

# Rakenneselvityskarttojen visualisoinnin kehittäminen

Samrit Luoma ja Birgitta Backman



31.12.2015

31.12.2015 / 110/2015

Tekijät Samrit Luoma ja Birgitta Backman		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja	
Raportin nimi Rakenneselvityskarttojen visualisoinnin kehittäminen			
Tiivistelmä Pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeessa edistetään pohjavesiyhteistarkkailujen käynnistämistä vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla Uudenmaan alueella. Useimmilla tutkimuksen pilot-alueilla on aiemmin tehty pohjavesialueen geologinen rakenneselvitys. Rakenneselvitysraporttien käyttäjät toivoivat raportteihin visuaalisempia ja helppolukuisempia karttoja. Hankkeen yhdeksi tavoitteeksi tulikin rakenneselvitys karttojen kehittäminen. Pohjavettä muodostuu ja pohjavesi liikkuu kolmiulotteisessa väliaineessa ja lisäksi virtaus muuttuu ajan suhteen. Tämän kokonaisuuden esittäminen karttakuvana on vaikeaa. Pohjavesimallinnus- ja visualisointimenetelmien kehittyessä ja monipuolistuessa esitystapamahdollisuudet ovat kuitenkin lisääntyneet huomattavasti. Rakenneselvitysraporteissa karttojen ja kuvien lukumäärää ei voi kasvattaa kovin paljoa, joten myös erilaisten geologisten ja hydrogeologisten aineistojen yhdistämistä samaan kuvaan pyrittiin kehittämään, niin ettei informaatiota kuitenkaan tule yhteen kuvaan liikaa. LiDAR-aineistojen käyttäminen pohjavesikartoissa osoittautui hyvin käyttökelpoiseksi ja visuaaliseksi. Erittäin hyväksi ja visuaaliseksi esitysmuodoksi osoittautui myös 3D-malli videokuvana, jossa pohjavesimuodostumaa voi tarkastella eri suunnista.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) pohjavesi, pohjavesimuodostuma, pohjavesiesiintymä, harju, rakenne, kartoitus, visualisointi, videomenetelmä, lidar-menetelmä			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Uusimaa			
Karttalehdet K3441, K3443, K3442, K3434, L4143			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus 110/2015	
Kokonaissivumäärä 19 s. + liitteet	Kieli Suomi	Hinta -	Julkisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue Etelä-Suomen Yksikkö		Hanketunnus 50404-40018 POVEYTKE	
Allekirjoitus/nimen selvennys Samrit Luoma		Allekirjoitus/nimen selvennys Birgitta Backman	

31.12.2015

## Sisällysluettelo

### Kuvailulehti

1	Johdanto	1
2	Tavoite	2
3	Testialueet	3
4	Lähtöaineistot ja tutkimusmenetelmät	5
5	Pohjavesialueen sijainnin ja tehtyjen tutkimusten esittäminen	5
6	Pohjavesialueen yleiskartat	7
7	Pohjavesimuodostuman rakenne	10
7.1	Pohjavesimuodostumien poikkileikkaukset	11
7.2	Pohjavesimuodostumien 3D-kuvat	12
8	Pohjavedenpinta ja pohjavedenvirtaus eri vuodenaikoina (4D)	13
9	Yhteenveto	15
10	Kirjallisuus	15

### Liitteet

Liite 1 Kartta tutkimusalueen sijainnista, tutkimuspisteistä ja mittauslinjoista Hangon ja Sandö-Grönvikin pohjavesialueilla.

Liite 2 Sandö-Grönvikin pohjavesialueen yleiskartta, jossa pohjavedenpinnan korkeus on esitetty värisymboleina pohjavesiputken sijaintitiedon yhteydessä.

Liite 3 Sandö-Grönvikin pohjavesialueen yleiskartta, jossa pohjavedenpinnan korkeus on esitetty värisymbolien pohjavesiputken sijaintitiedon yhteydessä ja lisäksi pohjavesipinnan samanarvokäyrinä.

Liite 4 Hankoniemen alueen pohjavedenpinnankorkeus (m meren pinnan yläpuolella, korkeusjärjestelmä N2000) väripintakuvana.

Liite 5 Sandö-Grönvikin pohjavesimuodostuman poikkileikkaus.

Liite 6 Rusutjärven pohjavesimuodostuman poikkileikkaus.

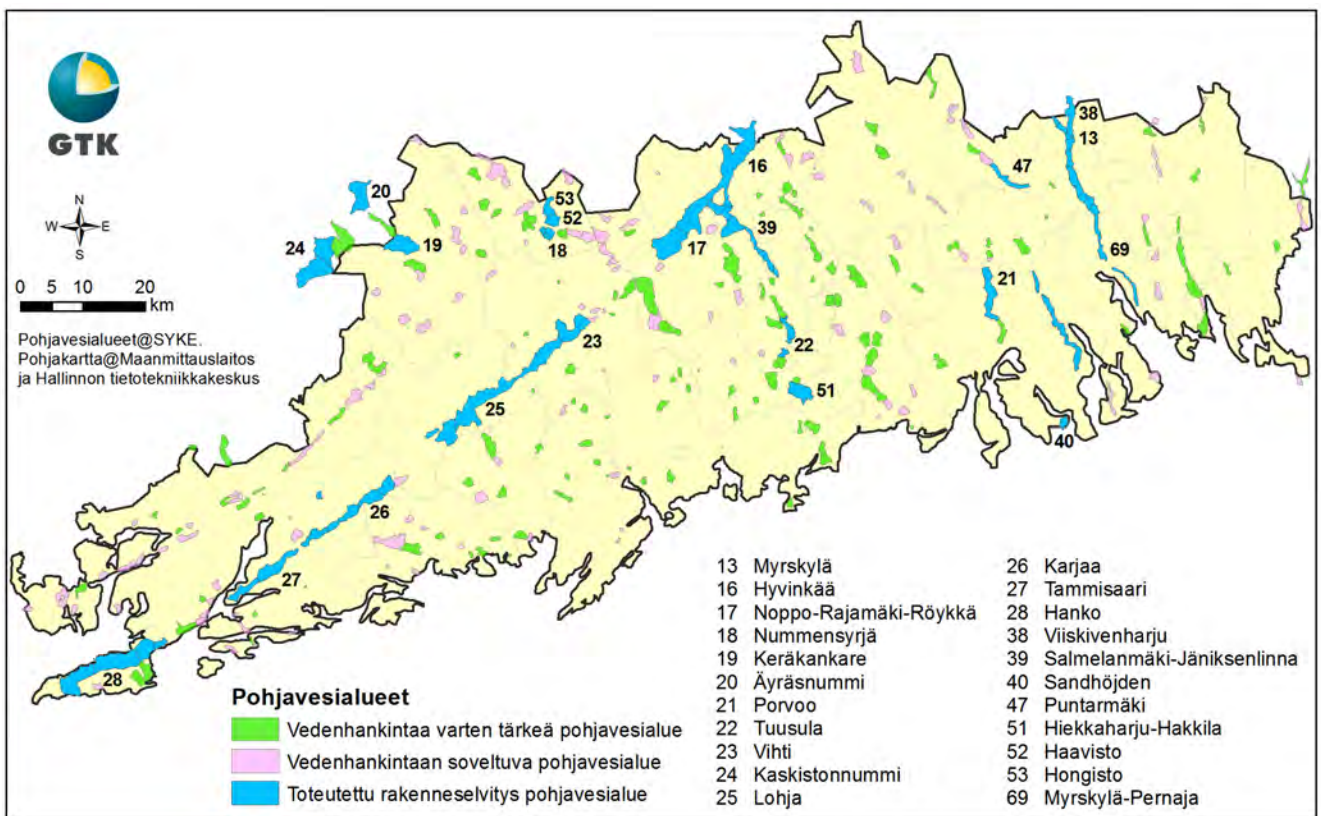
Liite 7A Hankoniemen alueen pohjavesimuodostuman 3D - rakennemalli.

Liite 7B Hankoniemen alueen pohjavesimuodostuman 3D – rakennemallivideo.

Liite 8 Sandö-Grönvikin pohjavesialueen pohjavedenpinnan asema tilanteessa kun pohjavesi on matalla ja korkealla.

## 1 JOHDANTO

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tehnyt pohjavesimuodostumien rakenneselvityksiä 1990-luvun alusta lähtien ja niitä on tähän mennessä tehty noin 200 kohteessa. Rakenneselvitykset tehdään yleensä kolmen osapuolen yhteistyönä: GTK, kunta tai kuntayhtymä ja alueen vesilaitos sekä paikallinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). Rakenneselvityksissä kootaan aiemmin tuotetut geologiset ja hydrogeologiset tutkimusaineistot, tehdään tarpeelliset geofysikaaliset lisätutkimukset ja kairaukset ja asennetaan pohjavesiputkia sekä mitataan hydrogeologisia parametreja. Tarvittaessa otetaan myös vesinäytteitä. Kaiken tämän aineiston perusteella laaditaan raportti, joka koostuu tekstiosasta sekä useista erilaisista kartoista. GTK on rakenneselvityksien vastuutaho ja raportit sekä kartat laaditaan GTK:ssa. Rakenneselvityksiä on tehty Uudellamaalla karttaan merkityillä pohjavesialueilla. Karttakuvassa on vuoden 2014 lopun tilanne (Kuva 1). Osassa kohteita on yhdistetty useampi rakenneselvitys alue, jotka ovat saman kunnan alueella



Kuva 1. Harjurakenneselvitysten sijainti Uudenmaan alueella.

Rakenneselvitysraporttien käyttäjät ovat esittäneet toiveita, että raporttien karttojen esitystapaa kehitettäisiin helpolukuisemmiksi ja visuaalisemmiksi. On myös huomattu, että

geologisia rakenneselvityksiä ei aina hyödynnetä pohjavesivelvoitetarkkailujen suunnittelussa ja tarkkailutulosten tulkinnassa. Vuonna 2014 alkaneen pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeen suunnitteluvaiheessa tuli karttaesitysten visualisoinnin kehittämistarve ja geologisten aineistojen hyödyntämisen edistämistavoite konkreettisesti esille. Kehittämishankkeen tutkimus- ja pilot-alueilla on pääsääntöisesti tehty geologinen rakenneselvitys. Näin pohjavesimuodostumien rakenneselvitysraporttien karttojen visualisoinnin kehittämisestä tuli luontevasti yksi pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeen tehtävistä.

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeen valmistelu käynnistyi Uudenmaan liiton koordinoiman Etelä-Suomen VEDET-hankkeen yhteydessä. Uudenmaan liitossa lokakuussa 2013 järjestetyssä pohjavesi teemakokouksessa ja sen jälkeen käydyissä työryhmäkeskusteluissa ja työpajassa koottiin laajapohjainen yhteistyöryhmä edistämään pohjavesien yhteistarkkailujen käynnistämistä Uudenmaan ja Hämeen alueilla sekä kehittämään pohjavesiyhteistarkkailujen menetelmiä.

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeessa edistetään pohjavesiyhteistarkkailujen käynnistämistä vedenhankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla Uudenmaan ja Hämeen alueella. Lisäksi pyritään laajentamaan ja tehostamaan käynnissä olevia pohjavesiyhteistarkkailuita mm. pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun automaattisten anturimittausten, yhteistarkkailutulosten tiedonsiirto- ja hallintajärjestelmien ja raportoinnin osalta. Geologian tutkimuskeskuksessa marraskuussa 2014 järjestettyyn pohjavesien yhteistarkkailujen kehittämistä käsittelevään ideointityöpajaan osallistui 34 osanottajaa: vesihuoltolaitosten edustajia, kuntien ja ELY-keskusten ympäristöviranomaisia, toiminnanharjoittajia, tutkimuslaitoksia, vesiensuojeluyhdistyksiä ja ympäristöalan konsultteja.

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeen valmistelutyötä ovat tehneet Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry ja Geologian tutkimuskeskus. Valmistelutyötä ovat koordinoineet Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry ja Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry ja sitä ovat rahoittaneet edellä mainittujen lisäksi ympäristöministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriö ja Uudenmaan ELY-keskus. Lisäksi pilot-alueiden vesihuoltolaitokset osallistuivat omilla alueillaan tehtävien selvitysten kuluihin. Hankeen toiminta-alueeksi muotoutui rahoituksen vähyydestä johtuen alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen ainoastaan Uusimaa.

## 2 TAVOITE

Pohjavesimuodostumien rakenneselvitysraporttien oleellinen osa on erilaiset kartat, joiden avulla alueen pohjavesiolosuhteita havainnollistetaan. Karttojen käyttäjien esittämien toiveiden mukaisesti pyritään karttojen esitystapaa muuttamaan visuaalisemmiksi. Pääpaino on hydrogeologisten aineistojen visualisoinnin kehittäminen siten, että kartat olisivat havainnollisia ja helppolukuisia. Raporttien karttojen pitäisi myös olla monipuolisia, jotta karttojen lukumäärä ei olisi liian suuri, mutta samalla kartat pitäisi olla helposti luettavia.

Visualisoinnin kehittämisellä pyritään myös siihen, että kartat olisivat nykyistä useampien tahojen hyödynnettävissä.

Tässä raportissa esitetään erilaisia karttoja, joilla pyritään entistä paremmin visualisoimaan pohjavesimuodostuman geologista rakennetta, pohjavedenpintaa sekä pohjavedenvirtausta. Yhtenä esitystavan suurena haasteena on pohjavesimuodostumien moniulotteisuus. Muodostumien 3D-ulottuvuuden lisäksi pohjavedellä on neljäntenä ulottuvuutena aika. Pohjavesi elää ajassa ja pohjaveden pinnan korkeus vaihtelee sademäärän, imeytymisen, haihdunnan ja pumppauksen mukaan. Pohjaveden pinnankorkeus vaikuttaa myös pohjavedenvirtaukseen. Virtausreitit muuttuvat pohjavesipinnan korkeuden mukaan. Virtausta ohjaavat kalliokynnykset voivat olla pohjavedenpinnan ala- tai yläpuolella vedenpinnan korkeuden muuttuessa. Tässä raportissa aikamuuttuja on huomioitu pohjavesimuodostuman leikkauskuvassa, jossa pohjavedenpinta on esitetty tilanteessa, jossa vedenpinnan asema on korkealla ja matalalla.

Tärkeänä tavoitteena on hyödyntää visualisointia myös erilaisten toimintojen suunnittelussa pohjavesialueilla. Pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishankkeessa uusia karttoja tullaan käyttämään yhteistarkkailun havaintoputkiverkoston suunnittelussa ja toteutuksessa.

### 3 TESTIALUEET

Karttojen visualisoinnin kehittämistä on kyseisten vesilaitosten suostumuksella työstyetty ja testattu Hankoniemen kahden ja Tuusulan yhden vedenhankinnan kannalta tärkeän pohjavesialueen hydrogeologisella aineistolla.

Vierekkäiset Hangon ja Sandö-Grönvikin pohjavesialueet ovat I Salpausselän reunamuodostuman alueella olevia, melko suuria ja erilaisilla toiminnoilla kuormitettuja pohjavesialueita. Alueiden pohjaveden laatua kuormittavat mm. asutus, vanha viemäriverkosto, vanhat öljysäiliöt, vanhat kaatopaikat, kemikaaleja käyttävät suuret teollisuuslaitokset ja maa-ainestenotto (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 2013). Molemmilla pohjavesialueilla on kuitenkin myös laajoja, lähes luonnontilaisia alueita (Kuva 2). Hangon kokonaispinta-alaltaan 14 km<sup>2</sup>:n laajuisella pohjavesialueella on yksi toiminnassa oleva Hangon kaupungin vedenottamo ja Sandö-Grönvikin 17 km<sup>2</sup>:n laajuisella pohjavesialueella on kaksi toiminnassa olevaa kaupungin omistamaa vedenottamo. Lisäksi molemmilla alueilla on useita yksityisiä vedenottamoita. Pohjavesialueiden yhteenlasketuksi kokonaisantoisuudeksi on arvioitu 12 000 m<sup>3</sup>/d.

Tuusulan Rusutjärven pohjavesialue on osa Tuusulanharjua (Kuva 3). Alue rajoittuu länsireunaltaan Rusutjärveen. Pohjavesialueen kokonaispinta-ala on noin 3 km<sup>2</sup> ja sen antoisuudeksi on arvioitu 10 000 m<sup>3</sup>/d. Suuri antoisuus perustuu tekopohjaveden muodostamiseen imeyttämällä Päijännetunnelin vettä kolmessa kohdassa harjuun. Vettä pumpataan muodostumasta kahdesta vedenottamon kaivosta vesilaitokselle. Pohjavesimuodostuman eteläosa on asuntoaluetta ja Rusutjärven rannalla on lomasutusta ja yleinen uimaranta. Harjua pitkin kulkee vilkkaasti liikennöity tie, mutta alueella on myös luonnontilaisia metsää.



Kuva 2. Hakoniemellä olevan Sandö-Grönvikin pohjavesialueen keskiosalle tyypillistä metsää. (Kuva S. Luoma).



Kuva 3. Rusutjärven pohjavesialueen luonnontilaista metsää. (Kuva S. Luoma).

## 4 LÄHTÖAINEISTOT JA TUTKIMUSMENETELMÄT

GTK:ssa pohjavesialueiden rakenneselvityksissä käytetään useita eri lähtöaineistoja ja tutkimusmenetelmiä. Työ alkaa aina olemassa olevan aineiston kokoamisella ja lisäksi tehdään maastokartoitus, joka perustuu geologisiin havaintoihin maa- ja kallioperästä sekä sedimentologisiin havaintoihin. Geofysikaalisilla tutkimusmenetelmillä, maatutkalla ja gravimetrisellä luotauksella pyritään selvittämään kalliopinnoin sijainti, maapeitteen paksuus ja joissain tapauksissa myös pohjavedenpinnan asema. Maastotöiden yhteydessä tarkistetaan myös olemassa olevien pohjaveden havaintoputkien sijainti ja kunto. Pohjavedenpinnat mitataan ja vaaitaan havaintoputkista ja kaivoista sekä mitataan pohjaveden virtaamat lähteistä ja purkautumispaikoista. Hydrogeologisia kenttämittauksia, vedenjohtavuutta selvittäviä slug-testejä ja vedenlaadun profiilimittauksia tehdään pohjaveden havaintoputkista. Alueen pohjaveden laatu selvitetään olemassa olevien analyysitulosten ja tarvittaessa uusien vesinäytteiden perusteella. Kairausten perusteella selvitetään maalajit ja kerrospaksuudet. Uusia pohjaveden havaintoputkia asennetaan tarpeen mukaan. Havaintoputket asennetaan kallionpintaan asti muutaman metrin kalliovarmistuksella. Pääsääntöisesti siiviläosa asennetaan läpi koko vettäjohtavan kerroksen. Alueen sademäärät ja alueelta pumpattavan pohjaveden määrä, vedenottoluvat sekä koepumppaustulokset selvitetään.

Tämän raportin kartoissa on käytetty Maanmittauslaitoksen topografikartan aineistoa (Haltik-tietokanta) sekä 2m x 2m ruutukoon laserkeilausaineistoa eli LiDAR-aineistoa maanpinnan topografian kuvaamiseen (© Maanmittauslaitos). 1:20 000 maaperätieto on GTK:n tuottamaa (Maaperäkartta © GTK) samoin geofysiikan mittausdata. GTK:n tuottamat aineistot on saatavilla Hakku-palvelusta <http://hakku.gtk.fi/fi/>. Pohjavesialueiden rajat ovat SYKE:n tietokannasta sekä pohjaveden havaintoputkitiedot SYKE:n Hertta-tietokannasta (<https://www.p2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>). Kairaustietoja on koottu kunnista, vesihuoltolaitoksilta, Hertta-tietokannasta ja GTK:n tietokannoista.

Aineiston käsittely ja kartta-analyysit ja on laadittu ArcGIS/ArcMap 10.3-ohjelmalla ja visualisointi on tehty GSM 9.2- ohjelmalla. Näissä visualisointikuvissa käytetyt geologiset aineistot ovat julkisesti saatavilla GTK:n paikkatietopalvelujen ja rajapintojen kautta (<http://hakku.gtk.fi/fi/>). Muodostuman sora-hiekkajakaumat on laadittu stokastisen mallin menetelmällä (T-PROGS) GSM 9.2 – ohjelmalla. Ohjelman käyttämä maalajitieto on saatu tutkimusalueen kairaustiedoista. Pohjavesipinnan ja kalliopinnoin mallien interpoloinnissa on käytetty Spatial Analyst-moduulin kriging-menetelmää ArcGIS/ArcMap 10.3-ohjelmalla. Nämä aineistot on saatu alueen geologisista kartoista, painovoima- ja maatutkaluotausaineistoista, kairaustiedoista sekä pohjavedenpinnan seuranta-aineistoista.

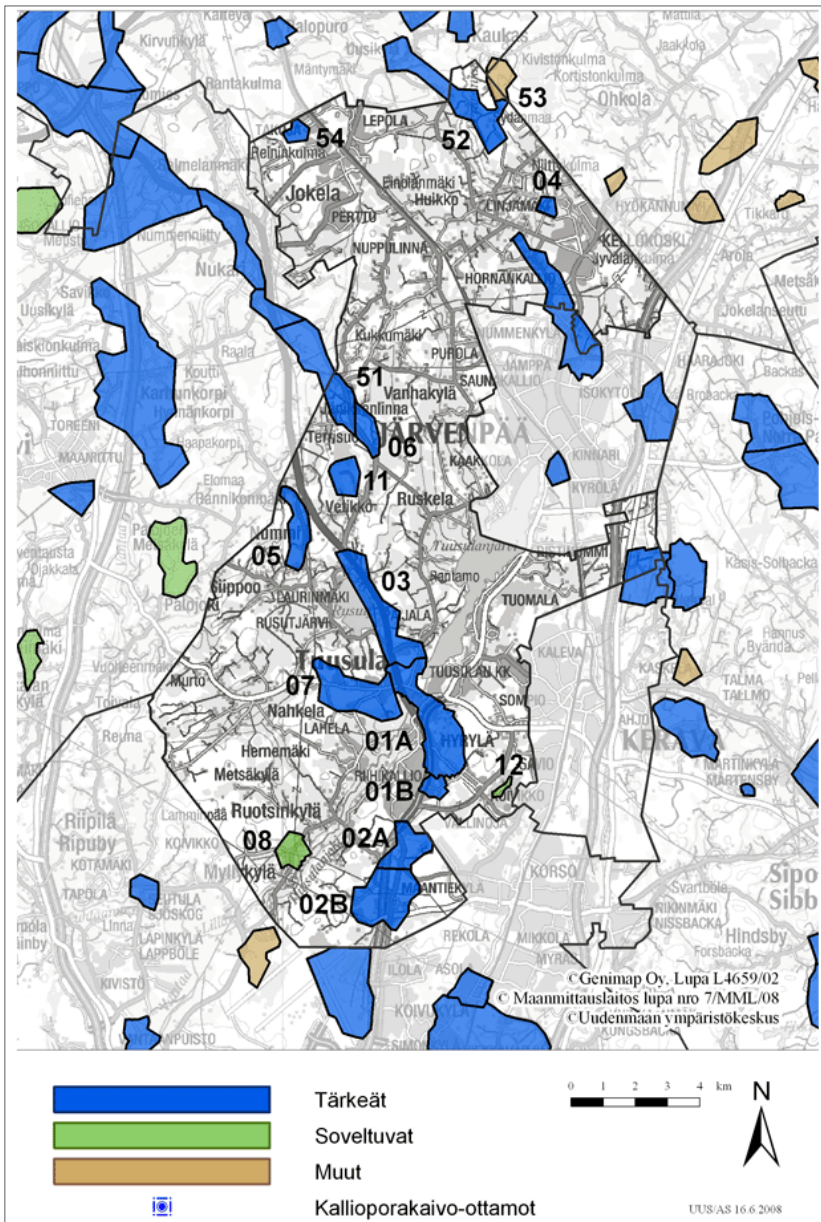
## 5 POHJAVESIALUEEN SIJAINNIN JA TEHTYJEN TUTKIMUSTEN ESITTÄMINEN

Seuraavissa luvuissa esitellään erilaisia karttaesitysmuotoja, joita voi tarvittaessa käyttää tulevaisuissa rakenneselvitysraporteissa. Osasta kartoja, esimerkiksi pohjavedenpinnan



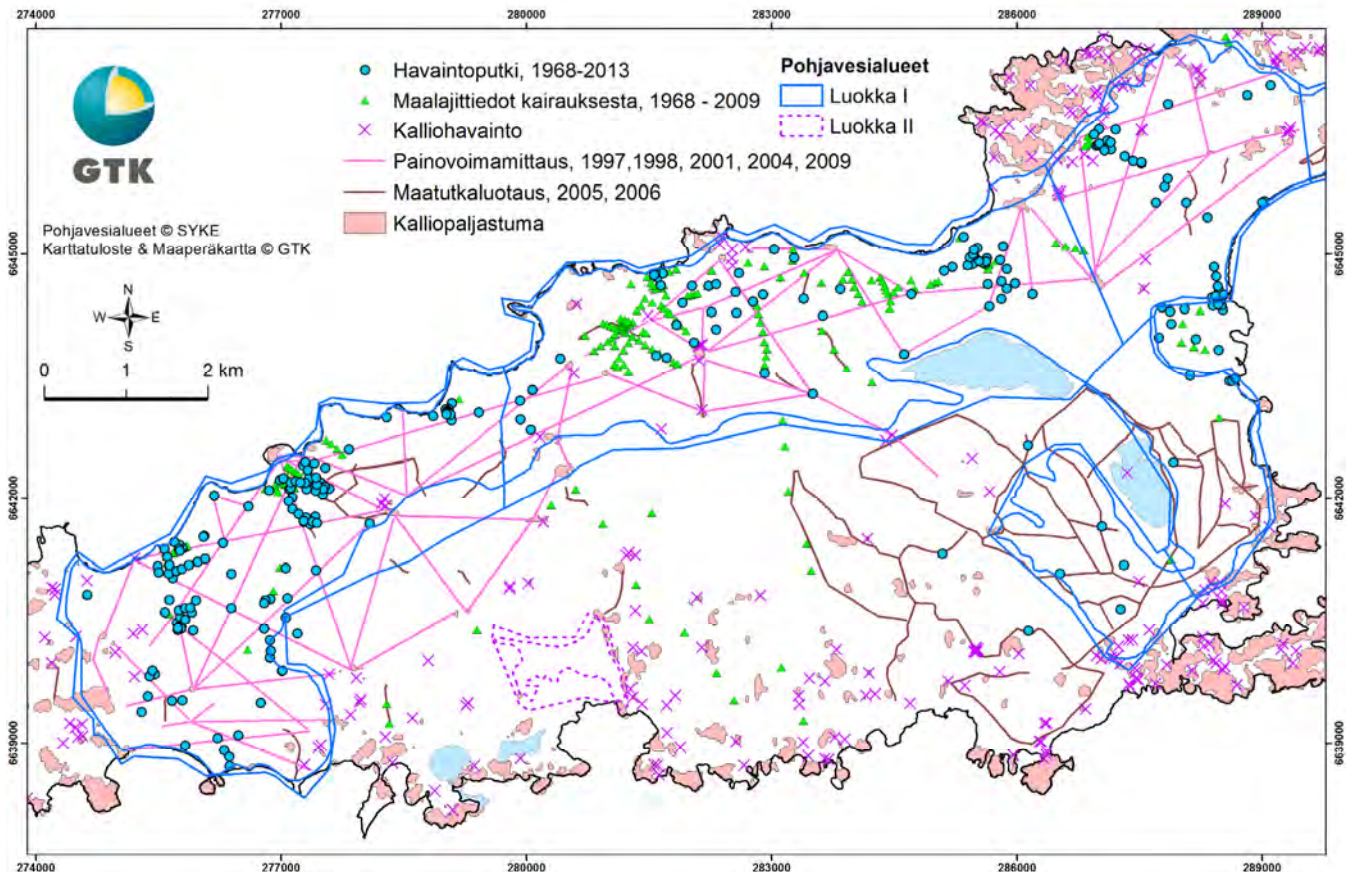
korkeuden kuvaamisessa, on laadittu useita erilaisia esitysmuotoja. Eri kohteissa voi käyttää erilaisia esitystapoja, kohteen erityispiirteiden mukaan.

Tutkimusalueen maantieteellinen sijainti on hyvä esittää omana karttana. Tässä kartassa esitetään myös vedenhankinnalle tärkeän pohjavesialueen rajat. Kartta-alue on hyvä esittää riittävän laajalta alueelta, myös tutkimusalueen ulkopuolelta, jotta yhteydet muihin pohjavesialueisiin selviäisivät ja alueellinen kokonaiskuva muotoutuisi riittävän laajasti (Kuva 4).



Kuva 4. Karttaesimerkki: Tuusulan pohjavesialueet, Rusutjärven pohjavesialueen numero on 03. ([http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden\\_suojelu/Pohjavesialueet/Tuusulan\\_pohjavesialueet\(14310\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu/Pohjavesialueet/Tuusulan_pohjavesialueet(14310))).

Tutkimusalueella tehdyt tutkimukset ja niiden sijainti on tarpeen esittää omana karttana (Kuva 5, Liite 1). Eri kohteissa on tehty erilaisia ja eri määriä tutkimuksia ja mikäli tutkimuksia on tehty paljon, voi olla tarpeen esittää tiedot ryhmiteltyinä useampaan karttaan. Kartassa on hyvä olla myös tieto siitä milloin kyseiset tutkimukset on tehty. Pohjavedenottamoiden tarkkaa sijaintia ei saa esittää julkisiin raportteihin ja sivustoille liitettävissä kartoissa.



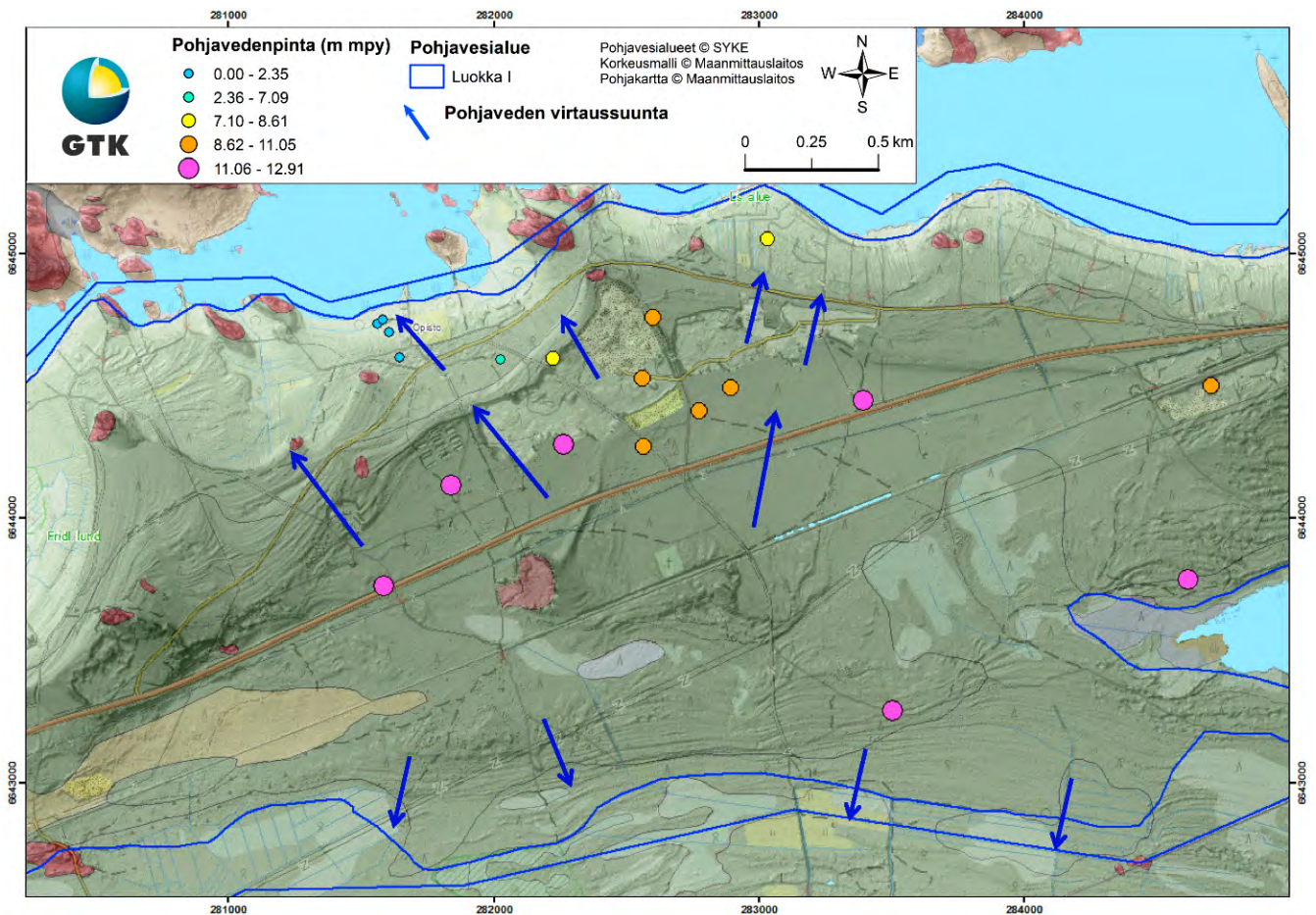
Kuva 5. Karttaesimerkki tutkimusalueella tehdyistä tutkimuksista ja niiden sijainnista, Hangon ja Sandö-Grönvikin pohjavesialueet. Kartta on suuremmissa koossa liitteessä 1.

## 6 POHJAVESIALUEEN YLEISKARTAT

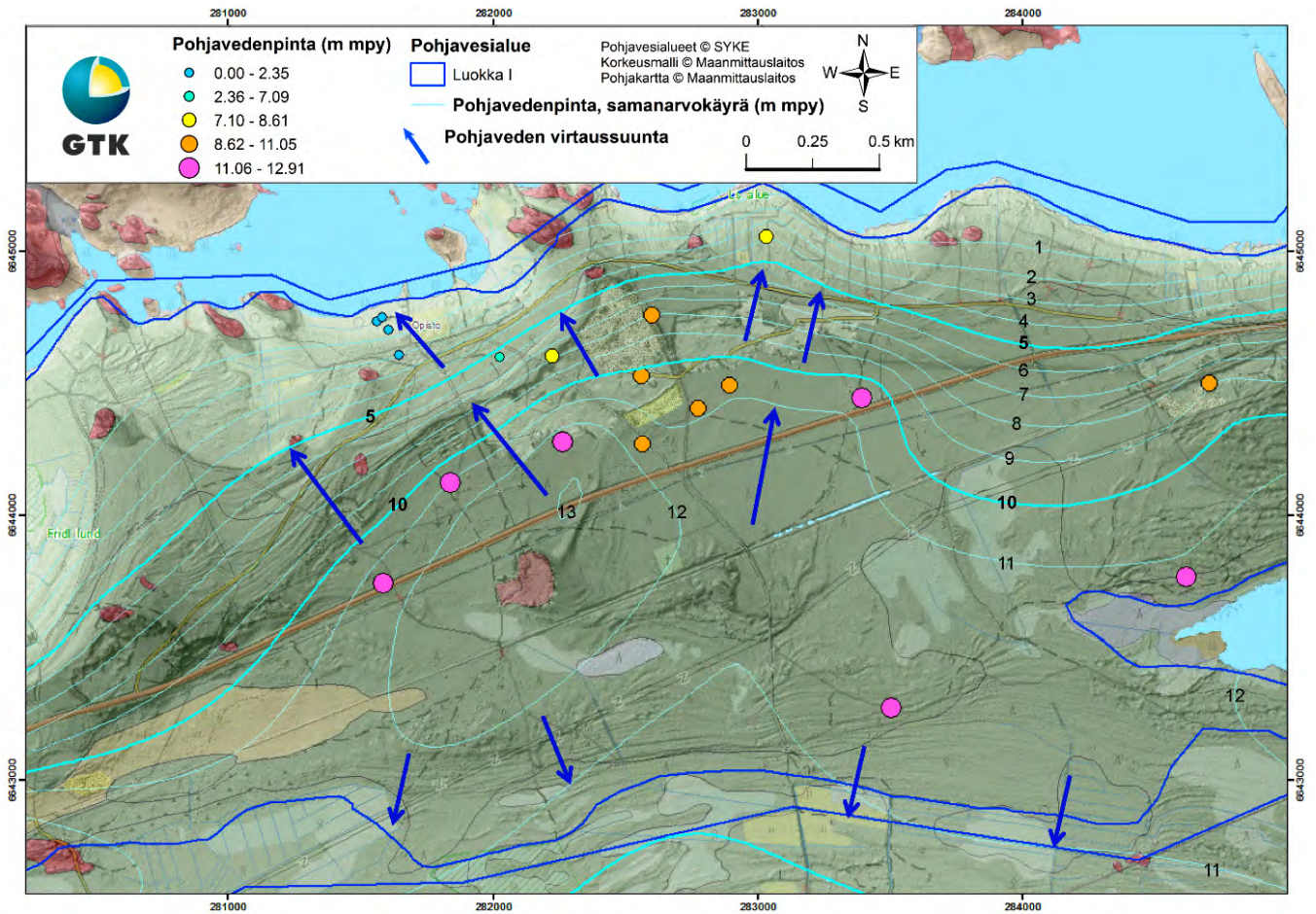
Tutkimusalueen yleiskartassa on topografikartan aineisto (Haltik) sekä LiDAR-aineisto mustavalkokuvana, maaperätieto väripintana sekä pohjavedenhavaintoputkien sijainti ja pohjaveden pinnan asema eri värein sekä pohjavedenvirtaussuunnat nuolilla (Kuva 6, Liite 2). Kuvaan on yhdistetty paljon aineistoja, mutta eri aineistojen läpinäkyvyyttä muokkaamalla

kuvista saa selkeämpiä ja valittuja ominaisuuksia, esim. topografiaa voi painottaa häivyttämällä muita tasoja taustalle. Kuvassa 6 Haltik-aineisto on häivytetty 80 %:sti ja maaperäaineisto 60 %:sti. LiDAR-aineistoa ei häivytetty ollenkaan.

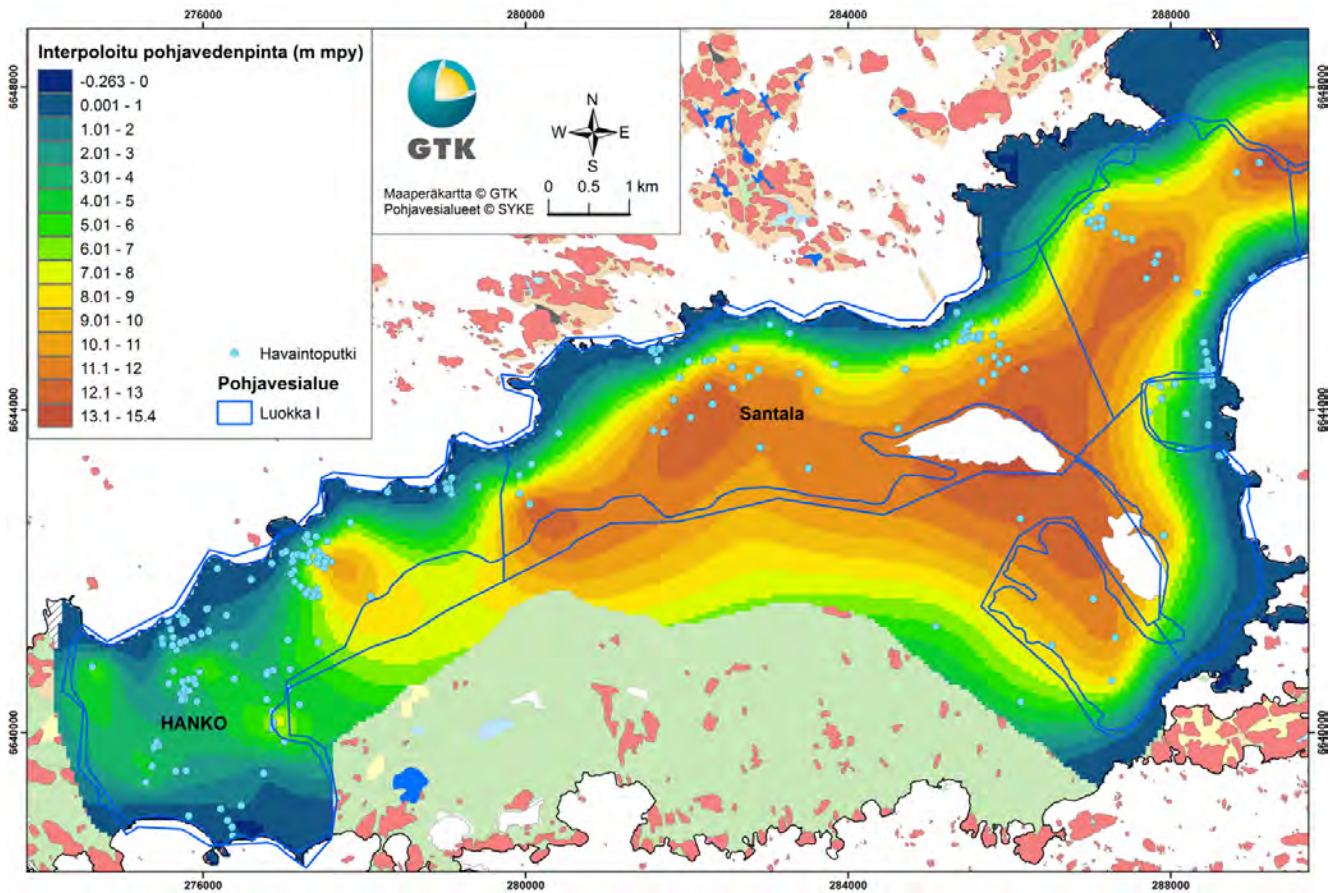
Tutkimusalueen voi myös jakaa pienempiin osa-alueisiin ja esittää kustakin alueesta erilliset kuvat, etenkin jos alue jakaantuu useampiin pohjavesialtaksiin. Pohjaveden pinnankorkeustiedon voi esittää myös samanarvokäyrinä (Kuva 7, Liite 3). Pohjavedenpinnan aseman voi myös esittää väripintakuvan, jolloin muita tietoja voi olla hyvin vähän, ainoastaan topografikartan/peruskartan informaatio (Kuva 8).



Kuva 6. Sandö-Grönvikin pohjavesialueen yleiskartta, jossa pohjavedenpinnan korkeus on esitetty värisymboleina pohjavesiputken sijaintitiedon yhteydessä. Kartta on suuremmissa koossa liitteessä 2.



Kuva 7. Sandö-Grönvikin pohjavesialueen yleiskartta, jossa pohjavedenpinnan korkeus on esitetty värisymbolien pohjavesiputken sijaintitiedon yhteydessä ja lisäksi pohjavesipinnan samanarvokäyrinä. Kartta on suuremmissa koossa liitteessä 3.



Kuva 8. Hankoniemen alueen pohjavedenpinnankorkeus (m meren pinnan yläpuolella, korkeusjärjestelmä N2000) väripintakuvana. Kartta on suuremmissa koossa liitteessä 4.

## 7 POHJAVESIMUODOSTUMAN RAKENNE

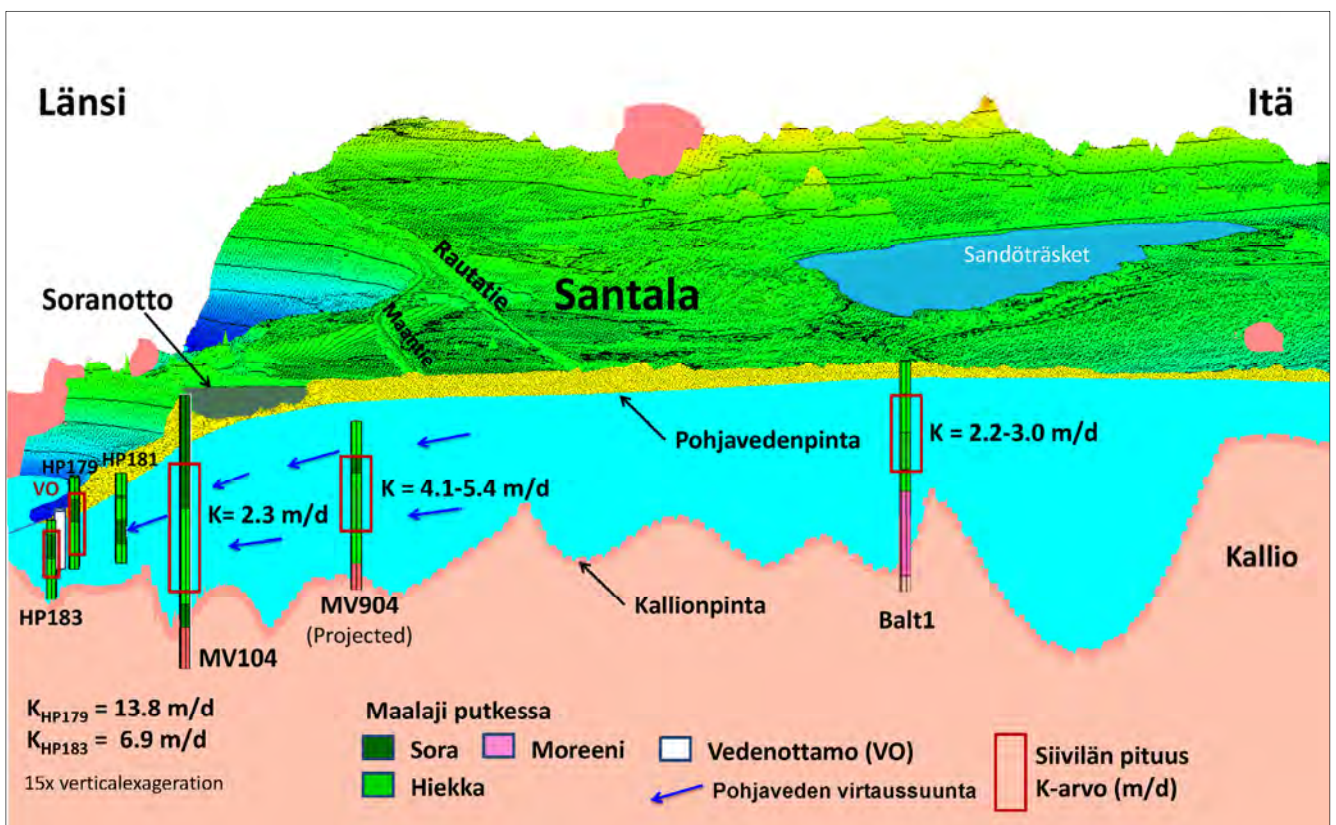
Pohjavesi muodostuu sade- ja sulamisvedestä imeytymällä maaperän pintaosista syvempiin maakerroksiin. Imeytyvä vesi eli vajovesi muuttuu pohjavedeksi kun se saavuttaa muodostumassa olevan pohjaveden pinnan. Pohjavesikerrokseksi sanotaan sitä osaa muodostumasta, jossa kaikki maarakkeiden välissä oleva huokostila on täytynyt vedellä eli, maa on kyllästynyt vedellä. Pohjavesimuodostuman tai pohjavesikerroksen pohjan muodostaa jokin vettä huonosti läpäisevä pinta kuten kallio tai savikerrostuma. Usein muodostuman pohjana on kallio. Kallionpinta on kuitenkin harvoin täysin vettä läpäisemätön, vaan veden liike hiekka- ja sorakerrostumien ja kallion rakojen ja ruhjeiden kontaktipinnalla vain hidastuu. Veden liike voi tapahtua myös kalliosta vettä hyvin johtavaan hiekka- ja sorakerrokseen.

Pohjavesimuodostumaa kuvattaessa muodostuman pohjaosan kalliopinnan (tai muun vettä pidättävän pinnan) topografian kuvaaminen on tärkeää. Tämän vuoksi havaintoputken

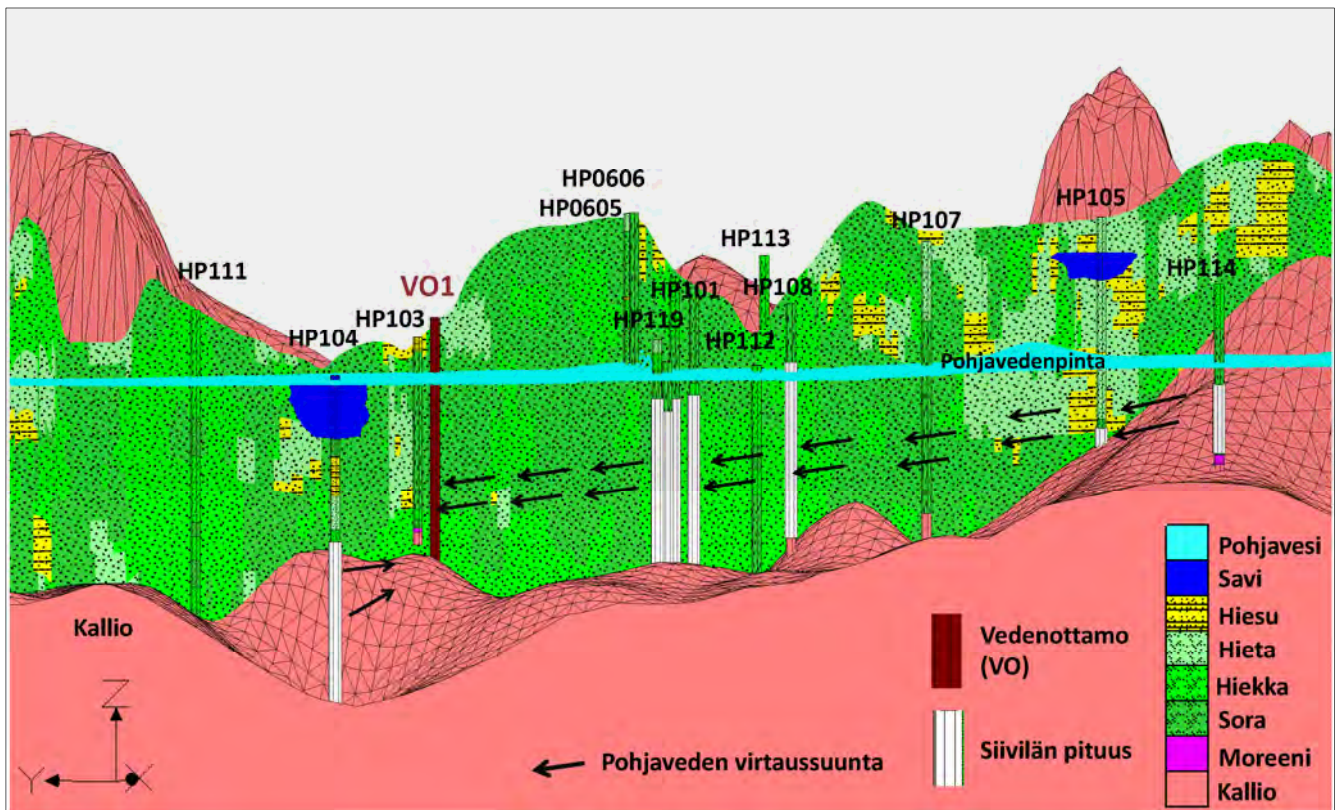
asennuksen yhteydessä kalliopinta varmistetaan jatkamalla kairausta 3 m kallioon. Pohjan topografian ja pohjavesipinnan perusteella voidaan laskea muodostumassa olevan veden määrä. Myös pohjavesimuodostuman vettä hyvin johtavien tai vettä huonosti johtavien kerrosten kerrosjärjestyksellä on suuri merkitys sekä muodostumassa olevan veden määrään, mutta erityisesti veden virtaukseen muodostumassa.

## 7.1 Pohjavesimuodostumien poikkileikkauskuvat

Pohjavesimuodostuman rakennetta voi havainnollistaa poikkileikkauskuvalla, jossa on tiedot kalliopinnan topografiasta, maalajeista, maapeitteen paksuudesta ja kerrosjärjestyksestä sekä pohjavedenpinnan asemasta. Kuvaan saa hyvin yhdistettyä myös pohjaveden havaintoputkitiedot ja niiden siiviläosuuden sijainnin, mitatut vedenjohtavuusarvot sekä pohjaveden virtaussuunnat. Vaikka kuva ei varsinaisesti ole 3D-kuva, voi maaperän pintaosaan saada kolmiulotteista vaikutelman. Kuvissa 9 ja 10 on esitetty poikkileikkaukset sekä Hangon Sandön (Santala) että Tuusulan Rusutjärven pohjavesialueista.



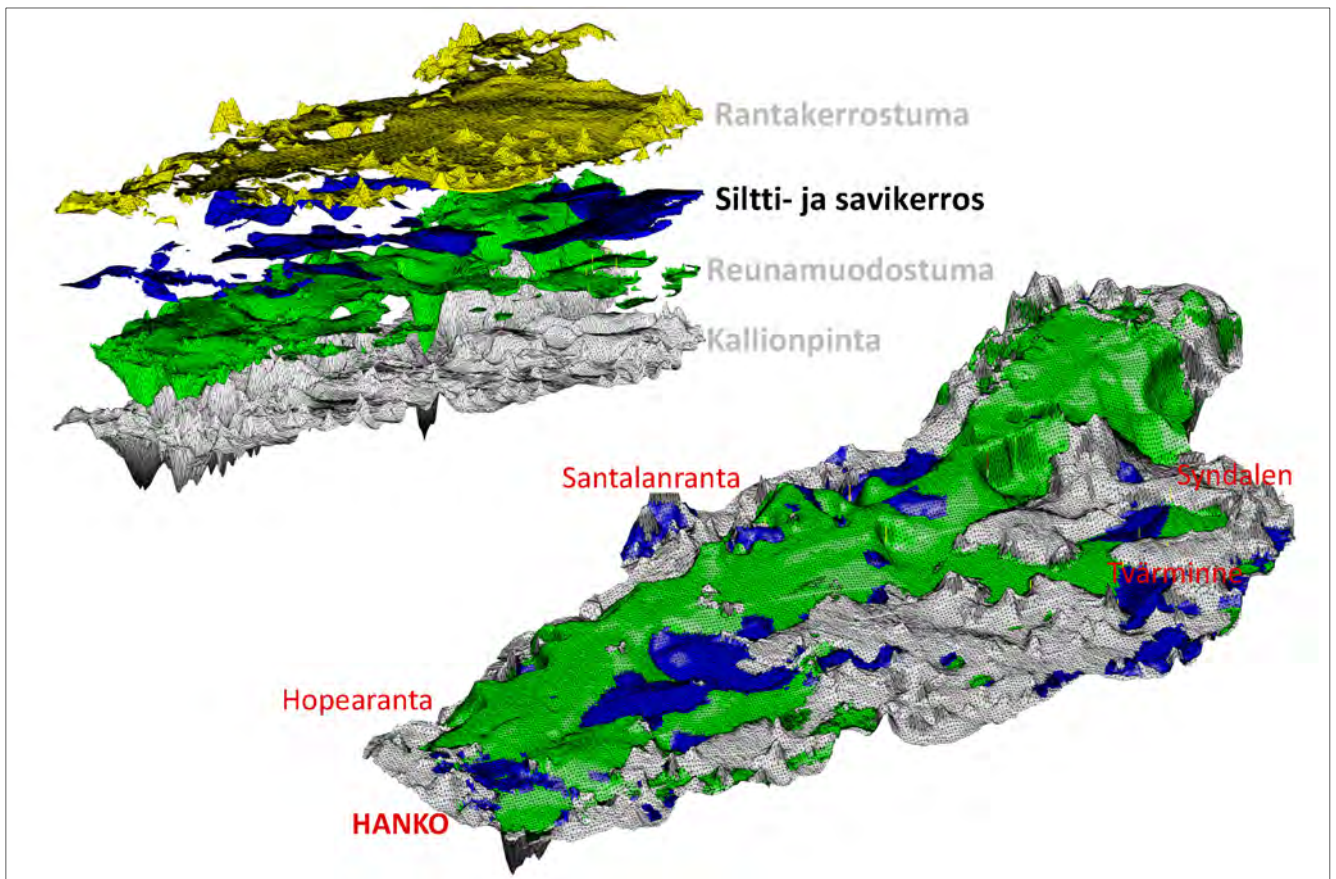
Kuva 9. Sandö-Grönvikin pohjavesialueen pohjavesimuodostuman poikkileikkaus. Kuva on suuremmissa koossa liitteessä 5.



Kuva 10. Rusutjärven pohjavesimuodostuman poikkileikkaus. Kuva on suuremmassa koossa liitteessä 6.

## 7.2 Pohjavesimuodostumien 3D-kuvat

Pohjavesimuodostuman 3D-kuvan voi parhaiten esittää videoesityksenä, jolloin muodostuman rakenne ja pohjaveden pinta voidaan esittää koko muodostuman osalta eikä pelkästään leikkauksena yhdestä kohdasta. Videoesityksenä pohjavesimuodostumaa voi lisäksi katsella erisuunnista. Hankoniemen pohjavesialueen 3D-malli on kuvassa 11 sekä liitteessä 7A. Liitteessä 7B pohjavesialueen 3D-malli on videona.

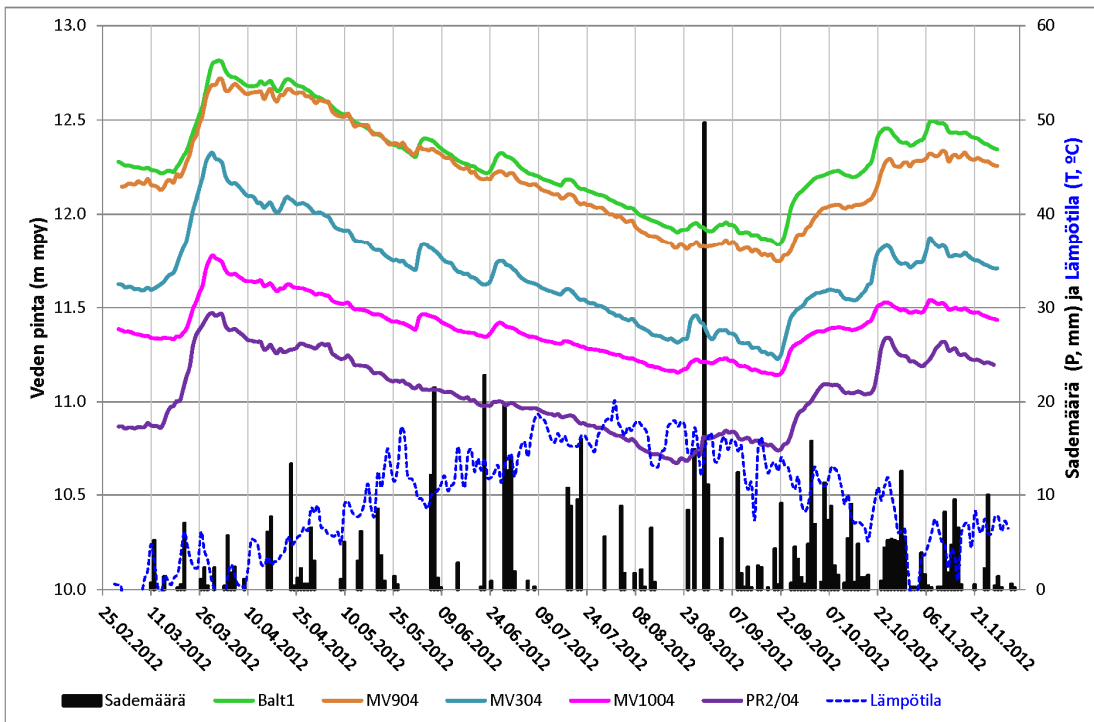


Kuva 11. Hankoniemen alueen pohjavesimuodostuman rakennemalli. Kuva on suuremmissa koossa liitteessä 7A. Rakennemallivideo on liitteessä 7B.

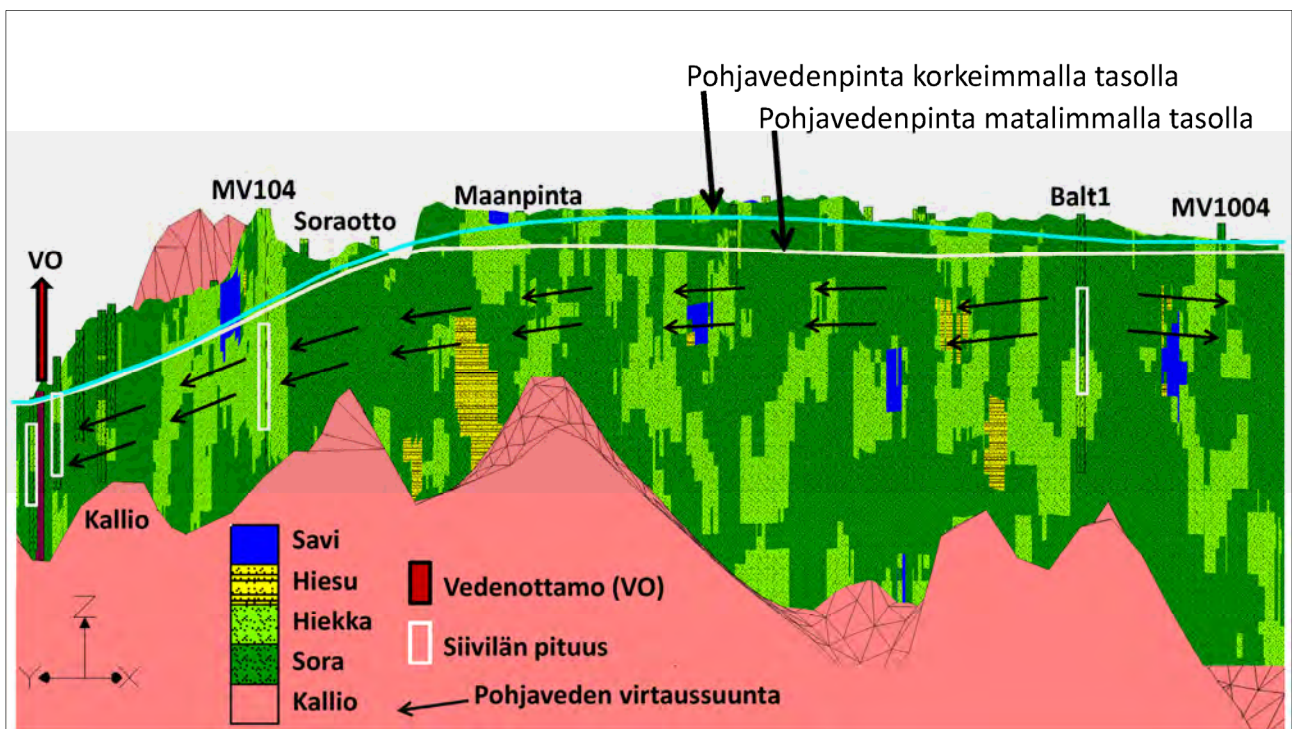
## 8 POHJAVEDENPINTA JA POHJAVEDENVIRTAUS ERI VUODENAIKAINA (4D)

Pohjavedenpinnan vaihtelu Sandö-Grönvikin pohjavesimuodostumassa on esitetty maaliskuun 2012 ja marraskuun 2012 välisen mittausjakson aikana (Kuva 12). Suurinta pohjavedenpinnan vaihtelu oli putkessa MV304, jossa pinnan ero oli mittausjakson aikana 1.10 metriä. Muutokset koko muodostuman osalta on esitetty karttakuvassa kunkin putken kohdalla tilanteessa, joissa pohjaveden pinta oli korkealla (kevät 2012) tai matalalla (kesä 2012) (Kuva 13).





Kuva 12. Sandö-Grönvikin pohjavesialueen pohjavedenpinnan korkeudet maaliskuu – marraskuu 2012.



Kuva 13. Sandö-Grönvikin pohjavesialueen pohjavedenpinnan asema tilanteessa kun pohjavesi on matala ja korkealla. Kuva on suuremmissa koossa liitteessä 8.

## 9 YHTEENVETO

Pohjavettä muodostuu ja pohjavesi liikkuu kolmiulotteisessa väliaineessa. Vedenhankinnan kannalta tärkeät pohjavesimuodostumat ovat Suomessa pääosin hiekka- ja soramuodostumissa. Pohjaveden virtaus muuttuu myös ajan suhteen. Tämän kokonaisuuden esittäminen karttakuvana on vaikeaa. Perinteiset karttaesitykset ovat tasokuvia tai 2D-kuvia, joiden avulla pohjaveden moniulotteisuutta on vaikea kuvata. Pohjavesimallinnus- ja visualisointimenetelmien kehittyessä ja monipuolistuessa esitystapamahdollisuudet ovat kuitenkin lisääntyneet huomattavasti. Rakenneselvitysraporteissa karttojen ja kuvien lukumäärää ei voi kasvattaa kovin paljoa, joten myös erilaisten geologisten ja hydrogeologisten aineistojen yhdistämistä samaan kuvaan on pyritty kehittämään, niin ettei informaatiota kuitenkaan tule yhteen kuvaan liikaa.

Tässä raportissa on pyritty löytämään uusia, visuaalisempia esitystapoja, joiden avulla pohjaveden olemusta voisi hahmottaa entistä helpommin. LiDAR-aineistojen käyttäminen pohjavesikartoissa osoittautui hyvin käyttökelpoiseksi ja visuaaliseksi. Hyväksi esitysmuodoksi osoittautui myös 3D-malli videokuvana, jossa pohjavesimuodostumaa voi tarkastella eri suunnista.

Pohjavesialueiden rakenneselvitysraportteja on tarve kehittää edelleen ja yksi esiin noussut kehityssuunta on haavoittuvuusanalyysien ja -karttojen laatiminen. Tätä teemaa tullaan GTK:ssa kehittämään. Myös esitystapoja kohteista, joissa on pilaantuneita maaperän tai pohjaveden osa-alueita, tullaan jatkossa kehittämään.

## 10 KIRJALLISUUS

Backman, B.; Luoma, S.; Schmidt-Thomé, P.; Laitinen, J. 2007. Potential Risks for Shallow Groundwater Aquifers in Coastal Areas of the Baltic Sea, a Case Study in the Hanko Area in South Finland; CIVPRO Working Paper 2007 (2); Geological Survey of Finland: Espoo, Finland, 46 p.

Backman, B., Luoma, S. ja Klein, J. 2012. Pohjavesiolosuhteet ja vedenhankinta tulevaisuudessa Hangon Santalanrannan vedenottamon alueella. Arkistoraportti 56/2012. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 27 s.

Breilin, O., Paalijärvi, M. ja Valjus, T. 2004. Pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys I Salpausselällä Hanko–Lappohja alueella. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 15 s. + liitteet.

Carle, S.,F., 1999. T-PROGS: Transition Probability Geostatistical Software. University of California, Davis. 84 p. <http://gmsdocs.aquaveo.com/t-progs.pdf>, 16.11.2015

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. 27.3.2013. Hangon pohjavesialueiden suojelusuunnitelman päivittäminen. Hangon kaupunki, Hangon vesi- ja viemärlaitos ja Uudenmaan ELY-keskus. 54 s. + liitteet.

GTK:n tuottamat aineistot: <http://hakku.gtk.fi/fi/>.

Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus - LiDAR-aineisto:

<http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/korkeusmalli-2-m.20.11.2015>

Luoma, S. 30.3.2012. Steady-state groundwater flow model of shallow aquifer in Hanko, south Finland. South Finland Office, Land Use and Environment 57/2012. Geological Survey of Finland, Espoo. 19 p.

Luoma, S.; Klein, J.; Backman, B. 2013. Climate change and groundwater: Impacts and Adaptation in shallow coastal aquifer in Hanko, south Finland. In Climate Change Adaptation in Practice—From Strategy Development to Implementation; Schmidt-Thomé, P., Klein, J., Eds.; Wiley-Blackwell: Chichester, UK, pp. 137–155.

Luoma, S., and Okkonen, J., 2014. Impacts of Future Climate Change and Baltic Sea Level Rise on Groundwater Recharge, Groundwater Levels, and Surface Leakage in the Hanko Aquifer in Southern Finland. *Water*, 6, 3671-3700; doi:10.3390/w6123671.

<http://www.mdpi.com/2073-4441/6/12/3671> , last access: 28 November 2014.

Luoma, S., Okkonen, J., Korkka-Niemi, K., Hendriksson, N., and Backman, B., 2015. Confronting vicinity of the surface water and sea shore in a shallow glaciogenic aquifer in southern Finland. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 1353-1370. doi:10.5194/hess-19-1353-2015.

<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/19/1353/2015/> last access: 12 March 2015.

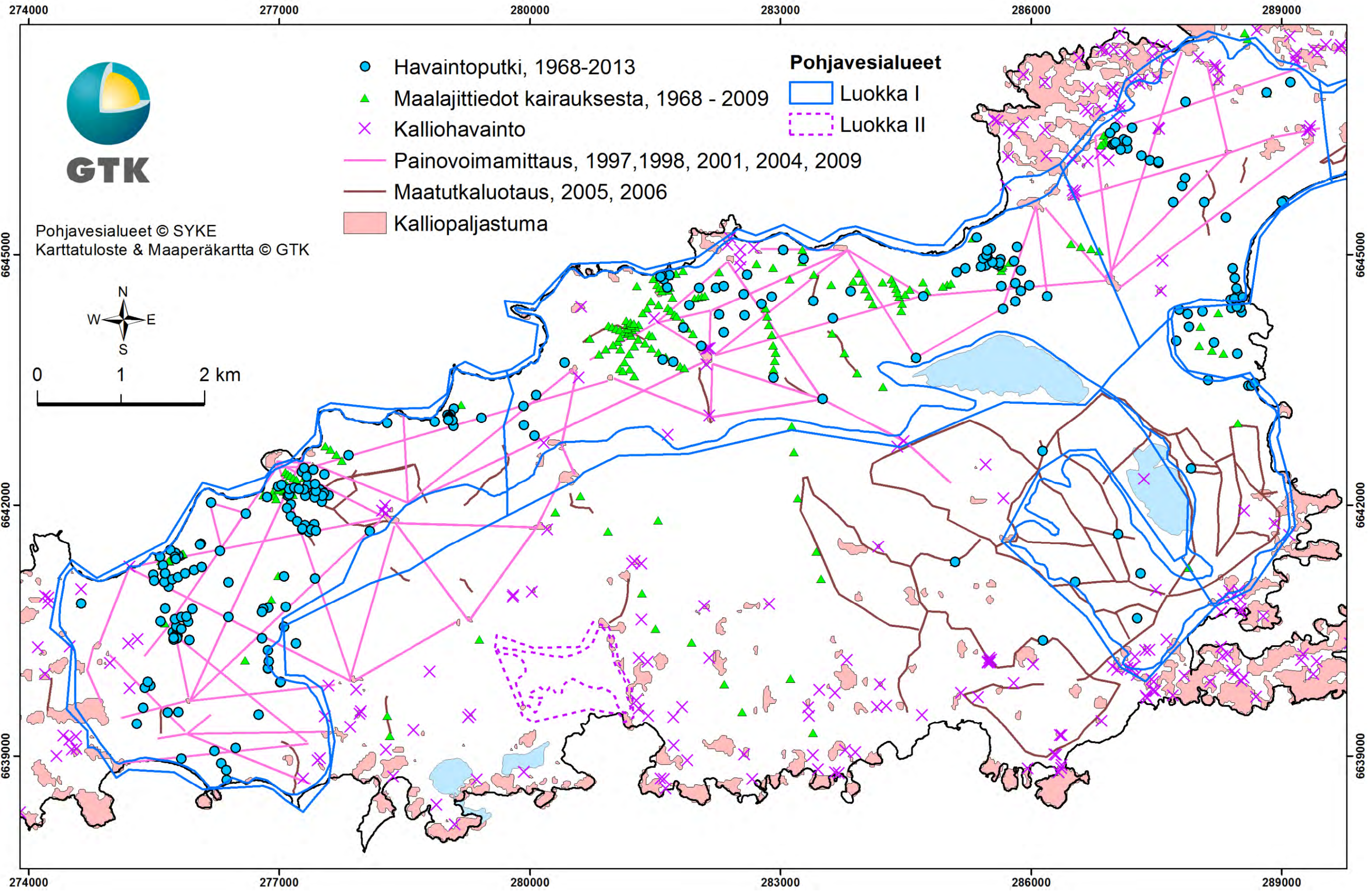
Luoma Samrit, Backman Birgitta, Majaniemi Juha, Pullinen Arto, Klein Johannes and Valjus Tuire. Integration of conventional method and transition probability geostatistics for the evaluation of aquifer heterogeneity. 13-15.1.2016. Nordic Geological Winter Conference 2016. Helsinki.

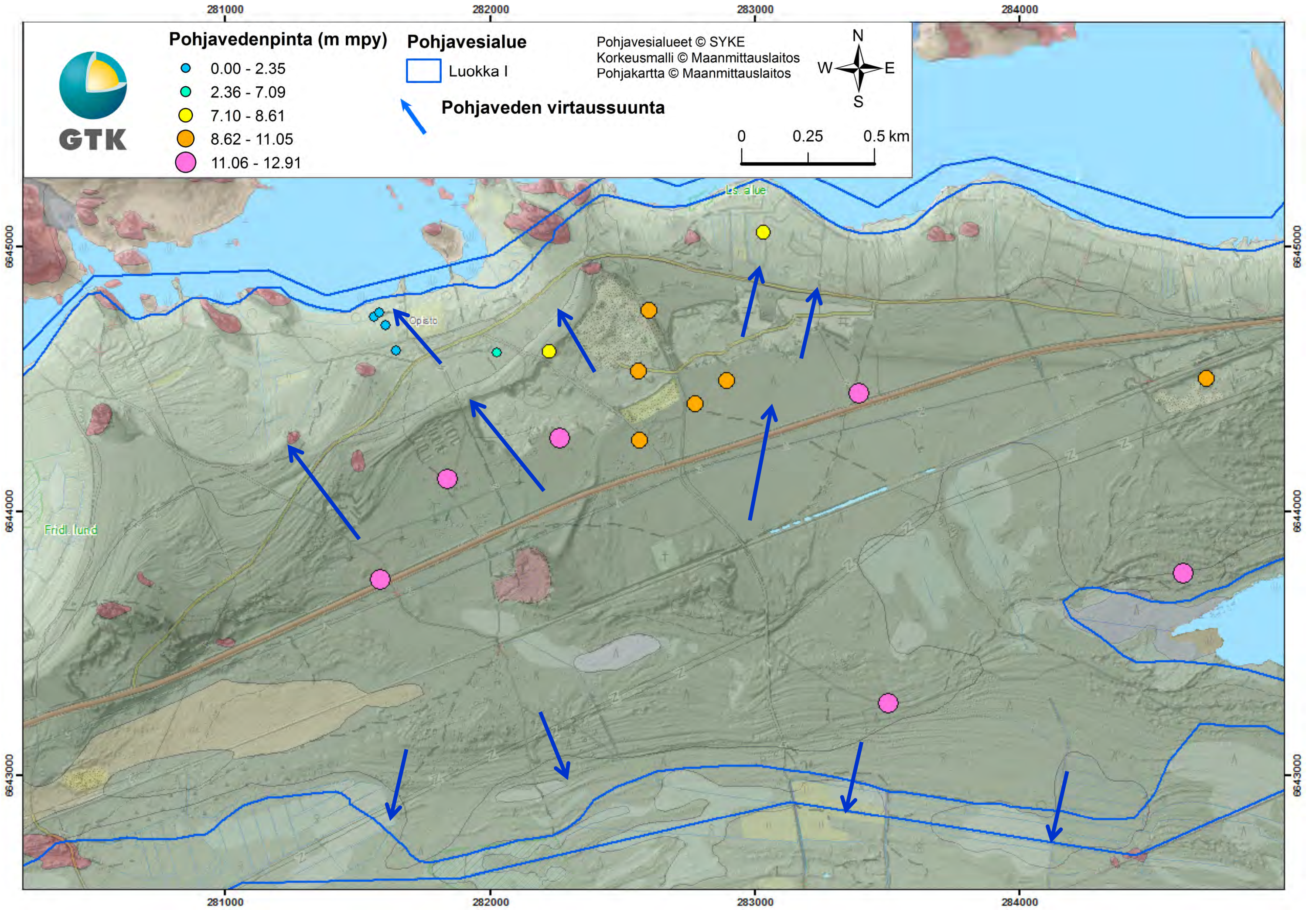
SYKE- Hertta-tietokanta: <https://www.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>, 16.11.2015

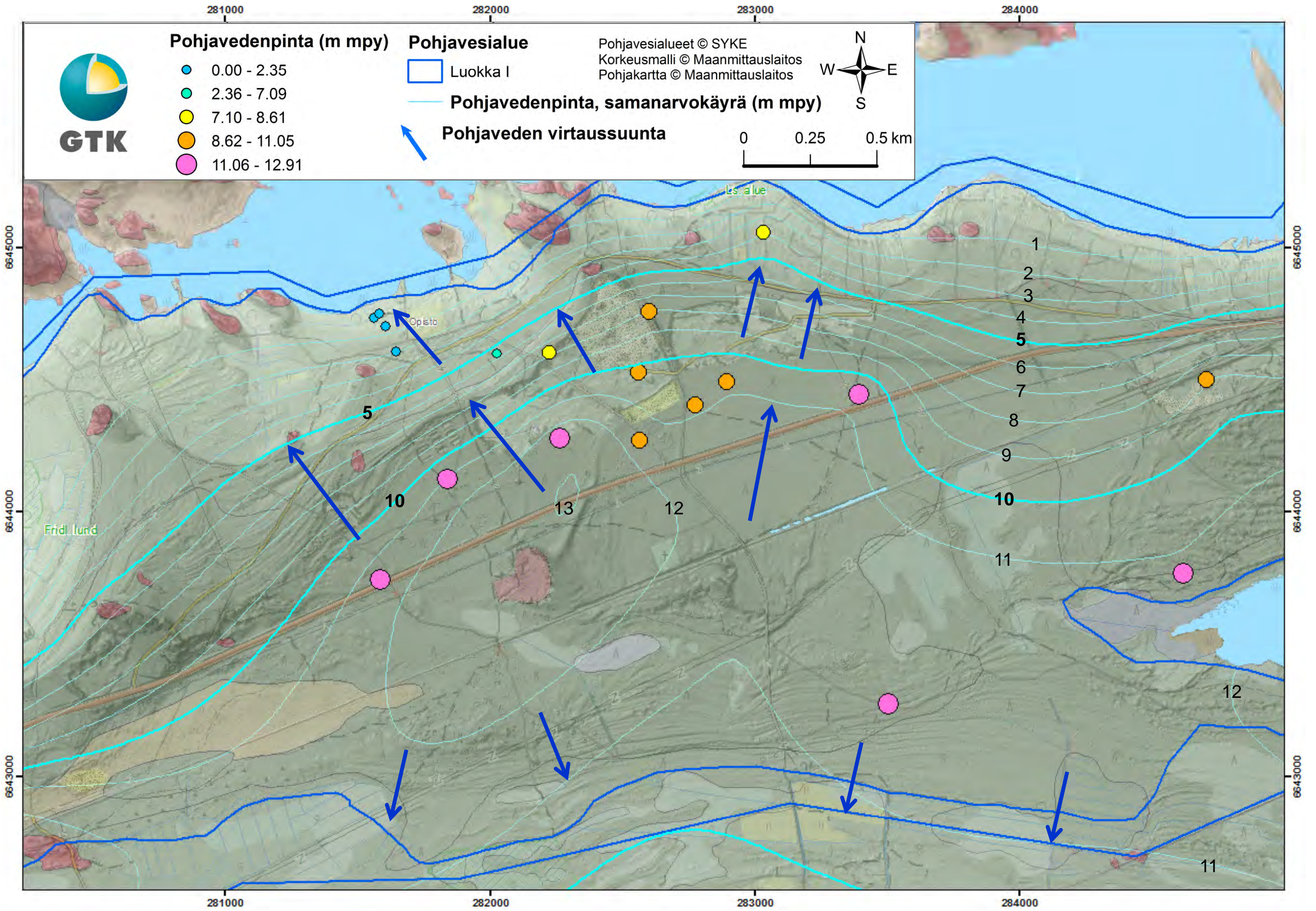
SYKE: Pohjavesialueiden rajat –tietokanta.

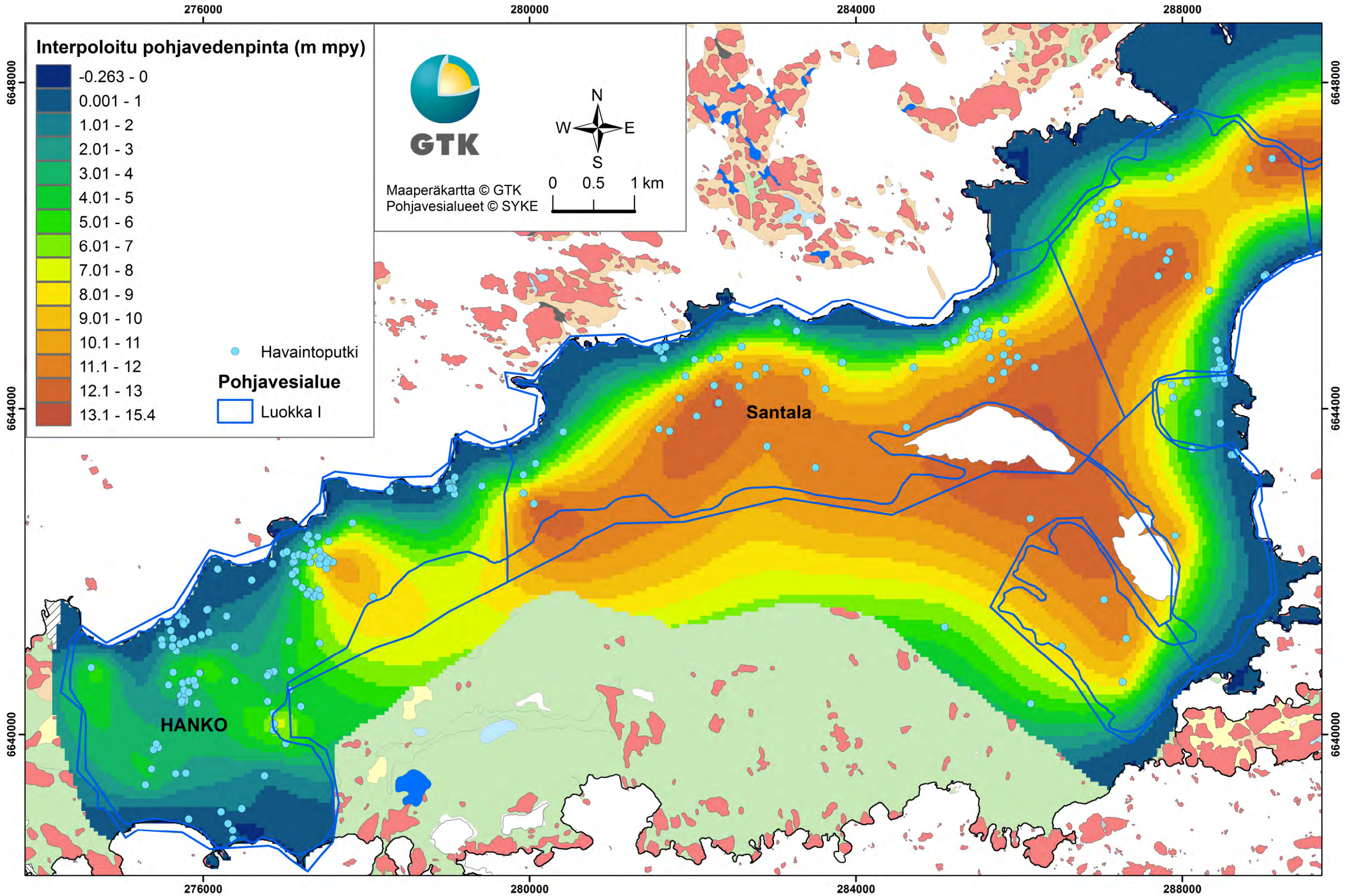
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden\\_suojelu/Pohjavesialueet/Tuusulan\\_pohjavesialueet\(14310\).16.11.2015](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Pohjaveden_suojelu/Pohjavesialueet/Tuusulan_pohjavesialueet(14310).16.11.2015).

Suunnittelukeskus Oy/Suomen pohjavesitekniikka Oy. 1995. Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä - Tutkimus Rusutjärven pohjavedenottamon laajentamisesta tekopohjavesilaitokseksi. Helsinki. 26 s. + liitteet.



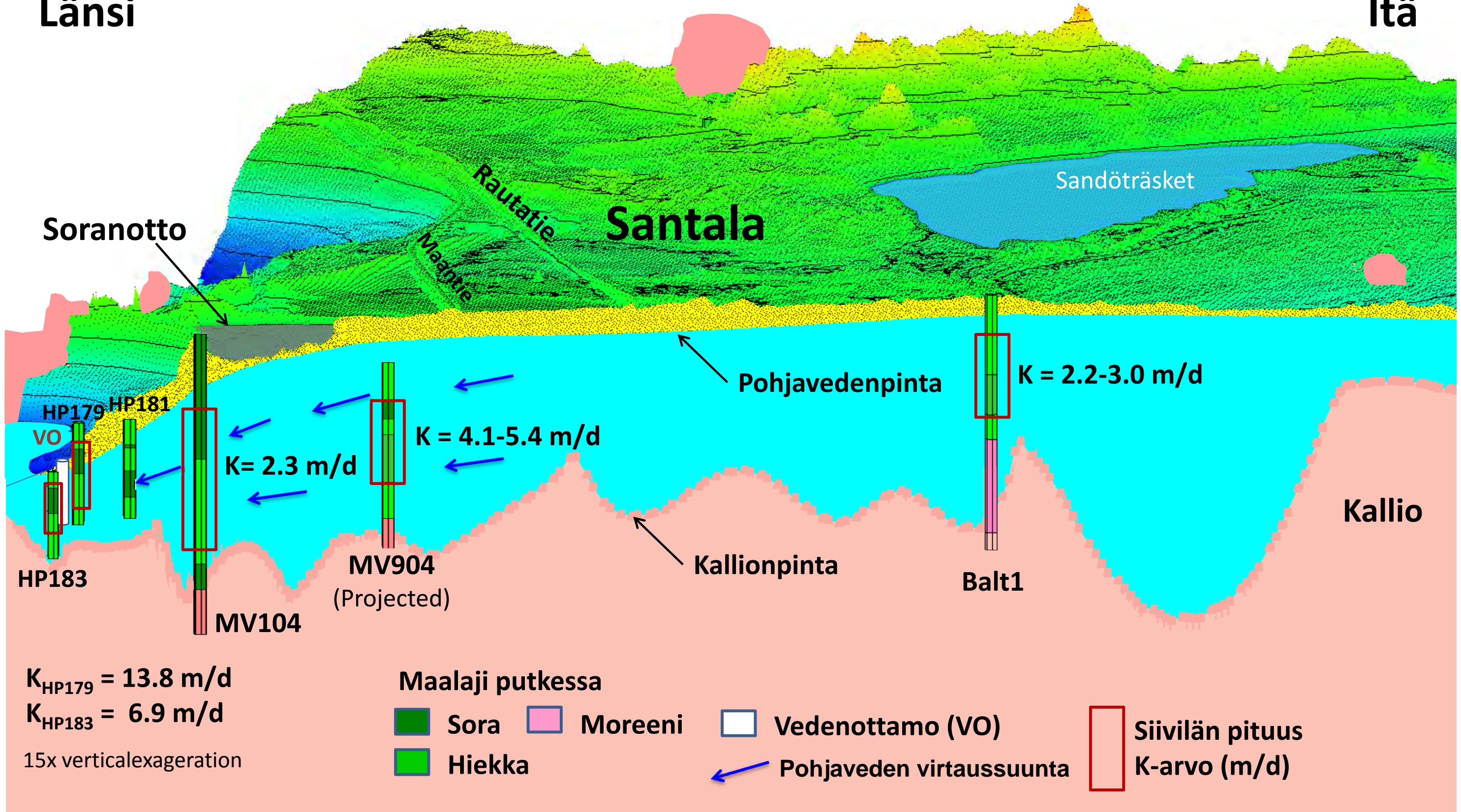






Länsi

Itä



$K_{HP179} = 13.8 \text{ m/d}$   
 $K_{HP183} = 6.9 \text{ m/d}$   
 15x verticalexageration

Maalaji putkessa

- Sora
- Hiekka
- Moreeni

- Vedenottamo (VO)
- Pohjaveden virtaussuunta

- Siivilän pituus
- K-arvo (m/d)



