

# Geologiset rakenneselvitykset ja haavoittuvuusanalyysit pohjavesiyhteistarkkailun suunnittelun työkaluna

GTK /Jussi Ahonen, Birgitta Backman, Samrit  
Luoma, Tiina Kaipainen ja Arto Pullinen

POVEYTKE-loppuseminaari, 28.11.2017



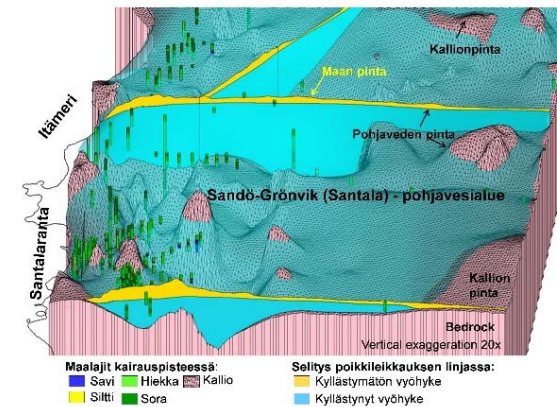
**GTK**  
gtk.fi

# Projektin tavoitteet / GTK osuus

- 1) Pohjavesikarttojen visualisoinnin kehittäminen
- 2) Rakenneselvitysten toteuttaminen ja tarkentaminen
  - Hangon Sandö-Grönvik'in pohjavesialueen rakenteen ja tulosten visualisoinnin tarkentaminen (kartat ja 3D-kuvat)
  - Virtausominaisuuksien selvittäminen (Slug-testit) Lohjan Muijalassa ja Ojamossa sekä Hyvinkäänkylässä
  - Nurmijärven Valkojoan ja Tuusulan Rusutjärven rakenneselvitysten suunnittelu ja käynnistys (valmistuu alkuvuonna 2018)
- 3) Haavoittuvuusanalyysin kehittäminen ja soveltaminen Suomen olosuhteisiin paremmin sopivaksi.
  - Hankoniemen pohjavesialueen haavoittuvuusanalyysi, DRASTIC-malli

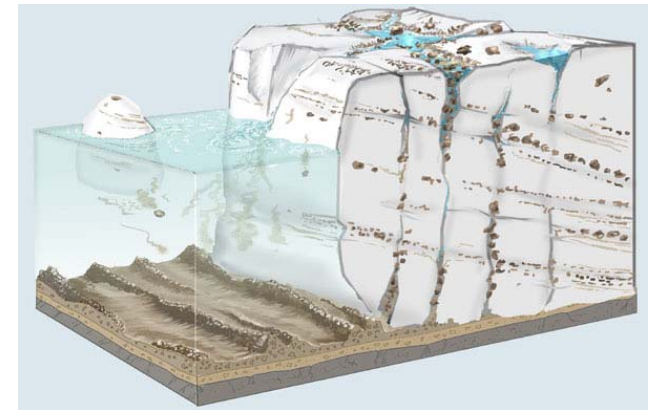
# Pohjavesikarttojen visualisoinnin kehittäminen

- Pääpaino on hydrogeologisten aineistojen visualisoinnin kehittämisessä
  - Kartat havainnollisiksi ja helppolukuisiksi myös muille kuin alan asiantuntijoille.
  - Karttojen pitäisi toisaalta olla monipuolisia, jotta karttojen lukumäärä ei olisi liian suuri.



# Visualisoinnin kehittämisen tavoite

- Karttojen visuaalisuutta pyritään kehittämään, jotta kartat olisivat
  - havainnollisia
  - helppolukuisia
  - Monipuolisia
- Pohjavesimuodostumien rakenneselvityksiin liittyvillä kartoilla havainnollistetaan ja visualisoidaan:
  - pohjavesimuodostuman geologista rakennetta
    - maapeitteen laatua ja kerrospaksuutta
    - kallionpintaa
  - pohjavesiolosuhteita
    - pohjaveden pintaa
    - pohjavedenvirtausta
  - pohjaveden määrää



# Visualisointi pohjavesitiedon esittämisen työkaluna

- Kartat – tieto johon liittyy maantieteellinen sijainti ja mittakaava - ovat kuuluneet geologisen tiedon esittämiseen 'aina'
- Perinteisesti pohjavesimuodostumia ja niiden ominaisuuksia on esitetty erilaisina karttakuvina, tasokuvina
- Tietokoneavusteinen kartografia on muuttanut karttakäsitettä ja karttatuotantoa => 3-ulotteiset kartat
  - Staattiset 3D kartat
  - Animaatiot
  - Interaktiiviset kartat (karttaliittymä)
- 4-ulotteiset karttakuvat tulossa (4. ulottuvuus on aika)

# Visualisoinnin hyödyntäminen pohjavesiyhteistarkkailussa

- Yhteistarkkailun yhtenä tavoitteena on löytää pohjavesimuodostumasta sellaiset tarkkailupisteet, jotka palvelevat
  - Mahdollisimman edustavasti muodostuman vedenlaadun ja määrän tarkkailua (pääallas, ei lievealue)
  - Mahdollisimman monen muodostuman alueella toimivan toimijan velvoitetarkkailua
- Pisteiden valinta edellyttää rakenteen ja pohjaveden virtauksen hyvää tuntemusta
- Visualisoimalla rakenneselvityksen tuottamaa tietoa kokonaisvaltaisesti mahdollisimman oikein ja monipuolisesti on helpompi löytää parhaat sijaintipaikat pohjaveden tarkkailulle

# Pohjavesimuodostumien rakenneselvitys

- Pohjavesimuodostumat ovat Suomessa usein hyvin monimutkaisia
- Hiekka- ja sora- ja soramuodostumat ovat syntyneet viimeisen jääkauden aikana erivaiheissa jään edetessä ja vetäytyessä ja välillä muodostumat ovat olleet kokonaan veden peitossa. Näin hiekka- ja sorakerrosten seassa voi olla myös pohjaveden virtausta estäviä savi- ja silttikerroksia.
- Lisäksi kallionpinnan muodot muodostumien alla ovat hyvin vaihtelevia
- => Maan pinnalta katsottuna muodostuman todellista rakennetta ei voi nähdä => tehtävä rakenneselvityksiä

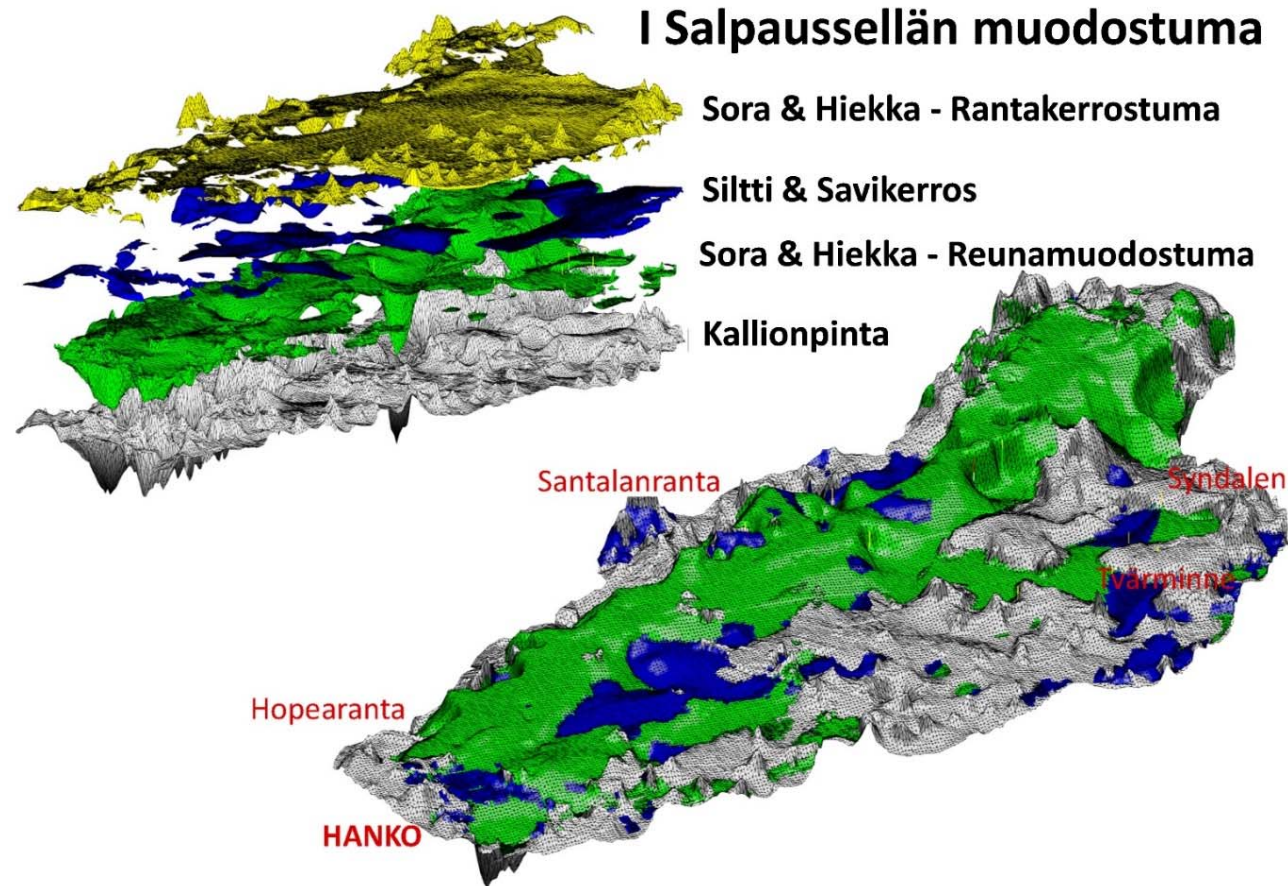
# GTK:n rakenneselvityksissä käytettävät tutkimusmenetelmät

- Maastokartoitus
  - Geologiset havainnot (maaperä, kalliopaljastumat)
  - Sedimentologiset havainnot
  - Hydrogeologiset havainnot (virtaamat, pohjavedenpinta)
- Laserkeilausaineisto, (ruutukoko 2mx2m, korkeustarkkuus 0.25 -0,5m). Kattaa jo yli 90% Suomesta.
- Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät
  - maatulkuutus
  - painovoimamittaus
- Maaperäkairaukset ja havaintoputkien asennukset
- Hydrogeologiset mittaukset putkista
  - Slug-testit – vedenjohtavuus
  - Vedenlaadun profiilimittaukset: EC, T, pH, Redox, O2
  - Monitorointi: pv-pinta, T, EC, pH

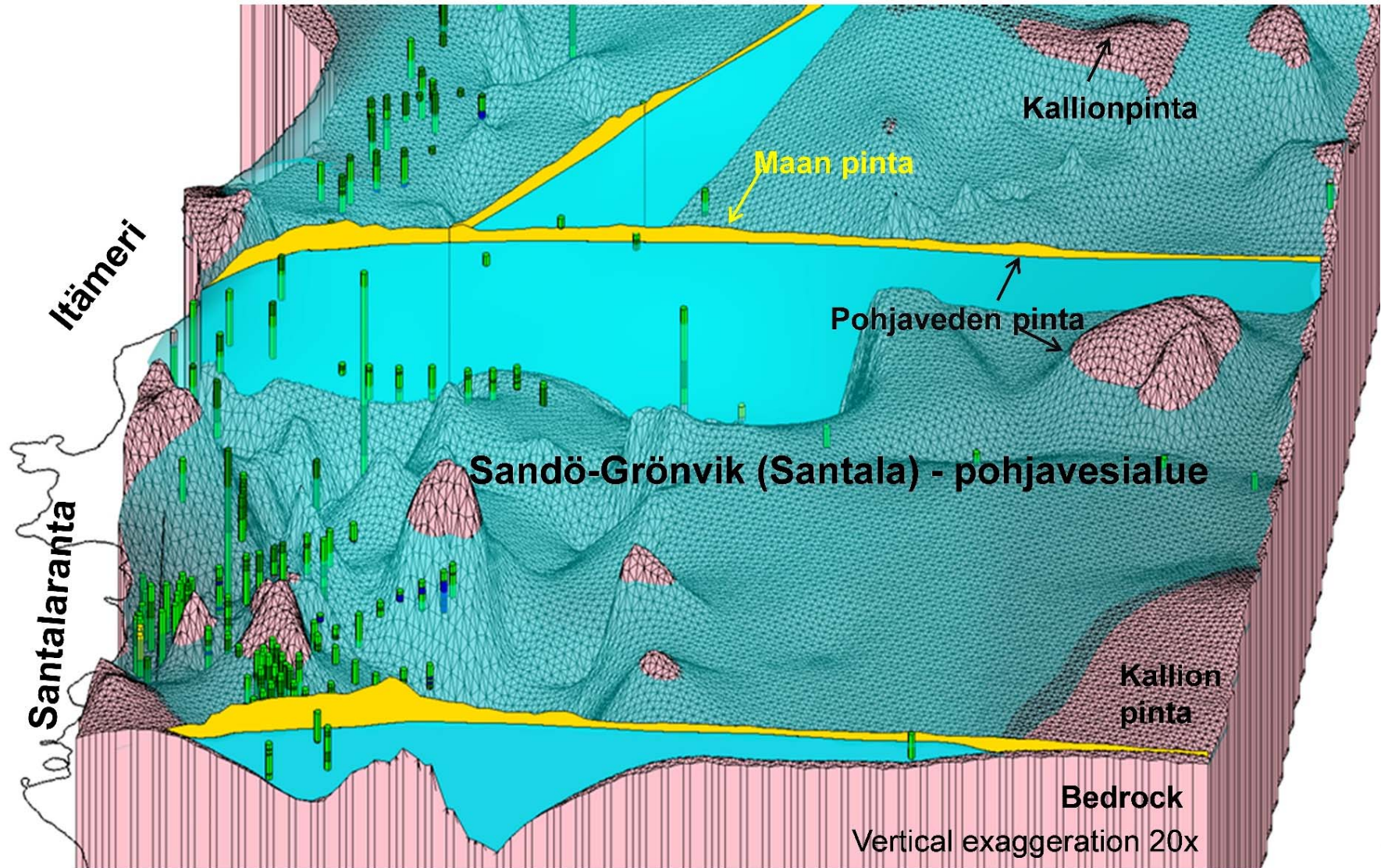


# Pohjavesimuodostumien rakenneseelvitys

- Rakenneseelvityksillä saadaan merkittävää uutta tietoa ja varmuutta pohjavesialueiden geologisesta rakenteesta ja hydrogeologisista ominaisuuksista



# Pohjavesimuodostumien rakenteen visualisointi 3D:na



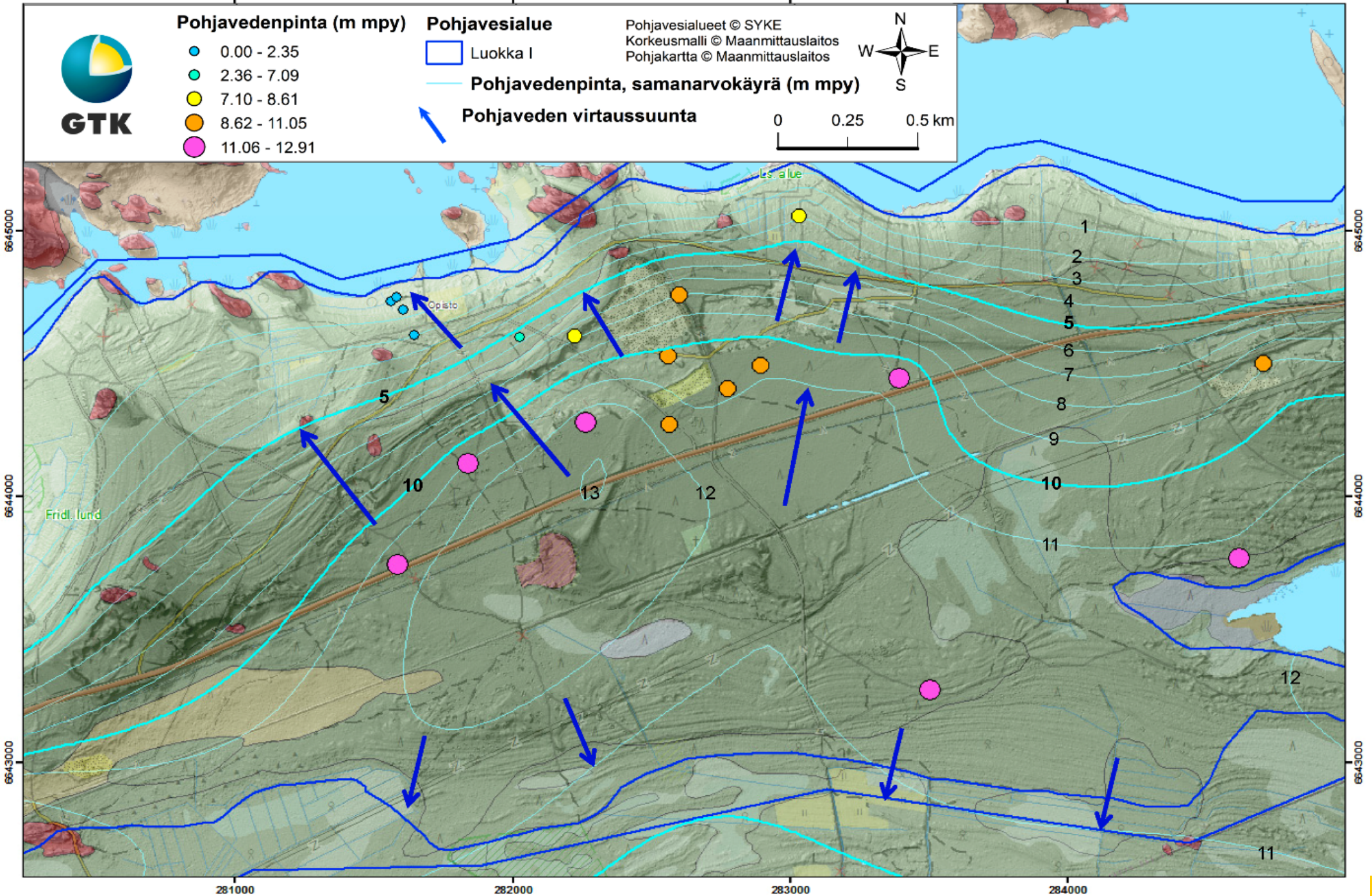
## Maalajit kairauspisteessä:

- Savi
- Hiekka
- Kallio
- Siltti
- Sora

## Selitys poikkileikkauksen linjassa:

- Kyllästämätön vyöhyke
- Kyllästynyt vyöhyke

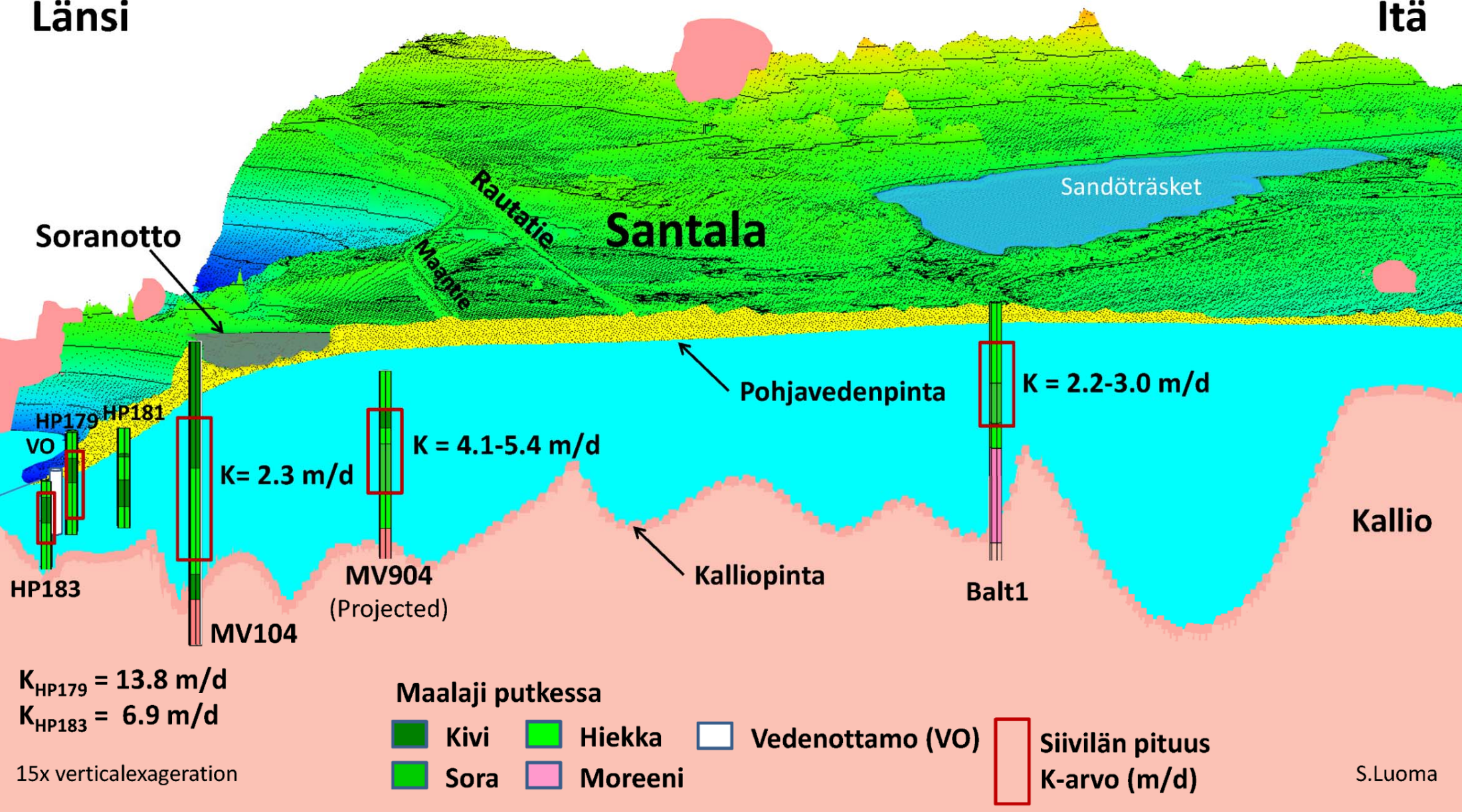
# Pohjavedenpinta pallosymbolein



# Pohjavesiputkien siivilätiedot ja vedenjohtavuudet (slug-testi) leikkauskuvissa

Länsi

Itä

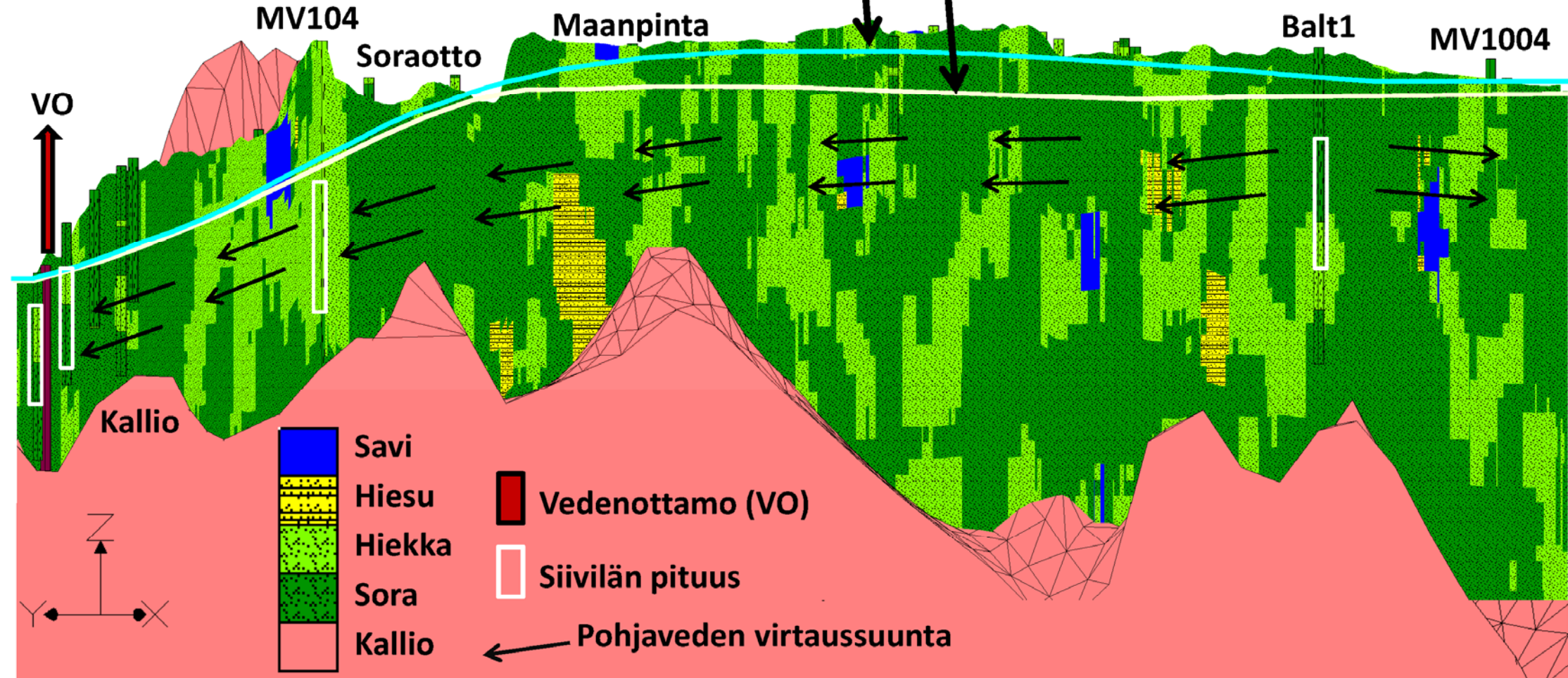


S.Luoma

# Maalajitiedot leikkauskuvissa ja pohjavedenpinnan vaihtelu

Pohjavedenpinta korkeimmalla tasolla

Pohjavedenpinta matalimmalla tasolla

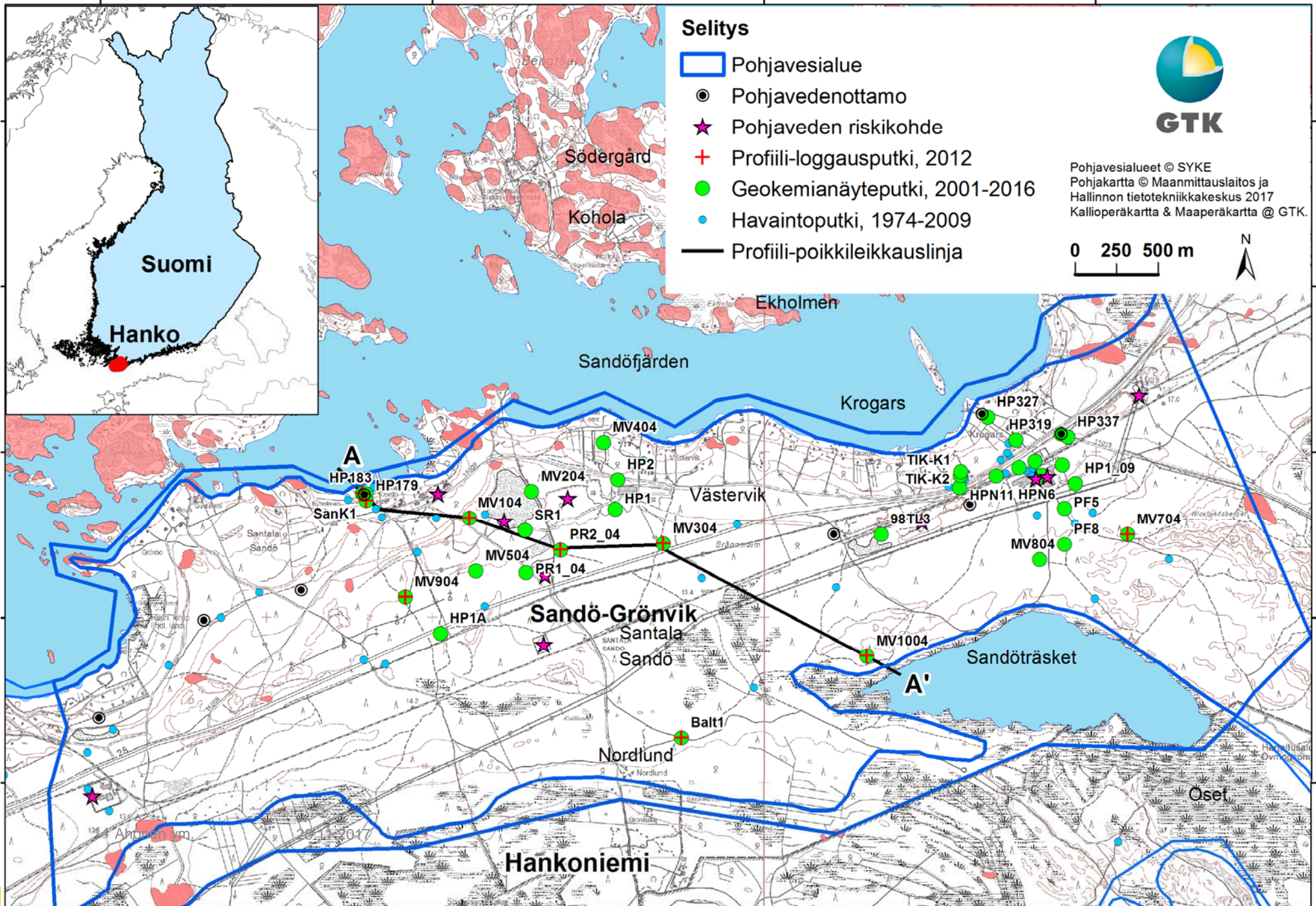


Stokastinen maaperäjakauma malli Santalan pohjavesialueella

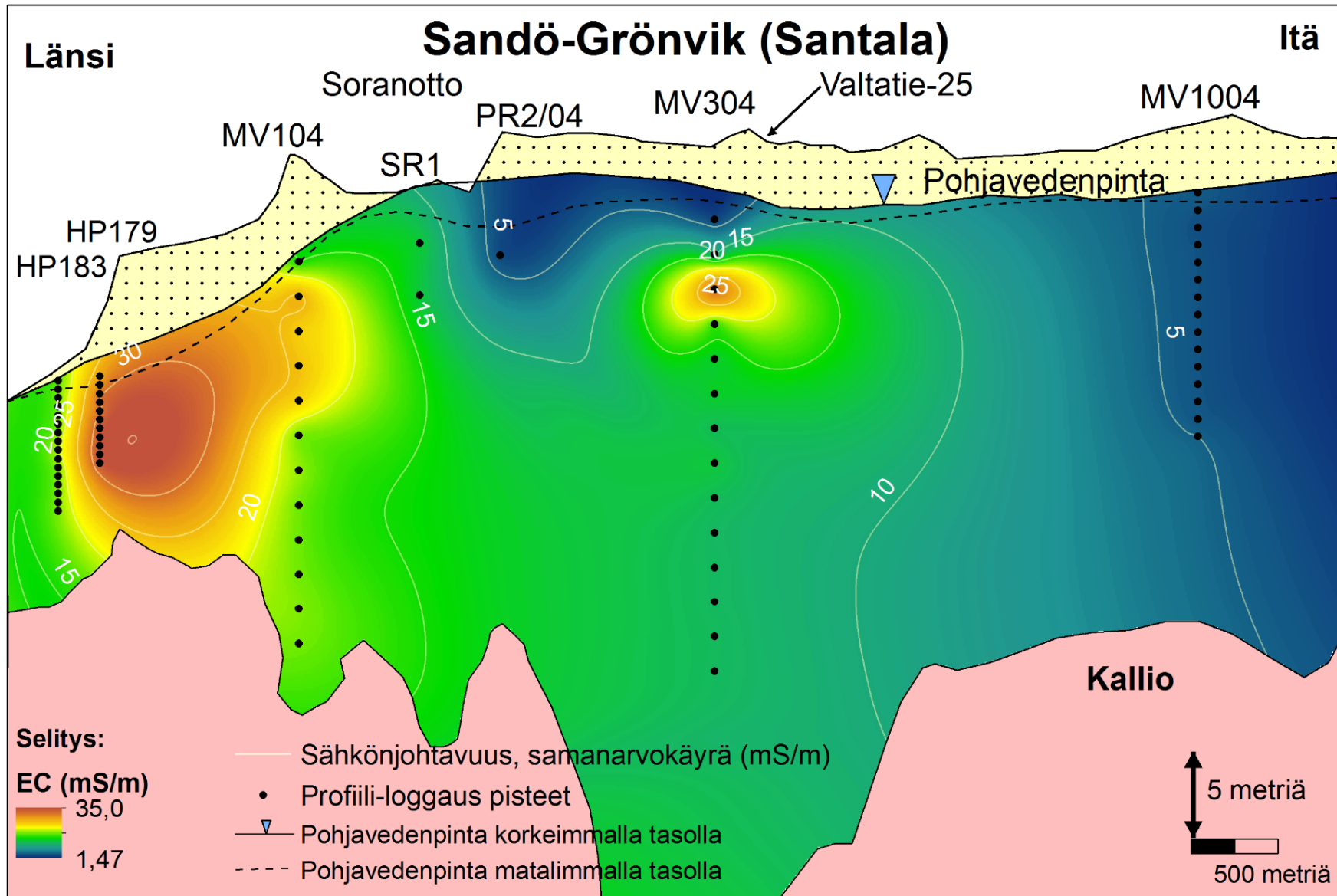


**GTK**  
gtk.fi

# Pohjaveden laadun visualisointi (leikkaus)



# Sähkönjohtavuus profiili-poikkileikkauksena



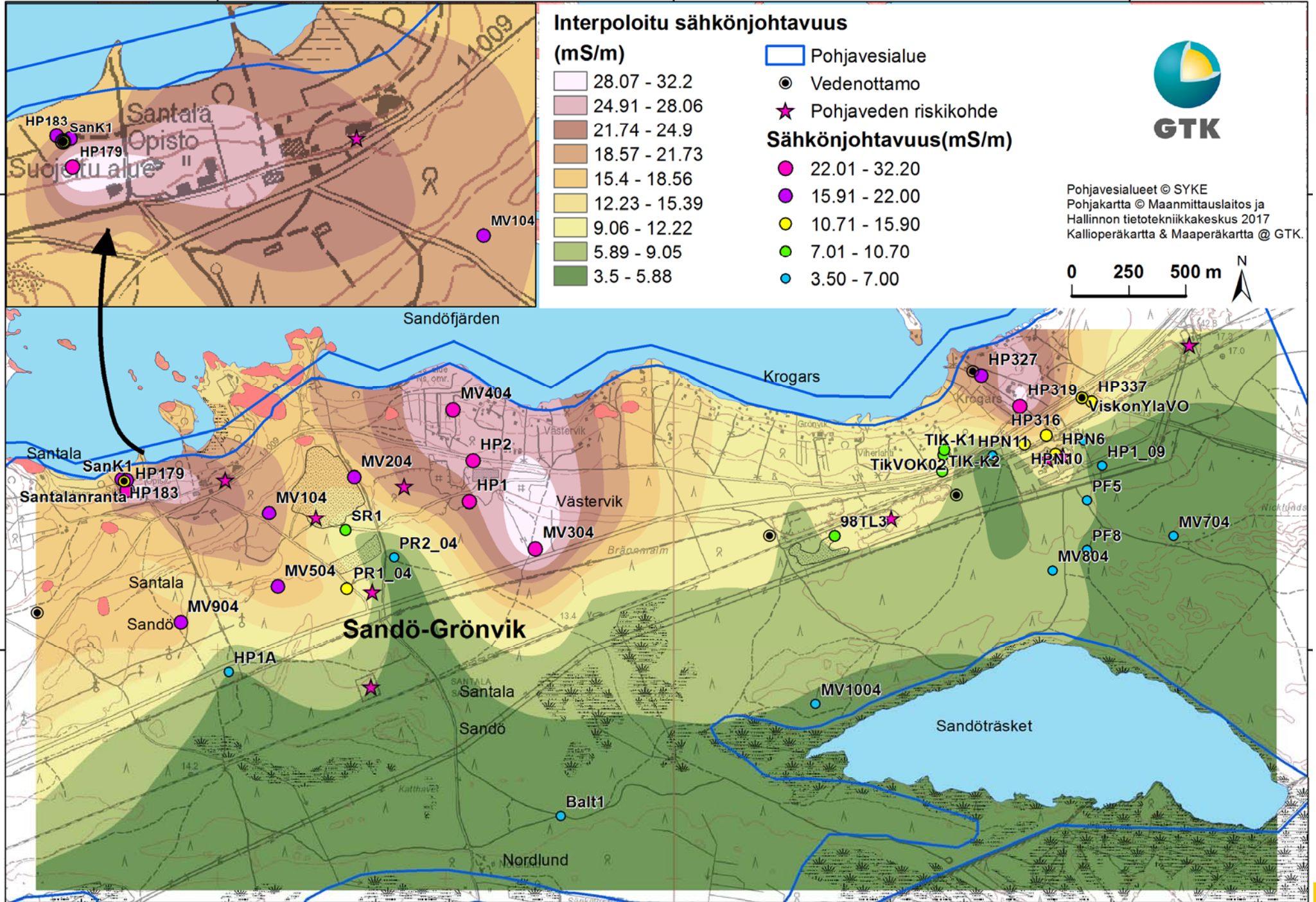
15 Ahonen ym.

28.11.2017



**GTK**  
gtk.fi

# Sähköjohtavuus (max) väripiinta- ja pallosymbolein





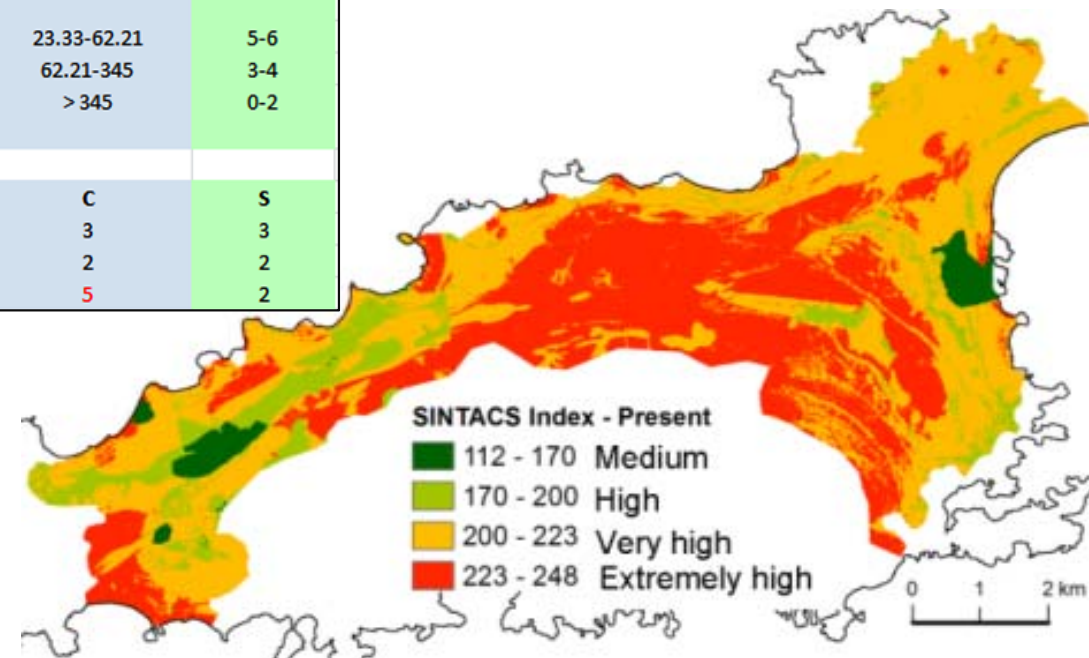
# Haavoittuvuusanalyysin kehittäminen

- Tavoitteena oli jatkokehittää haavoittuvuusanalyysi- menetelmää ja haavoittuvuusindeksikarttaa olemassa olevan tiedon perusteella
- Hankkeessa käytettiin ns. DRASTIC - menetelmää, joka on kehitetty Suomen hydrogeologisiin olosuhteisiin soveltuvaksi, helppokäyttöiseksi ja helppolukuiseksi
- Haavoittuvuusindeksikartat tuovat merkittävää lisäarvoa esim. maankäytön suunnitteluun pohjavesialueilla sekä pohjavesialueiden suojelutoimenpiteiden suunnitteluun

# SINTACS- parametria ja haavoittuvuusindeksi kartta

Parameter	S	I	N	T	A	C	S
Rating	Depth to water (m)	Recharge (mm/yr)	Unsaturated zone attenuation capacity	Soil media	Aquifer media	Hydraulic conductivity, K (m/d)	Topography (slope, %)
1	>40.0	0-24	Confining layer, clay	Clay	Clay	< 0.0043	26-30
2	24-40	25-42	Silt, silty/ sandy/ gravelly clay	Silty/sandy/gravelly clay	Silt, silty/ sandy/ gravelly clay	0.0043-0.043	22-25
3	16-24	43-66	Silt & clay	Clay loam	Gyttja	0.043-0.17	19-21
4	12-16	66-92	Fine-grained till	Silt, silty loam	Fine-grained till	0.17-0.61	18-16
5	8-12	93-110	Sandy, gravelly till	Loam	Finer fine sand	0.61-2.59	13-15
6	6-8	111-135	Finer fine sand	Sandy loam	Sandy, gravelly till	2.59-6.48	10-12
7	4-6	136-162	Coarser fine sand	Aggregated clay, loamy sand	Coarser fine sand	6.48-23.33	7-9
8	3-4	163-194	Sand & gravel	Peat	Sand	23.33-62.21	5-6
9	1.5-3	195-235	Gravel	Sand	Sand and gravel	62.21-345	3-4
10	< 1.5	>235	No vadose zone	Thin or absent; gravel	Gravel	> 345	0-2
Weight string	S	I	N	T	A	C	S
Normal Impact	5	4	5	3	3	3	3
Severe Impact	5	5	4	5	3	2	2
Drainage	4	4	4	2	5	5	2

- DRASTIC-menetelmä on kehitetty SINTACS –menetelmästä



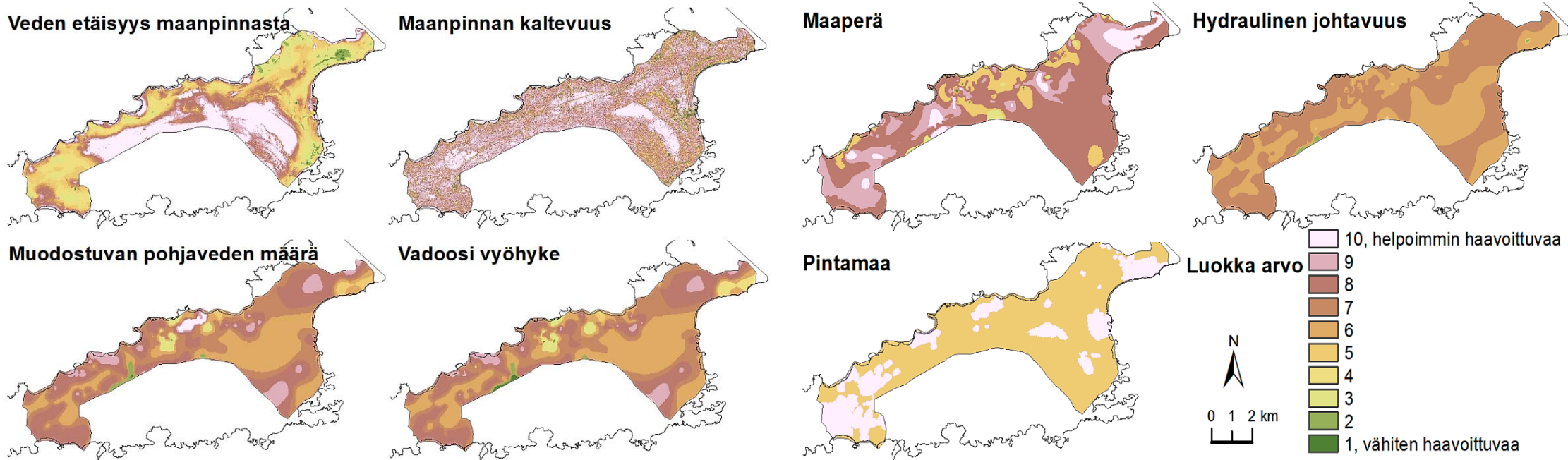
# DRASTIC - Luokkaväli, luokka-arvo ja painoarvo

Parametri	Luokkaväli						C
	D	R	A	S	T	I	
Luokka-arvo (1-10)	Veden etäisyys maanpinnasta (m)	Muodostuvan pohjaveden määrä (mm yr <sup>-1</sup> )	Maaperä	Pintamaa	Maanpinnan kaltevuus (%)	Vadoosi vyöhyke	Hydraulinen johtavuus (K-arvo, m/s)
1	>20	<60	Savi tai savilinssi	Luonnontilainen maanpinta (1)	26-30	Savikerros	10 <sup>-9</sup> - >10 <sup>-10</sup>
2	15-20	60-90	Silttinen-, hiekkainen-, sorainen savi		22-25	Silttinen-, hiekkainen-, sorainen savi	10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-9</sup>
3	10-15	90-120	Siltti		19-21	Siltti, hiekkainen-, sorainen siltti	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-8</sup>
4	7-10	120-150	Hienoaines-moreeni		18-16	Hienoaines-moreeni	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-7</sup>
5	5-7	150-180	Hieno hiekka	Osittain luonnontilainen maanpinta (5)	13-15	Hieno hiekka	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-6</sup>
6	4-5	180-210	Hiekkamoreeni, Soramoreeni		10-12	Hiekkamoreeni, Soramoreeni	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-5</sup>
7	3-4	210-240	Keskikarkea hiekka		7-9	Keskikarkea hiekka	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-4</sup>
8	2-3	240-270	Karkea hiekka		5-6	Karkea hiekka	10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>-3</sup>
9	1,5-2	270-300	Sora ja hiekka		3-4	Sora	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-2</sup>
10	< 1,5	>300	Sora	Maanpintaosa on poistettu	0-2	Vadoosi vyöhyke puuttuu	>1 - 10 <sup>-1</sup>
Painoarvo (1-5)	5	4	3	5	2	5	3

- Menetelmää jatkokehitettiin Suomen hydrogeologisiin olosuhteisiin paremmin soveltuvaksi, helppokäyttöiseksi ja helppolukoiseksi.



# DRASTIC – Parametrit ja luokka - arvot



275000

280000

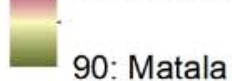
285000

290000

# Pohjavesialueen haavoittuvuusindeksikarttaa

## DRASTIC indeksi

250: Erittäin korkea



## Pohjavesialue

— Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue

- - - Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue

★ Pohjavesialueen riskikohteet

□ Mallinnusalue

■ Kalliopaljastuma

6648000

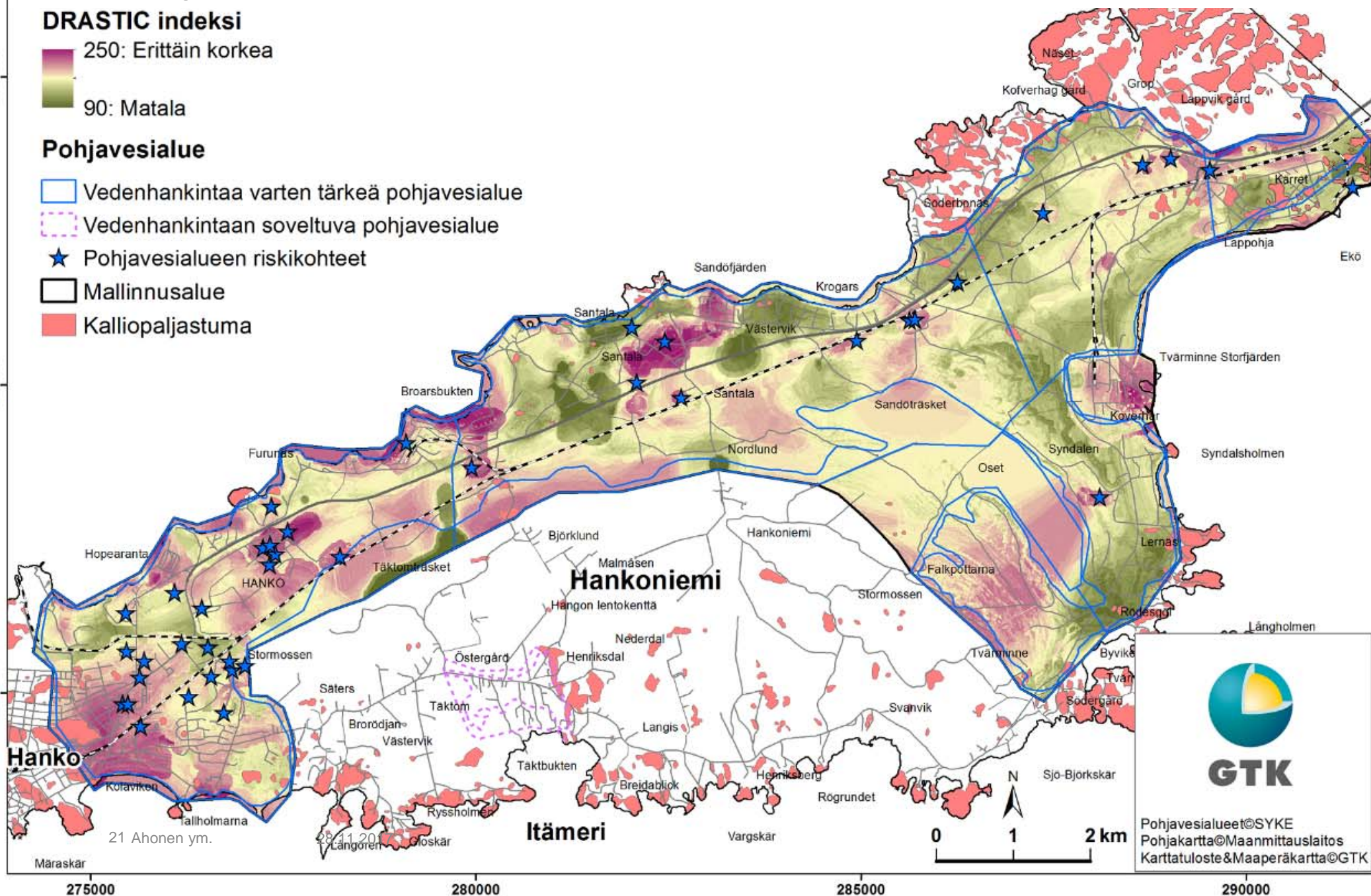
6648000

6644000

6644000

6640000

6640000



**GTK**

Pohjavesialueet©SYKE  
Pohjakartta©Maanmittauslaitos  
Karttatuloste&Maaperäkartta©GTK

275000

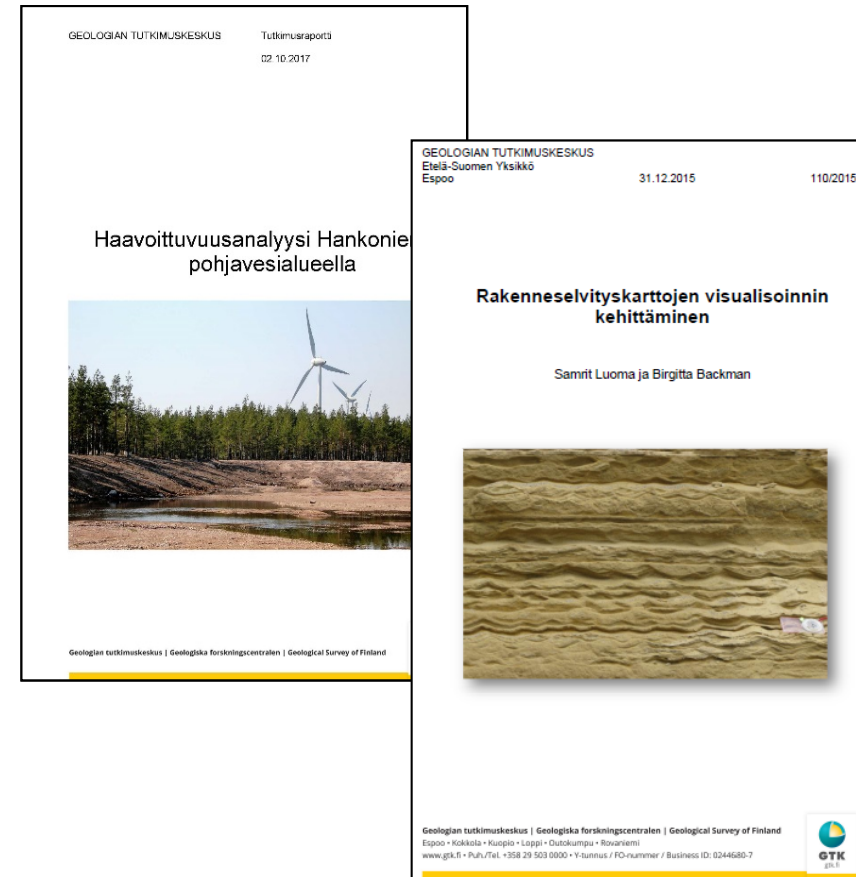
280000

285000

290000

# Lisätietoa

- Hankkeen loppuraportti
- Raportti geologisten rakenneselvityskarttojen visualisoinnista:  
[http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/110\\_2015.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/110_2015.pdf)
- Raportti haavoittuvuusanalyysi Hankoniemen pohjavesialueella:  
[http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/55\\_2017.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/55_2017.pdf)





Kiitos!

