

Pohjaveden pilaantumisriskit ja pohjaveden pilaantuneisuuden tutkiminen

Ympäristönsuojelupäivät

7.10.2010

Lammin biologinen asema

Anna-Liisa Kivimäki

Pohjavesiasiantuntija

LUVY ry ja VHVSY ry



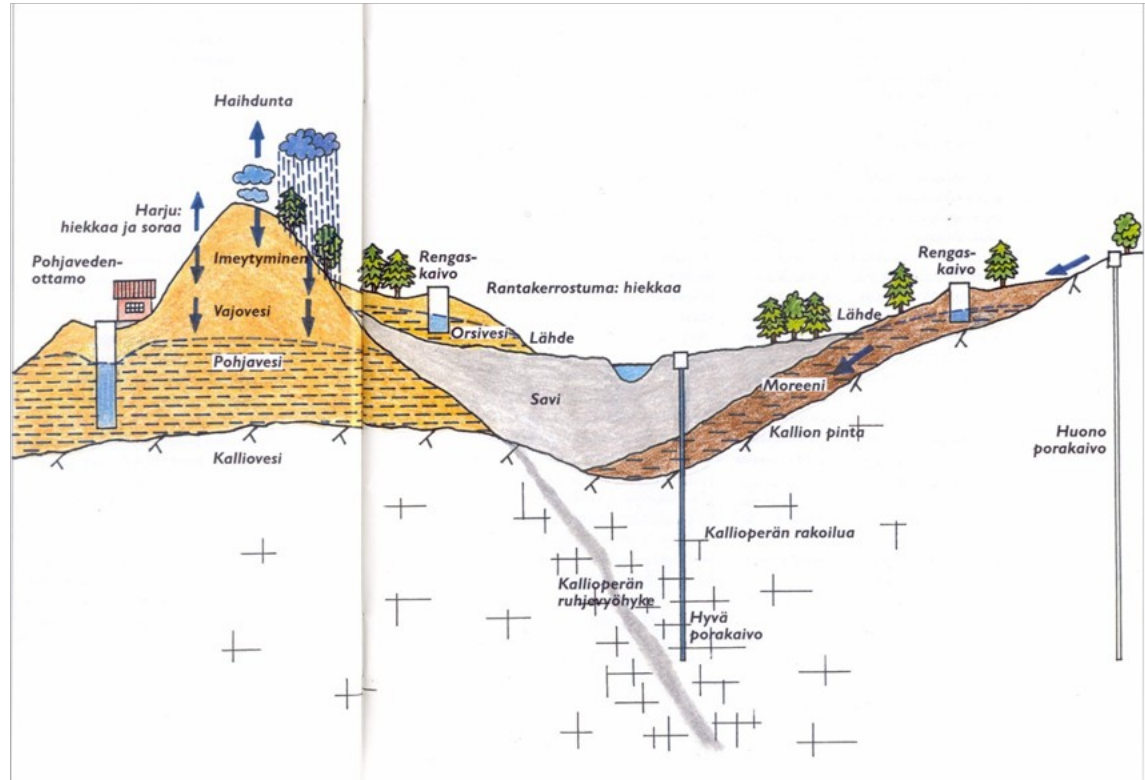
Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Missä pohjavettä varastoituu?

- Suomen olosuhteissa pohjavettä on käytännöllisesti katsoen kaikkialla maa- ja kallioperässä.
- Maaperässä pohjavesi esiintyy maakerrosten huokosissa, jotka ovat toistensa kanssa yhteydessä.
- Kallioperässä pohjavesi esiintyy kallioperän raoissa ja rikkonaisuusvyöhykkeissä
- Pohjaveden ja pintavesistöjen väliset yhteydet



Kuva : Suomen ympäristökeskus



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Merkittävät pohjavesimuodostumat harju- ja reunamuodostumilla

- Harjut, reunamuodostumat ja deltat ovat muodostuneet lajittuneesta **sorasta ja hiekasta** ja maakerrosten paksuus voi olla **50 – 100 m**.
- Sora ja hiekka ovat hyvin vettäläpäiseviä maalajeja; Etelä-Suomen sora-alueilla jopa **60 – 75 % sadannasta voi suotautua pohjavedeksi**. Moreenimailla imeytyminen on 10 – 30 %.
- Sora- ja hiekkamuodostumiin varastoituu runsaasti pohjavettä; **vedentuotto 200 – 10 000 m³ /d**.
- Pohjavedenpinta on yleensä 2 - 4 m syvyydessä, mutta harju- ja reunamuodostumilla se voi olla 30 – 50 m syvyydessä.
- Vajoveden kulkeutumista voivat hidastaa savesta ja siltistä koostuvat välikerrokset.
- Pohjavedenpinnan taso vaihtelee eri vuodenaikoina (0,1 – 1,0 m).
- Pohjaveden **virtausnopeus vaihtelee suuresti** (1,5 m/v - 15 m/d).

(Lähde: Korkka-Niemi ja Salonen, 1996)

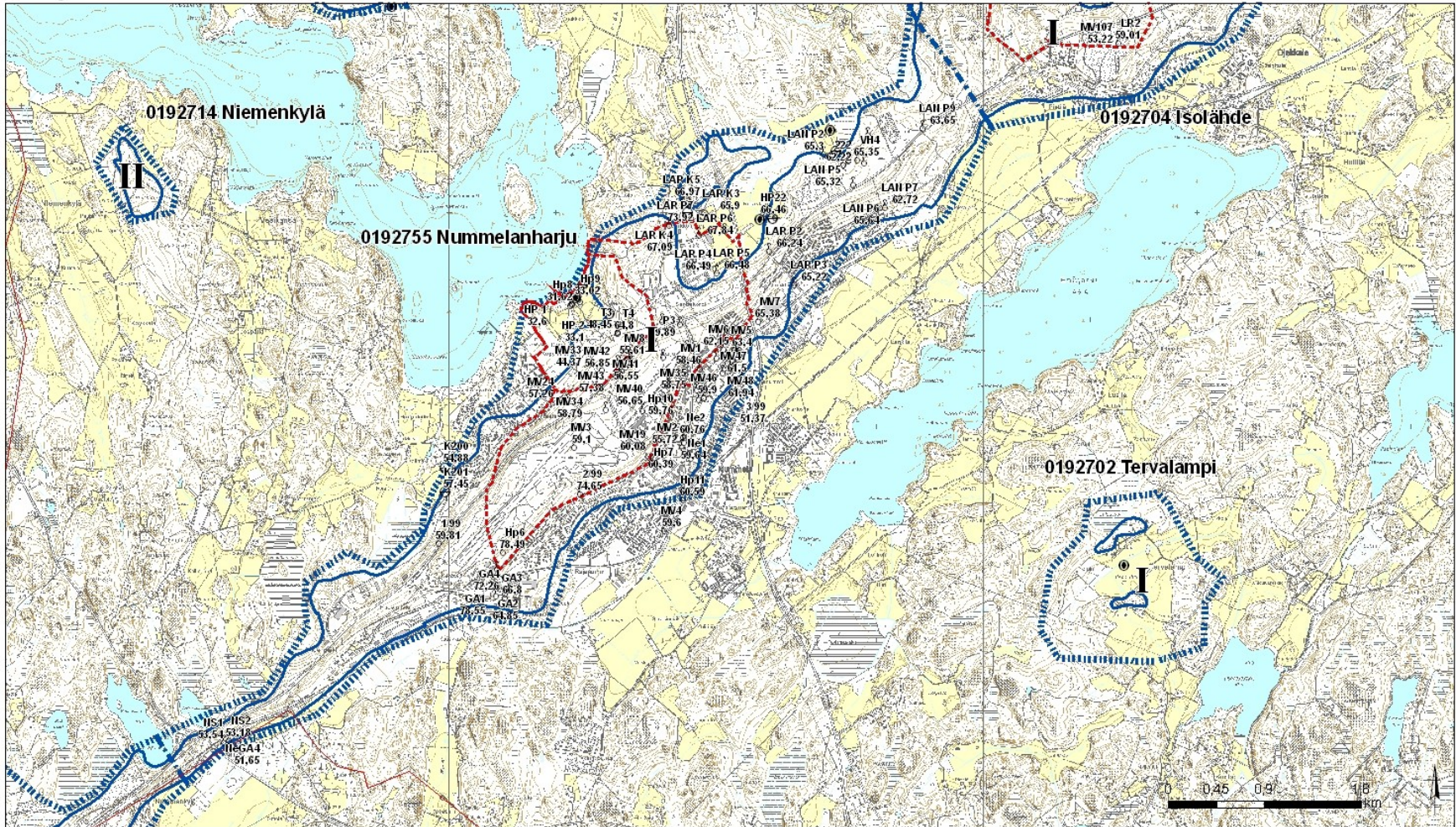


Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjavesialuekartta/Vihti



- Poikajäsen piste
- Poikajäsen kato
- Poikajäsen kottamo
- Kallio- tai pöytäkato
- Tulkittu vedenottoaukko
- Poikajäsen alueen raja
- Poikajäsen alueen raja ja kalliota raja
- Poikajäsen alueen raja ja kalliota raja
- Poikajäsen alueen raja ja kalliota raja
- Kalliota raja
- Vesiköyryalueen raja



**UUDENMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS**
NYVA/NTDS
MIJUCENTRAL

VIHTI/Nummelanharju/0192755 I-Ik

Yleis kartta 1:35 000 21.9.2007 M.Orvomaa

© Eriko Oy, Lupa L46/02 © Maanmittauslaitos, loppu 10/2007/007 © VIE, Uudenmaan ympäristökeskus

Vesienhoitosuunnitelmissa tunnistetut merkittävimmät pohjavesien riskit - 1

Liikenne ja tienpito

- Liukkaudentorjuntakemikaalit (NaCl, CaCl₂);
- Vaarallisten aineiden kuljetukset (kemikaalit, polttoainehiilivedyt, MTBE, TAME);

Ilmaantuneet maa-alueet

- Ympäristöhallinnon Maaperän tilan tietojärjestelmässä yhteensä noin **22 000** kohdetta (esim. Uudenmaan ELY-keskuksen alueella noin 3 400, Hämeessä noin 1 820);
- Pilaavia toimintoja: polttoaineen jakelu, metalliteollisuus ja muu teollisuus, jätteenkäsittely, romuttamot, taimi- ja kauppapuutarhat, moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus, sahat ja kyllästämöt, ampumaradat
- Yleisimmät haitta-aineet: öljyhiilivedyt, raskasmetallit, BTEX-yhdisteet ja muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet, halogenoidut hiilivety-yhdisteet, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet, torjunta-aineet, kloorifenolit, dioksiinit, furaanit



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Vesienhoitosuunnitelmissa tunnistetut merkittävimmät pohjavesien riskit - 2

Maa- ja rautatiekuljetukset

- Varikot ja ratapihat:öljy-yhdisteet, PAH-yhdisteet, BTEX-yhdisteet
- Kuljetettavien kemikaalien vuodot lastaus- ja onnettomuustilanteissa
- Rikkakasvien ja vesakontorjuntaan käytetyt torjunta-aineet

eollisuus ja yritystoiminta (vrt. pilaantuneet maa-alueet)

- Satunnaiset vuodot ja onnettomuustilanteet
- Lupamääräysten laiminlyöminen

sutus ja maankäyttö

- Jätevedet: typpi- ja fosforyhdisteet, ulosteperäiset bakteerit, orgaaninen aines
- Maanalaiset lämmitysöljysäiliöt ja putkistot: öljyhiilivedyt, BTEX-yhdisteet
- Kaatopaikat: öljy-yhdisteet, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet, raskasmetallit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, halogenoidut hiilivety-yhdisteet, torjunta-aineet, kloridi, sähkönjohtavuus, typpiyhdisteet, fosforyhdisteet, torjunta-aineet
- Rakentaminen, päällystetyt alueet ja hulevesien poisjohtaminen



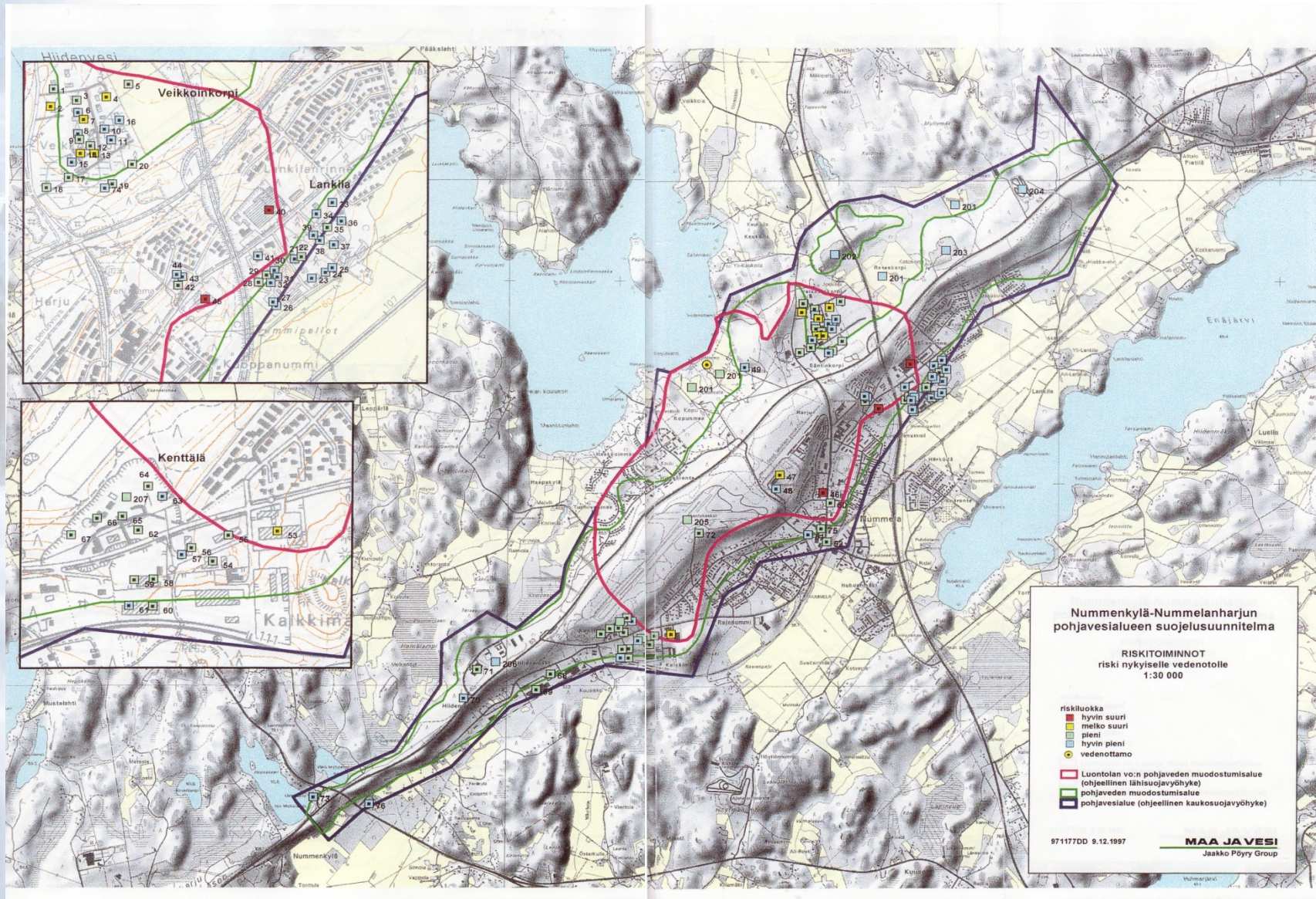
Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Västra Nylands vatten och miljö rf
Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry

Pohjavesialueen riskitoiminnot kartoitetaan suojelu suunnitelman laadinnan ja päivityksen yhteydessä

Kartta: Maa ja Vesi Oy



Kiinteistökohtainen yksityiskohtainen pohjavesiriskien ja toimintahistorian selvitys

- Prosessit toiminnan eri vaiheissa
- Prosessivesi- ja jätevesiputkistot
- Kemikaalien ja polttoaineiden varastointi
- Maanalaiset säiliöt ja niiden putkistot
- Toimintapojen muutokset?
- Kaivannot ja rakentaminen?
(maakerrosten häirintä, pohjaveden virtausolosuhteiden ja pH- ja redox-olosuhteiden muutokset)

=> **MAHDOLLISTEN PÄÄSTÖLÄHTEIDEN TUNNISTAMINEN**



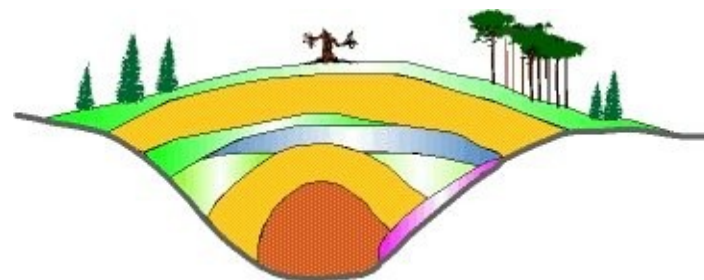
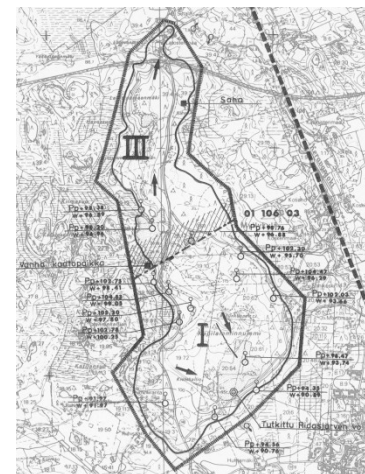
Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Päävaiheet kiinteistökohtaisessa pohjaveden tilan selvityksessä

- Hydrogeologisten olosuhteiden selvittäminen ja karttatulkinta
- Pohjavesiolosuhteiden konseptuaalinen malli (vedenläpäisevyyden vaihtelut, tiiviit välikerrokset, kallionpinta, purkautumisalueet)
- Havaintoputkiverkoston suunnittelu
 - Havaintoputket asennetaan syvyyteen, josta varmimmin jäljitetään pohjavesikerrokseen mahdollisesti kulkeutuneet haitta-aineet ja jossa ne todennäköisimmin leviävät nopeimmin pohjaveden virtauksen mukana.



Kuva: SYKE / S.Tuominen



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Haitta-aineen tiheyden ja liukoisuuden vaikutus kulkeutumiseen

- **DNAPL (esim. TCE, PCE)**, leviäminen erillisfaasina läpäisemättömän kerroksen pinnalla ja leviäminen pohjaveteen liuenneena;
- **LNAPL (esim. öljy-yhdisteet)**, leviäminen erillisfaasina pohjavesikerroksen pinnalla ja pohjaveteen liuenneena pohjavesikerroksen ylemmässä osassa;
- **VETEEN SEKOITTUMATTOMAT KEVYET HIILIVETY-YHDISTEET**, leviäminen pohjavesikerroksen pinnalla ja haihtuminen huokostilaan;
- **VETEEN LIUKENEVAT HAITTA-AINEET**, leviäminen pohjaveden virtauksen mukana

Lähde: Nielsen, D.M. 1991, *Practical Handbook of Ground-Water Monitoring*

VARIABLE TYPES OF PLUME GENERATION

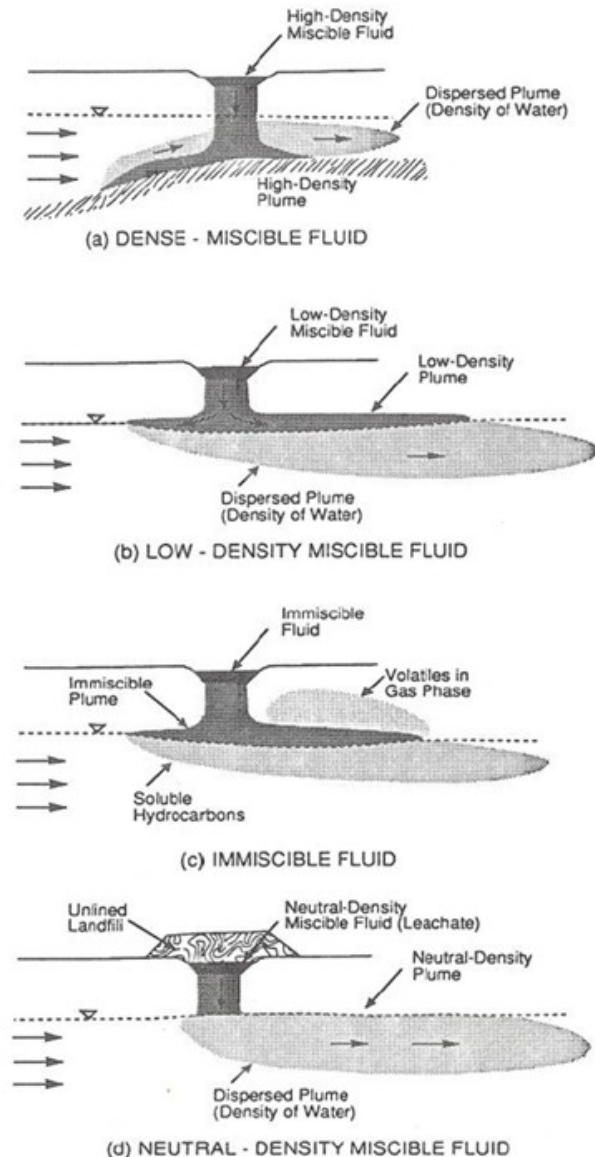
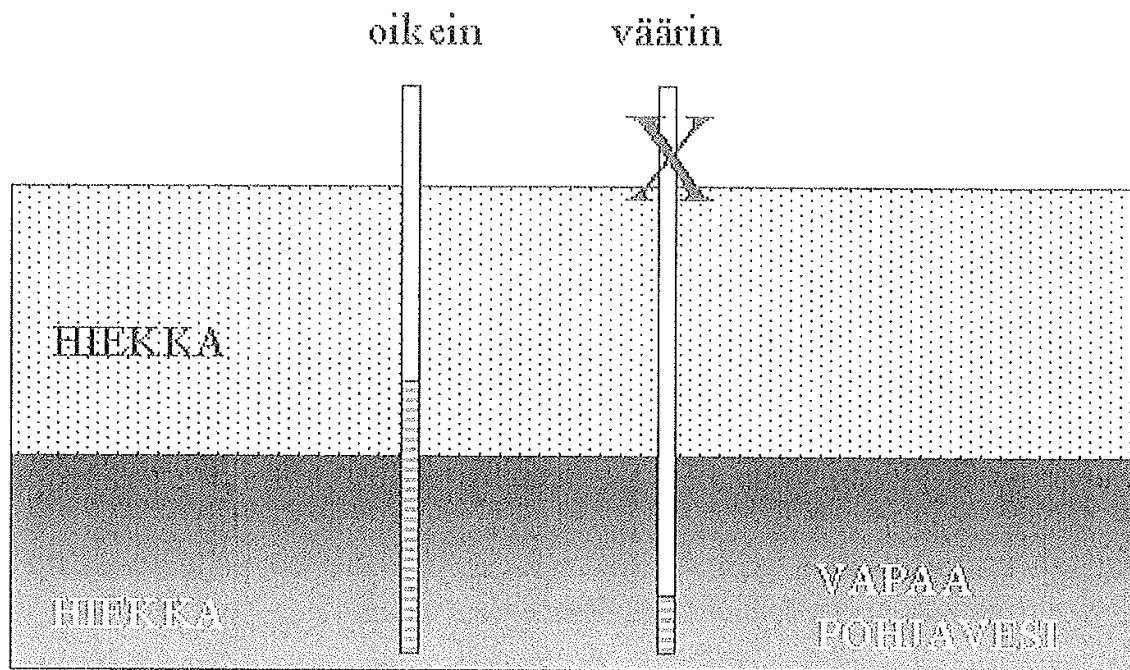


Figure 2.37a, b, c, and d. Density control plumes.

Havaintoputken asennus öljyhiilivetyjä tutkittaessa - 1



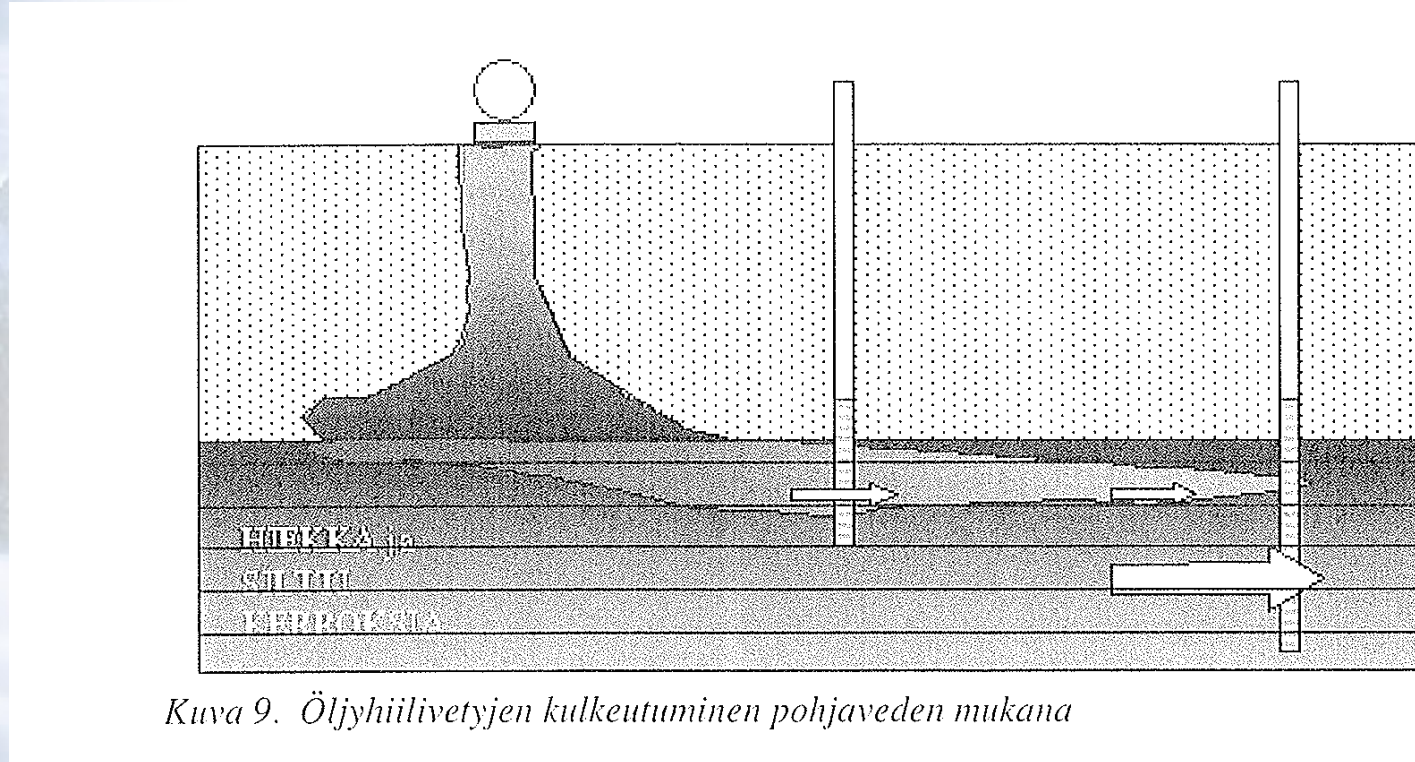
Kuva 7. Putket vapaassa pohjavedessä

Lähde: Öljyalan palvelukeskus Oy 2002,
Opas kunnostushankkeen toteuttamiseksi



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Havaintoputken asennus öljyhiilivetyjä tutkittaessa - 2



Kuva 9. Öljyhiilivetyjen kulkeutuminen pohjaveden mukana

Lähde: Öljyalan palvelukeskus Oy 2002,
Opas kunnostushankkeen toteuttamiseksi

Havaintoputkiverkoston suunnittelu

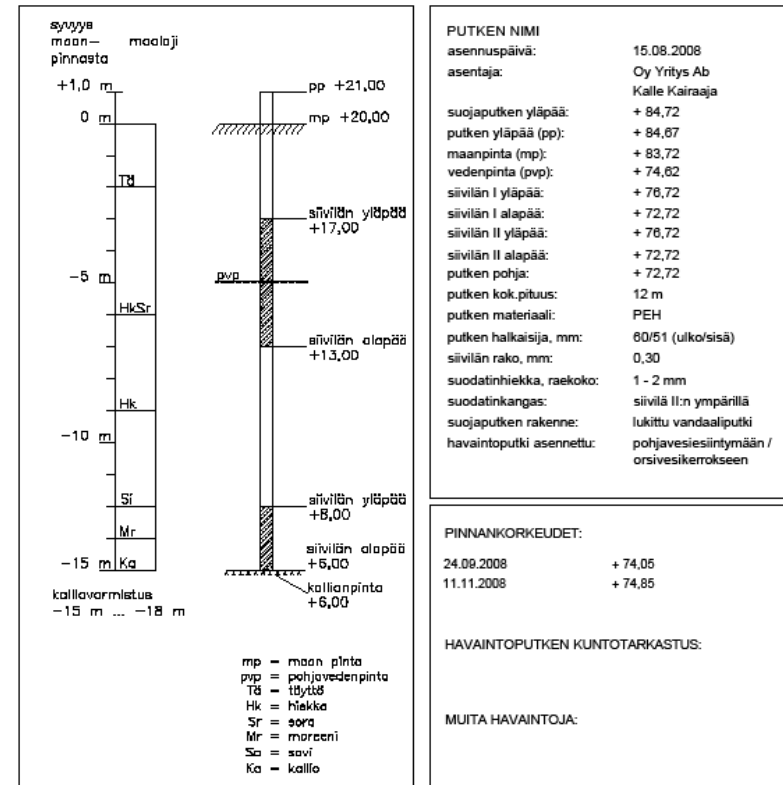
- Vähintään 3 havaintoputkea;
- Siivilän pituus 0,5-6 m (putkikortit!);
- Lyhyt siivilä antaa tarkemman kuvan veden laadun vertikaalista vaihtelusta, erillisten pohjavesikerrosten painekorkeudesta ja virtauksista eri geologisissa yksiköissä.
- Jos tavoitteena on saada yleiskuva haitta-aineiden esiintymisestä pohjavesimuodostumassa, voidaan asentaa siiviläosa läpi koko vettä johtavan kerroksen => ei saada tarkkaa kuvaa missä syvyydessä haitta-aine kulkeutuu
- Taustaputken ja downgradient-putkien siivilät samaan vettäjohtavaan maakerrosyksikköön!



POHJAVESIPUTKIKORTTI

Työn tilaaja: Oy Sora Ab
 Kohde: Maa-aineksen ottoalue, Sorala

Havaintopiste: Putken nimi
 Lohjan kaupungin tunnus: 91.10
 Koordinaatit (KKJ): N 6701897.5 E 2499308.5
 Korkeusjärjestelmä: N60
 Havaintojen kirjaaja: Anna Avustaja



Pohjavesinäytteenoton ja näytteiden käsittelyn ISO-standardit

ISO 5667-11 Guidance on sampling of groundwaters

- ISO 5667-11 sisältää ohjeet sekä vedellä kyllästymättömän että kyllästyneen vyöhykkeen näytteenottoon;
- Havaintoputkia pitäisi olla useita sekä päästölähteen / toiminnan yläpuolella että alapuolella pohjaveden virtaussuunnassa, ja alavirran puolella riittävästi, jotta pystytään arvioimaan haitta-aineen levinneisyyden laajuus.
- Orgaanisia haitta-aineita tarkkailtaessa pitää analysoida lähtöaineen lisäksi sen hajoamistuotteet (esim. PCE, TCE, DCE, VC).
- Jatkuvatomisten mitta-antureiden (pH, lämpötila, EC) tarkkailutulosten perusteella voidaan arvioida tarvittava näytteenottotiheys.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

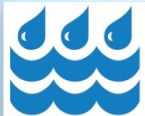


Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjavesinäytteenoton ja näytteiden käsittelyn ISO-standardit

ISO 5667-11 Guidance on sampling of groundwaters (jatkoa)

- Näytteenottoa edeltävä huuhtelu pitäisi tehdä pienemmällä pumppausteholla kuin asennuksen jälkeinen putkihuuhtelu, mutta suuremmalla teholla kuin näytettä otettaessa.
- Yleissuositus on, että huuhdellaan pumppaamalla pois vettä **vähintään 3 x putken vesitulavuus**. Jos pvp on putkessa jatkuvasti siiviläosaa ylempänä, sijoitetaan pumppu huuhtelun aikana 1-2 m siiviläosaan yläreunan alapuolelle. Jos siivilä yltää pvp:n yläpuolelle, sijoitetaan pumppu 1-2 m alhaisimman todetun pvp-tason alapuolelle.
- **Jos halutaan näyte tarkkaan tietyltä syvyydeltä, tehdään mikrohuuhtelu tai otetaan näyte ilman huuhtelua.** Mikrohuuhtelussa pumpataan näytteenottosyvyydeltä vettä pois mahdollisimman pienellä pumppausteholla (low-flow-taajuussäädin) ja otetaan näyte nostamatta pumppua välillä pois. Pumppaus on riittävä, kun EC, pH, lämpötila, sameus ovat tasaantuneet (mittaus kenttämittarilla).



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Low flow-pohjavesinäytteenotto

- Pumppaus 0,1 – 0,5 l/min
- Mahdollisimman pieni pohjavedenpinnan alenema
- Saadaan edustava näyte muuttamatta pohjaveden virtausolosuhteita
- Vesinäytteet kirkkaampia
- Liian tehokas esipumppaus voi joissain olosuhteissa laimentaa tutkittavan vesikerroksen ”todellisia” haitta-ainepitoisuuksia ja vapauttaa veteen liuenneita haihtuvia yhdisteitä



Kuva: GWM -Engineering Oy



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjavesinäytteenoton ja näytteiden käsittelyn ISO-standardit

ISO 5667-11 Guidance on sampling of groundwaters (jatkoa)

- **Kun tutkitaan erillisfaasina esiintyviä LNAPL-yhdisteitä, näyte otetaan pohjavesikerroksen pintaosasta ilman huuhtelua.** LNAPL-kerroksen paksuutta putkesta mitattaessa otettava huomioon, että putkessa LNAPL-kerros on kapillaaripaineen vuoksi paksumpi kuin ympäröivässä akviferissa.
- DNAPL-yhdisteet ovat vettä tiheämpiä, ja erillisfaasina esiintyessään kulkeutuvat kallionpinnan tai savilinssien päälle. DNAPL-yhdisteet liukenevat hitaasti veteen, ja DNAPL-pluumi voi olla laaja-alainen sekä pituus- että syvyysuunnassa. **Kun tutkitaan DNAPL-yhdisteitä, pitäisi ottaa näytteitä läpi koko vettä johtavan kerroksen.** Erillisfaasina esiintyvää DNAPL-päästöä on vaikea jäljittää.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjavesinäytteenoton ja näytteiden käsittelyn ISO-standardit

ISO 5667-11 Guidance on sampling of groundwaters (jatkoa)

- Näytteenoton **tarkka dokumentointi** tulosten arviointia ja johtopäätösten tekoa varten! Kenttähavaintoihin (ja raporttiin) kirjattava perustunnistetietojen lisäksi myös mm.
 - näytteenottokalusto
 - huuhteluteho ja -määrä ennen pumppausta
 - mistä syvyydestä ja millä teholla näyte pumpattiin
 - pvp ennen huuhtelua ja näytteenottoa sekä näytteenoton jälkeen
 - putken pohjan taso, onko pohjalla liettynyttä hienoaainesta
 - maininta, jos pohjavedenpinta poikkeuksellisen korkealla/alhaalla
 - kenttähavainnot näytteen kirkkaudesta/sameudesta, väristä, hajusta
 - kentällä mitatut laatuparametrit (lämpötila, pH, DO, EC, redox)
 - näytteen kestäväointi
 - näytteen suodatus kentällä/laboratoriossa ja suodattimen huokoskoko (0,45 µm)
 - näytteen säilytysaika ja lämpötila ennen analysointia



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjavesinäytteenoton ja näytteiden käsittelyn ISO-standardit

ISO 5667-3 Preservation and handling of water samples (versio 2.6.2009)

- näytteen altistuminen mm. valolle ja alkuperäistä lämpötilaa korkeammille lämpötiloille voi muuttaa veden laatuominaisuuksia:
 - bakteerit, levät ja muut organismit voivat muuttaa liuenneen hapen, hiilidioksidin, typpiyhdisteiden, fosforin ja piin pitoisuuksia;
 - tiettyjen yhdisteiden (orgaaniset yhdisteet, Fe(II), sulfidit) hapettumista voi tapahtua;
 - voi tapahtua saostumista (kalsiumkarbonaatti, metalliyhdisteet esim. Al(OH)₃) tai haihtumista (VOC-yhdisteet, happi, syanidi, elohopea);
 - ilmasta absorboituva hiilidioksidi voi muuttaa pH:ta, sähkönjohtokykyä ja liuenneen CO₂:n pitoisuutta;
 - Liuenneena tai kolloidisena esiintyviä metalli-ioneja ja orgaanisia yhdisteitä voi adsorboitua näytteessä olevaan kiintoaineeseen;
- Näytteiden säilytyslämpötila **kuljetuksen aikana +2- +8 °C** ja **laboratoriossa +1 - +5 °C**;



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjavesinäytteenoton ja näytteiden käsittelyn ISO-standardit

ISO 5667-3 Preservation and handling of water samples (versio 2.6.2009)

- Näytteiden esikäsittely ja max. säilytysaika ennen analysointia:
 - metallit ja puolimetallit: suodatus kentällä 0,45 µm, säilytys max 1 kk;
 - Ca, Mg, K, Na, Si: suodatus kentällä 0,45 µm, säilytys max 1 kk;
 - Cl, SO₄; F: ei esikäsittelyä, säilytys +1 - +5 °C max. 1 kk;
 - NO₃, NO₂, NH₄: happokäsittely pH 1-2 / pakastus -18 °C, säilytys 4 d
 - TOC, COD_{Mn}: happokäsittely pH 1-2, säilytys max. 7 d (TOC);
 - O₂, CO₂: ei esikäsittelyä, säilytys valolta suojattuna +1 - +5 °C max. 24 h;
 - öljyhiilivedyt ja rasvat: happokäsittely pH 1-2, säilytys max 1 kk;
 - VOC-yhdisteet: ei esikäsittelyä, säilytys +1 - +5 °C max. 24 h
 - PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet: ei esikäsittelyä, säilytys +1 - +5 °C max. 7 d
 - torjunta-aineet: ei esikäsittelyä, säilytys +1 - +5 °C max. 6-30 d;



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Toiminnan pitkäaikaisvaikutukset pohjaveteen

- *Kuinka pitkä tarkkailujakso tarvitaan?*

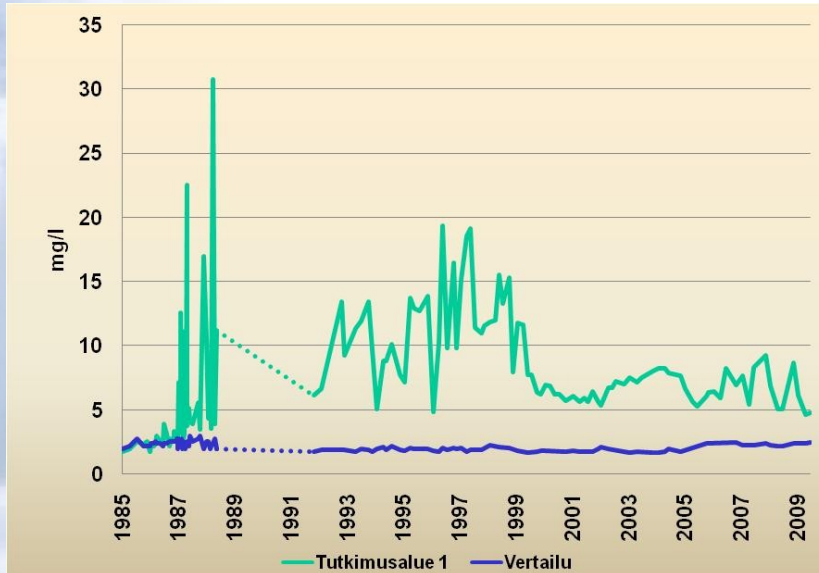
- Maa-aineksen otto => Cl, K, Mg, Ca, Al nousu, EC, SO₄-pitoisuus (pesuliete), öljy-yhdisteet (työkoneet, poltto-aineiden varastointi)
- Kiviaineksen louhinta => pvp:n aleneminen, muutokset pohjaveden virtausreiteissä, päästöt räjähdysaineista, öljy-yhdisteet



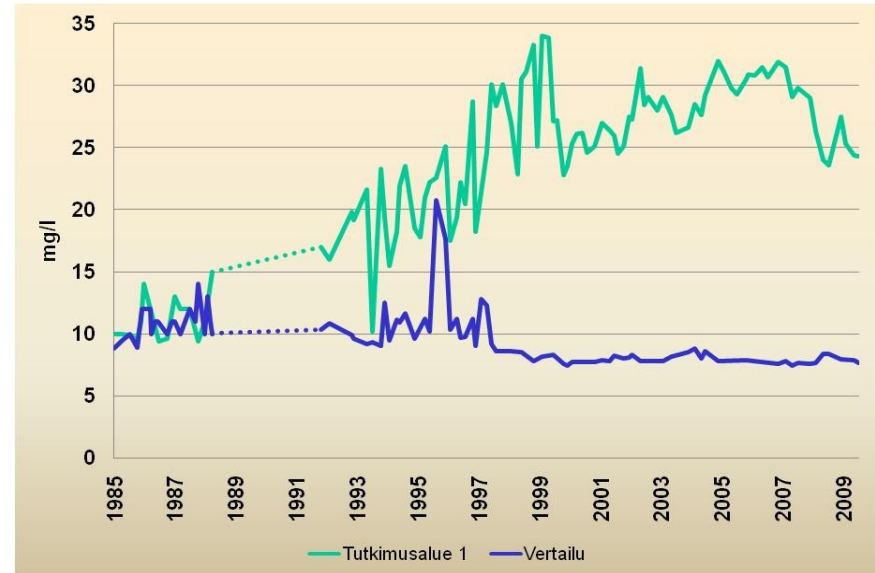
Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf

Esimerkki maa-aineksen oton pitkäaikaisvaikutusten tarkkailusta

Kloridipitoisuus 1985 - 2009



Sulfaattipitoisuus 1985 - 2009



Aineisto: Jari Rintala / Suomen ympäristökeskus
hanke "Sorannoton pitkäaikaisvaikutukset pohjaveteen"

Pohjavesitarkkailun tulosten tulkinta

Haitta-aineiden päästölähteen ja levinneisyyden arvioimiseksi tuloksia arvioitava laaja-alaisesti (yhteistarkkailu, samanaikaiset näytteenottokierrokset, useita näytteenottokierroksia);

ohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut, vaikutukset virtaussuuntiin

ulosten tulkinnassa oleellista näytteenottomenetelmien ja kenttähavaintojen tarkka dokumentointi;

ulkeutumisominaisuuksien huomioonottaminen:

- pH- ja redox-olosuhteiden vaikutus raskasmetallien liikkuvuuteen
- PAH- ja PCB-yhdisteiden sitoutuminen maaperän orgaaniseen ainekseen



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

➤ O_2 , NO_3^- , Fe^{2+} , SO_4^{2-} , CO_2

➤ CH_4

ellisen ja hapettoman biohajoamisen



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry

Västra Nylands vatten och miljö rf

Pohjaveden seurantapaikat

(Asetus 341/2009 vesienhoidon järjestämisestä
annetun asetuksen muuttamisesta, 20 §)

eurantaohjelmassa on oltava **riittävästi seurantapaikkoja**, jotta pohjavesien tila ja tilan luontainen tai ihmisen toiminnasta aiheutuva **lyhyen ja pitkän ajan vaihtelu** voidaan **arvioida luotettavasti**.

os on mahdollista, että pohjaveden hyvää tilaa ei saavuteta, seurantapaikat, -tekijät ja -tiheys on valittava siten, että voidaan **selvittää, miten vedenotto, muu ihmisen toiminta ja pohjaveden purkautuminen vaikuttavat pohjaveden tilaan**.

oiminnallista seurantaa järjestetään pohjavesimuodostumassa, jonka osalta on perusseurannan ja 7 §:ssä säädetyn vaikutusarvioinnin perusteella mahdollista, että pohjaveden ympäristötavoitteita ei saavuteta. **Seurantapaikat on valittava siten, että ne parhaiten osoittavat pohjavesimuodostuman määrällisen ja kemiallisen tilan.**



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf