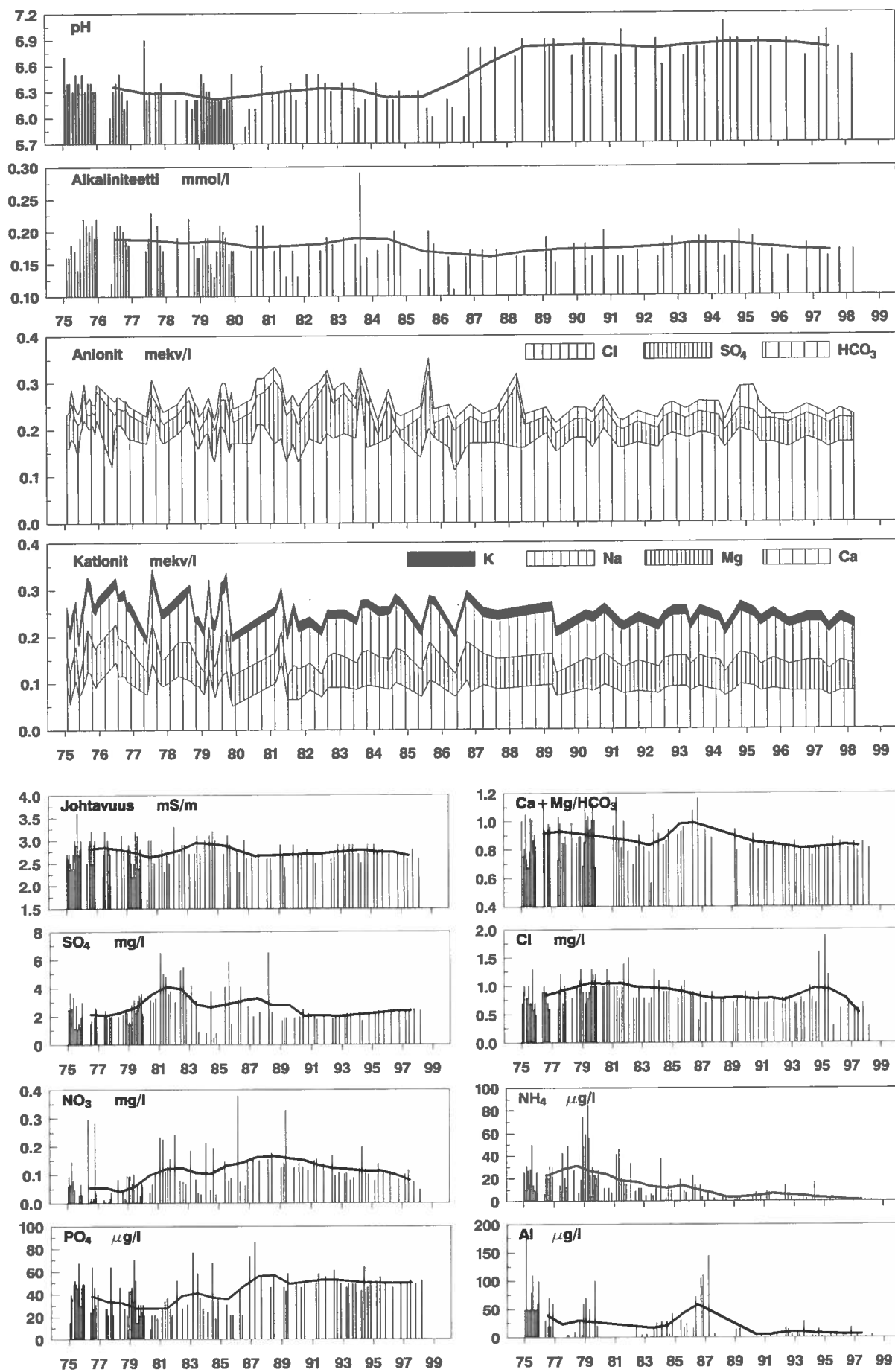
Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,5 mg l<sup>-1</sup> pienempi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on 1970-luvun lopusta lähtien kohonnut palautuen 1990-luvulla alkuperäiselle tasolle. Kloridipi-toisuus on pieni ja trendi on laskeva.

Nitraattipitoisuus on 1970-luvun loppupuolella noussut saavuttaen korkeimman tasonsa (kolmen vuoden liukuva keskiarvo) vuonna 1988, jonka jälkeen arvot ovat melko tasaisesti laskeneet. NO<sub>3</sub>-pitoisuuden kohoaminen on johtunut todennäköisesti vuonna 1979 suoritetusta avohakkuusta. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on tutkimusjakson aikana merkitsevästi pienentynyt. Fosforipi-toisuudet ovat valtakunnallisia mediaaneja jonkin verran korkeampia. PO<sub>4</sub>-pitoisuudella on nou-seva trendi.

Taulukko 4.22.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokerroimet (Spearman) Kangaslahden pohjavesiasemalla vuosina 1975-1994. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Aik.	,24*	,70***												
pH		-,24*												
NO <sub>3</sub>		-,33**	-,44***	,38***										
NH <sub>4</sub>				-,43***	-,27*									
PO <sub>4</sub>				,54***	,30**	-,31**								
Cl	-,22*			-,35***		,23*	-,49***							
SO <sub>4</sub>			-,25*	-,25*										
Na		,47***	,38***		-,21*									
K		,25*					,26*		-,23*					
Ca		,60***	,67***	-,41***	-,44***	,28*				,33**				
Mg		,51***	,56***	-,41***	-,38***					,24*		,69***		
Al	,26*			-,39***	-,40***	,47***								
SiO <sub>2</sub>														,53**

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.22.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kangaslahden pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

## 4.23 Akonjoki

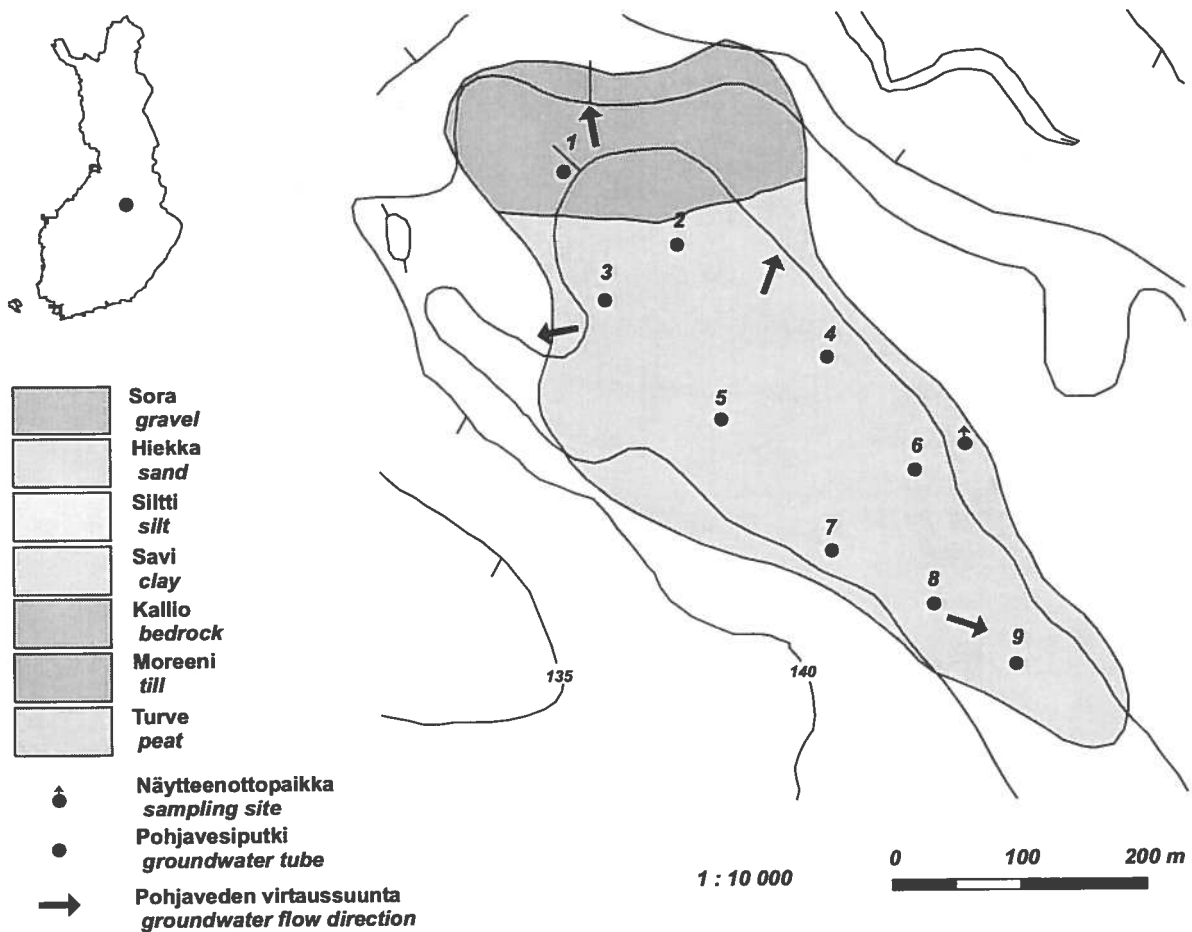
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Sonkajärven kunnassa (peruskarttalehti 3342 08 A ja vesistöalue 04.583). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,36 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 134...149 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.23.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on kaakko-luode -suuntainen moreenimäki, jossa kerrospaksuudet ovat melko suuria (jopa yli 20 m). Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 75,9 % ja moreenia 24,1 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjavesi virtaa sekä koilliseen että lounaaseen päin selänteen kummallekin puolelle.

Pohjavesinäyte otetaan putkesta, jossa vesipinta on keskimäärin 2,3 metriä maanpinnan alapuolella. Näytteenottoputki sijaitsee mäntykankaalla noin 15 metrin etäisyydellä tiestä. Lähi-alueella on suoritettu harvennushakkuuta 1980-luvun puolivälin jälkeen ja avohakkuu 1990-luvun alussa.



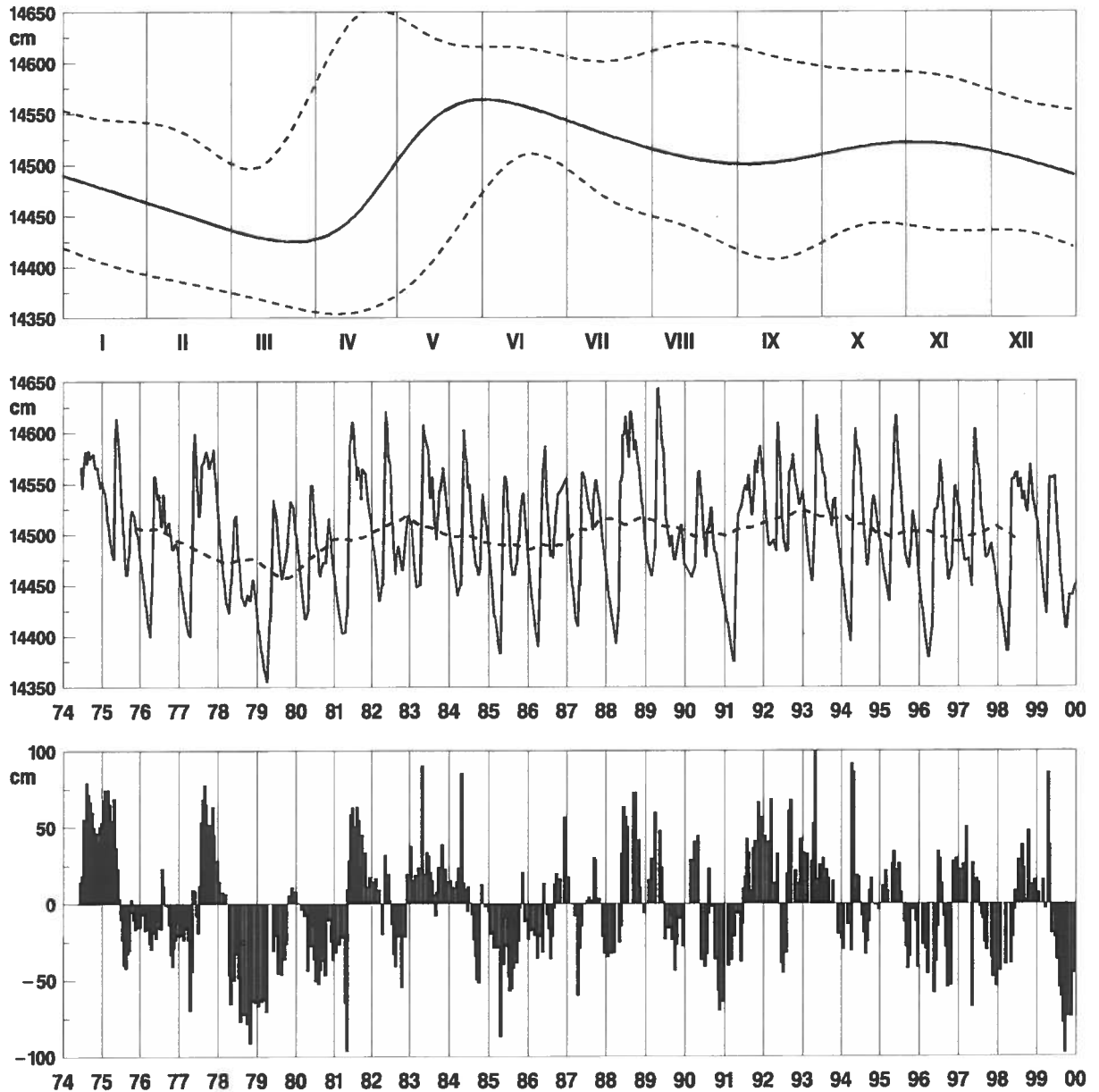
Kuva 4.23.1. Akonjoen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 358.



## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Akonjoen alueella oli 134 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 288 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1979 ja ylimmillään huhtikuussa 1989. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.23.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1979, 1980, 1985 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1975, 1977, 1983, 1992 ja 1993.



Kuva 4.23.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Akonjoen pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 147,15 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet on otettu vuosina 1975-1996. Analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.23.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 28,7%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Mn 24,1%  $\leq 20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , F 35,9%  $\leq 20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 20,6%  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 6,5%  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 60,0%  $\leq 5 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 84,2%  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 72,7%  $\leq 0,01 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.23.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.23.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.23.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat noin puolet maan mediaanitasosta. Pohjaveden pH:n mediaani on sama kuin koko maan mediaani eikä tilastollisesti merkitsevää trendiä ole. Alkaliniteetti on trendianalyysin mukaan laskenut vuosina 1975-1996 0,06 mmol l<sup>-1</sup>, mutta Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-trendiä ei ole, koska kalsiumin ja magnesiumin trendit ovat laskevia. Kationeista kaliumin osuus on suhteellisen suuri.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on vain neljäsosa koko maan mediaanista eikä merkitsevää pitoisuustrendiä esiinny. Kloridipitoisuus on keskimääräistä pienempi.

Taulukko 4.23.1. Akonjoen pohjavesiasemalta vuosina 1975-96 kerätystä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,30	2,2	1,7	4,4	0,43	102
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,14	0,14	0,09	0,26	0,03	103
pH		6,28	6,3	5,8	6,6	0,13	103
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	60,3	54,5	15	150	27,5	30
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	14,0	10,5	1	96	14,3	98
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	32,6	26	1	180	29,4	95
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	95,4	31	4	570	155	17
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	14,4	7,5	1	94,0	18,1	96
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,30	1,2	<1	3,4	0,48	101
Fe	μg l <sup>-1</sup>	1915	438	12	16000	3505	58
Mn	μg l <sup>-1</sup>	65,4	46,0	3	390	71,9	79
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,22	0,95	0,1	5,1	0,89	82
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,66	1,6	1,2	3,2	0,35	93
K	mg l <sup>-1</sup>	0,99	0,9	0,6	2,2	0,33	93
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,62	1,5	0,8	3,1	0,40	91
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,49	0,4	0,3	1,5	0,23	88
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	8,71	8,6	8,0	9,6	0,50	26
F	μg l <sup>-1</sup>	40,8	30	5	170	31,4	78
Al	μg l <sup>-1</sup>	862	290	4	5400	1228	66
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	18
Cu	μg l <sup>-1</sup>	11,3	6,0	<1	80,0	15,6	97
Pb	μg l <sup>-1</sup>	15,2	12,0	<1	76,0	12,9	93
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,5	.	19
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	9,0	.	20
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,055	<0,01	<0,01	0,52	0,154	11
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,05	1,0	0,7	1,5	0,25	13

Nitraattipitoisuus on noin viidesosa koko maan mediaanista kun taas ammoniumpitoisuus on koko maan mediaaniin verrattuna yli nelinkertainen. Poikkeuksellisen pieni  $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ -suhde saattaa johtua nopeasta pohjaveden kierrosta, mihin viittaa myös pieni  $\text{SiO}_2$ -pitoisuus. Toisaalta raskasmetallit (Cu ja Pb) saattavat myös toimia maaperässä tapahtuvassa nitrifikaatiossa inhibiittoreina.  $\text{NH}_4$ -pitoisuus on tutkimusjakson aikana merkitsevästi pienentynyt, voimakkaimmin 1980-luvun alkupuoliskolla. Kokonaisfosforipitoisuus on keskimääräistä korkeampi, mutta  $\text{PO}_4$ -pitoisuus on lähellä valtakunnallista mediaania. Rauta-, mangaani- ja alumiinipitoisuudet sekä raskasmetalleista kupari- ja lyijypitoisuudet ovat keskimääräistä korkeampia.

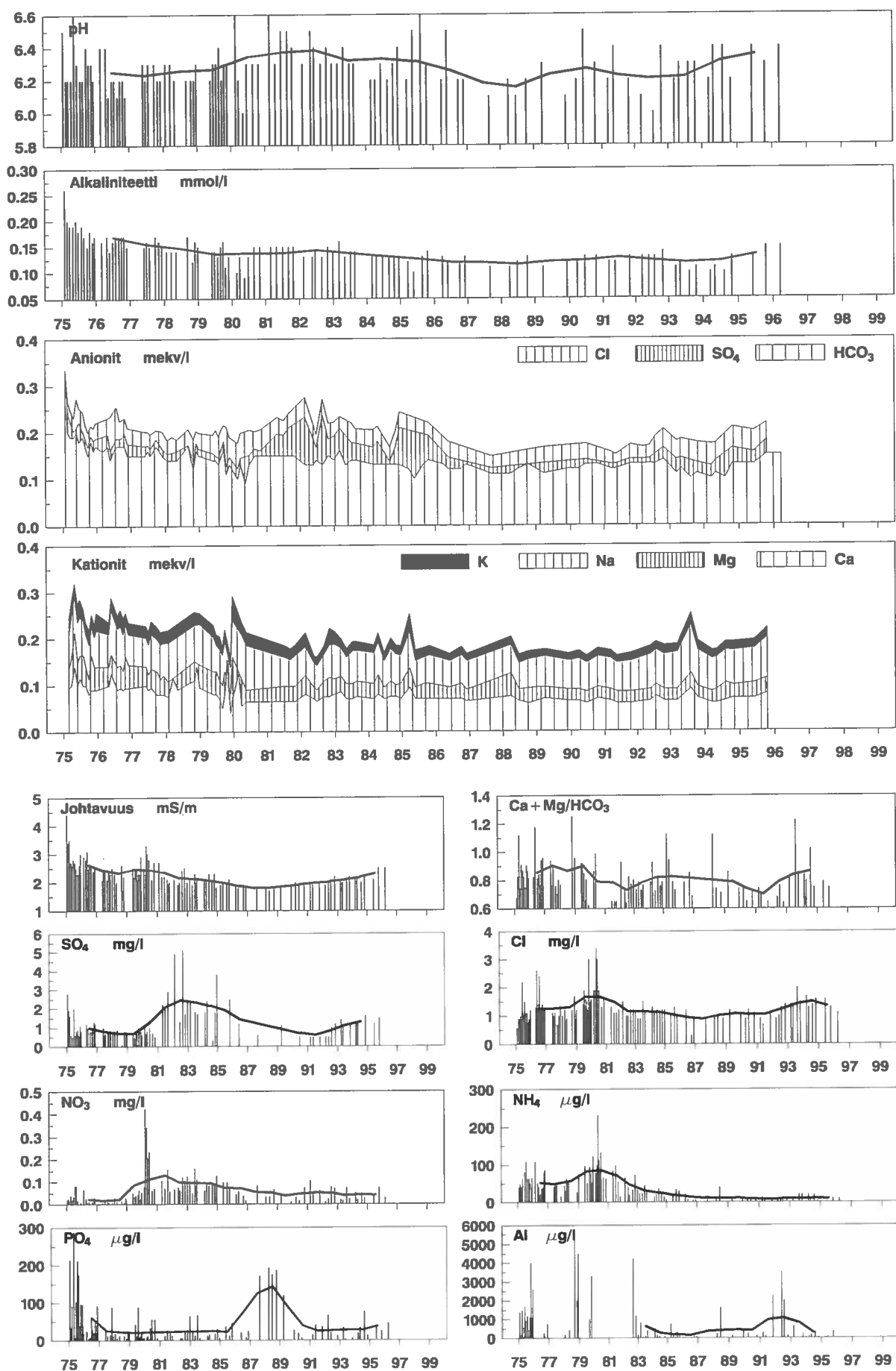
Taulukko 4.23.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Akonjoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-96. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
$Y_{25}$	-4,71	<0,001	-28,5	$\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-7,16	<0,001	-2,51	$\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH					$\text{NO}_3$				
$\text{NH}_4$	-7,36	<0,001	-3,08	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$				
Cl					$\text{SO}_4$				
Na					K	-5,77	<0,001	-24,2	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca	-5,68	<0,001	-35,5	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-5,74	<0,001	-21,6	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$					Al				

Taulukko 4.23.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Akonjoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	$Y_{25}$	Alk.	pH	$\text{NO}_3$	$\text{NH}_4$	$\text{PO}_4$	Cl	$\text{SO}_4$	Na	K	Ca	Mg	Al
$Y_{25}$														
Alk.		,61***												
pH														
$\text{NO}_3$			-,25*	,21*										
$\text{NH}_4$			,68***	,50***										
$\text{PO}_4$				-,26*										
Cl						,32**	-,33**							
$\text{SO}_4$				,28*	,33**									
Na				-,28**	-,23*	,33**		,34**						
K						,74***		,22*		,64***				
Ca					-,23*	,51***				,45***	,67***			
Mg	-,27*					,68***				,42***	,73***	,63***		
Al						,33*				,35**	,40**	,40**	,40**	
$\text{SiO}_2$														

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.23.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Akonjoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1995.

## 4.24 Kuuksenvaara

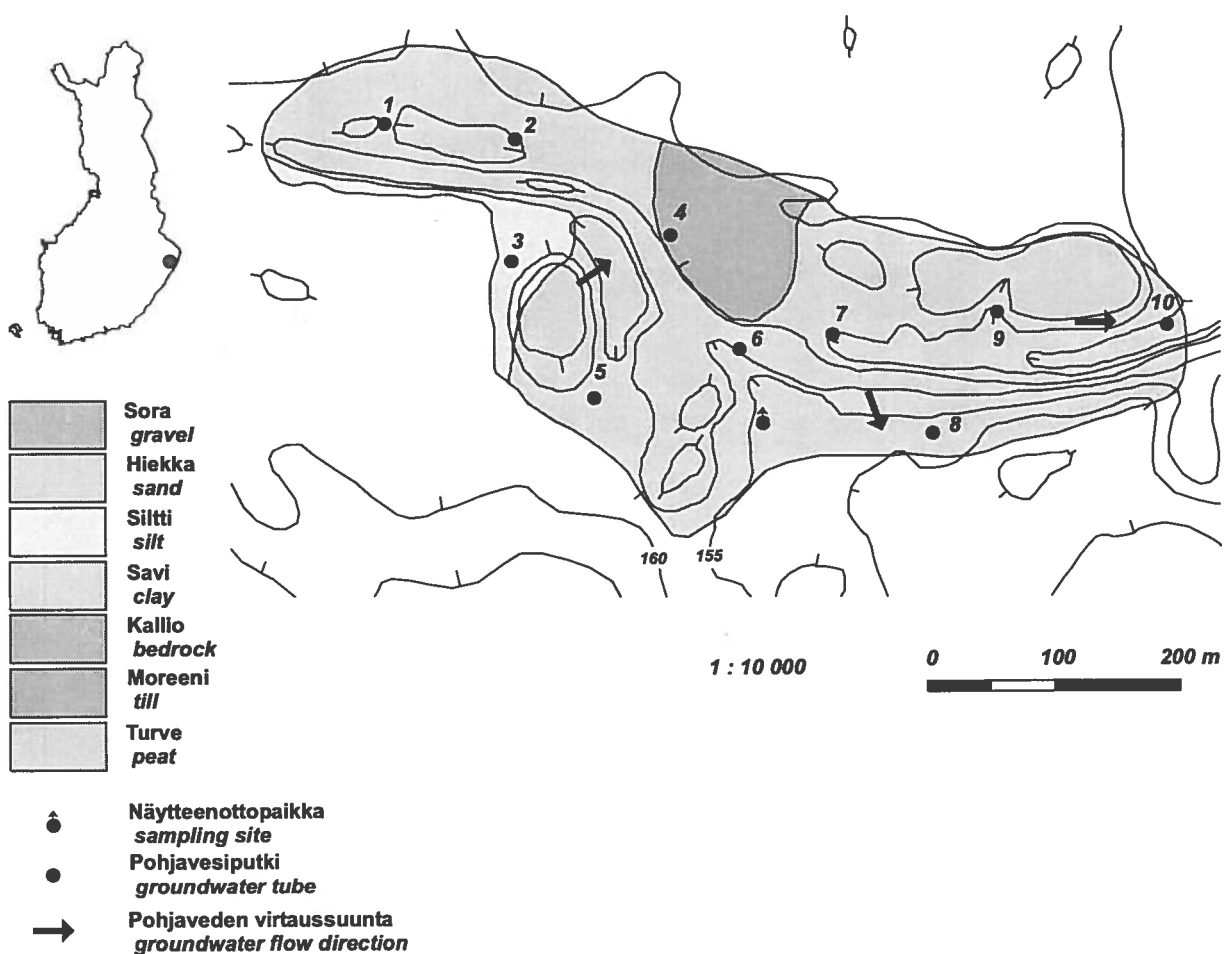
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Iiomantsin kunnassa (peruskarttalehti 4243 06 B ja vesistöalue 04.92). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,36 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 156...170 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.24.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa Iiomantsin kirkonkylän halki kulkevaa pitkittäisharjua. Muodostumisalueen pintamaalajeista on hiekkaa 85,6 %, moreenia 9,4 % ja silttiä 5,0 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kvartsidioriitti (Lavikainen 1975).

Pohjavesi virtaa aseman pohjois- ja eteläpuolella olevia suoalueita kohti.

Pohjavesinäyte otetaan putkesta, josta 450 metrin päässä sijaitsee soranottoalue. Lähistöllä on myös suoritettu metsänhakkuita.

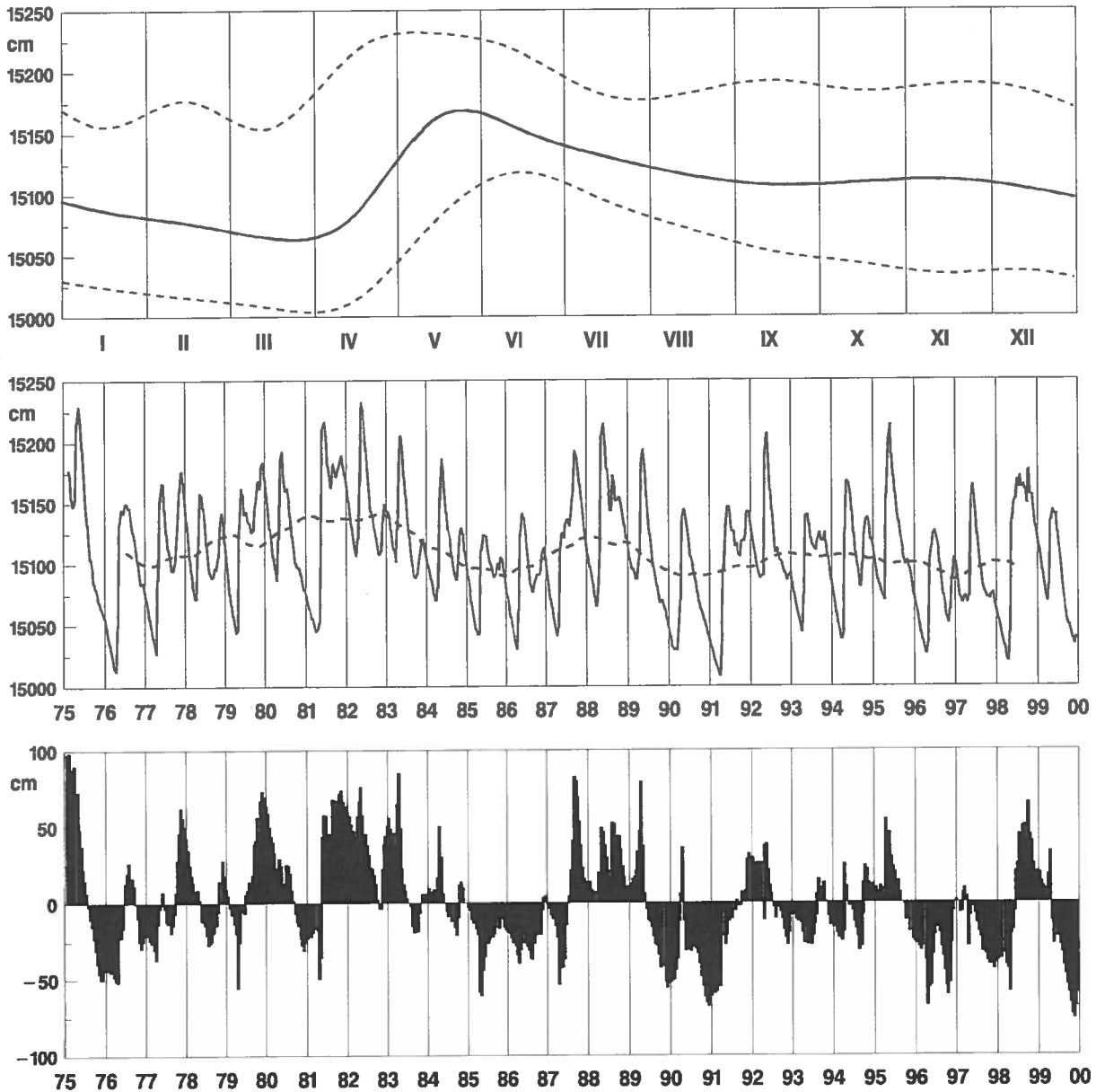


Kuva 4.24.1. Kuuksenvaaran pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 359.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kuuksenvaaran alueella oli 99 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 224 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1991 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.23.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1985, 1986, 1989, 1990, 1996, 1997 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1980, 1981, 1982, 1983, 1987, 1988 ja 1998.



Kuva 4.24.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kuuksenvaaran pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 154,06 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1978 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.24.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 94,4%  $\leq$  1 mg l<sup>-1</sup>, Fe 18,3%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Mn 70,0%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, F 77,2%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cu 30,1%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Pb 62,5%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Zn 50,0%  $\leq$  5  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Ni 46,8%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cd 84,4%  $\leq$  0,1  $\mu$ g l<sup>-1</sup> ja Hg 84,6%  $\leq$  0,01  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, TOC 19,4%  $\leq$  0,5 mg l<sup>-1</sup>. Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.24.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.24.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.24.3. Pohjaveden sähkönjohtavuus on puolet maan mediaanista ja pH:n mediaani on 0,6 yksikköä maan mediaania pienempi. Alkaliniteetti on trendianalyysin mukaan jonkin verran kohonnut ja emäskationien pitoisuudet laskeut, joten Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on laskenut voimakkaasti: vuoden 1978 keskiarvosta 1,7 vuoden 1997 keskiarvoon 0,8. Kationeista kalium on suhteellisen voimakkaasti edustettuna. Kaliumilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,0 mg l<sup>-1</sup> pienempi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on vuoden 1982 jälkeen laskenut voimakkaasti. Sulfaatilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuus on erittäin pieni.

Typpi- ja fosforipitoisuustrendit ovat laskevia. SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on puolet maan mediaanista ja fluoridipitoisuus on erittäin pieni. Alumiinilla on laskeva trendi.

Taulukko 4.24.1. Kuuksenvaaran pohjavesiasemalta vuosina 1978-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,23	2,1	1,4	3,7	0,44	84
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,11	0,11	0,06	0,14	0,02	83
pH		5,74	5,7	5,4	6,2	0,12	84
N <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	130	116	19	544	106	58
N <sub>NO3</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	9,2	5	<1	58	12,7	62
N <sub>NH4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	15,8	12	2	91	15,1	84
P <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	5,7	5	1	24	3,8	52
P <sub>PO4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	3,2	3	1	16	2,3	80
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,7	.	72
Fe	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	248	95	<20	2680	427	71
Mn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	61	.	80
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	3,14	2,8	1,5	5,4	1,05	82
Na	mg l <sup>-1</sup>	0,84	0,8	0,5	1,2	0,17	74
K	mg l <sup>-1</sup>	1,04	1,1	0,4	1,7	0,31	74
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,73	1,7	1,0	3,6	0,46	73
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,37	0,3	0,2	0,9	0,15	74
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,05	6,1	2,9	7,0	0,61	49
F	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	21,1	<20	<20	150	31,5	57
Al	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	51,2	22	<1	500	89,1	63
Cd	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	0,19	<0,1	<0,1	4,00	0,64	45
Cu	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	17,8	3,5	<1	260	35,2	73
Pb	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	4,31	<1	<1	58,0	8,38	72
Ni	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	2,13	1,47	<1	15,0	2,74	47
Zn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	13,3	5,1	<5	74,0	18,8	48
Hg	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	.	26
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,86	0,8	0,4	2,0	0,36	31

Taulukko 4.24.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kuuksenvaaran pohjavesiasemalla vuosina 1978-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	-9,09	<0,001	-58,9	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	2,44	0,015	0,556 μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>	-3,24	0,001	-5,27 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-3,07	0,002	-0,520	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-3,30	0,001	-0,272 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>	-6,02	<0,001	-82,9 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	-5,58	<0,001	-17,0	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	-3,22	0,001	-5,76 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	-6,19	<0,001	-48,9	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-8,47	<0,001	-15,9 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	-8,44	<0,001	-42,2	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-3,81	<0,001	-2,72 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.24.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kuuksenvaaran pohjavesiasemalla vuosina 1978-84 ja 1986-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

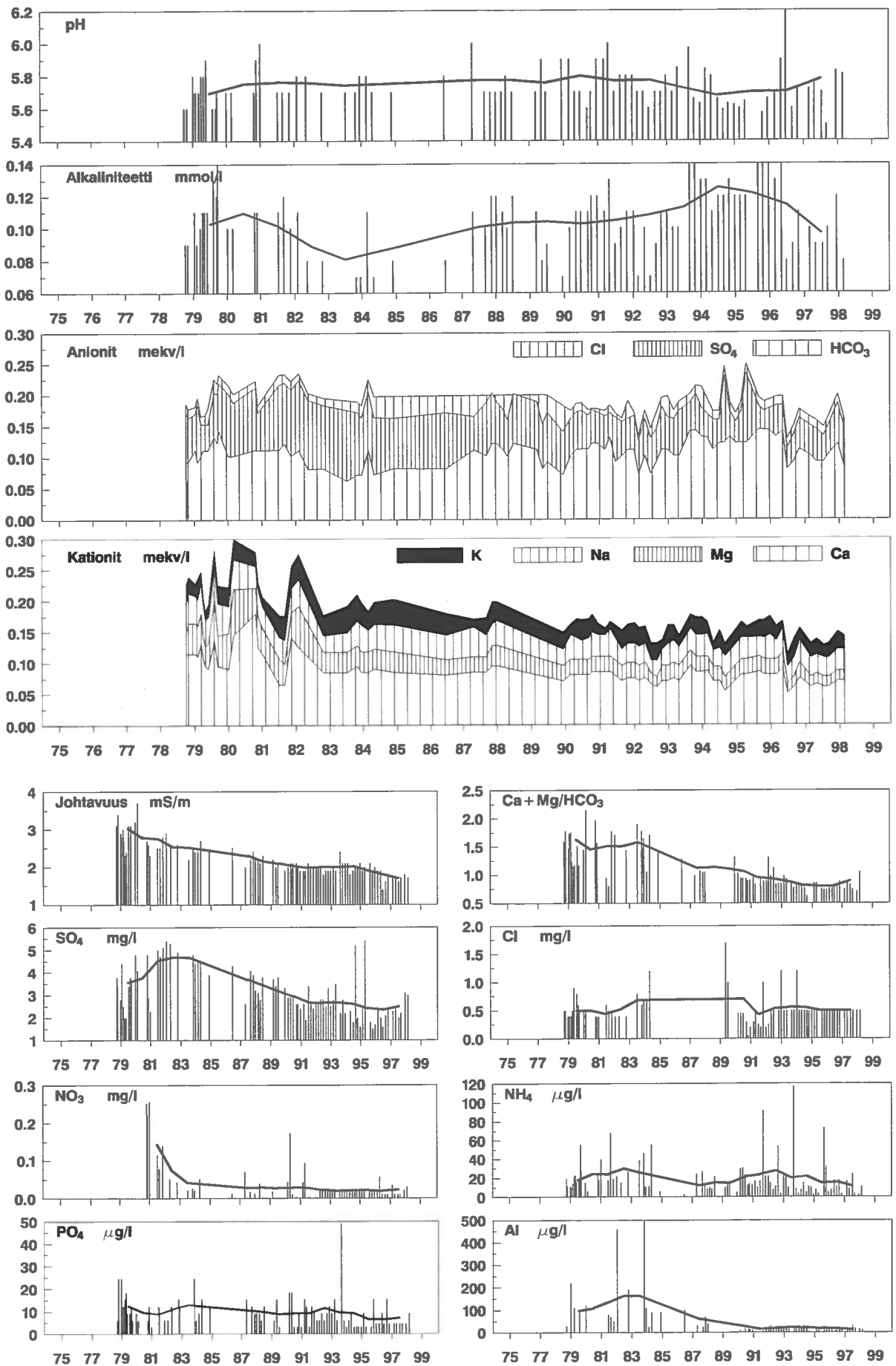
	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,36**													
Alk.														
pH	-,39**													
NO <sub>3</sub>		,37*												
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>				,30*	,38*	,38**								
Cl	,32*													
SO <sub>4</sub>	,47***	,52***	-,36**											
Na		,72***			,36*									
K	,69***	,33*	-,36**	-,38**				,59***						
Ca		,77***			,31*				,72***					
Mg	,33*	,88***			,47**			,44***	,69***		,76***			
Al	,35*	,60***						,35*	,43**	,39**	,43**	,61**		
SiO <sub>2</sub>			,44**						,47**					-,39*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001





Kuva 4.24.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kuuksenvaaran pohjavesiasemalla vuosina 1978-1998.

## 4.25 Jaamankangas

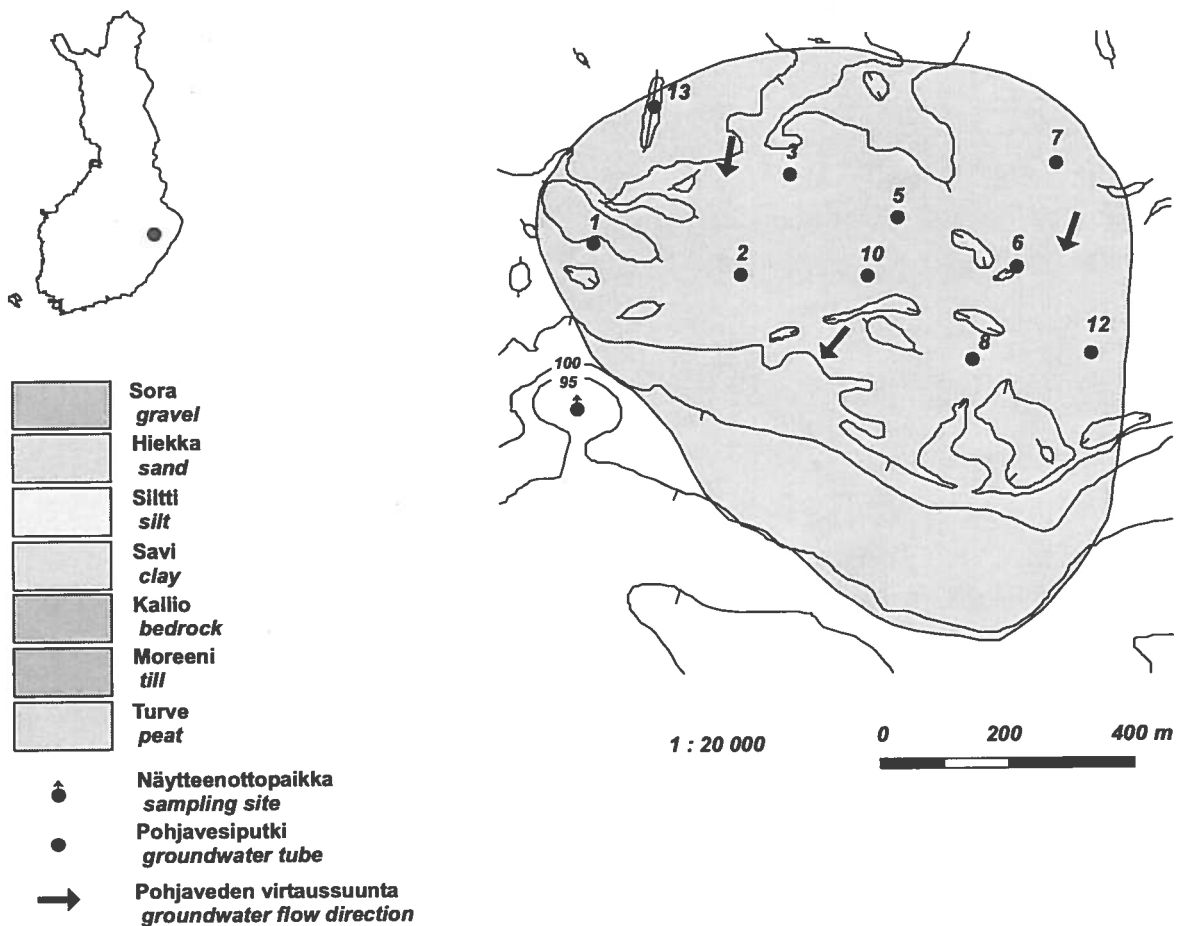
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kontiolahden kunnassa (peruskarttalehti 4224 07 C ja vesistöalue 04.32). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,80 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 95...111 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.25.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa laajaa Jaamankankaan reunamuodostumaa. Muodostumisalueen pintamaalaji on kokonaisuudessaan hiekkaa. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiilleliuske (Huhma 1971).

Pohjaveden päävirtaussuunta on koillisesta lounaaseen kohti aseman eteläpuolella olevaa suota.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 10 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 20 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee suon ja kankaan välimaastossa. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 7,2 l s<sup>-1</sup>.

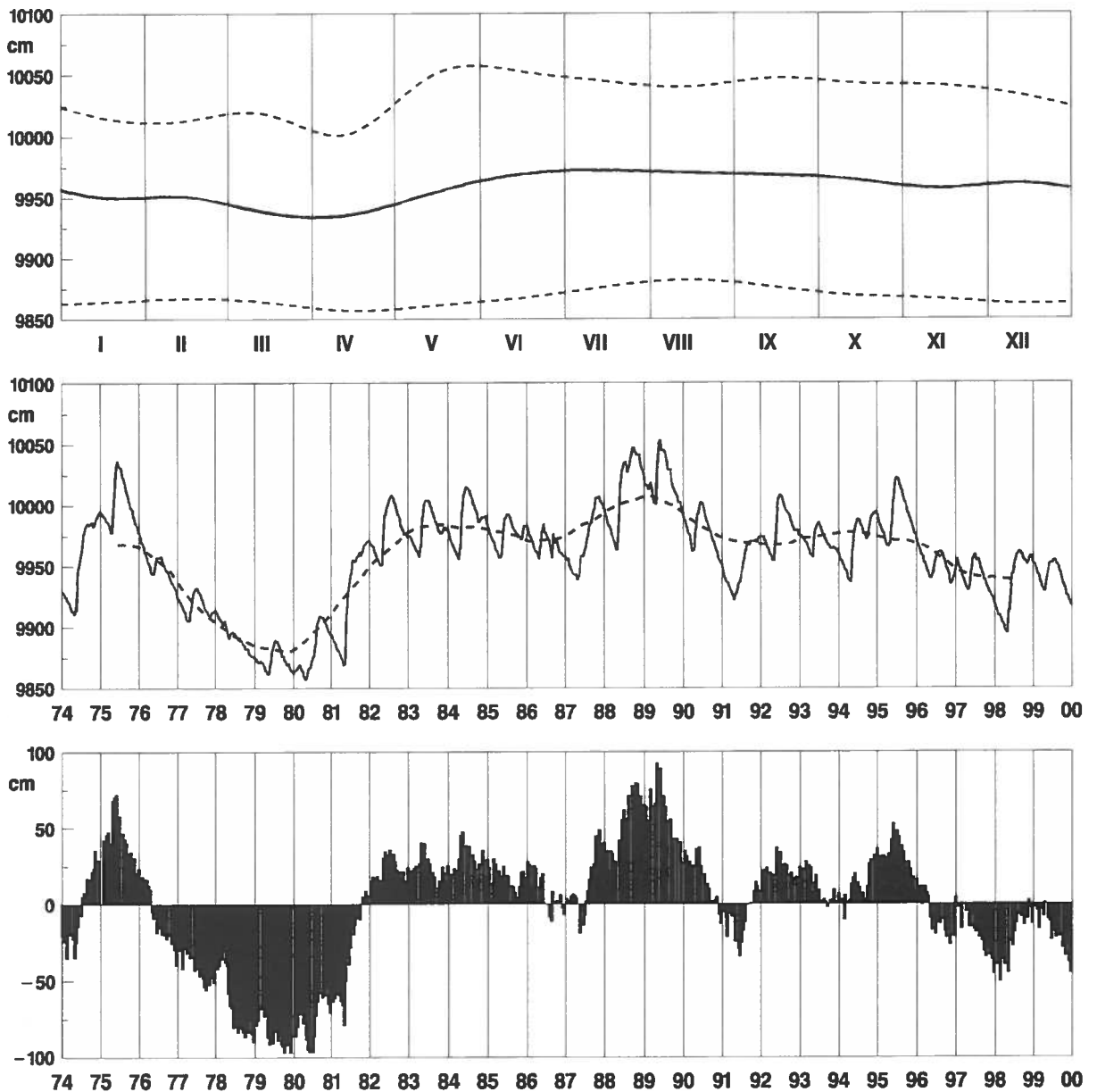


Kuva 4.25.1. Jaamankankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 360.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Jaamankankaan alueella oli 36 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan heinäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 196 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1980 ja ylimmillään toukokuussa 1989. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.25.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1997 ja 1998; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1988, 1989 ja 1995.



Kuva 4.25.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Jaamankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 106,48 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1978 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.45.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 83,3%  $\leq$  1 mg l<sup>-1</sup>, Mn 94,4%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, F 34,4%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cu 80,3%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Pb 88,7%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Zn 100%  $\leq$  5  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Ni 100%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cd 100%  $\leq$  0,1  $\mu$ g l<sup>-1</sup> ja Hg 80,0%  $\leq$  0,01  $\mu$ g l<sup>-1</sup>. Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.25.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.25.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.25.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat huomattavasti alle maan keskiarvon. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,2 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Trendianalyysin mukaan alkaliniteetti on noussut 0,05 mmol l<sup>-1</sup> ja Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on laskenut 0,3 yksikköä vuosina 1978-1997, mikä on osoitus vahvojen happojen vaikutuksen vähenemisestä.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 0,7 mg l<sup>-1</sup> pienempi ja SO<sub>4</sub>-trendi on laskeva. Kloridipitoisuus on pääsääntöisesti alle määritysrajan.

Nitraattipitoisuus on laskenut voimakkaasti vuoden 1982 jälkeen. NO<sub>3</sub>-pitoisuudella ja pohjaveden pinnankorkeudella on erittäin merkitsevä sekä NO<sub>3</sub>-pitoisuudella ja pH:lla jokseenkin merkitsevä negatiivinen korrelaatio (taulukko 4.25.3). NH<sub>4</sub>-pitoisuuksilla on laskeva trendi. Fluoridi- ja alumiinipitoisuudet ovat keskimääräistä pienempiä.

Taulukko 4.25.1. Jaamankankaan pohjavesiasemalta vuosina 1978-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,69	2,7	2,3	3,7	0,19	96
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,17	0,17	0,12	0,20	0,02	93
pH		6,14	6,1	5,9	6,5	0,08	98
N <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	124	102	61	457	69,0	67
N <sub>NO3</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	88,6	40	2	280	85,2	97
N <sub>NH4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	9,5	8	3	30	4,9	93
P <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	7,5	7	4	17	1,9	63
P <sub>PO4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	5,3	5	2	13	1,3	98
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,8	0,34	78
Fe	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	106	93	51	260	40,2	81
Mn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	43	.	89
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	3,16	3,1	1,1	4,8	0,58	97
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,42	1,4	1,0	1,9	0,12	82
K	mg l <sup>-1</sup>	0,66	0,6	0,3	1,4	0,13	83
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,29	2,3	1,5	3,0	0,19	82
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,60	0,6	0,5	0,8	0,05	82
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	9,44	9,5	6,4	10,8	0,65	52
F	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	31,9	23	<20	130	23,9	61
Al	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	13,1	10,0	2,4	60,0	13,0	71
Cd	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	42
Cu	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	1,72	<1	<1	14,0	2,97	81
Pb	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	4,0	.	80
Ni	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,0	.	44
Zn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	<5	.	44
Hg	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	.	25
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,76	1,4	0,9	3,8	0,78	30

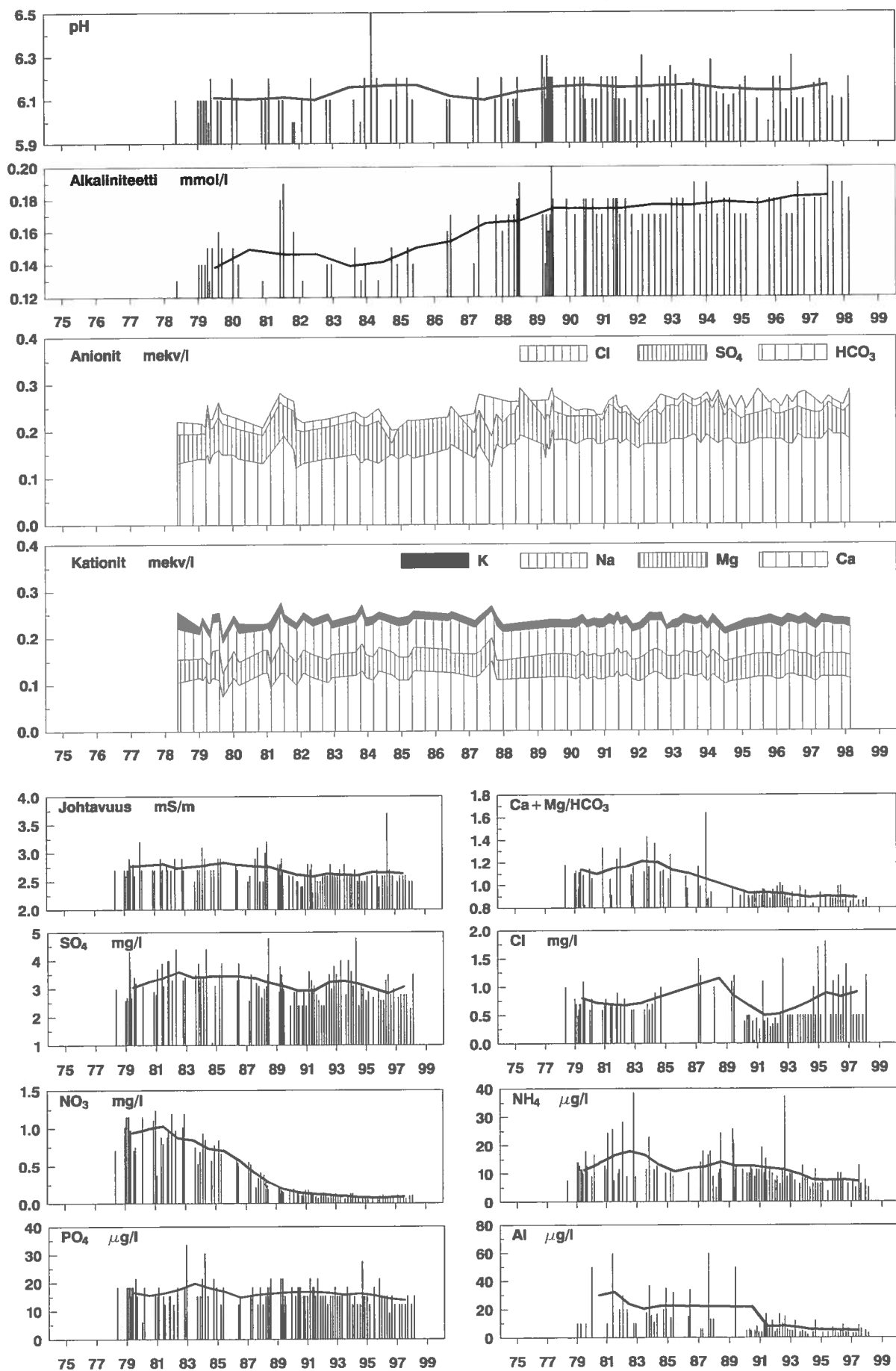
Taulukko 4.25.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Jaamankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1978-1997.  $Z$  = normalisoitu testisuure ja  $p$  = testisuureen merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia trendejä ei ole esitetty.

	$Z$	$p$	Trendin voimakkuus			$Z$	$p$	Trendin voimakkuus	
$Y_{25}$	-4,30	<0,001	-2,29	$\mu S m^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	7,41	<0,001	2,29	$\mu mol l^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>	-10,3	<0,001	-49,3	$\mu g l^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-5,52	<0,001	-0,400	$\mu g l^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-2,99	<0,001	-0,171	$\mu g l^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>	-3,38	<0,001	-21,5	$\mu g l^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Na					K				
Ca					Mg				
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	-6,09	<0,001	-15,8	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-5,58	<0,001	-0,750	$\mu g l^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.25.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Jaamankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1978-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	$Y_{25}$	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
$Y_{25}$														
Alk.	,28*													
pH			,27*											
NO <sub>3</sub>	-,40***	,43***	-,67***	-,24*										
NH <sub>4</sub>		,30**	-,26*		,36**									
PO <sub>4</sub>						,23*								
Cl		,33**	-,31*		,37**	,33**								
SO <sub>4</sub>		,43***												
Na						,25*								
K		,28*		,27*						,35**				
Ca														
Mg											,34**	,30*		
Al		,56***	-,55***	-,31*	,45***			,47**	,37**	,31*		,42**		
SiO <sub>2</sub>		-,38*			,39*									-,44**

\*  $p \leq 0,05$   
 \*\*  $p \leq 0,01$   
 \*\*\*  $p \leq 0,001$



Kuva 4.25.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Jaamankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1978-1998.

## 4.26 Jakokoski

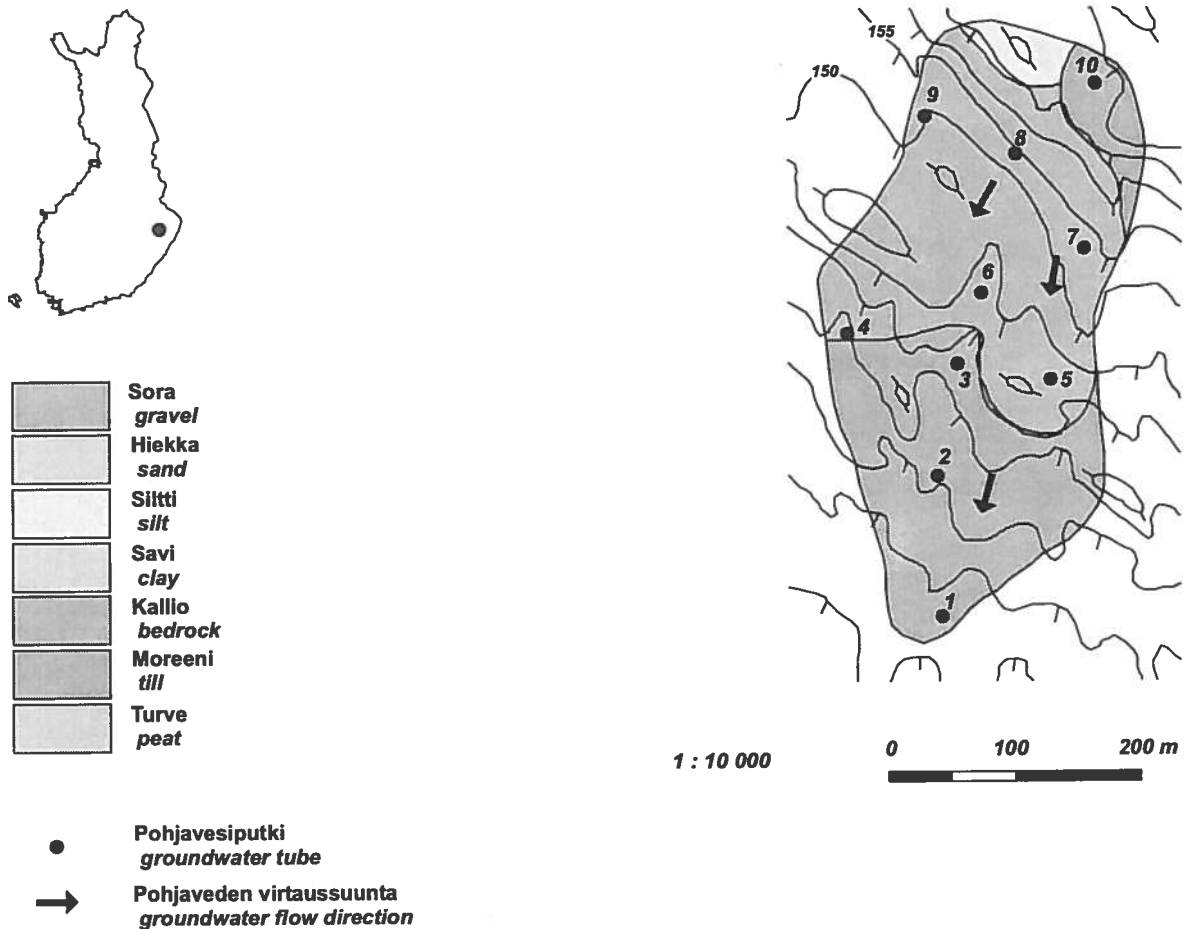
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kontiolahden kunnassa (peruskarttalehti 4224 10 A ja vesistöalue 04.33). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,24 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 120...170 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.26.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Pohjavesiasema sijaitsee alueelle tyypillisellä vaaran rinteellä, ja on osittain läjittyneen aineksen muodostumassa. Korkeusvaihtelut ovat melko suuria. Muodostumisalueen pintamaalajeista soraa on 52,3 %, moreenia 44,4 % ja silttiä 3,3 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioriitti (Huhma 1971).

Pohjaveden päävirtaussuunta on koillisesta lounaaseen.

Pohjavesinäytteitä ei Jakokosken pohjavesiasemalta ole otettu.

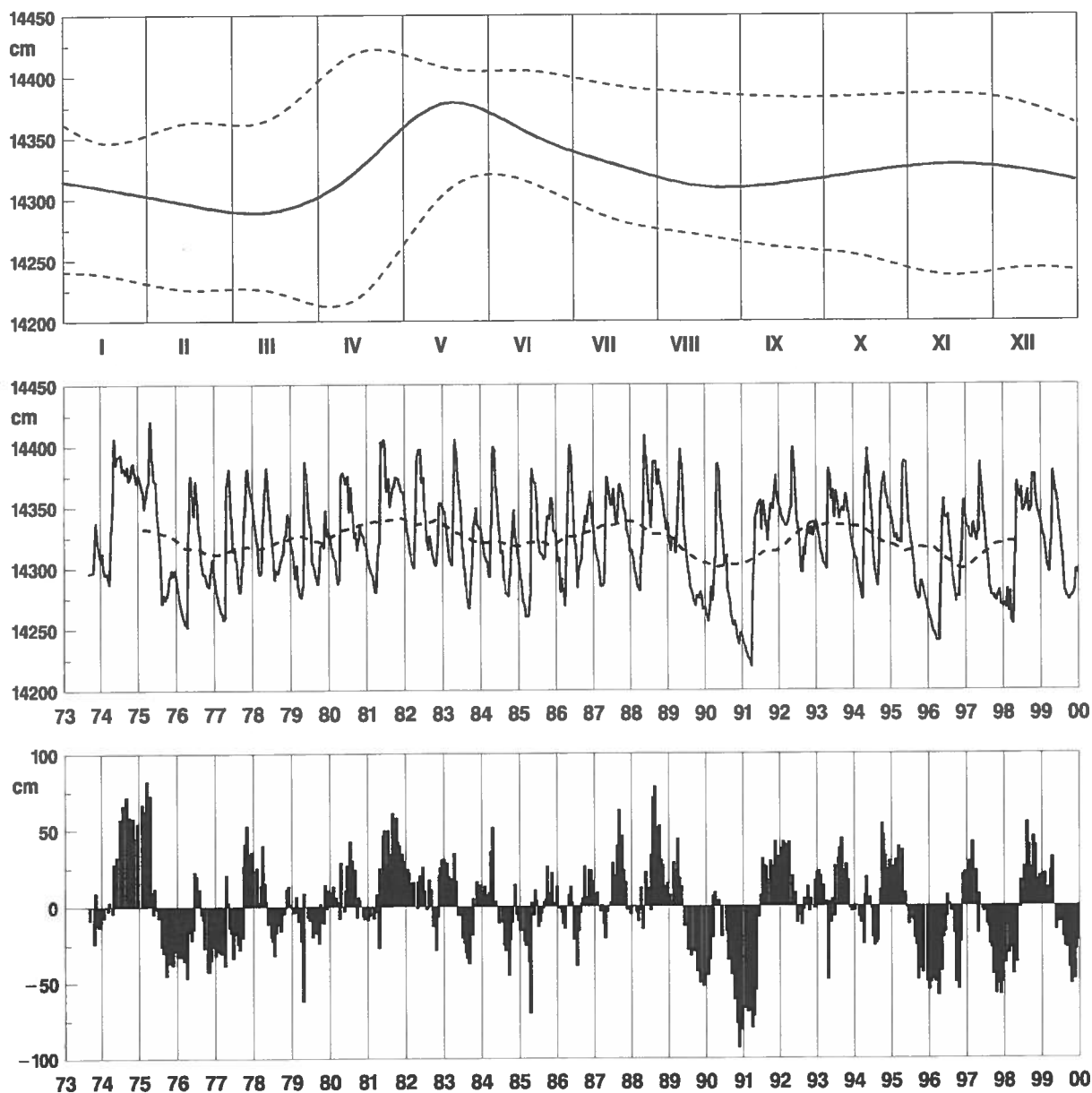


Kuva 4.26.1. Jakokosken pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 360.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Jakokosken alueella oli 87 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 201 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1991 ja ylimmillään huhtikuussa 1975. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.26.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1989, 1990, 1991, 1996 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1981 ja 1988.



Kuva 4.26.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Jakokosken pohjavesiasemalla vuosina 1973-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 144,22 m.



## 4.27 Juutilankangas

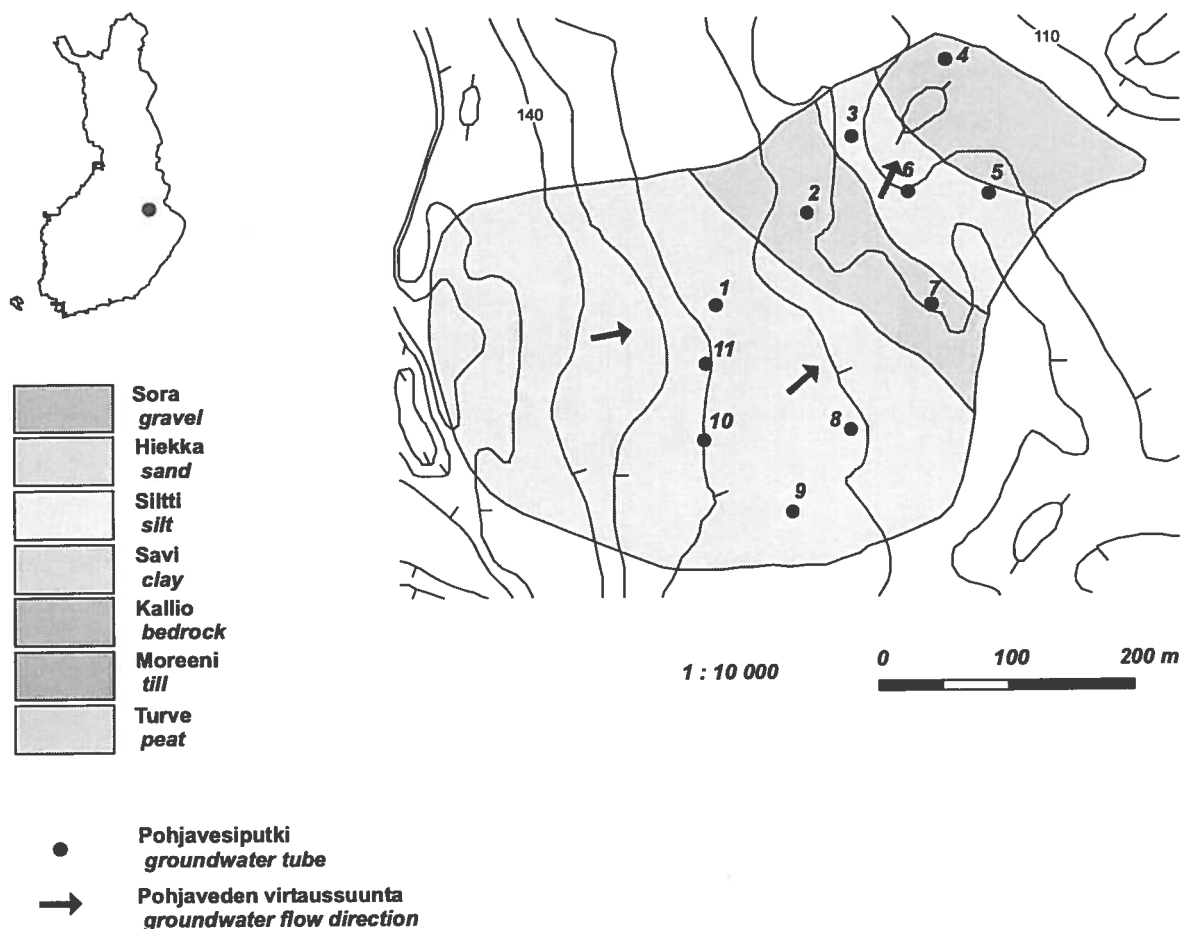
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Nurmeksen kaupungissa (peruskarttalehti 4321 08 C ja vesistöalue 04.46). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,41 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 106...153 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.27.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa harjujaksoa, joka kulkee Nurmeksesta Valtimon kautta Sotkamoon. Pohjavesiasema sijaitsee harjun lievealueilla ja siksi maalajit ovat hienorakeisia. Muodostumisalueen pintamaalajeista silttiä on 76,5 % ja savea 23,5 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden pääasiallinen virtaussuunta on lounaasta koilliseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 1,7 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 2,0 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee noin 1 km asemalta lounaaseen, metsän reunassa pellon välittömässä läheisyydessä. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,8 l s<sup>-1</sup>.

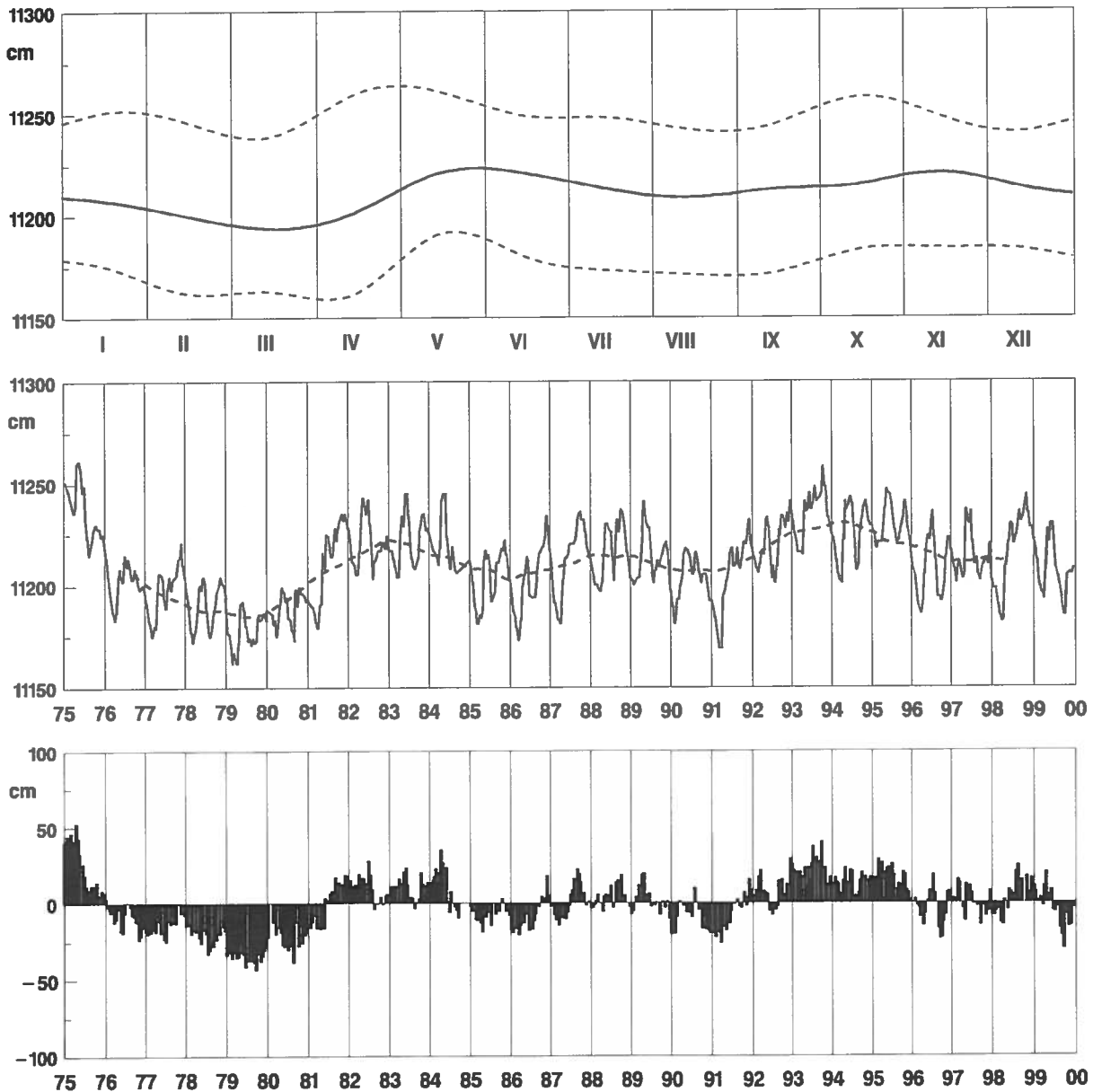


Kuva 4.27.1. Juutilankankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 361.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Juutilankankaan alueella oli 27 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 99 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1979 ja ylimmillään toukokuussa 1975. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.27.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1977, 1978, 1979 ja 1980; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1982, 1983, 1984, 1993, 1994 ja 1995.



Kuva 4.27.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kuukausikeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Juutilankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 117,75 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1979 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.27.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  12,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 6,8%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 73,5%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 80,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 86,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 88,9%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 46,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 97,4%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 63,6%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 20,7%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.27.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnan korkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.27.3.

Taulukko 4.27.1. Juutilankankaan pohjavesiasemalta vuosina 1979-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	mS $\text{m}^{-1}$	6,19	6,8	2,5	7,4	1,31	87
Alk.	mmol $\text{l}^{-1}$	0,24	0,26	0,00	0,31	0,07	88
pH		6,30	6,4	5,2	6,9	0,31	88
$N_{\text{tot}}$	mg $\text{l}^{-1}$	1,36	1,40	0,14	2,20	0,46	55
$N_{\text{NO}_3}$	mg $\text{l}^{-1}$	1,15	1,20	0,01	1,80	0,44	86
$N_{\text{NH}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,3	4	<1	38	6,3	88
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	12,4	8	3	57	10,8	52
$P_{\text{PO}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,6	6	1	22	3,4	88
Cl	mg $\text{l}^{-1}$	5,71	5,9	1,3	9,0	1,82	86
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	262	140	<20	1460	315	74
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	113	.	83
$\text{SO}_4$	mg $\text{l}^{-1}$	3,07	2,5	1,2	7,0	1,32	85
Na	mg $\text{l}^{-1}$	2,98	3,1	1,3	4,2	0,55	81
K	mg $\text{l}^{-1}$	2,28	2,5	0,7	3,0	0,49	81
Ca	mg $\text{l}^{-1}$	3,85	4,1	1,8	5,0	0,75	78
Mg	mg $\text{l}^{-1}$	2,11	2,2	0,8	2,6	0,41	81
$\text{SiO}_2$	mg $\text{l}^{-1}$	13,0	13,7	6,7	15,0	1,68	50
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	48,2	36,5	21	160	28,5	62
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	148	65	<1	1500	238	62
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,180	<0,1	<0,1	5,07	0,804	39
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,06	<1	<1	9,0	1,29	71
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	6,0	.	74
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,69	1,43	<1	14,0	2,02	41
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	75,0	<5	45
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,012	<0,01	<0,01	0,03	0,009	22
TOC	mg $\text{l}^{-1}$	2,30	0,9	<0,5	15,0	3,40	29

Taulukko 4.27.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Juutilankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1979-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
$Y_{25}$					Alk.	3,52	<0,001	2,33 $\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
pH					$\text{NO}_3$	3,38	<0,001	131 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
$\text{NH}_4$	-3,92	<0,001	-0,374	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$	-3,46	<0,001	-0,359 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-3,42	<0,001	-0,100	mg $\text{l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$			
Na					K	3,50	<0,001	5,31 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca					Mg			
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$	-3,28	0,001	-16,4	mekv ekr <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al			

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.27.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat selvästi maan mediaania korkeampia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Alkaliniteetilla on nouseva trendi ja Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on laskenut. Emäkationien (Na, K, Ca ja Mg) ja pH:n eri kaksikuukautisjaksojen trendit ovat epähomogeenisia. Kaliumpitoisuus on kolminkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna. Aikasarjoissa esiintyy lähes kaikkien määritysten kohdalla epäjatkuvuus vuosien -86 ja -88 välisenä aikana, jolloin pitoisuudet poikkeavat selvästi tutkimusjakson alku- ja loppupäänarvoista.

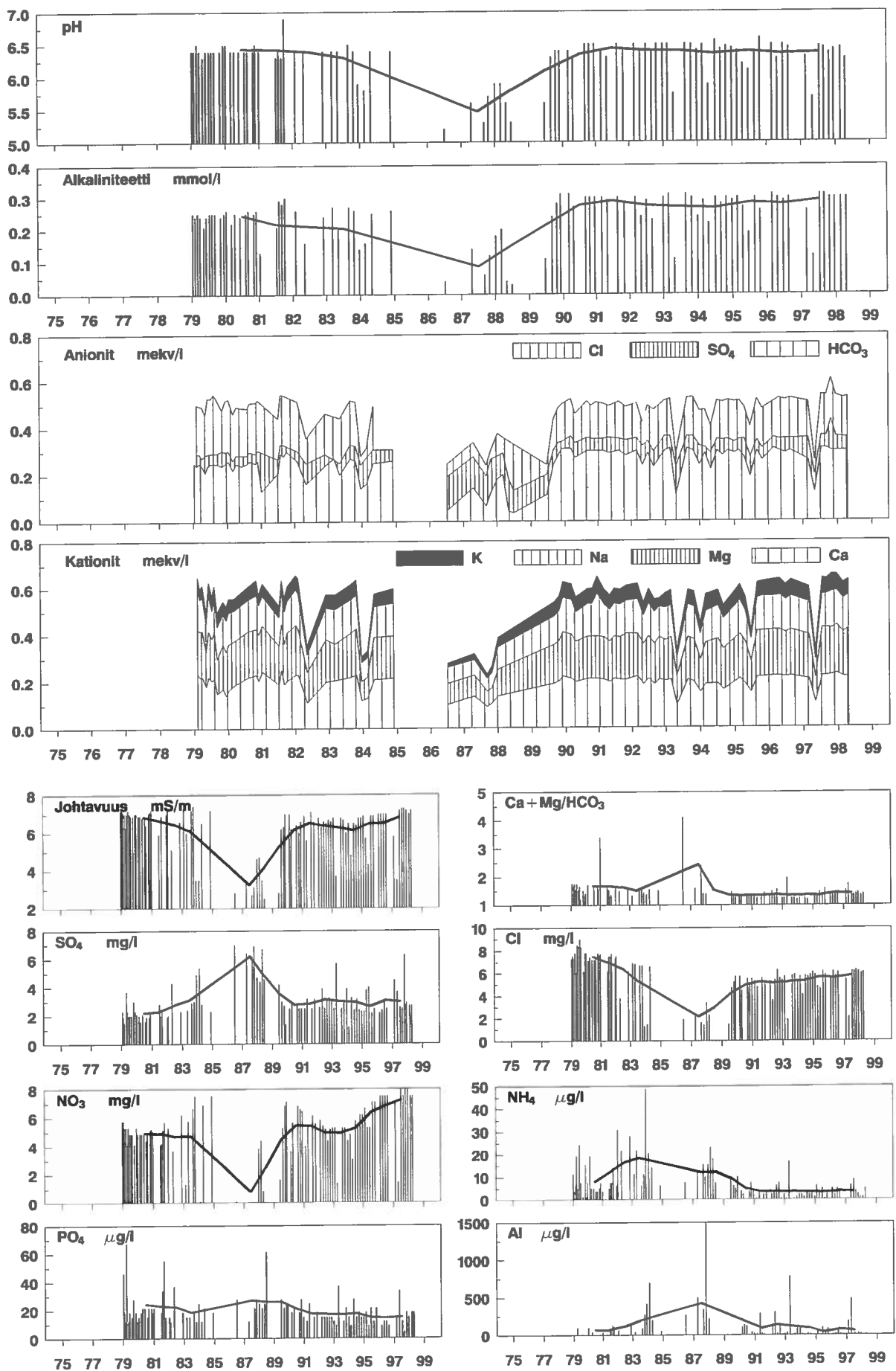
Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,3 mg l<sup>-1</sup> pienempi. Sulfaatilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuuden mediaani on lähes nelinkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna. Cl-pitoisuus on lineaarisen trendiestimaatin mukaan laskenut 1,9 mg l<sup>-1</sup> vuosina 1979-1997.

Nitraattipitoisuus on huomattavan korkea, yli 20-kertainen valtakunnalliseen tasoon verrattuna, mikä johtunee läheisellä pellolla harjoitetusta maanviljelytoiminnasta. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat keskimääräistä tasoa ja trendit laskevia.

Taulukko 4.27.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Juutilankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1979-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,38**													
Alk.		,42***												
pH		,52***	,75***											
NO <sub>3</sub>		,40***	,56***	,58***										
NH <sub>4</sub>			-,54***	-,47***										
PO <sub>4</sub>			-,31**	-,32**	-,51***	,31**								
Cl	-,40***	,80***		,37**										
SO <sub>4</sub>	,41***	-,76***	-,42***	-,49***	-,36**			-,81***						
Na		,66***	,59***	,52***	,52***			,43***	-,54***					
K		,43***	,83***	,53***	,57***	-,42***			-,41***	,76***				
Ca		,73***	,40**	,38**	,51***			,53***	-,64***	,71***	,52***			
Mg	-,26*	,75***	,33**	,52***	,39**			,69***	-,70***	,60***	,42***	,76***		
Al		-,42**	-,56***	-,65***		,53***			,53***	-,40**	-,50***	-,38**	-,41**	
SiO <sub>2</sub>		,75***	,70***	,58***	,47**	-,50**			-,60***	,68***	,56**	,77***	,60***	-,63***

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.27.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Juutilankankaan pohjavesiasemalla vuosina 1979-1998.

## 4.28 Rajamäki

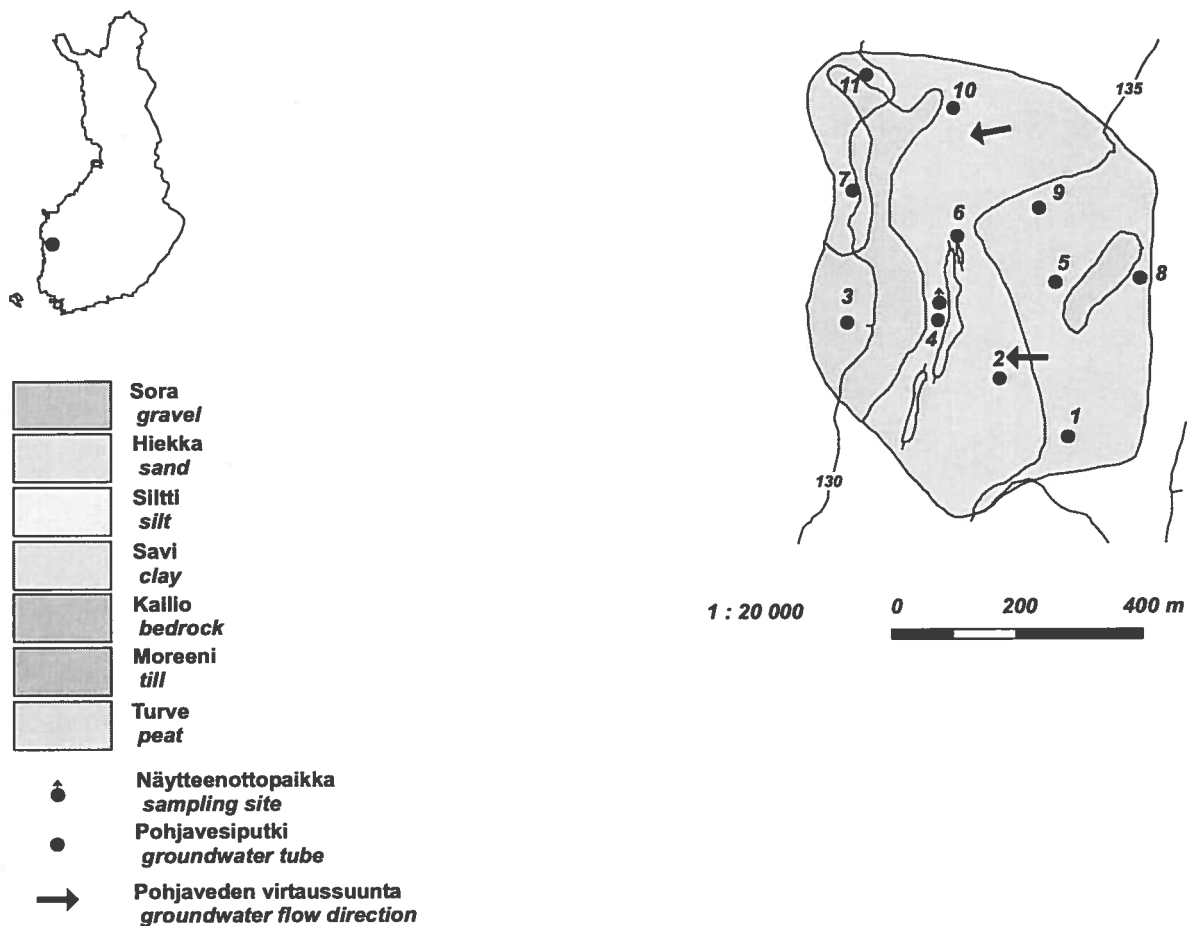
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Karijoen kunnassa (peruskarttalehti 1234 02 D ja vesistöalue 37.046). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,90 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 129...136 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.28.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alueelle ovat kuvaavia pitkänomaiset harjanteet ja rantavallit sekä niiden välissä olevat suoalueet. Muodostumisalueen pintamaalajeista on hiekkaa 80,4 % ja turvetta 19,6 %. Kalliope-  
rän vallitseva kivilaji on graniitti (Sederholm 1903).

Pohjavesi virtaa aseman alueella idästä länteen.

Pohjavesinäyte otetaan metsässä sijaitsevasta näytteenottoputkesta noutimella. Alueella on suoritettu metsänhakkuita.

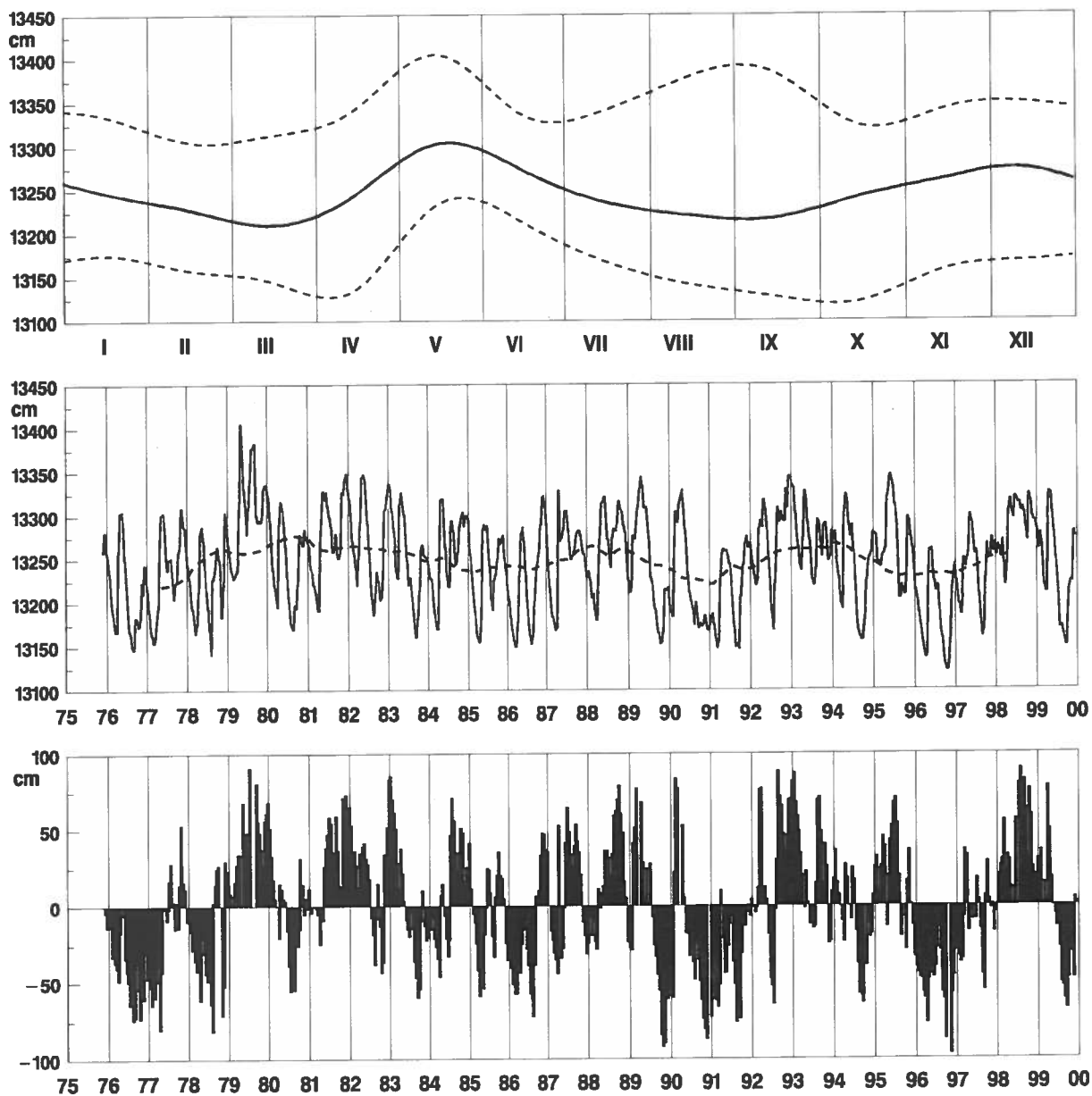


Kuva 4.28.1. Rajamäen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 362.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Rajamäen alueella oli 93 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 284 cm. Alimmillaan vedenpinta oli lokakuussa 1996 ja ylimmillään toukokuussa 1979. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.28.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1978, 1986, 1989, 1990, 1991 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1979, 1981, 1982, 1988, 1992, 1993 ja 1998.



Kuva 4.28.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Rajamäen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 134,24 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1977-95. Näytteistä määritetyt ainepitoisuudet on esitetty taulukossa 4.28.1.

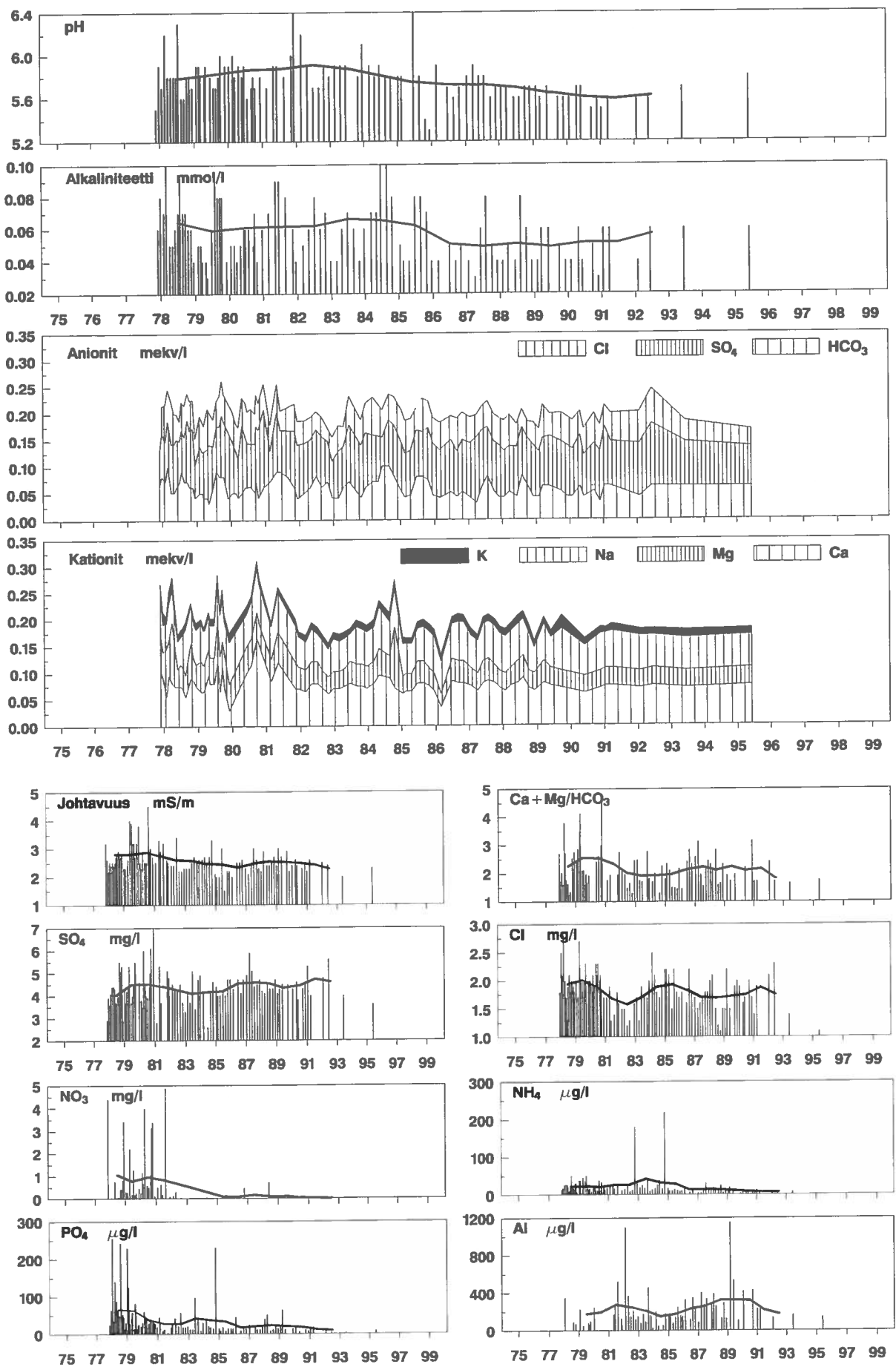
Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Fe 5,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 67,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 36,7%  $\leq 20 \mu\text{g}$ , Cu 21,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 65,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 80,0%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 50,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 33,3%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.28.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.28.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.28.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat selvästi alle maan mediaanin. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,5 yksikköä koko maan mediaania pienempi ja pH on lineaarisen trendiestimaatin mukaan alentunut vuosina 1977-1995 0,45 yksikköä. Alkaliniteetti on pieni ja trendi niin ikään laskeva. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on yli kahden, mikä on osoitus vahvojen happojen vaikutuksesta. Emäskationien pitoisuudet ovat pieniä.

Taulukko 4.28.1. Rajamäen pohjavesiasemalta vuosina 1977-95 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,61	2,5	1,5	4,5	0,45	98
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,058	0,06	0,03	0,10	0,017	98
pH		5,77	5,8	5,2	6,4	0,19	97
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	112	86	48	350	70,4	43
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	131	22	<1	1100	251	68
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	16,7	12	1	170	22,1	96
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	16,1	12,5	5	43	10,1	30
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	12,6	7	1	83	16,0	94
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,83	1,8	1,1	2,8	0,33	95
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	210	150	5	1500	234	72
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	98	.	86
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,39	4,3	2,6	7,0	0,71	94
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,49	1,5	1,0	2,0	0,19	91
K	mg l <sup>-1</sup>	0,53	0,5	0,3	1,0	0,14	91
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,57	1,5	0,6	3,3	0,39	82
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,55	0,5	0,3	1,4	0,19	91
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,85	6,8	5,8	8,1	0,59	28
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	36,4	27,5	<10	210	32,3	60
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	231	167,5	1	1150	208	62
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	13
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	7,94	4,0	<1	45,0	9,40	87
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,28	1,0	<1	30,0	6,43	82
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	4,77	1,25	<1	26,0	8,13	14
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<1	12,2	.	15
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,055	0,04	<0,01	0,18	0,059	12
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,87	0,85	0,7	1,1	0,16	6





Kuva 4.28.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Rajamäen pohjavesiasemalla vuosina 1977-1995.

Taulukko 4.28.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Rajamäen pohjavesiasemalla vuosina 1977-95. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-3,58	0,002	-28,9	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-2,86	0,004	-1,15	μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-5,46	<0,001	-0,0235	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-3,86	<0,001	-50,6	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-4,95	<0,001	-1,02	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-6,04	<0,001	-1,75	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl					SO <sub>4</sub>				
Na					K				
Ca					Mg	-6,85	<0,001	-21,4	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al	2,09	0,037	9,75	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 0,5 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuuden vaihtelu on melko suuri. Kloridipitoisuus on lähellä maan keskitasoa. Kloridipitoisuus laskee pohjaveden pinnan noustessa, mistä osoituksena on merkitsevä keskinäinen negatiivinen korrelaatio (taulukko 4.28.3).

Korkeita nitraattipitoisuuksia on esiintynyt jakson alussa, joten NO<sub>3</sub>-trendi on laskeva. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat keskimääräistä korkeampia, mutta molemmat trendit ovat laskevia.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on selvästi keskimääräistä pienempi ja Al-pitoisuus jonkin verran suurempi.

Taulukko 4.28.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Rajamäen pohjavesiasemalla vuosina 1977-93. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,32**													
Alk.	,26*	,42***												
pH	,35**													
NO <sub>3</sub>		,35**												
NH <sub>4</sub>		,24*	,44***	,36***	,31*									
PO <sub>4</sub>				,23*		,36***								
Cl	-,32**						,32**							
SO <sub>4</sub>						-,24*								
Na		,44***		-,32**				,25*						
K	,27*	,43***	,22*							,35***				
Ca		,45***	,40***		-,39**					,29**				
Mg		,47***	,41***	,29**	,44***	,41***	,36***	,30**		,26*	,25*	,42***		
Al														
SiO <sub>2</sub>				-,41*						,57**	,42*			

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.29 Taipale

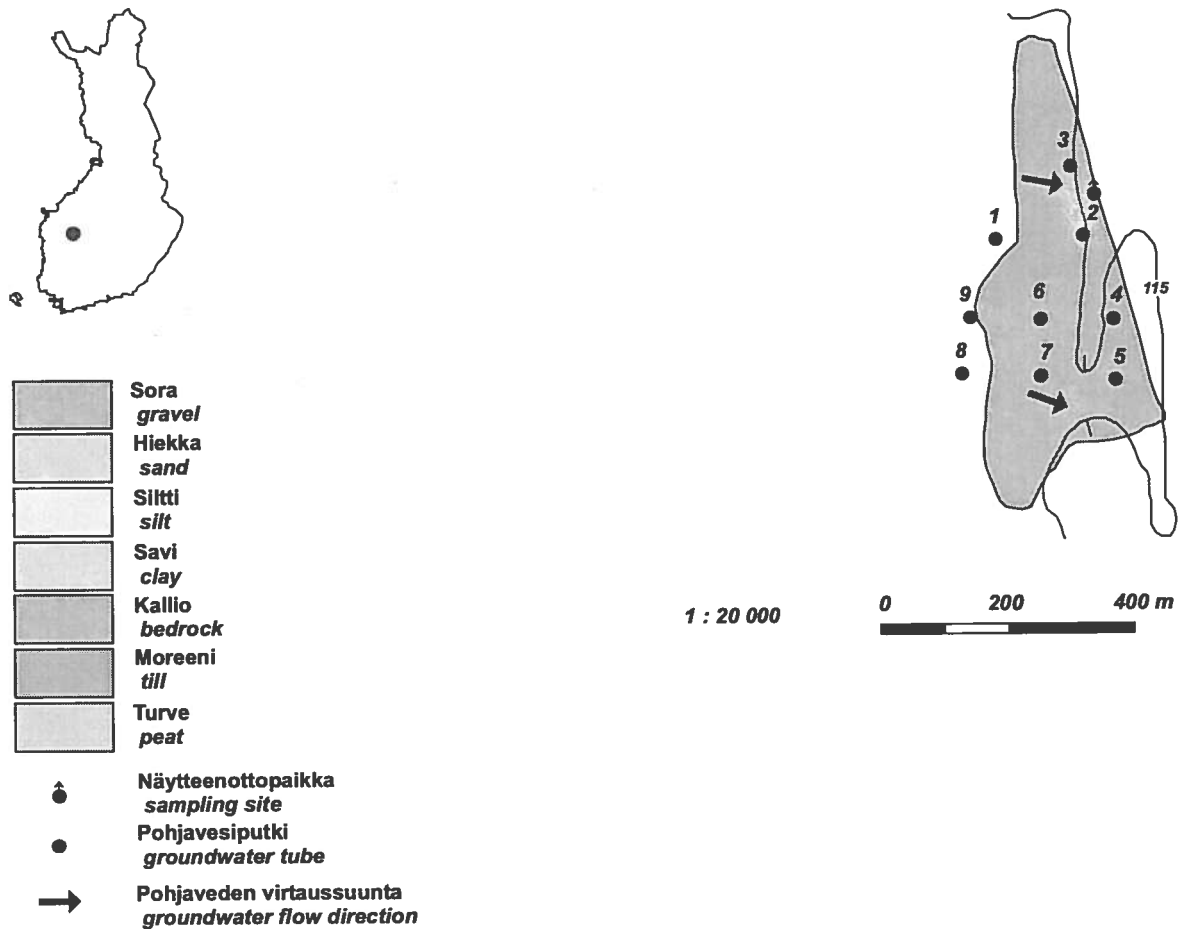
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Alavuden kunnassa (peruskarttalehti 2223 03 C ja vesistöalue 44.098). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,33 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 109...118 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.29.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Pohjavesiaseman alue on pohjois-eteläsuuntainen matala moreenimäki. Maakerroksien paksuudet vaihtelevat keskimäärin 3...5 m välillä. Muodostumisalueen pintamaalaji on silttimoreenia. Kallioperän vallitsevat kivilajit ovat granodioniitti ja killeliuske (Tyrväinen 1970).

Pohjavesi virtaa lännestä itään.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,5 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,25 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä. Lähteen silmään on asennettu betonirengas 1990-luvun alussa. Alueella on suoritettu noin kahden hehtaarin metsänhakuu 1990-luvun alussa.

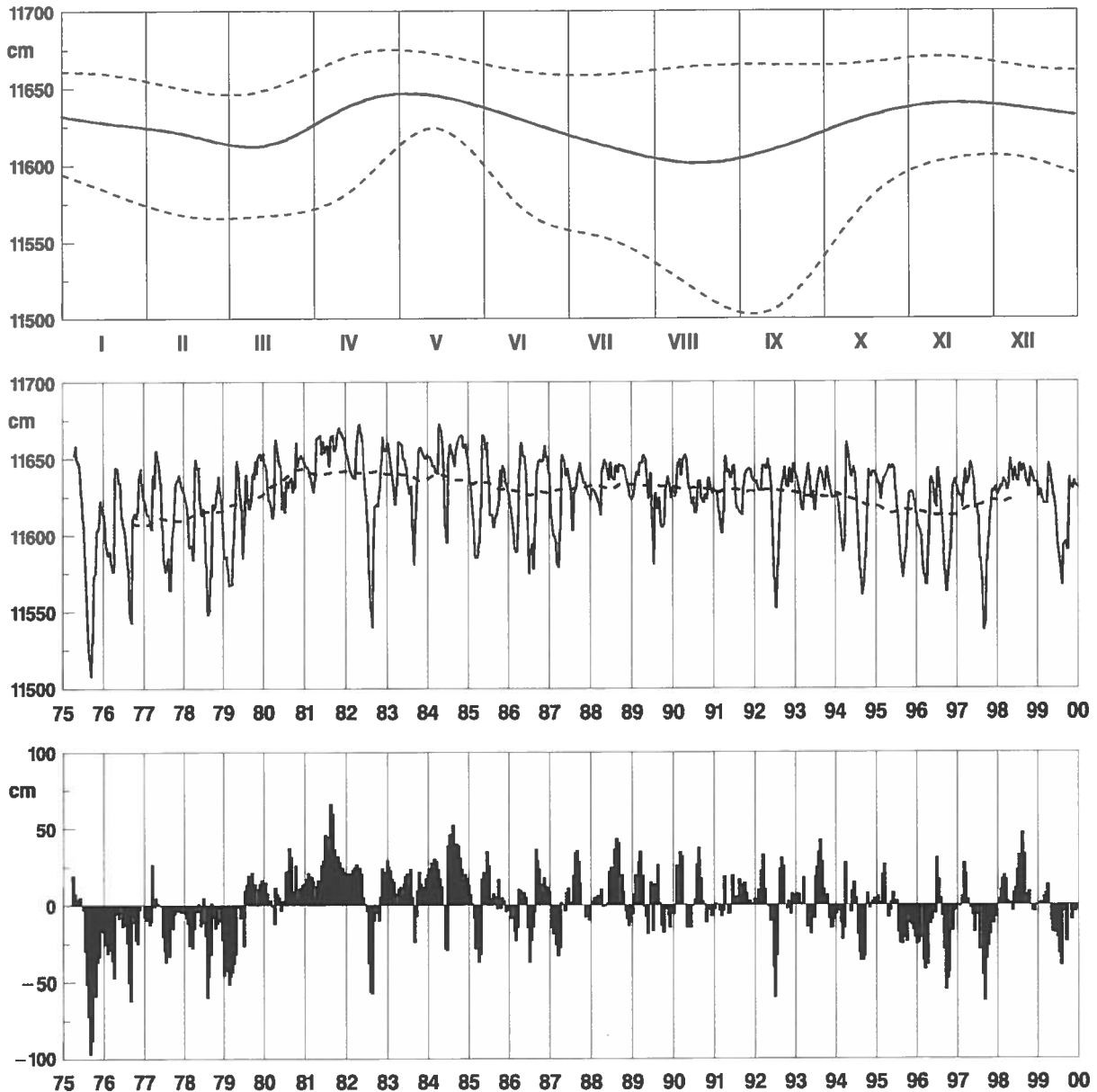


Kuva 4.29.1. Taipaleen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 362.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Taipaleen alueella oli 41 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 164 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1975 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.29.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1975, 1976, 1977, 1978, 1996 ja 1997; vastaavasti pohjavettä oli erityisen runsaasti vuosina 1981, 1982, 1983 ja 1984.



Kuva 4.29.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Taipaleen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 116,81 m.

## Pohjaveden laatu

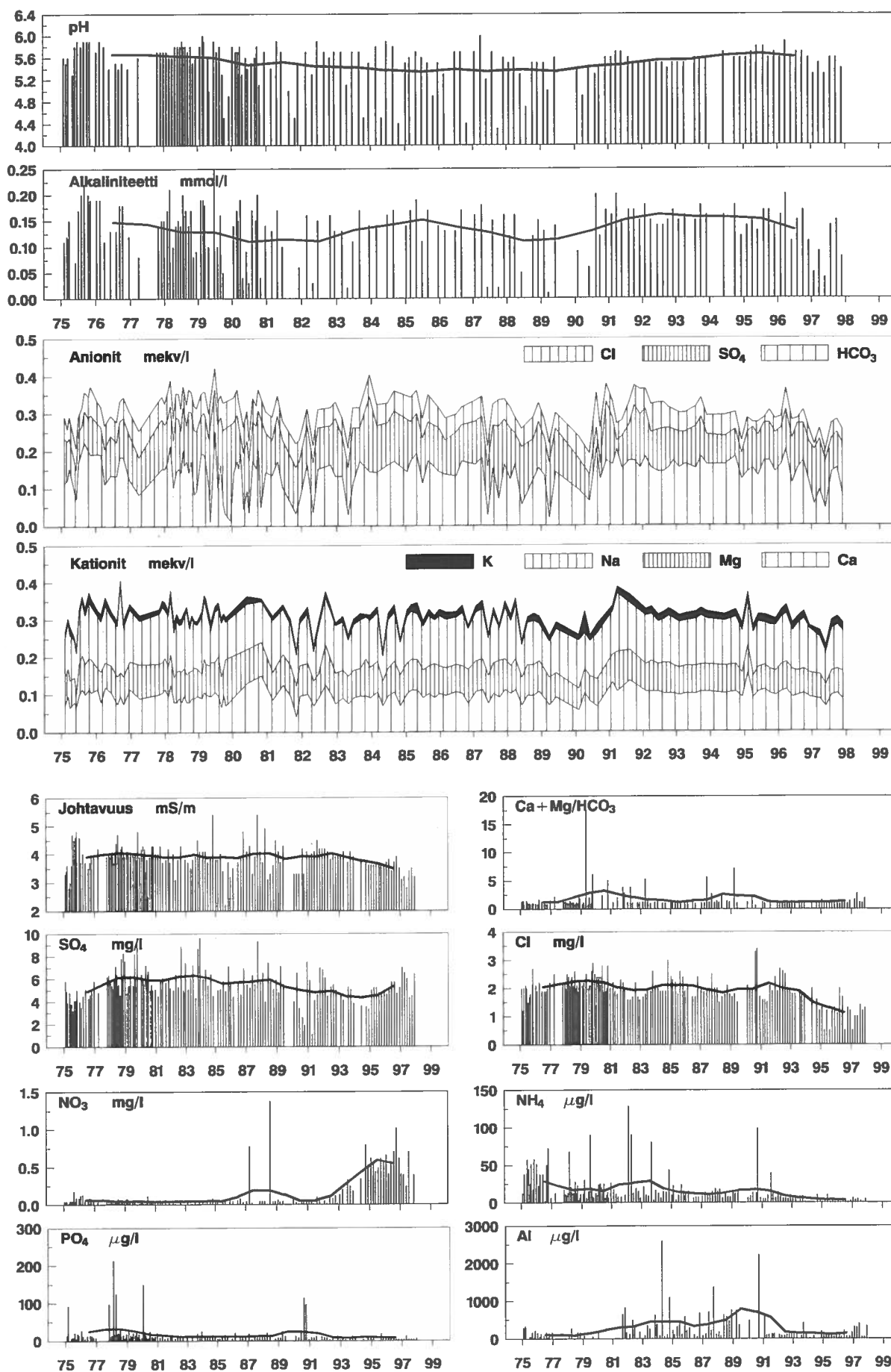
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.29.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Fe 6,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 84,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 40,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 78,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 90,2%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 37,5%  $\leq 1,0 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 97,6%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 81,2%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.29.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.29.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.29.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat lähellä maan keskiarvoa ja trendi on laskeva. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,7 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Happamuus on tutkimusjakson alkupuolella selvästi laskenut, mutta 1990-luvulla pH on ollut noususuunnassa, joten koko tutkimusjaksolla trendiä ei ole. Pohjaveden pH:n nousu saattaa ainakin osittain olla lähteeseen asetetun betonisen kaivonrenkaan vaikutusta. Alkaliniteetti on vaihdellut jakson aikana ja tyypillisiä ovat kevättalvella ja syksyllä esiintyvät poikkeuksellisen matalat arvot. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on 1,5. Emäskationeista natriumilla ja magnesiumilla on laskeva ja kaliumilla nouseva trendi. Kalsiumpitoisuus on selvästi keskimääräistä pienempi. Trendiä ei ole, mutta 1990-luvun alussa pitoisuus on jonkin verran noussut, mihin todennäköisesti syynä on ollut lähteeseen asennettu betonirengas.

Taulukko 4.29.1. Taipaleen pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	3,88	3,9	2,2	5,4	0,47	150
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,14	0,15	0,00	0,25	0,05	141
pH		5,53	5,6	4,3	6,0	0,33	151
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	258	190	57	2000	304	72
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	33,6	13	1	310	50,8	137
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	13,9	9,5	1	100	15,7	150
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	10,1	5	1	140	22,6	61
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,7	3	1	70	8,9	140
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,96	2,0	<1	3,4	0,48	151
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	313	110	<20	6100	843	105
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	.	.	.	.	.	147
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	5,49	5,4	1,1	9,6	1,36	143
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,85	2,9	1,5	5,3	0,44	141
K	mg l <sup>-1</sup>	0,69	0,7	0,3	2,3	0,21	140
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,91	1,9	0,8	3,1	0,34	131
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,94	0,9	0,4	1,5	0,14	141
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	16,1	16,0	8,1	27,7	2,3	59
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	79,0	78,5	<20	220	29,7	104
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	287	147	<1	2600	383	106
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	.	42
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,56	2,0	<1	45,0	9,08	133
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,79	<1	<1	20,0	3,46	127
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,06	1,47	<1	20,0	2,89	48
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	42,0	.	51
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,010	<0,01	<0,01	0,04	0,008	32
TOC	mg l <sup>-1</sup>	4,50	2,0	1,4	34,8	6,36	34



Kuva 4.29.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Taipaleen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,6 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on vaihdellut tutkimusjakson aikana eikä merkitsevää trendiä esiinny. Sulfaatilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuus on trendianalyysin mukaan vuosien 1975-1997 aikana alentunut lähes 0,9 mg l<sup>-1</sup>.

Nitraattipitoisuus on 1990-luvulla noussut ilmeisesti metsänhakuun vaikutuksesta. Vuonna 1997 nitraattipitoisuus on kääntynyt laskusuuntaan. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat merkittävästi pienentyneet.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on selvästi keskimääräistä korkeampi. Myös alumiinipitoisuus on keskimääräistä korkeampi ja negatiivinen pH-Al -korrelaatio on erittäin merkitsevä.

Taulukko 4.29.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Taipaleen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-3,19	0,001	-21,4	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.				
pH					NO <sub>3</sub>	5,46	<0,001	20,0	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-7,72	<0,001	-0,743	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	-3,98	<0,001	0,250	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-6,13	<0,001	-37,4	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>				
Na	-4,56	<0,001	-23,5	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	4,21	<0,001	5,86	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca					Mg	-5,12	<0,001	-68,3	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al				

Taulukko 4.29.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Taipaleen pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.	-,60***	,43***												
pH	-,47***	,25**	,57***											
NO <sub>3</sub>	-,49***		,50***	,28**										
NH <sub>4</sub>	-,25**			,23**										
PO <sub>4</sub>						,23**								
Cl		,23**		-,19*	-,26**									
SO <sub>4</sub>	,39***		-,42***	-,18*	-,31***			,21*						
Na	-,59***	,23*	,67***	,60***	,41***	,25**			-,33***					
K	-,31***		,39***	,22*	,25**				-,35***	,21*				
Ca	-,33***	,26**	,43***	,31***	,27**					,40***	,41***			
Mg		,45***						,27**				,29**		
Al	,43***		-,46***	-,55***					,35**	-,66***	-,26*	-,38***		
SiO <sub>2</sub>			,38*						-,36*	,44**	,33*			-,34*

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.30 Laihia

### Pohjavesiaseman kuvaus

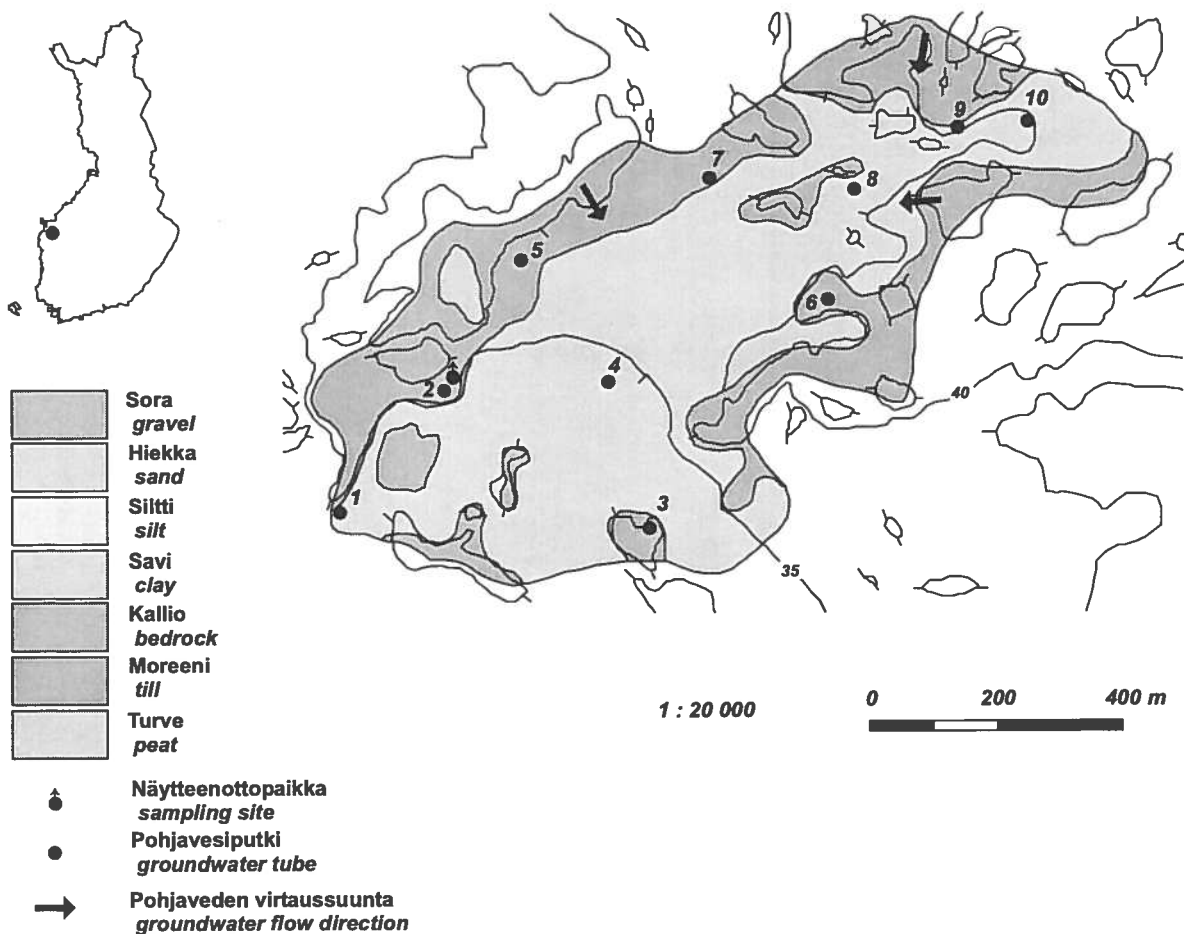
Pohjavesiasema sijaitsee Laihian kunnassa peruskarttalehti 1244 06 D ja vesistöalue 41.004. Tutkimusalueen pinta-ala on 1,65 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 33...48 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.30.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee viljellyllä peltoaukealla, jota reunustavat huuhtoutuneet kiviset moreenimäet. Pohjavesiasema sijaitsee luonnostaan happamalla sulfidimaalla, joka on peräisin jääkauden jälkeiseltä Litorinameri -ajalta noin 8000 vuotta sitten. Muodostumisalueen pintamaalajeista savea on 57,4 %, moreenia 39,9 % ja turvetta 2,7 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on amfiboliitti.

Pohjavesi virtaa alueen reunoilta keskustaa kohti.

Näytteenottoaika sijaitsee metsässä ja näyte otetaan putkesta. Pohjaveden muodostumisalueella harjoitetaan peltoviljelyä. Alueelta on hakattu metsää.

Pohjaveden happamoitumisprosessia luonnostaan happamalla sulfidimailla voidaan luonnehtia seuraavasti: Maankohoamisen seurauksena sedimentoitunut sulfidirikkikerrostuma joutuu hapettaviin olosuhteisiin, jolloin sulfidimuotoinen rikki (pääasiassa FeS, osittain myös FeS<sub>2</sub>) hapettuu ensin alkuainerikiksi (S) ja edelleen sulfaatiksi (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>). Alkuainerikin hapettumisreaktiossa vapautuu vetyioneja suhteessa (S) 1:2 (H<sup>+</sup>), jolloin pH laskee. Tämä on hidas mikrobiologinen reaktio, joka on tarkkaan riippuvainen ympäristön kosteus-, lämpötila- ja happamuusolosuhteista (Palko & Saari 1987).



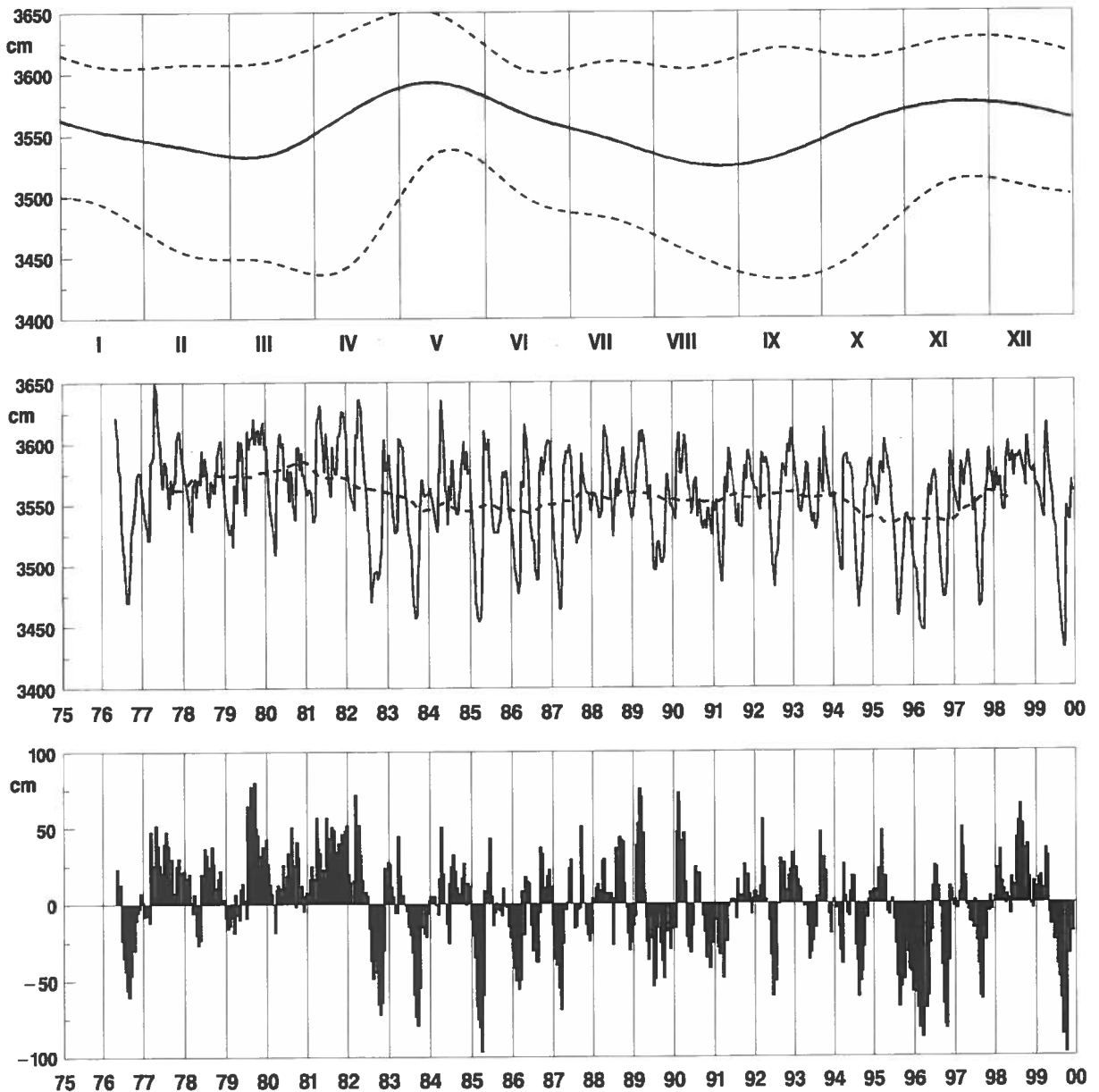
Kuva 4.30.1. Laihian pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 363.



## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Laihian alueella oli 61 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 218 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään toukokuussa 1977. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.30.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1982, 1983, 1985, 1986, 1995, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1977, 1979, 1980, 1981 ja 1998.



Kuva 4.30.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Laihian pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 36,38 m.

## Pohjaveden laatu

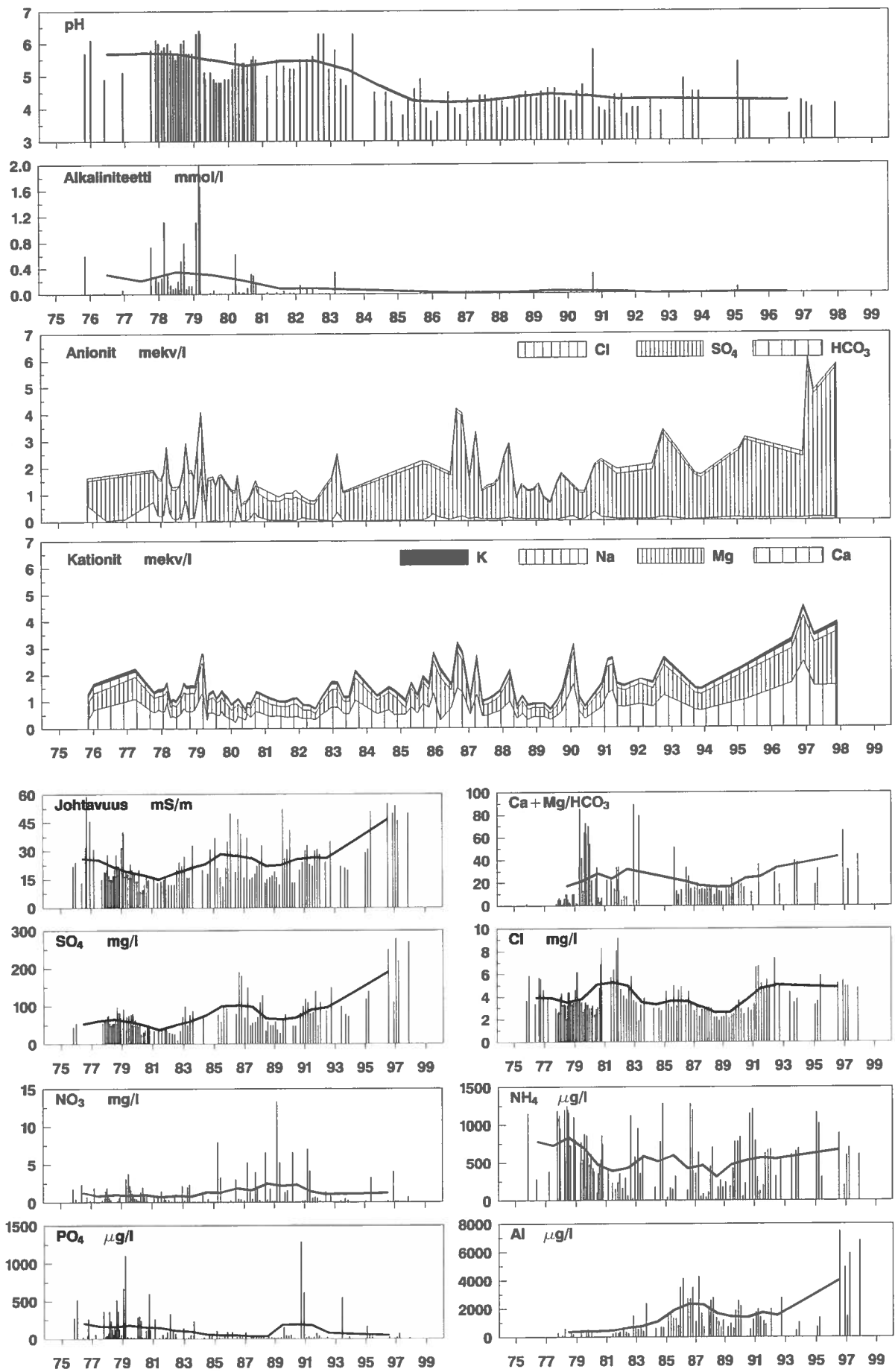
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.30.1.

Alle määrittysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Pb 52,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 2,6%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 37,5%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.30.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.30.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.30.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat yli nelinkertaiset verrattuna maan mediaaniin. Pohjaveden pH on 1,5 yksikköä koko maan mediaania pienempi ja happamuus on lisääntynyt voimakkaasti 1980-luvun puolivälissä, jolloin myös alkaliniteetti on pudonnut likimain noltaan. Tästä johtuen Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on poikkeuksellisen korkea. Voimakas happamoituminen on pääasiassa seurausta sulfidien hapettumisesta maaperässä. Emäskationien pitoisuudet ovat korkeita ja kalsium- ja magnesiumpitoisuuksilla on nouseva trendi.

Taulukko 4.30.1. Laihian pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
V <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	24,2	20,0	8,6	59,0	11,5	115
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,14	0,02	0,00	1,98	0,33	96
pH		4,90	4,8	3,6	6,4	0,76	113
N <sub>tot</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,12	1,00	0,15	3,60	0,55	57
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	302	130	1	3000	449	110
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	432	420	14	1000	286	99
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	45,8	20	7	450	80,5	45
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	41,3	14	1	420	67,3	110
Cl	mg l <sup>-1</sup>	3,96	3,5	1,9	9,2	1,43	115
Fe	mg l <sup>-1</sup>	6,44	2,35	0,24	39,0	8,93	80
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	615	555	110	1900	393	100
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	77,5	64,5	10,0	280	49,4	100
Na	mg l <sup>-1</sup>	4,08	3,95	2,1	8,1	1,04	104
K	mg l <sup>-1</sup>	3,35	3,2	0,5	6,8	1,03	103
Ca	mg l <sup>-1</sup>	14,2	12,2	4,8	49,1	7,55	100
Mg	mg l <sup>-1</sup>	7,85	6,55	2,3	24,3	4,17	104
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	37,8	36,5	16,6	53,1	8,17	43
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	452	365	44	2120	288	72
Al	mg l <sup>-1</sup>	1,58	1,11	0,120	7,47	1,53	70
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,34	1,30	<0,1	8,67	2,28	38
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	18,4	14,5	3,0	60,0	14,2	89
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	4,19	1,0	<1	25,0	5,86	91
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	80,2	50,0	17,6	243	68,5	36
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	184	117	46,6	640	146	36
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,030	0,02	<0,01	0,15	0,030	32
TOC	mg l <sup>-1</sup>	2,79	2,6	1,7	4,6	0,88	15



Kuva 4.30.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Laihian pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on 17-kertainen koko maan mediaaniin verrattuna. SO<sub>4</sub>-pitoisuuksilla on voimakas nouseva trendi; lineaarisen trendiestimaatin mukaan pitoisuus on noussut lähes 100 mg l<sup>-1</sup> vuosien 1975-1997 aikana. Sulfaatilla on merkitsevä negatiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuus on yli kaksinkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna.

Nitraattipitoisuus on jonkin verran keskimääräistä korkeampi, sen sijaan ammoniumtyppi-pitoisuus on monikymmenkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna. Syynä keskimääräistä pienempään NO<sub>3</sub>:NH<sub>4</sub>-suhteeseen on ainakin osittain matalasta pH:sta johtuva vähäinen nitrifikaatio (Ulrich *et al.*, 1990). PO<sub>4</sub>-pitoisuus on noin kolminkertainen koko maan mediaaniin verrattuna ja trendi melko tasaisesti laskeva.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on kolminkertainen, F-pitoisuus kuusinkertainen, Al-pitoisuus lähes 40-kertainen ja Fe- ja Mn-pitoisuudet yli 60-kertaiset valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna. Alumiinin ja happamuuden välinen korrelaatio on erittäin merkitsevä (taulukko 4.30.3) ja Al-trendi nouseva. Pohjaveden poikkeuksellisen matalasta pH:sta johtuen myös raskasmetallien, erityisesti nikkelin ja sinkin, pitoisuudet ovat huomattavan korkeita.

Pohjaveden pinnankorkeuden ja useimpien ionien pitoisuuskorrelaatiot (nitraattia lukuun ottamatta) ovat negatiivisia, toisin sanoen pohjaveden pinnan noustessa elektrolyyttipitoisuus pienenee.

Taulukko 4.30.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Laihian pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus
Y <sub>25</sub>	2,83	0,005	0,294 mS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-3,98	<0,001	-23,4 μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-7,04	<0,001	-0,0827 pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>			
NH <sub>4</sub>				PO <sub>4</sub>	-3,86	<0,001	-3,26 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl				SO <sub>4</sub>	5,37	<0,001	4,10 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na				K			
Ca	3,33	<0,001	0,351 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	2,47	0,013	0,147 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	2,44	0,015	0,692 ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	4,41	<0,001	80,0 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.30.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Laihian pohjavesiasemalla vuosina 1975-93. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,39***													
Alk.														
pH		-,25*	,81***											
NO <sub>3</sub>		,37***	-,34**											
NH <sub>4</sub>			,34**		-,39***									
PO <sub>4</sub>			,50***	,43***	-,46***	,31**								
Cl							,26**							
SO <sub>4</sub>				-,38***		,32**								
Na					-,33**	,42***	,32**	,59***	,55***					
K						,51***		,36***	,69***	,75***				
Ca						,31**		,40***	,82***	,57***				
Mg						,43***		,42***	,86***	,71***		,80***		
Al				-,22*					,56***	,29*		,56***	,59***	
SiO <sub>2</sub>			-,40**	-,74***	-,41*	,73***			,73***	,67***		,62***	,69***	,48**

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.31 Lummukka

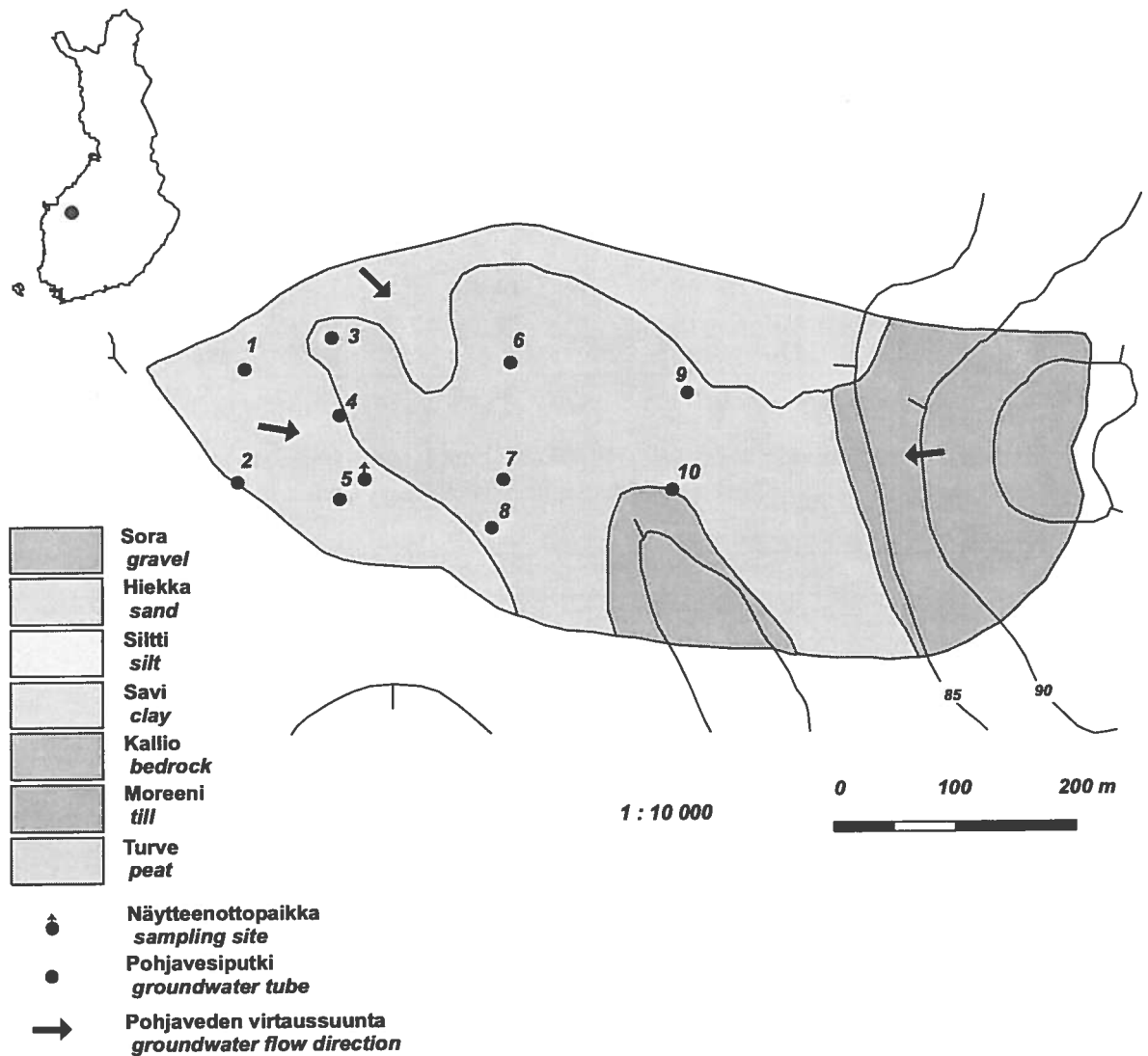
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kauhavan kunnassa (peruskarttalehti 2313 03 C ja vesistöalue 14.731). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,53 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 80...96 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.31.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue kuuluu osana Kauhavan itäosien halki Korttesjärvelle kulkevaa harjujaksoa. Pohjavesiasemalla esiintyy myös moreeniselänteitä ja turvetta. Muodostumisalueen pintamaalajeista turvetta on 41,2 %, hiekkaa 29,8 % ja moreenia 29,0 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiilleliuske (Pipping 1979).

Pohjavesi virtaa alueen itä- ja länsireunoilta keskustaa kohti.

Näyte otetaan metsässä sijaitsevasta putkesta noutimella. Alueelta on hakattu metsää vuonna 1993. Muodostumisaluetta on ojitettu.

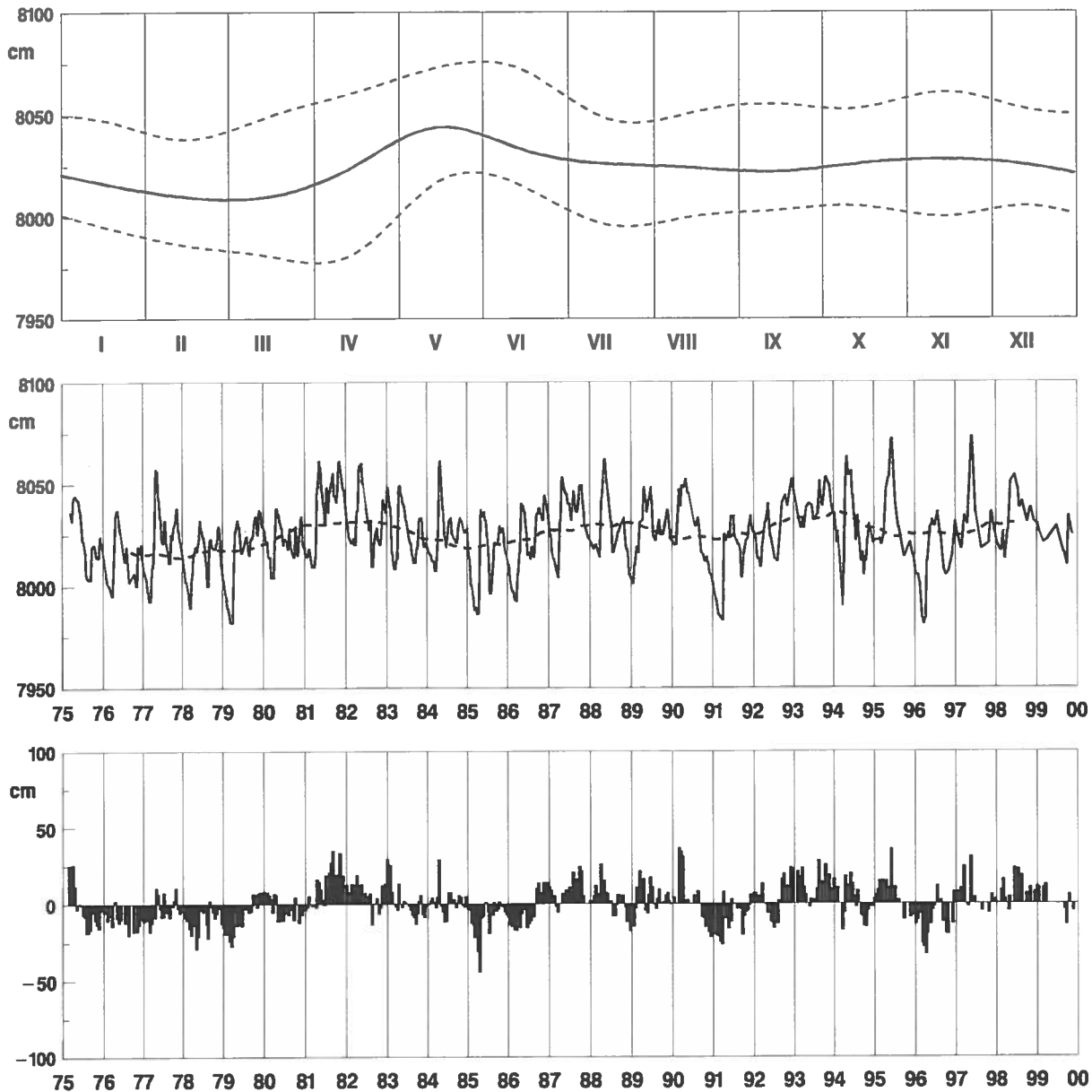


Kuva 4.31.1. Lummukan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 364.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Lummukan alueella oli 35 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 92 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1996 ja ylimmillään toukokuussa 1997. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.31.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1979, 1985, 1986, 1991 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1987 ja 1993.



Kuva 4.31.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Lummukan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 81,69 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.31.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 13,7%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Mn 69,1%  $\leq 20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , F 34,9%  $\leq 20 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 20,3%  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 59,4%  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 82,4%  $\leq 5 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 84,9%  $\leq 1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 98,0%  $\leq 0,1 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 82,8%  $\leq 0,01 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.31.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.31.3.

Taulukko 4.31.1. Lummukan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,42	2,2	1,4	7,5	0,88	152
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,030	0,028	0,00	0,19	0,025	152
pH		5,33	5,3	4,7	6,2	0,22	154
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	252	150	77	1300	282	79
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	74,3	19	<1	1200	195	135
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	14,9	9	1	95	18,2	123
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	12,6	9	5	70	11,4	67
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,9	7	2	100	15,8	148
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,54	1,5	<1	3,2	0,56	153
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	220	99	<20	1300	257	109
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	84,0	.	139
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,03	4,05	0,5	7,3	1,29	142
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,40	1,4	0,9	3,8	0,33	139
K	mg l <sup>-1</sup>	0,87	0,7	0,1	3,6	0,58	140
Ca	mg l <sup>-1</sup>	0,79	0,7	0,1	4,7	0,45	131
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,32	0,3	0,2	0,8	0,11	140
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	10,5	10,6	9,2	12,4	0,66	64
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	40,9	36	<20	200	32,0	106
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	469	417	6	1500	266	96
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	.	50
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,5	5,0	<1	74,0	16,4	123
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	7,61	1,0	<1	80,0	14,6	128
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,12	<1	<1	12,0	2,04	53
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	36,0	.	57
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	.	29
TOC	mg l <sup>-1</sup>	2,32	2,35	<0,5	4,8	0,69	36

Taulukko 4.31.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Lummukan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyystaso. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	-6,64	<0,001	-57,0	$\mu\text{S m}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$	Alk.			
pH					NO <sub>3</sub>			
NH <sub>4</sub>	-8,60	<0,001	-1,10	$\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$	PO <sub>4</sub>	-8,63	<0,001	-1,45 $\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$
Cl	-5,87	<0,001	-52,6	$\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$	SO <sub>4</sub>	-4,82	<0,001	-89,6 $\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$
Na					K	-9,56	<0,001	-47,4 $\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$
Ca	-2,77	0,006	-11,8	$\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$	Mg	-5,01	<0,001	-7,17 $\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al	-6,92	<0,001	-25,4 $\mu\text{g l}^{-1} \text{ vuosi}^{-1}$

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.31.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat noin puolet maan mediaanista. Pohjaveden pH on 1,0 yksikköä koko maan mediaania pienempi. 1990-luvulla pH on alkanut nousta. Alkaliniteetti on hyvin pieni, mutta kääntynyt nousuun 1990-luvulla. Ca + Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde 2,8 on korkea, mikä on selvä osoitus vahvojen happojen vaikutuksesta. Ca + Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde ei ole kuitenkaan merkittävästi noussut johtuen kalsiumin ja magnesiumin laskevista pitoisuustrendeistä. Emäskationien pitoisuudet ovat kaliumia lukuun ottamatta selvästi keskimääräistä pienempiä. Pohjavesi on puskurikyvyltään heikko ja näin ollen herkkä pH:n muutoksille.

Sulfaattipitoisuus ovat vähän maan mediaania korkeampi. SO<sub>4</sub>- ja Cl-pitoisuudet ovat laskeneet voimakkaammin tutkimusjakson lopulla. Kloridipitoisuuden aikasarjassa on havaittavissa periodivaihtelua.

Nitraattipitoisuus on ollut keskimääräistä pienempi, mutta pitoisuus on noussut voimakkaasti 1990-luvun puolenvälin jälkeen. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on jonkin verran valtakunnallista mediaania korkeampi, mutta trendi on laskeva. PO<sub>4</sub>-pitoisuudella on jokseenkin merkitsevä negatiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa.

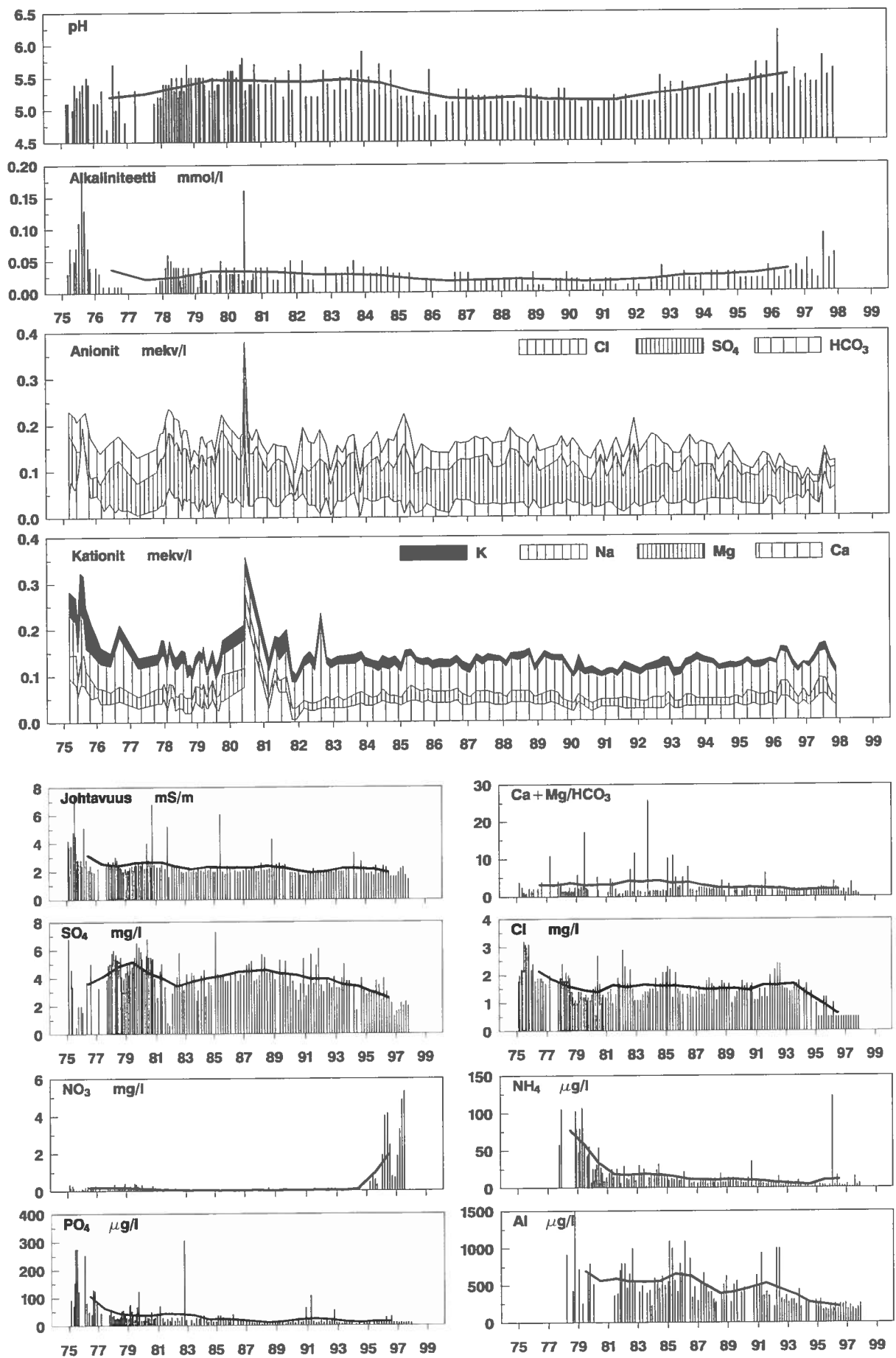
Alumiinipitoisuus on tutkimusjakson aikana pienentynyt. Happamille pohjavesille tyypillistä negatiivista pH-Al -korrelaatiota ei esiinny. Alumiinipitoisuus on kuitenkin huomattavasti keskimääräistä korkeampi ja positiiviset korrelaatiot ammoniumin ja fosfaatin kanssa ovat erittäin merkitseviä.

Taulukko 4.31.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Lummukan pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,38***												
pH		,21*	,48***											
NO <sub>3</sub>		,20*												
NH <sub>4</sub>		,25*		,29**	,44***									
PO <sub>4</sub>	-,27*	,22*			,53***	,52***								
Cl		,23**		-,19*										
SO <sub>4</sub>		,30***			,29**									
Na				-,21*	-,27**	-,26*		,36***	,22*					
K		,53***	,45***	,33***	,52***	,42***	,52***		,22*	-,20*				
Ca		,33***			,20*	,29**			,36***			,37***		
Mg		,37***	,28**		,49***	,42***	,48***					,56***	,42***	
Al						,44***	,51***							
SiO <sub>2</sub>					,33*									

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001





Kuva 4.31.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Lummukan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

## 4.32 Mutkala

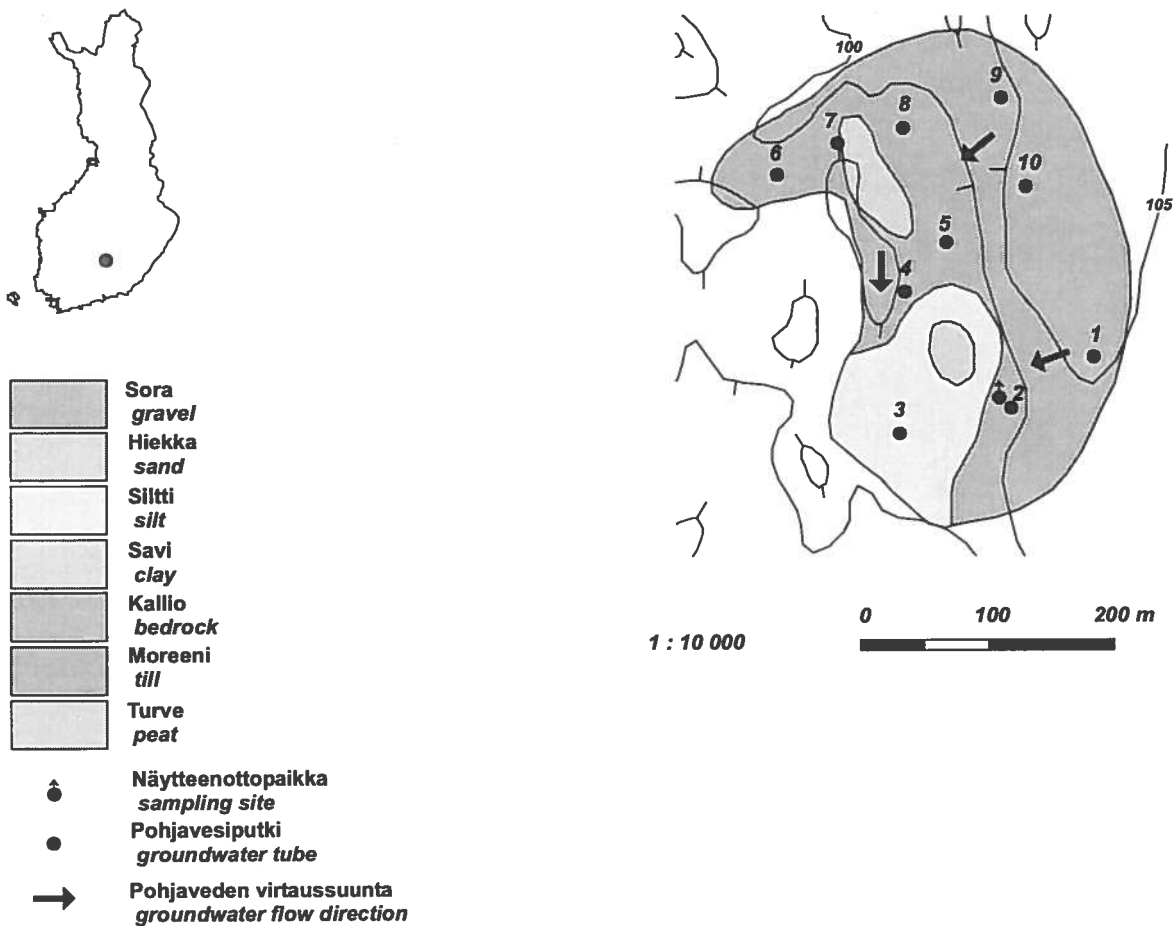
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Joutsan kunnassa (peruskarttalehti 3122 11 D ja vesistöalue 14.831). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,22 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 95...108 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.32.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Asema koostuu osasta moreeniselännettä, alempana olevista hienommista sedimenteistä, sekä pienialaisista soistuneista alueista. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 76,1 %, silttiä 18,5 % ja turvetta 5,4 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioniitti (Kallio 1982).

Pohjaveden päävirtaussuunta on koillisesta lounaaseen.

Näytteenottoaika on betonirengaskaivo, joka sijaitsee metsässä. Näytteenottpisteen ympäristössä maaperä on hiekkaa. Alueella on tehty metsänhakkuuta 1980-luvun puolivälissä. Nykyään paikalla on mäntytaimikko.

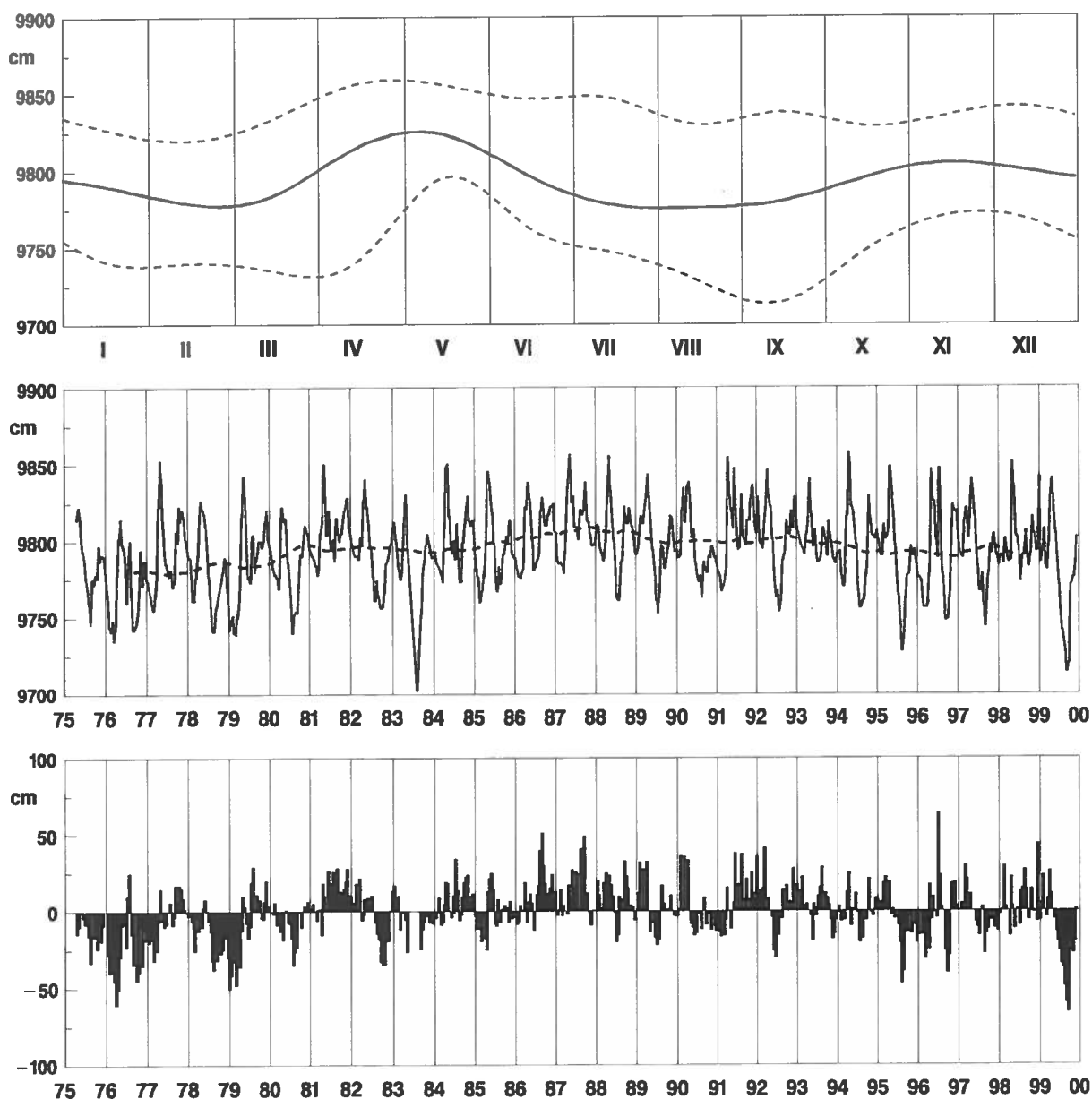


Kuva 4.32.1. Mutkalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 365.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Mutkalan alueella oli 44 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 143 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1999 ja ylimmillään huhtikuussa 1994. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.32.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1978, 1995 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1984, 1986 ja 1987.



Kuva 4.32.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Mutkalan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 98,89 m.

## Pohjaveden laatu

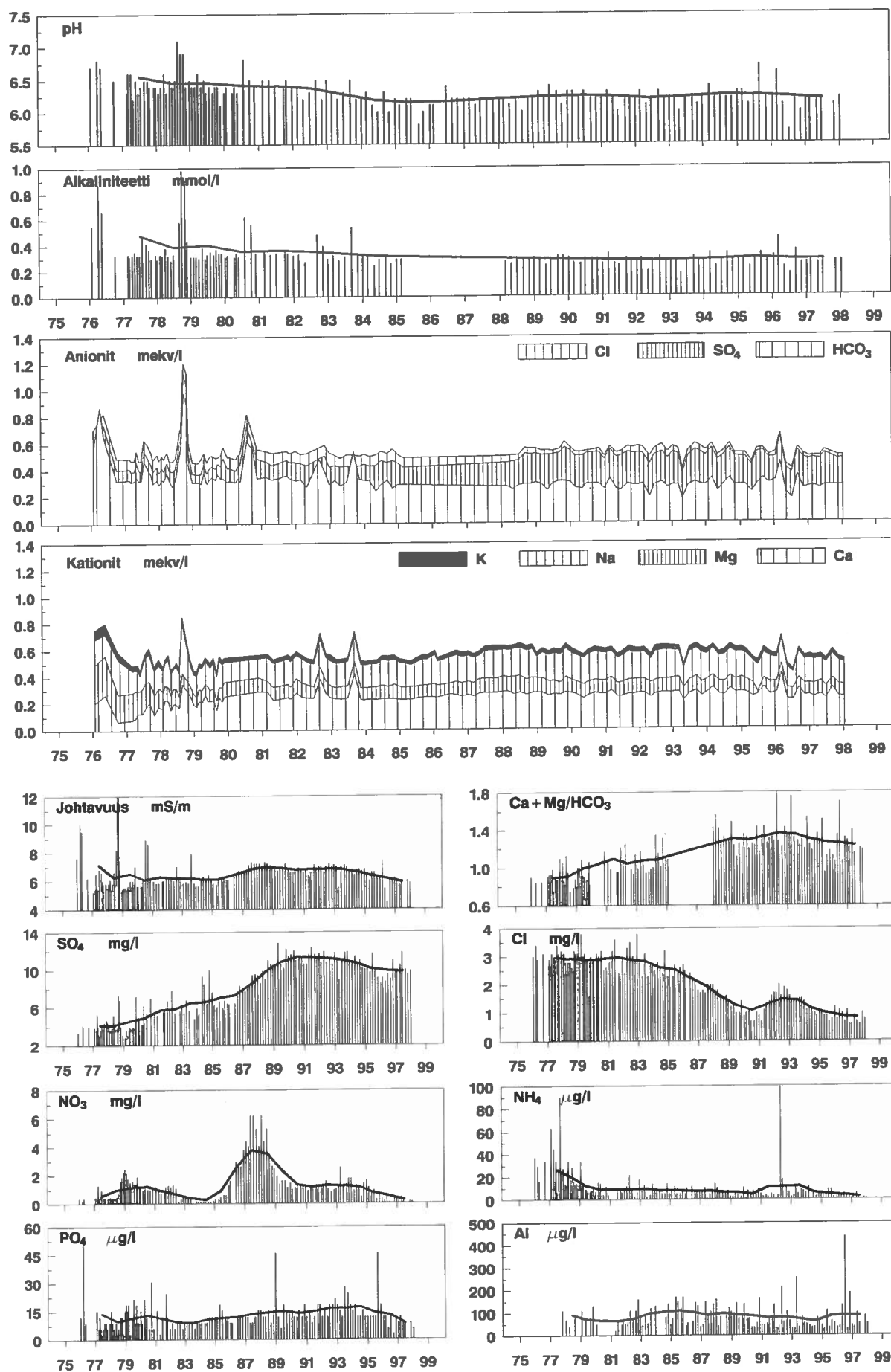
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.32.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $\text{NH}_4$  5,6%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Cl 17,7%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Mn 76,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 35,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 87,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 91,4%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 47,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 90,9%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 89,3%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.32.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.32.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.32.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat maan mediaaniin verrattuna puolitoistakertaisia. Pohjaveden pH:n mediaani on sama kuin koko maan mediaani. Happamuus on kuitenkin trendianalyysin mukaan lisääntynyt; pH on alentunut 0,35 yksikköä vuosina 1976-1997. Alkaliniteetti on keskimääräistä korkeampi, mutta trendi on laskeva. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhteella on nouseva trendi, joka näyttää kuitenkin kääntyneen laskusuuntaan vuoden 1993 jälkeen. Emäskationien pitoisuudet ovat keskimääräistä korkeampia.

Taulukko 4.32.1. Mutkalan pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	6,48	6,3	4,5	12,0	1,02	146
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,33	0,31	0,17	0,98	0,12	128
pH		6,30	6,3	5,7	7,1	0,20	146
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	463	360	82	1600	352	81
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	288	240	4	1400	279	145
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	8,76	6	1	77	10,6	144
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,6	6	3	18	2,7	74
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	4,2	4	1	18	2,4	141
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,1	2,3	<1	3,8	0,89	147
Fe	μg l <sup>-1</sup>	152	140	17	698	99,3	107
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	190	.	140
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	7,67	7,7	2,8	12,8	2,95	141
Na	mg l <sup>-1</sup>	4,32	4,3	2,6	8,5	0,65	144
K	mg l <sup>-1</sup>	1,37	1,3	0,5	3,1	0,33	144
Ca	mg l <sup>-1</sup>	4,81	5,0	1,3	8,4	1,03	135
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,30	1,2	0,20	3,60	0,44	144
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	17,0	17,0	13,0	19,0	1,14	83
F	μg l <sup>-1</sup>	75,7	70	<20	220	29,1	98
Al	μg l <sup>-1</sup>	86,1	75	5	437	57,8	103
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,41	.	55
Cu	μg l <sup>-1</sup>	3,83	2,0	<1	37,0	5,14	137
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	6,0	.	136
Ni	μg l <sup>-1</sup>	1,44	1,12	<1	5,0	0,79	57
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	10,0	.	58
Hg	μg l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,031	.	28
TOC	mg l <sup>-1</sup>	2,62	1,9	1,1	17,5	2,61	40



Kuva 4.32.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Mutkalan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1998.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 3,9 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut voimakkaasti 1990-luvun alkuun asti, jonka jälkeen pitoisuus on laskenut. Sulfaattilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeuden kanssa. Kloridipitoisuus on alentunut voimakkaasti.

1980-luvun puolivälissä suoritettu metsänhaku näkyy kohonneina nitraattipitoisuuksina vuosina 1986-1988. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on tutkimusjakson aikana laskenut. Fosforipitoisuudet ovat keskimääräistä tasoa. PO<sub>4</sub>-pitoisuudella on nouseva trendi, joka tutkimusjakson lopulla näyttää kuitenkin kääntyneen laskusuuntaan.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on huomattavasti keskimääräistä korkeampi. Alumiinilla on laskeva trendi.

Taulukko 4.32.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Mutkalan pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus	Z	p	Trendin voimakkuus
Y <sub>25</sub>	3,00	0,003	11,0 μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-7,53	<0,001 -8,29 μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-6,89	<0,001	-0,0159 pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>		
NH <sub>4</sub>	-7,18	<0,001	-0,500 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	4,13	<0,001 0,221 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-12,1	<0,001	-0,117 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	10,4	<0,001 0,355 mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	3,82	<0,001	12,0 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K		
Ca	4,26	<0,001	54,4 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-2,75	0,006 37,1 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	6,94	<0,001	14,6 mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-3,32	<0,001 -1,71 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.32.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Mutkalan pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		-,47***												
pH		-,42***	-,19*	,70***										
NO <sub>3</sub>		,30***	-,28**	-,26**										
NH <sub>4</sub>		-,26**	,22*	,30***	-,20*									
PO <sub>4</sub>		,31***	-,21*		,29**									
Cl		-,21*	-,46***	,50***	,48***	-,35***	,51***	-,39***						
SO <sub>4</sub>		,34***	,65***	-,65***	-,63***	,34***	-,48***	,44***	-,78***					
Na			,73***		-,20*	,26**	-,34***	,38***	-,51***	,57***				
K		-,27**	,36***	,39***	,32***		,18*				,34***			
Ca			,73***		-,24**	,36***	-,50***	,33***	-,54***	,60***	,53***			
Mg		,27**	,25**			,29***						,27**		
Al				-,25*										
SiO <sub>2</sub>		,51***	,35*				,39**			,62***	,67***	,28*		

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.33 Vehkoo

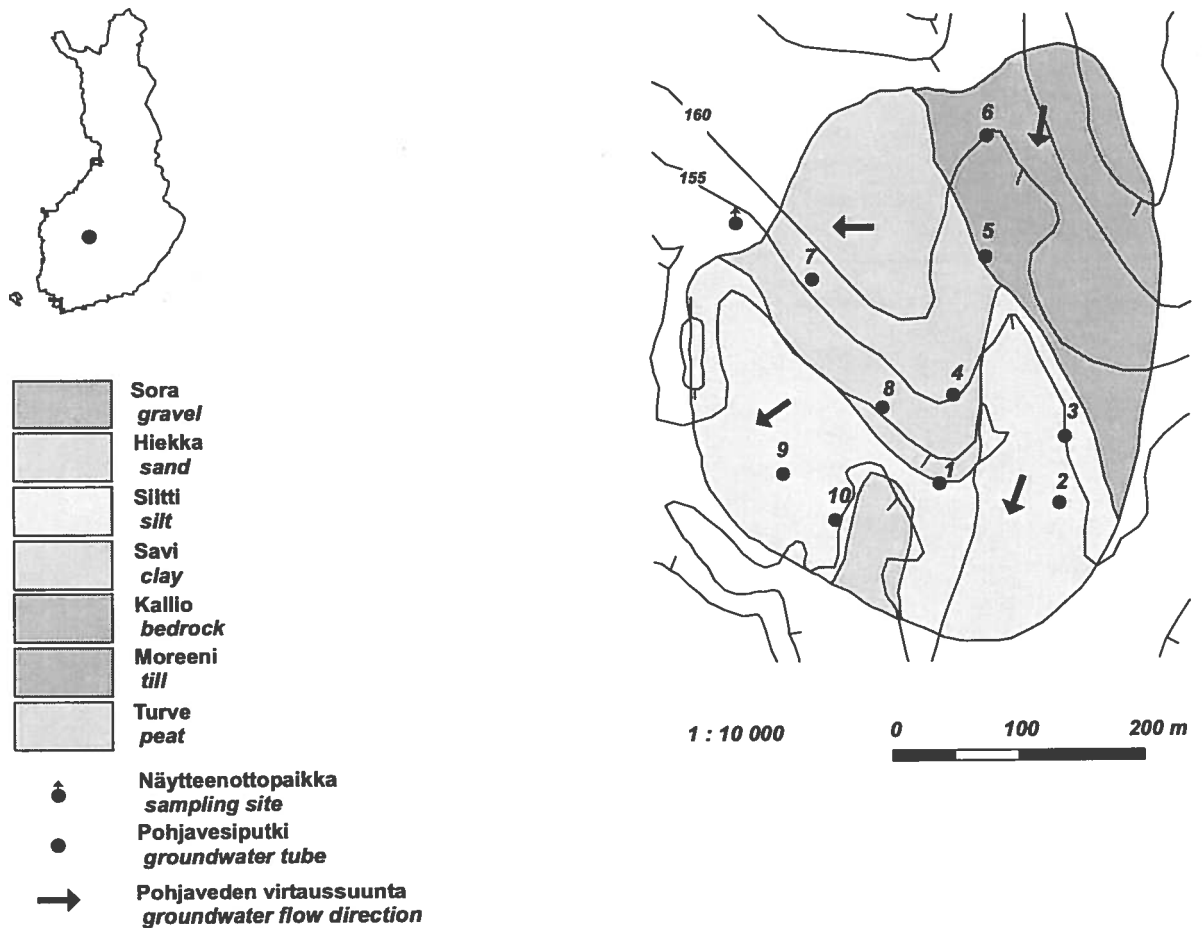
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Multian kunnassa (peruskarttalehti 2241 11 C ja vesistöalue 35.636). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,37 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 136...173m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.33.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa Multian kunnan halki kulkevaa harjuksoa. Toinen puoli alueesta on moreeni-  
mäen rinteessä. Muodostumisalueen pintamaalajeista silttiä on 39,2 %, hiekkaa 29,5 %, moreenia 27,8 % ja turvetta 2,5 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjavesi virtaa koillisesta lounaaseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 2,0 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,9 m<sup>3</sup> lähde, joka on suojattu betonirenkaalla ja puukannella. Näytteenottoaika sijaitsee metsässä. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 1,0 l s<sup>-1</sup>. Metsää on harvennettu vuonna 1994.

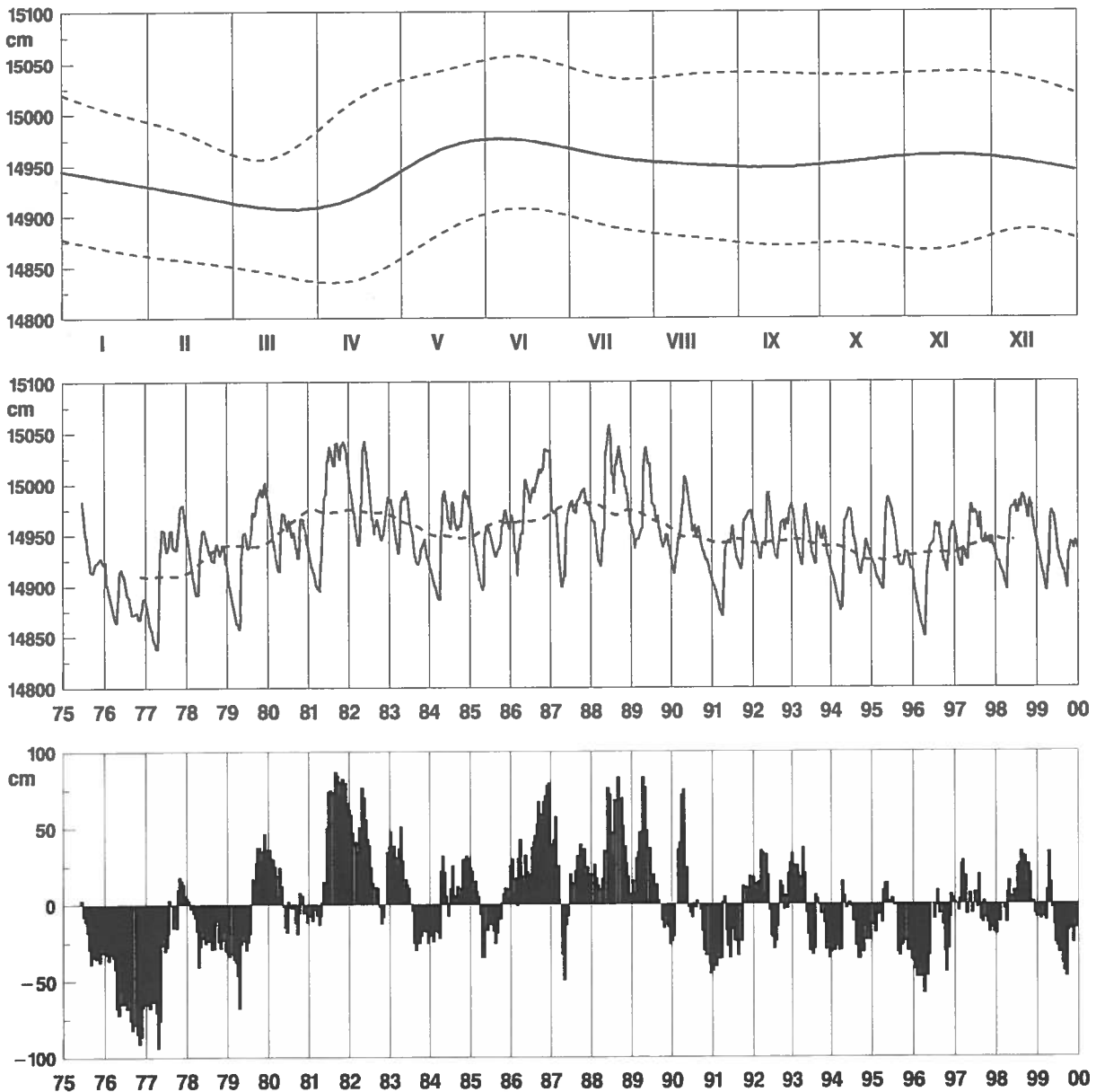


Kuva 4.33.1. Vehkoon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 365.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Vehkoon alueella oli 64 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 219 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1977 ja ylimmillään kesäkuussa 1988. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.33.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1991, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1986, 1987, 1988 ja 1989.



Kuva 4.33.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Vehkoon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 152,20 m.



## Pohjaveden laatu

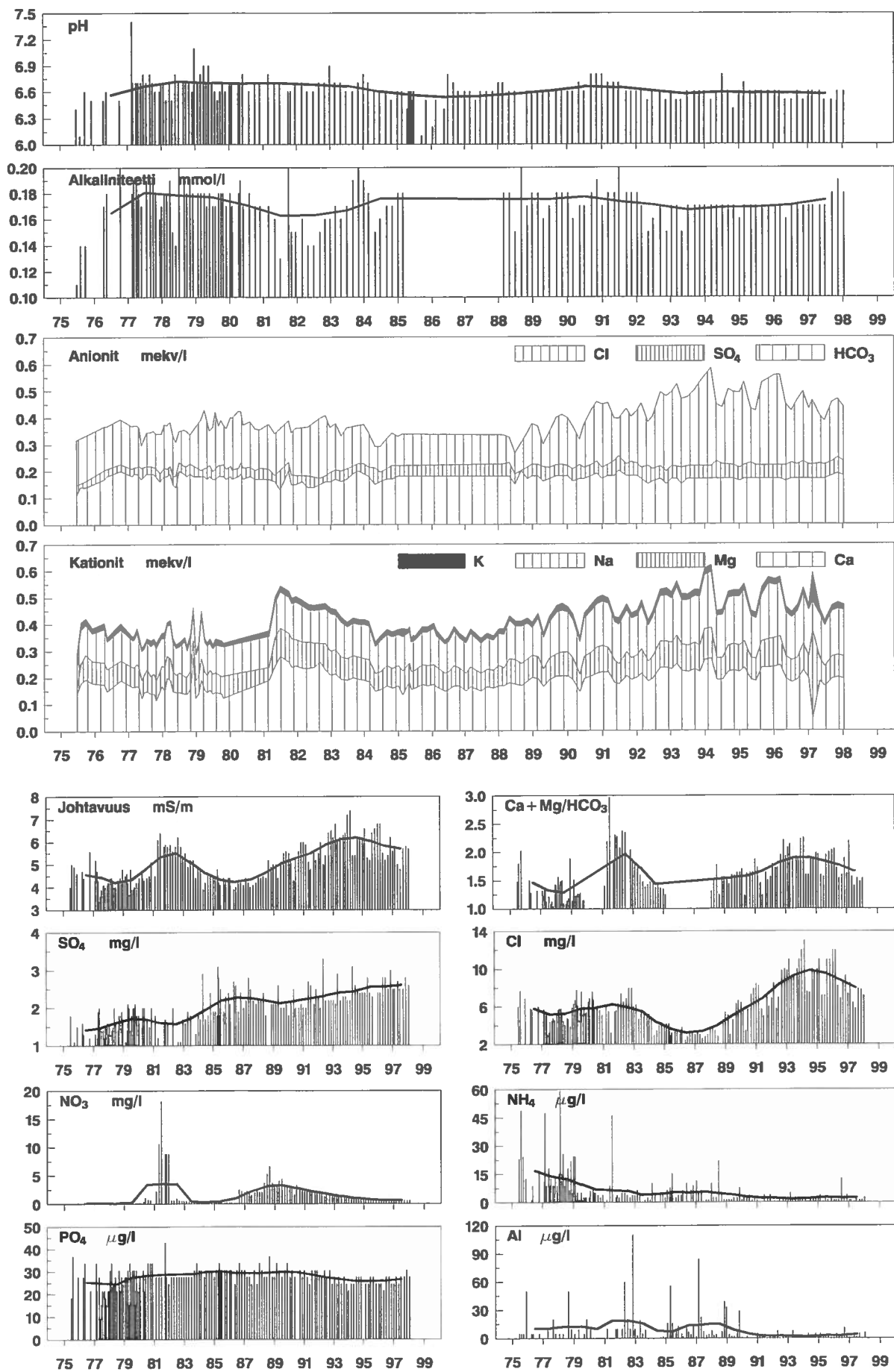
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.33.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  25,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 92,8%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 100%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 6,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 76,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 91,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 95,2%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 92,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 93,0%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 81,8%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 50,0%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.33.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.33.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.33.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat jonkin verran maan mediaania korkeampia ja johtavuusarvojen vaihtelu on ollut suurta. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,3 yksikköä koko maan mediaania korkeampi ja trendi on laskeva. Alkaliniteetti on pysynyt jokseenkin tasaisena. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on keskimäärin 1,7 ja trendi nouseva. Myös emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat nousseet.

Taulukko 4.33.1. Vehkoon pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	4,97	4,8	3,4	7,4	0,86	154
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,17	0,17	0,11	0,20	0,015	130
pH		6,63	6,6	6,0	7,4	0,15	154
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	464	415	150	1600	279	68
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	313	150	3	4100	504	151
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,3	3	<1	46	7,2	147
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	10,1	10	8	15	1,2	68
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	9,0	9	3	14	1,5	149
Cl	mg l <sup>-1</sup>	6,05	5,7	2,4	13,0	2,33	150
Fe	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	90	.	111
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	<20	.	118
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,01	2,0	1,1	3,3	0,49	148
Na	mg l <sup>-1</sup>	3,05	2,9	2,2	4,8	0,63	155
K	mg l <sup>-1</sup>	0,82	0,8	0,5	4,2	0,31	154
Ca	mg l <sup>-1</sup>	3,71	3,7	0,9	5,6	0,75	144
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,00	1,0	0,3	4,0	0,30	153
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,1	12,0	11,0	13,0	0,35	67
F	μg l <sup>-1</sup>	46,9	40	5	160	25,2	113
Al	μg l <sup>-1</sup>	9,7	5	<1	110	16,4	111
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,61	.	43
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,40	<1	<1	11,0	2,11	142
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	6,0	.	136
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,4	.	38
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	6,0	.	42
Hg	μg l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	.	22
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,64	0,55	<0,5	2,4	0,38	40



Kuva 4.33.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Vehkoon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Sulfaattipitoisuus on noin puolet koko maan mediaanista, mutta trendi on nouseva. Kloridipitoisuus on selvästi keskimääräistä korkeampi, mihin on syynä valuma-alueen poikki kulkevan tien suolaus. Kloridipitoisuuksissa näkyy selvä vuodenaikaisvaihtelu, joka näkyy selvimmin 1980-luvun puolivälin jälkeen.

Nitraattipitoisuus on keskimääräistä korkeampi. Emäskationien ja  $\text{NO}_3$ :n väliset positiiviset korrelaatiot ovat merkitseviä.  $\text{NH}_4$ -pitoisuus on tutkimusjakson aikana pienentynyt.

Taulukko 4.33.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Vehkoon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
$\text{Y}_{25}$	6,97	<0,001	71,0	$\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Alk.				
pH	-3,29	0,001	-0,0040	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	$\text{NO}_3$	3,97	<0,001	4,00	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
$\text{NH}_4$	-7,58	<0,001	-0,260	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$	-2,18	0,029	-0,0347	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Cl	2,44	0,015	74,3	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$	11,0	<0,001	56,4	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Na	11,1	<0,001	75,7	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K	6,31	<0,001	16,5	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca	4,49	<0,001	11,8	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	Mg	5,20	<0,001	18,2	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$	3,87	<0,001	8,12	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-5,56	<0,001	-0,300	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.33.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Vehkoon pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	$\text{Y}_{25}$	Alk.	pH	$\text{NO}_3$	$\text{NH}_4$	$\text{PO}_4$	Cl	$\text{SO}_4$	Na	K	Ca	Mg	Al
$\text{Y}_{25}$														
Alk.	-,39***	-,21*												
pH			,23*											
$\text{NO}_3$	,27**	,61***												
$\text{NH}_4$		-,29***			-,41***									
$\text{PO}_4$					,23**									
Cl	-,29***	,69***				-,23**								
$\text{SO}_4$	,28**			-,33***	,38***	-,51***								
Na		,78***		-,20*	,66***	-,42***		,47***	,36***					
K		,67***		-,19*	,39***	-,26**		,55***		,64***				
Ca		,86***	-,25*		,62***	-,33***		,60***		,73***	,64***			
Mg		,80***			,52***	-,21*		,57***		,66***	,57***	,79***		
Al		-,32**				,31**		-,29**	-,24*	-,43***	-,22*			-,22*
$\text{SiO}_2$														

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.34 Äijälä

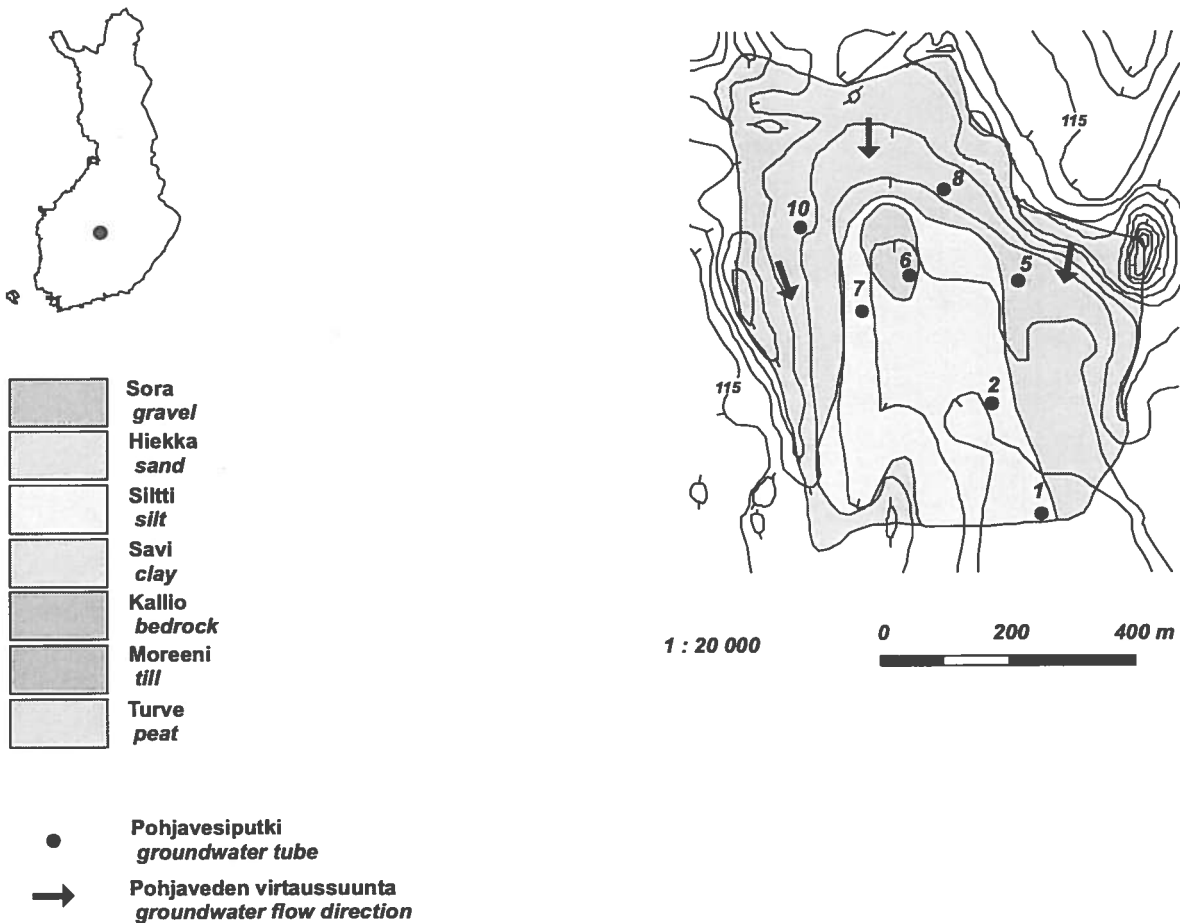
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Laukaan kunnassa (peruskarttalehti 3221 11 B ja vesistöalue 14.355). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,03 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 100...138 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.34.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa pitkittäisharjua. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 64,3 %, silttiä 32,9 % ja turvetta 2,8 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden pääasiallinen virtaussuunta on pohjoisesta etelään.

Pohjaveden näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 3,1 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 2,8 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä noin 2 km aseman alueesta länteen. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 1,5 l s<sup>-1</sup>. Lähteestä otetaan vettä viiteen talouteen. Lähialueella on suoritettu metsänhakkua 1990-luvun alkupuolella.

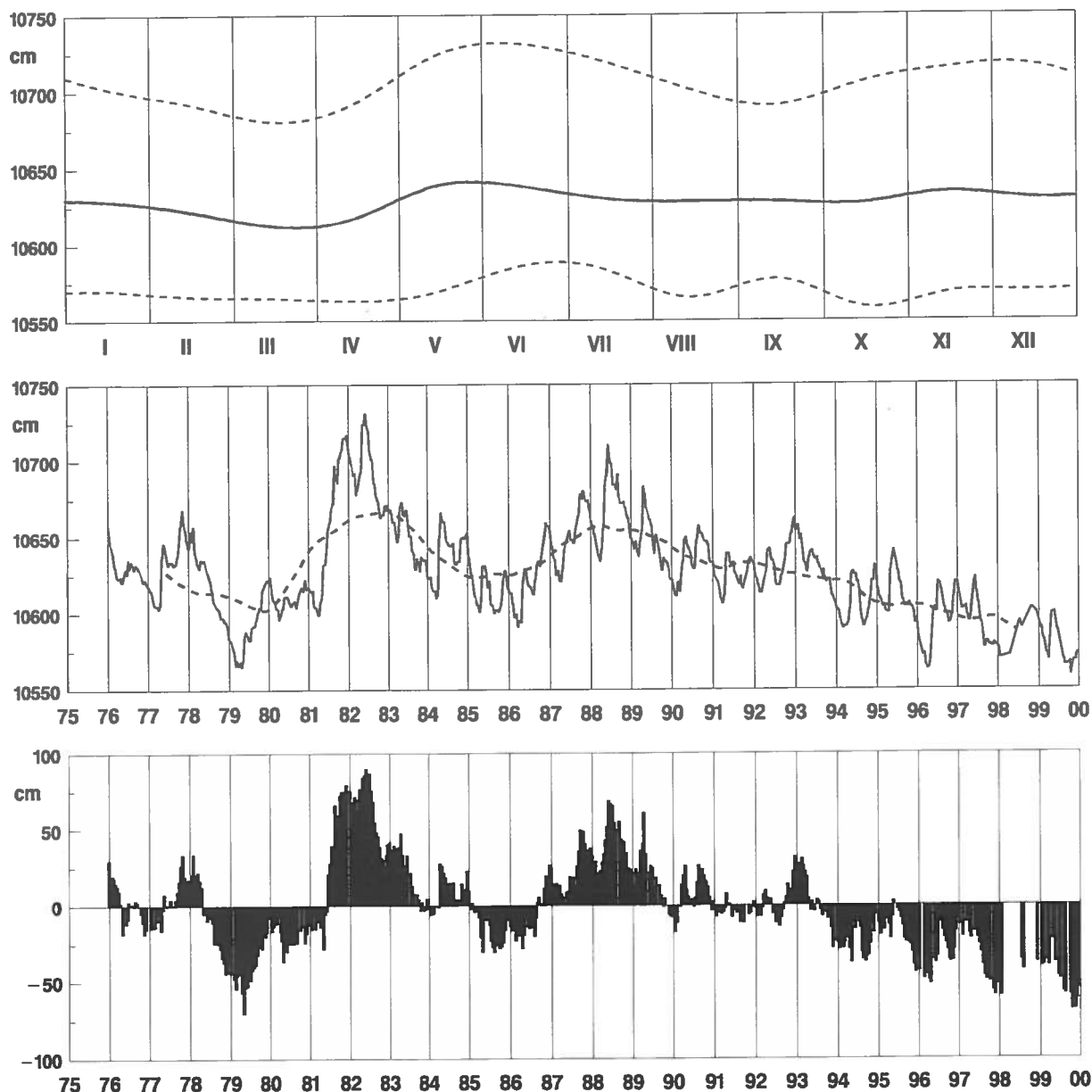


Kuva 4.34.1. Äijälän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 366.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Äijälän alueella oli 24 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 172 cm. Alimmillaan vedenpinta oli lokakuussa 1999 ja ylimmillään kesäkuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.34.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Pohjavesi pysytteli poikkeuksellisen matalalla vuosina 1978, 1979, 1980, 1985, 1986, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1983, 1987, 1988 ja 1989.



Kuva 4.34.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Äijälän pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 110,15 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1978 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.34.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  32,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 62,1%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 39,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 100%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 75,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 97,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 87,8%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 100%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 88,5%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 90,5%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.34.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.34.3.

Taulukko 4.34.1. Äijälän pohjavesiasemalta vuosina 1978-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	mS $\text{m}^{-1}$	3,43	3,4	2,8	3,8	0,20	124
Alk.	mmol $\text{l}^{-1}$	0,15	0,15	0,12	0,19	0,015	106
pH		6,06	6,0	5,6	6,5	0,11	124
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	82,4	77,5	45	160	28,1	68
$N_{\text{NO}_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	39,3	35	8	110	20,6	124
$N_{\text{NH}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,3	2	<1	18	3,2	122
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	4,3	4	2	12	1,6	67
$P_{\text{PO}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,4	3	2	9	1,1	121
Cl	mg $\text{l}^{-1}$	1,02	1,0	<1	1,9	0,23	124
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	37,4	25	<20	340	40,6	106
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	<20	.	113
$\text{SO}_4$	mg $\text{l}^{-1}$	5,11	5,2	3,7	6,2	0,54	122
Na	mg $\text{l}^{-1}$	1,96	2,0	1,5	2,3	0,15	122
K	mg $\text{l}^{-1}$	0,58	0,6	0,4	0,9	0,08	122
Ca	mg $\text{l}^{-1}$	2,82	2,8	2,0	3,5	0,23	115
Mg	mg $\text{l}^{-1}$	0,64	0,6	0,4	1,0	0,08	123
$\text{SiO}_2$	mg $\text{l}^{-1}$	10,9	11,0	9,7	12,0	0,58	68
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	101	95	80	170	18,1	96
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	17,9	13,5	2	146	18,1	92
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,41	.	52
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,36	<1	<1	18,0	2,20	114
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	3,7	.	113
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	<1	.	42
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	15,0	.	49
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,020	.	21
TOC	mg $\text{l}^{-1}$	0,86	0,8	0,4	1,4	0,23	40

Taulukko 4.34.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Äijälän pohjavesiasemalla vuosina 1978-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyystaso. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus
$Y_{25}$	7,21	<0,001	18,0 $\mu\text{S m}^{-1}$ vuosi $^{-1}$	Alk.	-3,80	<0,001	-0,85 $\mu\text{mol l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$
pH	-3,99	<0,001	-0,0057 pH-yks. vuosi $^{-1}$	$\text{NO}_3$			
$\text{NH}_4$	-5,62	<0,001	-0,217 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$	$\text{PO}_4$	-3,12	0,002	-0,188 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$
Cl	-3,69	<0,001	-11,9 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$	$\text{SO}_4$	10,5	<0,001	70,6 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$
Na	3,59	<0,001	6,02 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$	K	4,91	<0,001	5,00 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$
Ca	4,82	<0,001	16,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$	Mg	3,38	<0,001	2,74 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi $^{-1}$
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$	6,69	<0,001	11,2 mekv $\text{ekv}^{-1}$ vuosi $^{-1}$	Al			

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.34.3. Sähkönjohtavuus on keskimääräistä pienempi. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,3 yksikköä koko maan mediaania pienempi ja trendi on laskeva. Alkaliniteetti on keskimääräistä pienempi ja trendi laskeva. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub> on noussut vuoden 1978 keskiarvosta 1,0 vuoden 1997 keskiarvoon 1,4. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat nousseet.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,4 mg l<sup>-1</sup> korkeampi. SO<sub>4</sub>-pitoisuus on kohonnut melko tasaisesti tutkimusjakson aikana. Kloridipitoisuus on alle maan keskiarvon ja trendi on laskeva.

Nitraattipitoisuus on keskimääräistä pienempi. Pitoisuus nousi vuodesta 1982 lähtien saavuttaen huippunsa vuonna 1988, jonka jälkeen taso palautui lähes alkuperäiselle tasolle vuonna 1992. 1990-luvun puolessa välissä pitoisuus nousi uudelleen jonkin verran, mikä oli ilmeisesti seurausta lähialueella suoritetusta metsänhakuusta. Vuosina 1986-1989 esiintyvät vuosittaiset nitraattityypen huippuarvot esiintyvät pääsääntöisesti loppuvuodesta kasvukauden päätyttyä tai kevättalvella ennen kasvukauden alkua. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on tutkimusjakson aikana pienentynyt. PO<sub>4</sub>-pitoisuuden vaihtelu on ollut vähäistä.

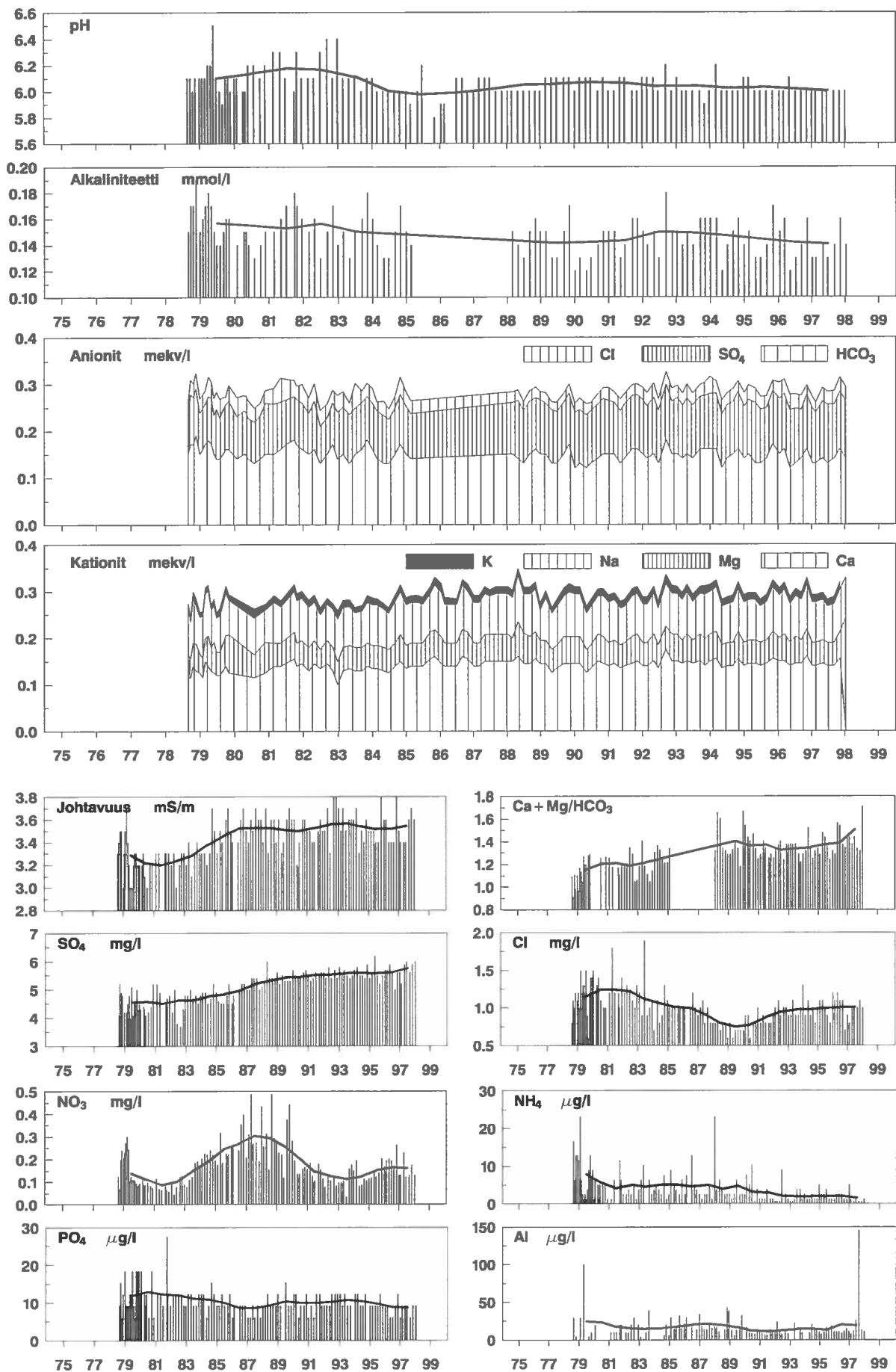
Taulukko 4.34.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Äijälän pohjavesiasemalla vuosina 1978-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,29**												
pH		-,29**												
NO <sub>3</sub>		,48***		-,27**										
NH <sub>4</sub>		-,33***												
PO <sub>4</sub>				,20*	-,28**	,23*								
Cl	-,27**	-,36***	,25*	,29**	-,37***		,21*							
SO <sub>4</sub>		,66***		-,21*		-,42***		-,48***						
Na		,63***	,40***		,35***				,25*					
K	,20*	,40***		-,22*				-,20*	,29**	,35***				
Ca		,77***	,27*	-,35***	,30**	-,23*		-,25*	,48***	,52***	,33**			
Mg		,57***	,21*		,28**			-,22*	,37***	,37***	,24*	,55***		
Al					,31**				-,24*					
SiO <sub>2</sub>		,59***	,61***		,32*					,65***	,36*	,47***	,41**	,32*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.34.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Äijälän pohjavesiasemalla vuosina 1978-1998.



## 4.35 Taikkomäki

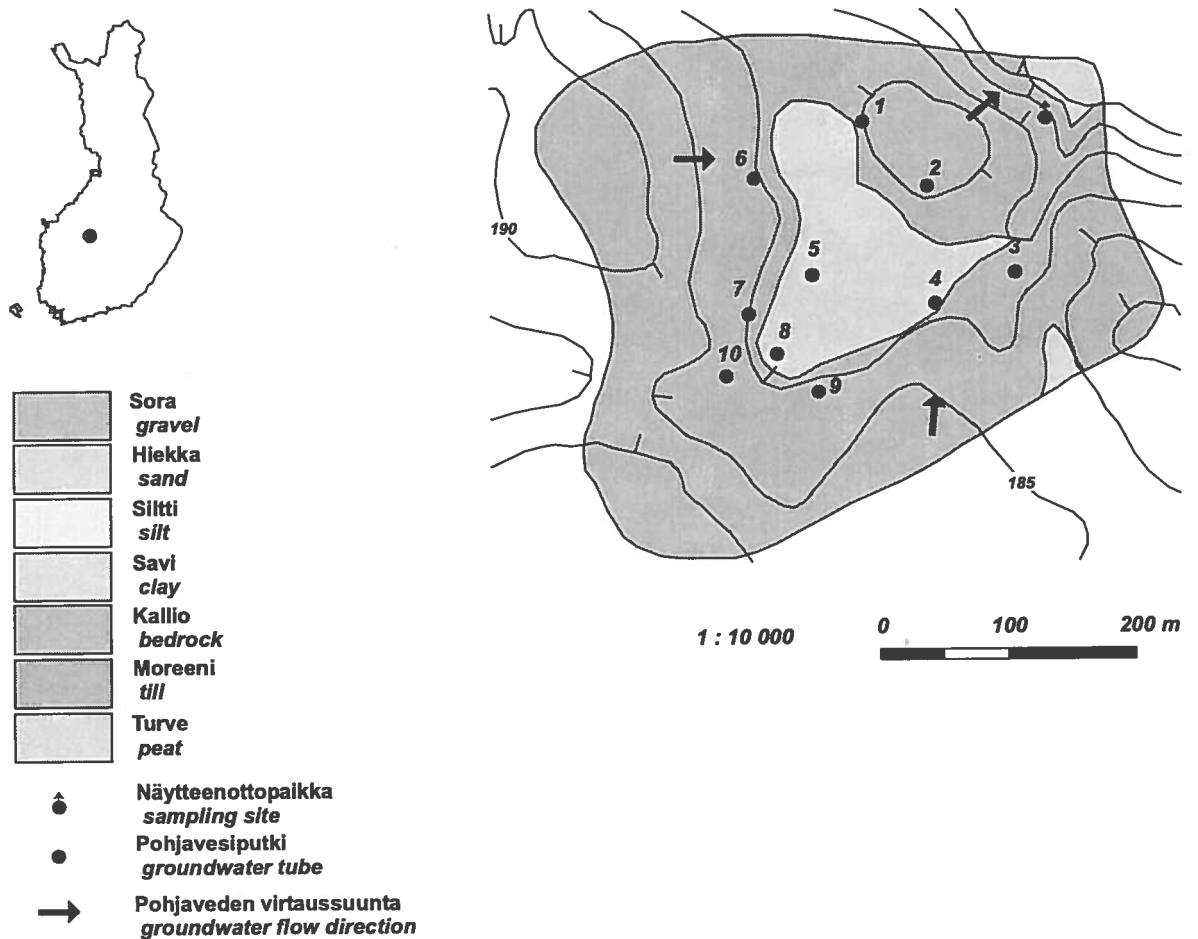
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Karstulan kunnassa (peruskarttalehti 2244 03 C ja vesistöalue 14.628). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,41 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 162...192 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.35.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on kumpuilevaa moreeniimaastoa. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 84,5 % ja turvetta 15,5 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti (Wilkman 1935).

Pohjavesi virtaa lännestä ja etelästä kohti alueen koillisreunaa.

Pohjavesinäyte otetaan pinta-alaltaan noin 0,8 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,5 m<sup>3</sup> lähteestä, joka sijaitsee metsässä. Lähialueella (150 m) on suoritettu metsänhakuuta 1980-luvun alussa.

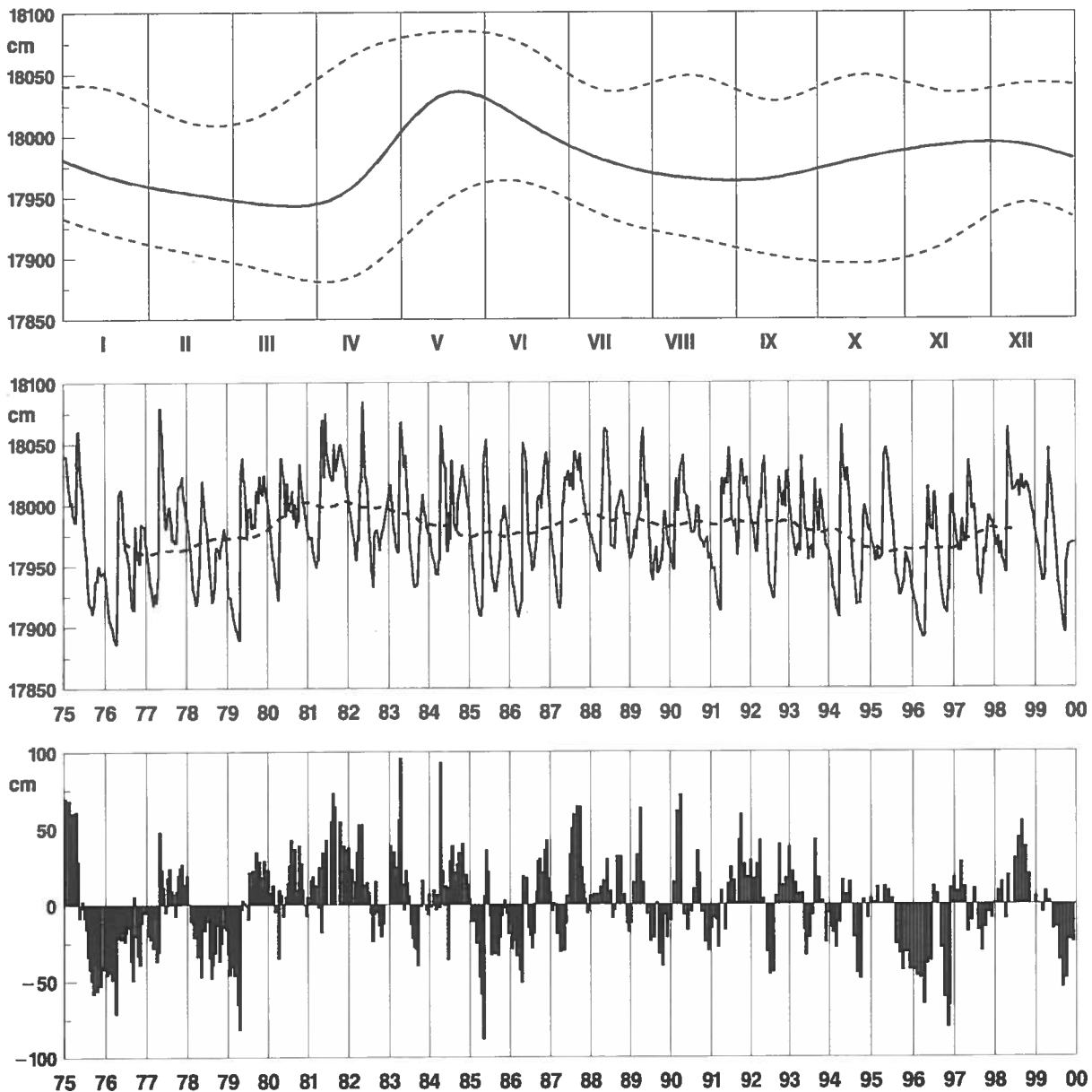


Kuva 4.35.1. Taikkomäen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikaan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 366.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Taikkomäen alueella oli 88 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 198 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1976 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.35.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1975, 1976, 1978, 1979, 1985, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1983, 1984 ja 1987.



Kuva 4.35.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Taikkomäen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 181,27 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin uudesta näytteenottoapaikasta vuodesta 1984 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.35.1.

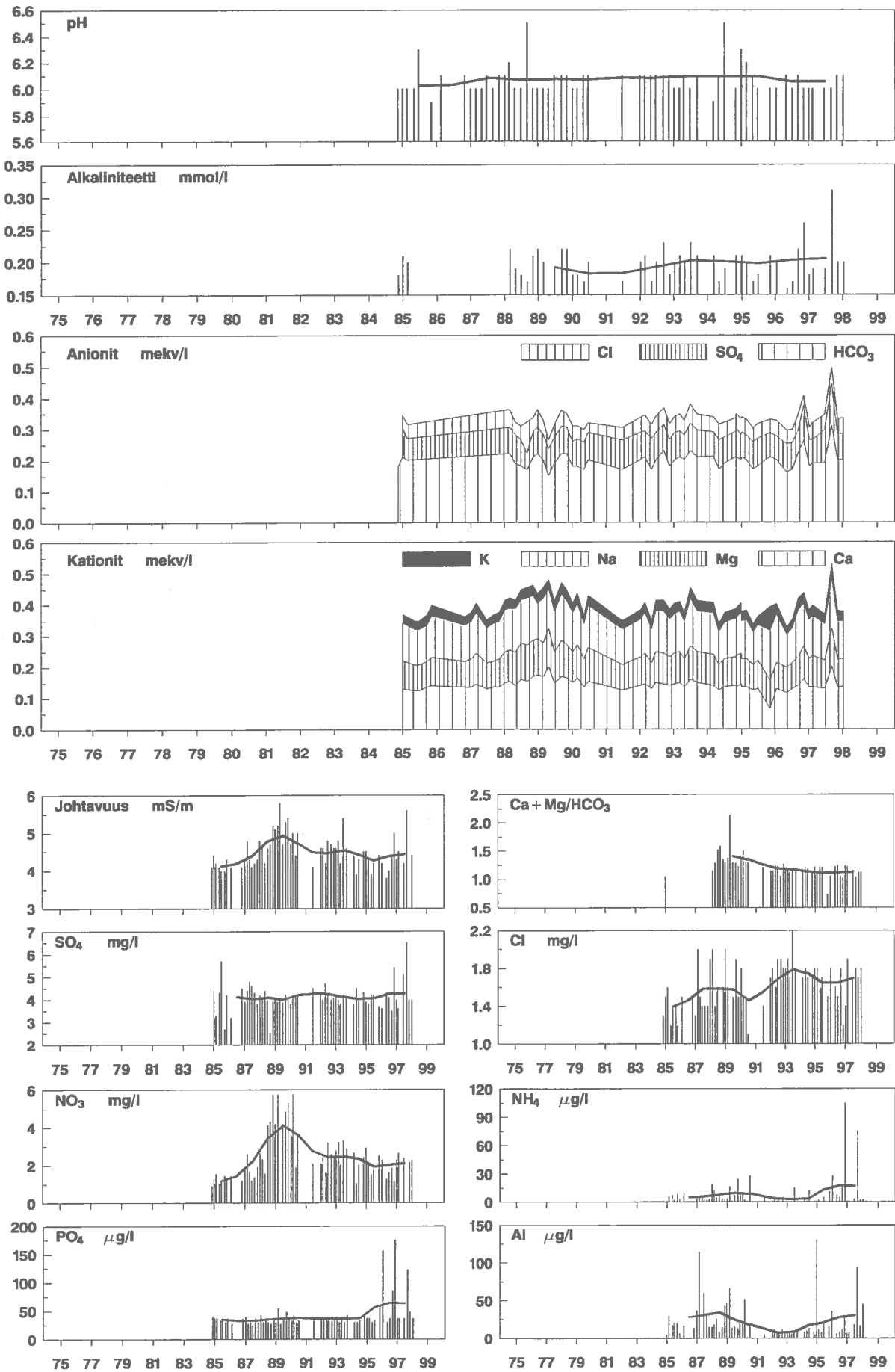
Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  31,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 66,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 96,9%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 93,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 96,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 89,8%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 92,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 84,8%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 85,7%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.35.2.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.35.3. Sähkönjohtavuus- ja alkaliniteetti- arvot ovat lähellä maan mediaania. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,3 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on ollut laskusuunnassa. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat likimain keskimääräistä tasoa.

Sulfaatti- ja kloridipitoisuuksien mediaanit ovat lähellä koko maan mediaaneja. Nitraattipitoisuus on huomattavasti keskimääräistä korkeampi ja NH<sub>4</sub>-pitoisuus pienempi. PO<sub>4</sub>-pitoisuuden vaihtelu on vähäistä ja pitoisuus noin kaksinkertainen valtakunnalliseen mediaanin verrattuna.

Taulukko 4.35.1. Taikkomäen pohjavesiasemalta vuosina 1984-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	4,51	4,4	3,8	5,8	0,44	64
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,20	0,20	0,15	0,31	0,026	51
pH		6,06	6,0	5,6	6,5	0,12	65
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	708	625	300	3000	414	60
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	558	490	210	1300	275	63
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,8	3	<1	82	12,8	64
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	16,5	13	9	71	12,2	60
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	13,7	12	8	57	8,5	65
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,62	1,6	1,0	2,2	0,24	64
Fe	μg l <sup>-1</sup>	23,6	<20	<20	260	34,5	60
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	49	.	64
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,14	4,1	2,5	6,5	0,58	64
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,93	2,9	2,4	3,7	0,31	60
K	mg l <sup>-1</sup>	1,26	1,2	0,8	3,0	0,27	61
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,86	2,8	1,3	4,0	0,39	60
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,16	1,1	0,9	1,5	0,14	61
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	13,4	13,5	12,0	14,0	0,66	60
F	μg l <sup>-1</sup>	141	140	120	169	10,3	54
Al	μg l <sup>-1</sup>	21,9	14	2	130	24,8	62
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,44	.	46
Cu	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	4,6	.	60
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	4,4	.	58
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,0	.	41
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	17,0	.	49
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,010	<0,01	<0,01	0,050	0,012	21
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,10	0,8	<0,5	9,4	1,48	35



Kuva 4.35.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Taikkomäen pohjavesiasemalla vuosina 1984-1998.

Taulukko 4.35.2. Pohjaveden laatuomuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Taikkomäen pohjavesiasemalla vuosina 1984-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.	-,68***	,37*												
pH														
NO <sub>3</sub>		,90***												
NH <sub>4</sub>	-,35*													
PO <sub>4</sub>														
Cl	-,37**	,47***	,54***		,51***									
SO <sub>4</sub>	,36*				-,38**									
Na	-,38**	,68***	,49**		,66***	,41**	,30*		-,30*					
K	-,33*	,72***	,45**		,77***			,37*	-,29*	,68***				
Ca		,93***			,91***	,33*		,38**	-,37*	,75***	,75***			
Mg		,86***			,87***			,32*		,74***	,72***	,93***		
Al						,52***								
SiO <sub>2</sub>	-,56***	,44**	,63***		,44**		,31*	,44**	-,39**	,41**	,48**	,43**	,33*	

\*  $p \leq 0,05$

\*\*  $p \leq 0,01$

\*\*\*  $p \leq 0,001$

## 4.36 Halsua

### Pohjavesiaseman kuvaus

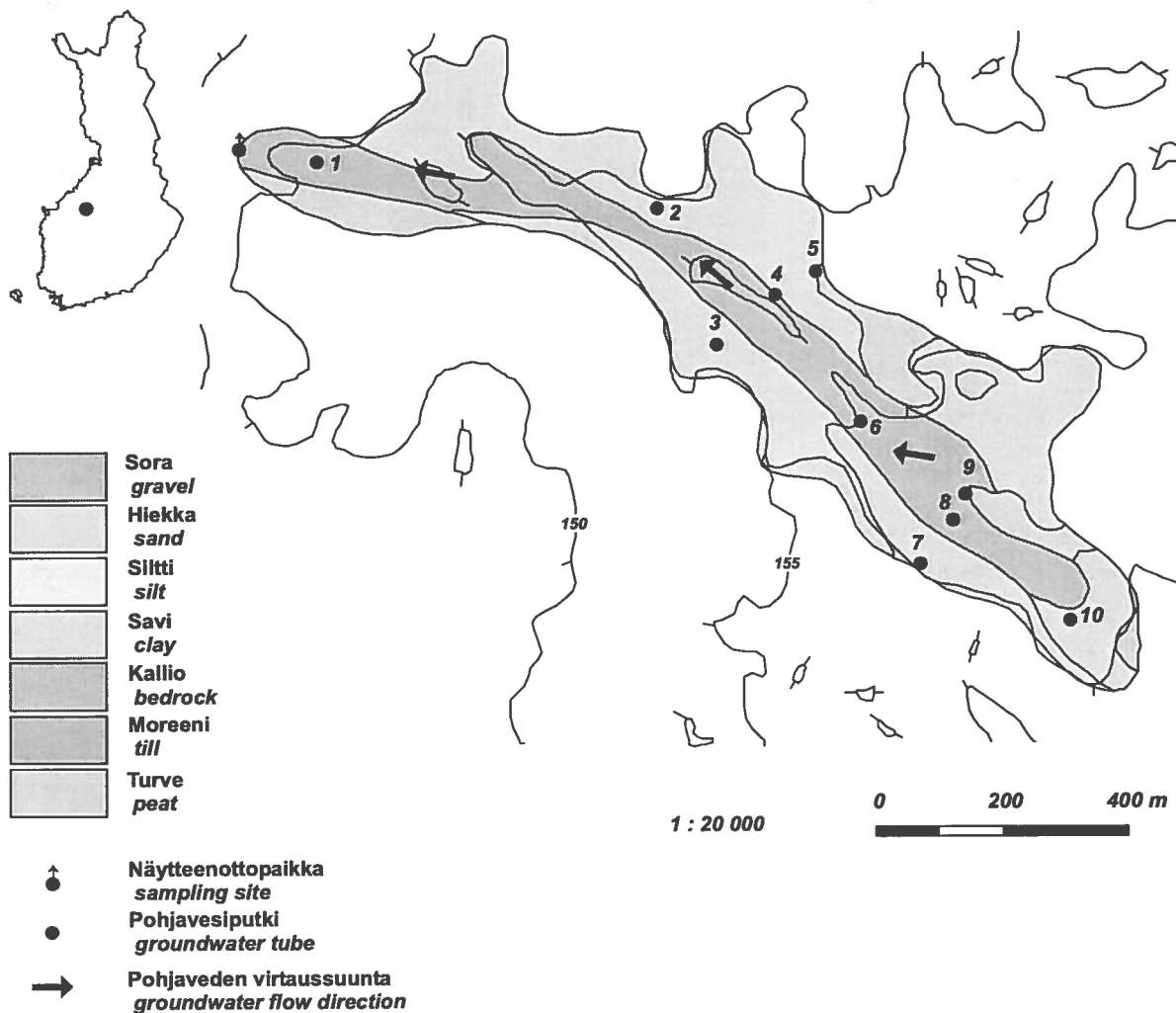
Pohjavesiasema sijaitsee Halsuan kunnassa (peruskarttalehti 2332 06 A sekä C ja vesistöalue 49.041). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,13 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 149...161 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.36.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee Halsuan kunnan halki luode-kaakko suunnassa kulkevalla harjujaksolla. Rantakerrostumia esiintyy muodostuman päällä, harjun karkea ydinosa on lähellä pintaa ja muodostumaa reunustavat suot. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 57,0 %, soraa 30,5 % ja turvetta 12,5 %.

Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioriitti (Pipping 1976).

Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakosta luoteeseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 30 m<sup>2</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä rämeen reunassa. Lähialueella (150 m) on suoritettu metsänhakkuuta 1980-luvun alussa.

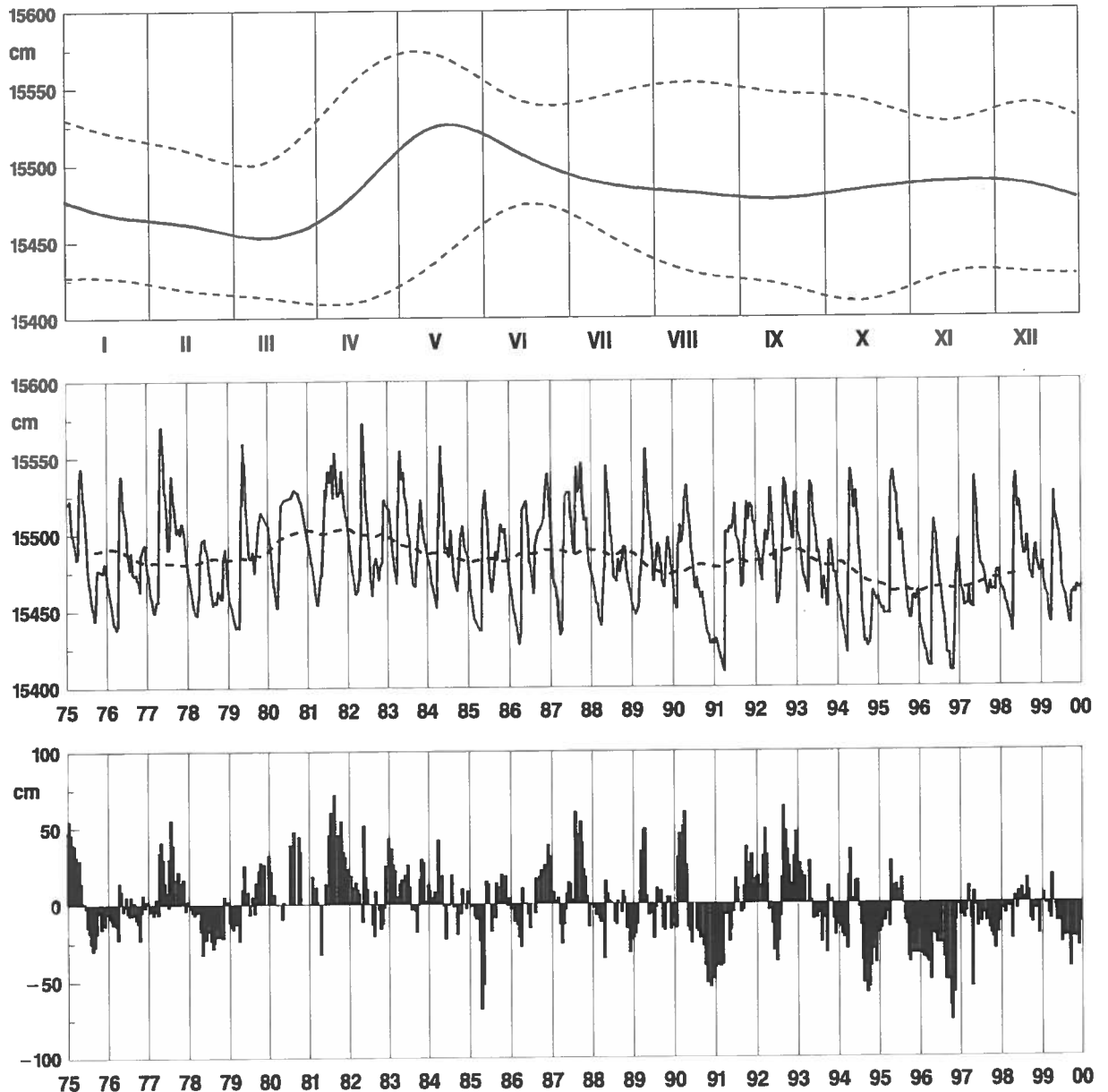


Kuva 4.36.1. Halsuan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 367.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Halsuan alueella oli 71 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 162 cm. Alimmillaan vedenpinta oli lokakuussa 1996 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.36.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1990, 1994, 1995 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1981, 1983 ja 1992.



Kuva 4.36.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Halsuan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 156,43 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.36.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 40,6%  $\leq$  1 mg l<sup>-1</sup>, Fe 71,3%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Mn 97,5%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, F 13,0%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cu 66,7%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Pb 91,9%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Zn 75,5%  $\leq$  5  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Ni 79,1%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cd 100%  $\leq$  0,1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Hg 68,2%  $\leq$  0,01  $\mu$ g l<sup>-1</sup> ja TOC 9,5%  $\leq$  0,5 mg l<sup>-1</sup>. Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.36.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.36.3.

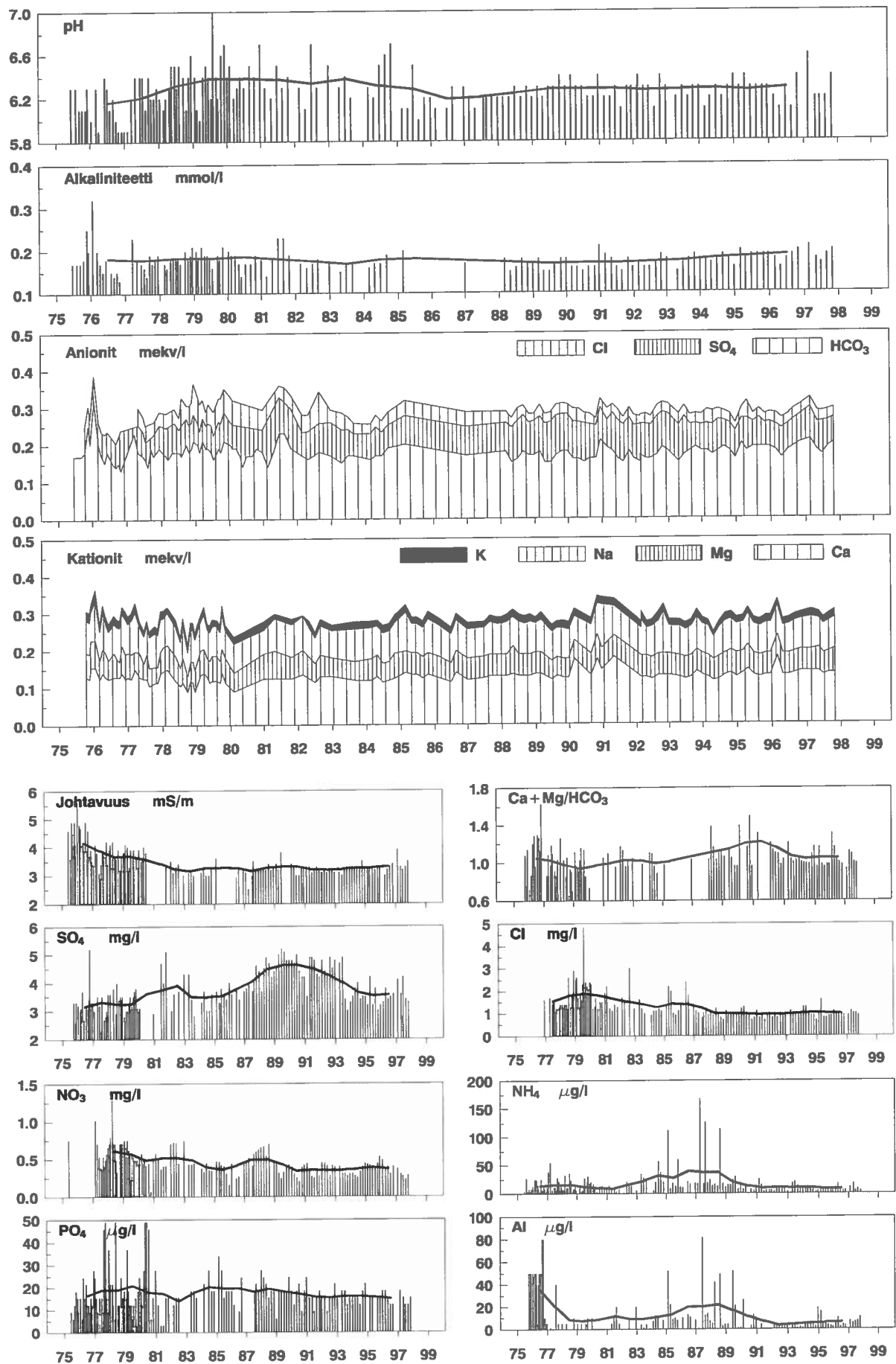
Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.36.3. Sähköjohtavuusarvot ovat keskimääräistä pienempiä. Pohjaveden pH:n mediaani on sama kuin koko maan mediaani eikä trendiä ole. Pohjaveden pinnankorkeusvaihtelulla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio pH:n kanssa. Alkaliniteetti on vähän alle maan mediaanin ja Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on likimain yksi.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 0,2 mg l<sup>-1</sup> pienempi. Lineaarisen trendiestimaatin mukaan SO<sub>4</sub>-pitoisuus on tutkimusjaksolla noussut lähes 0,5 mg l<sup>-1</sup>, mutta 1990-luvun alkupuoliskolla pitoisuus on ollut melko voimakkaassa laskusuunnassa. Kloridipitoisuus on laskenut, voimakkaammin 1980-luvulla.

Taulukko 4.36.1. Halsuan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	3,51	3,3	2,5	5,6	0,49	135
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,18	0,18	0,13	0,32	0,023	131
pH		6,28	6,3	5,8	7,0	0,17	153
N <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	186	170	80	441	78,6	67
N <sub>NO3</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	104	97	17	290	38,8	133
N <sub>NH4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	13,1	9	<1	130	16,9	149
P <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	7,1	7	1	22	3,2	67
P <sub>PO4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	5,8	5	1	16	2,8	141
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,33	1,1	<1	4,8	0,58	133
Fe	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	31,9	<20	<20	810	90,6	101
Mn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	35	.	121
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	3,74	3,6	2,3	5,2	0,67	135
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,89	1,9	1,4	2,7	0,19	124
K	mg l <sup>-1</sup>	0,76	0,78	0,1	1,8	0,16	124
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,58	2,60	1,8	3,6	0,28	120
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,70	0,7	0,5	0,9	0,09	124
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	10,7	10,6	7,5	23,7	1,85	59
F	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	42,6	33	<20	130	28,9	92
Al	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	15,0	6,6	1	81	19,0	101
Cd	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	41
Cu	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	2,16	<1	<1	18,0	2,97	120
Pb	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	13,0	.	111
Ni	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	1,31	<1	<1	15,6	2,75	43
Zn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	5,46	<5	<5	73,0	10,9	53
Hg	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	0,013	<0,01	<0,01	0,050	0,013	22
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,27	0,9	0,5	3,2	0,83	21





Kuva 4.36.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Halsuan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Nitraattipitoisuus on keskimääräistä tasoa. Trendi on laskeva eikä suuria pitoisuusvaihte-  
luita esiinny. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat muutamia korkeita arvoja lukuun ottamatta pysy-  
neet melko tasaisina.

Taulukko 4.36.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Halsuan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.  
Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-4,45	<0,001	-37,7	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.				
pH					NO <sub>3</sub>	-6,81	<0,001	-14,0	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>					PO <sub>4</sub>				
Cl	-7,85	<0,001	-45,0	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	3,58	<0,001	20,5	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	-2,35	0,019	-5,88	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K				
Ca	3,09	0,002	6,80	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg				
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al	-3,72	<0,001	-0,429	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.36.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Halsuan pohjavesiasemalla vuosina 1975-94.  
GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esi-  
tetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,19*													
Alk.		,29**												
pH	,40***		,25**											
NO <sub>3</sub>		,39***	,27**											
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>														
Cl		,41***	,26**	,22*	,39***									
SO <sub>4</sub>	,24**	-,41***	-,36***		-,33***			-,50***						
Na	-,22*	,22*		-,32***										
K	-,28**	,37***	,25*							,46***				
Ca	-,28**	,22*		-,35***				-,26*		,30**	,26**			
Mg		,21*		-,23*								,33***		
Al		,48***						,31*						
SiO <sub>2</sub>			,34*			-,50***								-,48**

\* p ≤ 0,05  
\*\* p ≤ 0,01  
\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.37 Haapajärvi

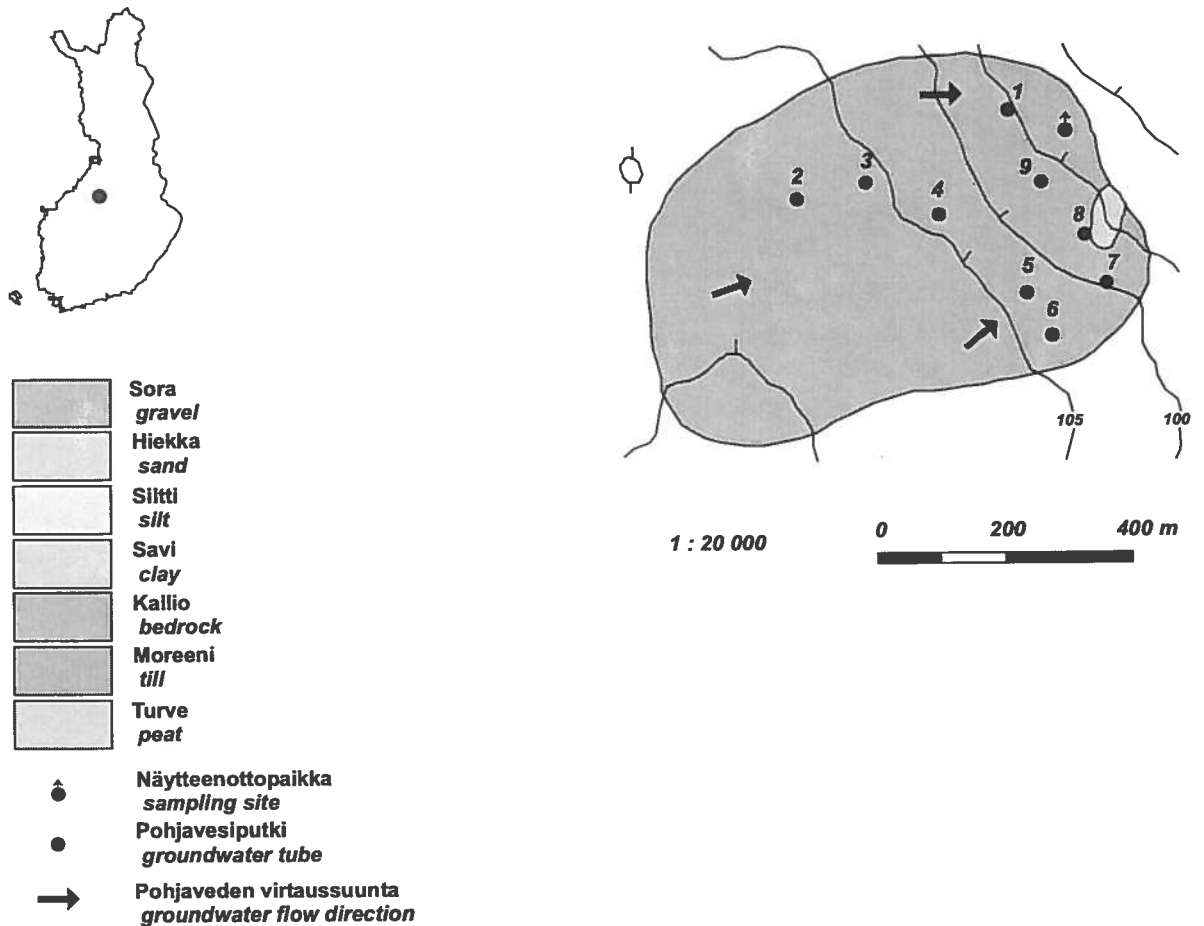
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Haapajärven kaupungissa (peruskarttalehti 2344 07 B ja vesistöalue 53.043). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,99 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 93...113 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.37.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee moreenirinteessä. Maakerroksen paksuus alueella on 2...5 m. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 98,9 % ja turvetta 1,1 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on agglomeraattiliuske (Salli 1962).

Pohjavesi virtaa idästä länteen.

Pohjavesinäyte otetaan metsässä sijaitsevasta lähteestä, joka 1980-luvun alkupuolella on suojattu betonirenkailla. Lähteestä on johdettu ylivuotoputki, josta näyte juoksetetaan suoraan näytteenottopulloihin.

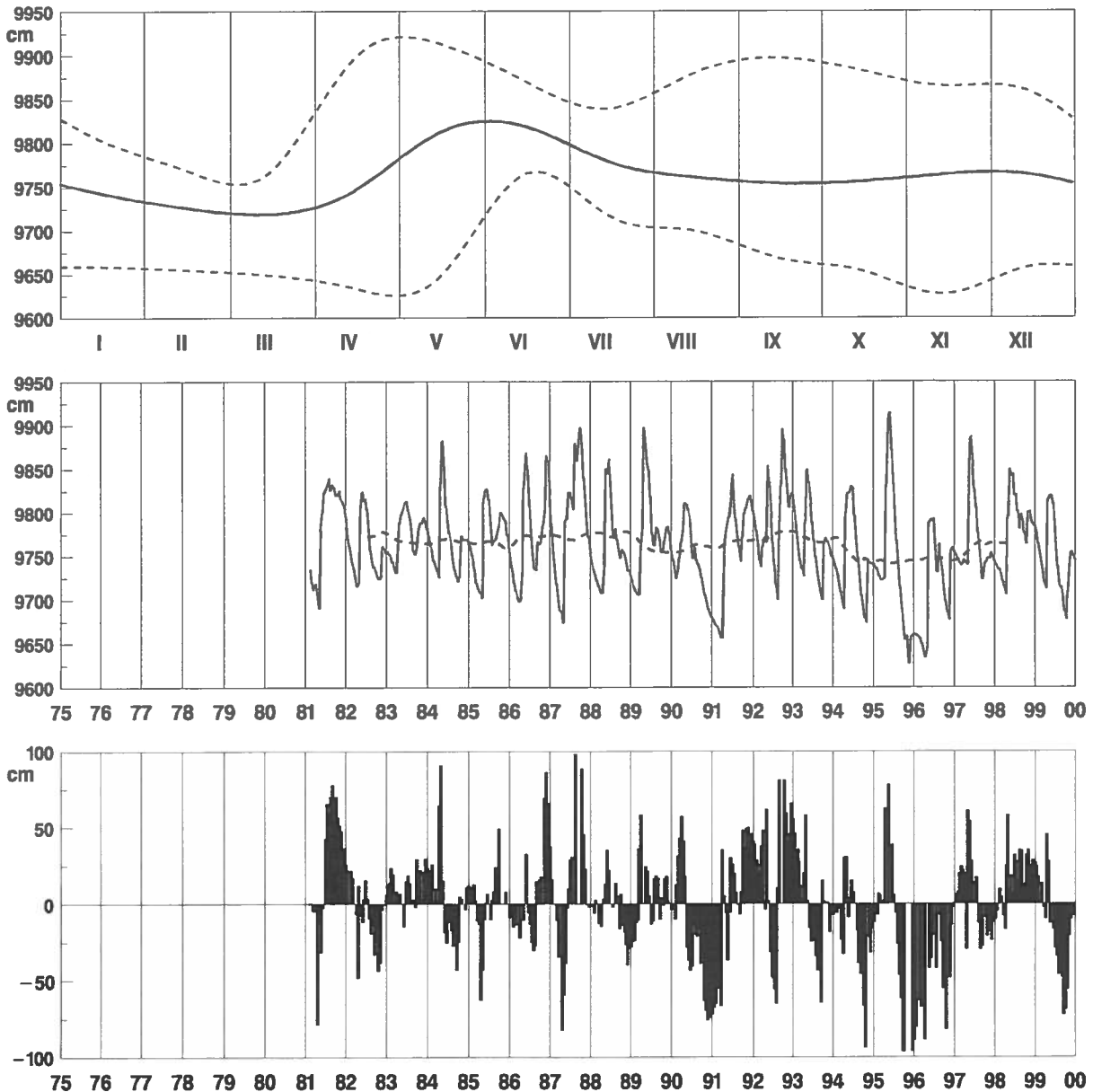


Kuva 4.37.1. Haapajärven pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 368.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Haapajärven alueella oli 100 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan touko-kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1981-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 287 cm. Alimmillaan vedenpinta oli marraskuussa 1995 ja ylimmillään toukokuussa 1995. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.37.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1990, 1995, 1996 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1991 ja 1992.



Kuva 4.37.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Haapajärven pohjavesiasemalla vuosina 1981-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 99,34 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.37.1.

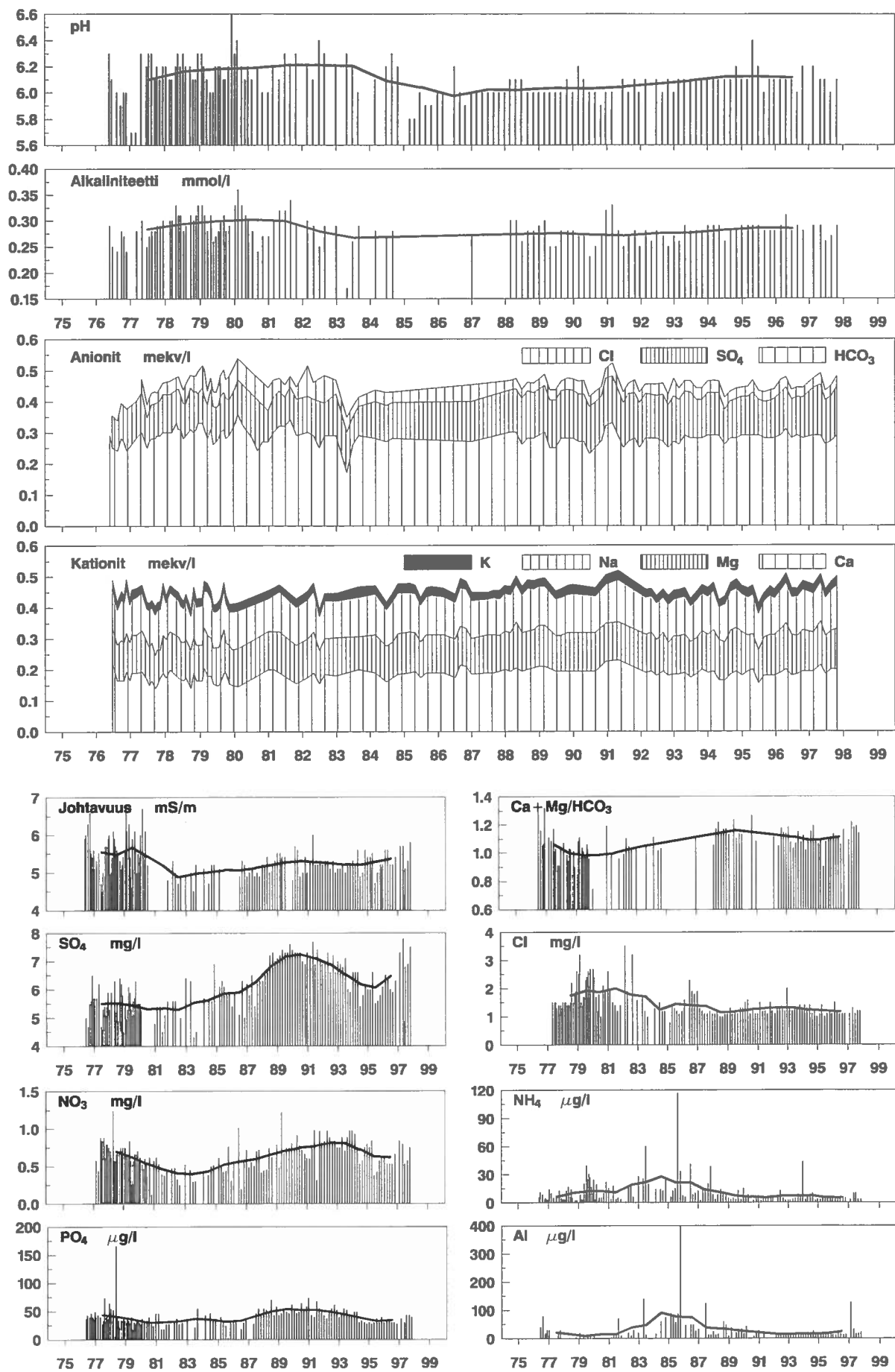
Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 5,3%  $\leq$  1 mg l<sup>-1</sup>, Fe 24,0%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Mn 94,4%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, F 6,7%  $\leq$  20  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cu 3,3%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Pb 95,2%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Zn 70,7%  $\leq$  5  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Ni 8,2%  $\leq$  1  $\mu$ g l<sup>-1</sup>, Cd 100%  $\leq$  0,1  $\mu$ g l<sup>-1</sup> ja Hg 70,0%  $\leq$  0,01  $\mu$ g l<sup>-1</sup>. Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.37.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.37.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.37.3. Sähköjohtavuusarvot ovat maan mediaania jonkin verran korkeampia. Pohjaveden pH on 0,2 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Alkaliniteetti on trendianalyysin mukaan vuosina 1976-1997 jonkin verran laskenut. Emäskationeista kaliumin, kalsiumin ja natriumin trendit ovat nousevia.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 2,25 mg l<sup>-1</sup> korkeampi ja trendi on kokonaisuudessaan nouseva, joskin pitoisuus on laskenut vuosina 1991-1994. Kloridipitoisuus on alentunut 1980-luvun alusta lähtien. Aikasarjat pitoisuusmuutoksineen muistuttavat Halsuan pohjavesiaseman aikasarjoja.

Taulukko 4.37.1. Haapajärven pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
V <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	5,35	5,3	4,5	6,7	0,42	127
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,28	0,28	0,17	0,36	0,025	121
pH		6,10	6,1	5,6	6,6	0,14	140
N <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	210	199	100	416	63,4	68
N <sub>NO3</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	145	140	28	280	44,0	133
N <sub>NH4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	8,5	5	<1	91	10,3	139
P <sub>tot</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	16,6	16	7	33	4,9	69
P <sub>PO4</sub>	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	13,1	12,5	1	54	5,3	138
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,48	1,3	<1	3,5	0,49	131
Fe	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	45,0	36	<20	232	37,3	100
Mn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	90	.	125
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,11	6,05	4,3	7,8	0,82	132
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,81	2,8	2,4	3,2	0,16	118
K	mg l <sup>-1</sup>	1,08	1,1	0,6	1,4	0,11	118
Ca	mg l <sup>-1</sup>	3,68	3,8	2,8	4,6	0,36	114
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,50	1,5	1,1	1,8	0,11	117
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	18,3	18,6	10,5	22,5	1,58	59
F	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	91,3	80	<20	951	98,0	89
Al	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	32,7	19	<1	400	46,9	93
Cd	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	.	41
Cu	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	6,50	6,0	<1	34,0	3,59	121
Pb	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,4	.	105
Ni	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	3,32	2,3	1,0	35,0	4,87	49
Zn	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	5,36	<5	<5	41,0	6,11	58
Hg	$\mu$ g l <sup>-1</sup>	0,016	<0,01	<0,01	0,10	0,025	20
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,25	1,1	0,70	2,4	0,45	23



Kuva 4.37.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Haapajärven pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997.

Nitraattipitoisuuden mediaani on valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna noin kolmin-kertainen. Nitraattipitoisuus on kääntynyt laskuun vuonna 1994. Ammoniumtyypen mediaani on likimain sama kuin valtakunnallinen mediaani ja trendi on laskeva. Fosforipitoisuuksien mediaanit ovat valtakunnallisiin arvoihin verrattuna kaksinkertaisia.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on huomattavasti keskimääräistä korkeampi. Raskasmetallipitoisuuksista kupari- ja nikkelpitoisuudet ovat jonkin verran valtakunnallisia mediaaneja korkeampia.

Taulukko 4.37.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Haapajärven pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>					Alk.	-2,07	0,039	-0,48	μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>	2,78	0,005	4,80	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-2,15	0,031	-0,118	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>				
Cl	-4,73	<0,001	-26,8	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	6,73	<0,001	74,4	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na					K	2,71	0,007	3,36	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	2,97	0,003	13,8	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	2,64	0,008	5,83	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca+Mg/HCO <sub>3</sub>	3,47	<0,001	0,930	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Taulukko 4.37.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Haapajärven pohjavesiasemalla vuosina 1976-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,48***													
Alk.	-,51***	,37***												
pH			,34***											
NO <sub>3</sub>			-,23*											
NH <sub>4</sub>					-,24**									
PO <sub>4</sub>			-,25*	-,32***	,33***	-,24**								
Cl			,27**	,45***			-,44***							
SO <sub>4</sub>			-,24*	-,39***	,30**		,52***	-,44***						
Na	-,43***	,23*	,23*											
K	-,27*			-,27**				-,22*	,32**	,37***				
Ca	-,32*			-,49***			,38***	-,36***	,46***	,35***	,45***			
Mg	-,60***		,26*									,23*		
Al			-,30*	-,28*		,26*								
SiO <sub>2</sub>					,57***			,42**					,32*	

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.38 Kälviä

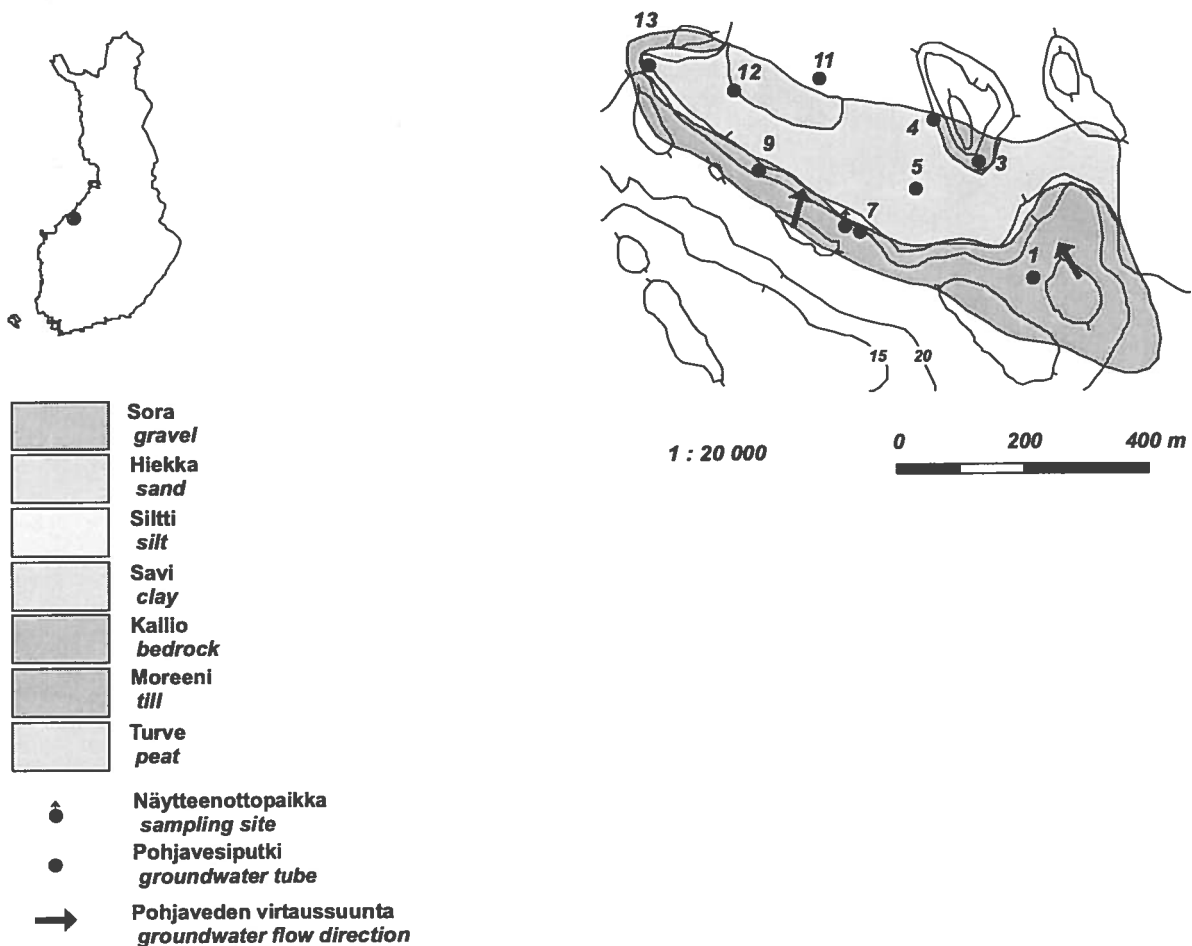
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kälviän kunnassa (peruskarttalehti 2324 05 B ja vesistöalue 84.019). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,59 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 12...27 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.38.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on moreeni- ja savenpeitteinen selänne, mitä reunustaa hapan sulfidisavikerrostuma. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 51,1 %, savea 45,4 % ja turvetta 5,7 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiilleliuske. Muodostumisalueen pohjoispuolella esiintyy kalkki- ja karsikiviä kiilleliuskeen ja kvartsiitin kontaktissa (Neuvonen 1961).

Pohjavesi virtaa rinteitä alaspäin etelästä pohjoiseen.

Pohjavesinäyte otetaan metsässä sijaitsevasta näytteenottoputkesta uppopumpulla. Alueella on suoritettu avohakkuu 1980-luvun puolivälissä, minkä jälkeen suoritettiin pintamaan auraus ja mäntytaimikon istutus. Alueella harjoitetaan myös peltoviljelyä.



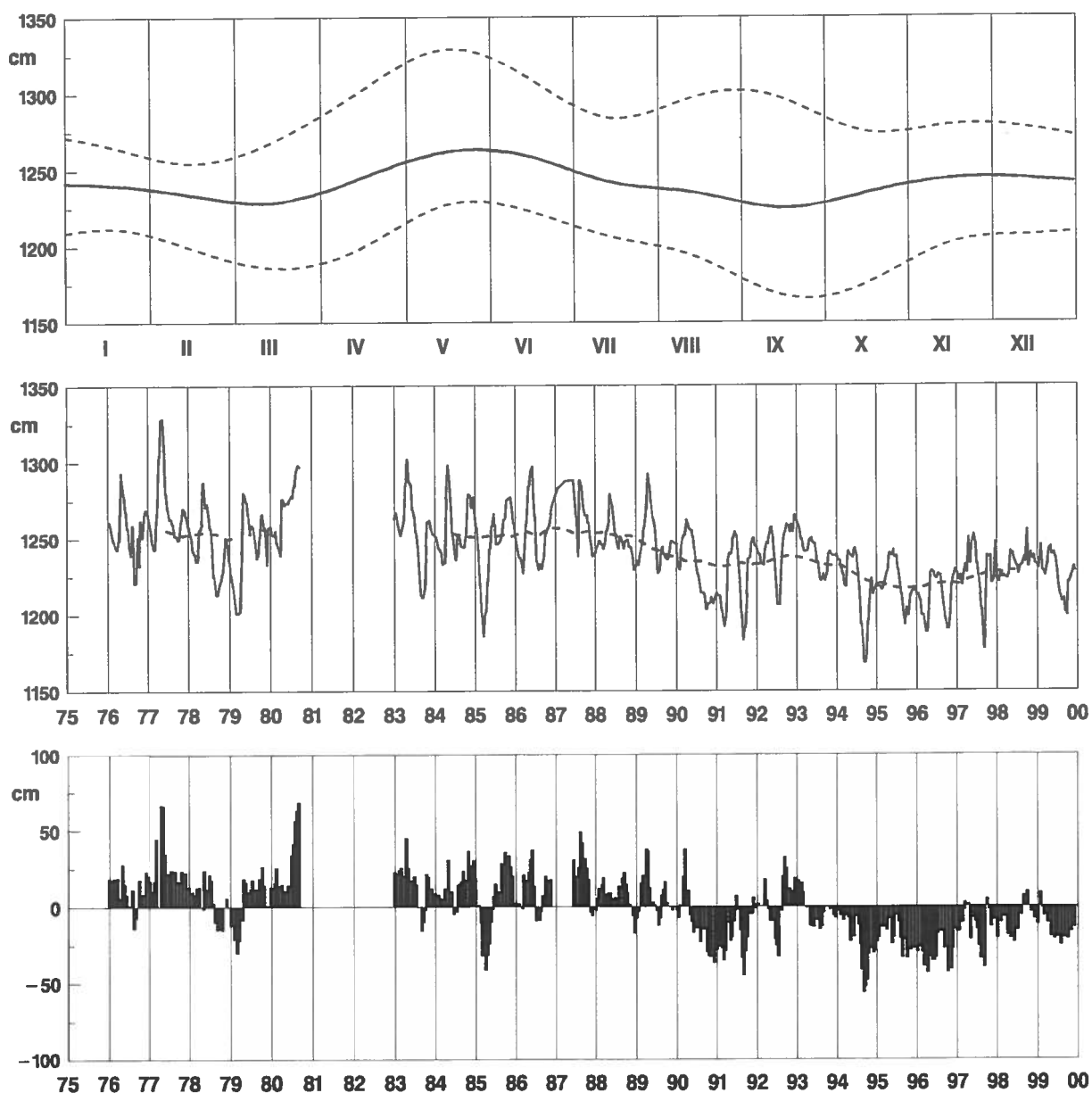
Kuva 4.38.1. Kälviän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 368.



## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kälviän alueella oli 34 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 161 cm. Alimmillaan vedenpinta oli syyskuussa 1994 ja ylimmillään toukokuussa 1977. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.38.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Vuosilta 1981-1982 ei ole havaintoja. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysyteli vuosina 1990, 1991, 1994, 1995 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1977 ja 1980. Pitkän jakson tarkastelussa havaittiin pohjaveden pinnan alenemista 1980-luvun lopusta lähtien, mikä johtuu alueella tehdyistä pellon ojituksista.



Kuva 4.38.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kälviän pohjavesiasemalla vuosina 1976-1980 ja 1983-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 13,19 m.

## Pohjaveden laatu

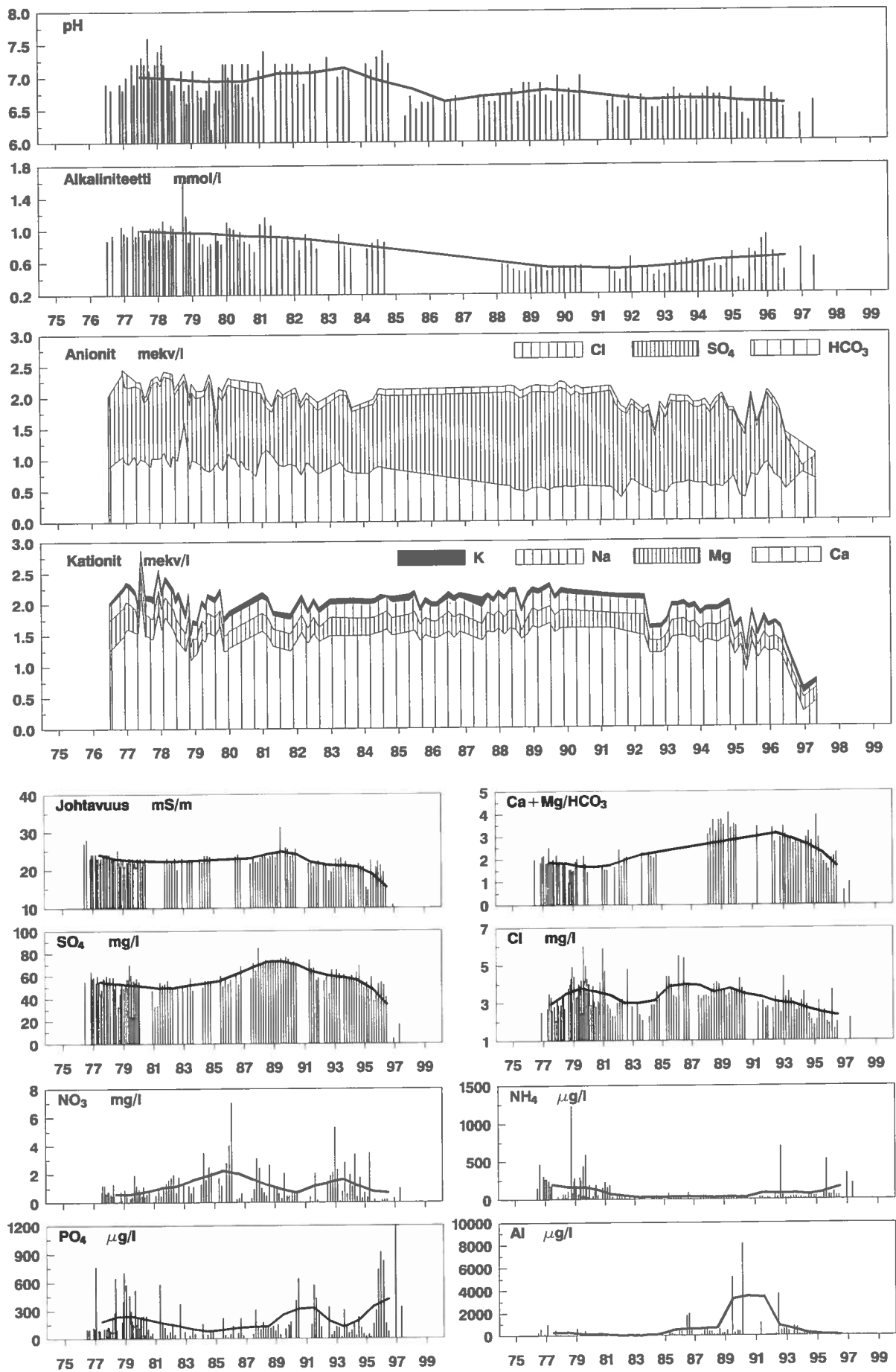
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1976 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.38.1.

Toistuvasti alle määrittelyrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cu 27,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 15,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 13,7%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 32,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 35,9%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 45,8%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.38.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.38.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.38.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat yli viisinkertaisia maan mediaaniin verrattuna. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,4 yksikköä koko maan mediaania korkeampi, mutta taso on trendianalyysin mukaan alentunut tutkimusjakson aikana lähes 0,5 pH-yksikköä. Alkaliniteetti on lähes nelinkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna, mutta trendi on 1990-luvun alkupuolelle asti voimakkaasti laskenut. Korkea Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on todennäköisesti suurimmaksi osaksi seurausta sulfidien hapettumisesta maaperässä. Kalsium edustaa yli 70% emäskationien määrästä. Korkeaan kalsiumpitoisuuden lienee syynä kallioperässä esiintyvien karbonaattimineraalien lisäksi mahdollisesti lähialueiden peltojen kalkitus.

Taulukko 4.38.1. Kälviän pohjavesiasemalta vuosina 1976-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	22,3	22,8	10,1	31,3	2,68	108
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,78	0,83	0,35	1,60	0,23	107
pH		6,84	6,8	6,0	7,6	0,29	125
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	525	436	160	1730	348	58
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	246	170	<1	1590	251	115
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	78,3	35,5	3	960	124	124
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	129	68	10	530	136	55
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	65,1	39,5	3	390	69,4	114
Cl	mg l <sup>-1</sup>	3,34	3,3	1,6	6,0	0,84	115
Fe	mg l <sup>-1</sup>	3,83	2,10	0,11	22,0	4,83	86
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	606	550	110	1800	336	116
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	56,7	56,8	4,8	84,5	12,0	111
Na	mg l <sup>-1</sup>	5,36	5,4	1,4	9,0	0,98	102
K	mg l <sup>-1</sup>	3,11	3,1	1,4	6,3	0,64	101
Ca	mg l <sup>-1</sup>	28,4	29,3	4,6	44,0	4,94	96
Mg	mg l <sup>-1</sup>	3,35	3,3	1,6	5,9	0,68	102
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	28,6	29,5	18,0	34,4	3,82	51
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	297	300	16,0	570	103	72
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	469	131	4,6	8100	1129	83
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,43	0,20	<0,1	2,10	0,50	39
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,50	2,05	<1	20,0	3,42	108
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,4	6,00	<1	60,0	13,4	102
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	2,67	1,85	<1	14,1	2,78	40
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	14,1	10,0	<5	93,7	15,3	51
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	0,042	0,020	<0,01	0,250	0,062	24
TOC	mg l <sup>-1</sup>	2,66	2,10	1,2	5,9	1,40	17



Kuva 4.38.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kälvän pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997.

Sulfaattipitoisuus on viisitoistakertainen maan mediaaniin verrattuna, mutta pitoisuus on ollut 1990-luvulla laskusuunnassa. Sulfaatin pitoisuusmaksimi 1980-90 -lukujen vaihteessa ajoittuu ajallisesti samoille kohdille Halsuan ja Haapajärven pohjavesiasemien kanssa. Kloridipitoisuus on yli kaksinkertainen valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna.

Nitraattipitoisuus on yli kolminkertainen ja ammoniumtyppi- sekä fosfaattipitoisuudet noin kuusinkertaisia vastaaviin valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna. NO<sub>3</sub>-trendi on nouseva ja NH<sub>4</sub>-trendi laskeva.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on yli kaksinkertainen, F- ja Al-pitoisuudet viisinkertaisia ja Fe- ja Mn-pitoisuudet yli viisikymmenkertaisia valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna. Alumiinin ja pH:n välinen negatiivinen korrelaatio on erittäin merkitsevä (taulukko 4.38.3). Raskasmetallipitoisuudet ovat huomattavan korkeita. Raskasmetallien mobiloituminen aiheutuu todennäköisesti sulfidimineraalien rapautumisesta (FeS -> S -> SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) vapautuvien vetyionien vaikutuksesta.

Kälviän pohjavesi muistuttaa Laihian havaintopaikan pohjavettä sillä erotuksella, että Kälviän asemalla maaperästä liukenevien karbonaattimineraalien seurauksena pohjavesi neutraloituu. Alkaliniteetti on kuitenkin 1990-luvulle tultaessa laskenut aika ajoin lähelle Laihian pohjavesiaseman 1970-luvun lopun arvoja.

Taulukko 4.38.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kälviän pohjavesiasemalla vuosina 1976-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-4,61	<0,001	-0,299	mS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-6,54	<0,001	-16,3	μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-6,27	<0,001	-0,0218	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>				
NH <sub>4</sub>					PO <sub>4</sub>				
Cl	-3,05	0,002	-41,3	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>				
Na	-3,80	<0,001	72,8	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	-4,49	<0,001	-11,5	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	-3,99	<0,001	-0,480	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-7,39	<0,001	-79,7	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	2,37	0,018	32,9	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Taulukko 4.38.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kälviän pohjavesiasemalla vuosina 1976-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,26*													
Alk.	,30**	,25*												
pH	,25*	,35***	,61***											
NO <sub>3</sub>		-,26*	-,27*											
NH <sub>4</sub>			,23*		-,22*									
PO <sub>4</sub>						,26**								
Cl							,28**							
SO <sub>4</sub>		,29**	-,63***	-,29**		-,22*								
Na		,42***			-,24*			,40***						
K			,44***	,38***				-,29**	,23*					
Ca	,32**	,53***						,37***	,48***					
Mg	,32**	,55***	,56***	,34**	-,40***				,37***	,33**	,40***			
Al			-,50***	-,51***							-,32**			
SiO <sub>2</sub>		,51**					,26*	,33**	,47***		,40*	,41*	,32*	

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.39 Kalajoki

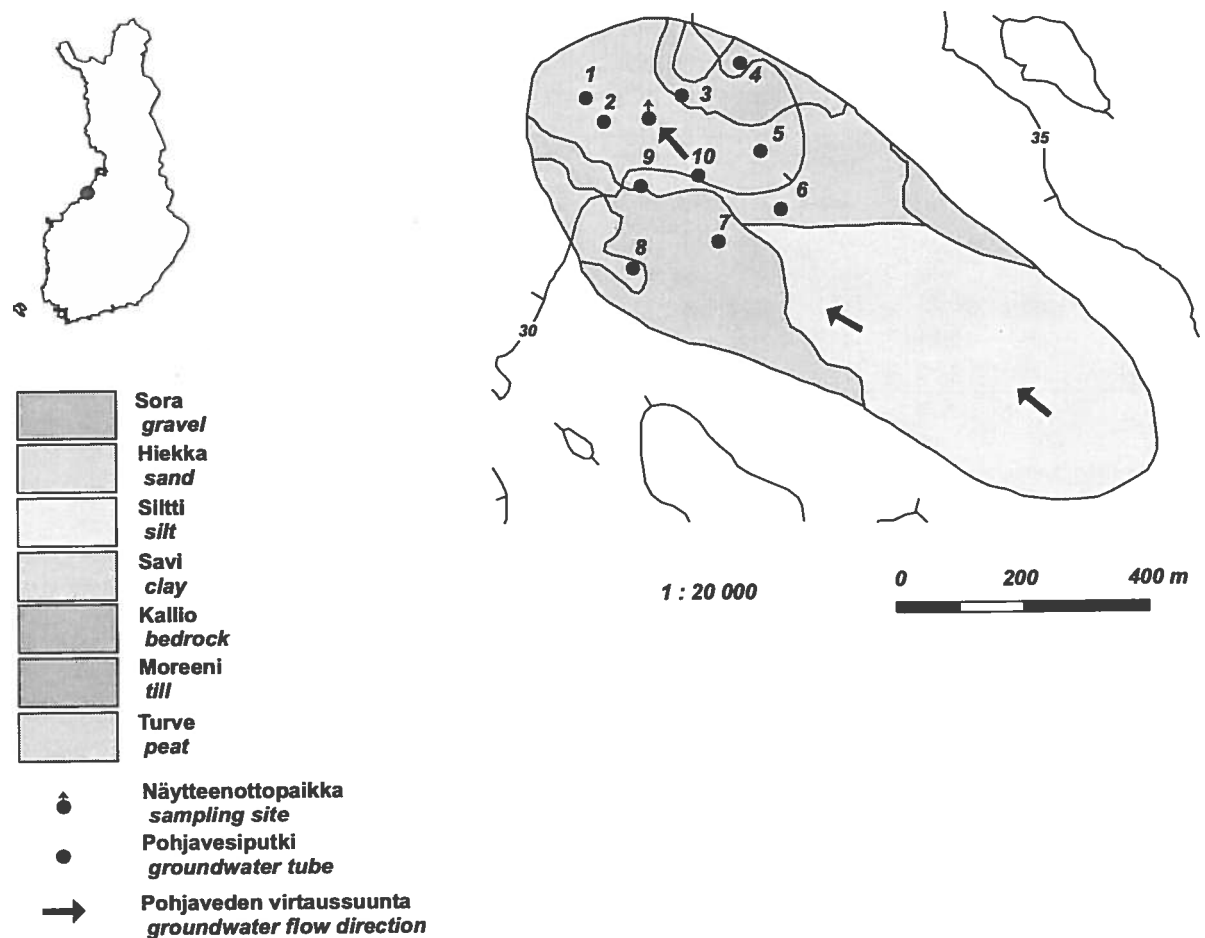
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kalajoen kunnassa (peruskarttalehti 2431 03 B ja vesistöalue 53.013). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,10 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 27...34 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.39.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Pohjavesiaseman alue on tasaista Kalajokilaakson jokikerrostumaa. Muodostumisalueen pintamaalajeista silttiä on 42,8 %, hiekkaa 30,6 % ja turvetta 26,7 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden päävirtaussuunta on idästä länteen.

Pohjavesinäyte otetaan metsään sijoitetusta näytteenottoputkesta uppopumpulla.

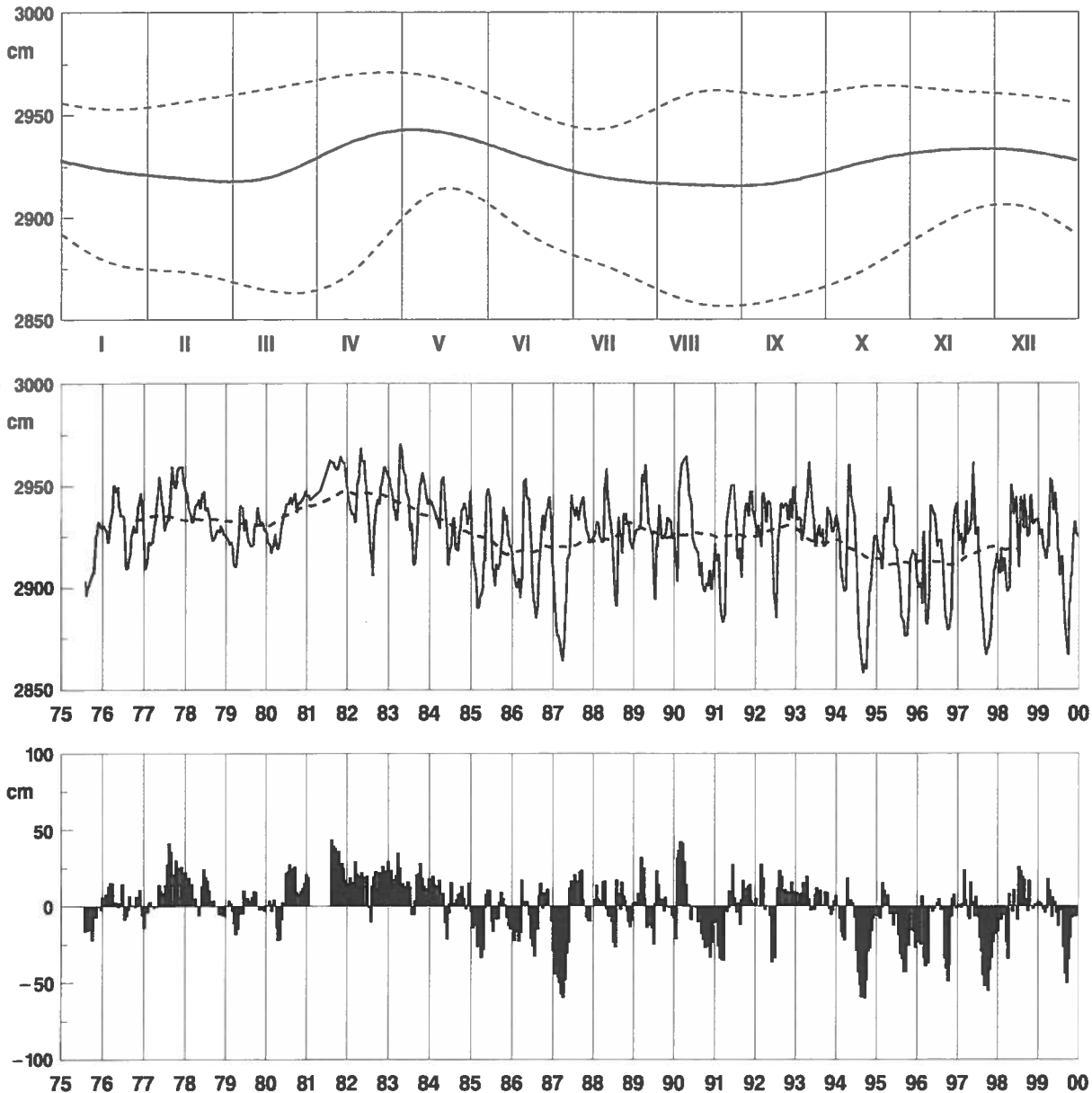


Kuva 4.39.1. Kalajoen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 369.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kalajoen alueella oli 25 cm. Alimmillaan vedenpinta oli heinäkuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 112 cm. Alimmillaan vedenpinta oli elokuussa 1994 ja ylimmillään huhtikuussa 1983. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.39.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1987, 1994, 1995, 1996 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1977, 1981, 1982 ja 1983.



Kuva 4.39.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kalajoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 29,85 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.39.1.

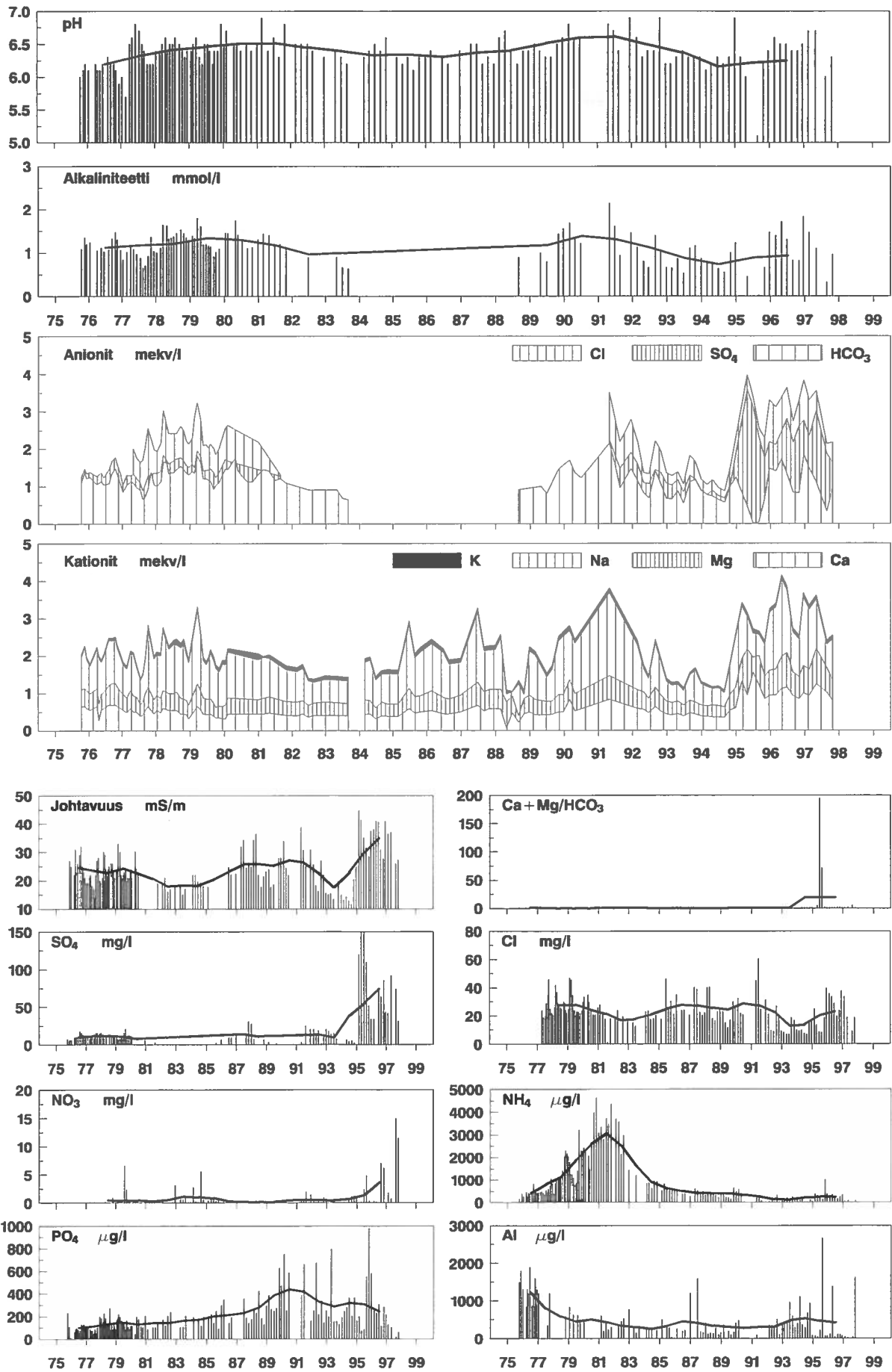
Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cu 38,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 36,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 40,0%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 60,0%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.39.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.39.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.39.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat maan mediaaniin verrattuna viisinkertaisia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Alkaliniteetti on viisinkertainen maan mediaaniin verrattuna. Alkaliniteetti on ollut keskimääräistä matalampi vuosina 1994-1995. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on vuoteen 1994 asti ollut korkeimmillaan vähän yli yhden, mutta vuonna 1995 poikkeuksellisen matalasta alkaliniteetista johtuen suhde kohosi erittäin voimakkaasti. Vuonna 1996 Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhteen vuosikeskiarvo oli 1,4 ja vuonna 1997 2,4. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat huomattavasti keskimääräistä tasoa korkeampia. Kationeista suhteellisesti suurinta osuutta edustaa natrium, jonka pitoisuusarvot ovat valtakunnalliseen mediaaniin verrattuna yli kymmenkertaisia.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaaniin verrattuna kolminkertainen. Kloridipitoisuus on maan korkeinta tasoa. Kloridilla on melko voimakas korrelaatio sähkönjohtavuuden, alkaliniteetin, natriumin ja magnesiumin kanssa. Meriveden vaikutus pohjavesikemian on ilmeinen.

Taulukko 4.39.1. Kalajoen pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
V <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	24,3	23,0	11,7	44,8	6,92	125
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	1,13	1,13	0,00	2,14	0,36	108
pH		6,38	6,4	5,0	6,9	0,26	142
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	748	538	300	3600	561	64
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	203	45,5	1	3400	490	110
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	706	370	7	3600	798	139
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	133	99,5	11	987	134	62
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	67,8	54,5	2	320	51,9	134
Cl	mg l <sup>-1</sup>	23,9	22,9	1,2	60,5	10,1	123
Fe	mg l <sup>-1</sup>	9,17	8,82	0,49	23,2	5,37	93
Mn	μg l <sup>-1</sup>	584	560	50	1200	222	135
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	21,5	12,0	0,5	150	29,3	95
Na	mg l <sup>-1</sup>	23,5	24,0	2,4	51,0	8,87	122
K	mg l <sup>-1</sup>	3,76	3,95	0,1	6,5	1,04	122
Ca	mg l <sup>-1</sup>	11,3	10,0	1,4	31,1	4,68	120
Mg	mg l <sup>-1</sup>	5,59	5,3	2,2	14,9	1,78	122
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	21,6	22,3	10,2	26,8	3,19	56
F	μg l <sup>-1</sup>	173	170	2	310	53,1	92
Al	μg l <sup>-1</sup>	529	352	1	2670	521	100
Cd	μg l <sup>-1</sup>	1,21	0,40	<0,1	15,0	3,09	40
Cu	μg l <sup>-1</sup>	3,08	2,0	<1	22,0	3,42	126
Pb	μg l <sup>-1</sup>	5,91	2,0	<1	70,0	9,46	111
Ni	μg l <sup>-1</sup>	8,22	6,0	1,5	25,7	6,48	46
Zn	μg l <sup>-1</sup>	121	77,5	<5	700	133	54
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,019	0,01	<0,01	0,12	0,029	15
TOC	mg l <sup>-1</sup>	7,21	6,8	2,4	13,1	2,91	21



Kuva 4.39.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kalajoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.



Taulukko 4.39.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kalajoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	2,37	0,018	0,395	mS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Aik.	-2,60	0,009	-14,1	μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>	3,28	0,001	133	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-7,81	<0,001	-46,8	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	5,18	<0,001	7,10	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-2,98	0,003	-0,394	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	3,32	<0,001	2,47	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na					K	3,58	<0,001	67,5	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	3,01	0,003	0,467	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	2,52	0,012	0,148	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	4,63	<0,001	0,640	ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-3,82	<0,001	-16,5	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Nitraattipitoisuus on jonkin verran alle maan mediaanipitoisuuden, sen sijaan ammoniumtypipitoisuus on yli 60-kertainen ja fosfaattipitoisuus yhdeksänkertainen valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna. NH<sub>4</sub>-trendi on laskeva ja PO<sub>4</sub>-trendi nouseva.

SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on lähes kaksinkertainen, F-pitoisuus kolminkertainen, Al-pitoisuus yli kymmenkertainen, Mn-pitoisuus 50-kertainen ja Fe-pitoisuus yli 200-kertainen valtakunnallisiin mediaaneihin verrattuna. Alumiinin ja happamuuden välinen korrelaatio on erittäin merkitsevä (taulukko 4.39.3). Raskasmetallipitoisuudet ovat keskimääräistä korkeampia.

Taulukko 4.39.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kalajoen pohjavesiasemalla vuosina 1975-94.

GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Aik.		,85***												
pH		,24*	,43***											
NO <sub>3</sub>			-,34**											
NH <sub>4</sub>			,45***	,27**	-,34***									
PO <sub>4</sub>						-,32***								
Cl		,83***	,76***	,38***	-,23*	,33***								
SO <sub>4</sub>														
Na		,79***	,81***	,28**		,35***		,76***						
K		,42***	,45***	,35***		,31**	,34***	,45***		,44***				
Ca		,61***	,44***					,47***		,50***				
Mg		,82***	,59***					,63***		,61***	,26**	,83***		
Al				-,47***			-,33**				-,51***	,26*		
SiO <sub>2</sub>			,48*									,43**		

- \* p ≤ 0,05
- \*\* p ≤ 0,01
- \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.40 Pyhäntä

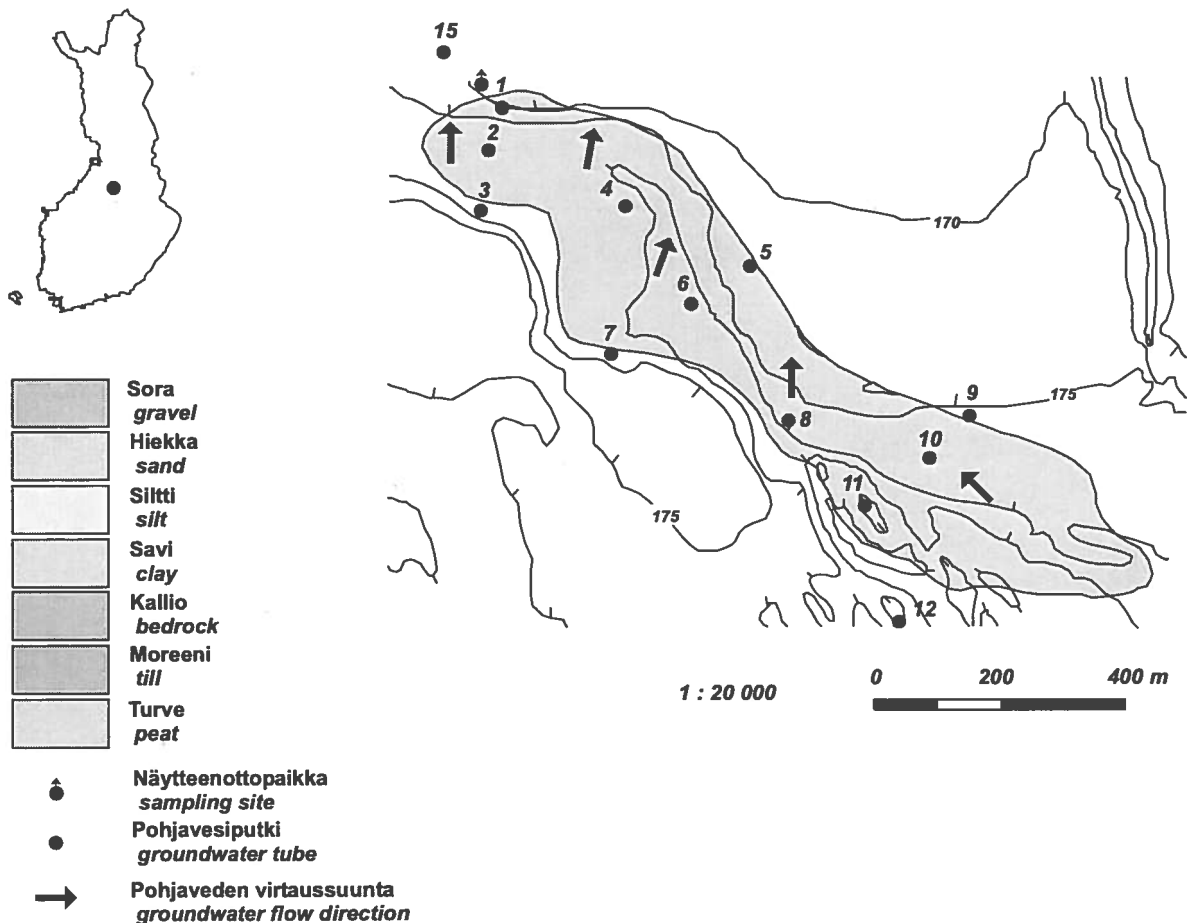
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Pyhännän kunnassa (peruskarttalehti 3413 07 B ja vesistöalue 57.038). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,75 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 170...193 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.40.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa harjujaksoa, joka kulkee Pyhännän kautta Raaheen. Harjua reunustavat lukuisat suot. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 98,8 % ja turvetta 1,2 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniittigneissi.

Pohjavesi virtaa alueen eteläosista pääsääntöisesti luoteeseen ja pohjoisosista koilliseen. Alueen reunoilta pohjavesi tihkuu läheisille soille.

Näytteenottoaika sijaitsee metsässä. Näyte otetaan mittapadon altaasta, johon vesi nousee putkea pitkin. Ylivuoto on noin 1,3 l s<sup>-1</sup>.

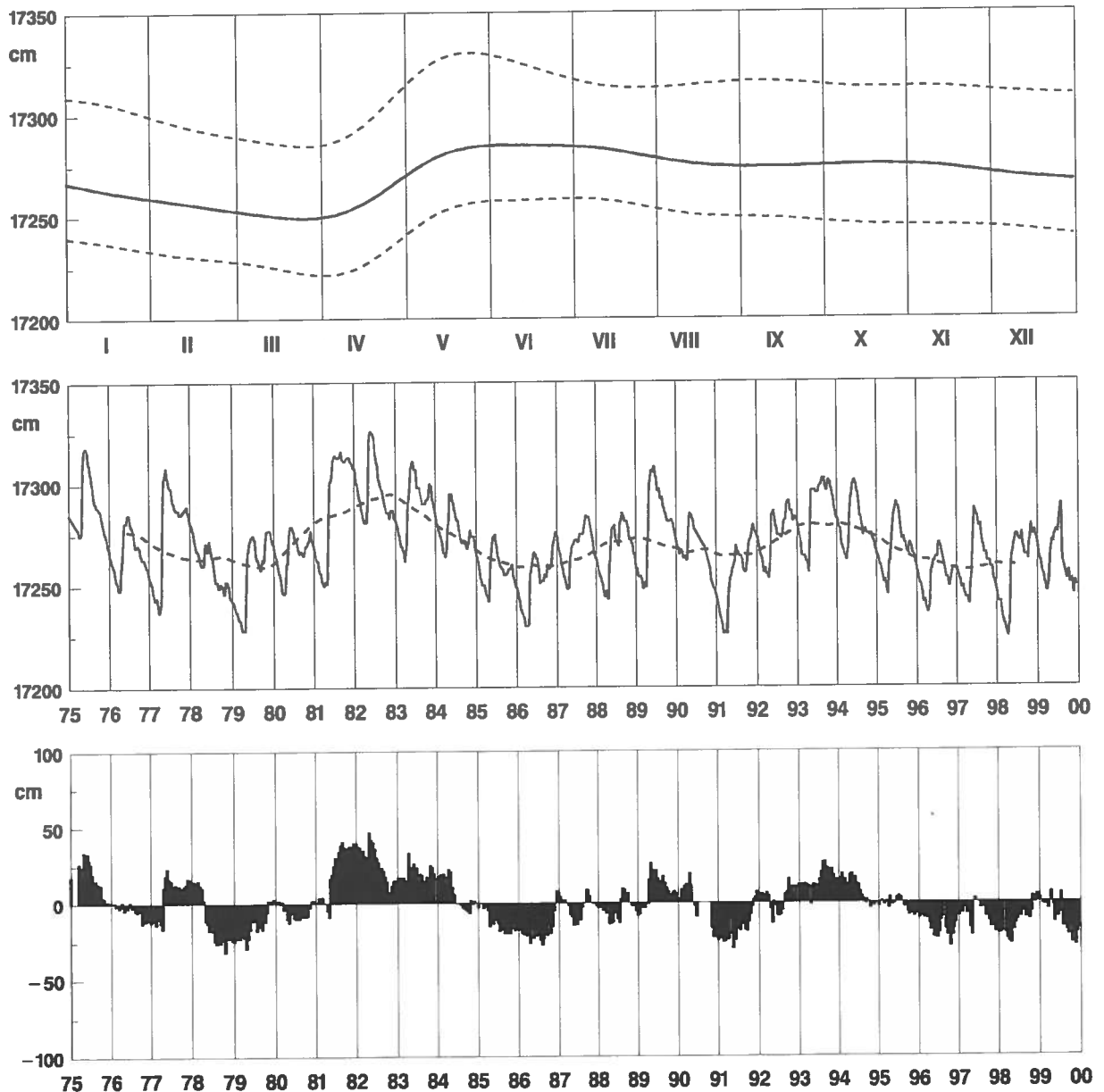


Kuva 4.40.1. Pyhännän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 370.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Pyhännän alueella oli 34 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 102 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1998 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.40.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1979, 1985, 1986, 1991, 1996, 1997, 1998 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1981, 1982, 1983, 1984, 1993 ja 1994.



Kuva 4.40.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Pyhännän pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 176,10 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.40.1.

Toistuvasti alle määrittelyrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  17,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 68,5%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Mn 91,8%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 17,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 77,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 95,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 80,7%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 94,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 98,1%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 75,0%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 37,1%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.40.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.40.3.

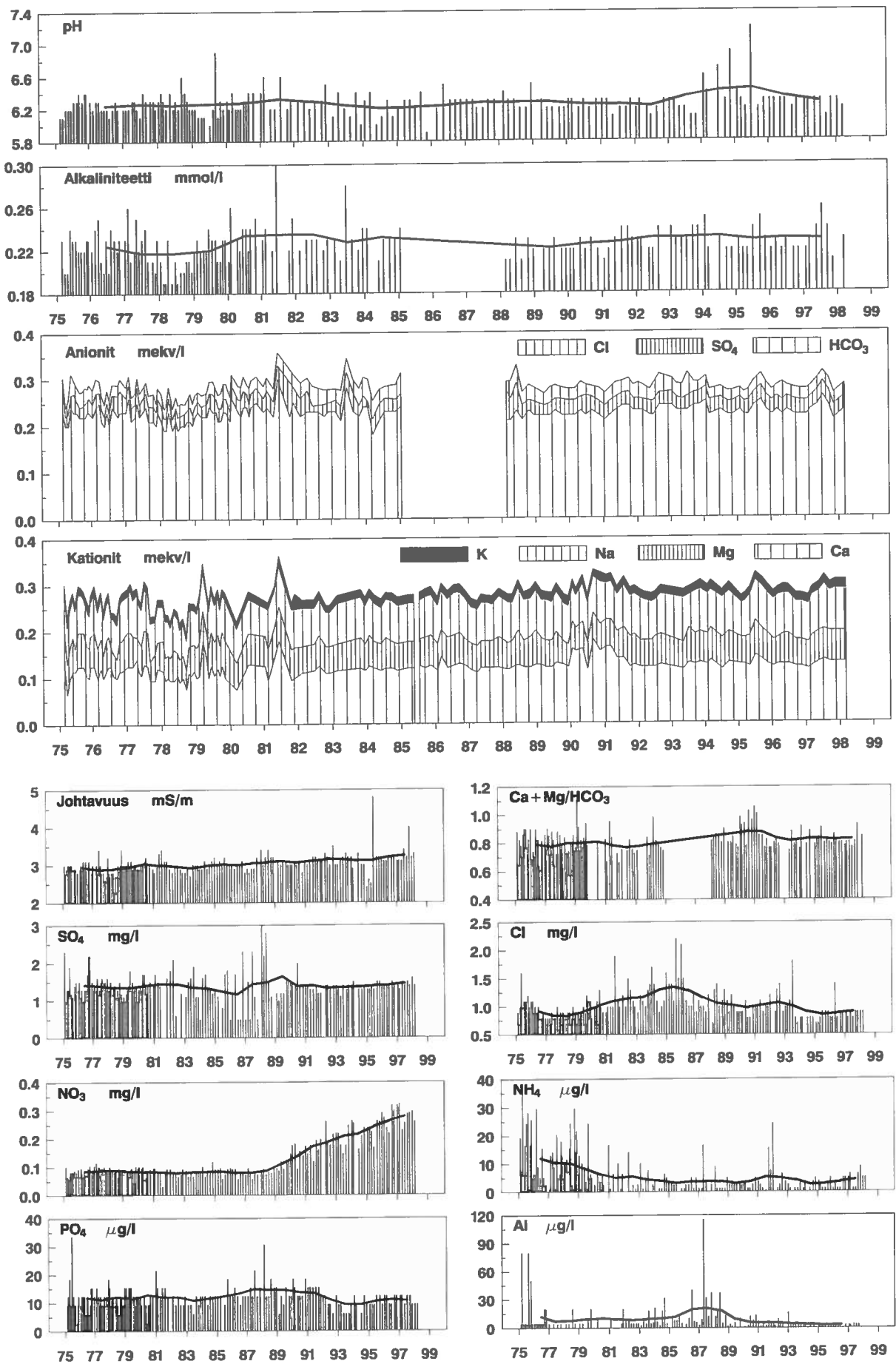
Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.40.3. Sähkönjohtavuus on keskimääräistä pienempi. Pohjaveden pH:n mediaani on sama kuin koko maan mediaani. Myös alkaliniteetti on valtakunnallista mediaanitasoa eikä merkitsevää trendiä esiinny. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on alle yhden. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat keskimääräistä tasoa tai sen alapuolella. Natrium-, kalium- ja kalsiumpitoisuudet ovat olleet noususuunnassa.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 2,4 mg l<sup>-1</sup> pienempi eikä merkitsevää trendiä ole. Kloridipitoisuus on kolmasosan valtakunnallista mediaania pienempi.

Nitraattipitoisuus on keskimääräistä pienempi, mutta noussut 1990-luvulla, mihin saattaa olla syynä ympäristössä suoritettut metsänhakuut. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on pieni ja trendi on laskeva. Myös fosforipitoisuudet ovat selvästi alle maan mediaanien. Fosfaattifosforilla ja pohjaveden pinnankorkeudella on erittäin merkitsevä negatiivinen korrelaatio.

Taulukko 4.40.1. Pyhännän pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	3,02	3,0	2,3	4,8	0,24	166
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,23	0,23	0,18	0,30	0,016	149
pH		6,27	6,3	5,8	7,2	0,16	169
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	75,8	71	6	270	36,8	59
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	27,7	21	7	73	15,0	167
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,1	3	<1	27	5,4	154
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,3	5	3	63	7,8	59
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	3,9	4	1	11	1,2	166
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,01	1,0	<1	2,2	0,26	168
Fe	μg l <sup>-1</sup>	139	110	<20	550	101	108
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	56	.	134
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,38	1,4	<1	3,0	0,37	163
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,88	1,9	1,4	2,4	0,16	160
K	mg l <sup>-1</sup>	0,68	0,7	0,4	1,3	0,10	160
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,41	2,4	1,3	3,6	0,35	150
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,76	0,8	0,5	1,0	0,09	157
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	13,1	13,0	12,2	14,3	0,44	57
F	μg l <sup>-1</sup>	43,4	40,0	<20	150	27,0	125
Al	μg l <sup>-1</sup>	10,1	5	1	115	15,5	125
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	.	52
Cu	μg l <sup>-1</sup>	3,26	<1	<1	50,0	8,2	154
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	7,0	.	145
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,0	.	52
Zn	μg l <sup>-1</sup>	7,87	<5	<5	145	22,6	57
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,017	<0,01	<0,01	0,10	0,023	40
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,77	0,7	<0,5	2,4	0,44	35



Kuva 4.40.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Pyhännän pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Taulukko 4.40.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Pyhännän pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
V <sub>25</sub>	5,64	<0,001	0,395	mS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.			
pH					NO <sub>3</sub>	9,31	<0,001	8,66 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-4,74	<0,001	-0,186	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>			
Cl					SO <sub>4</sub>			
Na	5,68	<0,001	9,85	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	4,43	<0,001	2,55 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	5,67	<0,001	18,0	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg			
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	2,87	0,011	1,61	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-5,61	<0,001	-0,179 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.40.3 Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Pyhännän pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	V <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
V <sub>25</sub>														
Alk.	,23**	,29***												
pH		-,17*	-,19*											
NO <sub>3</sub>														
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>														
Cl														
SO <sub>4</sub>														
Na														
K														
Ca														
Mg														
Al														
SiO <sub>2</sub>														

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.41 Ruukki

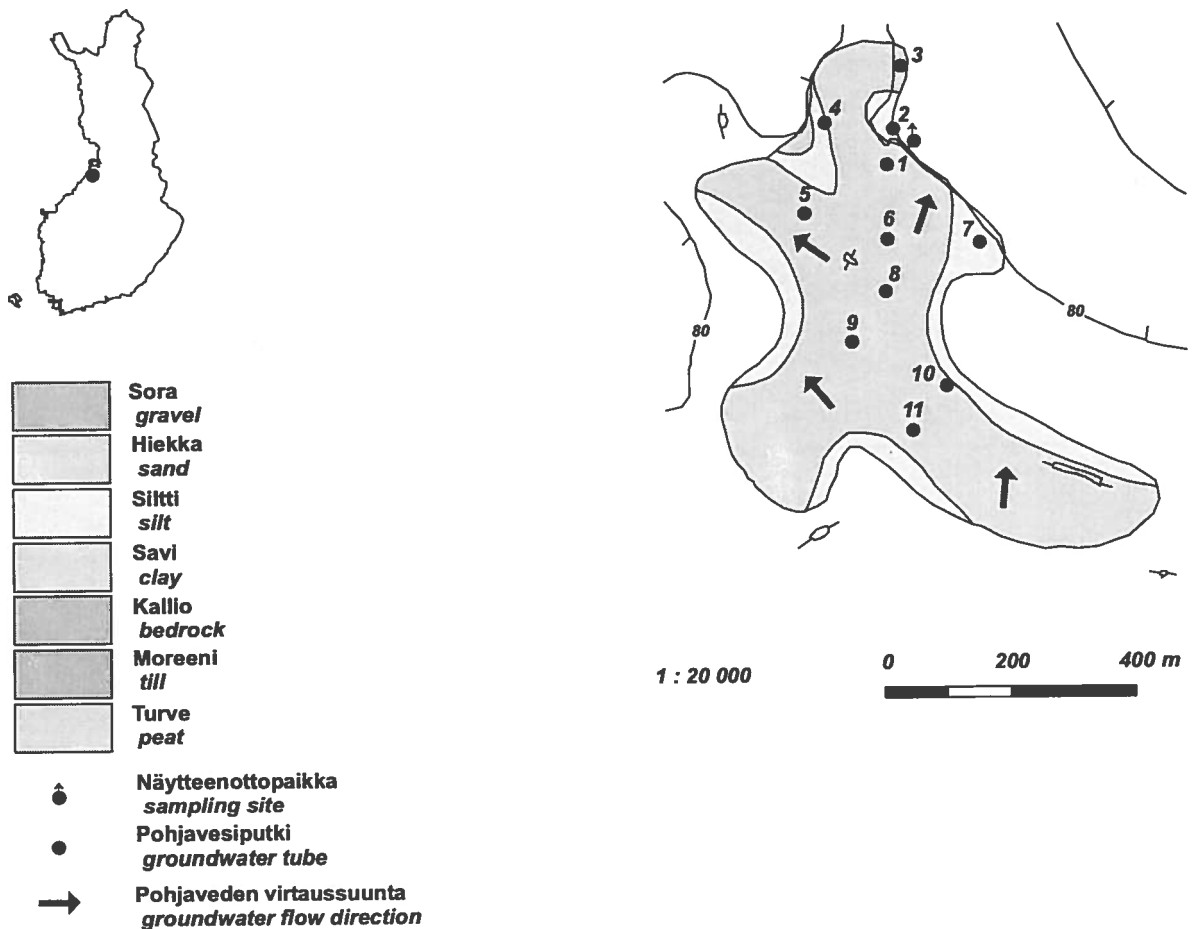
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Ruukin kunnassa (peruskarttalehti 2441 10 D ja vesistöalue 57.095). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,73 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 80...86 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.41.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijoittuu rantavoimien tasoittamalle, huuhtoutuneelle ja lajittuneelle matalalle harjanteelle, jota ympäröivät ohutturpeiset suot. Kaarevia rantavalleja esiintyy runsaasti. Muodostusalueen pintamaalajeista hiekkaa on 78,5 %, silttiä 20,9 % ja turvetta 0,6 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiillegneissi.

Pohjavesi virtaa etelästä pohjoiseen ja luoteeseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,3 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,2 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee suon laidalla. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,3 l s<sup>-1</sup>.

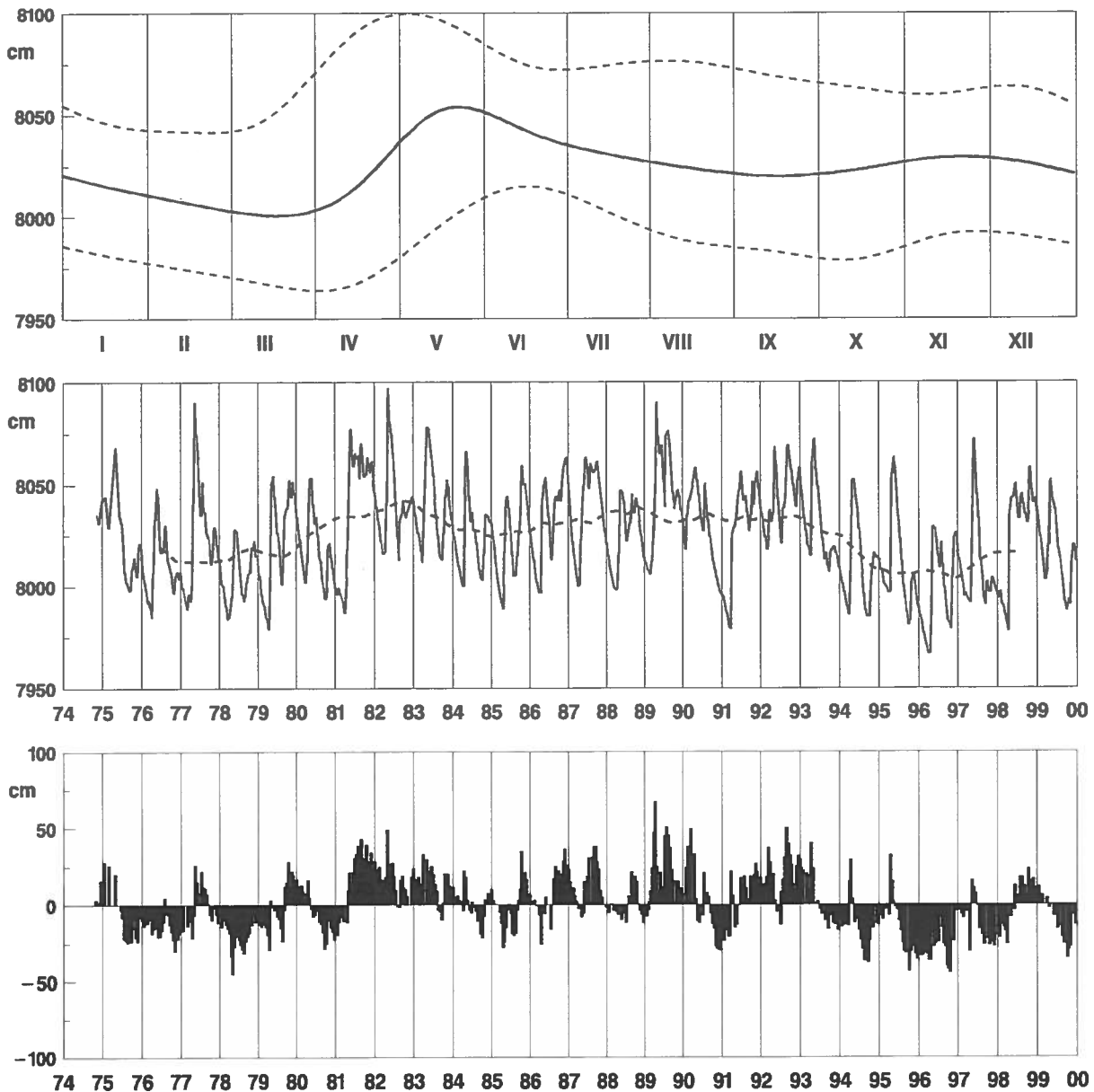


Kuva 4.41.1. Ruukin pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 370.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Ruukin alueella oli 52 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 130 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1996 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.41.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1978, 1994, 1995 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1989, 1991 ja 1992.



Kuva 4.41.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Ruukin pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 81,96 m.



## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.41.1.

Toistuvasti alle määrittelyrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  9,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $P_{PO_4}$  11,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 45,2%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 21,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 75,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 56,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 73,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 95,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 78,0%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 96,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 93,8%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 86,4%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 28,6%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.41.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.41.3.

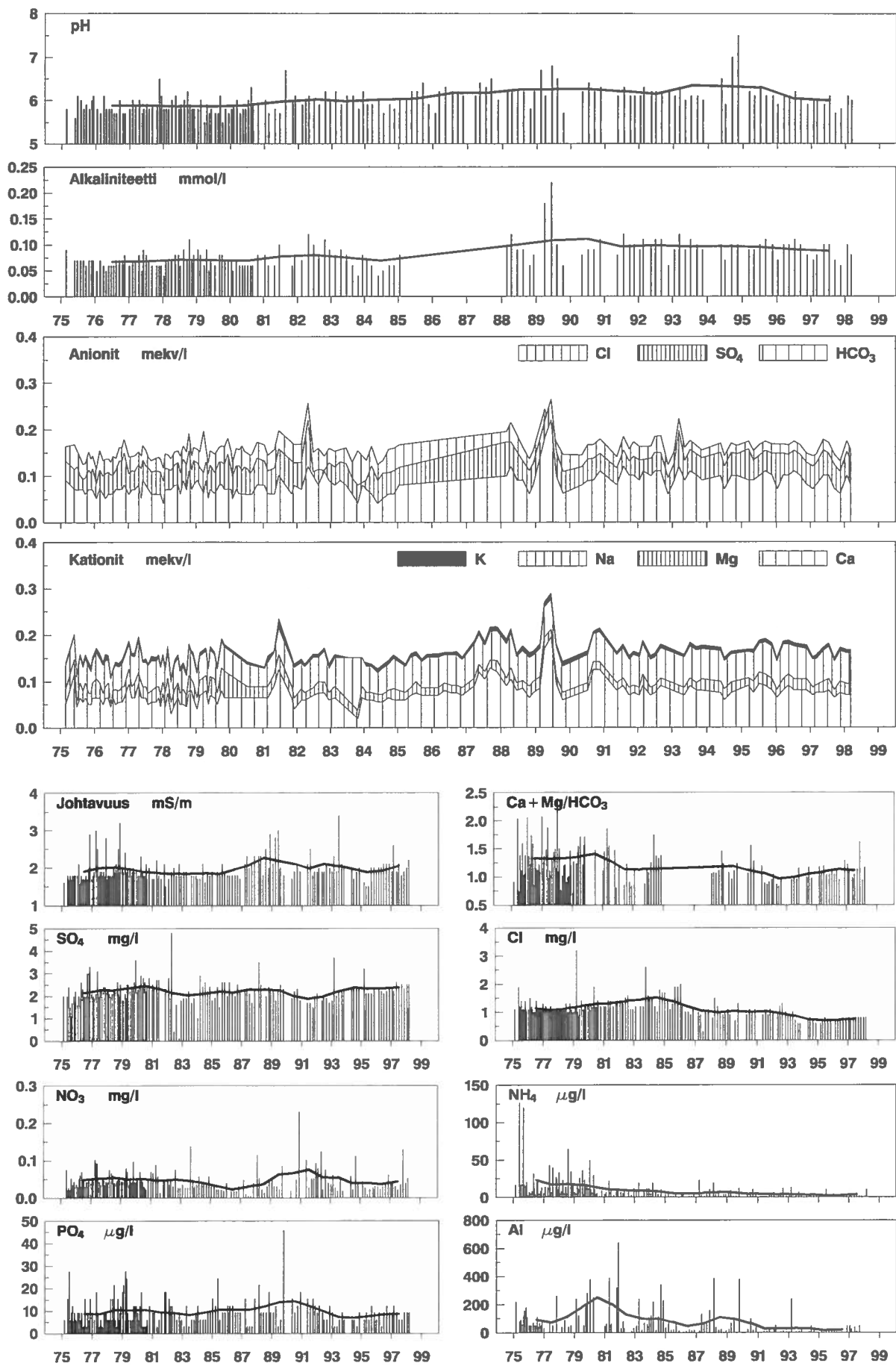
Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.41.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat alle puolet maan mediaanista. Pohjaveden pH on 0,3 yksikköä koko maan mediaania pienempi, mutta taso on noussut vuosina 1975-1997 lähes 0,4 pH-yksikköä. Alkaliniteetti on alle puolet valtakunnallisesta mediaanista, mutta trendi on nouseva. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat pieniä. Natriumin ja kalsiumin pitoisuustrendit ovat nousevia, magnesiumin trendi on laskeva. Magnesiumilla on erittäin merkitsevä negatiivinen korrelaatio pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun kanssa.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,6 mg l<sup>-1</sup> pienempi. Kloridipitoisuus keskimääräistä pienempi ja pitoisuus on edelleen laskenut 1980-luvun puolestävälisestä lähtien.

Nitraattipitoisuus on vain viidesosa valtakunnallisesta mediaanista. Ammoniumtyppipitoisuus on keskimääräistä tasoa ja trendi on laskeva. PO<sub>4</sub>-pitoisuus ovat matala eikä trendiä esiinny. SiO<sub>2</sub>- ja F-pitoisuudet ovat niinkään keskimääräistä pienempiä.

Taulukko 4.41.1. Ruuikin pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskisarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	1,97	1,9	1,5	3,4	0,31	158
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,080	0,08	0,04	0,22	0,024	141
pH		6,02	6,0	5,5	7,5	0,27	161
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	79,3	42	17	450	94,7	52
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	10,6	10	1	52	6,4	157
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	8,8	5	1	98	12,8	152
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,0	4	1	32	5,6	52
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	3,2	3	1	15	1,9	160
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,12	1,1	<1	3,2	0,35	157
Fe	μg l <sup>-1</sup>	158	51	<20	1400	270	99
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	160	.	136
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,22	2,2	0,1	4,8	0,51	155
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,34	1,30	0,9	1,7	0,16	150
K	mg l <sup>-1</sup>	0,30	0,3	0,1	1,6	0,14	149
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,46	1,4	0,4	3,9	0,46	138
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,29	0,3	0,1	0,7	0,09	150
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	8,37	8,6	6,1	9,8	0,78	47
F	μg l <sup>-1</sup>	31,1	20	<20	240	37,4	111
Al	μg l <sup>-1</sup>	81,7	47	2	640	107	120
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,24	.	32
Cu	μg l <sup>-1</sup>	3,57	<1	<1	50,0	8,38	142
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	12,0	.	129
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,0	.	28
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	15,0	.	41
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,013	<0,01	<0,01	0,09	0,023	22
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,94	0,7	<0,5	6,2	1,03	35



Kuva 4.41.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Ruukin pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Taulukko 4.41.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Ruukin pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	2,72	0,007	7,27	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Aik.	4,61	<0,001	0,821	μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	5,10	<0,001	0,0156	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-2,12	0,034	-0,316	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-8,07	<0,001	-0,567	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>				
Cl	-5,48	<0,001	-18,9	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>				
Na	7,85	<0,001	13,9	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K				
Ca	5,91	<0,001	31,4	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-4,19	<0,001	-3,84	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al	-5,30	<0,001	-2,39	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.41.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Ruukin pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Aik.		,36***												
pH		,24**	,56***											
NO <sub>3</sub>	-,20*			-,28***										
NH <sub>4</sub>	-,17*		-,33***	-,52***	,41***									
PO <sub>4</sub>					,18*									
Cl		-,24**	-,28**	-,29***		,22*								
SO <sub>4</sub>			-,21*		,19*									
Na	,24**	,36***	,49***	,47***		-,30***	,18*	-,22*						
K														
Ca	,19*	,48***	,57***	,43***		-,30**			,51***					
Mg	-,29***		-,21*	-,47***	,26**	,41***			-,39***		-,20*			
Al	-,20*		-,35***	-,43***	,22*	,58***	,19*	,33***	-,34***		-,24*	,25*		
SiO <sub>2</sub>					,52**									

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.42 Pudasjärvi

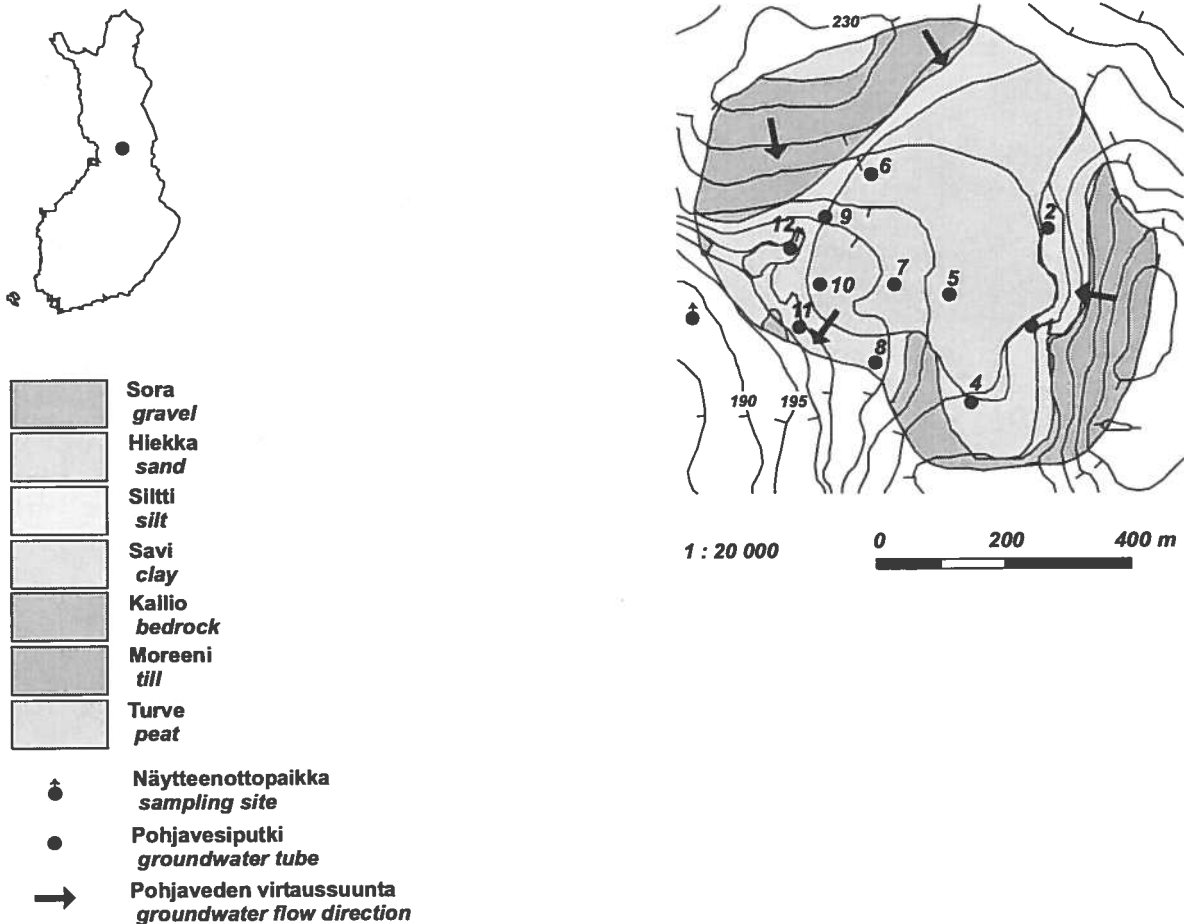
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Pudasjärven kunnassa (peruskarttalehti 3532 07 D). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,01 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 200...253 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.42.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoapaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee osittain soistuneen vaaran rinteellä. Muodostumisalueen pintamaalajeista on turvetta 38,7 %, moreenia 33,6 % ja hiekkaa 27,7 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden päävirtaussuunnat ovat idästä länteen ja luoteesta kaakkoon.

Näytteenottoaika sijaitsee metsässä, jossa lähde on padottu mäen rinteeseen altaaksi. Arvioitu ylivuoto on noin 0,4 l s<sup>-1</sup>.

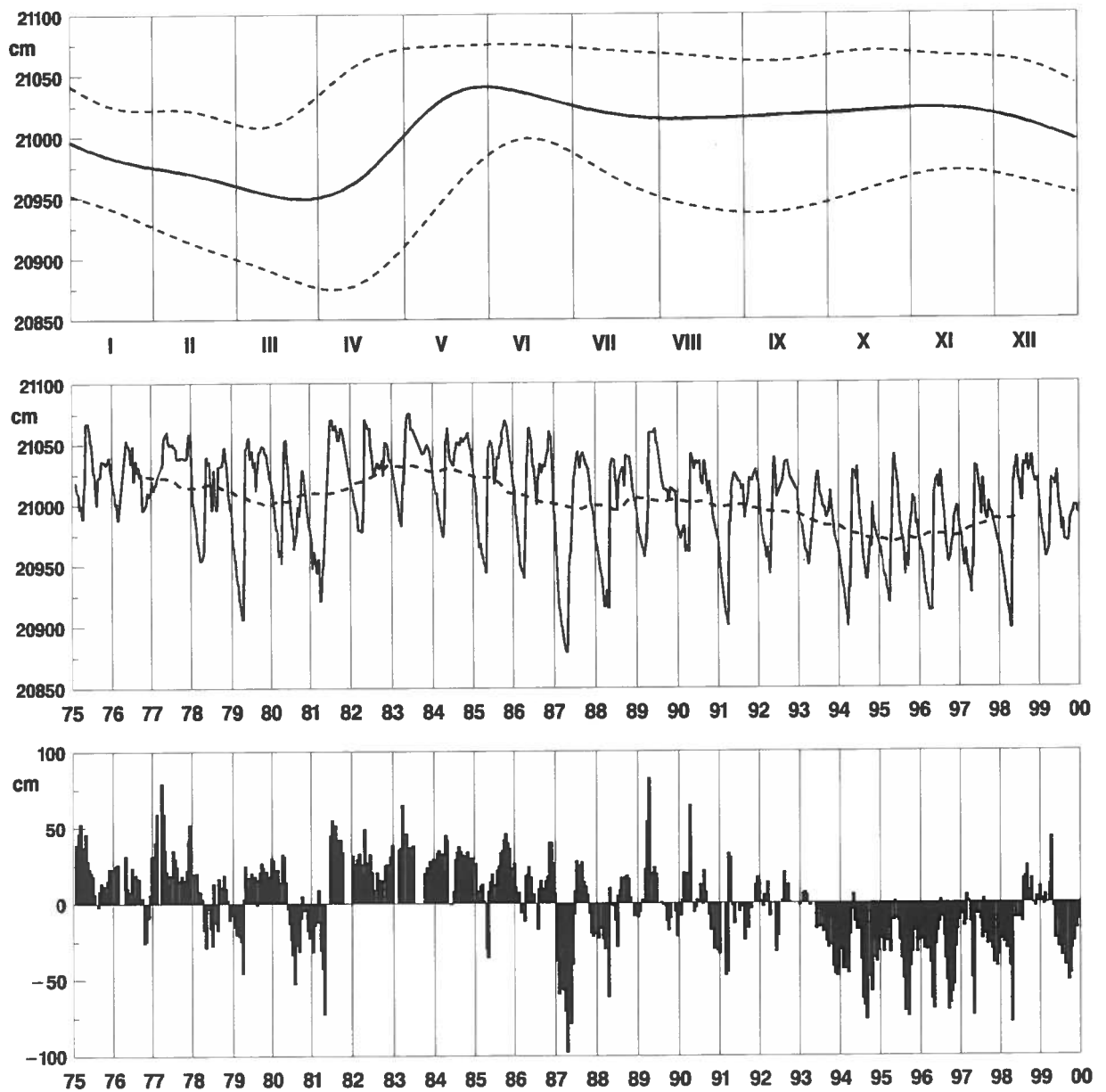


Kuva 4.42.1. Pudasjärven pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoapaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 371.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Pudasjärven alueella oli 85 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 196 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1987 ja ylimmillään kesäkuussa 1983. Pinnan-  
korkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.42.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausi-  
keskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1987, 1993, 1994, 1995, 1996,  
1997 ja 1998; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1977, 1982, 1983, 1984 ja 1985.  
Pitkän jakson tarkastelussa havaittiin pohjaveden pinnan alenemista vuodesta 1990 alkaen, mikä  
johtuu laajamittaisista ojituksista alueella.



Kuva 4.42.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Pudasjärven pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 211,20 m.

## Pohjaveden laatu

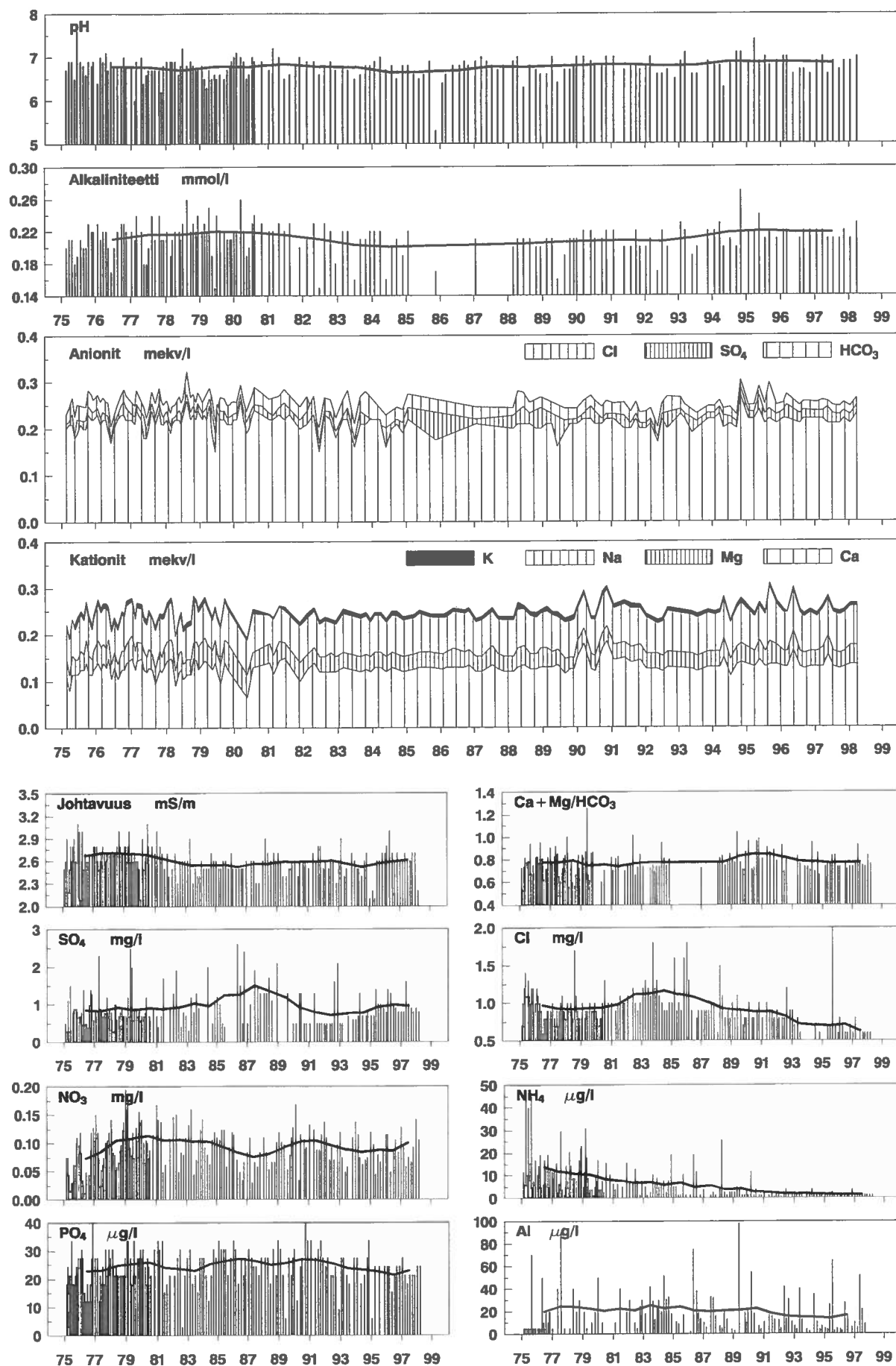
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.42.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  13,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 79,8%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 59,1%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 83,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 28,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 76,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 97,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 78,3%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 94,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 85,7%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 58,7%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.42.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.42.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.42.3. Sähkönjohtavuus on huomattavasti keskimääräistä pienempi. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,5 yksikköä koko maan mediaania korkeampi eikä merkitsevää trendiä ole. Alkaliniteetti on pysytellyt lähellä maan mediaania koko tutkimusjakson ajan. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on alle yhden. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat keskimääräistä pienempiä. Natrium- ja kalsiumpitoisuudet ovat nousseet ja kalium- sekä magnesiumpitoisuudet laskeneet.

Taulukko 4.42.1. Pudasjärven pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,62	2,6	2,1	3,1	0,18	166
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,21	0,22	0,15	0,27	0,019	150
pH		6,77	6,8	5,3	7,6	0,24	168
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	69,1	49	26	330	54,9	58
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	21,0	21	3	44	7,8	165
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,6	4	<1	35	6,2	159
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	10,2	9	4	24	3,4	58
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	8	8	1	13	2,0	162
Cl	mg l <sup>-1</sup>	0,93	0,9	<1	2,0	0,25	163
Fe	μg l <sup>-1</sup>	22,0	<20	<20	100	19,3	105
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	68	.	134
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	0,94	0,8	0,3	2,6	0,46	147
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,77	1,8	1,4	2,7	0,15	153
K	mg l <sup>-1</sup>	0,33	0,3	<0,1	0,9	0,09	151
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,57	2,6	1,3	3,7	0,31	142
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,45	0,4	0,3	0,7	0,07	152
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	13,7	13,9	11,0	15,0	0,72	57
F	μg l <sup>-1</sup>	37,4	30	<20	160	28,9	126
Al	μg l <sup>-1</sup>	18,8	12	<1	98	18,4	119
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	38
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,55	<1	<1	16,0	2,32	141
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	5,0	.	136
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	4,0	.	38
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	19,0	.	46
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,010	<0,01	<0,01	0,06	0,014	28
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,88	0,6	<0,5	3,6	0,84	37



Kuva 4.42.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Pudasjärven pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Sulfaattipitoisuus on maan pienin, 3 mg l<sup>-1</sup> valtakunnallista mediaania pienempi eikä merkitsevää trendiä ole. Kloridipitoisuus on pieni ja taso on edelleen laskenut 1980-luvun puolivälin jälkeen.

Nitraattipitoisuus on pieni ja pitoisuusvaihtelussa on näkyvissä selvä vuodenaikasykli. Myös NH<sub>4</sub>-pitoisuus on keskimääräistä pienempi ja trendi laskeva. PO<sub>4</sub>-pitoisuus on hieman maan mediaania korkeampi. Fluoridin mediaanipitoisuus on puolet valtakunnallisesta mediaanista.

Taulukko 4.42.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Pudasjärven pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	-1,99	0,047	-4,01	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.			
pH					NO <sub>3</sub>			
NH <sub>4</sub>	-9,30	<0,001	-0,376	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>			
Cl	-6,28	<0,001	-17,3	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>			
Na	5,21	<0,001	7,19	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	-3,19	0,001	-2,26 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	4,32	<0,001	0,0207	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-3,12	0,002	-2,65 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al			

Taulukko 4.42.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Pudasjärven pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,26**													
Alk.	-,44***	,41***												
pH	-,44***		,33***											
NO <sub>3</sub>	-,33***	,20*	,30***											
NH <sub>4</sub>		,23**	,19*											
PO <sub>4</sub>	-,27**				,52***	-,19*								
Cl	,23*					,24**								
SO <sub>4</sub>	,22*		-,22*	-,26**	-,21*			,18*						
Na	-,31***					-,20*	,22*							
K						,19*								
Ca	-,27**	,22*			,32***									
Mg		,43***						,18*	-,20*		,19*			
Al	,32**	-,26**		-,28**				,32**				-,25*		
SiO <sub>2</sub>			,57***	,54***	,43**			-,66***						-,35*

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001



## 4.43 Kuusamo

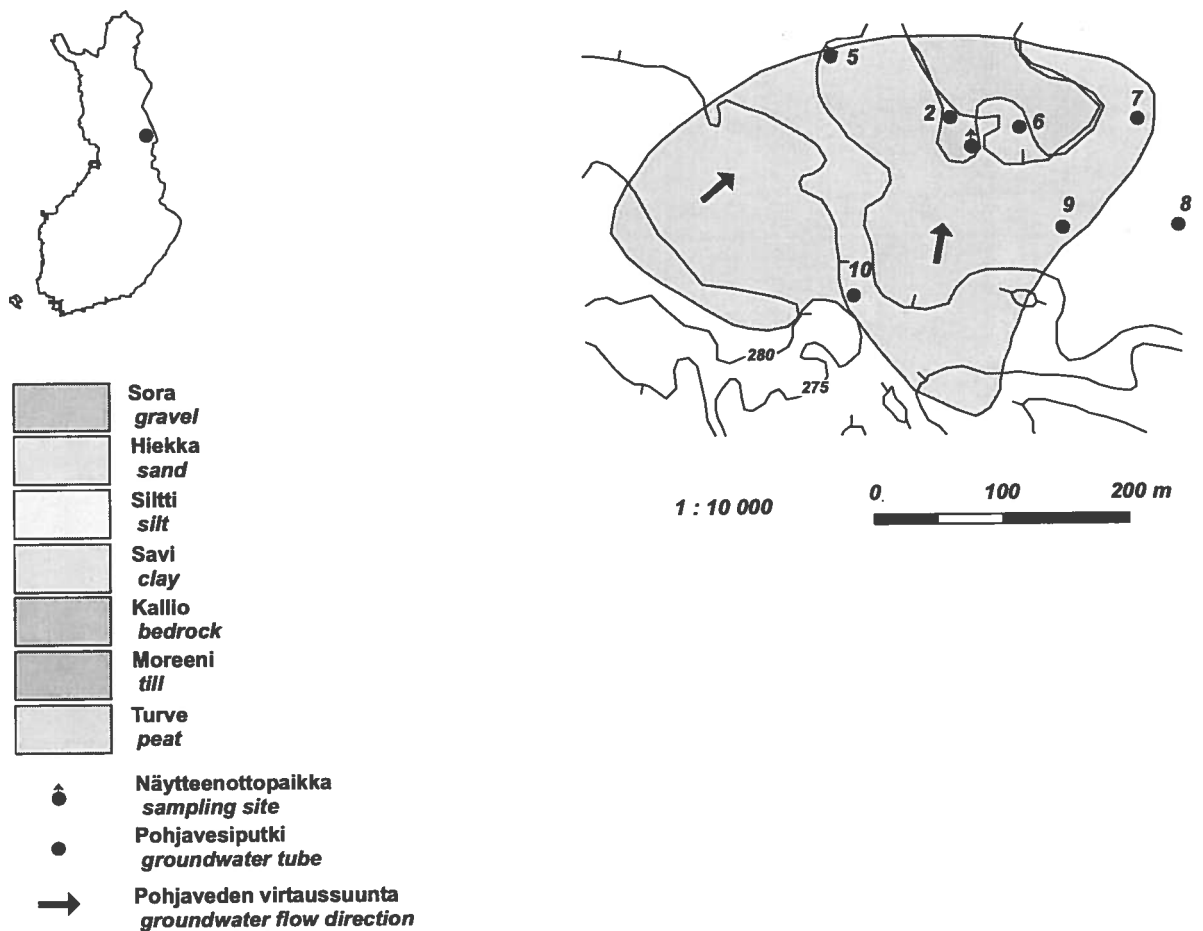
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kuusamon kunnassa (peruskarttalehti 4524 01 A ja vesistöalue 74.032). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,22 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 265...281 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.43.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee Koillismaalle tyypillisessä drumliinikentässä, missä tavataan ohuita lajittuneita maa-aineksia. Notkelmat ovat soistuneet. Muodostumisalueen pintamaalajeista on hiekkaa 89,7 % ja turvetta 10,3 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniittigneissi.

Pohjavesi virtaa lännestä ja etelästä koilliseen.

Näytteenottoaika sijaitsee metsässä. Pohjavesi nousee putkessa mittapadon altaaseen, josta näyte otetaan. Arvioitu virtaama putkessa 0,2 l s<sup>-1</sup>.

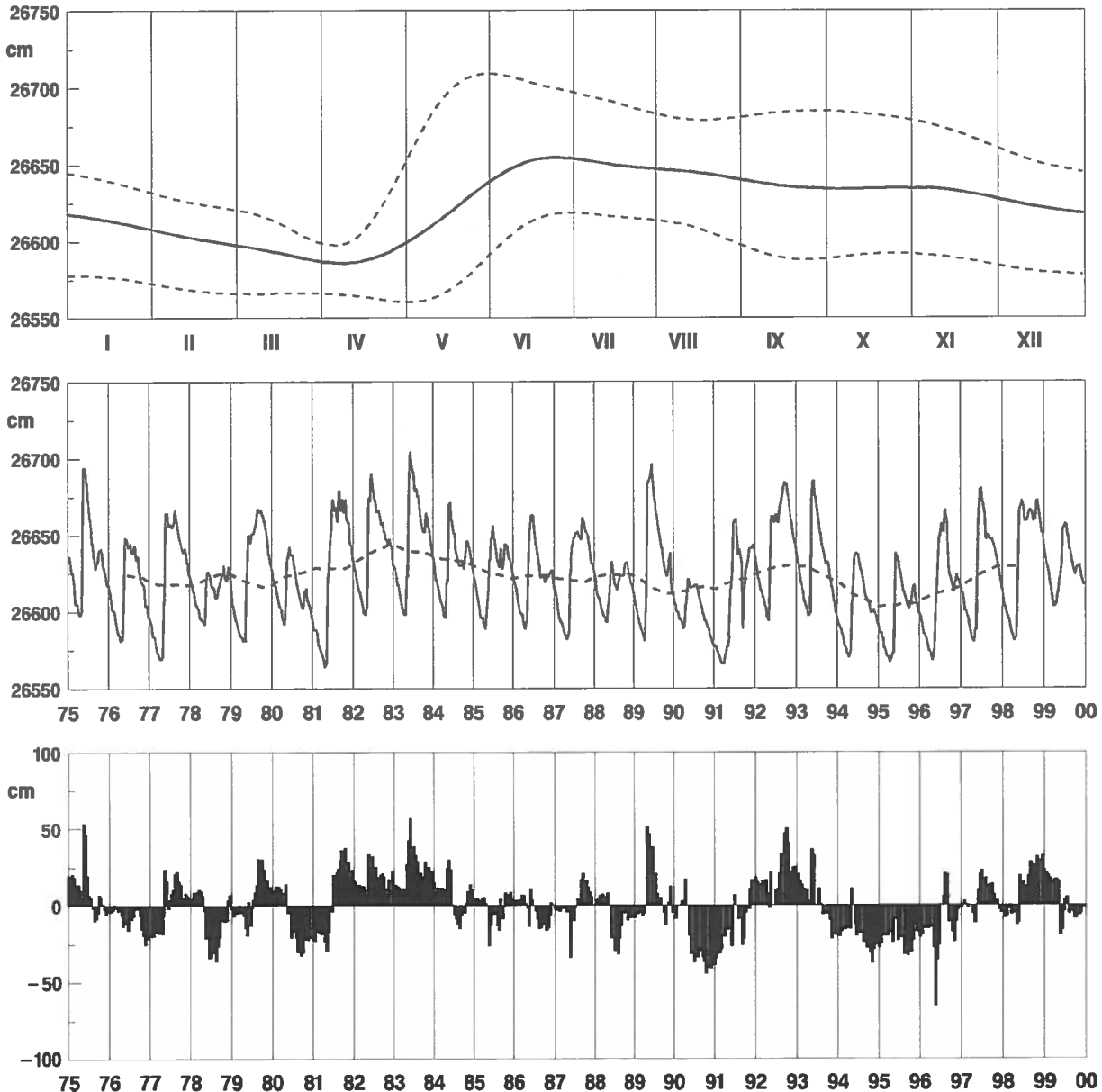


Kuva 4.43.1. Kuusamon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 372.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kuusamon alueella oli 66 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 140 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1981 ja ylimmillään kesäkuussa 1983. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.43.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1980, 1990, 1991, 1994 ja 1995; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1983, 1992 ja 1998.



Kuva 4.43.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kuusamon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 267,94 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.43.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  9,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 78,1%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 52,8%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 89,8%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 59,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 83,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 97,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 12,2%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 91,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 80,0%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 36,8%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.43.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.43.3.

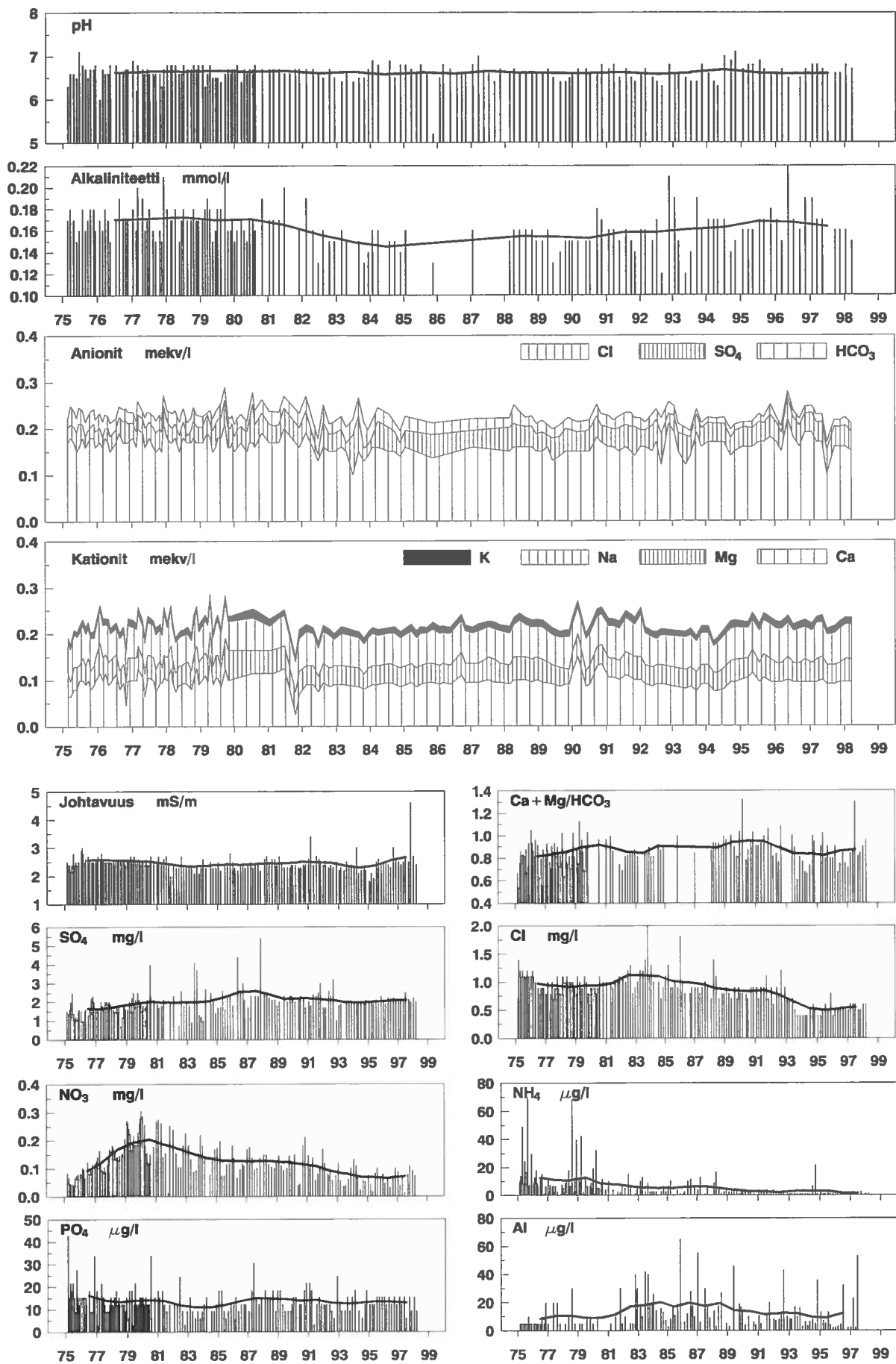
Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.43.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat selvästi keskimääräistä pienempiä. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,3 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Alkaliniteetti on alle maan mediaanin. Ca + Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on lähellä yhtä. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat keskimääräistä pienempiä. Natrium- ja kaliumpitoisuudet ovat nousseet, magnesiumpitoisuus on laskenut.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaanista noin puolet. Trendianalyysin mukaan pitoisuus on jonkin verran noussut. Kloridipitoisuus on pieni ja pitoisuus on edelleen laskenut 1980-luvun puolivälistä lähtien.

Nitraattipitoisuus on pieni ja pitoisuusvaihtelussa on näkyvässä selvä vuodenaikasykli. NO<sub>3</sub>-pitoisuus on laskenut 1980-luvun alusta lähtien. Myös NH<sub>4</sub>-pitoisuus on keskimääräistä pienempi ja trendi on laskeva. Fosforipitoisuudet ovat keskimääräistä matalampia. Fluoridin ja alumiinin mediaanipitoisuudet ovat noin kolmasosa valtakunnallisista mediaaneista. Raskasmetalleista sinkin pitoisuus on keskimääräistä korkeampi.

Taulukko 4.43.1. Kuusamon pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskisarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,48	2,5	1,8	4,6	0,26	167
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,16	0,16	0,1	0,22	0,02	151
pH		6,62	6,6	5,0	7,1	0,23	168
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	71,6	51,5	25	430	68,9	60
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	28,7	27	3	69	14,1	167
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,9	3	<1	54	8,3	154
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,9	5	3	11	1,9	59
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	4,5	4	1	14	1,8	165
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,0	.	164
Fe	μg l <sup>-1</sup>	22,0	<20	<20	100	17,3	106
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	58	.	137
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,99	2,0	0,7	5,4	0,61	159
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,56	1,6	1,2	2,1	0,12	156
K	mg l <sup>-1</sup>	0,55	0,6	0,3	0,8	0,07	154
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,91	1,9	0,5	3,1	0,32	145
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,54	0,5	0,4	0,8	0,07	154
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	10,7	10,7	9,3	14,5	0,67	58
F	μg l <sup>-1</sup>	29,8	20	<20	230	33,7	125
Al	μg l <sup>-1</sup>	12,8	8	<1	65	12,1	123
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,10	.	39
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,21	<1	<1	13,0	2,11	140
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	5,0	.	136
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,0	.	37
Zn	μg l <sup>-1</sup>	11,8	11,0	<5	52,0	7,98	49
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,018	<0,01	<0,01	0,16	0,035	20
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,79	0,6	<0,5	3,0	0,63	38



Kuva 4.43.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kuusamon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1998.

Taulukko 4.43.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kuusamon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-2,48	0,013	-1,32	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Aik.				
pH					NO <sub>3</sub>	-7,09	<0,001	-3,34	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-7,96	<0,001	-0,292	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>				
Cl	-8,18	<0,001	-23,3	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	4,15	<0,001	23,0	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	2,39	0,017	3,68	mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	3,95	<0,001	3,16	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca					Mg	-2,30	0,022	-1,56	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al				

Taulukko 4.43.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kuusamon pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	-,21*													
Aik.		,36***												
pH	-,18*		,24**											
NO <sub>3</sub>	-,28***	,18*	,21*											
NH <sub>4</sub>			,29***	,25**										
PO <sub>4</sub>	-,32***	,21*	,33***	,24**		,20*								
Cl						,32***								
SO <sub>4</sub>	,23**	-,19*	-,32***	-,30***		-,34***	-,20*	-,19*						
Na														
K										,24**				
Ca	-,21*	,46***	,29**	,22*	,31***		,34***				,18*			
Mg		,37***	,25**		,22*	,21*						,46***		
Al	,37***	-,24*	-,34***	-,27**	-,37***	-,43***			,40***					
SiO <sub>2</sub>	-,40*		,42**		-,39*				-,46**					-,43*

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.44 Kolmisoppi

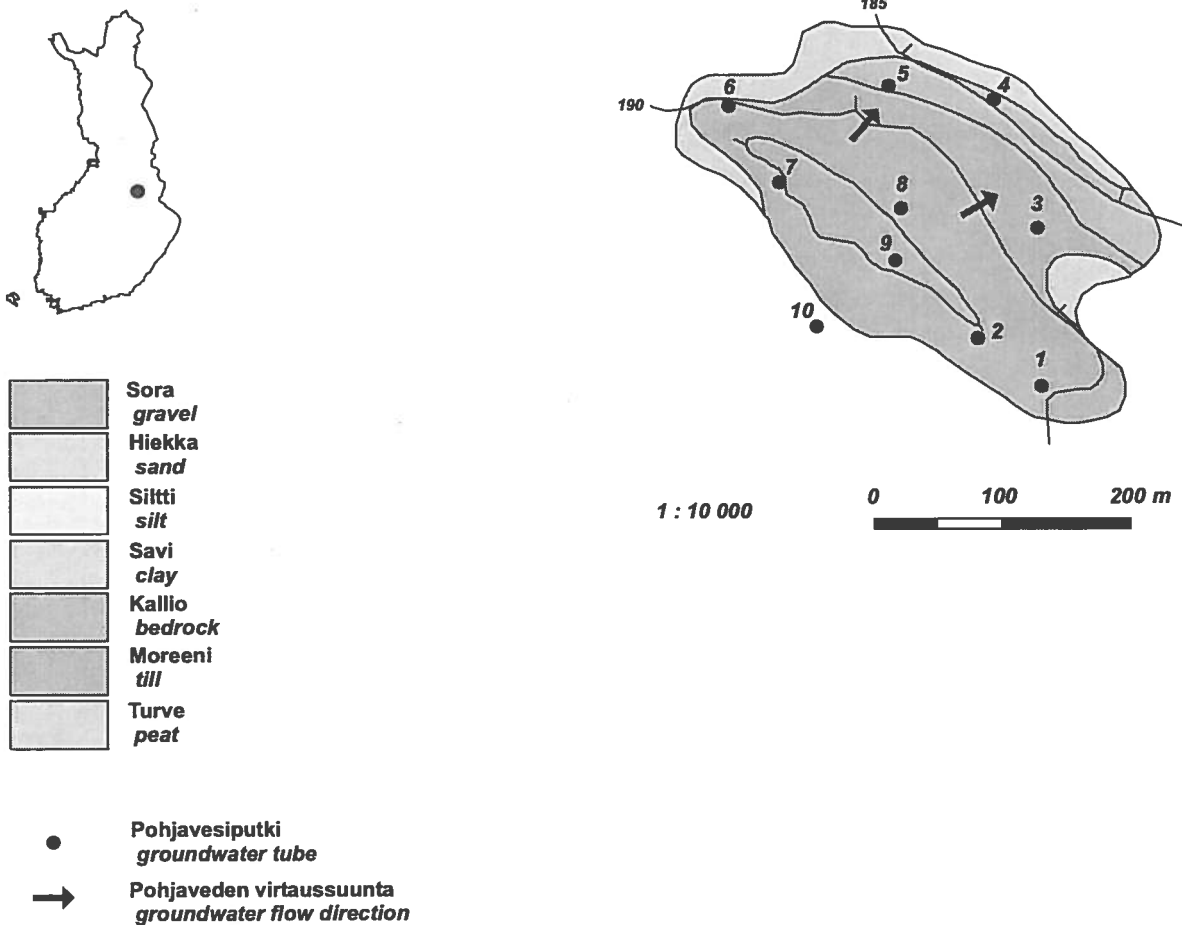
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Sotkamon kunnassa (peruskarttalehti 4411 04 A ja vesistöalue 59.871). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,19 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 184...198 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.44.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit ja pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on kaakko-luode-suuntainen moreeniselänne, jossa maakerrosten paksuus on 5...10 m. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 74,4 %, turvetta 13,1 % ja soraa 12,5 %. Kallio-perän vallitseva kivilaji on gneissigraniitti (Hyppönen 1976).

Pohjaveden pääasiallinen virtaussuunta on lounaasta koilliseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 1 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,8 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee läheisellä ojitetulla suolla. Lähteestä suotautuu vettä muutamia litroja minuutissa vie-reiseen ojaan. Ojitus on tapahtunut ennen näytteenoton aloittamista vuonna 1975. Nykyisin alueella on taimikkoa.

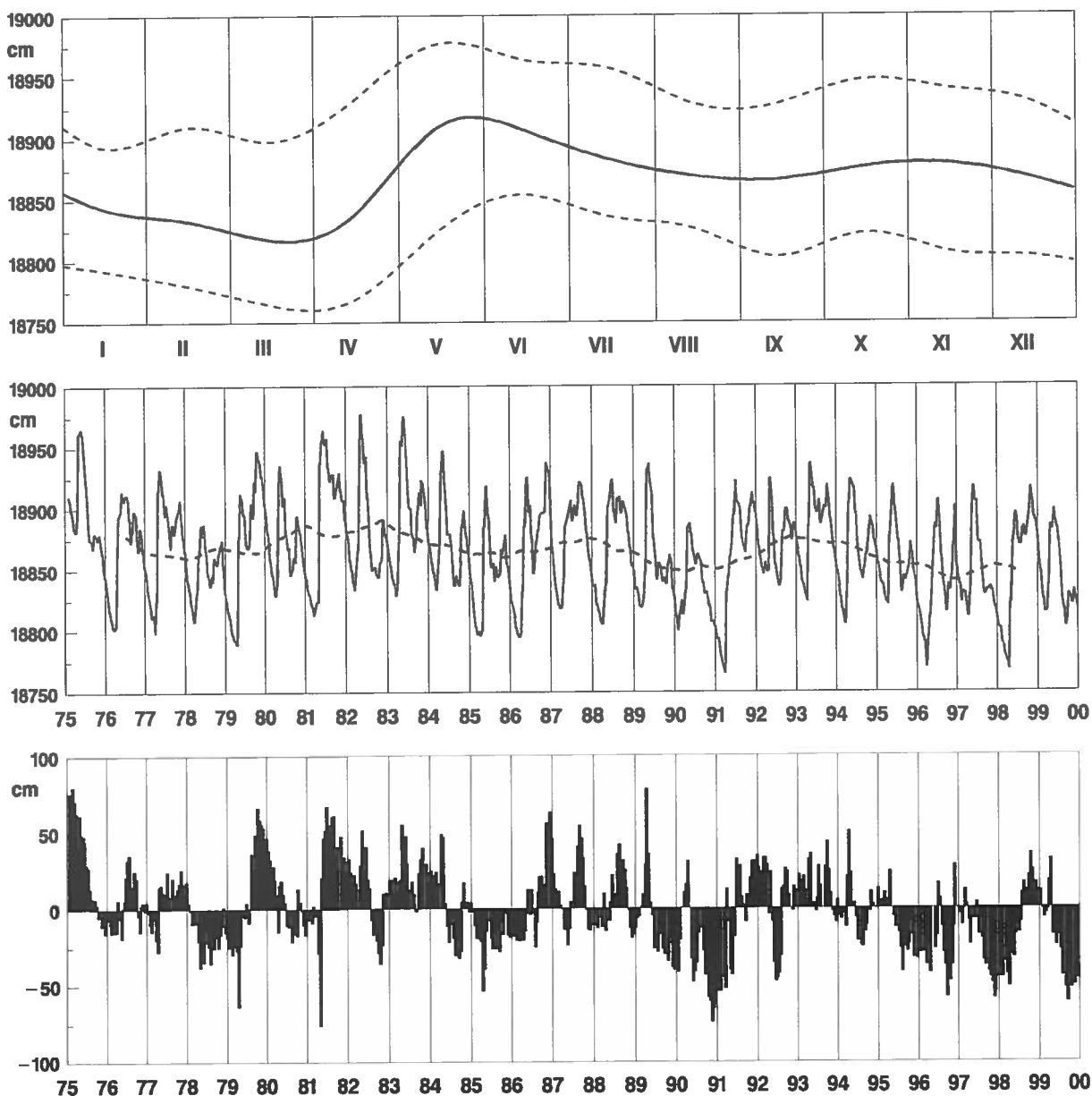


Kuva 4.44.1. Kolmisoppen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 372.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kolmisopen alueella oli 91 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan toukokuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 212 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1991 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.44.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1985, 1989, 1990, 1995, 1996, 1997 ja 1999; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1979, 1981, 1982 ja 1983.



Kuva 4.44.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kolmisopen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 190,46 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.44.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  10,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $P_{PO_4}$  7,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 79,8%  $\leq 1 \text{mg l}^{-1}$ , Fe 85,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 84,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 21,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 46,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 83,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 85,5%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 96,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 94,4%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 83,8%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 14,3%  $\leq 0,5 \text{mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.44.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.44.3.

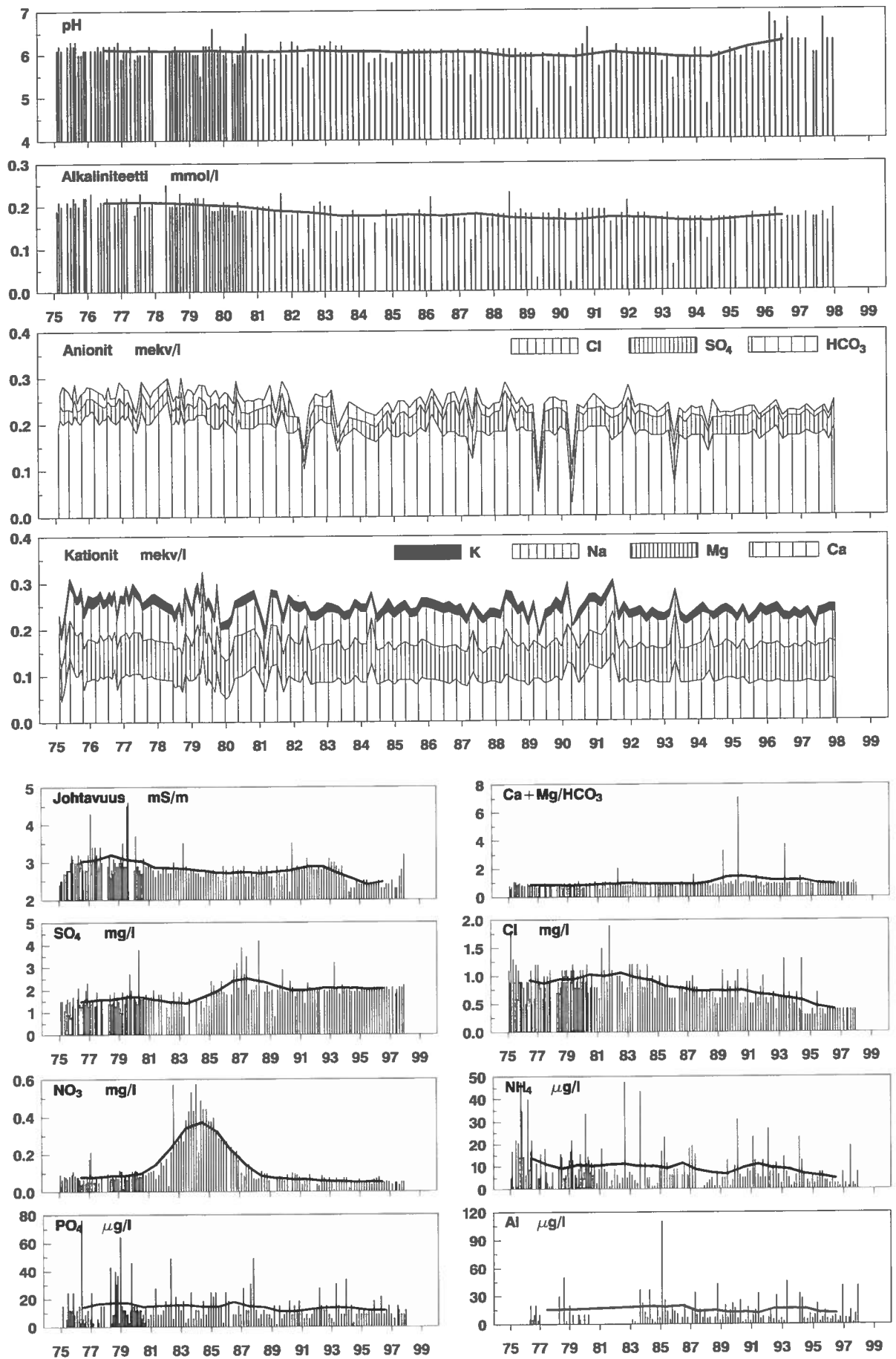
Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.44.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä pienempiä. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,2 yksikköä koko maan mediaania pienempi ja trendi on laskeva. Myös alkaliniteetti on alle maan mediaanin ja trendi niin ikään laskeva. Kevätsulannan yhteydessä esiintyvät pH:n ja alkaliniteetin pitoisuusminimit näkyvät aikasarjoissa selvästi. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on trendianalyysin mukaan noussut 0,15 yksikköä vuosina 1975-1997. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat magnesiumia lukuun ottamatta keskimääräistä pienempiä.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaanista puolet, mutta pitoisuustrendi on nouseva. Kloridipitoisuus on pieni ja pitoisuus on laskenut 1980-luvun alkupuolelta lähtien.

Taulukko 4.44.1. Kolmisopen pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,82	2,8	2,2	4,6	0,36	158
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,18	0,18	0,02	0,25	0,03	156
pH		6,06	6,1	4,7	6,9	0,26	162
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	155	110	32	540	114	67
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	27,8	19	<1	130	26,2	156
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	7,6	6	1	37	6,8	153
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,3	6	2	19	3,0	61
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	4,7	4	<1	25	3,6	156
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,9	0,29	158
Fe	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	80	.	113
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	82	.	156
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,84	1,9	0,1	4,2	0,56	153
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,47	1,5	0,4	1,9	0,22	160
K	mg l <sup>-1</sup>	0,71	0,7	0,1	1,1	0,14	161
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,81	1,7	0,9	3,1	0,33	154
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,99	1,0	0,6	1,5	0,11	161
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	9,40	9,8	2,2	11,0	1,29	67
F	μg l <sup>-1</sup>	38,6	35	<20	130	25,9	117
Al	μg l <sup>-1</sup>	14,3	10	1	110	14,7	101
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,18	.	53
Cu	μg l <sup>-1</sup>	5,02	1,5	<1	70,0	9,79	152
Pb	μg l <sup>-1</sup>	1,06	<1	<1	9,0	1,55	146
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	3,0	.	50
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	15,0	.	62
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,029	<0,01	<0,01	0,50	0,089	37
TOC	mg l <sup>-1</sup>	2,23	1,1	<0,5	22,0	4,42	35





Kuva 4.44.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kolmisopen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Taulukko 4.44.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kolmisopen pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyystaso. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-6,37	<0,001	-21,6	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-8,78	<0,001	-2,00	µmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	-2,25	0,024		pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-5,26	<0,001	-3,30	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-2,46	0,014	-0,146	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>				
Cl	-8,40	<0,001	-19,6	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	6,86	<0,001	30,1	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na	-5,51	<0,001	-10,2	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	-2,42	0,016	3,41	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	-3,54	<0,001	-5,24	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	-4,85	<0,001	-4,93	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	3,40	<0,001	6,09	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Nitraattipitoisuus on 1980-luvun alussa voimakkaasti noussut saavuttaen maksimiarvonsa vuonna 1984, jonka jälkeen pitoisuus on palautunut 1980-luvun lopussa alkuperäiselle tasolle. Korkeimmillaan NO<sub>3</sub>-pitoisuus oli viisinkertainen nykytilanteeseen verrattuna. Pitoisuuden nousuun on todennäköisesti vaikuttanut läheisellä kankaalla (n. 150 m) suoritettu metsänhaku. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuudet ovat valtakunnallisten mediaanien tasolla.

Alumiinipitoisuus on kolmasosa valtakunnallisesta mediaanista. Kuparipitoisuus on jonkin verran keskimääräistä korkeampi.

Taulukko 4.44.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kolmisopen pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,35***												
pH			,35***											
NO <sub>3</sub>				,25**										
NH <sub>4</sub>		-,26**	,21*											
PO <sub>4</sub>		-,20*			,22*	,29**								
Cl					,19*									
SO <sub>4</sub>		-,19*	-,51***					-,28**						
Na			,35***	,35***	,36***									
K		,17*	,26**	,17*	,27**	,29***				,50***				
Ca		-,17*						,18*						
Mg			,33***	,30***				,28***	-,24**			,45***		
Al		-,25*		-,31**		,29*						,24*		
SiO <sub>2</sub>			,29*	,36*							,30*			-,35*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

## 4.45 Lumiaho

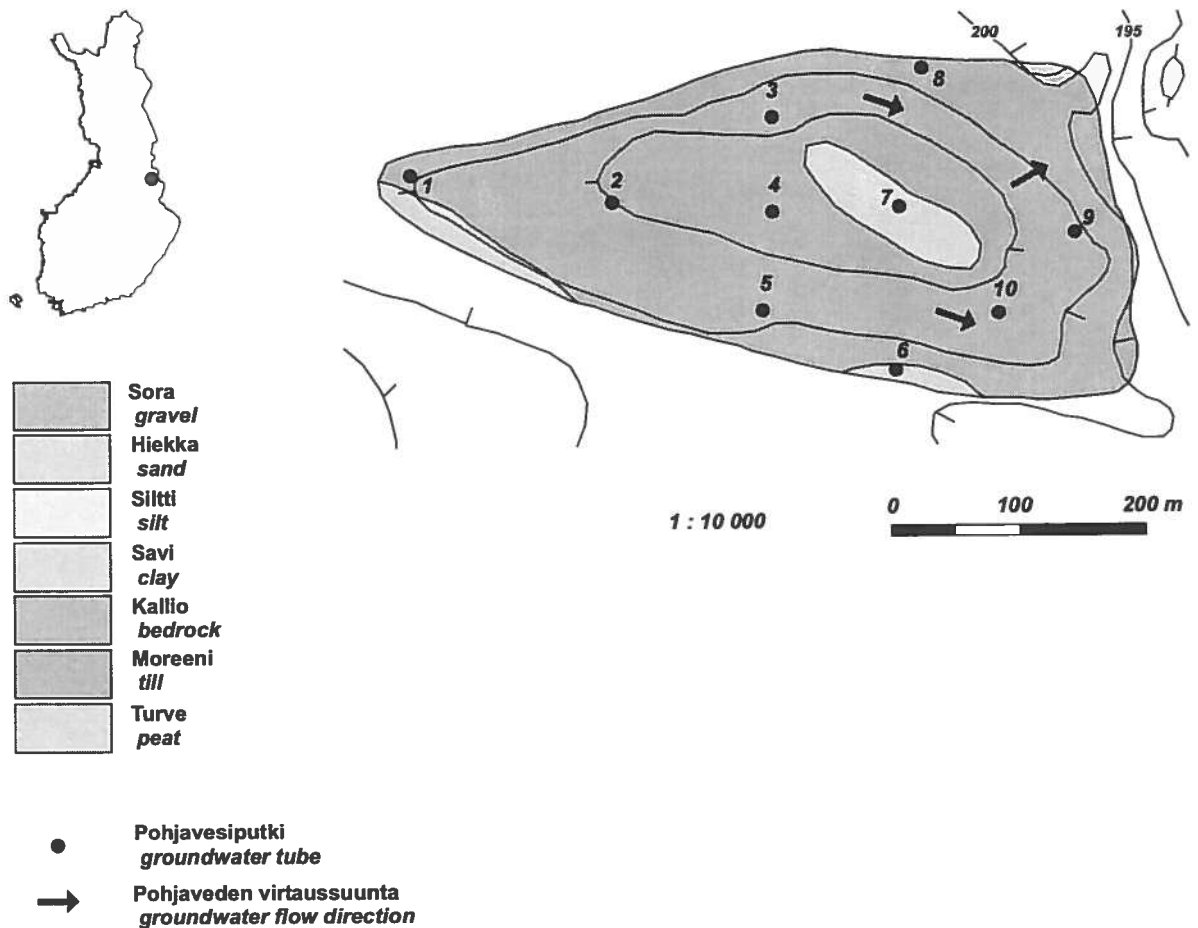
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Kuhmon kaupungissa (peruskarttalehti 4414 09 B ja vesistöalue 59.932). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,31 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 200...213 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.45.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on itä-länsi suuntainen moreeniselänne, jossa on myös lajittuneita kerroksia. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 90,9 %, hiekkaa 5,2 % ja turvetta 3,9 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjavesi virtaa pääasiassa lännestä itään.

Pohjaveden näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,7 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,2 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee läheisellä suolla. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,5 l s<sup>-1</sup>. Lähialueella on suoritettu laajoja avohakkuuta 1980-luvun loppupuolella. Hakkuualue on myöhemmin käsitelty auraamalla.

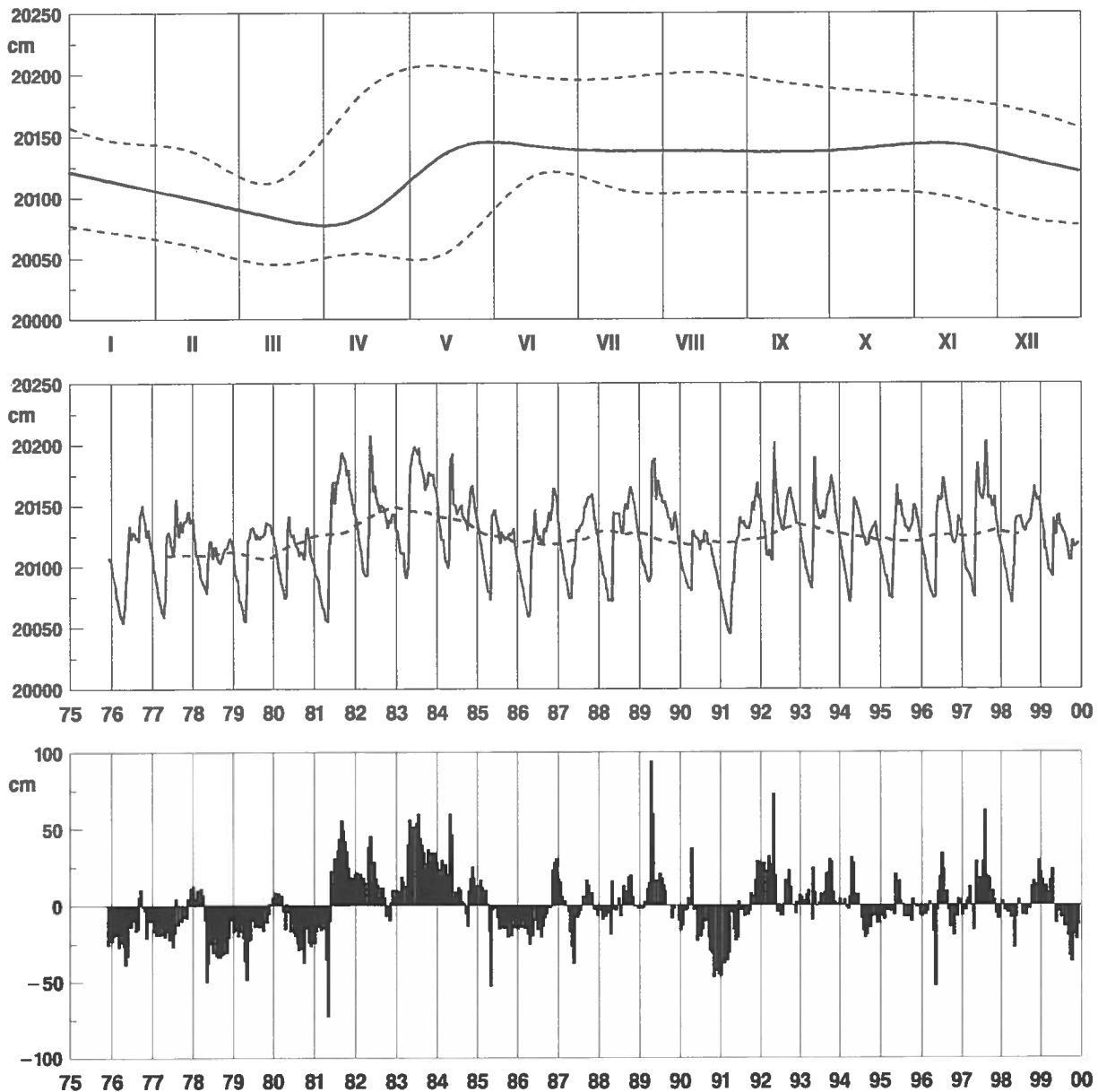


Kuva 4.45.1. Lumiahon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 373.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Lumiahon alueella oli 61 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 162 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa 1991 ja ylimmillään toukokuussa 1982. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.45.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1978, 1979, 1980, 1985, 1986 ja 1990; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1983, 1984, 1992 ja 1997.



Kuva 4.45.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Lumiahon pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 205,67 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.45.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH4}$  7,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 51,9%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 78,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 6,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 62,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 88,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 81,4%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 93,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 96,1%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 86,7%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.45.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.45.3.

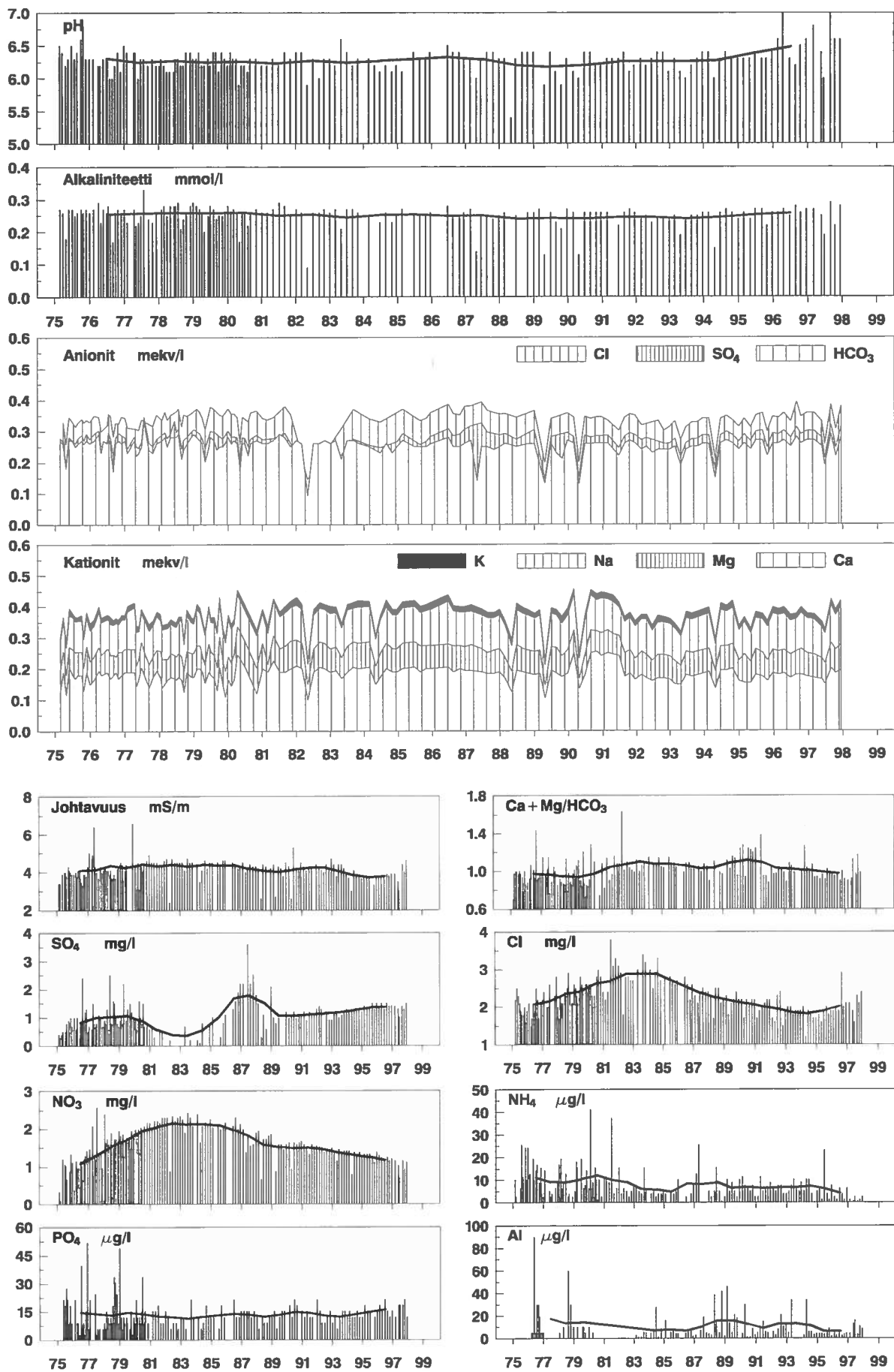
Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.45.3. Sähkönjohtavuus ja pH ovat valtakunnallista mediaanitasoa. Alkaliniteetti on jonkin verran maan mediaania korkeampi. Ca + Mg /  $\text{HCO}_3$ -suhde on lähellä yhtä. Natrium-, kalium- ja magnesiumpitoisuudet ovat lähellä maan mediaaneja. Kalsiumpitoisuus on jonkin verran korkeampi.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaanista ainoastaan noin neljäsosa.  $\text{SO}_4$ -trendi on nouseva. Kloridipitoisuus on noussut 1980-luvun puoliväliin asti, minkä jälkeen pitoisuus on enimmäkseen ollut laskusuunnassa. Koko tarkastelujaksolla kloridin pitoisuustrendi on laskeva.

Nitraatin pitoisuuskäyrä on melko samankaltainen kloridin kanssa ja  $\text{NO}_3$ -Cl -korrelaatio onkin erittäin merkitsevä ( $r=0,70$ ,  $p<0,001$ ).  $\text{NH}_4$ -pitoisuus on valtakunnallista mediaanitasoa ja trendi on laskeva.  $\text{PO}_4$ -pitoisuus on valtakunnallista mediaania pienempi.  $\text{SiO}_2$ - ja F-pitoisuudet ovat korkeampia ja Al-pitoisuus pienempi verrattuna valtakunnallisiin mediaaneihin.

Taulukko 4.45.1. Lumiahon pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	mS $\text{m}^{-1}$	4,14	4,2	2,4	6,6	0,53	156
Alk.	mmol $\text{l}^{-1}$	0,25	0,26	0,09	0,33	0,03	160
pH		6,29	6,3	5,4	7,0	0,19	164
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	431	420	260	1000	125	68
$N_{\text{NO}_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	351	350	21	580	114	161
$N_{\text{NH}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,2	5	<1	32	5,1	143
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	6,7	6	3	23	3,2	60
$P_{\text{PO}_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	4,6	4	1	17	2,4	150
Cl	mg $\text{l}^{-1}$	2,26	2,2	1,0	3,8	0,44	156
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	26,6	<20	<20	250	29,8	108
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	77	.	152
$\text{SO}_4$	mg $\text{l}^{-1}$	1,09	1,0	0,1	3,6	0,51	142
Na	mg $\text{l}^{-1}$	2,41	2,4	1,5	3,2	0,25	161
K	mg $\text{l}^{-1}$	0,71	0,7	0,4	1,1	0,12	162
Ca	mg $\text{l}^{-1}$	3,61	3,6	2,0	5,1	0,55	156
Mg	mg $\text{l}^{-1}$	0,89	0,9	0,3	1,2	0,12	162
$\text{SiO}_2$	mg $\text{l}^{-1}$	14,8	15,1	8,0	17,0	1,84	68
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	129	130	<20	430	53,0	110
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,0	5,3	1	90	13,4	100
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,13	.	51
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,11	1,0	<1	85,0	13,9	158
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	9,0	.	145
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	3,5	.	46
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<5	<5	36,0	.	59
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	.	30
TOC	mg $\text{l}^{-1}$	1,99	1,2	<0,5	8,1	1,90	34



Kuva 4.45.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Lumiahon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Kevätsulannan ajankohtaan sijoittuvat pH:n ja alkaliniteetin pitoisuusminimit näkyvät selvästi. Sulfaatin kohdalla pitoisuus ei alene, koska SO<sub>4</sub> on peräisin pääasiassa laskeumasta. Hakkuualueen aeraus 1980-luvun lopulla on todennäköisesti tuonut ilmiötä korostetummin esille.

Taulukko 4.45.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Lumiahon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus
Y <sub>25</sub>	-2,35	0,019	11,8	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.		
pH					NO <sub>3</sub>	<0,001	-10,7
NH <sub>4</sub>	-3,52	<0,001	-0,200	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	0,034	0,000
Cl	-5,83	<0,001	-19,4	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	<0,001	30,7
Na	2,68	0,008	8,70	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	<0,001	3,80
Ca					Mg		
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>					Al		

Taulukko 4.45.3. Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Lumiahon pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	,18*													
Alk.														
pH		,21*	,29***											
NO <sub>3</sub>	,21*	,66***	,25**											
NH <sub>4</sub>					-,20*									
PO <sub>4</sub>						,19*								
Cl	,30***	,50***			,70***									
SO <sub>4</sub>			-,26**											
Na	,18*	,44***	,19*	,23**	,44***		,21*	,35***	,21*					
K		,21*								,38***				
Ca		,42***	,26**		,38***			,28**		,53***	,27**			
Mg	,26**	,38***	,35***	,20*	,43***			,31***		,34***		,38***		
Al		-,39***	-,32**	-,35**	-,36***					-,30**		-,38***	-,36***	
SiO <sub>2</sub>							,31*	-,28*						-,37*

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.46 Alakangas

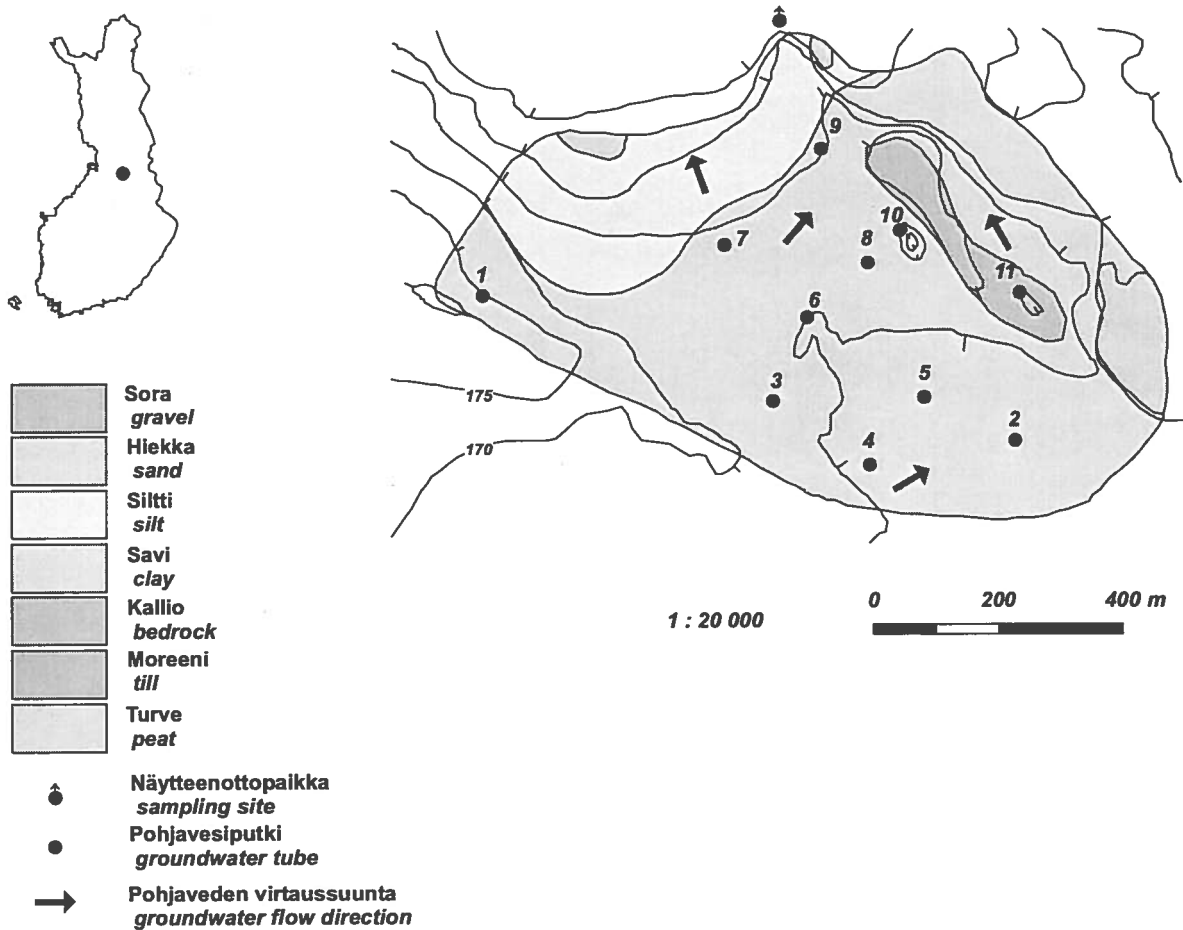
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Puolangan kunnassa (peruskarttalehti 3441 05 D ja vesistöalue 59.271). Tutkimusalueen pinta-ala on 1,61 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 152...171 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.46.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on osa Kuhmo-Paltamo-Haukipudas harjujaksoa. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 76,3 %, silttiä 17,6 %, soraa 4,8 % ja turvetta 4,0 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden päävirtaussuunta on lounaasta koilliseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 25 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 6 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä. Näytteenottoaikojen ympäristön maalaji on turvetta ja moreenia. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 2,0 l s<sup>-1</sup>. Lähialueella on hakattu metsää 1980-luvun alussa.



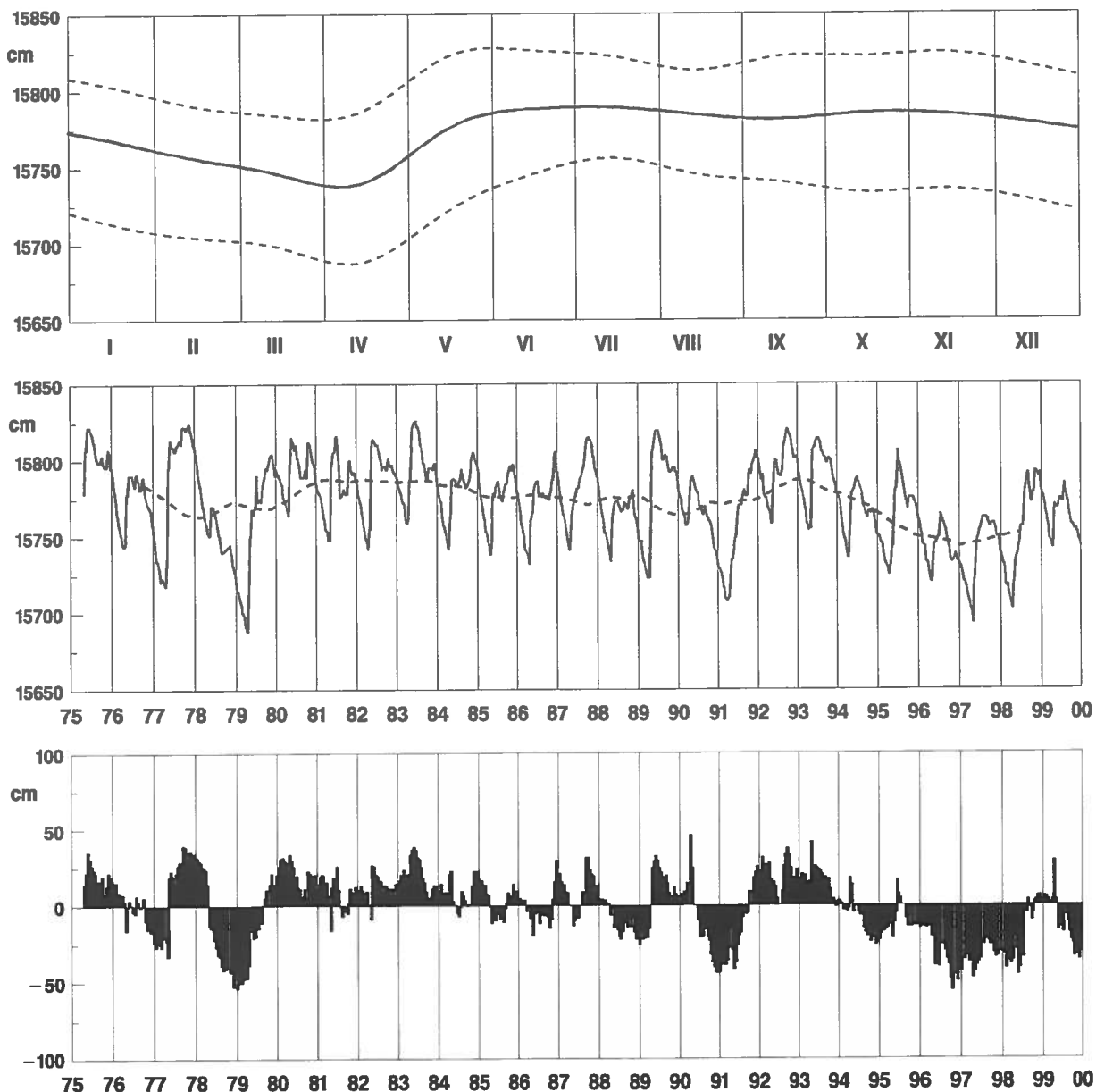
Kuva 4.46.1. Alakangaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikojen sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 374.



## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Alakankaan alueella oli 47 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesä-heinäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 138 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1979 ja ylimmillään kesäkuussa 1983. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.46.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuu-kausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1978, 1979, 1990, 1991, 1996, 1997 ja 1998; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1977, 1980, 1983, 1989, 1992 ja 1993.



Kuva 4.46.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Alakankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 164,34 m.

## Pohjaveden laatu

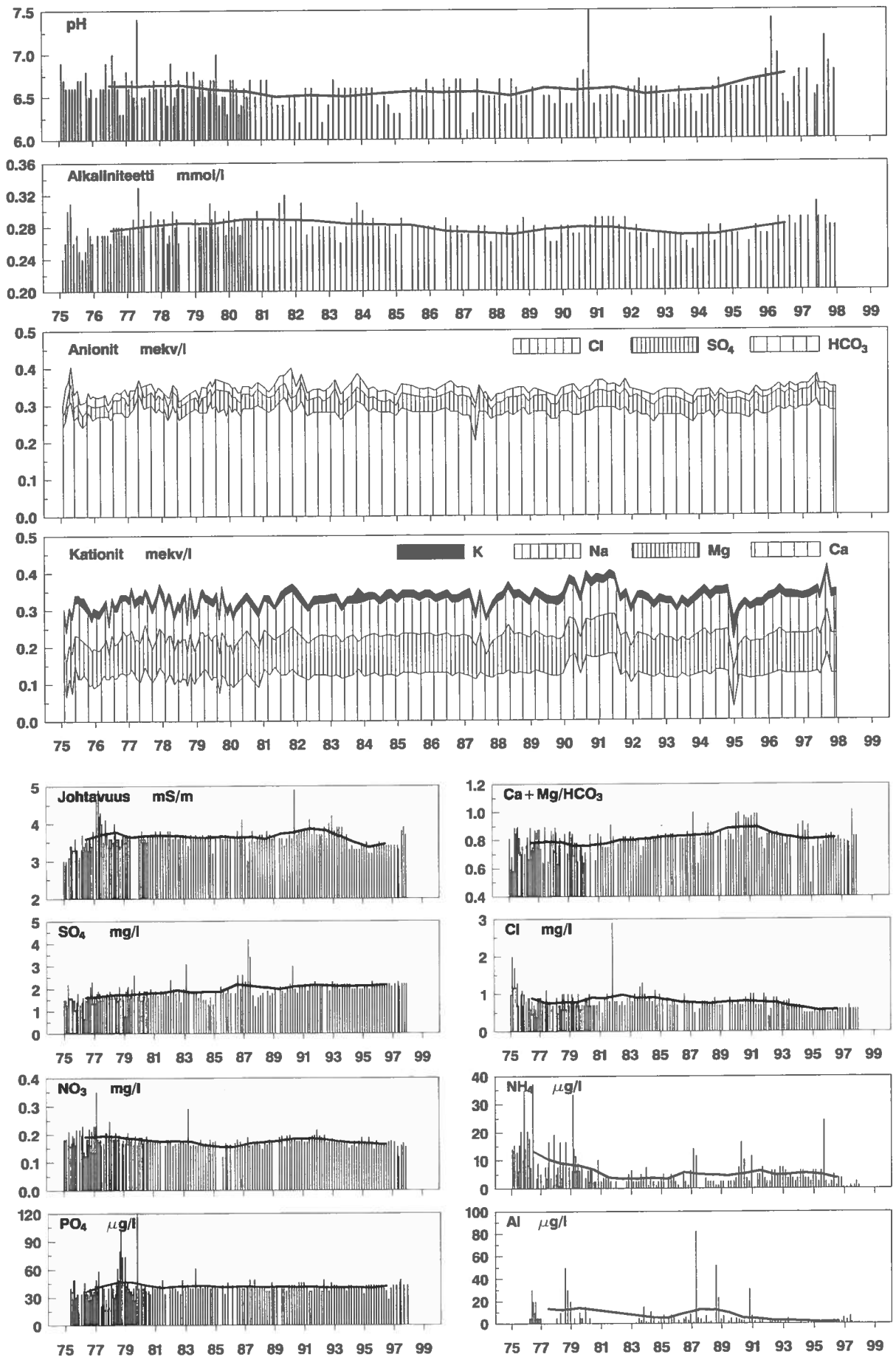
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.46.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  13,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 93,1%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 90,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 91,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 23,9%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 66,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 84,9%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 86,4%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 93,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 93,6%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 90,3%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ , TOC 87,9%  $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.46.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.46.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.46.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä matalampia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,3 yksikköä ja alkaliniteetin  $0,06 \text{ mmol l}^{-1}$  korkeampi koko maan mediaaneihin verrattuna. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on alle yhden. Natrium- ja kaliumpitoisuudet ovat valtakunnallisten mediaanien tasoa, kalsiumpitoisuus jonkin verran pienempi ja magnesiumpitoisuus suurempi. Natriumin pitoisuustrendi on nouseva.

Taulukko 4.46.1. Alakankaan pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätystä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	3,62	3,6	2,9	4,9	0,28	160
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,28	0,28	0,20	0,33	0,01	160
pH		6,59	6,6	6,0	7,5	0,20	167
N <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	98,4	71	30	350	72,4	67
N <sub>NO3</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	40,4	40	1	79	6,6	159
N <sub>NH4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	5,0	3	<1	29	4,9	142
P <sub>tot</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	14,4	14	11	18	1,5	59
P <sub>PO4</sub>	$\mu\text{g l}^{-1}$	13,7	13	5	39	3,6	157
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,9	0,27	159
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	160	.	108
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<20	<20	<20	63	.	137
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,89	1,9	0,7	4,2	0,40	161
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,09	2,1	1,7	2,5	0,14	163
K	mg l <sup>-1</sup>	0,81	0,8	0,4	2,4	0,17	164
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,46	2,5	0,7	3,6	0,39	158
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,25	1,3	0,7	1,5	0,11	164
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	13,1	13,0	12,0	14,0	0,61	68
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	40,9	34	<20	280	34,5	117
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	7,1	3,8	<1	82	11,8	98
Cd	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	.	47
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,90	<1	<1	80,0	10,3	154
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	11,0	.	146
Ni	$\mu\text{g l}^{-1}$	<1	<1	<1	1,4	.	46
Zn	$\mu\text{g l}^{-1}$	<5	<1	<5	17,0	.	59
Hg	$\mu\text{g l}^{-1}$	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	.	31
TOC	mg l <sup>-1</sup>	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	.	33



Kuva 4.46.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Alakankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.

Sulfaatti- ja kloridipitoisuudet on koko maan mediaaneista noin puolet. Sulfaatin pitoisuustrendi on nouseva ja kloridin trendi laskeva.

Nitraattipitoisuus on jonkin verran alle valtakunnallisen mediaanitason.  $\text{NH}_4$ -pitoisuus on puolet valtakunnallisesta mediaanista ja trendi on laskeva.  $\text{PO}_4$ -pitoisuus on maan mediaanin nähden kaksinkertainen.

Taulukko 4.46.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Alakankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.  $Z$  = normalisoitu testisuure ja  $p$  = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia trendejä ei ole esitetty.

	$Z$	$p$	Trendin voimakkuus		$Z$	$p$	Trendin voimakkuus	
$Y_{25}$					Alk.			
pH					$\text{NO}_3$	-2,62	0,009	-1,23 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
$\text{NH}_4$	-3,61	<0,001	-0,144	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{PO}_4$			
Cl	-6,14	<0,001	-19,6	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$	7,70	<0,001	25,0 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
Na	3,67	<0,001	6,12	$\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>	K			
Ca					Mg			
Ca + Mg/ $\text{HCO}_3$					Al	-5,40	<0,001	-0,293 $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.46.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Alakankaan pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	$Y_{25}$	Alk.	pH	$\text{NO}_3$	$\text{NH}_4$	$\text{PO}_4$	Cl	$\text{SO}_4$	Na	K	Ca	Mg	Al
$Y_{25}$														
Alk.		,32***												
pH														
$\text{NO}_3$														
$\text{NH}_4$														
$\text{PO}_4$		-,23**	,19*											
Cl														
$\text{SO}_4$		,26**		-,17*				-,18*						
Na			,17*			-,21*		,21*						
K										,23**				
Ca		,23**	,19*		-,17*	-,22*		,21*	,36***					
Mg		,19*	,25**	-,18*	-,22**			,18*	,27***			,25**		
Al								-,26*					-,24*	
$\text{SiO}_2$		,42**			,36*	,45**		,44**						

\*  $p \leq 0,05$   
 \*\*  $p \leq 0,01$   
 \*\*\*  $p \leq 0,001$

## 4.47 Kullisuo

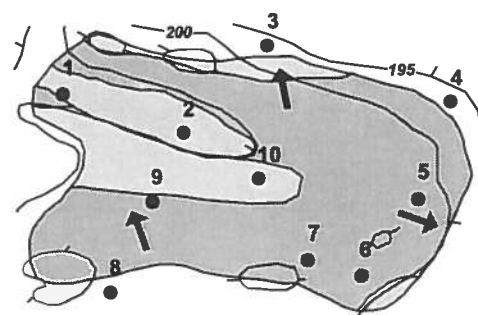
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Suomussalmen kunnassa (peruskarttalehti 4422 07 C ja vesistöalue 59.611). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,15 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 197...206 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.47.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on kaksiosainen drumliini, jossa selänteiden välissä on soistunut alue. Lajittuneitakin aineksia esiintyy. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 72,0 %, hiekkaa 17,6 % ja turvetta 10,4 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

Pohjaveden pääasiallinen virtaussuunta on kaakosta luoteeseen.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 6,0 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 3,0 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee läheisellä metsäisellä suolla. Näytteenottoaikaan ympäriltä metsä on hakattu 1980-luvun lopulla. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 1,0 l s<sup>-1</sup>.



1 : 10 000

0 100 200 m

	Sora gravel
	Hiekka sand
	Siltti silt
	Savi clay
	Kallio bedrock
	Moreeni till
	Turve peat

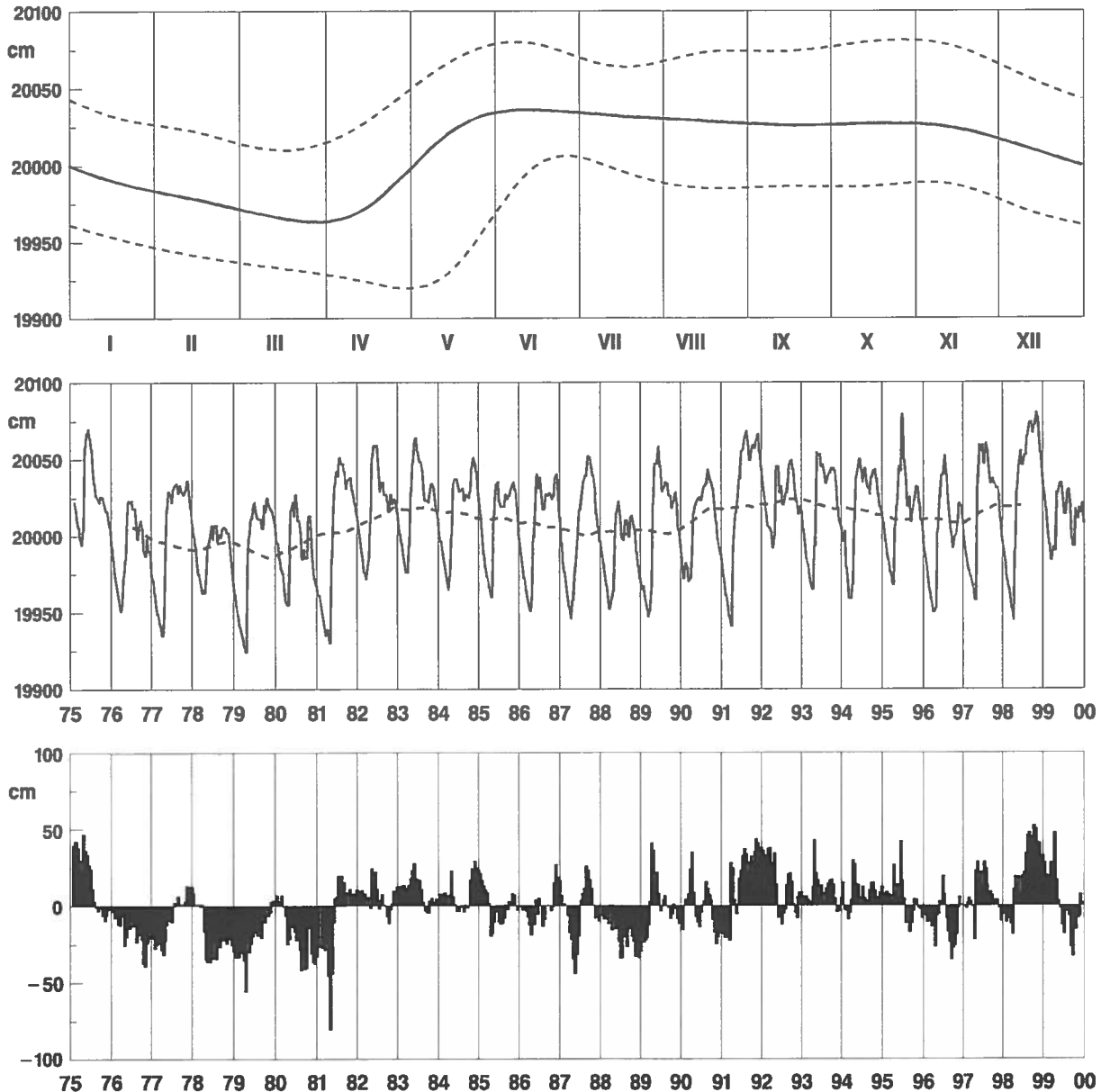
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

Kuva 4.47.1. Kullisuon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 374.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Kullisuon alueella oli 72 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1975-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 156 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1979 ja ylimmillään lokakuussa 1998. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.47.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981 ja 1988; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1991, 1992, 1993, 1994, 1997 ja 1998.



Kuva 4.47.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Kullisuon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 202,41 m.

## Pohjaveden laatu

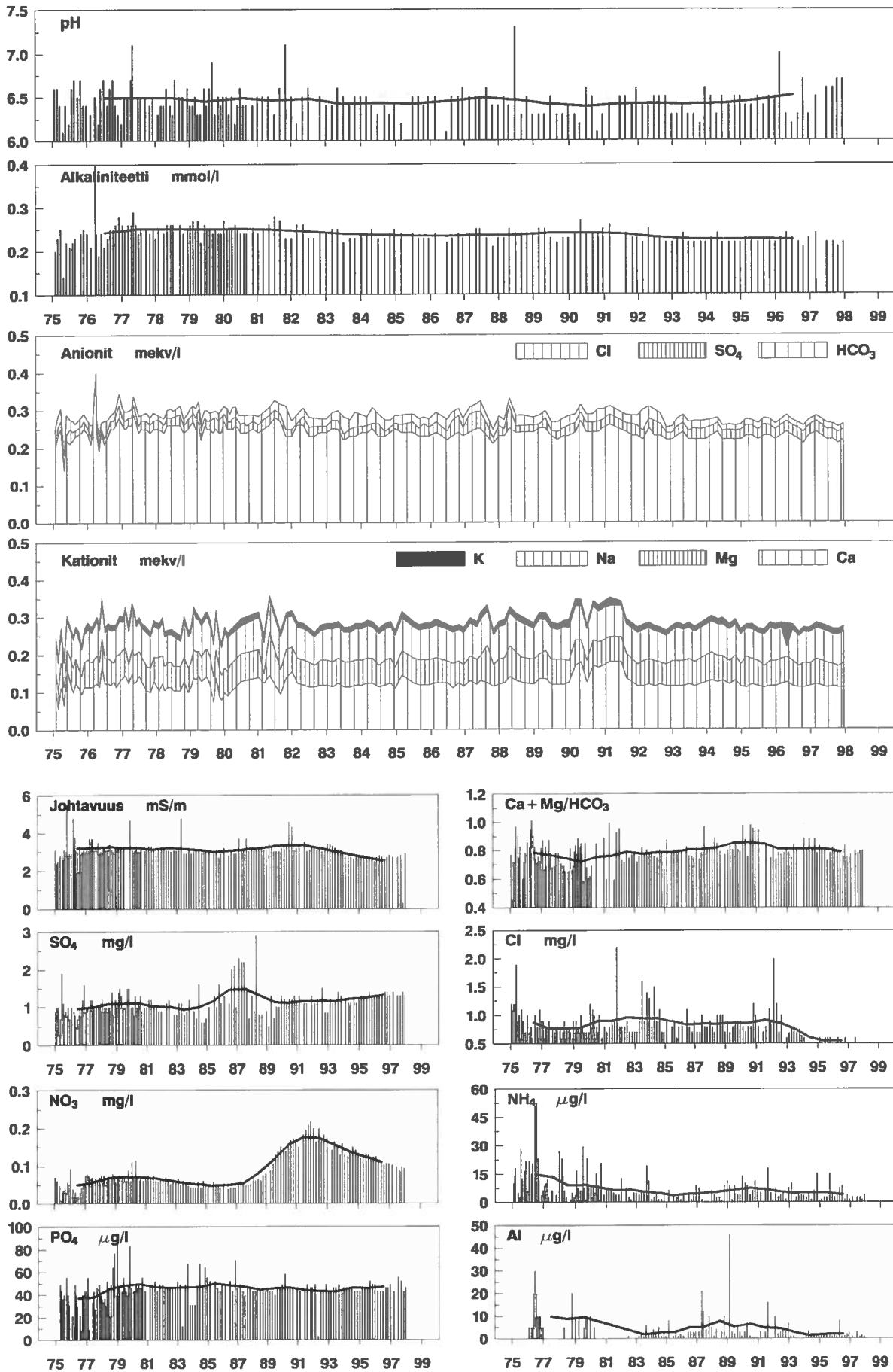
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1975 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.47.1.

Toistuvasti alle määrittelyrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  14,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 87,7%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 96,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 85,9%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 9,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 65,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 84,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 86,2%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 100%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 91,1%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 81,5%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 79,4%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.47.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.47.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.47.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat keskimääräistä pienempiä. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,2 yksikköä maan mediaania korkeampi. Alkaliniteetti on jonkin verran maan mediaanin yläpuolella, mutta trendi on laskeva. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on alle yhden. Emäskationien pitoisuudet ovat jonkin verran valtakunnallisten mediaanien alapuolella. Kaliumpitoisuus on trendianalyysin mukaan noussut ja magnesiumpitoisuus laskenut.

Taulukko 4.47.1. Kullisuon pohjavesiasemalta vuosina 1975-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	3,10	3,1	0,3	5,5	0,48	160
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,24	0,24	0,14	0,40	0,02	162
pH		6,46	6,5	6,0	7,3	0,18	164
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	100	67	12	710	108	65
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	19,2	16	2	49	10,0	159
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,1	4	<1	41	6,3	150
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	16,5	16	2	25	2,9	57
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	14,6	15	1	30	3,7	154
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	2,2	.	162
Fe	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	68	.	109
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	170	.	149
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,13	1,1	0,3	2,9	0,34	156
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,88	1,9	0,6	2,5	0,18	160
K	mg l <sup>-1</sup>	0,62	0,6	0,4	2,5	0,18	161
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,45	2,4	1,1	3,6	0,38	153
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,80	0,8	0,3	1,4	0,11	161
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,6	13,0	10,2	13,7	0,59	65
F	μg l <sup>-1</sup>	59,6	58	<20	210	33,2	113
Al	μg l <sup>-1</sup>	5,1	3	<1	46	6,7	100
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,60	.	45
Cu	μg l <sup>-1</sup>	2,73	1,0	<1	85,0	7,82	149
Pb	μg l <sup>-1</sup>	1,05	<1	<1	14,0	1,73	144
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,0	.	42
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	25,8	.	58
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,018	<0,01	<0,01	0,14	0,033	27
TOC	mg l <sup>-1</sup>	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	0,25	34



Kuva 4.47.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Kullisuon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997.



Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaanista alle kolmasosa. SO<sub>4</sub>-trendi on nouseva. Kloridipitoisuus on pieni.

Nitraattipitoisuus on pieni, mutta se on kohonnut selvästi 1980-luvun loppupuolella, ilmeisesti metsänhakkuun vaikutuksesta. Pitoisuusmaksimi oli vuonna 1992, jonka jälkeen pitoisuus on ollut laskusuunnassa. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on keskitason alapuolella ja trendi laskeva. Fosforipitoisuudet ovat maan mediaaneihin verrattuna yli kaksinkertaisia.

Taulukko 4.47.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Kullisuon pohjavesiasemalla vuosina 1975-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	-3,43	<0,001	-26,2	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	-6,82	<0,001	-0,678	µmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>	5,97	<0,001	4,12	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	-3,57	<0,001	-0,186	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>				
Cl	-4,86	<0,001	-12,8	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>	5,04	<0,001	13,6	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Na					K	2,18	0,029	4,74	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca					Mg	-2,96	0,003	-1,63	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	1,97	0,048	2,45	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al	-3,83	0,033	-0,162	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>

Taulukko 4.47.3 Pohjaveden laatumuuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Kullisuon pohjavesiasemalla vuosina 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.														
pH														
NO <sub>3</sub>														
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>														
Cl														
SO <sub>4</sub>														
Na														
K														
Ca														
Mg														
Al														
SiO <sub>2</sub>														

\* p ≤ 0,05  
 \*\* p ≤ 0,01  
 \*\*\* p ≤ 0,001

## 4.48 Könölä

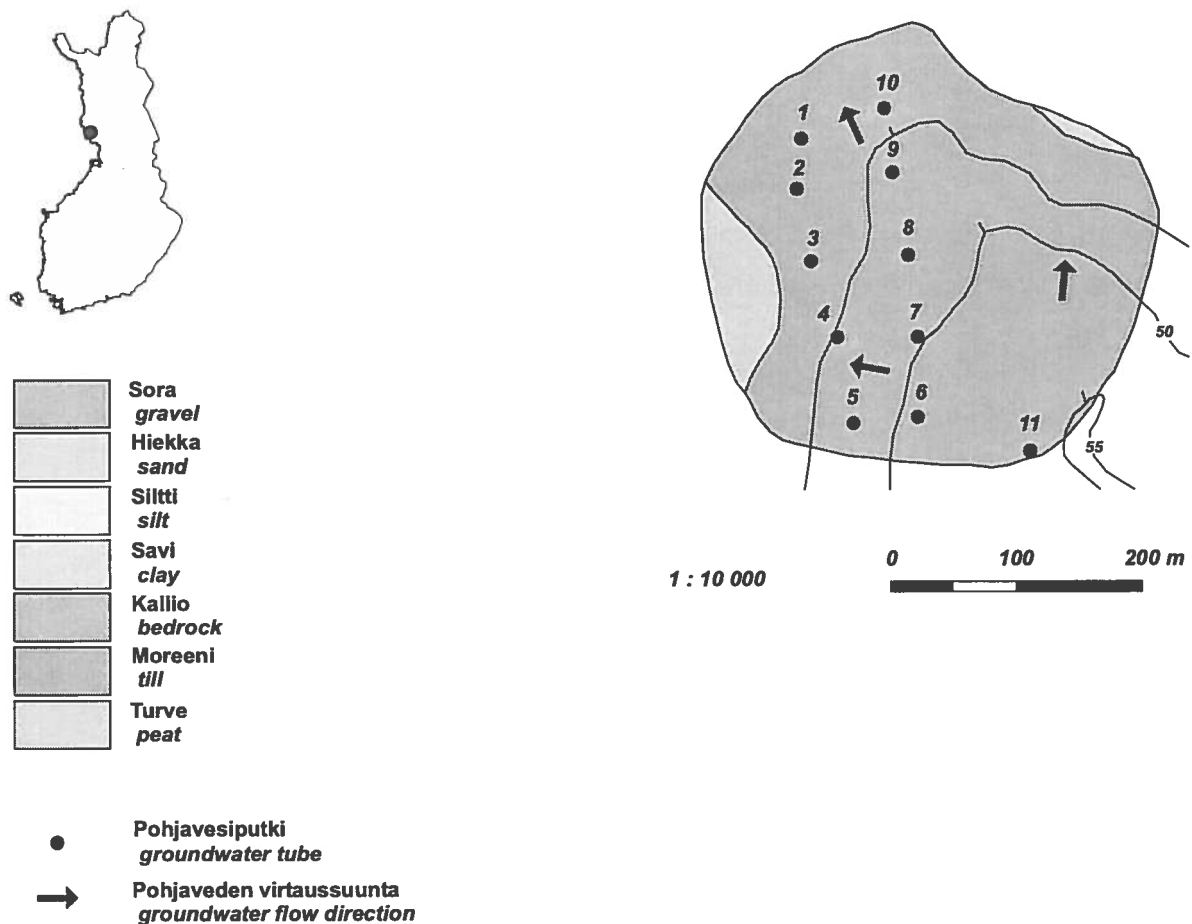
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Tornion kaupungissa (peruskarttalehti 2542 08 A ja vesistöalue 66.006). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,27 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 42...56 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.48.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sijaitsee moreenimäen luoteisrinteellä. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 92,9 % ja turvetta 7,1 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiilleliuske (Perttunen 1972).

Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakosta luoteeseen.

Näytteenottoaika on antoisuudeltaan vähäinen, pinta-alaltaan noin 1,5 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 1,0 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee läheisellä pellolla. Näytteenotto on lopetettu vuonna 1986.

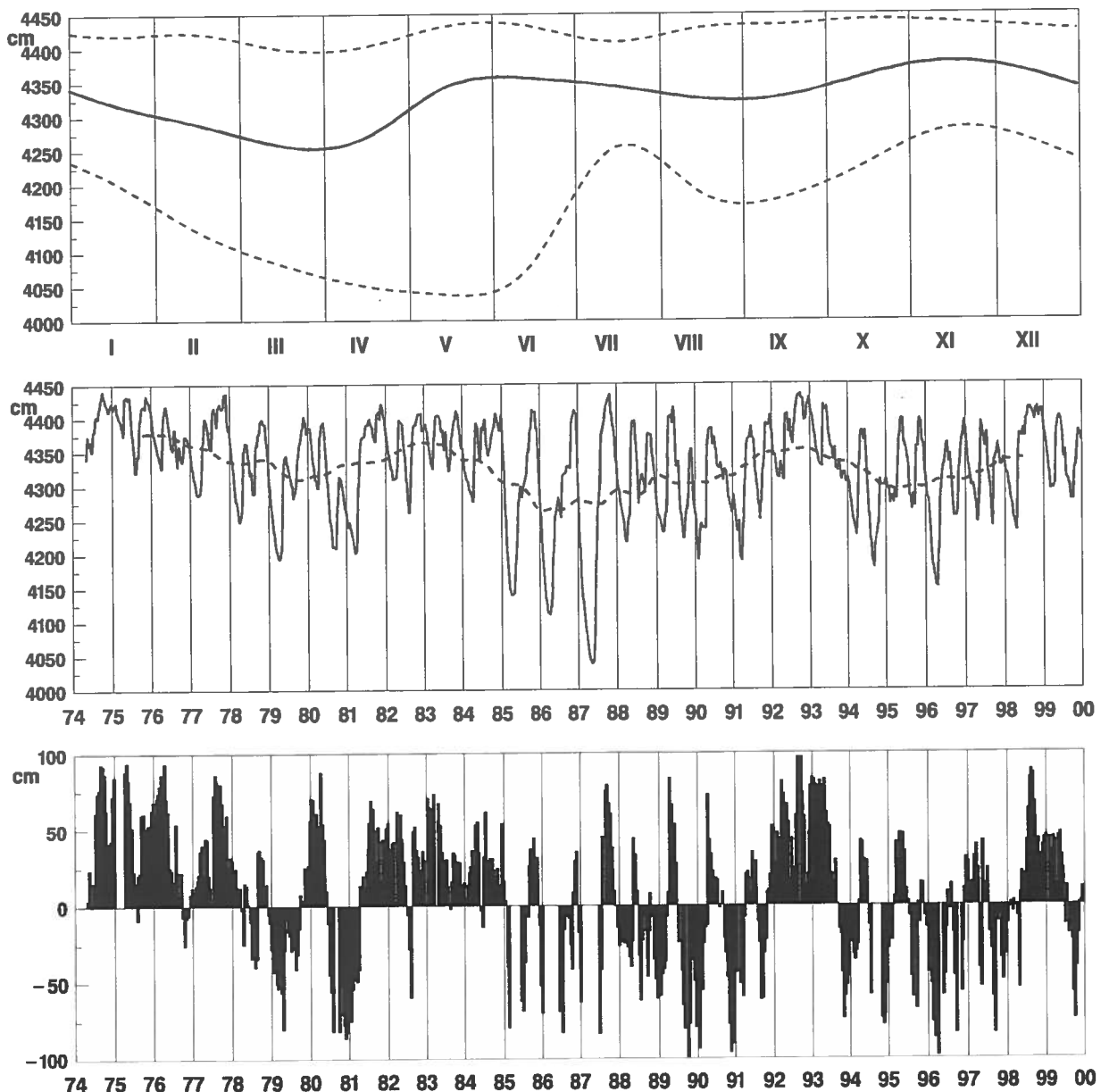


Kuva 4.48.1. Könölän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 375.

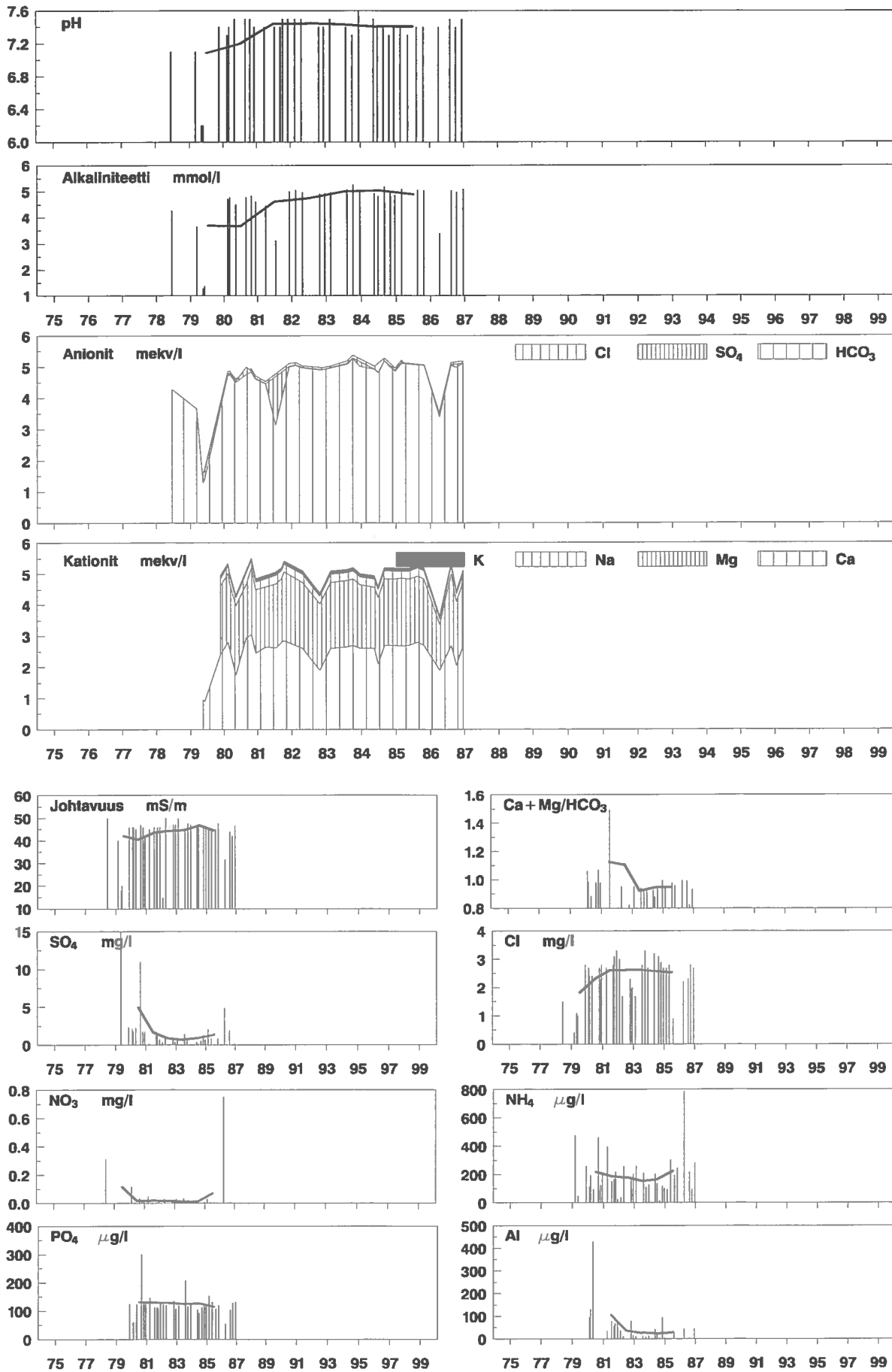
## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Könölän alueella oli 121 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan marraskuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 403 cm. Alimmillaan vedenpinta oli toukokuussa 1987 ja ylimmillään lokakuussa 1974. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.48.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1979, 1980, 1989 ja 1996; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1981, 1982, 1983, 1984, 1992, 1993 ja 1998.



Kuva 4.48.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Könölän pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999.



Kuva 4.48.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Könölän pohjavesiasemalla vuosina 1978-1986.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet on otettu vuosina 1978-86. Analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.48.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NO_3}$  40,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $Cl$  9,1%  $\leq 1 \text{mg l}^{-1}$ ,  $SO_4$  9,7%  $\leq 1 \text{mg l}^{-1}$ ,  $Mn$  5,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $Cu$  64,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja  $Pb$  80,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ .

Taulukko 4.48.1. Kõnõlån pohjavesiasemalta vuosina 1978-86 kerätystä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$Y_{25}$	$\text{mS m}^{-1}$	43,2	46,0	14,8	50,0	8,46	36
Alk.	$\text{mmol l}^{-1}$	4,55	4,92	1,28	5,26	0,96	33
pH		7,34	7,4	6,2	7,6	0,29	37
$N_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	354	300	190	790	186	8
$N_{NO_3}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	11,1	2	<1	170	31,7	32
$N_{NH_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	158	150	11	610	115	35
$P_{\text{tot}}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	69,9	48	40	200	46,0	13
$P_{PO_4}$	$\mu\text{g l}^{-1}$	40,9	39,5	18	98	13,3	32
Cl	$\text{mg l}^{-1}$	2,41	2,7	0,4	3,3	0,74	33
Fe	$\mu\text{g l}^{-1}$	1464	1400	680	2320	326	31
Mn	$\mu\text{g l}^{-1}$	383	430	3	480	138	35
$SO_4$	$\text{mg l}^{-1}$	2,41	1,3	0,1	15,0	3,80	31
Na	$\text{mg l}^{-1}$	5,58	5,8	2,5	6,5	0,92	30
K	$\text{mg l}^{-1}$	3,90	4,1	1,4	5,2	0,73	32
Ca	$\text{mg l}^{-1}$	49,1	53,0	18,0	61,0	10,2	31
Mg	$\text{mg l}^{-1}$	25,5	26,0	18,0	28,0	1,92	28
$SiO_2$	$\text{mg l}^{-1}$	14,5	14,9	11,7	15,4	1,28	7
F	$\mu\text{g l}^{-1}$	85,9	74	50	160	28,1	25
Al	$\mu\text{g l}^{-1}$	57,2	35	3	430	85,2	25
Cu	$\mu\text{g l}^{-1}$	3,76	<1	<1	30,0	6,53	33
Pb	$\mu\text{g l}^{-1}$	1,57	<1	<1	8,0	2,29	30
TOC	$\text{mg l}^{-1}$	6,30	6,9	4,8	7,2	1,31	3

## 4.49 Lautavaara

### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Rovaniemen maalaiskunnassa (peruskarttalehti 3614 06 A ja vesistö-alue 65.721). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,34 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 166...190 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.49.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue sisältää soraa ja hiekkaa. Alempana rinteessä on suota. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 87,0 % ja turvetta 13,0 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on graniitti.

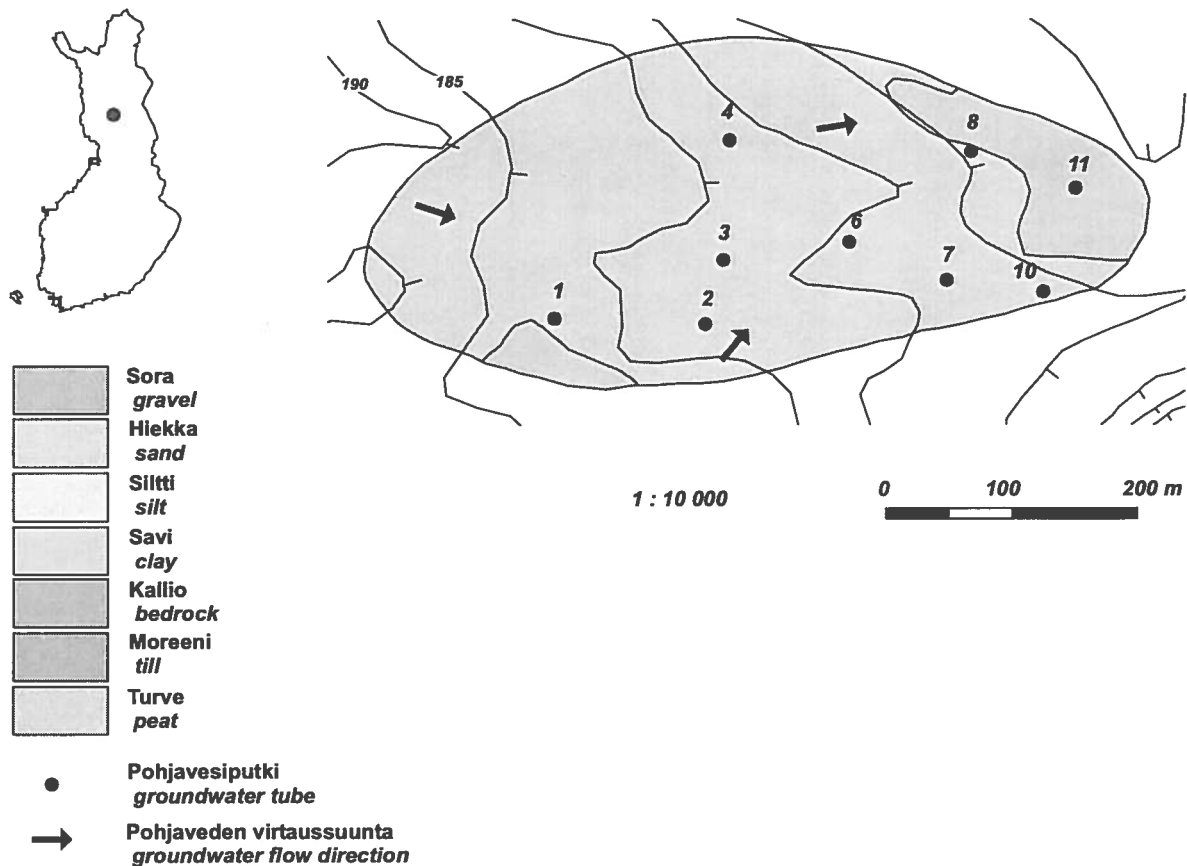
Pohjaveden päävirtaussuunta on lännestä itään.

Näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 0,7 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,2 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee metsässä noin 3 km asemalta länteen. Lähden arvioitu ylivuoto on noin 0,5 l s<sup>-1</sup>.

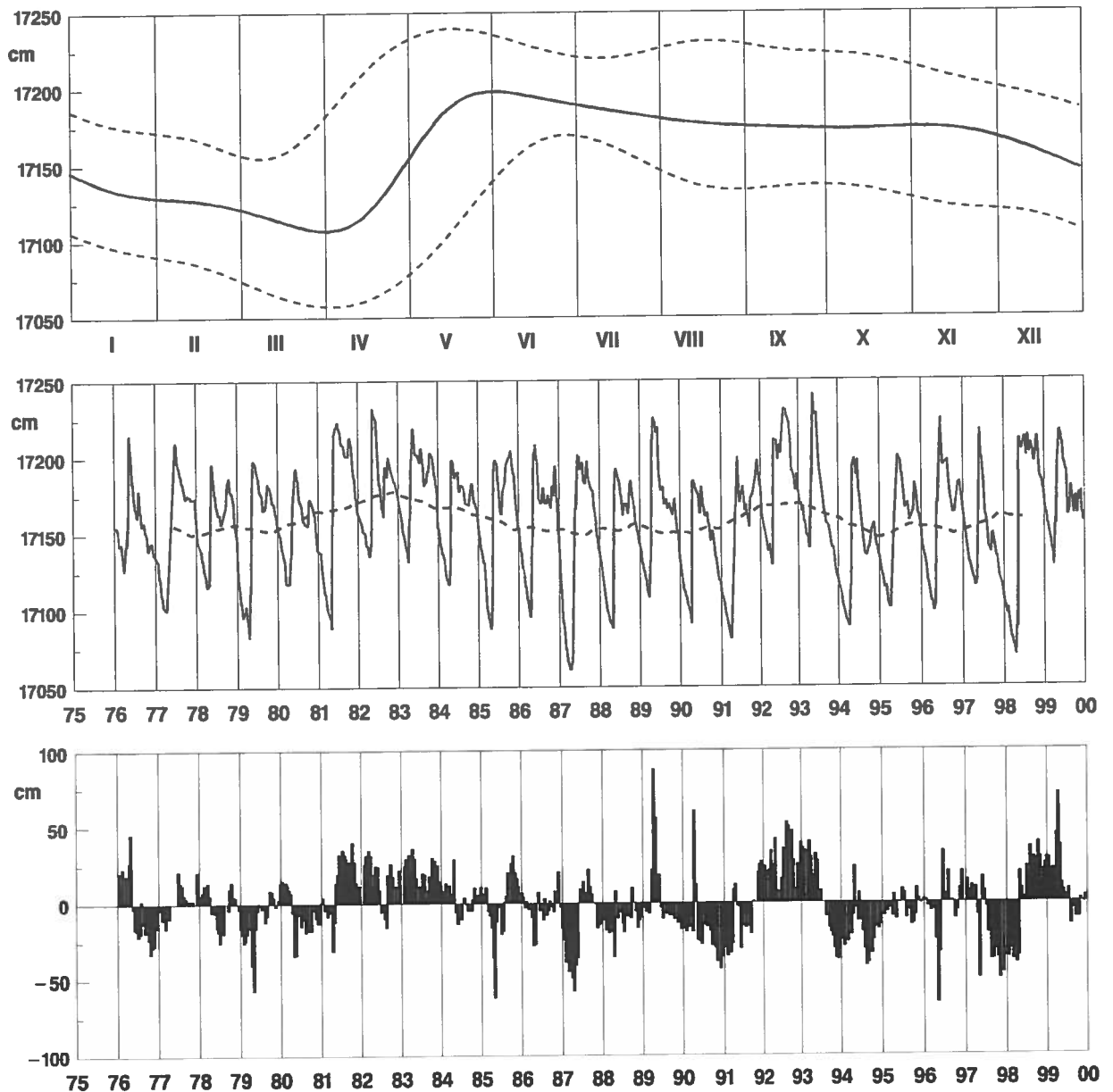
### Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Lautavaaran alueella oli 83 cm. Alimmillaan vedenpinta oli maaliskuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 179 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1987 ja ylimmillään toukokuussa 1993. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.49.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuu-kausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1987, 1990, 1991, 1994 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982, 1983, 1992 ja 1998.



Kuva 4.49.1. Lautavaaran pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 376.



Kuva 4.49.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Lautavaaran pohjavesiasemalla vuosina 1976-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 173,11 m.

### Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1989 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.49.1.

Toistuvasti alle määrittelyrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  21,2%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 96,1%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 82,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 96,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 6,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 89,6%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 95,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 78,0%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 87,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 89,1%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 82,6%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 72,0%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.49.2.

Taulukko 4.49.1. Lautavaaran pohjavesiasemalta vuosina 1989-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,84	2,9	2,2	3,8	0,38	52
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,18	0,18	0,11	0,25	0,03	47
pH		6,31	6,3	5,8	7,3	0,17	52
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	62,7	52	2	360	48,5	50
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	36,3	36,5	4	75	9,7	52
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	4,5	2,5	1	120	16,4	52
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	7,0	6	4	47	5,8	52
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,5	5	3	36	5,6	50
Cl	mg l <sup>-1</sup>	0,55	0,5	0,1	1,6	0,24	52
Fe	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	190	.	52
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	32	.	50
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,39	2,4	1,8	3,1	0,28	52
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,78	1,9	0,9	2,3	0,28	51
K	mg l <sup>-1</sup>	0,66	0,6	0,4	5,0	0,63	51
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,35	2,3	1,6	3,8	0,49	51
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,58	0,6	0,1	0,9	0,13	51
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	11,1	11,4	8,4	13,5	1,19	52
F	μg l <sup>-1</sup>	81,4	83,5	<20	150	27,7	48
Al	μg l <sup>-1</sup>	30,8	8	1	437	71,1	47
Cd	μg l <sup>-1</sup>	0,20	<0,1	<0,1	3,0	0,61	46
Cu	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	7,0	.	48
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	4,8	.	46
Ni	μg l <sup>-1</sup>	3,16	<1	<1	76,0	12,4	48
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	84,0	.	50
Hg	μg l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	.	23
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,81	<0,5	<0,5	7,4	1,53	25

Taulukko 4.49.2. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Lautavaaran pohjavesiasemalla vuosina 1989-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

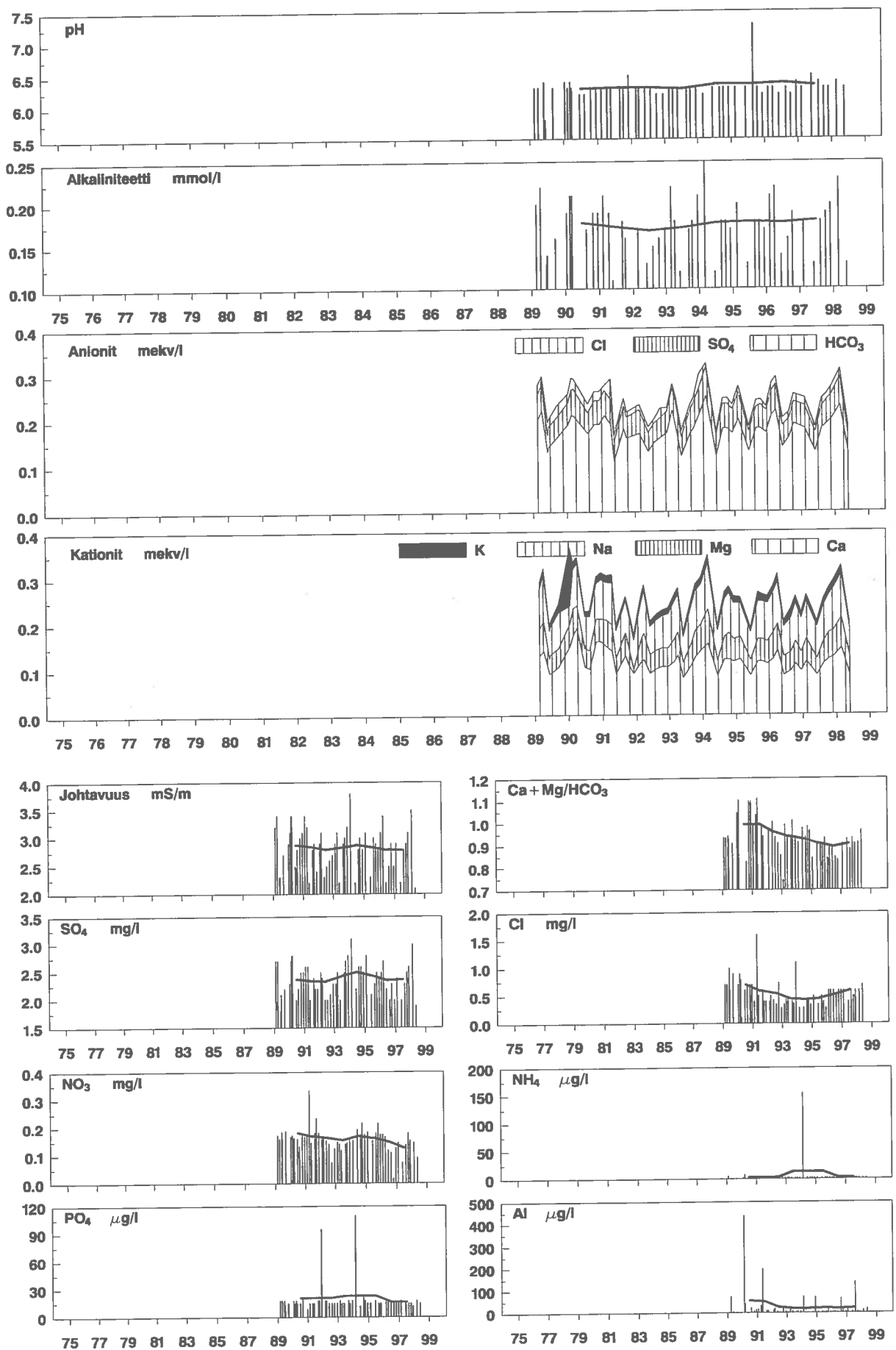
	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		-,91***												
pH		-,72***	,80***											
NO <sub>3</sub>				,44**										
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>														
Cl														
SO <sub>4</sub>														
Na		-,88***	,76***											
K		-,79***	,88***	,68***					,82***					
Ca		-,72***	,71***	,58***					,70***	,65***				
Mg		-,90***	,90***	,77***					,83***	,73***	,69***			
Al		-,84***	,90***	,72***					,88***	,86***	,71***	,83***		
SiO <sub>2</sub>		-,59***	,40*								,43*			
		-,76***	,84***	,73***					,80***	,75***	,63***	,82***	,75***	,35*

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001





Kuva 4.49.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Lautavaaran pohjavesiasemalla vuosina 1989-1998.

## 4.50 Vallovaara

### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Sallan kunnassa (peruskarttalehti 3643 08 B sekä 3643 09 A ja vesistöalue 65.372). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,89 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 199...230 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.50.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Pohjavesiasema sijaitsee kahden vaaran välissä. Aseman lävitse kulkee kapea harju, jonka ympärillä olevat painanteet ovat soistuneet. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 76,1 %, soraa 15,3 % ja turvetta 8,6 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioriitti (Lanerma 1976).

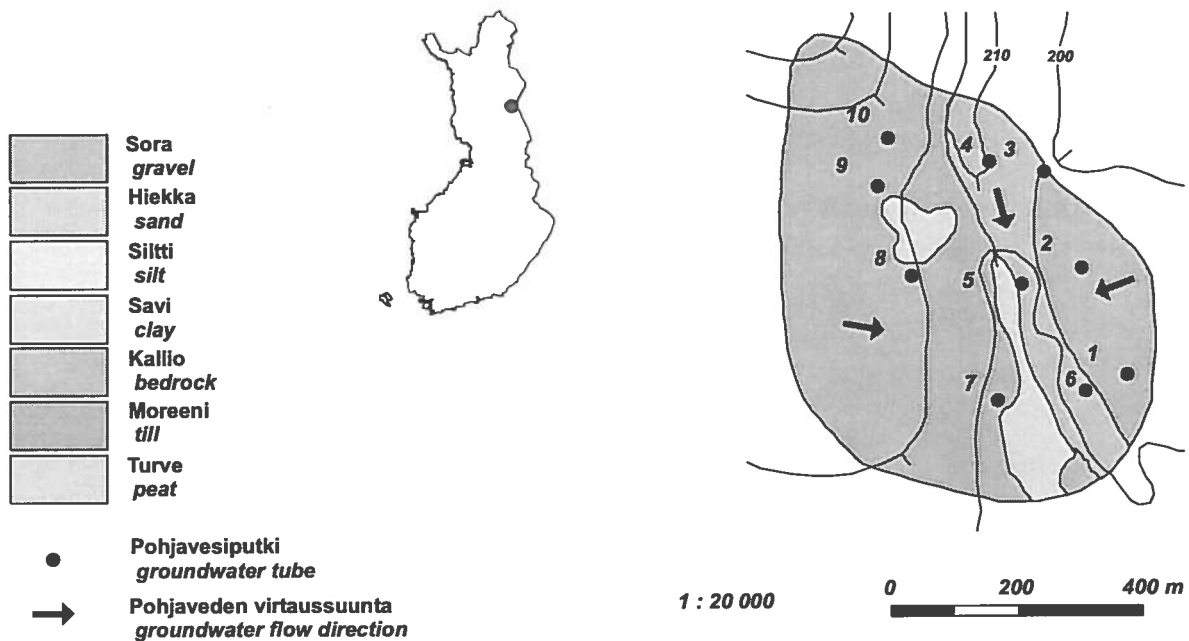
Pohjavesi virtaa vaarojen rinteiden suuntaisesti sekä harjua pitkin pohjoisesta etelään.

Pohjaveden näytteenottoaika on vaihdettu vuonna 1991. Vanha näytteenottoaika oli pinta-alaltaan noin 0,5 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,2 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsi metsässä noin 2 km asemalta etelään. Lähteen arvioitu ylivuoto oli noin 1 l s<sup>-1</sup>. Talvikuukausina lähteestä ei aina saatu näytettä. Nykyinen näytteenottoaika on pinta-alaltaan noin 10 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 7 m<sup>3</sup> lähde, joka sijaitsee puita kasvavalla suolla noin 2,5 km asemalta etelään. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 4 l s<sup>-1</sup>. Lähialueella on ojitettua suota.

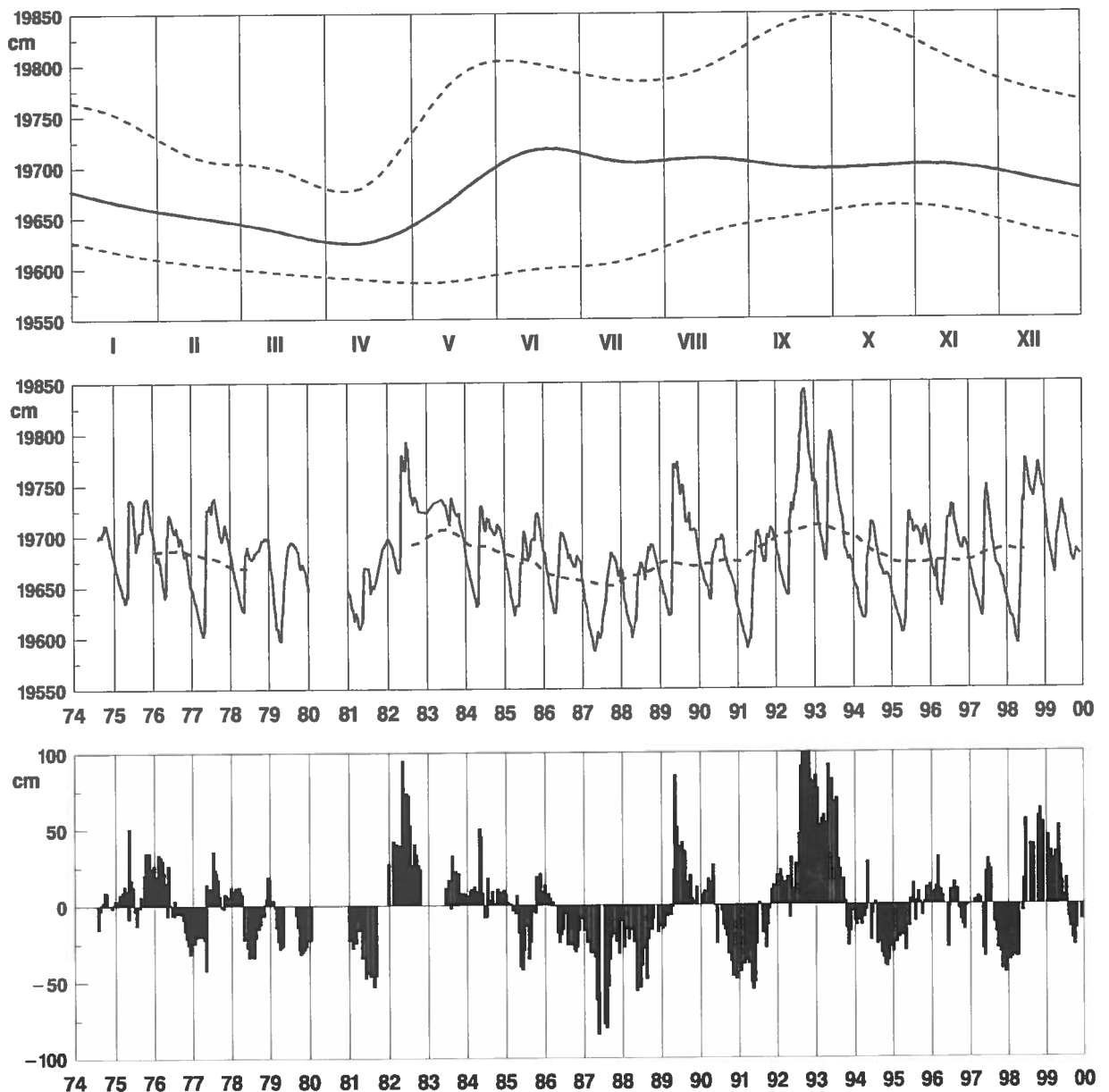
### Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Vallovaaran alueella oli 88 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 255 cm. Alimmillaan vedenpinta oli toukokuussa 1987 ja ylimmillään lokakuussa 1992. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.50.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1987, 1988, 1991 ja 1994; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1982, 1989, 1992 ja 1993.



Kuva 4.50.1. Vallovaaran pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 376.



Kuva 4.50.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Vallovaaran pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999.

### Pohjaveden laatu

Vanhasta näytteenotto paikasta pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1979-91. Analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.50.1.

Toistuvasti alle määrittäsrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  13,0%  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ ,  $P_{PO_4}$  22,7%  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ , Cl 90,0%  $\leq 1 mg l^{-1}$ , Fe 63,3%  $\leq 20 \mu g l^{-1}$ , Mn 88,6%  $\leq 20 \mu g l^{-1}$ , F 26,8%  $\leq 20 \mu g l^{-1}$ , Cu 80,4%  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ , Pb 100%  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ , Zn 50,0%  $\leq 5 \mu g l^{-1}$ , Cd 100%  $\leq 0,1 \mu g l^{-1}$  ja Hg 50,0%  $\leq 0,01 \mu g l^{-1}$ .

Sähkönjohtavuusarvot ovat lähellä maan keskiarvoa. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,4 yksikköä koko maan mediaania korkeampi ja alkaliniteetti jonkin verran valtakunnallista mediaania korkeampi. Emäskationeista magnesium on poikkeuksellisen voimakkaasti edustettuna. Natrium- ja kalsiumpitoisuudet ovat keskimääräistä pienempiä.

Sulfaattipitoisuus on lähellä koko maan mediaania. Kloridipitoisuus on pieni.

Nitraatti- ammonium- ja fosfaattipitoisuudet ovat alle valtakunnallisten mediaanien. Orgaanista hiiltä (TOC) esiintyy selvästi keskimääräistä enemmän.

Uudesta näytteenotto paikasta pohjavesinäytteitä on otettu vuodesta 1991 lähtien (taulukko 4.50.2). Näytteistä määritettyjen ainepitoisuuksien tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.50.2. Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti: Cl 85,4% ≤ 1 mg l<sup>-1</sup>, Fe 31,0% ≤ 20 µg l<sup>-1</sup>, Mn 90,2% ≤ 20 µg l<sup>-1</sup>, F 9,5% ≤ 20 µg l<sup>-1</sup>, Cu 78,0% ≤ 1 µg l<sup>-1</sup>, Pb 80,5% ≤ 1 µg l<sup>-1</sup>, Zn 70,7% ≤ 5 µg l<sup>-1</sup>, Ni 100% ≤ 1 µg l<sup>-1</sup>, Cd 92,7% ≤ 0,1 µg l<sup>-1</sup>, Hg 85,0% ≤ 0,01 µg l<sup>-1</sup> ja TOC 36,0% ≤ 0,5 mg l<sup>-1</sup>. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.50.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.50.3. Pohjaveden koostumus Vallovaaran uudella näytteenotto paikalla poikkeaa huomattavasti vanhasta. Elektrolyyttipitoisuus on selvästi korkeampi uudessa pisteessä. Alkaliniteetti on kaksinkertainen ja sulfaattipitoisuus noin puolet verrattuna vanhaan näytteenotto paikkaan. Emäskationien pitoisuudet ovat magnesiumia lukuunottamatta selvästi korkeampia. Myös SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on huomattavasti korkeampi, mikä viittaa pohjaveden pidempään kiertoaikaan maaperässä.

Taulukko 4.50.1. Vallovaaran pohjavesiasemalta vuosina 1979-91 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	4,16	4,3	1,5	6,8	0,83	52
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,26	0,27	0,12	0,50	0,065	47
pH		6,68	6,7	5,2	7,7	0,31	52
N <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	233	175	100	670	145	28
N <sub>NO3</sub>	µg l <sup>-1</sup>	36,6	20	2	220	40,7	51
N <sub>NH4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	3,8	3	1	15	2,8	46
P <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	12,1	8	3	67	13,2	31
P <sub>PO4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	4,0	3	<1	20	3,8	44
Cl	mg l <sup>-1</sup>	0,87	0,8	0,5	2,6	0,32	50
Fe	µg l <sup>-1</sup>	30,6	<20	<20	194	38,8	49
Mn	µg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	48	.	35
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,09	4,0	1,0	7,4	1,10	49
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,10	1,1	0,8	3,0	0,32	47
K	mg l <sup>-1</sup>	0,90	0,9	0,2	1,3	0,20	46
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,44	2,4	1,7	5,1	0,56	47
Mg	mg l <sup>-1</sup>	2,63	2,7	0,05	3,7	0,54	48
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	11,5	11,2	6,2	21,6	3,37	25
F	µg l <sup>-1</sup>	42,4	30	<10	240	39,6	41
Al	µg l <sup>-1</sup>	64,4	49	1	315	63,8	41
Cd	µg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	.	8
Cu	µg l <sup>-1</sup>	2,73	<1	<1	80,0	11,7	46
Pb	µg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	0,5	.	39
Ni	µg l <sup>-1</sup>	2,46	2,0	1,8	4,2	0,77	12
Zn	µg l <sup>-1</sup>	16,7	5,9	<5	97,0	32,7	8
Hg	µg l <sup>-1</sup>	0,044	0,035	<0,01	0,10	0,045	4
TOC	mg l <sup>-1</sup>	7,42	4,3	3,9	17,2	5,68	5

Taulukko 4.50.2. Vallovaaran pohjavesiasemalta vuosina 1991-1997 (uusi näytteenottopiste) kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	8,40	8,05	6,0	11,2	1,85	42
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,72	0,70	0,42	1,06	0,18	42
pH		6,98	6,9	6,5	7,6	0,25	42
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	250	200	120	1700	250	41
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	127	120	5	210	42,5	42
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	6,4	2,5	1	98	15,1	42
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	35,3	30	15	150	25,6	42
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	29,8	25	1	140	24,9	42
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,9	.	41
Fe	μg l <sup>-1</sup>	124	37	<20	1300	267	42
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	37	.	41
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,38	2,0	1,4	4,6	0,89	42
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,79	2,8	0,2	3,5	0,52	41
K	mg l <sup>-1</sup>	1,47	1,4	1,0	1,9	0,32	41
Ca	mg l <sup>-1</sup>	8,10	8,0	3,8	12,0	2,37	40
Mg	mg l <sup>-1</sup>	3,31	3,35	1,9	4,8	0,80	40
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	21,8	22,0	10,0	24,0	2,18	40
F	μg l <sup>-1</sup>	68,9	79	<20	100	23,9	42
Al	μg l <sup>-1</sup>	34,1	15	<1	400	65,5	40
Cd	μg l <sup>-1</sup>	0, <1	<0,1	<0,1	0,20	.	41
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,41	<1	<1	16,0	2,51	41
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	5,0	.	41
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,0	.	41
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	17,0	.	41
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,01	<0,01	<0,01	0,07	0,015	20
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,24	0,7	<0,5	7,1	1,64	25

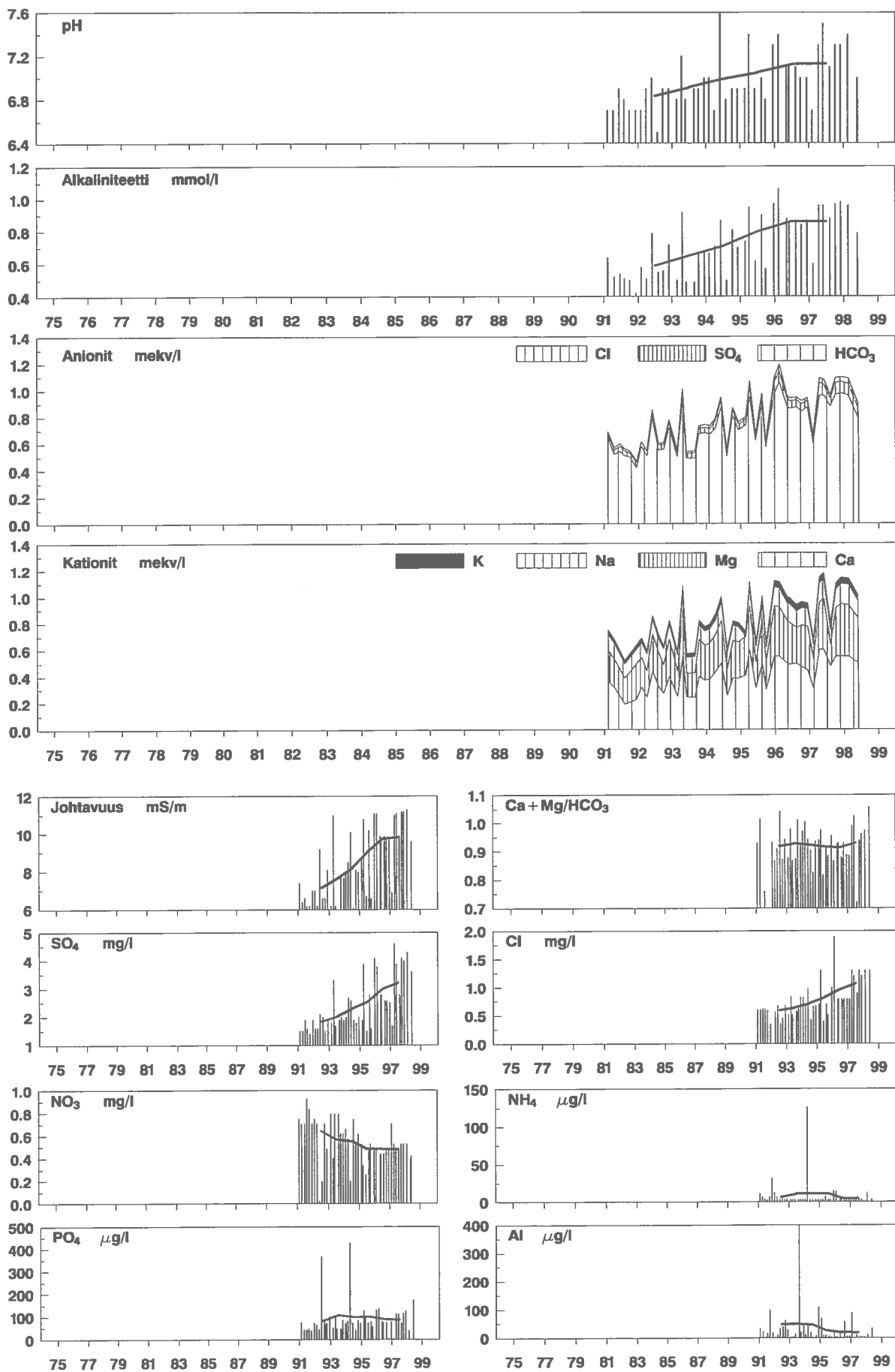
Taulukko 4.50.3. Pohjaveden laatuomuuksien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Vallovaaran pohjavesiasemalla vuosina 1979-91. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyydystason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,82***												
pH	,34*	,47***	,56***											
NO <sub>3</sub>	-,38*	,54***	,56***	,29*										
NH <sub>4</sub>	-,53***			-,33*										
PO <sub>4</sub>		,48***	,54***		,65***									
Cl														
SO <sub>4</sub>								-,36*						
Na		,48***	,49***	,41**	,59***									
K					,43**					,32*				
Ca		,68***	,60***	,33*	,41**		,35*				,39**			
Mg		,67***	,79***	,46***	,56***		,52***			,38*		,73***		
Al											-,35*			
SiO <sub>2</sub>	,56**	,75***	,87***	,72***	,50*	-,60**				,65***		,53**	,60**	

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001



Kuva 4.50.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Vallovaaran pohjavesiasemalla vuosina 1991-1998.

## 4.51 Sodankylä

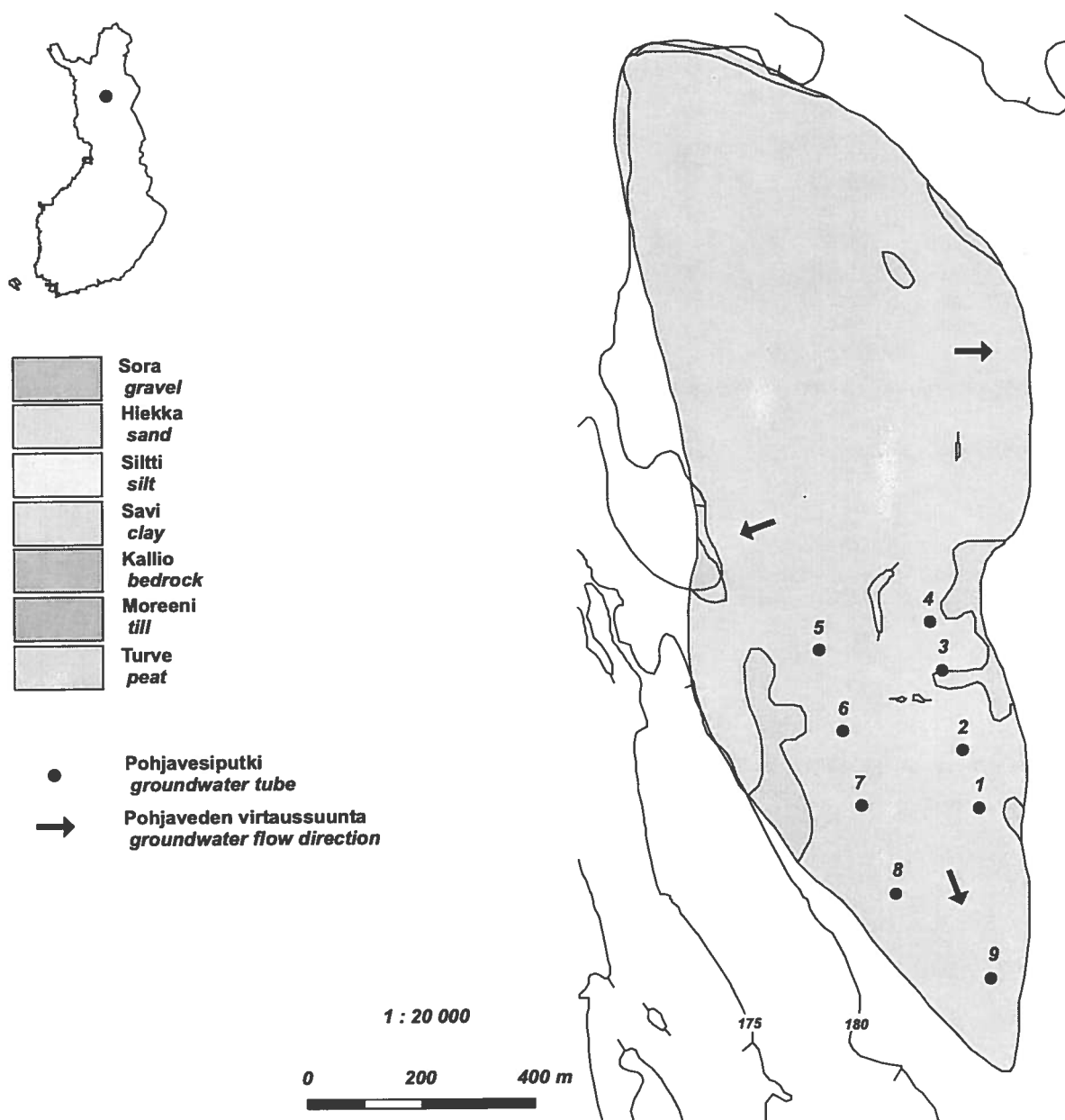
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Sodankylän kunnassa (peruskarttalehti 3713 08 B ja vesistöalue 65.814). Tutkimusalueen pinta-ala on 2,38 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 179...184 m N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.51.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on Kitisen rannalla oleva delta. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 93,8 % ja turvetta 6,2 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on kiilleliuske (Tyrväinen 1979).

Pohjavesi virtaa kohti ympäröiviä soita.

Pohjavesinäyte otetaan pinta-alaltaan noin 1,5 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 0,7 m<sup>3</sup> lähteestä, joka sijaitsee metsän ja suon välimaastossa noin 3 km asemalta etelään. Lähteen arvioitu ylivuoto on noin 0,5 l s<sup>-1</sup>. Alueella on suoritettu harvennushakkuuta 1990-luvun alussa.

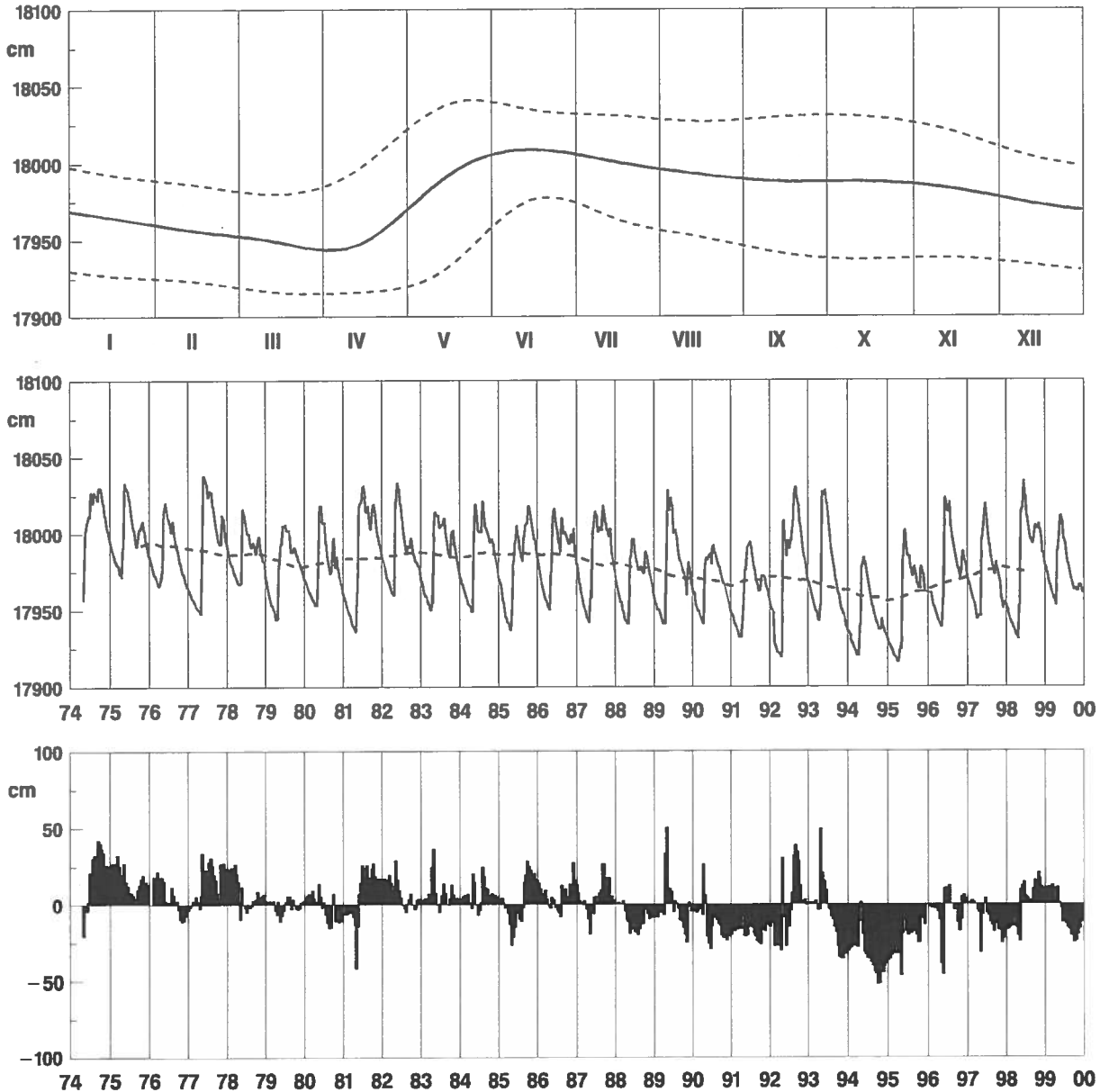


Kuva 4.51.1. Sodankylän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 377.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Sodankylän alueella oli 61 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 122 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1995 ja ylimmillään toukokuussa 1977. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.51.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1990, 1991, 1993, 1994 ja 1995; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1974, 1975, 1977 ja 1981.



Kuva 4.51.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Sodankylän pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 181,49 m.



## Pohjaveden laatu

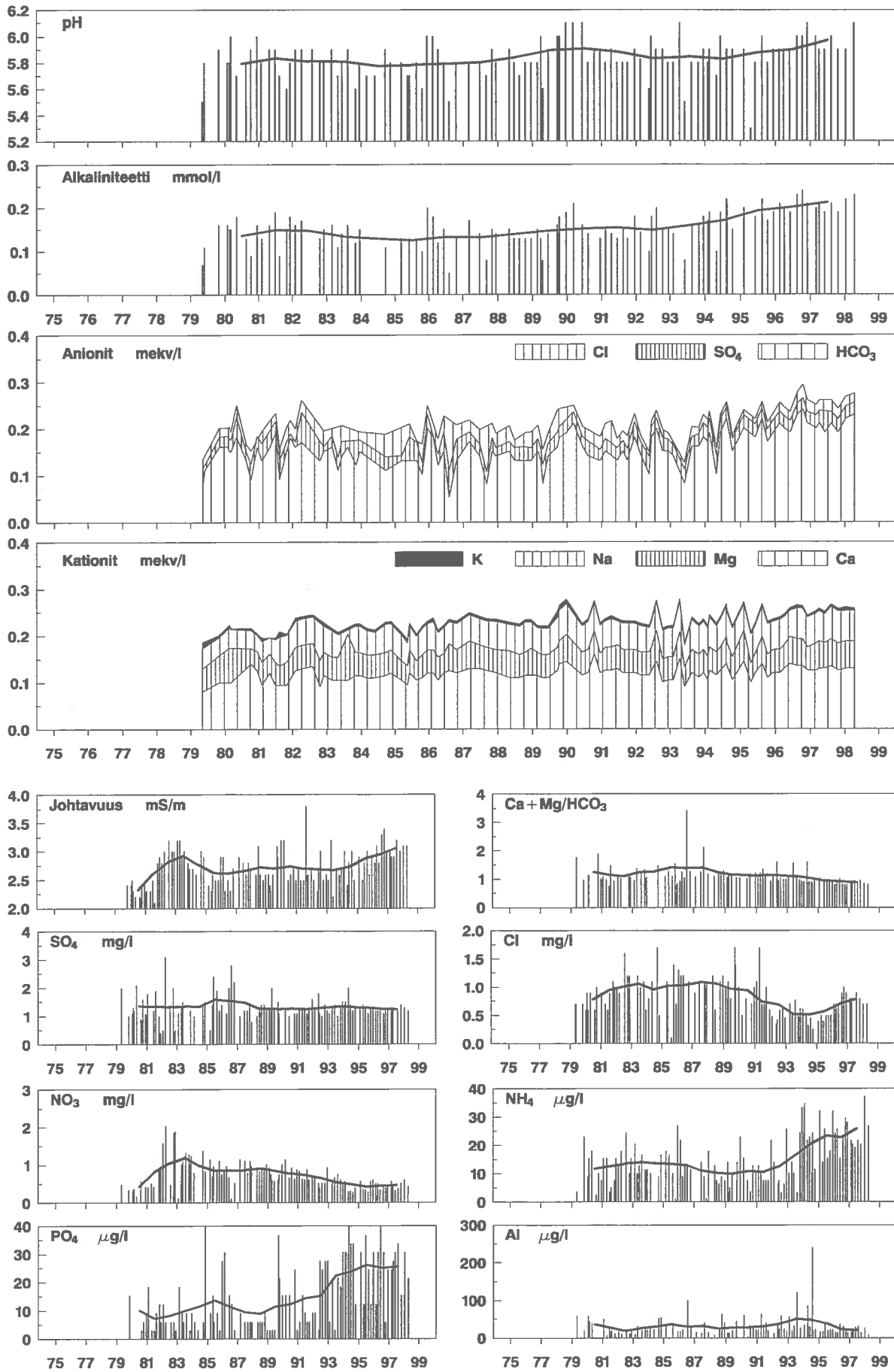
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1979 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.51.1.

Toistuvasti alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $P_{PO_4}$  13,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 73,9%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , F 66,3%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 87,0%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 90,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 79,2%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 89,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 96,1%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 76,9%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.51.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.51.3.

Pohjaveden laadun aikasarjat on esitetty kuvassa 4.51.3. Sähkönjohtavuusarvot ovat alle maan mediaanin. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,5 yksikköä koko maan mediaania pienempi, mutta trendi on nouseva. Alkaliniteetilla on nouseva trendi ja jakson lopulla alkaliniteetti on noussut valtakunnallisen mediaanin tasolle. Alkaliniteetin minimiarvot esiintyvä melko säännönmukaisesti kevätulannan aikoihin. Vahvojen happojen vaikutusta kuvaava suhde Ca+Mg/HCO<sub>3</sub> on keskimäärin 1,2, mutta trendi on laskeva. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat selvästi keskimääräistä pienempiä.

Taulukko 4.51.1. Sodankylän pohjavesiasemalta vuosina 1979-1997 kerätystä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, mini- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,71	2,7	2,0	3,8	0,32	106
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,15	0,15	0,05	0,24	0,04	98
pH		5,84	5,8	5,3	6,1	0,14	106
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	283	250	4	2170	237	73
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	160	140	1	460	84,8	103
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	11,4	11	1	27	6,1	103
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	11,1	8	1	110	13,4	79
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	5,0	4	1	13	3,6	97
Cl	mg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,7	.	96
Fe	μg l <sup>-1</sup>	778	670	39	1843	482	92
Mn	μg l <sup>-1</sup>	172	120	16	710	152	102
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	1,33	1,3	0,4	3,1	0,42	97
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,30	1,3	0,8	1,6	0,18	96
K	mg l <sup>-1</sup>	0,22	0,2	0,1	0,5	0,07	94
Ca	mg l <sup>-1</sup>	2,36	2,4	1,6	3,2	0,29	95
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,63	0,6	0,4	1,2	0,11	99
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	7,72	7,8	5,5	9,6	0,88	73
F	μg l <sup>-1</sup>	21,2	<20	<20	140	20,3	83
Al	μg l <sup>-1</sup>	32,0	24	2	240	30,1	89
Cd	μg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,60	.	51
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,32	<1	<1	29,0	3,51	92
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	5,0	.	87
Ni	μg l <sup>-1</sup>	<1	1,0	<1	4,9	0,70	49
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	17,7	.	48
Hg	μg l <sup>-1</sup>	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	.	26
TOC	mg l <sup>-1</sup>	2,30	1,6	0,5	11,0	2,04	33



Kuva 4.51.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Sodankylän pohjavesiasemalla vuosina 1979-1998.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 2,5 mg l<sup>-1</sup> pienempi ja pitoisuus on pysynyt melko tasaisena tutkimusjakson aikana. Kloridipitoisuus on valtakunnallisesta mediaanista noin puolet ja trendi on laskeva.

Nitraattipitoisuus on koko maan mediaaniin verrattuna kolminkertainen. NO<sub>3</sub>-pitoisuus on kohonnut melko voimakkaasti 1980-luvun alussa, jonka jälkeen pitoisuus on ollut laskusuunnassa. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuuksilla on erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio. Molemmat pitoisuudet ovat kohonneet 1990-luvulla. SiO<sub>2</sub>- ja F-pitoisuudet ovat huomattavasti valtakunnallisten mediaanipitoisuuksien alapuolella.

Taulukko 4.51.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Sodankylän pohjavesiasemalla vuosina 1979-1997. Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus	
Y <sub>25</sub>	3,80	<0,001	28,4	μS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Alk.	5,47	<0,001	4,34 μmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH	3,73	<0,001	0,0084	pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub>	-3,83	<0,001	-15,3 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>	3,72	<0,001	0,533	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub>	5,22	<0,001	1,06 μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	-3,63	<0,001	-20,0	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>			
Na	8,74	<0,001	26,0	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K			
Ca	4,62	<0,001	27,6	μg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg			
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	-5,27	<0,001	-29,2	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al			

Taulukko 4.51.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Sodankylän pohjavesiasemalla vuosina 1979-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		,50***												
pH		,34**	,64***											
NO <sub>3</sub>		,40***												
NH <sub>4</sub>	-,28*	,27*	,43***											
PO <sub>4</sub>	-,24*	,24*	,55***	,42***	-,35**	,40***								
Cl			-,27*		,46***									
SO <sub>4</sub>			-,31**	-,24*			-,35**							
Na		,55***	,31**	,32**										
K							,49***	,31**		,37***				
Ca		,46***	,36**	,39***										
Mg		,35**	,29*											
Al				-,26*	-,29*	-,28*		-,28*	,31*					
SiO <sub>2</sub>		,44***	,68***	,43**	-,40**		,51***	-,54***		-,65***		,32*		

\* p ≤ 0,05

\*\* p ≤ 0,01

\*\*\* p ≤ 0,001

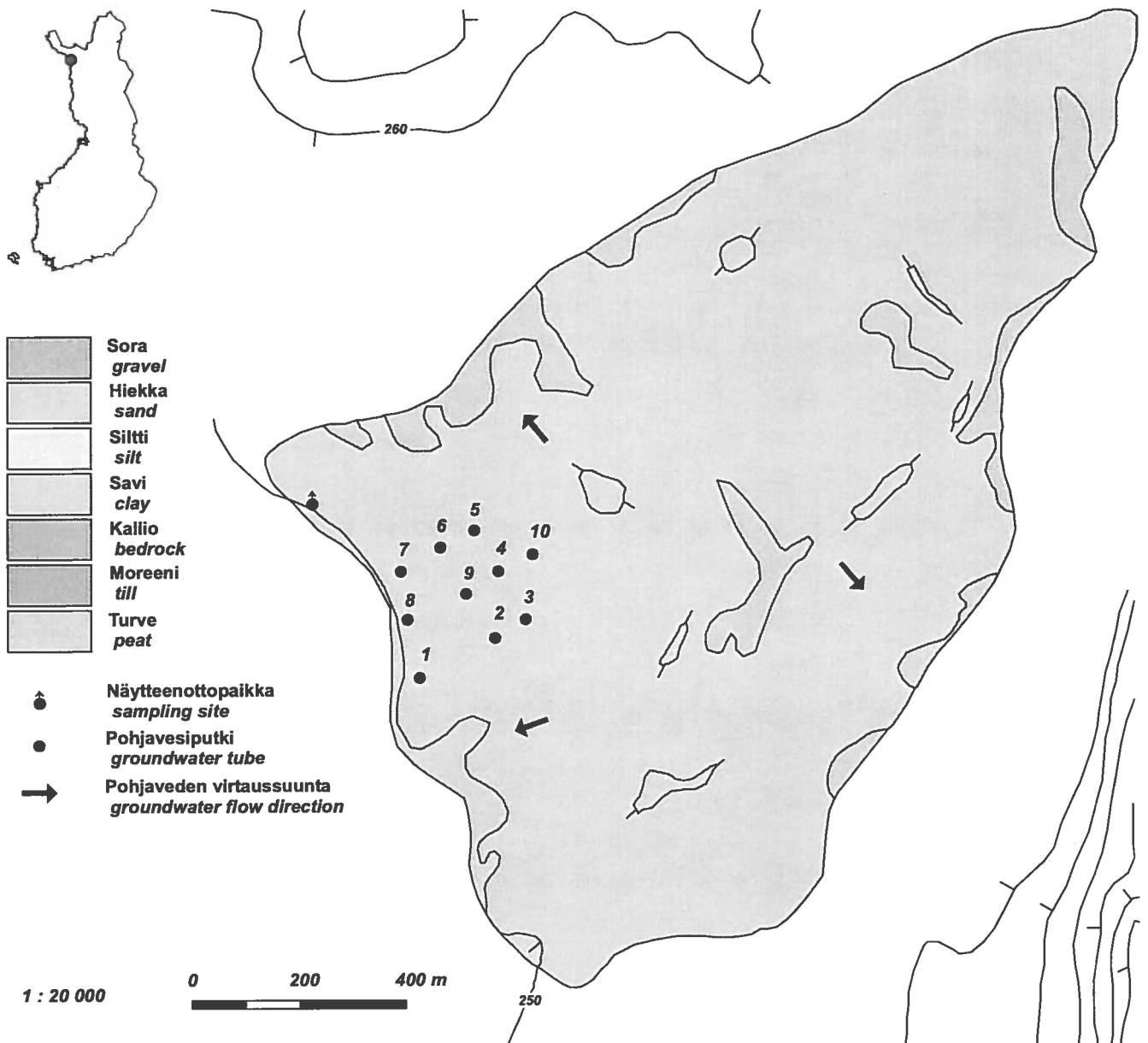
## 4.52 Muonio

### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Muonion kunnassa (peruskarttalehti 2724 05 A ja vesistöalue 67.431). Tutkimusalueen pinta-ala on 4,17 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 253...260 N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.52.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Pohjavesiasema on osa laajaa hiekkamuodostumaa. Muodostumisalueen pintamaalajeista hiekkaa on 92,5 % ja turvetta 7,5 %. Kallioperän vallitseva kivilaji on granodioniitti (Lehtonen 1980). Pohjaveden päävirtaussuunta on koillisesta lounaaseen.

Pohjavesinäyte otettiin aikaisemmin pinta-alaltaan noin 3,0 m<sup>2</sup> ja tilavuudeltaan noin 1,0 m<sup>3</sup> lähteestä, joka sijaitsi niityllä. Vuodesta 1988 lähtien näyte on otettu betonirenkailla suojatusta lähteestä, joka sijaitsee harjumaan ja suon välimaastossa. Lähteen pinta-ala on noin 0,5 m<sup>2</sup>, tilavuus noin 0,4 m<sup>3</sup> ja arvioitu ylivuoto 0,5 l s<sup>-1</sup>. Noin 100 metrin etäisyydellä lähteestä on vanha soranottoaika.

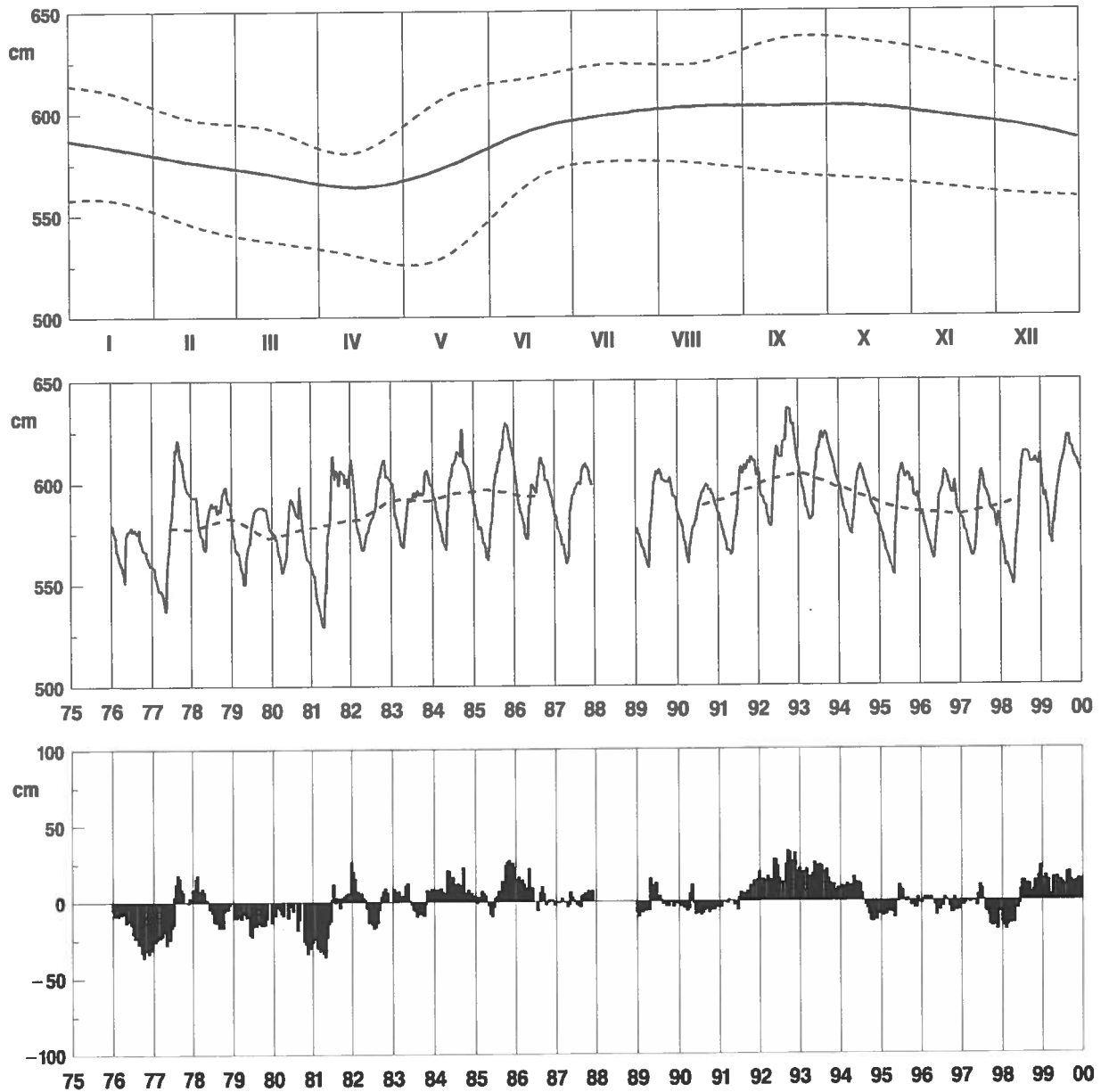


Kuva 4.52.1. Muonion pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 378.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnankorkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Muonion alueella oli 39 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan syyskuussa.

Tarkasteltavan jakson 1976-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 107 cm. Alimmillaan vedenpinta oli toukokuussa 1981 ja ylimmillään syyskuussa 1992. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.52.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuukausikeskiarvot. Vuodelta 1988 ei ole havaintoja. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1977, 1980 ja 1981; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1984, 1985, 1986, 1992 ja 1993.



Kuva 4.52.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhäällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Muonion pohjavesiasemalla vuosina 1976-1987 ja 1989-1999. Keskimääräinen maanpinnan korkeus pohjavesiputkien kohdalla on 10,06 m.

## Pohjaveden laatu

Pohjavesinäytteitä on otettu vuosina 1978-88. Analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.52.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  8,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 59,6%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 9,4%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 73,7%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 20,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 74,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Pb 97,7%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ . Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.52.3.

Sähkönjohtavuusarvot ovat selvästi alle maan mediaanin. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,2 yksikköä koko maan mediaania pienempi. Alkaliniteetti on erittäin pieni ja Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on yli yhden. Emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet ovat selvästi keskimääräistä pienempiä.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on koko maan mediaania 1,5 mg l<sup>-1</sup> pienempi. Kloridipitoisuus on noin kolmasosan valtakunnallista mediaania pienempi.

Nitraattipitoisuus on koko maan mediaaniin verrattuna kuusinkertainen. NH<sub>4</sub>-pitoisuus on valtakunnallista mediaanitasoa. PO<sub>4</sub>-pitoisuus on lähes kolminkertainen maan mediaaniin verrattuna. SiO<sub>2</sub>- ja F-pitoisuudet ovat noin puolet valtakunnallisista mediaanipitoisuuksista.

Pohjavesinäytteitä on Muonion uudesta näytteenottopisteestä otettu vuodesta 1987 lähtien (taulukko 4.52.2). Näytteistä määritetyt ainepitoisuuksien tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.52.2. Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  8,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cl 14,6%  $\leq 1 \text{ mg l}^{-1}$ , Fe 56,1%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 74,6%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 94,2%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 70,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 93,5%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 71,4%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 89,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 95,6%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$  ja Hg 71,4%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$ .

Taulukko 4.52.1. Muonion pohjavesiasemalta vuosina 1978-88 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

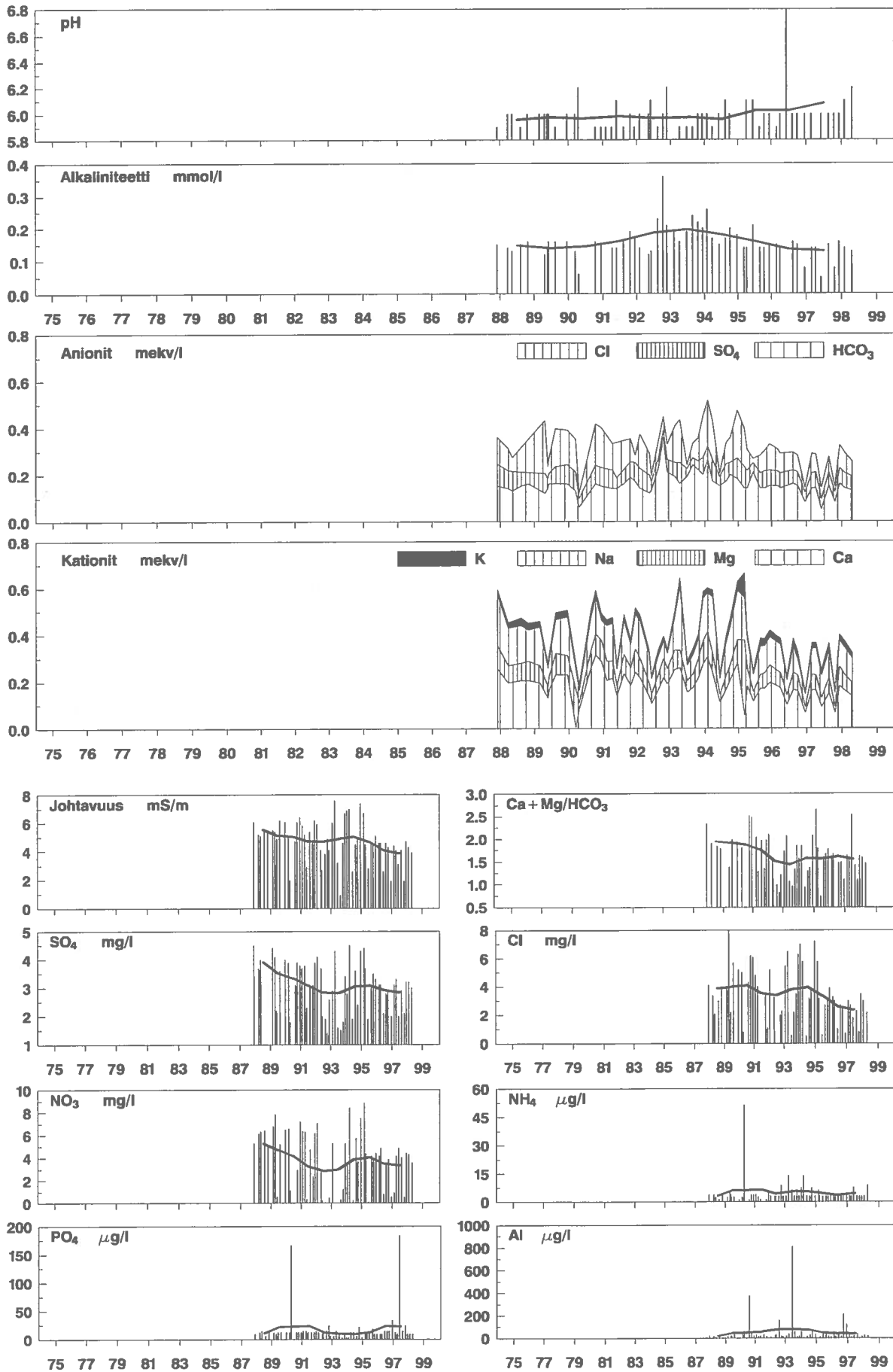
	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	2,50	2,2	1,6	4,7	0,70	51
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,07	0,07	0,03	0,13	0,018	47
pH		6,13	6,1	5,6	6,7	0,20	51
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	510	360	240	2750	532	22
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	317	300	9	700	150	44
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	10,9	6	1	120	19,3	47
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	38,5	21,5	11	170	37,1	26
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	19,0	14,5	5	160	25,2	40
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,25	1,0	0,5	3,3	0,76	47
Fe	μg l <sup>-1</sup>	53,4	39,5	13	300	51,3	32
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	120	.	38
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	2,44	2,3	1,3	4,1	0,65	41
Na	mg l <sup>-1</sup>	1,56	1,5	0,5	3,3	0,42	45
K	mg l <sup>-1</sup>	0,65	0,5	0,2	3,3	0,59	44
Ca	mg l <sup>-1</sup>	1,56	1,5	0,6	3,0	0,50	41
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,43	0,4	0,3	1,4	0,19	45
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,90	7,1	5,4	8,0	0,72	21
F	μg l <sup>-1</sup>	40,1	30	<10	100	23,4	30
Al	μg l <sup>-1</sup>	27,0	12	1	360	58,0	38
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,36	<1	<1	8,0	1,76	43
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	1,2	.	43
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,30	1,3	1	1,6	0,42	2

Taulukko 4.52.2. Muonion pohjavesiasemalta (uusi näytteenottopiste) vuosina 1987-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	4,73	4,7	0,9	7,6	1,47	58
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,16	0,15	0,05	0,36	0,05	54
pH		5,98	6,0	5,8	6,8	0,14	58
N <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	972	1000	54	2500	615	56
N <sub>NO3</sub>	µg l <sup>-1</sup>	854	940	1	2000	597	57
N <sub>NH4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	3,8	2	1	40	5,26	57
P <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	9,3	5	2	66	13,3	58
P <sub>PO4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	5,8	4	1	60	9,9	58
Cl	mg l <sup>-1</sup>	3,48	3,3	<1	8,0	1,91	55
Fe	µg l <sup>-1</sup>	151	<20	1	2300	379	57
Mn	µg l <sup>-1</sup>	33,0	<20	<20	230	58,3	55
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	3,07	3,1	1,4	4,5	0,89	56
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,84	2,8	1,2	6,2	1,12	55
K	mg l <sup>-1</sup>	1,05	1,0	0,3	4,1	0,49	55
Ca	mg l <sup>-1</sup>	3,63	3,6	0,1	6,3	1,30	56
Mg	mg l <sup>-1</sup>	0,89	0,9	0,3	3,9	0,48	55
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	6,56	6,7	4,5	8,1	7,10	53
F	µg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	80	.	52
Al	µg l <sup>-1</sup>	54,5	21,5	2	810	120	54
Cd	µg l <sup>-1</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	0,70	.	46
Cu	µg l <sup>-1</sup>	1,96	<1	<1	19,0	3,89	54
Pb	µg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	6,0	.	46
Ni	µg l <sup>-1</sup>	1,10	<1	<1	9,0	1,75	46
Zn	µg l <sup>-1</sup>	7,18	<5	<1	140	20,1	49
Hg	µg l <sup>-1</sup>	0,013	<0,01	<0,01	0,09	0,019	28
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,28	1,2	0,7	3,1	0,50	28

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.52.3. Muonion uuden näytteenottopisteen pohjaveden koostumus poikkeaa selvästi vanhasta. Sähkönjohtavuus ja alkaliniteetti ovat yli kaksinkertaisia ja pH 0,1 yksikköä pienempi vanhaan näytteenottopaikkaan verrattuna. Myös emäskationien pitoisuudet ovat selvästi korkeammat uudessa näytteenottopaikassa.

SO<sub>4</sub>-pitoisuus on jonkin verran valtakunnallista mediaania pienempi. Kloridipitoisuus on yli kaksinkertainen ja NO<sub>3</sub>-pitoisuus lähes 20-kertainen koko maan mediaaniin verrattuna. Sulfaatti- kloridi- ja nitraattipitoisuudet ovat laskeneet vuosina 1987-1998. NH<sub>4</sub><sup>-</sup> ja PO<sub>4</sub><sup>-</sup>-pitoisuudet ovat keskimääräistä pienempiä. SiO<sub>2</sub>-pitoisuus on noin puolet ja F-pitoisuus kuudesosa valtakunnallisista mediaanipitoisuuksista.



Kuva 4.52.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Muonion pohjavesiasemalla vuosina 1987-1998.



Taulukko 4.52.3. Pohjaveden laatuomuttujien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Muonion pohjavesiasemalla vuosina 1978-88. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason  $p = 0,05$  alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Alk.		-,31*												
pH														
NO <sub>3</sub>		,35*		-,32*										
NH <sub>4</sub>		-,49***												
PO <sub>4</sub>			-,41*											
Cl		,56***												
SO <sub>4</sub>		,54***	-,49**					,52***						
Na		,61***						,66***	,48**					
K		,48***						,38*	,48**	,63***				
Ca		,46**	,37*		,34*		-,43*							
Mg		,53***						,44**	,39*	,39**	,45**	,60***		
Al														
SiO <sub>2</sub>				-,52*	,47*									-,49*

\*  $p \leq 0,05$

\*\*  $p \leq 0,01$

\*\*\*  $p \leq 0,001$

## 4.53 Nellim

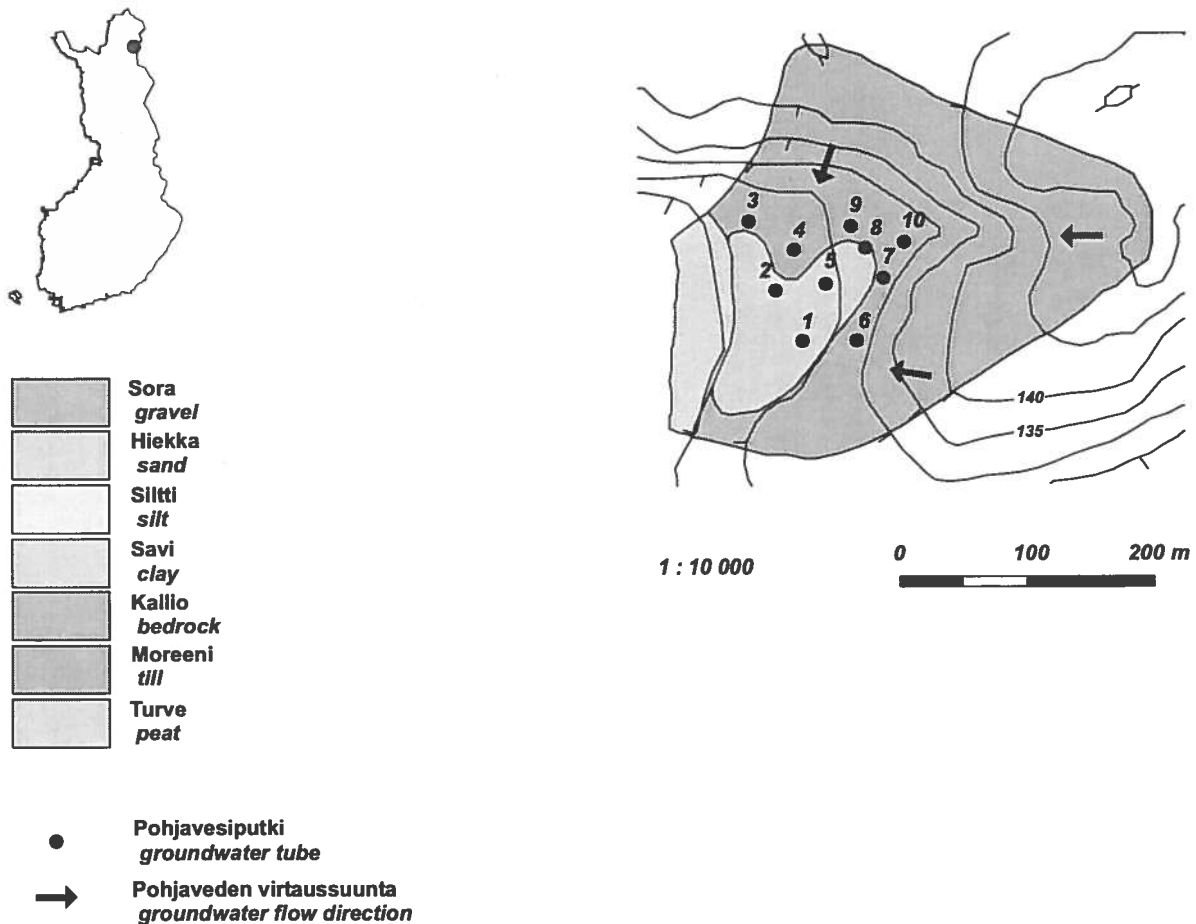
### Pohjavesiaseman kuvaus

Pohjavesiasema sijaitsee Inarin kunnassa (peruskarttalehti 3843 04 A ja vesistöalue 71.111). Tutkimusalueen pinta-ala on 0,22 km<sup>2</sup> ja maanpinnan korkeus vaihtelee välillä 120..152 N<sub>60</sub>-tasosta. Kuvassa 4.53.1 on esitetty aseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Alue on Inarijärven rannalla moreenirinteessä. Rinteen alaosassa on soistunutta aluetta sekä hiekkaa. Muodostumisalueen pintamaalajeista moreenia on 78,4 %, turvetta 13,4 % ja hiekkaa 8,2 %. Kallioperän vallitsevat kivilajit ovat sarvivälkegneissi, kvartsi- ja granodioniitti ja gneissi-graniitti (Meriläinen 1965).

Pohjaveden päävirtaussuunta on koillisesta lounaaseen.

Pohjavesinäyte otetaan betonirenkailla suojatusta kaivosta, joka sijaitsee järven rannassa 20 metrin etäisyydellä asuinrakennuksesta.

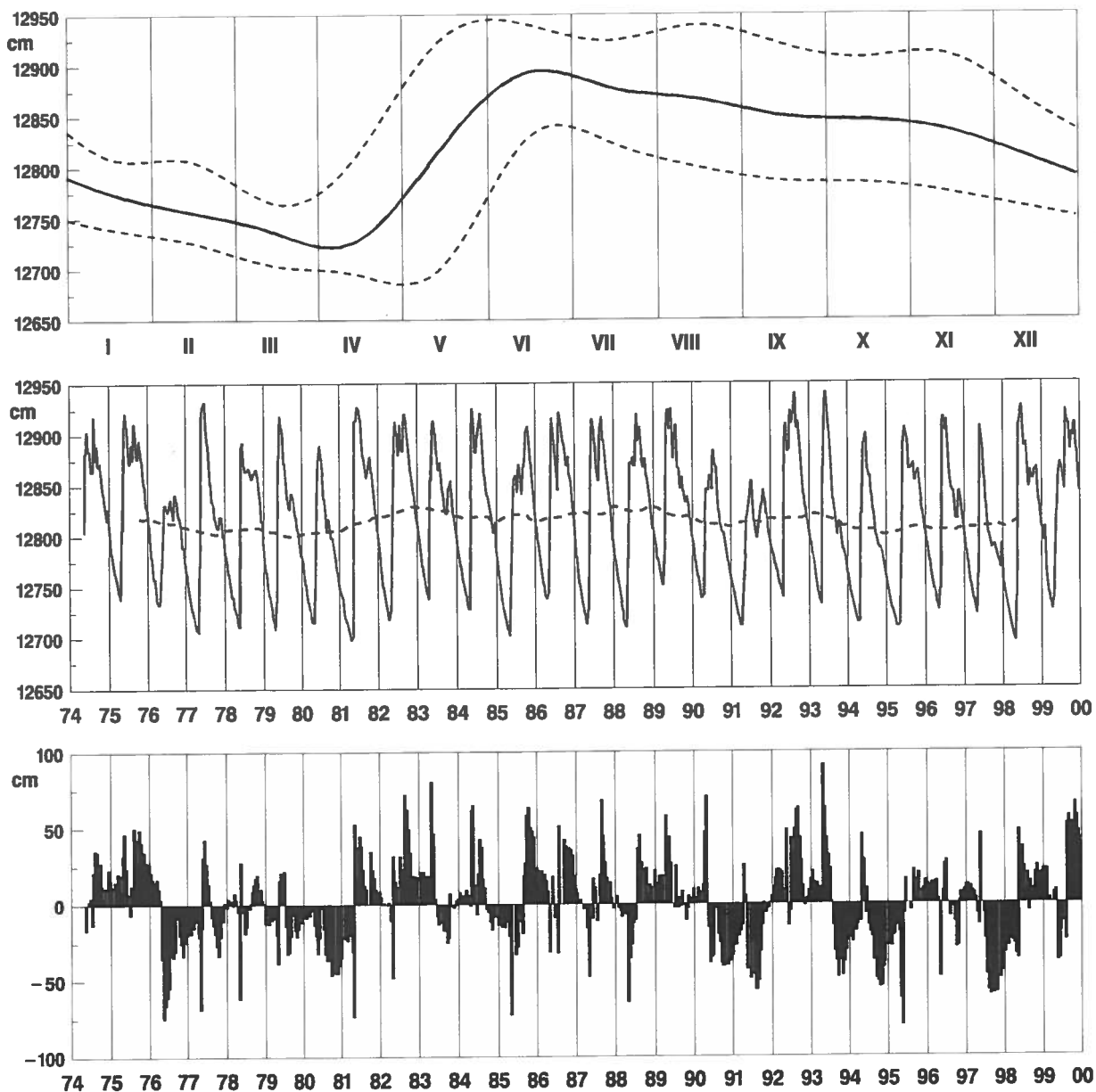


Kuva 4.53.1. Nellimin pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat. Värikartta liitteessä 2, s. 379.

## Pohjaveden korkeus

Pohjaveden pinnan korkeuden keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli Nellimin alueella oli 164 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa ja korkeimmillaan kesäkuussa.

Tarkasteltavan jakson 1974-1999 aikana alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 245 cm. Alimmillaan vedenpinta oli huhtikuussa 1998 ja ylimmillään kesäkuussa 1993. Pinnankorkeusvaihtelu on esitetty kuvassa 4.53.2 ja liitteeseen 1 on taulukoitu havaintojen kuu-kausikeskiarvot. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1980, 1990, 1991, 1993, 1994 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1975, 1981, 1982, 1986 ja 1992.



Kuva 4.53.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kuukausikeskiarvo (ylhällä), kenttäkeskiarvo ja kolmen vuoden liukuva keskiarvo (keskellä) sekä poikkeama ajankohdan keskiarvosta (alhaalla) Nellimin pohjavesiasemalla vuosina 1974-1999.

## Pohjaveden laatu

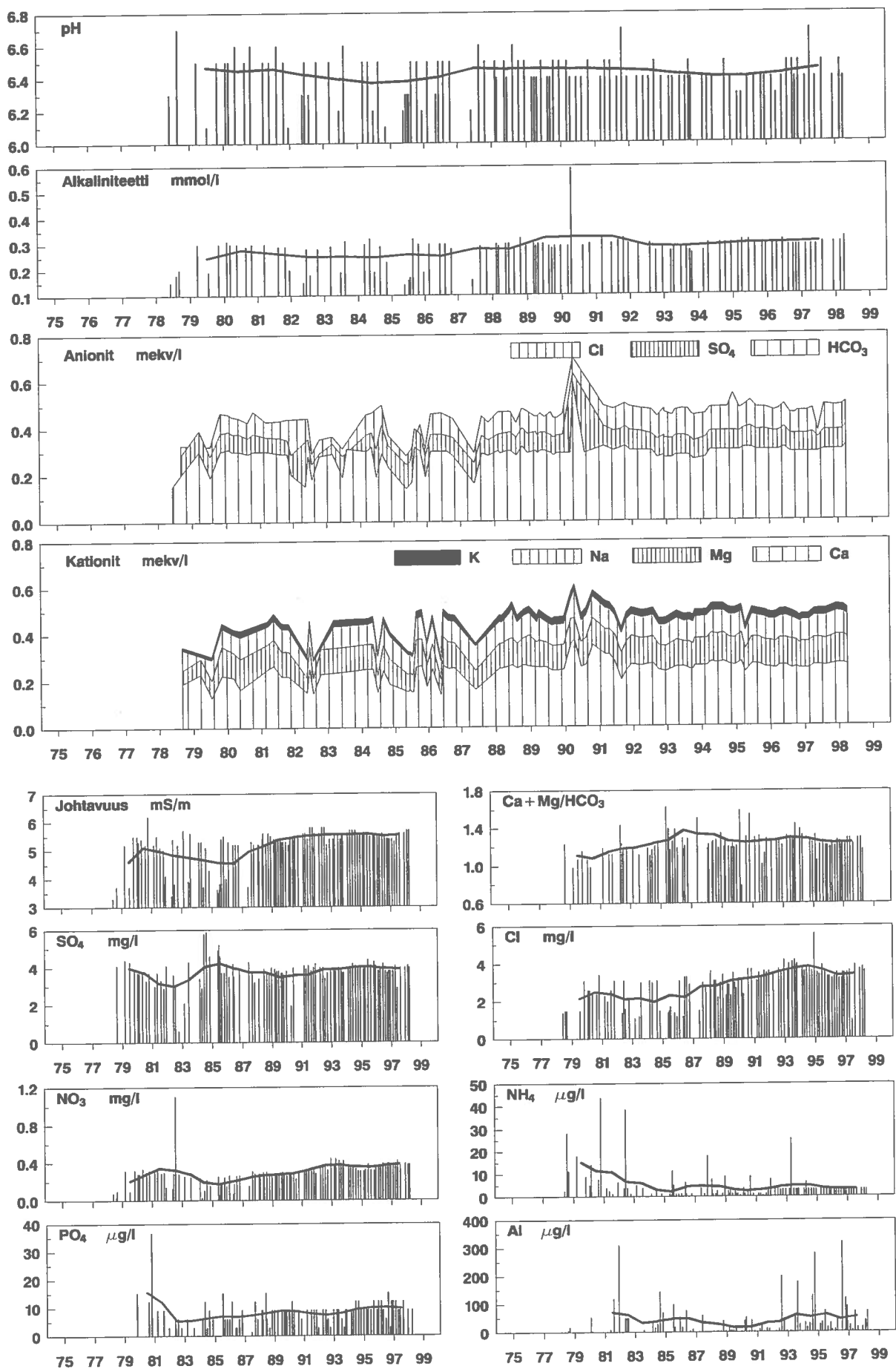
Pohjavesinäytteet otettiin vuodesta 1978 alkaen ja analyysitulosten tilastolliset tunnusluvut on esitetty taulukossa 4.53.1.

Toistuvasti alle määrittäysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NH_4}$  27,8%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ ,  $P_{PO_4}$  12,4%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Fe 81,0%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Mn 91,8%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , F 22,9%  $\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cu 75,3%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Pb 94,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Zn 69,4%  $\leq 5 \mu\text{g l}^{-1}$ , Ni 53,1%  $\leq 1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Cd 91,8%  $\leq 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$ , Hg 85,7%  $\leq 0,01 \mu\text{g l}^{-1}$  ja TOC 21,2%  $\leq 0,5 \text{ mg l}^{-1}$ . Seasonal Kendall -testin tulokset on esitetty taulukossa 4.53.2. Ainepitoisuuksien sekä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun väliset korrelaatiot on esitetty taulukossa 4.53.3.

Pohjaveden laadun aikasarjoja on esitetty kuvassa 4.53.3. Sähkönjohtavuus- ja alkaliniteettiarvot ovat maan mediaaneja korkeampia ja trendit ovat nousevia. Pohjaveden pH:n mediaani on 0,1 yksikköä koko maan mediaania korkeampi. Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhde on keskimäärin 1,24 ja trendi on nouseva. Emäskationeista natrium- ja kaliumpitoisuudet ovat lähellä koko maan mediaaneja, magnesiumpitoisuus jonkin verran ja kalsiumpitoisuus selvästi mediaania korkeampi. Kaikki emäskationien pitoisuustrendit ovat nousevia.

Taulukko 4.53.1. Nollimin pohjavesiasemalta vuosina 1978-1997 kerätyistä pohjavesinäytteistä lasketut keskipitoisuudet, mediaani-, minimi- ja maksimi-arvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät (N).

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	5,18	5,4	3,0	6,2	0,67	105
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,28	0,29	0,14	0,59	0,05	99
pH		6,43	6,4	6,1	6,7	0,12	104
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	107	110	34	190	26,4	77
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	67,1	68	7	250	27,4	105
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	3,9	2	<1	34	5,5	97
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	4,7	4	<1	14	2,2	86
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	2,8	3	<1	12	1,5	89
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,92	3,2	<1	5,6	0,93	101
Fe	μg l <sup>-1</sup>	32,9	<20	<20	790	112	84
Mn	μg l <sup>-1</sup>	<20	<20	<20	210	.	85
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	3,83	3,8	0,6	5,9	0,64	95
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,10	2,1	1,7	2,9	0,18	95
K	mg l <sup>-1</sup>	1,06	1,1	0,5	1,3	0,22	96
Ca	mg l <sup>-1</sup>	4,85	5,0	2,6	7,5	0,87	94
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,31	1,4	0,7	1,6	0,19	96
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,1	12,0	9,0	14,0	0,94	76
F	μg l <sup>-1</sup>	32,0	30	<20	88	17,7	83
Al	μg l <sup>-1</sup>	43,3	19	1	320	64,9	83
Cd	μg l <sup>-1</sup>	0,12	<0,1	<0,1	2,6	0,36	49
Cu	μg l <sup>-1</sup>	1,73	<1	<1	43,0	4,73	93
Pb	μg l <sup>-1</sup>	<1	<1	<1	5,0	.	85
Ni	μg l <sup>-1</sup>	3,60	1,0	<1	27,4	5,49	49
Zn	μg l <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	18,0	.	49
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,010	<0,01	<0,01	0,05	0,012	28
TOC	mg l <sup>-1</sup>	0,93	0,6	<0,5	5,6	1,00	33



Kuva 4.53.3. Pohjaveden ainepitoisuuksia Nellimin pohjavesiasemalla vuosina 1978-1998.

Sulfaattipitoisuuden mediaani on yhtä suuri ja kloridipitoisuuden mediaani likimain kaksinkertainen valtakunnalliseen tasoon verrattuna. Kloridin pitoisuustrendi on nouseva.

NO<sub>3</sub>-pitoisuus jonkin verran korkeampi koko maan mediaaniin verrattuna ja trendi on nouseva. NH<sub>4</sub>- ja PO<sub>4</sub>-pitoisuus on keskimääräistä pienempi.

Taulukko 4.53.2. Seasonal Kendall -testillä laskettuja pohjaveden ainepitoisuuksien trendejä Nellimin pohjavesiasemalla vuosina 1978-1997.

Z = normalisoitu testisuure ja p = testisuureen merkitsevyytaso. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia trendejä ei ole esitetty.

	Z	p	Trendin voimakkuus		Z	p	Trendin voimakkuus		
Y <sub>25</sub>	5,82	<0,001	50,6	µS m <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Aik.	2,39	0,017	2,93	µmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
pH					NO <sub>3</sub>	7,45	<0,001	9,48	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub>					PO <sub>4</sub>	2,74	0,006	0,150	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Cl	6,45	<0,001	82,6	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub>				
Na	3,06	0,002	8,21	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	K	5,37	<0,001	18,0	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca	4,56	<0,001	61,7	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Mg	4,46	<0,001	14,8	µg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>
Ca + Mg/HCO <sub>3</sub>	3,06	0,002	6,61	mekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	Al				

Taulukko 4.53.3. Pohjaveden laatuomuttajien keskinäiset korrelaatiokertoimet (Spearman) Nellimin pohjavesiasemalla vuosina 1978-94.

GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Merkitsevyytason p = 0,05 alittavia arvoja ei ole esitetty.

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>														
Aik.	-,30**	,63***												
pH		,27*	,51***											
NO <sub>3</sub>		,59***												
NH <sub>4</sub>														
PO <sub>4</sub>	-,32**	,28*	,31*	,25*	,24*									
Cl		,57***	,28*		,62***									
SO <sub>4</sub>			-,30*	-,52***										
Na		,34**	,29*					,28*						
K		,61***	,37**		,47***			,57***		,46***				
Ca		,66***	,56***		,38***		,31*	,50***		,42***	,57***			
Mg		,70***	,52***	,30**	,47***		,31*	,54***		,44***	,50***	,62***		
Al														
SiO <sub>2</sub>		,65***	,50***		,53***			,40**			,36**	,59***	,50***	

\* p < 0,05  
 \*\* p < 0,01  
 \*\*\* p < 0,001

# 5

## Tulosten valtakunnallinen tarkastelu

### 5.1 Pohjaveden korkeuden vaihtelut

Pohjaveden korkeus vaihtelee joko äkillisesti lyhyen jakson vaihteluna, vuodenaikaisvaihteluna tai pitemmän jakson vaihteluna. Lyhyen jakson vaihtelut aiheutuvat voimakkaiden rankkasateiden, äkillisistä painovoiman, ilmanpaineen tai merenpinnan korkeuden muutoksista. Myös maanjäristykset voivat aiheuttaa nopeita muutoksia pohjavedessä. Hydrologisen vuosirytmien mukaiset pohjavesivaihtelut ovat selvimmän todettavia. Keväisin pohjavesi nousee sulamisvesien vaikutuksesta. Kesällä pohjavesi laskee kasvien käyttäessä maankosteusvarastoja ja haihdunnan lisääntyessä. Syksyllä kun sateet lisääntyvät ja haihdunta vähenee pohjavesi nousee jälleen kunnes talvella maan routaannuttua pohjaveden muodostuminen lakkaa ja pohjaveden pinta alkaa laskea. Suojasäät ja lumen sulaminen saattavat aiheuttaa pohjaveden muodostumista myös talvella varsinkin rannikkoseudulla. Pitkäaikaiset usean vuoden jaksoissa tapahtuvat pohjavesipinnan vaihtelut selitetään johtuviksi ilmasto-oloissa tapahtuneista muutoksista. Asemakohtaisesti kolmen vuoden liukuvaa keskiarvoa tarkasteltaessa havaittiin 5-7 vuoden jaksoissa tapahtuvaa heilahtelua.

Pohjaveden korkeuden vaihtelu riippuu pohjaveden muodostumisen ja sen purkautumisen välisistä suhteista. Jos pohjavesivaraston täydentyminen tapahtuu nopeammin kuin sen tyhjentymisen, pohjaveden pinta nousee ja päinvastaisessa tapauksessa laskee. Tämä vuorosuhde vaihtelee huomattavasti eri osissa Suomea ja riippuu useista tekijöistä. Pohjaveden korkeuden vaihteluihin vaikuttavat lähinnä:

- sadanta ja sen ajallinen ja paikallinen jakautuminen
- maaperän laatu ja paksuus pohjavesipinnan yläpuolella
- maaperän kyllästysaste pohjavesipinnan yläpuolella
- pohjaveden muodostumisalueen koko ja muoto
- pohjaveden purkautumisolosuhteet
- maan pintakasvillisuus.

Nämä tekijät yhdessä määräävät, miten suuriksi pohjaveden korkeuden vaihtelurajat muodostuvat ja miten ne ajallisesti jakautuvat.

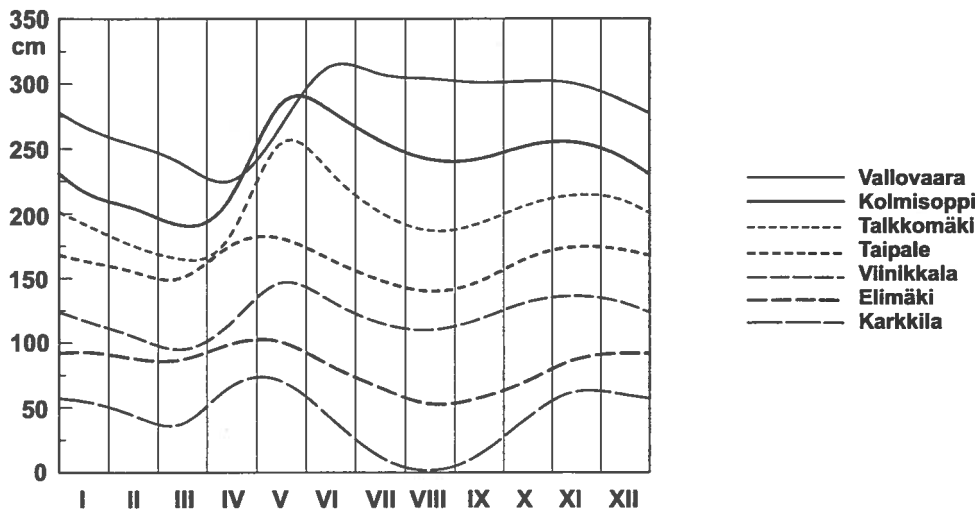
#### 5.1.1 Vaihtelu eri muodostumisissa

Pintavalunnan ja haihdunnan osuudesta riippuu, miten paljon sadannasta suotautuu maaperään ja maaperän tehokkaasta huokoisuudesta, missä määrin maa pidättää ja varastoi vettä. Mitä hienorakeisempi maalaji on sitä vähemmän se kykenee varastoimaan vettä. Suomen yleisimmän maalajin, moreenin, veden varastointikyky on melko huono. Tämän takia moreenimaissa pohjaveden korkeus vaihtelee yleensä äkillisesti ja vaihteluväli on suuri. Moreenimaalajissa olevilla pohjavesiasemilla vaihteluväli oli 1...4,0 m. Keskimääräinen vuodenaikaisvaihtelu niissä oli 0,4...1,7 m. Koska tarkastellut pohjavesiasemien pinnankorkeudet ovat kenttäkeskiarvoja, ne kuvaavat kunkin alueen keskimääräistä tilannetta. Yksittäisessä pohjavesiputkessa tai kaivossa saattaa olla suurempiakin pinnankorkeusvaihteluita. Kuvassa 5.1.1.1 on esitetty keskimääräiset vuodenaikaisvaihtelut seitsemällä moreenimaalajissa olevalla pohjavesiasemalla. Mitä kauemmas rannikolta edetään kohti sisämaata ja pohjoista, sitä myöhemmin lumen sulaminen vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuteen. Pohjois-Suomessa ja Kainuussa syksyn pohjavedenpinnan nousu jää pieneksi tai puuttuu kokonaan, koska sade tulee lumena jo aikaisin syksyllä. Pohjois- ja

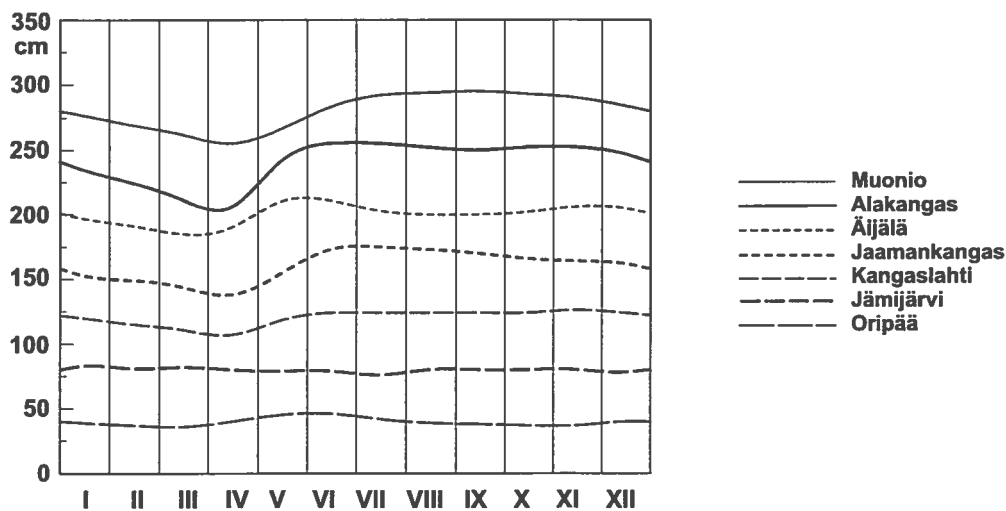
Itä-Suomessa onkin vaarana, kuivan kesän jälkeen syysateiden viivästyessä aikaisen talven saapuessa, että pohjavesivarastot eivät ennätäkään täyttyä vaan pohjaveden pinnat jatkavat laskuaan maaliskuuhun asti. Tällöin sydäntalvella saattaa olla vaikeuksia haja-asutusalueiden vedenhankinnassa.

Pohjaveden muodostuminen on runsainta hiekka- ja soramuodostumissa. Lajittuneet, karkearakeiset maalajit pystyvät suuren tehokkaan huokoisuuden takia varastoimaan suhteellisesti eniten vettä. Pohjaveden keskimääräiset vuodenaikaisvaihtelut olivat näissä maalajeissa suhteellisen vähäisiä, noin 0,1...1,0 m. Pinnankorkeuden vaihteluväli oli 0,9...2,0 m. Kuvassa 5.1.1.2 on esitetty keskimääräiset vuodenaikaisvaihtelut seitsemässä suuressa hiekka- ja soraesiintymässä.

Savi- ja silttimaille tulevasta sadevedestä pääosa poistuu pintavaluntana. Pohjaveden liikkeet ovat hitaita, suotauminen tapahtuu useimmiten alueiden reunoilla ja pohjavesi liikkuu karkeimmissa maalajeissa muodostuman alla. Veden liikkeet ovat hitaita ja viive pohjaveden muodostumisen ja pinnankorkeuden vaihtelun välillä saattaa olla pitkä. Keskimääräiset pohjaveden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihtelut olivat savi- ja silttimaalajeissa olevilla pohjavesiasemilla 0,3...0,6 m. Pinnankorkeuden vaihteluväli oli 1,0...2,2 m.



Kuva 5.1.1.1. Seitsemän moreenimaalajissa olevan pohjavesiaseman keskimääräiset pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut.



Kuva 5.1.1.2. Seitsemän hiekka- ja soramaalajissa olevan pohjavesiaseman keskimääräiset pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut.



Pohjavedenpinnan etäisyys maanpinnasta vaikuttaa myös ratkaisevasti pohjaveden vaihteluihin. Mitä syvemmillä pohjaveden pinta on sitä vähäisempää ja hitaampaa on vaihtelu. Sadannan ja pohjaveden muodostumisen välillä vallitsee aina tietty viive, maaperäolosuhteista ja pohjavesipinnan syvyydestä riippuen, muutamista vuorokausista jopa vuosiin. Pohjaveden pinnankorkeuden ja maanpinnan keskimääräinen etäisyys pohjavesiasemilla oli 2,7 m. Pääasiassa sora- ja hiekkamaalajia edustavilla pohjavesiasemilla etäisyys oli 4,6 m, moreenimaalajissa 1,3 m ja savea ja silttiä sisältävillä pohjavesiasemilla 2,2 m. Pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluväli asemittain on esitelty asemakuvausten yhteydessä luvussa 4. Sadannasta muodostuvan pohjaveden määrä riippuu myös maaperän kyllästysasteesta. Pohjavesipinnan yläpuolella olevassa ns. maavesivyöhykkeessä saattavat vesivaraston vuotuiset muutokset vaihdella lähes 200 mm, mikä vastaa noin kolmannesta koko vuosisadannasta. Maaperän kyllästysasteesta johtuu, että tiettyinä aikoina sateet vaikuttavat eri lailla pohjaveden muodostumiseen. Pitkien kuivakausien jälkeen suurelta sateet eivät heti vaikuta pohjaveden määrään, vaan ne pidättyvät tehokkaasti maahuokosiin. Sateisina kausina, jolloin maaperän kyllästysaste on suuri, pienetkin sateet aiheuttavat pohjaveden pinnan nousua (Kuvat 4.1.1 - 4.53.1).

### 5.1.2 Pohjaveden muodostumisregiimit

Pohjavesivarastot täydentyvät Suomessa pääasiassa kevätlumien sulamisvesistä ja syyskauden sateista. Suomessa keskimääräinen vuosisadanta (1961-1990) on noin 660 mm, josta haihtuu 341 mm. Loput 318 mm eli noin 3 400 m<sup>3</sup>/s purkautuu pinta- ja pohjavesivaluntana mereen (Hyvärinen ym. 1995). Pohjavedeksi imeytyvä osuus sadannasta vaihtelee paljon maaperästä riippuen. Imeytyminen on vähäistä kalliomaastoissa ja savikkoalueilla ja vastaavasti runsasta hiekka- ja harjumuodostumissa. Pohjaveden muodostumisen vuodenaikaisrytmi vaihtelee merkittävästi maantieteellisen sijainnin ja ilmaston mukaan. Suomi voidaankin jakaa tämän perusteella neljään erilaiseen pohjavesivyöhykkeeseen eli hydrologiseen regiimiin pohjaveden muodostumisen ja purkautumissuhteiden mukaan (Kuva 5.1.2.1). Regiimijako on suhteutettu samaan skaalaan alueiden pohjaveden korkeuksien minimi- ja maksimitilanteiden mukaan (Soveri 1985).

Alueella I pohjavesivarastot täyttyvät kevätlumien sulamisen jälkeen touko-, kesä- ja heinäkuun aikana. Syksyllä maan routaannuttua alkaa pohjaveden pinta nopeasti laskea ja saavuttaa alimman vedenkorkeuden juuri ennen lumien sulamista. Pohjaveden vuosivaihtelu on tällä alueella selvästi kaksivaiheinen.

Alueella II on syyssateilla suhteellisen suuri merkitys pohjavesivarastojen täyttymisessä. Tällä alueella alin ja ylin vedenkorkeusjakso seuraavat toisiaan keväällä ennen ja jälkeen lumen sulamisen. Tämä on Suomessa yleisin pohjaveden pinnankorkeudessa esiintyvä vuosivaihtelu.

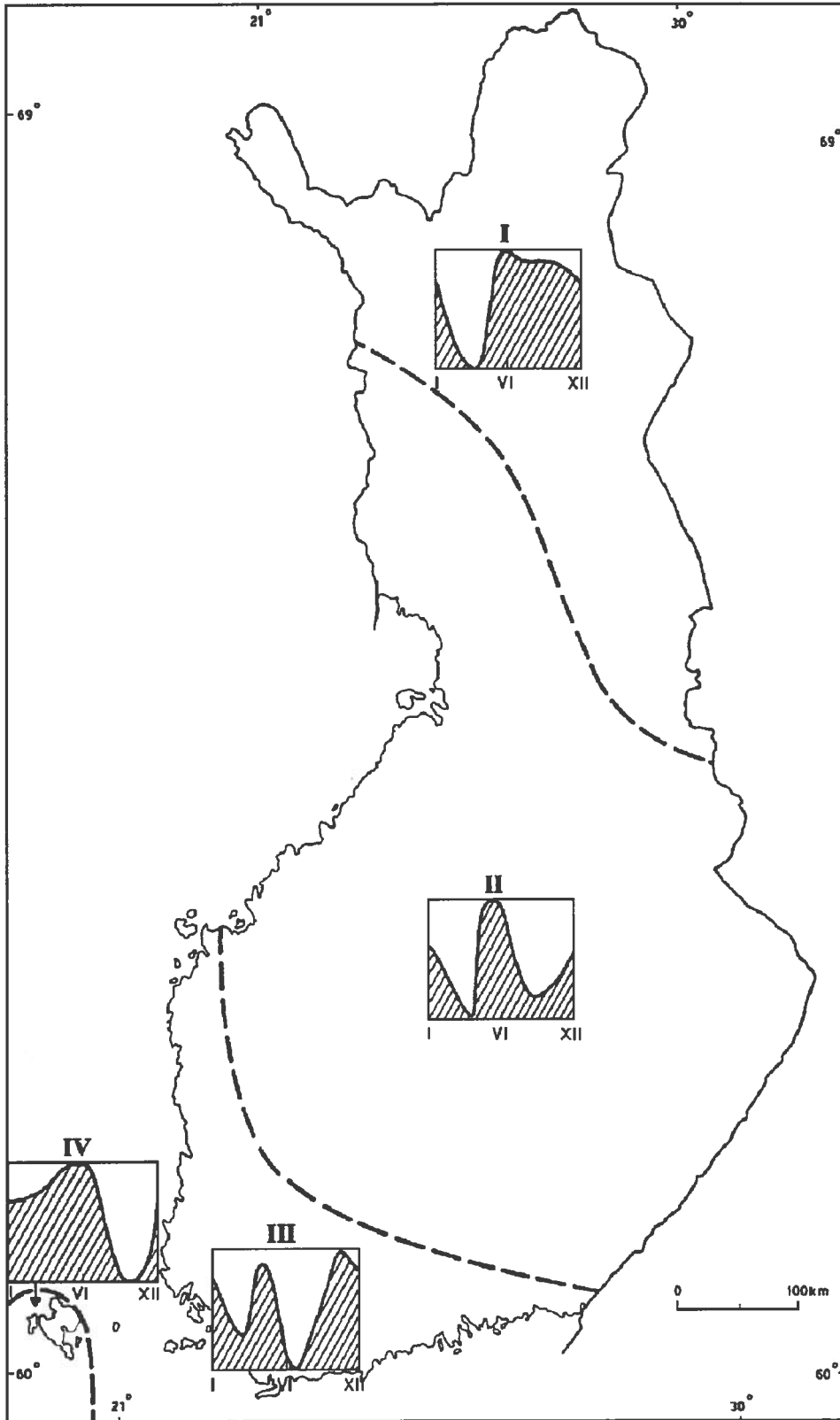
Alueella III pohjaveden pinnankorkeus on alimmillaan elo- syyskuussa ja korkeimmillaan myöhäissyksyllä. Syyssateet vaikuttavat tällä vyöhykkeellä pohjaveden muodostumiseen suhteellisesti enemmän kuin talven lumen sulamisvedet.

Alueella IV pohjavettä muodostuu yhtäjaksoisesti syksyn, talven ja kevään aikana, jolloin haihdunnan osuus on vähäinen ja tehollisen sadannan osuus on suuri pohjaveden muodostumisessa. Pohjaveden pinnankorkeus on alimmillaan syyskuun ja marraskuun välisenä aikana. Kyseinen pohjavesivyöhyke rajoittuu ainoastaan osaan Ahvenanmaata, missä pohjaveden vuosivaihtelu tapahtuu paljolti samalla tavalla kuin Etelä-Ruotsissa ja Keski-Euroopassa.

Suomen eri osien ilmasto-oloista johtuen myös pohjaveden korkeuden ääritilanteet vaihtelevat sekä alueellisesti että ajallisesti paljon. Vertailtaessa esimerkiksi alueiden I ja IV pohjaveden muodostumiskuvioita, todetaan että pohjaveden pinnan alimpien korkeustasojen välinen aikaero Suomen eteläisimmän ja pohjoisimman alueen välillä on lähes puoli vuotta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Pohjois-Suomessa pohjavesivarastoissa on vähiten vettä keväällä ja eteläisimmässä osassa Suomea useimmiten alkusyksyllä.

Ilmastomuutosten arvioidaan myös vaikuttavan pohjaveden muodostumiseen pitkällä aikavälillä, jolloin myös alueelliset pohjavesivyöhykkeet muuttuisivat. Eräiden ennusteiden mukaan sadannan ja haihdunnan keskinäisten suhteiden muuttuessa suodanta lisääntyisi noin 100 mm vuodessa, mikä lisäisi pohjaveden kokonaismäärää (700 km<sup>3</sup>) noin 5 % eli 33 km<sup>3</sup>. Pohja-

veden muodostumissuhteet muuttuisivat ajallisesti siten, että talvikauden lyhentyessä pohjavettä muodostuisi eniten syksyn ja talven aikana. Edelleen tästä seuraisi, että kesäkaudella pohjavedet olisivat alimmillaan, jolloin myös veden käyttötarpeet olisivat suurimmillaan. Lisäksi voidaan olettaa, että ilmastomuutosten seurauksena pohjaveden korkeuden ääritilanteet voimistuvat, jolloin kesällä kasvukautena pohjavesi saattaa käydä hyvinkin alhaalla ja aiheuttaa erityisesti haja-asutusalueilla häiriöitä vedensaannissa.



Kuva 5.1.2.1. Pohjaveden muodostumisregiimit (Soveri 1985).

### 5.1.3 Pitkän jakson vaihtelut

Pitkän aikavälin muutoksia pohjaveden pinnankorkeuksissa tarkasteltiin kuukausikeskiarvojen kolmen vuoden liukuvina keskiarvoina (luku 4). Menetelmä poistaa pohjaveden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihtelut, jolloin saadaan esille pitemmän aikavälin muutokset. Havaintosarjoissa esiintyi 5-7 vuoden jaksoissa kuivien ja runsaan pohjaveden kausien vaihtelua. Pohjois-Suomessa jaksot olivat 7-10 vuotta. Aikasarjat ovat toistaiseksi vielä liian lyhyitä pidempien jaksollisuuksien osoittamiseen. Nämäkään jaksot eivät olleet yleispäteviä, ja alueellisesti pystyy havaitsemaan esimerkiksi länsirannikolla 1970-luvulla yli kymmenen vuoden jaksoja. Monissa Etelä-Suomen suurissa hiekka- ja soraesiintymissä on havaittavissa pohjaveden pinnankorkeuden laskua vuodesta 1988 alkaen. Sama koskee myös savi- ja silttimaalajeissa olevia asemia. Nämä edustavat ilmastollisia pitkän aikavälin kuluessa tapahtuvia muutoksia pohjavesissä. Pienissä pohjavesiesiintymissä vastaavia ei havaita, koska niissä pohjaveden kierto on lyhyt ja varastot täyttyvät melko nopeasti pidemmän sadekauden tai lumen sulamiskauden jälkeen.

Koko valtakunnan tasolla pohjavedet olivat erityisen matalalla suuressa osassa maata 1970-luvun ja 1990-luvun lopulla. 1980-luku oli näitä ajanjaksoja sateisempi ja pohjavesivarastot olivat korkeammalla.

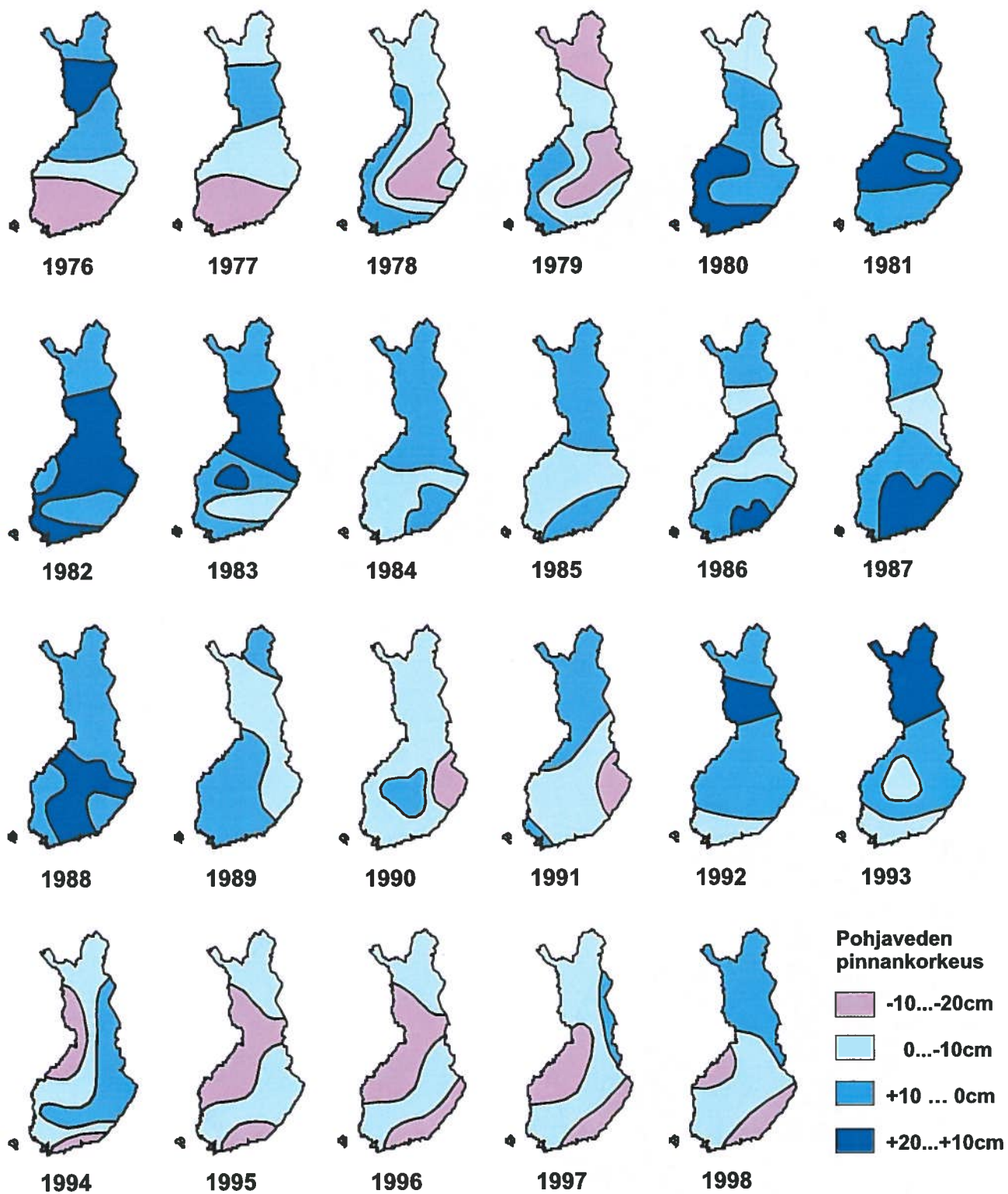
Suomi on erityisen laaja maa, jonka eri osissa pohjaveden muodostumiseen ja liikkumiseen vaikuttavat meteorologiset, hydrologiset ja geologiset tekijät vaihtelevat hyvinkin paljon. Alhaisen ja korkean pohjaveden alueet saattavat sijaita maantieteellisesti hyvinkin lähellä toisiaan riippuen mm. maalajista, maaperän paksuudesta, raekoosta, geologisesta syntytavasta, sadanasta, lämpötilasta, haihdunnasta, vallitsevasta pienilmastosta, maan routaantumisesta ja sateen laadusta. Pohjavesitilanteesta on toisinaan vaikea saada edustavaa käsitystä, koska nykyinen asemaverkosto on melko harva. Muodostuman koosta riipuen eri maalajit eivät ole riittävästi edustettuina. Tämän huomaa erityisesti siitä, että osalla lähekkäisiä pohjavesiasemia matalien ja korkeiden pohjavesitilanteiden syklisyyttä ei havaita. Täytyy myös muistaa että samassakin pohjavesimuodostumassa pohjaveden pinnat vaihtelevat eri tavalla sekä ajallisesti että korkeuksien suhteen.

Kuivat jaksot ja runsaan pohjaveden jaksot vaihtelivat paljon eri puolilla maata. Esimerkkinä voidaan mainita kesän 1999 kuivuus rannikkoseuduilla, kun taas Lapissa oli hyvinkin runsaan pohjaveden kausi runsaista sateista johtuen. Pohjois-eteläsuunnassa ja itä-länsisuunnassa pohjavesitilanne saattaa vaihdella lyhyelläkin matkalla melkoisesti.

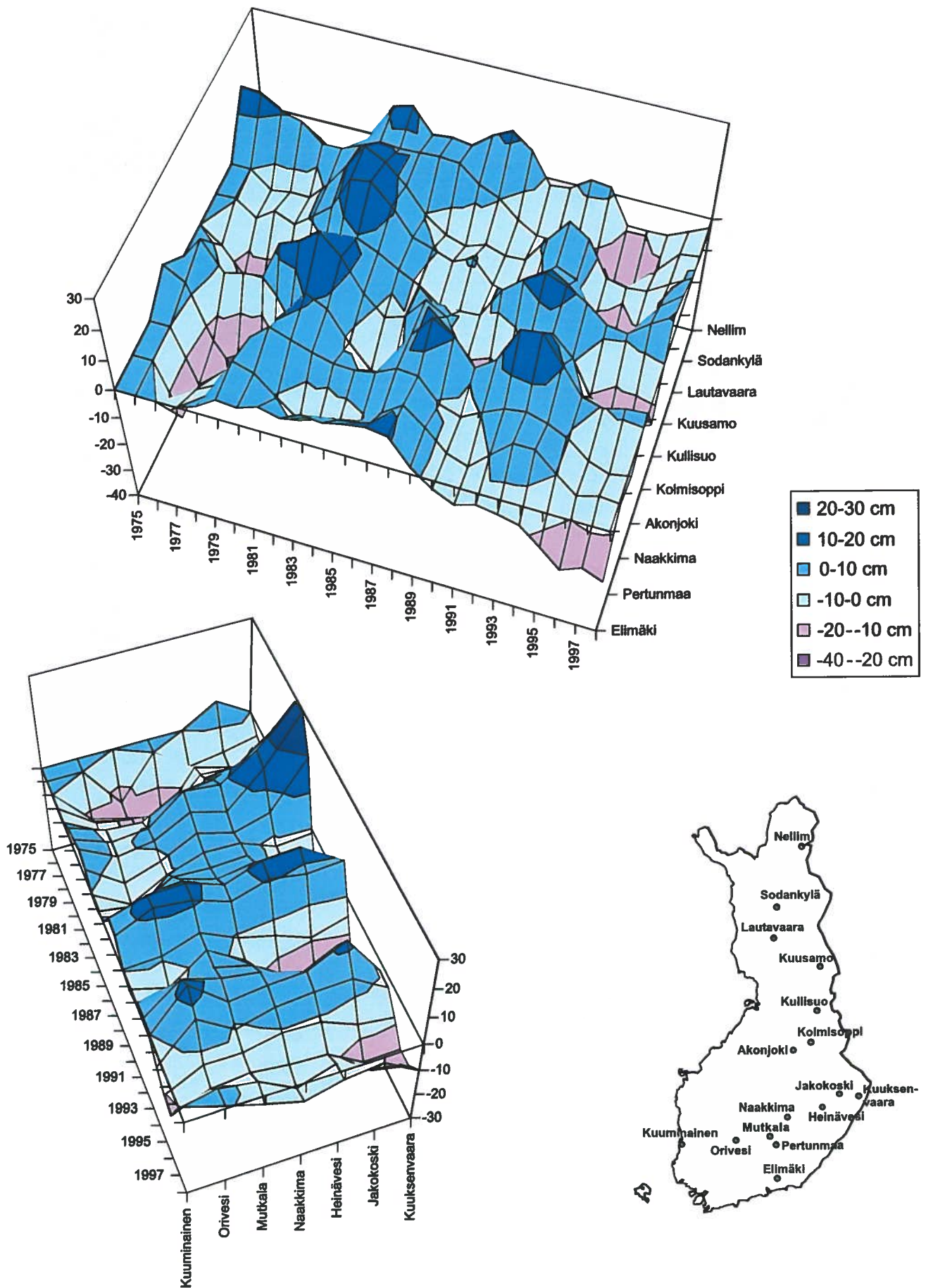
Kuvassa 5.1.3.1 on esitetty pohjaveden pinnankorkeuden kolmen vuoden liukuvan keskiarvon poikkeamat pitkän aikavälin keskiarvosta vuositasona. Kolmen vuoden liukuvan keskiarvon käyttö esityksessä kylläkin poistaa vuodenaikaisvaihtelujen ääriarvot havaintosarjasta, mutta antaa hyvän yleiskuvan pohjavesitilanteen kehittymisestä ajallisesti ja alueittain. Kuvia katsottaessa on muistettava, että ne eivät esitä sen hetken tilannetta, vaan kolmen vuoden jaksoa, jonka keskikohta on osuu kulloisenkin vuoden kohdalle.

Etelä-Suomessa oli alhaisen pohjaveden jakso vuosien 1976-77 aikana. Pohjaveden vähyttä ilmeni tämän jälkeen vuosina 1978-79 Itä- ja Pohjois-Suomessa. Vuodet 1980-82 olivat korkean pohjaveden aikaa. Samoin vuodet 1983-89, sillä poikkeuksella, että hieman alle keskimääräisen olevia alueita esiintyi varsinkin Länsi- ja Keski-Suomessa. Vuodet 1990-91 olivat alhaisen pohjaveden aikaa. Vuosina 1992-93 pohjavesi oli korkealla etelärannikkoa lukuun ottamatta. Tämän jälkeen vuosina 1994-98 onkin ollut pulaa pohjavedestä.

Kuvassa 5.1.3.2 on tarkasteltu pohjaveden pinnankorkeuden kolmen vuoden liukuvia keskiarvoja vuosikeskiarvoina kahdella linjalla: etelä-pohjoissuunnassa (Elimäki, Pertunmaa, Naakkima, Akonjoki, Kolmisoppi, Kullisuo, Kuusamo, Lautavaara, Sodankylä ja Nellim) ja länsi-itäsuunnassa (Kuumainen, Orivesi, Mutkala, Naakkima, Heinävesi, Jakokoski ja Kuuksenvaara). Luokat ovat samat kuin kuvassa 5.1.3.1.



Kuva 5.1.3.1. Pohjaveden pinnankorkeuden kolmen vuoden liukuvan keskiarvon poikkeamat pitkän aikavälin keskiarvosta.



Kuva 5.1.3.2. Pohjaveden pinnankorkeuden kolmen vuoden liukuvat keskiarvot vuosikeskiarvoina etelä-pohjoissuunnassa ja länsi-itäsuunnassa halki Suomen.



## 5.2 Pohjaveden ainepitoisuuksien vaihtelut

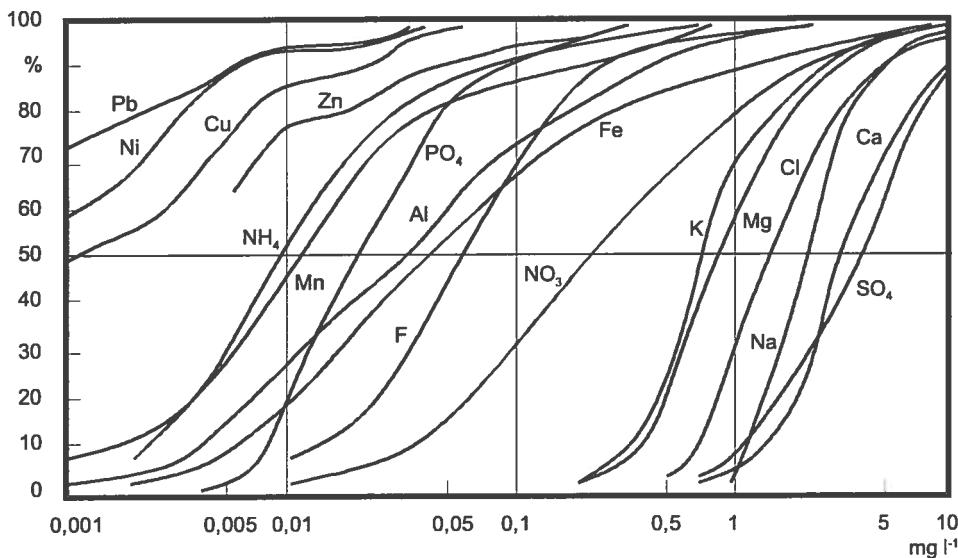
Ihmisen erilaiset toiminnot, kuten maa- ja metsätalouden harjoittaminen, teollisuus, kaupunkirakentaminen ja liikenne saattavat huonontaa pohjaveden laatua. Maa- ja metsätalousalueilla suurin pohjaveden pilaantumisvaara aiheutuu väkilannoitteiden ja torjunta-aineiden käytöstä. Pohjaveden laatuun vaikuttavat lisäksi mm. hiekan ja soran otto, tiesuolan käyttö sekä ympäristön happamoituminen.

### 5.2.1 Kemiallinen koostumus

Suomen prekambriin kallioperä koostuu suurimmaksi osaksi happamista, rapautumista hyvin kestävästä kivilajeista. Niukasti karbonaattimineraaleja sisältävän maaperän luontainen puskurikapasiteetti on pieni. Irtomaapeite ja kyllästymätön vyöhyke on verraten ohut, useimmiten vain joitakin metrejä, joten suotovesien ja maaperän mineraaliaineksen välinen vuorovaikutusaika on melko lyhyt. Lisäksi ilmastollisten olosuhteiden vaikutuksesta maamme pohjavedet ovat melko kylmiä; tämän tutkimusaineiston mediaanilämpötila on 4,3°C ja 80% havainnoista on välillä 2,2...6,7°C, joten mineraaliaineksen ja maa- ja pohjaveden reaktiot ovat hitaita. Edellä mainituista seikoista johtuen pohjavedet ovat Suomessa yleensä pehmeitä, pienen elektrolyyttipitoisuuden omaavia ja yleisesti ottaen herkkiä happamoitumiselle.

Valtakunnalliset pohjaveden ainepitoisuuksien tunnusluvut, keskiarvot, mediaanit, prosentit, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät on esitetty taulukossa 5.2.1.1. Alle määritysrajan esiintyviä pitoisuuksia oli seuraavasti:  $N_{NO_3}$  1,15 %  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ ,  $N_{NH_4}$  8,54 %  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ ,  $P_{tot}$  0,36 %  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ ,  $P_{PO_4}$  2,62 %  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ , Cl 31,9 %  $\leq 1 mg l^{-1}$ , Fe 37,0 %  $\leq 20 \mu g l^{-1}$ , Mn 73,4 %  $\leq 20 \mu g l^{-1}$ ,  $SO_4$  0,13 %  $\leq 0,1 mg l^{-1}$ , K 0,47 %  $\leq 0,1 mg l^{-1}$ , Ca 0,06 %  $\leq 0,1 mg l^{-1}$ , Mg 0,06 %  $\leq 0,1 mg l^{-1}$ , Al 2,71 %  $\leq 1 \mu g l^{-1}$ , F 17,1 %  $\leq 20 \mu g l^{-1}$ , Cu 55,1 %  $\leq 1,0 \mu g l^{-1}$ , Pb 81,1 %  $\leq 1,0 \mu g l^{-1}$ , Zn 67,0 %  $\leq 5,0 \mu g l^{-1}$ , Ni 69,6 %  $\leq 1,0 \mu g l^{-1}$ , Cd 88,3 %  $\leq 0,1 \mu g l^{-1}$ , Hg 77,4 %  $\leq 0,01 \mu g l^{-1}$  ja TOC 18,8 %  $\leq 0,5 mg l^{-1}$ . Koko aineistosta lasketut kumulatiiviset pitoisuusjakaumat on esitetty kuvassa 5.2.1.1.

Pohjaveden sähkönjohtavuus on suoraan verrannollinen liuenneiden elektrolyyttien määrään. Pohjaveden pääioneilla - useimmiten bikarbonaattilla ja emäskationeilla, erityisesti kalsiumilla ja magnesiumilla - oli voimakas korrelaatio sähkönjohtavuuden kanssa (taulukko 5.2.1.2). Korkeimmat sähkönjohtavuusarvot olivat Pohjanmaan sulfaattimailla Laihian (0803), Kälviän (1003) ja Kalajoen (1004) pohjavesiasemilla. Etelä-Suomessa sähkönjohtavuusarvot olivat yleensä suurempia kuin Pohjois-Suomessa.



Kuva 5.2.1.1. Pohjaveden kumulatiiviset pitoisuusjakaumat Suomessa 1975-1994.

Taulukko 5.2.1.1. Pohjavesien keskipitoisuudet, mediaanit, persenttiilit, minimi- ja maksimiarvot, keskihajonnat sekä tehtyjen analyysien lukumäärät vuosina 1975-1997.

	Yksikkö	Keskiarvo	Mediaani	10%-piste	90%-piste	Minimi	Maksimi	Keskihajonta	N
$V_{25}$	$mS\ m^{-1}$	6,43	4,20	2,40	11,8	0,29	59,0	6,54	5744
Alk.	$mmol\ l^{-1}$	0,32	0,22	0,10	0,66	0,00	5,26	0,43	5414
pH		6,31	6,30	5,70	6,80	3,60	8,80	0,59	5870
$N_{tot}$	$\mu g\ l^{-1}$	371	190	51,0	1000	2	6800	517	2781
$N_{NO3}$	$\mu g\ l^{-1}$	216	50	8	520	<1	7600	498	5494
$N_{NH4}$	$\mu g\ l^{-1}$	40,5	6	1	46	<1	3600	185	5423
$P_{tot}$	$\mu g\ l^{-1}$	19,3	8	3	36	<1	987	45,7	2526
$P_{PO4}$	$\mu g\ l^{-1}$	14,5	6	2	28	<1	610	30,4	5493
Cl	$mg\ l^{-1}$	2,82	1,5	0,7	5,3	<1	60,5	4,48	5636
Fe	$\mu g\ l^{-1}$	706	35	<20	870	<20	77000	3372	3898
Mn	$\mu g\ l^{-1}$	64,7	<20	<20	100	<20	3900	194	5108
$SO_4$	$mg\ l^{-1}$	7,14	3,80	1,20	10,0	0,1	280	15,1	5393
Na	$mg\ l^{-1}$	3,16	2,20	1,40	5,10	0,20	51,0	3,93	5386
K	$mg\ l^{-1}$	1,24	0,80	0,40	2,70	<0,10	13,0	1,45	5362
Ca	$mg\ l^{-1}$	5,42	3,20	1,60	11,0	0,10	61,0	6,52	5141
Mg	$mg\ l^{-1}$	1,49	0,90	0,40	3,10	0,10	28,0	2,34	5376
$SiO_2$	$mg\ l^{-1}$	12,9	12,0	7,9	18,0	1,70	53,1	5,38	2597
F	$\mu g\ l^{-1}$	138	60	<20	220	<20	2900	314	4162
Al	$\mu g\ l^{-1}$	156	29	4	381	<1	16800	523	4138
Cd	$\mu g\ l^{-1}$	0,16	<0,1	<0,1	0,17	<0,1	15,0	0,75	1878
Cu	$\mu g\ l^{-1}$	4,32	1,00	<1	10,0	<1	260	10,1	5138
Pb	$\mu g\ l^{-1}$	1,99	<1	<1	5,00	<1	80,0	5,69	4894
Ni	$\mu g\ l^{-1}$	3,48	<1	<1	4,48	<1	243	15,4	1895
Zn	$\mu g\ l^{-1}$	16,4	<5	<5	32,0	<5	700	49,1	2092
Hg	$\mu g\ l^{-1}$	0,02	0,01	<0,01	0,03	<0,01	1,40	0,07	1116
TOC	$mg\ l^{-1}$	2,21	1,0	<0,50	4,50	<0,50	34,8	3,59	1348

Alkaliniteetti kuvaa pohjaveden puskurikykyä happamoitumista vastaan. Ottamalla huomioon pelkästään veden pääkomponentit ( $OH^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  ja  $Mg^{2+}$ ) voidaan happamassa tai heikosti emäksisessä vedessä ( $pH < 8$ ) alkaliniteetti ilmaista emäskationien summana, josta on vähennetty vahvojen happoanionien summa. Suomen kallioperässä tärkeä pohjaveden alkaliniteettia säätelevä tekijä on liuenneen hiilidioksidin ja anortitiitin ( $CaAl_2Si_2O_8$ ) välinen reaktio. Karbonaattimineraalien rapautumisesta johtuva alkaliniteetti on hallitsevana kalkkikivien esiintymisalueilla. Suomen pohjavesissä alkaliniteetti on yleensä melko pieni. Pohjanmaan sulfaattialueella Laihian (0803) pohjavesiasemalla alkaliniteetti on ajoittain laskenut nolnaan. Korkein alkaliniteetti oli Könölän (1301) pohjavesiasemalla, mikä johtuu alueella esiintyvistä karbonaattikivilajeista.

Pohjaveden pH:lla on usein merkitsevä positiivinen korrelaatio sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin kanssa. Pohjavedet ovat Suomessa yleensä happamia. Tässä tutkimuksessa pH:n mediaani oli 6,30. Matala pH-arvo johtuu piihappopitoisista, hyvin rapautumista kestävästä kivilajeista, mistä johtuen maaperän puskurikapasiteetti on pieni. Tällöin happamat sade- ja sulamisvedet eivät neutraloidu ja pohjavedet ovat alttiita happamoitumiselle. Pienimmät pH-arvot tavattiin Pohjanmaan sulfaattimaiden pohjavesissä: Laihian (0803) pohjavesiaseman mediaani-pH oli 4,80. Korkein pH oli Könölän (1301) pohjavesiasemalla (pH:n mediaani 7,40). Pohjavesien happamoitumisen kannalta maa- ja kallioperän karbonaattimineraaleilla onkin Suomessa ratkaiseva merkitys. Pohjavesien happamoitumistrendejä on tarkasteltu luvussa 5.2.5.

Pohjaveden natrium-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet riippuvat kivilajien rapautumisnopeuden ja mineraalien liukoisuuden lisäksi suurelta osin maaperä-vesi-vuorovaikutusympäristössä tapahtuvista ioninvaihtoreaktioista. Emäskationien käyttäytyminen reaktioissa vaihtelee: natriumin ja magnesiumin aktiivisuus kationinvaihdossa on suurempi verrattuna kalsiumiin, jolla on taipumus adsorboitua maahiukkasten pinnalle. Rannikon läheisyydessä poh-

javeden natrium saattaa olla peräisin merivedestä. Emäskationeilla oli keskinäisten korrelaatioiden lisäksi useimmiten positiivinen korrelaatio sähkönjohtavuuden ja alkaliniteetin kanssa ja usein piidioksidin kanssa. Natriumin ja magnesiumin väliset korrelaatiot olivat eräillä pohjavesiasemilla negatiivisia.

Happamoitumisen alkuvaiheessa on yleensä havaittavissa emäskationipitoisuuden, erityisesti kalsiumpitoisuuden nousu. Jo luonnostaankin (ilmakehän CO<sub>2</sub>:n liukenemisen seurauksena syntyvän) happaman sadeveden vetyionit rapauttavat silikaattimineraaleja ja korvaavat näin maanesteeseen tulevia emäskationeja. Korkeat Ca- ja Mg-pitoisuudet ovat tyypillisiä mafisen kallioperän pohjavesimuodostumille. Paikallisesti maa- ja kallioperässä esiintyvät karbonaattimineraalit näkyivät pohjavedessä korkeina Ca- ja Mg-pitoisuuksina (Könölä 1301). Kohonneet natriumpitoisuudet liittyvät usein merellisen ympäristön läheisyyteen tai tiesuolauksen vaikutukseen (Valkeala 0402). Suuri pohjaveden kaliumpitoisuus indikoi myös maataloudessa käytettävien lannoitteiden aiheuttamaa kontaminaatiota (Pertunmaa 0501). Lannoitteiden vaikutus ilmeni myös kaliumin ja typpiyhdisteiden korrelaatioina.

Koska kallioperämme koostuu suurimmaksi osaksi erilaisista silikaateista, on selvää, että pohjavedet sisältävät runsaasti piidioksidia (SiO<sub>2</sub>-pitoisuuden mediaani 12,0 mg l<sup>-1</sup>). Pitoisuuksien keskihajonta oli pieni. Pohjaveden pitkä viipymäaika maaperässä nostaa usein SiO<sub>2</sub>-pitoisuutta. Korkeita piidioksidipitoisuuksia tavattiin Pohjanmaan silttimuodostumissa (Kälviä 1003 ja Kalajoki 1004) sekä silttimoreeneissa (esim. Orivesi 0301, Elimäki 0401, Alavus 0802, Laihia 0803, Mutkala 0901 ja Haapajärvi 1002). Kevätsulannan yhteydessä esiintyvät pitoisuusminimit johtuvat sulamisvesien vaikutuksesta (esim. Lumiaho 1202).

Taulukko 5.2.1.2. Koko aineistosta (46 pohjavesiasemaa) laskettujen merkitsevien (p < 0,05) Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimien lukumäärät. Tarkastelujakso 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Positiiviset korrelaatiot merkitty (+) ja negatiiviset (-).

	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	+8													
	-10													
Aik.	+7	+34												
	-14	-4												
pH	+5	+14	+31											
	-8	-7	-1											
NO <sub>3</sub>	+9	+28	+10	+10										
	-9	-3	-13	-7										
NH <sub>4</sub>	+1	+10	+13	+10	+8									
	-11	-9	-5	-7	-10									
PO <sub>4</sub>	+2	+10	+11	+13	+16	+20								
	-12	-7	-7	-6	-3	-4								
Cl	+6	+24	+14	+9	+14	+16	+7							
	-12	-5	-6	-6	-8	-4	-8							
SO <sub>4</sub>	+12	+19	+5	+3	+14	+2	+3	+9						
	-3	-5	-24	-18	-7	-10	-11	-12						
Na	+4	+36	+25	+13	+17	+11	+10	+20	+22					
	-12	-1	-2	-11	-6	-11	-6	-3	-5					
K	+4	+31	+18	+12	+16	+13	+9	+16	+14	+39				
	-10	-0	-1	-5	-1	-3	-4	-3	-7	-1				
Ca	+6	+42	+28	+10	+25	+6	+7	+18	+17	+33	+27			
	-9	-0	-3	-7	-5	-12	-7	-6	-4	-1	-1			
Mg	+7	+41	+28	+8	+18	+9	+8	+20	+17	+32	+25	+39		
	-9	-0	-3	-8	-4	-5	-8	-3	-2	-3	-0	-1		
Al	+9	+7	+1	+2	+5	+14	+9	+7	+11	+6	+5	+7	+5	
	-6	-8	-12	-18	-7	-2	-2	-3	-4	-8	-10	-5	-9	
SiO <sub>2</sub>	+3	+17	+22	+11	+19	+4	+8	+5	+6	+18	+15	+14	+10	+6
	-6	-6	-2	-6	-4	-5	-0	-3	-11	-2	-2	-3	-4	-11



Pohjaveden sulfaattipitoisuuteen vaikuttavat geologiset, ilmastolliset sekä merelliset tekijät. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet tavattiin Pohjanmaan sulfaattimaiden pohjavesiasemilla (Laihia 0803, Kälviä 1003, Kalajoki 1004). Happamassa laskeumassa vahvan hapon ( $H_2SO_4$ ) anionina sulfaatilla on merkittävä osa pohjavesien happamoitumisessa. Happamoitusvaikutus näkyi pohjavesissä ensivaiheessa sulfaattipitoisuuden nousuna. Pohjanmaan sulfaattimaita lukuun ottamatta korkeimmat, suurelta osin antropogeenista alkuperää olevat laskeumaperäiset sulfaattipitoisuudet esiintyivät maan eteläosissa. Tämä alueellinen pitoisuusjakauma vastaa melko hyvin talvikauden laskeumamäärityksissä todettua maantieteellistä pitoisuusgradienttia (Soveri & Peltonen 1996).

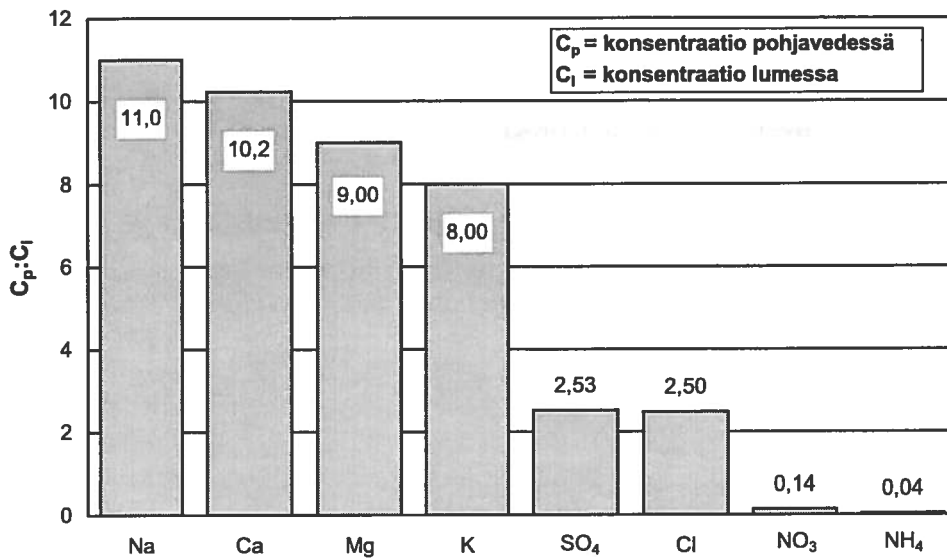
Kloridin esiintymiseen pohjavedessä luonnontilaisilla alueilla vaikuttavat pääasiassa merelliset ja ilmastolliset tekijät. Verrattaessa pohjavesien mediaanipitoisuutta  $1,5 \text{ mg l}^{-1}$  pohjavesiasemien lumianalysien mediaaniin  $0,6 \text{ mg l}^{-1}$ , saadaan kloridin rikastumiskertoimeksi maaperässä 2.5 (kuva 5.2.1.2). Kloridipitoisuuden nousu pohjavedessä johtui todennäköisesti pääasiassa haihdunnan aiheuttamasta väkevöitymisestä. Keskimääräistä korkeampia antropogeenisiä kloridipitoisuuksia esiintyi alueilla, joilla talvisuolattava tie kulkee pohjaveden muodostumisalueen poikki (esim. Valkeala 0402). Talvisuolauksen vaikutus pohjaveteen todettiin ensimmäisen kerran Valkealan seurantapisteessä (Soveri & Vesterinen 1990).

Pohjavesiesiintymissä nitraatti- ja ammoniumtyyppipitoisuuksien hajonta oli varsin suuri. Nitraatti on maaperässä varsin mobiili kun taas ammonium adsorboituu voimakkaasti maahiukkasten pinnalle. Pohjavesien nitraattityppi on peräisin laskeumasta ja maatalouden sekä metsänlannoituksen kuormituksesta. Ammoniakkityöryhmän mukaan (1994) ammoniumtyypilaskeumasta 30-50% on peräisin kotimaisista ammoniakkin päästölähteistä (kotieläintalous 79%, väkilotteet 9%, turkiseläimet 9% ja teollisuus 3%). Ammoniumtyypellä oli useilla asemilla positiivinen korrelaatio fosfaatin, kloridin, kaliumin ja alumiinin kanssa (taulukko 5.2.1.2). Muutokset valuma-alueen kasvipeitteessä näkyvät usein nitraattipitoisuuden muutoksina. Metsänhakuu on lisännyt huuhtoutuvan nitraatin määrää (esim. Karkkila 0102, Kotaniemi 0403, Kullisuo 1204). Pohjaveden nitraattipitoisuus oli noin 14% sulamisveden pitoisuudesta (kuva 5.2.1.2). Laimeneminen johtuu lähinnä kasvien ravinteentosta ja denitrifikaatiosta, jossa nitraatti pelkistyy kaasumaiseksi typpioksidiksi ja alkuainetyypeksi. Noin puolet pohjaveden nitraatista vapautuu kaasuna denitrifikaation seurauksena (Steenvoorden 1976 ja Soveri 1985). Nitraatin pelkistymistä typpikaasuksi voi tapahtua myös maaperän juuristovyöhykkeessä (Aslyng & Hansen 1982). Ammoniumpitoisuus oli vain nelisen prosenttia sulamisveden pitoisuudesta, mikä johtui pääasiassa maaperässä tapahtuvasta nitrifikaatiosta nitriitiksi ja nitraatiksi. Nitrifikaatio selittää myös nitraatti- ja ammoniumtyypen negatiivisten korrelaatioiden yleisyyden (taulukko 5.2.1.2). Korkeita ammoniumtyyppipitoisuuksia esiintyi mm. Parikkalan (0404), Laihian (0803), Kälviän (1003) ja Kalajoen (1004) pohjavesiasemilla. Nitriitti hapettuu biologisesti nitraatiksi imeytymisen alkuvaiheessa, joten pohjaveden nitrittipitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä.

Fosfaattifosforin esiintyminen pohjavedessä ei yleensä riipu maa- ja kallioperän mineraalaineiden fosforipitoisuudesta. Pohjaveden fosfaattipitoisuuden mediaaniarvo oli sama kuin lumen, joten konsentroitumista ei ole tapahtunut, mikä selittyy fosfaatin voimakkaalla adsorptio-kyvyllä mineraalihiukkasten ja metallihydroksidien pinnalle. Fosfaattifosforilla oli positiivinen korrelaatio eräillä asemilla ammoniumtyypen, nitraatin, kloridin, alumiinin ja kaliumin kanssa, mikä viittaa maatalouspäästöihin. Korkeita pitoisuuksia tavattiin Pohjanmaan asemilla (Laihia 0803, Kälviä 1003 ja Kalajoki 1004) ja Etelä-Savossa Pertunmaan (0501) pohjavesiasemalla.

Pohjaveden rauta ja mangaanipitoisuuden alueellinen vaihtelu oli huomattavaa. Pitoisuusvaihteluun vaikuttaa oleellisesti maaperän ja pohjavesimuodostuman hapetus-pelkistys-olosuhteet (Hatva 1989). Korkeimmat rauta- ja mangaanipitoisuudet esiintyivät Siikaisten (0303), Elimäen (0401), Laihian (0801), Kälviän (1003), Kalajoen (1004) ja Könölän (1301) pohjavesiasemilla.

Fluoridin esiintyminen pohjavedessä on voimakkaasti riippuvainen kivilajiympäristöstä. Korkeimmat fluoridipitoisuudet esiintyvät Elimäen (0401) ja Valkealan (0402) pohjavesiasemilla, joilla fluoridi on pääosin peräisin alueen vallitsevan kivilajin, rapakiven, fluoripitoisten mineraalien rapautumisesta.



Kuva 5.2.1.2. Pohjaveden ainepitoisuudet verrattuna sulamisveden ainepitoisuuksiin. Aineistona käytetty pohjavesien mediaanipitoisuuksia ja lumianalyysien valtakunnallisia mediaaneja pohjavesiasemilta vuosina 1976-1993 (Soveri & Peltonen 1996).

Pohjavedessä esiintyvä alumiini on pääasiassa peräisin alumiinisilikaattien rapautumisesta. Pitoisuus on riippuvainen happamuudesta, mitä ilmentää 40%:lla pohjavesiasemista havaittu negatiivinen korrelaatio pH:n kanssa (taulukko 5.2.1.2). Alumiinin liukoisuus lisääntyy voimakkaasti pH:n laskiessa alle viiden, mikä oli havaittavissa esimerkiksi Laihian (0803) pohjavesiasemalla. Pohjavedessä esiintyvällä ionimuotoisella alumiinilla on pH:ta puskuroiva vaikutus (Sandborg 1993).

Maaperän epäorgaanisen fraktion liukenemistä edistävät aineet lisäävät myös piin liukenemistä. Eniten vaikuttaa fosfaatin lisäys, varsinkin kun pH on alhainen (Sandborg 1993). Kaikki fosfaatin ja piin hapon merkitsevät korrelaatiot, yhteensä kahdeksalla pohjavesiasemalla, olivat positiivisia.

Pohjaveden raskasmetallipitoisuudet aiheutuvat Suomessa usein laskeuman mukana tulevasta kuormituksesta. Poikkeuksellisen korkeisiin pitoisuuksiin on usein syynä maa- ja kallioperässä olevien metallisulfidien rapautuminen (Soveri 1985). Helposti rapautuvien mustaliuskeiden esiintymisalueilla pohjavesissä saattaa esiintyä anomalisen korkeita kupari-, nikkeli-, ja sinkkipitoisuuksia. Talvivaaran mustaliuskeissa Kainuussa on tavattu myös korkeita elohopeapitoisuuksia, jotka mahdollisesti ovat syynä läheisen järven hauista tavattuihin korkeisiin elohopeapitoisuuksiin (Loukola-Ruskeeniemi 1992). Tässä tutkimuksessa pohjavesien raskasmetallipitoisuudet olivat pääsääntöisesti määritysrajalla tai sen alapuolella. Raskasmetallit voidaan asettaa pohjavesissä esiintyvien pitoisuuksiensa mukaan seuraavaan järjestykseen:  $Hg < Cd < Pb < Ni < Cu < Zn$ . Keskimääräistä korkeampia kupari, sinkki ja nikkelpitoisuuksia tavattiin mm. Parikkalan (0404) pohjavesiasemalla, joka sijaitsee malmipotentialaisen svekakarjalaisen Ni-Cu-provinssin alueella. Pohjanmaan alunamaiden pohjavesissä esiintyi korkeita raskasmetallipitoisuuksia, joihin ainakin osittain syynä on todennäköisesti ollut matalasta pH:sta johtuva raskasmetallien mobiloituminen.

### 5.2.2 Vaihtelu eri maa- ja kivilajeissa

Pohjavesien alueelliset laatuerot johtuvat pääasiassa maa- ja kallioperän mineraalikoostumuksen vaihtelusta, maaperän raekokojakaumasta sekä erilaisten ihmisen toimintojen vaikutuksesta. Rannikkoalueiden pohjavedet poikkeavat sisämaan pohjavesistä liuenneiden suolojen määrässä. Yleisesti ottaen pohjaveden pääkomponenttien ( $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  ja  $Mg^{2+}$ )

pitoisuudet ovat rannikkoalueiden pohjavesissä korkeampia. Poikkeuksellisen suolaiset rannikkovyöhykkeen pohjavedet sijaitsevat yleensä Litorina-sedimenttien esiintymisalueella. Rannikkoalueen pohjavesien korkeampi elektrolyyttipitoisuus johtuu osittain myös sade- ja sulamisvesien mukana pohjavesiin tulevasta, merellistä alkuperää olevista suoloista (Soveri & Peltonen 1996). Pohjavesien alueellisen vaihtelun lisäksi esiintymien eri osissa saattaa esiintyä huomattavaakin laatuvahtelua.

Kallioperän mineralogian vaikutusta pohjaveden ainepitoisuuksiin tutkittiin luokittelemalla asemien aineet seuraaviin kivilajiluokkiin (luku 3.2): felsiset syväkivet, kvartsipitoiset liuskeet ja mafiset kivilajit. Lisäksi rapakivialueille sijoittuvia muodostumia tarkasteltiin omana ryhmänä.

Pohjaveden ainepitoisuudet olivat yleensä keskimääräistä pienempiä hyvin rapautumista kestävien felsisten kivilajien alueella (taulukko 5.2.2.1). Lisäksi pitoisuuksien keskihajonnat olivat verrattaen pieniä. Emäskationien pitoisuuserot ovat pieniä felsisten syväkivien ja SiO<sub>2</sub>-pitoisten liuskeiden välillä. Mafisten kivilajien kohdalla johtopäätösten tekoa rajoittaa vähäinen esiintymien lukumäärä (2 asemaa). Lisäksi toinen näistä asemista sijaitsee Pohjanmaan sulfaattimaalla, joten tämän ryhmän kaikki ainepitoisuuksien keski- ja mediaaniarvot eivät ole edustavia. Huomionarvoisia ovat kuitenkin emäksisessä kivilajiympäristössä oleville pohjavesille tyyppillisen korkeat rauta-, mangaani-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet.

Taulukko 5.2.2.1. Pohjaveden ainepitoisuuksien vaihtelut eri kivilajityypeissä. Keskipitoisuudet (Ka), mediaaniarvot (Md) ja keskihajonnat (SD) felsisissä syväkivimuodostumissa (28 asemaa, 2958 näytettä), kvartsipitoisissa liuskeissa (16 asemaa, 1779 näytettä), mafisissa kivilajeissa (2 asemaa, 217 näytettä) ja rapakivialueella (4 asemaa, 375 näytettä).

Muuttuja	Yksikko	Felsiset syväkivet			Liuskeet			Mafiset kivilajit			Rapakivi		
		Ka	Md	SD	Ka	Md	SD	Ka	Md	SD	Ka	Md	SD
Y <sub>25</sub>	ms m <sup>-1</sup>	5,27	3,9	4,57	6,65	3,3	7,88	15,9	9,3	11,3	8,26	6,8	3,13
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,29	0,22	0,24	0,38	0,17	0,68	0,23	0,27	0,24	0,30	0,28	0,10
pH		6,41	6,3	0,54	6,19	6,2	0,57	5,57	6,1	0,83	6,45	6,40	0,41
N <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	304	180	367	382	190	572	1072	990	521	342	140	583
N <sub>NO3</sub>	μg l <sup>-1</sup>	166	53	289	238	28	676	720	530	659	125	74	353
N <sub>NH4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	40,5	5	227	26,6	9	57,0	212	27	289	14,1	7	36,3
P <sub>tot</sub>	μg l <sup>-1</sup>	17,3	8	44,2	235,1	10	53,1	35,7	16	71,3	12,5	6	18,8
P <sub>PO4</sub>	μg l <sup>-1</sup>	11,2	6	18,5	20,3	6	41,6	24,2	7	51,0	5,58	3	8,57
Cl	mg l <sup>-1</sup>	2,83	1,4	5,01	1,69	1,3	1,47	3,12	2,8	1,37	6,86	3,2	6,55
Fe	μg l <sup>-1</sup>	516	24	2264	915	95	4508	3594	370	7445	74,9	22	201
Mn	μg l <sup>-1</sup>	40,3	<20	132	88,8	<20	238	303	140	381	19,7	<20	34,2
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,27	3,2	6,25	7,65	3,8	13,6	37,5	8,0	42,0	8,52	7,25	6,10
Na	mg l <sup>-1</sup>	3,26	2,1	4,58	2,73	1,7	3,09	3,39	3,1	1,02	3,75	3,1	1,90
K	mg l <sup>-1</sup>	0,95	0,8	0,73	1,57	0,6	2,17	3,02	2,8	0,81	0,87	0,8	0,25
Ca	mg l <sup>-1</sup>	3,96	2,9	2,92	6,71	2,5	9,83	9,40	6,3	6,57	7,60	5,9	4,49
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,32	0,9	1,12	1,41	0,6	3,31	4,51	2,2	3,94	1,59	1,6	0,69
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	12,6	12,3	4,08	12,0	10,9	5,30	27,0	30,3	13,6	13,3	13,0	2,55
F	μg l <sup>-1</sup>	85,6	60	72,1	63,1	43	71,4	235	100	266	942	1300	846
Al	μg l <sup>-1</sup>	91,7	17	304	193	52	651	641	90	1073	206	40	378
Cd	μg l <sup>-1</sup>	0,12	<0,1	0,71	0,11	<0,1	0,32	1,20	0,8	1,68	0,09	<0,1	0,24
Cu	μg l <sup>-1</sup>	3,51	1	9,42	5,02	2	9,24	10,2	7	11,5	5,12	<1	17,6
Pb	μg l <sup>-1</sup>	1,66	<1	4,68	2,76	<1	7,66	2,69	<1	4,57	1,28	<1	2,37
Ni	μg l <sup>-1</sup>	1,56	<1	4,08	2,18	1	4,70	41,9	32,5	55,0	5,36	<1	19,0
Zn	μg l <sup>-1</sup>	9,82	<5	39,5	18,9	5	42,8	91,5	74,5	106	18,9	5,6	43,2
Hg	μg l <sup>-1</sup>	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,11	0,03	0,02	0,03	0,01	<0,01	0,03
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,38	0,8	2,07	2,98	1,8	3,90	2,04	1,7	1,51	3,39	1,2	5,15

Rapakivialueen esiintymien fluoridin mediaanipitoisuus on yli kymmenkertainen muiden alueiden pitoisuuksiin verrattuna. Korkeat fluoridipitoisuudet ovat tyypillisiä Kaakkois- ja Lounais-Suomen rapakivigraniittien alueilla sijaitseville pohjavesille (Soveri & Soveri 1981). Myös felsisten syväkivien pohjavesien fluoridipitoisuudet ovat suurempia verrattuna kvartsipitoisten liuskeiden pohjavesiin.

Maaperän vedenläpäisevyys vaikuttaa ratkaisevasti maa- ja pohjaveden viipymään muodostumassa. Vedenjohtavuus on karkeissa maalajeissa suurempi kuin hienoissa, joten hienorakeisissa maalajeissa veden viipymä ja näin ollen myös kemiallinen reaktioaika on pidempi. Myös hienorakeisen maa-aineksen reaktiopinta-ala on karkeita maalajeja suurempi. Näistä seikoista johtuen hienorakeisten maalajien vaikutus pohjavesikemiaan on suurempi kuin karkearakeisten maalajien.

Maaperän rakeisuusjakauman vaikutusta pohjaveden ainepitoisuuksiin tarkasteltiin luokittelemalla esiintymät seuraaviin maalajiluokkiin: karkearakeiset muodostumat (hiekkä ja sora), hienorakeiset muodostumat (savi ja siltti) ja lajittumattomat muodostumat (moreeni). Karkearakeisia muodostumia on 23, hienorakeisia 9 ja moreenimuodostumia 19.

Pohjaveden elektrolyyttipitoisuus oli suurin hienorakeisissa muodostumissa (taulukko 5.2.2.2), mikä ilmentää suurempaa kemiallista aktiviteettia maaperä-vesi -vuorovaikutusympäristössä verrattuna karkearakeisiin muodostumiin. Myös pohjaveden alkaliniteetin ja emäskationien mediaanipitoisuudet ovat korkeampia. Voidaan siis päätellä, että laskeumaperäisen happokuormituksen vaikutus pohjavesiin on voimakkaampaa karkearakeisissa muodostumissa, jotka ovat siis puskurikyvyltään heikompia ja näin ollen herkimpiä antropogeeniselle happamoitumiselle.

Taulukko 5.2.2.2. Pohjaveden ainepitoisuuksien vaihtelu eri maalajiryhmissä. Keskipitoisuudet (Ka), mediaaniarvot (Md) ja keskihajonnat (SD) moreenimuodostumissa (19 asemaa, 2096 näytettä), savi-siltti-muodostumissa (9 asemaa, 1050 näytettä) ja hiekkä-sora-muodostumissa (23 asemaa, 2784 näytettä).

Muuttuja	Yksikkö	Moreeni			Savi-siltti			Hiekkä-sora			Koko aineisto		
		Ka	Md	SD	Ka	Md	SD	Ka	Md	SD	Ka	Md	SD
Y <sub>25</sub>	mS m <sup>-1</sup>	5,37	4,30	5,63	12,6	7,4	9,65	4,97	3,30	3,99	6,43	4,20	6,54
Alk.	mmol l <sup>-1</sup>	0,34	0,23	0,59	0,40	0,27	0,37	0,27	0,18	0,27	0,32	0,22	0,43
pH		6,28	6,3	0,42	6,27	6,4	0,63	6,35	6,2	0,68	6,31	6,30	0,59
N <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	309	170	421	925	690	771	219	130	286	371	190	517
N <sub>NO3</sub>	µg l <sup>-1</sup>	150	43,5	271	671	250	956	93,9	40	180	216	50	498
N <sub>NH4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	16,0	5	39,1	158	10	405	13,1	6	40,7	40,5	6	185
P <sub>tot</sub>	µg l <sup>-1</sup>	14,3	8	28,3	53,1	17	91,5	10,8	7	17,2	19,3	8	45,7
P <sub>PO4</sub>	µg l <sup>-1</sup>	13,0	6	31,0	34,3	11	49,6	8,15	5	10,8	14,5	6	30,4
Cl	mg l <sup>-1</sup>	1,51	1,3	0,83	6,48	3,5	7,82	2,46	1,2	3,64	2,82	1,5	4,48
Fe	µg l <sup>-1</sup>	487	26	3996	2519	90	5260	189	39	397	706	35	3378
Mn	µg l <sup>-1</sup>	35,4	<20	152	239	<20	349	20,5	8	50,0	64,7	9	194
SO <sub>4</sub>	mg l <sup>-1</sup>	4,39	3,5	3,82	21,2	7,8	31,9	4,05	3,5	3,17	7,14	3,8	15,1
Na	mg l <sup>-1</sup>	2,50	2,3	1,10	6,01	3,2	7,47	2,58	1,9	2,66	3,16	2,2	3,93
K	mg l <sup>-1</sup>	1,00	0,8	0,83	2,90	2,6	2,40	0,78	0,7	0,67	1,24	0,8	1,45
Ca	mg l <sup>-1</sup>	4,64	3,2	6,59	9,23	5,6	8,18	4,54	2,6	5,05	5,42	3,2	6,52
Mg	mg l <sup>-1</sup>	1,56	1,0	3,04	2,82	1,8	2,78	0,94	0,7	0,87	1,49	0,9	2,34
SiO <sub>2</sub>	mg l <sup>-1</sup>	13,7	13,5	3,73	18,0	13,0	6,32	10,6	11,0	2,34	12,9	12,0	5,38
F	µg l <sup>-1</sup>	126	70	354	164	100	168	139	43	324	138	60	314
Al	µg l <sup>-1</sup>	159	23	648	312	60	774	94,9	21	171	156	29	523
Cd	µg l <sup>-1</sup>	0,08	<0,1	0,27	0,53	<0,1	1,56	0,09	<0,1	0,42	0,16	<0,1	0,75
Cu	µg l <sup>-1</sup>	4,30	1	9,04	4,52	2	7,27	4,26	<1	11,7	4,32	1	10,1
Pb	µg l <sup>-1</sup>	1,89	<1	4,93	2,97	<1	6,99	1,68	<1	5,63	1,99	<1	5,69
Ni	µg l <sup>-1</sup>	1,49	<1	4,32	11,2	1,5	33,1	2,12	1	7,68	3,34	<1	15,4
Zn	µg l <sup>-1</sup>	5,62	<5	10,4	60,7	9	100	7,09	<5	19,3	16,0	<5	49,1
Hg	µg l <sup>-1</sup>	0,02	0,01	0,10	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,07
TOC	mg l <sup>-1</sup>	1,87	1,1	2,80	2,47	1,3	2,67	2,38	0,9	4,31	2,21	1,0	3,59

Savi-siltti -muodostumien korkeat kloridipitoisuudet selittyvät osaksi Kalajoen (meriveden vaikutus) ja Vehkoon (tiesuolaus) asemien korkeilla pitoisuuksilla.

Silikaateista liunneen piin määrä pohjavedessä kasvaa, kun maaperän raekoko pienenee (Sandborg 1993). Piidioksidipitoisuus (SiO<sub>2</sub>) ovat selvästi keskiarvon alapuolella hiekka-sora -muodostumissa ja vastaavasti keskimääräistä korkeampi moreenissa ja siltti-savi -muodostumissa. Piidioksidipitoisuuden vaihtelu oli myös selvästi pienempää hiekka-sora -muodostumissa. SiO<sub>2</sub>-pitoisuutta voidaankin pitää hyvänä indikaattorina maaperä-pohjavesi -vuorovaikutuksen voimakkuudesta.

Rauta-, mangaani- ja alumiinipitoisuudet olivat pienimpiä karkearakeisissa muodostumissa.

Orgaanisen hiilen (TOC) mediaanipitoisuus oli korkein hienorakeisissa muodostumissa, mutta keskiahjonta oli kuitenkin selvästi suurin hiekka-sora -esiintymissä, joten orgaaninen aines kulkeutuu helpoimmin pohjaveteen eräissä karkearakeisissa muodostumissa.

Pohjavesiasemittain laskettujen ainepitoisuuksien merkitsevien korrelaatioiden lukumäärät eri maalajityypeissä on esitetty taulukoissa 5.2.2.3, 5.2.2.4 ja 5.2.2.5. Pohjaveden pinnankorkeusvaihtelun korrelaatioita ainepitoisuuksien kanssa on tarkasteltu lähemmin kohdassa 5.2.4.

Sähkönjohtavuuden positiiviset korrelaatiot sulfaatin, natriumin, kaliumin ja kalsiumin kanssa olivat selvästi yleisempiä hiekka-sora -muodostumissa verrattuna moreenimuodostumiin. Sähkönjohtavuuden ja piihappopitoisuuden merkitsevät korrelaatiot olivat moreenimuodostumissa kaikki positiivisia (taulukko 5.2.2.3) kun taas hiekka-sora -muodostumissa positiiviset ja negatiiviset korrelaatiot jakautuivat lähes tasan (taulukko 5.2.2.5).

Taulukko 5.2.2.3. Moreenimuodostumista (17 pohjavesiasemaa) laskettujen merkitsevien ( $p < 0,05$ ) Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimien lukumäärät. Tarkastelujakso 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Positiiviset korrelaatiot merkitty (+) ja negatiiviset (-).

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	+2													
	-5													
Alk.	+1	+14												
	-8	-0												
pH	+1	+6	+13											
	-5	-1	-0											
NO <sub>3</sub>	+1	+10	+5	+6										
	-4	-0	-4	-1										
NH <sub>4</sub>	+0	+4	+6	+4	+1									
	-6	-1	-0	-1	-3									
PO <sub>4</sub>	+0	+5	+4	+2	+7	+8								
	-5	-1	-3	-2	-0	-2								
Cl	+2	+7	+6	+2	+4	+6	+2							
	-3	-2	-2	-1	-2	-0	-3							
SO <sub>4</sub>	+6	+2	+0	+2	+6	+0	+2	+3						
	-0	-2	-11	-6	-3	-3	-5	-6						
Na	+1	+11	+10	+5	+7	+7	+7	+5	+3					
	-8	-1	-1	-3	-1	-2	-0	-1	-4					
K	+0	+7	+7	+4	+6	+9	+4	+4	+1	+16				
	-6	-0	-0	-1	-0	-0	-0	-1	-4	-0				
Ca	+1	+14	+10	+4	+9	+2	+5	+6	+3	+10	+10			
	-6	-0	-0	-2	-2	-2	-1	-3	-1	-1	-1			
Mg	+3	+14	+11	+4	+4	+4	+5	+6	+1	+9	+7	+15		
	-4	-0	-1	-0	-1	-0	-1	-1	-1	-2	-0	-0		
Al	+5	+1	+1	+0	+0	+5	+2	+1	+5	+1	+2	+3	+1	
	-2	-3	-4	-7	-2	-1	-1	-0	-0	-3	-3	-2	-2	
SiO <sub>2</sub>	+1	+8	+10	+4	+8	+0	+4	+3	+1	+7	+8	+5	+4	+0
	-3	-0	-0	-0	-0	-2	-0	-1	-5	-0	-0	-0	-0	-6

Taulukko 5.2.2.4. Hienorakeisista muodostumista (savi-silttimuodostumat, 8 pohjavesiasemaa) laskettujen merkitsevien ( $p < 0,05$ ) Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimien lukumäärät. Tarkastelujakso 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Positiiviset korrelaatiot merkitty (+) ja negatiiviset (-).

	GWL	Y <sub>25</sub>	Alk.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	+2													
	-2													
Alk.	+2	+4												
	-2	-2												
pH	+2	+3	+7											
	-0	-2	-0											
NO <sub>3</sub>	+3	+5	+1	+1										
	-1	-1	-5	-1										
NH <sub>4</sub>	+0	+0	+5	+3	+0									
	-1	-2	-1	-1	-5									
PO <sub>4</sub>	+1	+1	+3	+3	+2	+5								
	-2	-2	-1	-1	-1	-1								
Cl	+1	+6	+2	+3	+2	+3	+3							
	-3	-1	-0	-0	-2	-1	-1							
SO <sub>4</sub>	+3	+5	+1	+0	+4	+1	+0	+0						
	-2	-1	-3	-5	-1	-3	-1	-2						
Na	+0	+8	+4	+2	+4	+3	+2	+6	+5					
	-2	-0	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1					
K	+1	+6	+3	+3	+5	+3	+2	+5	+3	+7				
	-2	-0	-0	-1	-0	-2	-1	-1	-2	-0				
Ca	+3	+8	+3	+1	+5	+1	+1	+6	+4	+6	+4			
	-1	-0	-2	-1	-0	-3	-1	-1	-1	-0	-0			
Mg	+1	+8	+4	+2	+5	+1	+0	+6	+4	+7	+6	+8		
	-3	-0	-1	-2	-1	-2	-2	-1	-1	-0	-0	-0		
Al	+1	+2	+0	+1	+1	+4	+3	+2	+3	+2	+1	+2	+2	
	-2	-2	-3	-4	-0	-0	-1	-2	-1	-2	-5	-1	-3	
SiO <sub>2</sub>	+0	+4	+4	+2	+1	+2	+0	+1	+3	+5	+3	+5	+4	+2
	-1	-0	-0	-1	-1	-1	-0	-0	-1	-0	-0	-0	-0	-1

Alkaliniteetin ja ammoniumpitoisuuden väliset korrelaatiot olivat moreenimuodostumissa kaikki positiivisia. Karkearakeisissa muodostumissa korrelaatioista kaksi kolmasosaa oli negatiivisia.

Pohjaveden pH:n ja magnesiumin väliset korrelaatiot olivat moreenimuodostumissa positiivisia kun taas hiekka-sora -muodostumissa tilanne oli päinvastainen.

Nitraatti- ja ammoniumtypen väliset korrelaatiot olivat karkeissa muodostumissa enimmäkseen positiivisia kun taas hienorakeisissa muodostumissa ja moreenimuodostumissa korrelaatiot olivat pääasiassa negatiivisia. Moreenimuodostumissa nitraatti-ammonium -korrelaatiot olivat harvinaisia. Lumen ainepitoisuuksien korrelaatioanalyysissä nitraatti- ja ammoniumtyypellä on melko voimakas positiivinen korrelaatio (Soveri & Peltonen 1996), joten karkearakeisten muodostumien pohjavesikemia muistuttaa tältä osin enemmän sulamisvesien koostumusta. Ilmiö selittyy osaksi veden nopeammalla kierrolla, jolloin maaperässä tapahtuva nitrifikaatio ei ehdi vaikuttaa NO<sub>3</sub>:NH<sub>4</sub>-suhteeseen.

Ammoniumtypen korrelaatiot natriumin ja kaliumin kanssa olivat moreenimuodostumissa useimmiten positiivisia kun taas karkearakeisissa muodostumissa ammoniumtypen ja natriumin korrelaatiot olivat yhtä lukuunottamatta negatiivisia. Karkearakeisissa muodostumissa ammoniumtypen ja kaliumin korrelaatiot olivat harvinaisia; pohjavesiasemilla havaittiin ainoastaan yksi positiivinen ja yksi negatiivinen tilastollisesti merkitsevä korrelaatio. Hienorakeisissa muodostumissa korrelaatiot olivat yleisempiä ja positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli likimain yhtä paljon.

Taulukko 5.2.2.5. Karkearakeisista muodostumista (hiekkä-soramudostumat, 21 pohjavesiasemaa) laskettujen merkitsevien ( $p < 0,05$ ) Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimien lukumäärät. Tarkastelujakso 1975-94. GWL = pohjaveden pinnankorkeuden aluearvo 0 - 14 vrk ennen näytteenottoajankohtaa. Positiiviset korrelaatiot merkitty (+) ja negatiiviset (-).

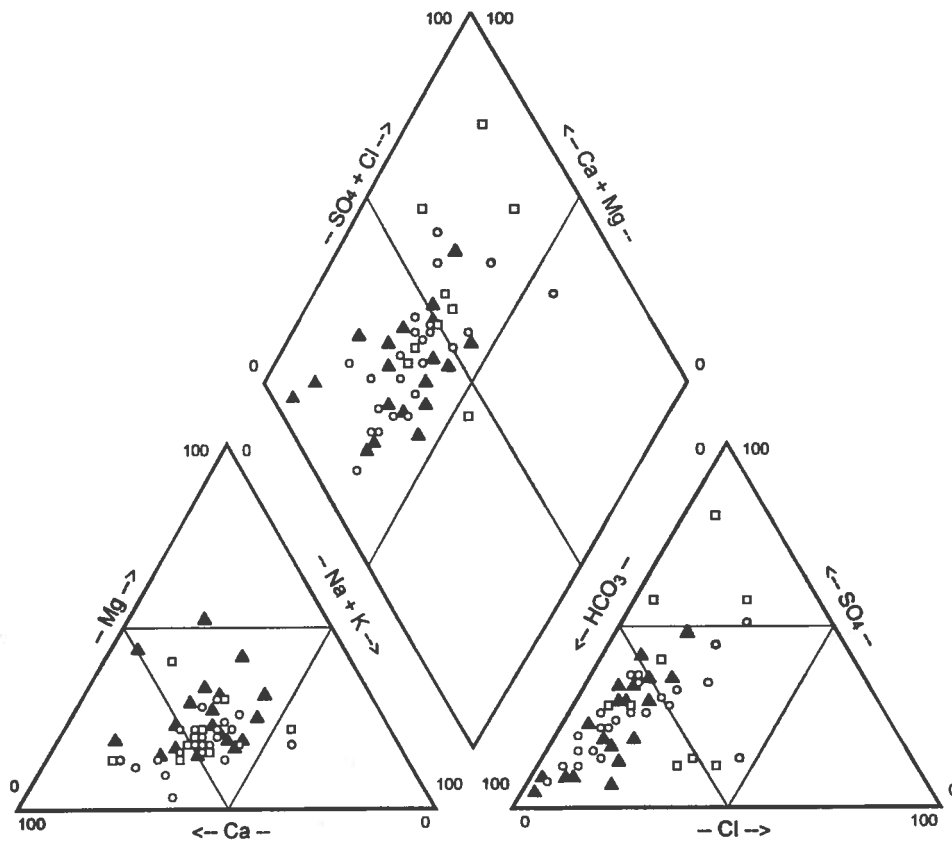
	GWL	Y <sub>25</sub>	Aik.	pH	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Na	K	Ca	Mg	Al
Y <sub>25</sub>	+4													
	-3													
Aik.	+4	+16												
	-4	-2												
pH	+2	+5	+11											
	-3	-4	-1											
NO <sub>3</sub>	+5	+13	+4	+3										
	-4	-2	-4	-5										
NH <sub>4</sub>	+1	+6	+2	+3	+7									
	-4	-6	-4	-5	-2									
PO <sub>4</sub>	+1	+4	+4	+8	+7	+7								
	-5	-4	-3	-3	-2	-1								
Cl	+3	+11	+6	+4	+8	+7	+2							
	-6	-2	-4	-5	-4	-3	-4							
SO <sub>4</sub>	+3	+12	+4	+1	+4	+1	+1	+6						
	-1	-2	-10	-7	-3	-4	-5	-4						
Na	+3	+17	+11	+6	+6	+1	+1	+9	+14					
	-2	-0	-0	-6	-3	-7	-5	-1	-0					
K	+3	+18	+8	+5	+5	+1	+2	+7	+10	+16				
	-2	-0	-1	-3	-1	-1	-3	-1	-1	-1				
Ca	+2	+20	+15	+5	+11	+3	+2	+6	+10	+17	+13			
	-2	-0	-1	-4	-3	-7	-5	-2	-2	-0	-0			
Mg	+3	+19	+13	+2	+9	+4	+4	+8	+12	+16	+12	+16		
	-2	-0	-1	-6	-2	-3	-5	-1	-0	-1	-0	-1		
Al	+3	+4	+0	+1	+4	+5	+4	+4	+3	+3	+2	+2	+2	
	-2	-3	-5	-7	-5	-1	-0	-1	-3	-3	-2	-2	-4	
SiO <sub>2</sub>	+2	+5	+8	+5	+10	+2	+3	+1	+2	+6	+4	+4	+2	+4
	-2	-6	-2	-5	-3	-2	-0	-2	-5	-2	-2	-3	-4	-4

Fosfaatin korrelaatiot natriumin ja kalsiumin kanssa olivat moreenimuodostumissa useimmiten positiivisia. Hiekka-sora -muodostumissa fosfaatin ja natriumin sekä fosfaatin ja kalsiumin korrelaatiot olivat yhtä lukuunottamatta negatiivisia. Karkearakeisissa muodostumissa ammoniumtypen korrelaatiot mainittujen kationien kanssa olivat harvinaisempia.

Sulfaatin ja natriumin välisiä negatiivisia ja positiivisia korrelaatioita oli moreenimuodostumissa lähes yhtä paljon ja lukumääräisesti melko vähän. Karkearakeisissa muodostumissa merkitseviä korrelaatioita oli runsaasti ja ne olivat poikkeuksetta positiivisia. Myös hienorakeisten muodostumien sulfaatti-natrium -korrelaatiot olivat pääasiassa positiivisia.

Magnesiumin ja piihapon väliset korrelaatiot olivat moreenimuodostumissa ja hienorakeisissa muodostumissa poikkeuksetta positiivisia kun taas karkeissa maalajeissa korrelaatiosta kaksi kolmasosaa oli negatiivisia.

Pohjaveden tärkeimpien ionien suhteellisia pitoisuuksia eri maalajeissa on tarkasteltu Piper-diagrammien avulla. Pohjavesiasemien pääanionien ja -kationien ekvivalenttiset pitoisuuskeskiarvot on esitetty kuvassa 5.2.2.1. Suhteellinen magnesiumpitoisuus oli keskimäärin voimakkaimmin edustettuna eräissä moreenimuodostumissa. Hienorakeisten muodostumien anionisuhteissa huomionarvoista oli pienempi suhteellinen alkaliniteetti verrattuna karkearakeisiin muodostumiin ja moreenimuodostumiin. Kolmen suhteellisen korkeaa kloridipitoisuutta edustavan hienorakeisen muodostuman ryhmä selittyy rannikon läheisyyden (Kalajoki 1004), tiesuolauksen (Vehkoo 0902) ja maataloustoiminnan (Juutilankangas 0704) vaikutuksina.



Kuva 5.2.2.1. Pohjaveden keskipitoisuuksien Piper-diagrammit. Karkearakeiset muodostumat (○), hienorakeiset muodostumat (□) ja moreenimuodostumat (▲).

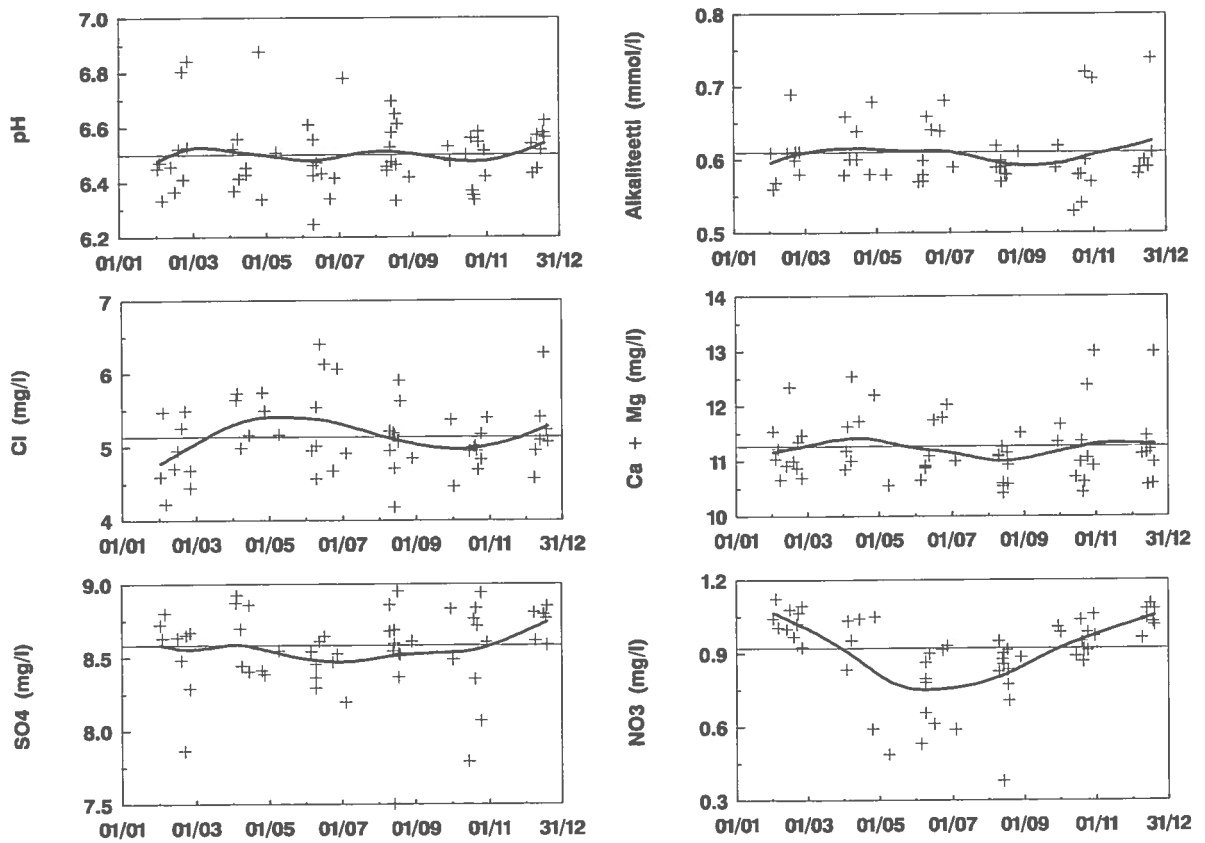
### 5.2.3 Vuodenaikaisvaihtelu

Pohjavesien laatu saattaa vaihdella paitsi alueellisesti ja paikallisesti myös ajallisesti varsin huomattavasti. Suurimmat vaihtelut pohjavesien laadussa tapahtuvat yleisimmin keväällä ja syksyllä korkean veden aikana (Soveri 1985). Kevätsulanta ja kasvukaudella tapahtuva kasvien ravinteiden otto ovat tekijöitä, jotka aiheuttavat pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelua. Myös kesäkauden korkeampaan lämpötilaan liittyvä kemiallisten reaktioiden suurempi nopeus ja maaperän korkeampi biologinen aktiviteetti ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat periodiseen pitoisuusvaihteluun varsinkin matalissa pohjavesimuodostumissa.

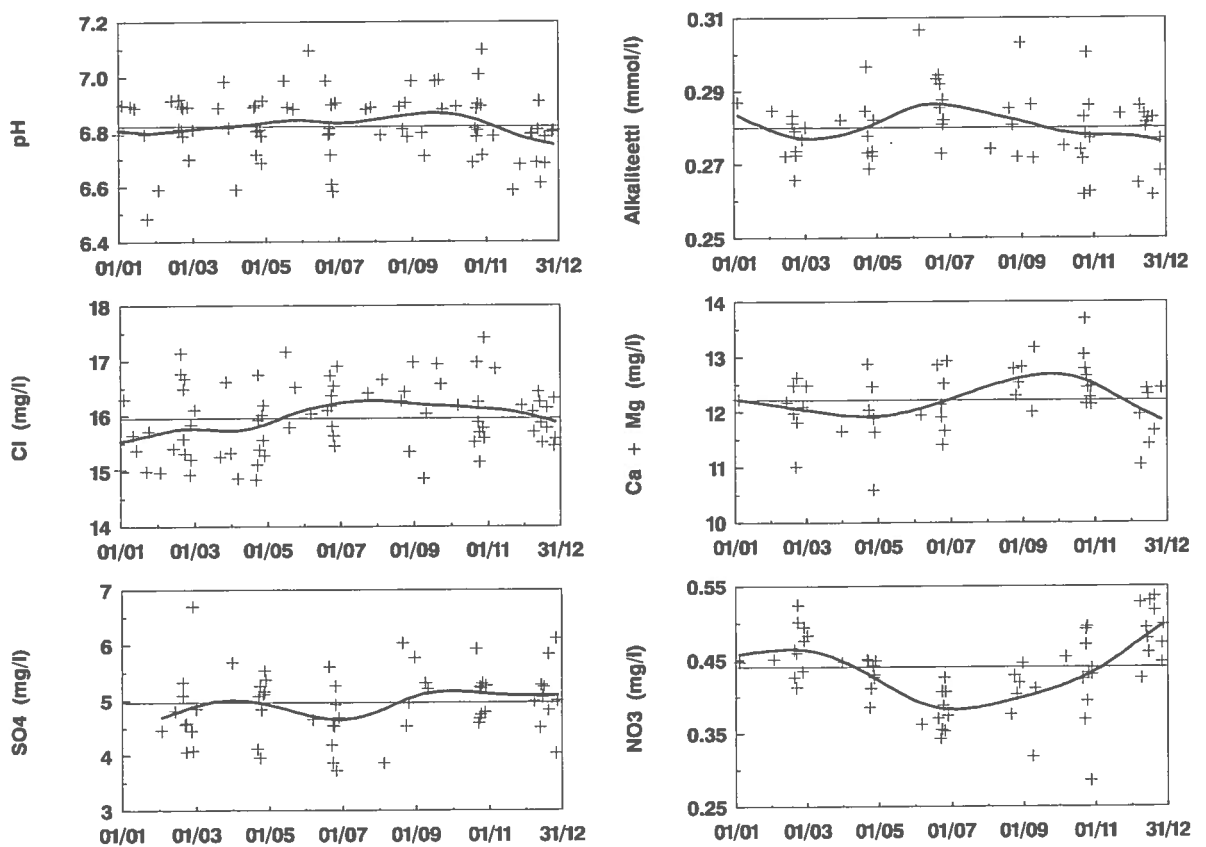
Pitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelua on eräiden asemien osalta kuvattu diagrammeilla, joissa valittujen vuosien pitoisuusarvot on esitetty vuosisykleinä (kuvat 5.2.3.1 - 5.2.3.6). Kuvissa on esitetty yksittäiset pitoisuusarvot, tarkastelujakson keskiarvo sekä pitoisuusarvojen splinikäyrä. Tarkastelujakso on valittu siten, että mahdollinen trendi on tasaisesti laskeva tai nouseva. Merkitsevät ( $p < 0.05$ ) lineaariset trendit on poistettu aineistosta regressioyhtälön avulla.

Kesällä ja syksyllä pohjaveden pinnankorkeusvaihtelu oli usein epäsäännöllistä. Yleisimmin pohjaveden ainepitoisuudet nousivat kesällä ja alkusyksyllä pohjaveden pinnan laskiessa kevätmaksimin jälkeen. Hydrologisten olosuhteiden vaihtelu vaikutti pohjaveden ainepitoisuuksiin myös eri kesien välillä.

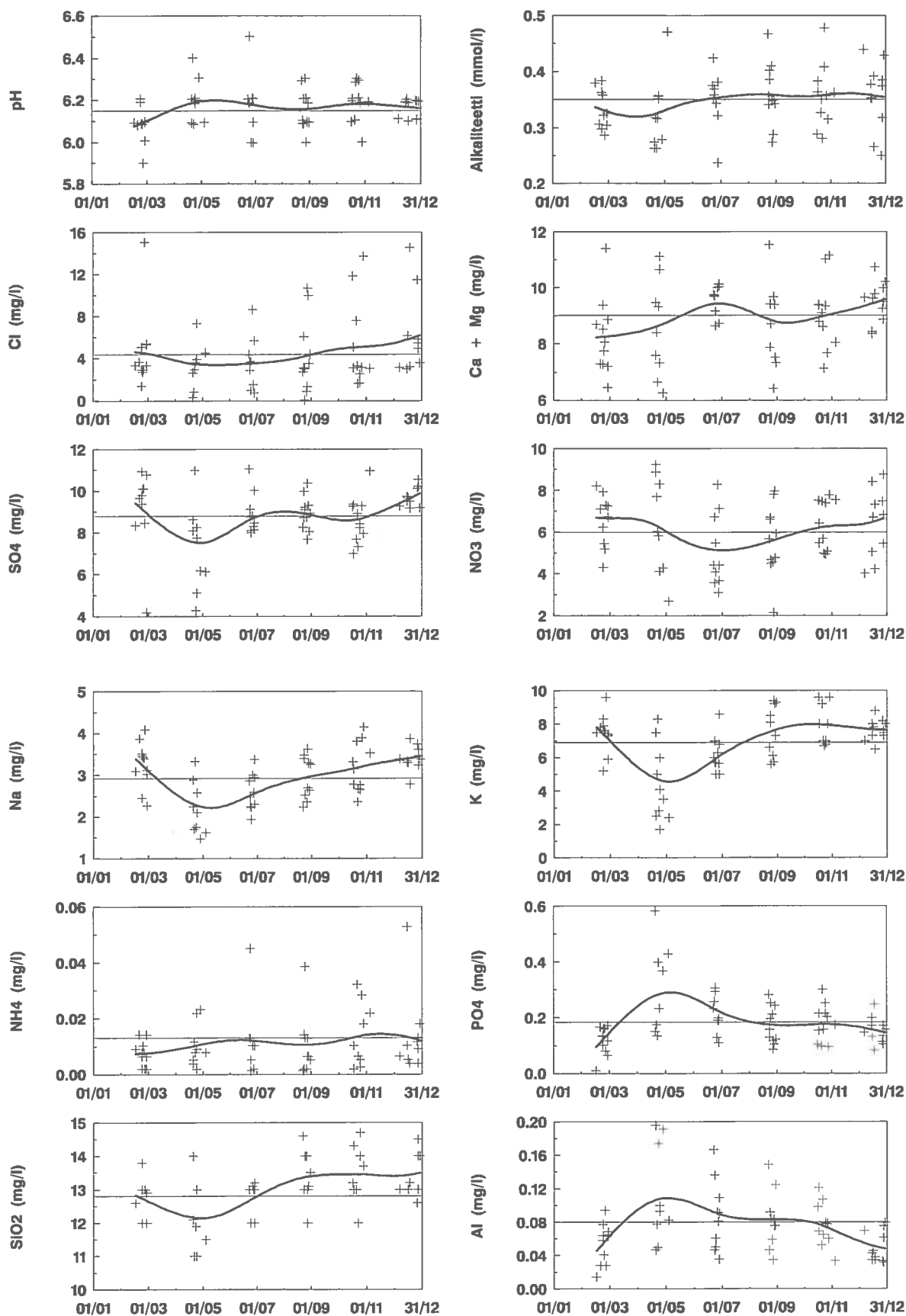




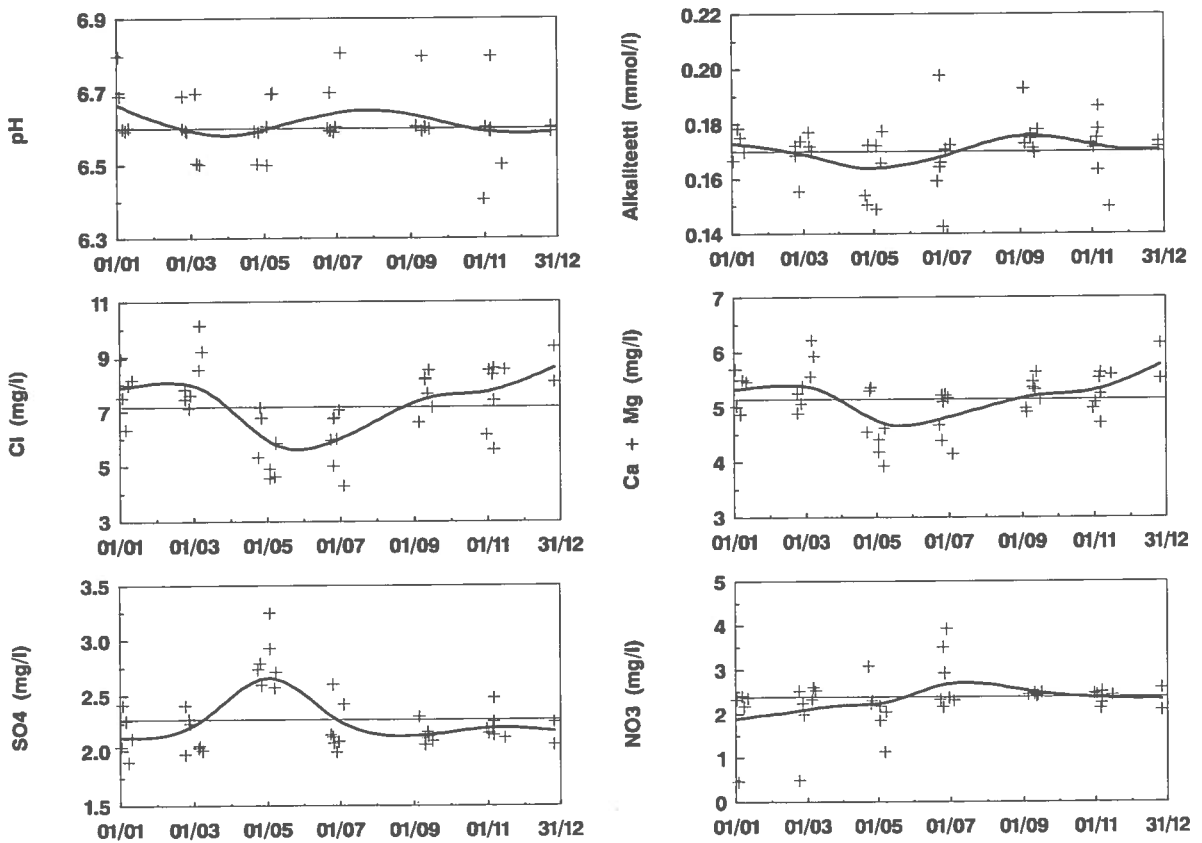
Kuva 5.2.3.1. Pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikasyklejä Orimattilan (0103) pohjavesiasemalla vuosina 1984-1994.



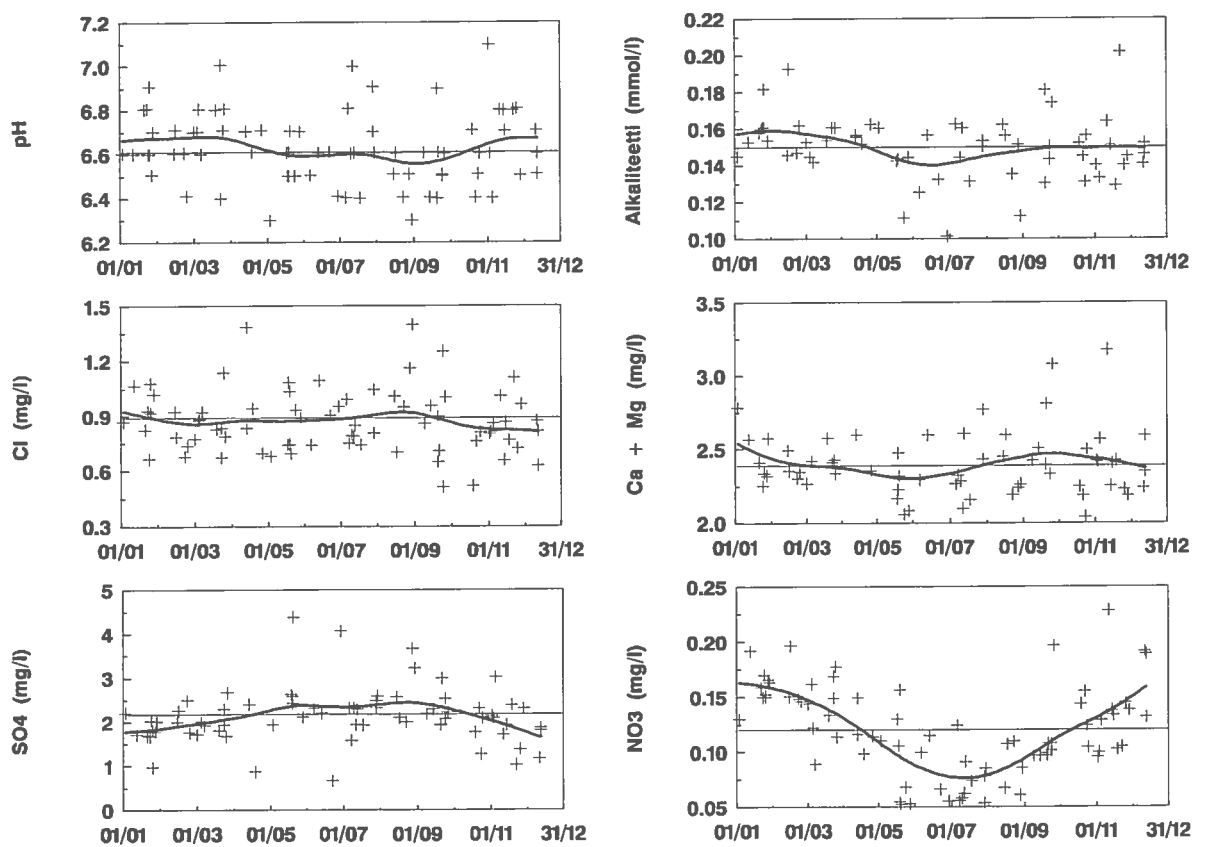
Kuva 5.2.3.2. Pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikasyklejä Valkealan (0402) pohjavesiasemalla vuosina 1984-1994.



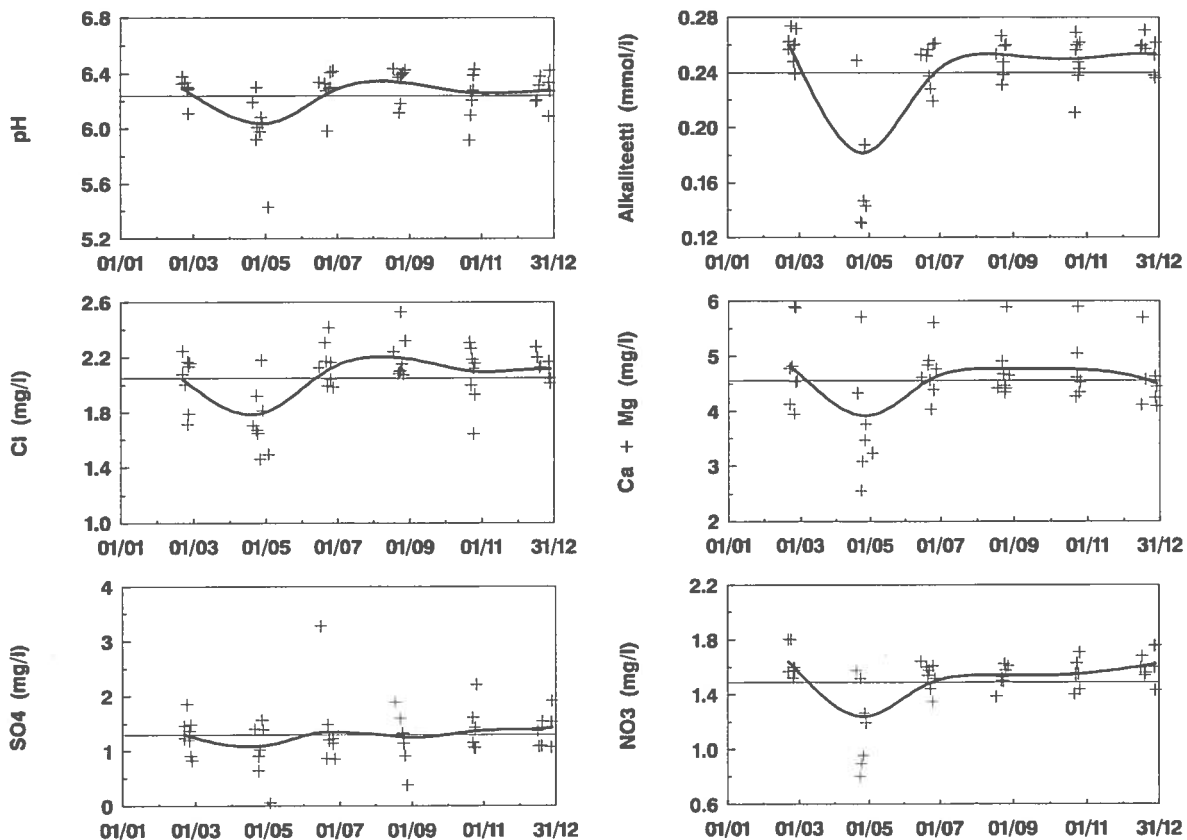
Kuva 5.2.3.3. Pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikasyklejä Pertunmaan (0501) pohjavesiasemalla vuosina 1984-1994.



Kuva 5.2.3.4. Pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikasyklejä Vehkoon (0902) pohjavesiasemalla vuosina 1988-1994.



Kuva 5.2.3.5. Pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikasyklejä Kuusamon (1104) pohjavesiasemalla vuosina 1982-1994.



Kuva 5.2.3.6. Pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikasyklejä Lumiahon (1202) pohjavesiasemalla vuosina 1987-1994.

Sulamisvesien vaikutuksesta tapahtuva pohjaveden ainepitoisuuksien muutokset näkyivät selvästi Lumiahon (1202) pohjavesiasemalla (kuva 5.2.3.6). Alkaliniteetin, pH:n ja eräiden muiden kationien pitoisuudet laskivat selvästi keväällä kun taas sulfaattipitoisuudessa muutos oli huomattavasti pienempi. Vastaava ilmiö oli nähtävissä Vehkoon (0902) pohjavesiasemalla, jossa sulfaattipitoisuus nousi keväällä voimakkaasti sulamisvesien vaikutuksesta (kuva 5.2.3.4).

Korkeimmat alkaliniteetti-, pH- sekä emäskationipitoisuuksien arvot esiintyivät useimmiten loppupalvella, jolloin suotovesimäärät ovat vähäisiä ja pohjavesivarasto pieni.

Tien sijainnin läheisyys pohjaveden laadun havaintopaikkaan nähden vaikuttaa selvästi kloridipitoisuuteen. Pohjavesimuodostuman suolaantumisriski on suurin, jos kloridipitoisuudet nousevat virtauksen alavirran suunnassa ja tie seuraa harjujaksoa (Soveri ym. 1991, Kling ym. 1993, Nysten & Hänninen 1997). Kloridipitoisuuden vuodenaikaisvaihtelua Orimattilan (0103), Valkealan (0402) ja Vehkoon (0902) pohjavesiasemilla on tarkasteltu kuvissa 5.2.3.1, 5.2.3.2 ja 5.2.3.4. Kyseisten asemien keskimääräistä korkeammat kloridipitoisuudet johtuvat todennäköisesti muodostumisalueiden kautta kulkevien maanteiden talvisuolauksesta. Valkealan pohjavesiasemalla näytteenottopiste sijaitsee tiestä noin 800 metrin päässä, jonne tien ympäristöstä suotautuva vesi kulkeutuu hiekka-sora -muodostumaa pitkin. Keskimääräistä pienempiä pitoisuuksia esiintyi kevätsulannan yhteydessä ja korkeampia pitoisuuksia loppukesän kuivempina jaksoina. Orimattilan pohjavesiasemalla tie kulkee lähteen yläpuolisella harjumuodostumalla parinkymmenen metrin etäisyydellä näytteenottopisteestä, joten kloridipitoisuuden kohoaminen on voimakkainta alkukevällä (kuva 5.2.3.1). Vehkoon pohjavesiasemalla korkeimmat kloridipitoisuusarvot esiintyivät talvella. Tämä viittaa talviaikana suotautuvan vajoveden aiheuttamaan kloridipitoisuuden nousuun, koska kevään sulamisvedet näyttäivät laimentavan pohjaveden kloridipitoisuutta.

Nitraattipitoisuus vaihteli voimakkaasti vuodenajasta riippuen useilla pohjavesiasemilla. Pitoisuus oli yleensä pienimmillään kesällä, mikä johtuu kasvukaudella tapahtuvasta kasvien ravinteiden otosta. Pitoisuusminimi oli tyypillisesti Etelä-Suomessa kesä-heinäkuussa (Orimattila 0103, Valkeala 0402), Pohjois-Suomessa pitoisuudet olivat pienimmillään noin kuukautta myöhemmin (Kuusamo 1104).

#### **5.2.4 Ainepitoisuuksien ja pinnankorkeuden välinen riippuvuus**

Pohjaveden ainepitoisuuksien riippuvuuksia pohjaveden pinnankorkeudesta on tarkasteltu ainepitoisuuksien ja pinnankorkeuden välisellä korrelaatioanalyysillä. Kuvissa 5.2.4.1, 5.2.4.2, 5.2.4.3 ja 5.2.4.4 on esitetty pohjavesien ainepitoisuuksien ja pinnankorkeusvaihtelun välisten korrelaatioiden lukumääriä koko aineistosta sekä eri maalajiluokkien esiintymistä.

Merkitseviä korrelaatioita, positiivisia ja negatiivisia, oli 32,6 %:lla tarkastelluista pohjavesiasemista. Maalajiluokittain eniten merkitseviä korrelaatioita oli seuraavasti: hienorakeiset maalajit 39,3 %, moreeni 37,4 % ja karkearakeiset maalajit 27,6 %. Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelun vaikutukset pohjaveden ainepitoisuuksiin olivat siis tapauskohtaisesti harvalukuisempia karkeissa maalajeissa verrattuna moreeni- ja hienorakeisiin maalajeihin. Korrelaatioiden harvalukuisuus karkealajitteisissa esiintymissä selittyy ainakin osaksi näiden muodostumien vähäisemmällä pohjaveden pinnankorkeuden vuosivaihtelulla.

Koko aineistossa johtavuuden ja pohjaveden pinnankorkeuden välisiä negatiivisia korrelaatioita oli jonkin verran enemmän kuin positiivisia korrelaatioita. Moreenimuodostumissa negatiiviset korrelaatiot olivat selvästi yleisempiä, hienorakeisissa muodostumissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli yhtä paljon ja karkearakeisissa muodostumissa positiiviset korrelaatiot olivat jonkin verran yleisempiä.

Kaksi kolmasosaa alkaliniteetin ja pohjaveden pinnankorkeuden välisistä korrelaatioista olivat negatiivisia. Karkea- ja hienorakeisissa muodostumissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli yhtä paljon, kun taas moreeniesiintymissä negatiiviset korrelaatiot olivat selvästi yleisempiä.

Pohjaveden pH:n ja pinnankorkeuden välisiä negatiivisia korrelaatioita oli jonkin verran enemmän kuin positiivisia korrelaatioita. Hienorakeisissa muodostumissa negatiivisia korrelaatioita ei esiintynyt, mikä ilmentää hienorakeisesta mineraaliaineksestä koostuvan maaperän parempaa puskurikykyä pohjaveden happamoitumista vastaan.

Pohjaveden pinnankorkeuden ja nitraattityypipitoisuuden välisiä positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli yhtä paljon kun taas pinnankorkeuden ja ammoniumtyypipitoisuuden väliset korrelaatiot olivat yhtä lukuunottamatta negatiivisia.

Fosfaatin ja pohjaveden pinnankorkeuden väliset korrelaatiot olivat kaikissa maalajityypeissä pääasiassa negatiivisia. Esimerkkinä poikkeuksesta on Pertunmaan (0501) pohjavesiasemalla havaittu positiivinen korrelaatio, mikä liittyy keväisin tapahtuvaan  $\text{PO}_4$ -pitoisuuden voimakkaaseen nousuun (kuva 5.2.3.3). Fosfaattipitoisuuden nousuun on todennäköisesti ollut syytä pohjaveden muodostumisalueella harjoitettu maataloustoiminta.

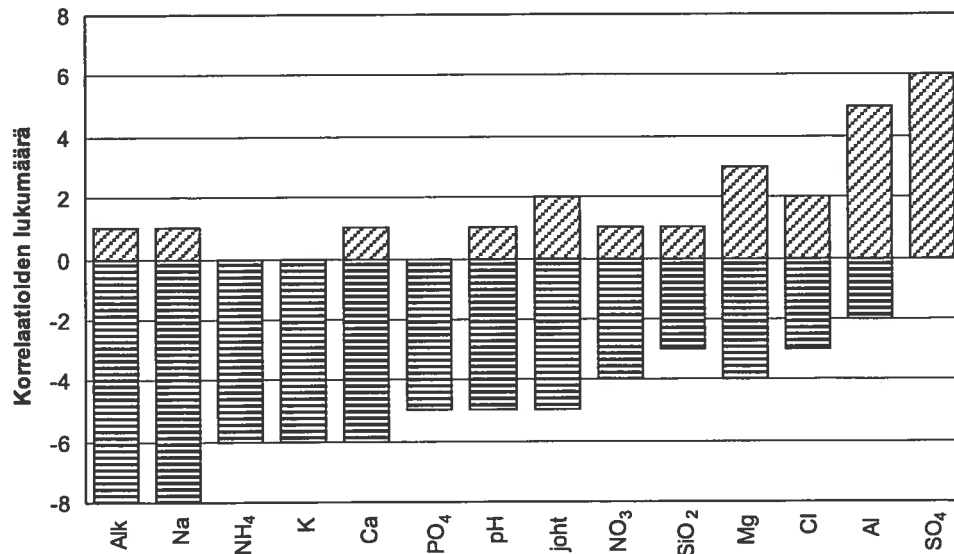
Kloridin korrelaatiot pohjaveden pinnankorkeuden kanssa olivat pääasiassa negatiivisia. Moreenimuodostumissa positiiviset korrelaatiot olivat muihin maalajityyppeihin verrattuna suhteellisesti jonkin verran yleisempiä.

Sulfaatin ja pohjaveden pinnankorkeuden väliset korrelaatiot olivat pääosin positiivisia, mikä useissa tapauksissa todennäköisesti johtui sulfaatin laskeumaperäisestä alkuperästä. Lähes 80 % tilastollisesti merkitsevistä korrelaatioista oli positiivisia. Moreenimuodostumissa kaikki merkitsevät korrelaatiot olivat positiivisia. Hienorakeisissa muodostumissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli lukumääräisesti yhtä paljon.

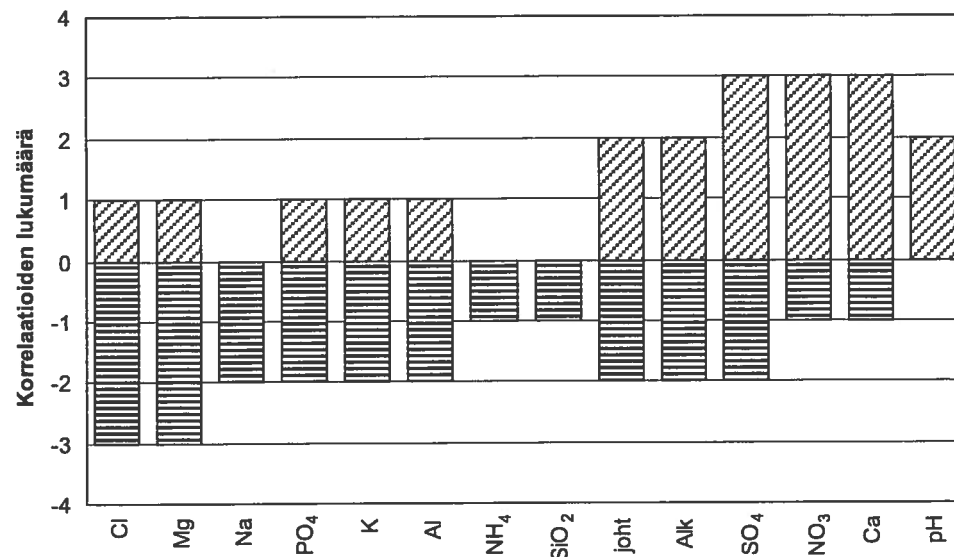
Natriumin, kaliumin ja kalsiumin korrelaatiot pohjaveden pinnankorkeuden kanssa olivat moreenimuodostumissa lähes poikkeuksetta negatiivisia kun taas karkeissa maalajeissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita esiintyi likimain yhtä paljon. Magnesiumin positiiviset ja negatiiviset korrelaatiot pohjaveden pinnankorkeuden kanssa jakautuivat melko tasan maalajista riippumatta.

Positiiviset korrelaatiot alumiinin ja pohjaveden pinnankorkeuden välillä olivat koko aineistossa jonkin verran negatiivisia korrelaatioita yleisempiä. Positiivisten korrelaatioiden osuus kaikista merkitsevistä korrelaatioista oli 60 %. Hiekka-sora sekä savi-siltti -muodostumissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli jotakuinkin yhtä paljon, mutta moreenimuodostumissa positiivisten korrelaatioiden osuus oli selvästi suurempi; moreenimuodostumien merkitsevistä korrelaatioista 70 % oli positiivisia. Alumiinin ja sulfaatin väliset keskinäiset positiiviset korrelaatiot saattavat selittää näiden aineiden pitoisuuksien samankaltaista pinnankorkeusriippuvuutta, mikä puolestaan johtunee esimerkiksi happamoittavan laskeuman aiheuttamasta alumiinin liukenemisestä maaperästä pohjaveteen.

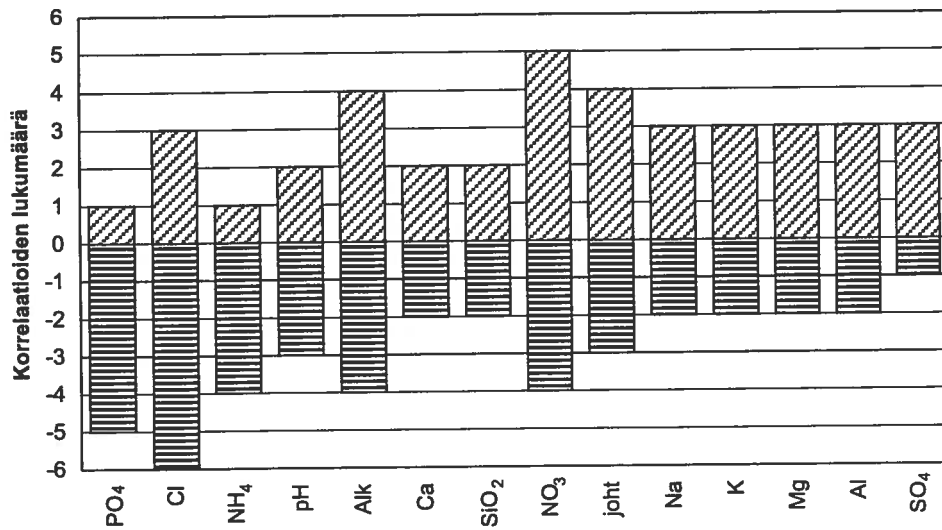
Piihapon ja pohjaveden pinnankorkeuden väliset negatiiviset korrelaatiot olivat jonkin verran positiivisia korrelaatioita yleisempiä. Karkeissa maalajeissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli yhtä paljon.



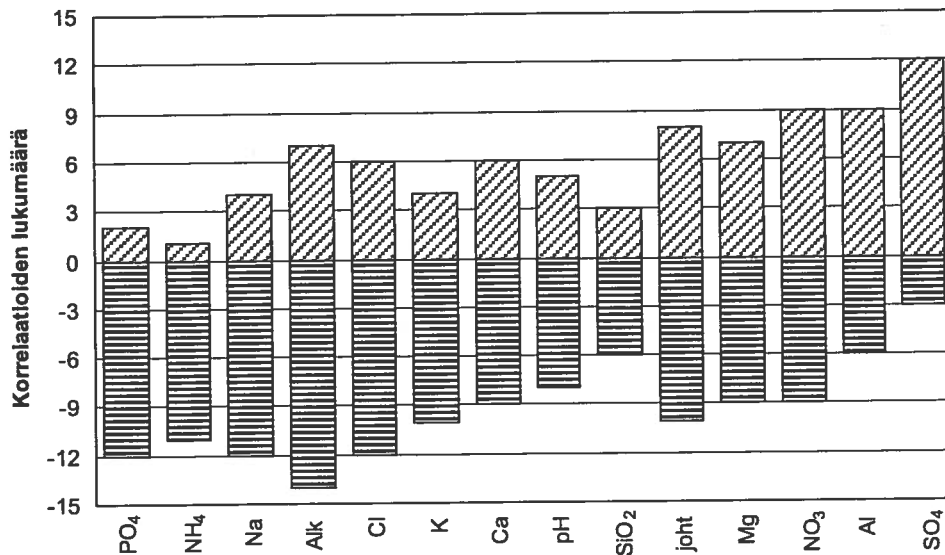
Kuva 5.2.4.1. Pohjaveden pinnankorkeuden ja ainepitoisuuksien tilastollisesti merkitsevien ( $p < 0,05$ ) korrelaatioiden lukumäärät moreenimuodostumissa (17 pohjavesiasemaa).



Kuva 5.2.4.2. Pohjaveden pinnankorkeuden ja ainepitoisuuksien tilastollisesti merkitsevien ( $p < 0,05$ ) korrelaatioiden lukumäärät hienorakeisissa muodostumissa (savi-silttimuodostumat, 8 pohjavesiasemaa).



Kuva 5.2.4.3. Pohjaveden pinnankorkeuden ja ainepitoisuuksien tilastollisesti merkitsevien ( $p < 0,05$ ) korrelaatioiden lukumäärät karkearakeisissa muodostumissa (hiekkasoramuodostumat, 21 pohjavesiasemaa).



Kuva 5.2.4.4. Pohjaveden pinnankorkeuden ja ainepitoisuuksien tilastollisesti merkitsevien ( $p < 0,05$ ) korrelaatioiden lukumäärät 46:lla pohjavesiasemalla.

### 5.2.5 Pohjaveden pitoisuustrendit

Pohjavesien pitkän aikavälin pitoisuustrendejä tutkittiin epäparametrisella Seasonal Kendall -testillä. Testin suoritus on kuvattu aikaisemmin luvussa 4, jossa on myös esitetty asemakohtaiset tulokset. Taulukkoon 5.2.5.1 on koottu yhteenveto paikkakohtaisista tuloksista tärkeimpien happamoitumisindikaattorien osalta.

Taulukko 5.2.5.1. Pohjavesiasemien happamoitumistrendit vuosina 1975-1997. Pohjaveden havaintopaikat on järjestetty happamuus-, alkaliniteetti- ja  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$ -trendien lineaaristen voimakkuusestimaattien mukaan siten, että tutkimusjakson aikana voimakkaimmin happamointuneet pohjavedet esiintyvät taulukon yläpäässä. Merkitsevyytason  $p < 0,05$  alittavia trendiestimaatteja ei ole esitetty.

Tunnus	Nimi	Trendien voimakkuusestimaatit				
		pH pH-yks. vuosi <sup>-1</sup>	Alkaliniteetti mmol l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	$\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$ ekv ekv <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	$\text{SO}_4$ mg l <sup>-1</sup> vuosi <sup>-1</sup>	$\text{NO}_3$ $\mu\text{g l}^{-1}$ vuosi <sup>-1</sup>
0803	Laihia	-0,0827	-0,0234	0,6919	4,096	
0104	Tullinkangas	-0,0309	-0,0012	0,0358	0,120	
0801	Rajamäki	-0,0235	-0,0011			-50,6
1003	Kälviä	-0,0218	-0,0163	0,0329		
0102	Karkkila	-0,0213	-0,0009	0,0331	0,184	53,6
0502	Pistohiekka	-0,0181	-0,0056	0,0090	0,165	-27,2
0901	Mutkala	-0,0159	-0,0083	0,0146	0,355	
0903	Äijälä	-0,0057	-0,0009	0,0112	0,071	
0103	Orimattila	-0,0056		0,0061	0,122	
0902	Vehkoo	-0,0040		0,0081	0,056	4,0
1201	Kolmisoppi	-0,0000	-0,0020	0,0061	0,030	-3,3
0501	Pertunmaa		-0,0066	0,0352	-0,255	-287
0604	Akonjoki		-0,0025			
0404	Parikkala		-0,0015		0,182	
1204	Kullisuo		-0,0007	0,0024	0,014	4,1
1002	Haapajärvi		-0,0005	0,0009	0,074	4,8
1004	Kalajoki			0,6407	2,468	132
0403	Kotaniemi			0,0127	0,143	
0504	Heinävesi			0,0117	0,132	104
0301	Orivesi			0,0045		-55,0
1101	Pyhäntä			0,0016		8,7
1202	Lumiaho				0,031	-10,7
1203	Alakangas				0,025	
1104	Kuusamo				0,023	-3,3
1001	Halsua				0,020	-14,0
0802	Taipale					20,0
1103	Pudasjärvi					
0602	Viinikkala					-195
0804	Lummukka				-0,089	
0701	Kuuksenvaara		0,0006	-0,0422	-0,083	-5,3
0402	Valkeala		0,0006	0,0647	0,185	
0702	Jaamankangas		0,0023	-0,0158	-0,021	-49,3
0704	Juutilankangas		0,0028	-0,0164		131,2
0203	Oripää		0,0029	0,0091	0,120	34,2
1306	Nellim		0,0029	0,0066		9,5
0503	Naakkima	0,0079			-0,302	
1304	Sodankylä	0,0084	0,0043	-0,0292		-15,3
0302	Jämijärvi	0,0153	0,0023	0,0040	0,035	
1102	Ruukki	0,0156	0,0008			-0,3
0603	Kangaslahti	0,0291				

82 %:lla pohjavesiasemista, joiden pH-trendi oli laskeva, tavattiin nouseva sulfaattipitoisuustrendi. Laskevia  $\text{SO}_4$ -trendejä ei ollut. Vastaavasti nitraattipitoisuustrendi oli 18 %:lla nouseva ja 27 %:lla laskeva niistä asemista, joilla pH-trendi oli laskeva, joten sulfaattipitoisuuden muutokset ilmentävät pohjavesien happamoitumista nitraattia selvemmin. Vastaava ilmiö näkyi myös  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhteen kohdalla: 77 %:lla pohjavesiasemista, joiden  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{HCO}_3$ -trendi oli



nouseva, tavattiin nouseva ja 5 %:lla laskeva sulfaattipitoisuustrendi. Nitraattipitoisuustrendit olivat vastaavasti 41 %:lla asemista nousevia ja 18 %:lla laskevia. 64 %:lla asemista, joiden alkaliniteetti pienentyi, esiintyy laskeva pH-trendi.

Pohjaveden ainepitoisuuksien trendien alueellinen jakauma käy ilmi kuvista 5.2.5.1 - 5.2.5.4. Kuvissa on esitetty Seasonal Kendall -testillä lasketut merkitsevyydestason  $p < 0,05$  ylittävät trendit. Yhteenvedo nousevien ja laskevien trendien lukumääristä on esitetty kuvassa 5.2.5.5.

Sähkönjohtavuuden nousevia ja laskevia trendejä oli yhtä paljon. Etelä-Suomessa ja lähinnä rannikkoa sijaitsevilla asemilla trendit olivat yleensä nousevia.

Alkaliniteetin tilastollisesti merkitseviä trendejä oli 57 %:lla trendianalyysiin valituista asemista, joista 61 % oli nousevia ja 29 % laskevia.

Happamuus lisääntyi 27 %:lla ja vähentyi 12 %:lla tutkituista asemista. Yleisintä happamointumisen oli eteläisessä Suomessa (esim. Tullinkangas 0104, Karkkila 0102 ja Orimattila 0103). Pohjoisin asema, jolla todettiin laskeva, joskin erittäin loiva pH-trendi oli Kainuun Kolmisoppi (1201). Kaakkois-Suomen pohjavesiasemilla pH ei korkeasta laskeumaperäisestä rikkikuormituksesta huolimatta ole laskenut, mihin saattaa olla syynä alueen kallioperän suurempi rapautuneisuus paikoin. Länsi- ja Itä-Suomessa sekä Kainuussa happamuus on 1990-luvun puolivälin jälkeen vähentynyt. Voimakkain laskeva pH-trendi oli Laihian (0803) sulfaattimaalla sijaitsevala pohjavesiasemalla.

Nitratipitoisuuden merkitsevät trendit jakautuivat melko tasaisesti nouseviin (27 %) ja laskeviin (32 %). Pohjaveden nitratipitoisuuden vaihtelu liittyy usein kasvipeitteen muutoksiin ja nitratipitoisuuden kasvu onkin useilla asemilla ollut seurausta metsänhakuista.

Ammoniumpitoisuudet laskivat 80 %:lla tutkituista asemista. Ammoniumtrendi oli nouseva yhdellä (Sodankylä 1304) pohjavesiasemalla. Ammoniumpitoisuuksien lasku johtuu ainakin osaksi vähentyneestä ammoniumlaskeumasta (Soveri & Peltonen 1996).

Fosfaattitrendit olivat valtaosaltaan laskevia. Pitoisuudet laskivat 55 %:lla ja nousivat 15 %:lla asemista. Fosfaatti- ja ammoniumpitoisuuksien pieneneminen joillakin asemilla johtuneen laskeumaperäisen kuormituksen vähenemisen lisäksi mm. metsänlannoituksen voimakkaasta vähentämisestä 1980-luvun lopulta lähtien (Metsäntutkimuslaitos).

Kloridipitoisuudet laskivat 55 %:lla ja nousivat 17 %:lla asemista. Nousevat pitoisuustrendit johtuivat lähinnä tiesuolauksen vaikutuksesta (esim. Valkeala 0402).

Sulfaattipitoisuus lisääntyi 55 %:lla ja vähentyi 12 %:lla trendianalyysiin valituista asemista. Voimakkaasti nousevia trendejä olivat Laihian (0803) ja Kalajoen (1003) asemilla, mihin syynä olivat lähinnä geologiset tekijät (sulfaattimaa). Etelä-Suomessa sulfaattipitoisuus on yleensä lisääntynyt, mutta kaikkein eteläisimmillä havaintopaikoilla pitoisuus on laskenut 1990-luvun jälkipuoliskolla. Sulfaattipitoisuuden lasku on todennäköisesti seurausta ilman kautta tulevan rikkikuormituksen vähenemisestä.

Viidellä eteläisimmällä pohjavesiasemalla kaikkien emäskationien (Na, K, Ca ja Mg) pitoisuudet olivat nousevia. Kaikilla emäskationeilla nousevien trendien lukumäärä oli suurempi kuin laskevien trendien määrä. Koko trendianalyysin aineistosta eniten nousevia (55 %) trendejä oli kalsiumilla. Magnesiumilla nousevien trendien määrä (37 %) suhteessa laskeviin trendeihin (30 %) oli emäskationeista pienin. Pohjavesien happamoitumisherkyyden kannalta kallio- ja maaperän rapautumisnopeudella on ratkaiseva merkitys (Maxe 1999). Kaakkois-Suomen pohjavesiasemien (Valkeala 0402, Kotaniemi 0403 ja Parikkala 0404) suhteellisen voimakkaat nousevat kalsium- ja magnesiumtrendit saattavat olla indikaatioita riittävän suuresta kallio- ja maaperän rapautumisnopeudesta, jotta alueellinen verrattaen suuri laskeumaperäinen happokuormitus (Soveri & Peltonen 1996) neutraloituu eikä laskevia pH-trendejä näin ollen näillä asemilla ole esiintynyt. Toisaalta karbonaattimineraalien esiintyminen maaperässä vaikuttaa ratkaisevasti pohjavesien happamoitumisherkyyteen.

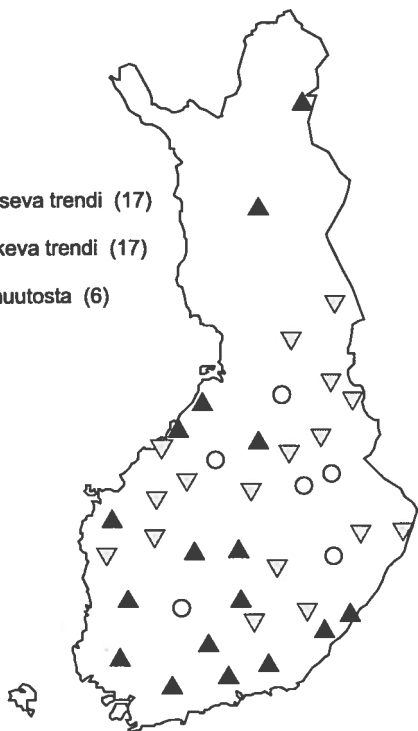
Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-trendi oli nouseva 55 %:lla ja laskeva 10 %:lla tutkituista asemista. Eteläisessä Suomessa Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-trendit olivat lähes poikkeuksetta nousevia.

Alumiinipitoisuus oli 42 %:lla asemista laskeva ja 5 %:lla nouseva. Nousevia trendejä tavattiin vain Pohjanmaalla kahdella pohjavesiasemalla.

Pohjaveden trendien voimakkuusestimaattien jakaumat on esitetty kuvissa 5.2.5.6 ja 5.2.5.7. Merkitsevyydestason  $p < 0,05$  alittaville trendiestimaateille on annettu arvo nolla.

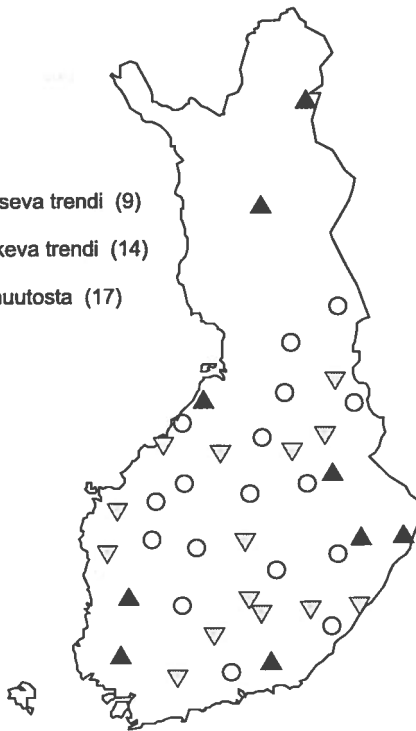
### Sähkönjohtavuus

- ▲ Nouseva trendi (17)
- ▽ Laskeva trendi (17)
- Ei muutosta (6)



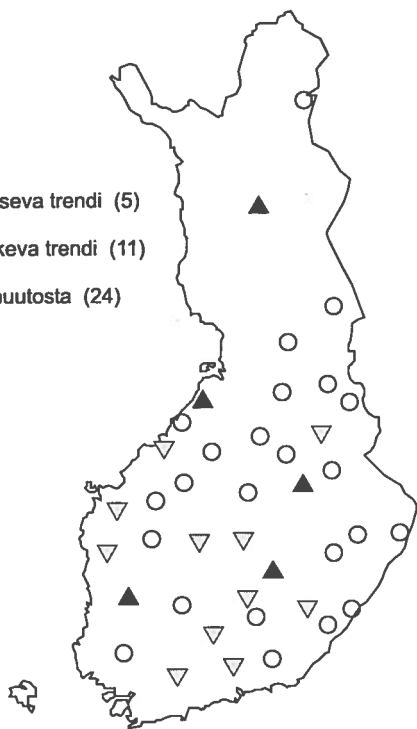
### Alkaliniteetti

- ▲ Nouseva trendi (9)
- ▽ Laskeva trendi (14)
- Ei muutosta (17)



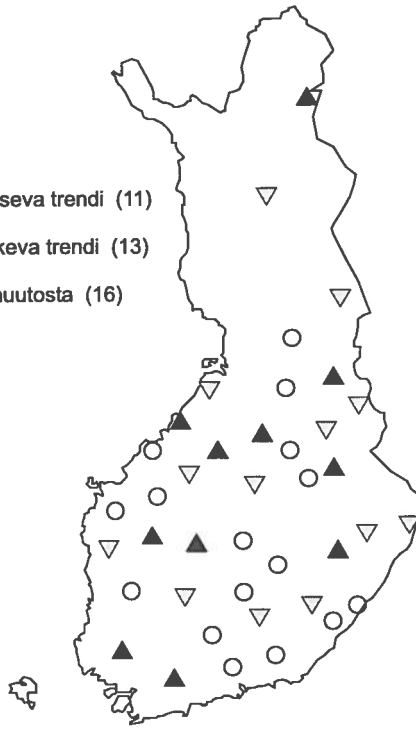
### pH

- ▲ Nouseva trendi (5)
- ▽ Laskeva trendi (11)
- Ei muutosta (24)

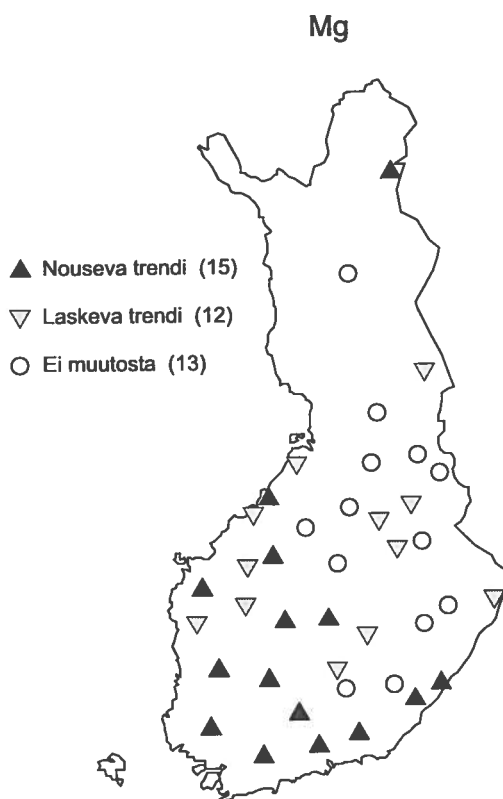
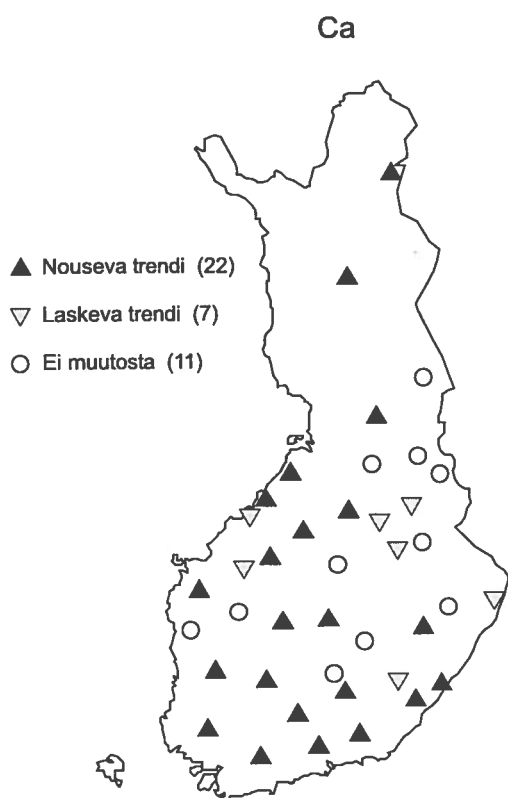
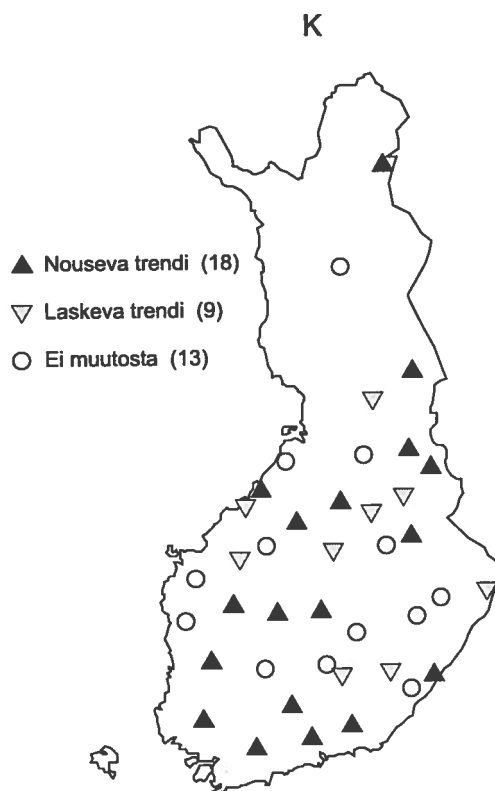
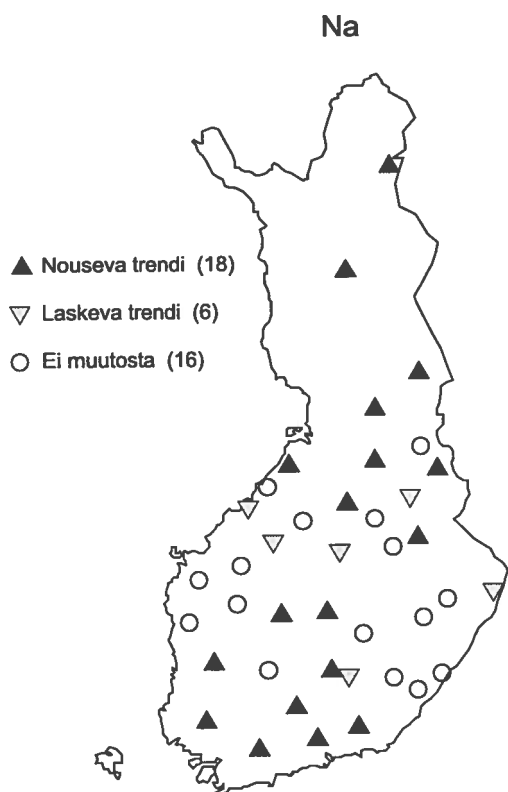


### NO<sub>3</sub>

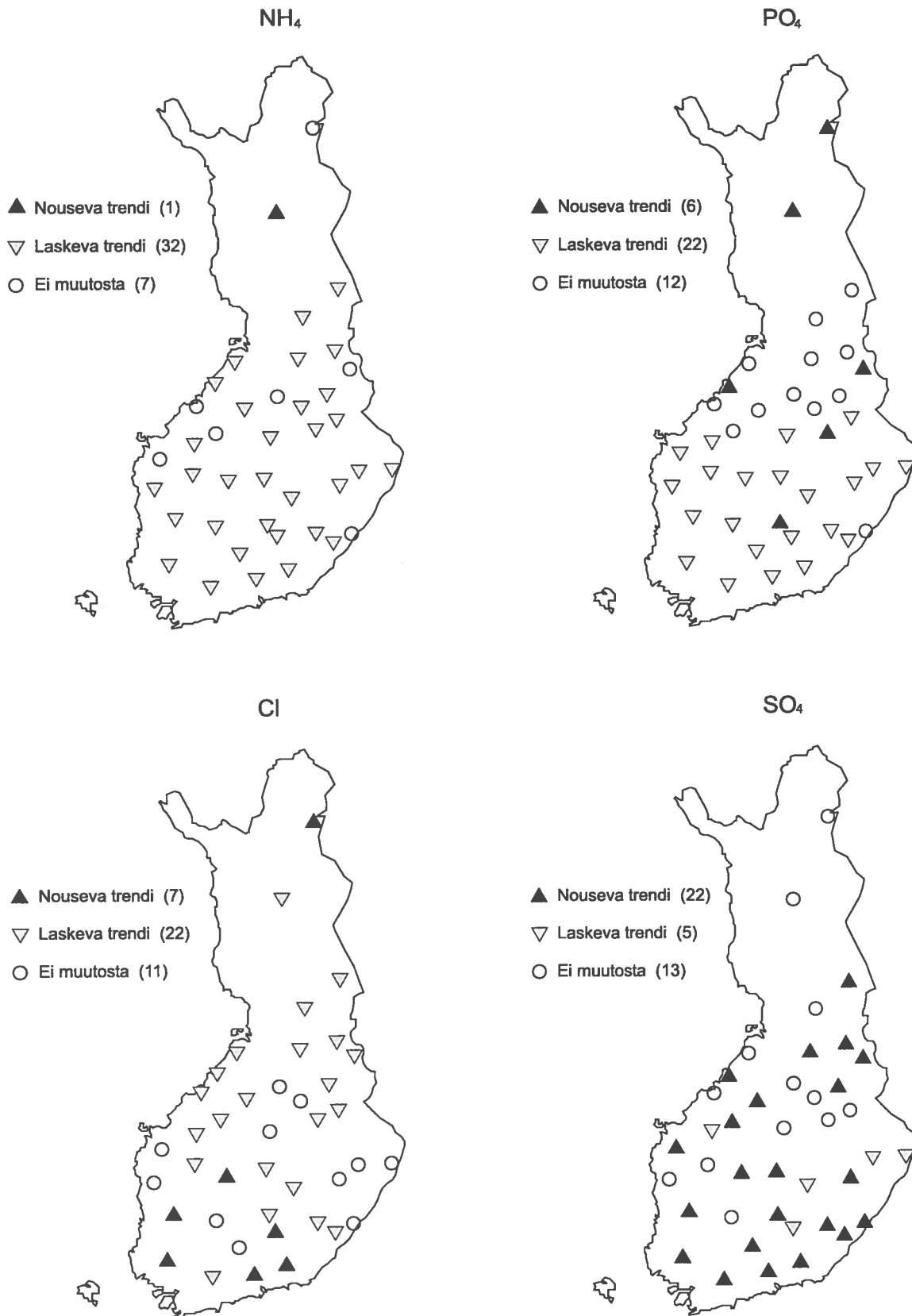
- ▲ Nouseva trendi (11)
- ▽ Laskeva trendi (13)
- Ei muutosta (16)



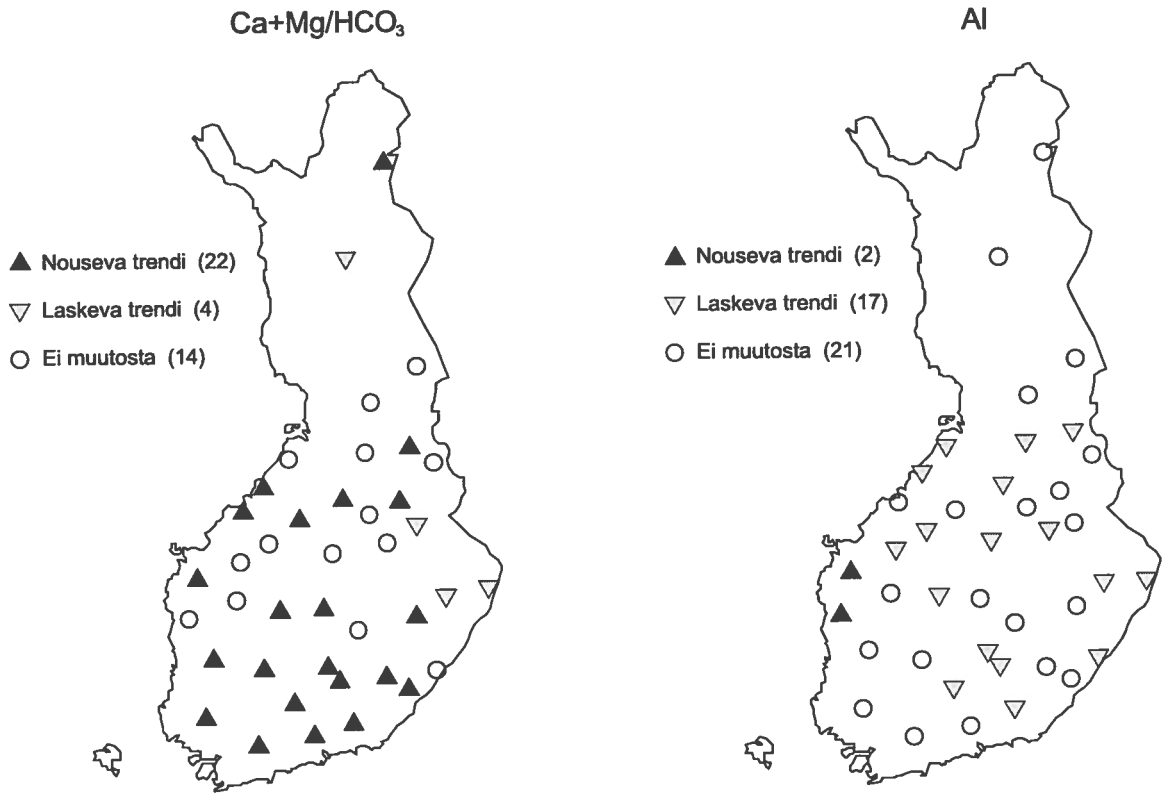
Kuva 5.2.5.1. Pohjaveden sähkönjohtavuuden, alkaliniteetin, pH:n ja nitraattipitoisuuden muutokset pohjavesiasemilla vuosina 1976-1997.



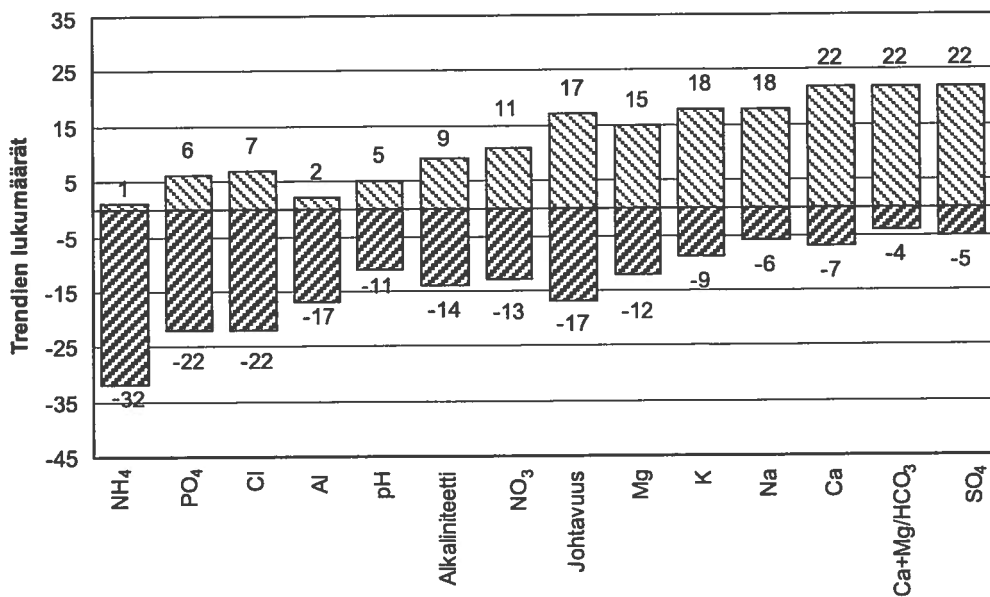
Kuva 5.2.5.2. Pohjaveden ammonium-, fosfaatti-, kloridi- ja sulfaattipitoisuuden muutokset pohjavesiasemilla vuosina 1976-1997.



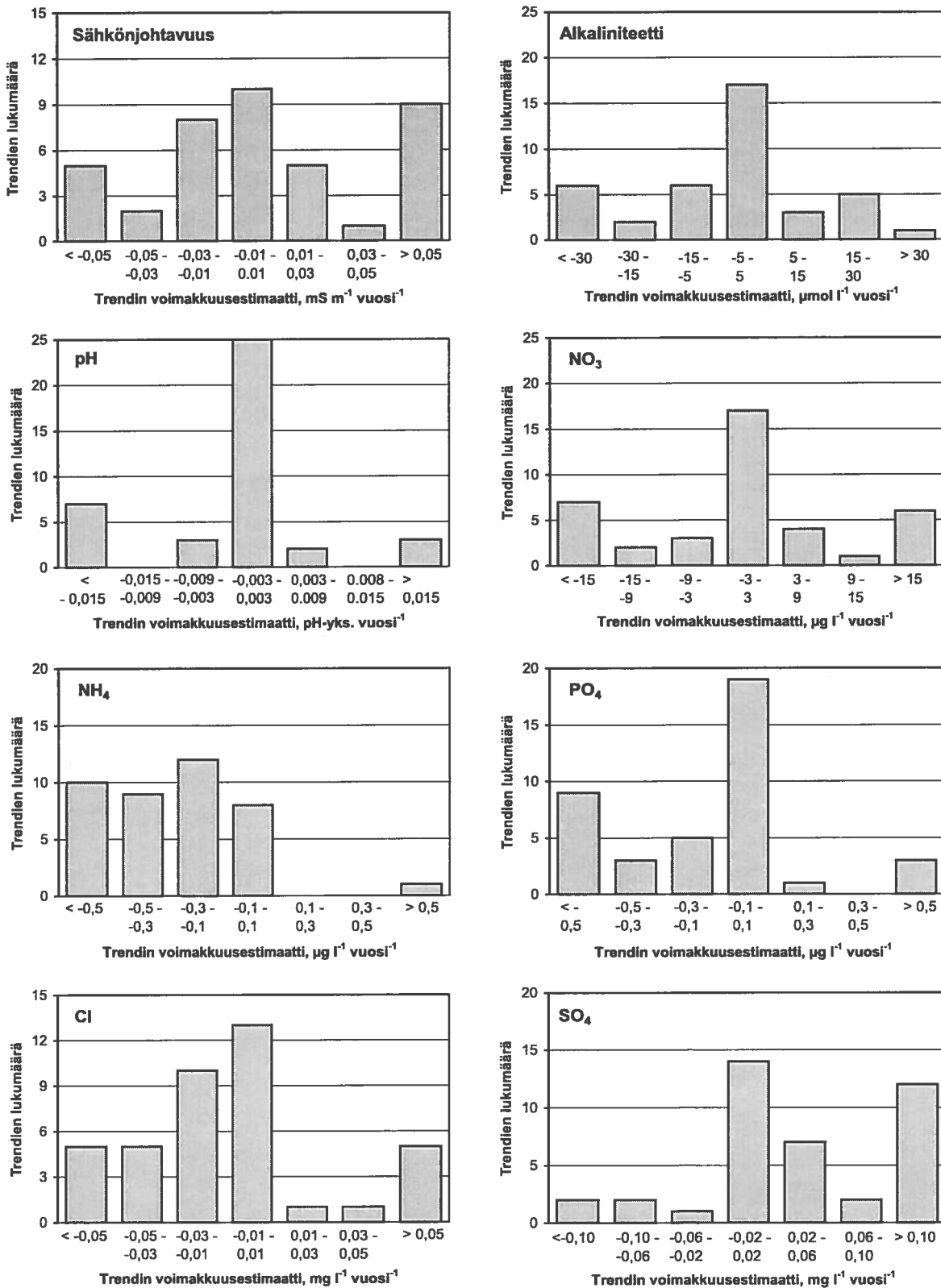
Kuva 5.2.5.3. Pohjaveden emäskationipitoisuuksien muutokset pohjavesiasemilla vuosina 1976-1997.



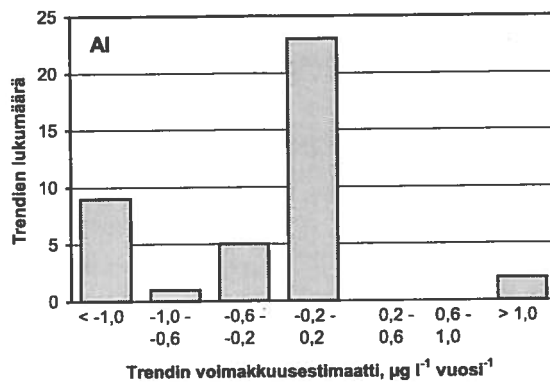
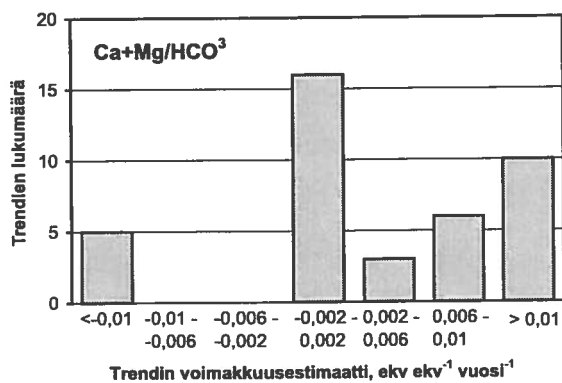
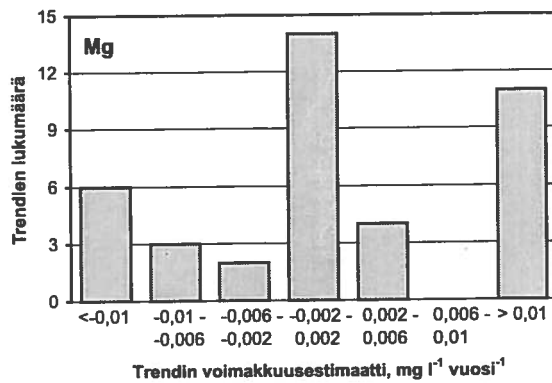
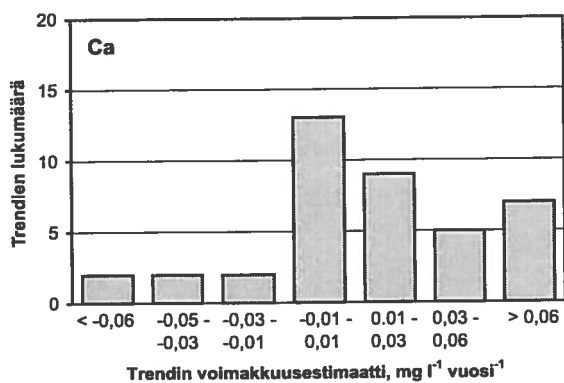
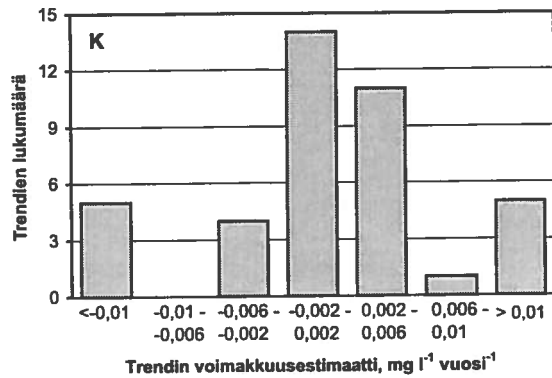
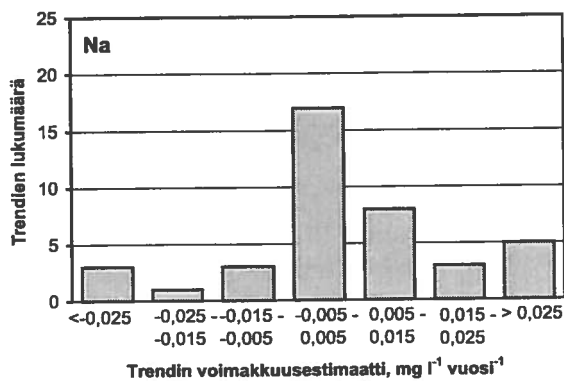
Kuva 5.2.5.4. Pohjaveden Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-suhteen ja alumiinipitoisuuden muutokset pohjavesiasemilla vuosina 1976-1997.



Kuva 5.2.5.5. Pohjaveden ainepitoisuuksien muutokset pohjavesiasemilla vuosina 1976 - 1997. Seasonal Kendall -testillä laskettujen tilastollisesti merkitsevien ( $p < 0,05$ ) trendien lukumäärät. Aineistona 40:n pohjavesiaseman aikasarjat.



Kuva 5.2.5.6. Pohjaveden trendiestimaattien (sähkönjohtavuus - sulfaatti) jakaumat.



Kuva 5.2.5.7. Pohjaveden trendiestimaattien (natrium - alumiini) jakaumat.

## Johtopäätökset

Maa- ja metsätalousministeriön asettaman vesihallinnon tieteellisen neuvottelukunnan aloitteesta käynnistettiin pohjavesien valtakunnallinen havainnointi Suomessa vuonna 1972. Havaintoverkon rakentaminen alkoi vuonna 1973 ja varsinainen seurantatyö aloitettiin vuoden 1975 aikana.

Koko maan kattava seurantaverkko palvelee sekä valtakunnallisia että alueellisia tarpeita tuottaen tietoa Suomen pohjavesivarjoista. Asemat edustavat pääsääntöisesti luonnontilaisia alueita, mutta pohjaveden laadussa ja määrässä on havaittavissa myös ihmisen toiminnan vaikutusta. Pohjaveden pinnankorkeuden ensimmäiset havainnot tehtiin vuonna 1973 ja ensimmäiset vesianalyysit vuonna 1975. Vastaavasti viimeiset havainnot tässä yhteenvedossa ovat vuodelta 1999, eli käytettävissä ovat olleet noin 25 vuoden aikasarjat 53 tutkimusasemalta eri puolilta Suomea. Tämä ajanjakso on jo riittävän pitkä, jotta on voitu tilastollisesti ja luotettavasti arvioida Suomen pohjavesien tilaa ja siinä tapahtuvia muutoksia, jotka johtuvat joko luonnontilaisista syistä tai ihmisen toiminnan vaikutuksesta.

Pohjavesiasemat edustavat erilaisia Suomessa vallitsevia ilmasto-, maasto- ja maaperäoloja alueilla, joilla ihmisen toiminnat ovat olleet mahdollisimman vähäisiä. Asemat ovat hydrogeologisesti yhtenäisiä pohjaveden muodostumisalueita tai niiden pienempiä rajattuja osia, joiden koot vaihtelevat 0,2 ja 3,0 km<sup>2</sup> välillä. Asemilla esiintyvä pohjavesi edustaa enimmäkseen ns. matalaa pohjavettä, jonka käyttö tulee kysymykseen lähinnä haja-asutusalueilla. Joukkoon mahtuu kuitenkin lukuisia suurempia hiekka- ja sora muodostumia. Pohjaveden pinnankorkeuden ja maanpinnan välinen keskimääräinen etäisyys oli 2,7 m. Pääasiassa hiekkaa ja soraa sisältävillä pohjavesiasemilla etäisyys oli 4,6 m, moreenia sisältävillä 1,3 m, sekä savea tai silttiä sisältävillä pohjavesiasemilla 2,2 m.

Pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee Suomen oloissa paljon niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä, riippuen ilmasto-oloista, maaperän laadusta ja sen paksuudesta pohjavesipinnan yläpuolella, maaperän kyllästysasteesta, pohjaveden muodostumisalueen koosta, pohjaveden purkautumisolosuhteista sekä maan pintakasvillisuudesta. Siksi viive sadannan ja pohjaveden muodostumisen välillä saattaa vaihdella muutamasta vuorokaudesta jopa vuosiin. Asemien luokittelu vallitsevan maalajin perusteella on vaikeaa, koska suurella osalla asemien alueesta esiintyy useaa eri maalajia. Tämä kuvastaakin Suomen oloille tyypillistä hyvin pirstoutunutta ja monimutkaista hydrogeologista pohjaveden muodostumis- ja virtausympäristöä. Maalajit, maalajikerrokset, kallioperän topografia ja pohjaveden virtaussuunnat saattavat vaihdella hyvinkin lyhyellä matkalla.

Pohjaveden muodostumisen vuodenaikaisrytmi vaihtelee merkittävästi maantieteellisen sijainnin ja ilmaston mukaan. Tästä johtuu, että vedenkorkeuden ääritilanteet muodostuvat eri aikaan. Suomi onkin jaettu neljään erilaiseen pohjavesivyöhykkeeseen eli hydrologiseen regimiin pohjaveden muodostumis- ja purkautumissuhteiden mukaan. Tämä on hyvin karkea jako, eikä anna kattavaa kuvaa eri kokoisten pohjavesimuodostumien pinnankorkeusvaihteluista.

Pohjaveden pinnankorkeuden pitkän jakson ääri vaihtelut olivat suuria. Pienin vaihteluväli todettiin Oripään harjumuodostumassa (0,91 m) ja suurin Könölän moreenimuodostumassa (4,03 m). Keskimääräinen tarkastelujakson aikana mitattu alimman ja ylimmän pohjavedenpinnan vaihteluväli oli 1,7 m. Yksittäisissä havaintopisteissä vaihteluvälit olivat näitä suurempia. Pohjaveden pinnankorkeuden pitkän jakson vaihteluväli on tärkeitä tietää, kun suunnitellaan esimerkiksi maa-aineksen ottoa, perustusten rakentamista tai oman kaivon rakentamista.

Keskimääräinen vuotuinen vaihteluväli pohjaveden pinnankorkeudessa oli 0,6 m. Hiekkaa ja soraa sisältävillä asemilla se oli 0,5 m, moreenia sisältävillä asemilla 0,7 m, sekä silttiä ja savea sisältävillä asemilla 0,6 m. Tässä julkaisussa tarkastellut pohjaveden pinnankorkeudet ovat kent-



täkeskiarvoja ja ne kuvastavatkin hyvin keskimääräistä pohjaveden pinnankorkeutta ja siinä tapahtuvia vaihteluita pohjavesiasemien alueella. Yksittäiset ääri vaihtelut tasoittuvat kenttäkeskiarvon laskussa, joten keskimääräisiä arvoja, pitkän jakson ääri vaihteluita ja vuosittaisia vaihteluvälejä ei ole syytä käyttää suoraan arvioitaessa pohjaveden vaihteluita yksittäisissä pisteissä. Erityisen kriittinen tulee olla vertailtaessa pohjavesiasemien pinnankorkeuksia vedenoton vaikutuksen alaisena olevien kaivojen pinnankorkeuksiin. Pohjavesiasemien pohjavesi-putket edustavat lähes luonnontilaista pohjaveden pinnankorkeutta.

Pohjaveden korkeuden vuosivaihteluiden lisäksi todettiin eräillä asemilla pitkän jakson vaihtelua, joka toistui noin 5-7 vuoden välein, Pohjois-Suomessa tätä harvemmin. Poikkeuksellisen matalalla pohjavesi pysytteli vuosina 1976, 1978, 1979, 1990, 1991, 1996 ja 1997; vastaavasti pohjavesi oli korkealla vuosina 1981, 1982 ja 1988. Joillakin asemilla ojitus on selvästi alentanut pohjaveden pinnankorkeutta. Tulevaisuuden haaste onkin pyrkiä poistamaan lisääntyvä ihmisen toiminnan vaikutus havaintosarjoista, jotta ympäristömuutoksen aiheuttama vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin saataisiin paremmin esille.

Suomessa luonnontilainen pohjavesi luokitellaan yleensä hyväksi muutamia alueellisia poikkeuksia lukuun ottamatta. Suomen pohjavedet ovat kuitenkin herkkiä pilaantumaan, koska suojaavat maakerrokset ovat ohuita. Vaikka tutkimuskohteet aikanaan valittiin luonnontilaisilta alueilta, missä ihmisten toiminnat olivat mahdollisimman vähäisiä, todettiin pohjaveden laadussa paikoin suuriakin muutoksia. Pohjaveden laatu on ollut melko vakaa koko Suomen kvartäärisen historian ajan (n. 10 000 vuotta), joten viime vuosikymmeninä tapahtuneita muutoksia voidaan pitää geologisen mittapuun mukaan huolestuttavan nopeina.

Pohjavedet ovat Suomessa yleensä pehmeitä, pienen elektrolyyttipitoisuuden omaavia ja herkkiä happamoitumiselle. Pohjavedestä määritetty sähkönjohtavuus on suoraan verrannollinen liuenneiden elektrolyyttien määrään. Korkeimmat sähkönjohtavuusarvot olivat Pohjanmaan sulfaattimaiden pohjavesiasemilla. Etelä-Suomessa sähkönjohtavuusarvot olivat yleensä suurempia kuin Pohjois-Suomessa. Pohjaveden elektrolyyttipitoisuus oli suurin hienorakeisissa muodostumissa, mikä ilmentää suurempaa kemiallista aktiiviteettia maaperä-vesi -vuorovaikutusympäristössä verrattuna karkearakeisiin muodostumiin. Sähkönjohtavuus oli yleensä keskimääräistä pienempi hyvin rapautumista kestävien felsisten kivilajien alueella.

Suomen pohjavesissä alkaliniteetti on yleensä melko pieni. Laihian pohjavesiasemalla alkaliniteetti on ajoittain laskenut nollaan. Korkeimmat arvot tavattiin Lounais-Lapissa Könölän pohjavesiasemalla, mikä johtuu alueella esiintyvistä karbonaattikivilajeista. Pohjaveden alkaliniteetin mediaanit olivat keskimääräistä korkeampia hienorakeisissa muodostumissa, joten laskeumaperäisen happokuormituksen vaikutus pohjavesiin on voimakkaampaa karkearakeisissa muodostumissa, jotka ovat siis puskurikyvyltään heikoimpia ja näin ollen herkimpiä happamoitumiselle. Keväällä sulamisvesien vaikutuksesta pohjaveden alkaliniteetti ja pH laskivat joillakin pohjavesiasemilla selvästi. Korkeimmillaan alkaliniteetti ja pH olivat yleensä lopputalvella, jolloin suotovesimäärät olivat vähäisiä ja pohjavesivarasto pieni. Kaksi kolmasosaa alkaliniteetin ja pohjaveden pinnankorkeuden välisestä korrelaatioista oli negatiivisia. Karkea- ja hienorakeisissa muodostumissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli yhtä paljon kun taas moreeniinnyntymissä negatiiviset korrelaatiot olivat selvästi yleisempiä. Alkaliniteetilla oli laskeva trendi 35 %:lla ja nouseva trendi 23%:lla havaintopaikoista.

Tässä tutkimuksessa pohjavesien valtakunnallinen pH:n mediaani oli 6,30. Alhainen pH johtuu piihappopitoisista, hyvin rapautumista kestävästä kivilajeista, mistä johtuen maaperän puskurikapasiteetti on pieni. Tällöin happamat sade- ja sulamisvedet eivät neutraloidu ja pohjavedet ovat alttiina happamoitumiselle. Pienimmät pH-arvot tavattiin Pohjanmaan sulfaattimaiden pohjavesissä: Laihian pohjavesiaseman pH oli 4,80. Korkein pH oli Könölän pohjavesiasemalla (mediaani 7,40). Pohjaveden pH:n ja pinnankorkeuden välisiä negatiivisia korrelaatioita oli jonkin verran enemmän kuin positiivisia korrelaatioita. Hienorakeisissa muodostumissa negatiivisia korrelaatioita ei esiintynyt, mikä ilmentää hienorakeisesta mineraaliaineksesta koostuvan maaperän parempaa puskurikykyä pohjaveden happamoitumisesta vastaan. Pohjaveden pH:lla oli laskeva trendi 27 %:lla ja nouseva trendi 12 %:lla pohjavesiasemista. Yleisintä happamoituminen oli eteläisessä Suomessa. Kaakkois-Suomen pohjavesiasemilla pH ei korkeasta laskeumaperäisestä rikkikuormituksesta huolimatta ole laskenut, mihin syynä saattaa olla alueen kallioperän

kivilajien suurempi rapautuneisuus paikoittain. Länsi- ja Itä-Suomessa sekä Kainuussa happamuus on 1990-luvun puolivälin jälkeen vähentynyt. Voimakkain laskeva pH-trendi oli Laihian pohjavesiasemalla, joka sijaitsee luonnostaan happamalla sulfaattimaalla.

82 %:lla pohjavesiasemista, joiden pH-trendi oli laskeva, oli nouseva sulfaattipitoisuustrendi. Laskevia  $\text{SO}_4$ -trendejä ei ollut. Vastaavasti nitraattipitoisuustrendi oli 18 %:lla nouseva ja 27 %:lla laskeva niistä asemista, joilla pH-trendi oli laskeva, joten sulfaattipitoisuuden muutokset ilmentävät pohjavesien happamoitumista nitraattia selvemmin. Vastaava ilmiö näkyi myös  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhteen kohdalla: 77 %:lla pohjavesiasemista, joiden  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -trendi oli nouseva, tavattiin nouseva ja 5 %:lla laskeva sulfaattipitoisuustrendi. Nitraattipitoisuustrendit olivat vastaavasti 41 %:lla asemista nousevia ja 18 %:lla laskevia. 64 %:lla asemista, joiden alkaliniteetti pienentyi, esiintyy laskeva pH-trendi.

Natrium-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuus pohjavedessä riippuu kivilajien rapautumisherkkyiden ja mineraalien liukoisuuden lisäksi suurelta osin maaperä-vesi -vuorovaikutusympäristössä tapahtuvista ioninvaihtoreaktioista. Emäskationien käyttäytyminen reaktioissa vaihtelee: natriumin ja magnesiumin aktiivisuus kationinvaihdossa on suurempi verrattuna kalsiumiin, jolla on taipumus adsorboitua maahiukkasten pinnalle. Rannikon läheisyydessä pohjaveden natrium saattaa olla peräisin merivedestä. Emäksisessä kivilajiympäristössä kalsium- ja magnesiumpitoisuudet olivat korkeita. Korkeimmat emäskationipitoisuudet esiintyivät useimmiten loppupalvella. Natriumin, kaliumin kalsiumin ja magnesiumin nousevien pitoisuustrendien lukumäärä oli suurempi kuin laskevien trendien määrä. Pohjavesien happamoitumisherkkyiden kannalta kallio- ja maaperän rapautumisnopeudella on ratkaiseva merkitys. Kaakkois-Suomen pohjavesiasemien suhteellisen voimakkaat nousevat kalsium- ja magnesiumtrendit saattavat olla indikaatioita riittävän suuresta rapautumisnopeudesta, jotta alueellinen, verrattaen suuri laskeumaperäinen happokuormitus neutraloituu eikä laskevia pH-trendejä näin ollen näillä asemilla esiintynyt. Myös karbonaattimineraalien esiintyminen kallio- ja maaperässä vaikuttaa ratkaisevasti pohjaveden happamoitumisherkyyteen.  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -suhde nousi 55 %:lla ja laski 10 %:lla tutkituista asemista. Eteläisessä Suomessa  $\text{Ca}+\text{Mg}/\text{HCO}_3$ -trendit olivat lähes poikkeuksetta nousevia.

Pohjaveden sulfaattipitoisuuteen vaikuttavat geologiset, ilmastolliset sekä merelliset tekijät. Korkeimmat sulfaattipitoisuudet tavattiin Pohjanmaan sulfaattimaiden pohjavesiasemilla. Happamassa laskeumassa vahvan hapon ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) anionina sulfaatilla on merkittävä osa pohjavesien happamoitumisessa. Pohjanmaan sulfaattimaita lukuun ottamatta korkeimmat, suurelta osin antropogeenista alkuperää olevat, laskeumaperäiset sulfaattipitoisuudet esiintyivät maan eteläosissa. Sulfaattipitoisuus nousi erällä pohjavesiasemilla kevätulannan yhteydessä. Sulfaatin ja pohjaveden pinnankorkeuden väliset korrelaatiot olivat pääosin positiivisia, mikä useissa tapauksissa todennäköisesti johtui sulfaatin laskeumaperäisestä alkuperästä. Lähes 80 % tilastollisesti merkitsevistä korrelaatioista oli positiivisia. Moreenimuodostumissa kaikki merkitsevät korrelaatiot olivat positiivisia. Hienorakeisissa muodostumissa positiivisia ja negatiivisia korrelaatioita oli lähes yhtä paljon. Sulfaattipitoisuudella oli nouseva trendi 55 %:lla ja laskeva trendi 12 %:lla havaintopaikoista. Voimakkaasti nousevia trendejä esiintyi Pohjanmaalla, mihin syynä olivat lähinnä geologiset tekijät (sulfaattimaa). Etelä-Suomessa sulfaattipitoisuus on yleensä lisääntynyt, mutta kaikkein eteläisimmillä havaintopaikoilla pitoisuus on laskenut 1990-luvun jälkipuoliskolla.

Kloridin esiintymiseen pohjavedessä luonnontilaisilla alueilla vaikuttavat pääasiassa merelliset ja ilmastolliset tekijät. Kloridipitoisuuden vuodenaikaisvaihtelua tarkasteltiin kolmella pohjavesiasemalla, joilla keskimääräistä korkeammat kloridipitoisuudet johtuivat todennäköisesti valuma-alueiden kautta kulkevien maanteiden talvisuolauksesta. Pitoisuusmaksimien ja -minimien esiintymisajankohta ja amplitudi näytti riippuvan näytteenottopisteen etäisyydestä päästölähteeseen. Kloridipitoisuudella oli laskeva trendi 55 %:lla ja nouseva trendi 17 %:lla asemista. Nousevat pitoisuustrendit johtuivat lähinnä tiesuolauksen vaikutuksesta.

Muutokset pohjaveden muodostumisalueen kasvipeitteessä näkyvät usein nitraattipitoisuuksien muutoksina. Metsänhakuu on lisännyt huuhtoutuvan nitraatin määrää monilla asemilla. Pohjaveden nitraattipitoisuus oli noin 14% sulamisveden pitoisuudesta. Laimeneminen johtuu pääasiassa kasvien ravinteenotosta. Ammoniumpitoisuus oli vain nelisen prosenttia sula-

misveden pitoisuudesta, mikä johtui pääasiassa maaperässä tapahtuvasta nitrifikaatiosta. Nitraattipitoisuus vaihteli voimakkaasti vuodenajasta riippuen useilla pohjavesiasemilla. Pitoisuus oli yleensä pienimmillään kesällä, mikä johtuu kasvukaudella tapahtuvasta kasvien ravinteiden otosta. Pitoisuusminimi on tyypillisesti Etelä-Suomessa kesä-heinäkuussa. Nitraattipitoisuudella oli nouseva trendi 27 %:lla ja laskeva trendi 32 %:lla havaintopaikoista. Ammoniumpitoisuustrendi oli laskeva 80 %:lla asemista ja nouseva ainoastaan yhdellä (Sodankylä) pohjavesiasemalla.

Korkeita fosforipitoisuuksia tavattiin Pohjanmaalla ja Etelä-Savossa. Fosfaattifosforilla oli positiivisia korrelaatioita eräillä asemilla ammoniumtypen, nitraatin, kloridin ja kaliumin kanssa, mikä osittain johtuu maataloustoiminnasta. Fosfaatin ja pohjaveden pinnankorkeuden väliset korrelaatiot olivat kaikissa maalajityypeissä enimmäkseen negatiivisia. Esimerkkinä poikkeuksesta on Pertunmaan pohjavesiasemalla havaittu positiivinen korrelaatio, mikä liittyi keväisin tapahtuvaan  $PO_4$ -pitoisuuden voimakkaaseen nousuun. Positiiviseen korrelaatioon on todennäköisesti ollut syynä pohjaveden muodostumisalueella harjoitettu maataloustoiminta. Fosfaattipitoisuudella oli laskeva trendi 55 %:lla ja nouseva trendi 15 %:lla havaintopaikoista.

Fluoridin esiintyminen pohjavedessä riippuu voimakkaasti kivilajiympäristöstä. Korkeimmat fluoridipitoisuudet esiintyvät Kaakkois-Suomessa Elimäen ja Valkealan pohjavesiasemilla, joilla fluoridi on pääosin peräisin alueen vallitsevan kivilajin, rapakiven, fluoripitoisten mineraalien rapautumisesta.

Pohjavedessä esiintyvä alumiini on pääasiassa peräisin alumiinisilikaattien rapautumisesta. Alumiinin liukoisuus lisääntyy voimakkaasti pH:n laskiessa alle viiden, mikä oli havaittavissa esimerkiksi Laihian pohjavesiasemalla. Pohjavedessä esiintyvällä ionimuotoisella alumiinilla on pH:ta puskuroiva vaikutus. Alumiinipitoisuudella oli laskeva trendi 42 %:lla ja nouseva trendi 5 %:lla pohjavesiasemista. Nousevia trendejä tavattiin vain Pohjanmaalla kahdella pohjavesiasemalla.

Pohjavesien raskasmetallipitoisuudet olivat pääsääntöisesti määritysrajalla tai sen alapuolella. Raskasmetallipitoisuuksien järjestys oli seuraava:  $Hg < Cd < Pb < Ni < Cu < Zn$ . Keskimääräistä korkeampia kadmium, kupari, sinkki ja nikkelpitoisuuksia tavattiin mm. Pohjanmaalla sulfaattimaiden pohjavesissä, mihin ainakin osittain oli syynä alhaisesta pH:sta johtuva raskasmetallien mobiloituminen.

Suurimmat vaihtelut pohjavesien laadussa tapahtuvat yleisimmin keväällä ja syksyllä korkean veden aikana. Kevätsulanta ja kasvukaudella tapahtuva kasvien ravinteiden otto ovat tekijöitä, jotka aiheuttavat pohjaveden ainepitoisuuksien vuodenaikaisvaihtelua. Myös kesäkauden korkeampaan lämpötilaan liittyvä kemiallisten reaktioiden suurempi nopeus ja maaperän korkeampi biologinen aktiviteetti vaikuttavat periodiseen pitoisuusvaihteluun varsinkin matalissa pohjavesimuodostumisissa. Yleisimmin pohjavesien ainepitoisuudet nousivat kesällä ja alkusyksyllä pohjavedenpinnan ollessa matalalla. Hydrologisten olosuhteiden vaihtelu vaikuttaa pohjaveden ainepitoisuuksiin myös eri kesien välillä.

Pohjaveden ainepitoisuuksien merkitseviä korrelaatioita pinnankorkeuden kanssa, positiivisia ja negatiivisia, oli 33 %:lla tarkastelluista pohjavesiasemista. Pohjaveden laskeumaperäisten komponenttien ( $SO_4^{2-}$ ,  $H^+$ ) korrelaatiot olivat valtaosaltaan positiivisia ja vastaavasti litofiilisten komponenttien (alkaliniteetti, emäskationit) korrelaatiot negatiivisia. Maalajiluokittain eniten merkitseviä korrelaatioita oli seuraavasti: hienorakeiset maalajit 39 %, moreeni 37 % ja karkearakeiset maalajit 28 %. Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelun vaikutukset pohjaveden ainepitoisuuksiin olivat siis tapauskohtaisesti harvalukuisempia karkeissa maalajeissa verrattuna moreeni- ja hienorakeisiin maalajeihin. Korrelaatioiden harvalukuisuus karkeissa maalajeissa selittyy ainakin osaksi näiden muodostumien vähäisemmällä pohjaveden pinnankorkeuden vuosivaihtelulla.

Selviä merkkejä pohjavesien happamoitumisen vähenemisestä on havaittavissa Etelä-Suomessa 1990-luvun loppupuolella. Esimerkiksi Karkkilan ja Orimattilan pohjavesiasemilla sulfaattipitoisuudet ovat nousseet 1990-luvun alkupuolelle asti, mutta vuosien 1993-1994 jälkeen pitoisuudet ovat jonkin verran laskeneet. Samoin pH on 1970- ja 1980-luvuilla laskenut, mutta vuosien 1993-1994 jälkeen happamuus ei enää ole lisääntynyt. Pohjaveden sulfaattipitoisuuden lasku ja pH:n alenemisen pysähtyminen ovat seurausta rikkipäästöjen merkittävästä vähenemistä.

sestä viimeisen vuosikymmenen aikana. Typpiyhdisteiden laskeuma on Etelä-Suomessa merkittävä happamoittava tekijä, mutta pohjaveden nitraattipitoisuuksissa ei havaittu muutoksia. Kasvit käyttävät tehokkaasti laskeumasta tulevan lisätypen. Vain Oripään pohjavesiasemalla on havaittavissa selvää nousua nitraattipitoisuuksissa lähes koko havaintojakson ajalta. Alueella on tehty laajamittaista maa-aineksen ottoa, jolloin kasvillisuus on poistettu suurelta alueelta. Näytteenottopisteitä tulisi lisätä eteläiseen Suomeen alueille, missä happamoittava kuormitus on suurinta.

Suomi onkin erityisen laaja maa, jonka eri osissa pohjaveden muodostumiseen, liikkumiseen ja laatuun vaikuttavat meteorologiset, hydrologiset ja geologiset tekijät vaihtelevat hyvin paljon. Pohjaveden pinnankorkeustilanne ja pohjaveden laatu ovat kiinteässä vuorovaikutussuhteessa keskenään. Kuivina aikoina pohjavesi liikkuu hitaasti muodostumassa ja vesimolekyylit ovat pitkään kosketuksessa maahiukkasten kanssa. Lumen sulamisvedet taas tuovat talvikauden aikana lumeen kerrostuneita epäpuhtauksia maaveden kautta pohjaveteen. Ihmisen toiminat vaikuttavat pohjaveden laatuun välillisesti hyvinkin voimakkaasti, varsinkin kun pohjavettä suojaavat maakerrokset ovat ohuita ja pohjavesimuodostumat matalia.

Valtakunnallisen pohjavesiseurannan kivijalka on tällä hetkellä olemassa. Pohjaveden pinnankorkeutta ja laatua seurataan systemaattisesti. Alueelliset ympäristökeskukset hoitavat pohjavesiasemaverkoston näytteenoton, kunnossapidon ja peruskorjauksen. Havaittajat tekevät pinnankorkeusmittaukset. Euroopan mittapuun mukaan meillä on toimiva seurantaverkko. Maailmanlaajuisesti omistamme hyvin arvokkaan luonnonvaran, puhtaan pohjaveden, mikä lisäksi uusiutuu melko nopeasti. Se on myös helppo pilata. Tulevaisuuden muuttuvassa ympäristössä pohjavedestä tulee pitää entistä enemmän huolta, sen tilaa ja tilassa tapahtuvia muutoksia tulee seurata, mahdolliset saastumistapaukset tulisi ennakoita. Kerran likaantumaa päästetty pohjavesimuodostuma on lopullisesti pilalla. Pohjavesiasemien pinnankorkeuden ja laadun aikasarjoihin on tallennettu tieto menneistä tapahtumista ja ilmiöistä, ne ovat perintömme tuleville sukupolville, jotta heillä olisi meitä parempi käsitys pohjaveden luonnontilaisesta vaihtelusta, pitkän aikavälin muutoksista sekä ihmisen toiminnan vaikutuksista pohjaveteen ja koko ympäristöön.

EU:n vesipuitedirektiivi asettaa myös veloitteita pohjaveden seurannalle. Seurantaverkkoa tullaankin kehittämään lähivuosina vastaamaan direktiivin seurantavelvoitteisiin unohtamatta valtakunnallisia ja alueellisia tarpeita.

## English summary

A nation-wide monitoring programme for evaluation of the changes in groundwater level and quality has been performed in Finland since 1975. The monitoring network consists of 53 groundwater observation stations. Groundwater level is measured from 10 observation tubes twice a month at every station. The samples are taken regularly six times (during 1975-1979 12 times) a year from springs, wells or PVC sampling tubes. The samples are analysed for conductivity, alkalinity, pH, total nitrogen ( $N_{tot}$ ), nitrate nitrogen ( $N_{NO_3}$ ), ammonium nitrogen ( $N_{NH_4}$ ), total phosphorus ( $P_{tot}$ ), phosphate phosphorus ( $P_{PO_4}$ ), chloride (Cl), iron (Fe), manganese (Mn), sulphate ( $SO_4$ ), sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), silica ( $SiO_2$ ), fluoride (F), aluminium (Al), cadmium (Cd), copper (Cu), lead (Pb), nickel (Ni), zinc (Zn), mercury (Hg) and total organic carbon (TOC).

The groundwater observation stations represent different climatological conditions and soil types in areas where the human impact for groundwater quantity and quality has been subtle. The stations are hydrogeologically unified groundwater basins or distinct, defined areas within larger basins. The size of the areas investigated varies between 0.2 and 3.0 km<sup>2</sup>. The groundwater use for domestic water applies mostly to sparsely populated areas. The mean distance between the soil surface and groundwater level was 2,7 m. In the stations which consist of sand or gravel the distance was 4,6 m, in till 1,3 m, and in clay or silt 2,2 m.

The short and the long term fluctuation of groundwater level in Finland may be considerable depending on the climatic factors, the type of soil, the thickness of soil layers under the groundwater level, soil water content and the size of the groundwater recharge area. The time-lag between precipitation event and the raising of the groundwater level should be from few days to several years. Additionally as a result of the regional factors the minimum and maximum stages of groundwater level occur on different points of time. The seasonal patterns of groundwater stage can be classified into four hydrological regimes corresponding to different states of groundwater recharge and discharge.

The extreme values of areal long term fluctuation of groundwater levels were high. Lowest range of fluctuation (0,91 cm) was recorded in a ridge formation in Oripää area and highest (403 cm) in a till formation in Könölä. The fluctuation was even bigger between separate observation tubes. The range of long term fluctuation is a significant piece of information for taking of gravel, for construction and maintenance of substructures or for excavation of a well.

On certain observation sites a periodical fluctuation (5 - 7 years) of groundwater level was discovered. The groundwater level was below the average in 1976, 1978, 1979, 1990, 1991, 1996 and 1997 and above the average in 1981, 1982 and 1988.

With the exception of few regional deviations groundwater in natural state is usually classified as high quality domestic water in Finland. However due to proportionally thin soil layers above the groundwater table the risks of groundwater contamination are considerably high. Although the observation stations were selected from areas, where the effects of human activity were fairly slight, the changes in groundwater quality in some cases have been considerable.

Groundwater in Finland is usually soft and the electric conductivity is low. Electric conductivity gives information on the amount of dissolved electrolytes. Highest values of electric conductivity were recorded in Ostrobothnia in western Finland where the occurrence of sulphate soils is common. Electric conductivity values of groundwater were in most cases higher in southern Finland than in northern Finland. The amount of electrolytes was higher in fine-grained

soil than in coarse-grained soil, which expresses higher chemical activity in fine-grained soil-groundwater interaction. Electric conductivity values of groundwater were usually below average in areas governed by felsic rock types.

The alkalinity values of groundwater are usually low in Finland, thus aquifers are often fairly sensitive to acidification processes. Groundwater alkalinity has occasionally reached the value of 0 mmol l<sup>-1</sup> at Laihia groundwater station in western Finland. The highest alkalinity values were measured at Könölä groundwater station in northern Finland, where high values of groundwater alkalinity resulted from carbonate minerals. Groundwater alkalinity values were above the median in fine-grained soil. Therefore the effects of acid deposition are more pronounced in coarse-grained soil types and aquifers in these formations are fairly sensitive to acidification. In some groundwater stations a clear alkalinity and pH depression was observed during or after the spring thaw. The alkalinity and pH values reached their maximum usually in late winter. Two thirds of the significant correlations between alkalinity and pH were negative. In glaciofluvial formations the proportions of positive and negative correlations were even while in till formations negative correlations were prevalent. The time trends of alkalinity values were ascending at 35 % of the observation sites and descending at 23 % of the observation sites.

In this study the median pH value was 6.30. Low pH is a consequence of SiO<sub>2</sub>-rich rock types, which typically have a low weathering rate. Therefore, the acid neutralizing capacity of mineral soil is low and groundwater is vulnerable to acidifying effects of rain and meltwater. The lowest pH values were recorded in Ostrobothnia at Laihia observation station, where the median pH was 4.80. The highest pH values (median 7.40) were recorded at Könölä observation station in southwestern Lapland. The number of negative correlations between groundwater level and pH was slightly greater than the number of positive correlations. Negative correlations were non-existent in fine-grained glaciofluvial formations, which reflects their better buffering capacity against anthropogenic acidification. The time trends of pH values were descending at 27 % of the observation sites and ascending at 12 % of the observation sites. Acidification of groundwater was most common in southern Finland. In southeastern Finland the acidity of groundwater has not increased according to trend analysis despite the high load of acidifying deposition, which might be a consequence of higher local weathering rate of bedrock. The acidity of groundwater has decreased in some observation stations in western, eastern and northeastern Finland since the middle of the 1990s. The most strongly descending trend of pH value was recorded at Laihia observation station in western Finland.

Of the groundwater stations with a descending trend of the pH value 82 % had an ascending trend of sulphate concentration. Descending trends of sulphate concentration among these stations were non-existent. Correspondingly, 18% of the groundwater stations with a descending trend of the pH value had ascending trend of nitrate concentration and 27 % had descending trend of nitrate concentration. Therefore, the relationship between groundwater sulphate concentration and acidification was more distinct compared with nitrate concentration and acidification.

Sodium, potassium, calcium and magnesium concentrations in groundwater are mostly governed by the weathering rate of rocks, the solubility of minerals and the ion exchange reactions in soil-groundwater interaction. At coastal observation sites sodium is often of marine origin. The proportion of ascending time trends of sodium, potassium, calcium and magnesium concentrations was greater than the proportion of descending trends. The mineral composition and the weathering rate of bedrock are important factors concerning the acidification of groundwater. The proportionally steep ascending trends of calcium and magnesium concentrations in southeastern Finland might be indicators of sufficient weathering rate of local rock types to compensate the high acid deposition load, and consequently explain the absence of descending trends of pH values. The presence of carbonate minerals in bedrock and in soil often efficiently reduces the vulnerability of aquifers concerning groundwater acidification. The trends of Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-ratio were ascending at 55 % of the observation sites and descending in 10 % of the observation sites. Almost without exception all trends of Ca+Mg/HCO<sub>3</sub>-ratio were ascending in southern Finland.

The sulphate concentration in groundwater is governed by geological, atmospheric and marine factors. The highest concentrations of sulphate occurred in sulphate soils in western Finland. An anion of strong acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) in acid deposition  $\text{SO}_4^{2-}$  has a significant role in groundwater acidification. The highest sulphate concentrations of atmospheric origin were recorded in observation stations located in southern parts of the country. The seasonal rise of sulphate concentrations during or after the spring thaw was recorded at some observation sites. The correlations between sulphate concentration and groundwater level were predominantly positive. Nearly 80 % of statistically significant correlations were positive. In till formations negative correlations were non-existent but in fine-grained glaciofluvial formations the ratio of negative and positive correlations was even. The trends of sulphate concentrations were ascending at 55 % and descending at 12 % of the observation sites. Strongly ascending trends were recorded at the observation sites in western Finland. In southern Finland the sulphate concentrations usually increased but at the southernmost observation sites the concentrations turned to decline in the latter half of 1990s.

At the observation stations in natural state the chloride concentration in groundwater mainly derived from marine and atmospheric sources. Seasonal variation of chloride concentrations was studied at three observation stations, where de-icing salt was used for road maintenance during the winter period. The time and the intensity of the periodical maximum and minimum values of chlorine concentrations varied depending on the distance between road and the observation point. According to trend analysis the chlorine concentrations were decreasing at 55 % and increasing at 17 % of the observation sites. The ascending trends were mostly related to the use of de-icing salt.

The changes in vegetation of the recharge area of groundwater usually have a strong influence on nitrate concentrations. Felling has increased nitrate concentrations on several observation sites. The amount of nitrate in groundwater was 14 % of the amount of nitrate in snow meltwater. The dilution of rain and meltwater for the most part results from the nutrient uptake of vegetation. The ammonium concentration was only about 4 % of the concentration of snow meltwater, which probably resulted from nitrification processes in soil. The seasonal variation of nitrate in groundwater was considerable on several cases. The minimum value of nitrate concentration was usually reached during the growing period in the middle of summer. 32 % of nitrate time trends were descending and 27 % were ascending while 80 % of ammonium trends were ascending and only 3 % were descending.

High phosphorus concentrations were recorded in western and eastern parts of Finland. Phosphate phosphorus had positive correlations on certain observation sites with ammonium and nitrate nitrogen, chloride and potassium, which refers to agricultural activities. The correlations between phosphate and groundwater level were in all soil types mostly negative. Exceptionally a positive correlation was detected at Pertunmaa observation station where the rising phosphate concentration related to the cultivation of nearby fields together with springtime water level rise. The phosphate concentrations were decreasing at 55 % and increasing at 15 % of the observation sites.

The fluoride concentrations were highest at Elimäki and Valkeala observation stations in southeastern Finland, where the regional bedrock, rapakivi, generally produces high levels of fluoride concentrations in groundwater.

Aluminum in Finnish groundwater originates mostly from the weathering of aluminum silicates of mineral soil and bedrock. The aluminum concentration strongly depends on the acidity. This dependence manifests itself with negative correlations between aluminum concentration and the pH value of groundwater at 40 % of the observation sites. The solubility of aluminum increases strongly when the pH decreases below 5, which is clearly seen at Laihia observation station in western Finland. The aluminum concentrations were decreasing at 42 % and increasing at 5 % of the observation sites.

The concentrations of trace metals were mostly below the detection limits. The relationships between the median trace metal concentrations in Finnish groundwater were:  $\text{Hg} < \text{Cd} < \text{Pb} < \text{Ni} < \text{Cu} < \text{Zn}$ . Cadmium, copper, nickel and zinc concentrations were above the mean in western Finland, where the pH of groundwater is naturally low due to regional prevalence of sulphate soils.

The greatest variation in groundwater quality occurs normally in spring and in autumn during the high stage of groundwater level. The spring thaw and the nutrient uptake by vegetation are factors that explain most of the seasonal variation of concentrations of the main components of groundwater. The higher temperature in summer also increases the chemical and biological activity in soil, and therefore periodical changes are seen in groundwater composition especially in shallow formations. In most cases the concentrations of main components increased in summer and in early autumn when the groundwater level was low. The changes in hydrological conditions also had effects on groundwater composition between different summers.

Statistically significant, both negative and positive correlations between concentrations of substances analysed and groundwater level were found at 33 % of the observation sites. In different soil types the proportion of correlations was: fine grained soil 39 %, till 37 % and coarse-grained soil 28 %. Therefore the effects of groundwater level fluctuation on groundwater quality were more infrequent in coarse-grained soil compared with till and fine-grained soil, which can be partially explained by smaller range of groundwater fluctuation in coarse-grained soil.

Indications of a decrease of groundwater acidification can be seen in southern Finland during the latter half of the 1990s. At Karkkila and Orimattila observation stations the sulphate concentrations have risen until the beginning of the 1990s, but after 1993-1994 the concentrations have turned to a slight decline. Likewise, the pH values have declined during the 1970s and 1980s, but after 1993-1994 the acidity has not further increased. The recent decline of sulphate concentrations and the ceasing of pH decline are results from the significant reduce of sulphur emissions during the past decade.



# Kirjallisuus

- Ammoniakkityöryhmä, 1994. Toimintaohjelma kotieläintalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi: NH<sub>3</sub>-työryhmän ehdotus 15.5.1994. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 48 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 569.
- Antikainen, S., Smolander, U., Pitkänen, H. & Järvinen, O. 1990. Näytteenottomenetelmän luotettavuus luonnonvesien raskasmetalliseurannassa. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 45 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 63. ISBN 951-47-3736-9. ISSN 0786-9592.
- Aslyng, H. L. & Hansen, S. 1982. Water Balance and Crop Production Simulation. Copenhagen, 200 p. Hydro-technical Laboratory. The Royal Veterinary and Agricultural University. ISBN 87-88431-00-2.
- Erkoma, K. & Mäkinen, I. 1975. Vesihallinnon vesitutkimuksissa käytettävistä analyysimenetelmistä. Helsinki, Vesihallitus, 41 s. Tiedotus 85. ISBN 951-46-1560-3.
- Hatva, T. 1989. Iron and manganese in groundwater in Finland : occurrence in glacial aquifers and removal by biofiltration. Helsinki, National Board of Waters and the Environment, Finland, 99 s. ISBN 951-47-3097-6, ISSN 0783-9472.
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. & Smith, R. A. 1982. Techniques of Trend Analysis for Monthly Water Quality data. Water Resources Research, Vol.27, p. 107-121.
- Huhma, A. 1971. Kontiolahti. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 4224. Geologinen tutkimuslaitos.
- Hyppönen, V. 1976. Ontojoki. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 4411. Geologinen tutkimuslaitos.
- Hyvärinen, V., Solantie, R., Aitamurto, S. & Achim, D. 1995. Suomen vesitase 1961-1990 valuma-alueittain. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus, 162 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja. Sarja A 220.
- Härme, M. 1953. Karkkila. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2042. Geologian tutkimuslaitos.
- Kallio, J. 1982. Joutsa. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3122. Geologinen tutkimuslaitos.
- Kirkhusmo, A. (Ed.). 1986. The Use of Groundwater monitoring Data from the Nordic Countries. Nordic Hydrological Programme. 36 p. NHP-Report No 19. ISBN 82-554-0477-5.
- Kling, T., Niemi, A. & Pirhonen, V. 1993. Tiesuolan pohjavesivaikutukset - kulkeutumismekanismien moni-ilmiomallinnus. Tielaitoksen selvityksiä 65/1993. ISSN 0788-3722. ISBN 951-47-8114-7.
- Knutsson, G. 1994a. Trends in the acidification of groundwater. In: Kovar, K. & Soveri, J. Groundwater Quality Management. Proceedings of an international conference held at Tallinn, Estonia, September 1993. IAHS Publication No. 220.
- Knutsson, G. 1994b. Acidification effects on groundwater. In: Soveri, J. & Suokko, T. Future Groundwater Resources at Risk. Proceedings of an international conference held at Helsinki, Finland, June 1994. IAHS Publication No. 222.
- Koskiahho, J. 1995. Datan epänormaalisuuden, kausivaihtelun ja virtaaman vaikutusten vähentäminen vedenlaatuajaksarjojen trendien testaamisessa. Vesitalous 5/1995, s. 17-21.
- Laitakari, I. 1962. Lapinjärvi. Suomen geologinen yleiskartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3022. Geologian tutkimuskeskus.
- Lauerma, R. 1967. Kursu. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3643. Geologinen tutkimuslaitos.
- Lavikainen, S. 1975. Oskajärvi. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 4243. Geologinen tutkimuslaitos.
- Lehtonen, M. 1980. Muonio. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2723. Geologinen tutkimuslaitos.
- Loukola-Ruskeeniemi, K. 1992. Geochemistry of Proterozoic Metamorphosed Black Shales in Eastern Finland, with Implications for Exploration and Environmental Studies. Espoo, Geologian tutkimuskeskus.
- Maxe, L. 1999. Assessing Groundwater Vulnerability - The Acidification Case. Dissertation. Division of Land and Water Resources, Department of Civil and Environmental Engineering, Royal Institute of Technology. Stockholm, Royal Institute of Technology.
- Meriläinen, K. 1965. Suomen geologinen yleiskartta, 1:400 000, kivilajikartta, lehti C 8-9, Geologinen tutkimuslaitos.

- Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J., & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi ja ympäristöhallituksen julkaisuja - sarja B 10. ISBN 951-47-4730-5, ISBN 951-37-0694-X.
- Neuvonen, K. J. 1961. Kannus. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2324. Geologinen tutkimuslaitos.
- Nordberg, L. (Ed.).1980. The National Groundwater Monitoring Networks of the Nordic Countries. Oslo. Compiled by the IHP Nordic working group for groundwater networks.
- Nysten, T. & Hänninen, T. 1997. Tiesuolan pohjavesihaittojen vaikutuksista ja torjuntakeinoista. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 55 s. Suomen ympäristö 57. ISBN 952-11-0083-4. ISSN 1238-7312.
- Palko, J. & Saari, M. 1987. Lapväärtin-Isojoen vesistöalueella sijaitsevan Storsjön järvikuivion happamat sulfaattimaat. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 100 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 11.
- Peltonen, K. 1993. Kallioperän malmipotentialin arviointi. Helsinki, voimayhtiöiden ydinjätetoimikunta, 95 s. Raportti YJT-92-08.
- Perttunen, V. 1972. Karunki. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2542 + 2524. Geologinen tutkimuslaitos.
- Pipping, F. 1976. Perho. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2332. Geologinen tutkimuslaitos.
- Pipping, F. 1979. Alajärvi. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2313. Geologinen tutkimuslaitos.
- Salli, I. 1953. Loimaa. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2111. Geologinen tutkimuslaitos.
- Salli, I. 1962. Nivala. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti2344. Geologinen tutkimuslaitos.
- Salli, I. 1977. Pielavesi. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3314. Geologinen tutkimuslaitos.
- Sandborg, M. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen. Tutkimusraportti I : Pohjaveden laatuun vaikuttavien aineiden geokemiallisia ominaisuuksia. Helsinki, Vesi- ja ympäristöhallitus. 57 s. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 328.
- Sederholm, J. J. 1903. Tampere. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000, vuorilajikartta, lehti B2. Geologinen toimisto.
- Simonen, A. 1978. Mäntyharju. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3123. Geologinen tutkimuslaitos.
- Soveri, J. 1970. Ytlagrens uttorkning och vatteninnehållet hos finkorniga sediment. Nordisk Hydrologisk Konferens, vol II, Lund, Sverige, 1970. s. 331-339.
- Soveri, J. 1973. Pohjavesiasemien seuranta- ja tutkimussuunnitelma. Vesihallituksen raportti.
- Soveri, J. (Ed.).1982. Acid Groundwater in the Nordic Countries. Nordic Hydrological Programme. 29 p. NHP-Report No 3. ISBN 82-554-0360-7.
- Soveri, J. 1985. Influence of meltwater on the amount and composition of groundwater in quaternary deposits in Finland. Helsinki, vesihallitus. 92 s. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 63.
- Soveri, J. 1991a. Influence of air pollutants on groundwater acidification in the Porvoo area, southern Finland. Helsinki, National Board of Waters and the Environment. 66 s. Publications of the Water and Environment Research Institute 8. ISBN 9512-47-4285-0. ISSN 0783-9472.
- Soveri, J. 1991b. Effect of acidic deposition on the soil and groundwater in the Porvoo area in a number of background areas. Helsinki, National Board of Waters and the Environment. 66 s. Publications of the Water and Environment Research Institute 8. ISBN 9512-47-4285-0. ISSN 0783-9472.
- Soveri, J., de Coster, A. & Vesterinen, J. 1991. Tiesuolauksen vaikutus pohjaveteen Salpausselän alueella.. Helsinki. 44 s. Tielaitos. Tielaitoksen selvityksiä 21/1991. ISSN 0788-3722. ISBN 951-474389-X.
- Soveri, J. & Knutsson, G. 1994. Trends and influence of acid deposition on the chemical status of groundwaters in the ECE region. Report to the the Secreteriat of the Economic Comission of Europe (ECE). Unpublished.
- Soveri, J. & Peltonen, K. 1996. Lumen ainepitoisuudet ja talviaikainen laskeuma Suomessa vuosina1976-1993. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 98 s. Suomen ympäristö 6. ISBN 952-11-0013-3, ISSN 1238-7312.
- Soveri, J. & Soveri, R.1981. On fluoride and chromium concentrations in groundwater in Finland. In:Mineral Elements '80. Proceedings Part 1. A Nordic Symposium on Soil-Plant-Animal-Man Interrelationships to Human Health, Helsinki, December 1980. ISBN 951-99301-0-8. ISBN 951-99301-1-6 (Part 1)
- Soveri, J. & Vesterinen, J. 1990. Effects of Road-Salting on Groundwater Quality in Salpausselkä Area in Southern Finland. Nordisk Hydrologisk Konferens 1990, Kalmar, Sverige, 29.7. - 1.8.1990. NHP-rapport nr 26.

- Steenvoorden, J. H. A. M. 1976. Nitrogen, Phosphate and Biosides in Groundwater as Influenced by Soil Factors and Agriculture. Hague, p. 52-69. Groundwater Pollution. Committee for Hydrological Research TNO, No 21.
- Tyrväinen, A. 1970. Alavus. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2223. Geologinen tutkimuslaitos.
- Tyrväinen, A. 1979. Sodankylä. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3713. Geologinen tutkimuslaitos.
- Van Belle, G. & Hughes, J. P. 1984. Nonparametric Tests for Trend in Water Quality. Water Resources Research, Vol. 20, p. 127-136.
- Vesihallitus. 1981. Vesihallinnon analyysimenetelmät. Helsinki, Vesihallitus, 136 s. Vesihallitus/Tiedotus 213.
- Virransalo, P. & Vaarma, M. 1993. Ikaalinen. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 2122. Geologian tutkimuskeskus.
- Von Brömssen, U. 1989. Acidification Trends in Swedish Groundwaters. Review of time series 1950-85. Solna, National Swedish Environmental Protection Board, 67 p. Report 3547. ISSN 0282-7298. ISBN 91-620-3547-9.
- Vorma, A. 1971. Pieksämäki. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3232. Geologian tutkimuskeskus.
- Wilkman, W. W. 1935. Kuopio. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000, kivilajikartta, lehti C 3. Geologinen toimikunta.

### Liite I. Pohjaveden pinnankorkeudet asemilla v. 1974-1999

SIUNTIO	O=N60+ 0.00 cm												60 08N			24 15E		
	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja					
	Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1984				776	801	788	749		718	729	788		764.2	801			718	
1985		771	756	756	788	781		736			746	759	766.1	789			736	
1986	774		765	763	799	789	752	741	754	775	790	834	780.4	843			741	
1987	824	800	784	780	786	790	779	773		791	803	814	794.2	828			773	
1988	819	821	814	817	826	804	781	777	768	778	786	784	800.1	829			768	
1989	783	799	827	841	835	819	788	761	739	736	733	736	783.4	841			728	
1990	755	781	817	824	803	776	759	746	731	731	744	756	766.5	824			729	
1991	777	775	771	779	783	775	764	757	752	752	766	785	769.7	785			751	
1992	796	801	807	831	836	814	776	751	744	745	771	789	786.2	837			741	
1993	794	797	789	789	785	765	753	741	738	731	729	733	761.5	800			727	
1994	746	752	750	768	787	782	764	745	729	729	736	741	753.0	788			726	
1995	761	774	803	820	829	829	804	773	745	737	736	743	779.8	834			736	
1996	736	727	717	714	732	742	743	744	729	710	714	760	729.8	762			707	
1997	767	771	774	784	791	781	768	741	719	702	693	695	747.7	793			688	
1998	702	711	718	717	732	737	734	734	736	735	757	775	733.6	779			697	
1999	787	798	796	811	833	815	791	762	726	706	698	702	771.5	837			697	
1984-1999	772	777	779	785	796	786	767	752	737	739	749	760	768.0	843	810	728	688	

KARKKILA	O=N60+ 0.00 cm												60 33N			24 13E		
	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja					
	Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1978					8630	8600	8589	8550	8584	8616	8633	8613	8602.6	8643			8548	
1979	8573	8547	8532	8612	8620	8575	8632	8608	8631	8626	8641	8638	8602.5	8651			8532	
1980	8622	8594	8570	8596	8620	8617	8561	8537	8586	8641	8649	8639	8602.0	8655			8526	
1981	8645	8653	8631	8643	8650	8650	8640	8646	8651	8661	8668	8663	8649.5	8670			8627	
1982	8646	8634	8638	8662	8655	8620	8593	8549	8576	8589	8626	8643	8619.5	8665			8544	
1983	8663	8629	8607	8644	8642	8605	8549	8493	8500	8575	8603	8585	8591.4	8665			8477	
1984	8607	8593	8582	8650	8638	8598	8615	8582	8604	8646	8663	8655	8619.3	8663			8562	
1985	8612	8573	8563	8596	8637	8614	8564	8579	8624	8636	8641	8632	8606.8	8646			8557	
1986	8627	8613	8597	8647	8650	8622	8568	8556	8607	8636	8657	8651	8619.0	8662			8541	
1987	8611	8585	8568	8599	8630	8625	8574	8600	8626	8641	8638	8644	8608.7	8646			8557	
1988	8643	8643	8617	8647	8653	8607	8582	8638	8643	8654	8642	8620	8634.0	8661			8574	
1989	8627	8656	8667	8663	8654	8604	8527	8500	8496	8529	8598	8576	8592.1	8669			8496	
1990	8591	8627	8643	8643	8616	8582	8536	8525	8549	8581	8601	8618	8593.8	8646			8518	
1991	8624	8609	8601	8639	8634	8626	8592	8554	8550	8578	8631	8642	8610.7	8649			8536	
1992	8642	8635	8655	8668	8646	8583	8525	8528	8558	8583	8629	8636	8608.5	8669			8505	
1993	8625	8611	8606	8638	8619	8572	8540	8592	8586	8614	8593	8601	8598.7	8644			8527	
1994	8610	8582	8571	8635	8630	8624	8557	8512		8606	8620	8626	8598.6	8643			8504	
1995	8628	8619	8644	8652	8661	8618	8564	8509	8518	8597	8599	8599	8602.3	8668			8501	
1996	8580	8547	8525	8566	8617	8598	8621	8553	8503	8515	8610	8621	8570.6	8635			8495	
1997	8595	8606	8628	8640	8638	8632	8605	8569	8564	8594	8611	8607	8607.7	8647			8551	
1998	8625	8631	8616	8617	8642	8635	8639	8638	8626	8635	8648	8646	8634.5	8653			8611	
1999	8649	8630	8640	8669	8649	8611	8540	8511	8483	8562	8569	8594	8593.8	8671			8482	
1978-1999	8621	8610	8604	8634	8637	8609	8577	8560	8574	8605	8625	8624	8607.6	8671	8655	8535	8477	

MW = Keskiarvo, HW = Korkein arvo, MHW = Vuosimaksimin keskiarvo, MNW = Vuosiminimin keskiarvo, NW = Alin arvo

ORIMATTILA

O=N60+ 0.00 cm

60 43N

25 49E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1978				5851	5858	5858	5853	5844	5850	5855	5862	5864	5853.9	5864			5843
1979	5852	5836	5825	5828	5853	5861	5859	5866	5865	5862	5861	5874	5853.8	5879			5817
1980	5880	5875	5858	5847	5852	5854	5845	5836	5832	5842	5849	5875	5852.9	5885			5831
1981	5885	5879	5874	5904	5945	5956	5954	5948	5941	5942	5966	5980	5932.1	5983			5871
1982	5966	5948	5933	5945	5969	5963	5946	5920	5905	5890	5887	5892	5929.1	5975			5886
1983	5902	5895	5884	5890	5899	5893	5878	5863	5850	5848	5854	5848	5874.3	5904			5845
1984	5841	5836	5829	5841	5921	5920	5908	5901	5892	5900	5915	5929	5891.6	5931			5828
1985	5923	5909	5891	5881	5914	5923	5910	5901	5897	5894	5903	5909	5902.9	5926			5878
1986	5896	5883	5868	5876	5905	5911	5897	5878	5870	5869	5887	5902	5888.4	5915			5864
1987	5896	5883	5866	5862	5876	5889	5898	5897	5898	5917	5917	5908	5892.5	5920			5860
1988	5902	5895	5887	5900	5925	5920	5903	5888	5881	5883	5886	5878	5895.9	5929			5876
1989	5871	5869	5888	5922	5939	5928	5907	5892	5873	5857	5853	5844	5888.5	5940			5842
1990	5840	5847	5881	5915	5919	5906	5892	5875	5859	5847	5840	5836	5871.7	5921			5832
1991	5834	5823	5821	5839	5852	5855	5850	5837	5826	5821	5823	5839	5835.2	5855			5820
1992	5846	5841	5842	5863	5889	5886	5872	5855	5850	5849	5863	5877	5861.3	5891			5838
1993	5887	5881	5873	5869	5869	5863	5856	5857	5862	5860	5855	5850	5865.8	5888			5848
1994	5841	5833	5823	5826	5854	5863	5853	5843	5834	5835	5836	5829	5840.5	5864			5821
1995	5836	5835	5841	5849	5889	5911	5900	5882	5865	5853	5843	5833	5862.4	5911			5832
1996	5824	5813	5800	5794	5805	5813	5816	5815	5803	5790	5790	5807	5806.1	5826			5787
1997	5805	5803	5803	5808	5815	5819	5813	5801	5790	5782	5780	5776	5800.2	5820			5774
1998	5774	5773	5769	5766	5780	5788	5795	5797	5804	5806	5816	5819	5790.2	5820			5766
1999	5823	5824	5817	5831	5869	5879	5872	5851	5832	5824	5816	5808	5838.6	5883			5808
1978-1999	5863	5856	5851	5859	5881	5884	5876	5865	5858	5855	5859	5862	5864.9	5983	5896	5834	5766

TULLINKANGAS

O=N60+ 0.00 cm

61 10N

25 13E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974	15934	15929	15924	15977	16022	16010	15989	16005	15990	16016	16037	16035	15988.2	16040			15923
1975	16032	16018	15998	16002	16014	15994	15970	15952	15939	15929	15930	15931	15976.0	16033			15927
1976	15924	15911	15904	15914	15937	15939	15937		15929	15914	15906	15909	15920.5	15941			15902
1977	15904	15899	15890	15907	15996	16010	15997	15989	15982	15992	16006	16000	15965.4	16021			15888
1978	15977	15969	15946	15967		15980	15974	15970	15989	15993	15992	15989	15977.2	16000			15944
1979	15974	15957	15946	15944	16002	15983	16014	16043	16020	15993	15993	15999	15989.4	16055			15937
1980	15990	15982	15963	15967	15974	15972	15958	15943	15927	15932	15952	15973	15961.5	15992			15924
1981	15972	15956	15945	15967	16020	16023	16017	16024	16023	16033	16036	16032	16004.3	16040			15943
1982	16015	16003	15982	16009	16032	16016	15992	15971	15958	15949	15958	15965	15987.7	16036			15948
1983	15979	15973	15960	15982	15998	15994	15972	15953	15942	15947	15952	15949	15967.0	16003			15942
1984	15943	15935	15928	15976	16015	15997	15999	15996	16002	16027	16027	16016	15988.6	16032			15926
1985	16002	15984	15968	15957	16016	16005	15984	15975	15977	15993	16000	15991	15987.9	16017			15955
1986	15979	15970	15959	15965	16001	16003	15984	15966	15973	15991	16016	16014	15985.2	16021			15955
1987	16019	15982	15964	15950	15994	16003	15992	15974	15974	15986	15978	15969	15982.3	16022			15948
1988	15962	15955	15946	15961	16039	16024	16006	15987	16030	16030	16021	16011	15997.4	16045			15944
1989	15988	15986	15995	16028	16025	15999	15975	15959	15952	15942	15947		15983.0	16039			15941
1990	15936	15963	16018		16022	15989	15975	15955	15948	15929	15928	15924	15959.1	16024			15924
1991	15920	15916	15909	15925	16002	15992	15980	15968	15947	15938	15949	15980	15952.4	16005			15908
1992	15966	15956	15954	15988	16028	16004	15981	15967	15964	15973	15988	16007	15981.6	16033			15952
1993	16003	15986	15969	15979	16008	15987	15973	15989	16001	15993	15983	15970	15987.1	16014			15961
1994	15957	15945	15939	15972	16008	16005	15985	15956	15947	15974	15976	15970	15969.6	16009			15937
1995	15965	15958	15954	15977	16035	16018	15994	15972		15937	15933	15926	15970.1	16042			15924
1996	15919	15910	15901	15904	15966	15979	15986	15984	15977	15950	15949	15967	15947.6	15991			15895
1997	15958	15961	15953	15957	15978	15979				15932	15930		15956.1	15984			15929
1998	15916	15912	15913	15923	15985	15978	15971	15971	15989	15976	15988	15971	15953.1	15989			15910
1999	15961	15956	15946	15982	16023	16007	15981	15953	15935		15919	15919	15960.2	16029			15916
1974-1999	15965	15956	15949	15963	16005	15995	15983	15975	15971	15970	15972	15975	15973.0	16055	16017	15930	15888

JOMALA		O=N60+ 0.00 cm					60 09N			19 52E				Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja																		
Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW	
1978									1724	1717	1727	1711	1720.0	1733			1707	
1979	1689	1687	1701	1737	1727	1691	1666	1649	1686	1695	1725	1730	1698.8	1738			1645	
1980	1722	1706	1693	1737	1715	1693	1663	1641	1642	1730	1733	1731	1700.4	1742			1639	
1981	1733	1724	1721	1732	1719	1709	1711	1706	1711	1735	1739	1731	1722.2	1743			1694	
1982	1726	1723	1729	1734	1719	1689	1691	1657	1654	1663	1692	1723	1701.8	1745			1651	
1983	1731	1717	1717	1740	1725	1721	1687	1652	1656	1710	1721	1724	1706.0	1740			1638	
1984	1734	1725	1718	1741	1718	1689	1697	1682	1712	1741	1736	1731	1719.2	1746			1674	
1985	1718	1709	1705	1727	1726	1696	1663	1653	1640	1631	1685	1705	1688.0	1737			1631	
1986	1711	1702	1701	1725	1712	1688	1670	1686	1731	1724	1733	1729	1710.8	1735			1654	
1987	1716	1715	1708	1733	1730	1718	1707	1700	1716	1722	1729	1735	1719.3	1740			1696	
1988	1730	1724	1720	1723	1723	1703	1701	1714	1684	1689	1720	1719	1712.0	1731			1682	
1989	1719	1723	1718	1717	1706	1668	1689	1676	1685	1695	1706	1716	1702.5	1726			1663	
1990	1726	1730	1717	1717	1696	1674	1657	1669	1687	1707	1720	1719	1700.9	1731			1651	
1991	1718	1711	1720	1718	1711	1702	1687	1688	1697	1725	1721	1720	1709.5	1728			1670	
1992	1715	1717	1717	1721	1712	1675	1683	1687	1698	1709	1726	1714	1705.9	1730			1653	
1993	1716	1700	1716	1714	1692	1662	1662	1665	1700	1712	1714	1727	1699.0	1729			1660	
1994	1725	1716	1722	1734	1714	1701	1676	1659	1681	1712	1727	1725	1708.2	1738			1649	
1995	1725	1743	1726	1726	1725	1704	1673	1652	1649	1632	1635	1690	1691.6	1749			1632	
1996	1689	1675	1667	1691	1718	1693	1702	1659	1638	1658	1711	1720	1683.7	1722			1634	
1997	1714	1730	1728	1716	1708	1699	1663	1682	1687	1712	1713	1723	1705.3	1731			1661	
1998	1732	1720	1726	1724	1709	1726	1705	1704	1706	1720	1726	1725	1718.5	1733			1698	
1999	1726	1727	1737	1716	1724	1724	1723	1675	1663	1685	1701	1719	1709.3	1739			1643	
1978-1999	1719	1715	1714	1724	1715	1696	1684	1674	1683	1701	1715	1721	1706.0	1749	1735	1660	1631	

PERNIÖ		O=N60 + 0.00 cm					60 12N			22 56E				Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja																		
Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW	
1983										5924	5953	5970	5950.3	5970			5924	
1984	6004	5985	5959	6024	6004	5970	5943	5933	5941	5980	6004	6004	5976.9	6024			5924	
1985	5988	5951	5934	5966	6007	5971	5936	5925	5934	5938	5971	5970	5957.7	6017			5920	
1986	6003	5958	5940	5977	6002	5959	5923	5916	5965	5992	6023	6008	5975.4	6029			5910	
1987	5975	5951	5924	5950	5993	5986	5953	5993	6001	5999	5991	5989	5973.7	6008			5922	
1988	5997	5994	5973	5997	5987	5944	5941	5967	5958	5997	5985	5963	5976.8	6009			5928	
1989	5982	6001	6016	5996	5974	5952	5920	5919	5903	5907	5967	5972	5961.5	6016			5900	
1990	6001	5993	6023	5998	5961	5935	5930	5918	5933	5969	5980	5992	5972.2	6027			5913	
1991	6016	5993	5984	6003	5981	5955	5927	5918	5920	5962	6001	6008	5973.1	6022			5912	
1992	5999	5997	5999	6009	5979	5939	5914	5911	5922	5931	6004	6008	5972.6	6013			5909	
1993	5999	5980	5979	5992	5957	5924	5915	5953	5941	5950	5953	5981	5959.2	6006			5908	
1994	5988	5969	5969	6022	5984	5967	5933	5901	5909	5976	5980	6006	5967.3	6022			5896	
1995	6003	5999	6014	6008	5997	5979	5945	5906	5899	5904	5945	5969	5964.3	6017			5895	
1996	5943	5920	5909	5938	5977	5966	5983	5954	5914	5911	6002	6004	5952.0	6013			5904	
1997	5973	5960	6002	6006	5989	5953	5919	5901	5909	5930	5955	5972	5956.0	6018			5898	
1998	5989	5997	5978	5971	5975	5950	5936	5959	5968	5973	5987	5981	5973.5	6008			5931	
1999	6005	6002	5991	6023	5990	5942	5925	5904	5885	5952	5965	6017	5967.1	6026			5881	
1983-1999	5991	5978	5974	5992	5984	5955	5933	5929	5931	5952	5980	5989	5966.4	6029	6014	5910	5881	

MW = Keskiarvo, HW = Korkein arvo, MHW = Vuosimaksimin keskiarvo, MNW = Vuosiminimin keskiarvo, NW = Alin arvo

ORIPÄÄ

O = N60 + 0.00 cm

60 55N

22 41E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974	8196	8195	8194	8208	8221	8217	8210	8206	8204	8206	8215	8227	8208.0	8229			8193
1975	8255	8260	8255	8249	8244	8239	8233	8227	8223	8218	8214	8211	8235.6	8260			8210
1976	8207	8203	8200	8204	8205	8206	8202	8198	8199	8197	8196	8196	8201.6	8208			8195
1977	8195	8192	8190	8191	8207	8222	8218	8216	8214	8210	8213	8217	8207.9	8222			8190
1978	8214	8210	8208	8208	8214	8215	8214	8211	8210	8211	8210	8211	8211.9	8216			8207
1979	8209	8205	8203	8204	8207	8210	8209	8215	8219	8221	8220	8227	8213.0	8228			8202
1980	8228	8223	8215	8211	8209	8206	8202	8197	8198	8198	8209	8228	8210.1	8229			8196
1981	8225	8220	8216	8227	8235	8237	8239	8239	8237	8236	8241	8246	8233.0	8247			8216
1982	8246	8240	8234	8234	8240	8243	8234	8226	8223	8220	8220	8225	8232.2	8246			8218
1983	8238	8241	8235	8236	8234	8232	8228	8222	8218	8216	8215	8213	8227.7	8241			8213
1984	8214	8210	8209	8215	8238	8241	8237	8241	8238	8236	8243	8249	8232.0	8251			8208
1985	8248	8243	8234	8228	8236	8240	8237	8235	8228	8224	8221	8219	8232.5	8248			8219
1986	8217	8215	8212	8214	8221	8224	8220	8214	8212	8213	8217	8228	8217.5	8228			8211
1987	8230	8222	8219	8219	8217	8217	8217	8221	8224	8228	8228	8225	8222.7	8230			8216
1988	8224	8221	8219	8224	8233	8236	8237	8235	8233	8232	8230	8227	8229.6	8238			8219
1989	8224	8228	8236	8244	8248	8242	8234	8227	8223	8216	8212	8208	8227.8	8250			8208
1990	8205	8208	8218	8227	8231	8226	8211	8213	8211	8209	8203	8207	8214.6	8233			8199
1991	8206	8204	8204	8215	8216	8218	8213	8208	8208	8207	8212	8215	8210.3	8220			8202
1992	8217	8215	8214	8223	8222	8220	8205	8212	8211	8210	8209	8214	8215.3	8227			8205
1993	8218	8219	8215	8216	8212	8209	8202	8201	8204	8202	8199	8198	8207.7	8220			8197
1994	8197	8195	8193	8198	8207	8209	8206	8200	8197	8200	8199	8200	8200.7	8210			8193
1995	8204	8203	8205	8207	8224	8233	8235	8224	8218	8213	8209	8205	8214.8	8237			8203
1996	8197	8194	8190	8187	8194	8196	8197	8200	8196	8192	8194	8199	8194.5	8201			8187
1997	8200	8196	8201	8204	8207	8199	8200	8199	8201	8202	8202	8204	8201.3	8209			8190
1998	8203	8204	8207	8210	8212	8213	8215	8212	8215	8210	8210	8205	8209.9	8216			8202
1999	8198	8196	8188	8190	8201	8196	8187	8178	8171	8171	8171	8171	8185.2	8201			8169
1974-1999	8215	8213	8212	8215	8220	8221	8217	8214	8212	8211	8212	8214	8215.3	8260	8228	8202	8169

KUUMINAINEN

O = N60 + 0.00 cm

61 30N

21 30E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1978		717	704	751	742	712	706	691	727	722	733	725	722.3	751			684
1979	707	695	700	741	746	710	726	748	748	737	757	749	732.1	765			692
1980	743	714	686	724	742	734	699	670	695	744	753	740	718.4	768			669
1981	732	733	722	751	748	720	724	712	704	715	752	749	731.1	764			700
1982	726	715	726	754	747	691	690	679	712	707	737	747	718.0	755			654
1983	754	728	715	751	732	711	692	655		708	724	745	717.8	759			643
1984	746	732	719	751	742	712	688	664	675	716	747	746	721.2	760			659
1985	721	699	691	737	751	723	678	670	656	695	718	726	708.1	762			653
1986	716	705	692	747	740	696	656	650	704	736	754	750	715.2	760			648
1987	703	688	667	696	757	754	711	727		752	746	747	721.0	761			650
1988	748	753	731	764	750	744	704	744	725	724	721	708	733.6	772			698
1989	740	768	773	759	721	700	671	651	630	640	674	721	705.0	773			627
1990	739	762	752	753	724	697	679	669	657	642	659	689	701.6	763			639
1991	728	728	733	746	727	721	724	653	639	725	746	749	719.2	754			635
1992	734	736	742	737	731	663	637	624	648	665	736	746	698.8	753			623
1993	732	735	722	723	711	659	632	713	717	722	707	731	712.7	741			632
1994	743	723	719	748	723	721	709	670	654	687	727	745	714.6	756			652
1995	742	748	758	749	741	747	714	670	648	661	696	712	714.4	764			641
1996	707	701	688	714	746	724	708	674	633	621	704	748	695.8	751			614
1997	738	738	764	762	737	688	666	625	659	705	722	733	706.6	765			612
1998	747	744	740	748	741	739	738	725	705	744	735	739	738.6	758			705
1999	741	736	727	755	734	702	688	673	642	677	706	735	712.1	756			635
1978-1999	732	727	721	743	737	712	692	679	678	702	725	735	716.3	773	759	652	612

MW = Keskiarvo, HW = Korkein arvo, MHW = Vuosimaksimin keskiarvo, MNW = Vuosiminimin keskiarvo, NW = Alin arvo

ORIVESI O=N60+ 0.00 cm 61 39N 24 19E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976						13309	13287	13302	13278		13308	13335	13303.9	13335			13278
1977		13286		13321	13356		13282		13273		13350	13328	13311.0	13363			13256
1978	13311	13246	13237	13359	13347	13326	13304	13251	13349		13339	13326	13311.2	13359			13237
1979	13267	13222	13207		13341		13320		13330		13344	13331	13308.3	13361			13207
1980	13315		13265		13351	13333	13260	13225		13244	13342	13345	13299.5	13351			13225
1981	13321	13306	13286	13336	13347	13338		13337	13337	13341	13352		13331.1	13352			13286
1982	13315		13296	13338	13342		13274	13231	13300		13316	13343	13309.4	13358			13231
1983	13343	13303	13266		13350	13324	13262	13234	13278		13337		13303.4	13350			13234
1984	13321	13312		13334		13308		13350		13347	13334	13336	13329.6	13364			13294
1985		13263	13199	13282		13338	13303		13317	13335		13313	13295.7	13338			13199
1986	13284		13250			13349	13294		13345	13349	13355	13349	13315.4	13355			13247
1987	13271		13204	13300	13347	13349	13314		13354		13343	13324	13318.5	13358			13204
1988	13328	13323	13313	13354	13365	13342	13277	13329	13353	13349	13346	13327	13332.5	13365			13270
1989	13323	13347	13347	13354	13351	13325		13268	13242	13264	13335	13321	13313.2	13358			13242
1990	13322	13339	13355	13358	13334	13290		13220	13188	13204	13262	13275	13283.2	13358			13185
1991	13296	13280	13271	13359	13350	13341	13338	13320	13293	13345	13351	13338	13327.5	13359			13271
1992	13325	13317	13331	13357	13355	13272	13261	13307	13352	13348	13352	13355	13327.3	13360			13231
1993	13344	13324	13313	13335	13347	13319	13307		13337	13318	13326	13324	13328.6	13355			13306
1994	13323	13296	13277	13366	13346	13349	13316	13287	13320	13351	13353	13354	13327.7	13366			13277
1995	13335	13320	13333	13343	13361	13347	13291	13218	13261	13308	13329	13319	13316.8	13363			13204
1996	13285	13242	13205	13298	13350	13332	13349	13283	13205	13179	13340	13345	13282.2	13358			13172
1997	13326	13310	13341	13335	13349	13320	13336	13318	13266	13330	13335	13334	13325.0	13357			13253
1998	13324	13319	13323	13313	13334	13341	13338	13329	13331	13346	13346	13327	13332.3	13360			13303
1999	13322	13302	13291	13361	13343	13307	13236	13177	13140	13317	13328	13348	13286.7	13363			13134
1976-1999	13314	13297	13281	13337	13348	13326	13297	13277	13293	13310	13335	13331	13313.3	13366	13356	13239	13134

JÄMIJÄRVI O=N60+ 0.00 cm 61 46N 22 47E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976					11651	11648	11648	11644	11639	11636	11632	11625	11640.4	11651			11625
1977	11625	11618	11616	11613	11613	11616	11618	11623	11624	11625	11627	11626	11619.8	11627			11612
1978	11625	11624	11622	11619	11619	11617	11617	11616	11615	11615	11612	11611	11617.3	11625			11611
1979	11604	11607	11606	11604	11602	11601	11598	11597	11595	11591	11590	11590	11598.5	11607			11590
1980	11591	11591	11592	11594	11594	11594	11592	11591	11590	11588	11587	11585	11590.8	11594			11585
1981																	
1982																	
1983			11675	11672	11668	11667	11664	11662	11661	11662	11656	11654	11663.8	11675			11654
1984	11653	11648	11644	11645	11647	11651	11655	11658	11660	11663	11660	11668	11654.1	11668			11644
1985	11673	11661	11672	11664	11662	11660	11667	11670	11674	11675	11680	11677	11669.9	11680			11660
1986	11676	11674	11675	11669	11663	11661	11661	11665	11670	11672	11667	11664	11668.7	11678			11657
1987	11669	11674	11679	11679	11678	11678	11678	11676	11675	11673	11671	11669	11674.7	11679			11669
1988	11667	11665	11664	11658	11667	11677	11687	11699	11702	11709	11718	11721	11686.4	11721			11658
1989	11720	11719	11718	11721	11723	11725		11727	11730	11728	11723	11721	11723.6	11730			11718
1990	11719	11716	11711	11710	11710	11712	11713	11712	11710	11706	11703	11700	11710.5	11719			11700
1991	11696	11693	11690	11687	11683	11676	11672	11667	11663	11664	11664	11664	11676.6	11696			11663
1992	11662	11662	11662	11657	11658	11661	11663	11665	11669	11671	11671	11671	11664.9	11672			11656
1993	11673	11674	11678	11681	11683	11683	11686	11681	11679	11677	11675	11671	11677.6	11686			11671
1994	11672	11673	11670	11668	11667	11661	11656	11659	11658	11657	11655	11655	11663.0	11673			11655
1995		11652									11684	11686	11678.8	11689			11652
1996	11687	11686	11685	11685	11684	11683	11683	11686	11686	11681	11678	11680	11683.7	11688			11677
1997	11679	11679	11680	11679	11679	11678	11679	11678	11676	11672	11672	11672	11677.4	11681			11672
1998	11670	11669	11669	11665	11659	11664				11664	11664	11663	11666.0	11670			11659
1999	11664	11665	11664	11665			11662	11661	11662	11662	11662	11660	11663.1	11665			11660
1976-1999	11664	11662	11663	11661	11660	11660	11657	11661	11661	11661	11661	11660	11662.3	11730	11671	11652	11585



SIIKAINEN	O=N60+ 0.00 cm						61 52N		21 51E				Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												MW	HW	MHW	MNW	NW
	Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI					
1977	4750	4742		4783	4781	4733	4756		4743	4778	4777		4760.9	4797			4731
1978	4768	4749	4777	4783	4764	4747	4709	4685	4723		4756	4742	4746.8	4783			4685
1979	4726	4716	4726	4783	4768		4767	4774	4783	4777	4786	4783	4764.7	4790			4716
1980	4758		4746		4779	4771	4743	4765	4770		4786	4774	4765.8	4786			4743
1981	4772												4772.0	4772			4772
1982																	
1983																	
1984										4775	4770	4775	4772.8	4775			4766
1985	4722	4709	4704	4748	4776	4766	4734		4766	4778	4777	4762	4756.6	4785			4704
1986		4743	4730	4768		4745	4697		4740	4772	4784	4777	4747.7	4784			4697
1987	4726		4694	4760	4774	4773	4720		4756	4771	4767	4758	4754.3	4774			4694
1988	4769	4770	4766	4784	4777	4755	4749	4777	4768	4775	4772	4753	4769.4	4790			4733
1989	4763	4783	4784	4779	4759	4752	4713	4697	4686	4693	4745	4754	4744.4	4791			4683
1990	4764	4785	4781	4781	4754	4725	4701	4697	4689	4704	4733	4748	4737.7	4789			4689
1991	4762	4743	4741	4774	4779	4772	4738	4727	4733	4778	4776	4773	4760.1	4784			4714
1992	4768	4761	4774	4775	4772	4715	4687	4705	4762	4761	4760	4767	4752.0	4786			4683
1993	4768	4755	4739	4749	4757	4730	4718	4745	4751	4752	4747	4766	4750.2	4770			4718
1994	4764	4749	4741	4770	4769	4755	4720	4666	4656	4719	4762	4765	4737.2	4775			4654
1995	4761	4763	4767	4775	4772	4767	4734	4694	4708	4740	4761	4741	4749.8	4785			4683
1996	4732	4720	4714	4740	4766	4746	4743	4720	4680	4670	4750	4763	4725.5	4771			4664
1997	4747	4762	4768	4766	4786	4742	4709	4671	4700	4740	4757	4765	4740.0	4786			4662
1998	4769	4768	4766	4769	4765	4767	4770	4769	4774	4775	4774	4766	4769.3	4783			4754
1999	4763	4753	4749	4786	4769	4742	4736	4724	4691	4750	4765	4778	4750.3	4789			4684
1977-1999	4755	4751	4748	4770	4770	4750	4728	4721	4730	4750	4765	4763	4753.7	4797	4783	4706	4654

ELIMÄKI	O=N60+ 0.00 cm						60 44N		26 30E				Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												MW	HW	MHW	MNW	NW
	Vuosi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI					
1978					5781	5782	5786	5768	5797	5805	5804	5798	5792.8	5807			5768
1979	5794	5785	5781	5802	5815	5785	5780	5793	5810	5807	5814	5817	5799.3	5820			5770
1980	5809	5792	5777	5798	5808	5788	5765	5741	5754	5770	5789	5805	5781.8	5812			5739
1981	5805	5804	5801	5815	5822	5815	5810	5804	5807	5810	5818	5820	5810.6	5824			5800
1982	5808	5801	5802	5818	5818	5806	5788	5760	5762	5760	5784	5806	5792.0	5821			5753
1983	5812	5802	5796	5816	5810	5800	5781	5758	5772	5801	5809	5804	5795.4	5817			5755
1984	5805	5800	5794	5820	5823	5798	5793	5796	5790	5807	5811	5810	5804.0	5827			5785
1985	5803	5795	5786	5805		5816	5802	5806	5808	5809	5811	5806	5804.8	5821			5785
1986	5810	5813	5810	5805	5816	5787	5761	5736	5767	5781	5806	5814	5796.6	5818			5736
1987	5805	5800	5798	5809	5818	5811	5795	5806	5818	5812	5810	5811	5807.2	5822			5788
1988	5815	5811	5805	5817	5819	5803	5781	5794	5814	5818	5819	5809	5807.6	5825			5770
1989	5813	5816	5824	5828	5817	5784	5754	5740	5734	5753	5787	5790	5785.8	5828			5734
1990	5802	5811	5820	5820	5803	5781	5763	5745	5734	5740	5767	5791	5782.2	5822			5730
1991	5803	5801	5794	5812	5811	5802	5795	5785	5753	5773	5803	5807	5794.7	5814			5753
1992	5804	5799	5808	5823	5809	5775	5733	5706	5713	5756	5798	5813	5775.3	5823			5700
1993	5808	5802	5797	5809	5804	5779	5763	5769	5785	5790	5787	5791	5789.8	5815			5760
1994	5798	5791	5785	5818	5813	5797	5768	5729	5746	5803	5808	5808	5786.8	5820			5721
1995	5810	5801	5813	5818	5819	5786	5745	5714	5716	5737	5764	5776	5775.8	5823			5714
1996	5774	5767	5762	5774	5805	5788	5800	5751	5720	5711	5780	5796	5770.3	5808			5710
1997	5789	5782	5798	5800	5798	5773	5746	5741	5721	5737	5774	5776	5771.0	5802			5721
1998	5782	5786	5783	5781	5800	5789	5786	5777	5782	5789	5791	5790	5787.5	5803			5767
1999	5788	5787	5785	5791	5804	5773	5730	5700	5687	5686	5775	5779	5757.5	5810			5673
1978-1999	5801	5797	5796	5808	5810	5791	5773	5759	5763	5775	5795	5800	5789.5	5828	5817	5746	5673

## VALKEALA

O=N60+ 0.00 cm

60 54N

27 01E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1978						7151	7138	7130	7139	7150	7156	7153	7144.6	7157			7128
1979	7132	7133	7131	7142	7161	7156	7154	7170	7178	7176	7173	7178	7157.1	7181			7130
1980	7174	7166	7155	7158	7166	7161	7136	7142	7140	7141	7153	7157	7155.2	7176			7134
1981	7158	7156	7155	7161	7179	7190	7178	7177	7171	7170	7180	7178	7172.3	7192			7155
1982	7169	7164	7160	7165	7178	7170	7162	7134	7137	7131	7141	7144	7154.0	7179			7129
1983	7149	7143	7137	7153	7160	7155	7140	7131	7127	7150	7155	7156	7147.1	7164			7124
1984	7153	7150	7146	7160	7180	7167	7170	7166	7160	7172	7171	7170	7164.3	7182			7145
1985	7158	7144	7137	7162	7174	7168	7170	7166	7167	7167	7176	7177	7164.4	7177			7136
1986	7174	7166	7164	7175	7175	7165	7149	7144	7152	7157	7161	7160	7162.0	7178			7137
1987	7161	7151	7147	7160	7161	7161	7154	7159	7156	7164	7158		7157.0	7166			7147
1988	7159	7159	7156	7162	7173	7171	7150	7153	7167	7168	7162	7158	7161.7	7174			7140
1989	7156	7160	7162	7171	7168	7158	7135	7141	7137	7142	7139	7140	7150.4	7174			7127
1990	7141	7147	7156	7166	7162	7163	7153	7146	7143	7146	7146	7145	7151.7	7167			7141
1991	7143	7140	7138	7148	7154	7160	7148	7144	7142	7144	7152	7150	7147.5	7162			7137
1992	7147	7151	7148	7162	7164	7146	7133	7133	7135	7134	7140	7145	7145.8	7170			7126
1993	7149	7146	7145	7142	7150	7141	7131	7132	7127	7132	7132	7124	7138.0	7154			7124
1994	7127	7126	7121	7129	7148	7149	7137	7136	7133	7146	7147	7145	7137.0	7149			7121
1995	7146	7145	7149	7149	7169	7172	7163	7143	7136	7134	7136	7136	7150.2	7174			7134
1996	7130	7121	7117	7113	7137	7148	7149	7141	7124	7122	7127	7143	7132.1	7153			7113
1997	7141	7138	7141	7141	7149	7146	7140	7131	7118	7126	7130	7127	7135.2	7151			7115
1998	7126	7125	7123	7124	7137	7137	7129	7136	7135	7140	7142	7140	7133.0	7144			7118
1999	7138	7133	7132	7147	7151	7142	7129	7114	7101	7121	7123	7129	7128.7	7154			7098
1978-1999	7149	7145	7143	7151	7161	7158	7147	7144	7142	7146	7150	7150	7149.5	7192	7167	7129	7098

## KOTANIEMI

O=N60+ 0.00 cm

61 23N

28 41E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976											9981	10000	9993.7	10002			9981
1977	9989	9974	9975	10016	10033	10012	10012	9993	9988	10013	10030	10026	10004.4	10038			9966
1978	10012	9992	9979	10020	10023	10012	9996	9988	9991	9995	10016	10013	10003.4	10032			9979
1979	9995	9980	9976	9999	10030	10008	10003	9997	9998	10017	10025	10031	10005.6	10036			9975
1980	10018	10008	9999	10005	10027	10014	10003	9992	9991	10012	10016	10029	10010.6	10033			9989
1981	10011	10006	9991	10018	10036	10013	10004	9995	10008	10017	10027	10012	10013.6	10039			9991
1982	10002	9990	9983	10035	10023	10008	9995	9969	9960	9961	9974	9998	9991.5	10037			9959
1983	10011	10001	9985	10015	10015	9992	9969	9941	9942	9983	10008	10011	9989.6	10030			9940
1984				10039	10002	9984	9963	9955	9949	9987	10011	10002	9985.8	10039			9948
1985	9986	9966	9947	9965	10022	9999	9998	10002	9998	10012	10024	10008	9994.2	10029			9945
1986	10002	9994	9980	10023	10022	9998	9993	9985	9986	10006	10011	10019	10000.3	10034			9975
1987	10005	9991	9978	9995	10023	10010	9999	10001	10029	10016	10006	10001	10003.7	10031			9974
1988	10007	9997	9986	10031	10024	10002	9974	9952	9962	9991	10011	10001	9993.5	10032			9948
1989	9994	10014	10021	10024	10012	9992	9967	9949	9952	9959	9994	9994	9988.9	10028			9949
1990	9997	10027	10032	10031	10010	10006	9992	9972	9956	9954	9971	9982	9994.1	10036			9950
1991	9987	9972	9968	10026	10022	10016	10003	10012	9996	10004	10009	10017	10003.7	10030			9968
1992	10009	10002	10013	10031	10027	9998	9958	9931	9929	9943	9966	10011	9984.9	10032			9927
1993	10002	9990	9983	9997	10009	9996	9987	9994	10013	10004	9998	9988	9997.6	10019			9981
1994	9991	9987	9977	10014	10024	10002	9978	9946	9952	10023	10023	10020	9997.2	10038			9934
1995	10023	10015	10018	10030	10034	10010	9993	9965	9941	9942	9968	9973	9992.6	10037			9934
1996	9965	9958	9949	9975	10024	10015	10017	9997	9958	9940	10001	10022	9984.0	10028			9940
1997	10003	9993	10014	10016	10025	9997	9981	9952	9930	9946	10002	10001	9986.3	10028			9928
1998	9993	9992	9993	10005	10021	10005	9995	10022	10013	10017	10017	10013	10006.8	10027			9985
1999	10005	10006	9992	10032	10014	10003	9987	9963	9916	9914	9947	9999	9981.5	10033			9911
1976-1999	10000	9993	9988	10014	10021	10004	9989	9977	9972	9985	10001	10007	9996.1	10039	10031	9957	9911

MW = Keskiarvo, HW = Korkein arvo, MHW = Vuosimaksimin keskiarvo, MNW = Vuosiminimin keskiarvo, NW = Alin arvo

## PARIKKALA

O = N60 + 0.00 cm

61 36N

29 26E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975												8796	8796.5	8797			8796
1976	8788	8779	8773	8788	8810	8811	8806	8796	8791	8790	8791	8800	8793.4	8812			8770
1977	8794	8783	8782	8791	8838	8820	8799	8781	8781	8799	8817	8821	8799.8	8840			8773
1978	8807	8792	8785	8805	8822	8808	8789	8786	8792	8800	8811	8809	8800.2	8823			8781
1979	8791	8782	8779	8779	8829	8823	8804	8794	8788	8804	8811	8829	8802.1	8843			8778
1980	8821	8812	8804	8806	8852	8839	8825	8819	8815	8820	8823	8845	8825.0	8858			8801
1981	8825	8819	8810	8820	8867	8879	8854	8849	8859	8866	8876	8868	8851.2	8898			8806
1982	8857	8847						8861	8853	8844	8842	8851	8850.8	8867			8836
1983	8850	8837	8829	8851	8886	8864	8836	8808	8798	8823	8835	8831	8837.7	8890			8796
1984	8824	8817	8808	8841	8887	8844	8820	8807	8812	8834	8843	8833	8832.5	8896			8792
1985	8821	8804	8796	8802	8840	8841	8837	8835	8832	8845	8854	8846	8827.2	8858			8796
1986	8839	8830	8817	8835	8867	8851	8832	8814	8819	8823	8824	8831	8831.0	8869			8808
1987	8813	8802	8797	8805	8827		8851	8840	8879	8889	8874	8864	8840.7	8893			8797
1988	8856	8846	8838	8844	8883	8872	8845	8823	8832	8842	8841	8832	8846.9	8897			8820
1989	8824	8821	8822	8849	8877	8847	8810	8790	8783	8788	8804	8801	8818.3	8882			8780
1990	8795	8792	8810	8847	8865	8842	8812	8810	8788	8790	8795	8790	8810.7	8872			8785
1991	8784	8776	8770	8783	8829	8846	8844	8854	8877	8867	8864	8879	8833.3	8884			8769
1992	8866	8855	8849	8858	8892	8885	8840	8813	8813	8833	8839	8839	8848.8	8916			8805
1993	8840	8830	8820	8821	8852	8845	8832	8831	8840	8832	8832	8820	8833.2	8859			8818
1994	8816	8811	8801	8816	8862	8856	8820	8789	8779	8842	8858	8852	8824.8	8867			8776
1995	8847	8839	8836	8834	8896	8887	8857	8829	8811	8805	8813	8810	8839.0	8902			8804
1996	8800	8791	8784	8782	8828	8841	8838	8818	8784	8776	8789	8822	8804.9	8845			8775
1997	8820	8817	8815	8810	8833	8842	8810	8786	8765	8769	8779	8779	8800.1	8848			8763
1998	8774	8773	8767	8769	8842	8832	8815	8828	8844	8839	8849	8839	8814.2	8849			8761
1999	8829	8821	8817	8821	8861	8854	8833	8806	8785	8791	8804	8811	8818.7	8862			8778
1975-1999	8820	8811	8804	8815	8854	8846	8826	8815	8813	8821	8827	8827	8823.2	8916	8865	8790	8761

## PERTUNMAA

O = N60 + 0.00 cm

61 30N

26 33E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976					11249		11226	11210	11180	11180	11189	11212	11207.1	11252			11178
1977	11205	11198	11198	11231	11307	11289	11269	11293	11292	11312	11320	11313	11267.7	11323			11191
1978	11287	11259	11248	11270	11285	11282	11258	11236	11253	11261	11269	11266	11265.3	11297			11232
1979	11243	11231	11226	11238	11291	11287	11274	11292	11290	11294	11298	11315	11274.1	11318			11226
1980	11296	11274	11261	11263	11295	11294	11250	11239	11239	11262	11276	11294	11273.8	11311			11235
1981	11287	11280	11272	11286	11327	11333	11304	11297	11297	11297	11317	11311	11302.9	11359			11270
1982	11294	11277	11267	11286	11324	11296	11264	11224	11216	11203	11233	11259	11263.5	11332			11203
1983	11274	11272	11258	11279	11308	11273	11238	11213	11199	11244	11266	11266	11259.1	11320			11196
1984	11266	11261	11252	11296	11329	11280	11272	11267	11255	11298	11316	11310	11284.7	11344			11247
1985	11289	11266	11251	11257	11323	11304	11269	11259	11246	11268	11280	11274	11272.3	11325			11240
1986	11268	11255	11244	11271	11302	11284	11251	11220	11229	11255	11275	11285	11259.9	11307			11214
1987	11270	11253	11239	11253	11288	11327	11296	11296	11302	11302	11286	11280	11281.1	11329			11236
1988	11280	11270	11264	11294	11327	11303	11278	11271	11298	11303	11299	11282	11289.6	11347			11261
1989	11281	11294	11314	11322	11295	11265	11231	11250	11248	11259	11274	11265	11273.4	11324			11229
1990	11253	11267	11308	11322	11299	11275	11266	11251	11248	11243	11248	11246	11272.5	11323			11243
1991	11240	11234	11232	11278	11297	11298	11279	11283	11260	11264	11282	11287	11269.0	11300			11230
1992	11276	11269	11265	11287	11312	11259	11235	11221	11239	11254	11276	11296	11267.4	11320			11214
1993	11290	11278	11269	11272	11319	11295	11283	11298	11296	11293	11290	11277	11288.4	11319			11269
1994	11272	11264	11253	11304	11321	11299	11255	11271	11291	11322	11310	11296	11291.0	11341			11246
1995	11289	11286	11283	11281	11337	11297	11270	11230	11239	11234	11241	11238	11269.3	11344			11217
1996	11229	11222	11214	11223	11297	11288	11321	11281	11242	11242	11294	11300	11262.5	11334			11212
1997	11290	11277	11291	11291	11306	11290	11261	11249	11230	11247	11261	11261	11272.1	11311			11225
1998	11257	11261	11264	11290	11317	11299	11272	11273	11269	11273	11275	11267	11276.6	11318			11257
1999	11264	11258	11253	11281	11323	11285	11241	11212	11193	11219	11240	11253	11254.8	11330			11193
1976-1999	11269	11261	11257	11277	11307	11291	11265	11255	11252	11263	11275	11277	11270.8	11359	11322	11227	11178

## PISTOHIEKKA

O=N60+ 0.00 cm

61 34N

28 00E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974							8036	8033	8034	8038	8072	8092	8050.1	8094			8033
1975	8097	8093	8084	8080	8100	8094	8077	8061	8052	8037	8028	8017	8068.3	8104			8014
1976	8010	8000	7994	7988	7997	7999	7995	7985	7978	7974	7970	7968	7988.8	8012			7968
1977	7965	7960	7958	7960	7992	8007	8006	7997	7990	7990	7997	8007	7985.5	8008			7956
1978	8008	8003	7994	7992	7996	7998	7993	7985		7977	7975	7984	7991.9	8010			7975
1979	7970	7961	7955	7952	7967	7987	7990	7993	7996	7998	8003	8011	7983.1	8016			7952
1980	8018	8012	8004	8000	8014	8022	8018	8012	8010	8005	8008	8017	8012.6	8023			8000
1981	8020	8017	8008	8006	8030	8085	8077	8070	8067	8074	8099	8110	8059.9	8112			8005
1982	8103	8079	8069	8061	8089	8092	8082	8072	8063	8056	8043	8045	8070.7	8106			8041
1983	8043	8039	8034	8036	8062	8061	8049	8038	8028	8024	8025	8022	8039.0	8066			8021
1984	8016	8011	8007	8017	8072	8070	8057	8057	8054	8050	8072	8070	8045.0	8075			8003
1985	8059	8049	8041	8028	8037	8051	8047	8045	8051	8061	8066	8067	8046.7	8068			8025
1986	8058	8051	8035	8028	8047	8054	8044	8032	8023	8019	8012	8018	8034.9	8061			8012
1987	8012	8008	8000	7996	8006	8017	8025	8029	8035	8046	8050	8041	8021.9	8051			7996
1988	8033	8024	8015	8018	8051	8070	8062	8049	8040	8038	8039	8039	8039.9	8071			8014
1989	8032	8024	8020	8031	8054	8052	8036	8024	8017	8010	8007	8005	8026.8	8056			8004
1990	8000	7995	8002	8026	8053	8056	8043	8031	8020	8012	8007	8002	8020.3	8059			7995
1991	7990	7984	7979	7982	8001	8004	8006	8010	8011	8009	8007	8018	8000.6	8025			7976
1992	8021	8013	8008	8005	8030	8054	8040	8030	8023	8014	8015	8019	8024.2	8057			8004
1993	8022	8018	8011	8006	8016	8021	8017	8011	8015	8017	8014	8006	8014.8	8022			8006
1994	8004	7997	7991	7991	8034	8049	8043	8033	8024	8031	8041	8039	8024.0	8050			7988
1995	8034	8026	8021	8017	8061	8080	8071	8056	8043	8031	8023	8013	8040.5	8081			8011
1996	8003	7996	7988	7982	7996	8008	8010	8014	7994	7985	7987	8001	7996.6	8015			7980
1997	8005	8003	7995	7991	7996	8002	7999	7990	7980	7979	7970	7970	7990.4	8005			7970
1998	7978	7975	7971	7968	8007	8015	8014	8015	8020	8022	8024	8025	8002.3	8027			7967
1999	8024	8015	8005	8011	8044	8044	8036	8025	8012	8005	8000	7999	8018.4	8051			7997
1974-1999	8021	8014	8007	8006	8030	8039	8033	8026	8023	8019	8021	8023	8023.0	8112	8050	7996	7952

## NAAKKIMA

O=N60+ 0.00 cm

62 12N

27 08E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975									11146	11141	11137	11138	11140.4	11148			11137
1976	11136	11133	11131	11131	11139	11145	11146	11144	11138	11136	11135	11136	11137.7	11147			11130
1977	11136	11133	11135	11134	11172	11183	11170	11158	11152	11158	11167	11175	11155.3	11185			11133
1978	11166	11157	11148	11146	11152	11154	11148	11142	11141	11138	11137	11139	11148.3	11169			11137
1979	11137	11135	11134	11132	11144	11161	11161	11164	11166	11171	11171	11182	11155.7	11186			11132
1980	11175	11167	11158	11151	11162	11168	11169	11175	11184	11194	11196	11186	11174.0	11201			11151
1981	11173	11167	11158	11154	11182	11215	11202	11189	11183	11177	11185	11189	11181.9	11218			11153
1982	11185	11174	11164	11159	11200	11201	11184	11168	11158	11151	11145	11154	11171.6	11213			11145
1983	11158	11159	11151	11151	11194	11188	11176	11163	11151	11153	11170	11168	11166.0	11200			11149
1984	11163	11159	11153	11165	11229	11216	11194	11179	11167	11162	11174	11171	11176.8	11229			11149
1985	11165	11160	11151	11148	11175	11191	11180	11167	11158	11154	11169	11171	11163.8	11192			11146
1986	11165	11160	11151	11148	11168	11174	11162	11156	11159	11166	11171	11180	11162.9	11183			11147
1987	11179	11171	11161	11154	11172	11188	11192	11187	11194	11205	11191	11182	11180.7	11206			11154
1988	11172	11167	11160	11158	11208	11217	11193	11176	11165	11161	11160	11156	11176.5	11231			11155
1989	11152	11150	11153	11180	11204	11196	11172	11159	11150	11143	11143	11141	11162.2	11207			11141
1990	11141	11141	11151	11172	11194	11186	11173	11159	11151	11146	11144	11142	11159.2	11198			11141
1991	11141	11139	11138	11142	11168	11176	11177	11182	11186	11184	11186	11190	11168.4	11193			11137
1992	11184	11177	11170	11174	11209	11194	11177	11162	11155	11153	11157	11168	11173.5	11211			11153
1993	11172	11166	11161	11156	11176	11183	11188	11176	11168	11162	11159	11156	11169.4	11188			11155
1994	11152	11148	11146	11147	11195	11199	11185	11171	11166	11176	11183	11180	11171.8	11205			11145
1995	11173	11166	11163	11170	11204	11199	11184	11170	11160	11153	11149	11146	11170.2	11210			11146
1996	11144	11141	11140	11139	11156	11166	11174	11171	11162	11155	11153	11161	11155.3	11177			11137
1997	11162	11157	11155	11154	11164	11171	11161	11153	11147	11144	11142	11143	11155.2	11172			11142
1998	11143	11144	11143	11141	11167	11181	11176	11169	11167	11163	11169	11168	11161.1	11182			11141
1999	11162	11156	11152	11150	11178	11180	11171	11159	11149	11147	11143	11143	11158.7	11182			11143
1975-1999	11159	11155	11151	11152	11179	11184	11175	11166	11160	11159	11161	11162	11163.9	11231	11193	11143	11130

## HEINÄVESI

O=N60+ 0.00 cm

62 25N

28 58E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975	11328	11325	11315	11338	11326	11292	11261	11227	11253	11255		11267	11292.3	11360			11219
1976	11264	11250	11239	11284	11312	11309	11306	11272	11271	11279	11281	11304	11279.7	11318			11238
1977	11286	11266	11278	11311	11338	11294	11272	11265	11290	11321	11330	11314	11295.0	11351			11260
1978	11288	11255	11256	11306	11321	11307	11291	11301	11295	11299	11315	11302	11294.5	11323			11247
1979	11256	11241	11241	11262	11335	11311	11284	11270	11272	11299	11313	11313	11283.5	11336			11236
1980	11295	11275	11264	11284	11326	11314	11296	11316	11303	11311	11314	11308	11301.1	11334			11261
1981	11301	11296	11293	11313	11333	11319	11288	11284	11300	11314	11325	11315	11308.2	11344			11277
1982	11299	11291	11285	11319	11332	11313	11280	11266	11271	11268	11297	11310	11296.2	11353			11259
1983	11311	11293	11273	11290	11328	11299	11256	11227	11227	11310	11333	11310	11290.7	11343			11214
1984	11305	11301	11291	11338	11331	11293	11279	11259	11268	11305	11335	11324	11304.1	11374			11259
1985	11309	11273	11252	11284	11337	11312	11286	11293	11302	11318	11334	11318	11303.0	11347			11251
1986	11286	11269	11260	11309	11343	11304	11259	11242	11288	11299	11307	11308	11288.4	11344			11232
1987	11286	11261	11250	11293	11327	11318	11321	11335	11334	11322	11305	11292	11301.0	11340			11244
1988	11296	11292	11293	11335	11352	11326	11299	11329	11324	11334	11324	11315	11315.5	11352			11282
1989	11306	11296	11319	11335	11332	11288	11248	11223	11259	11263	11273	11263	11284.9	11353			11218
1990	11255	11276	11318	11336	11328	11274	11269	11252	11225	11221	11224	11233	11266.7	11341			11214
1991	11219	11203	11200	11237	11317	11322	11301	11295	11302	11300	11309	11320	11280.8	11331			11200
1992	11306	11299	11310	11321	11328	11277	11265	11257	11260	11277	11291	11306	11292.7	11337			11255
1993	11303	11288	11283	11293	11312	11312	11313	11303	11304	11308	11306	11298	11302.3	11316			11279
1994	11297	11293	11291	11318	11332	11320	11299	11271	11270	11320	11322	11318	11304.3	11336			11264
1995	11304	11298	11300	11305	11324	11304	11272	11256	11257	11277	11294	11286	11290.8	11333			11255
1996	11270	11258	11245	11264	11316	11313	11306	11288	11262	11260	11294	11315	11283.4	11321			11242
1997	11291	11280	11305	11304	11322	11309	11284	11263	11249	11261	11283	11279	11286.7	11323			11248
1998	11278	11273	11271	11266	11322	11306	11305	11317	11313	11310	11303	11293	11298.2	11336			11264
1999	11293	11292	11286	11319	11316	11305	11266	11245	11224	11269	11283	11303	11282.4	11339			11224
1975-1999	11289	11277	11276	11302	11327	11305	11284	11274	11276	11292	11303	11300	11293.1	11374	11339	11245	11200

## TALLUSKYLÄ

O=N60+ 0.00 cm

63 05N

26 55E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974												11977	11977.3	11980			11976
1975	11970	11963	11950	11943	11980	11965	11950	11928	11926	11929	11944	11942	11947.8	11980			11924
1976	11933	11914	11901	11896	11917	11934	11950	11954	11945	11946	11938	11936	11931.2	11958			11894
1977	11928	11918	11910	11910	11963	11963	11952	11945	11936	11939	11957	11956	11942.0	11975			11908
1978	11940	11927	11914	11906	11917	11919	11925	11917	11913	11906	11910	11915	11916.4	11944			11901
1979	11910	11901	11876	11874	11913	11927	11933	11935	11950	11954	11956	11958	11923.2	11960			11872
1980	11955	11954	11940	11922	11951	11959	11963	11967	11951	11949	11952	11945	11951.4	11976			11922
1981	11937	11931	11924	11928	11962	11975	11983	11963	11961	11973	11990	11975	11957.5	11990			11921
1982	11950	11937	11927	11932	11975	11978	11961	11932	11917	11909	11909	11926	11938.3	11986			11907
1983	11933	11929	11922	11941	11968	11969	11951	11931	11923	11947	11957	11947	11943.0	11971			11920
1984	11936	11925	11919	11927	11976	11961	11938	11922	11906	11906	11922	11926	11929.9	11976			11902
1985	11918	11908	11896	11890	11911	11928	11928	11919	11912	11925	11937	11931	11914.9	11939			11889
1986	11920	11910	11898	11894	11931	11950	11930	11917	11934	11939	11952	11966	11926.9	11966			11893
1987	11963	11941	11925	11917	11934	11946	11955	11975	11963	11961	11951	11941	11948.0	11981			11915
1988	11928	11922	11915	11910	11959	11999	11998	11975	11964	11962	11956	11940	11952.3	12003			11908
1989	11934	11932	11937	11963	12001	11999	11976	11956	11941	11911	11911	11917	11949.7	12009			11909
1990	11908	11906	11914	11938	11971	11957	11938	11930	11925	11922	11920	11918	11929.2	11971			11906
1991	11914	11909	11898	11914	11936	11953	11976	11950	11942	11954	11944		11929.8	11976			11894
1992	11953	11929	11910	11913	11959	11933	11932	11906	11918	11942	11936	11950	11929.6	11959			11906
1993	11950	11941	11931	11923	11934	11936	11932	11923		11903	11915	11907	11928.3	11955			11899
1994	11901	11894	11890	11918	11946	11932	11918	11922	11920	11917			11914.0	11946			11890
1995											11938	11931	11935.7	11942			11931
1996	11927												11927.0	11927			11927
1997																	
1998	11905	11905	11901	11891	11954	11960	11975	11970				11950	11932.7	11975			11891
1999	11942	11929	11909	11918	11941	11925	11905	11867	11853	11890	11896	11897	11907.3	11942			11853
1974-1999	11932	11923	11913	11916	11949	11953	11948	11936	11930	11932	11937	11938	11935.3	12009	11967	11906	11853

## VIINIKKALA

O=N60+ 0.00 cm

63 15N

26 19E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974						11415	11431	11435	11438	11436	11437	11436	11433.2	11441			11406
1975	11435	11428	11422	11421	11445	11426	11388	11351	11393	11411	11417	11413	11413.3	11451			11351
1976	11393	11367	11347	11362	11419	11421	11422	11421	11414	11421	11423	11421	11404.0	11431			11339
1977	11406	11393	11388	11408	11440	11411	11399	11432	11423	11430	11432	11421	11417.0	11445			11382
1978	11402	11379	11347	11384	11427	11421	11413	11397	11410	11414	11423	11410	11401.7	11429			11346
1979	11371	11351	11337	11362	11435	11414	11396	11373	11391	11420	11424	11420	11390.2	11439			11336
1980	11412	11392	11370	11401	11434	11417	11426	11425	11423	11433	11428	11417	11413.6	11435			11360
1981	11411	11412	11396	11421	11439	11438	11438	11432	11429	11437	11437	11433	11426.2	11444			11393
1982	11418	11406	11404	11430	11447	11425	11392	11346	11354	11355	11384	11419	11397.2	11454			11335
1983	11419	11406	11397	11431	11431	11428	11408	11362	11382	11422	11426	11418	11411.3	11438			11353
1984	11414	11405	11398	11426	11436	11389	11365	11350	11337	11382	11422	11415	11396.8	11444			11327
1985	11385	11343	11316	11323	11420	11420	11380	11416	11421	11427	11427	11412	11393.3	11437			11316
1986	11388	11376	11360	11381	11436	11412	11369	11383	11421	11424	11433	11428	11402.9	11437			11358
1987	11389	11357	11329	11349	11426	11429	11424	11426	11433	11433	11423	11410	11403.1	11435			11323
1988	11410	11404	11393	11414	11443	11436	11403	11409	11425	11428	11417	11400	11417.0	11450			11391
1989	11396	11409	11418	11437	11431	11413	11378	11388	11383	11406	11421	11409	11408.9	11448			11365
1990	11397	11406	11423	11435	11428	11401	11385	11405	11418	11421	11421	11414	11414.3	11441			11367
1991	11411	11396	11378	11429	11432	11432	11415	11392	11404	11431	11432	11428	11413.3	11433			11374
1992	11422	11419	11423	11426	11437	11392	11389	11411	11433	11433	11431	11434	11420.8	11442			11373
1993	11424	11414	11411	11419	11433	11435	11412	11411	11424	11428	11423	11412	11420.5	11436			11398
1994	11410	11391	11381	11425	11436	11430	11398	11344	11366	11410	11419	11414	11402.5	11438			11333
1995	11410	11403	11408	11417	11435	11430	11409	11385	11402	11420	11422	11407	11412.1	11437			11383
1996	11387	11362	11343	11358	11430	11430	11435	11415	11386	11392	11417	11433	11400.4	11438			11340
1997	11418	11406	11425	11421	11441	11432	11416	11404	11410	11429	11427	11430	11422.1	11443			11395
1998	11417	11406	11398	11396	11439	11436	11425	11444	11438	11434	11440	11425	11426.2	11446			11392
1999	11421	11399	11385	11437	11442	11424	11411	11371	11346	11411	11426	11427	11410.0	11449			11339
1974-1999	11406	11393	11383	11404	11434	11421	11404	11397	11404	11418	11424	11419	11410.5	11454	11440	11360	11316

## KANGASLAHTI

O=N60+ 0.00 cm

63 25N

28 05E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974						13399	13408	13425	13439	13448	13456	13457	13433.8	13458			13397
1975	13457	13456	13450	13442	13467	13468	13467	13458	13453	13450	13441	13438	13454.3	13469			13438
1976	13431	13423	13415	13410	13414	13418	13418	13414	13414	13411	13408	13402	13415.5	13433			13402
1977	13397	13390	13385	13380	13397	13403	13399	13397	13395	13396	13402	13403	13396.0	13405			13380
1978	13400	13396	13392	13386	13383	13385	13382	13377	13374	13369	13367	13366	13381.7	13401			13365
1979	13362	13358	13354	13350	13356	13362	13362	13358	13355	13353	13355	13353	13356.6	13363			13349
1980	13351	13349	13346	13342	13348	13351	13352	13357	13363	13365		13378	13354.3	13379			13341
1981	13376	13372	13371	13359	13374	13388	13394	13403	13409	13415	13418	13418	13392.3	13420			13355
1982	13411	13412	13406	13405	13429	13432	13431	13429	13425	13422	13414	13415	13419.5	13432			13405
1983	13414	13406	13406	13399	13419	13427	13426	13427	13423	13428	13435	13434	13420.1	13438			13395
1984	13428	13425	13422	13426	13441	13440	13439	13434	13426	13422	13423	13418	13428.8	13441			13416
1985	13411	13405	13398	13390	13391	13398	13395	13392	13388	13383	13384	13384	13393.0	13411			13383
1986	13377	13374	13370	13364	13370	13377	13375	13373	13374	13376	13374	13386	13374.4	13389			13363
1987	13392	13390	13387	13382	13385	13387	13387	13391	13396	13402	13403	13402	13391.6	13404			13382
1988	13397	13392	13389	13381	13395	13405	13407	13408	13408	13408	13405	13403	13400.3	13410			13379
1989	13394	13392	13388	13392	13417	13418	13415	13410	13407	13403	13399		13403.6	13419			13383
1990	13389	13384	13378	13381	13394	13393	13389	13388	13385	13382	13380	13375	13384.6	13394			13373
1991	13366	13358	13353	13353	13360	13365	13364	13367	13369	13375	13378	13380	13365.2	13382			13352
1992	13379	13378	13376	13372	13392	13397	13396	13396	13397	13405	13402	13400	13389.4	13405			13371
1993			13390	13390	13402	13413	13415	13412	13410	13408	13404	13399	13404.7	13416			13387
1994	13396	13386	13382	13380	13392	13402	13402	13411	13413	13420	13424	13424	13403.1	13425			13380
1995	13421	13418	13412	13407	13423	13433	13431	13427	13425	13425	13426	13422	13422.5	13433			13406
1996	13416	13411	13403	13396	13398	13401	13406	13412	13412	13408	13406	13412	13407.1	13417			13395
1997	13405	13399	13396	13390	13397	13409	13406	13404	13402	13398	13391	13387	13398.9	13409			13386
1998	13382	13379	13373	13367	13377	13391	13397	13398	13399	13400	13405	13405	13389.7	13406			13365
1999	13402	13399	13390	13391	13394	13397	13393	13401	13387	13382	13378	13375	13389.7	13402			13374
1974-1999	13398	13393	13389	13385	13396	13402	13402	13402	13401	13402	13403	13401	13398.9	13469	13413	13381	13341

## AKONJOKI

O=N60+ 0.00 cm

63 50N

27 29E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974						14566	14564	14576	14576	14574	14565	14551	14566.5	14582			14546
1975	14543	14520	14497	14478	14599	14576	14514	14467	14474	14518	14511	14494	14518.4	14613			14460
1976	14470	14441	14413	14420	14527	14540	14514	14526	14505	14498	14487	14488	14486.9	14557			14400
1977	14457	14429	14411	14401	14547	14558	14527	14570	14578	14568	14578	14560	14512.8	14598			14400
1978	14503	14456	14432	14423	14451	14516	14476	14438	14430	14440	14445	14433	14460.5	14520			14423
1979	14405	14384	14366	14355	14415	14533	14497	14456	14473	14492	14532	14526	14456.3	14533			14355
1980	14486	14444	14417	14426	14548	14525	14485	14461	14470	14472	14515	14475	14481.9	14548			14417
1981	14440	14421	14403	14405	14503	14601	14588	14560	14546	14564	14545	14516	14524.4	14610			14403
1982	14487	14465	14435	14450	14614	14575	14525	14471	14484	14465	14497	14518	14509.3	14620			14435
1983	14510	14470	14448	14450	14601	14585	14553	14520	14506	14543	14565	14525	14529.9	14607			14448
1984	14488	14459	14440	14450	14596	14560	14537	14488	14464	14467	14539	14513	14507.6	14602			14440
1985	14469	14419	14396	14383	14536	14543	14479	14460	14469	14505	14540	14503	14482.8	14557			14383
1986	14468	14436	14408	14390	14519	14578	14519	14480	14511	14539	14543	14555	14501.9	14586			14390
1987	14490	14448	14417	14410	14511	14551	14527	14512	14540	14547	14530	14479	14505.5	14561			14410
1988	14437	14415	14393		14514	14603	14585	14620	14594	14592	14549	14492	14542.2	14620			14393
1989		14470	14459	14564	14624	14576	14514	14495	14479	14484	14509	14470	14519.8	14643			14459
1990			14458	14467	14561	14527	14493	14517	14501	14482	14459	14434	14496.0	14562			14434
1991		14413	14392	14404	14510	14534	14545	14547	14519	14557	14586	14555	14513.3	14586			14375
1992	14517	14489	14494	14484	14609	14546	14492	14509	14571		14548	14535	14530.2	14609			14483
1993	14506	14481		14488	14602	14579	14557	14528	14520	14525		14495	14534.6	14616			14454
1994	14455		14415	14478	14594	14576	14528	14482	14488	14532	14518	14494	14510.4	14603			14395
1995		14466	14442		14588	14587	14543	14490	14472	14484	14522	14479	14511.3	14616			14434
1996		14427	14389		14481	14531	14563	14511	14464	14466	14547	14528	14488.7	14572			14379
1997	14495	14474	14476		14526	14573	14537	14500	14478		14480	14444	14505.0	14603			14444
1998	14428		14385		14528	14560	14550	14537	14527	14545	14532	14514	14522.3	14568			14385
1999	14480		14433	14556	14555	14543	14493	14448	14414	14440	14440	14450	14478.9	14557			14407
1974-1999	14476	14448	14425	14444	14546	14559	14527	14506	14502	14512	14523	14501	14507.6	14643	14586	14421	14355

## KUUKESENVAARA

O=N60+ 0.00 cm

62 39N

31 01E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975		15175	15151	15185	15222	15183	15142	15110	15089	15076	15066	15058	15132.7	15229			15056
1976	15044	15032	15018	15031	15139	15145	15148	15138	15123	15106	15087	15081	15091.2	15150			15013
1977	15067	15051	15036	15057	15159	15155	15119	15100	15098	15129	15168	15158	15108.3	15176			15027
1978	15126	15098	15076	15091	15157	15139	15107	15091	15093	15101	15130	15131	15112.0	15158			15072
1979	15095	15071	15054	15045	15146	15149	15139	15130	15137	15160	15171	15176	15122.9	15183			15044
1980	15149	15123	15101	15104	15188	15166	15156	15131	15106	15097	15089	15076	15124.0	15192			15074
1981	15066	15056	15049	15048	15165	15210	15176	15172	15174	15181	15184	15168	15137.6	15216			15045
1982	15146	15126	15110	15144	15228	15197	15166	15140	15124	15110	15123	15146	15147.0	15232			15107
1983	15141	15122	15107	15158	15197	15163	15140	15111	15089	15098	15120	15109	15129.0	15205			15089
1984	15096	15084	15072	15116	15180	15150	15124	15107	15091	15112	15126	15105	15113.2	15186			15070
1985	15083	15064	15050	15043	15104	15122	15106	15095	15090	15097	15104	15088	15084.8	15123			15042
1986	15068	15052	15038	15046	15133	15129	15101	15080	15085	15091	15101	15108	15086.1	15141			15030
1987	15085	15067	15051	15044	15119	15127	15133	15148	15190	15172	15145	15120	15117.0	15192			15041
1988	15101	15085	15069	15097	15209	15186	15150	15169	15151	15150	15135	15115	15135.1	15214			15065
1989	15099	15093	15092	15146	15183	15145	15117	15092	15077	15069	15062	15050	15104.0	15193			15047
1990	15036	15029	15040	15104	15140	15122	15101	15087	15072	15059	15050	15039	15073.5	15144			15029
1991	15028	15018	15010	15068	15137	15144	15126	15115	15106	15118	15132	15142	15093.4	15146			15008
1992	15117	15101	15090	15090	15199	15169	15133	15110	15104	15097	15089	15091	15116.0	15206			15086
1993	15080	15065	15053	15059	15139	15126	15113	15115	15121	15121	15132	15115	15103.6	15140			15044
1994	15071	15055	15041	15086	15166	15149	15116	15090	15090	15130	15132	15115	15103.6	15167			15038
1995	15097	15084	15075	15113	15206	15179	15148	15127	15106	15100	15096	15081	15117.4	15213			15070
1996	15061	15046	15037	15030	15106	15125	15115	15092	15068	15053	15074	15102	15077.7	15126			15026
1997	15094	15070	15072	15070	15155	15147	15115	15089	15075	15071	15075	15063	15091.5	15164			15060
1998	15051	15042	15027	15031	15142	15160	15166	15163	15154	15166	15147	15125	15117.8	15176			15020
1999	15107	15089	15072	15108	15141	15132	15105	15078	15056	15046	15036	15038	15084.2	15143			15034
1975-1999	15087	15075	15063	15084	15162	15152	15130	15115	15106	15108	15110	15103	15108.8	15232	15176	15049	15008

## JAAMANKANGAS

O=N60+ 0.00 cm

62 40N

29 43E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974	9928	9923	9918	9912	9925	9949	9971	9982	9984	9984	9988	9994	9955.4	9995			9911
1975		9988	9985	9978	10025	10034	10031	10018	10005	9997	9987	9980	10003.2	10036			9978
1976	9971	9963	9955	9947	9948	9957	9957	9952	9946	9940	9936	9928	9950.9	9974			9925
1977	9922	9916	9910	9905	9914	9929	9930	9925	9917	9911	9910	9913	9917.8	9932			9905
1978	9910	9907	9904	9896	9893	9895	9892	9889	9885	9882	9877	9875	9892.3	9912			9875
1979	9873	9871	9870	9863	9866	9883	9888	9883	9876	9870	9868	9863	9873.0	9889			9862
1980	9864	9867	9866	9858	9863	9870	9880	9903	9909	9906	9900	9895	9880.7	9909			9857
1981	9890	9886	9879	9871	9890	9932	9949	9954	9959	9960	9967	9970	9923.9	9971			9869
1982	9967	9963	9956	9951	9972	10001	10007	10004	9994	9986	9978	9975	9980.6	10008			9951
1983	9974	9968	9963	9962	9995	10004	10001	9992	9986	9979	9979	9981	9981.9	10004			9958
1984	9973	9968	9962	9960	10002	10014	10010	10001	9994	9987	9990	9988	9987.3	10015			9956
1985	9978	9972	9965	9957	9970	9990	9991	9981	9978	9974	9975	9983	9975.0	9992			9957
1986	9980	9972	9963	9961	9967	9980	9971	9961	9972	9967	9960	9958	9967.7	9984			9956
1987	9955	9950	9944	9941	9942	9959	9969	9984	9992	10002	10005	9999	9971.3	10007			9939
1988	9988	9981	9972	9964	10003	10031	10031	10035	10047	10042	10041	10028	10013.4	10047			9963
1989	10016	10013	10015	10001	10042	10049	10041	10029	10023	10012	10005	9996	10020.2	10053			9990
1990	9987	9978	9965	9963	9986	10001	9991	9984	9978	9971	9961	9953	9977.2	10002			9952
1991	9946	9937	9933	9927	9924	9936	9950	9965	9967	9970	9970	9973	9950.0	9974			9922
1992	9974	9967	9964	9956	9969	10003	10007	9998	9993	9986	9979	9979	9982.0	10008			9954
1993	9974	9971	9968	9961	9969	9984	9982	9975	9968	9964	9964	9963	9970.5	9985			9957
1994	9956	9949	9946	9938	9971	9986	9985	9978	9973	9984	9991	9993	9970.1	9994			9937
1995	9985	9978	9969	9967	9993	10019	10018	10009	9999	9991	9985	9975	9990.6	10022			9966
1996	9965	9958	9950	9942	9942	9954	9960	9961	9955	9945	9935	9939	9951.0	9967			9935
1997	9952	9944	9939	9931	9940	9957	9954	9949	9940	9932	9926	9921	9940.8	9959			9919
1998	9911	9908	9902	9897	9904	9941	9956	9961	9959	9954	9953	9955	9935.3	9961			9895
1999	9949	9942	9934	9932	9951	9952	9954	9950	9945	9935	9925	9919	9940.0	9954			9918
1974-1999	9951	9947	9942	9936	9952	9969	9972	9970	9967	9962	9959	9957	9957.8	10053	9982	9931	9857

## JAKOKOSKI

O=N60+ 0.00 cm

62 44N

29 58E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974	14305	14295	14289	14343	14395	14391	14386	14382	14377	14379	14382	14373	14356.7	14406			14287
1975		14356	14361	14395	14380	14358	14328	14285	14275	14287	14296	14294	14327.0	14420			14271
1976	14277	14262	14256	14291	14365	14357	14345	14315	14295	14288	14291	14299	14305.3	14375			14252
1977	14280	14267	14260	14314	14372	14327	14311	14285	14297	14357	14374	14357	14317.0	14381			14258
1978	14339	14321	14297	14351	14373	14338	14302	14297	14303	14318	14335	14330	14323.9	14382			14291
1979	14308	14297	14280	14280	14382	14345	14318	14295	14292	14319	14332	14327	14314.8	14387			14276
1980	14320	14309	14295	14333	14376	14372	14356	14335	14322	14328	14327	14317	14332.2	14378			14287
1981	14303	14295	14283	14313	14401	14401	14368	14350	14370	14373	14365	14355	14348.2	14405			14280
1982	14331	14314	14301	14346	14395	14372	14333	14320	14312	14302	14337	14351	14336.8	14397			14300
1983	14340	14319	14304	14382	14383	14349	14307	14279	14267	14310	14349	14333	14328.1	14405			14267
1984	14320	14309	14298	14367	14380	14337	14313	14284	14278	14307	14347	14317	14320.0	14399			14277
1985	14294	14272	14262	14269	14376	14360	14317	14309	14317	14341	14354	14330	14316.1	14381			14260
1986	14316	14293	14275		14387	14343	14301	14301	14317	14339	14356	14343	14326.3	14400			14269
1987	14314	14305	14288	14306	14374	14356	14353	14342	14368	14356	14337	14319	14333.2	14374			14285
1988	14310	14293	14282	14321	14399	14360	14345	14387	14374	14365	14355	14336	14343.3	14408			14281
1989	14318	14324	14318	14354	14391	14345	14303	14283	14275	14273	14277	14269	14309.5	14397			14266
1990	14261	14268	14282	14308	14382	14338	14306	14277	14260	14254	14243	14244	14284.0	14385			14237
1991	14239	14230	14225	14247	14323	14351	14346	14338	14322	14345	14361	14354	14311.6	14375			14219
1992	14344	14337	14334	14343	14398	14357	14329	14305	14310	14328	14333	14330	14336.0	14398			14296
1993	14332	14316	14307	14300	14371	14352	14362	14346	14347	14358	14338	14324	14339.9	14381			14299
1994	14310	14292	14283	14327	14390	14355	14306	14288	14333	14373	14361	14350	14331.4	14397			14274
1995	14336	14325	14322	14352	14386	14346	14323	14296	14276	14282	14284	14268	14318.0	14387			14265
1996	14258	14248	14242	14240	14345	14341	14334	14312	14281	14276	14304	14346	14297.0	14356			14240
1997	14332	14324	14336	14325	14386	14350	14311	14292	14277	14273	14279	14268	14308.5	14386			14268
1998	14268	14273	14268	14254	14340	14361	14347	14363	14346	14376	14361	14341	14326.0	14376			14254
1999	14327	14312	14298	14350	14361	14345	14318	14287	14276	14274	14280	14296	14308.3	14379			14273
1974-1999	14307	14298	14290	14320	14377	14354	14329	14313	14310	14322	14329	14321	14323.0	14420	14389	14270	14219



## JUUTILANKANGAS

O = N60 + 0.00 cm

63 34N

28 56E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975	11249	11244	11237	11249	11259	11247	11228	11217	11225	11229	11228	11222	11236.2	11261			11215
1976	11209	11194	11185	11195	11206	11208	11211	11209	11204	11203	11198	11198	11201.8	11215			11183
1977	11189	11180	11177	11189	11205	11198	11194	11201	11203	11209	11214	11211	11197.6	11221			11175
1978	11194	11178	11174	11179	11196	11204	11189	11175	11182	11194	11202	11198	11190.0	11204			11172
1979	11176	11165	11165	11167	11191	11184	11173	11172	11172	11184	11185	11184	11176.8	11192			11162
1980	11188	11186	11179	11191	11198	11193	11183	11175	11198	11194	11196	11193	11189.3	11199			11173
1981	11190	11189	11182	11190	11205	11224	11218	11215	11226	11232	11233	11231	11212.1	11235			11179
1982	11222	11211	11205	11217	11239	11235	11236	11210	11216	11218	11221	11220	11220.3	11243			11203
1983	11217	11211	11204	11214	11236	11239	11215	11208	11211	11225	11231	11227	11221.9	11245			11204
1984	11220	11216	11212	11230	11245	11234	11213	11209	11206				11219.4	11245			11206
1985	11204	11187	11183	11186	11214	11215	11199	11204	11211	11217	11218	11203	11202.5	11222			11181
1986	11190	11181	11174	11191	11205	11207	11194	11199	11214	11218	11224	11225	11201.5	11234			11173
1987	11208	11191	11182	11188	11210	11217	11220	11222	11234	11232	11225	11214	11212.5	11236			11181
1988	11205	11200	11198	11199	11225	11227	11214	11225	11226	11236	11227	11212	11216.5	11237			11197
1989	11201	11202	11207	11226	11235	11228	11211	11206	11209	11215	11220	11206	11213.0	11241			11197
1990	11190	11185	11195	11205	11217	11216	11208	11214	11206	11203	11204	11193	11202.7	11218			11181
1991	11186	11179	11171	11182	11200	11212	11212	11214	11210	11221	11222	11226	11203.7	11232			11169
1992	11216	11208	11213	11215	11228	11216	11206	11205	11225	11233	11231	11241	11219.8	11241			11201
1993	11230	11218	11216	11215	11238	11241	11244	11241	11244	11258	11241	11229	11235.0	11258			11215
1994	11224	11215	11203	11211	11239	11243	11235	11210	11222	11238	11239	11230	11225.2	11243			11201
1995	11225	11218	11221	11224	11242	11244	11233	11221	11225	11234	11233	11218	11229.0	11247			11214
1996	11207	11200	11188	11192	11210	11225	11229	11212	11193	11198	11214	11221	11207.7	11236			11186
1997	11209	11201	11208	11203	11221	11232	11215	11209	11202	11211	11213	11215	11213.9	11237			11201
1998	11200	11195	11185	11196	11219	11229	11220	11229	11232		11235	11228	11215.0	11244			11182
1999	11216	11201	11194	11218	11225	11223	11208	11199	11186	11204	11205	11208	11207.5	11230			11185
1975-1999	11206	11198	11194	11202	11220	11221	11212	11208	11211	11217	11219	11214	11210.8	11261	11232	11189	11162

## RAJAMÄKI

O = N60 + 0.00 cm

62 16N

21 54E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975												13266	13266.0	13281			13258
1976	13240	13195	13172	13212	13298	13235	13179	13156	13165	13177	13205	13233	13209.5	13305			13147
1977	13201	13166	13156	13185	13288	13268	13244	13239	13214	13248	13298	13274	13234.7	13309			13154
1978	13234	13199	13171	13194	13279	13227	13181	13184	13239	13252	13201	13299	13225.3	13304			13141
1979	13259	13232	13232	13279	13387	13321	13309	13377	13342	13294	13296	13332	13306.5	13405			13228
1980	13308	13253	13213	13242	13311	13261	13189	13171	13195	13250	13268	13276	13246.8	13321			13169
1981	13251	13227	13207	13230	13311	13319	13293	13259	13268	13254	13331	13338	13278.2	13348			13191
1982	13307	13264	13230	13271	13343	13303	13241	13195	13223	13213	13247	13316	13265.6	13347			13186
1983	13332	13293	13250	13270	13312	13261	13224	13198	13166	13218	13261	13251	13254.5	13336			13160
1984	13233	13212	13180	13244	13307	13246	13249	13287	13249	13281	13296	13298	13257.5	13319			13169
1985	13274	13219	13177	13162	13269	13285	13253	13197	13235	13270	13275	13243	13239.0	13294			13154
1986	13212	13175	13151	13204	13282	13252	13188	13157	13196	13250	13304	13315	13220.3	13322			13168
1987	13266	13208	13175	13249	13272	13294	13293	13253	13266	13281	13268	13247	13253.0	13328			13168
1988	13231	13213	13184	13250	13314	13310	13262	13266	13286	13311	13296	13264	13263.8	13321			13179
1989	13218	13274	13299	13335	13320	13309	13239	13194	13169	13153	13189	13214	13239.2	13343			13152
1990	13189	13280	13301	13324	13297	13248	13200	13186	13177	13173	13179	13170	13224.8	13328			13167
1991	13181	13165	13151	13239	13259	13254	13220	13159	13149	13220	13254	13268	13211.7	13275			13146
1992	13249	13224	13255	13289	13311	13248	13177	13237	13300	13298	13310	13343	13271.1	13344			13168
1993	13332	13291	13252	13254	13311	13262	13222	13266	13280	13269	13270	13266	13274.5	13334			13219
1994	13275	13239	13205	13247	13308	13281	13236	13175	13158	13207	13247	13267	13240.2	13323			13156
1995	13277	13244	13246	13258	13331	13334	13299	13223	13215	13244	13282	13249	13268.8	13345			13204
1996	13205	13179	13151	13167	13259	13230	13215	13180	13141	13128	13186	13235	13187.2	13260			13121
1997	13217	13191	13231	13253	13296	13254	13247	13193	13184	13258	13263	13262	13234.6	13300			13160
1998	13258	13256	13244	13277	13309	13308	13313	13308	13293	13296	13306	13292	13286.6	13323			13149
1975-1999	13250	13227	13210	13247	13303	13273	13237	13217	13219	13239	13260	13271	13247.9	13405	13321	13172	13121

TAIPALE

O=N60+ 0.00 cm

62 35N

23 19E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975				11655	11648	11632	11596	11535	11519	11574	11604	11619	11594.9	11658			11508
1976	11607	11589	11582	11614	11638	11622	11602	11571	11577	11612	11626	11639	11604.5	11644			11543
1977	11619	11609	11621	11643	11646	11619	11579	11574	11597	11626	11637	11633	11617.3	11655			11564
1978	11623	11600	11588	11633	11643	11617	11601	11549	11596	11618	11633	11617	11610.4	11649			11548
1979	11585	11572	11568	11606	11644	11621	11610	11619	11631	11642	11645	11651	11617.7	11653			11567
1980	11644	11625	11614	11641	11651	11630	11625	11633	11632	11645	11649	11649	11636.9	11662			11611
1981	11644	11640	11630	11649	11660	11657	11658	11654	11660	11661	11667	11659	11654.4	11670			11628
1982	11649	11641	11637	11662	11666	11633	11591	11546	11607	11622	11655	11655	11631.7	11672			11540
1983	11656	11640	11625	11647	11656	11646	11630	11617	11596	11649	11653	11651	11640.0	11661			11581
1984	11651	11647	11643	11660	11651	11600	11655	11652	11654	11664	11660	11655	11650.2	11672			11595
1985	11639	11616	11586	11606	11664	11658	11625	11609	11614	11637	11644	11633	11625.7	11665			11585
1986	11622	11602	11595	11651	11651	11625	11582	11593	11645	11648	11653	11648	11625.0	11660			11575
1987	11626	11602	11585	11628	11643	11639	11615	11630	11644	11637	11632	11624	11624.0	11652			11579
1988	11629	11625	11617	11646	11645	11641	11636	11643	11646	11644	11633	11624	11635.9	11649			11613
1989	11629	11641	11644	11650	11632	11640	11605	11620	11606	11619	11635	11627	11628.0	11652			11581
1990	11626	11647	11645	11650	11631	11622	11617	11635	11622	11624	11637	11629	11631.9	11652			11614
1991	11628	11615	11607	11651	11640	11644	11619	11614	11622	11641	11643	11638	11629.4	11651			11601
1992	11635	11630	11639	11643	11641	11584	11566	11621	11640	11631	11638	11643	11626.3	11649			11552
1993	11634	11623	11623	11636	11636	11622	11634	11641	11631	11641	11628	11624	11631.3	11646			11616
1994	11623	11607	11593	11660	11644	11642	11605	11569	11577	11642	11639	11640	11618.3	11660			11561
1995	11634	11623	11636	11642	11644	11635	11605	11577	11584	11609	11627	11617	11621.4	11645			11572
1996	11603	11599	11572	11593	11634	11619	11636	11601	11569	11583	11623	11633	11606.8	11643			11563
1997	11625	11624	11637	11636	11642	11617	11598	11552	11563	11606	11628	11628	11613.6	11647			11538
1998	11630	11633	11631	11635	11642	11639	11640	11643	11639	11636	11638	11634	11637.0	11649			11629
1999	11627	11623	11620	11646	11633	11616	11587	11580	11592	11634	11630	11632	11616.6	11646			11567
1975-1999	11628	11619	11614	11639	11645	11628	11612	11603	11610	11629	11638	11636	11625.2	11672	11654	11577	11508

LAIHIA

O=N43+ 0.00 cm

62 52N

22 07E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976					3614	3575	3518	3479	3481	3531	3568	3574	3542.8	3621			3470
1977	3551	3534	3552	3587	3636	3590	3574	3573	3559	3569	3602	3586	3579.0	3649			3521
1978	3572	3559	3532	3564	3568	3585	3583	3553	3568	3571	3596	3574	3568.9	3602			3529
1979	3542	3528	3525	3573	3594	3575	3576	3600	3612	3607	3606	3606	3579.7	3620			3516
1980	3589	3550	3521	3583	3602	3585	3574	3565	3550	3596	3585	3572	3570.2	3608			3509
1981	3560	3561	3542	3618	3620	3587	3598	3573	3577	3597	3618	3619	3587.0	3631			3536
1982	3590	3560	3568	3620	3618	3568	3543	3483	3494	3491	3529	3590	3552.0	3636			3470
1983	3581	3548	3528	3603	3597	3564	3530	3489	3458	3525	3565	3557	3545.0	3604			3457
1984	3559	3544	3530	3605	3604	3547	3568	3557	3544	3572	3590	3582	3567.3	3635			3528
1985	3539	3489	3455	3487	3600	3599	3548	3527	3531	3561	3574	3549	3538.2	3610			3454
1986	3518	3491	3481	3566	3610	3559	3520	3491	3551	3581	3591	3593	3548.5	3615			3477
1987	3529	3500	3469	3558	3592	3593	3529	3520	3559	3570	3559	3549	3541.8	3598			3464
1988	3559	3552	3541	3601	3598	3574	3536	3563	3578	3587	3565	3543	3567.6	3614			3524
1989	3543	3586	3606	3599	3563	3551	3496	3518	3503	3526	3567	3548	3553.1	3610			3496
1990	3538	3600	3575	3602	3568	3543	3569	3546	3531	3533	3541	3538	3557.4	3608			3525
1991	3548	3508	3486	3550	3593	3577	3544	3540	3545	3575	3589	3570	3554.1	3595			3486
1992	3562	3550	3575	3585	3579	3526	3494	3525	3561	3577	3598	3600	3560.8	3611			3482
1993	3578	3553	3543	3565	3568	3538	3535	3538	3578	3586	3572	3559	3562.1	3612			3529
1994	3553	3519	3499	3587	3586	3580	3543	3480	3487	3543	3573	3578	3543.7	3590			3465
1995	3563	3553	3583	3588	3585	3563	3529	3471	3476	3522	3538	3520	3543.2	3602			3458
1996	3499	3464	3447	3480	3550	3563	3572	3533	3484	3479	3563	3575	3518.5	3591			3446
1997	3553	3542	3575	3579	3585	3552	3536	3479	3495	3545	3578	3574	3551.3	3594			3465
1998	3568	3566	3545	3574	3591	3581	3588	3589	3579	3584	3584	3577	3577.0	3604			3544
1999	3566	3557	3540	3605	3583	3552	3516	3466	3436	3500	3547	3559	3531.9	3615			3431
1976-1999	3554	3539	3531	3577	3591	3567	3546	3527	3530	3555	3574	3570	3555.9	3649	3611	3490	3431

LUMMUKKA O=N60+ 0.00 cm 63 08N 23 22E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975			8034	8043	8042	8033	8019	8005	8008	8018	8014	8024	8023.5	8044			8003
1976	8013	8001	7995	8034	8033	8026	8012	8010		8006	8011	8016	8014.4	8037			7995
1977	8006	8000	7994	8016	8051	8027	8026	8018	8018	8027	8032	8020	8021.4	8057			7992
1978	8007	8000	7991	8013	8019	8029	8022	8006	8022	8018	8025	8017	8014.7	8032			7989
1979	7999	7991	7984	8006	8030	8019	8021	8020	8021	8032	8031	8032	8015.3	8037			7982
1980	8024	8017	8007	8031	8033	8024	8022	8021	8015	8029	8024	8020	8021.7	8038			8004
1981	8014	8018	8009	8031	8055	8034	8042	8048	8049	8044	8054	8047	8038.5	8061			8009
1982	8027	8021	8021	8036	8056	8038	8029	8020	8022	8023	8033	8037	8031.5	8060			8009
1983	8045	8027	8009	8029	8044	8035	8023	8018	8011	8025	8028	8020	8027.1	8049			8008
1984	8017	8013	8009	8034	8041	8021	8032	8029	8022	8027	8030	8027	8025.7	8061			8007
1985	8013	7997	7988	7986	8035	8034	8011	8015	8020	8025	8027	8019	8014.3	8037			7986
1986	8006	7997	7992	8011	8039	8026	8014	8016	8035	8036	8038	8039	8021.2	8044			7992
1987	8027	8014	8007	8032	8050	8042	8036	8041	8038	8049	8032	8023	8032.2	8053			8004
1988	8021	8019	8015	8043	8056	8043	8023	8019	8026	8031	8021	8010	8025.9	8062			8005
1989	8001	8014	8023	8040	8039	8045	8032	8024	8029	8027	8035	8025	8029.0	8048			8001
1990	8020		8045	8048	8047		8030	8031	8016	8013	8012	8005	8028.8	8052			8005
1991	7998	7989	7984	8023	8026	8029	8029	8021	8010	8019	8026	8031	8015.0	8034			7983
1992	8024	8014	8016	8031	8040	8021	8013	8018	8041	8044	8039	8049	8026.9	8052			8009
1993		8034	8030	8033	8040	8039	8032	8043	8039	8053	8049	8038	8038.4	8053			8028
1994	8035	8023	7992	8030	8058	8050	8028	8028	8014		8026	8023	8025.7	8063			7990
1995	8022	8022	8022	8047	8053	8072	8040	8028	8014		8021	8015	8030.3	8072			8014
1996	8005	8001	7982	7998	8029	8030	8036	8025	8008	8006		8023	8011.1	8036			7981
1997	8024	8018	8034	8030	8073	8035		8018		8021	8036	8026	8031.5	8073			8018
1998	8020	8017	8019	8027	8051	8054	8047	8039		8031	8038	8031	8033.4	8054			8013
1999	8028		8021				8029		8013	8034	8025		8023.7	8034			8010
1975-1999	8017	8011	8008	8027	8043	8035	8027	8023	8022	8027	8029	8025	8024.8	8073	8049	8001	7981

MUTKALA O=N60+ 0.00 cm 61 43N 26 12E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975				9814	9818	9793	9771	9752	9773	9777	9792	9790	9785.8	9822			9746
1976	9761	9742	9741	9760	9804	9790	9773	9782	9742	9756	9782	9782	9770.6	9814			9735
1977	9771	9762	9759	9799	9834	9788	9777	9775	9789	9811	9817	9799	9793.5	9852			9755
1978	9789	9769	9768	9810	9819	9802	9770	9742	9753	9770	9784	9775	9780.8	9826			9741
1979	9745	9745	9744	9783	9830	9785	9784	9792	9793	9798	9806	9810	9785.2	9842			9739
1980	9792	9780	9774	9806	9814	9794	9767	9748	9753	9790	9810	9804	9783.7	9822			9740
1981	9795	9789	9781	9809	9838	9812	9798	9801	9802	9809	9823	9818	9805.6	9850			9778
1982	9797	9790	9795	9811	9831	9804	9785	9766	9757	9761	9786	9798	9789.3	9840			9756
1983	9806	9787	9777	9823	9805				9764	9791	9801	9791	9794.3	9830			9752
1984	9788	9782	9775	9828	9833	9795	9799	9781	9786	9817	9821	9809	9801.6	9850			9773
1985	9783	9768	9771	9794	9841	9814	9771	9777	9784	9799	9805	9795	9793.0	9845			9760
1986	9784	9776	9782	9821	9832	9798	9788	9805	9823	9810	9819	9815	9806.2	9838			9776
1987	9796	9785	9784	9827	9841	9819	9805	9820	9824	9812	9800	9798	9809.2	9856			9779
1988	9809	9795	9792	9828	9844	9799	9762	9786	9822	9815	9810	9797	9803.5	9855			9761
1989	9801	9816	9814	9835	9818	9785	9759	9796	9782	9793	9815	9796	9799.3	9843			9753
1990	9790	9820	9823	9836	9810	9782	9775	9763	9782	9790	9792	9788	9796.4	9838			9763
1991	9777	9767	9773	9822	9820	9823	9794	9816	9797	9813	9825	9808	9806.5	9854			9767
1992	9814	9798	9808	9837	9811	9769	9760	9774	9791	9809	9810	9828	9801.2	9846			9754
1993	9809	9795	9791	9808	9817	9798	9786	9799	9801	9802	9793	9788	9800.4	9840			9785
1994	9792	9773	9781	9841	9819	9805	9773	9760	9779	9821	9803	9803	9797.3	9857			9756
1995	9796	9790	9804	9828	9823	9797	9761	9734	9770	9787	9790	9785	9787.9	9848			9728
1996	9776	9764	9758	9812	9825	9795	9823	9778	9750	9763	9821	9810	9789.1	9847			9748
1997	9791	9789	9812	9840	9816	9789	9767	9760	9769	9794	9799	9787	9790.5	9840			9744
1998	9790	9793	9790	9808	9819	9798	9782	9798	9787	9803	9804	9809	9799.5	9851			9774
1999	9790	9807	9787	9834	9810	9780	9748	9732	9717	9771	9780	9802	9778.3	9840			9714
1975-1999	9789	9782	9782	9816	9822	9796	9778	9776	9779	9794	9803	9799	9793.9	9857	9841	9755	9714

## VEHKOO

O=N60+ 0.00 cm

62 29N

24 4IE

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975						14976	14950	14928	14913	14919	14924	14924	14933.1	14983			14913
1976	14911	14888	14874	14865	14905	14909	14894	14883	14871	14873	14870	14887	14886.9	14923			14864
1977	14873	14858	14845	14838	14923	14948	14936	14954	14937	14952	14978	14963	14917.6	14979			14838
1978	14942	14920	14901	14891	14938	14950	14937	14929	14928	14935	14934	14929	14928.8	14954			14891
1979	14905	14882	14871	14863	14941	14947	14938	14961	14971	14991	14993	14994	14939.7	15001			14857
1980	14974	14951	14930	14928	14970	14957	14960	14950	14936	14956	14961	14946	14950.4	14980			14914
1981	14925	14915	14901	14909	14973	15006	15034	15028	15035	15031	15040	15026	14984.6	15041			14895
1982	14999	14976	14948	14970	15038	15024	14992	14958	14961	14947	14950	14987	14978.0	15042			14940
1983	14981	14958	14937	14964	14986	14989	14966	14940	14922	14931	14943	14931	14954.8	14993			14921
1984	14916	14901	14890	14920	14991	14973	14967	14968	14957	14963	14990	14984	14952.4	14993			14886
1985	14961	14934	14915	14900	14923	14959	14948	14931	14935	14950	14970	14960	14937.2	14974			14896
1986	14966	14934	14923	14951	14988	14995	14989	14996	15010	15012	15030	15032	14985.6	15034			14910
1987	14974	14971	14931	14899	14933	14968	14979	14977	14985	14992	14989	14975	14968.9	14995			14899
1988	14964	14947	14924	14934	14993	15050	15000	15019	15036	15013	14994	14966	14989.5	15057			14919
1989	14949	14941	14949	14985	15027	15009	14979	14966	14956	14941	14949	14932	14965.6	15035			14926
1990	14915	14929	14946	14993	14996	14970	14956	14952	14943	14930	14925	14912	14947.8	15007			14907
1991	14897	14885	14872	14923	14942	14949	14939	14923	14922	14964	14971	14969	14928.5	14973			14870
1992	14956	14934	14933	14940	14991	14962	14934	14933	14957	14959	14962	14977	14953.6	14991			14926
1993	14971	14944	14927	14944	14972	14949	14928	14941	14951	14951	14939	14922	14946.2	14980			14917
1994	14909	14894	14879	14912	14966	14974	14953	14933	14914	14923	14941	14932	14927.8	14975			14875
1995	14919	14908	14902	14918	14979	14975	14961	14923	14919	14929	14932	14920	14931.2	14986			14896
1996	14900	14876	14861	14850	14924		14953	14954	14933	14918	14941	14959	14918.8	14961			14850
1997	14939	14921	14935	14926	14979	14971	14963	14957	14945	14943	14943	14936	14945.3	14979			14918
1998	14923	14915	14906	14918	14975	14979	14977	14983	14981	14975	14972	14951	14954.8	14989			14896
1999	14931	14915	14898	14942	14971	14954	14929	14916	14902	14937	14938	14939	14931.3	14973			14895
1975-1999	14937	14920	14908	14920	14967	14972	14958	14952	14948	14953	14959	14954	14946.3	15057	14991	14896	14838

## ÄIJÄLÄ

O=N60+ 0.00 cm

62 31N

26 0ZE

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976	10651	10641	10628	10623	10621	10627	10632	10631	10631	10627	10622	10622	10630.7	10657			10621
1977	10615	10606	10605	10604	10641	10638	10633	10633	10635	10652	10663	10651	10633.5	10668			10603
1978	10648	10648	10634	10632	10634	10629	10620	10607	10603	10599	10596	10592	10621.5	10657			10591
1979	10583	10570	10567	10566	10576	10587	10585	10592	10598	10603	10617	10621	10590.2	10622			10565
1980	10619	10608	10603	10597	10606	10610	10606	10607	10604	10615	10615	10618	10610.1	10624			10596
1981	10614	10610	10602	10603	10621	10643	10664	10684	10687	10704	10712	10717	10656.5	10717			10599
1982	10700	10691	10679	10691	10724	10726	10712	10690	10675	10665	10665	10671	10691.1	10731			10663
1983	10667	10660	10650	10661	10669	10666	10651	10643	10632	10631	10636	10635	10650.7	10673			10628
1984	10624	10616	10612	10631	10663	10655	10645	10645	10632	10634	10649	10651	10638.0	10666			10610
1985	10632	10620	10609	10603	10620	10629	10614	10602	10602	10602	10616	10622	10614.9	10637			10600
1986	10613	10601	10595	10594	10624	10622	10616	10617	10632	10631	10652	10657	10621.0	10659			10591
1987	10648	10636	10624	10624	10644	10652	10648	10653	10671	10677	10674	10671	10651.0	10680			10621
1988	10658	10646	10635	10649	10686	10706	10691	10682	10679	10672	10666	10658	10669.8	10710			10634
1989	10645	10643	10642	10668	10673	10662	10647	10651	10638	10632	10633	10626	10646.7	10683			10622
1990	10617	10615	10619	10640	10647	10640	10633	10652	10652	10648	10646	10633	10636.1	10657			10611
1991	10623	10617	10607	10620	10639	10632	10627	10619	10619		10631	10634	10625.1	10639			10606
1992	10623	10615	10615	10625	10641	10633	10619	10620	10627	10640	10648	10661	10631.6	10662			10613
1993	10655	10649	10637	10629	10639	10636	10634	10626	10625	10621	10616	10606	10632.0	10657			10606
1994	10601	10594	10590	10592	10618	10625	10617	10598	10592	10602	10621	10630	10607.1	10631			10590
1995	10612	10606	10603	10600	10634	10632	10623	10613	10604	10604	10601	10594	10610.6	10641			10593
1996	10584	10572	10569	10565	10602	10602	10619	10612	10600	10593	10604	10620	10595.4	10620			10563
1997	10614	10602	10601	10597	10620	10618	10602	10588	10579	10579	10579	10578	10595.5	10623			10577
1998	10573						10593	10590				10600	10586.0	10600			10570
1999	10589	10583	10573	10599	10600	10588	10583	10569		10563	10568	10571	10577.0	10600			10559
1974-1999	10625	10619	10613	10617	10636	10637	10629	10626	10628	10627	10631	10630	10625.9	10731	10654	10601	10559

TAIKKOMÄKI

O=N60+ 0.00 cm

62 50N

24 57E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975	18040	18011	17997	18009	18043	18008	17966	17926	17915	17938	17946	17945	17974.3	18060			17911
1976	17932	17908	17894	17917	18010	17986	17962	17934	17948	17958	17968	17982	17946.0	18012			17886
1977	17955	17930	17922	17930	18068	18011	17987	17985	17970	18000	18019	18004	17981.1	18079			17918
1978	17976	17938	17921	17932	18001	17993	17957	17921	17948	17960	17966	17975	17958.1	18019			17918
1979	17932	17911	17898	17890	18033	18008	17988	17982	17996	18012	18009	18012	17973.4	18038			17889
1980	17984	17960	17939	17951	18032	18008	17998	18000	17991	18010	18012	17989	17990.5	18038			17922
1981	17973	17967	17951	17975	18041	18046		18030	18028	18049	18035	18022	18009.6	18074			17949
1982	18000	17980	17965	18014	18066	18017	17979	17951	17975	17968	17979		17988.2	18084			17933
1983	18009	17981	17963	18040	18038	18026	17975	17941	17935	17984	18002	17986	17988.2	18067			17933
1984	17971	17954	17943	18009	18044	17996	18000	17995	17991	18016	18032	18005	17994.7	18064			17943
1985	17966	17939	17918	17911	17992	18036	17963	17933	17940	17971	17994	17978	17958.1	18053			17909
1986	17948	17928	17910	17917	18046	18000	17953	17955	17988	18002	18022	18026	17977.9	18050			17908
1987	17971	17949	17920	17926	18011	18023	18020	18027	18028	18030	18002	17986	17989.5	18043			17915
1988	17975	17964	17954	17969	18047	18047	17982	17964	17997	18008	17998	17975	17991.0	18062			17945
1989	17956	17971	17979	18020	18046	18011	17957	17946	17954	17950	17985	17973	17979.3	18062			17938
1990	17958	17972	18008	18029	18024	18000	17977	17979	17998	17971	17967	17964	17988.0	18040			17947
1991	17953	17940	17918	17967	18014	18031	18006	17984	17983	18036	18018	18013	17986.7	18046			17913
1992	17992	17974	17973	17999	18035	17986	17934	17924	17969	18016	18004	18012	17985.2	18039			17923
1993	18006	17978	17961	17964	18028	17984	17959	17961	18006	17994	17994	17969	17984.0	18039			17955
1994	17959	17938	17918	17945	18047	18024	17997	17946	17918	17928	17995	17986	17966.9	18064			17908
1995	17973	17958	17958	17958	18043	18027	17986	17942	17931	17933	17960	17952	17970.3	18046			17926
1996	17925	17910	17898	17892	17992	17980	17994	17975	17934	17916	17920	18006	17943.8	18014			17891
1997	17986	17965	17974	17969	18013	18006	17992	17951	17932	17961	17986	17985	17977.0	18035			17926
1998	17970	17966	17961	17947	18050	18017	18012	18012	18018	18014	18011	17995	17997.4	18062			17944
1999	17974	17957	17941	17966	18033	18001	17966	17929	17905	17925	17966	17968	17961.1	18045			17895
1975-1999	17971	17953	17943	17961	18031	18010	17979	17963	17967	17982	17991	17987	17978.4	18084	18049	17921	17886

HALSUA

O=N60+ 0.00 cm

63 23N

24 16E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974				15490	15538	15508	15499	15502	15518	15517	15524	15529	15512.8	15548			15457
1975	15521	15504	15488	15510	15532	15504	15471	15454	15454	15477	15475	15477	15489.7	15543			15444
1976	15462	15449	15439	15480	15527	15506	15481	15481	15473	15466	15489	15486	15478.5	15538			15438
1977	15468	15455	15452	15498	15560	15516	15502	15529	15501	15502	15504	15485	15497.7	15570			15449
1978	15468	15454	15447	15473	15496	15486	15467	15455	15459	15461	15476	15480	15469.0	15497			15447
1979	15457	15446	15440	15439	15541	15505	15484	15481	15486	15508	15511		15484.8	15559			15439
1980	15497	15466	15452		15520		15524	15529	15524				15505.4	15529			15452
1981		15481	15459	15473		15526	15540	15538	15530	15534	15521	15506	15516.1	15553			15454
1982	15486	15474	15464	15470	15544	15523	15485	15464	15482	15474	15480	15520	15491.1	15572			15460
1983	15516	15494	15476	15493	15545	15532	15503	15479	15466	15492	15517	15497	15502.3	15554			15466
1984	15482	15467	15457	15505	15538	15490	15488	15486	15464	15480	15502	15488	15488.4	15557			15452
1985	15465	15451	15443	15438	15476	15519	15475	15472	15485	15500	15502	15488	15477.5	15528			15437
1986	15469	15451	15433	15475	15521	15493		15483	15502	15505	15518	15525	15485.8	15539			15428
1987	15475	15465	15445	15464	15526	15518	15491	15535	15538	15516	15500	15480	15496.0	15546			15434
1988	15467	15454	15442	15470	15535	15506	15472	15476	15478	15491	15472	15458	15477.0	15544			15440
1989	15448	15449	15470	15533	15523	15498	15475	15491	15474	15475	15493	15472	15484.5	15555			15447
1990	15454	15499	15498	15527	15507	15487	15467	15461	15456	15438	15430	15429	15470.7	15531			15428
1991	15429	15420	15414	15470	15503	15507	15504	15475	15481	15514	15518	15500	15480.3	15520			15410
1992	15487	15471	15493	15498	15518	15485	15457	15486	15533	15514	15500	15525	15497.5	15535			15454
1993	15496	15479	15471	15486	15520	15495	15483	15464	15457	15494	15484	15468	15483.6	15533			15452
1994	15454	15439	15426	15511	15523	15519	15479	15437	15428	15436	15460	15457	15464.4	15541			15422
1995	15451	15449	15447	15490	15534	15515	15497	15475	15453	15451	15457	15460	15473.5	15540			15444
1996	15436	15425	15414	15449	15503	15480	15465	15439	15421	15413	15453	15485	15447.8	15508			15410
1997	15462	15452	15458	15451	15527	15492	15478	15468	15463	15462	15468	15470	15471.2	15536			15451
1998	15462	15455	15450	15439	15527	15520	15496	15491	15476	15469	15485	15476	15481.6	15538			15435
1999	15473	15459	15443	15481	15513	15494	15463	15459	15444	15461	15460	15464	15468.9	15526			15440
1974-1999	15470	15460	15452	15480	15523	15504	15485	15481	15476	15483	15487	15484	15484.5	15572	15540	15441	15410

## HAAPAJÄRVI

O = N60 + 0.00 cm

63 46N

25 15E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1981		9727	9715	9691	9789	9823	9835	9829	9824	9823	9815	9801	9791.6	9839			9691
1982	9768	9741	9728	9718	9813	9815	9790	9749	9734	9725	9744	9755	9757.6	9824			9716
1983	9753	9745	9736	9759	9798	9812	9797	9779	9756	9784	9788	9788	9773.9	9813			9731
1984	9767	9750	9733	9780	9864	9797	9769	9741	9724	9749	9769	9768	9769.3	9882			9721
1985	9756	9737	9715	9707	9784	9823	9775	9769	9779	9800		9781	9765.6	9827			9702
1986	9736	9714	9703	9700	9780	9841	9761	9734	9765	9776	9834	9840	9771.5	9868			9698
1987	9771	9719	9697	9687	9752	9823	9810	9869	9897	9856	9799	9763	9788.2	9897			9674
1988	9738	9725	9713	9708	9811	9848	9771	9775	9752	9755	9742	9731	9758.5	9861			9708
1989	9718	9708	9732	9839	9856	9832	9768	9781	9761	9761	9782	9766	9772.0	9897			9706
1990	9740	9728	9757	9795	9806	9779	9753	9742	9729	9710	9692	9681	9742.9	9811			9680
1991	9674	9667	9658	9766	9790	9831	9803	9767	9758	9802	9815	9811	9764.1	9843			9656
1992	9784	9754	9749	9768	9843	9779	9728	9736	9863	9866	9815	9820	9792.4	9895			9700
1993	9795	9762	9739	9758	9841	9799	9758	9724	9704	9768	9766	9752	9763.6	9849			9700
1994	9738	9728	9708	9745	9822	9829	9796	9735	9705	9680	9743	9740	9743.7	9830			9674
1995	9736	9726	9722	9778	9909	9851	9780	9727	9678	9656	9640	9659	9738.8	9914			9627
1996	9659	9656	9649	9634	9741	9791	9731	9754	9717	9691	9716	9756	9714.7	9792			9634
1997	9748	9740	9743	9741	9869	9840	9790	9742	9723	9743	9750	9746	9765.7	9886			9723
1998	9737	9731	9718	9750	9845	9832	9810	9789	9781	9782	9795	9786	9779.9	9849			9706
1999	9770	9752	9725	9764	9819	9796	9748	9715	9693	9693	9748	9747	9747.5	9819			9678
1981-1999	9743	9726	9717	9741	9817	9817	9777	9760	9754	9758	9764	9762	9763.2	9914	9852	9690	9627

## KÄLVIÄ

O = N60 + 0.00 cm

63 52N

23 24E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976	1258	1249	1244	1249	1285	1262	1245	1239	1221	1248	1251	1267	1254.3	1293			1221
1977	1260	1247	1255		1328	1295	1266	1261	1252	1250	1266	1266	1268.9	1329			1243
1978	1256	1246	1238	1256	1273	1272	1261	1232	1213	1222		1248	1245.3	1287			1213
1979	1230	1214	1201	1240	1279	1270	1256	1247	1238	1258	1256	1245	1243.5	1280			1201
1980	1255	1253	1245	1257	1272	1274	1279	1296	1297				1269.2	1298			1239
1981																	
1982																	
1983	1263	1253	1257	1283	1287	1277	1259	1237	1212	1241	1262	1254	1256.5	1302			1211
1984	1251	1244	1237	1255	1292	1261	1239	1251	1244	1251	1278	1273	1256.3	1298			1233
1985	1261	1228	1194	1209	1242	1262	1252	1247	1257	1269	1276	1264	1242.9	1277			1186
1986	1245	1238	1235	1260	1289	1279	1235	1230	1236	1255	1268		1253.1	1297			1227
1987						1288	1264	1270	1270	1265	1251	1238	1262.8	1288			1238
1988	1242	1248	1244	1251	1271	1265	1247	1251	1245	1248	1244	1233	1249.4	1279			1229
1989	1235	1245	1252	1282	1274	1260	1234	1238	1238	1236	1245	1246	1248.6	1292			1227
1990	1235	1237	1254	1259	1254	1243	1228	1214	1213	1205	1209	1207	1231.0	1262			1203
1991	1213	1207	1195	1238	1241	1252	1244	1211	1187	1224	1241	1247	1224.7	1254			1183
1992	1242	1236	1237	1246	1253	1235	1210	1232	1250	1258	1256	1259	1242.9	1265			1206
1993	1258	1247	1241	1241	1249	1246	1235	1222	1224	1232	1240	1238	1239.7	1261			1222
1994	1235	1230	1221	1241	1238	1240	1232	1202	1170	1192	1223	1215	1217.4	1243			1168
1995	1218	1216	1218	1231	1238	1239	1233	1211	1198	1199	1213	1216	1219.9	1242			1193
1996	1212	1202	1190	1212	1227	1223	1226	1221	1200	1190	1215	1229	1211.0	1229			1188
1997	1224	1222	1228	1250	1239	1249	1223	1203	1188	1237	1229	1235	1227.5	1252			1177
1998	1221	1225	1224	1224	1240	1236	1228	1231	1235	1243	1238	1235	1231.8	1255			1221
1999	1231	1233	1225	1237	1241	1238	1223	1210	1206	1210	1225	1229	1226.3	1245			1199
1976-1999	1240	1234	1230	1246	1262	1257	1241	1234	1227	1234	1244	1242	1241.9	1329	1274	1210	1168

MW = Keskiarvo, HW = Korkein arvo, MHW = Vuosimaksimin keskiarvo, MNW = Vuosiminimin keskiarvo, NW = Alin arvo

KALAJOKI		O=N60+ 0.00 cm					64 14N		24 04E					Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
Vuosi	Vedenkorkeuden						kuukausikeskiarvoja						MW	HW	MHW	MNW	NW	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1975							2900	2903	2915	2929	2929	2913.4	2932					
1976	2930	2925	2933	2950	2945	2935	2925	2912	2926	2928	2940	2937	2931.9	2950		2909		
1977	2909	2917	2921	2933	2949	2943	2930	2951	2955	2953	2959	2953	2940.3	2959		2909		
1978	2942	2936	2933	2941	2939	2946	2937	2927	2923	2928	2928	2926	2934.5	2947		2923		
1979	2924	2921	2913	2921	2939	2930	2923	2920	2927	2939	2931	2929	2926.0	2940		2910		
1980	2924	2919	2923	2920	2927	2935	2941	2942	2945	2939	2942	2946	2933.8	2947		2917		
1981	2944							2961	2958	2962	2961	2953	2955.4	2964		2943		
1982	2940	2936	2941	2956	2964	2952	2928	2918	2941	2945	2957	2955	2944.1	2968		2906		
1983	2950	2939	2937	2968	2956	2946	2934	2911	2932	2953	2949	2942	2942.9	2970		2911		
1984	2941	2936	2930	2952	2941	2914	2927	2918	2926	2939	2935	2940	2932.7	2954		2911		
1985	2915	2904	2893	2907	2946	2938	2905	2910	2917	2936	2930	2918	2917.8	2948		2890		
1986	2905	2902	2899	2952	2946	2914	2889	2902	2931	2932	2941	2921	2919.5	2953		2885		
1987	2887	2874	2866	2884	2915	2942	2937	2933	2943	2931	2924	2923	2912.0	2945		2864		
1988	2929	2928	2922	2954	2938	2919	2893	2930	2926	2934	2926	2920	2926.8	2958		2891		
1989	2927	2929	2953	2953	2929	2917	2907	2936	2924	2930	2933	2927	2930.4	2960		2894		
1990	2909	2953	2962	2960	2943	2924	2918	2909	2899	2901	2903	2915	2924.9	2964		2898		
1991	2914	2888	2884	2935	2947	2950	2919	2912	2930	2938	2947	2934	2924.0	2950		2883		
1992	2928	2920	2943	2937	2933	2894	2885	2932	2939	2938	2938	2945	2930.2	2949		2885		
1993	2933	2928	2932	2952	2943	2926	2928	2926	2920	2938	2929	2932	2932.6	2961		2920		
1994	2928	2906	2898	2960	2944	2925	2882	2861	2861	2889	2911	2925	2903.6	2960		2858		
1995	2918	2914	2933	2942	2940	2920	2909	2884	2876	2902	2918	2910	2913.3	2949		2876		
1996	2901	2889	2883	2918	2936	2931	2922	2914	2882	2884	2932	2935	2909.1	2941		2879		
1997	2924	2919	2934	2930	2952	2927	2904	2879	2868	2880	2904	2914	2911.6	2961		2867		
1998	2913	2911	2898	2925	2941	2944	2927	2938	2931	2935	2931	2933	2928.2	2950		2898		
1999	2927	2918	2917	2952	2942	2927	2910	2888	2870	2899	2929	2925	2917.2	2953		2867		
1975-1999	2923	2917	2919	2939	2941	2930	2916	2916	2918	2926	2933	2931	2926.2	2970	2953	2895	2858	

PYHÄNTÄ		O=N60+ 0.00 cm					64 05N		26 39E					Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
Vuosi	Vedenkorkeuden						kuukausikeskiarvoja						MW	HW	MHW	MNW	NW	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII						
1975	17285		17278	17276	17312	17317	17305	17292	17288	17285	17277	17271	17291.3	17318			17269	
1976	17264	17257	17250	17253	17275	17283	17281	17273	17269	17267	17263	17260	17266.9	17285			17248	
1977	17253	17244	17242	17239	17294	17305	17296	17289	17287	17285	17287	17285	17276.1	17308			17237	
1978	17278	17270	17265	17260	17266	17269	17263	17252	17250	17248	17252	17245	17259.7	17280			17243	
1979	17240	17235	17231	17228	17259	17273	17269	17262	17260	17267	17277	17272	17257.8	17277			17228	
1980	17265	17258	17250	17246	17271	17278	17272	17267	17266	17268	17272	17273	17266.1	17279			17246	
1981	17265	17259	17254	17251	17276	17308	17313	17313	17314	17312	17312	17309	17291.0	17316			17250	
1982	17303	17293	17285	17284	17323	17324	17312	17300	17295	17287	17285	17285	17297.2	17326			17281	
1983	17280	17273	17268	17273	17302	17309	17302	17296	17290	17292	17299	17292	17289.2	17311			17262	
1984	17282	17275	17267	17274	17295	17289	17282	17273	17270	17269	17275	17271	17276.6	17295			17264	
1985	17263	17255	17249	17243	17265	17274	17267	17259	17255	17257	17259	17252	17258.1	17275			17242	
1986	17246	17237	17232	17230	17258	17265	17260	17251	17254	17259	17264	17274	17252.5	17276			17230	
1987	17269	17259	17252	17248	17266	17271	17271	17275	17284	17283	17274	17268	17267.9	17284			17248	
1988	17259	17252	17245	17244	17265	17278	17271	17283	17282	17279	17272	17264	17265.6	17285			17243	
1989	17256	17253	17249	17261	17303	17306	17298	17292	17286	17281	17281	17276	17279.5	17308			17248	
1990	17266	17266	17263	17269	17284	17279					17255	17247	17265.5	17285			17245	
1991	17240	17232	17226	17236	17253	17262	17265	17263	17256	17265	17275	17275	17255.5	17279			17226	
1992	17270	17263	17257	17254	17276	17280	17274	17274	17281	17289	17283	17283	17274.2	17291			17253	
1993	17276	17267	17263	17258	17288	17295	17296	17300	17300	17299	17295	17285	17286.1	17302			17256	
1994	17280	17273	17265	17271	17296	17300	17292	17280	17275	17274	17273	17269	17278.8	17301			17262	
1995	17263	17257	17251	17251	17277	17290	17287	17275	17269	17267	17266	17262	17266.7	17290			17245	
1996	17254	17248	17240	17237	17259	17262	17266	17268	17255	17251	17255	17258	17253.4	17270			17236	
1997	17255	17250	17245	17241	17252	17287	17280	17273	17265	17261	17258	17250	17259.2	17287			17240	
1998	17243	17238	17229	17227	17262	17272	17273	17271	17264	17266	17276	17274	17257.6	17279			17224	
1999	17264	17255	17248	17257	17270	17275	17282	17259	17253	17253	17248	17250	17259.9	17289			17245	
1975-1999	17264	17257	17252	17252	17277	17286	17282	17276	17273	17273	17273	17270	17270.1	17326	17291	17246	17224	

RUUKKI

O = N60 + 0.00 cm

64 36N

24 48E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974											8033	8042	8036.0	8042			8031
1975	8044		8029		8068	8034	8019	8001	7998	8011	8007	8019	8018.2	8068			7998
1976	8004	7995	7991	7996	8041	8022	8017	8024	8011	8004	8003	8005	8010.7	8048			7985
1977	7999		7992	7997	8068	8054	8043	8036	8025	8015	8028	8017	8026.5	8090			7989
1978	8005	7997	7987	7987	8011	8023	8007	7994	7998	8010	8020	8015	8005.1	8028			7984
1979	8004	7994	7987	7990	8052	8040	8023	8005	8025	8043	8047	8044	8021.1	8054			7979
1980	8031	8020	8007	8025	8053	8035	8029	8013	7998	8009	8017	8006	8019.2	8053			7994
1981	7997	7997	7989	8011	8067	8061	8064	8062	8058	8059	8058	8056	8041.0	8077			7987
1982	8042	8031	8018	8029	8088	8070	8046	8023	8038	8035	8037	8044	8040.3	8097			8013
1983	8035	8024	8014	8037	8077	8066	8048	8025	8013	8035	8050	8036	8038.1	8078			8012
1984	8023	8012	8004	8022	8062	8038	8030	8017	8006	8009	8035	8033	8024.3	8066			8000
1986	8020	8010	8000	7997	8046	8053	8023	8042	8043	8044	8055	8057	8031.4	8063			7997
1987	8036	8018	8004	8012	8045	8063	8055	8056	8059	8050	8037	8024	8035.9	8063			8000
1988	8012	8004	7998	8007	8046	8037	8022	8031	8039	8041	8028	8017	8024.2	8047			7998
1989	8009	8006	8018	8070	8069	8069	8055	8073	8051	8040	8045	8037	8045.1	8090			8006
1990	8021	8038	8049	8056	8048	8036	8038	8033	8020	8010	8002	7996	8028.0	8058			7996
1991	7993	7987	7981	8027	8038	8047	8048	8040	8027	8042	8053	8044	8027.8	8056			7979
1992	8031	8024	8026	8034	8063	8043	8029	8049	8066	8053	8042	8055	8043.2	8069			8018
1993	8043	8033	8022	8039	8064	8044	8027	8014	8008	8017	8017	8011	8028.1	8072			8007
1994	8004	7995	7988	8035	8048	8033	8011	7992	7985	8005	8016	8013	8010.2	8052			7985
1995	8009	8001	7998	8026	8060	8040	8017	7997	7987	7989	8003	7992	8010.1	8063			7981
1996	7983	7975	7969	7976	8028	8018	8015	8004	7987	7980	8005	8022	7997.9	8029			7967
1997	8013	8001	7995	7992	8072	8052	8023	8005	7992	7998	8004	7999	8010.5	8072			7991
1998	7995	7994	7986	7978	8040	8047	8036	8042	8035	8041	8044	8040	8024.7	8058			7978
1999	8027	8013	8003	8014	8048	8034	8016	8002	7992	7990	8001	8016	8015.6	8052			7988
1974-1999	8016	8007	8001	8014	8053	8044	8030	8023	8019	8023	8028	8026	8024.4	8097	8061	7994	7967

PUDASJÄRVI

O = N60 + 0.00 cm

65 23N

27 34E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975		21014	21001	21001	21067	21056	21028	21011	21029	21035	21034	21033	21026.9	21067			20989
1976	21005	20994			21051	21040	21034	21033	21027	21006	21005	21008	21019.8	21053			20988
1977	21015	21018		21033	21057	21050	21050	21044	21038	21038	21040	21057	21040.8	21060			21012
1978	21000	20982	20961	20957	21015	21027	21012	21000	21031	21038	21028	21000	21005.0	21047			20954
1979	20973	20948	20928	20943	21048	21046	21037	21023	21039	21047	21041	21027	21009.8	21055			20906
1980	21013	20991	20966	20980	21052	21025	20990	20964	20988	21019	21020	20989	20998.9	21053			20952
1981	20960	20961	20949	20927	20948		21069	21063	21055	21060			21008.0	21070			20921
1982	21012	21002	20983	20987	21068	21063	21034	21034	21030	21030	21049	21036	21027.9	21070			20978
1983	21026		20989	21017	21070	21068	21062			21043	21049	21037	21036.9	21075			20983
1984	21013	21003	20983	21005	21063	21037	21038	21051	21052	21053	21054	21040	21030.1	21063			20974
1985	21007	20974	20963	20950	21016	21051	21028	21038	21054	21066	21060	21033	21017.6	21069			20944
1986	21002	20975	20947	20967	21051	21043	21022	21011	21030	21034	21051	21043	21015.8	21063			20940
1987	20968	20914	20894	20880	20954	21010	21037	21034	21039	21030	21009	20994	20980.0	21043			20879
1988	20962	20945	20927	20922	21034	21027	21007	21028	21027	21039	21029	21003	20994.2	21040			20915
1989	20976	20964	20963	21032	21059	21056		21015	21011	21008			20996	21007.7			20957
1990	20972	20980	20963	21001	21032	21034	21027	21025	21022	21010	20989	20972	21005.4	21041			20961
1991	20954		20905	20996	21022		21015	21002	21002	21020			21023	20997.1	21028		20901
1992	20992	20970	20960	20943	21038	21007		21026	21035	21022			21004	20997.4	21038		20943
1993	20986	20975	20962	20950		21023	21006	20997	20991	21002	20978	20964	20986.8	21026			20950
1994	20949	20926	20906	20951	21026	21025	20986	20950	20938	20968	20991	20974	20969.0	21030			20900
1995	20962	20941	20930	20946	21024	21022	20985	20954	20953	20984	21004	20980	20974.3	21040			20919
1996	20960	20939	20921	20912	20981	21018	21015	20985	20957	20959	20980	20995	20970.8	21026			20912
1997	20976	20954	20955	20933	20989	21030	21001	21001	20994	20993	20985	20971	20980.7	21031			20927
1998	20960	20943	20921	20904	21025	21029	21008	21032	21032	21034	21020	21020	20994.4	21039			20898
1999	20990	20970	20956	20992	21016	21013	20986	20978	20969	20984	20998	20995	20989.0	21026			20956
1975-1999	20984	20968	20949	20963	21029	21034	21020	21012	21014	21020	21019	21008	21003.4	21075	21048	20942	20879



KUUSAMO

O = N60 + 0.00 cm

65 54N

29 IIE

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975	26633	26621	26605	26599	26647	26683	26656	26639	26630	26640	26630	26618	26635.5	26694			26598
1976	26609	26600	26590	26583	26613	26644	26641	26641	26635	26623	26610	26600	26615.8	26648			26581
1977	26591	26583	26575	26569	26614	26660	26656	26661	26656	26643	26639	26628	26624.8	26666			26569
1978	26618	26610	26603	26595	26605	26625	26617	26612	26613	26624	26624	26627	26614.2	26630			26592
1979	26609	26594	26588	26582	26601	26647	26651	26657	26666	26661	26650	26634	26629.5	26667			26581
1980	26623	26614	26603	26593	26622	26639	26633	26618	26606	26607	26611	26604	26614.9	26642			6592
1981	26591	26587	26575	26566	26594	26649	26669	26668	26669	26669	26659	26643	26628.0	26679			26564
1982	26630	26614	26604	26598	26638	26681	26675	26664	26657	26649	26646	26641	26644.3	26690			26598
1983	26626	26614	26603	26598	26653	26699	26683	26670	26656	26658	26658	26644	26647.7	26704			26598
1984	26628	26613	26604	26596	26645	26665	26643	26632	26631	26634	26638	26640	26628	26624.5	26656		26589
1985	26618	26606	26596	26590	26614	26646	26647	26631	26634	26638	26640	26628	26624.5	26656			26589
1986	26617	26603	26598	26591	26610	26659	26643	26633	26623	26620	26622	26623	26621.9	26663			26589
1987	26611	26598	26590	26583	26606	26641	26651	26650	26655	26652	26642	26631	26624.8	26661			26582
1988	26615	26607	26598	26593	26604	26626	26620	26618	26623	26629	26624	26617	26615.4	26632			26593
1989	26608	26598	26588	26581	26660	26696	26668	26651	26642	26625	26632	26622	26628.9	26696			26581
1990	26602	26599	26594	26594	26621	26615	26616	26612	26605	26594	26589	26582	26601.6	26621			26580
1991	26577	26571	26566	26569	26580	26633	26660	26638	26612	26628	26637	26642	26608.0	26660			26566
1992	26631	26618	26611	26599	26639	26658	26660	26673	26684	26679	26659	26647	26643.6	26684			26594
1993	26634	26618	26604	26597	26638	26680	26658	26644	26631	26627	26615	26602	26630.0	26685			26597
1994	26591	26587	26577	26572	26607	26636	26631	26621	26611	26605	26600	26596	26602.2	26638			26570
1995	26588	26579	26571	26568	26571	26636	26629	26613	26606	26603	26615	26603	26599.1	26638			26567
1996	26594	26584	26576	26572	26571	26622	26653	26659	26636	26618	26616	26622	26612.8	26666			26568
1997	26613	26603	26593	26582	26584	26668	26675	26655	26648	26645	26635	26618	26630.5	26680			26580
1998	26603	26597	26590	26581	26606	26669	26663	26662	26665	26659	26665	26651	26638.5	26672			26581
1999	26635	26620	26610	26604	26616	26642	26654	26640	26630	26626	26626	26617	26628.8	26657			26603
1975-1999	26611	26601	26592	26586	26614	26652	26650	26642	26636	26634	26631	26622	26623.8	26704	26664	26584	26564

KOLMISOPPI

O = N60 + 0.00 cm

64 01N

28 32E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975		18908	18891	18888	18963	18953	18912	18880	18874	18876	18874	18857	18896.8	18965			18850
1976	18839	18820	18804	18831	18895	18910	18911	18891	18890	18885	18875	18871	18867.1	18914			18802
1977	18843	18820	18812	18812	18923	18918	18899	18874	18883	18889	18902	18882	18870.6	18932			18799
1978	18852	18827	18812	18825	18874	18882	18858	18841	18850	18855	18867	18862	18851.1	18887			18808
1979	18824	18806	18795	18790	18894	18902	18877	18888	18907	18931	18938	18915	18872.6	18947			18789
1980	18887	18862	18841	18833	18925	18911	18873	18857	18855	18875	18883	18857	18872.8	18935			18829
1981	18838	18826	18816	18824	18880	18957	18945	18925	18918	18916	18917	18899	18894.3	18964			18813
1982	18876	18854	18837	18866	18954	18940	18900	18857	18852	18845	18868	18879	18880.7	18977			18834
1983	18860	18848	18833	18854	18960	18945	18902	18885	18869	18909	18921	18893	18893.8	18975			18829
1984	18868	18852	18838	18901	18933	18890	18875	18845	18843	18859	18891	18870	18871.9	18947			18834
1985	18845	18817	18800	18798	18880	18905	18861	18848	18847	18864	18878	18851	18847.4	18918			18796
1986	18829	18814	18798	18815	18899	18911	18888	18852	18883	18896	18917	18929	18864.7	18937			18795
1987	18878	18842	18822	18829	18889	18902	18896	18901	18920	18901	18873	18858	18874.7	18921			18818
1988	18836	18821	18809	18833	18904	18920	18892	18908	18900	18897	18874	18851	18870.2	18923			18805
1989	18834	18829	18822	18889	18928	18891	18850	18853	18841	18845	18859	18830	18855.9	18936			18819
1990	18806	18813	18821	18859	18883	18862	18858	18854	18834	18826	18813	18805	18836.0	18887			18800
1991	18793	18780	18770	18838	18866	18894	18910	18887	18866	18885	18906	18900	18858.4	18922			18765
1992	18875	18858	18850	18848	18915	18865	18840	18860	18890	18894	18879	18882	18871.3	18924			18836
1993	18863	18852	18835	18854	18927	18907	18901	18887	18900	18911	18885	18862	18881.3	18936			18824
1994	18847	18827	18811	18871	18921	18905	18868	18845	18856	18878	18888	18869	18863.5	18923			18805
1995	18854	18838	18825	18849	18910	18900	18862	18837	18843	18861	18856	18833	18854.0	18918			18821
1996	18815	18803	18784	18802		18884	18895	18849	18822	18835	18856	18901	18837.1	18906			18770
1997	18843	18827	18825	18820	18908	18905	18871	18842	18829	18833	18827	18818	18847.1	18917			18811
1998	18801	18789	18779	18795	18877	18892	18871	18883	18880	18906	18899	18883	18854.4	18916			18768
1999	18852	18829	18815	18861	18890	18885	18860	18826	18809	18827	18826	18822	18841.4	18898			18803
1975-1999	18844	18830	18817	18839	18908	18905	18883	18867	18866	18875	18878	18867	18865.2	18977	18929	18808	18765

LUMIAHO O=N60+ 0.00 cm 64 31N 29 39E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975												20106	20106.0	20107			20105
1976	20092	20078	20059	20059	20100	20128	20127	20122	20146	20139	20127	20119	20109.0	20150			20054
1977	20097	20079	20065	20065	20126	20120	20115	20138	20133	20136	20141	20137	20113.3	20155			20059
1978	20123	20104	20089	20083	20092	20120	20113	20105	20105	20113	20117	20120	20108.7	20139			20078
1979	20097	20080	20068	20056	20100	20129	20125	20125	20124	20131	20135	20130	20110.0	20136			20055
1980	20121	20104	20087	20075	20135	20126	20118	20112	20111	20115	20121	20104	20111.1	20141			20074
1981	20093	20083	20069	20059	20108	20160	20168	20179	20191	20180	20167	20147	20134.2	20193			20055
1982	20135	20116	20097	20093	20174	20164	20153	20147	20147	20136	20139	20137	20138.1	20207			20093
1983	20124	20111	20104	20118	20188	20198	20194	20181	20167	20173	20175	20163	20155.6	20198			20091
1984	20140	20122	20106	20103	20190	20148	20147	20145	20136	20139	20165	20147	20141.4	20192			20099
1985	20132	20111	20090	20077	20120	20141	20125	20125	20123	20125	20128	20118	20118.0	20146			20073
1986	20099	20085	20067	20062	20119	20136	20123	20122	20131	20141	20155	20159	20115.2	20164			20059
1987	20130	20108	20086	20074	20104	20129	20133	20144	20156	20157	20149	20125	20123.0	20159			20074
1988	20106	20091	20076	20072	20143	20143	20134	20145	20147	20161	20146	20124	20124.5	20165			20072
1989	20107	20098	20088	20139	20188	20162	20156	20150	20139	20131	20144	20122	20133.3	20188			20088
1990	20099	20089	20083	20104	20125	20122	20118	20129	20121	20111	20099	20086	20106.0	20129			20080
1991	20072	20061	20048	20080	20117	20132	20136	20133	20132	20149	20157	20159	20114.0	20168			20045
1992	20137	20130	20110	20105	20177	20140	20130	20148	20162	20156	20142	20135	20141.1	20201			20105
1993	20122	20106	20092	20082	20153	20146	20141	20143	20159	20171	20149	20134	20135.1	20189			20082
1994	20114	20096	20078	20103	20154	20144	20128	20120	20122	20130	20133	20118	20119.4	20156			20071
1995	20108	20092	20080	20074	20136	20151	20139	20132	20129	20140	20142	20120	20123.0	20166			20074
1996	20109	20092	20079	20074	20108	20155	20166	20147	20129	20119	20133	20133	20124.1	20172			20074
1997	20112	20097	20091	20076	20174	20160	20160	20180	20156	20149	20145	20121	20133.4	20202			20075
1998	20112	20099	20080	20070	20125	20141	20131	20131	20137	20152	20159	20156	20123.4	20165			20070
1999	20135	20109	20097	20108	20133	20137	20130	20124	20110	20114	20117	20119	20120.3	20144			20092
1974-1999	20113	20097	20082	20083	20137	20143	20137	20138	20138	20140	20141	20129	20123.3	20207	20165	20075	20045

ALAKANGAS O=N60+ 0.00 cm 64 41N 27 22E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975					15793	15821	15814	15803	15799	15800	15796	15802	15804.6	15822			15779
1976	15785	15769	15754	15745	15772	15790	15784	15789	15781	15784	15771	15762	15773.9	15791			15744
1977	15743	15731	15722	15718	15779	15809	15808	15812	15816	15821	15821	15812	15787.0	15824			15718
1978	15800	15785	15771	15757	15760	15768	15759	15748	15740	15742	15742	15729	15758.8	15804			15727
1979	15716	15707	15699	15698	15759	15767	15781	15774	15785	15794	15803	15794	15754.3	15804			15688
1980	15792	15787	15777	15765	15809	15809	15805	15792	15790	15800	15806	15797	15793.5	15815			15764
1981	15782	15776	15761	15751	15772	15805	15807	15781	15779	15784	15794	15790	15781.9	15816			15748
1982	15780	15768	15753	15745	15792	15811	15807	15797	15796	15797	15795	15791	15787.3	15814			15742
1983	15785	15776	15767	15760	15806	15825	15820	15806	15795	15792	15794	15793	15794.0	15826			15759
1984	15778	15767	15755	15750	15787	15785	15785	15792	15784	15786	15803	15799	15780.3	15805			15742
1985	15786	15771	15755	15742	15763	15779	15782	15774	15783	15794	15795	15788	15772.8	15797			15738
1986	15774	15759	15744	15734	15763	15782	15781	15777	15775	15774	15783	15802	15770.2	15805			15732
1987	15788	15774	15759	15744	15767	15778	15785	15793	15814	15814	15805	15791	15782.5	15815			15741
1988	15773	15759	15749	15737	15766	15773	15768	15769	15769	15774	15772	15758	15764.2	15780			15734
1989	15747	15734	15725	15723	15797	15819	15812	15801	15799	15792	15795	15787	15781.0	15819			15723
1990	15774	15765	15758	15787	15787	15779	15768	15766	15764	15758	15746	15735	15764.9	15789			15731
1991	15727	15719	15708	15717	15739	15756	15770	15778	15776	15792	15799	15803	15757.3	15806			15708
1992	15791	15783	15772	15762	15800	15796	15789	15802	15818	15815	15804	15800	15794.3	15820			15758
1993	15787	15776	15763	15754	15807	15813	15812	15803	15799	15800	15790	15780	15790.6	15814			15754
1994	15773	15755	15744	15747	15779	15787	15783	15773	15763	15765	15765	15754	15766.2	15788			15736
1995	15748	15741	15730	15728	15758	15793	15795		15770	15775	15775	15767	15761.7	15806			15725
1996	15755	15743	15732	15722	15744	15748	15764	15756	15745	15734	15736	15733	15741.9	15764			15720
1997	15730	15722	15712	15697	15733	15751	15762	15761	15757	15758	15751	15744	15738.3	15762			15693
1998	15732	15717	15709	15711	15737	15750	15756	15785	15776	15785	15790	15785	15754.1	15792			15702
1999	15773	15761	15747	15756	15768	15774	15778	15774	15760	15755	15753	15745	15762.2	15784			15742
1975-1999	15767	15756	15744	15739	15773	15786	15787	15783	15781	15783	15783	15777	15772.7	15826	15802	15733	15688

KULLISUO O=N60+ 0.00 cm 64 49N 28 55E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1975		20019	20004	19999	20062	20067	20050	20030	20024	20023	20016	20008	20026.5	20070			19994
1976	19988	19971	19953	19965	19997	20022	20020	20008	20008	19997	19992	19990	19993.6	20023			19951
1977	19969	19951	19942	19941	20003	20028	20026	20031	20031	20028	20033	20022	20000.6	20036			19935
1978	20000	19979	19966	19964	19985	20003	20004	19998	20002	20005	20002	19985	19992.1	20008			19963
1979	19961	19944	19935	19926	19993	20014	20016	20011	20012	20020	20019	20012	19989.7	20025			19924
1980	19995	19981	19969	19956	20003	20020	20010	19993	19988	19999	20002	19973	19991.5	20027			19955
1981	19961	19947	19938	19936	19958	20030	20045	20047	20036	20036	20031	20017	20002.0	20051			19930
1982	20002	19987	19974	19986	20039	20058	20036	20035	20027	20018	20024	20019	20019.7	20059			19972
1983	20004	19991	19979	19985	20045	20059	20049	20036	20023	20028	20028	20013	20021.5	20064			19976
1984	19998	19986	19974	19980	20035	20035	20029	20027	20026	20033	20049	20036	20016.7	20051			19965
1985	20014	19993	19976	19964	20006	20033	20020	20019	20025	20030	20032	20003	20007.2	20035			19960
1986	19991	19975	19959	19956	20008	20035	20038	20017	20027	20025	20032	20032	20005.8	20040			19951
1987	20003	19979	19960	19952	19981	20010	20035	20039	20051	20041	20020	20001	20003.2	20052			19946
1988	19981	19970	19955	19961	20008	20017	19997	20010	20005	20010	19996	19976	19991.1	20022			19952
1989	19966	19955	19949	19994	20047	20051	20030	20034	20026	20020	20024	19999	20008.0	20058			19947
1990	19977	19980	19971	20001	20021	20024	20030	20038	20036	20024	20003	19990	20008.2	20043			19970
1991	19973	19957	19944	19998	20020	20046	20060	20064	20052	20058	20064	20049	20023.9	20068			19941
1992	20028	20010	20003	19996	20045	20030	20023	20034	20048	20036	20018	20017	20024.2	20049			19992
1993	19999	19983	19969	19979	20053	20049	20043	20036	20042	20043	20025	20007	20019.1	20054			19965
1994	20001	19975	19959	19989	20041	20046	20039	20033	20032	20042	20032	20017	20016.8	20050			19959
1995	20002	19985	19973	19987	20032	20060	20042	20022	20012	20027	20026	20004	20014.7	20079			19968
1996	19985	19967	19954	19951	20014	20039	20045	20016	19997	20000	20014	20013	19999.8	20052			19950
1997	19991	19978	19970	19960	20046	20057	20053	20048	20035	20032	20028	20003	20017.1	20060			19958
1998	19985	19968	19952	19968	20038	20050	20052	20069	20070	20076	20070	20046	20032.3	20080			19945
1999	20022	19998	19988	20009	20031	20029	20020	20025	19995	20014	20016	20014	20013.6	20034			19984
1975-1999	19991	19977	19964	19972	20020	20036	20032	20028	20025	20026	20023	20009	20009.6	20080	20047	19958	19924

KÖNÖLÄ O=OMA+ 0.00 cm 66 00N 24 30E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974					4357	4364	4377	4402	4422	4436	4421	4417	4399.4	4441			4341
1975	4417	4415	4399	4381	4432	4421	4363	4333	4371	4417	4425	4419	4401.4	4434			4321
1976	4387	4362	4342	4353	4410	4381	4355	4365	4344	4343	4372	4359	4366.0	4419			4327
1977	4333	4305	4288	4299	4385	4373	4382	4411	4403	4418	4436	4390	4371.3	4437			4288
1978	4349	4309	4271	4257	4358	4352	4319	4290	4366	4391	4392	4352	4333.2	4399			4248
1979	4286	4243	4209	4198	4324	4338	4317	4292	4311	4367	4394	4386	4301.9	4403			4194
1980	4386	4351	4312	4336	4392	4356	4293	4232	4210	4293	4305	4276	4308.9	4394			4209
1981	4250	4241	4213	4254	4359	4373	4390	4392	4369	4408	4410	4408	4336.4	4421			4202
1982	4365	4329	4310	4322	4395	4378	4327	4270	4380	4395	4406	4394	4356.0	4407			4261
1983	4386	4354	4328	4387	4403	4388	4371	4332	4355	4392	4408	4373	4373.4	4411			4322
1984	4336	4308	4291	4308	4388	4347	4389	4352	4361	4382	4407	4391	4355.3	4407			4277
1985	4332	4230	4147	4140	4164	4267	4291	4317	4361	4398	4408	4338	4288.8	4412			4139
1986	4234		4122	4116	4176	4269	4253	4315	4323	4327	4401	4369	4271.0	4411			4110
1987	4237	4145	4096	4058	4041	4137	4281	4375	4407	4424	4409	4353	4240.1	4434			4038
1988	4298	4265	4235	4231	4340	4378	4296	4311	4298	4356	4358	4306	4307.6	4395			4217
1989	4263	4246	4237	4333	4397	4397	4331	4273	4232	4266	4349	4296	4301.8	4415			4222
1990	4239	4209	4240	4278	4382	4372	4361	4326	4320	4321	4292	4265	4300.6	4384			4191
1991	4278	4232	4210	4275	4363	4378	4367	4309	4266	4334	4389	4397	4313.7	4403			4189
1992	4361	4333	4319	4316	4404	4387	4365	4410	4433	4427	4397	4424	4380.2	4434			4308
1993	4402	4366	4339	4328	4415	4409	4365	4348	4322	4329	4313	4311	4355.8	4419			4304
1994	4297	4256	4232	4291	4379	4373	4298	4203	4196	4234	4303	4299	4281.6	4380			4179
1995	4298	4278	4283	4307	4384	4379	4337	4273	4277	4356	4394	4345	4326.3	4397			4264
1996	4281	4225	4174	4151	4247	4329	4347	4325	4264	4257	4339	4382	4283.0	4394			4150
1997	4343	4304	4295	4260	4337	4369	4347	4282	4287	4351	4334	4334	4323.0	4392			4239
1998	4315	4288	4260	4237	4363	4376	4396	4413	4406	4403	4407	4402	4358.1	4414			4232
1999	4375	4329	4294	4296	4392	4384	4344	4308	4288	4308	4370	4368	4337.8	4400			4277
1974-1999	4321	4288	4257	4268	4345	4356	4340	4325	4329	4358	4378	4359	4329.7	4441	4409	4232	4038

## LAUTAVAARA

O=N43+ 0.00 cm

66 37N

26 23E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1976	17154	17143	17127	17151	17207	17178	17164	17172	17157	17147	17144	17137	17158.7	17215			17127
1977	17133	17117	17102	17101			17200	17186	17176	17175	17174	17174	17156.3	17210			17101
1978	17144	17136	17124	17117	17196	17176	17163	17157	17169	17185	17177	17158	17158.0	17196			17116
1979	17117	17100	17101	17088	17161	17193	17182	17171	17170	17182	17172	17159	17151.3	17198			17083
1980	17150	17137	17125	17118	17151	17189	17172	17163	17157	17164	17165	17145	17153.2	17193			17118
1981	17138	17123	17106	17092	17186	17221	17218	17208	17201	17207	17196	17169	17173.4	17223			17089
1982		17154	17147	17139	17201	17212	17180	17164	17191	17195	17184	17175	17178.3	17232			17136
1983		17153	17142	17146	17209	17202	17201	17189	17187	17197	17198	17174	17182.3	17219			17132
1984	17146	17135	17122	17122	17197	17189	17180	17179	17170	17172	17178	17165	17164.0	17198			17117
1985	17144	17133	17107	17091	17148	17192	17165	17180	17195	17202	17191	17164	17159.5	17204			17088
1986	17141	17125	17111	17098	17172	17193	17170	17175	17172	17169	17178	17172	17158.5	17208			17096
1987	17115	17088	17068	17063	17147	17200	17194	17183	17190	17180	17166	17143	17141.4	17201			17061
1988	17126	17109	17096	17089	17184	17184	17168	17169	17163	17178	17161	17147	17145.8	17192			17088
1989	17134	17122	17110	17171	17220	17203	17179	17170	17167	17163	17165	17143	17164.9	17225			17108
1990	17120	17110	17100	17137	17179	17169	17173	17162	17150	17147	17134	17118	17142.1	17184			17091
1991	17106	17093	17083	17127	17183	17172	17172	17165	17163	17175	17192	17184	17150.5	17199			17081
1992	17159	17152	17141	17132	17210	17198	17208	17230	17225	17207	17182	17182	17186.0	17231			17129
1993	17173	17165	17151	17140	17218	17228	17196	17168	17156	17152	17137	17123	17166.8	17240			17121
1994	17111	17102	17092	17102	17195	17192	17169	17141	17135	17145	17156	17140	17141.6	17198			17089
1995	17124	17114	17109	17115	17158	17200	17192	17166	17163	17162	17178	17157	17152.2	17200			17101
1996	17137	17123	17113	17102	17136	17224	17194	17197	17176	17165	17182	17183	17154.7	17224			17099
1997	17148	17139	17130	17117	17119	17207	17173	17148	17143	17138	17122	17116	17145.6	17217			17115
1998	17099	17100	17078	17079	17200	17204	17206	17207	17200	17207	17194	17181	17166.0	17213			17070
1999	17164	17152	17136	17175	17211	17201	17190	17168	17166	17167	17173	17159	17171.7	17216			17128
1976-1999	17135	17126	17113	17117	17182	17196	17183	17175	17172	17174	17170	17157	17159.3	17240	17209	17103	17061

## VALLOVAARA

O=OMA+ 0.00 cm

66 51N

28 25E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974								19699	19701	19709	19697	19683	19698.0	19711			19678
1975	19669	19657	19645	19638	19703	19732	19697	19703	19704	19728	19734	19711	19694.4	19737			19635
1976	19690	19678	19668	19645	19688	19715	19704	19704	19695	19687	19677	19655	19684.0	19721			19640
1977	19643	19631	19617	19604	19667	19728	19729	19731	19711	19698	19707	19698	19680.2	19737			19602
1978	19678	19662	19648	19634	19645	19686	19678	19681	19685	19691	19697	19697	19673.3	19698			19626
1979	19677	19652	19615	19598	19623				19688	19670	19670	19665	19651.8	19691			19597
1980	19644												19644.0	19646			19642
1981	19644	19628	19620	19610	19638	19669	19657	19651	19651				19639.4	19669			19609
1982	19697	19688	19676	19665	19724	19778	19768	19735	19736	19726			19722.5	19792			19664
1983						19730	19716	19724	19724	19721	19708	19692	19715.3	19737			19687
1984	19672	19661	19648	19634	19714	19717	19711	19712	19704	19707	19707	19693	19688.7	19729			19631
1985	19672	19652	19634	19626	19637	19683	19694	19679	19696	19707	19720	19696	19676.0	19722			19622
1986	19676	19657	19638	19625	19645	19698	19693	19682	19678	19670	19677	19669	19667.9	19703			19624
1987	19652	19631	19607	19590	19595	19599	19613	19642	19671	19682	19677	19664	19636.0	19683			19587
1988	19652	19630	19619	19605	19627	19664	19671	19656	19681	19688		19674	19653.6	19691			19600
1989	19652	19642	19631	19622	19721	19764	19740	19744	19713	19710	19706	19704	19699.1	19771			19621
1990	19671	19658	19650	19640	19679	19691	19695	19692	19673	19662	19656	19643	19668.2	19700			19636
1991	19623	19607	19596	19591	19613	19683	19701	19686	19676	19691	19707	19705	19655.0	19707			19589
1992	19689	19671	19653	19643	19678	19727	19740	19777	19820	19831	19791	19762	19732.5	19842			19641
1993	19745	19709	19695	19678	19741	19799	19775	19738	19719	19690	19677	19674	19723.3	19801			19674
1994	19654	19641	19628	19620	19678	19702	19704	19683	19669	19662	19661	19650	19663.3	19712			19618
1995	19638	19628	19617	19608	19619	19712	19713	19704	19704	19694	19706	19694	19670.9	19722			19604
1996	19676	19661	19658	19633		19702	19722	19721	19703	19688	19690	19687	19685.9	19729			19630
1997	19665	19649	19641	19632	19634	19743	19730	19692	19675	19668	19659	19643	19671.6	19748			19620
1998	19631	19618	19603	19593	19679	19747		19746	19737	19758	19766	19746	19692.4	19774			19593
1999	19710	19685	19672	19662	19705	19732	19718	19696	19677	19679		19681	19692.9	19732			19662
1974-1999	19667	19652	19638	19625	19666	19713	19707	19703	19699	19700	19699	19686	19680.0	19842	19727	19628	19587

SODANKYLÄ O=N60+ 0.00 cm 67 23N 26 37E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MINW	NW
1974					17979	18010	18024	18026	18026	18028	18012	17999	18013.7	18030			17957
1975	17991	17984	17979	17973	18018	18025	18011	18000	17995	18004	18001	17988	17998.5	18033			17972
1976		17973	17969	17968	18003	18012	18004	18003	17991	17981	17973	17966	17987.2	18020			17965
1977	17962	17957	17953	17949	18011	18033	18026	18022	18007	17996	18011	17999	17992.5	18038			17948
1978	17988	17980	17974	17968	17992	18009	18000	17992	17991	17995	17988	17980	17987.7	18016			17967
1979	17967	17959	17950	17944	17986	18005	18004	18000	17989	17987	17981	17975	17978.4	18006			17944
1980	17969	17963	17958	17953	17999	18012	18000	17979	17976	17987	17977	17964	17977.6	18018			17953
1981	17956	17950	17945	17939	17971	18022	18027	18016	18006	18015	18001	17991	17988.5	18031			17936
1982	17982	17973	17967	17962	18004	18024	18004	17990	17991	17991	17981	17977	17988.3	18033			17960
1983	17967	17960	17955	17967	18013	18008	18006	18005	17987	17996	17989	17978	17985.7	18014			17950
1984	17969	17962	17955	17949	18008	18007	18001	18016	18001	17995	17990	17979	17985.9	18021			17949
1985	17968	17959	17945	17938	17966	18000	17994	17988	18006	18016	18005	17992	17980.6	18018			17937
1986	17980	17969	17958	17951	17992	18011	17997	17999	17999	17994	17996	17995	17986.4	18016			17950
1987	17973	17958	17950	17943	17978	18010	18006	18003	18016	18002	17995	17978	17984.8	18018			17942
1988	17966	17957	17951	17942	17975	17996	17984	17976	17975	17986	17976	17965	17970.1	17996			17941
1989	17954	17950	17944	17963	18021	18020	18001	17993	17979	17971	17970	17972	17978.0	18028			17941
1990	17961	17951	17946	17959	17983	17984	17991	17983	17975	17968	17961	17953	17968.6	17992			17941
1991	17946	17940	17934	17937	17974	17993	17987	17974	17964	17967	17969	17960	17963.1	17994			17932
1992	17951	17937	17923	17921	18001	17990	17992	18014	18026	18007	17986	17975	17976.1	18030			17919
1993	17966	17958	17950	17946	18026	18023	17996	17985	17972	17959	17948	17941	17970.2	18028			17939
1994	17934	17929	17922	17930	17981	17978	17967	17955	17943	17937	17941	17934	17945.2	17984			17920
1995	17928	17924	17918	17920	17958	17996	17985	17975	17970	17964	17975	17962	17955.5	18002			17916
1996	17961	17954	17947	17942	17948	18021	18012	17994	17987	17974	17981	17978	17976.9	18023			17939
1997	17968	17958	17954	17945	17971	18013	17995	17981	17977	17974	17962	17953	17971.2	18019			17944
1998	17948	17942	17937	17932	17983	18024	18007	17996	17995	18004	18001	17983	17982.2	18034			17931
1999	17976	17967	17960	17955	17999	18001	17989	17977	17968	17963	17964	17962	17974.4	18011			17953
1974-1999	17963	17956	17949	17947	17990	18008	18000	17993	17988	17986	17982	17973	17979.5	18038	18017	17944	17916

MUONIO O=OMA+ 0.00 cm 68 07N 23 20E

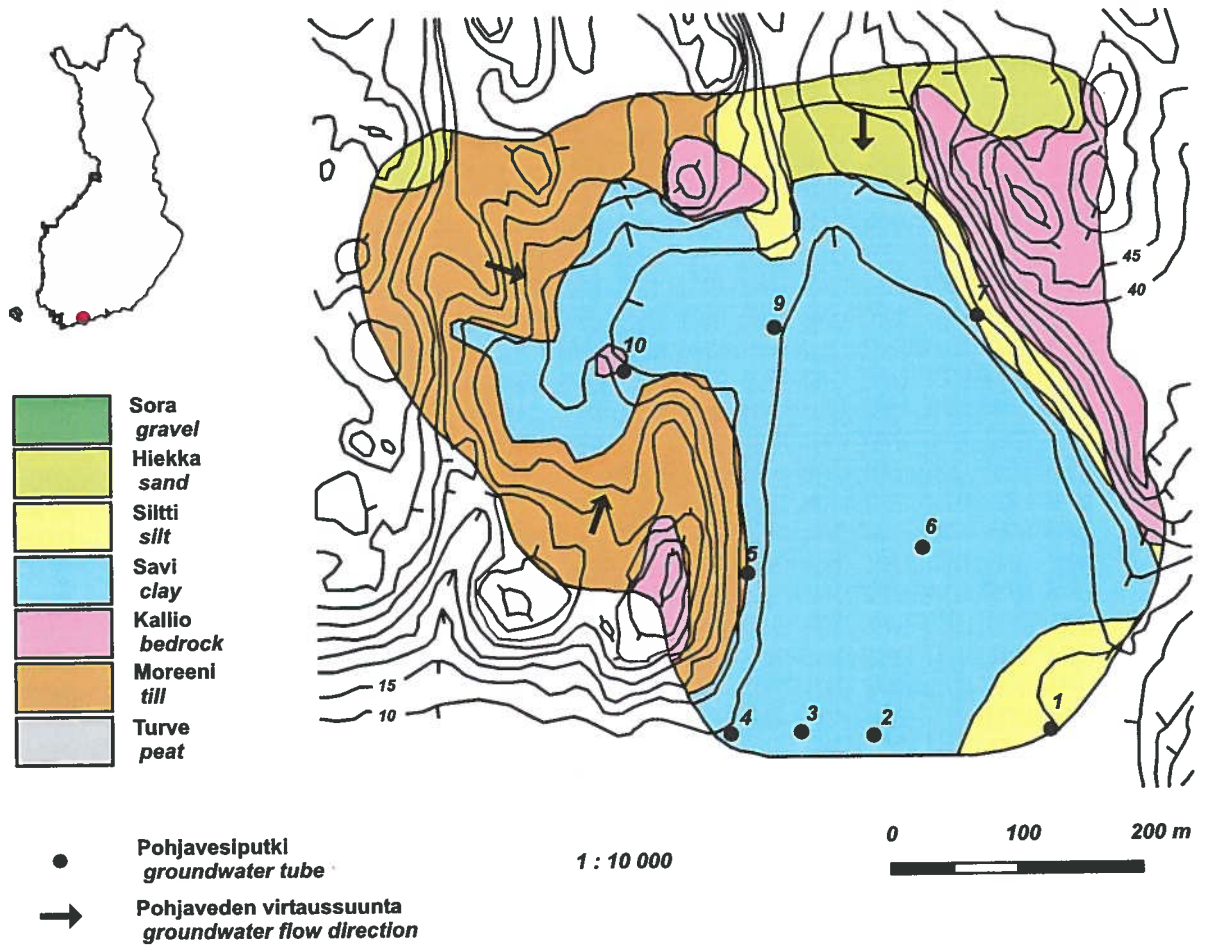
Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MINW	NW
1976	577	569	562	557	567	577	576	575	573	567	564	560	568.8	579			551
1977	558	553	547	545	547	570	597	618	615	606	597	595	582.0	621			537
1978	593	593	577	571	574	586	589	589	586	592	595	590	586.4	598			567
1979	573	566	561	556	555	569	582	587	588	587	587	577	574.1	588			550
1980	575	573	563	556	569	590	591	584	590	576	566	561	573.7	598			556
1981	558	550	538	531	547	577	606	604	601	605	602	598	576.3	613			529
1982	607	587	576	569	571	578	582	587	600	608	605		589.2	611			567
1983	593	583	575	568	584	591	593	594	594	598	604	599	590.1	606			568
1984	592	584	578	569	593	606	610	614	619	609	606	596	597.1	626			567
1985	586	579	576	567	567	584	602	610	616	627	623	615	592.4	629			562
1986	599	591	582	573	588	599	595	606	609	601	599	590	594.0	612			572
1987	583	576	570	562	574	593	598	599	607	608	603	599	588.3	609			560
1988																	
1989	575	569	565	559	585	602	605	602	600	601	595	589	586.9	606			558
1990	582	574	566	564	577	583	591	596	598	596	592	586	584.0	599			560
1991	582	574	568	565	571	587	603	606	608	610	610	604	590.8	612			564
1992	598	590	585	578	607	616	612	615	629	631	628	610	608.5	636			578
1993	604	597	587	581	594	614	622	622	620	613	606	599	606.2	624			581
1994	594	586	580	574	586	602	607	601	595	589	585	581	590.3	608			574
1995	575	568	563	557	566	596	606	603	603	600	592	591	585.3	608			554
1996	584	578	571	565	566	586	597	604	600	594	595	585	585.2	605			562
1997	581	575	569	563	570	598	603	595	589	585	579	584	583.0	605			563
1998	568	558	555	550	569	593	612	614	611	609	610	610	588.5	614			549
1999	595	591	578	574	595	603	610	622	619	614	610	606	601.0	622			569
1976-1999	584	576	569	563	574	591	599	602	603	601	597	592	587.9	636	609	560	529

NELLIM O=OMA+ 0.00 cm 68 51N 28 18E

Vuosi	Vedenkorkeuden kuukausikeskiarvoja												Vedenkorkeuden keski- ja ääriarvoja				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	MW	HW	MHW	MNW	NW
1974					12843	12894	12874	12893	12875	12861	12841	12821	12868.8	12918			12805
1975	12791	12764	12755	12742	12857	12905	12881	12893	12884	12889	12866	12835	12844.2	12921			12739
1976	12801	12768	12753	12734	12770	12829	12824	12831	12829	12829	12806	12781	12794.7	12841			12733
1977	12758	12738	12724	12711	12798	12930	12898	12862	12831	12812	12819	12800	12806.8	12932			12706
1978	12778	12757	12741	12726	12771	12881	12864	12864	12859	12862	12838	12807	12810.9	12892			12711
1979	12767	12745	12727	12713	12806	12912	12875	12833	12834	12831	12813	12791	12806.5	12918			12709
1980	12768	12748	12731	12717	12791	12882	12868	12830	12811	12798	12778	12762	12788.1	12889			12715
1981	12749	12733	12714	12701	12807	12920	12920	12879	12858	12878	12848	12814	12816.8	12927			12698
1982	12784	12756	12732	12722	12809	12906	12894	12885	12915	12885	12852	12823	12835.5	12920			12718
1983	12792	12776	12755	12741	12889	12891	12868	12850	12826	12841	12830	12806	12826.9	12913			12738
1984	12783	12763	12745	12730	12880	12896	12909	12892	12852	12835	12823	12800	12822.4	12925			12728
1985	12764	12741	12723	12710	12702	12856	12857	12849	12871	12905	12881	12839	12813.2	12907			12702
1986	12800	12776	12756	12739	12743	12897	12845	12921	12891	12875	12868	12835	12825.3	12921			12738
1987	12786	12758	12729	12717	12727	12893	12878	12880	12904	12866	12837	12805	12822.1	12916			12713
1988	12776	12754	12730	12718	12786	12873	12868	12906	12875	12866	12841	12823	12821.2	12919			12710
1989	12795	12771	12755	12787	12910	12924	12893	12866	12851	12837	12833	12816	12841.7	12924			12751
1990	12787	12762	12751	12763	12844	12856	12865	12853	12815	12802	12783	12766	12805.8	12883			12738
1991	12746	12731	12717	12733	12798	12840	12842	12808	12810	12837	12827	12804	12790.0	12853			12711
1992	12785	12775	12757	12742	12898	12883	12916	12921	12901	12864	12833	12811	12840.7	12939			12739
1993	12796	12776	12751	12734	12894	12930	12890	12837	12805	12808	12789	12777	12814.3	12940			12732
1994	12752	12733	12721	12715	12854	12894	12861	12839	12805	12790	12783	12773	12794.7	12899			12714
1995	12748	12730	12719	12710	12746	12897	12877	12865	12861	12861	12832	12817	12799.3	12905			12710
1996	12792	12768	12750	12736	12736	12910	12907	12861	12839	12815	12836	12813	12811.9	12915			12726
1997	12789	12766	12743	12725	12833	12882	12842	12806	12789	12786	12774	12778	12787.9	12906			12722
1998	12746	12730	12710	12696	12823	12922	12894	12866	12858	12858	12854	12824	12813.4	12926			12695
1999	12799	12784	12741	12731	12802	12865	12866	12892	12895	12897	12893	12851	12834.6	12922			12726
1974-1999	12777	12756	12737	12727	12812	12891	12876	12864	12851	12845	12829	12806	12816.8	12940	12910	12724	12695

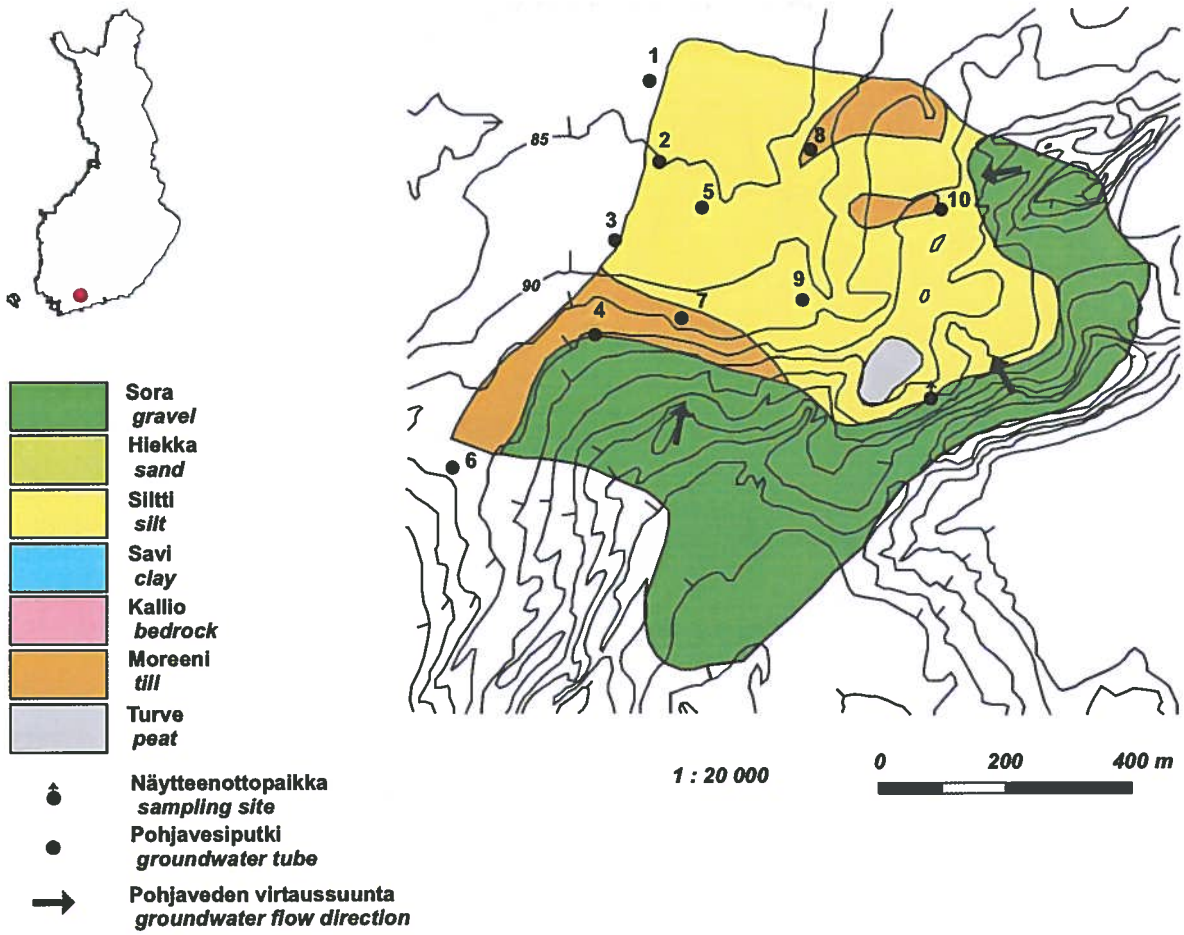
MW = Keskiarvo, HW = Korkein arvo, MHW = Vuosimaksimin keskiarvo, MNW = Vuosiminimin keskiarvo, NW = Alin arvo

## Liite 2. Pohjavesiasemien värikartat.



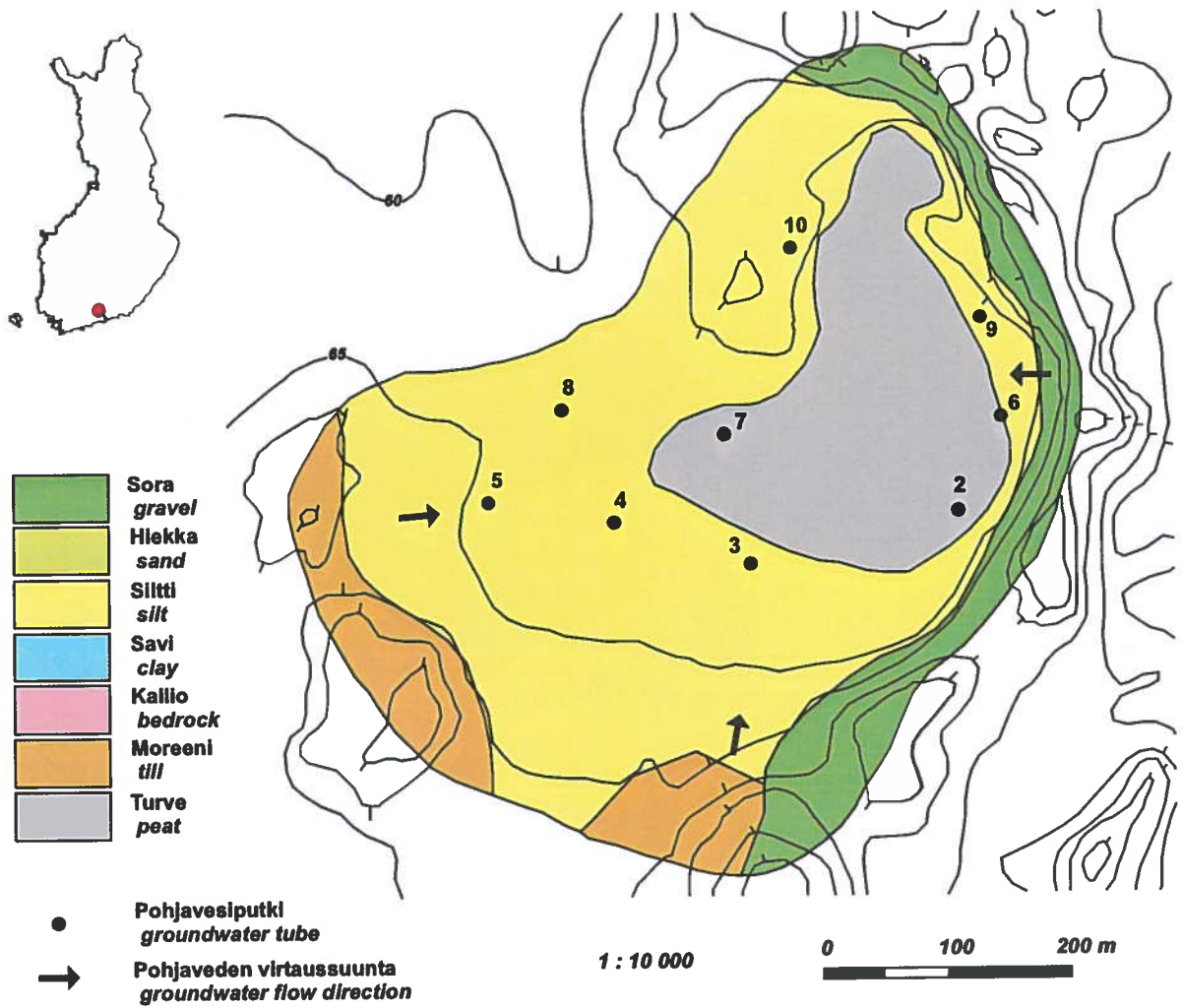
Kuva 4.1.1. Siuntion pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputket ja pohjaveden virtaussuunnat.





Kuva 4.2.1. Karkkilan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti ja pohjaveden virtaussuunnat.

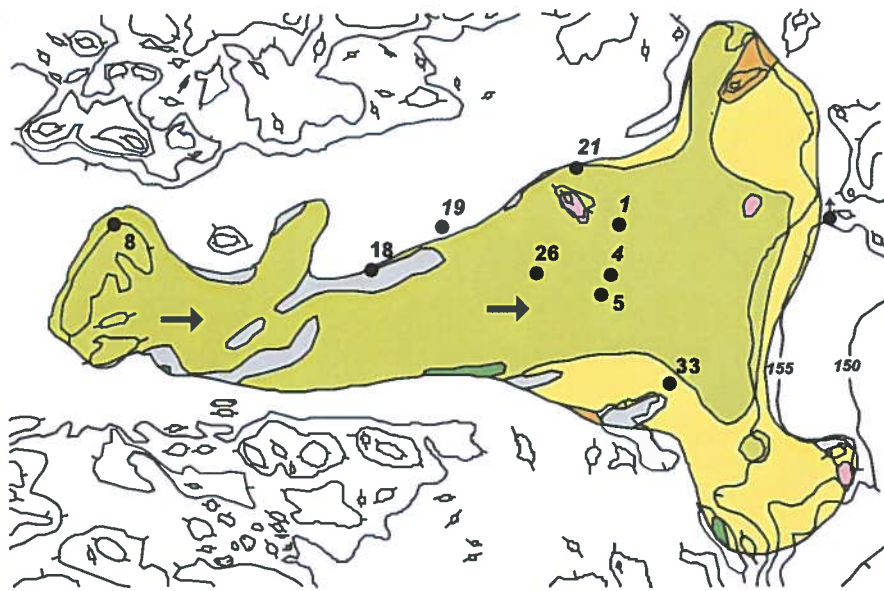
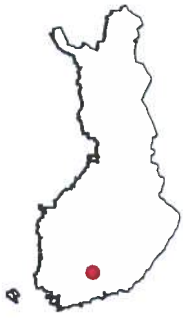




Kuva 4.3.1. Orimattilan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti ja pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.4.1. Tullinkankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

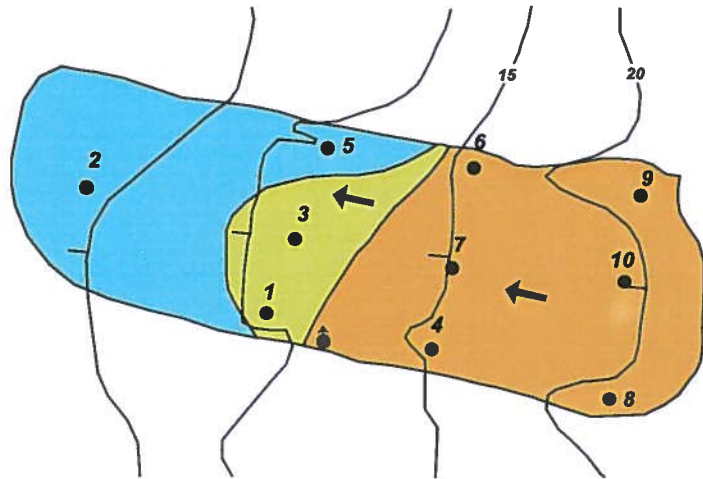
Kuva 4.5.1. Jomalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



1 : 20 000



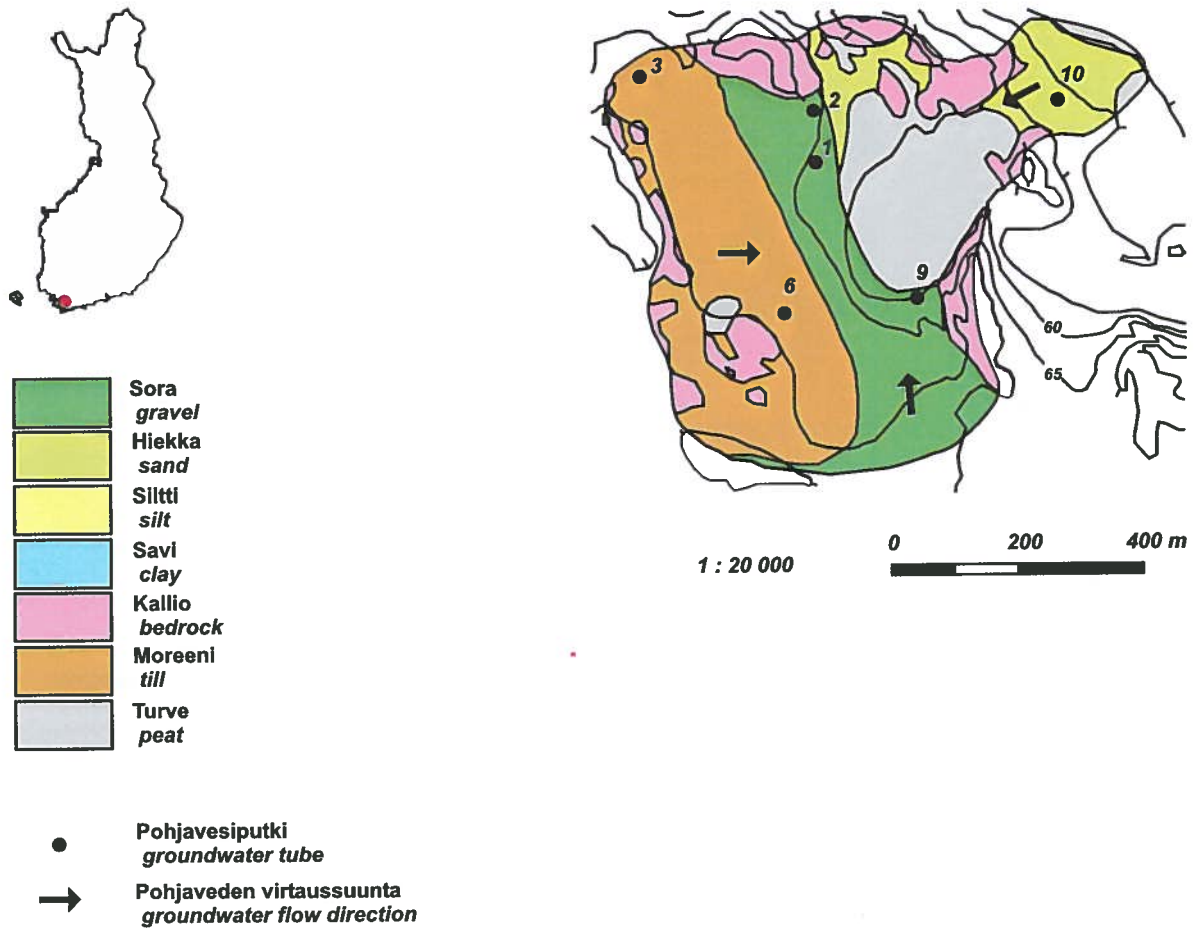
- Näytteenottopaikka sampling site
- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction



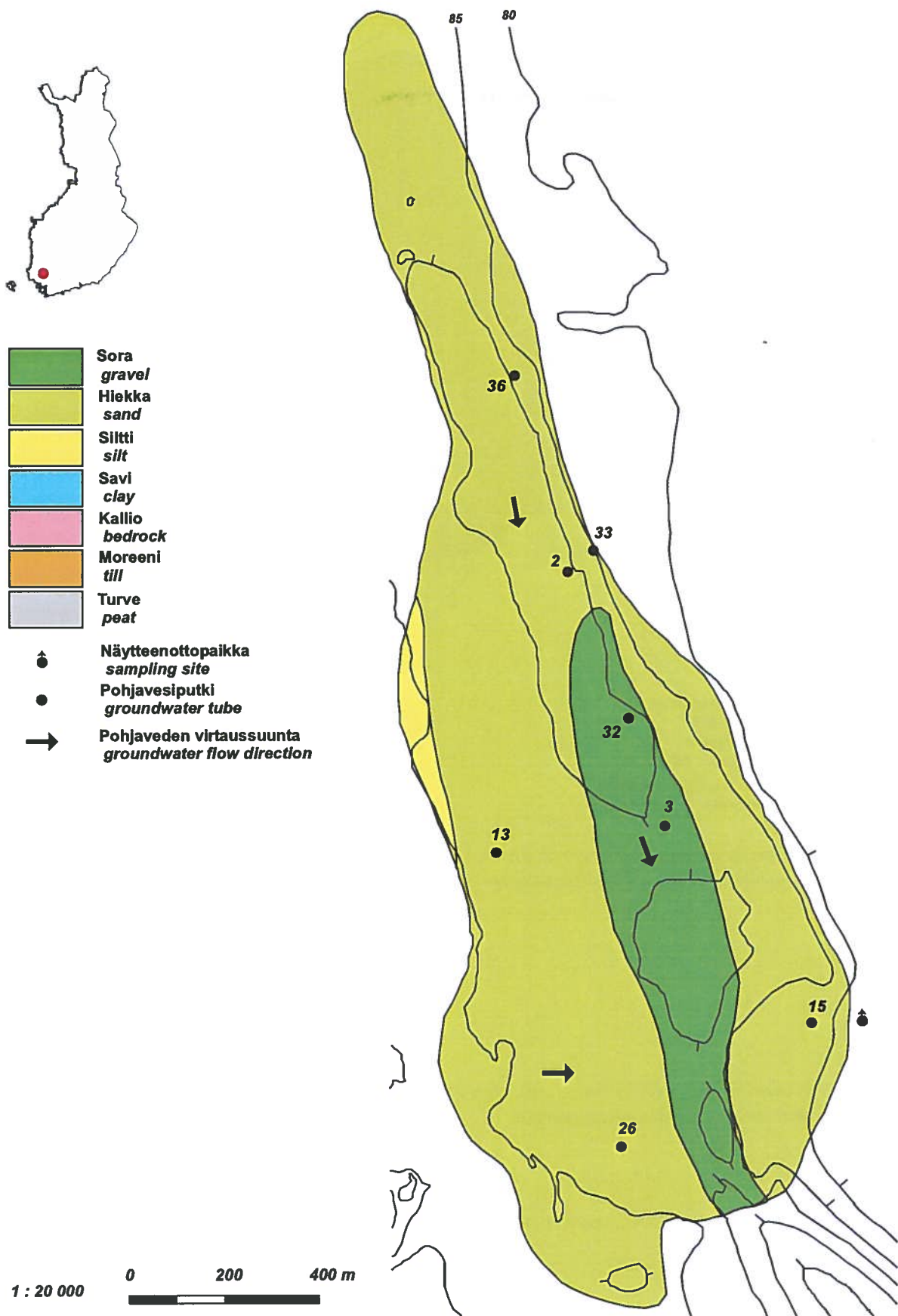
1 : 10 000



- Näytteenottopaikka sampling site
- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction

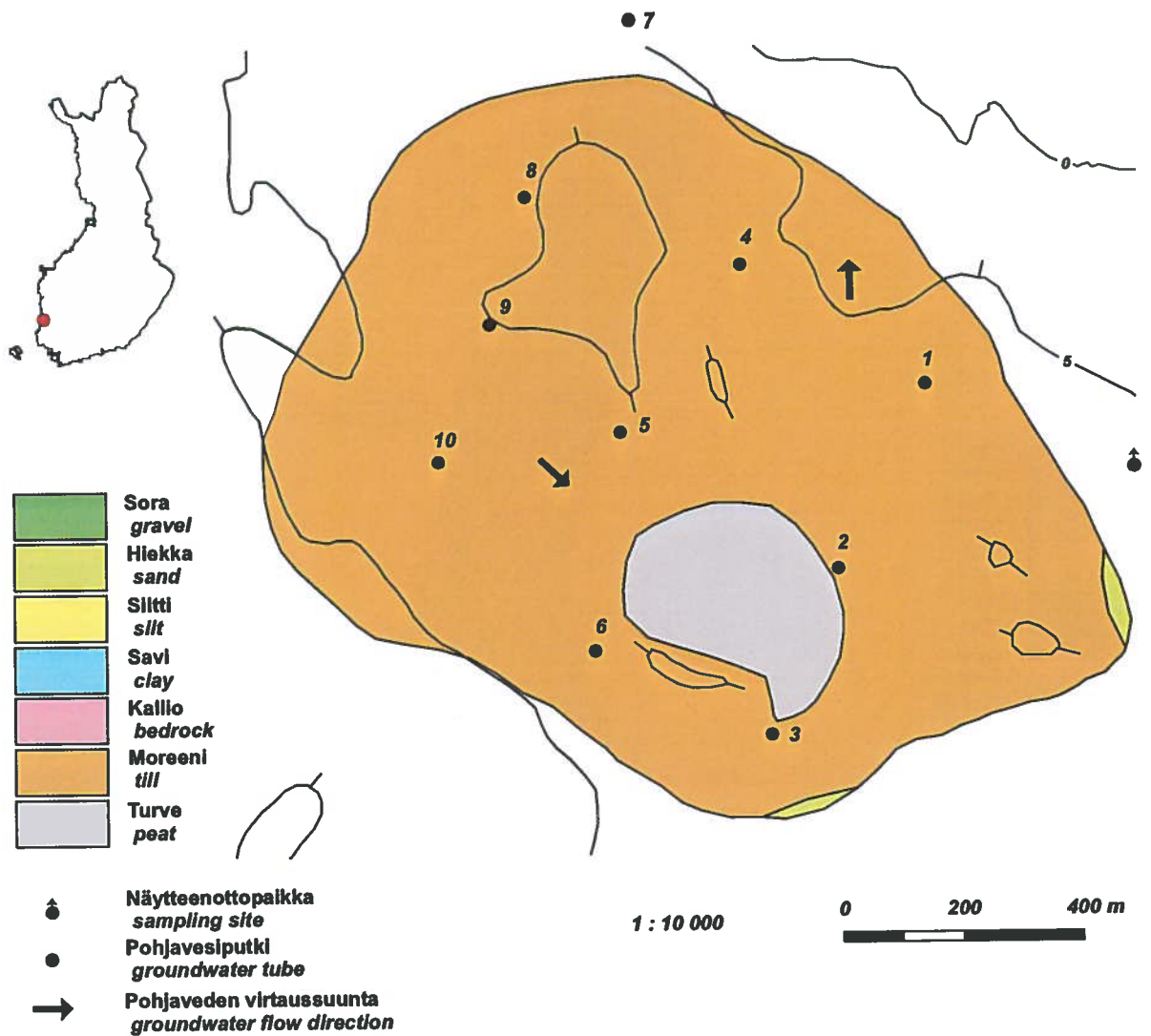


Kuva 4.6.1. Perniön pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.7.1. Oripään pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.





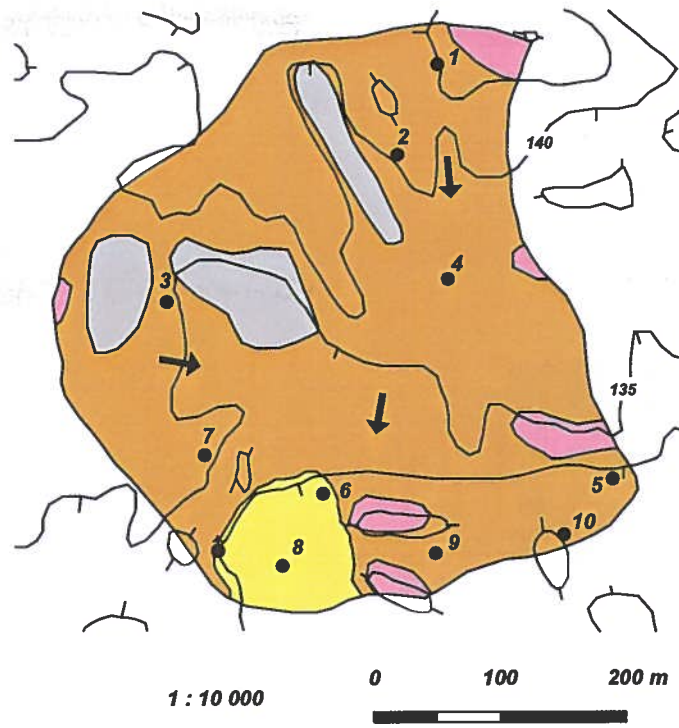
Kuva 4.8.1. Kuuminaisten pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
 paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.9.1. Oriveden pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
 paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

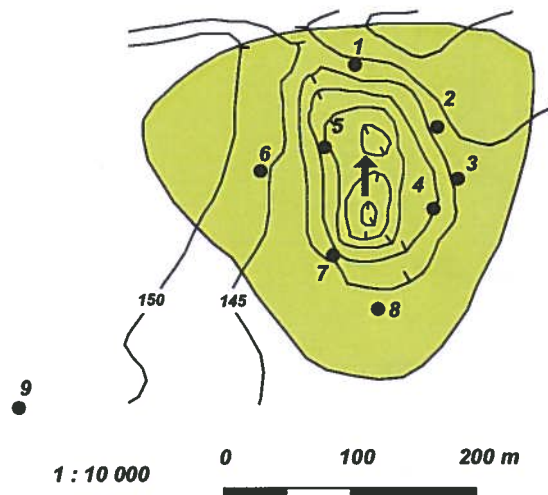
Kuva 4.10.1. Jämijärven pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä  
 pohjaveden virtaussuunnat.



- Näytteenottopalkka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

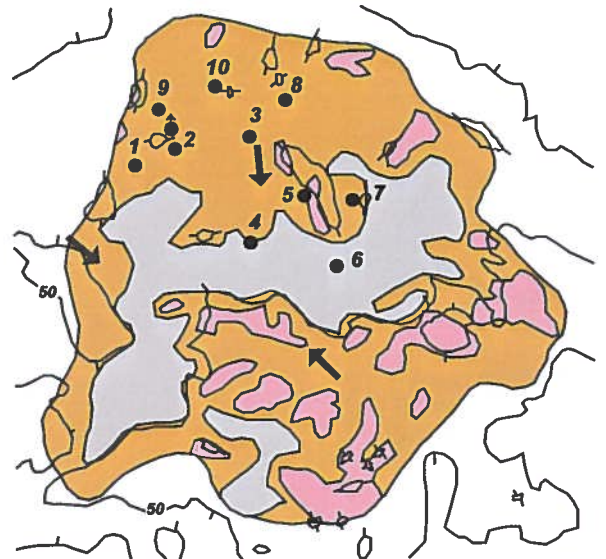


- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

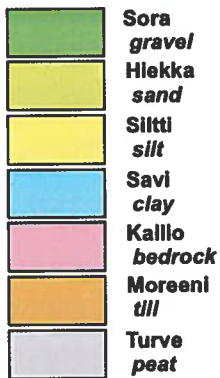




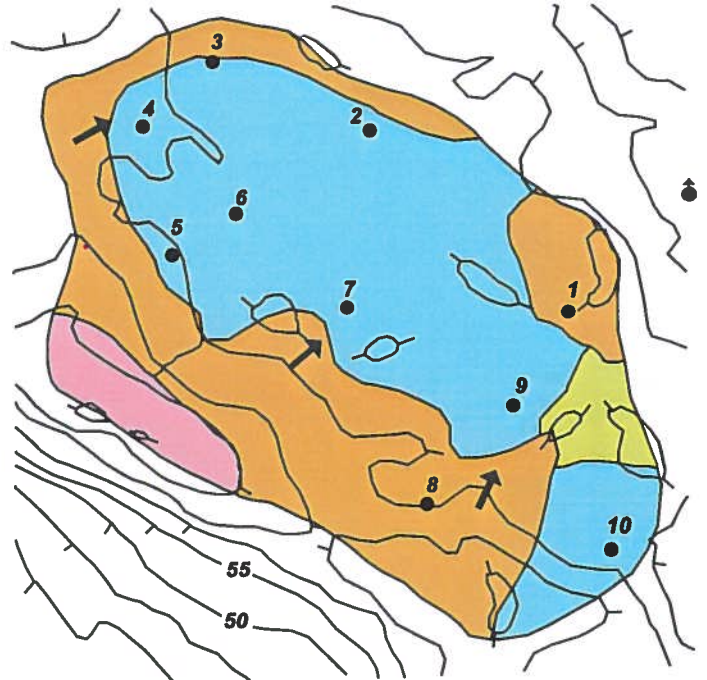
- Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 20 000

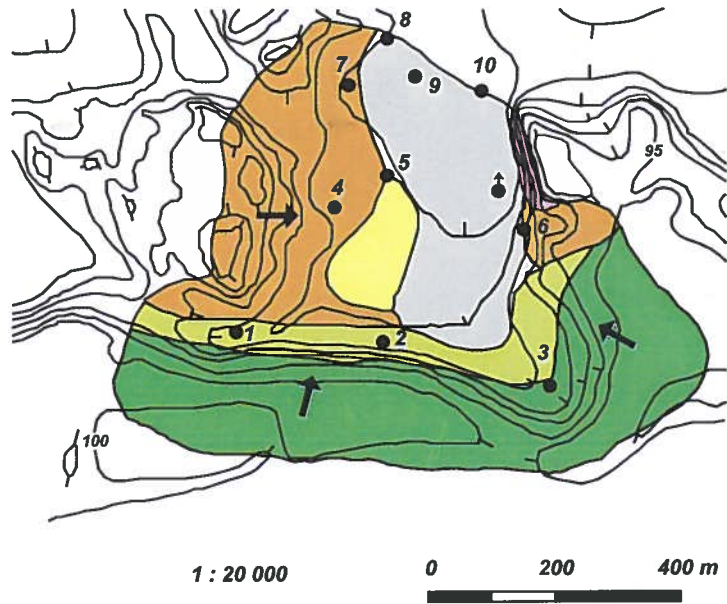
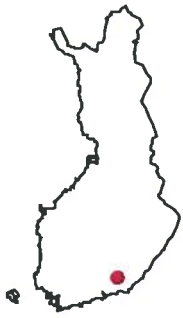


- Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000

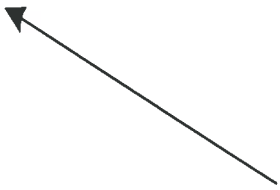




- Sora  
gravel
- Hiekka  
sand
- Silt  
silt
- Savi  
clay
- Kallio  
bedrock
- Moreeni  
till
- Turve  
peat

- ↑ Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

Kuva 4.13.1. Valkealan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

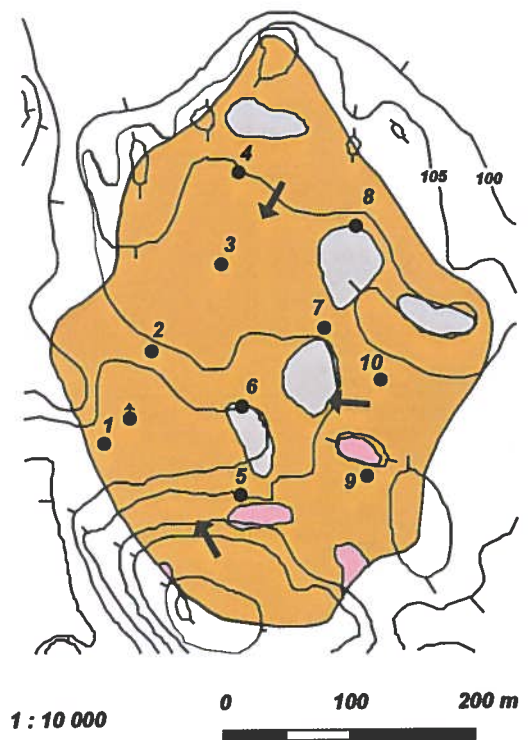
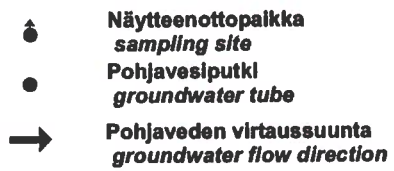


Kuva 4.11.1. Siikaisten pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

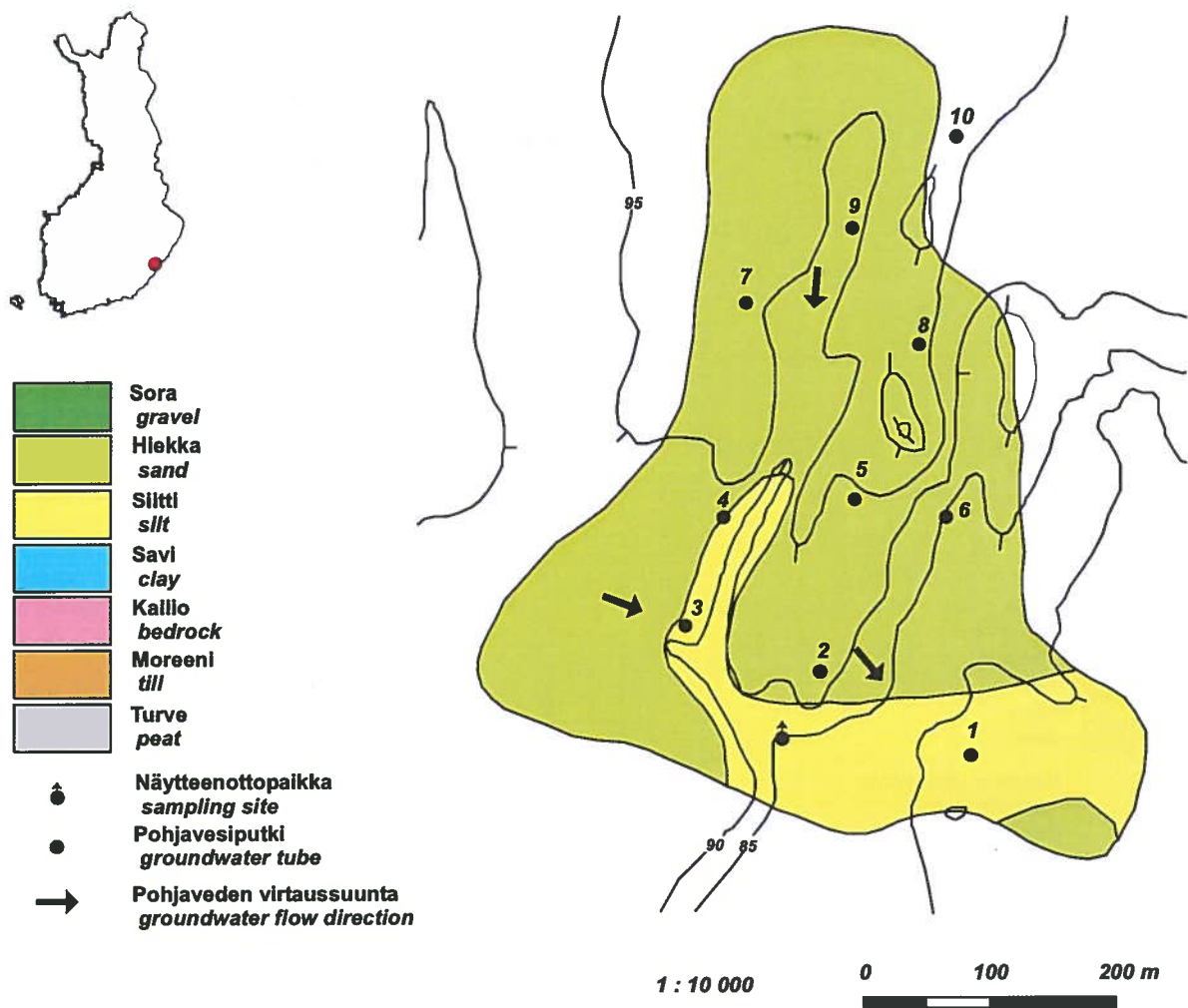


Kuva 4.12.1. Elimäen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.





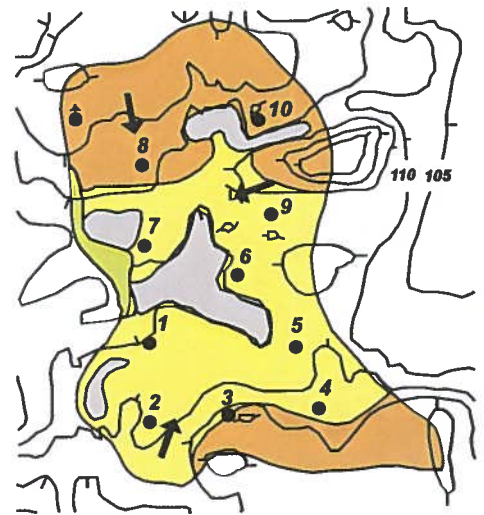
Kuva 4.14.1. Kotaniemen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenot-  
topaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.15.1. Parikkalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



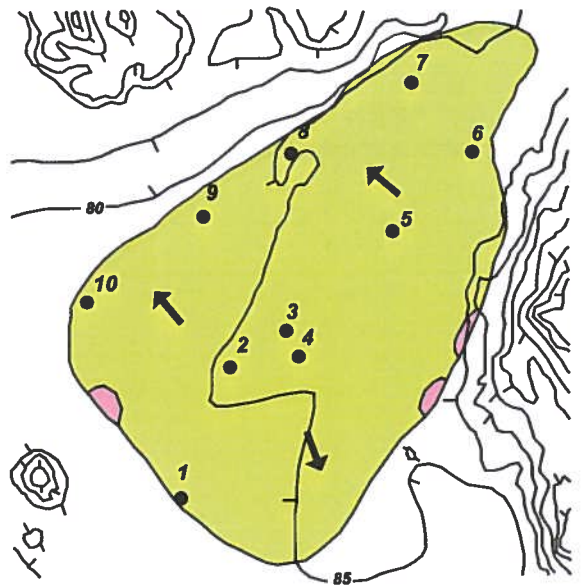
- Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 20 000

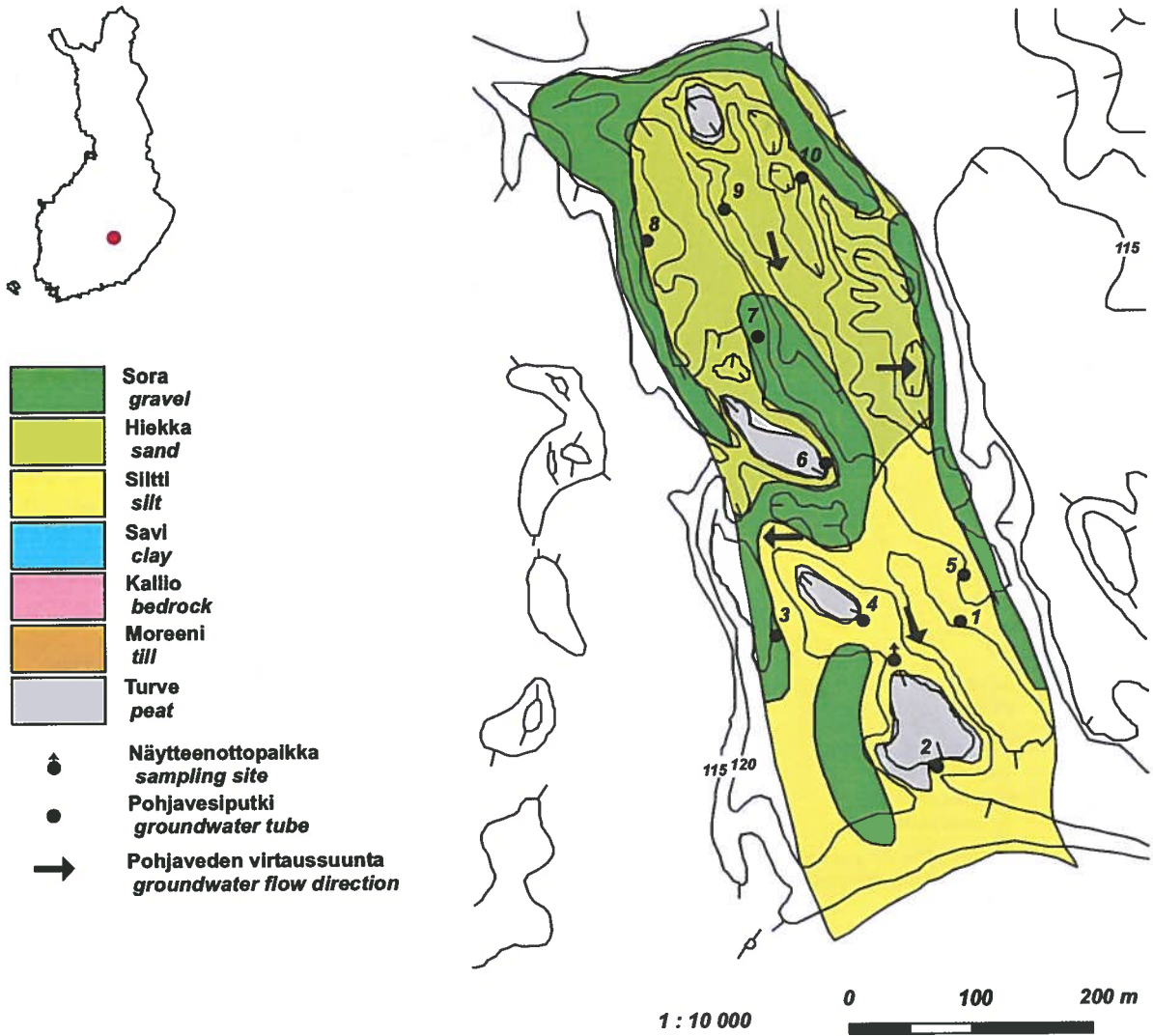


- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 20 000





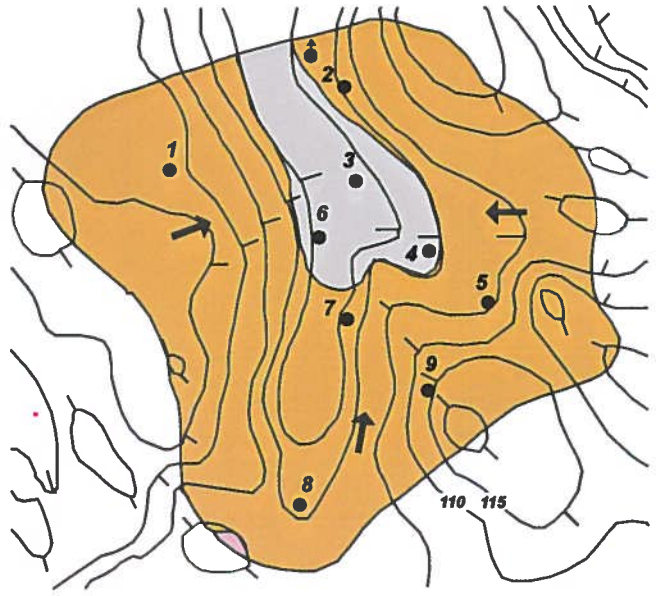
Kuva 4.18.1. Naakkiman pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.16.1. Pertunmaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.17.1. Pistohiekan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



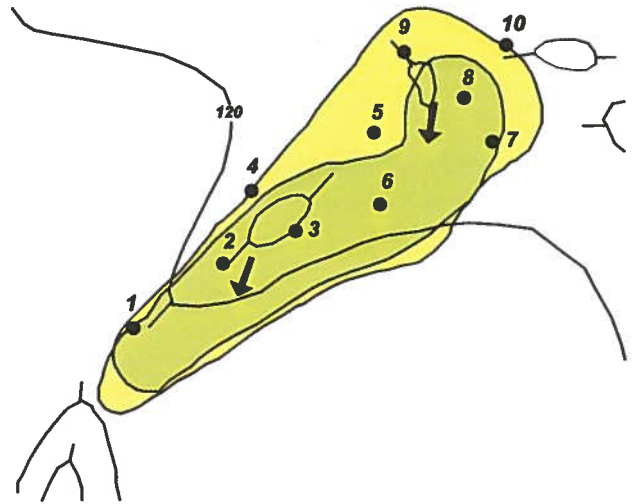
- Näytteenottoaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000 0 100 200 m



- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000 0 100 200 m

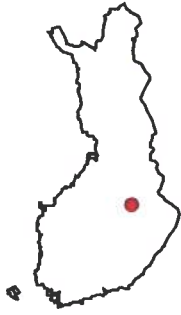




Kuva 4.21.1. Viinikkalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.19.1. Heinäveden pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.20.1. Talluskylän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



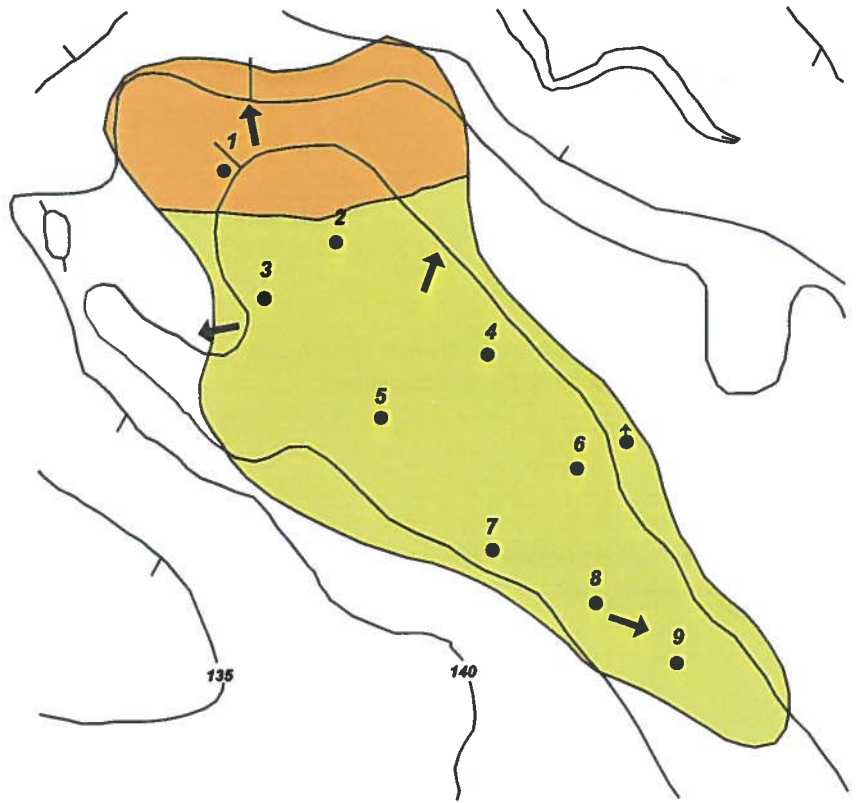
- Näytteenottoaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 20 000

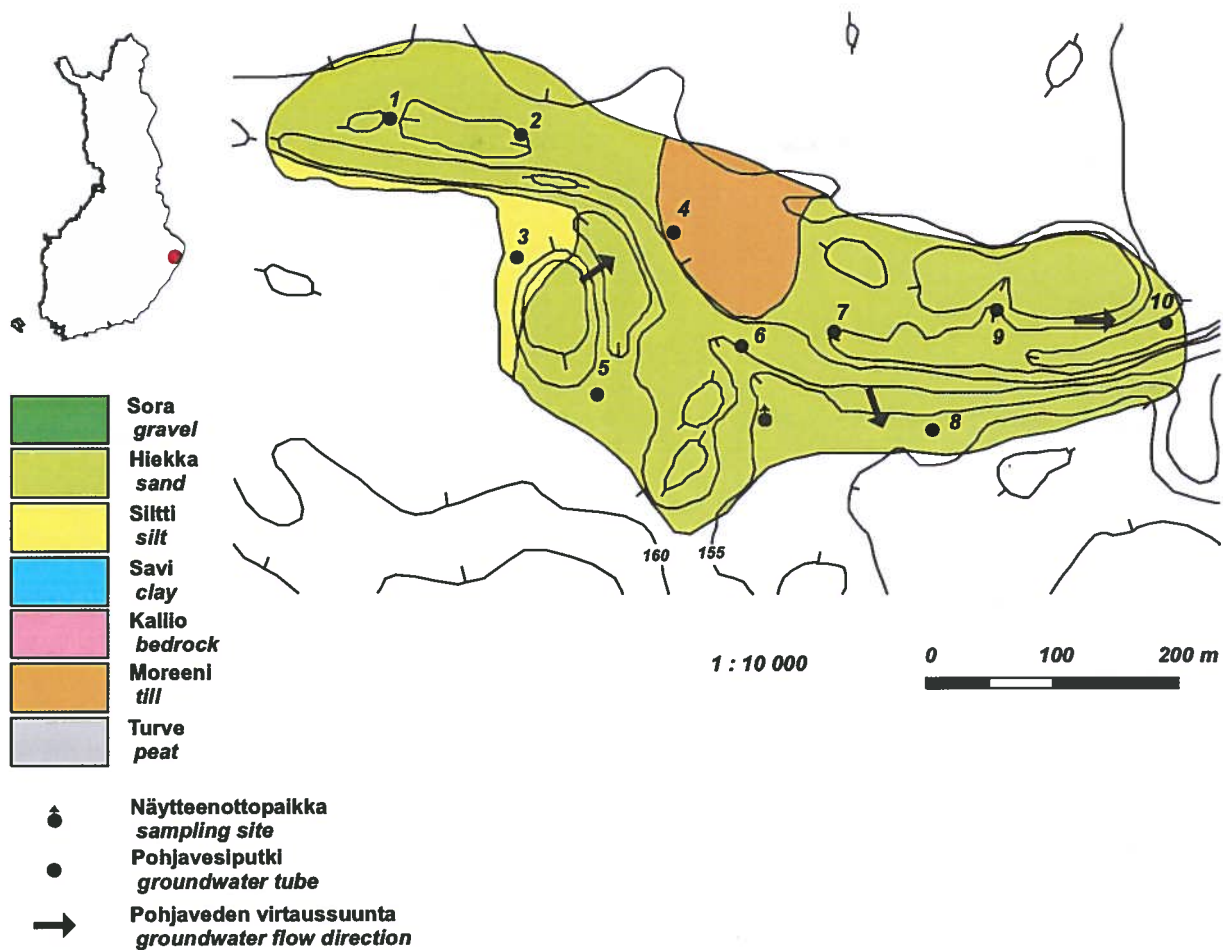


- Näytteenottoaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000





Kuva 4.24. I. Kuusensaaran pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.22. I. Kangaslahden pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.23. I. Akonjoen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.





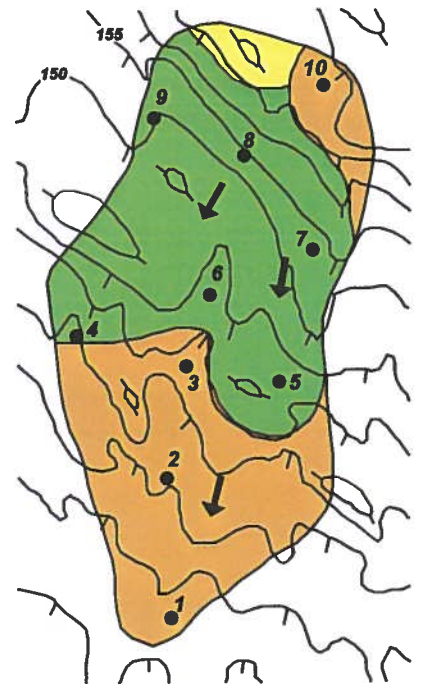
- Näytteenottopalkka sampling site
- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction



1 : 20 000

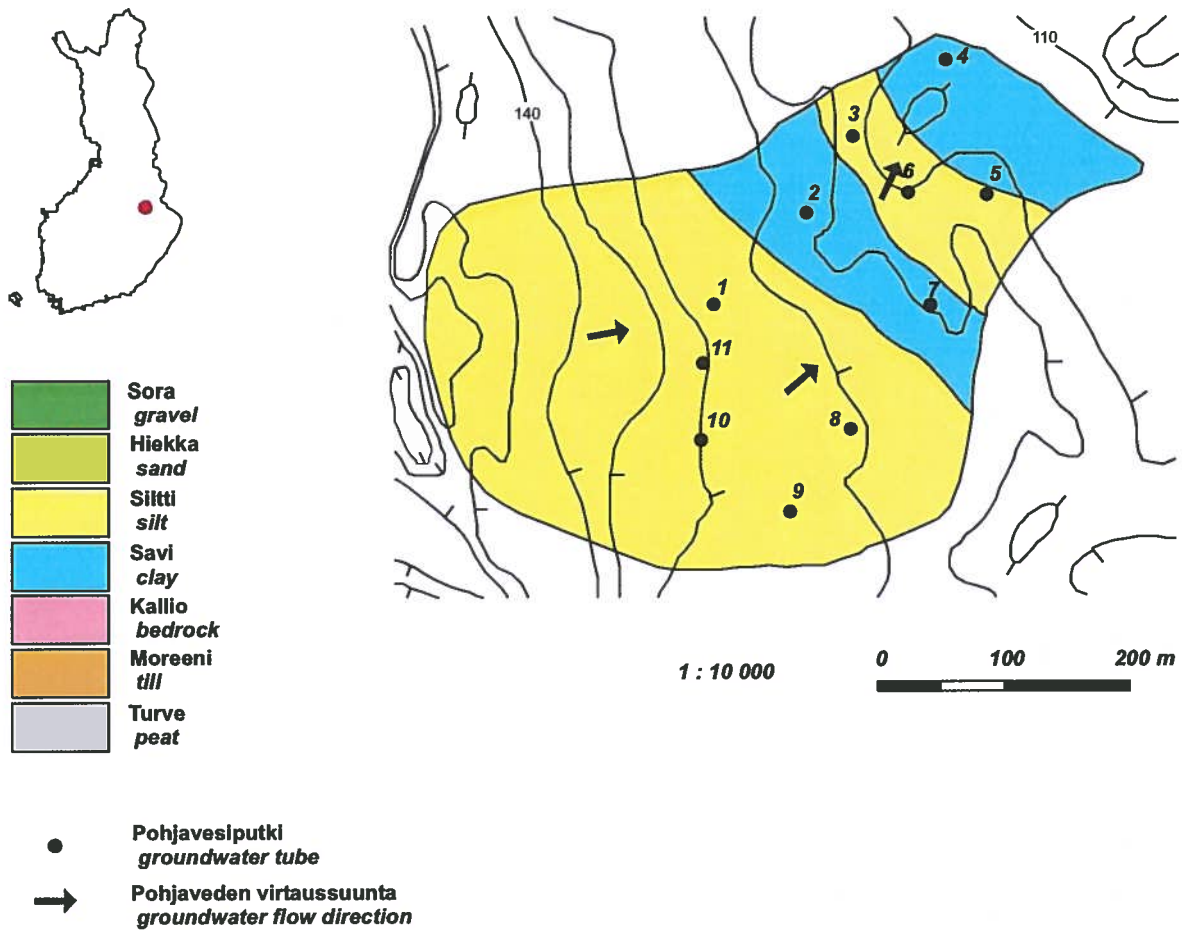


- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction



1 : 10 000





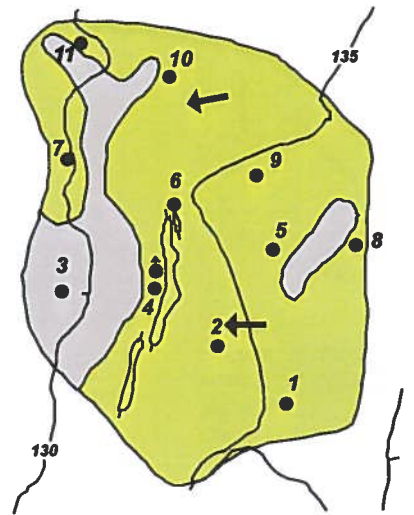
Kuva 4.27. I. Juutilankankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.25. I. Jaamankankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.26. I. Jakokosken pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



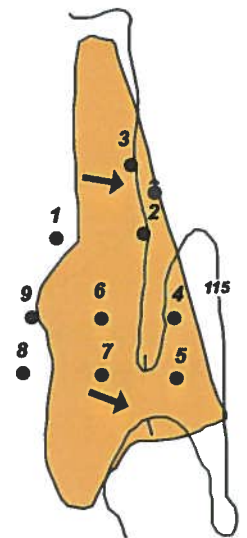
- Näytteenottopalkka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 20 000

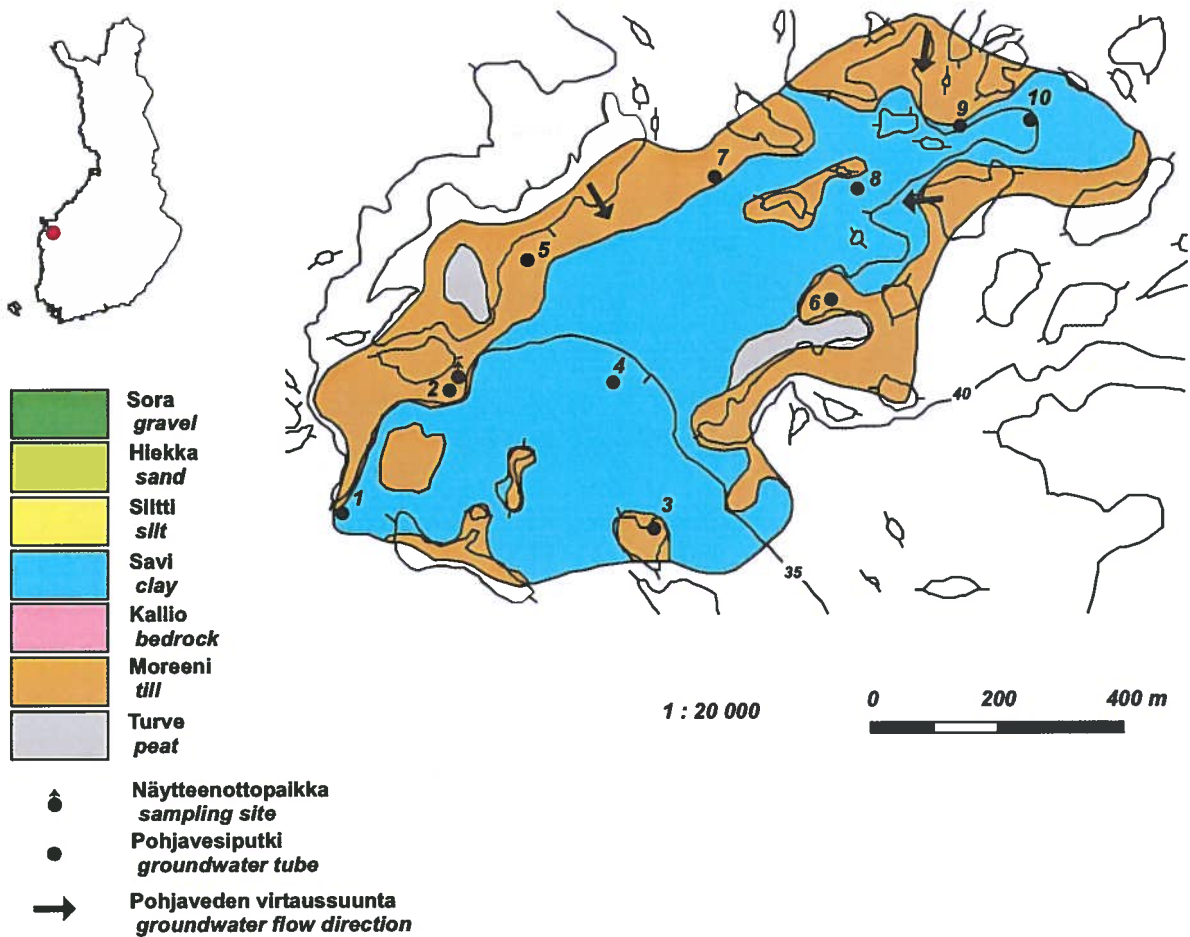


- Näytteenottopalkka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

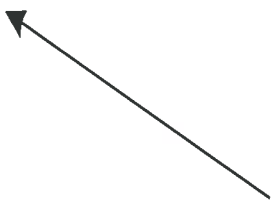


1 : 20 000





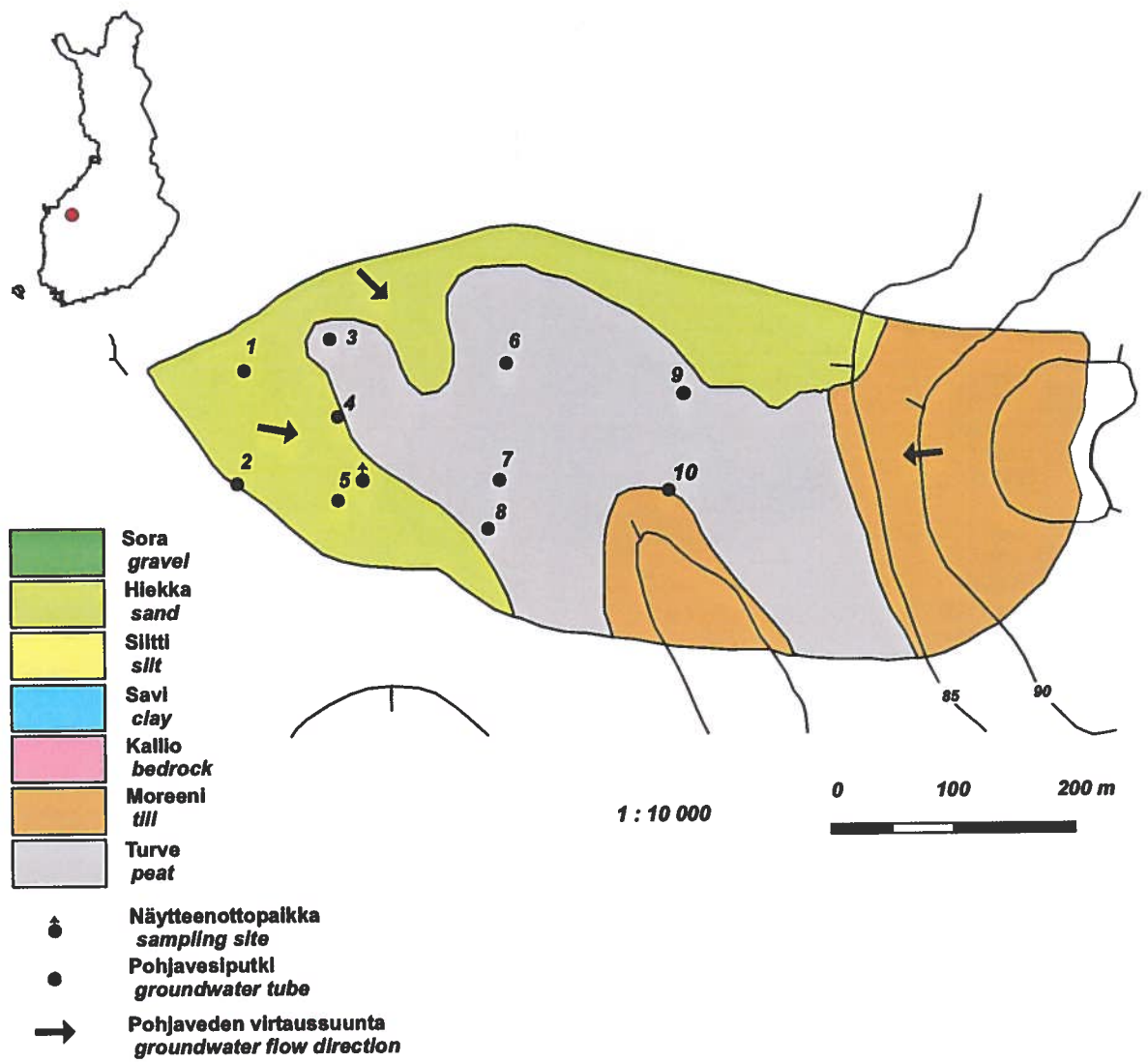
Kuva 4.30. I. Laihian pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.28. I. Rajamäen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.29. I. Taipaleen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.31.1. Lummukan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

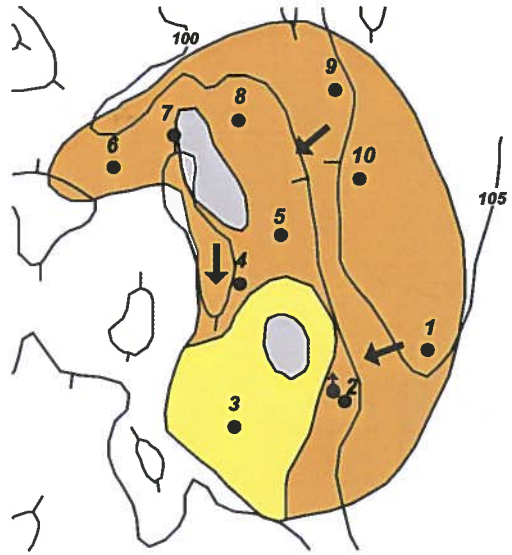
Kuva 4.32.1. Mutkalan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.33.1. Vehkoon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

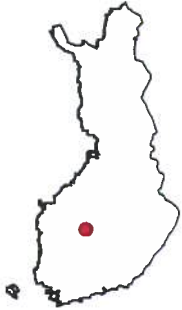




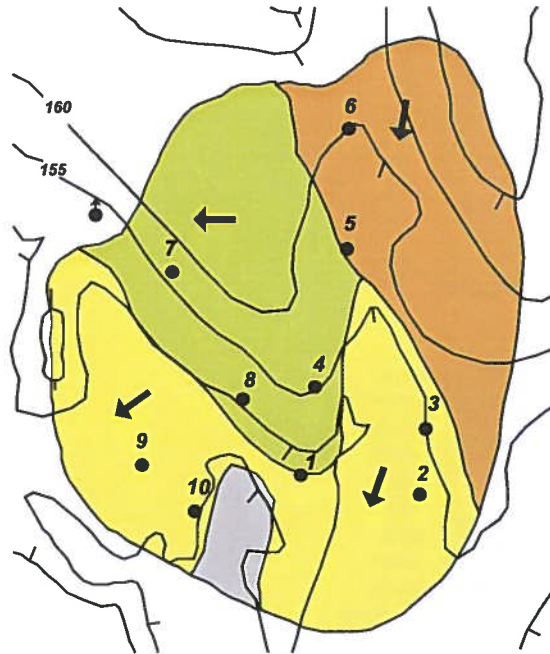
- Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000

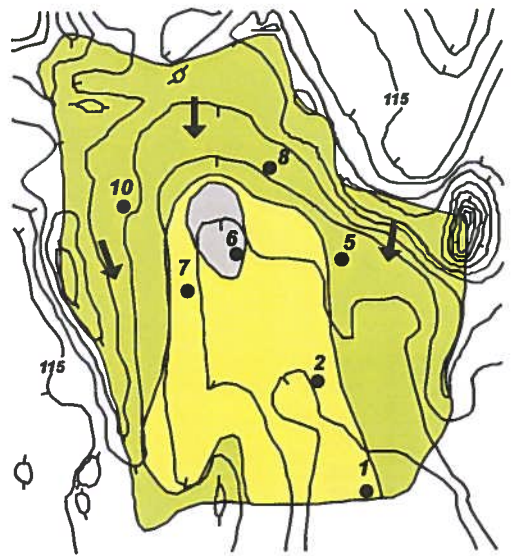


- Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000

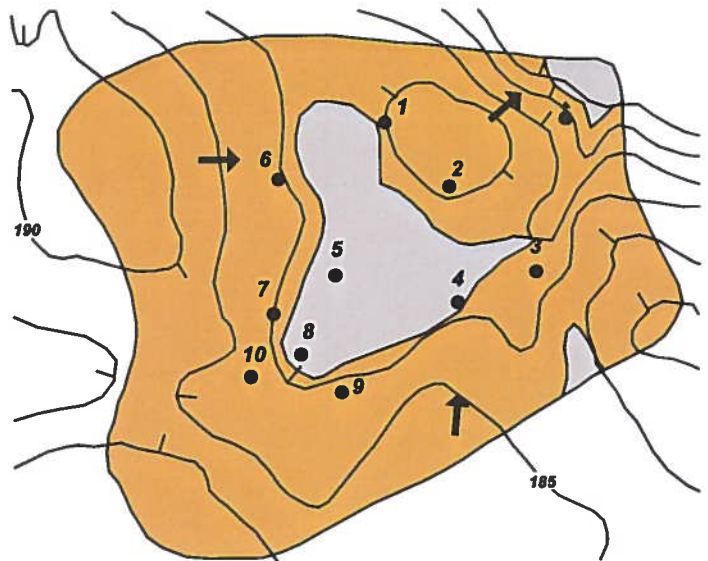
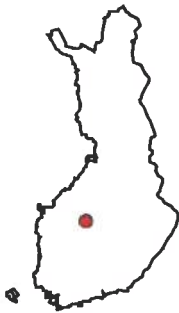




1 : 20 000



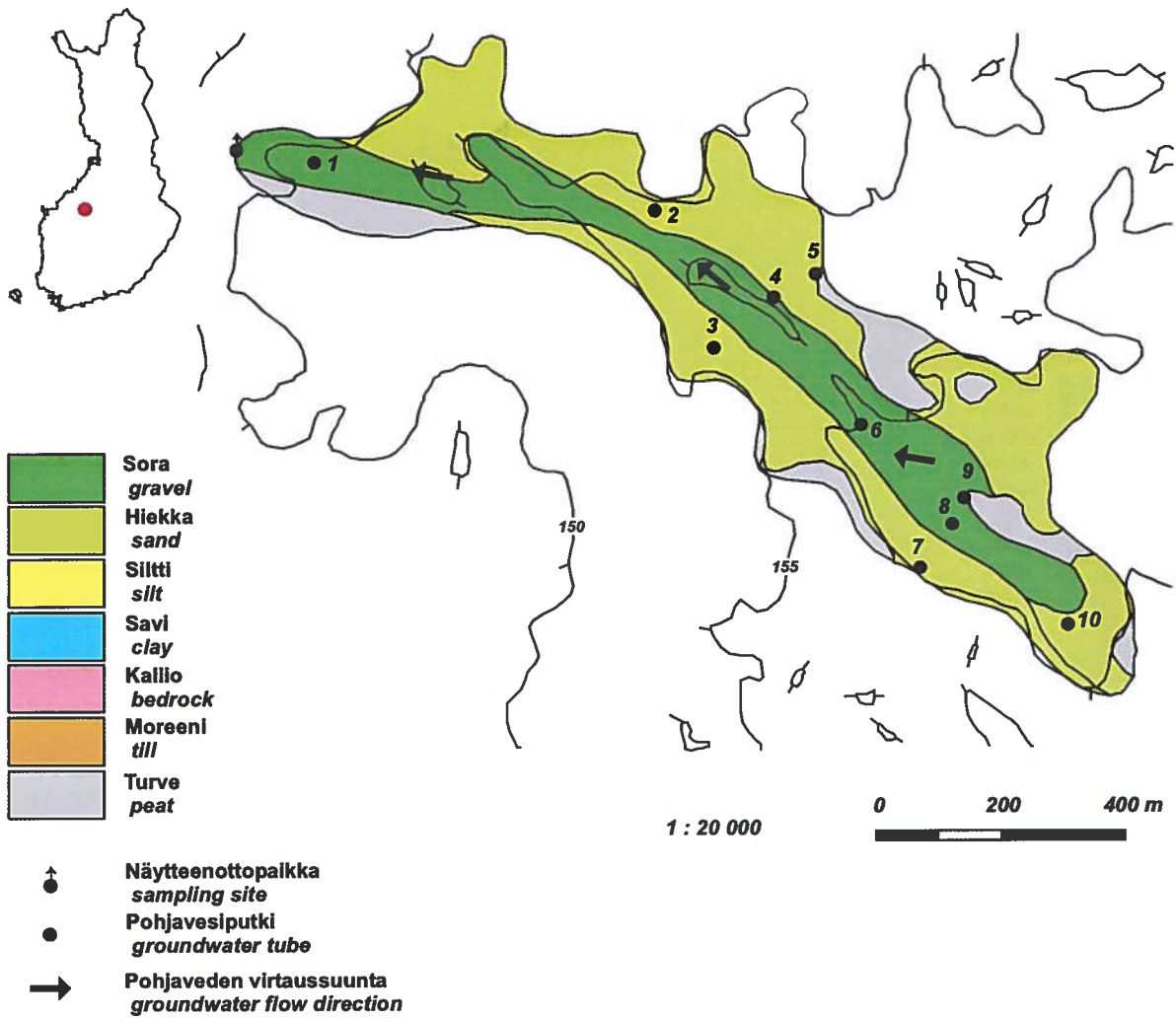
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000



- Näytteenottopaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



Kuva 4.36. I. Halsuan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

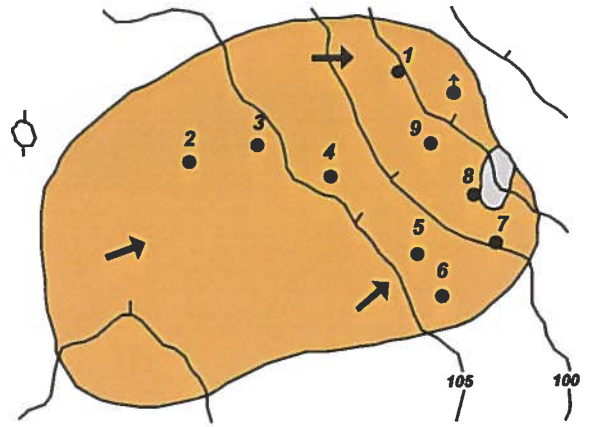
Kuva 4.34. I. Äijälän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohja-  
veden virtaussuunnat.

Kuva 4.35. I. Taikkomäen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenot-  
topaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.





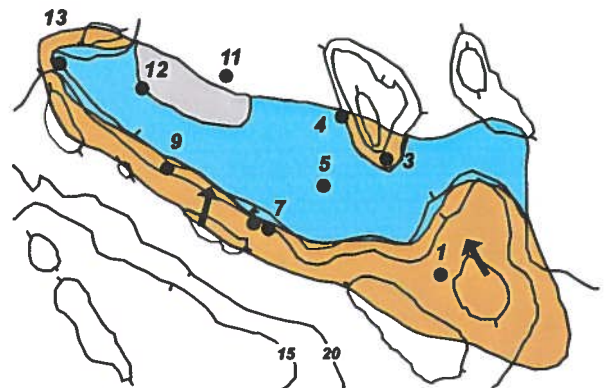
-  Näytteenottopalkka  
sampling site
-  Pohjavesiputki  
groundwater tube
-  Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



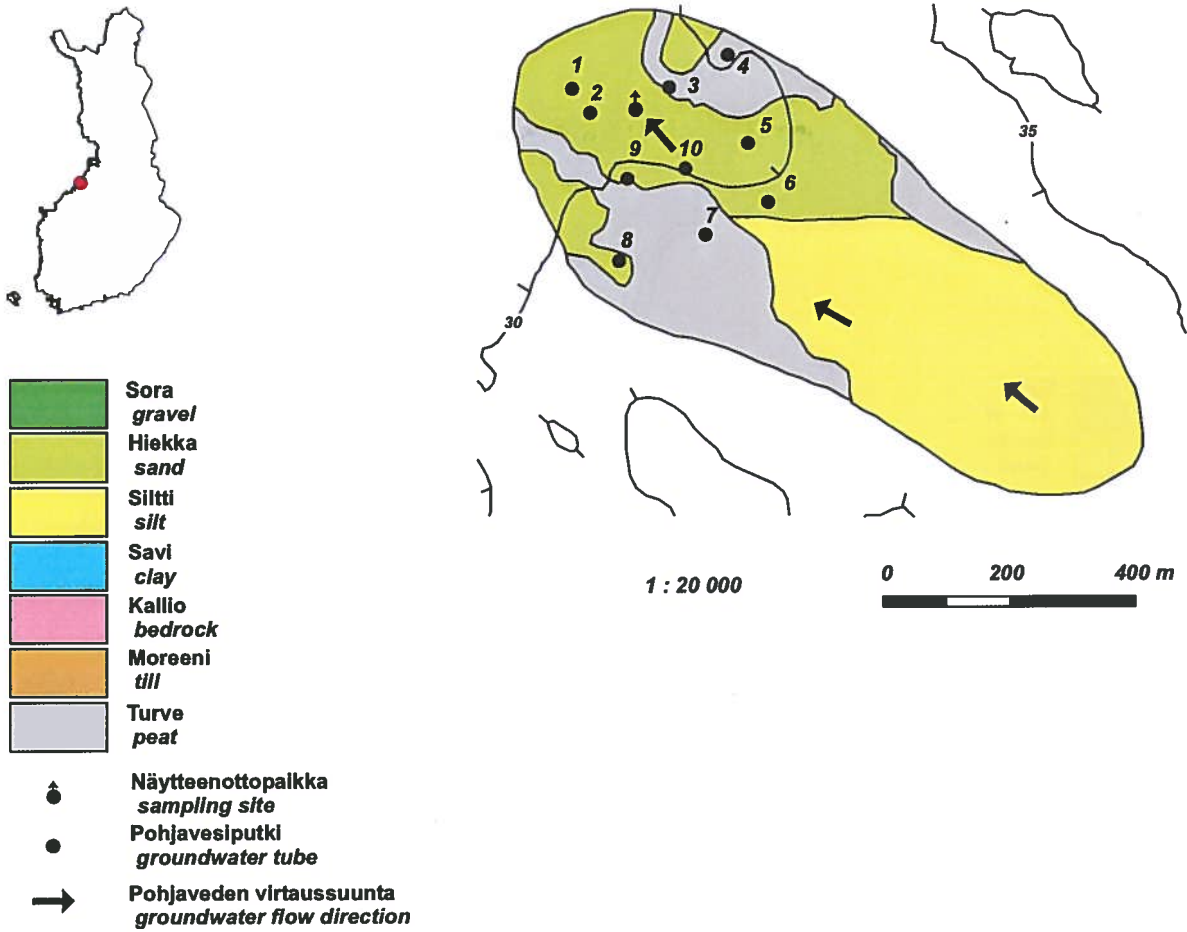
1 : 20 000 0 200 400 m



-  Näytteenottopalkka  
sampling site
-  Pohjavesiputki  
groundwater tube
-  Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 20 000 0 200 400 m



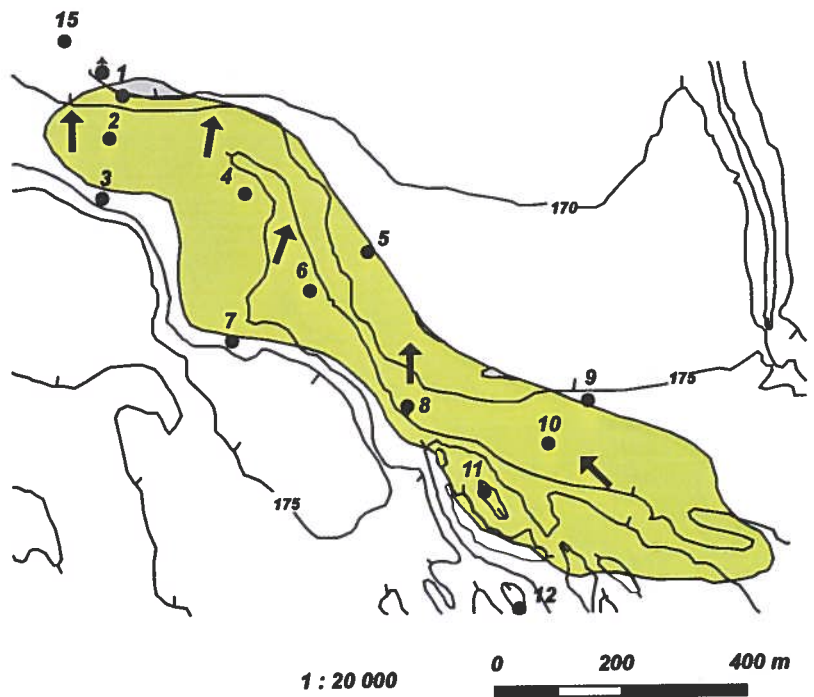
Kuva 4.39. I. Kalajoen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.37. I. Haapajärven pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteen-  
ottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

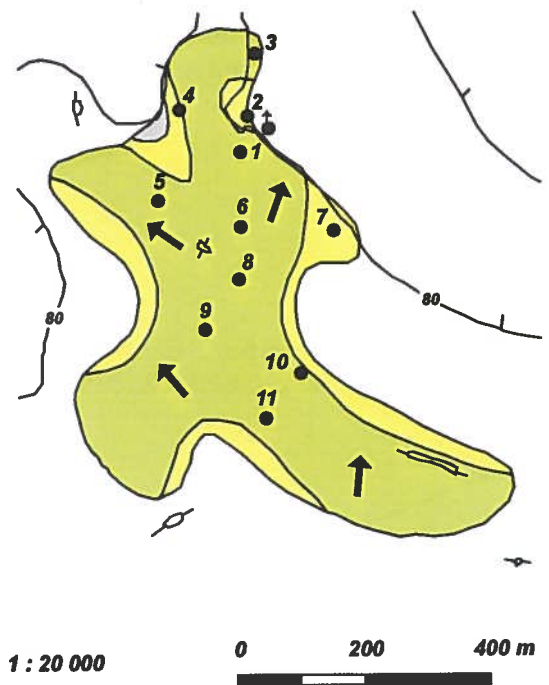
Kuva 4.38. I. Kälviän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



- Näytteenottoaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

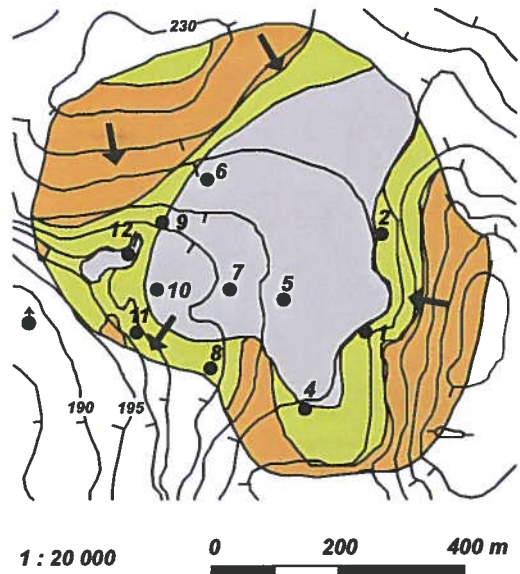


- Näytteenottoaikka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

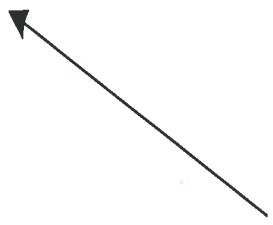




-  **Näytteenottoaikka**  
*sampling site*
-  **Pohjavesiputki**  
*groundwater tube*
-  **Pohjaveden virtaussuunta**  
*groundwater flow direction*



Kuva 4.42. I. Pudasjärven pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



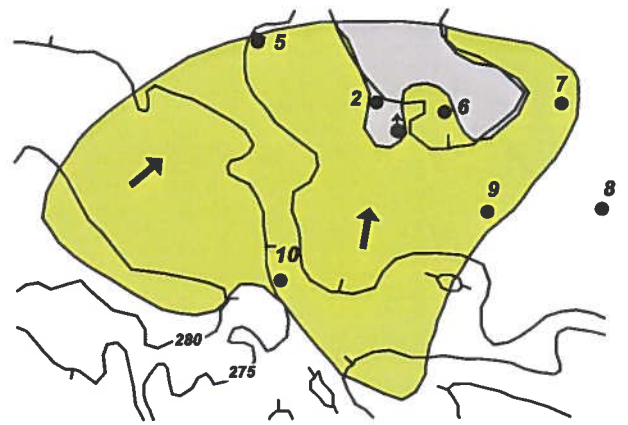
Kuva 4.40. I. Pyhännän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.41. I. Ruukin pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



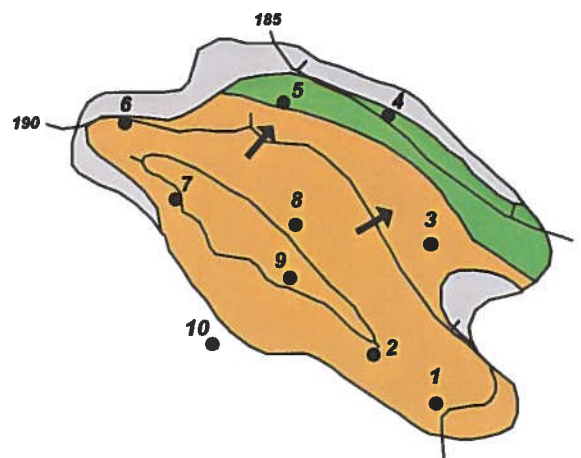
- Näytteenottopalkka  
sampling site
- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000

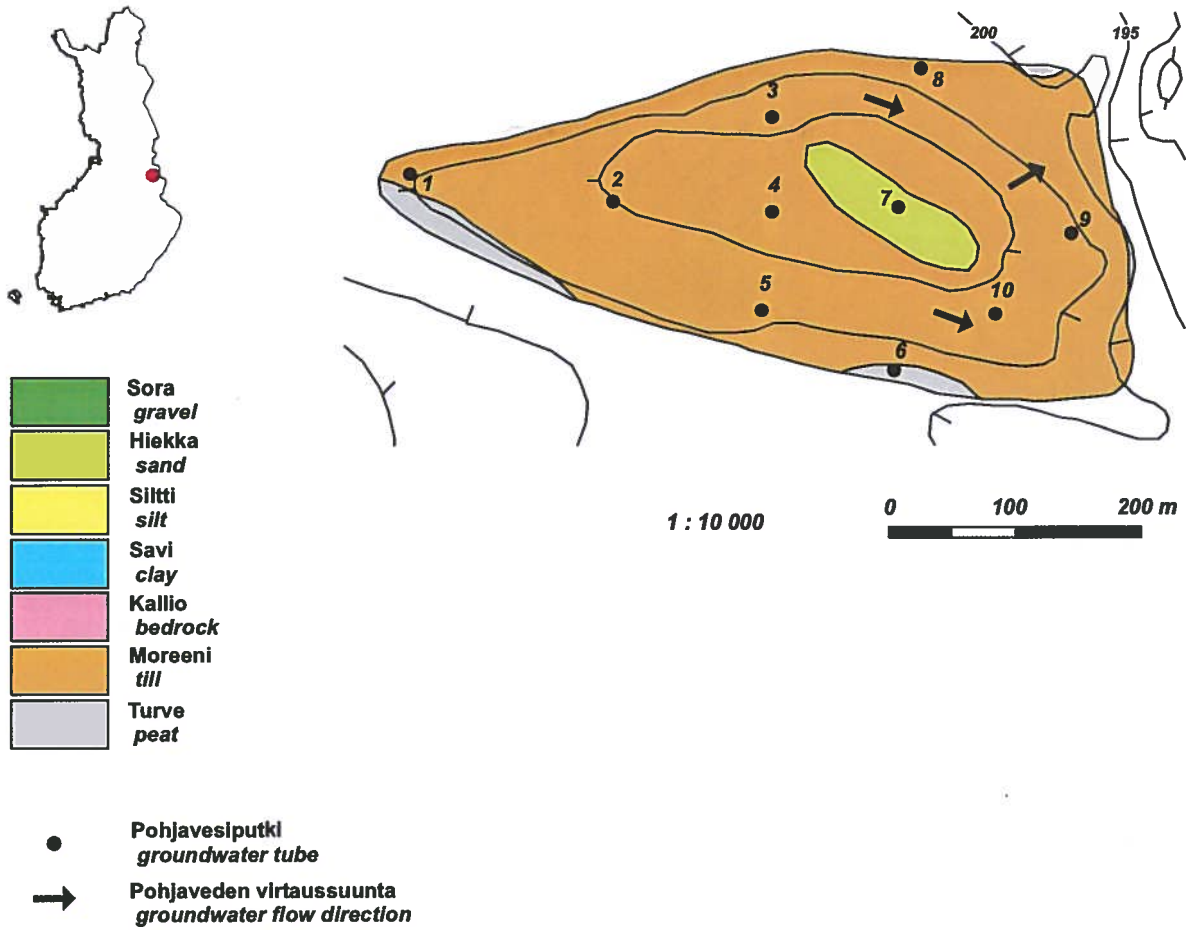


- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction



1 : 10 000





Kuva 4.45. I. Lumiahon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

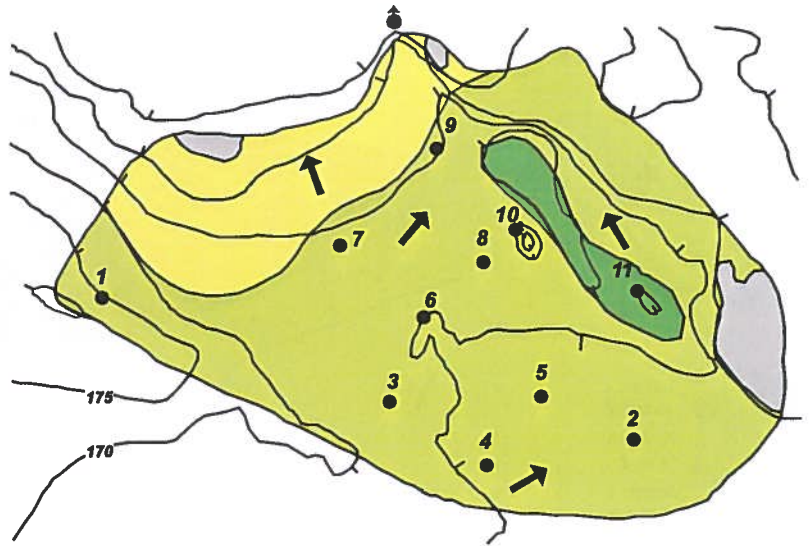
Kuva 4.43. I. Kuusamon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.44. I. Kolmisopen pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.





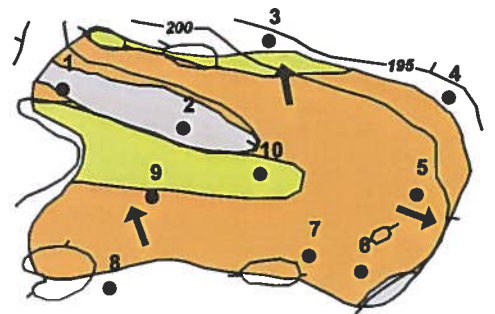
- Näytteenottoaikka sampling site
- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction



1 : 20 000

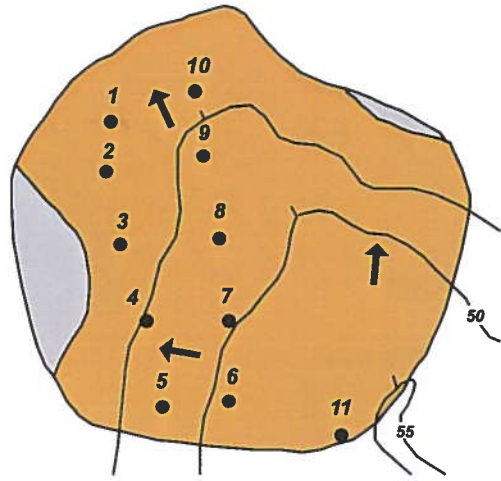


- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction



1 : 10 000





1 : 10 000

0 100 200 m

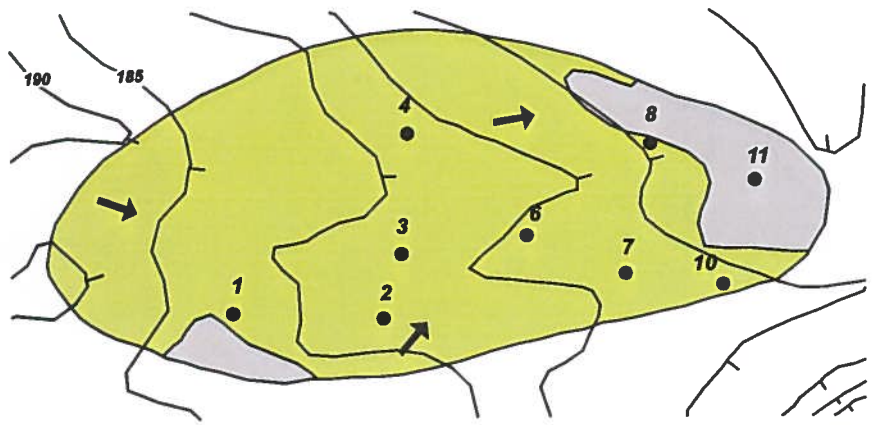
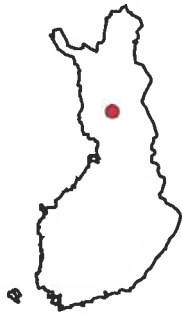
- **Pohjavesiputki**  
*groundwater tube*
- ➔ **Pohjaveden virtaussuunta**  
*groundwater flow direction*

Kuva 4.48. I. Kõnõlän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.46. I. Alakankaan pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotopaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

Kuva 4.47. I. Kullisuon pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



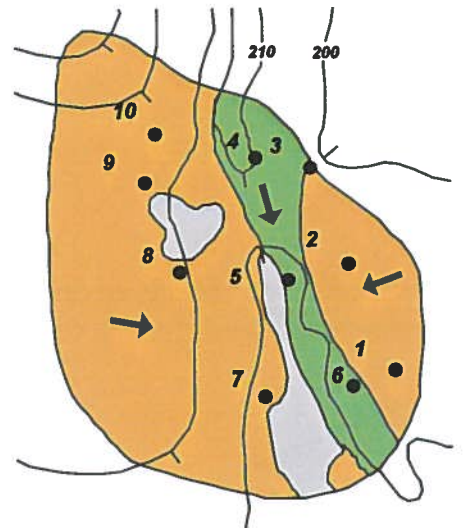


1 : 10 000



- Sora gravel
- Hiekka sand
- Siltti silt
- Savi clay
- Kallio bedrock
- Moreeni till
- Turve peat

- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction

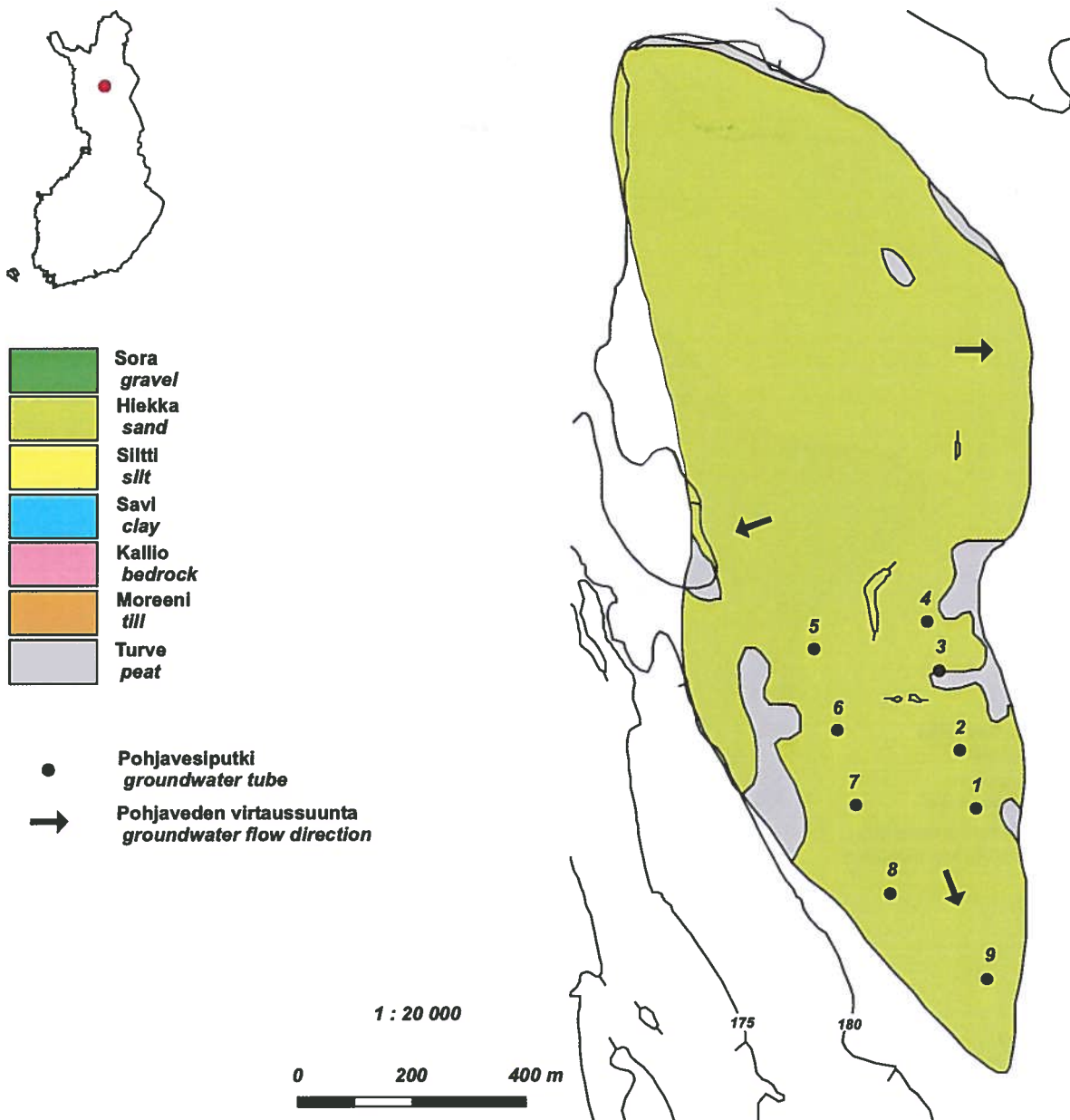


1 : 20 000

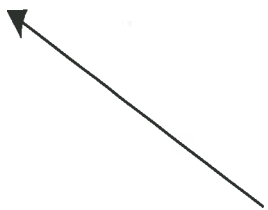


- Sora gravel
- Hiekka sand
- Siltti silt
- Savi clay
- Kallio bedrock
- Moreeni till
- Turve peat

- Pohjavesiputki groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta groundwater flow direction



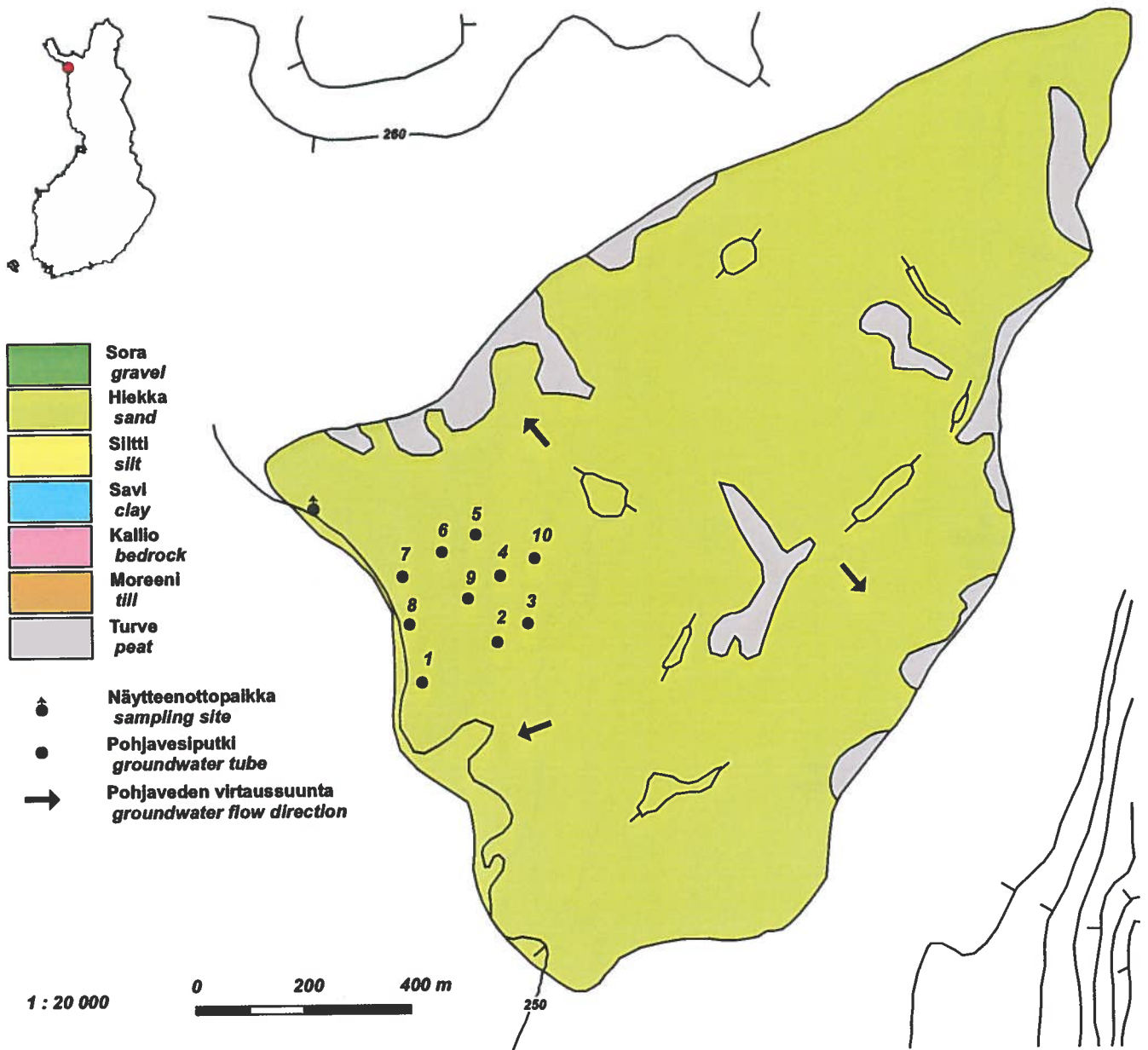
Kuva 4.51.1. Sodankylän pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



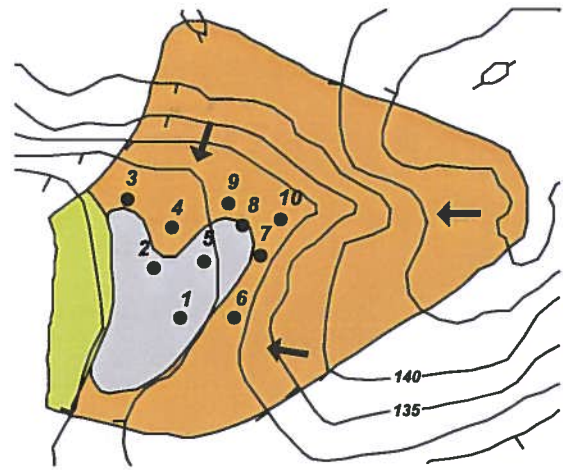
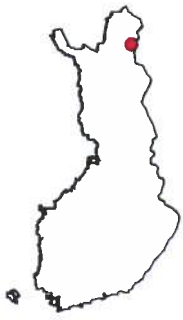
Kuva 4.49.1. Lautavaaran pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.50.1. Vallovaaran pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



Kuva 4.52.1. Muonion pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenottoaikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.



1 : 10 000

0 100 200 m

- Sora  
gravel
- Hiekka  
sand
- Siltti  
silt
- Savi  
clay
- Kallio  
bedrock
- Moreeni  
till
- Turve  
peat

- Pohjavesiputki  
groundwater tube
- Pohjaveden virtaussuunta  
groundwater flow direction

Kuva 4.53.1. Nellimin pohjavesiaseman sijainti, aluerajaus, pintamaalajit, pohjavesiputkien ja näytteenotto-  
paikan sijainti sekä pohjaveden virtaussuunnat.

# Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika 27.10.2000
Tekijä(t)	Jouko Soveri, Risto Mäkinen ja Kimmo Peltonen	
Julkaisun nimi	Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975-1999	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Valtakunnallista pohjavesien pinnankorkeusvaihtelun ja laadun seuranta on tehty 53:lla pohjavesiasemalla vuodesta 1975 alkaen. Pohjavesiasemat edustavat erilaisia Suomessa vallitsevia ilmasto-, maasto- ja maaperäoloja alueilla, joilla ihmisen toiminnat ovat olleet mahdollisimman vähäisiä. Asemat ovat hydrogeologisesti yhtenäisiä pohjaveden muodostumisalueita, joiden koot vaihtelevat 0,2 ja 3,0 km<sup>2</sup> välillä.</p> <p>Jokaisella pohjavesiasemalla on 10 havaintoputkea, joista pohjaveden pinnankorkeus mitataan kaksi kertaa kuukaudessa. Pohjavesinäytteet otetaan lähteistä, pohjavesiputkista tai kaivoista säännöllisesti kuusi kertaa vuodessa. Vuosina 1975-79 näytteitä on otettu 12 kertaa vuodessa. Näytteistä määritetään sähköjohtavuus, alkaliniteetti, pH, kokonaistyyppi (N<sub>tot</sub>), nitraattityppi (N<sub>NO3</sub>), ammoniumtyppi (N<sub>NH4</sub>), kokonaisfosfori (P<sub>tot</sub>), fosfaattifosfori (P<sub>PO4</sub>), kloridi (Cl), rauta (Fe), mangaani (Mn), sulfaatti (SO<sub>4</sub>), natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), piidioksidi (SiO<sub>2</sub>), fluoridi (F), alumiini (Al), kadmium (Cd), kupari (Cu), lyijy (Pb), nikkeli (Ni), sinkki (Zn), elohopea (Hg) ja orgaaninen hiili (TOC).</p> <p>Pohjaveden korkeuden pitkän jakson aluearvojen ääriarvot olivat suuria. Pienin vaihteluväli todettiin Oripään harjumuodostumassa (73 cm) ja suurin Kōnölän moreenimuodostumassa (403 cm). Yksittäisissä havaintopisteissä vaihteluvälit olivat vieläkin suurempia. Pohjaveden korkeuden vuosivaihteluiden lisäksi eräillä asemilla havaittiin 5-7 vuoden välein toistuvaa pitkän jakson vaihtelua. Erittäin vähäisiä vuosia olivat 1976, 1978, 1979, 1987, 1990, 1991, 1996 ja 1997 sekä vastaavasti runsasvetisiä 1981, 1982 ja 1988.</p> <p>Suomessa luonnontilainen pohjavesi on laadultaan yleensä hyvää muutamia alueellisia poikkeuksia lukuun ottamatta. Suomen pohjavedet pilaantuvat kuitenkin herkästi, koska niitä suojaavat maakerrokset ovat ohuita. Pitkän aikavälin muutoksia pohjavesien laadussa arvioitiin trendianalyysillä.</p> <p>Pohjaveden pH laski havaintokaudella 27 %:lla ja nousi 12 %:lla tutkituista asemista. Happamoituminen oli yleisintä Etelä-Suomessa. Alkaliniteetti laski 35 %:lla ja nousi 23 %:lla asemista. Sulfaattipitoisuus laski 12 %:lla ja nousi 55 %:lla asemista. Eteläisimmillä asemilla pitoisuus on laskenut 1990-luvun jälkipuoliskolla. Kloridipitoisuus laski 55 %:lla ja nousi 17 %:lla asemista. Nousu johtui lähinnä tiesuolauksen vaikutuksesta.</p> <p>Metsänhakuu on lisännyt huuhtoutuvan nitraatin määrää monilla asemilla. Raskasmetallipitoisuudet olivat pääsääntöisesti määrittämissä rajalla tai sen alapuolella. Keskimääräistä korkeampia kadmium-, kupari-, sinkki- ja nikkelpitoisuuksia tavattiin mm. Pohjanmaalla sulfaattimaiden pohjavesissä.</p>	
Asiasanat	pohjavesi, geohydrologia, veden laatu, vedenkorkeus, happamoituminen, aikasarjat, seuranta, Suomi	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 420	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/toimeksiantaja	Suomen ympäristökeskus	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0746-4
	Sivuja 382	Kieli Suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 188 mk, € 31,62
Julkaisun myynti/jakaja	Oy Edita Ab, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380 sähköpostiosoite: asiakaspalvelu@edita.fi www-palvelin: http://www.edita.fi/netmarket	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Tummavuoren kirjapaino Oy, Helsinki 2001	

# Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum 27.10.2000						
Författare	Jouko Soveri, Risto Mäkinen och Kimmo Peltonen							
Publikationens titel	Fluktuationerna i grundvattnets nivå och kvalitet i Finland 1975-1999							
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma project								
Sammandrag	<p>En riksomfattande uppföljning av fluktuationerna i grundvattnets nivå och kvalitet har gjorts vid 53 grundvattensstationer från 1975. Grundvattensstationerna representerar olika meteorologiska, terräng- och jordmånsförhållanden på områden, där mänsklig aktivitet har varit så liten som möjligt. Stationerna är i hydrogeologiskt hänseende enhetliga bildningsområden för grundvatten, vilkas storlek varierar mellan 0,2 och 3,0 km<sup>2</sup>.</p> <p>Varje grundvattensstation har 10 observationsrör för grundvattnets nivå, ur vilka nivån mäts två gånger i månaden. Grundvattenproven tas ur källor, grundvattenrör eller brunnar regelbundet vid samma tidpunkt och från samma ställe sex gånger om året. Åren 1975 - 79 togs prov 12 gånger om året. Ur proven bestäms konduktivitet, alkalinitet, pH, totalkväve (N<sub>T</sub>), nitratkväve (N<sub>NO3</sub>), ammoniumkväve (N<sub>NH4</sub>), totalfosfor (P<sub>tot</sub>), fosfatfosfor (P<sub>PO4</sub>), klorid (Cl), järn (Fe), mangan (Mn), sulfat (SO<sub>4</sub>), natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), kiseloxid (SiO<sub>2</sub>), fluorid (F), aluminium (Al), kadmium (Cd), koppar (Cu), bly (Pb), nickel (Ni), zink (Zn), kvicksilver (Hg) och organiskt kol (TOC).</p> <p>Fluktuationerna mellan de områdesvisa värdena hos grundvattnets nivå under en lång period var stora. Den minsta intervallen konstaterades i åsformationen i Oripää (73 cm) och den största i moränformationen i Könölä (403 cm). Vid de enskilda observationsstationerna är intervallerna ännu större. Förutom grundvattennivåns årsfluktuation konstaterades vid vissa stationer en långtidsfluktuation som återkom med ungefär fem eller sju års mellanrum. Mycket vattenfattiga år var 1976, 1978, 1979, 1990, 1991, 1996 och 1997 och vattenrika 1981, 1982 och 1988.</p> <p>I Finland klassificeras sådant grundvatten som är i naturtillstånd som gott, med några regionala undantag. Grundvattnen i Finland är dock känsliga för förorening, emedan de skyddande markskikten är tunna. Långtidsförändringar i grundvattnets kvalitet har i denna undersökning uppskattats genom trendanalys.</p> <p>Grundvattnets pH sjönk vid 27 % och steg vid 12 % av de undersökta stationerna. Försurningen var vanligast i södra Finland. Alkaliniteten har sjunkit vid 25 % och stigit vid 23 % av observationsställena. Sulfathalten steg vid 55 % och sjönk vid 12 % av stationerna. I de sydligaste observationsställena har sulfathalten sjunkit under den senare hälften av 1990-talet. Kloridhalten sjönk vid 55 % och steg vid 17 % av stationerna. De ökande trenderna beror närmast på vägsaltning.</p> <p>Avverkning av skog har ökat mängderna urlakat nitrat vid många stationer. Halterna tungmetaller ligger huvudsakligen vid eller under bestämningsgränsen. Kadmium-, koppar-, zink- och nickelhalter högre än medeltalet påträffades bl.a. i Österbotten i sulfatjordarnas grundvatten.</p>							
Nyckelord	grundvatten, geohydrologi, vattennivå, vattenkvalitet, försurning, tidsserier, uppföljning, Finland							
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 420							
Publicationens tema	Miljövärd							
Projektets namn och nummer								
Finansiär/ uppgångsgivare	Finlands miljöcentral							
Organisationer i projektgruppen	<table border="1"> <tr> <td>ISSN 1238-7312</td> <td>ISBN 952-11-0746-4</td> </tr> <tr> <td>Sidantal 382</td> <td>Språk Finska</td> </tr> <tr> <td>Offentlighet Offentlig</td> <td>Pris FIM 188,00, EURO 31,62</td> </tr> </table>		ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0746-4	Sidantal 382	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris FIM 188,00, EURO 31,62
ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0746-4							
Sidantal 382	Språk Finska							
Offentlighet Offentlig	Pris FIM 188,00, EURO 31,62							
Beställningar/ distribution	Edita Ab, Kundservice, PB 800, 00043 Edita, Finland (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi www-server: http://www.edita.fi/netmarket							
Förläggare	Finlands miljöcentral PB 140, 00251 Helsingfors							
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Tummavuoren kirjapaino Oy, Helsingfors 2001							

# Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date	27.10.2000
Author(s)	Jouko Soveri, Risto Mäkinen and Kimmo Peltonen		
Title of publication	Changes in groundwater levels and quality in Finland in 1975-1999		
Parts of publication/ other project publications			
Abstract	<p>A nation-wide monitoring programme for evaluation of the changes in groundwater level and quality has been carried out in Finland since 1975. The data is based on the network of 53 groundwater observation stations in different climatological conditions and soil types located in areas where, from the beginning, the human impact for groundwater quantity and quality has been subtle.</p> <p>Groundwater level was measured from 10 observation tubes twice a month at every groundwater station. The samples were taken regularly six times (during 1975-1979 12 times) a year from springs, wells or PVC sampling tubes. The samples were analysed for conductivity, alkalinity, pH, total nitrogen (<math>N_{tot}</math>), nitrate nitrogen (<math>N_{NO_3}</math>), ammonium nitrogen (<math>N_{NH_4}</math>), total phosphorus (<math>P_{tot}</math>), phosphate phosphorus (<math>P_{PO_4}</math>), chloride (Cl), iron (Fe), manganese (Mn), sulphate (<math>SO_4</math>), sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), silica (<math>SiO_2</math>), fluoride (F), aluminium (Al), cadmium (Cd), copper (Cu), lead (Pb), nickel (Ni), zinc (Zn), mercury (Hg) and total organic carbon (TOC).</p> <p>The extreme values of areal long term fluctuation of groundwater levels were high. Lowest range of fluctuation (73 cm) was recorded in an Oripää ridge formation and highest (403 cm) in a Könölä till formation in. The fluctuation was even bigger in separate observation tubes. On certain observation sites a periodical fluctuation (5 - 7 years) of groundwater level was discovered. The groundwater level was below the average in 1976, 1978, 1979, 1990, 1991, 1996 and 1997 and above the average in 1981, 1982 and 1988.</p> <p>With the exception of few regional deviations groundwater in natural state is usually classified as high class domestic water in Finland. However due to proportionally thin soil layers above the groundwater table the risks of groundwater contamination are considerably high. Long term changes in groundwater quality were estimated with trend analyses.</p> <p>The pH-values were decreasing at 27 % and increasing at 12 % of the observation sites. Acidification was most commonly occurred in southern Finland. The alkalinity of groundwater was decreasing at 35 % and increasing at 23 % of the observation sites. The sulphate concentration was increasing at 55 % and decreasing at 12 % of the observation sites. The concentrations have decreased on the most southern observation sites since the middle of the 1990s. The chloride concentration was decreasing at 55 % and increasing at 17 % of the observation sites. Ascending trends of chloride concentration originated mostly from de-icing salt.</p> <p>Felling has increased nitrate concentrations on several locations. The concentrations of trace metals were mostly below the detection limits. Cadmium, copper, nickel and zinc concentrations were above the mean in western Finland, where the pH of groundwater is naturally low due to regional prevalence of sulphate soils.</p>		
Keywords	ground water, water levels, water quality, acidification, time series, monitoring, Finland		
Publication series and number	The Finnish Environment 420		
Theme of publication	Environmental protection		
Project name and number, if any			
Financier/ commissioner	Finnish Environment Institute		
Project organization			
	ISSN	ISBN	
	1238-7312	952-11-0746-4	
	No. of pages	Language	
	382	Finnish	
	Restrictions	Price	
	Public	FIM 188.00, EURO 31.62	
For sale at/ distributor	Edita Ltd, Customer service, P.O.Box 800, FIN 00043 Edita, Finland Edita Ltd, tel. + 358 9 566 0266 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi www-address: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>		
Financier of publication	Finnish Environment Institute P.O. Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland		
Printing place and year	Tummavuoren kirjapaino Oy, Helsinki 2001		





## YMPÄRISTÖN- SUOJELU

### Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975–1999

Julkaisussa on esitelty valtakunnalliseen pohjavesiasemaverkoon kuuluvien 53 havaintoaseman pinnankorkeuden ja laadun vaihtelut vuosina 1975-1999.

Pohjaveden pinnankorkeuteen vaikuttavat muodostumisalueen koko, maalaji, sadannan vaihtelut sekä viive sadannan ja pohjaveden muodostumisen välillä. Pohjaveden muodostumisen vuodenaikaisrytmi vaihtelee merkittävästi maantieteellisen sijainnin ja ilmaston mukaan. Pinnankorkeuden ääri vaihtelut ovat melko suuria, vuotuinenkin vaihtelu on huomattavaa. Kuivina kesinä tai pitkinä talvikausina yksittäiset kaivot saattavat kuivua, toisinaan on taas ylen määrin vettä.

Pohjaveden laatuun vaikuttavat maaperä, kallioperä, ilmasto ja ihmisen toiminta. Suomessa luonnontilainen pohjavesi on yleensä laadultaan hyvää muutamia alueellisia poikkeuksia lukuun ottamatta. Suomen pohjavedet pilaantuvat kuitenkin helposti, koska niitä suojaavat maakerrokset ovat ohuita. Pilaantuneen pohjaveden puhdistaminen on työlästä ja kallista. Pohjavesivaroista tuleekin pitää hyvää huolta, jotta voimme jättää perinnöksi tuleville sukupolville puhdasta ja raikasta pohjavettä.

ISBN 952-11-0746-4

ISSN 1238-7312

Oy EDITA Ab  
PL 800, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01  
ASIAKASPALVELU  
puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380  
EDITA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ  
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566  
Eteläesplanadi 4, puh. (09) 662 801

