

Lämpökameran hyödyntäminen yhdessä maastotutkimusten kanssa kaivosvesien tutkimuksessa – kohteina Saattopora ja Kevitsa

Lennot Kaivosvalvonnan Tukena (LeKaT)

Uudet mahdollisuudet kaivosympäristöjen kiertotaloudessa ja kestävässä kehityksessä – seminaari 16.3.2022



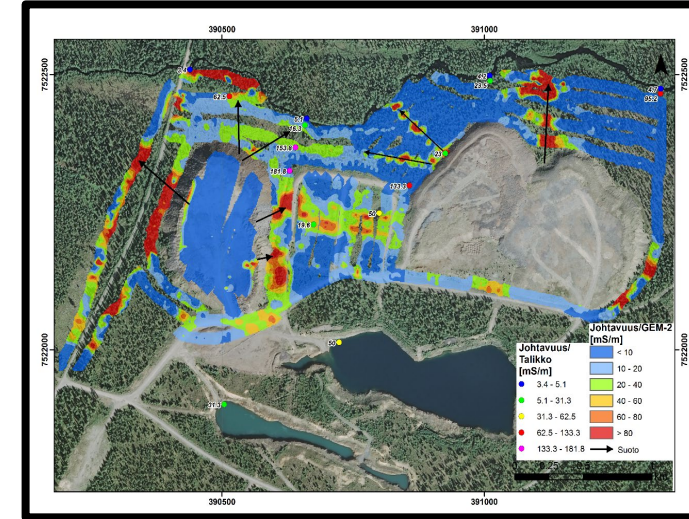
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Menetelmät

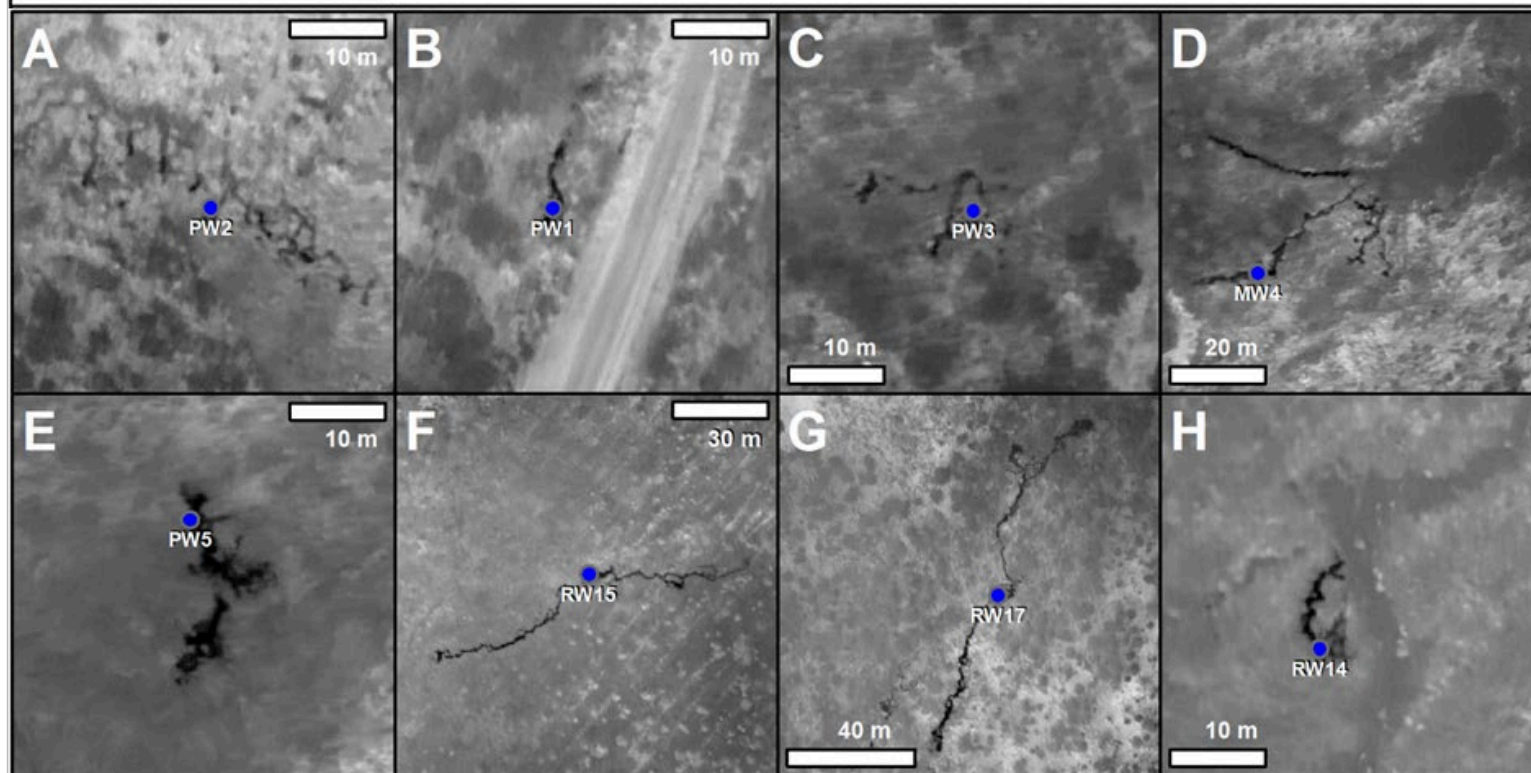
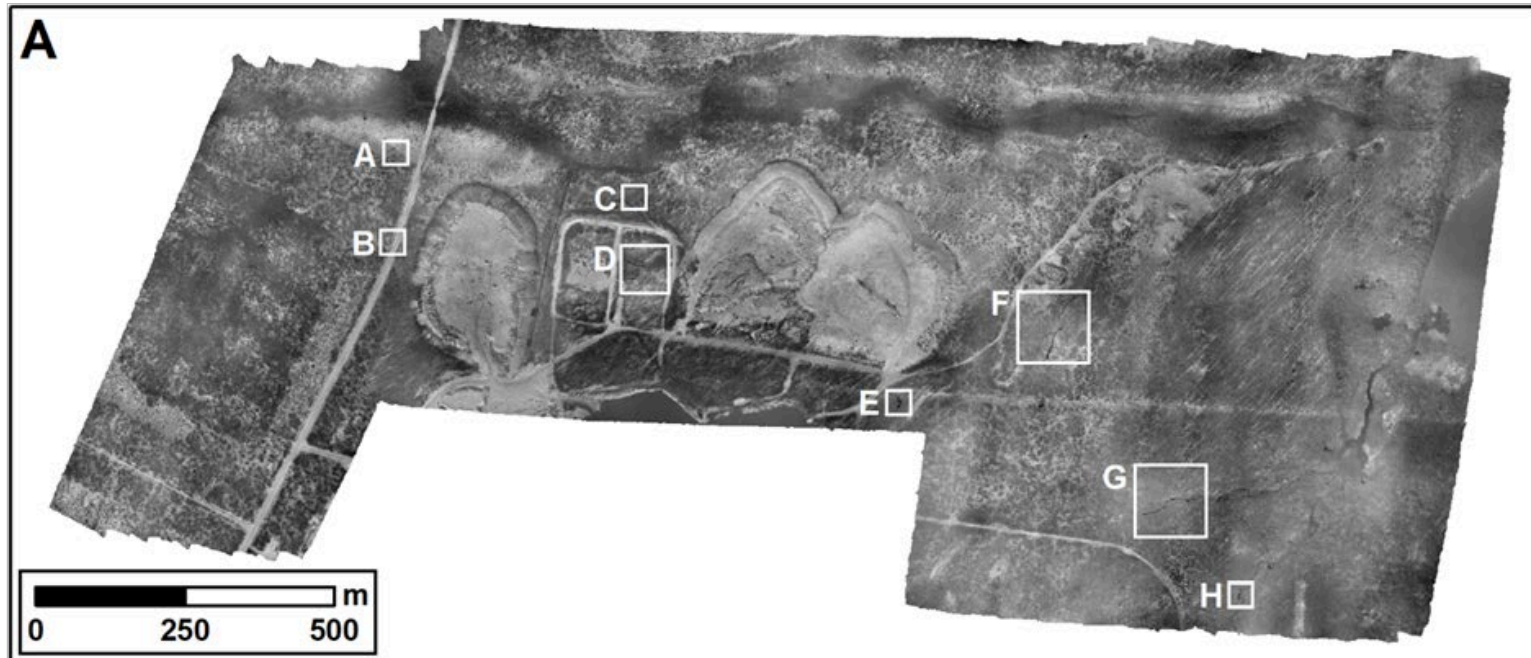
- GEM-2
 - Sähkömagneettinen mittaus
- Drone/lennokki lämpökuvat
 - Lämpötila-anomaliat, kylmät alueet

→ Vesinäytteenoton
kohdentaminen



Saattoporan
lämpökamerakuvia, joiden
avulla valittiin
vesinäytepisteitä.

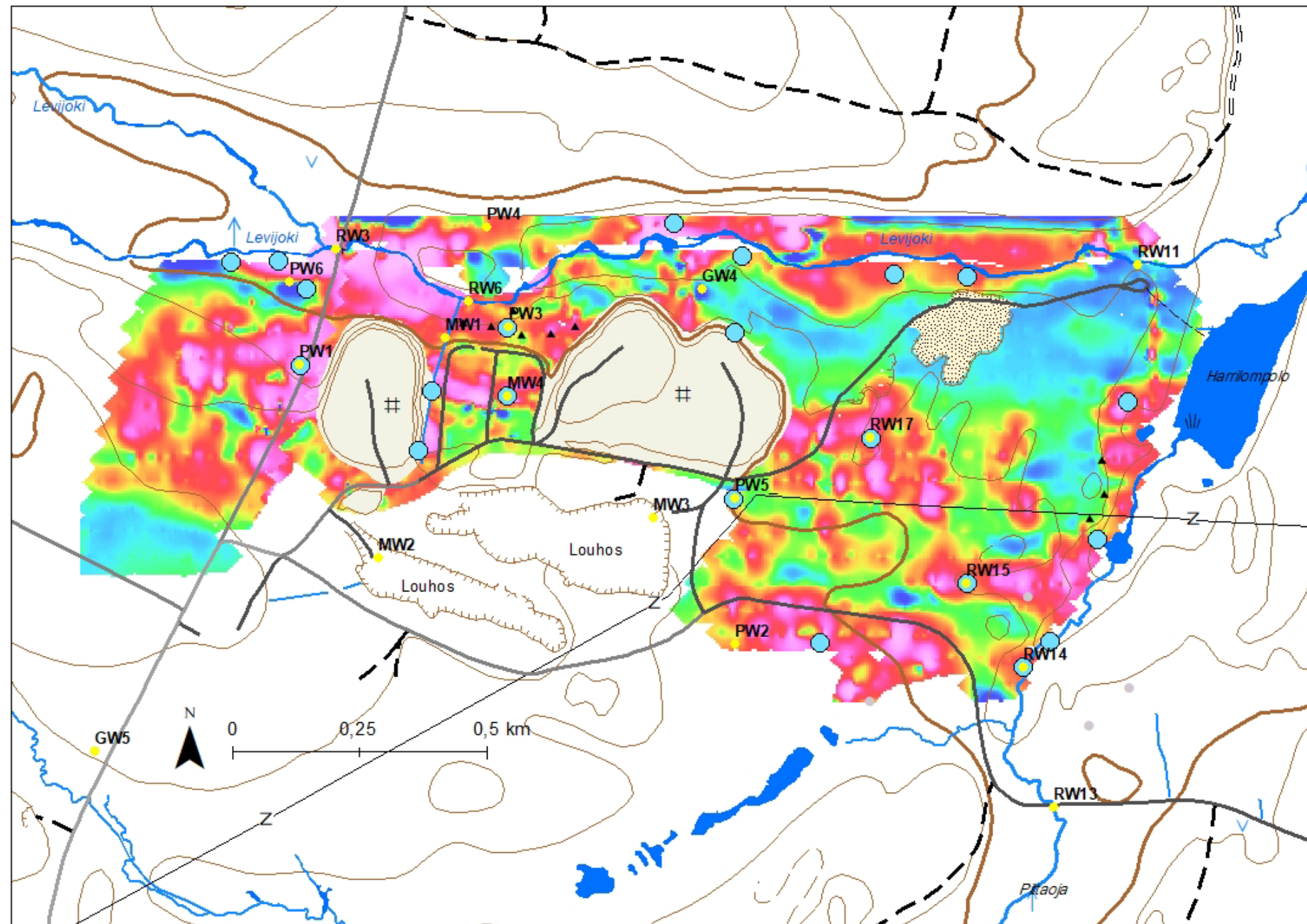
Lämpökamerakuvissa
erottuivat kylmemmät,
maanpinnan alta suotautuvat
vedet

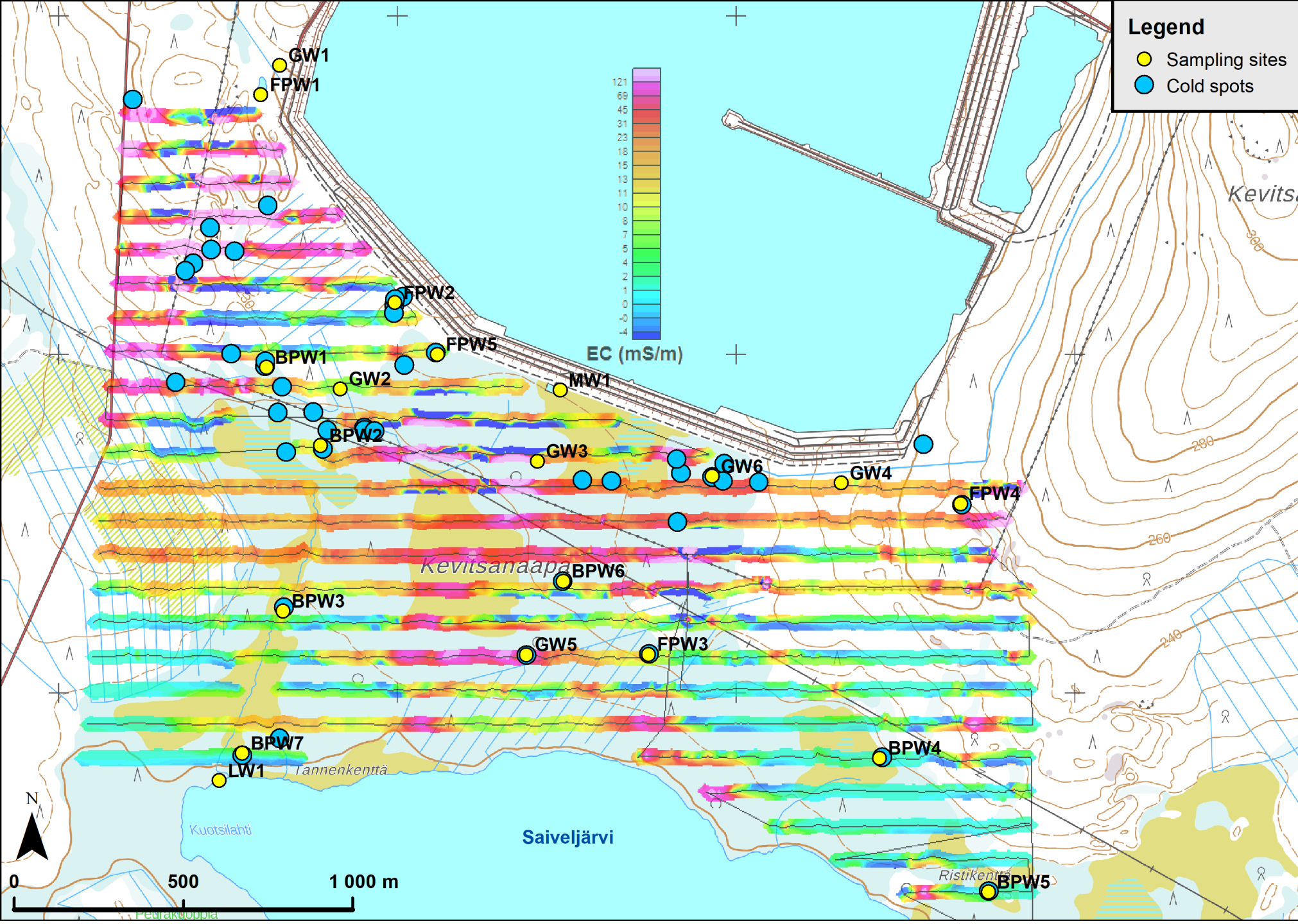


Saattopora

GEM2 – maaperän
sähkönjohtavuudet.
Punaisessa korkeat
pitoisuudet, sinisessä
matalat.

Lämpökamerakuvauk-
sen kylmät kohteet
(sin.) ja
näytteenotto kohteet
(kelt.)





Legend

- Sampling sites
- Cold spots

Kevitsa

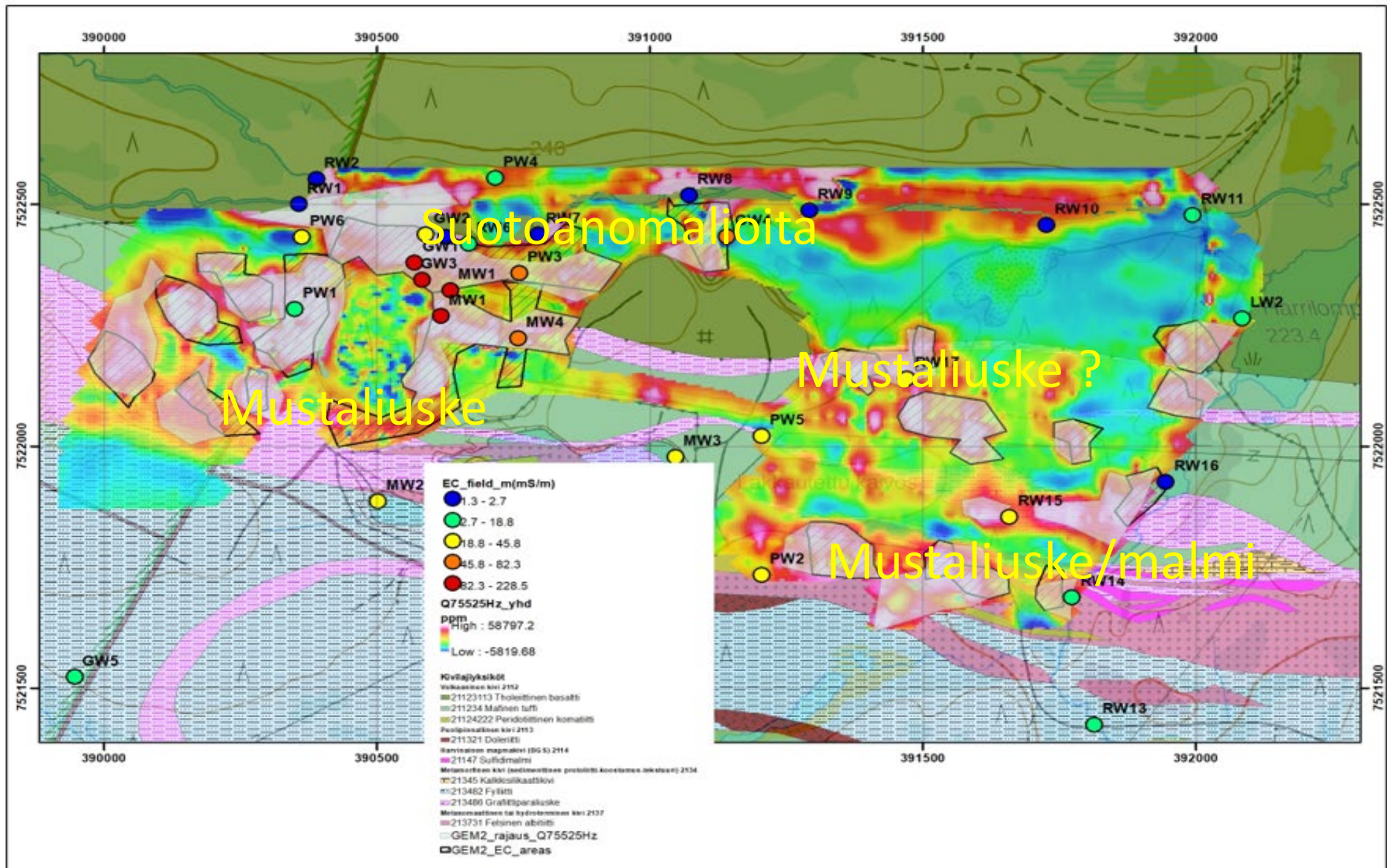
GEM2 – maaperän sähkönjohtavuudet. Punaisessa korkeat pitoisuudet, sinisessä matalat.

Lämpökamerakuvauksen kylmät kohteet (sin.) ja näytteenotto kohteet (kelt.)

GEM-2 on uuden sukupolven digitaalinen, taajuusalueessa toimiva, laajakaistainen sähkömagneettinen mittalaite (kuva). Laitteella kartoitetaan **maankamaran sähkön-johtavuutta**. Laite toimii 300 – 96000 Hz:n taajuusalueella, josta 3 – 10(4) –taajuutta voidaan mitata samanaikaisesti. Laitteen kelaväli (lähetin-vastaanotin) on 1.66 m. Laitteen syvyyssulottuvuus on suurimmillaan noin 10 m, riippuen maankamaran sähkönjohtavuudesta, kohteen koosta ja sähkömagneettisista häiriötekijöistä (esim. sähkölinjat yms.). Mittauksessa lähetetään lähetinkelalla 3 – 5 eritaajuuksista sähkömagneettista primääriaaltoa. Primääriaalto indusoi maankamaraan pyörrevirtoja, joista aiheutuu sekundäärkenttä, joka mitataan vastaanotinkelalla. Mittaus on jatkuvaa, joten normaalikävelyvauhdilla pisteväliksi saadaan 5-15 cm (Won, et.al, 1996). Laitetta voidaan käyttää tasaisilla alueilla (jää, pelto, vesialue, tasainen maasto) moottorikelkan, mönkijän tai moottori(soutu)veneen perässä. Tällöin saavutetaan 10 - 30 km/h etenemisnopeus. Mittausmäärä voi helposti tällaisissa tapauksissa olla 20 - 30 linjakm/työpäivä 0.5 - 1 metrin pistevälillä. Paikkatieto tallettuu bluetooth GPS:stä mittaustuloksiin. Laite soveltuu erinomaisesti mm. (metalli)esineiden etsintään, **ympäristö-kontaminaatioiden kartoittamiseen, maankamaran pintaosien kartoitukseen** ja jään paksuuden mittaamiseen.



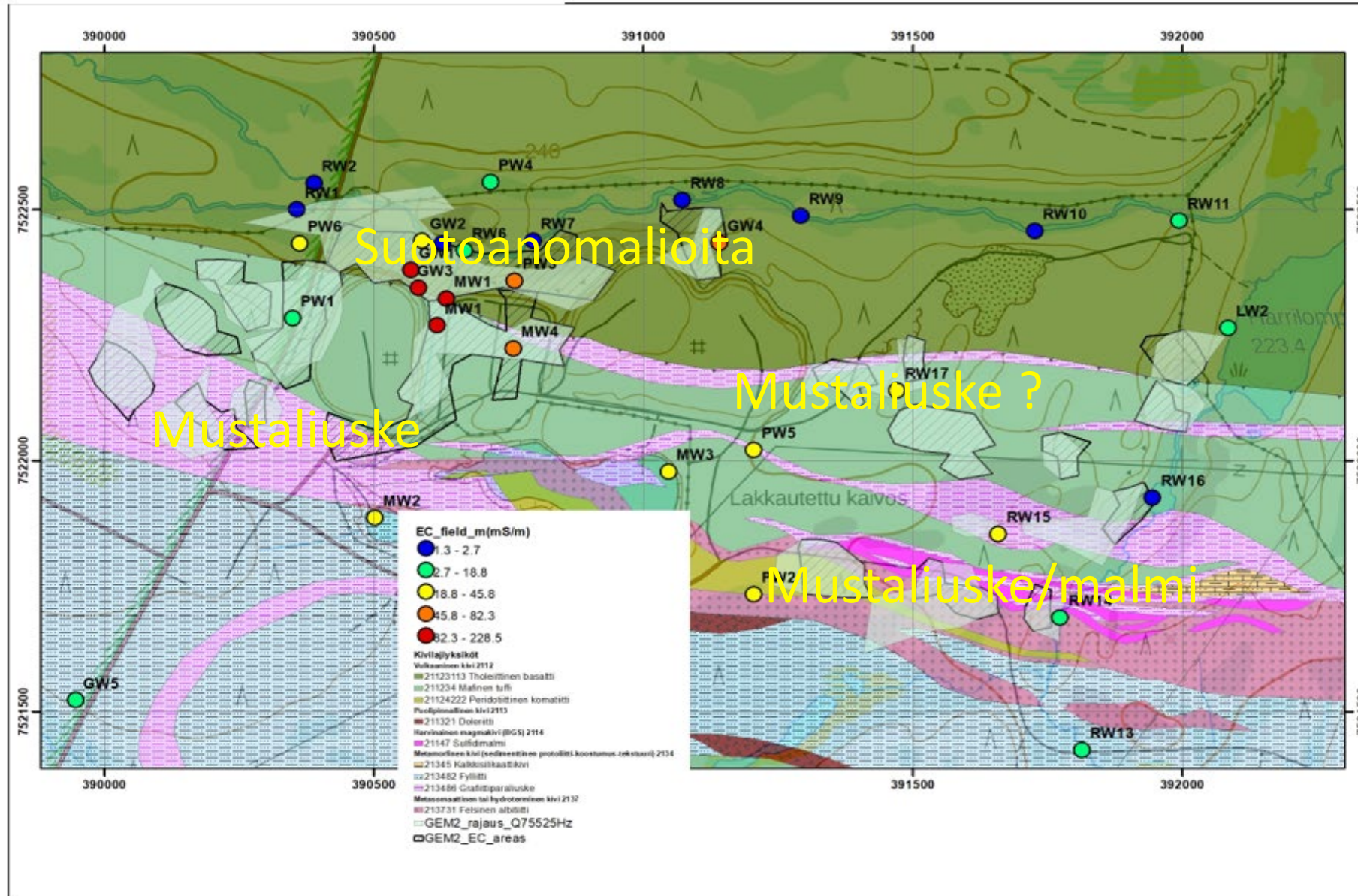
GEM-2 mittaukset Imaginäärikomponentti 75525 Hz (korkea) Anomaliarajaukset ja Pohjavesipisteet Kallioperä



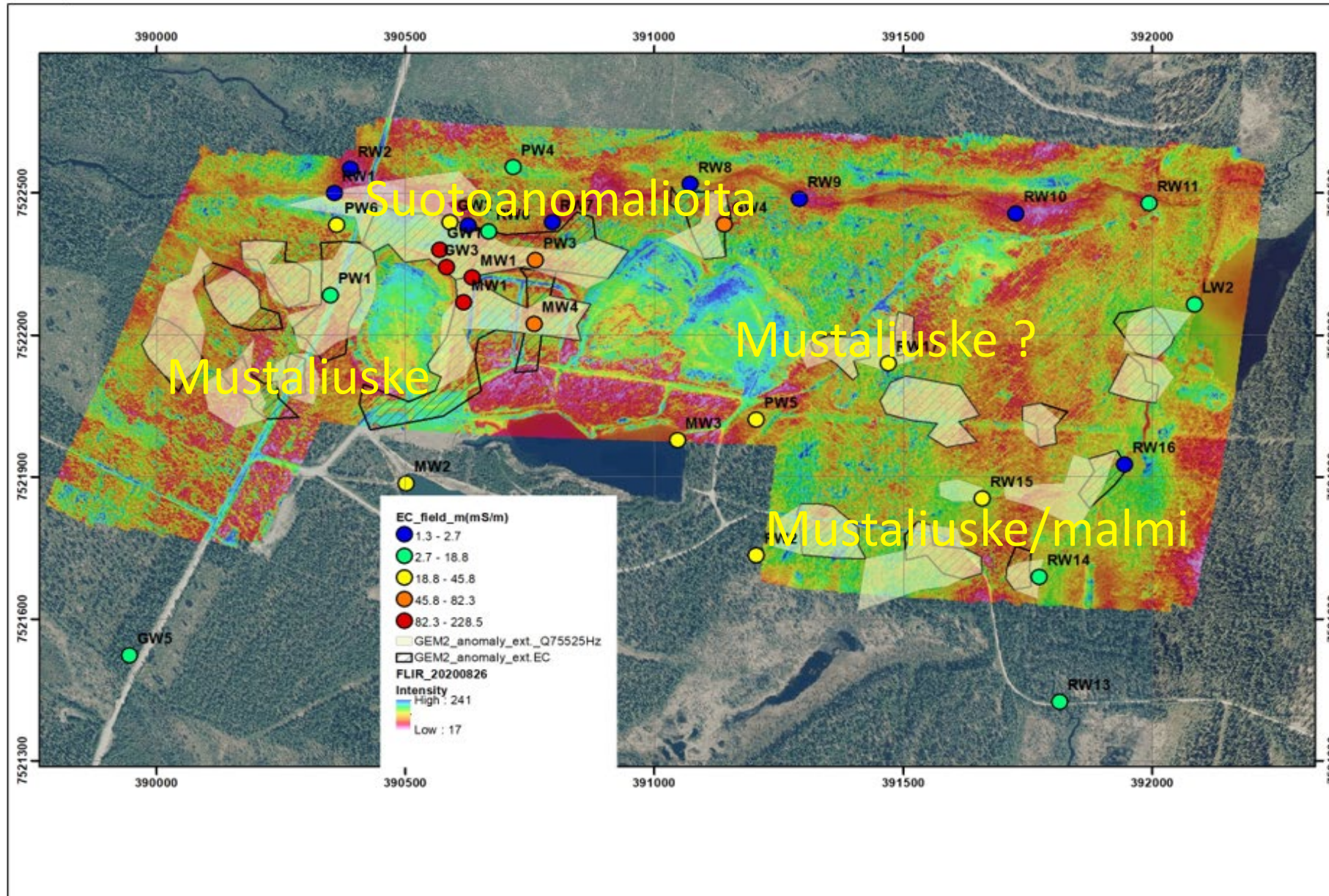
GEM-2 mittaukset

Anomaliarajaukset ja Pohjavesipisteet

Kallioperä Tulkinta

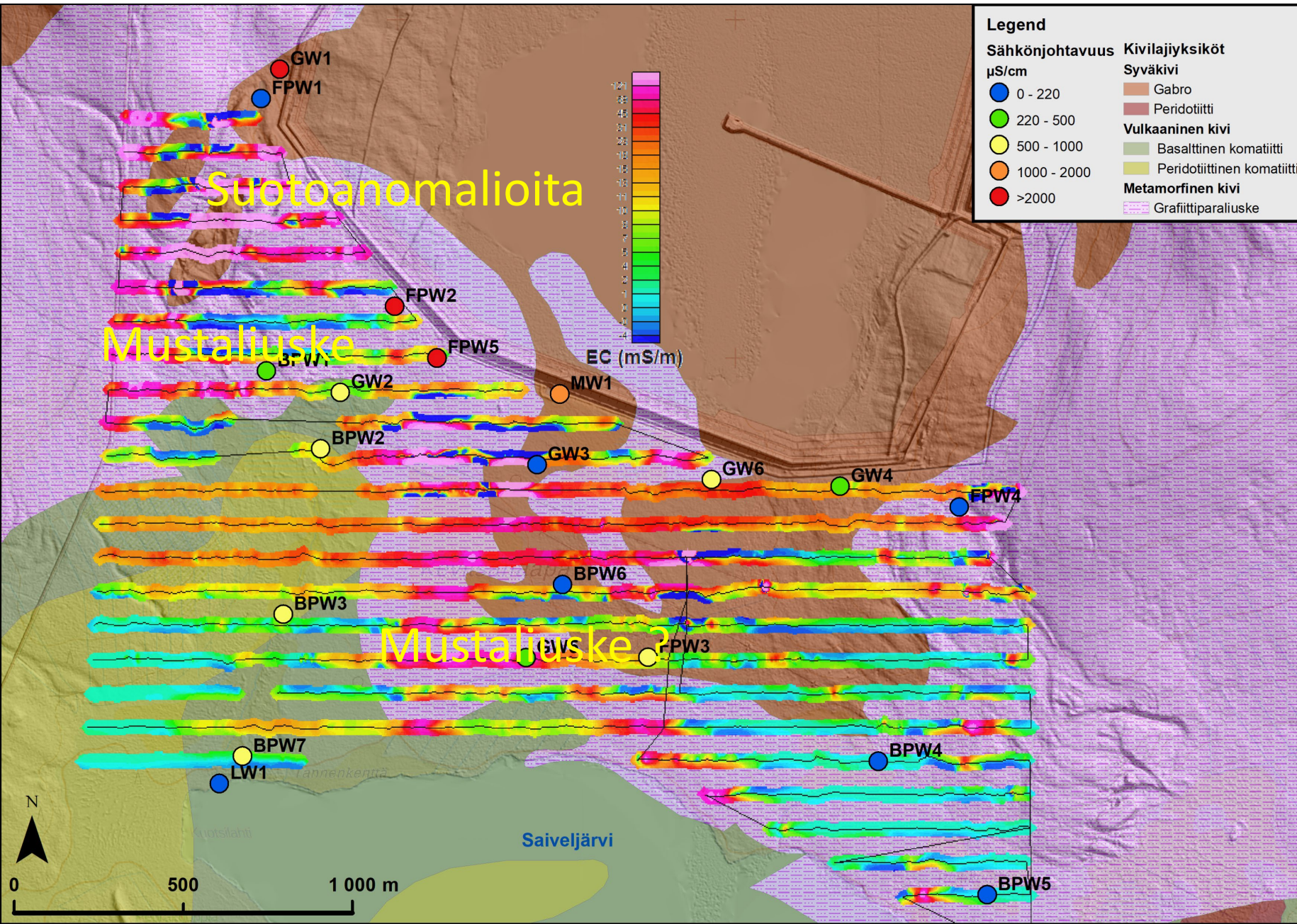


GEM-2 anomaliarajaukset
TIR-tulokset
Pohjavesipisteet Tulkinta

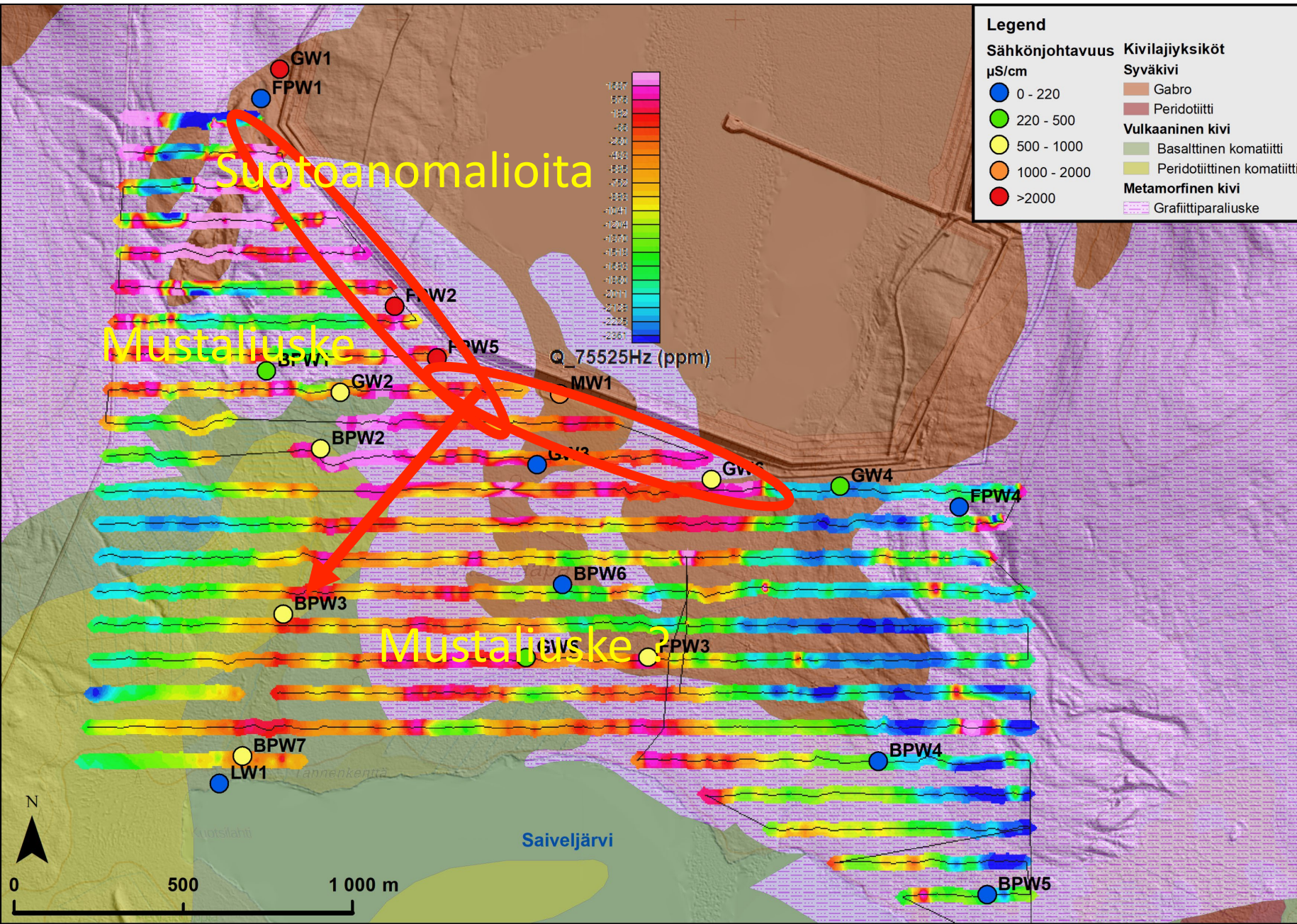


- Saattoporassa GEM2-tulokset (sähkönjohtavuus ja imaginäärikomponentti) korreloivat jossain määrin vesistä mitattujen sähkönjohtavuuksien kanssa, parhaiten jätekasojen pohjoispuolella.
- Syy GEM2-linjojen ja pohjavesinäytteiden eroavuuteen on eri sijainti. Vain muutamassa kohdin linjat ja pisteet osuvat yhteen.
- Kallioperän hyvin sähköä johtavat mustaliuskeet vaikuttavat GEM2-tuloksiin koko mittausalueella
- Korkean taajuuden imaginäärikomponentti korreloi parhaiten vesien sähkönjohtavuus- ja lämpökameratulosten kanssa.

Kevitsa, GEM-2 Sähkönjohtavuus ja vesinäytteiden sähkönjohtavuus Kallioperä



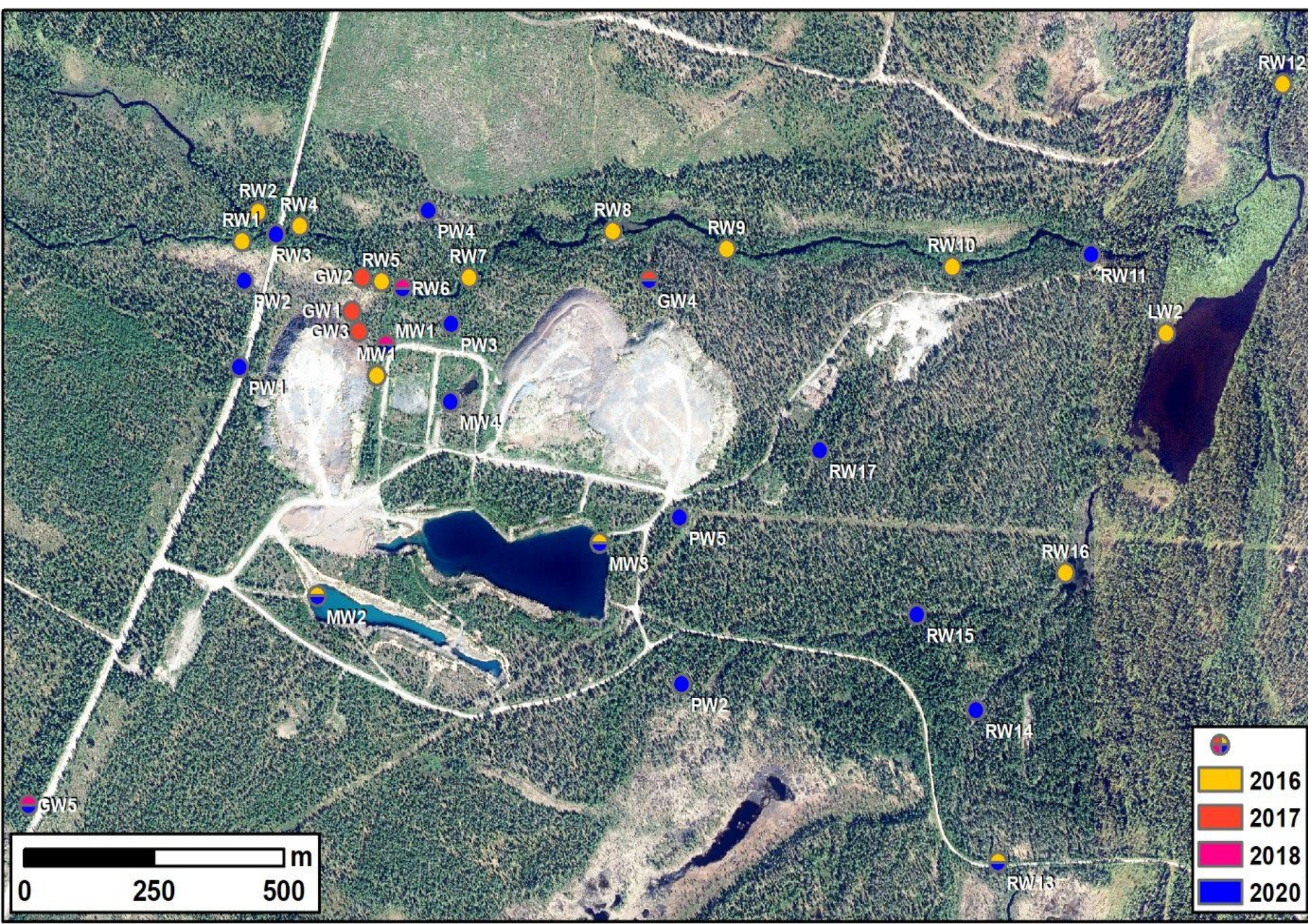
Kevitsa, GEM-2 Imaginääri 75525 Hz ja vesinäytteiden sähkönjohtavuus Kallioperä



- Kevitsassa GEM-2 tulokset (sähkönjohtavuus ja imaginäärikomponentti) korreloivat selkeästi kallioperän hyvin sähköäjohtavien mustaliuskeiden kanssa.
- Ne vaikuttavat GEM-2 mittaustuloksiin koko mittausalueella.
- Korkean taajuuden Imaginäärikomponentista (Q75525Hz) saadaan parhaiten maaperän pinnanläheiset johtavuusanomaliat.
- Padon lounais- ja eteläosan suoto ja suotovirtaus puroa pitkin kohti Saiveljärveä havaitaan.

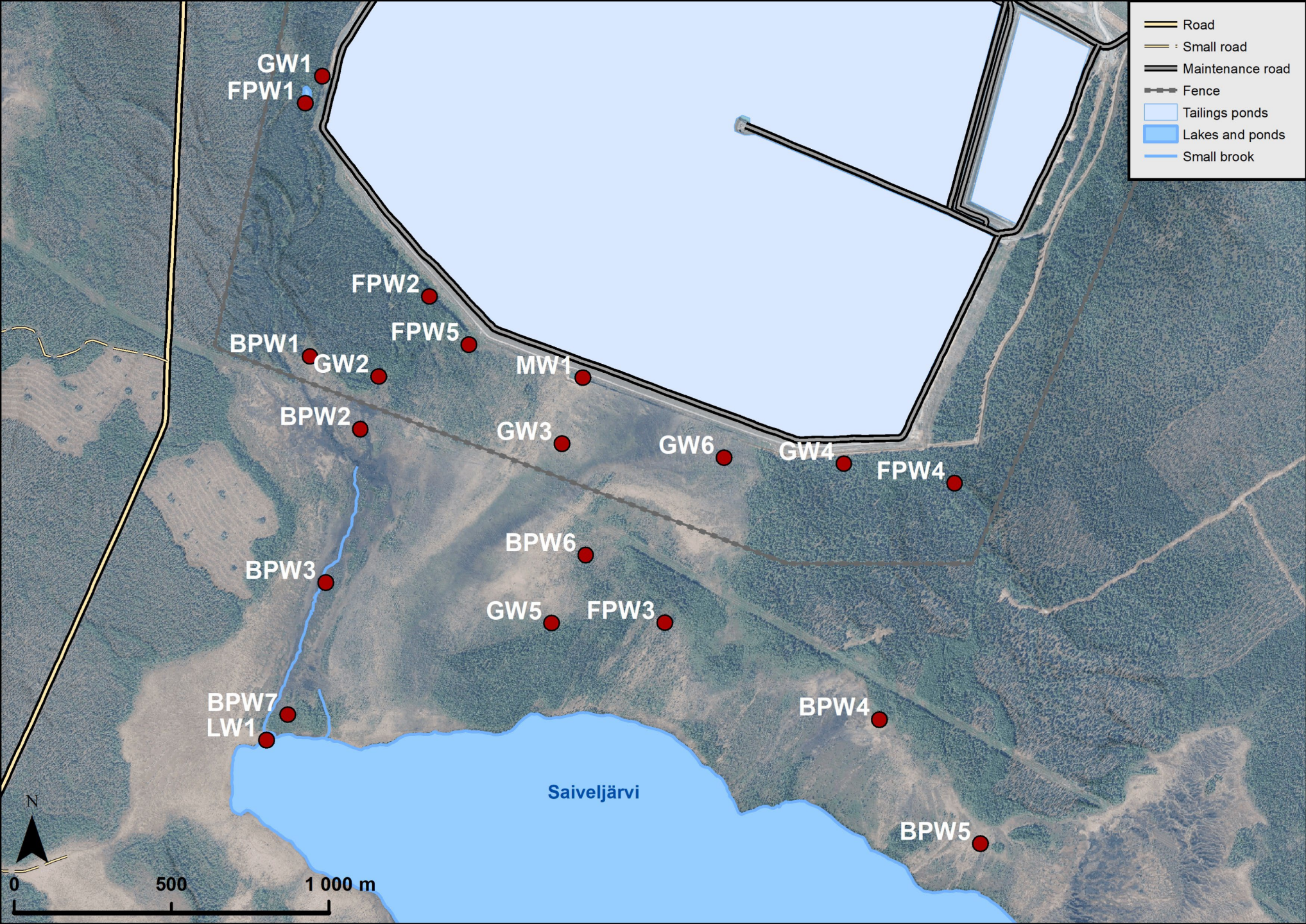
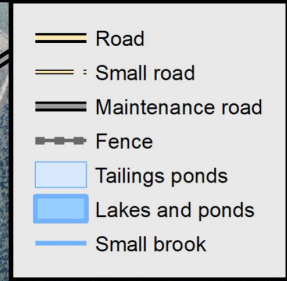
Saattopora, Kittilä

LW = järvivesi
RW = jokivesi
GW = pohjavesi
PW = pintavesi-
lammikko
MW = kaivokseen tai
kaivannaisjätteeseen
yhteydessä oleva vesi

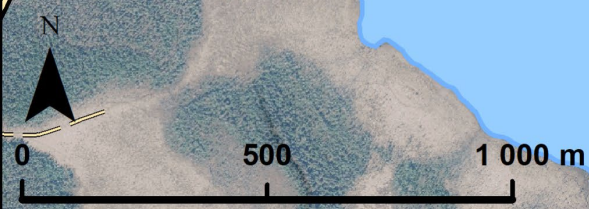


Saattoporan
vesinäytteet
näytteenottovuoden
mukaan

Kevitsa, Sodankylä

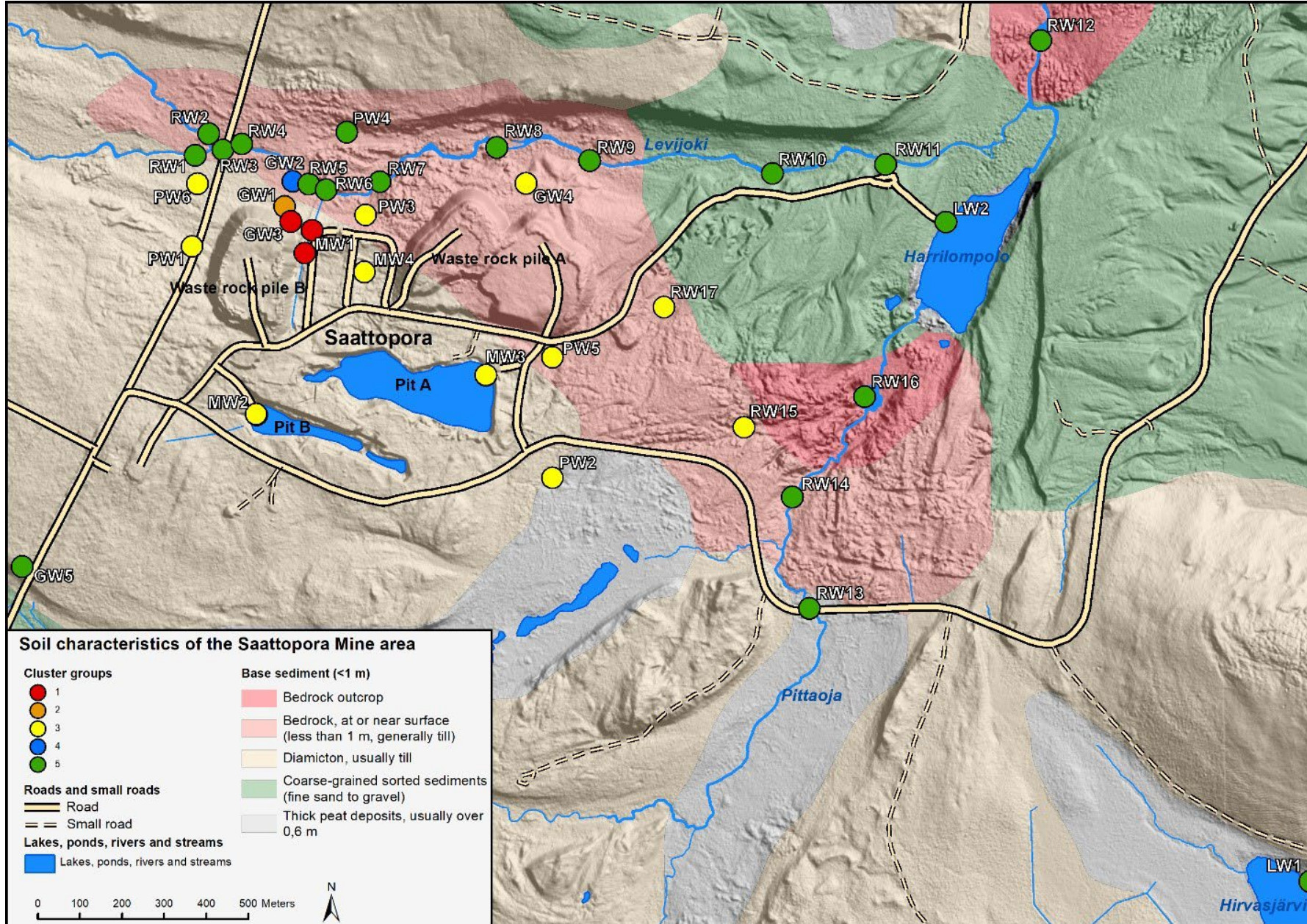


LW = järvivesi
GW = pohjavesi
FPW = pintavesi-lammikko
(metsäinen ympäristö)
BPW = pintavesi-lammikko
(avosuoympäristö)
MW = kaivokseen tai
kaivannaisjätteeseen
yhteydessä oleva vesi



Näytteet otettu
2021

Saattoporan vedet luokiteltu kemian mukaan

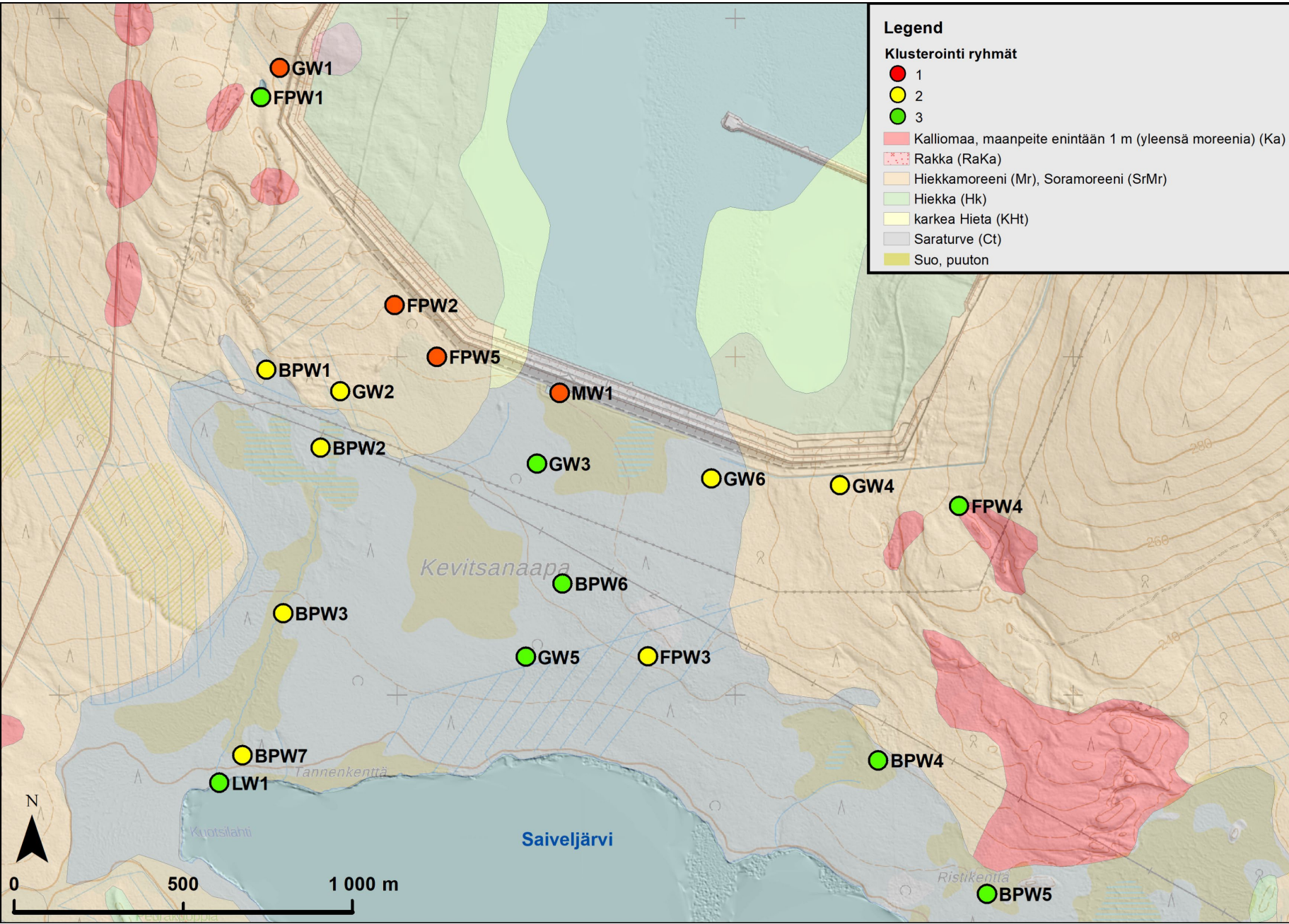


Pääioni-pitoisuuksia ja sähkönjohtavuutta käytettiin ryhmittelemään vedet eri kemiallisiin ryhmiin.

Pitoisuudet ovat suurimmat punaisissa ja oransseissa ryhmissä 1 ja 2, joissa näkyy eniten kaivoksen ja kaivannaisjätteen vaikutusta.

Vaikutus pienenee vähitellen mentäessä kohti 5. vihreää ryhmää, jossa ei kaivoksen vaikutusta voi erottaa.

Kevitsan vedet luokiteltu kemian mukaan



Pääioni-pitoisuuksia ja sähkönjohtavuutta käytettiin ryhmittelemään vedet eri kemiallisiin ryhmiin.

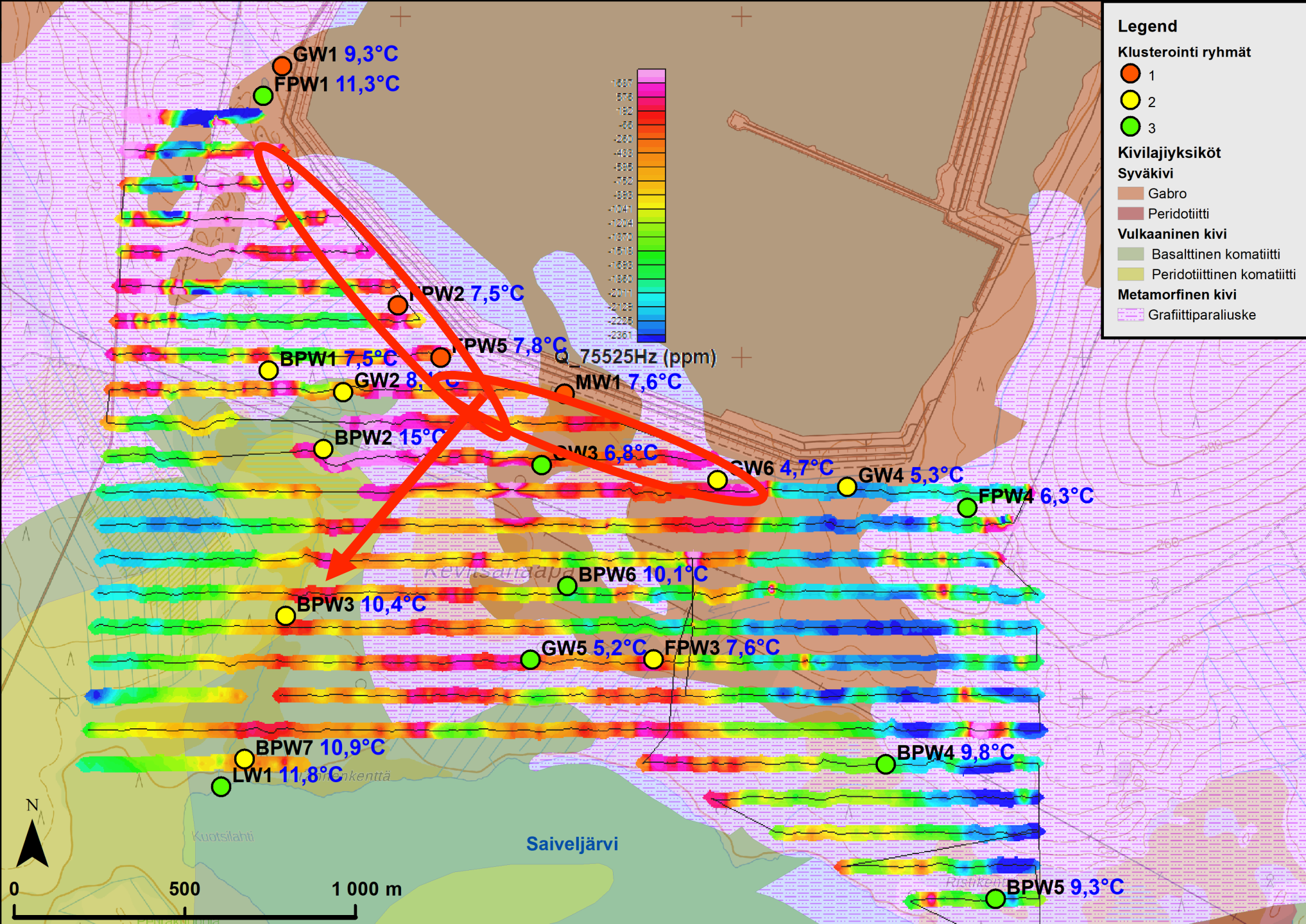
Pitoisuudet ovat suurimmat punaisessa ryhmässä 1, jossa näkyy eniten kaivokselta suotatutuvan veden vaikutus.

Vaikutus on pienempää keltaisessa ryhmässä 2. Puhtaimpia vedet ovat vihreässä ryhmässä 3.

Kevitsa

GEM-2 Imaginääri
75525 Hz

Kallioperä ja
näyteveden
lämpötila



Isotooppimenetelmä vesienhallinnassa

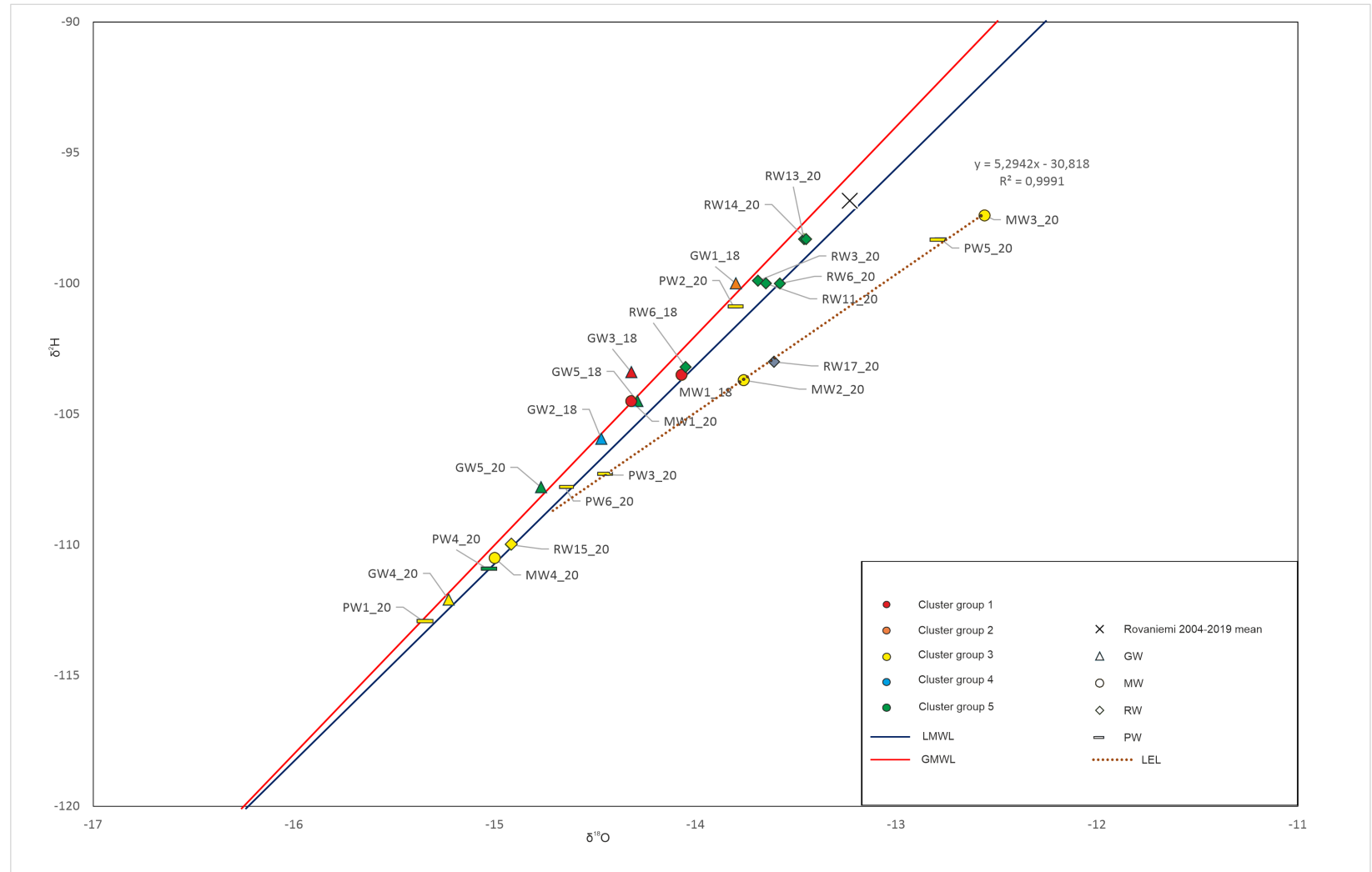
- Isotoopit luonnon merkkiaineina kaivosalueen vesien luokittelussa ja veden kierron selvityksessä – veden sormenjälki
- Isotoopit analysoitu Saattoporassa vesinäytteistä 2018 (kesäkuu) ja 2020 (syyskuu), Kevitsassa 2021 (syyskuu)
- Veden konservatiivinen sormenjälki - veden isotoopit O ja H
 - Haihdunta fraktioi, eli muuttaa isotooppikoostumusta -> pintavesi/pohjavesi kylmäpisteiden näytteissä
 - Pohjaveden isotooppikoostumus vastaa paikallista sadantaa
 - Sadannan vuodenaikaisvaihtelun kautta veden kierron avaaminen

Isotooppimenetelmä vesienhallinnassa

- Veteen liuenneiden aineiden isotooppitutkimukset avaavat veden kiertoa -> Strontium (Sr) ja Rikki (S)
 - Sr raskas alkuaine, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ei fraktioitumista luonnon prosesseissa
 - Isotooppikoostumus vastaa alueen mineraalikoostumusta
- S fraktioituu veden kierrossa esim. biogeokemiallisissa prosesseissa – mikrobien SO_4 pelkistäminen aiheuttaa isotooppikoostumuksen muutosta (^{32}S isotooppi ↓) samoin hapettumis/pelkistymis olosuhteiden vaihtelu
- Päätejäsenet – sadevesi/pohjavesi (tausta), pintavesi ja mahdollinen kaivosalueen vaikutuksen omaava vesi -> näiden sekoitus paikallisissa vesissä määrittää isotooppikoostumuksia

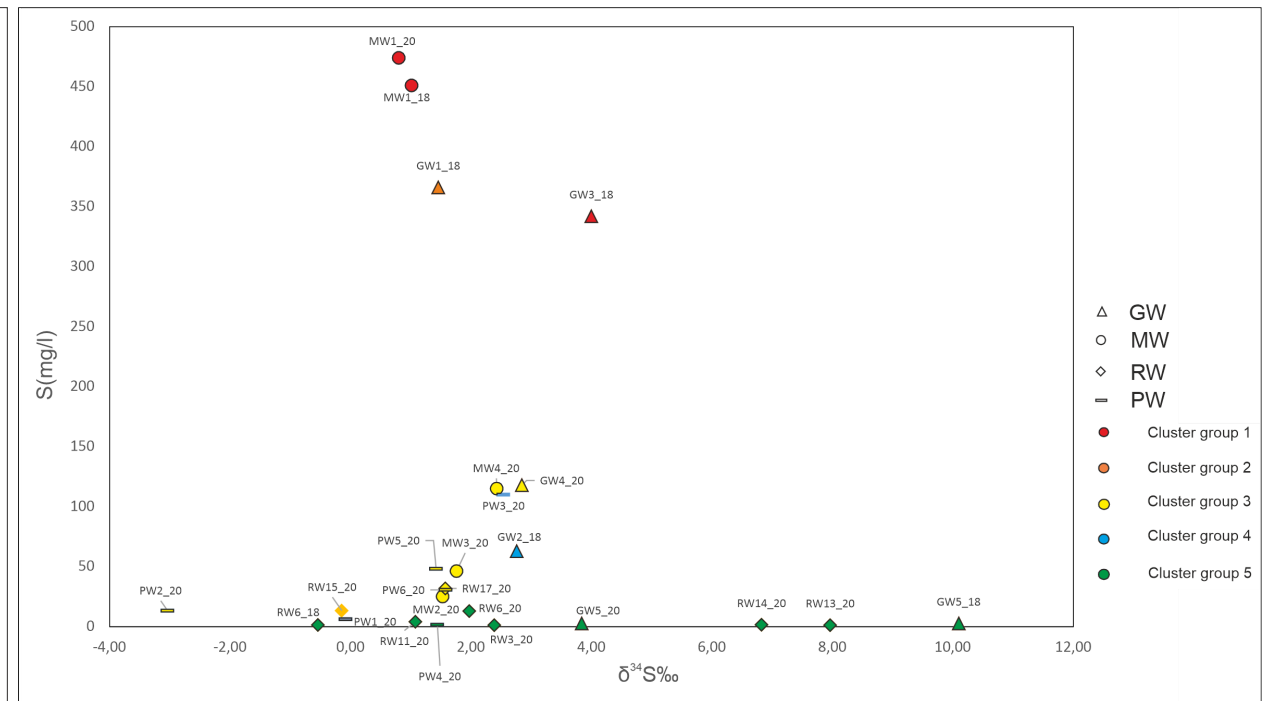
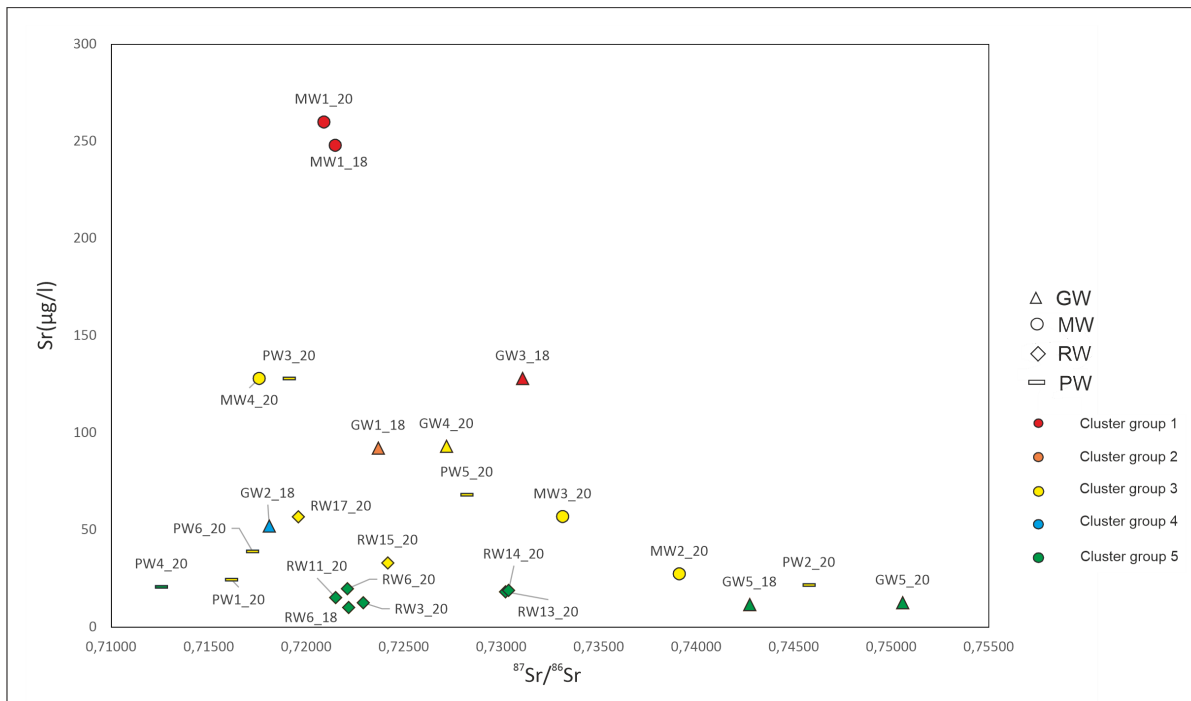
Saattopora isotoopit (O/H)

- GMWL/LMWL suoralla olevat pisteet haihtumatonta vettä (sadanta, pohjavesi)
- Tuloksissa suurta hajontaa -> eripituisen kierron vettä
- Levijoen pisteet RW3, RW6 ja RW11 suoralla -> sadannan vettä
- Haihduntasuoralla louhosallasvedet MW2 ja MW3 sekä kylmäpistekohteet: purovesi RW17 (heikko virtaama) sekä lammikkovedet PW3 ja PW5 – muut kylmäpisteet suorien lähellä



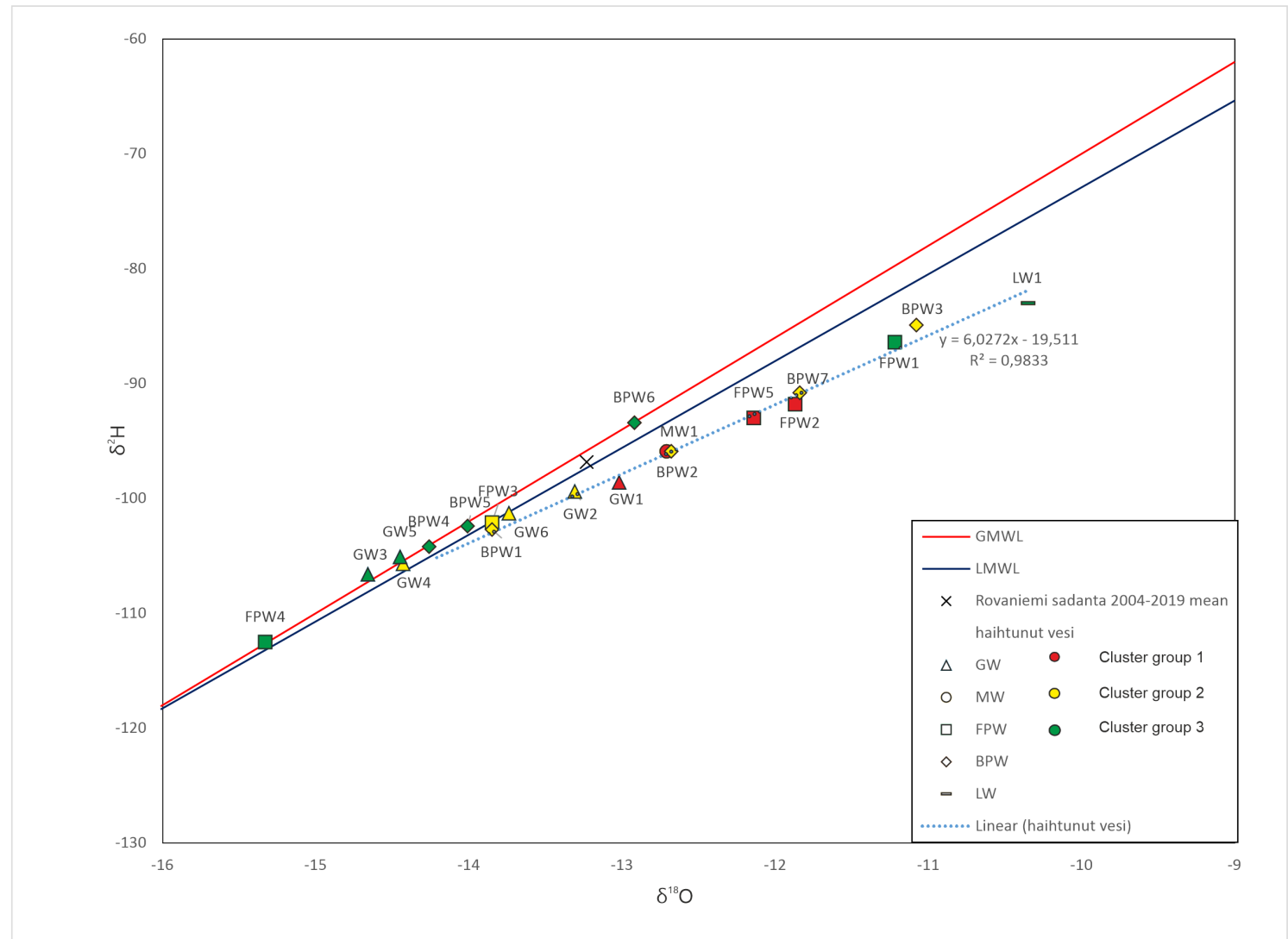
Saattopora Sr ja S

- Päätejäsenet: pohjavesi(GW5), jokivesi (sadanta) ja kaivosaluevesi (MW1)
 - Sr sadanta n. 0,72
 - $\delta^{34}\text{S}$ kaivosalueen kiviaineksessa +2,23 ja +4,08 ‰ välillä,
- Strontiumin koostumus heijastelee paikallista kiviainesta – mafinen (PW4, PW1 ↓) vs. felsinen (PW2 ↑)
- Rikin isotooppikoostumukseen vaikuttaa sulfaattien pelkistyminen (BSR) ja hapetus-pelkistys olosuhteiden muutokset, mutta tarina samankaltainen strontiumin kanssa
 - Ilmakehän $\delta^{34}\text{S}$ +2 – +9 ‰



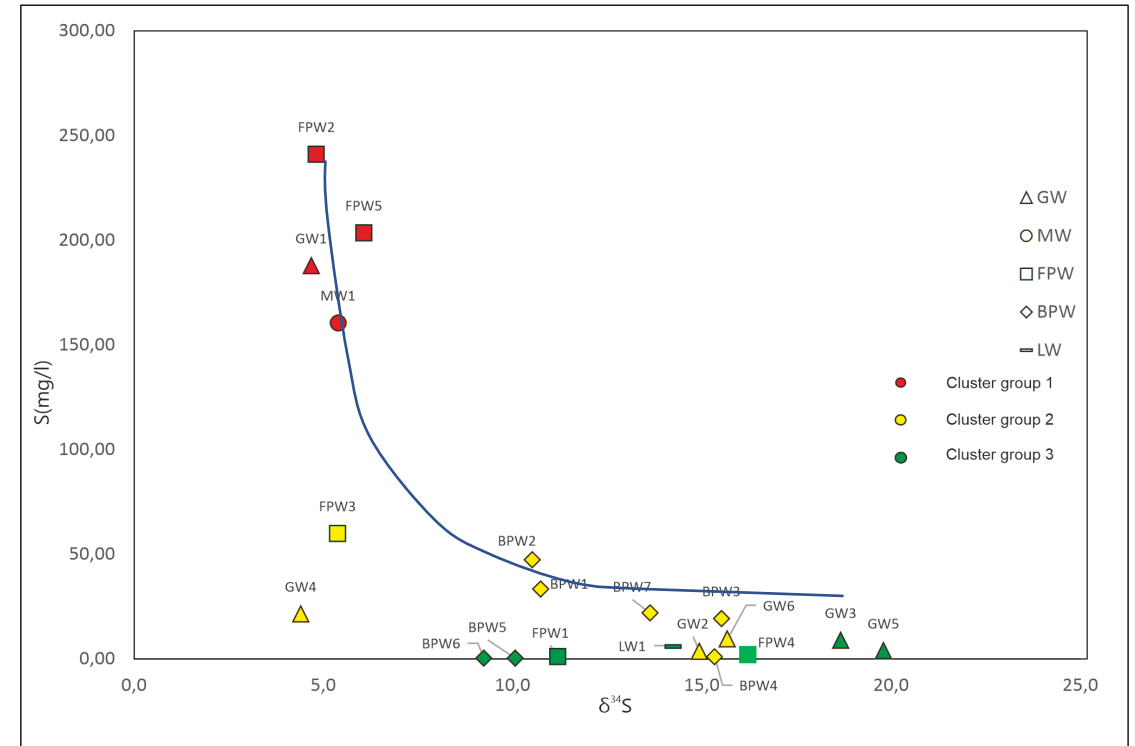
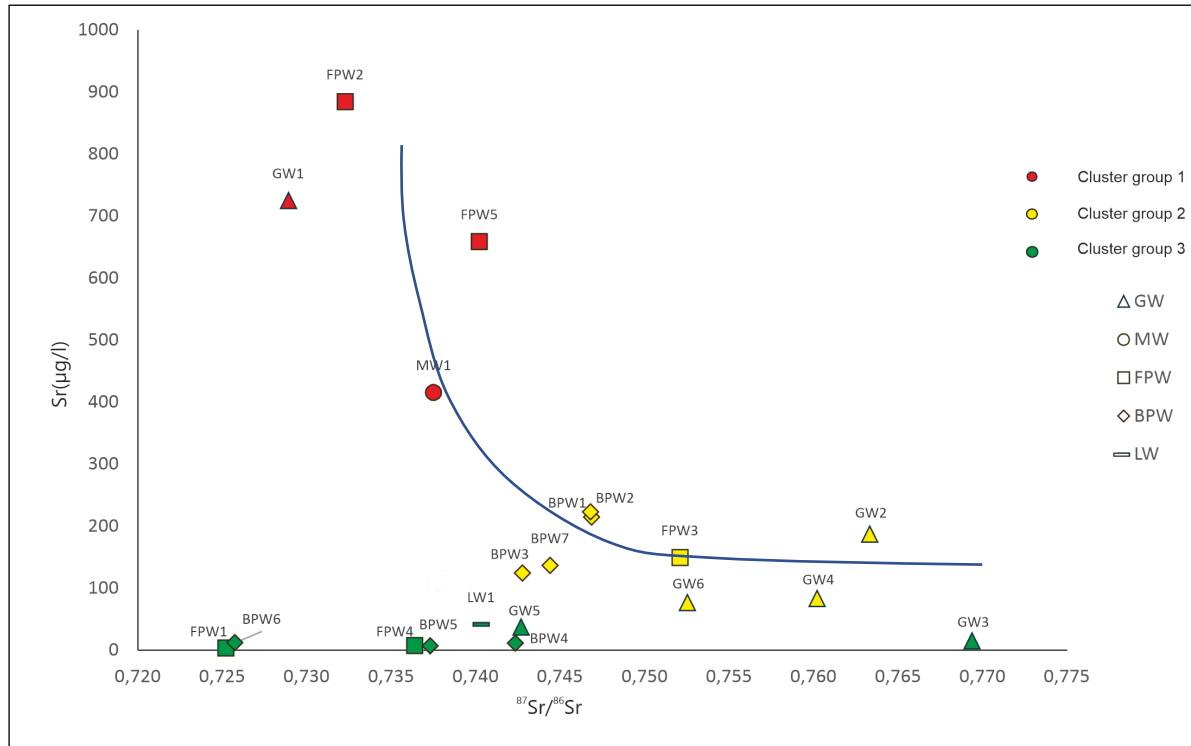
Kevitsa isotoopit (O/H)

- GMWL/LMWL suorilla hajonta pienempää -> saman kierron vesiä
- Päätejäsenet LW (järvi) ja GW3 (pohjavesiputki)
- Haihtuneen veden suoralla GW1, GW2 (pintavesiyhteys) sekä metsä/suoalueen lammikkovesiä joihin purkautuu pohjavettä -> kylmäpisteet lämpökuvissa
- FPW1 suotovesialueen ulkopuolella pintavesilammikko



Kevitsa Sr ja S

- GW3 tausta pohjavesi – isoa vaihtelua isotooppikoostumuksissa -> mineraaliaineksen vaikutus
- Kaivosaltaan vesi MW1 ja GW1, FPW2, FPW5 (lähellä kaivoksen reunaan) eri pitoisuus, samankaltainen isotooppikoostumus
- Ryhmittelyanalyysin luokitusjako näkyy myös isotooppikuvaajissa – Vesikemian mukaan tehdyt luokittelut näkyvät päätejäsen ryhminä
 - Sr: (GW3) ja punaisen ryhmän vedet päätejäsenet, muut keltaisen luokituksen vedet näiden sekoituksia
 - S: sama tarina, mutta orgaaninen aines ja vaihteleva redox ympäristö aiheuttaa hieman eroavuuksia



Yhteenveto

Saattopora

- Saattoporan isotooppitutkimukset antavat kuvaa vesien kierrosta ja mineraaliaineksen paikallisesta koostumuksesta, mutta tulkinta ei ole yhtä selkeää kuin Kevitsan tutkimusalueella
- Paikallinen geologia antaa vahvan signaalin Saattoporan alueella, näkyy isotoopeissa ja GEM2 sähkönjohtavuus tuloksissa
- Kokonaisvesikemiassa kaivannaisjätekasojen suotovaikutukset näkyvät selvästi läheisissä vesinäytekohteissa. Levijoessa tätä vaikutusta ei nähdä.

Kevitsa

- Suotovesien vaikutusta ja sekoittumista alueen vesiin nähdään suoalueella kohti Saiveljärveä
- Näkyy O/H, Sr ja S tuloksissa – samoin muussa vesikemiassa ja GEM2 sähköjohtavuuksissa



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

