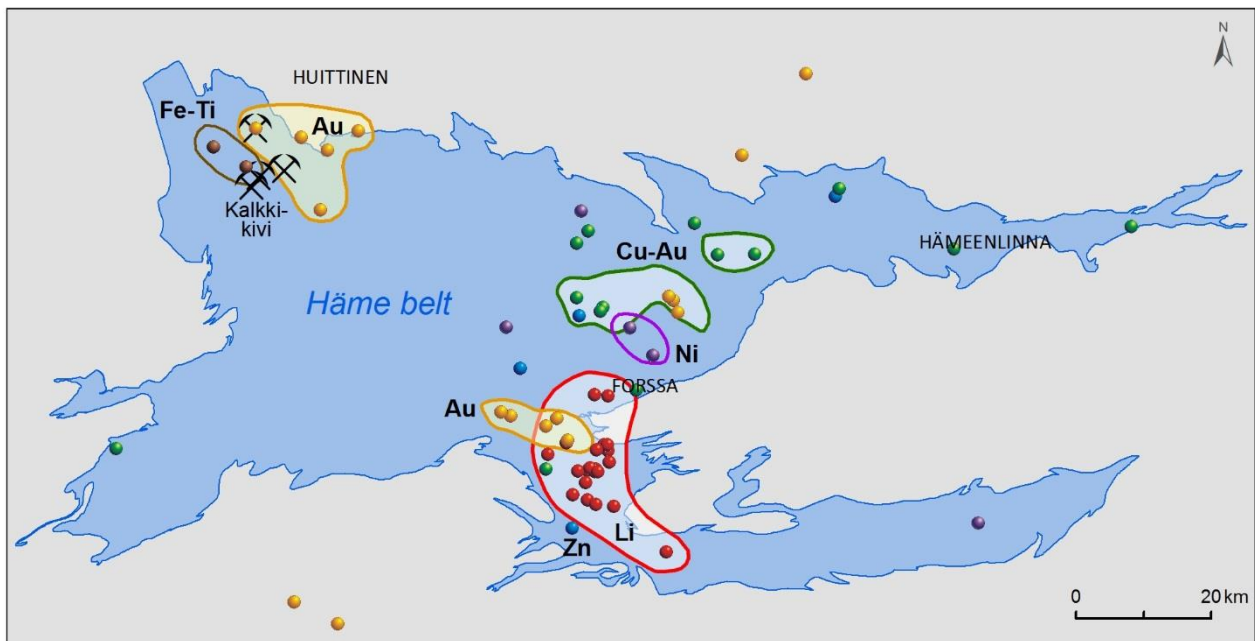


# Etelä-Suomen malmipotentialihankkeen 2551005 loppuraportti, 2011 — 2015

Markku Tiainen, Niilo Kärkkäinen, Timo Ahtola, Hilikka Arkimaa, Sari Grönholm, Pekka Huhta, Helena Hulkki, Matti Kurhila, Janne Kuusela, Hanna Leväniemi, Mira Markovaara-Koivisto, Hannu Mäkitie, Kalevi Rasilainen, Pekka Sipilä



<p>Tekijät Markku Tiainen, Niilo Kärkkäinen, Timo Ahtola, Hilikka Arkimaa, Sari Grönholm, Pekka Huhta, Helena Hulkki, Matti Kurhila, Janne Kuusela, Hanna Leväniemi, Mira Markovaara-Koivisto, Hannu Mäkitie, Kalevi Rasilainen, Pekka Sipilä</p>	<p>Raportin laji Loppuraportti, arkistoraportti</p>
	<p>Toimeksiantaja GTK</p>
<p>Raportin nimi Etelä-Suomen malmipotentialihankkeen 2551005 loppuraportti, 2011-2015</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Hankkeen tutkimusten painopiste oli Hämeen vyöhykkeellä, jossa jatkettiin edellisissä hankevaiheissa aloitettua alueen malmipotentialin kartoitusta. Lisäksi raportointiin edellisissä hankevaiheissa aloitetut Kaustisen litiumtutkimukset sekä Etelä-Pohjanmaan Pirkkalan-Tampereen alueen, Kullaan, Velkuan ja Eräjärven kulta-aiheiden tutkimukset.</p> <p>Hämeen vyöhyke koostuu pääosin internediäarisistä ja happamista vulkaniiteista, osin mafisista vulkaniiteista sekä saman ikäisistä granitoideista ja gabroista. Pohjoispuolella on sedimenttisyntyisten kivien luonnehtima Pirkanmaan migmatiittivyöhyke, ja eteläpuolella graniittivyöhykkeen erottamana metallogeniaaltaan erilainen vulkaanisten kivien luonnehtima Uudenmaan vyöhyke. Hämeen vyöhykkeelle tyypillisiä metalleja ovat kulta, kupari, sinkki, litium ja volframi. Uudenmaan vyöhykkeellä päämetallit ovat sinkki, rauta ja uraani ja Pirkanmaan vyöhykkeellä nikkeli ja kulta.</p> <p>Hämeen vyöhykkeen kallioperä on huonosti paljastunut, moreeni- ja savikerrostumat peittävät laajat alueet. Kallioperän koostumusvaihtelu ja malmikriittiset muodostumat tunnistettiin hankkeen kallioperätutkimuksissa sekä geokemiallisilla ja geofysikaalisilla maastokartoituksilla ja kairaamalla. Tärkeitä menetelmiä olivat myös aiemmista lentomittaus- ja geokemiallisista aineistoista tehdyt mallinnukset ja prospektiivisuusanalyysit. Alueellisilla kartoituksilla voitiin tunnistaa että rajata eri malmityyppien malmipotentialisimmat alueet. Kohteellisia tutkimuksia, muutamien neliökilometrien alueilla, tehtiin havaittujen anomalioiden ja malmigeologisten ideoiden tarkistamiseksi ja malminmuodostusprosessien tunnistamiseksi. Näissä käytettiin edellä mainittujen menetelmien lisäksi syväkairausta, jolla saadaan yhtenäisiä näytesarjoja usein jopa täysin peitteisiltä kohdealueilta.</p> <p>Kohteellisissa tutkimuksissa jatkettiin edellisten hankevaiheiden aikana rajattujen kohdealueiden ja malmiaiheiden selvittelyä ja raportointia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kedonojankulman-Arolanmäen-Liesjärven Cu-Au-systeemi,</li> <li>- Seinäjoen-Ilmajoen-Alajärven Au-tutkimukset,</li> <li>- Kullaan, Pirkkalan, Tampereen vyöhykkeen ja Velkuan kultaesiintymät ja -aiheet.</li> <li>- Kaustisen Li-esiintymien raportointi</li> <li>- Vampulan Fe-Ti-esiintymät</li> </ul>	

Tässä hankevaiheessa paikannettiin Hämeen vyöhykkeellä lisää uusia malmiesiintymiä ja –aiheita, mm.:

- Huittisten Uunimäki (Au),
- Jokioisten Kuuma (Zn-aihe)
- Sukulan (Au-anomalia),
- Urjalan Kokkojoella (W),
- Forssan Lempää (Cu-Ni), sekä
- Hämeen vyöhykkeen länsipäässä Velkua (Au).

Hämeen vyöhykkeellä tunnistettiin useita malminmuodostusprosesseja: orogeeninen kulta, granitoideihin liittyvä Cu-Au ja W, VMS-tyyppinen Zn-Cu ja Li-pegmatiitit. Erityisesti Hämeen vyöhykkeen granitoideihin liittyvä malminmuodostus (mm. Cu, Au, W, Li, La) on poikkeuksellisen monipuolista ja merkittävä koko Suomen kallioperän ja metallogenian mittakaavassa.

Asiasanat (kohde, menetelmät jne.)

Hämeen vyöhyke, malmipotentiali, malmiesiintymä, geokemia, geofysiikka, kallioperä, kartoitus

Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä)

Suomi, Kanta-Häme, Forssa, Huittinen, Humppila, Hämeenlinna, Jokioinen, Kalvola, Loimaa, Tammela, Kedonojankulma, Kuuma, Arolanmäki, Liesjärvi, Puolikkaansuo, Sauhula, Kotka, Särkisuo, Lempää, Satulinmäki, Riukka, Sukula, Kivenkorva, Lumireenhaara, Luhtinmäki, Penikoja, Tourunkulma, Etelä-Pohjanmaa, Seinäjoki, Sikakangas, Pasto, Tiilikallio, Timanttima, Ilmajoki, Välikorpi, Alajärvi, Peurakallio, Keski-Pohjanmaa, Kaustinen, Rapasaaret, Leviäkangas, Syväjärvi, Heikinkangas, Matoneva, Päiväneva, Pirkanmaa, Tampere, Urjala, Kokkojoki, Aitolahti, Säöksjärvi, Eräjärvi, Satakunta, Ulvila, Kullaa, Saarijärvi, Kultakallio, Huittinen, Säskylä, Uunimäki, Riutta, Vähäjoki, Varsinais-Suomi, Somero, Naantali, Velkua

Karttalehdet

L41, L42, L43, L44, M33, M34

Muut tiedot

Arkistosarjan nimi  
**Arkistoraportti**

Arkistotunnus  
**71/2017**

Kokonaissivumäärä  
**160**

Kieli  
**Suomi**

Hinta

Julkisuus  
**Julkinen**

Yksikkö ja vastuualue  
**MIV**

Hanketunnus  
**2551005**

Allekirjoitus/nimen selvennys  
**Markku Tiainen**

Allekirjoitus/nimen selvennys



## Sisällysluettelo

### Kuvailulehti

1	Johdanto	7
1.1	Toimeksianto	7
1.1.1	Tutkimusalue	7
1.2	Taustatiedot	8
1.3	Projektivaiheet	9
1.4	Tutkimusresurssit ja -henkilöstö	9
1.5	Etelä-Suomen malmipotentialihankkeissa tehdyt opinnäytetyöt	11
1.6	Hankkeen toteutus	12
1.6.1	Aineiston keruu, tulkinnat ja mallinnus	13
1.6.2	Raportointi	13
2	Hämeen vyöhykkeen aiemmat tutkimukset	14
2.1	Kallioperäkartoitus	14
2.2	Hämeen vyöhykkeen malmigeologia	15
2.2.1	Hämeen vyöhykkeen malmiesiintymät ja metallogenia	16
2.2.2	Hämeen vyöhykkeen kaivokset	18
2.2.3	Hämeen vyöhykkeen aiemmat malmipotentialitutkimukset	19
3	Hankkeen tutkimukset Hämeen vyöhykkeellä	20
3.1	Kallioperäkartoitus	20
3.1.1	DigiKp-karttatietokannan ja kallioperäkartan päivitys	21
3.1.2	Hämeen vyöhykkeen vulkaniitit	23
3.1.3	Hämeen vyöhykkeen granitoidit	24
3.1.4	Isotooppigeologia	26
3.1.5	Yhteenveto Hämeen vyöhykkeen kallioperägeologiasta	28
3.2	Geofysiikka	29
3.2.1	Geofysiikan mittausten tulokset	31
3.2.2	Hämeen vyöhykkeen alueellinen painovoima ja siihen liittyvä 2D/3D-mallinnus	31
3.2.3	VMS-kriittiset EM-anomaliat	33
	VMS-kohteet geofysiikan aineistoissa	33
3.3	Moreenigeokemia	35
3.3.1	Moreenigeokemian tulokset	38
3.3.2	Alueelliset alkuainekohtaiset tulokset	39
3.3.3	Granitoidialueiden moreenigeokemia	48
3.3.4	Moreenin raskasmineraalitutkimukset	49

	5
Tulokset	50
3.3.5 SOM-analyysi Hämeen vyöhykkeen moreeniaineistosta	51
3.3.6 Iskuporanäytteiden kallionäytteiden geokemia	52
3.3.7 Kalliopinnan topografiamalli	53
3.4 Prospektiivisuus analyysit	55
3.4.1 Au-prospektiivisuusmallinnus	55
3.4.2 Li-pegmatiittien prospektiivisuusmallinnus	55
3.5 Hämeen vyöhykkeen kohteelliset tutkimukset	57
3.5.1 Orogeeninen kulta	59
3.5.2 Arolanmäen granitoidissa ja ympärillä olevat Cu-Au-esiintymät	62
3.5.3 Kalvolan alueen Cu-Au(-REE)-esiintymät (Grönholm)	71
3.5.4 Kokkojoen W-Cu-esiintymä	80
3.5.5 VMS-tyyppiset mineralisaatiot	81
3.5.6 Mafisten-ultramafisten intruusioiden Ni-Cu	85
3.5.7 Mafisten intruusioiden Fe-Ti	90
3.5.8 Li-pegmatiitit	91
4 Hämeen vyöhykkeen malmipotentiali	93
4.1 Hämeen malmipotentialin kartoitus	93
4.1.1 Malmiviitteet	94
4.1.2 Malmityypit	96
4.2 Hämeen vyöhykkeen löytämättömät malmivarat	97
5 Muut malmitutkimuskohteet	98
5.1 Kaustisen litiumtutkimukset	98
5.2 Seinäjoen alueen kultatutkimukset	100
5.3 Alajärven kultatutkimukset	102
5.4 Pirkkalan, Aitolahden (Tampere) ja Eräjärven kultatutkimukset	103
5.5 Kullaan alueen kulta-aiheet	105
5.6 Velkuan tutkimuskohde Naantalissa	107
6 MUUT raportoidut HANKKEEN TUTKIMUKSET	109
6.1 Etelä-Suomen tärkeimpien malmipotentialisten vyöhykkeiden 3D tutkimustarpeet	109
6.2 Suunnitelmat Etelä-Suomen kalkkikivi- ja Hi-Tech-potentialin selvittämiseksi	110
6.3 Menetelmäkehittelyä	110
6.3.1 EM-mallinnusmenetelmien tarkastelu syväjohteiden tulkinnan tarkentamiseksi	110
6.3.2 Hyperspektrianalyysi	111
6.4 Ruralia-yhteistyö	112

7	hankkeen tulokset	114
7.1	Aikaansaannokset	114
7.2	Hämeen vyöhykkeen alueelliset tutkimukset	114
7.3	Uudet malmiesiintymät ja –aiheet	115
7.3.1	Hämeen vyöhykkeen malmiaiheet	116
7.3.2	Muut uudet malmiesiintymät ja -aiheet	116
7.4	Hämeen vyöhykkeen malmipotentiali	117
7.4.1	Jatkotutkimussuositukset	118
7.4.2	Keski- ja Etelä-Pohjanmaan tutkimukset	121
7.4.3	Pirkanmaan migmatiittivyöhykkeen kultakohteet	121
7.4.4	Tampereen vyöhykkeen uudet kulta-aiheet	121
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	122
9	Kirjallisuusviitteet	124
10	Liitteet	135

# 1 JOHDANTO

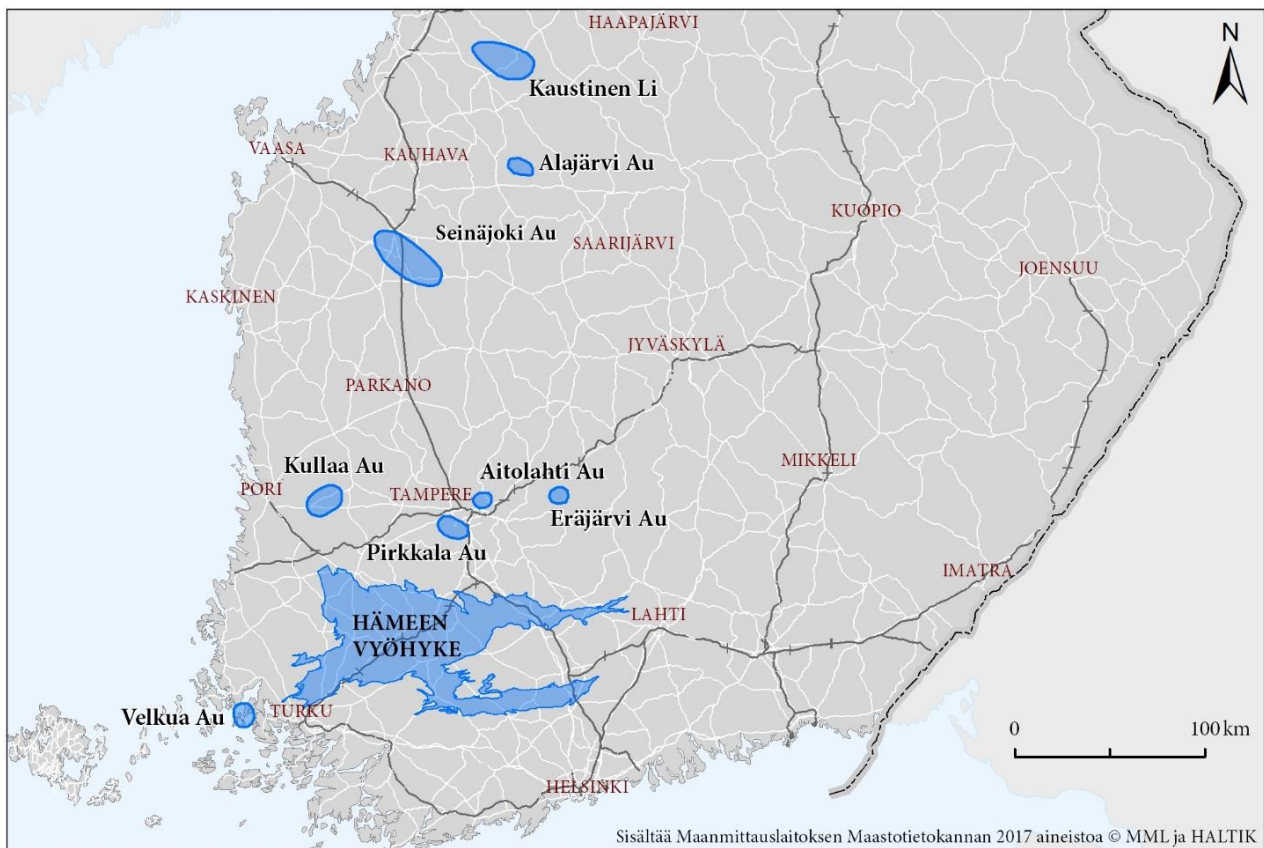
## 1.1 Toimeksianto

Etelä-Suomen teollisuusmineraali- ja malmipotentialihanke (2551005) aloitettiin vuonna 2011 Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) johdon toimeksiannosta aluksi kolmevuotisena vuoteen 2013 ja sen jälkeen vuosittain muokatulla hankesuunnitelmalla vuoteen 2015. Hanke oli jatkoa Etelä-Suomen ja Länsi-Suomen yksiköissä vuosina 2004-2010 toimineille malmi- ja teollisuusmineraalien etsintä- ja malmipotentialihankkeille (ks. kappale 1.3.).

Hankesuunnitelman mukaisesti tämän hankkeen tehtävänä oli saattaa päätökseen edellisissä hankevaiheissa aloitetut kartoitusprojektit ja niihin liittyvät tulokset ja mallinnukset, mm. Hämeen vyöhykkeen kallioperäkartan päivitys, tihennetty alueellinen moreenigeokemiallinen kartoitus ja alueellinen painovoimamittaus. Toinen tehtävä oli raportoida meneillään olevat kohteelliset malmitutkimukset. Hankkeen päätavoitteena oli laatia arvio Hämeen vyöhykkeen malmipotentialista. Hankkeen aikaansaannokset on listattu Liitteessä 1.

### 1.1.1 Tutkimusalue

Hankkeen tutkimukset painottuivat Hämeen monimetallivyöhykkeelle (Kuvat 1 ja 4). Lisäksi raportoitiin loppuun Kaustisen litiumtutkimukset, Etelä-Pohjanmaan kultatutkimukset sekä Pirkkalan-Tampereen alueen, Kullaan, Velkuan ja Eräjärven kulta-aiheiden tutkimukset (Kuva 1).



**Kuva 1.** Hankkeen tutkimusalueiden sijainti.



Etelä-Suomessa malmipotentialitutkimusten painopiste oli Hämeen vyöhykkeellä, jossa arvioitiin alueen kulta-, perusmetalli- ja litiumpotentiaalia. Malmipotentialin arvioinnin perustaksi päivitettiin Hämeen vyöhykkeen geologinen kartta ja tuotettiin uusi tihennetty ns. kohdentava moreenigeokemiallinen data ja aloitettiin Hämeen vyöhykkeen alueellinen painovoimamittaus (APV). Painovoimamittauksen viivästyminen takia dataa ei täysin ehditty hyödyntää hankkeessa.

Keski-Pohjanmaalla raportoitiin valtakunnallisessa teollisuusmineraalivarojen kartoitushankkeessa aloitetut Kaustisen litiumpitoisten pegmatiittien tutkimukset. Vuodesta 2013 lähtien Etelä- ja Keski-Pohjanmaan malmipotentialitutkimukset siirtyivät LSY:n hankkeen vastuulle.

Etelä-Pohjanmaalla jatkettiin ja raportoitiin aiemmissa hankkeissa pääosin toteutettuja kultatutkimuksia, Seinäjoella Sikakangas, Pasto ja Tiilikallio, Ilmajoella Välikorpi ja Alajärvellä Peurakallio.

## 1.2 Taustatiedot

Hämeen vyöhykkeen geotieto oli alueen tutkimusten alkaessa 2000 luvun alussa vanhentunutta. Valtaosa alueen kallioperäkartoista on vuosilta 1949 — 1976, ajalta ennen matalalentogeofysiikkaa. Moreenigeokemian aineisto oli valtakunnallisen moreenigeokemian (ALMR) dataa, jossa havaintopisteverkko on noin 1 näyte/4 km<sup>2</sup>. Alueellista painovoimadataa (APV) ei Kanta-Hämeen alueelta ollut mitattu lainkaan ennen 2000-lukua.

Etelä-Suomen malmipotentialihankkeiden toimesta on vuosina 2009 — 2016 toteutetun kallioperäkartoituksen tuloksena tuotettu uusi päivitetty kallioperäkartta GTK:n DigiKp-kallioperäkarttatieto-kantaan (Sipilä ym. 2011, Sipilä ja Kujala 2014, Mäkitie ym. 2016a, 2016b). Myös FINSTRATI-tietokantaa on päivitetty kallioperäkartan yksikköluokittelun yhteydessä.

Hämeen vyöhykkeen keskiosasta, Ypäjän-Someron-Jokioisten- Humppilan-Forssan-Tammelan-Kalvolan-Hattulan ja Loimaan-Huittisten-Humppilan-Urjalan alueilta noin 180 km<sup>2</sup>:n laajuiselta alueelta, on vuosina 2003-2015 tuotettu uusi tihennetty moreenigeokemian data, näytetiheys noin 4 näytettä/km<sup>2</sup>. (Kärkkäinen ym. 2008, Huhta ym. 2014). Anomaalisilla alueilla on tehty vieläkin tiheämpää moreeninäytteenottoa ja tarkistusprofiileja.

Uusi tihennetty matalalentoaineisto lennettiin malmipotentialin kannalta mielenkiintoisimmilta Forssa-Humppila alueelta (Lohva ja Jokinen 2012). Lisäksi Hämeen vyöhykkeeseen ulottuu osa Vampulan detaljilennosta, yhteensä nämä lentoalueet kattavat 660 km<sup>2</sup>. Vampulan lentoaineistosta osa on yksityisen yrityksen omistuksessa, eikä siten ollut kokonaan hankkeen käytettävissä. Kohteellisten tutkimusten yhteydessä on tuotettu maanpintageofysikaalista dataa, joka on kuvattu tarkemmin kohderaporteissa. Aiemmin aloitettu alueellinen painovoimamittaus (APV) kartoitus jatkui tässä hankkeessa, tavoitteena oli saada mitattua Hämeen vyöhykkeen poikki ulottuva alue mm. Hämeen vyöhykkeen geologista mallinnusta varten. Resurssit eivät kuitenkaan riittäneet APV-tavoitteen toteuttamiseen.

Tässä hankkeessa on hyödynnetty aiemmissa hankevaiheissa kertynyttä alueellista ja kohteellista dataa kokonaisuudessaan, mm. Hämeen vyöhykkeen 3D-mallinnuksessa (Leväniemi ym. 2015) ja Hämeen vyöhykkeen malmipotentialin arvioinnissa (mm. Tiainen ym. 2017b ja tämä raportti). Uutta vielä hyödyntämätöntä tietoa ja dataa on kertynyt runsaasti malmigeologia ja malminetsinnällisiä jatkotutkimuksia varten.

### 1.3 Projektivaiheet

Tämän hankkeen taustalla olivat 2000-luvulla Etelä-Suomen malmipotentialihankkeissa toteutettu tiedonkeruu ja kohteelliset tutkimukset. Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitushankkeessa (hanke 2901003; Kärkkäinen 2007) aloitettiin vuonna 2003 Hämeen vyöhykkeen moreenigeokemiallinen kartoitus, joka jatkui vuoteen 2014. Samaan aikaan aloitettiin myös anomaalisten alueiden kohteelliset maastotutkimukset, jotka jatkuivat vuoteen 2016.

Vuosien 2008-2010 aikana Etelä-Suomen kultamalmipotentialin arvioinnin vetovastuu oli LSY:ssä (hanke 2901014).

Vuosina 2011-2012 LSY:n kultamalmitutkimukset olivat taas mukana tässä hankkeessa (2551005). Vuodesta 2011 lähtien arvioitiin kullin lisäksi myös Hämeen vyöhykkeen perusmetallien potentiaalia.

Teollisuusmineraalien potentiaalinen arviointi tuli osaksi tätä hanketta vuonna 2011, perintönä teollisuusmineraalien ja kriittisten mineraalien kartoitushankkeelta 2008-2010 (hanke 2551007). Vuodesta 2013 lähtien harvinaisten metallien ja teollisuusmineraalien tutkimukset tehtiin Hi-Tech- ja Strategiset-metallit hankkeissa (Sarapää ym. 2013, 2016).

Hankkeesta 2551005 on laadittu väliraportit vuosilta 2011—12 (Kärkkäinen 2012) ja 2013—14 (Tiainen ja Kärkkäinen 2014). Hankkeen raportointi jatkui vuoteen 2017.

### 1.4 Tutkimusresurssit ja -henkilöstö

Hankkeen näytteenotto- ja geofysiikan mittaukset on toteutettu GTK:n tekniset palvelut- ja konsernipalvelu-yksikön toimesta. Geofysiikan reikämittauksia on tilattu Asrocks Oy:ltä. Kemialliset analyysit on tilattu GTK:n ja Labtiumin välisen sopimuksen mukaisesti Labtium Oy:ltä. Mineraalianalyysijä ja isotooppimäärityksiä on tilattu GTK:n tutkimuslaboratoriolta ja GTK Minteciltä.

Alueellinen ja kohteellinen moreeni-näytteenotto tehtiin GTK:n GM50 iskuporakoneella, näytteenottajana tutkimusavustaja Kari Jauhiainen. Timanttikairaus tehtiin pääasiassa GTK:n GM200-kalustolla. Vain yhdessä kohteessa kairattiin tilaustyönä 700 m. Kairauksia on v. 2011-2015 tehty yhteensä 15 067 metriä 15 eri kohteessa (Liite 2).

Kemiallisia analyysijä tehtiin yhteensä 17081 näytteestä (157 tilausta, 0.91M€) (Liite 3). Kairausnäytteitä analysoitiin (11290 näytettä, 576029 €, hinta 51€/kpl) ja moreeninäytteitä (3680 näytettä, 234670€, hinta 64€/kpl), loput olivat palanäytteistä ja petrologisia erikoisnäytteitä. Analyysit teki Labtium Oy ja yleisimmät menetelmät olivat 510P, 515PM, 515U, 705P, 529 U ja 720 PM).

Hankkeessa on toiminut kaikkiaan lähes 30 tutkijaa ja 10 tutkimusassistenttia eri yksiköistä, joista lähes päätoimisesti koko hankkeen ajan noin 5-6 tutkijaa ja 3-5 tutkimusassistenttia. Hankepääällikkönä toimivat v. 2011-2013 Niilo Kärkkäinen ja 2014-2015 Markku Tiainen. Taulukossa 1 on luetteloitu hankkeen keskeisiä tehtäväalueita ja niiden vastuuhenkilöt:

**Taulukko 1.** Hankkeen tutkimusaiheet ja vastuuhenkilöt

---

#### Malmigeologia:

Alueellinen ja kohteellinen malmigeologia: Niilo Kärkkäinen, Markku Tiainen, Sari Grönholm, Kari Kojonen, Timo Ahtola, Jorma Isomaa, Janne Kuusela

Malmimineralogiset tutkimukset: Kari Kojonen, Thair Al-Ani

Malmigeologinen tutkimusyhteistyö: Ferenc Molnar, Sayab Muhammad, mineraloginen laboratorio

**Kallioperäkartoitus ja -tutkimus:**

DigiKp:n päivitys: Pekka Sipilä, GIS-vastuuhenkilönä Hannu Kujala

Vulkaniittien luokittelu: Pekka Sipilä

Granitoidien luokittelu: Hannu Mäkitie, Matti Kurhila

Isotooppigeologia: Hannu Huhma, Matti Kurhila

Kartografia: Kirsti Keskiäsaari

**Moreenigeokemia ja raskasmineraalit:**

Näytteenoton suunnittelu ja toteutus: Pekka Huhta, Erkki Herola, Janne Tranberg

Tulosten tulkinta: Pekka Huhta, Niilo Kärkkäinen, Markku Tiainen

**Geofysiikka:**

Mittausten koordinointi: Hanna Leväniemi

Alueelliset tulkinnat: Hanna Leväniemi, Suvi Heinonen

Kohteelliset tulkinnat: Hanna Leväniemi, Tuire Valjus, Taija Huotari-Halkosaari

Magneettisten rakenteiden tutkimukset: Satu Mertanen, Fredrik Karell

Petrofysiikan mittaukset: Satu Vuoriainen

**Teollisuusmineraalit ja Hi-tech –mineraalit**

Kovelan monatsiitti, Kotkajärven REE: Sari Grönholm, Thair Al-Ani

RE-pegmatiitit: Timo Ahtola, Janne Kuusela, Thair Al-Ani

**Prospektiivisyysanalyysit:**

VMS-malmityyppi: Hanna Leväniemi, Fredrik Karell

Li-pegmatiitit: Hanna Leväniemi, Timo Ahtola

Au-malmi: Hanna Leväniemi, Helena Hulkki

**Kohteelliset tutkimukset:** ks Taulukko 4**Maastotutkimukset ja yhteistyö maanomistajien kanssa:**

Paikannus, kairausten valvonta, luvat: Jukka Kaunismäki, Kalevi Karttunen

Iskuporaus valvonta, luvat: Erkki Herola

Kemian analyysit: Juha Vuohelainen

**Muut tutkimukset:**

Malmien 3D-mallinnukset: Esko Koistinen, Mira Markovaara-Koivisto, Kai Nyman

Malminmuodostusprosessi: Ferenc Molnar

Muuttumisten hyperspektrianalyysi: Hilikka Arkimaa, Viljo Kuosmanen, Markku Tiainen

Kultarakeiden  $\mu$ -tomografiatutkimus ja rakennekontrolli: Sayab Mohammad

Muuttumisvyöhykkeet: Niilo Kärkkäinen, Markku Tiainen

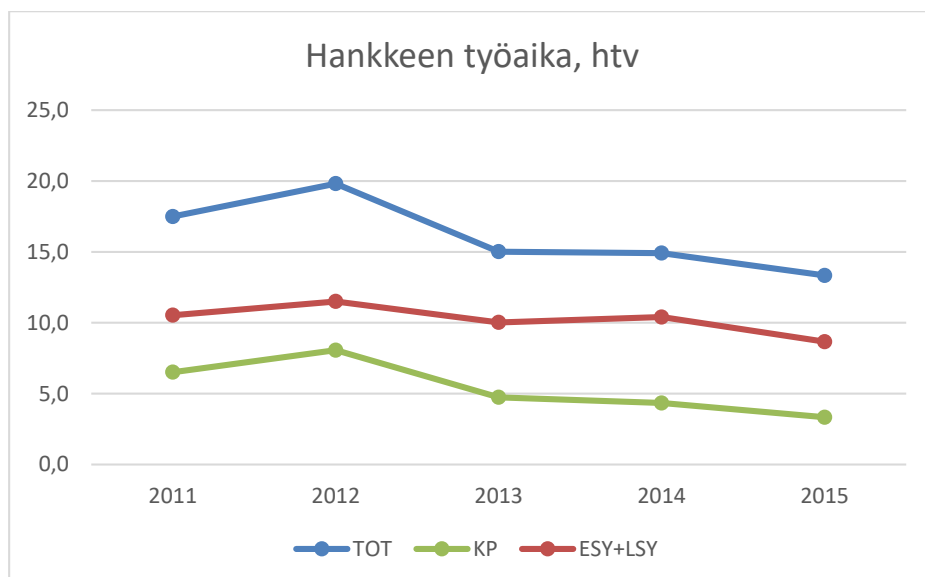
Hämeen malmiviitteet: Niilo Kärkkäinen

Pirkkalan kultaesiintymät, malmimineralogia, Antti Kuikka (TR 212)

Hämeen vyöhykkeen löytämättömät malmivarannot: Kalevi Rasilainen, Pasi Eilu

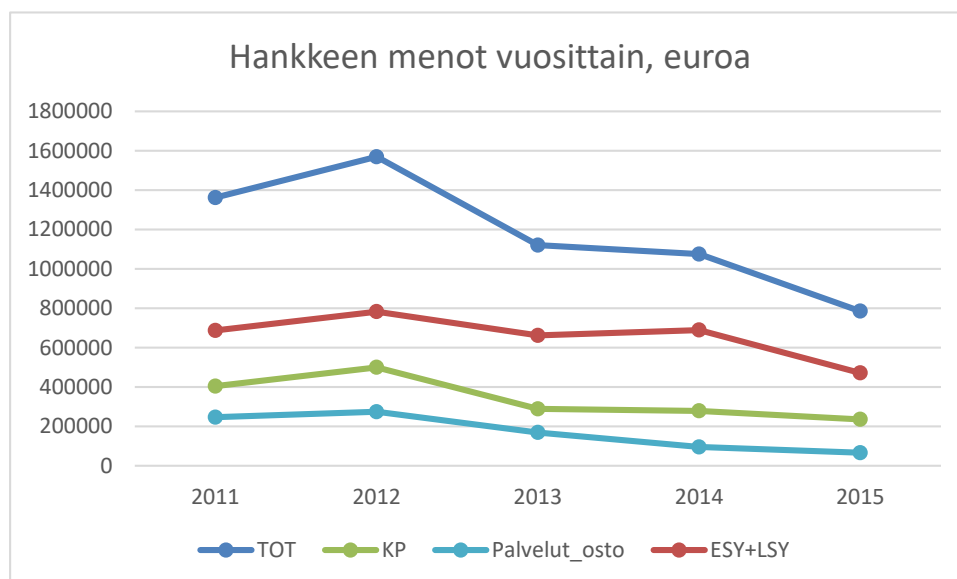
Ruralia-yhteistyö: Markku Tiainen, Niilo Kärkkäinen, Timo Ahtola

Hankkeelle kirjattiin työaika vuosina 2011-2015 yhteensä noin 81 htv, josta ESY 48 htv, LSY 3 htv ja KP 27 htv. Vuosittainen vaihtelu on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 2.** Hankkeen työajan jakauma vuosittain 2011-2015.

Hankkeen nettomenot vuosina 2011-2015 olivat 5,9 M€, josta ESY 3,1 M€, LSY 0,2 M€, KP 1,7 M€ ja palvelujen osto 0,9 M€. Vuosittainen menojen vaihetu on esitetty kuvassa 3.



**Kuva 3.** Hankkeen vuosittainen menojen jakauma vuosina 2011-2015.

## 1.5 Etelä-Suomen malmipotentialihankkeissa tehdyt opinnäytetyöt

Etelä-Suomen malmipotentialihankkeiden puitteissa valmistui 2000-luvulla yhteensä kymmenen pro gradua, joista kolme valmistui tämän hankkeen aikana (taulukko 2). Opinnäytteet painottuivat tutkimuskohteina olleiden malmiaiheiden malmimineralogiaan.

**Taulukko 2.** Etelä-Suomen malmipotentialihankkeissa tehdyt opinnäytteet.

<b>Etelä-Suomen malmipotentialihankkeiden puitteissa tehdyt opinnäytteet</b>			<b>Hanke</b>
Someron Satulinäen Au-esiintymän geologia, geokemia ja mineralogia.	Pro gradu, OY	Perälä, A. 2003	2901003
Beskrivning av en guldmineralisering i Kultanummi, Halikko SV-Finland.	Pro gradu, ÅA	Wiik, J. 2004	2901003
Huittisen Ritakallion kultaesiintymän petrografia, malmimineralogia ja geokemia ja sen ympäristön geologia.	Pro gradu, OY	Lahtinen, H. 2004	2901003
Forssan-Jokioisten Latovainion alueen kultamalmipotentiali kallioperäkartoituksen ja geokemian perusteella.	Pro gradu, HY	Heino, P. 2006	2901003
Tammelan Riukan Au-mineralisaatio.	Pro gradu, HY	Etelämäki, T. 2007	2901003
Huittisten Palokallion petrografia, malmimineralogia ja geokemia.	Pro gradu, HY	Voipio, T. 2008	2901003
Seinäjoen Sikakankaan kultaesiintymän mineralogia	Pro gradu, HY	Lahtinen, E. 2011	2551005
Gold in quartz-tourmaline vein in Lepomäki, Southern Finland.	Pro gradu, OY	Niemelä, J. 2012	2901003
Lempäälän Kalliojärven ja Pirkkalan Anian sekä Erkkilän Au-esiintymien malmimineralogia	Pro gradu, HY	Kuikka, A. 2013	2551005
Jokioisten Kedonojankulman Cu-Au-esiintymän fluidisulkeumatutkimukset	Pro gradu, HY	Klami, J. 2013	2551005

## 1.6 Hankkeen toteutus

Hankkeen toiminta painottui alueellisen malmipotentialin arvioinnin ja siihen liittyvän tiedonkeruun osalta Hämeen vyöhykkeelle. Käytettävissä oli aiempien hankevaiheiden aikana kerätty vanha havaintoaineisto ja uusi 2000-luvulla tuotettu aineisto. Tässä hankkeessa viimeisteltiin ja raportoitiiin aiemmin aloitettuja alueellisia ja kohteellisia tutkimuksia. Arvioitiin myös joitakin aivan uusia kohteita, mm. Uunimäen Au-aihe, Liesjärven alueen Cu-Au-aiheet. Loppuvaiheessa pääpaino oli tulosten raportoinnissa ja datan talleennuksessa.

Alueelliset kallioperä- ja moreenikartoitukset on raportoitu ja data on tallennettu/tallennettavana tietokantoihin. Samoin geofysikaalisten mittausten data on tallennettu tietokantoihin. Alueellisten tutkimusten tuloksista on kirjoitettu useita tulkintaraportteja. Tuloksista on tiivistelmä hankkeen tuloksia käsittelevissä kappaleissa.

Hämeen vyöhykkeeltä raportoitiiin alueellisten tutkimusten lisäksi useita malmitutkimuskohteita, mm. Uunimäen Au-aihe, Kedonojankulman, Arolanmäen ja Liesjärven Cu-Au-aiheet ja esiintymät, Susikkaan Au-Cu-aihe, Kotkan ja Pirttikosken Cu-Au-esiintymät osittain (tutkimukset jatkuivat), Lempään Ni-Cu-aihe ja Särkisuo Ni-Cu-esiintymä sekä Kuumen Zn-aihe. Lisäksi raportoitiiin VMS-tyyppisten geofysiikan anomalioiden maastotarkastukset: Kalsu, Kaakkosuo ja Mustikkavuori.

Hankejakson alussa, vuosina 2011—2012, jatkettiin ja raportoitiiin edellisen hankkeen aikana aloitettuja tutkimuksia Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla, mm. Kautisen Li sekä Seinäjoen, Ilmajoen ja Alajärven Au-aiheet.

Lisäksi raportoitiin jo aiemmin aloitettuja yksittäisten malminetsintäkohteiden tutkimuksia Etelä-Suomen alueella: Naantalin Velkuan kulta-aiheen tutkimukset, Kullaan kulta-aiheiden tutkimukset, Eräjärven kulta-aiheen tutkimukset, Pirkkalan kulta-aiheiden mineralogiset tutkimukset ja 1990-luvulla toteutetut Vampulan alueen Fe-Ti-tutkimukset.

### 1.6.1 Aineiston keruu, tulkinnat ja mallinnus

Hämeen vyöhykkeen maastotutkimukset tässä hankkeessa käsittivät:

- malmigeologisia ja kallioperägeologisia kartoituksia koko tutkimusalueella,
- alueellista ja kohteellisia moreenigeokemiallisia kartoituksia painottuen vyöhykkeen itäosaan,
- alueellista (APV) painovoimamittausta,
- kohteellisia geofysiikan maastomittauksia
- syväkairauksia
- petrofysikaalisia mittauksia

Laboratoriotutkimukset käsittivät

- kemian analyysejä moreeni-, pala- ja kairasydännäytteistä,
- petrograafisia ja petrologisia optisia tutkimuksia
- mineralogisia tutkimuksia (optisia, SEM-EDS- ja mikroanalyysimenetelmällä)

Alueelliset ja kohteelliset tulkinnat

- kallioperäkartat ja geologinen tulkinta/mallinnus
- aerogeofysiikan tulkintoja
- moreenigeokemian aineiston analysointi ja tulkinta
- prospektiivisuusmallinnus
- Hämeen vyöhykkeen rakennetulkinta 2D/3D
- kallionpinnan topografian ja maapeitteen paksuuden mallinnus
- 3D-mallinnuksia kohteellisissa tutkimuksissa
- Yhteenveto Hämeen vyöhykkeen malmipotentialista

Hankkeen lopuksi tehtiin yhteenveto Hämeen vyöhykkeen malmipotentialista ja malmimuodostusprosesseista, erityisesti orogeenisen kullan, granitoideihin liittyvien kupari-kultaesiintymien, VMS-tyypin perusmetallien, gabrojen nikkeli-kupariesiintymien ja litiumpegmatiittien osalta.

Alueellisten ja kohteellisten tutkimusten lopputuloksena voitiin rajata eri malmityyppien potentiaalisimmat etsintäalueet sekä paikannettiin useita ennestään tuntemattomia malmiesiintymiä ja malminetsintäkohteita.

### 1.6.2 Raportointi

Hankkeen tutkimukset raportointiin yksityiskohtaisesti GTK:n arkistoraporttisarjassa (Liite 1). Hankkeen aikana tuloksia esiteltiin kotimaisissa ja kansainvälisissä kokouksissa ja konferensseissa. Tutkimusten tulokset on esitetty lopuksi tiivistetysti malmipotentialin kartoituksen (MAPO) käsikirjan ohjeistusta mukailien hankkeen loppuraportissa (tämä raportti).

Havaintotiedot on tallennettu GTK:n tietokantaan. DigiKp-karttatietokanta on päivitetty hankkeen tuottaman projektikartan tiedoilla.

Uudet malmiesiintymät ja aiheet on tallennettu GTK:n Metso-tietokantaan.

## 2 HÄMEEN VYÖHYKKEEN AIEMMAT TUTKIMUKSET

### 2.1 Kallioperäkartoitus

Hämeen vyöhykkeen kallioperäkartoitus oli tehty pääosin 1940-50 -luvulla (Taulukko 3). Myöhemmin Hämeen vyöhykkeen kallioperää on kartoitettu GTK:n temaattisten hankkeiden yhteydessä (Hannu Idmanin Hämeen vulkaniittien kartoitus), Turun yliopiston sinkkiprojektin yhteydessä (Papunen 1990) ja malmiyhtiöiden (OKU ja RR) detaljikartoituksissa malminetsinnän yhteydessä.

Hämeen vyöhykkeeltä on julkaistu lukuisia opinnäytetöitä ja erillistutkimuksia, jotka ovat syventäneet käsitystä Hämeen vyöhykkeen kallioperän kehityksestä ja malmigeologiasta (mm. Simonen 1948, Saarnio 1976, Lindroos 1980, Mäkelä 1980a, Mäkelä 1989, Hakkarainen 1989, 1994, Ruskeeniemi 1991, Luukkonen 1994, Lahtinen 1996, Raitala 1997, Vuori 1999, Perälä 2003, Lahtinen 2005, Heino 2006, Etelämäki 2007, Voipio 2008, Klami 2013).

**Taulukko 3.** Aiempia kallioperä- ja malmigeologisia tutkimuksia Hämeen vyöhykkeeltä.

Tutkimusteema	Aiemmat tutkimukset, ennen 2000	ESY:n malmipotentiali hankeet 2000-2010
<b>Hämeen vyöhykkeen kallioperä</b>		
Kallioperäkartoitus	Simonen, 1948, 1949a, 1949b, 1955, 1956 Neuvonen, 1954, 1956	Nironen 2006, Sipilä 2006, Heino 2006
Hämeen vulkaniitit	Saarnio 1976, Lindroos, A. 1980, Hakkarainen 1989, 1994	
Hämeen vyöhykkeen geotektoninen asema	Lahtinen, 1994, 1996	
Hyvinkään gabro	Raitala 1997, Vuori 1999	
<b>Malmigeologia, Hämeen vyöhyke</b>		
Sinkki-malmit (VMS)	Mäkelä, K. 1980, Mäkelä U. 1989, Papunen (ed.) 1990	
Hämeen vyöhykkeen malmigeologiasta	Tiainen ja Viita 1994	Kärkkäinen 2007
Hydrotermiset muuttumiset	Ruskeeniemi, T. 1991	
Jokisivun alue, Jokisivu, Ritakallio, Palokallio, Uunimäki	Luukkonen ym. 1992, Luukkonen 1994 Grönholm 2006	Lahtinen, H. 2004, Vuori ym, 2005, Voipio, 2008

Satulinmäen alue, Satulinmäki, Riukka, Kivenkorva, Rehula, Letku	Haga 1984	Ojala 2003, Perälä 2003, Etelämäki 2007, Kärkkäinen ym. 2006, Kärkkäinen & Hakala 2006, Kärkkäinen & Koistinen 2006, Koistinen & Kärkkäinen 2006, 2007, Kärkkäinen ym. 2007, Kärkkäinen & Koistinen 2010, Saalman ym. 2009, 2010
Liesjärvi-Susikas, Cu-Au	Kokkola 1990	
Kedonojankulma, Cu-Au		Tiainen ym. 2008, Koistinen & Tiainen 2011
Pirttikoski-Kotka Cu-Au-REE	Kinnunen 1987a, 1990, Lindmark 1996	
Forssan gabron Ni-Cu	Huopaniemi 1978	
Halikko Au		Wiik 2004, Grönholm & Kärkkäinen 2006
<b>Litium-pegmatiitit</b>	Nordenskiöld 1853, Mäkinen 1913, 1916, Alviola, 1993a, 1993b, 2003	
<b>Moreenigeokemia ja kalliogeokemia</b>	Lahtinen ja Lestinen 1996, Lestinen ym. 1996 Lahtinen 1996 Rasilainen ym. 2007, 2008	Kärkkäinen ym. 2008

## 2.2 Hämeen vyöhykkeen malmigeologia

Hämeen vyöhykkeen malmigeologiasta on julkaistu yhteenveto Suomen malmigeologiaa ja metallogeniaa käsittelevissä julkaisuissa (mm. Eilu 2012 ja Rasilainen 2016). Yksityiskohtaisemmin Hämeen vyöhykkeen malmigeologiaa ja esiintymiä on kuvattu mm. GTK:n Special Paper 52:ssa (Grönholm ja Kärkkäinen, 2012), GTK:n tutkimusraportti 229:ssä (Tiainen ym. 2017b) sekä erillisissä artikkeleissa ja julkaisuissa mm. Mäkelä (1980a), Mäkelä (1989), Saalman ym. (2009, 2010). Merkittävä osa Hämeen vyöhykkeen malmigeologisesta tutkimuksesta liittyy malminetsintään ja on raportoitu GTK:n, Outokumpu Oy:n ja Rautaruukki Oy:n arkistoraporteissa. Alueelta tunnetaan runsaasti perusmetalli-, kulta-, volframi-, LCT-pegmatiitti ja kalkkikivi-esiintymiä ja -viitteitä (Kärkkäinen 2015).

Hämeen vyöhyke tunnetaan historiallisesti monimetalli- ja teollisuusmineraalivyöhykkeenä (Nordenskiöld 1853, Mäkinen 1916, Aurola 1963, Puustinen ym. 2000, Saltikoff ym. 2000, 2002, 2006, Eilu ym. 2009, 2012, Eilu 2012, Grönholm ja Kärkkäinen 2012).

1970-1980-luvulla malminetsintä Hämeen vyöhykkeellä kohdistui Zn-Cu ja W-esiintymiin. 1990-luvulta lähtien Hämeen vyöhykkeen malminetsinnän painopiste on ollut kullan etsinnässä. Kohteellista malminetsintää Hämeessä tekivät Outokumpu Oy, Rautaruukki Oy:n ja Suomen malmikaivos Oy. VMS-tyypin sinkkiesiintymiä tutkittiin OKU:n malminetsinnän yhteydessä ja Turun yliopiston sinkkiprojektissa (Mäkelä 1980a, Mäkelä 1989, Papunen 1990). Paikannetut Zn-Cu-esiintymät ovat pieniä. Tupalan



sinkkiesiintymän on arvioitu sisältävän 0,76 Mt @ 3,86 % Zn, 0,71 % Pb (Mäkelä, 1983). Kiipu (Zn), Leteensuu (Zn-Cu) ja Katumajärvi (Zn) ovat malmiesiintymiä/malmiaiheita, joista on kairattu malmilävistys, mutta ei varantoarviota (Mäkelä 1980b, Kinnunen 1987b).

Hämeen vyöhykkeeltä on löydetty 1980-90 luvuilla kolme granitoideihin liittyvää kupariesiintymää, Kotkan Cu-REE-esiintymä (Kinnunen 1987a,1990), Pirttikosken Cu-Co-Au-esiintymä (Lindmark 1996) ja Liesjärven Au-Cu-malmiaihe (Kokkola 1990). Kaikissa tapauksissa malmimineralisaatio on granitoidin ja vulkaniitin kontaktin läheisyydessä, isäntäkivenä on joko granitoidi tai vulkaniitti. Esiintymistä on malmiluokan kairauslävistys, mutta ei riittävästi tietoa malmiarviota varten.

Hämeen vyöhykkeen merkittävin kultaesiintymä on Huittisten Jokisivun kultaesiintymä, joka löydettiin kansannäytteestä käynnistyneen malminetsinnän jälkeen vuonna 1985. Kaivos avattiin vuonna 2009 ja se on tuottanut vuoteen 2015 mennessä kultaa 2,07 tonnia. Esiintymän malmivarannoksi on arvioitu vuoden 2016 raportoinnin mukaan 11,58 tonnia kultaa, josta hyödynnettäviä malmivaroja on 9,51 t (GTK:n Metso-tietokanta 8.5.2017).

Tammelan-Someron alueella on historiallisesti tunnettu RE-pegmatiittiprovinssi, josta on louhittu aiemmin kvartsia ja kalimaasälpää tarvittiin lasi- ja keraamisen teollisuuden tarpeisiin. Pegmatiittijuonten mineralogia vaihtelee, Hirvikalliolla on petaliittiesiintymä, Kietyönmäellä ja Penikojan pegmatiiteissa on kairattu spodumeenimineralisaatio, Luolamäen pegmatiittijuonessa on havaittu cesium-mineraali pollusiittia ja myös useissa muissa pegmatiiteissa on havaittu Li-, Be ja Ta-Nb-mineraaleja. Nykyisin aluetta tutkitaan erityisesti litiumin takia (Alviola 1989, 2003, Ahtola, 2012). Hämeen vyöhykkeen itäosassa Kanajärven alueella, Rautaruukki Oy on geokemian ja raskasmineraalitutkimusten perusteella arvioinut olevan kassiteriittia (Sn) sisältäviä kompleksipegmatiitteja (Peuraniemi 1990).

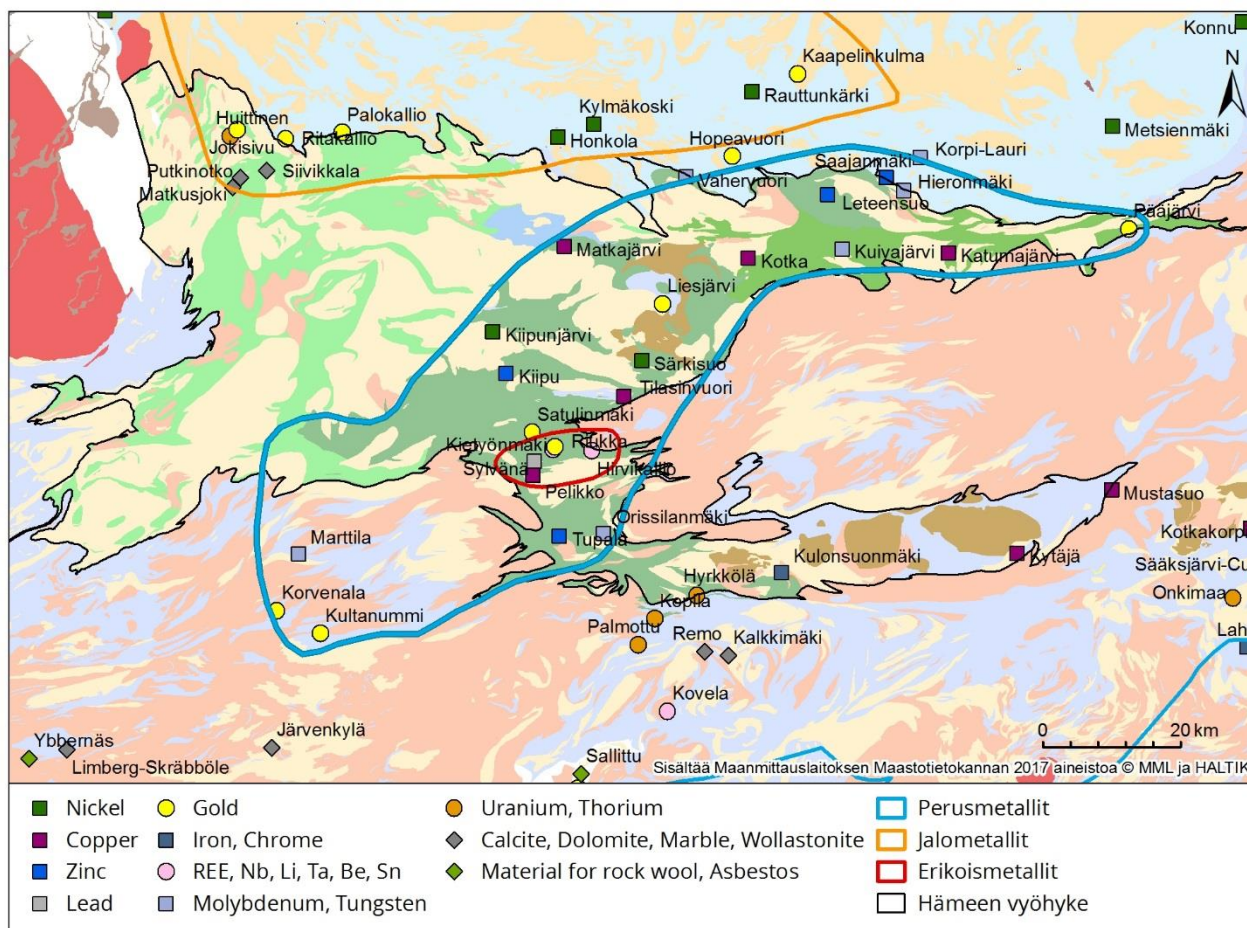
Vampulassa Hämeen vyöhykkeen luoteisosassa on kalkkikiviesiintymäklusteri, jossa toimii Nordkalk yhtiön kolme karbonaattikivikaivosta ja kalkkikiven tuotantolaitos (<http://www.nordkalk.fi/yhteystiedot/toimipaikat/Suomi/Vampula/>). Pieniä kalkkikiviesiintymiä on historian kulussa hyödynnetty myös mm. Ypäjällä ja Urjalassa.

### 2.2.1 Hämeen vyöhykkeen malmiesiintymät ja metallogenia

Hämeen vyöhykkeen malmiesiintymät sijaitsevat kolmella metallogeenisella alueella (Kuva 4; Eilu ym. 2012). Valtaosa tunnetuista Hämeen vyöhykkeen malmiesiintymistä sijoittuu ns. perusmetallivyöhykkeelle (Häme Au, Zn-Cu), joka vastaa kallioperäkartalla Forssa ja Renkajärvi-seurueiden aluetta.

Hämeen metallogeeniset alueet (Eilu 2012):

- Häme Au, Zn-Cu. Alue sisältää pääosan Hämeen vulkaanisiin seurueisiin liittyvistä Zn-Cu-esiintymistä, Satulinmäen alueen orogeeniset Au-esiintymät, granitoideihin liittyvät Cu-Au-esiintymät, Forssan gabron Ni-Cu-aiheet ja erilaiset W-aiheet
- Someron – Tammelan erikoismetallivyöhyke; Li-pegmatiitit
- Pirkkalan kultamalmivyöhyke, Au-esiintymät ja –aiheet.



**Kuva 4.** Hämeen vyöhykkeen kaivokset, malmiesiintymät (Metso 2017) ja metallogeniset vyöhykkeet (Eilu 2012).

#### Hämeen Au, Zn-Cu –alueen aiemmin tunnetut malmiesiintymät:

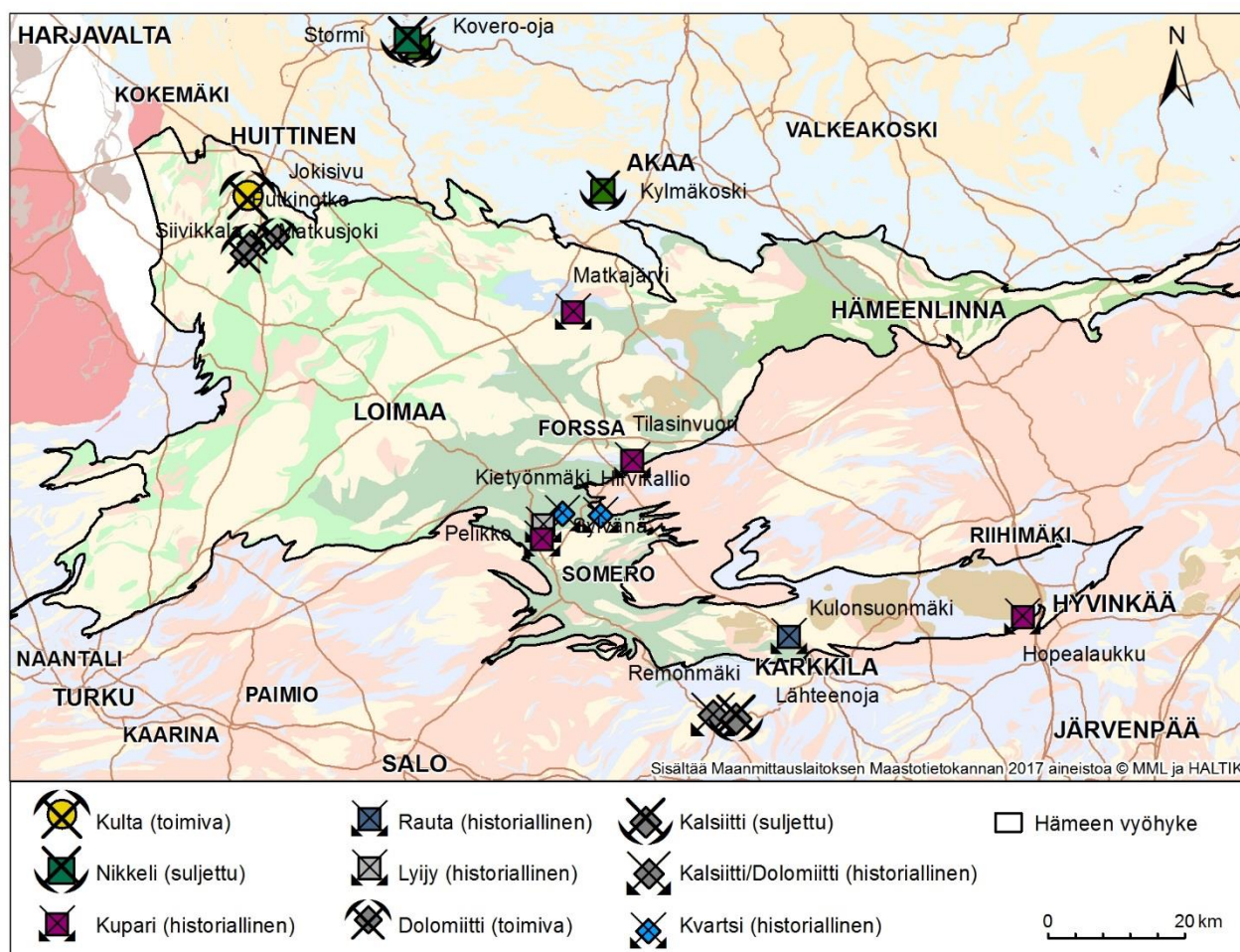
- Au-esiintymät ja –malmiaiheet: Jokioinen (Luukkonen 1994, Grönholm 2006), Ritakallio (Vuori ym. 2005), Satulinmäki (Haga 1984, Kärkkäinen ym. 2006), Riukka (Kärkkäinen ym. 2007)
- Porfyryityypiset ja muut granitoideihin liittyvät Cu-Au-esiintymät: Kedonojankulma (Tiainen ym. 2008, 2012), Liesjärven alueen Cu-Au-esiintymät (Kokkola 1990, 1994), Kotkajärven (Kinnunen 1987a, 1990) ja Pirttikosken Cu-esiintymät (Lindmark 1996)
- VMS-tyyppiset Zn-Pb-Cu-esiintymät: Tupala (Mäkelä 1983, 1989), Kiipu (Mäkelä 1980a), Leteensuu (Mäkelä 1980b), Katumajärvi (Kinnunen 1987b)
- Intrusiiviset Ni-Cu-esiintymät: Särkisuo (Huopaniemi 1978)
- Karsityypiset volframiesiintymät: Hieronmäki (Kinnunen 1988a, 1988b) ja Tömäjärvi (Kinnunen 1987c)
- Lisäksi alueelta tunnetaan lukuisia pienempiä ja vähemmän tutkittuja perusmetalli ja kultamalmiesiintymiä ja –aiheita (ks. GTK:n Malmiesiintymätietokanta).

#### Somero Li:

- Someron-Tammelan Li-pegmatiitit, mm. Hirvikallio (Saikkonen 1981, Alviola 1989) ja Kietyönmäki (Alviola 1993a, 1993b). Alueelta tunnetaan kaikkiaan noin 60 RE-pegmatiittia (Alviola 2003, Ahtola 2012)

Geotektonisesti Hämeen vyöhykkeen perusmetallien malminmuodostus, VMS- ja porfyryrityyppi sekä osa W-malmiaiheista liittyvät 1.89-1.88 Ga ikäiseen kaarimagmaatismiin (Mäkelä 1980a, Mäkelä 1989, Lahtinen 1994, Lahtinen ja Lestinen 1996, Tiainen ym. 2011, 2013a, 2013b, 2013c). Jokisivun ja Satulinmäen tyyppisten orogeenisten kultamalmin on tulkittu liittyvän Svekofenniidisen orogeenian jälkeen (1.82-1.78 Ga) tapahtuneeseen manner-manner törmäykseen (Saalman et al. 2010, Lahtinen, 2012, Eilu 2015). Se aiheutti Hämeen ja osittain myös Pirkanmaan vyöhykkeen orogeenisen tyyppin Au-malmeja kontrolloivat NW-SE suuntaiset siirros/hiertovyöhykkeet. Kolmas merkittävä tapahtuma on 1.79 Ga ikäinen post-orogeeninen graniittimagmaatismi, johon liittyvät Tammela-Somero alueen LCT-pegmatiittien Li-Be-Ta-esiintymät (Alviola 1989, 2003, Ahtola 2012).

## 2.2.2 Hämeen vyöhykkeen kaivokset



**Kuva 5.** Hämeen vyöhykkeen malmiesiintymät GTK:n malmiesiintymätietokannan (2016) mukaan.

Hämeen vyöhykkeellä on ollut kaivostoimintaa 1500-luvulta lähtien (Kuva 5). Alueella on ollut seitsemän pientä historiallista kaivosta 1500-1900 luvulla, Matkajärven ja Tilasinvuoren kuparikaivokset, Pelikon ja Hopeavuoren (Sylvänä) Cu-Pb-kaivokset sekä Hirvikallion, Penikojan ja Kietyönmäen kvartsi- ja maasälpä -kaivokset (Mäkinen 1916, Aurola, 1954, Puustinen, 2003). Nykyisin toiminnassa on neljä kaivosta: Jokisivun Au-kaivos ja Vampulan kalkkivikaivokset Matkusjoki, Putkinotko ja Siivikkala.

### 2.2.3 Hämeen vyöhykkeen aiemmat malmipotentialitutkimukset

Hämeen vyöhykkeen malmipotentialiaa on aiemmin arvioitu 1990-luvulla, mm. GTK:n alueellisen moreenigeokemiallisen aineiston (ALMR) ja kalliogeokemian projektien perusteella sekä alueen malmiennustekartoitusprojektissa (Tiainen ja Viita 1994, Lahtinen ja Lestinen 1996). 2000-luvulla GTK on selvittänyt Hämeen vyöhykkeen malmipotentialiaa useammassa peräkkäisessä hankkeessa, vuosina 1998-2002 hankkeessa Etelä- ja Länsi-Suomen kaarikompleksi, kullan ja nikkelin etsintä vuosina 1998-2002 (Hanke 2108000; Kärkkäinen ym. 2003), vuosina 2002 — 2007 Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitushankkeessa (Hanke 2901003; Kärkkäinen 2007) ja vuosina 2008-2010 LSY:n vetämässä malmipotentialin kartoitushankkeessa (2901014). Vuonna 2003 aloitettiin Hämeen vyöhykkeeseen painottuva malmipotentialin kartoitusprojekti, johon liittyi myös alueellista uuden tiedon keruuta. Tutkimukset aloitettiin uuden kallioperägeologisen, tihennetyn moreenigeokemiallisen (4 näytettä/km<sup>2</sup>) ja geofysikaalisen datan (APV ja tihennyslento) keruulla. Samaan aikaan tehtiin myös alueen malmigeologista kartoitusta. Maastotutkimukset tutkimukset kohdennettiin moreenigeokemian ja uusien malmiviitteiden perusteella potentiaalisimpiin kohteisiin, tavoitteena kohteen malmipotentialin arviointi, malmityypin ja malminmuodostusprosessien tunnistaminen.

#### Tulokset

Kanta-Hämeen ensimmäinen malmiennustekartoitus 1990-luvulla (Tiainen ja Viita 1994) perustui valtakunnallisen moreenigeokemian, aerogeofysiikan 1:100 000 mittakaavan kallioperäkarttadatan analysointiin ja integrointiin. Silloin lupaavimpina malmityypeinä pidettiin 1) Hämeen vyöhykkeen eteläosan vulkaniittialueilla Tupalan tyyppisiä Zn-esiintymiä, 2) Hämeenlinnan länsipuolisella vulkaniittialueella Au-pitoisia Cu(-Zn) esiintymiä ja 3) vulkaniitteja leikkaavien synorogeenisten granitoidi-intruusioiden ympäristössä Cu-pitoisia turmaliinibreksioita (porfyry-Cu tyyppi) Esimerkiksi Aulangon ja Onkimaan granodioriitit arvioitiin malmikriittisiksi ja Kedonojankulman Cu-anomalia tunnistettiin moreenigeokemiasta. Myös W, Mo ja Sn kuuluvat potentiaaliin malmityyppeihin Hämeessä.

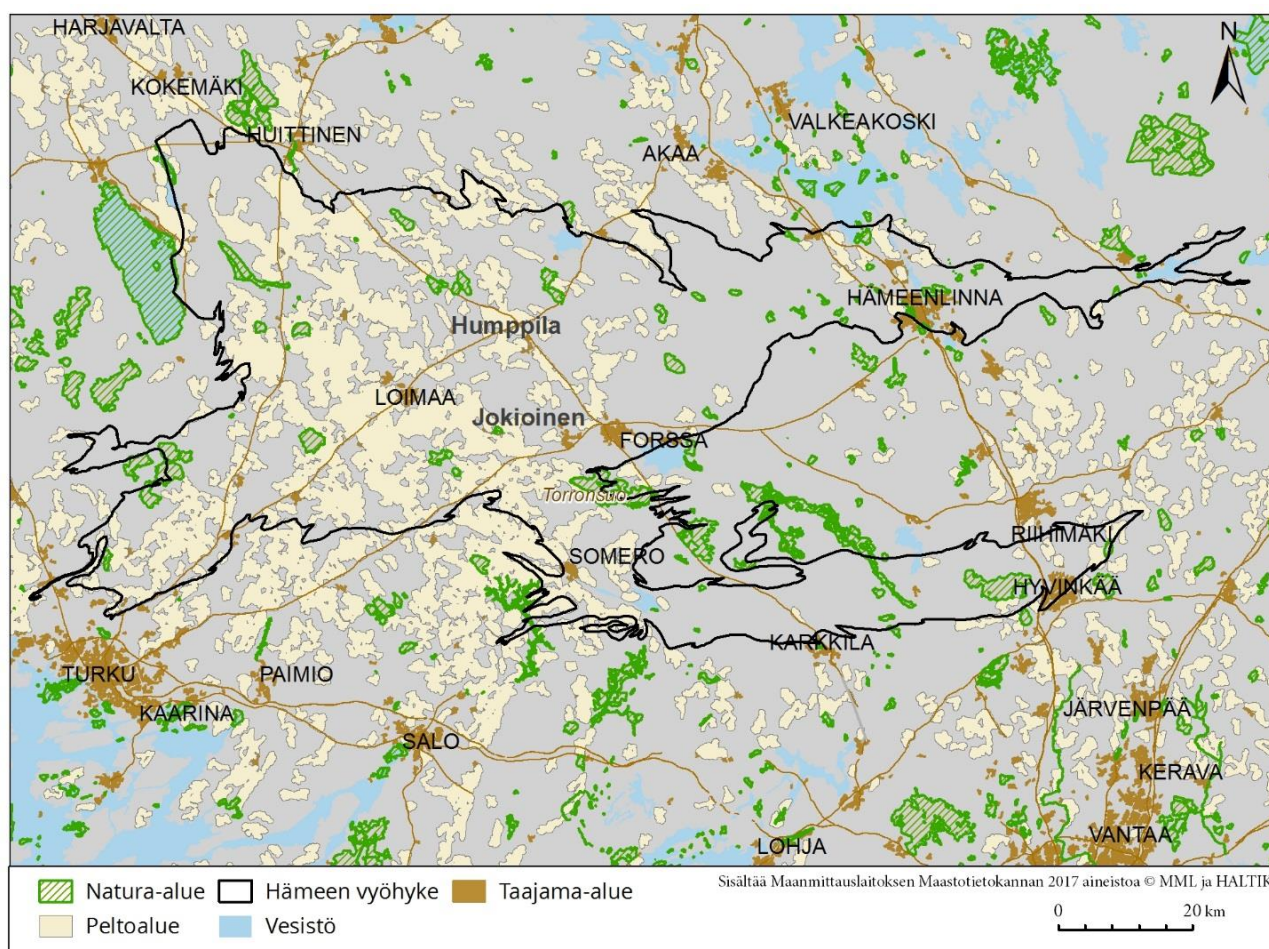
Kalliogeokemian näytteiden analyysissä todettiin Hämeen vyöhykkeen malmipotentialin kannalta kiinnostavat Cu(-Au)-, Au-Te- ja Li-anomaaliset näyteryhmät (Lahtinen ja Lestinen, 1996). Mielenkiintoinen Cu-Mo-Sb-Au-Te-As-anomalia havaittiin intermediäarisissä vulkaniiteissa Arolanmäen ja Koijärven granitoidien pohjoispuolella. Muutkin Cu(-Au)-anomaliat ovat pääasiassa vulkaniiteissa. Kalliogeokemian Li-anomaliat muodostavat kaksi selkeää anomaliakeskittymää: 1) mikroliinigraniittien ja Hämeen vyöhykkeen vulkaniittien kontaktivyöhyke, jossa on useita anomaliaita Hämeenlinnan länsipuolelta ja Tammela-Someron raja-alueelle sekä 2) anomalia Humppilan NW-puolella (Lahtinen ja Lestinen 1996).

Kohteellisissa tutkimuksissa, kehitettiin aiemmassa hankevaiheessa Satulinmäen kulta-aihe kairaamalla esiintymätasolle (Kärkkäinen ja Hakala 2006, Kärkkäinen ym. 2006, Kärkkäinen ja Koistinen 2006, 2010, Koistinen ja Kärkkäinen 2006). Lisäksi paikannettiin kairaamalla useita uusia kulta- ja kupariesiintymiä ja aiheita, mm. Ritakallio (Vuori ym. 2005), Riukka (Kärkkäinen ym. 2007, Koistinen ja Kärkkäinen 2007), Halikon Kultanummi (Grönholm ja Kärkkäinen 2006) ja Jokioisten Kedonojankulma (Tiainen ym. 2008).

Käsitys Hämeen vyöhykkeen malmipotentialista on tarkentunut erityisesti 2003 aloitetun moreenigeokemiallisen kartoituksen ja geokemiallisten anomalioiden maastotarkistusten tuloksena (Kärkkäinen ym. 2012, Tiainen ym. 2012) sekä kullan genetiikkaa ja rakennegeologista kontrollia tarkastelevissa tutkimuksissa (Saalman 2007, Saalman ym. 2009, 2010).

### 3 HANKKEEN TUTKIMUKSET HÄMEEN VYÖHYKKEELLÄ

Hämeen vyöhyke sijoittuu Huittisten, Forssan ja Hämeenlinnan väliselle alueelle (Kuva 6). Painopiste oli Kanta-Hämeen alueella. Maasto on valtatie 2:sta (Helsinki-Pori) länteen laajalti tasaista savikkoista peltoaluetta. Valtatiestä itään, lähelle Hämeenlinnaa ja Kalvolaa, maisema on suurelta osin Hämeen järviylänköä ja harvaan asuttua metsämaastoa. Hämeen vyöhykkeen merkittävin suojelualue on Torronsuon kansallispuisto. Tutkimusalueen suurimmat taajamat ovat Forssan kaupunki sekä Tammelan, Jokioisten ja Humppilan kuntataajamat.



**Kuva 6.** Hämeen vyöhyke, peltoalueet, taajamat ja suojelualueet.

#### 3.1 Kallioperäkartoitus

Hämeen vyöhyke sijoittuu KKJ-karttalehtiäossa 18 karttalehdelle (mittakaavassa 1:100 000) ja UTM-karttalehtiäossa 7 karttalehdelle (L33, L42, L43, L44, M33, M41, M43). Alueen painetut 1:100 000 mittakaavan kallioperäkartat ja selityskirjat ovat peräisin 1950-luvulta. Hämeen vyöhykkeen julkaistut 1:100 000 mittakaavan karttasarjan kallioperäkartat perustuvat kolme karttalehteä lukuun ottamatta paljastumahavaintoihin eli ne on laadittu ilman matalalentogeofysikaalista dataa.

Malmipotentialihankkeen kallioperäkartoituksen tavoitteena oli tuottaa malmipotentialin arvioinnin perustaksi Hämeen vyöhykkeeltä uusi yksikköluokitteluun perustuva kallioperäkartta. Hämeen vyöhykkeen kallioperäkartan päivitys oli aloitettu jo edellisessä hankevaiheessa. Kartoitus valmistui tässä hankkeessa. hyödynnettäväksi Hämeen vyöhykkeen malmipotentialin arvioinnissa.

Kallioperäkartoitus painottui Forssan, Tammelan ja Kalvolan seudulle, malmigeologisten tutkimusten painopisteen mukaisesti (Kuva 7). Hämeen vyöhykkeen länsi- ja eteläosan revidointi perustui aikaisempiin tutkimuksiin ja opinnäytetöihin (mm. Hakkarainen 1994, Nironen 1997, 1999, Kärkkäinen ym. 2000, Väisänen & Westerlund 2007).

Kallioperäkartan päivityksessä hyödynnettiin aiemmat 1:100 000 karttasarjan kartoitushavainnot, muut GTK:n kartoitushavainnot Hämeen vyöhykkeellä, Outokumpu Oy:n ja Rautaruukki Oy:n malminetsinnän kartoitushavainto- ja kartta-aineistot sekä yliopisto-opiskelijoille järjestettyjen Forssan ja Humppilan kartoituskurssien aineistot (Kuva 7). Keskeisenä apuna DigiKP:hen liitettävän projektikartan laadinnassa olivat geofysiikan matalalentoaineistot, joiden avulla voitiin tarkentaa vanhojen 1:100 000 kallioperäkartojen kivilajirajoja. Lisäksi hyödynnettiin hankkeen kohteellisten tutkimusten havaintoaineisto, kairaustieto ja detaljikartta-aineisto sekä hankkeen aineistosta tehdyt opinnäytetyöt.

Hankkeen omat kartoitushavainnot tallennettiin maastotietokoneelle käyttäen Kapalo-ohjelmaa ja siirrettiin toimistolla GTK:n geotietojärjestelmään. Kartoitus tuotti yhteensä 1190 uutta kallioperäkartoitushavaintoa. Uusia vulkaniittien kokovianalyysejä tehtiin hankkeen kallioperäkartoituksen näytteistä yhteensä 216 kpl ja granitoideista 80 näytettä (Mäkitie 2016a). Hämeen vulkaniittien ja granitoidien ikämäärytyksiä tarkennettiin laskemalla vanhoja ikämäärytyksiä uudestaan ja tekemällä 11 uutta ikämäärytystä.

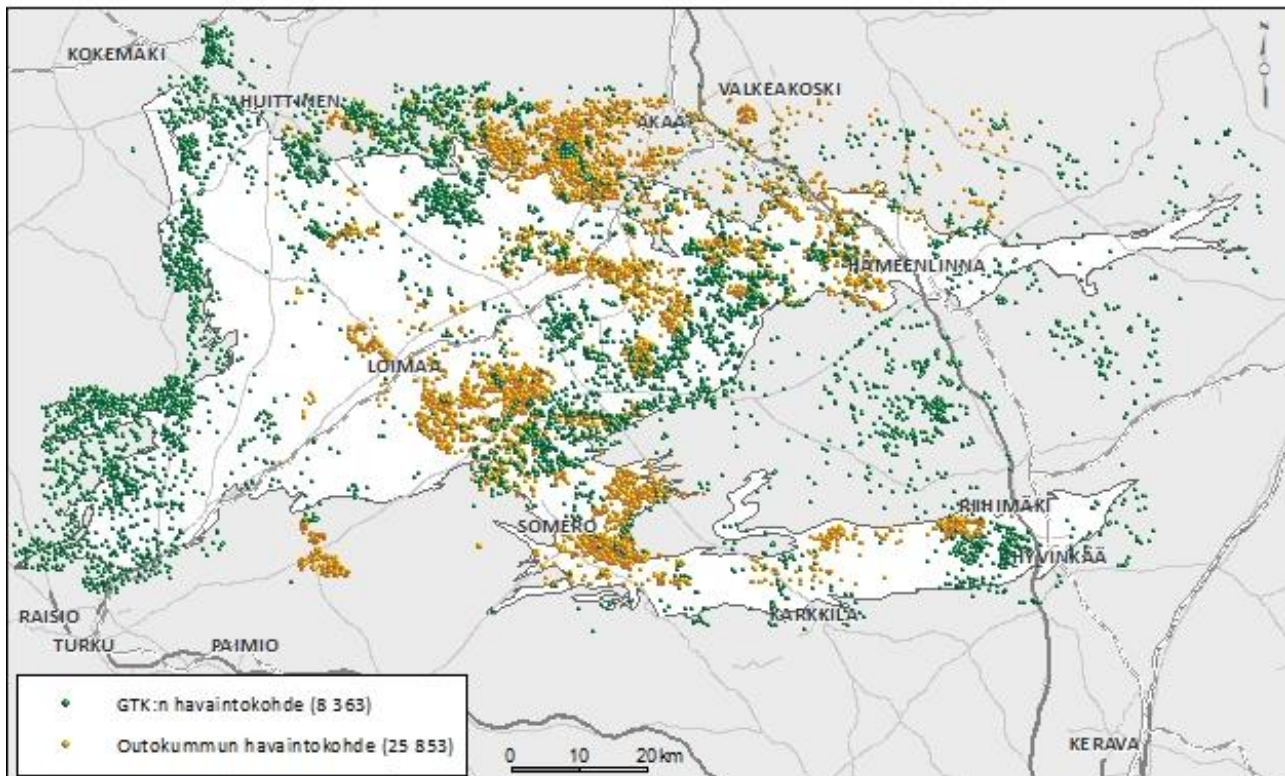
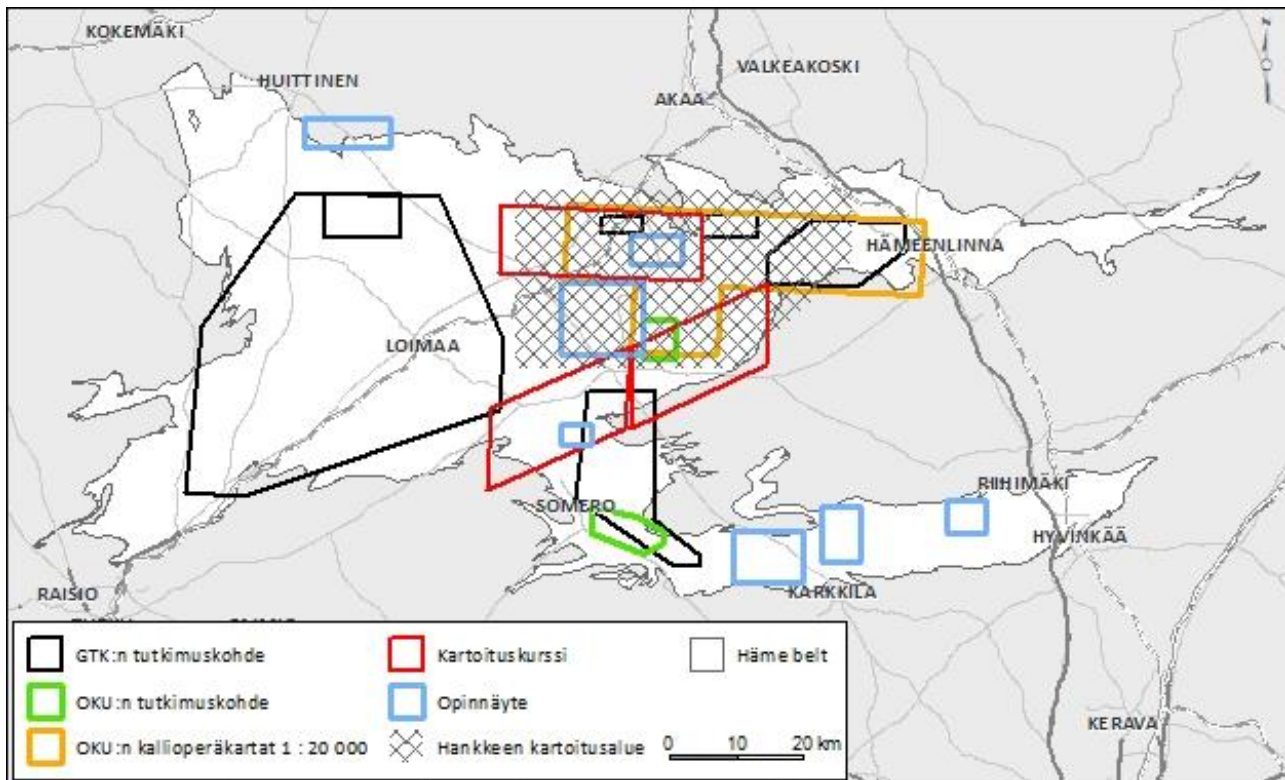
Kallioperäkartoitus ja kartan päivitys on kuvattu tarkemmin raporteissa: Sipilä ym. (2011), Sipilä ja Kujala (2014) sekä Mäkitie ym. (2016a, 2016b).

### 3.1.1 DigiKp-karttatietokannan ja kallioperäkartan päivitys

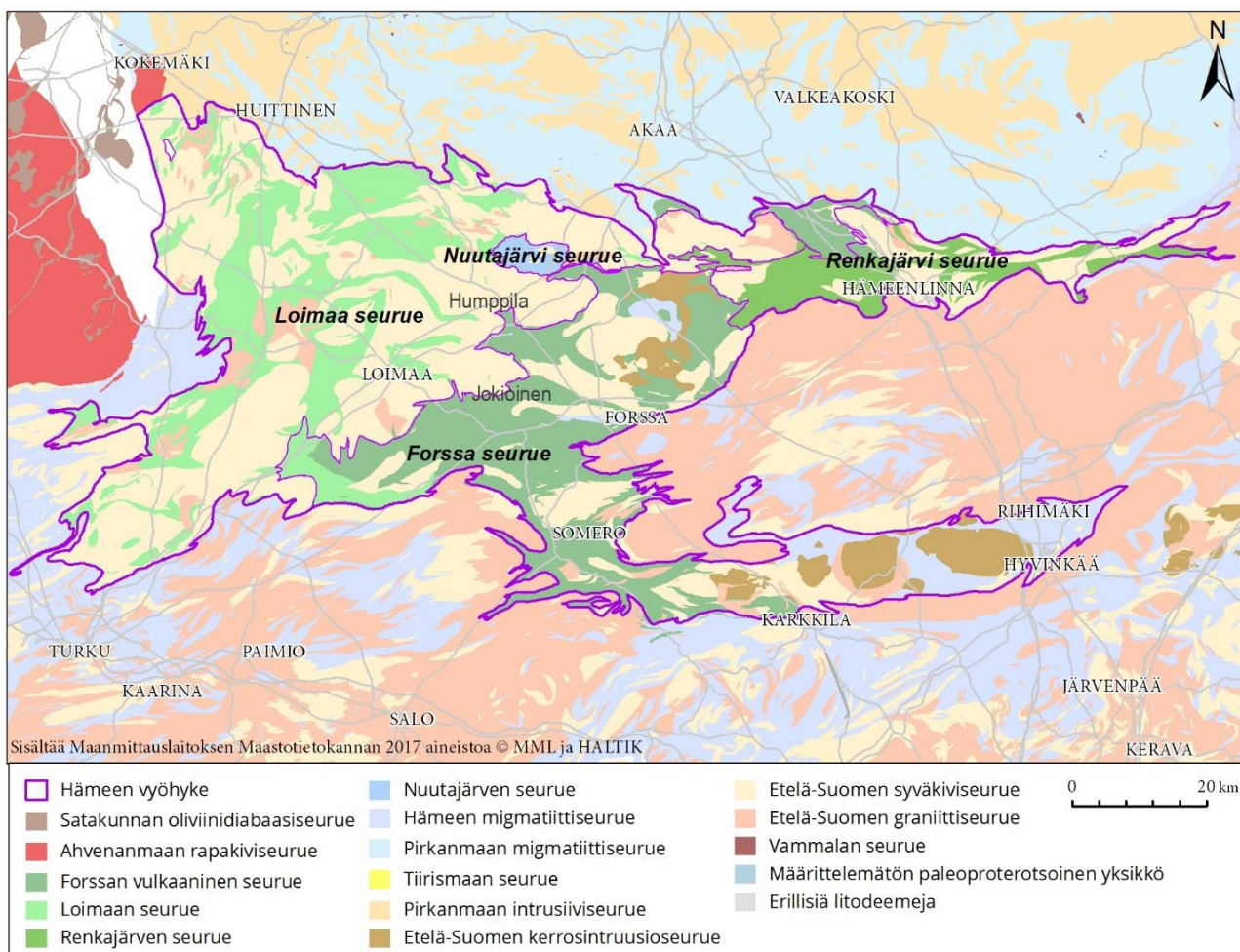
Hankkeen kartoituksen tuloksena tuotettiin projektikartta (Kuvat 8 ja 9), jossa päivitettiin Hämeen vyöhykkeen kivilajikartta ja laadittiin uusi yksikköluokitteluun perustuva kallioperäkartta. Projektikartan yksikköluokittelu tehtiin noudattaen litodeemista yksikköjaottelua (Strand ym. 2010). Suprakrustisten kivien jaottelussa Hämeen vyöhyke on osa Etelä-Suomen superseuruetta (supersuite). Pääosin vulkaniittien geokemian ja myös litologisten eroavuuksien perusteella superseurue voitiin jakaa suprakrustisten kivien osalta neljään seurueeseen (suite): Renkajärven seurue, Forssan seurue, Loimaan seurue ja Nuutajärven seurue (Sipilä ja Kujala 2014). Vastaavasti granitoidi-alueista mm. Arolanmäki, Aulanko, Hattula, Humppila, Kotka, Urjala ja Vahto voidaan granitoidialueina liittää uusina litodeemeina GTK:n DigiKp karttatietokantaan (Mäkitie ym. 2016b).

Projektikartasta tehtiin erillinen raportti, joka kattaa aluekuvauksen, lähtöaineistot ja niiden kuvaukset, litologiset kuvaukset, yksikkökuvaukset mahdollisista muutoksista aikaisempaan karttaversioon ja liitekartan. Kallioperän yksikkökuvaukset päivitettiin Finstrati-järjestelmään uudistetun käyttöliittymän kautta.

Tuloksia on hyödynnetty DIGIKP-karttatietokannan päivityksessä ja Suomen kallioperän stratigrafisessa luokittelussa (FINNSTRATI) (Nironen 2016, 2017).



**Kuva 7.** Hämeen DigiKP-projektikartassa käytettyä aineistoa, hankkeen kartoitusalue ja alueen kallioperäkartoituksen havaintopisteet (GTK: vihreät havaintopisteet; OKU: ruskeat havaintopisteet).



Kuva 8. Hämeen vyöhykkeen kallioperäkartta, kivilajiseurueet DigiKP:n (2016) mukaan.

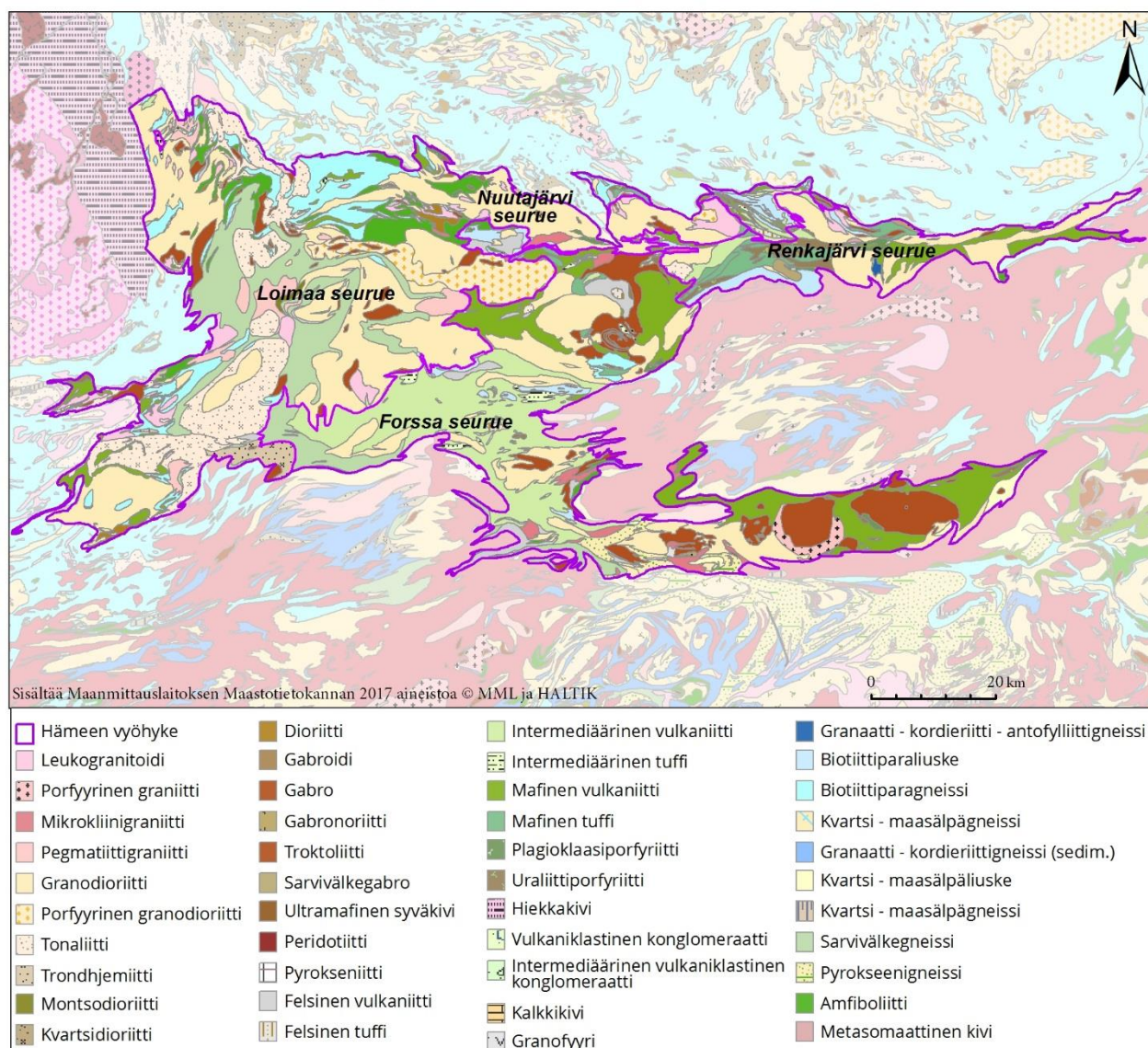
### 3.1.2 Hämeen vyöhykkeen vulkaniitit

Hämeen vyöhykkeen suprakrustisista kivistä vulkaniitit ovat enemmistönä. Ero pohjoispuolen Pirkanmaan peliittis-psammiittiseen migmatiittivyöhykkeeseen on selvä, ja hankkeen yhteydessä on määritetty vyöhykkeiden välinen terraanirajan sijoittuminen (Sipilä ym. 2011). Uudenmaan ja Hämeen vyöhykkeen välimaastossa sijaitsee Etelä-Suomen gneissi-graniittikompleksi, eikä Hämeen vulkaniittien suhde eteläpuolella olevaan Uudenmaan vyöhykkeeseen ole ollut hankkeen tutkimusten kohteena.

Hämeen vyöhykkeen neljä seuruetta (Kuva 9) on yksityiskohtaisemmin kuvattu Sipilän ja Kujalan (2014) raportissa. *Renkajärven seurue* koostuu pääosin mafisista vulkaniiteista. *Forssan seurue* koostuu pääosin intermediäärisistä vulkaniiteista. Korkeamman metamorfoosiasteen *Loimaan seurue*essa vulkaaniset kivet ovat pääosin intermediäärisiä sarvivälkegneissejä ja amfiboliitteja. *Nuutajärven seurue*essa ovat vallitsevia vulkaanissedimenttiset kivet ja yleisimpiä ovat felsiset vulkaniitit.

Suurin osa Hämeen vulkaniiteista, eli Forssan, Loimaan ja Nuutajärven seurueiden vulkanismi on yhdistettävissä saarikaariympäristöön (Sipilä & Kujala, 2014). Itäisin seurue, eli Renkajärven vulkaniitit edustavat selvimmin merellisen maankuoren repeämäympäristöä.





Kuva 9. Hämeen vyöhykkeen päivitetty kallioperäkarta ja suprakrustiset seurueet (suite).

### 3.1.3 Hämeen vyöhykkeen granitoidit

Hämeen tutkimusalueella rajattiin ja nimettiin 30 eri granitoidialuetta (a' 10-150 km<sup>2</sup>) (Kuva 10). Osa granitoidialueista sisältää koostumukseltaan erilaisia faaseja eli ne muodostavat batoliitteja. Metavulkaniitit ja -sedimentit sekä paikoin myös mafiset kivet pääsääntöisesti erottavat granitoidit toisistaan.

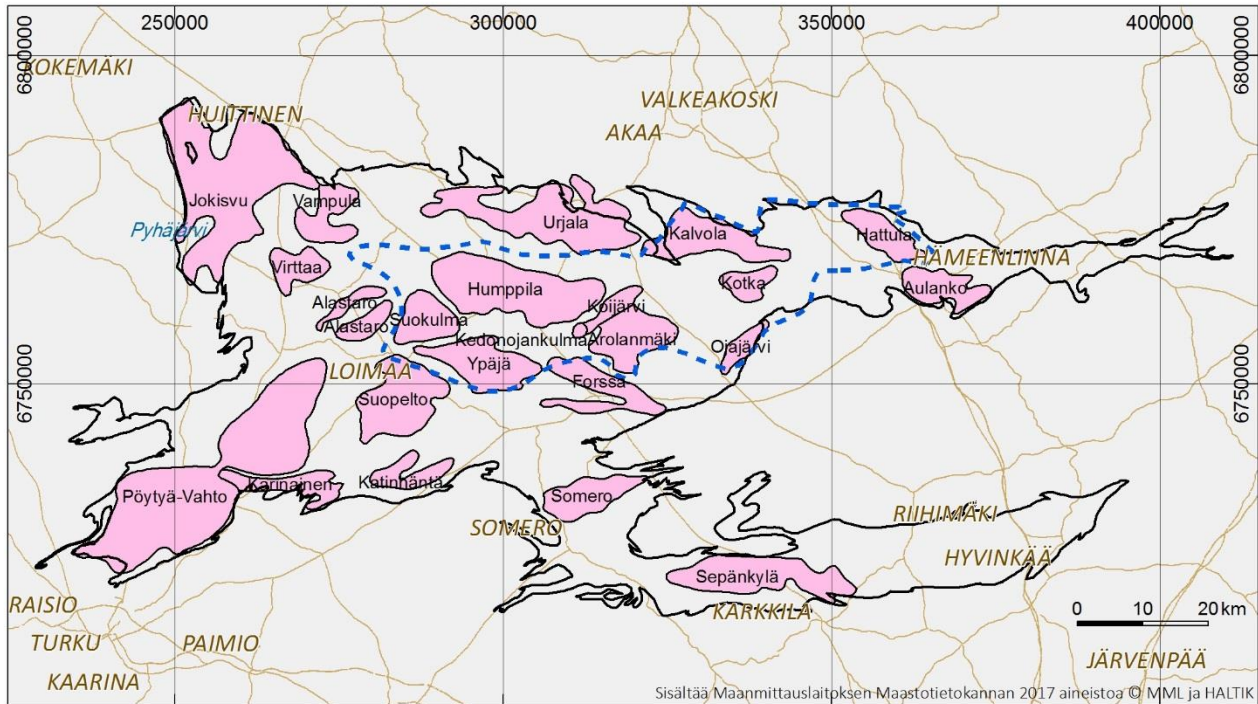
Litologisesti yleisin kivilaji on deformoitunut granodioriitti, joskin tonaliittia ja graniittia tavataan lähes yhtä paljon. Granodioriitti on usein hiukan epätasalaatuinen ja sisältää sulkeumia.

Kemiallisesti granitoidit ovat valtaosaltaan kalkki-alkaalisia kiviä. Niiden A/CNK vaihtelee 0.9 ja 1.15 välillä, eli ne ovat osaksi metalumiinisia, ja osaksi peralumiinisia. Frost ym. (2001) jaottelun mukaan Hämeen granitoidit luokittelevat magnesian-tyyppisiksi, vain muutamat graniitit voidaan lukea kuuluvan "ferroan" tyyppiin (Mäkitie ym. 2016a). Eräillä graniiteilla on myös adakiittisia piirteitä (Tiainen ym. 2011, 2013b).

Tutkimusalueen keskiosassa voidaan rajata melko laaja ja yhtenäinen peralumiinisten granitoidien alue, joka sisältää kymmenkunta intruusiota (Kuva 10). Samalla alueella sijaitsevat myös useat hankeen aikana tutkitut malmiaiheet, kuten Kedonojankulma,

Arolanmäki ja Liesjärven aiheet. Malmiutuneissa kohteissa granitoidit ovat usein kokeneet mineraalien sekundäärisesti muuttuneita.

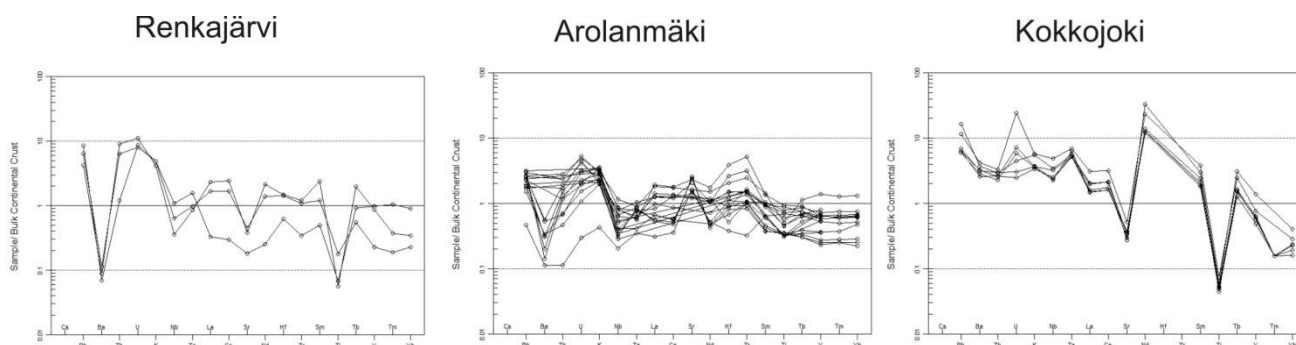
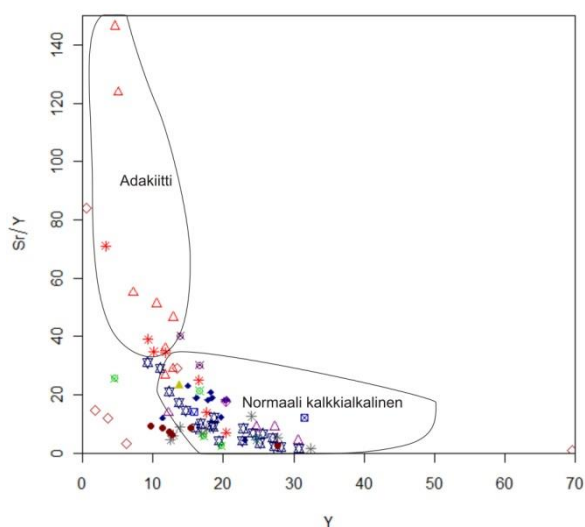
Tutkimusalueelta tehdyt uudet ikämääritykset osoittavat, että granitoidinen magma oli kiteytynyt 1.88-1.89 Ga vuotta sitten. Täten alueen granitoidit ovat ns. synorogeeniseen Svekofennialaiseen magmatismiin tuotteita, ja geotektonisesti liittyvät magmaattisen kaaren kehitykseen (Nironen ym. 2016, 2017). Samalla alueella tavatut useat leveät pegmatiittiset graniittijuonet (ns. mikrokliinigraniitit) ovat noin 50 Ma nuorempia; ne edustavat myöhäisorogeenista magmatismia ja mantereellisia intrusiivikiviä (esim. Lehtinen ym. 2005; Nironen ym. 2017).



**Kuva 10.** Hämeen tutkimusalueen granitoidi-intruusiot. Peralumiiniset intruusiot rajattu sinisellä katkoviivalla.

Geokemiallisesti granitoidit ovat heterogeenisiä, mutta joitakin muista poikkeavia ryhmiä voidaan erottaa. Perinteisesti alueen granitoideja on pidetty synorogeenisina I-tyyppin graniitteina ja granodioriitteina. Nyt ikämäärityksessä olevista näytteistä kuitenkin esimerkiksi Arolanmäki (Kuvat 11 ja 12) näyttäisi olevan adakiittinen. Kokkojoki muistuttaa lähinnä Etelä-Suomen postorogeenisiä graniitteja, ja Renkajärven-Kanajärven näytteet puolestaan myöhäisorogeenisiä leukograniiiteja (Kuva 12).

**Kuva 11.** Sr/Y vs Y diagrammi Defantin ja Drummondin (1990) mukaan. Arolanmäki (avoimet punaiset kolmiot) sijoittuu selkeästi adakiittiseen kenttään. Kokkojoki (ruskeat pallot) ja Renkajärvi (avoimet tummanpunaiset vinoneliöt) erottuvat myös muista intruusioista.

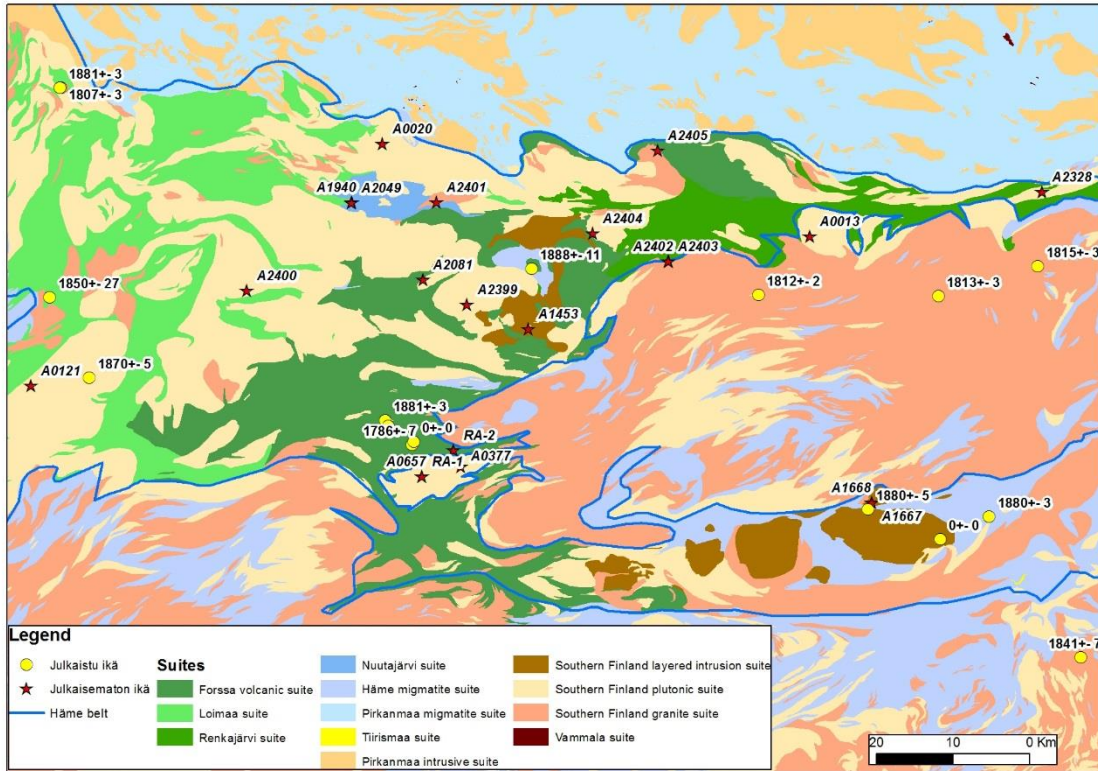


**Kuva 12.** Keskimääräisellä kuoren koostumuksella normalisoidut hivenalkuainekoostumukset kolmesta ikämäärityskohteesta. Renkajärvi muistuttaa myöhäisorogeenisia leukogranitteja (alhainen Ba, korkea Th ja U, melko alhaiset REE). Adakiittisen Arolanmäen koostumus poikkeaa vain vähän keskimääräisestä kuoresta. Kokkojoen koostumus on tyypillinen postorogeenisille graniiteille (korkeat Rb ja LREE, negatiivinen Ti-anomalia).

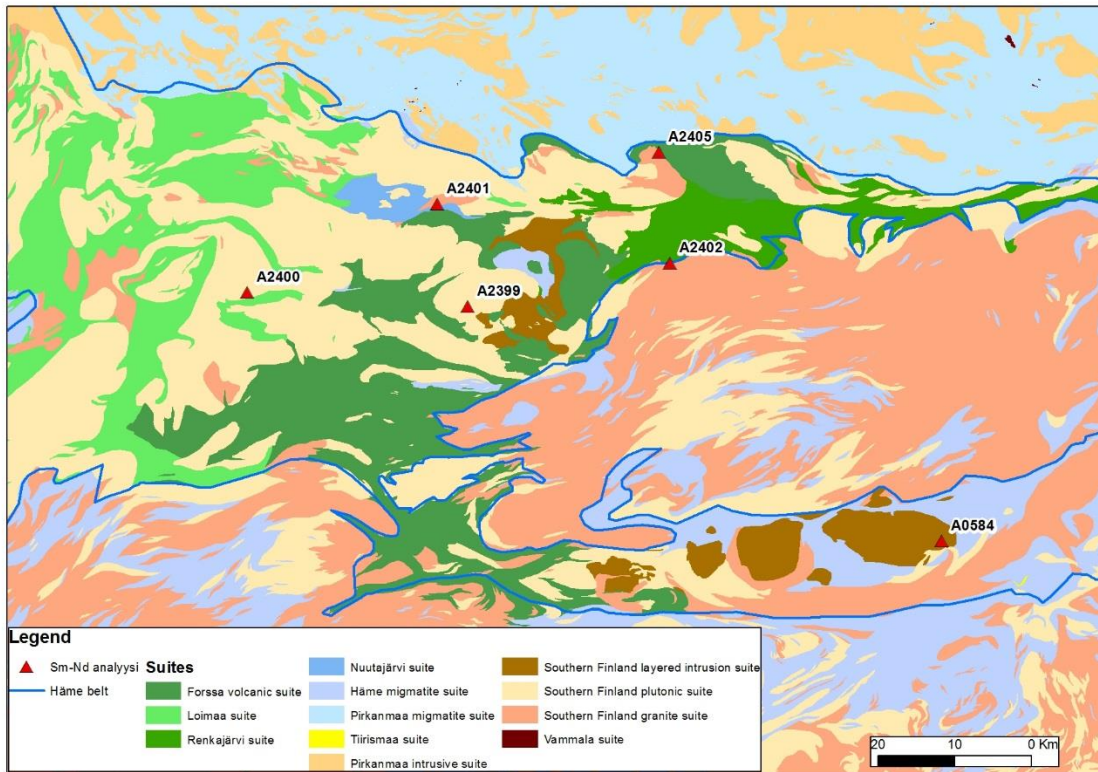
### 3.1.4 Isotooppigeologia

Hämeen vyöhykkeeltä on tehty yhteensä 23 ikämääritystä, joista 12 on vielä julkaisematta. Saalman ym. (2009, 2010) ovat julkaisseet Satulinmäen ja Jokisivun ikämääritykset, Vaasjoki (1994) Valijärven vulkaniitin iän, Nironen (1999) ja Kurhila ym. (2005) kolmesta Hämeen vyöhykkeen itäsosan granitoidista, Vaasjoki (1995) Rengon dioriitin iän ja Suominen (1988) Hyvinkään gabron iän (Kuva 13). Aulangon granodiotiitin ikä on laskettu uudestaan.

Tämän hankkeen puitteissa (H. Huhma) on tehty 10 uutta ikämääritystä, pääasiassa granitoideista sekä yksi näyte Kedonojankulman porfyyristä ja kaksi näytettä Rappumäen porfyyristä/felsisestä vulkaniitista (Kuva 13). Sm–Nd –analyysi tehtiin viidestä granitoidista (Kuva 14). Patchett & Kouvo (1986) ovat julkaisseet aiemmin Hyvinkään gabron Sm–Nd-analyysin. Lisäksi tehtiin Pb-isotooppitutkimus Kuuman Zn-mineralisaation lyijyhohteesta.



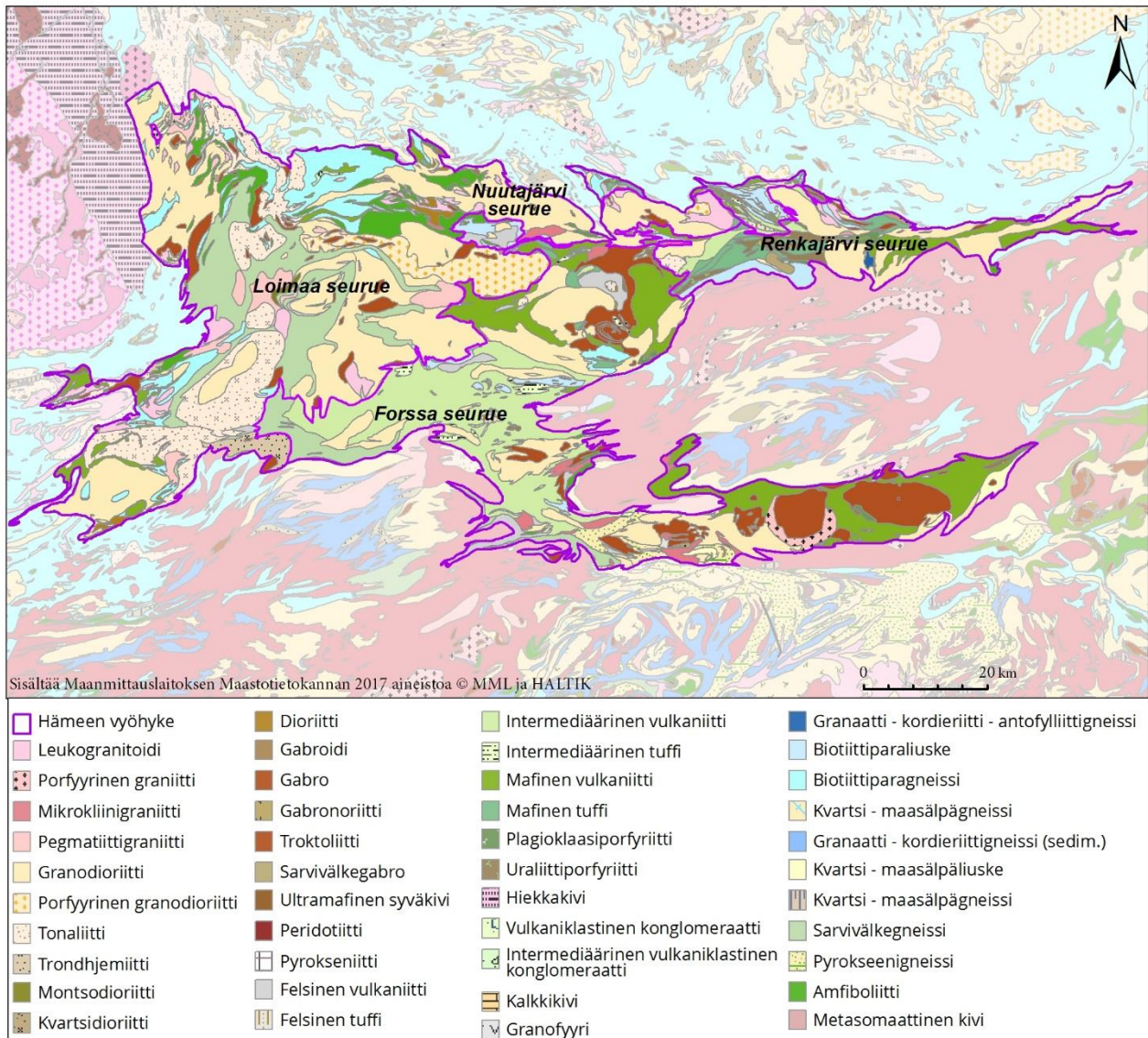
Kuva 13. Hämeen vyöhykkeen ikämäärittelyt, U-Pb-ajoitus.



Kuva 14. Hämeen vyöhykkeen Sm-Nb-analyysit.

### 3.1.5 Yhteenveto Hämeen vyöhykkeen kallioperägeologiasta

Hämeen vyöhykkeen kallioperä koostuu pääosin kaarityyppisen 1.89-1.88 Ga magmatismien tuloksena syntyneistä Forssa surueen intermediäärisistä-felsisistä vulkaaniiteista ja graniitoista sekä itäosassa Renkajärvi-seurueen rift-tyyppin mafisista vulkaaniiteista (Mäkelä 1980a, Mäkelä 1989, Lahtinen 1994, Hakkarainen 1994, Sipilä ja Kujala 2014, Mäkitie ym. 2016a, 2016b, Lahtinen ym. 2017). Hämeen vyöhykkeen keskiosassa oleva Forssan gabro ja eteläosassa oleva Hyvinkään gabro on tulkittu syn-vulkaanisiksi kerrosintruusiokomplekseiksi (Peltonen 2005). Epiklastisten sedimenttikivien osuus on Hämeen vyöhykkeellä vähäinen. Hämeen vyöhykkeen vulkaaniitteja ja peliittisiä liuskeita leikkaavat ja migmatisoivat 1.85-1.78 Ga ikäiset mikroliinigraniitit ja pegmatiitit.



**Kuva 15.** Hämeen vyöhykkeen suprakrustisten kivien luokittelu (Finstrati): Renkajärven seurue, Forssan seurue, Loimaan seurue ja Nuutajärven seurue. Kylmäkosken, Kalvolan ja Hattulan satelliitit ovat osa Forssan seuruetta.

Hämeen vyöhykkeen raja pohjoispuolella olevaan Pirkanmaan migmatiittivyöhykkeeseen on tulkittu terraanirajaksi (Sipilä ym. 2011). Terraaniraja ei ole yksiselitteisen suoraviivainen vaan molemmin puolin on ”ikkunoina” kiviä toiselta puolelta. Pirkanmaan ja Hämeen vyöhykkeet eroavat selvästi toisistaan niin litologisesti, metamorfoosiasteelta ja osittain myös vulkaniittien koostumukselta. Pirkanmaan vyöhykkeellä ovat vallitsevia psammiittiset – peliittiset migmatiitit, joissa on tyypillisesti grafiitti-kiisuliuskevälikerroksia. Vulkaniiittien määrä on vähäinen. Pirkanmaan vyöhykkeen mafiset vulkaniitit ovat tyypillisesti primitiivisempiä kuin Hämeen vyöhykkeen vulkaniitit (Sipilä ym. 2011). Etelä-puolelta Hämeen vyöhyke rajautuu Etelä-Suomen gneissi-graniittikompleksiin ja Uudenmaan vyöhykkeeseen.

Suomen kallioperän yksikköhierarkisessa luokittelussa (FINNSTRATI-tietokanta) Hämeen vyöhykkeen vulkaaniset seurueet kuuluvat Etelä-Suomen superseurueeseen (Nironen 2016, 2017). Hämeen vyöhykkeen vulkaniitit jakautuvat neljään seurueeseen, joista pinta-alaltaan suurimpia ovat Forssan ja Loimaan seurueet ja pienempiä Nuutajärven ja Renkajärven seurueet (Kuva 15). Vulkaniiittien luokittelu on tehty maastokartoituksen ja vulkaniittien kemiallisen koostumuksen perusteella (Sipilä ja Kujala 2014). Syväkivet on luokiteltu litodeemisiin yksiköihin (Mäkitie ym. 2016b). Forssan ja Hyvinkään gabrot kuuluvat Etelä-Suomen kerrosintruusioseurueeseen. Lisäksi alueella on muita, tarkemmin luokittelemattomia dioritteja ja gabroja. Alueen nuorimpia kivilajeja ovat Etelä-Suomen graniittiseurueeseen kuuluvat mikrokliinigraniitit.

Geotektonisesti Hämeen vyöhykkeen on tulkittu edustavan etelään painuvan subduktiovyöhykkeen 1.88-1.89 Ga ikäistä kaarimagmatismia, joka on likimain saman ikäistä kuin Uudenmaan vyöhykkeen vulkanismi, mutta noin 20-50 Ma nuorempaa kuin Tampereen vyöhykkeen vulkanismi (Lahtinen 1994, 2005, Kähkönen 2005).

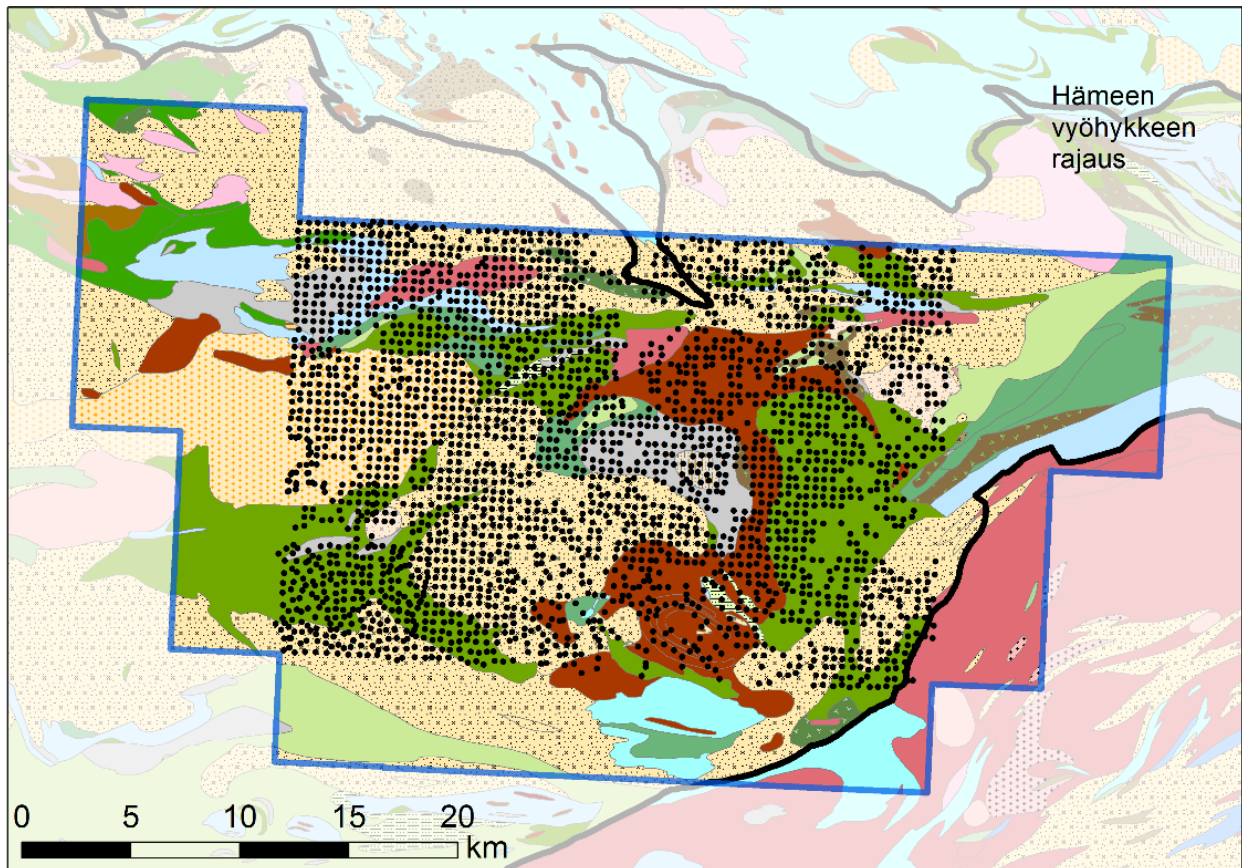
### 3.2 Geofysiikka

Geofysiikan matalentomittaukset on Hämeessä tehty 22 eri osassa vuosien 1976 ja 2000 välillä. Hankkeen toiminta-aikana tehtiin Humppilan ja Nuutajärven detaljilentomittaukset, yhteensä n. 420 km<sup>2</sup> (Lohva ja Jokinen, 2012). Vuodesta 2011 lähtien hankkeen kohteilla on tehty maasto- ja petrofysikaalisia mittauksia. Lisäksi Hämeen alueella on tehty alueellista painovoimakartoitusta (APV).

GTK:n ja yhtiöiden kohteellisissa tutkimuksissa tekemiä geofysiikan maasto- ja petrofysiikan mittauksia on käytetty hyväksi erityisesti kallioperäkartan revidoinnissa.

#### Alueellinen painovoima (APV)

Ennen hankkeen aloittamista Hämeen vyöhykkeeltä ei ollut saatavissa lainkaan alueellista painovoima-aineistoa. Hämeen vyöhykkeellä aloitettiin vuonna 2014 alueellinen painovoimamittaus pistetiheydellä 6-7 pistettä/km<sup>2</sup>. Vuoden 2015 lopussa aluetta oli mitattu n. 2500 pistettä, ja mittauksia päätettiin jatkaa edelleen hanketta seuraavina vuosina, jotta alueelta saadaan kattava aineisto kallioperätulkintaa ja -mallinnusta varten. Resurssien priorisoinnin takia mittaussuunnitelma toteutui vain osittain, kokonaispistemääräksi kertyi noin 5600 pistettä (Kuva 16). Mittauksia jatkettiin tämän jälkeen vielä alueen eteläosassa.



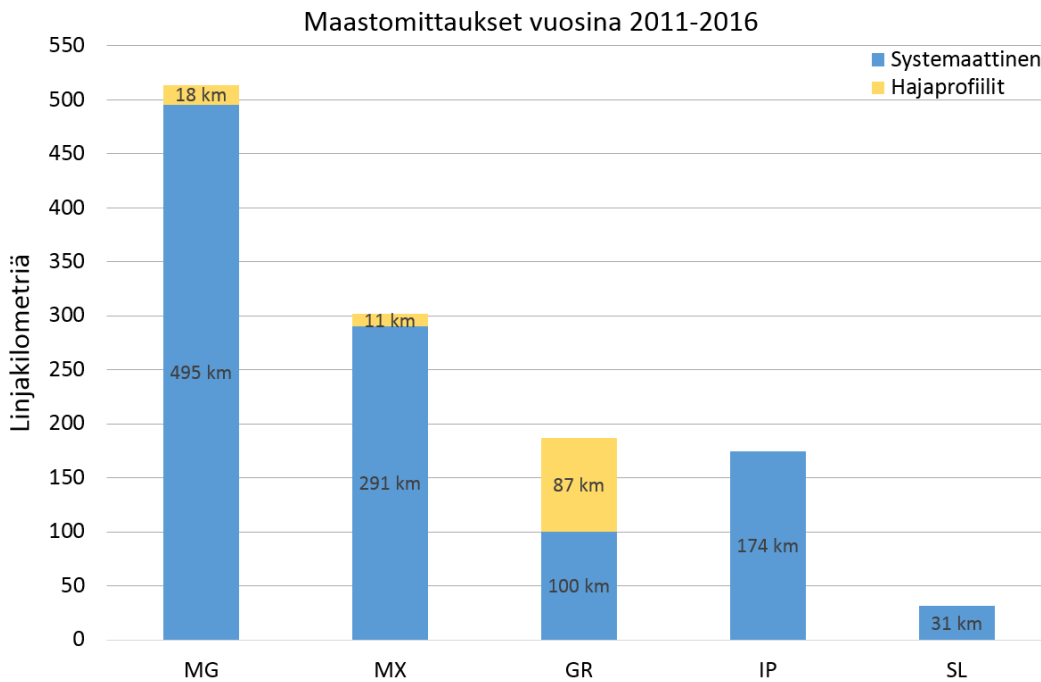
*Kuva 16. Hämeen vyöhykkeen APV-mittaussuunnitelma (rajaus) ja hankkeen aikana toteutuneet mittauspisteet.*

### Maastomittaukset

Hankkeessa on tehty maastomittausta yhteensä n. 1200 linjakilometriä 16 eri kohteella. Mittauskilometrien jakautuminen mittausmenetelmittäin ja tyypeittäin on esitetty kuvassa 17. Tarkempi lista mittauskohteista löytyy liitteestä 4.

### Petrofysiikan mittaukset ja luotaukset

Vuosina 2014-2016 kairatut kairareivät pyrittiin mittaamaan GTK:n kairareikäluotaukuskalustolla, joka sisältää magneettisen susceptibiliteetin, tiheyden (gamma-gamma), luonnon taustasäteilyn ja ominaisvastuksen mittaukset. Kairareikiä mitattiin yhteensä n. 6 km edestä yhdeksällä eri kohteella. Tämän lisäksi kairasydämistä mitattiin GTK:n geofysiikan laboratoriossa palanäytteitä luotaustulosten validoimiseksi ja kalibroimiseksi. Lista kairareikiin liittyvistä petrofysiikan luotauksista ja mittauksista (luodattujen reikien osalta) on esitetty liitteessä 5.



**Kuva 17.** Maastomittausten linjakilometrien jakautuminen menetelmittäin (MG = magneettinen, MX = maxmin (monitaajuus-slingram), GR = gravimetrinen, IP = induoitu polarisaatio, SL = slingram) ja tyypeittäin (systemaattinen/hajaprofiili) vuosina 2011-2016.

### 3.2.1 Geofysiikan mittausten tulokset

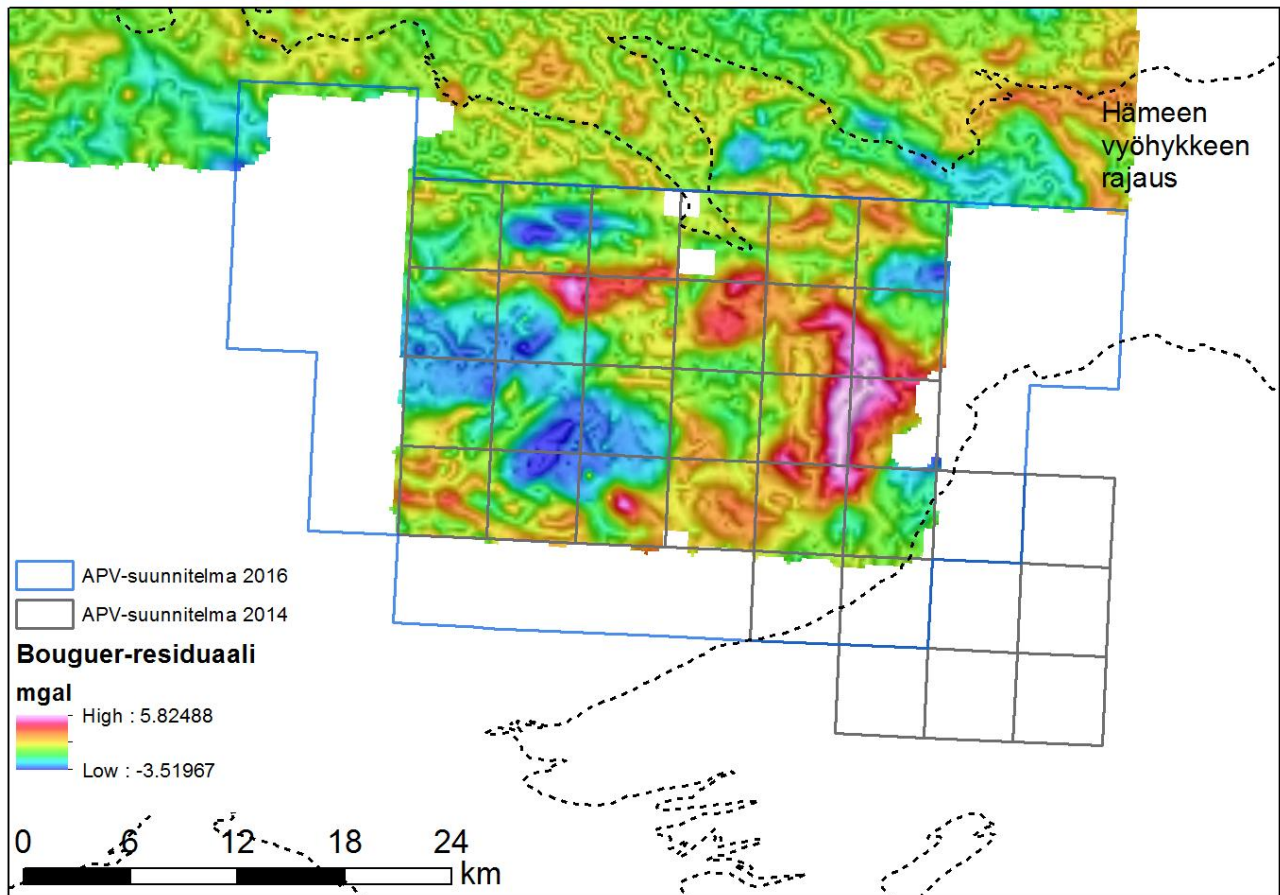
Geofysiikan mittausten tulokset on tallennettu GTK:n tietokantoihin.

### 3.2.2 Hämeen vyöhykkeen alueellinen painovoima ja siihen liittyvä 2D/3D-mallinnus

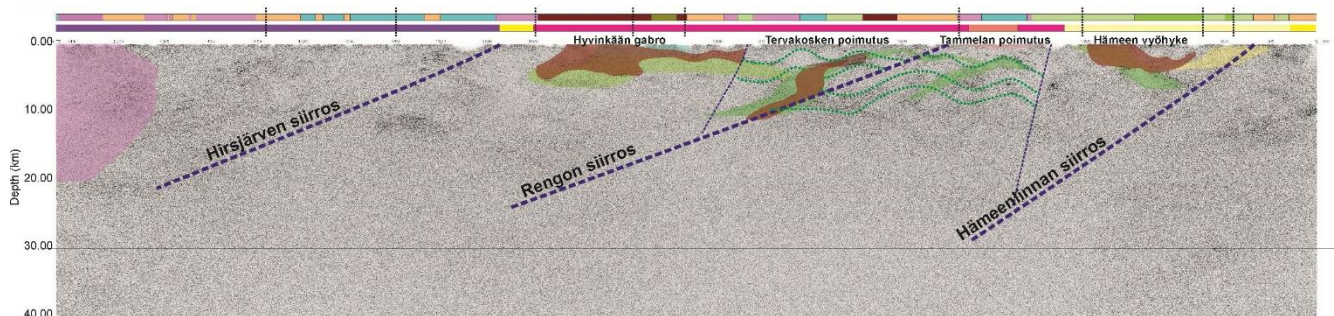
Alueellisen painovoimamittauksen tuloskartta on esitetty kuvassa 18. Mittausalueen pohjoispuolella on saatavissa hanketta edeltävää APV-aineistoa, johon nykyinen alue on kuvassa yhdistetty.

Ennen APV-aineiston käyttöönottoa Hämeen alueelta tulkittiin heijastusseismistä FIRE2A-linjaa Hyvinkään gabrolta aina Hämeen ja Pirkanmaan vyöhykkeiden rajalle ja noin 10 km syvyyteen (Leväniemi ym. 2015). Tulkinnan tuloksena saadun mallin perusteella alueen suurissa ruhjevöhykkeissä ja niiden rajaamissa lohkoissa rakenteiden kaade on n. 30-40 astetta kohti etelää/kaakkoa (Kuva 19). Lisäyksenä tunnettuun kallioperäkartaan mallin mukaan Hyvinkään gabron ja Hämeen vulkaniittien välillä kulkee tunnettujen gneissien alla poimuttunut, osittain katkeileva mafisten kivien jatke, joka on mahdollisesti yhteydessä Hyvinkään gabrojaksoon.



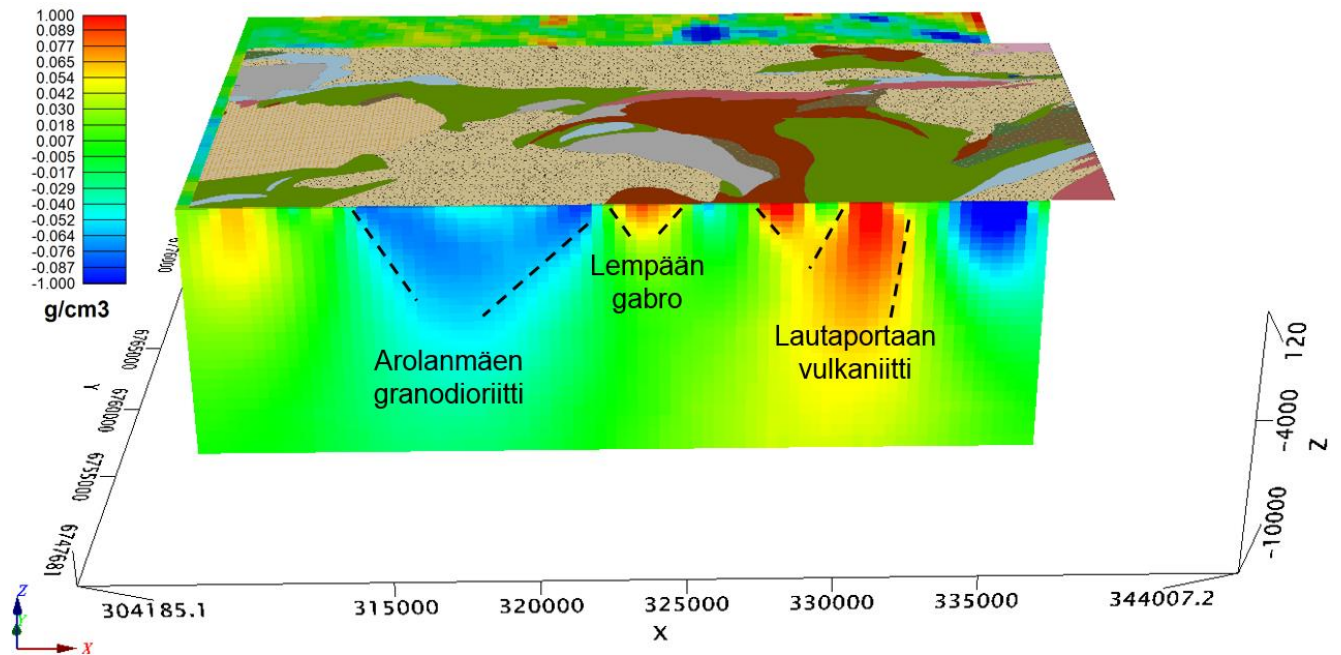


**Kuva 18.** Hämeen APV-kartta (Bouguer-anomalia, josta vähennetty 1 km ylöspäin jatkettu alueellinen taso), Hankkeen mittaussuunnitelma rajattu sinisellä viivalla, mittaussuunnitelma toukokuussa 2016.



**Kuva 19.** FIRE2A-profiilin tulkinta, suunta likimain pohjoisen-etelä (pohjoinen oikealla, etelä vasemmalla). Sektion yläpuolisissa palkeissa on kuvattu kivilajivaihtelu, metamorfoosiasteen vaihtelu ja tektonisten rakennepiirteiden sijainti (Leväniemi ym. 2015).

Suppeammalta APV-mittausalueelta on vuonna 2015 laadittu APV-dataan ja geologisiin havaintoihin perustuva geofysikaalis-geologinen 3D-malli (Leväniemi 2015, Leväniemi ym. 2015), jossa on tulkittu intrusiivisten kivien syvyysulottuvuutta maastomittausten ja kivilajinäytteiden petrofysikaalisten mittaustietojen perusteella (Kuva 20). Malli perustuu painovoima-aineiston rajoittamattomaan 3D-inversioon.



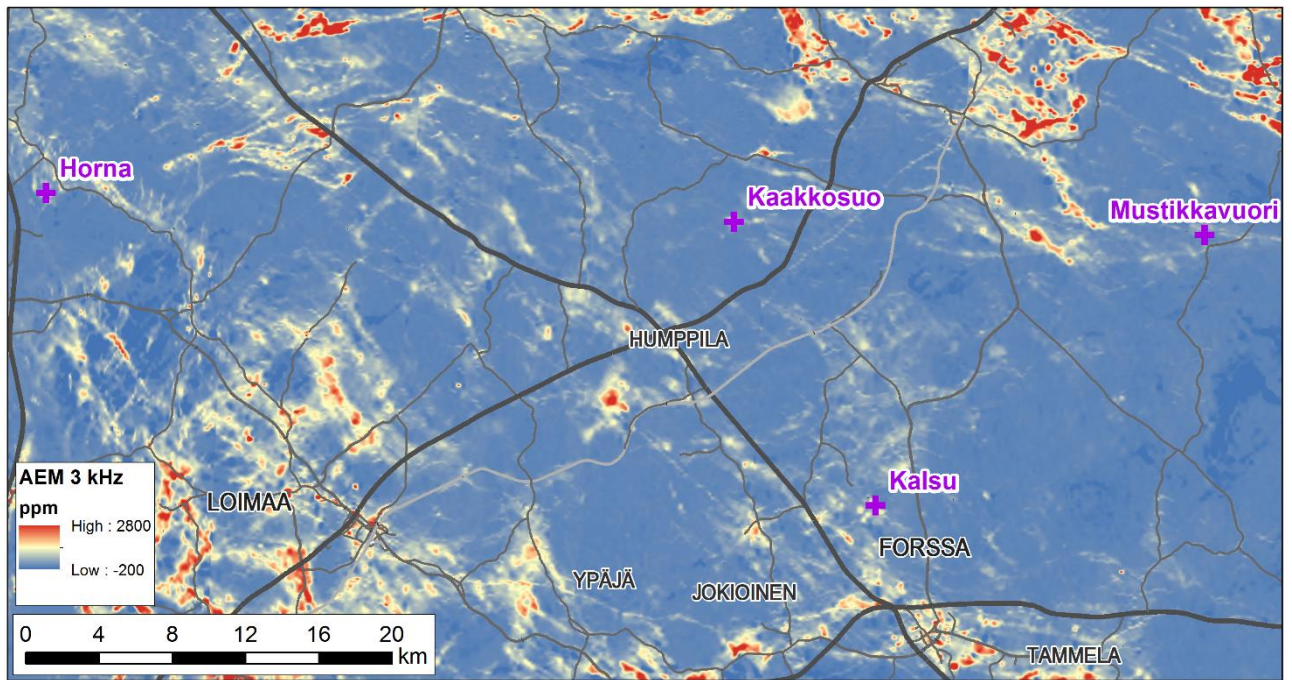
Kuva 20. Itä-länsi -suuntainen ( $N=6756500$ ) poikkileikkaus tiheysmallista (leikkauksen syvyys 10 km).

### 3.2.3 VMS-kriittiset EM-anomaliat

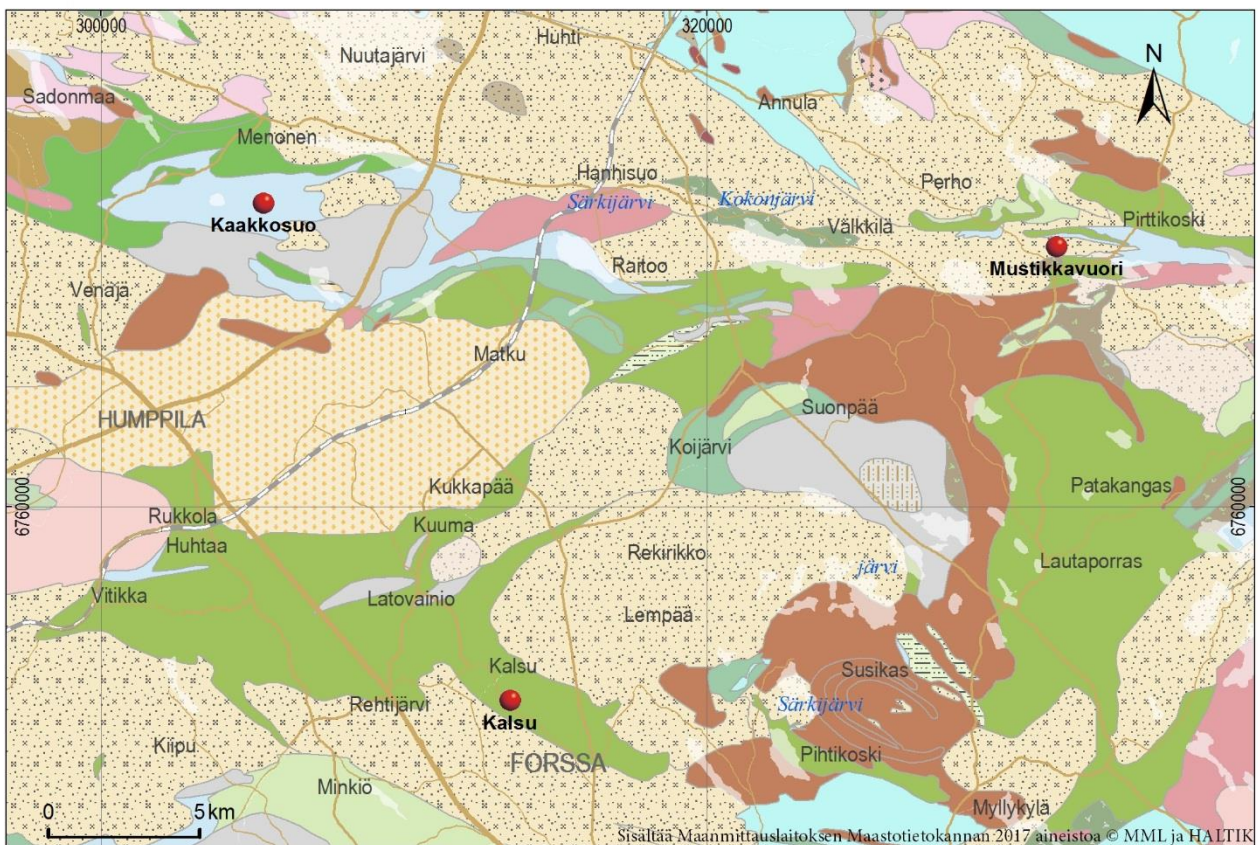
Hankkeen Hämeen vyöhykkeen tutkimuksiin sisältyi aiempien geofysiikan lentomittaustulosten analysointi ja lupaavimpien sähkömagneettisten (EM) anomalioiden seulonta VMS-malmikriittisten kohteiden paikantamiseksi (Leväniemi ja Karell 2013). Menetelmien testaamiseksi valittiin kolme lupaavaksi arvioitua kohdetta; Kalsu, Kaakkosuo ja Mustikkavuori (Kuva 21). Kohteelliset tutkimukset on kuvattu raportissa Leväniemi ym. (2016b).

### VMS-kohteet geofysiikan aineistoissa

Vuonna 2013 hankkeessa tehtiin lentogeofysiikan aineistojen uudelleenarviointi VMS-kriittisten anomalioiden suhteen (Leväniemi & Karell 2013). Työssä käytiin läpi tunnetut Zn, Cu –esiintymät sekä niiden petrofysikaaliset ominaisuudet ja geofysikaaliset vasteet. Data-analyysin tuloksena aineiston perusteella karsittiin neljä jatkotutkimuskohdetta (Kuva 21,22), joissa maastotyöt (kairaus ja geofysiikaalisia mittauksia) suoritettiin vuosina 2014-2015 (poislukien Hornan kohde). Kohteiden geofysiikan anomaliolle löytyi tutkimuksissa selkeät aiheuttajat: Mustikkavuoren ja Kaakkosuon kohteissa grafiittikiisuliuste ja Kalsussa magneettikiisumineralisaatio (Leväniemi ym. 2016b).



*Kuva 21. VMS-tutkimuskohteet lentosähkömagneettisella kartalla.*



*Kuva 22. Kairaamalla tarkistetut EM-anomaliat (VMS-kohteet).*

**Kalsussa** Forssan pohjoisosassa 5 km etelään Kedonojankulman Cu-esiintymästä ja 2.5 km kaakkoon Kuuman Zn-esiintymästä on magneettinen ja EM-anomalia, jonka oletettiin liittyvän kiisuuntumiseen kallioperässä (Leväniemi ja Karell 2013). Alue koostuu granitoidien välissä olevasta kapeasta vulkaniittialueesta. Paikassa tehtiin geofysiikan profiilimittauksia ja kairaus (4 R, 578 m), jolla paikoin runsaasti magneettikiisua tasaisena ja verkkomaisena pirotteena sekä konformeina kompakteina raitoina tai juonina deformatiivisissa mafisissa vulkaanisissa kivissä reiässä (max 4.1 - 6.5 % S /5 m, yleisesti >1 % S).

Lisäksi Kalsussa on hapanta tuffia, joka on samaa kuin Kuuman Zn-esiintymässä. Turmaliinia on muutamassa hirtovyyhykkeessä, mutta grafiittia ei Kalsussa esiinny. Erikoisuutena oli patja kovaa huokoiselta vaikuttavaa vaaleaa kiveä, joka on luultavasti voimakkaasti muuttunutta vulkaniittia ja edustaa uuttumisvyyhykettä. Kivilajitiedot, keskeiset analyysitulokset ja petrofysiikan mittaukset yhdistävistä kairareikäkuvaajista nähdään, että kohonneilla johtavuuksilla, tiheyksillä ja susceptibiliteeteilla ei ole selkeää yhteyttä kivilajivaihteluun vaan ennemminkin sulfidien määrään. Korkeimmat johtavuudet sopivat hyvin yhteen AEM-mittausten anomaliahuipun kanssa. On mahdollista, että Kalsun kiisurikas vyyhyke edustaa hydrotermisten liuosten virtausvyyhykettä, ja sillä on geneettinen ja rakenteellinen yhteys Kuuman Zn-esiintymään.

**Kaakkosuolla** Urjalassa, Nuutajärven vulkaanisen seurueen alueella, olevaa täysin peitteistä EM-anomaliaa selvitettiin kolmella moreenigeokemian profiililla (86 näytettä), geofysiikan maastomittausprofiileilla ja kairaamalla 3 reikää. Anomaliaan kairatussa kolmessa reiässä on tiheä kivilajivaihtelu, sisältäen mm. emäksisiä ja happamia vulkanitteja ja andalusiittikiilleliuskeita. EM-anomalian aiheuttajaksi selvisi grafiittiliuske, jota on ainakin 4 stratigrafisessa tasossa, paksuuden vaihdellessa 2 – 20 m. Magneettisen anomalian aiheuttaa magneettiset mineraalit pääasiassa mafisissa vulkaniitissa. Kiisujen määrä rei'issä on vähäinen, mutta kohteen grafiittiliuske voisi olla mahdollinen jatkotutkimuskohde teollisuusmineraalina.

**Mustikkavuori** Pirttikosken Vuorenkylässä (Hämeenlinnan Kalvolassa) sijaitsee geologisesti Hämeen vyyhykkeen pohjoisosassa. Aero-geofysiikassa Mustikkavuorella näkyy ympäristöstään poikkeava sähkömagneettinen ja magneettinen kohdealue. Anomalian alueella ei ole kalliopaljastumia, mutta kallioperäkartalla alue on merkitty granodioriitiksi. Anomalian lineaarisuus viittaa liuskeisiin, mutta sähkömagneettisen anomalian voimakkuus ympäristöön nähden tekee kuitenkin kohteesta kiinnostavan myös malmipotentialin suhteen. Mittaustulokset ja -arvot viittaavat selkeästi magneettiseen ja hyvin johtavaan rakenteeseen.

Anomalian poikki mitattiin kolme geofysiikan mittausradiota. Kairauksessa todettiin gneissiytyneen granodioriitin muuttuneen paikoin kiillerikkaaksi ja grafiittipitoiseksi. Gneississä on kapeita magneettikiisua sisältäviä grafiittipitoisia liuskeisia ja gneissimäisiä osueita, paksuimmillaan 3,4m. Nämä voidaan paikallistaa petrofysiikan mittaustuloksien mukaan lentomittausten sähköjohtavuus- ja magneettisen anomalian lähteeksi. Kairausnäytteiden analyysinäytteissä on lievää kuparipitoisuuden nousua, mutta muista arvometalleissa ei näissä kairauksissa löydetty merkittäviä pitoisuuksia.

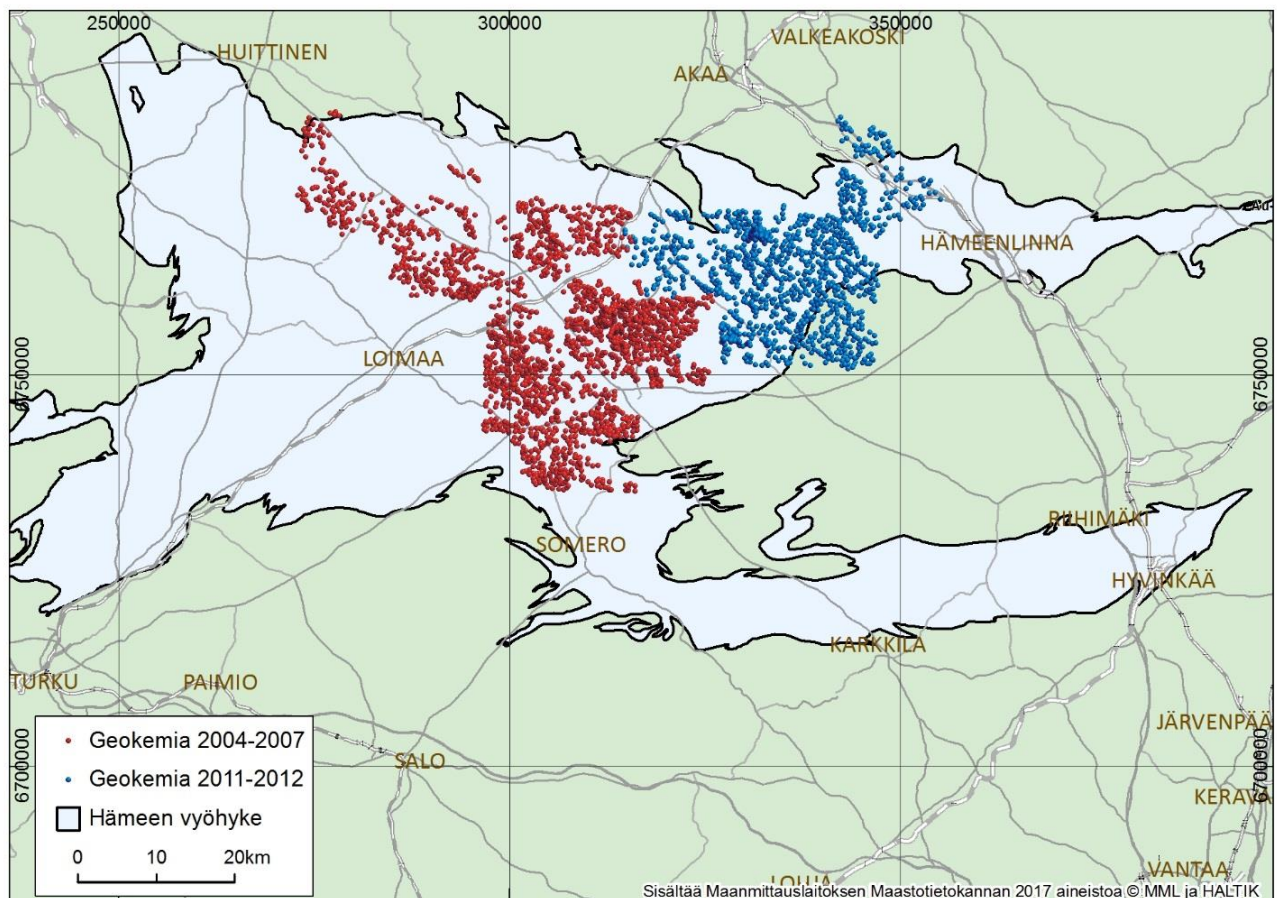
### 3.3 Moreenigeokemia

Hämeen vyyhykkeen tihennetty (kohdentava) moreenigeokemiallinen kartoituksen valmistelu aloitettiin vuonna 2003. Se toteutettiin useammassa vuosina 2004-2014 pohjamoreenin kartoituksena näytetiheydellä noin 4 näytettä/km<sup>2</sup> (Kärkkäinen ym. 2008, 2015a, Huhta ym.

2014). Näytteet otettiin läpivirtausterällä tela-alustaisella iskuporakoneella GM50/75- GM150. Yhteensä otettiin 6 836 näytettä, pääosin maanomistajien luvalla. Pelkästään vuonna 2011-2015 kirjallinen lupa näytteenottoon hankittiin GTK:n Rovaniemen aluetoimiston avustuksella noin 2000 maaomistajalta.

Näytteenotto oli käytettävissä olleiden resurssien puitteissa jatkuvaa vuosina 2004-2014. Vuosina 2004-2007 geokemian näytteenotto tehtiin Forssan ja Huittisten väliseltä alueelta (Kuva 23). Tuloksista tunnistettiin mm. Kedonojankulman alueen malmikriittisyys (Tiainen ym. 2008, Kärkkäinen ym. 2012). Vuosina 2011-2014 moreenigeokemian kartoitusta jatkettiin Forssan itäpuolella, ulottuen Tammelan alueelta Hämeenlinnaan ja Kalvolaan (Kuva 23; Huhta ym. 2014). Yhteenveto kaikkien tutkimusvaiheiden tuloksista on esitetty raportissa Huhta ym. (2015).

Lisäksi tehtiin myös kohteellista moreenigeokemiallista kartoitusta hankkeessa esiin tulleiden geokemian ja geofysiikan anomalioiden kontrolloimiseksi. Kohteellisissa geokemian kartoituksissa näytteet otettiin hajaprofiileina, pisteväli oli yleensä noin 50 metriä. Kohteellisten tutkimusten tulokset on julkaistu erillisissä kohderaporteissa mm. Susikkaasta (Sipilä ym. 2014), Kedonojankulmasta (Tiainen ja Kärkkäinen 2011), Kuumasta (Tiainen ym. 2017c), Arolanmäellä (Tiainen ym. 2017d), Kalsusta (Leväniemi ym. 2016b), Kokkojoelta (Kärkkäinen ym. 2015a), Kaakkosuolta (Leväniemi ym. 2016b), Mustikkavuoresta (Leväniemi ym. 2016b), Uunimäeltä (Kärkkäinen ym. 2016b), Särkisuolta ja Lempäystä (Kärkkäinen ym. 2016c). Pirttikoskella tutkimukset jatkuvat malminetsintäluvan puitteissa.



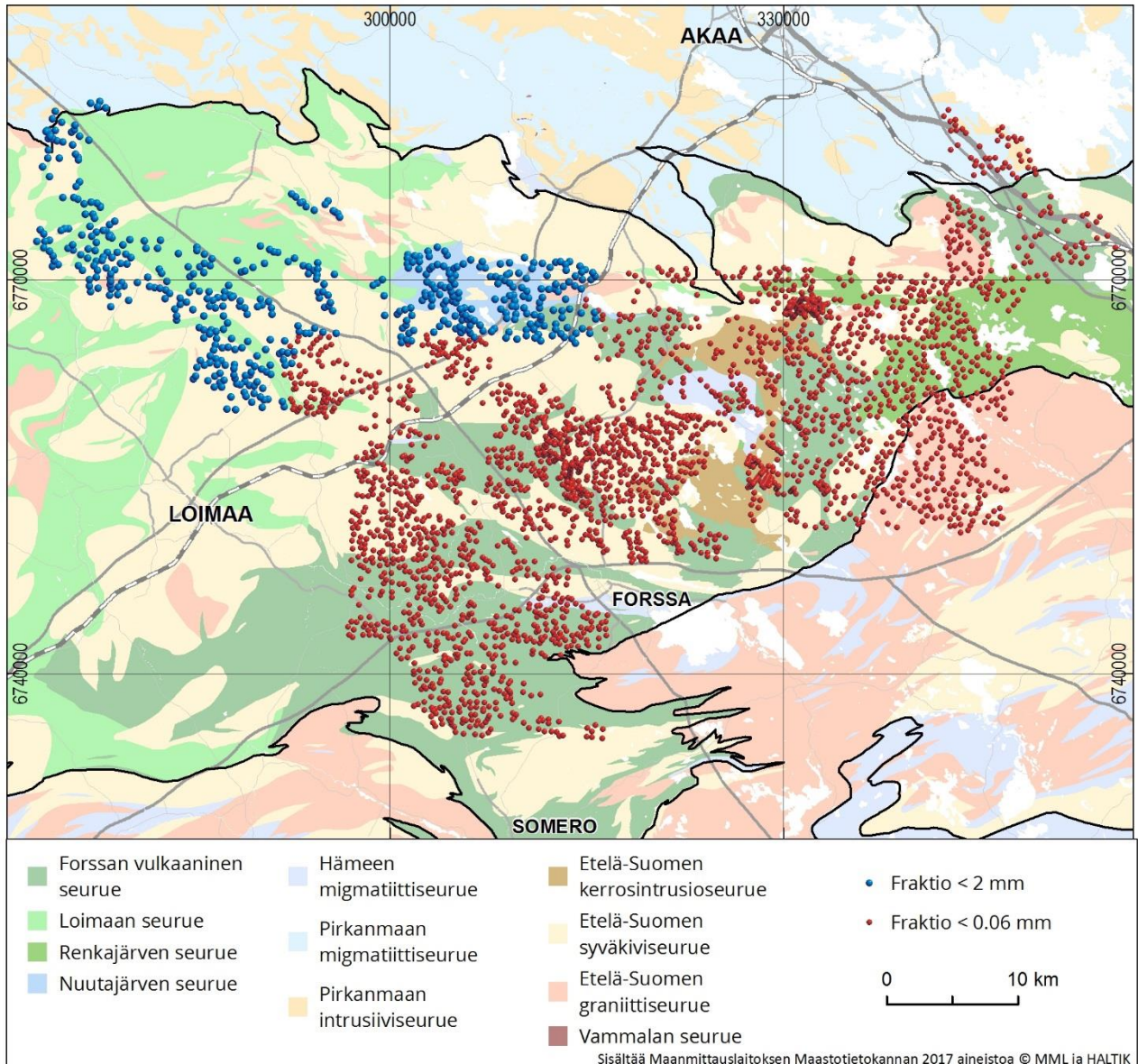
**Kuva 23.** Hämeen vyöhykkeen geokemian näytteenottopisteet eri hankevaiheissa : siniset pisteet = tämä hanke. Pohjakartta on DigiKp-kallioperäkartta.

Kemialliset analyysit tehtiin Labtium Oy:n Kuopion laboratoriossa moreenin hienoaineksesta (< 0.06 mm) kuningasvesiliuoksesta ICP-OES- ja –MS-menetelmillä (515PM, 5 g näytettä). Suuren pitoisuusvaihtelun vuoksi hippuefektin eliminoimiseksi kulta analysoitiin uudestaan grafiittiuni-menetelmällä (515U), jossa esikäsittelynä elohopeakerasaostus ja kuningasvesiliuotus. Huittisten ja Urjalan alueen näytteet (ns. Forssa III) analysoitiin vuonna 2016 raekokofraktiosta alle 2 mm (Kuva 24; Kärkkäinen ym. 2012).

Osittaisliuotuksella saadaan sulfideihin sisällyvistä metalleista näytteeseen sisältyvä kokonaispitoisuus, kun taas silikaateista liukenee vain osa. Siten eri alkuaineiden suhteellinen liukenevuus näytteissä vaihtelee paljon. Helpoimmin metalleista liukenevat kupari ja nikkeli, kun esimerkiksi sinkin liukenevuus vaihtelee suuresti. Eri alkuaineiden määritysrajat on esitetty raportissa Huhta ym.(2014).

Tähän raporttiin sisältyvien näytesarjojen tilaukset ovat:

220822, 504547, 214946, 504548, 221162, 220885, 214949, 220907, 220941, 220961, 221066, 221065, 221064, 221127, 221184, 40024, 40033, 40059, 40075, 40077, 40116, 40127, 40128, 86805, 86806, 86807, 86808, 86984, 86985, 86995, 87080, 87096, 87422, 87423, 87424, 87426, 200239, 200240, 202083, 202083\_2, 202083\_3.



**Kuva 24.** Hämeen vyöhykkeen geokemian näytteenottopisteet ja analysoitu fraktio: punaiset pisteet fraktio <0,06 mm; siniset pisteet = fraktio < 2mm. Pohjakartta on DigiKp-kallioperäkarta.

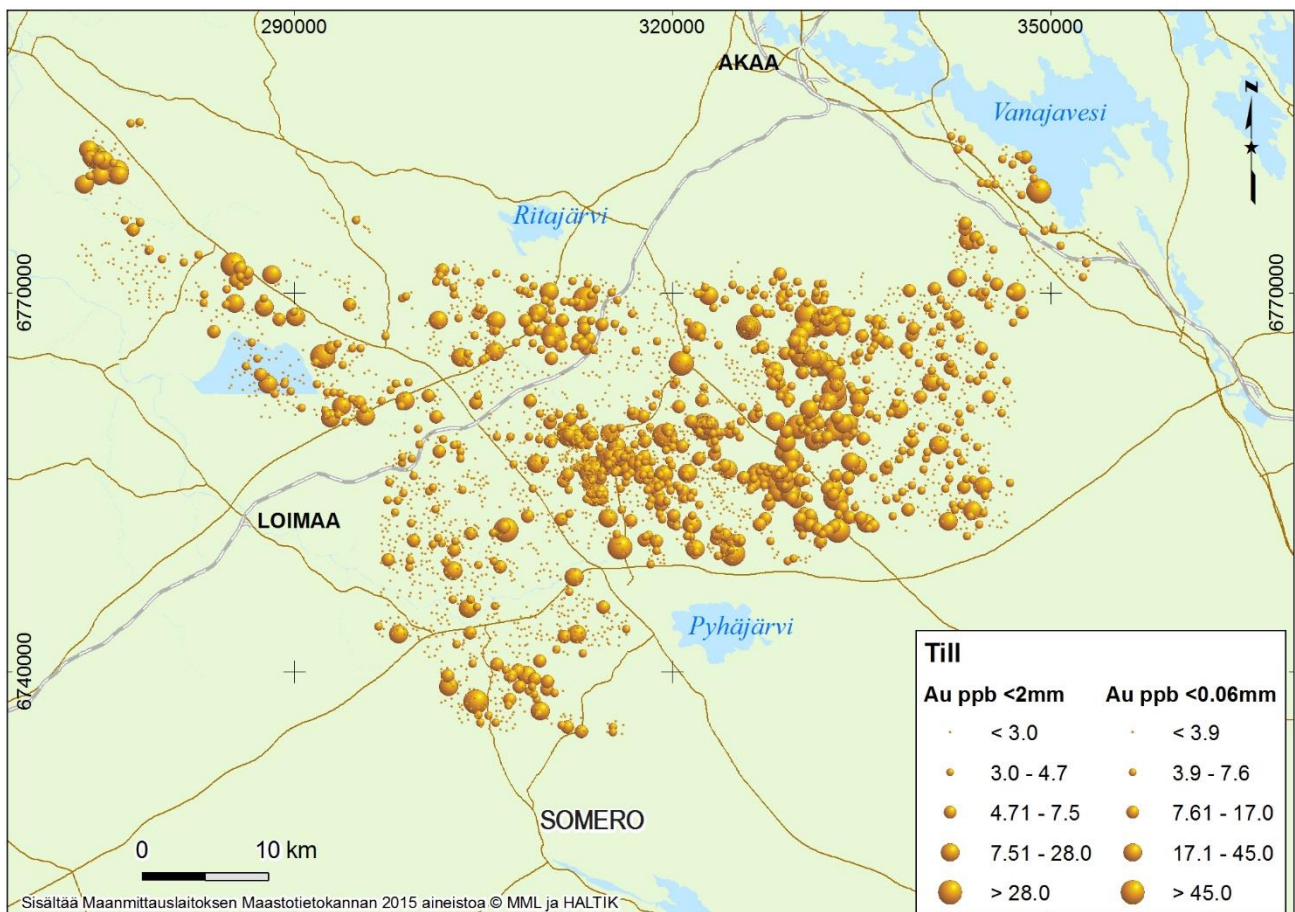
### 3.3.1 Moreenigeokemian tulokset

Pohjamooreenin kemiallinen koostumusvaihtelu kuvastaa Hämeessä hyvin peitteisten alueiden kallioperää (Perttunen 1977, Lahtinen & Lestinen, 1996). Myös tämän hankkeen aikana geokemian anomalioita ehdittiin tarkistaa sen verran, että menetelmän voidaan osoittaa toimivan hyvin Hämeessä. Pohjamooreenin koostumusvaihtelun avulla voitiin havaita useita malminmuodostukseen liittyviä prosesseja, metallien rikastumista ja kivilajien muuttumisprosesseja. Moreenianomalioiden syy tai lähde jäi muutamien kompleksisten anomaloiden osalta selvittämättä. Esimerkiksi Pirttikosken Vuorenkylän monimetallianomalian syyksi voidaan arvioida eri menetelmiä yhdistämällä alueen poikkeuksellisen monipuolinen kallioperä ja sen poikkeuksellinen luonne.

Outokumpu Oy ja Rautaruukki Oy ovat raportoineet Hämeen vyöhykkeellä tekemänsä moreenigeokemialliset tutkimuksensa yhtiön sisäisinä raporteina. Yhtiöiden tutkimustulokset saatiin käyttöön vasta hankkeen loppuvaiheessa eikä niitä ehditty kunnolla hyödyntää. Data täydentää merkittävästi avainalueiden geokemiallista aineistoa, mm. Susikkaan Au-Cu-anomalian yhteys Liesjärven alueeseen selvisi, kun Outokumpu Oy:n moreenigeokemian data yhdistettiin GTK:n dataan. Rautaruukki Oy:n pegmatiittiprojektin tina-anomaliat osoittavat kompleksipegmatiittikentän ulottuvan itään ainakin Renkajärven Kanajärven alueelle. Hankkeen suunnittelemaa Sn-Nb-anomalioiden tarkistamista ei kuitenkaan ehditty toteuttaa näytteenottolupa-ongelmien takia.

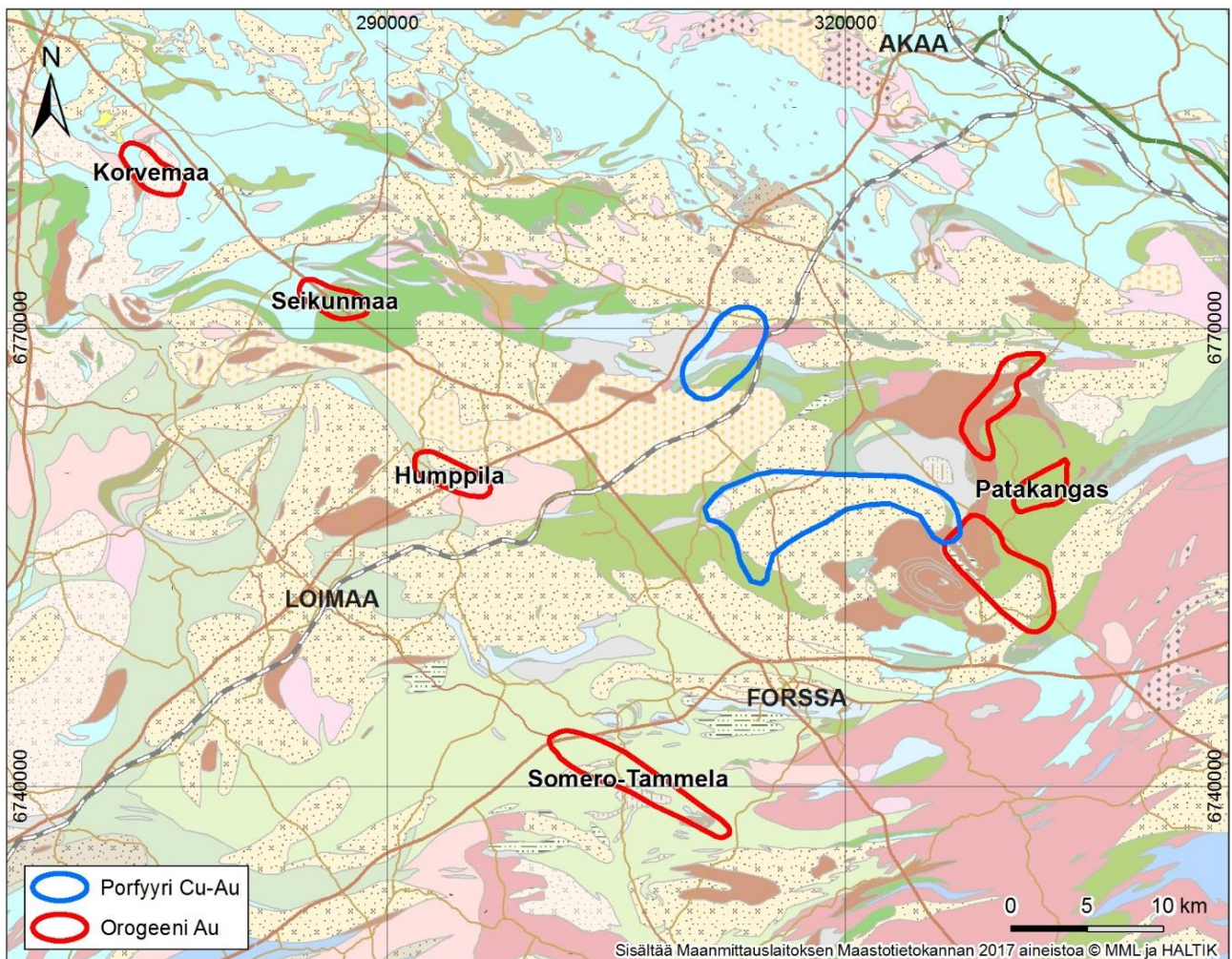
### 3.3.2 Alueelliset alkuainekohtaiset tulokset

**Kulta:** Moreenigeokemian korkeita kultapitoisuuksia on useilla osa alueilla (Kuva 25). Niitä on kontrolloitu raskasmineraalitutkimuksilla ja kohteellisilla tutkimusmenetelmillä. Tulosten mukaan tutkimusalue sisältää useita sekä orogeeniseen että porfyrytyyppiin luokitettavia kultakriittisiä alueita (Kuva 26). Granitodiympäristön porfyryriesiintymiin liittyvä kulta voi olla rikastunut hiertovyöhykkeissä. Osa niistä voitaisiin esiintymistapansa ja genetiikan puolesta luokitaa myös orogeenisiksi.



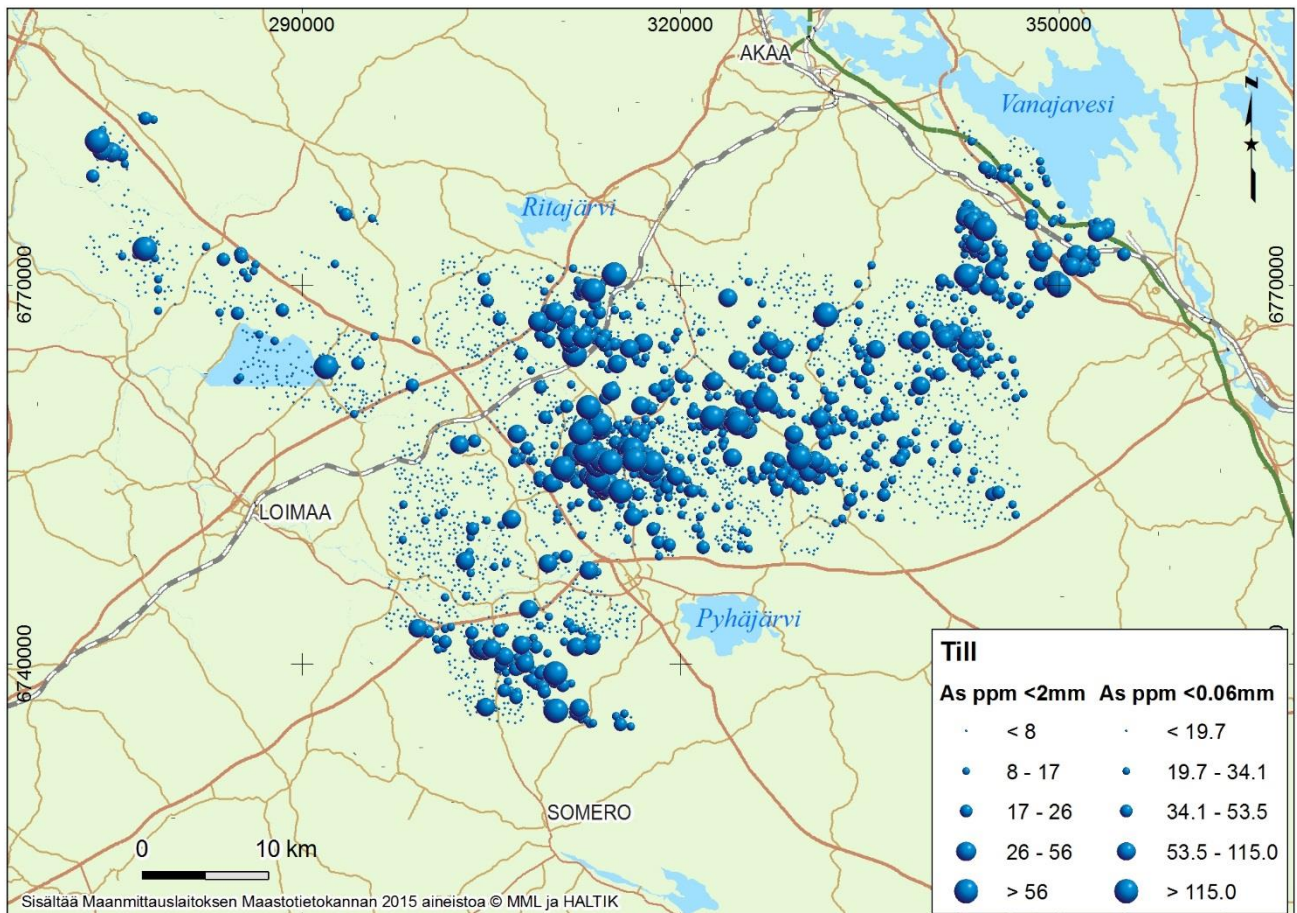
**Kuva 25.** Moreenin kultapitoisuudet Hämeen vyöhykkeellä. Molempien raekokofraktioiden pitoisuudet skaalattu pitoisuusjakaumien perusteella erikseen (ks. Huhta ym. 2015).





*Kuva 26. Moreenigeokemian perusteella orogeenisen kullan suhteen potentiaaliset alueet Hämeen vyöhykkeellä*

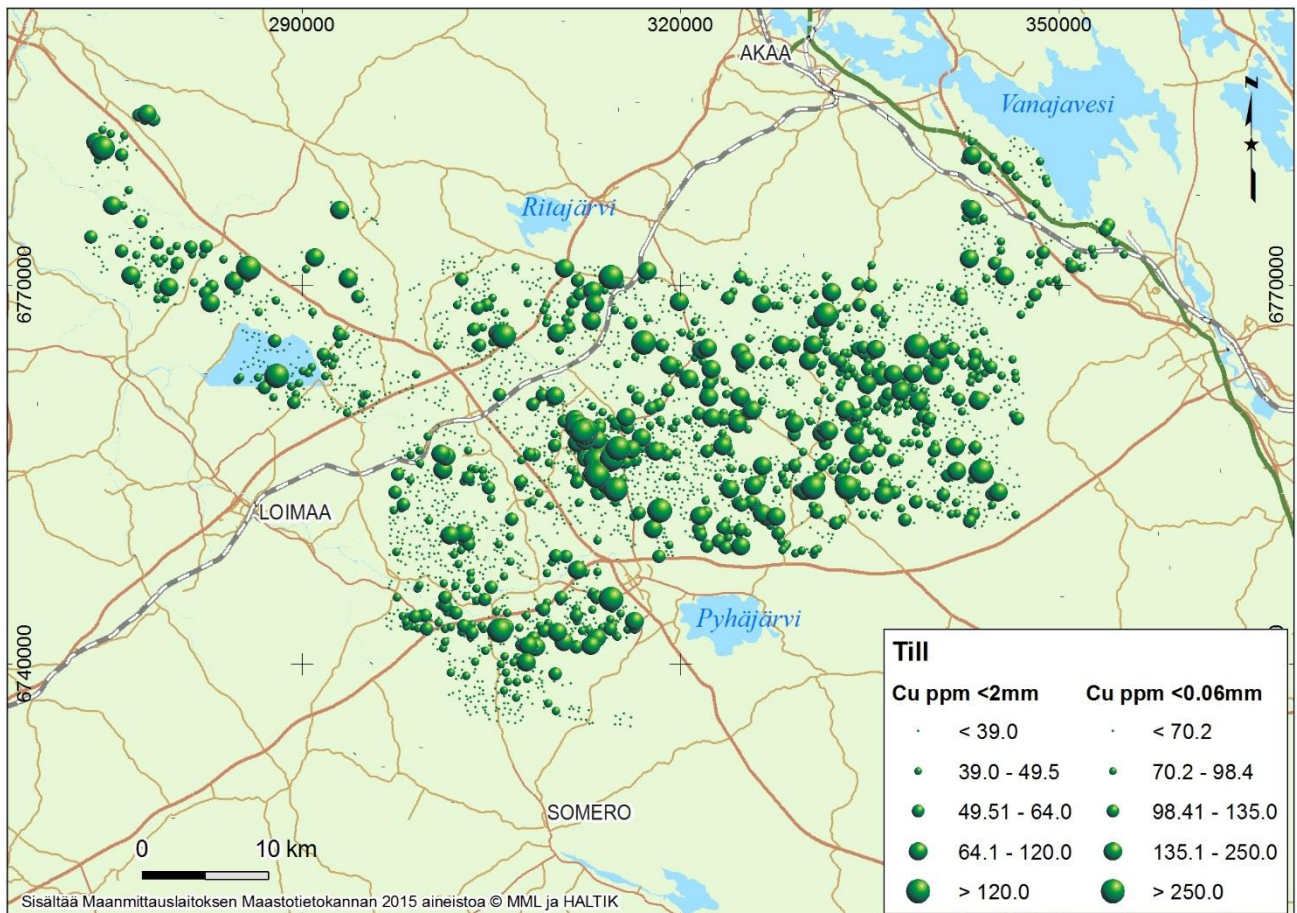
**Arseeni, telluuri ja antimoni:** Geokemiallisesti kultapotentiaalia voidaan arvioida myös Hämeessä tavallisimpien seuralaismetallien arseeni, antimoni ja telluuri perusteella. Arseenia on anomaalisesti Satulinmäen ja Huittisen alueella sekä Kedonojankulmasta Liesjärvelle suuntautuvalla alueella (Kuva 27). Forssan gabron itäpuolisella arseenia on vähän, paitsi Kalvolan ja Hämeenlinnan alueella. Myös Kokkojoen eteläpuolella on laajahko As-anomalia. Telluurin ja antimonin yhtenäisin kohonneiden pitoisuuksien alue on Kedonojankulman-Arolanmäen alueella ulottuen siitä kaakkoon Forssaan asti.



**Kuva 27.** Moreenin arseenipitoisuudet Hämeen vyöhykkeellä. Molempien raekokofraktioiden pitoisuudet skaalattu pitoisuusjakaumien perusteella erikseen (ks. Huhta ym. 2015).

**Kupari:** Forssan pohjoispuolella oleva kuparianomalia (Kuva 28) liittyy monimetalliseen As-Te-Bi-Au-Cu-Zn-anomaliaan (Kärkkäinen ym. 2012). Eri alkuaineiden moreenigeokemian anomaliaita yhdistämällä rajattiin porfyirikuparimalmien potentiaalinen alue (Kuva 29). Tarkemmissa kohteellisissa tutkimuksissa laajasta Arolanmäen Cu-Au-As-Zn anomaliasta erottuivat erilliset Kedonojankulman Cu-Au, Arolanmäen Cu-Au, Liesjärven Cu-Au ja Kuuman Zn-anomaliat.

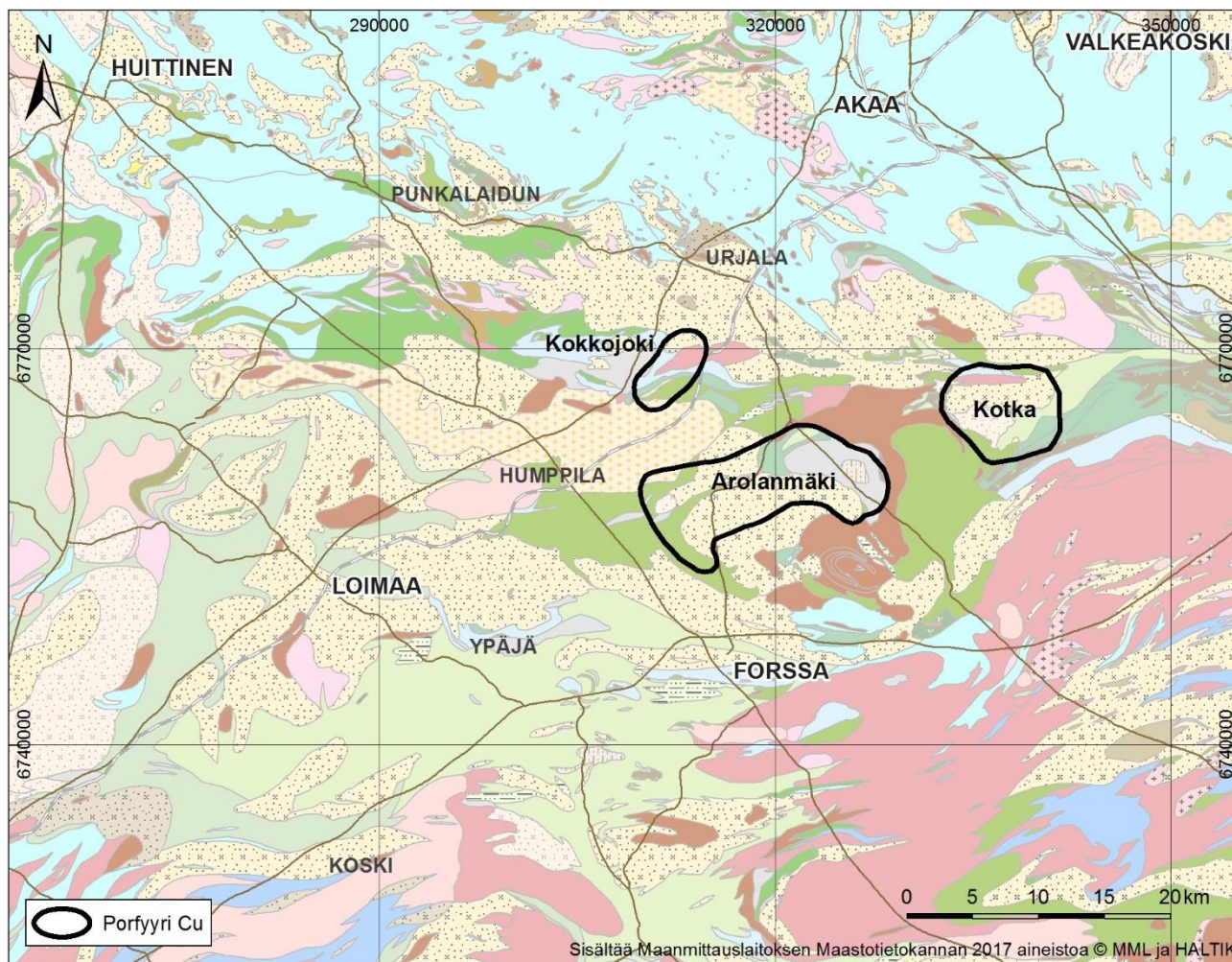
Kohdentavan moreenigeokemian perusteella kohdennetut kohteelliset moreenigeokemialliset ja muut malmigeologiset tutkimukset johtivat Kedonojankulman kupari-kultaesiintymän (Tiainen ym. 2008, 2012), Arolanmäen kulta-kupariesiintymän (Tiainen ym. 2017d) ja Kuuman sinkkiaiheen (Tiainen ym. 2017c) löytymiseen sekä Liesjärven alueen lisätutkimuksiin (Kärkkäinen ym. 2015b).



**Kuva 28.** Moreenin kuparipitoisuudet Hämeen vyöhykkeellä. Molempien raekokofraktioiden pitoisuudet skaalattu pitoisuusjakaumien perusteella erikseen (ks. Huhta ym. 2015).

Porfyryityypisten esiintymien potentiaalikartalle rajatuilla alueilla on päällekkäisyyttä Kuuman ja Kotkan VMS-potentiaalisten alueiden kanssa (Kuvat 29,30).

Kotkan anomalia-alueen tutkimukset ovat vielä jatkuneet toisessa hankkeessa. Kokkojoen anomaliasta on kontrolloitu vain Kokkojoen graniittia, josta paikannettiin Bi-As-Mo- ja fluoriittipitoinen scheeliitti-mineralisaatio. Alustavien kartoitusten mukaan kultakriittinen alue sijaitsee graniitin ulkopuolen liuskeissa ja vulkaniiteissa.



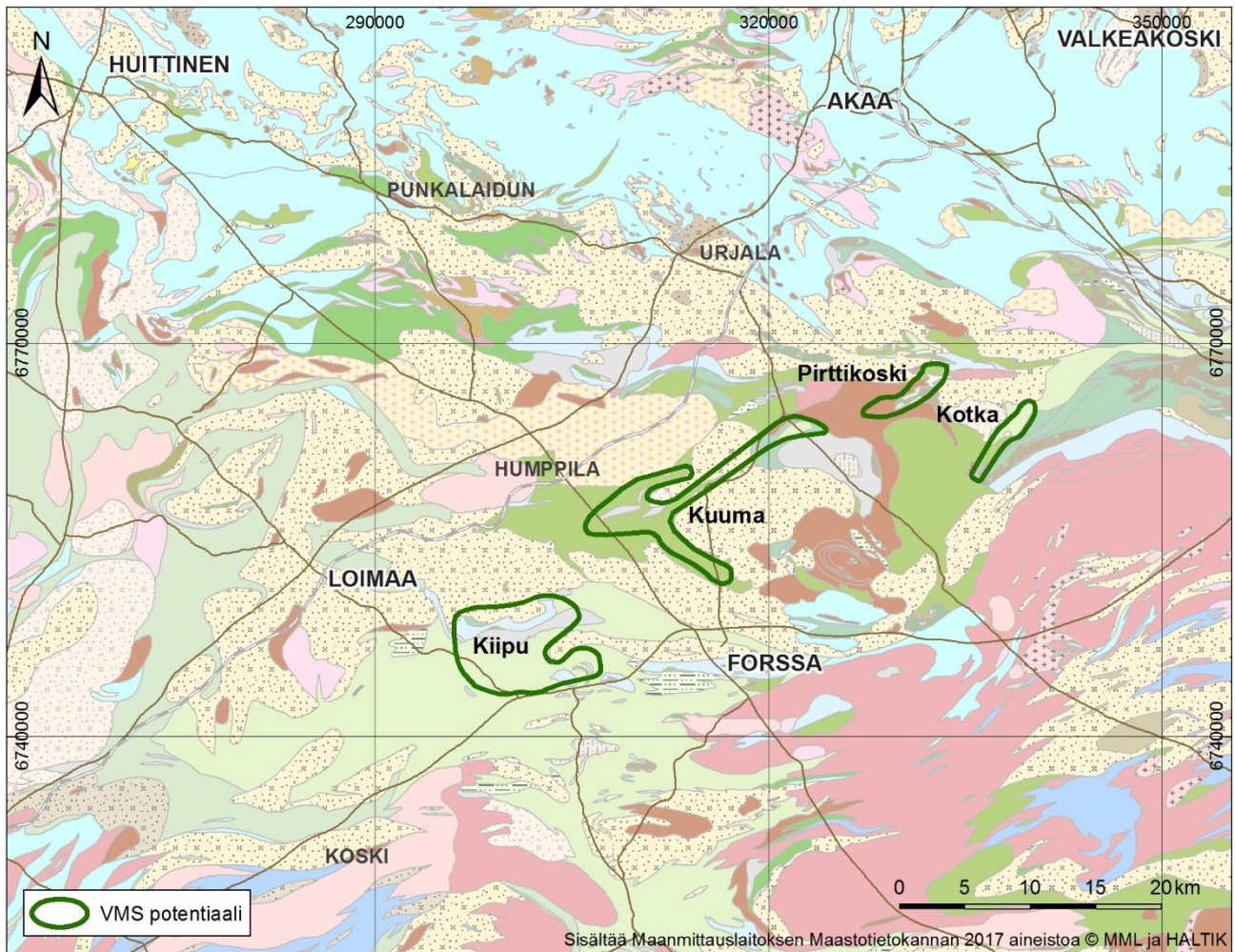
**Kuva 29.** Moreenigeokemian perusteella porfyyrityyppisten tai granitoideihin liittyvien Cu-malmien potentiaaliset alueet.

**Cu-Zn-Au:** Massiivisia sulfidimalmeja (VMS) kuvastavia geokemiallisia anomaliaita on käytetystä geokemian aineistosta vaikea tunnistaa. Koska kupari ja kulta liittyvät myös muihin malmityyppeihin (Cu-Ni, porfyyrinen Au-Cu, orogeeninen Au), sinkki on käyttökelpoisiin VMS-potentiaalain arvioimisessa. Tosin sinkin esiintymisessäkin on päällekkäisyyttä muiden malmityyppien kanssa. Esimerkiksi Kedonojankulman porfyryiesiintymässä on sinkkivälkettä. Myös Somero-Tammela-vyöhykkeessä Riukan orogeenisen kultaesiintymän rikkaimmassa osassa sinkkivälke on tyypillinen malmimineraali. Tämän vuoksi hankkeessa VMS-malmipotentialin arvioimisessa tukeuduttiin geofysiikkaan (Leväniemi ja Karell, 2013).

Hankkeen tutkimuksissa Kedonojankulman eteläpuolelta löydettiin Kuuman sinkkimineralisaatio. Vanhastaan tunnettuja ovat Tupalan Zn-Cu-esiintymä Somerolla ja Leteensuon Zn-esiintymä Kalvolassa sekä vahvojen muuttumisvyöhykkeiden luonnehtimat Kiipun Zn-aihe Ypäjällä ja Katumajärven sulfidimalmiaihe Hämeenlinnassa.

Kartalla (Kuva 30) rajatut VMS-potentiaaliset alueet ovat geokemiallisesti erilaisia ja saattavat luokitua myös porfyryri-Cu-luokkaan, kuten Kuuman alue ja Hanhisuona alueet, joissa

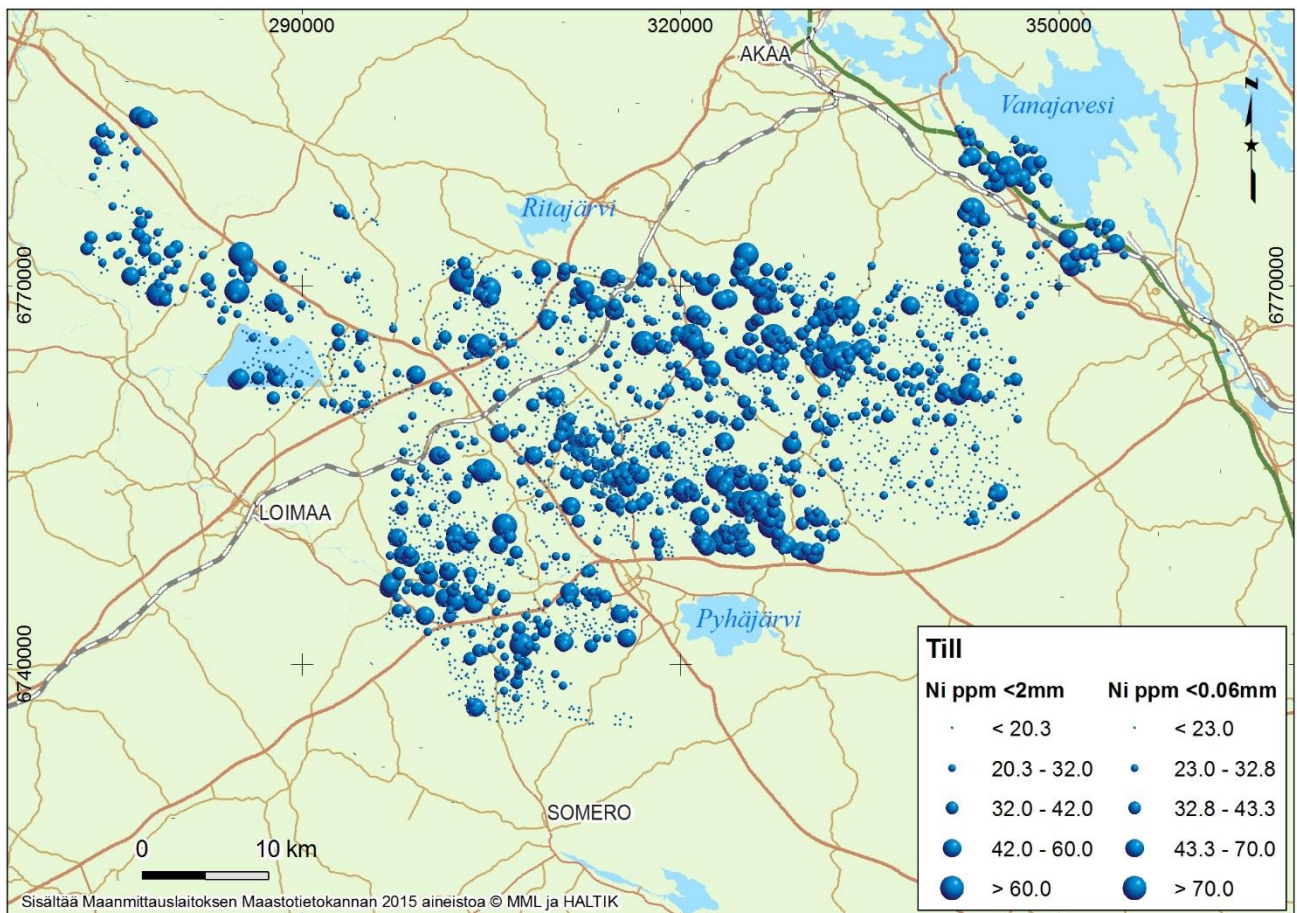
molemmissa sinkin lisäksi on parageneesi Sb-Te-Cu-S. Alueella "Kotka S" GTK on laajentanut lupaavin tuloksin Rautaruukki Oy:n löytämän kuparimineralisaation tutkimuksia.



**Kuva 30.** Moreenigeokemian mukaan massiivisten sulfidimalmien (Cu-Zn-Pb) suhteen potentiaaliset alueet.

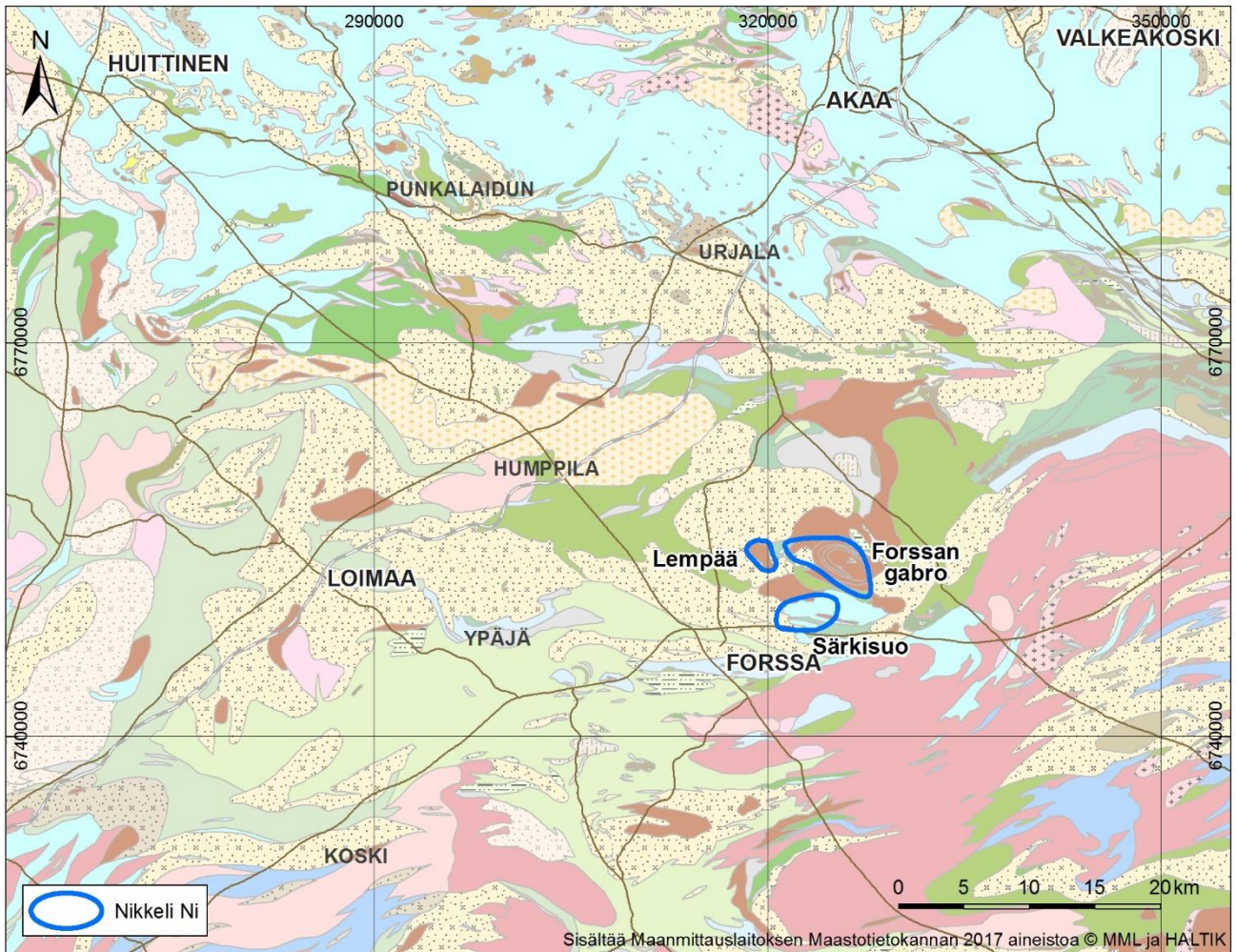
**Nikkelin** kohonneet pitoisuudet ryhmittyvät selvimmin Forssan gabron lounaisosan alueelle (Kuva 31, 32), mistä tunnetaan vanhastaan Särkisuoan mafis-ultramafiseen intruusioon liittyvä Cu-Ni-mineralisaatio (Huopaniemi 1978).

Kohonneita Ni-pitoisuuksia on heikommin ryhmittyneinä koko tutkimusalueella (Kuva 31). Pohjoisosassa olevista Ni-anomaliosta osa saattaa liittyä mustaliuskeisiin, joita on tavattu hankkeen aikaisissa geofysiikan anomalioiden kairauksissa Pirttikoskella ja Kaakkosuolla (Nuutajärven alueella). Kokonjärven ja Metsämaan alueilla kohonneet Ni-pitoisuudet liittyvät mafisiin intruusioihin, mutta alueella ei ole tehty yksityiskohtaisempia kartoituksia nikkelin esiintymisestä. Esimerkiksi Kalsussa nikkelpotentiaaliseksi rajattu alue liittyy runsaana esiintyvään magneettikiisuun vahvasti kiisuuntuneissa mafisissa vulkaniiteissa. Sekundaarisesti esiintyvien kiisujen runsaus kuvastaa Kedonojankulman lähiympäristön geokemiallisesti ja malmipotentialistesti monipuolista luonnetta.



**Kuva 31.** Moreenin nikkelpitoisuudet Hämeen vyöhykkeellä. Molempien raekokofraktioiden pitoisuudet skaalattu pitoisuusjakaumien perusteella erikseen (ks. Huhta ym. 2015).

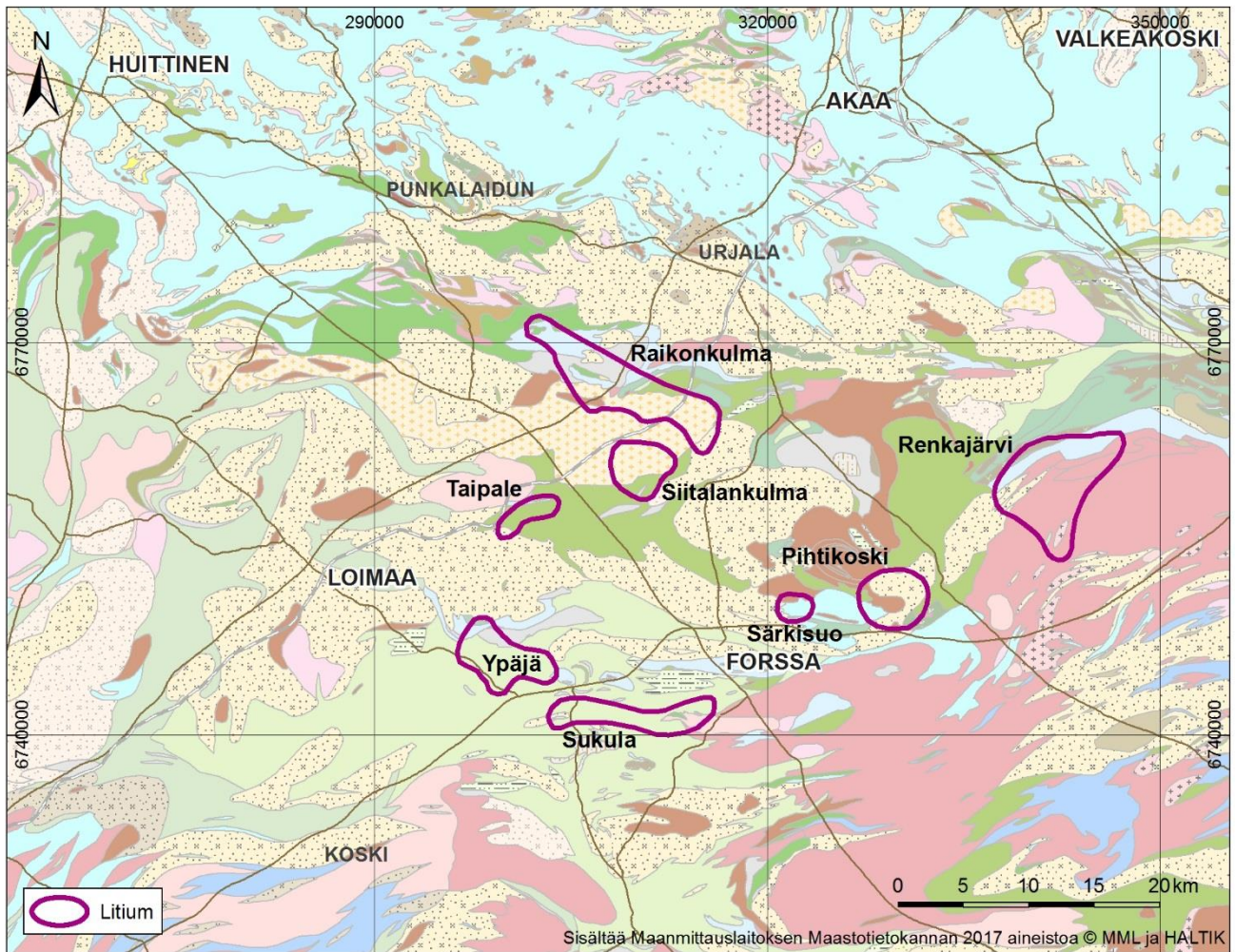
Hankkeen aikana paikannettiin Cu-Ni-mineralisaatio Forssan gabron länsipuolella Lempään mafis-ultramafisessa intrusiossa (Kuva 32). Tutkimukset siellä käynnistyivät geofysikaalisen EM-anomalian syyn selvittämisenä (Leväniemi ja Karell 2013, Kärkkäinen ym. 2016c).



**Kuva 32.** Moreenigeokemian perusteella nikkelin suhteen potentiaaliset alueet Hämeen vyöhykkeellä.

**Litiumia** on niukasti Hämeen vyöhykkeen vulkaniiteissa ja syväkivissä. Poikkeuksen muodostaa vyöhykkeen eteläosa, missä Sukulan Pihtikoskella Hämeen vulkaniiteissa ja granodioriitti-intruusion kontaktissa on litiumia (Kuva 33). Hämeen vyöhykkeen eteläpuolella, Rengon graniitin pohjoisosassa Renkajärvellä litiumia on yhtenäisimmin anomaalisesti koko tutkimusalueella. Myös Humppilan granitoidiin liittyy korkeita Li-pitoisuuksia. Litiumia on analysoitu vain osasta näytteenotokentän NW-osan alle 2 mm fraktion näytteistä, kuten Nuutajärven vulkaanis-sedimenttisen seurueen alueelta, missä on kohonneita Li-pitoisuuksia (50->100 ppm). Kairauksissa on löydetty graniittipegmatiitteja joissa kiillemineraali on LCT-pegmatiittien tapaan muskoviittia (mm. Kuusela ja Ahtola 2013). Peliittisissä kivissä Al-silikaatti on andalusiittia.

Tammelan alueella Li-potenitaalia on tunnetulla alueella Torrjonsuon ympäristössä, sekä idempänä Etelä-Suomen gneissi-graniittikompleksin reunavyöhykkeellä, missä Rautaruukki Oy:n raskasmineraalitutkimuksissa on havaittu kompleksipegmatiitteihin mahdollisesti liittyviä kassiteriitti-anomaliaita moreenissa (Peuraniemi 1990). Alueelle suunniteltiin anomalioiden tarkistuksia geokemian avulla, mutta näytteenottoa ei kuitenkaan ehditty tehdä hankkeen toiminta-aikana.



**Kuva 33.** Moreenigeokemian perusteella litiumin suhteen potentiaaliset alueet Hämeen vyöhykkeellä.

**W-Mo.** Hämeen vyöhykkeen itäosasta on runsaasti malmiviitteitä volframista, muutamia kairattuja scheeliittiesiintymiä (Tömäjärvi, Vahervuori) sekä useita viitealueita myös Hämeenlinnan itäpuolella, joka jäi hankkeen geokemiallisen tutkimusalueen ulkopuolelle. Molybdeenistä sen sijaan on niukasti havaintoja. GTK on aiemmin tutkinut Mo-viitteitä Someron eteläosasta, mistä samassa yhteydessä tavattiin myös scheeliitin mineralisoitumista. Kedonojankulman Cu-esiintymään liittyy molybdeenihohdetta, joka esiintyy kvartsijuoniverkostossa vahvimmin mineralisoituneen alueen reunaosilla. Kokkojoella paikannettiin moreenigeokemian ja raskasmineraalitutkimusten perusteella kairauksessa graniitin greisenjuoniin liittyvä scheeliittimineralisaatio (Kärkkäinen ym. 2015a).

Teknisistä syistä W-analyysyjä saatiin hankkeen geokemian näytteistä vasta viimeisessä tutkimusvaiheessa v. 2011-2014, eli alueen itäosasta (Huhta ym. 2014). Volframian analysoinnissa on GTK:n scheeliittitutkimuksissa todettu "hippuefektiä", joka tosin saattaa liittyä pelkästään analyysiproseduriin (Lindmark 1986). Siten volframian alhaisia pitoisuuksia ei voi pitää pois-sulkevana piirteenä.



### 3.3.3 Granitoidialueiden moreenigeokemia

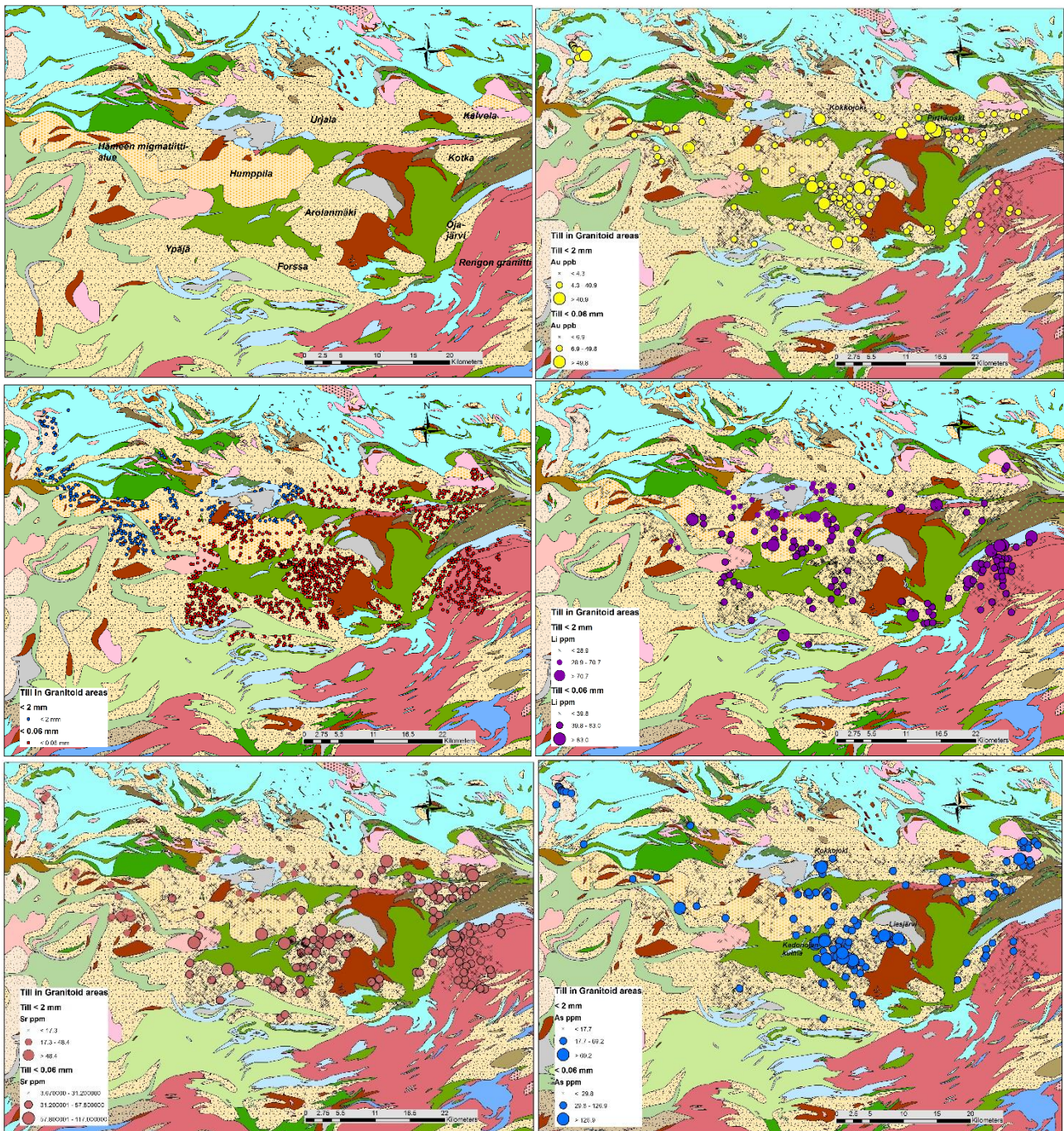
Geokemian aineistosta selvitettiin, voiko vain granitoidialueilta otettujen moreennäytteiden perusteella arvioida Hämeen granitoidien metallogeniaa ja malmipotentiaalia, sekä mahdollisesti myös tunnistaa yksittäisten intruusioiden eroavuuksia (Kärkkäinen ym. 2015d). Lähtökohtana tälle ovat Hämeen vyöhykkeellä tärkeät granitoideihin liittyvät malmityypit: a) Jokioisten Kedonojankulman kulta-kupariesiintymä ja b) Someron, Tammelan ja Forssan alueen erikoismetalleja (litium, beryllium, niobi) sisältävien graniittipegmatiittien keskittymä.

Vain granitoidialueilta koostuvassa moreenigeokemiassa saadaan hyvin rajattua malmipotentialiset porfyrymalmityypiset alueet kullan (Au), arseenin (As), antimoinin (Sb), telluurin (Te), lantaanin (La), strontiumin (Sr), litiumin (Li) ja yttriumin (Y) pitoisuustasojen perusteella (Kuva 34). Arolanmäen intruusion länsiosalla on paikallista vaihtelua, osin on vyöhykkeellisesti ja osin päällekkäin parageneesit Au-Sb-As (suuntausta NW-SE), Zn-Te (SW-osalla), rikki (NW-osalla) ja Bi pohjoisosalla. Kedonojankulman-Kuuman aluetta kuvastaa monimetalliparageneesi Au-Cu-Bi-Te-Sb-S-Zn. Arolanmäen intruusion itäpäässä Liesjärven alueella vallitsevana on parageneesi As-Au-Cu-Te-Bi. Arolanmäen intruusiota peittävän moreenin kanssa samatyypisiä ovat pohjoisessa Kotkan ja Kalvolan ja etelässä Ojajärven granitoidialueen moreeni. Näistä poikkeaa mm. Humppilan granitoidi, jonka alueen moreenissa ovat koholla Y, La ja Li.

Yhteenvetona voidaan todeta, että Hämeen granitoidialueiden moreenin geokemiassa koko Hämeen alueella voidaan eri alkuaineista havaita alueellista ryhmittymistä:

- 1) Hydrotemiset (porfyrymalmityypiset) metallit As-Au-Sb-Te (-Cu-Zn)
- 2) Fraktiotuneet graniittisysteemit
  - a) Mo (mahdollisesti kvartsijuonet)
  - b) Li (volatiiliset pegmatiittifaasit)

Eräiden La-anomalioiden maastotarkistuksissa on löydetty Kalvolan graniitin bastnaesiittia (Al-Ani ja Ahtola 2014).



**Kuva 34.** Kallioperäkartan mukaan granitoidialueilta valittujen moreenipisteiden geokemiaa: Ylärivillä moreeninäytteenottoapaikat ja nimetyt granitoidialueet; keskellä: litiumin ja strontiumin; alarivillä kullan ja arseenin pitoisuusvaihtelu granitoideissa

### 3.3.4 Moreenin raskasmineraalitutkimukset

Hämeen alueelta on otettu 902 raskasmineraalinäytettä vuosina 2002 – 2014 (Huhta ym. 2014). Näytteet on otettu kaivinkoneella tehdyistä tutkimuskaivannoista vertikaalinäytteinä tai lapiolla moreenista 0.5-1.5 metrin syvyydestä 10-litran astiaan. Aines on pesuseulottu alle 2 mm:n fraktioon ja ajettu ”Gold Hound”- laitteen läpi.

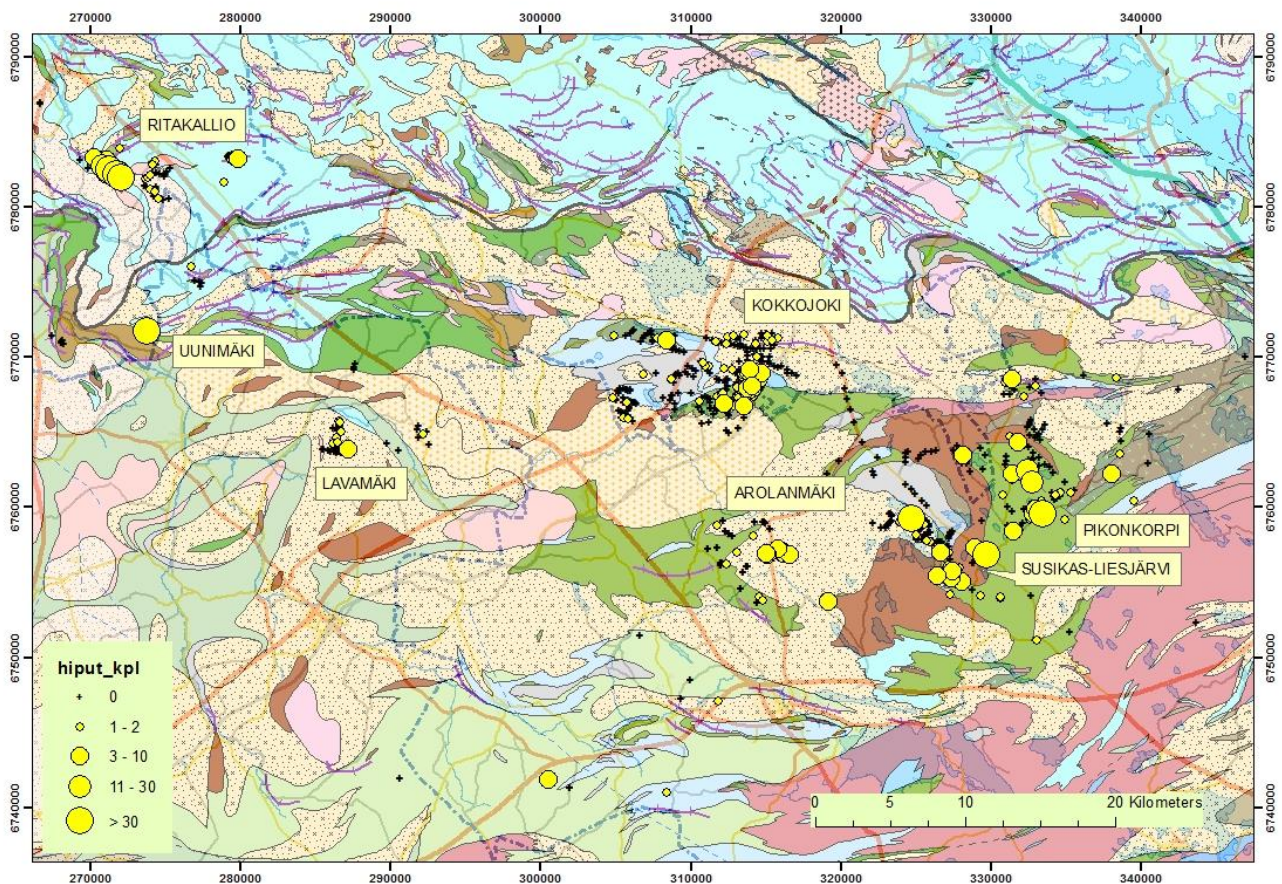
Jatkotutkimuksiin on otettu raskain fraktio, joka sisältää kiisut, magnetiitin, ilmeniitin, granaatit ja muut ominaispainoltaan raskaat mineraalit sekä kullan. Fraktio on tutkittu stereomikroskoopin alla ja kultahippujen lukumäärä ja koko on määritetty. Neljäosassa näytteistä (227) oli kultahippuja. Näiden perusteella on laskettu kultapitoisuus alkuperäisessä 20 kg:n näytteessä.

## Tulokset

Moreenin raskasmineraalitutkimuksia tehtiin muilla menetelmillä havaittujen anomalioiden testaamiseen. Kultahippuja esiintyy sekä kohdealueella että alueilla, joilla hanke ei ole tehnyt tarkempia tutkimuksia (Kuva 35).

Hippuja esiintyy yleisesti Huittisten Ritakallion, Arolanmäen, ja Susikkaan kohteissa. Kokkojoen alueella raskasmineraalitutkimuksilla paikannettiin greisen-tyyppinen volframiesiintymä (Kärkkäinen ym. 2015a), mutta sen lisäksi kultarakeet viittaavat kullan mineralisoitumiseen sen lähialueella. Anomalisesti kultahippuja on myös ns. Patakankaan alueella Pikonkorvessa, jossa hanke teki vain tunnusteluluonteisia selvityksiä (Huhta ym. 2016).

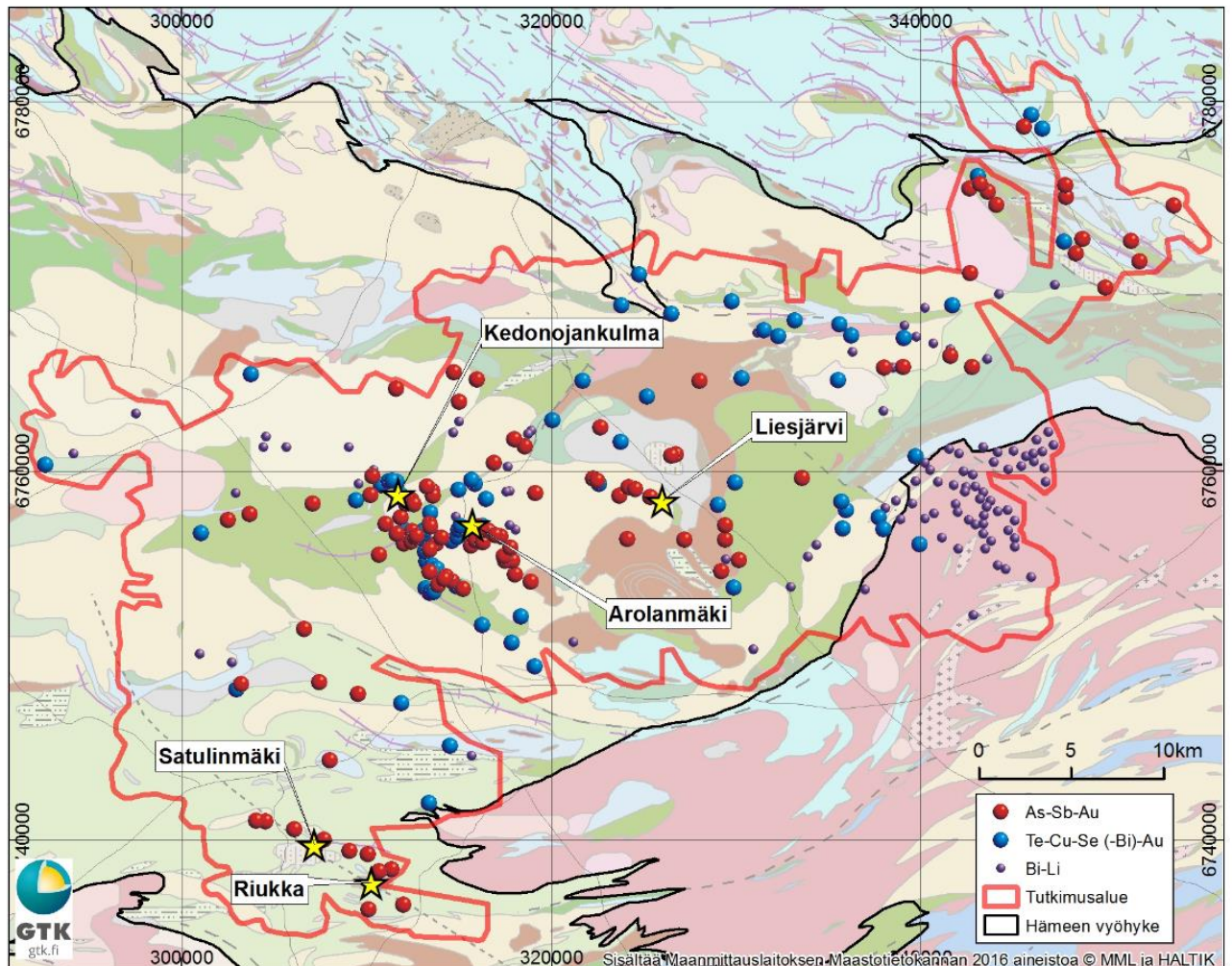
Raskasmineraalitutkimusten tulokset optisesti tehtyine mineraalimäärityksineen ovat raportissa Huhta, ym.(2014).



**Kuva 35.** Raskasmineraalinäytteenotto ja kultahippujen määrä kohteissa (Huhta ym. 2014).

### 3.3.5 SOM-analyysi Hämeen vyöhykkeen moreeniaineistosta

SOM-analyysi (Self-Organizing Map) tehtiin Hämeen vyöhykkeen moreenin hienoaineksen (<0.06 mm) geokemiallisesta aineistosta (Hulkki 2015, Leväniemi ym. 2016a). SOM-mallinnuksen tarkoituksena oli tutkia mm. alkuainesuhteita, määrittää alkuaineseurueita ja anomaalisia näytteitä sekä tunnistaa mahdollisia erilaisia geologisia prosesseja tai trendejä. Malli luotiin käyttäen hankkeessa kerättyjen 2943 hienoainesmoreeninäytteen (<0,06 mm) 17 eri alkuainetta.



*Kuva 36. Tutkimusalueelta havaittujen eri alkuaineseurueiden sijoittuminen DigiKp-kartalla. Kuvaan on merkitty myös alueen tunnettuja Au-esiintymiä.*

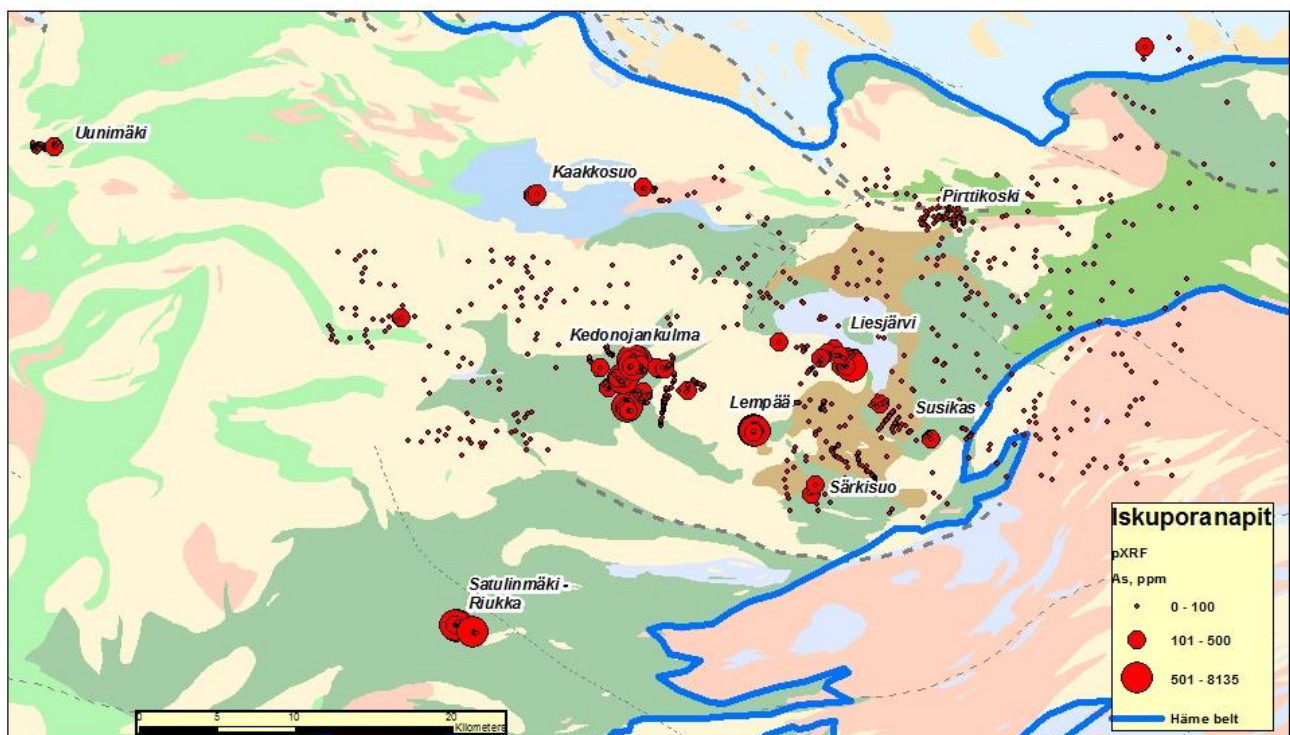
SOM-analyysin perusteella tunnistettiin kolme mielenkiintoista alkuaineseuruetta, joista kahteen liittyy korkeita tai kohtalaisen korkeita Au-pitoisuuksia; As-Sb-Au-, Te-Cu-Se (-Bi)-Au- ja Bi-Li-alkuaineseurueet (Kuva 36). Alkuaineseurueet todennäköisesti ilmentävät erilaisia ja/tai eri-ikäisiä geologisia tapahtumia alueella. Korkeahkojen kultapitoisuuksien liittyminen kahteen havaittuun alkuaineseurueeseen kertoo, että alueella voisi olla ainakin kaksi erillistä mineralisointumista kullan suhteen. SOM-mallinnuksen perusteella malmipotentialisin alue on Arolanmäen ympäristö, jossa esiintyvät kaikki kolme havaittua alkuaineseuruetta.

Arolanmäen granitoidista ja sen ympäristöstä tunnetaan entuudestaan Kedonojankulman ja Arolanmäen ja Liesjärven Cu-Au-esiintymät.

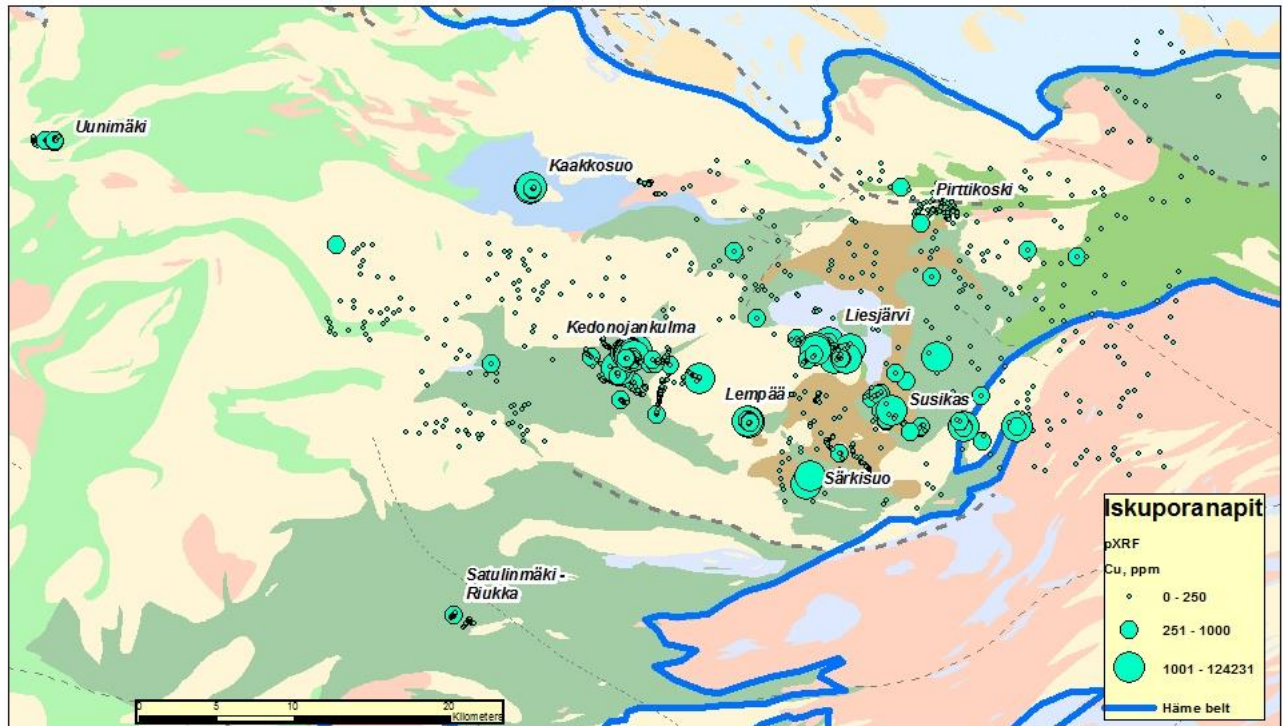
### 3.3.6 Iskuporanäytteiden kalliinäytteiden geokemia

Pohjamooreenin iskuporanäytteenoton yhteydessä saadaan usein maaperänäytteen lisäksi kalliinappeja. Nappeja saatiin yhteensä 2324 kpl 6 836 moreeninäytepisteestä eli noin 36 %:ssa näytteenottopisteistä. Kivinapeista on määritetty silmämääräisesti kivilaji ja mahdollinen muuttuminen, malmimineraalit ja analysoitu nappien kemiallinen koostumus kannettavalla xrf-laitteella (pXRF), tärkeimpinä Cu-, Zn-, Ni-, ja As-pitoisuudet. Menetelmä on kuvattu tarkemmin raportissa 60/2017 (Tiainen ym. 2017a). Kuvissa 37-38 esimerkkeinä ovat kivinappien As- ja Cu-pitoisuudet.

Kivinappien analyysitulokset osoittavat selkeästä alueen tärkeimmät malminetsintäkohteet. Erityisesti menetelmä soveltuu laaja-alaisten esiintymien etsimiseen, kuten granitoideihin porfyryityypin Cu-esiintymät ja mafisten intrusioiden Ni-Cu esiintymät. Mutta myös orogeenisista Au-esiintymistä saadaan viitteitä As- ja S-anomaliaista, kuten Satulinmäen ja Uunimäen kohteet. Lempään Ni-kohteessa arseeni on sitoutunut gersdorfiittiin (Kärkkäinen ym. 2016c).



Kuva 37. Pohjamooreeninäytteenoton kivinappien As-anomaaliset näytteet.

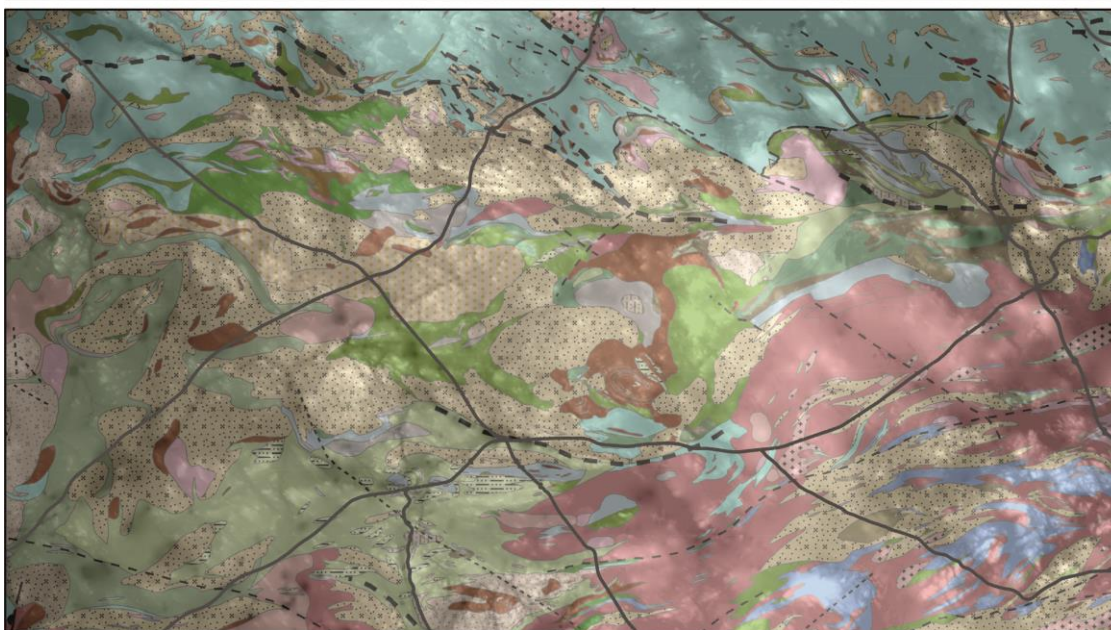
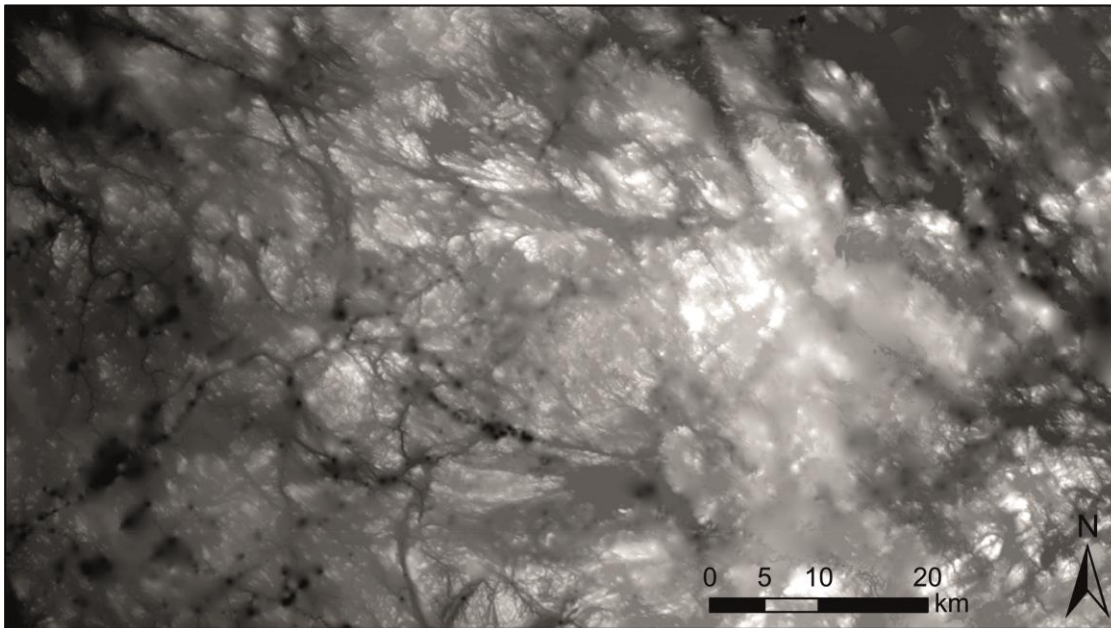


Kuva 38. Pohjamooreeninäytteenoton kiviainepien Cu-pitoisuudet.

### 3.3.7 Kalliopinnan topografiamalli

Hämeen vyöhykkeen moreeninäytteenoton, kairausten ja maaperätutkimusten yhteydessä on kertynyt runsaasti tietoa maapeitteen paksuudesta. Havainnoista on mallinnettu sekä kalliopinnan topografiamalli että maapeitteen paksuusmalli (Markovaara-Koivisto 2016).

Kalliopinnan topografiamallin lähtötiedoiksi koottiin GTK:n tietokannoista erilaisia suoria kalliopintahavaintoja, tulkittuja kalliopintahavaintoja, sekä syvyyssuuntaisia havaintoja, joissa kalliopintaa ei saavutettu. Suoria kalliopintahavaintoja saatiin kalliönäytekairauksista, paljastumahavainnoista, maaperäkartoituksista, uurrehavainnoista ja tutkimuskaivannoista. Tulkittuja kallioperähavaintoja saatiin gravimetrisistä tulkinnoista, kalliovarmitamattomista maaperäkairauksista ja turvetutkimuksista. Hämeen vyöhykkeellä iskuporakalustolla toteutetun tihennetyn moreeninäytteenoton yhteydessä on tallennettu näytteen syvyystieto, jossa on arvioitu loppuiko kairaus kallioperään, rapakallioon tai johonkin maakerrokseen (Huhta ym. 2014). Kalliohavaintojen lisäksi mallissa otettiin huomioon nekin syvyyshavaintopisteet, jotka loppuivat maaperään. Nämä pisteet antavat tietoa siitä, että kallio sijaitsee syvemmällä kuin havaintosyvyys. Maaperään loppuvia havaintoja olivat maalajihavainnot, pohjatutkimusrekisteri, tutkimuskaivannot ja turvetutkimukset.



### Kallionpinnan topografia

High : 179.012  
Low : 36.6443

———— Päätiet

0 5 10 20  
km



**Kuva 39.** Kairaus- ja iskuporaustietojen perusteella topo to raster-työkalulla mallinnettu kallionpinnan topografia (ylempi) yhdistettynä kallioperäkarttaan (alempi). Tummat sävyt kallionpinnan matalimmissa kohdissa ja vaaleat korkeammissa kohdissa.

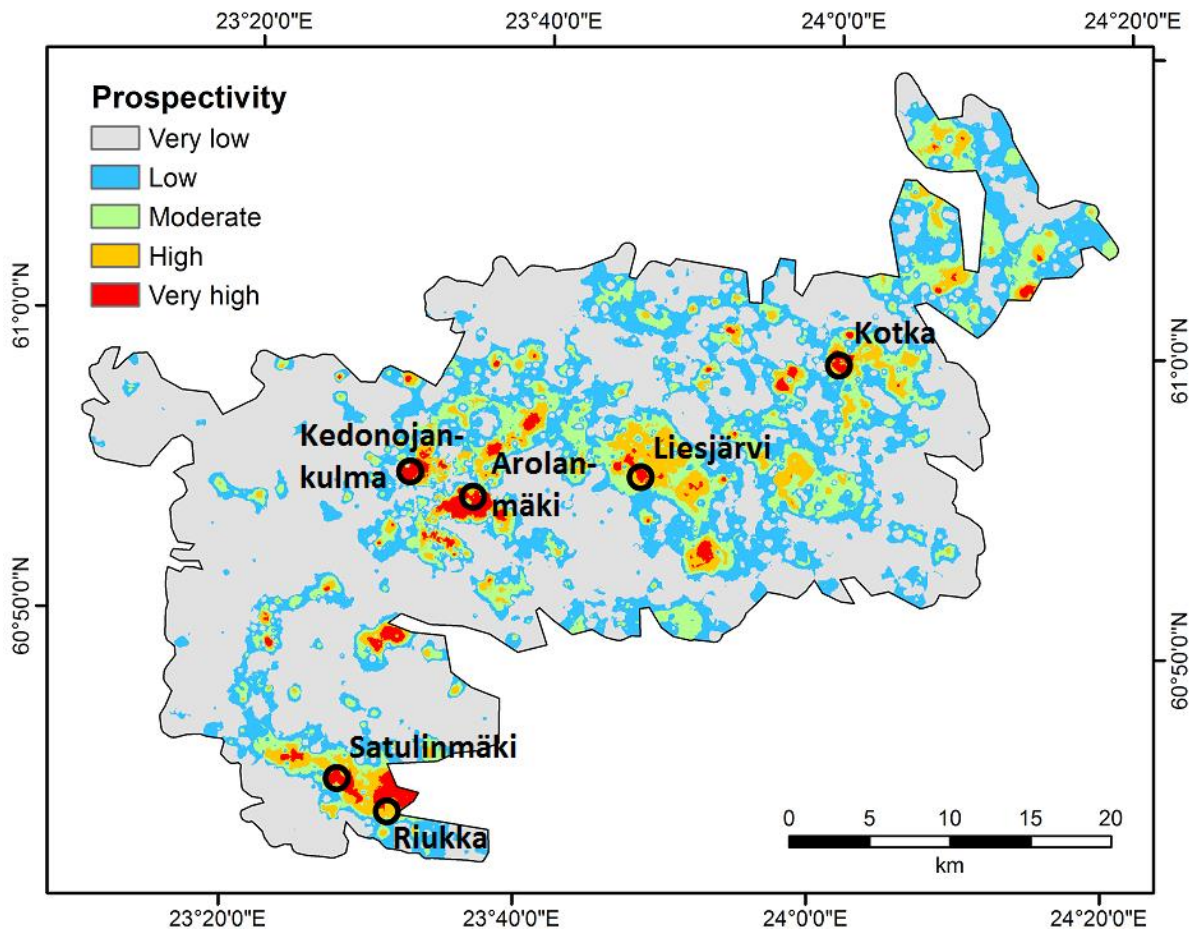
Kallionpinnan korkeuden interpolointi tehtiin ArcMap-ympäristössä Topo to raster- ja TIN-työkaluilla. Topo to raster-työkalulla tehty kallionpinnan topografiainmalli tehtiin 100 x 100 m<sup>2</sup> solukoolla. TIN-työkalu taas kolmioi pinnan tarkasti havaintopisteisiin. Tuotettu pintamalli on

siten kolmioitu tiheämmin siellä missä havaintopisteitä on runsaammin. Kuvassa 39 on esitetty Topo to raster-työkalulla tehty Hämeen alueen kalliopinnan korkomalli harmaasävykuvana ja kallioperäkarttaan yhdistettynä.

### 3.4 Prospektiivisuus analyysit

#### 3.4.1 Au-prospektiivisuusmallinnus

Au-prospektiivisuusmallinnus (Leväniemi ym. 2016a) tehtiin tarkennetun geokemian aineiston kattamalla n. 1300 km<sup>2</sup>:n alueella. Mallissa käytettiin hyväksi geokemian SOM-analyysilla löydettyjä alkuaineassosiaatioita sekä geofysiikasta tuotettuja rakennekarttoja. Mallinnusaineistot yhdistettiin sumean logiikan mallinnusmenetelmällä. Prospektiivisuusmalli (Kuva 40) osoittaa lähes kaikki tunnetut Au-esiintymät sekä uusia kohteita jatkotutkimuksille.



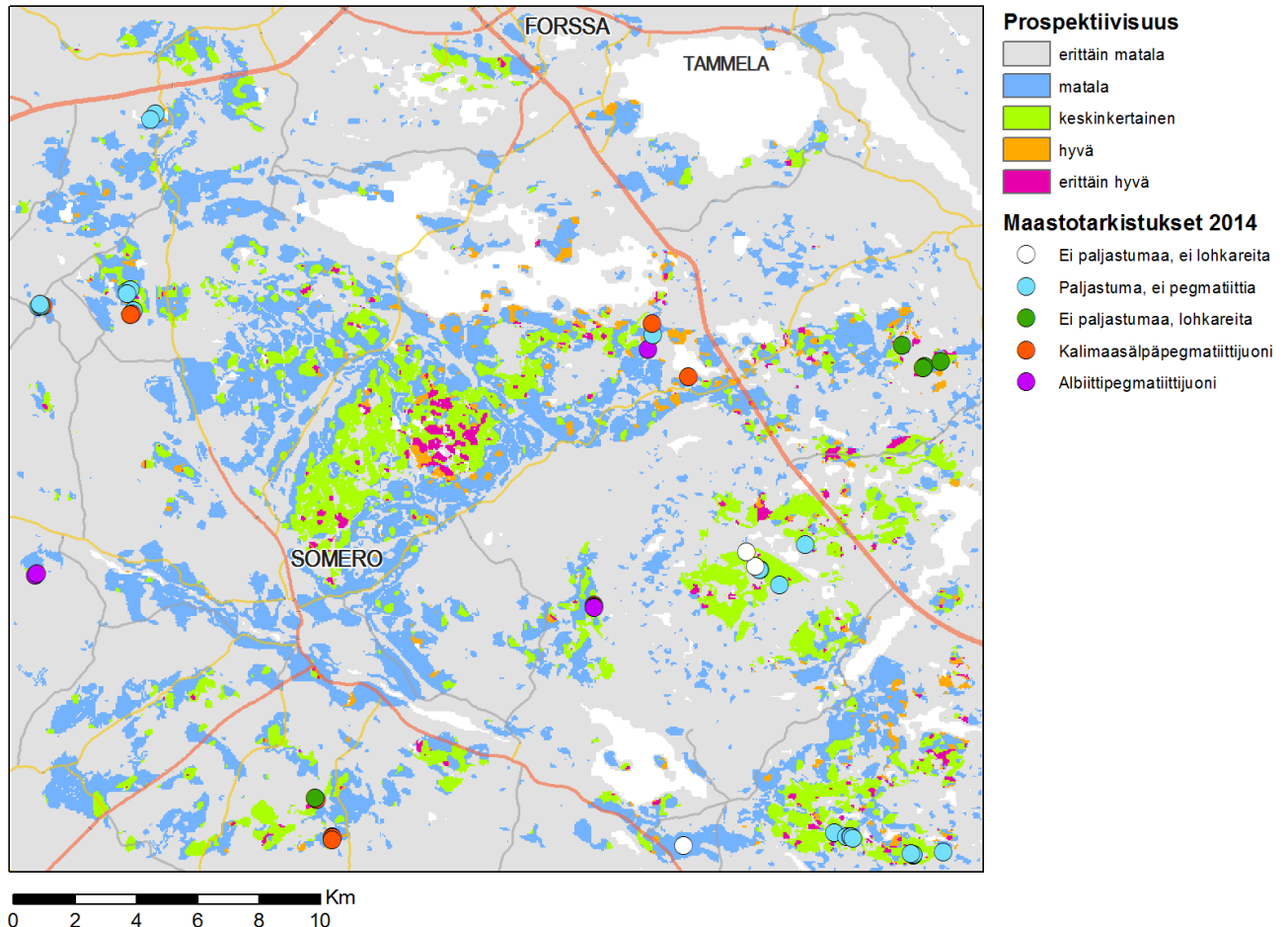
**Kuva 40.** Kullan prospektiivisuusmalli Hämeen vyöhykkeellä Leväniemi ym. (2016a) mukaan.

#### 3.4.2 Li-pegmatiittien prospektiivisuusmallinnus

Somero-Tammelan RE-pegmatiittialueen prospektiivisuusmallinnuksen (Leväniemi 2013) tarkoituksena oli mallintaa Somero-Tammelan alueella litium-pitoisten pegmatiittien esiintymistä käyttäen hyväksi tunnettujen esiintymien sijaintia, alueellisia geoaineistoja sekä tilastollisia monimuuttujamallinnusmenetelmiä ja siten ennustaa pegmatiittien esiintymisalueita. Mallinnuksessa käytettiin painoarvomenetelmää. Mallinnuksessa käytettiin



mallin luokitteluun yhteensä 72 pegmatiittijuonen sijaintia, näistä 70% käytettiin mallin rakentamiseen ja loput 30% mallin validointiin. Huolimatta mallissa käytettyjen lähtöaineistojen vähäisestä määrästä mallin validointi osoitti mallin toimivan alueella kohtuullisen hyvin. Mallin tuloksena saatiin prospektiivisuuskartta n. 30 x 30 km<sup>2</sup> laajuiselta mallinnusalueelta (Kuva 41). Mallin validointi tunnettujen esiintymien avulla on kuvattu samassa raportissa.



**Kuva 41.** Litiumin prospektiivisuusmalli Forssan, Tammelan ja Someron harvinaisia pegmatiitteja sisältävällä alueella (Leväniemi 2013). Karttaan on merkitty maastotarkistuskohteet ja niiden tulokset Ahtolan ja Leväniemen (2015) mukaan.

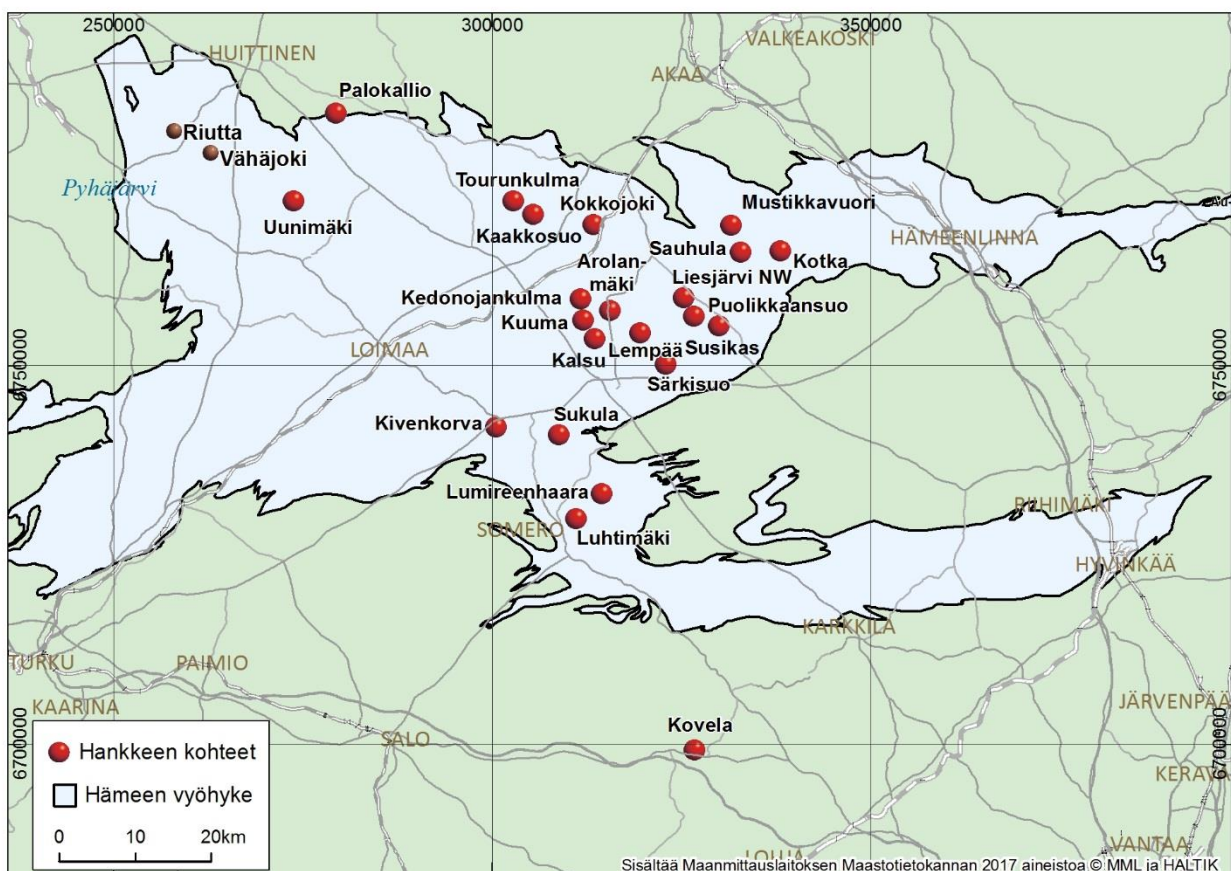
Alueella tehtiin vuonna 2014 maastotarkistuksia prospektiivisuusmallin perusteella suotuisuudeltaan hyväksi tai korkeaksi luokitelluilla alueilla (Ahtola ja Leväniemi 2015). Alueen Li-mineraaleja sisältävät pegmatiitit ovat väriltään vaalean harmaita, albiittivaltaisia ja pääasiainen kiille on muskoviitti. Heikosti fraktioituneet pegmatiitit ovat kalimaasälpevaltaisia, vallitseva kiillemineraali on biotiitti. Maastotarkistuksia ehdittiin tehdä 47 kohteessa, joista 39:ssä oli kalliopaljastumia, niistä 14 pegmatiittia (Kuva 41). Viidessä paikassa tavattiin pegmatiittilohkaraita. Albiitipegmatiittia oli neljässä kohteessa.

Jatkotutkimustarpeina esitetään, että löydetyt albiitipegmatiitit ja niiden lähialue tulisi kartoittaa tarkemmin ja varmistaa kemiallisella analyysillä pegmatiitin koostumus. Koska

suurin osa prospektiivisuusmallin maastotarkistuksissa esiin tulleista pegmatiiteista oli yksinkertaisia kalimaasälpäpegmatiitteja, vaatii prospektiivisuusmallin tarkentaminen jatkossa tuekseen tihennettyä moreeninäytteenottoa.

### 3.5 Hämeen vyöhykkeen kohteelliset tutkimukset

Kohteellisia tutkimuksia tehtiin hankkeen aikana 20 kairatussa kohteessa (Kuva 42, taulukko 4). Osa kohteista oli edellisten hankevaiheiden jatkoa, osa uusien potentiaalisten kohteiden kontrollointia sekä malmityypin ja potentiaalain selvittämistä. Kohteellisia geofysiikan mittauksia on suoritettu tämän hankkeen aikana 16 kohteessa (Liite 4). Työt tehtiin maanomistajien luvalla, mutta pitempiaikaisia tutkimuksia suojattiin kaivoslain varauksen, valtauksen tai malminetsintäluvan suojaamana.



**Kuva 42.** Hankkeen tutkimuskohteet Hämeen vyöhykkeellä.

Kairauksia on v. 2011-2015 tehty yhteensä 19 436 metriä 20 eri kohteessa, eniten Unimäen kulta-aiheella (Taulukko 4). Kairauskohteista 16 ja kairausmetreistä 77% on Hämeen vyöhykkeellä. Kairausten aiheena on ollut geokemian anomalian tarkistus (6 kohdetta), geofysiikan anomalian tarkistus (4 kohdetta), löydetyn malminaiheen arviointi (5 kohdetta), aiemmin paikannetun malminaiheen arviointi (5 kohdetta).

**Taulukko 4.** Hankkeen kairauskohteet. Malmiaiheista uusi = hankkeen löytämä kohde, vanha = ennestään tunnettu aihe.

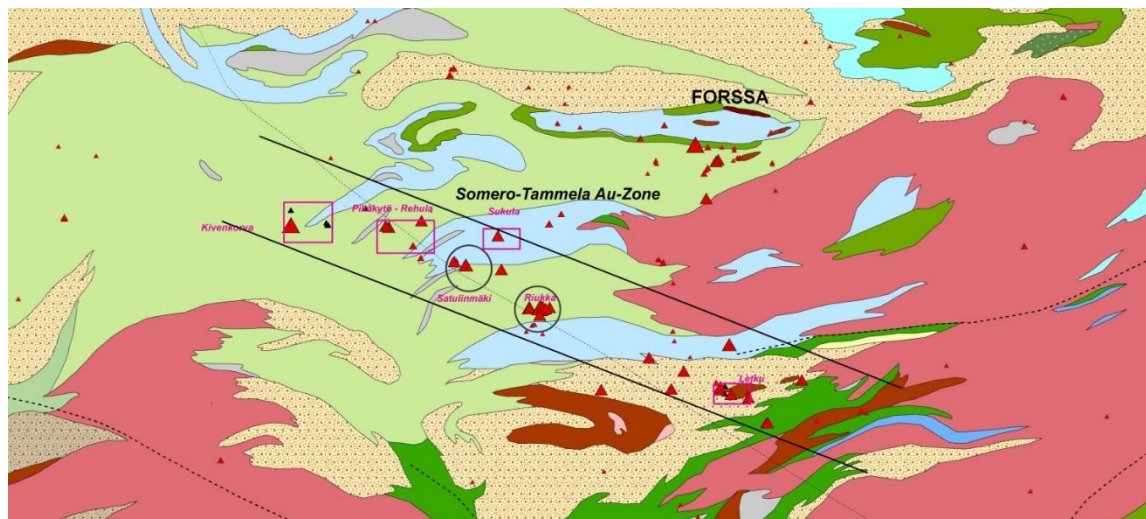
KOHDE	AIHE	Kairausvuosi	Reikien lkm	Kairaus m	GEOLOGI (VIITE)
AITOLAHTI	Au-esiintymä (uusi)	2011	3	244	Kärkkäinen (Kärkkäinen ym. 2014)
KAARKOSUO	Geofysikaalinen anomalia	2015	3	398	Kärkkäinen (Leväniemi ym. 2016b)
KALSU	Geofysikaalinen anomalia	2014	4	579	Kärkkäinen (Leväniemi ym. 2016b)
KOKKOJOKI	Geokemian Au-W-esiintymä (uusi)	2011	4	334	Kärkkäinen (Kärkkäinen ym. 2015a)
KOTKA	Cu-esiintymä (Kinnunen 1987a, 1990)	2014, 2015	7	863	Grönholm (tekeillä)
KUUMA	Zn aihe (uusi)	2012, 2014	16	2106	Tiainen (Tiainen ym. 2017c)
LEMPÄÄ	Geofysikaalinen anomalia	2014	1	180	Kojonen (Kärkkäinen ym. 2016c)
LIESJÄRVI NW	Geokemian Au-Cu-anomalia	2015	9	895	Kärkkäinen (Kärkkäinen ym. 2015b)
LUHTINMÄKI	Li-aihe (vanha, Penikoja)	2012	8	598	Ahtola (Ahtola ja Kuusela 2015)
MUSTIKKAVUORI	Geofysikan anomalia	2015	3	298	Grönholm (Leväniemi ym. 2016b)
PASTO	Au-aihe (uusi)	2011 - 2013	40	2	Isomaa (Wik & Isomaa 2014)
PIRTTIKOSKI	Cu-aihe, (Lindmark 1996)	2013, 2015	19	1635	Grönholm (tekeillä)
PUOLIKKAANSUO	Au-Cu-esiintymä (uusi)	2015	5	526	Kärkkäinen (Kärkkäinen ym. 2015b)
SUSIKAS	Geokemian Au-Cu-anomalia	2012	12	1022	Sipilä (Sipilä ym. 2014)
SÄRKISUO	Cu-Ni-esiintymä (Huopaniemi 1978)	2014, 2015	14	1954	Kojonen (tekeillä)
SÄÄKSJÄRVI	Geokemian Au-anomalia	2011	5	361	Kärkkäinen (Kärkkäinen ym. 2014)
TIILIKALLIO	Au-esiintymä, (Oivanen 1985)	2011	12	812	Isomaa (Kontoniemi 2015a)
TOURUNKULMA	Geokemian Li-anomalia (uusi)	2012	5	507	Kuusela (Kuusela & Ahtola 2013)
UUNIMÄKI	Au-esiintymä (uusi)	2011-2014	33	3174	Kärkkäinen (Kärkkäinen ym. 2015c, 2016b)
VÄLIKORPI	Au-esiintymä (uusi)	2011	5	298	Isomaa (Isomaa 2011)
<b>Yhteensä</b>			<b>200</b>	<b>19436</b>	

**Taulukko 5.** Hankkeen raportoimat, aiemmin kairatut kohteet.

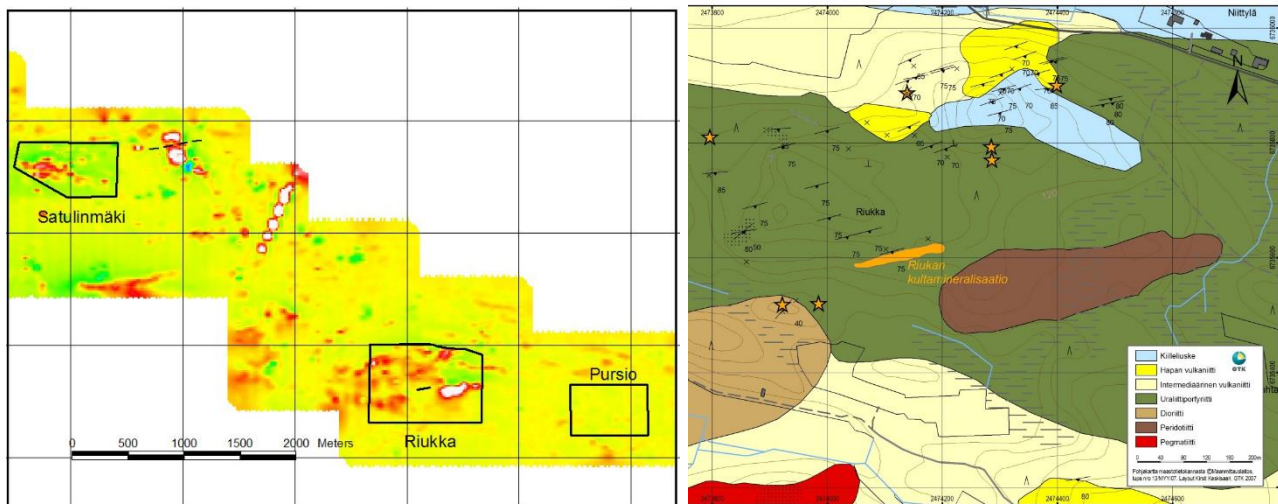
KOHDE	Status	Kairausvuosi	Reikien lkm.	Reikä pituus m	GEOLOGI	Referenssi
AROLANMÄKI	Au-esiintymä	2005 -2010	12	1008	Tiainen	Tiainen ym. 2017d
ERKKILÄ, PIRKKALA	Au-esiintymä	2000, 2001	12	625	Kärkkäinen	Kärkkäinen ja Pelkkala 2013
ERÄJÄRVI	Au-esiintymä	2008	3	292	Virransalo	Kärkkäinen ym. 2016d
KEDONOJANKULMA	Cu.Au-esiintymä	2006 - 2010	72	5198	Tiainen	Tiainen ym. 2013a
KUUMA, FORSSA	Zn-aihe	2005-2007	9	865	Tiainen	Tiainen ym. 2017c
SAARIJÄRVI, KULLAA	Au-esiintymä	2007	3	284	Kärkkäinen	Kärkkäinen ym. 2016a
KULTAKALLIO, KULLAA	Cu-esiintymä	2009	7	518	Virransalo	Kärkkäinen ym. 2016a
PALOKALLIO, HUITTINEN	Au-esiintymä	2007	8	651	Grönholm	Grönholm, ym. 2011
PASTO, SEINÄJOKI	Au-esiintymä	2009	11	836	Isomaa	Wik ja Isomaa, 2014
RAPASAARET, KAUSTINEN	Li-aihe	2009-2011	26	3653	Ahtola	Kuusela ym. 2011
RIUTTA, HUITTINEN	Fe-Ti-esiintymä	1997	3	336	Kärkkäinen	Kärkkäinen ja Valjus 2016
VELKUA, NAANTALI	Au-esiintymä	2008-2013	17	1445	Kärkkäinen	Kärkkäinen ym. 2017
VÄHÄJOKI, KÖYLIÖ	Fe-Ti-esiintymä	1997	4	229	Kärkkäinen	Kärkkäinen ja Valjus 2016
<b>Yhteensä</b>			<b>187</b>	<b>15940</b>		

### 3.5.1 Orogeninen kulta

Tutkimusalueen länsiosalla on kaksi erityyppistä kullasta rikastunutta aluetta, jotka voidaan luokitaa orogeenisen kulta-esiintymän luokkaa. Intermediaaristen vulkaniittien luonnehtimalle alueella sijaitsee Somero-Tammela vyöhyke (Kuva 43), ja sisältää neljä kairattua esiintymää (Satulinmäki, Riukka, Sukula, Kivenkorva) sekä lukuisasti viitteitä muista lähteistä. Huittisten alueella kulta liittyy mafisia intrusioita leikkaaviin siirros- ja hiertovyöhykkeisiin (Kuva 44).



**Kuva 43.** Hankkeen kohteina olleet kultakriittiset alueet. Kuvassa GTK:n tutkimuskohteita (rajaukset) ja kultamalmiviitteitä (kolmiosymbolit) Somero-Tammela vyöhykkeellä.



**Kuva 44.** Vasen: Satulinmäen ja Riukan tutkimuskohteet magneettisella kartalla (ruutu 1x1 km), oikealla Riukan alueen kallioperäkartta, johon on merkitty tähdellä kairauksissa havaitut kultapitoiset paikat, yli 1 ppm Au/1 m.

Satulinmäen-Riukan alueella tunnetaan kaksi kultaesiintymää (Satulinmäki ja Riukka) ja useita malmiaiheita, mm. Sukula, Kivenkorva, Rehula ja Letku (Kuvat 43, 44).

**Satulinmäellä**, Someron ja Jokioisten rajalla, on GTK v. 2001-2006 tehdyillä tutkimuksilla rajannut vähintään 600 m pitkän ja 300 m leveän kultaa sisältävä alueen (Kärkkäinen ym. 2006, 2010). Siinä on laskentaperiaatteista riippuen 0.6-1.6 milj. t malmiutunutta kiveä. Kulta esiintyy valtaosin vapaina rakeina silikaattien ja kiisujen väleissä ja sulkeumina kiisumineraaleissa.

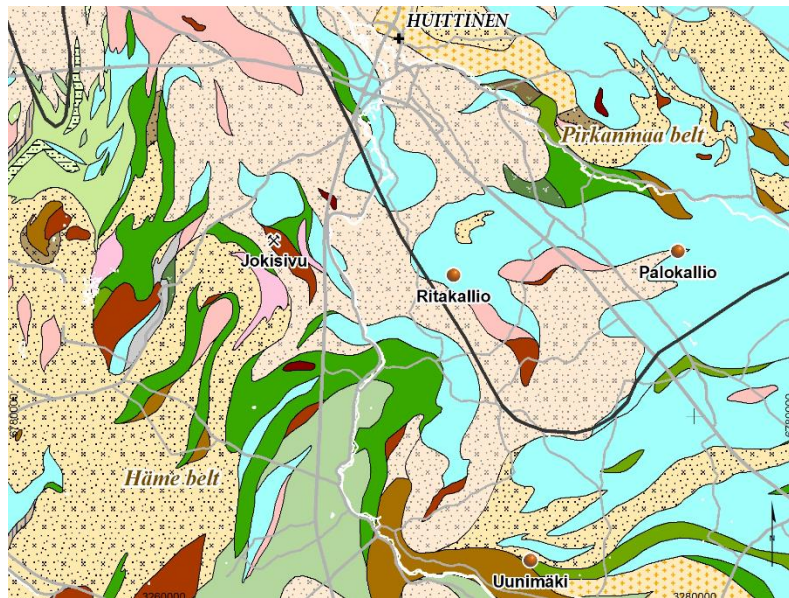
Kultaesiintymä on kvartsijuonia sisältävässä hiertovyöhykkeessä, joka leikkaa Satulinmäellä vulkaniitteja. Mineralisaatiota luonnehtii mittava muuttumisvyöhyke, jota kuvastavat arseenikiisuus, turmaliini, biotiitti, magneettikiisuus ja usean generaation kvartsijuonet. Geofysikaalisesti mineralisoitunutta aluetta luonnehtii korkea totaalimagneettikenttä, joka ilmeisesti kuvastaa malmiutumisen aikaista hydrotermista toimintaa. Satulinmäki on malminetsintäyritysten jatkotutkimusten kohteena v. 2016 (Nortec Minerals/Tammela Minerals/Avalon Minerals).

**Riukka** sijaitsee 3 km kaakkoon Satulinmäen Au-esiintymästä, ja 500 m pohjoiseen Kietyönmäen litium-pegmatiitista. GTK:n kairauksissa Riukassa on useammassa kohdin lävistetty mafisissa vulkaniiteissa kultapitoisia (max 35.5 ppm/ 1m) arseenikiisun, turmaliinin ja kvartsijuonten luonnehtiman hiertovyöhykkeen kiviä. Magneettisella kartalla Riukka rajautuu Satulinmäen tavoin selvään magneettiseen anomaliakenttään, jossa pilvimäisten magneettisten häiriöiden aiheuttaja on magneettikiisuus.

**Sukulan kultaesiintymä** sijaitsee Murrunkulmassa, 2 km Satulinmäeltä koilliseen (N6740890, E308743). Tieleikkauksesta saadun kultaviitteiden perusteella kohteeseen kairattiin profiili, jossa oli noin 50 m leveydeltä kultapitoista (max 1.5 ppm / 1 m) kiisupiroitteista, kvartsijuonia sisältävää ja osin vahvasti muuttunutta hiertynyttä gabroa ja plagioklaasiporfyriittiä. Pituussuunnassa (E-W) mineralisaatio on geofysiikan mukaan satoja metrejä pitkä, koska IP-kartalla se aiheuttaa 600 x 100 m laajuisen NWW-SEE-suuntaisen anomalian.

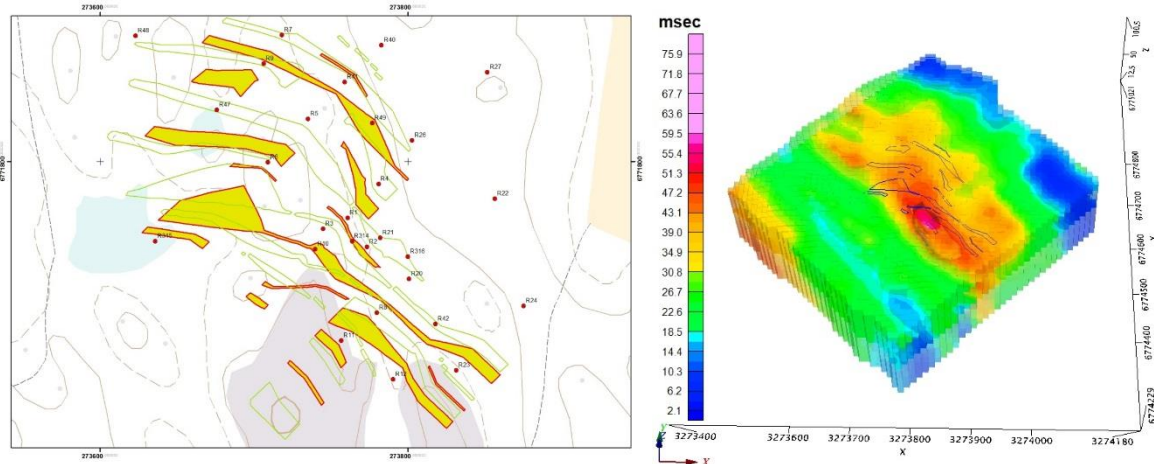
## Mafisten intruusioiden hiertovyöhykkeiden Au-esiintymät

GTK:n kartoituksissa Huittisten alueelta on löydetty **Ritakallion** (Vuori ym. 2005), **Palokallion** (Grönholm ym. 2014) ja **Uunimäen** (Kärkkäinen ym. 2016b) kultaesiintymät, jotka ovat jokseenkin analogisia **Jokisivun** esiintymän kanssa (Kuva 45). Ne liittyvät mafisia intruusioita leikkaaviin siirrosvyöhykkeisiin, joissa on kartsijuonia ja arseenikiisun luonnehtimaa kullan mineralisoitumista, Ritakallion valtaus siirtyi v. 2006 Dragon Mining yhtiön jatkotutkimusten kohteeksi, mutta tällä hetkellä alueella ei ole toimintaa. Palokallion esiintymän kairauksissa tavoitettiin korkeita kultapitoisuuksia, mutta esiintymän dimensio jäi kairausten perusteella pieneksi.



**Kuva 45.** Huittisten mafisten intruusioiden siirroksiin liittyvien kultaesiintymien (Jokisivu, Ritakallio, Palokallio, Uunimäki) sijoittuminen kallioperäkartalla (Grönholm ja Kärkkäinen 2012).

**Uunimäen** kairauksissa on tavoitettu taloudellisesti mielenkiintoisia kultapitoisuuksia: mm reiässä R25 yhteensä 17 m mineralisoitunutta kiveä (Kuva 46). Siinä pisin 9 metrin lävistys sisälsi keskimäärin 5.1 m Au sisältäen metrin lävistyksenä 38.4 ppm Au. Uunimäen kultaesiintymä löytyi GTK:n Au-kriittisten rakenteiden maastokartoituksissa v. 2008 moreenin raskasmineraali-menetelmällä. Kulta esiintyy metallirakeina (keskimäärin 94 % Au, 6 % Ag; 10-50 µm) silikaattien ja sulfidien yhteydessä. Kairausten perusteella Uunimäellä on arvioitu olevan lähes 2 Mt mineralisoitunutta kiveä (keskimäärin 1.1 g/t) maanpinnasta noin 100 m:n syvyyteen. Geneettisesti kulta liittyy alueelliseen metamorfoosiin. Hydroterminen prosessi on alkanut likimain semiduktiilin ja hauraan vyöhykkeen rajalla (pyrokseenin ja magnetiitin hajoaminen sarvivälkkeeksi) ja jatkunut lähempänä maan pintaa hauraassa ympäristössä metamorfisten liuosten rikastuttua rikistä ja kullasta.

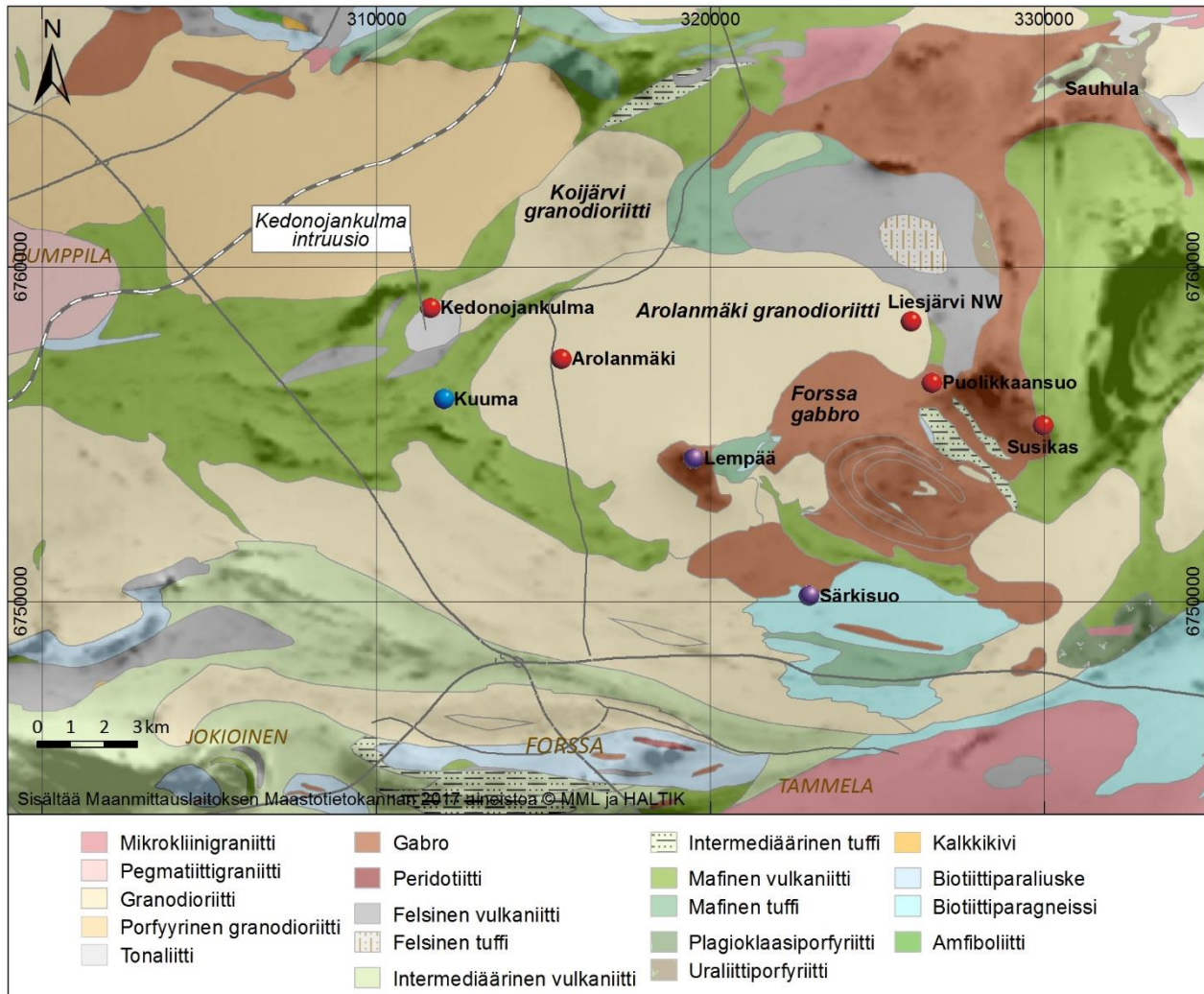


**Kuva 46.** Vasemmalla Unimäen 3D-mallin mukaisesti rajatut mineralisoituneet kappaleet maastokartalla keltainen = maan pinnalla, pelkät viivat = 75 m syvyydellä; oikealla IP-mittausten 3D mallia Unimäen kairauskentästä, mineralisoituneet kappaleet ohuilla viivoilla (Huotari-Halkosaari ym. 2016).

### 3.5.2 Arolanmäen granitoidissa ja ympärillä olevat Cu-Au-esiintymät

Arolanmäen intruusio erottuu koostumukseltaan kullan ja sen seuralaismetallien suhteen useimmista muista Hämeen vyöhykkeen granitoideista (Kärkkäinen ym. 2015d). Intrusion kemiallisessa koostumuksessa on adakiittisia piirteitä (Tiainen ym. 2013b), mikä on ominaista porfyryityypin malmiesiintymiä sisältäville granitoideille.

Arolanmäen intrusion alueella ja lähiympäristössä on laaja-alainen Cu-Au-As-anomalia sekä runsaasti Au-Cu-As-malmiviitteitä. Granitoidin keskeltä, reuna-alueilta ja ympärillä olevista pienemmistä intrusioista on paikannettu useita Cu-Au-esiintymiä, mm. Liesjärven, Kedonojankulma ja Arolanmäen Cu-Au-esiintymät (Kuva 47).

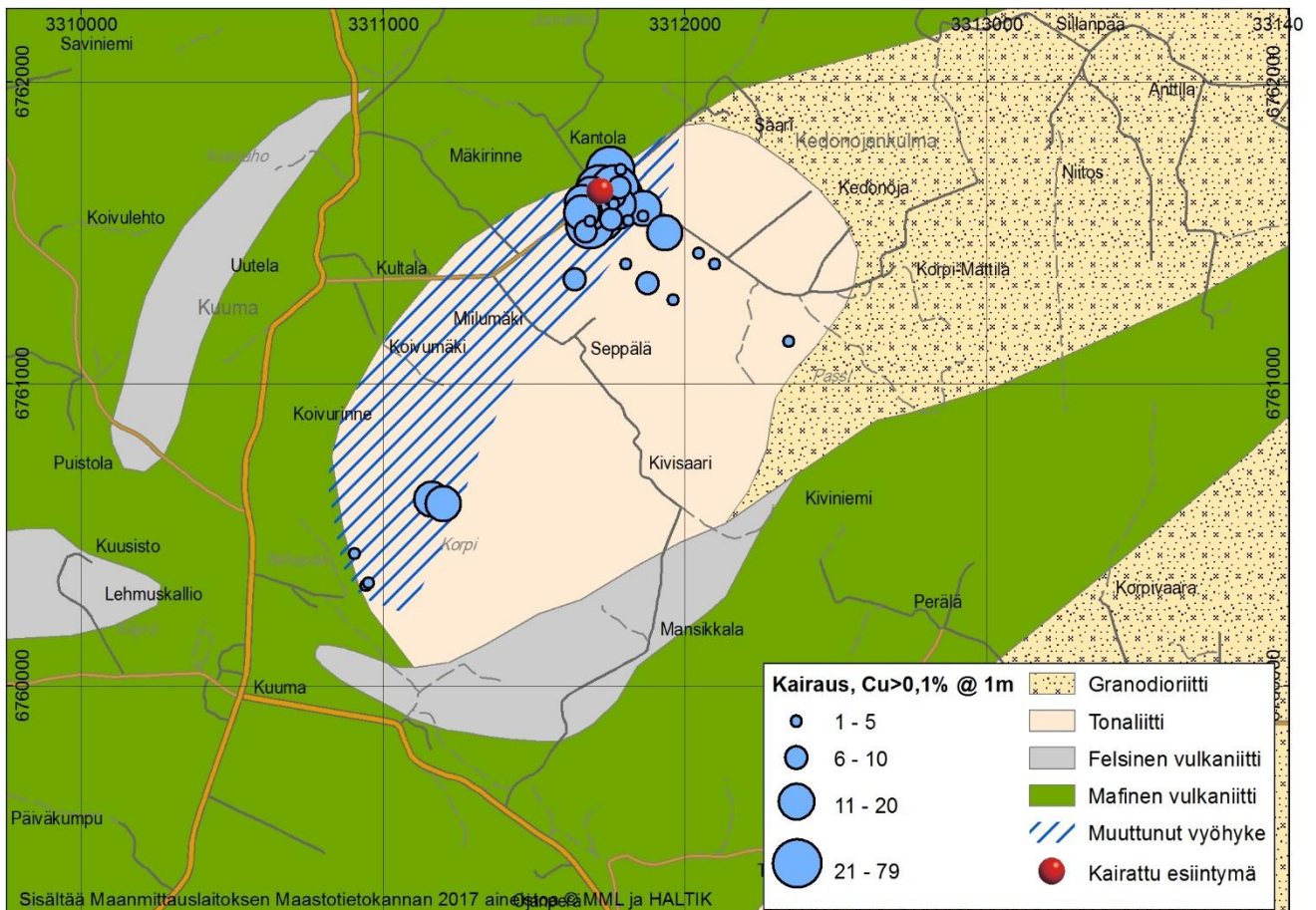


**Kuva 47.** Arolanmäen alueen Cu-Au-esiintymät. Cu-Au-aiheet punaisella, Zn sinisellä, nikkeli violetti.

### Kedonojankulma

Kedonojankulman Cu-Au esiintymä sijaitsee Jokioisten kunnassa, noin 13 km Forssasta pohjoiseen (Tiainen ym. 2013a, 2013c). Malmiesiintymän isäntäkivi on noin 2 kilometrin läpimittainen puolipinnallinen pyöreähkö granitoidi vulkaanisen vyöhykkeen sisällä, Arolanmäen laajan granitoidin luoteispuolella (Kuva 48). Mineralisaatio liittyy Kedonojankulman intruusion pohjoisreunassa havaittavaan voimakkaaseen hydrotermiseen muuttumisprosessiin (Tiainen ym. 2013b).

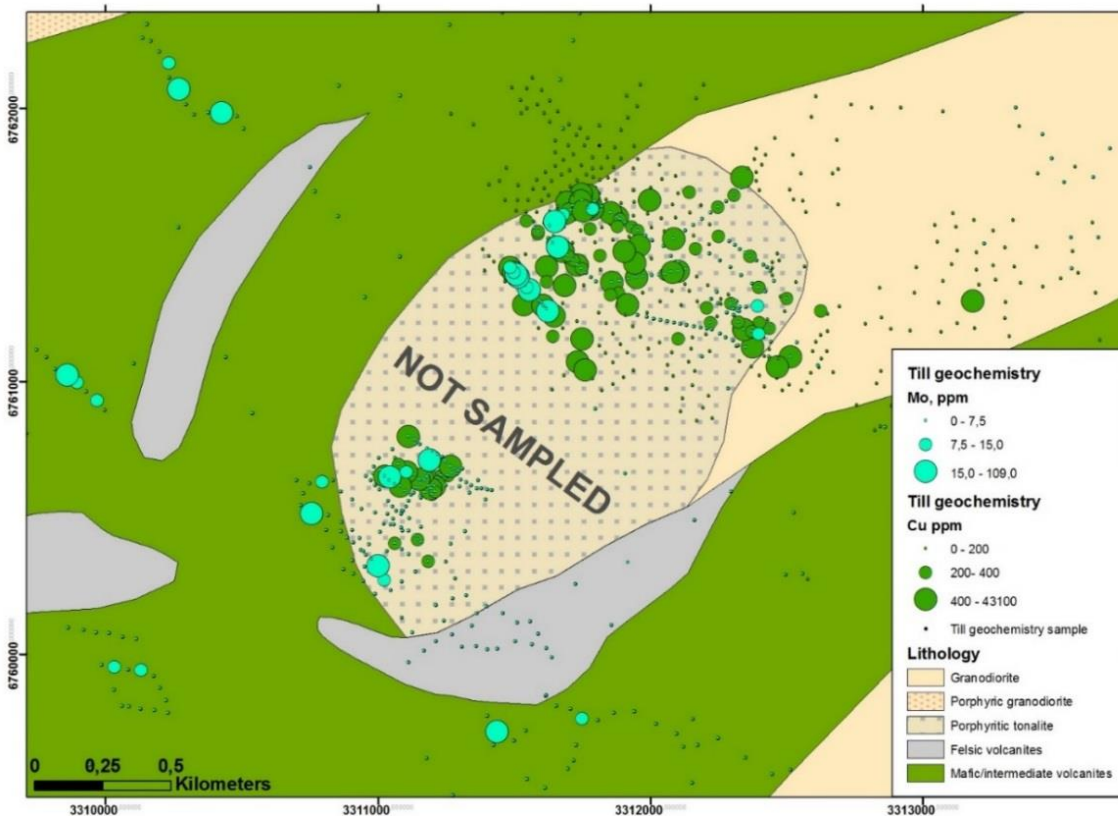




**Kuva 48.** Kedonojankulman Cu-Au-mineralisoitunut/muuttunut alue katkoviivalla, malmilävistyksen pituuden mukaan, kun kuparipitoisuus on yli 0,1% per metri.

GTK löysi Kedonojankulman esiintymän kairaamalla vuonna 2006 (Tiainen ym. 2012). Ensimmäiset viitteet esiintymästä olivat valtakunnallisen moreenigeokemian (almr) kuparianomalia (Tiainen ja Viita 1994) ja myöhemmin Cu-As-Au-Mo-Ag-anomalia Etelä- ja Länsi-Suomen kultavaroiden kartoitushankkeen kohdentavassa moreenigeokemiassa (Kärkkäinen ym. 2008, Tiainen ym. 2008, 2012) sekä paikallisten malminetsijöiden (Seppo Virtanen, Heikki Helle ja Matti Mikkola) lähettämä kansannäyte numero 41835.

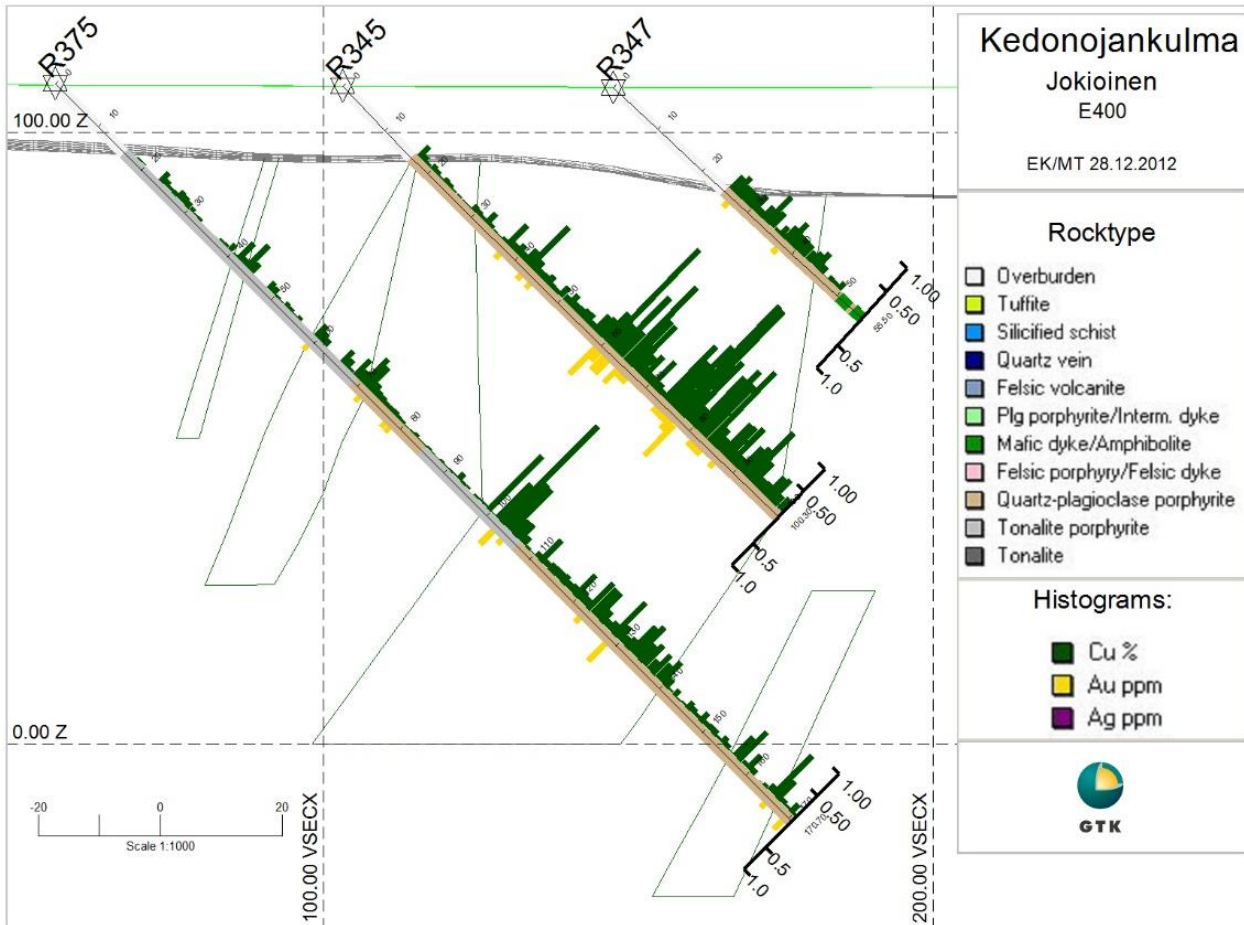
Esiintymää on tutkittu kahdessa vaiheessa. Vuosina 2006-2007, kairattiin Rusakkokallioksi nimettyä Cu-Au-esiintymää (Tiainen ym. 2008, Koistinen ja Tiainen 2011). Vuosina 2009-2010 tehtiin Kedonojankulman intruusion alueella moreenigeokemian ja geofysiikan perusteella lisää tarkistuskairauksia, mm. Passin mäellä ja Korven alueella. Kairausten perusteella todettiin Korven Cu-Au-mineralisaation liittyvän samaan malminmuodostusprosessiin kuin Rusakkokallion Cu-Au-mineralisaatio.



*Kuva 49. Kedonojankulman geologinen kartta ja Cu-Mo-pitoisuudet moreenissa.*

Kedonojankulman Cu-Au-esiintymän laajuus on voitu kartoittaa tarkasti pohjamoreenigeokemialla (Kuva 49). Ohuen maapeitteen alueella pintaan puhkeava Rusakkokallion mineralisaatio näkyy myös IP-mittauksilla (Lohva 2013). Kedonojankulman intruusioon on kairattu 72 reikää, yhteensä noin 5,2 km. Kuvassa 50 on esitetty Rusakkokallion Cu-Au-esiintymän poikki menevä kairausprofiili. Esiintymästä on tehty 3D-mallinnus ja varantoarvio. Rusakkokallion kairattu osa Kedonojankulman esiintymästä sisältää 1.79 Mt malma, jossa on 0.35 % Cu, 0.1 ppm Au, 11.1 ppm Ag and 18.7 ppm Mo. Arvio on laskettu 100 metrin syvyyteen. Yksityiskohtainen selostus malmiarviosta on esitetty kohteen malmiarvioreportissa (Koistinen ja Tiainen 2012).

Osa Kedonojankulman intruusioon malmikriittisestä pohjois-luoteisreunasta jäi kartoittamatta, kun valtauskäsittely oli kesken eikä maanomistajalta saatu näytteenottolupaa. Kedonojankulman aineiston käsittely jatkui vuoteen 2013, jolloin esiintymä raportoitiin ministeriölle (Tiainen ym. 2013a, Hatakka ja Tiainen 2013, Koistinen ja Tiainen 2012, Tiainen ja Kärkkäinen 2013). Tutkimusten tuloksia on julkaistu GTK:n tutkimusraportissa no. 229 (Tiainen ym. 2017b) Special paperissa no. 52 (Tiainen ym. 2012) ja kongressiesitelmissä (Tiainen ym. 2011, 2013b ja 2013c).

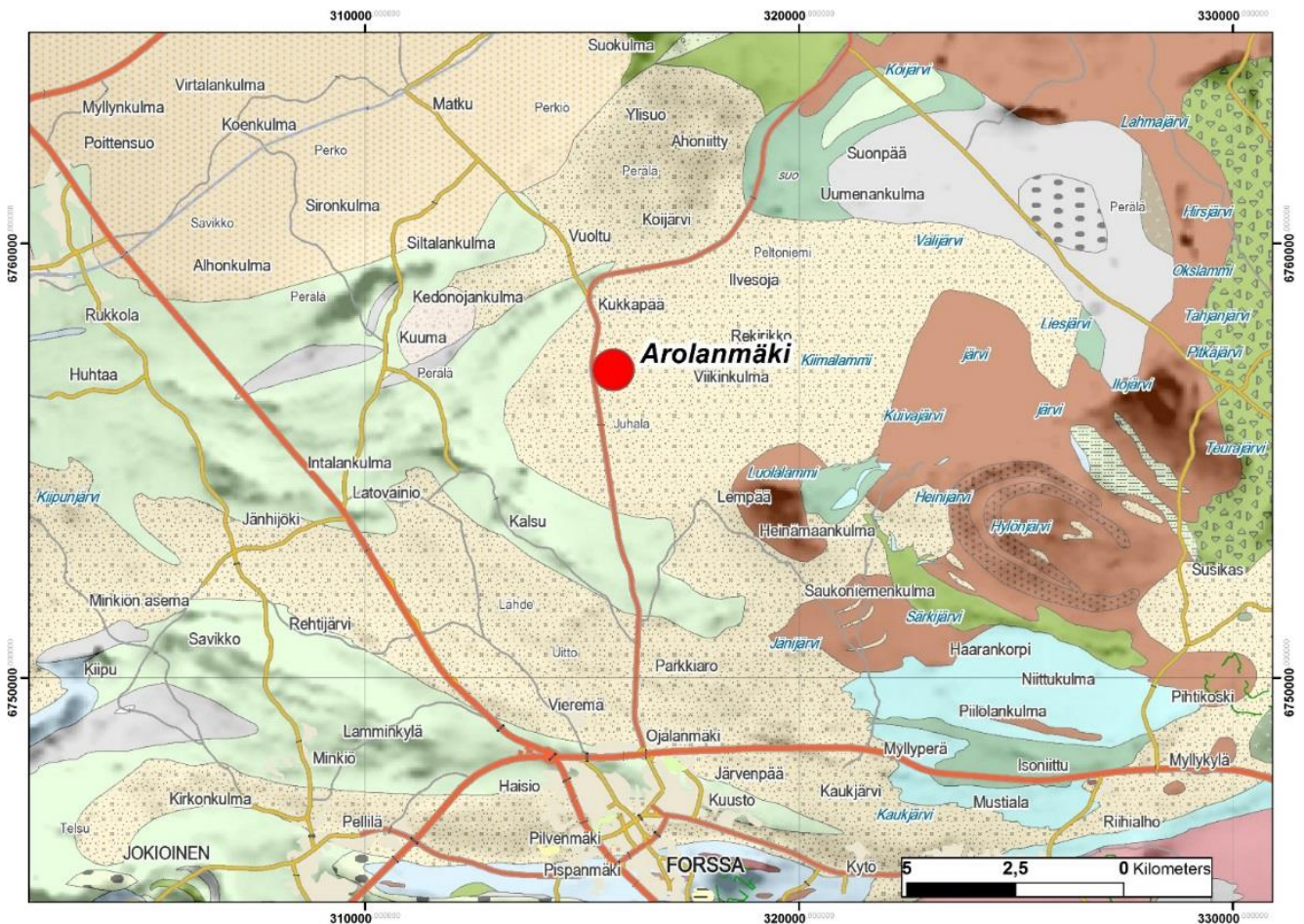


**Kuva 50.** Profiili E400 Kedonojankulman Rusakkokallion mineralisaatiosta, Cu- ja Au-pitoisuudet kairasydämessä, analysoitu yhden metrin pituisina näytteinä.

## Arolanmäki

Arolanmäen kulta-aiheen sijainti ilmenee kuvasta 51. Kohteen tutkimukset on dokumentoitu raportissa Tiainen ym. (2017d).

Konkreettisine viitteinä Arolanmäen intruusiossa tapahtuneesta malminmuodostuksesta ovat moreenigeokemian kulta- ja kuparianomalilat (Kuvat 52) sekä Au-Cu-As-pitoiset malmilohkareviitteet. Anomalioiden tarkistuskairauksissa (12 reikää, 1007,8 m; Kuva 53) lävistettiin kultamineralisaatio hiertyneessä ja serisiittiytyneessä vyöhykkeessä kahdella reiällä (R341 ja R342), joissa korkein kultapitoisuus oli reiässä R341, jossa 1,2 ppm Au @ 2m, sisältäen 1,6 ppm Au @ 1 m (Kuva 54). Lisäksi reiässä R342 oli 16 m @ 0,3 ppm Au.



### Geologia - DigiKp

#### Granitoidi 211111

- 21111136 Mikroliinigraniitti
- 21111138 Pegmatiittigraniitti
- 21111114 Granodioriitti
- 21111142 Porfyryinen granodioriitti
- 21111115 Tonaliiitti

#### Gabroidi 211114

- 2111144 Gabro
- 211114457 Magnetiiitigabro

#### Ultramafinen syväkivi 2112

- 211121 Peridotiitti

#### Felsinen vulkaniitti 21121

- 21121 Felsinen vulkaniitti
- 2112141 Felsinen agglomeraatti

#### Intermediäärinen vulkaniitti 21122

- 21122 Intermediäärinen vulkaniitti
- 211223 Intermediäärinen tuffi
- 2112232 Intermediäärinen agglomeraatti
- 2112233 Intermediäärinen tuffibreksia

#### Mafinen vulkaniitti 21123

- 21123 Mafinen vulkaniitti

#### 211234 Mafinen tuffi

- 2112344 Mafinen pyroklastinen breksia

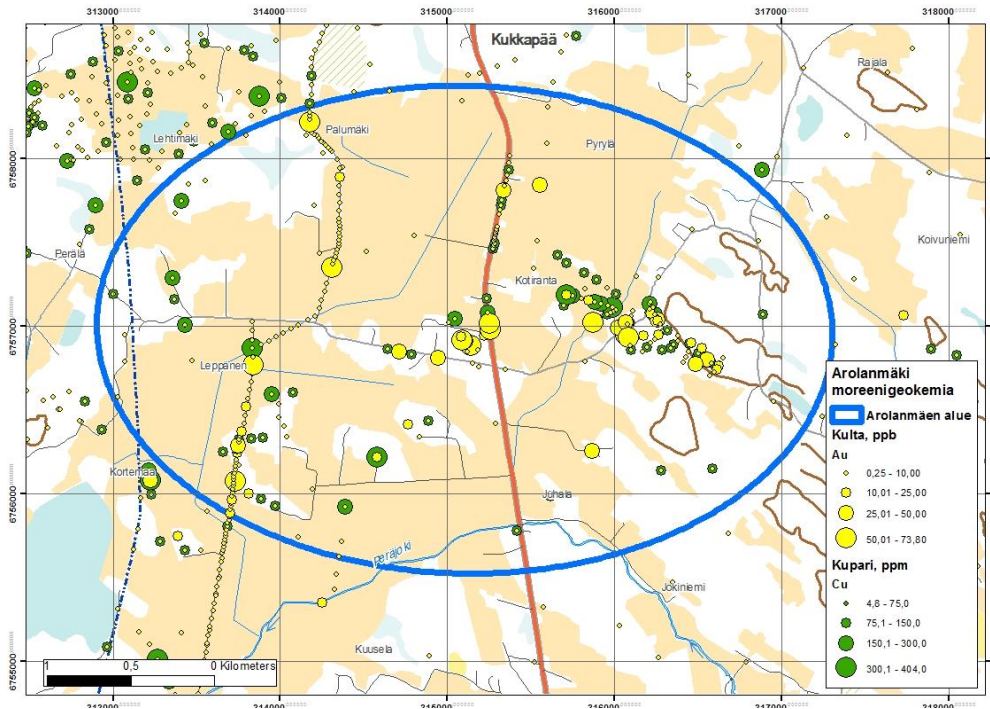
#### Puolipinnallinen juoni 2113

- 2113221 Plagioklaasiporfyriitti
- 2113223 Uralliittiporfyriitti

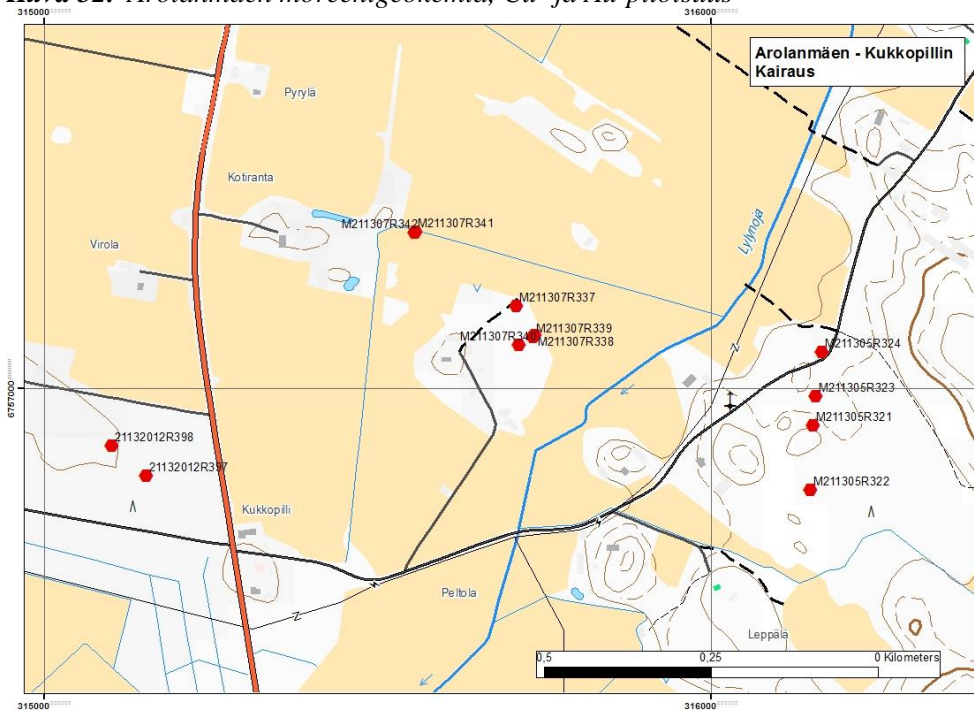
#### Metamorfinen kivi (sedimentti protoliitti) 2134

- 213481 Biotiittiparaliuske
- 213491 Biotiittiparagneissi

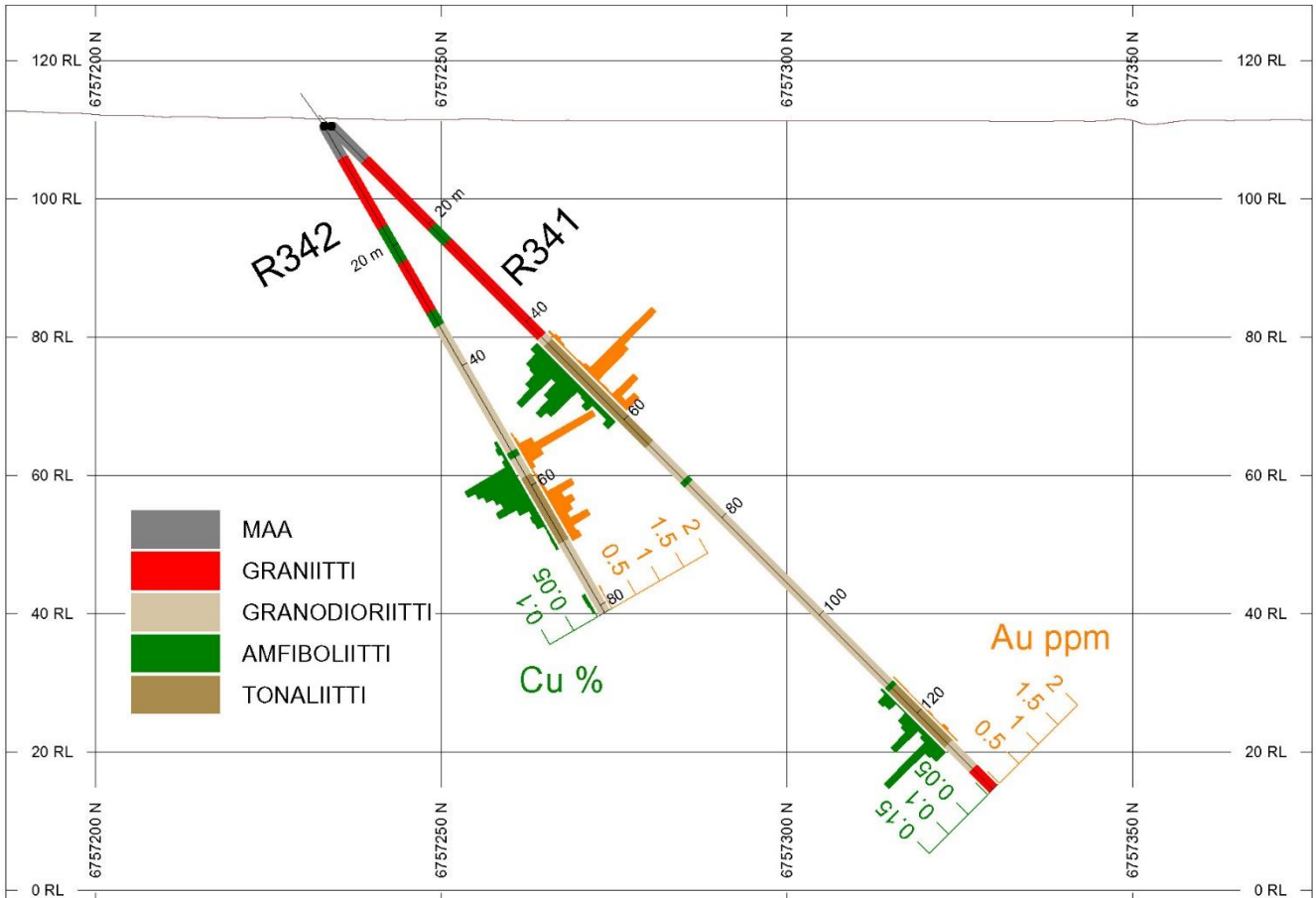
Kuva 51. Arolanmäen kohteen sijainti geologisella kartalla.



Kuva 52. Arolanmäen moreenigeokemia, Cu- ja Au-pitoisuus



Kuva 53. Arolanmäen kairanreikien sijainti (koordinaatit Liitteessä 2).

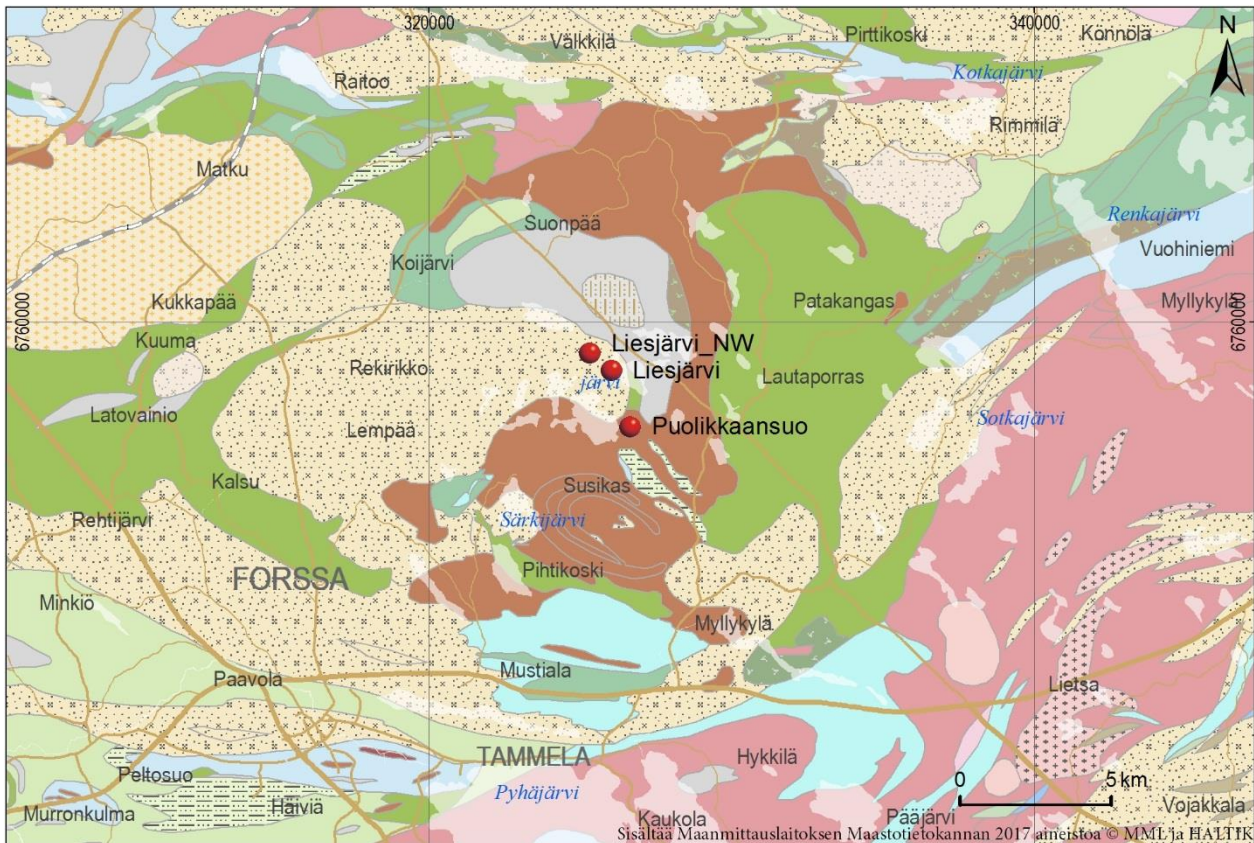


**Kuva 54.** Arolanmäen kairausprofiili R341-R342, kultapitoisuus g/t (ppm).

Arolanmäen granitoidin malmipotentiali on vajavaisesti selvitetty. Alue on huonosti paljastunut, joten anomaalisten tarkempi tutkimus vaatisi lisää iskuporanäytteenottoa ja kairausa. Mahdollisesti myös geofysikaalisella IP-mittauksella voisi paikantaa malmiprotteisia rakenteita. Kairaamalla paikannettu kulta-aihe on selvä indikaatio Arolanmäen intruusion malmipotentialista.

### Liesjärven kohteet

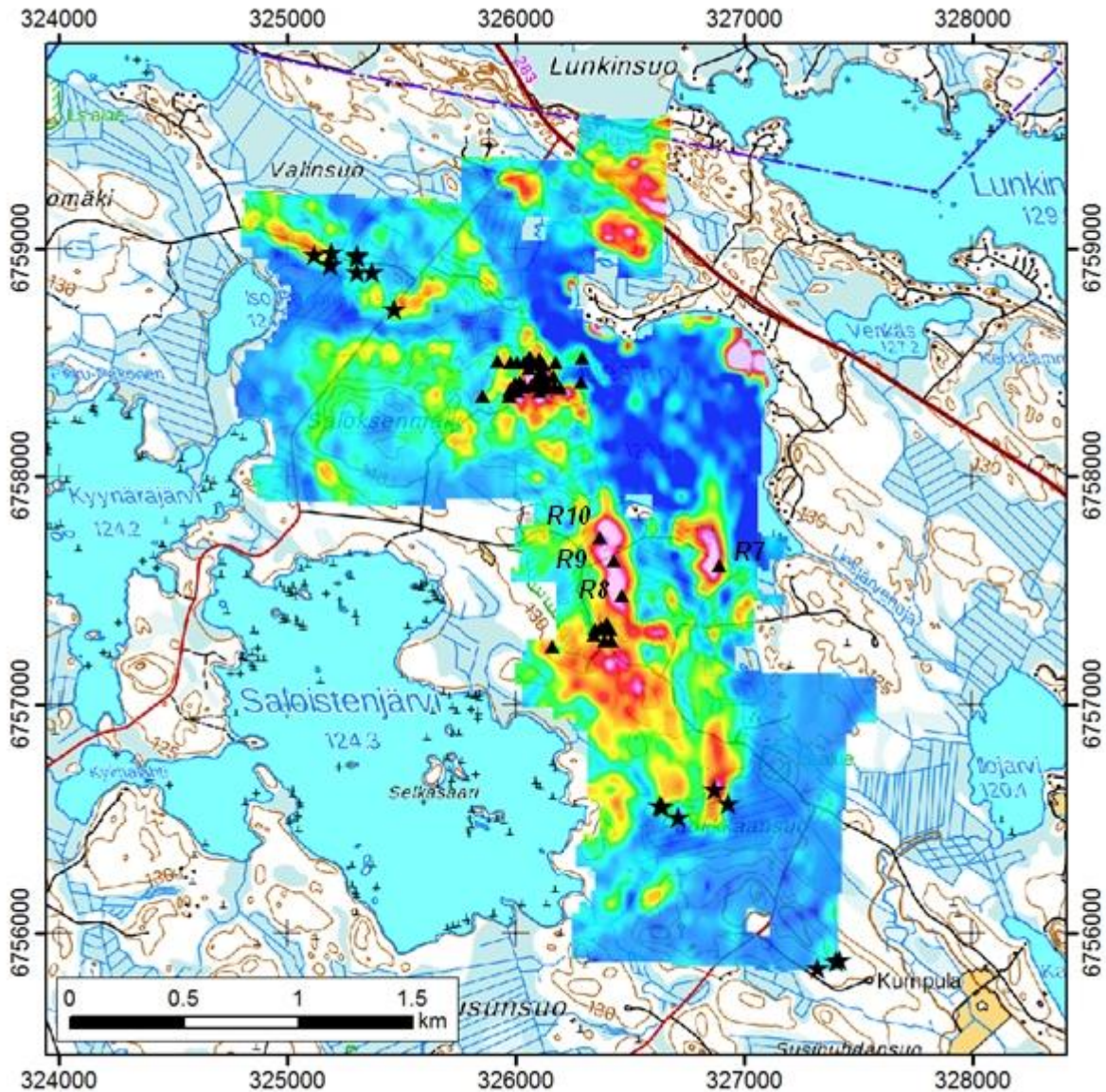
GTK teki Outokumpu Oy:n löytämän Tammelan Liesjärven Au-Cu-esiintymän lähiympäristössä jatkotutkimuksia v. 2014 – 2015. Hankkeessa Liesjärvi jäi geokemian näytteenottokentän ulkopuolelle alueella olleen yhtiön valtauksen takia (Huhta ym. 2014). Geologisesti alue on malmikriittisen Arolanmäen intruusion itäreunalla, lähellä Forssan gabron kontaktia. GTK:n tutkimusten tavoitteena oli selvittää analogioita Kedonojankulman porfyry-Cu esiintymän kanssa (Kuva 55). Tulosten mukaan Liesjärven esiintymässä on samoja piirteitä kuin Kedonojankulman Cu-Au-esiintymässä.



**Kuva 55.** Liesjärven alueen Au-Cu-aiheiden sijainti.

GTK:n kartoituksessa todettiin Liesjärven esiintymän NW-puolella geokemian Au-Cu-anomalia jossa kallioperä on samaa porfyristä granodioriittia kuin tunnetussa Liesjärven Cu-Au-esiintymässä. Granodioriitissa on vaihtelevalla tiheydellä sulfiditöyhteisiä rakoja, sekä kapeita (< 20 cm) paikoin turmaliiniutuneita kvartsi-sulfidijuonia ja kiisuuntuneita hiertoja. Yhdessä näytteessä oli parvi mikrokooppisen pieniä kultarakeita kvartsijuonen ja arseenikiisuraitojen yhteydessä (Kärkkäinen ym. 2015b).

Toinen tarkistuskohde Liesjärvellä oli Puolikkaansuo, pääesiintymän eteläpuolella, missä oli Outokumpu-yhtiön aineiston perusteella havaittu kairaamaton geokemian Au- ja Cu-anomaliakenttä ja IP-anomalia (Kuva 56; Kärkkäinen ym. 2015b, Leväniemi & Kärkkäinen 2016). Alue koostuu pyroklastisista vulkaniiteista ja porfyirisestä tonaliitista. Anomalian aiheuttajaksi todettiin niiden kontaktivyöhyke, missä on voimakkaasti deformatiivista, kvartsiutunutta ja kohtalaisesti arseeni- ja kuparikiisusta mineralisoituneita kiviä tasolla 0.2 – 0.4 % Cu ja 0.1- 0.2 ppm Au. Paras analyysitulokset olivat 0.15 m @ 1.2 % Cu, 4.9 ppm Au.

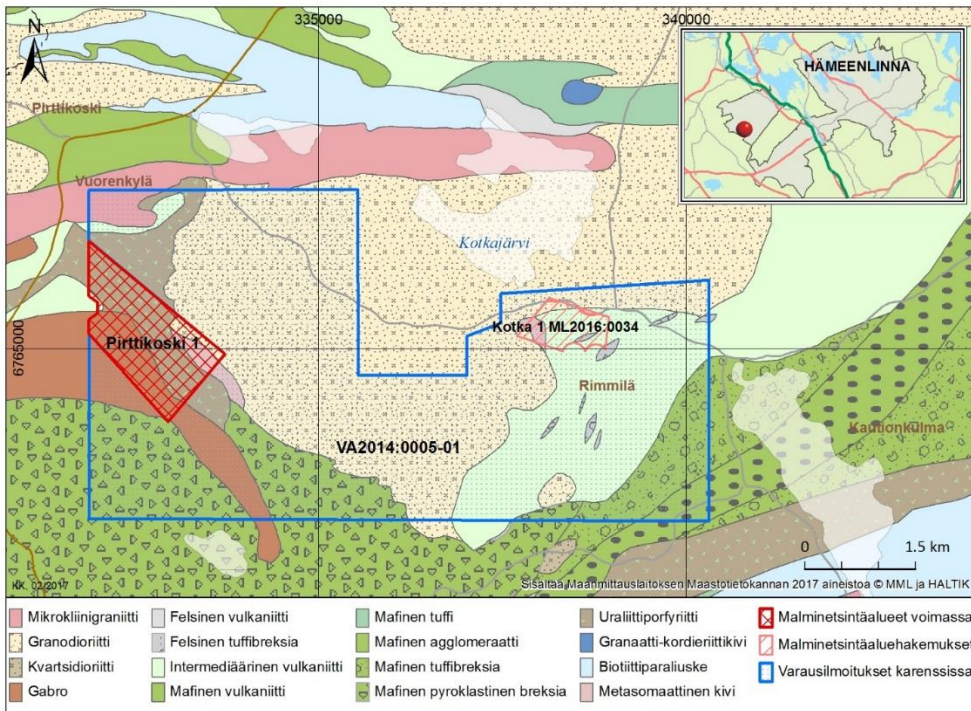


*Kuva 56. Liesjärven alueen IP-mittaustulos yhdistettynä Outokummun aineistoon. GTK:n kairanreiät esitetty tähtisymbolilla, Outokummun kairanreiät kolmiolla (tekstissä mainittujen reikien numerot merkitty).*

### 3.5.3 Kalvolan alueen Cu-Au(-REE)-esiintymät (Grönholm)

Geologian tutkimuskeskus on tehnyt Cu-malmitutkimuksia Hämeenlinnan Kalvolassa Pirttikoskella Sauhulassa ja Kotkajärvellä, Kotkan tutkimusalueella (Kuva 57). Sauhulassa on voimassa Pirttikoski 1 malminetsintälupa. Kotkaan on haettu malminetsintälupaa (Kotka 1).

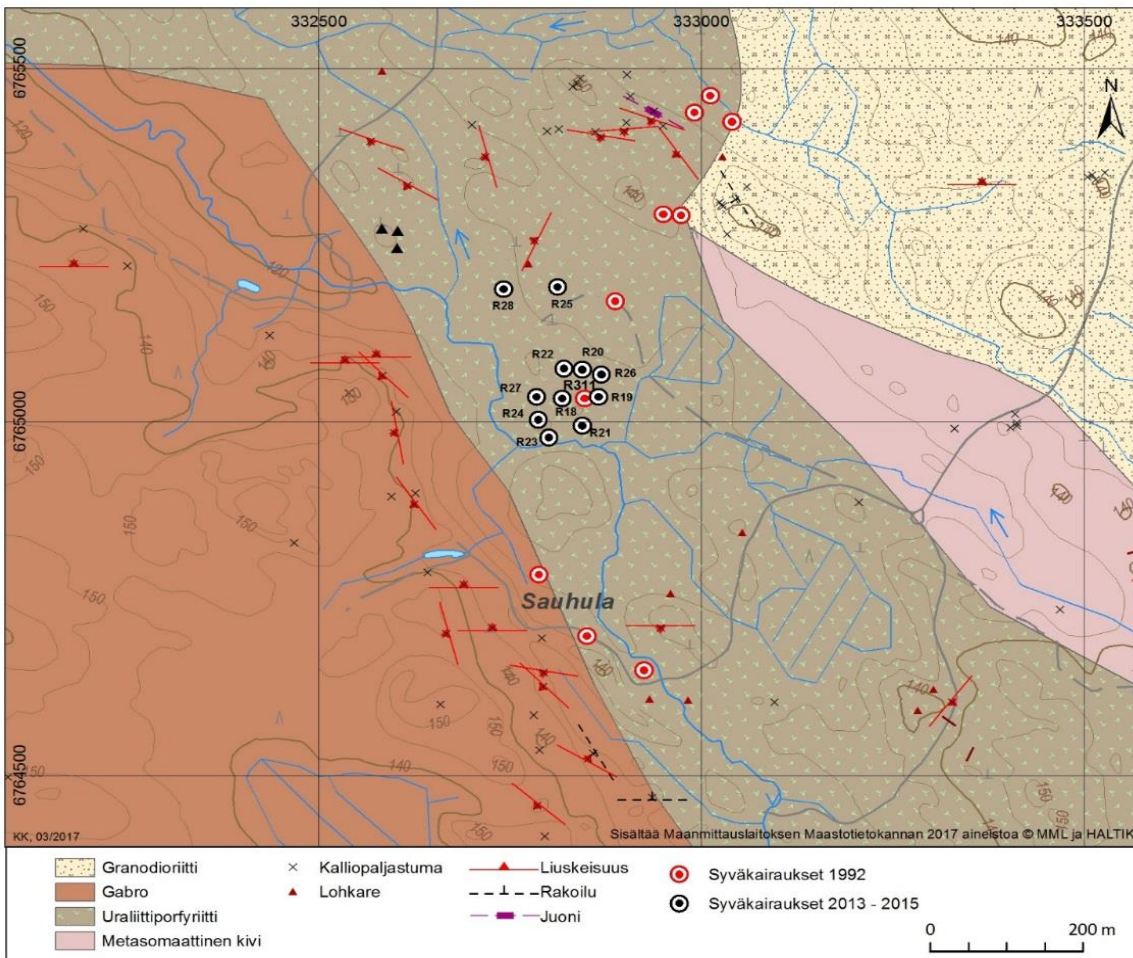




**Kuva 57.** Sauhulan ja Kotkan Cu-esiintymien sijainti kallioperäkartalla. Esiintymät sijaitsevat geologisesti Kotkan granitoidin ja sitä reunustavien vulkaniittijaksojen kontaktialueella.

## Sauhulan Cu-esiintymä

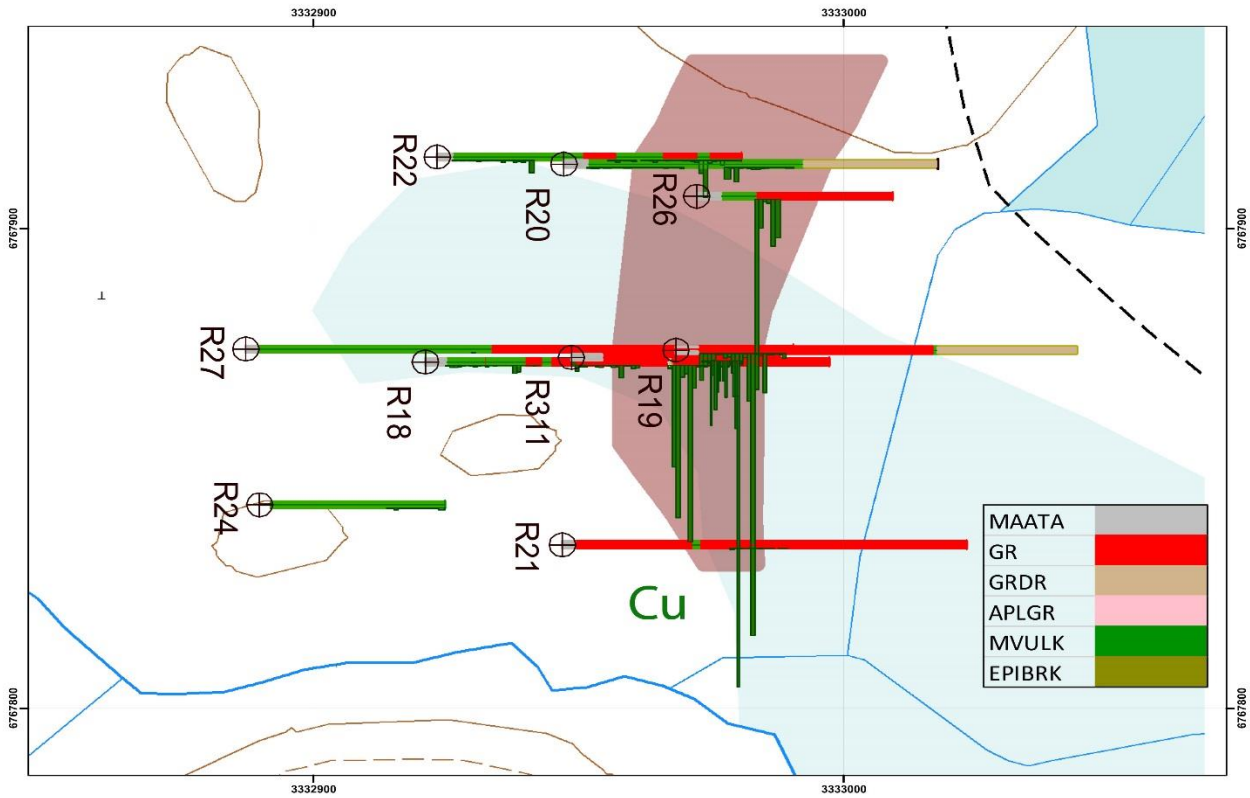
Sauhulan Cu - esiintymä sijaitsee Hämeenlinnan kaupungista noin 30 km länteen, Pirttikosken Mäyrän kylässä. Geologian tutkimuskeskus tutki Kalvolan Pirttikosken aluetta vuosina 1989 – 1992 (Lindmark 1996). Tutkimusten lähtökohtana oli kansannäytteenä lähetetty, runsaasti kuparikiisua sisältänyt malmilohkare, jossa oli 4,7% Cu. Lohkareen isäntäkiven löytämiseksi tehtiin kallioperäkartoitusta, moreenigeokemiallisia ja geofysikaalisia tutkimuksia, joiden perusteella tutkimusalueelle kairattiin 11 kairareikää. Viimeisessä kairareikässä R311 tavoitettiin malmilohkareta muistuttava ruhjeinen granodioriitti, jossa oli kuparia 7 m:n matkalla 0,5%. Moreeninäytteenotossa saatiin viitteitä kuparin lisäksi myös kullasta ja sinkistä. Tutkimuksia jatkettiin v. 2012 -2015 Sauhulassa kallioperäkartoituksella, geofysiikan maastomittauksilla ja kairauksilla Hämeen malmivyöhykkeen tutkimusten yhteydessä. Geofysiikan tutkimuksia on kuvattu raportissa Leväniemi & Grönholm (2016).



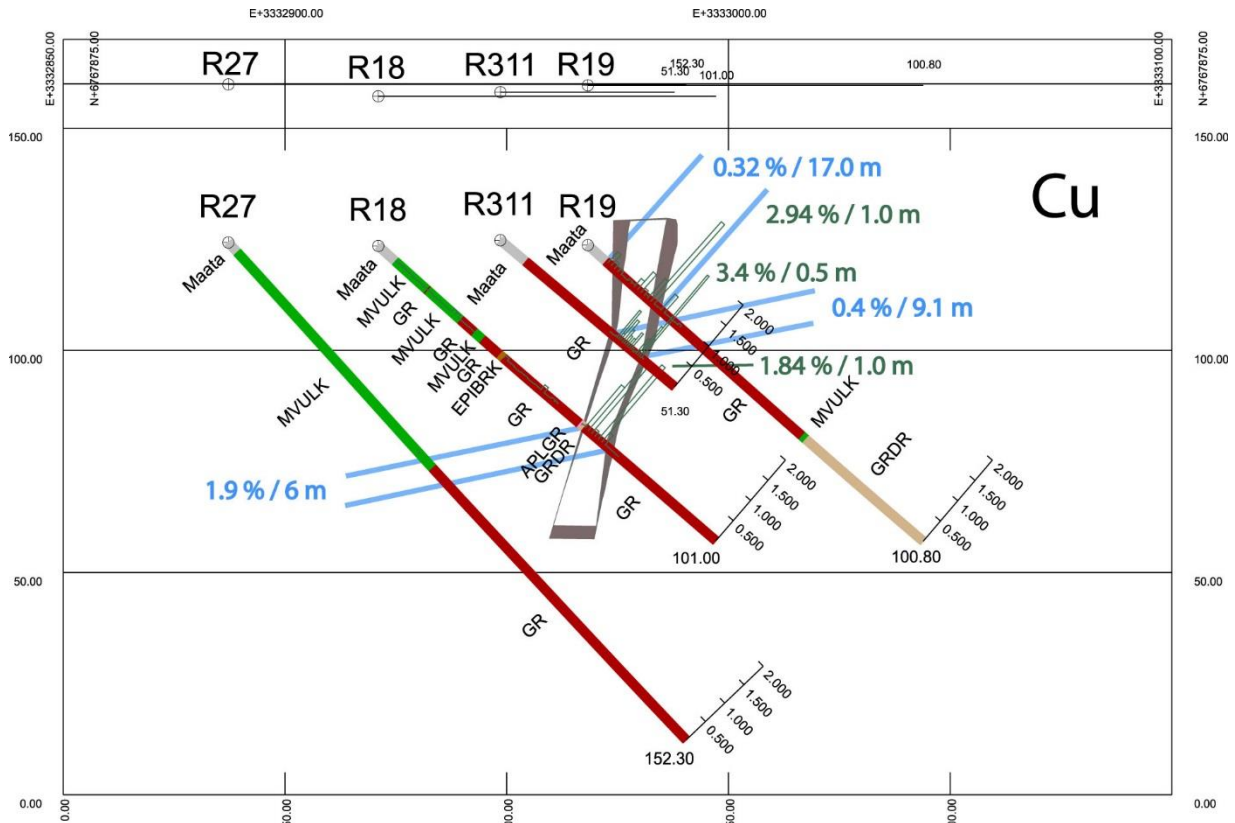
**Kuva 58.** Sauhulan Cu-mineralisaation tutkimusalueen kallioperäkartta sekä vuosina 1992, 2013 ja 2015 kairattujen kairareikien sijainti.

Sauhula sijaitsee geologisesti vulkaniittivyöhykkeen ja Kotkan granitoidin kontaktivyöhykkeessä (Kuva 58). Kivilajit ovat ruhjeisia syväkiviä sekä mafisia ja intermediäärisiä vulkaniitteja, jotka ovat paikoin voimakkaasti karbonaattituneet, karsiutuneet, kvartsiutuneet ja myloniittituneet. Alueen lounaiskulmassa on gabroa, jossa on paikoin kohtalainen kiisupirote. Vulkaniiittien hydrotermistä muuttumista Hämeen kallioperässä on kuvattu raportissa Kärkkäinen & Tiainen (2016).

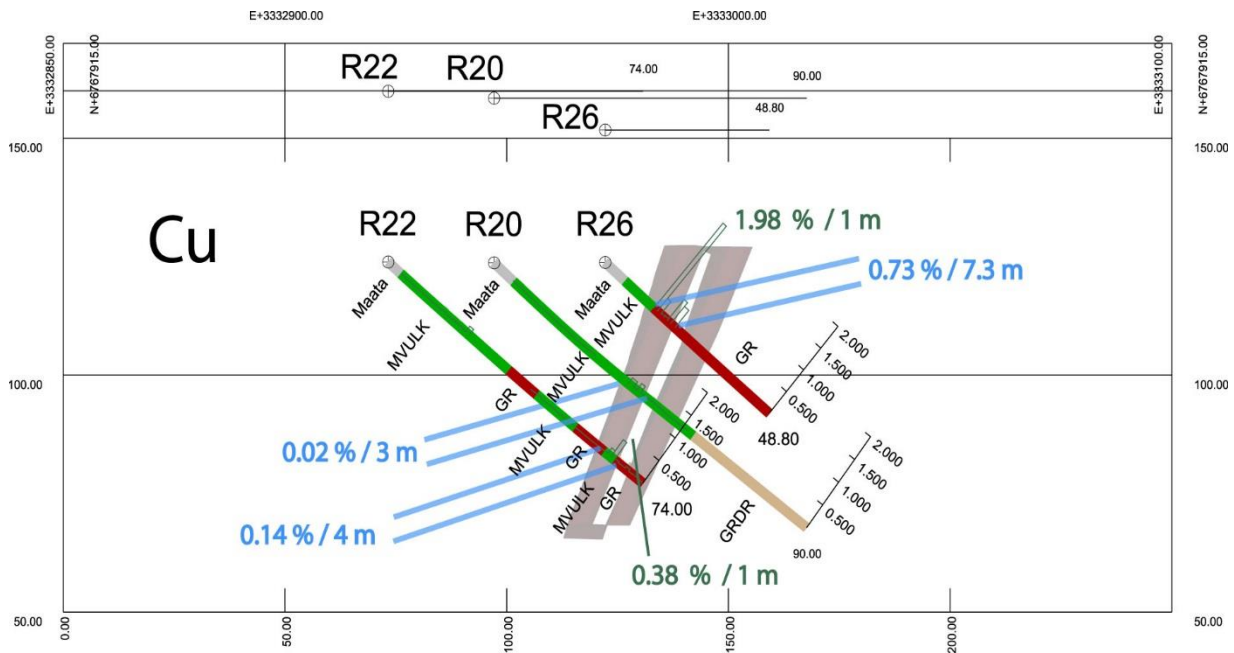
Kairauksissa on paikannettu ruhjeiseen graniittiin liittyvä koillinen – lounas - suuntainen Cu-mineralisaatio (Kuva 59). Parhaimmat lävistyksset ovat 3,4% Cu @0,5m (R311), 1,09% Cu @6m (R18) ja R19 (0,3% Cu @17m) (Kuvat 60 ja 61). Yleisimmät malmimineraalit ovat kuparikiisu, magneetikiisu ja rikkikiisu. Paikoin on myös kohtalaisesti arseenikiisua ja vähän molybdenihohdetta. Kairauksissa on löytynyt kultaa hyvin vähän, korkeimmat pitoisuudet ovat olleet Au 248 ppb/1m (R309, Lindmark 96) ja vuoden 2015 kairauksissa 94 ppb Au 1m (R26). Cu-mineralisaatioon liittyy myös kohonneita hopea-, molybdeeni- ja kobolttipitoisuuksia (15g/t Ag / 3m), 14g/t Mo /1m ja 359 g/t Co /1m.



**Kuva 59.** Kairausprofiilit sekä ruhjevyöhykkeessä sijaitseva Cu-mineralisaatio (ruskealla) hahmoteltuna maastokarttapohjalle. Kivilajilyhenteet: GR=graniitti, GRDR = granodioriitti, APLGR = apliittigraniitti, MVULK = metavulkaniitti, EPIBRG = epidoottibreksia.



**Kuva 60.** Kairausprofili R27 – R19 johon on hahmoteltu Cu-mineralisaation pystyleikkaus. Kivilajilyhenteet: MVULK = mafinen vulkaniitti, APLGR = apliittigraniitti, EPIBRK = epidoottibreksia, GR = graniitti, GRDR = granodioriitti.

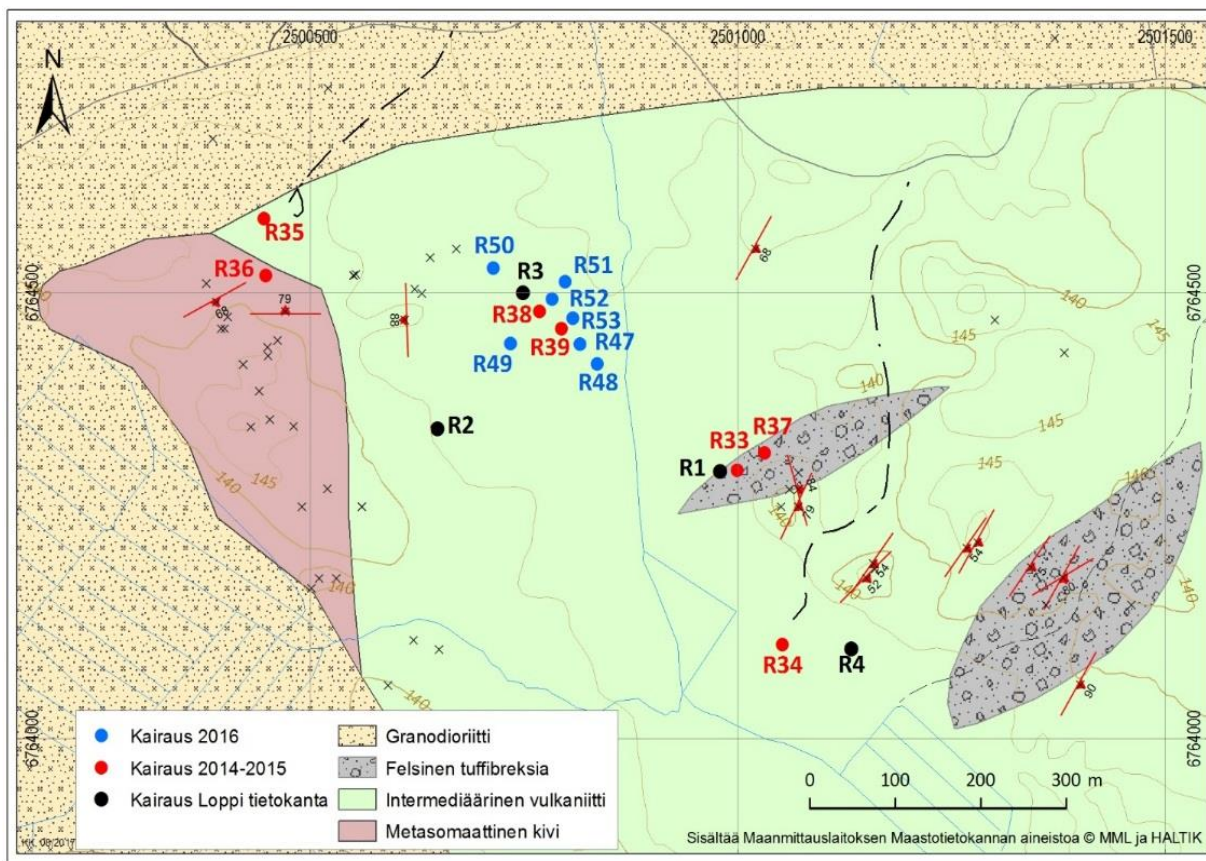


**Kuva 61.** Kairausprofiili R22 – R26 sekä Cu-mineralisaation pohjoisosaa. Kivilajilyhenteet: MVULK = mafinen vulkaniitti, GR = graniitti.

### Kotkan Cu-REE-esiintymä

Tutkimusalue sijaitsee Hämeenlinnassa, entisessä Kalvolan kunnassa, Kotkajärven kylässä (Kuva 57). Tutkimuskohde on Rautaruukki Oy:n ja Outokumpu Oy:n 1980-luvulla tutkima Cu-aihe, jolla oli valtausalueet Kotka ja Kotkanpoika (Kinnunen 1987a ja 1990). Alueelle kairattiin Rautaruukki Oy:n toimesta 1980-luvulla 4 kairareikää yhteensä 581m, joissa parhaat lävistyksset olivat R1 0,537% Cu@20,9 m ja R4 0,358% Cu@6,3m. Yhdessä kairareikässä todettiin kohonneita REE-pitoisuuksia.

GTK aloitti tutkimukset kallioperäkartoituksella, geofysiikan tutkimuksilla ja moreenitutkimuksilla 2011 - 2014. Alueen vulkaniittien hydrotermistä muuttumista on kuvattu hankkeen kallioperätutkimuksissa (Sipilä & Kujala 2014). Geofysiikan tutkimuksia (magneettisia, sähkömagneettisia, gravimetrisia, IP- ja vastusluotausmittauksia sekä petrofysikaalisia mittauksia) on tehty vuosina 2014 – 2016. Petrofysiikan mittauksilla on saatu hyviä tuloksia LREE-mineralisaation esille saamiseksi (Leväniemi ja Grönholm 2016). Moreenitutkimusten perusteella kuparin, molybdenin ja arseenin pitoisuudet pintamoreenissa ovat selvästi, ja kullan pitoisuudet hieman, kohonneet tutkimusalueella verrattuna ympäristöön.



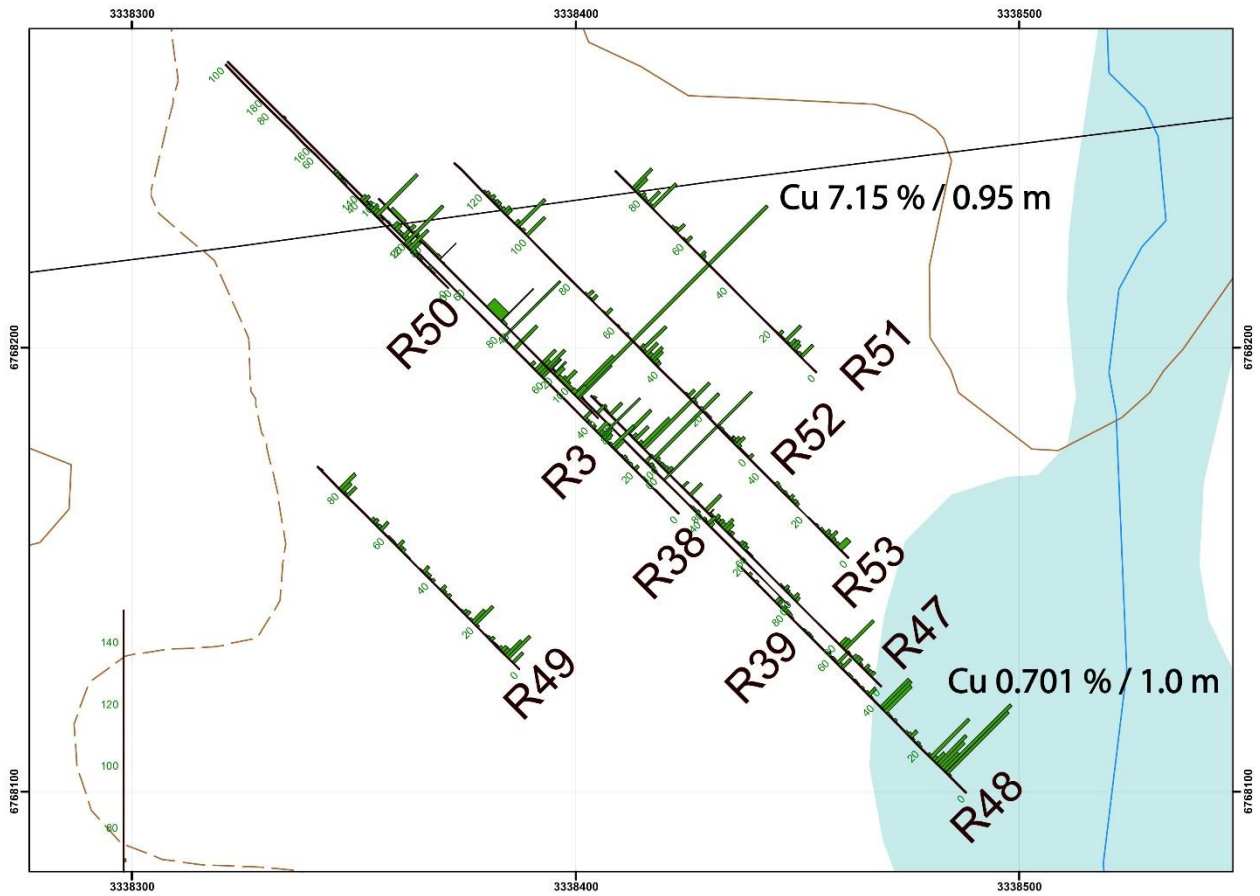
**Kuva 62.** Kotkan tutkimusalueen kallioperäkarta sekä kairareikien sijainti. Kuvaan on merkitty Rautaruukki Oy:n ja GTK:n kairaamat kairareidit.

Kotkan kallioperä koostuu mafisista ja felsisistä vulkaniiteista, hydrotermisesti muuttuneista vulkaniiteista, kordieriittigneissistä, granodioriitista ja graniitista (Kuva 62). Liuskeisuus näkyy tavallisesti heikosti kalliopaljastumissa. Hydrotermisesti muuttuneet kivilajit ovat epidoottiutuneet, karbonaattiutuneet, serisiittyneet, ja kloriittiutuneet. Muuttumisen yhteydessä on myös savimineraaleja sekä kvartseja. Malmiutuneet kohdat ovat tavallisesti hiertyneet. Tutkimusalueen länsi-osassa on runsaasti magnetiittia paljastumissa näkyvinä juonina ja juoniverkostoina.

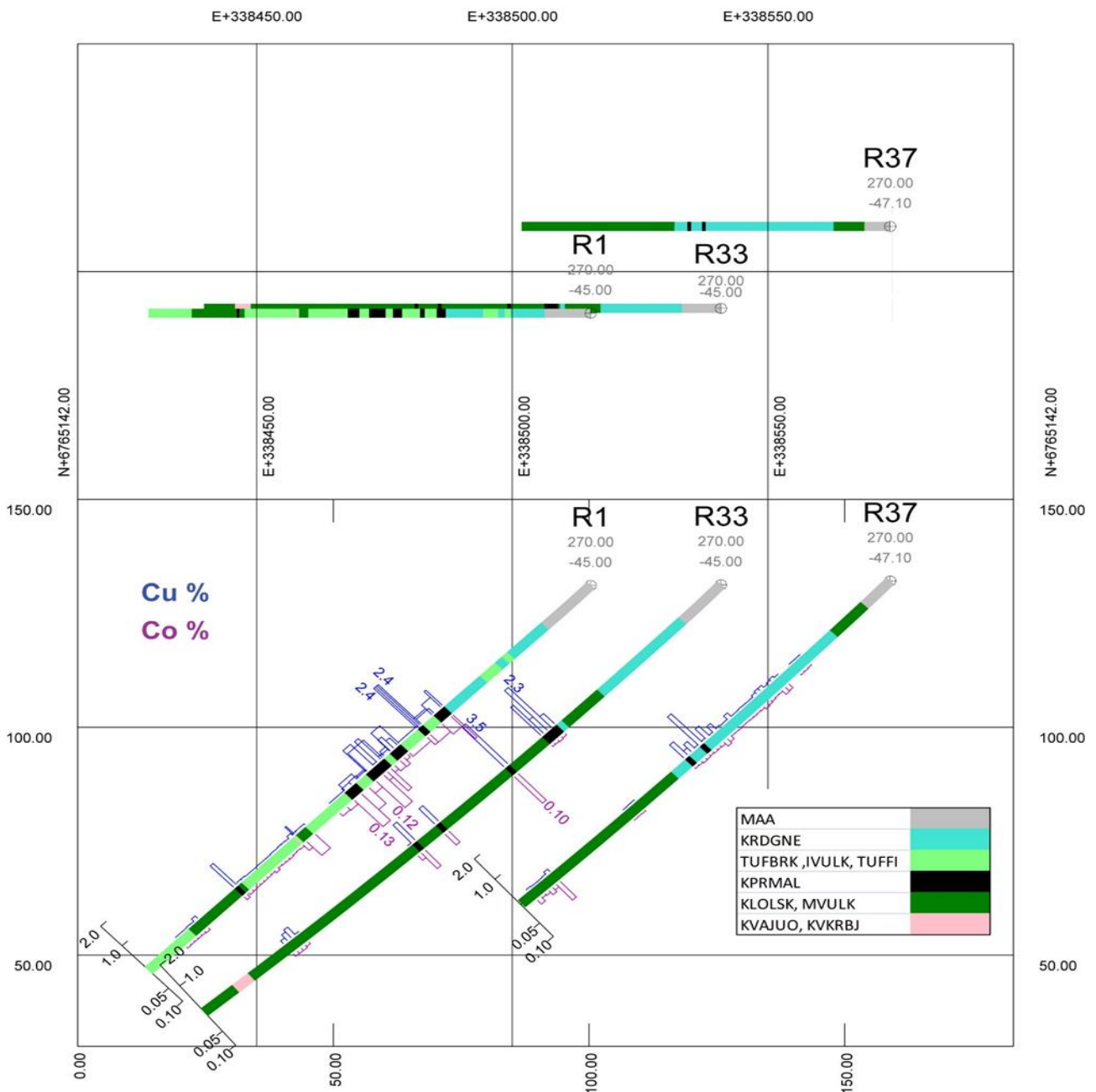
GTK kairasi v. 2014 yhteensä 489,3 m (R33-R36), v. 2015 yhteensä 407,1m (R37-R39) ja 2016 yhteensä 700m (R47-R53), yhteensä 1596,4m. Kairauksilla on lävistetty Cu- ja REE-mineralisaatiot. Tutkimukset liittyivät Hämeen vyöhykkeen malmipotentialin arviointiin Etelä-Suomen yksikössä 2014 -2015 sekä Teollisuusmineraalit-yksikön REE-tutkimuksiin v. 2016.

Tutkimusalueella on kairattu kolmella alueella (Kuva 62). Luoteisosassa oleva mineralisaatio on parhaiten tutkittu. Kairauksissa on lävistetty kuparikiisua sisältäviä juonia. Paras kuparipitoisuus on ollut 7,15 % Cu @ 0,95 m (Kuva 63). Parhaimmat pitoisuudet tutkimusalueen keskiosassa ovat olleet 3,5 % Cu @1 m ja 0,537 % Cu@20,9 m. Kupari- ja kobolttipitoisuuksien vaihtelua itäosassa on esitetty kuvassa 64. Eteläisimpään kairausalueeseen on kairattu kaksi kairareikää, niissä paras pitoisuus on ollut 0,358 % Cu @ 6,3 m. Sulfidimineralisaation tärkeimmät malmimineraalit ovat kuparikiisu, rikkikiisu,

magneetikiisu ja arseenikiisu. Paikoin esiintyy myös molybdenihohdetta, sinkkivälkettä ja lyijyhohdetta.



**Kuva 63.** Kuparin pitoisuusvaihtelu maastokarttapohjalla tasoprojektiossa tutkimusalueen pohjoisimmalla kairausalueella..



**Kuva 64.** Kupari- ja kobolttipitoisuuden vaihtelu Kotkan itäosaan kairatuissa kairausprofiilin poikkileikkauksissa. Kuvan yläosassa on tasoprojektio. Cu % sinisellä ja Co % punaisella. Kivilajilyhenteet: KRDN = kordieriittigneissi, TUFBRK = tuffibreksia, IVULK = intermediäärinen vulkaniitti, KPRMAL = kuparimalmi, KLLOSK = kloriittiliuske, MVULK = mafinen vulkaniitti, KVAJUO = kvartsijuoni, KVCRBJ = kvartsikarbonaattijuoni.

Sulfidimineralisaation yhteydessä, mutta myös siitä erillään on REE-mineralisaatio. Tärkeimmät REE-mineraalit ovat allaniitti, bastnäsiitti ja monatsiitti. Allaniitti on tärkein LREE-kantaja. Se esiintyy pirootteena, kasaamina ja juonina muuttuneissa vulkaniiteissa. Muuttuneissa kohdissa on serisiittiä, epidoottia, kalsiittiä, savimineraaleja ja kloriittia sekä



allaniittia, zirkonia, apatiittia ja malmimineraaleja (Al-Ani ja Grönholm, 2016, Tiainen ym. 2017b).

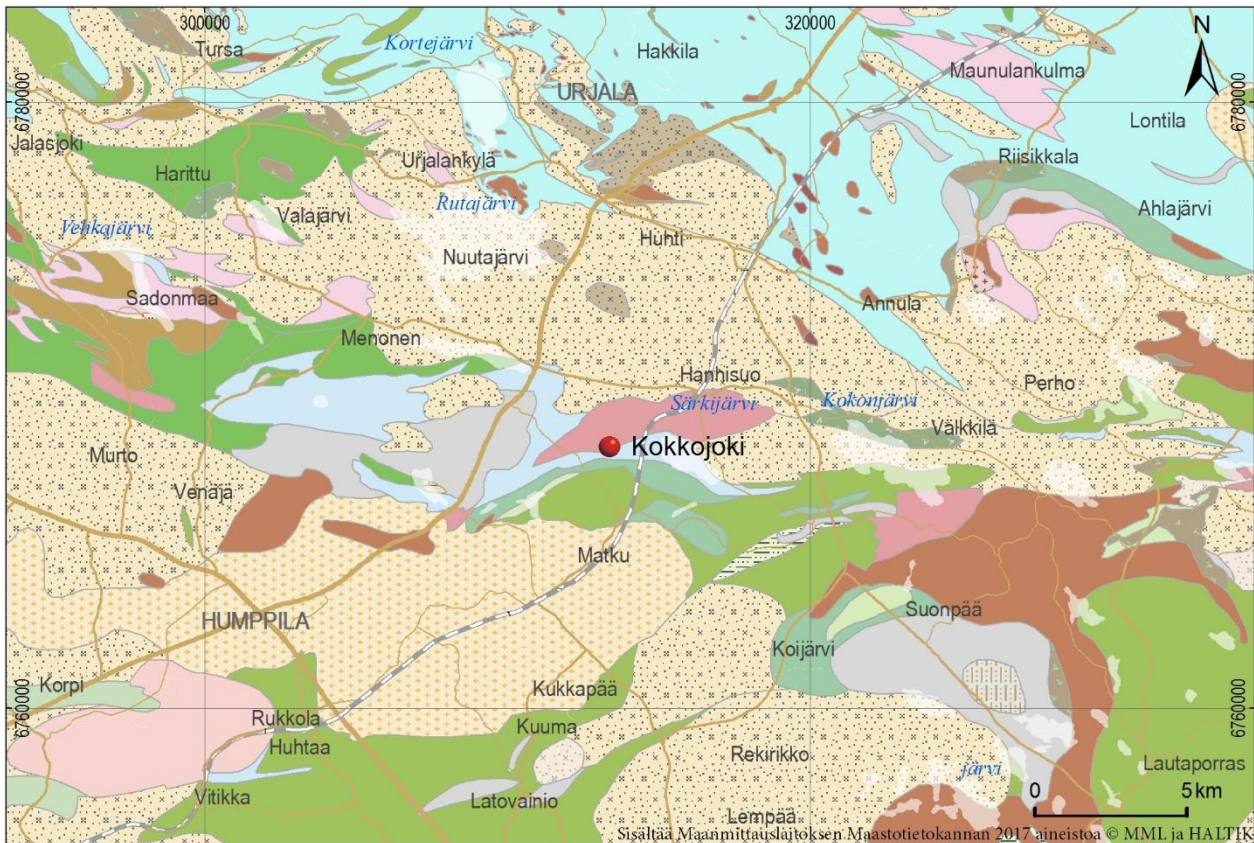
Tutkimusalueella on paikoin kohonneita kultapitoisuuksia. Korkein pitoisuus toistaiseksi on 1,670 ppm Au@1m (R38 60,55 – 61,55). Kultaa on itäosassa tavattu enimmillään 671 ppb Au@ 1m R33 (57,30 – 58,30m).

### 3.5.4 Kokkojoen W-Cu-esiintymä

Forssan kohdentavassa geokemian kartoituksessa (2004-2007) havaittiin Nuutajärven-Matkun alueella Au-As-Bi-Cu-Sb-Te-anomalia (Kärkkäinen ym. 2008). Sen kontrollointi pintamoreenin raskasmineraalitutkimuksilla, geokemialla sekä malmiviite- ja kallioperäkartoituksella rajasi Kokkojoella kullin ja volframin (scheeliitin) suhteen potentiaalisen alueen (Kuva 65; Kärkkäinen ym. 2015a). Kokkojoella valtakivilaji on karkea, deformatumaton graniitti, jossa on myöhäis-magmaattiseen hydrotermiseen aktiivisuuteen viittaava kvartsijuoniverkosto. Alueella on kultapitoisia arseenikiisu-kvartsijuonilohkareita ja kuparikiisupitoisia graniittilohkareita.

Graniitin ulkokontaktin geofysiikan IP-anomaliaan kairatuissa rei'issä oli graniitin porfyyrisiä muunnoksia, arseenikiisua hiertyneissä kvartsijuonissa sekä scheeliittipirotetta (0.17- 0.37 % W) greisen-tyyppisissä fluoriitti-serisiitti-kvartsijuonissa. Paikallisesti ovat rikastuneet myös molybdeeni (max 406 ppm/1 m), vismutti (279 ppm/1 m), antimoni (6600 ppb) and telluuri (1650 ppb). Graniittia reunustavassa kiilleliuskeessa on tavanomaista enemmän apatiittia.

Volframipitoisuus on parhaimmillaan samaa luokkaa kuin Kangasalan Ahvenlammin volframiesiintymässä, jonka vieressä olevaa Siitaman graniitti on samankaltainen kuin Kokkojoen graniitti (Lindmark 1987, Luukkonen 1994). Alueellisessa painovoimittauksessa graniitit on selvästi rajattavissa kuten myös tihennetyn lennon aeromagneettisella kartalla, ja ne jatkuvat erillisinä pieninä intruusiona itään suuntautuvassa kapeassa vyöhykkeessä ainakin Pirttikosken alueelle (mm. Kokkojärven Tiirimäki). Näiden mahdollinen mineralisoitumiseen osaltaan selittäisi eräitä vaikeasti tulkittavia kompleksisia moreenigeokemian anomaliaita tällä alueella.

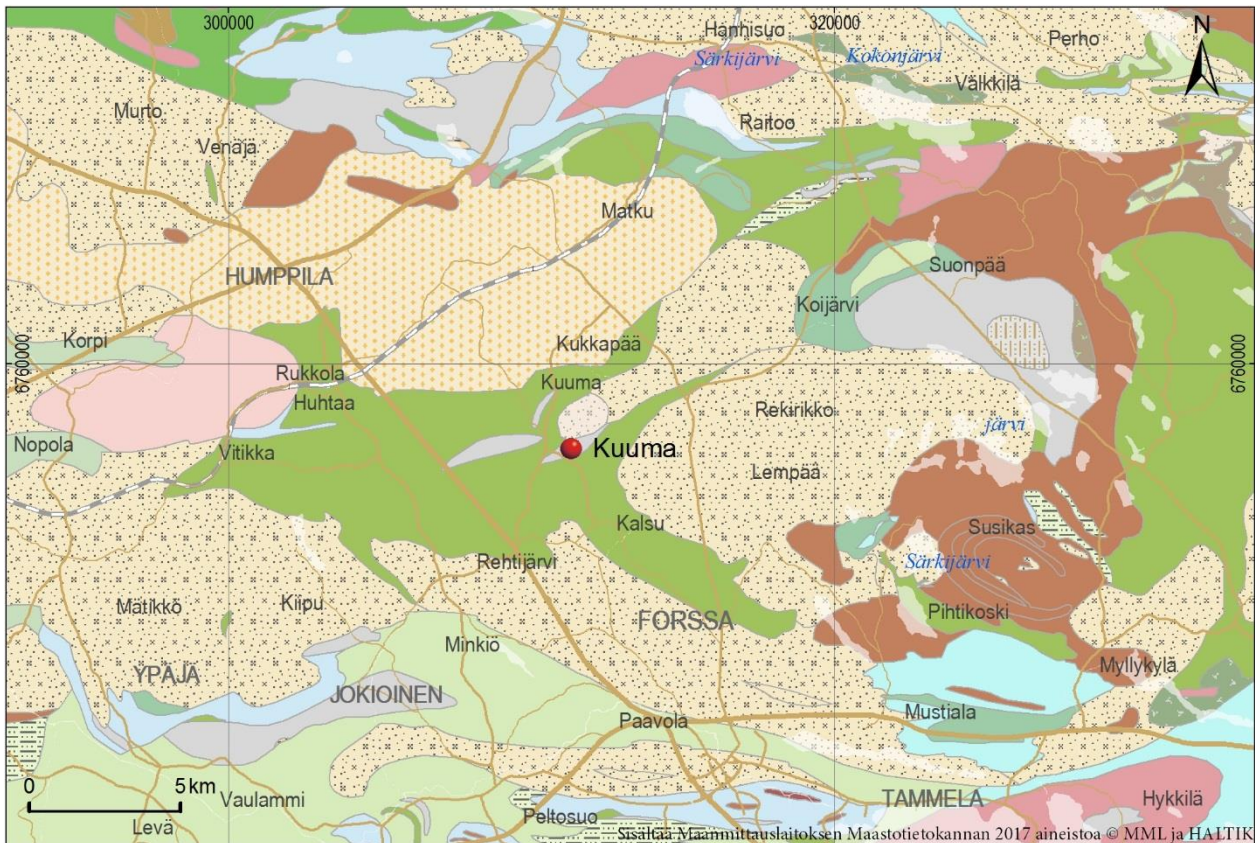


*Kuva 65. Kokkojoen Cu-W-kohteen sijainti.*

### 3.5.5 VMS-tyyppiset mineralisaatiot

#### Kuuma

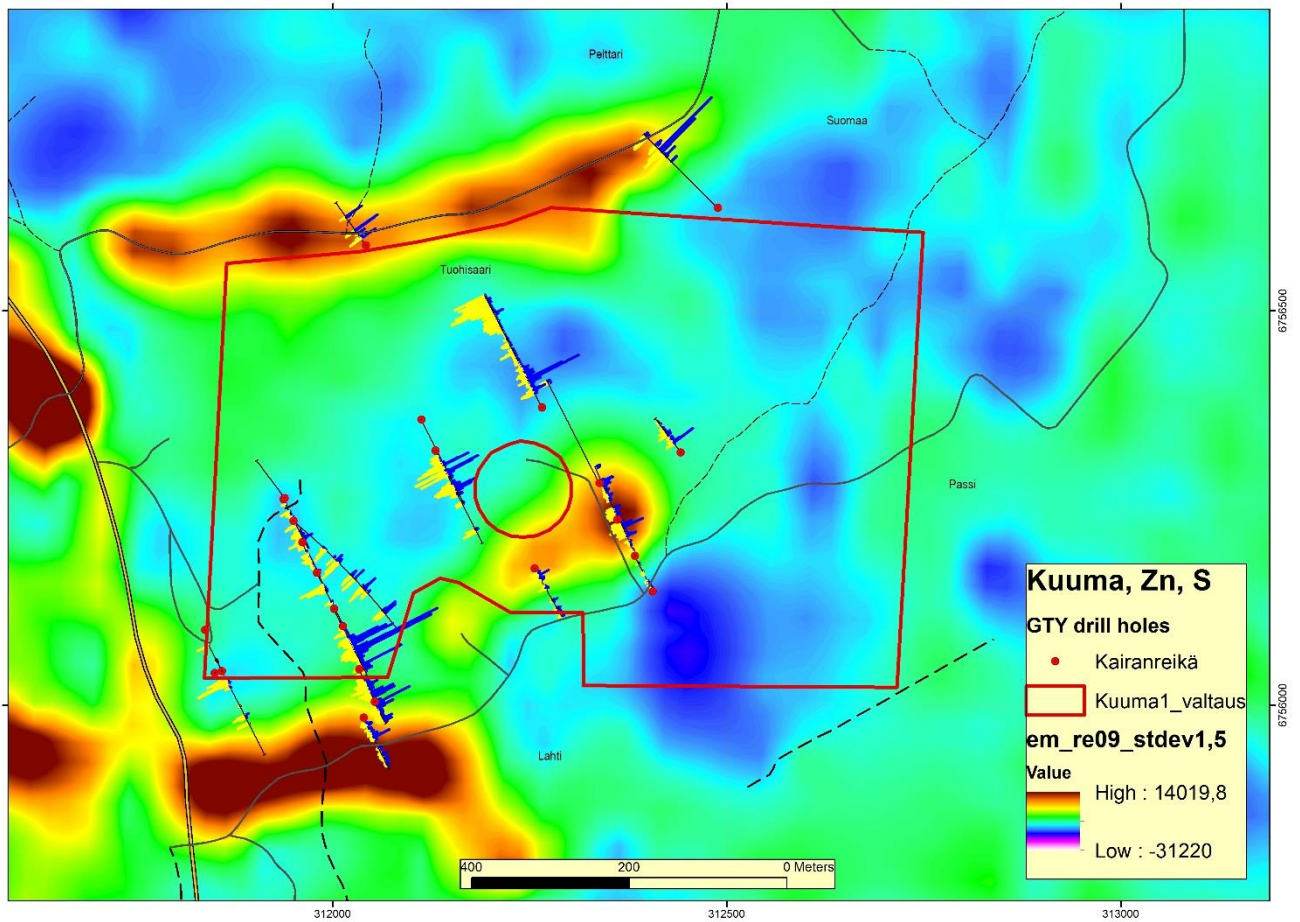
Kuuman kohteen tutkimukset liittyvät Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Etelä-Suomen yksikön (ESY) toteuttamaan malmipotentialin kartoitukseen Hämeen vyöhykkeellä vuosina 2003-2015. GTK haki Kuuman tutkimuskohteeseen valtausta 1.6.2009. Tutkimuskohde sijoittuu Häme-vyöhykkeen Forssa seurueen vulkaniitteihin, noin 10 km Forssasta pohjoiseen (Kuva 66). Valtaus Kuuma 1 (8776/1) myönnettiin 19.7.2012. GTK on tehnyt Kuuman kohteessa malmitutkimuksia maanomistajan luvalla vuosina 2005-2012 ja valtauksen myöntämisen jälkeen vuosina 2012-2015.



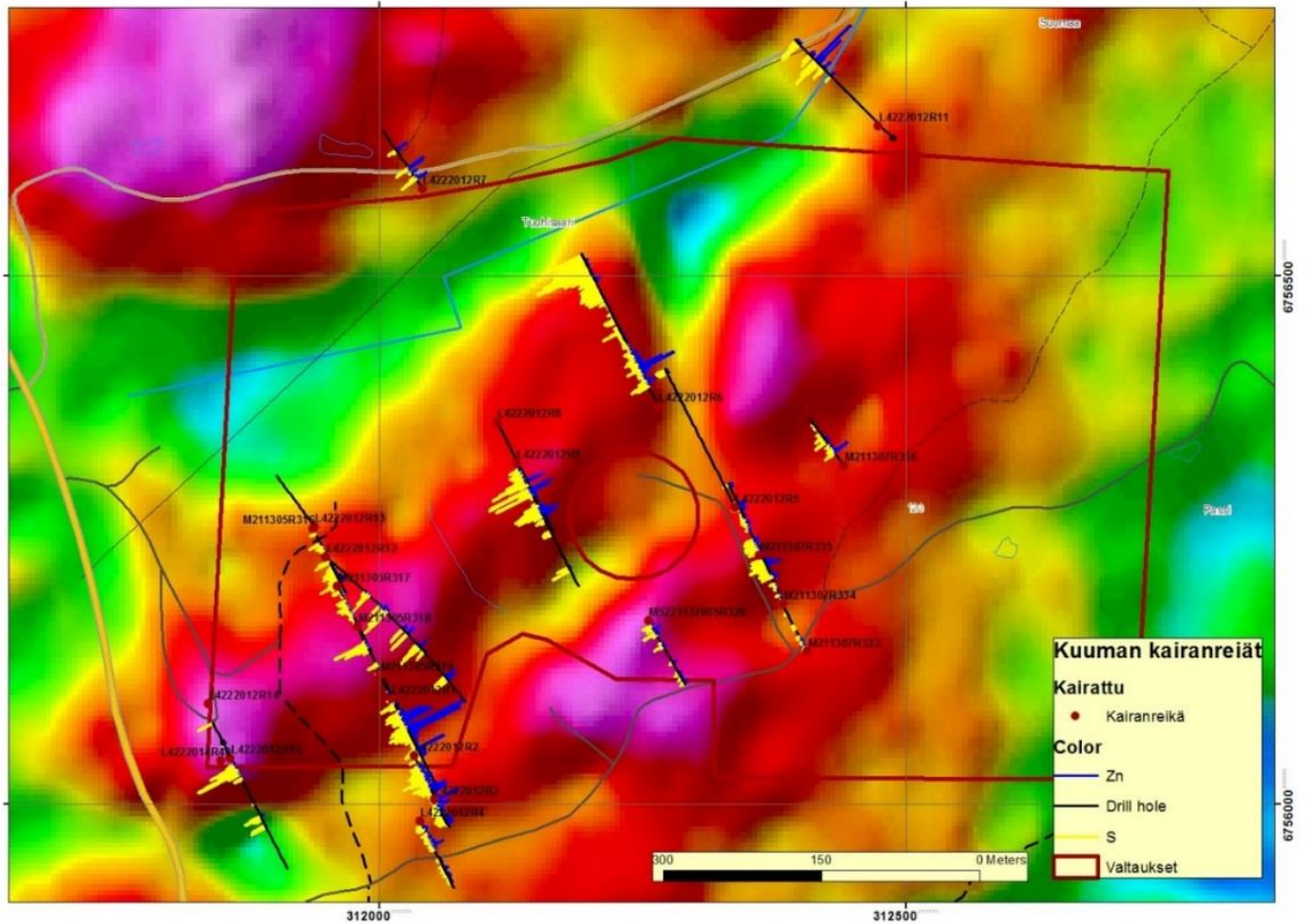
**Kuva 66.** Kuuman sinkkiäiheän sijainti.

Tutkimusten aiheena oli kultapitoisen kansannäytteen (2004 1646; 2,01 ppm Au) lähteen ja kiisupitoisten pyriitti-serisiittiliuskeiden malmipotentialin selvittäminen. Tutkimukset käsittivät geologista kartoitusta, moreenigeokemiaa ja maanpintageofysikaalisia mittauksia, jotka käsittivät magneettisen, slingram, gravimetrisen, IP- ja Sampo-menetelmät (Kuvat 67-68). Kohteessa on kairattu yhteensä 25 reikää, yhteensä 2971 metriä, joista valtaosalla on 21 reikää. Lisäksi on otettu iskuporalla 56 pohjamooreeninäytettä. Tutkimukset on kuvattu tarkemmin raportissa Tiainen ym. (2016).

Maastogeofysikaalisten mittausten, iskuporanäytteenoton ja kairausten perusteella on rajattu mineralisoitunut serisiittiytynyt ja kordieriittiytynyt vyöhyke. Korkeimmat Zn-pitoisuudet (0,9-1,2 % Zn) ovat tähän mennessä olleet kairanreiässä R319, R1 ja R11. Felsisiin vulkaniitteihin liittyvässä muuttuneessa vyöhykkeessä lävistettiin useita 10-20 m leveitä Zn-anomaalisia (Zn>0,1 %) vyöhykkeitä. Ensimmäinen sinkkimineralisaation lävistys tuli reiässä R319, jossa oli 1,2 % Zn yhden metrin matkalla ja 0,5 % Zn viidellä metrillä. Levein lävistys tuli reiällä R6, jossa lävistettiin Zn-anomaalista kiveä 38 m, Zn-pitoisuuksien keskiarvo yhden metrin näytteissä oli 0,1 % Zn ja korkein pitoisuus 0,72 % Zn (Kuva 69). Malmimineraalit ovat pyriitti, magneetikiisu ja sinkkivälke. Paikoin on hiukan kupariikiisua ja lyijyhohdetta.

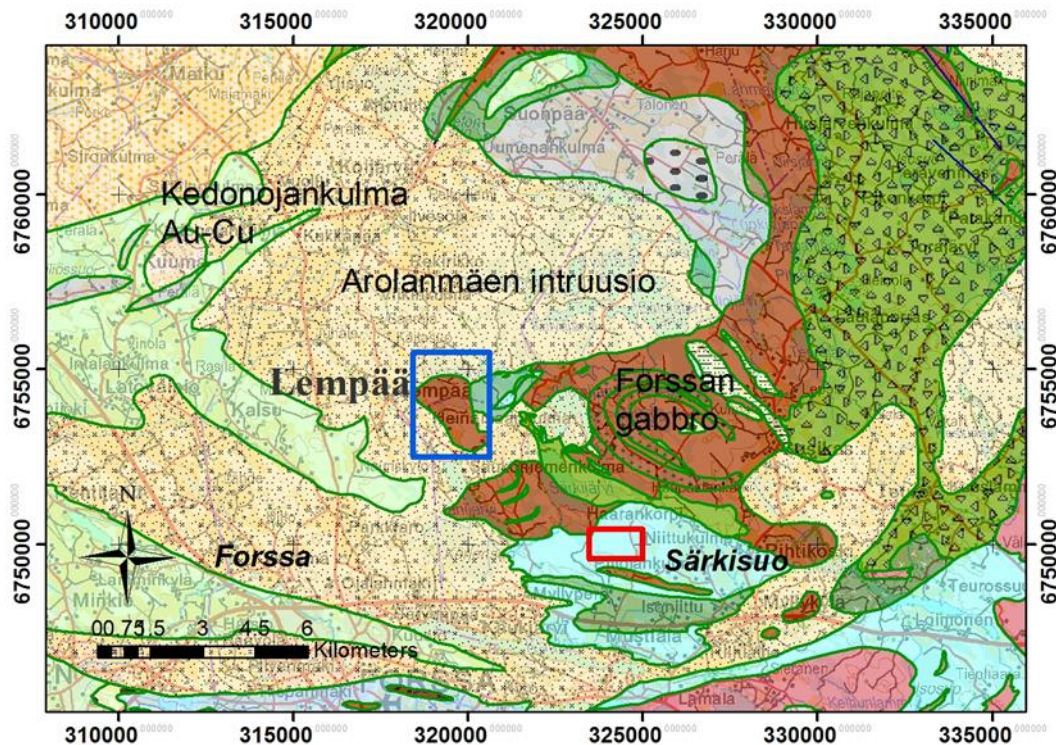


**Kuva 67.** Kuuman kohteen kairanreikäprofiilit geofysikaalisen detaljilennon sähkömagneettisella reaali-komponenttikartalla. Zn-pitoisuus sinisellä (max. 1,2%) ja S-pitoisuus keltaisella (max. 10,9 %).



**Kuva 68.** Kuuma1 valtausalueen kairausprofiilien sijainti gravimetrisella karttapohjalla. Keltainen histogrammi rikkipitoisuus ( $S$  max 10,9%) ja sininen sinkkipitoisuus ( $Zn$  max 1,2%).

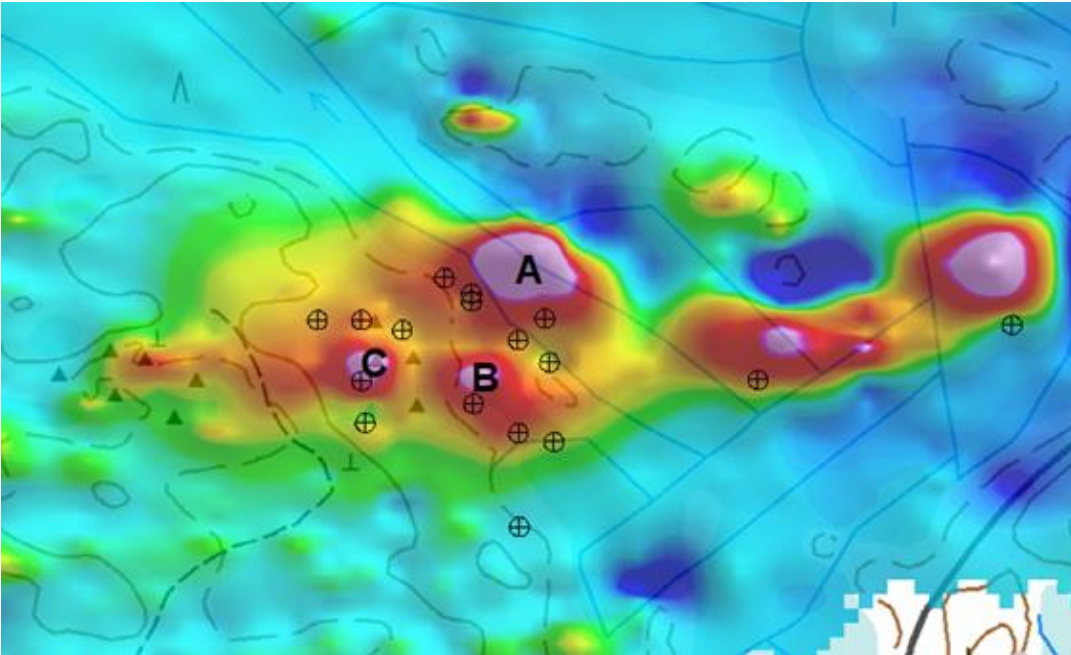




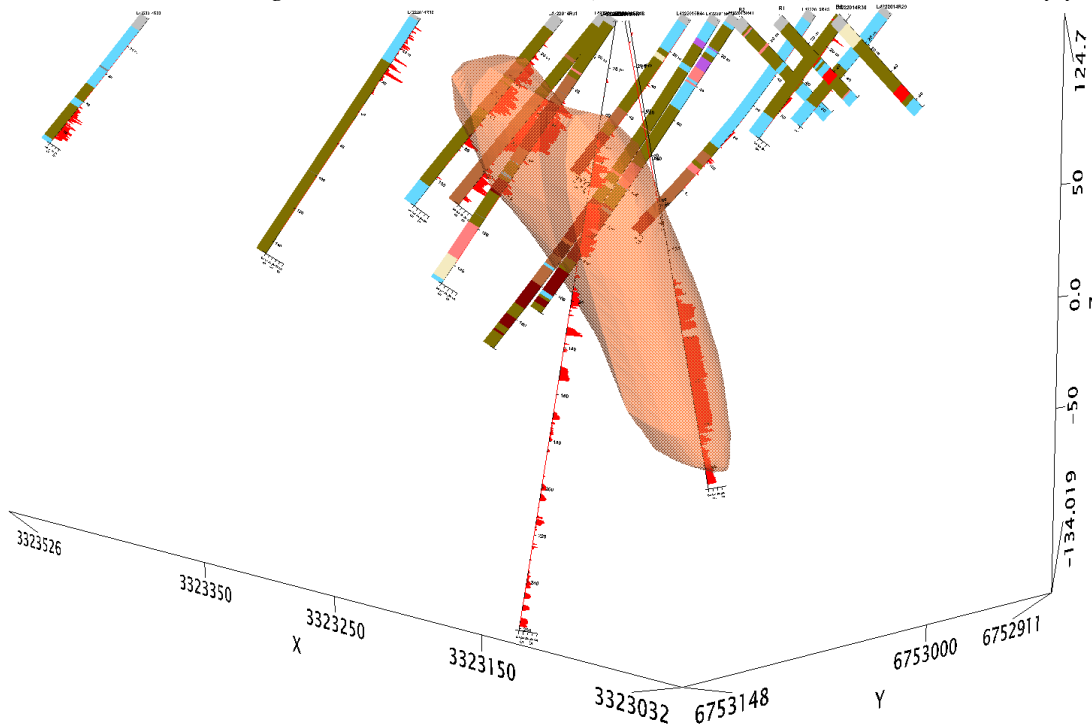
*Kuva 70. Särkisuo- ja Lempään Ni-Cu-mineralisaatioiden sijainti Forssan gabbron alueella.*

## Särkisuo

Vuosina 2014-2015 kairattiin Tammelan kunnassa Särkisuoalla v.1975 löytyneeseen Ni-Cu-sulfidiesiintymään 14 timanttikairausreikää, yhteensä 1953.90 m (Kojonen ym.tekeillä). Lisäksi kohteella tehtiin magneettisia, gravimetrisia ja sähköisiä maastomittauksia intruusion ja sitä etelässä reunustavan kiillegneissin alueella (Leväniemi 2016c). Aikaisemmin löydetty Ni-Cu sulfidimineralisaatio sijaitsee intruusion eteläreunassa sarvivälkegabrossa. Intruusio on lähes pystyasentoinen ja sen kivilajit muuttuvat mafisesta ultramafiseksi pohjoiseen päin. Kairatuissa rei'issä sarvivälkegabbro vaihtuu pyrokseeniitiksi ja oliviinipyrokseeniitiksi, joissa on paikoitellen magneettikiisu-pentlandiitti-kuparikiisupirotetta. Muodostuman keskiosissa tavattiin myös kiisupitoista peridotiittia, joka on kokonaan tai osittain serpentiiniytynyttä. Intruusion eri osia ja dimensioita voidaan mallintaa magneettisten ja painovoimamittausaineistojen perusteella (Kuvat 71-72; Leväniemi 2016c). Koska intruusion pohjakontaktia ei tavoitettu tehdyillä rei'illä suositellaan syvempien n. 500 metrin pituisten reikien kairaamista syvyysjatkeiden ja intruusion pohjoiskontaktin tutkimiseksi.



**Kuva 71.** Särkisuoan magneettinen anomaliakartta (Leväniemi, 2016c). Kairareiät merkitty ympyräsymbolilla.



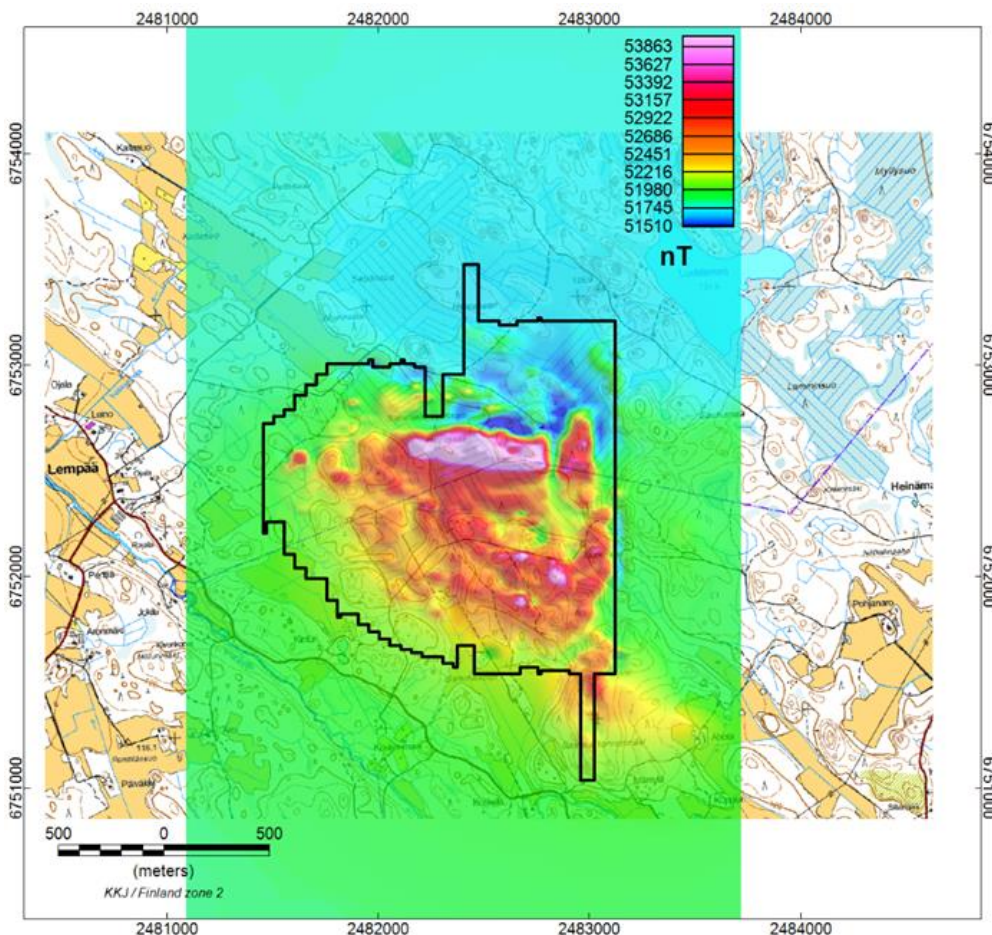
**Kuva 72.** Korkean susceptibiliteetin alueen rajaava kappale (oranssi) luoteesta katsottuna. Kairareikiin plotattu kivilajitiedot sekä punaisella susceptibiliteettiloggaukset.

## Lempää

Hankkeen tutkimuksissa (Kärkkäinen ym. 2016c) 10 km koilliseen Forssasta oleva Lempään aerogeofysiikan anomalia arvioitiin nikkelimalmikriittiseksi. Anomalian maksimi sijaitsee gabropaljastumien välissä olevalle peitteisellä suoalueella.



Lempäessä tehtiin monipuolisia geofysiikan maastomittauksia ja ne 3D-mallinnettiin. Niiden mukaan voimakkaimman magneettisen anomalian (Kuva 73) muodostuman pohjoisosassa aiheuttaa likimain itä-länsisuuntainen, melko pystyasentoinen ultramafinen yksikkö tai erillinen intruusio (Kuvat 74-75; Leväniemi 2016a). Kohteeseen kairattiin neljä reikää (922.6 m), mutta kriittisin paikka jäivät hankalien maasto-olosuhteiden takia kairausalueelta noin 300 m länteen.

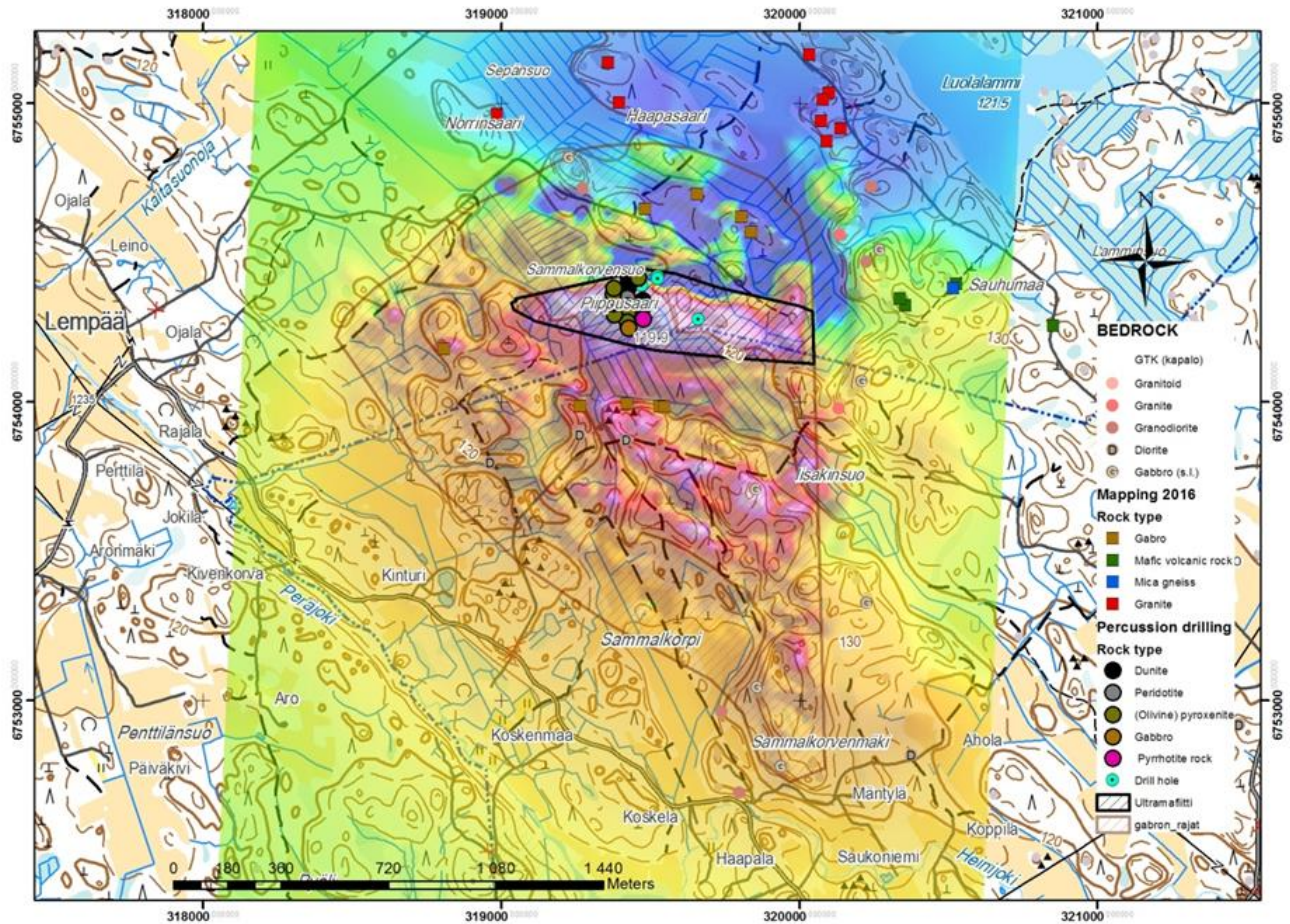


**Kuva 73.** Lempään Ni-Cu-mineralisaatio.

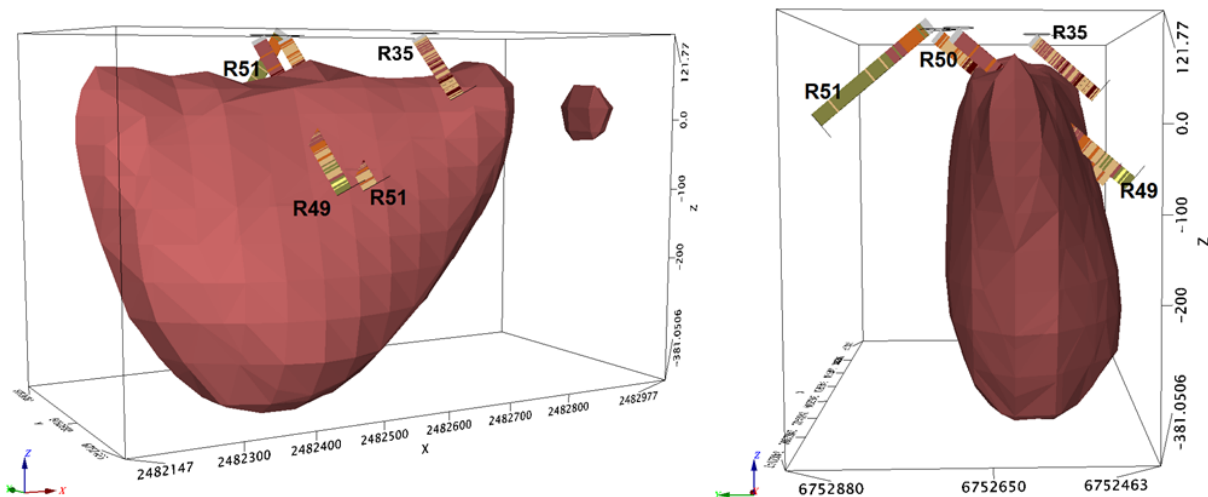
Kairauksilla todistettiin, että gabropaljastumien välissä on 200 – 250 m leveä ultramafinen syväkiviyksikkö, ja sen molemmiin puolin on gabroa. Ultramafisissa kivissä on useiden kymmenien metrien leveydeltä pirotteena ja ohuina semimassiivisina kerroksina sulfideja, pääasiassa magneettikiisua ja jonkin verran kuparikiisua, pentlandiittia, gersdorfiittia sekä oliivin serpentiiniytymisen seurauksena kiteytynyttä magnetiittia. Kemian analyysien mukaan nikkeliä ja kuparia on enimmillään luokkaa 0.2 – 0.7 % Ni ja 0.2 - 0.9 % Cu, ja korkeimmat pitoisuudet ovat 2.1 % Ni ja 0.95 % Cu (Kuva 76).

Petrologisten ja mineralogisten tutkimusten mukaan mukaan intruusion magma on ollut rikin suhteen kylläinen ja intruusiota voidaan pitää malmipotentialisena.

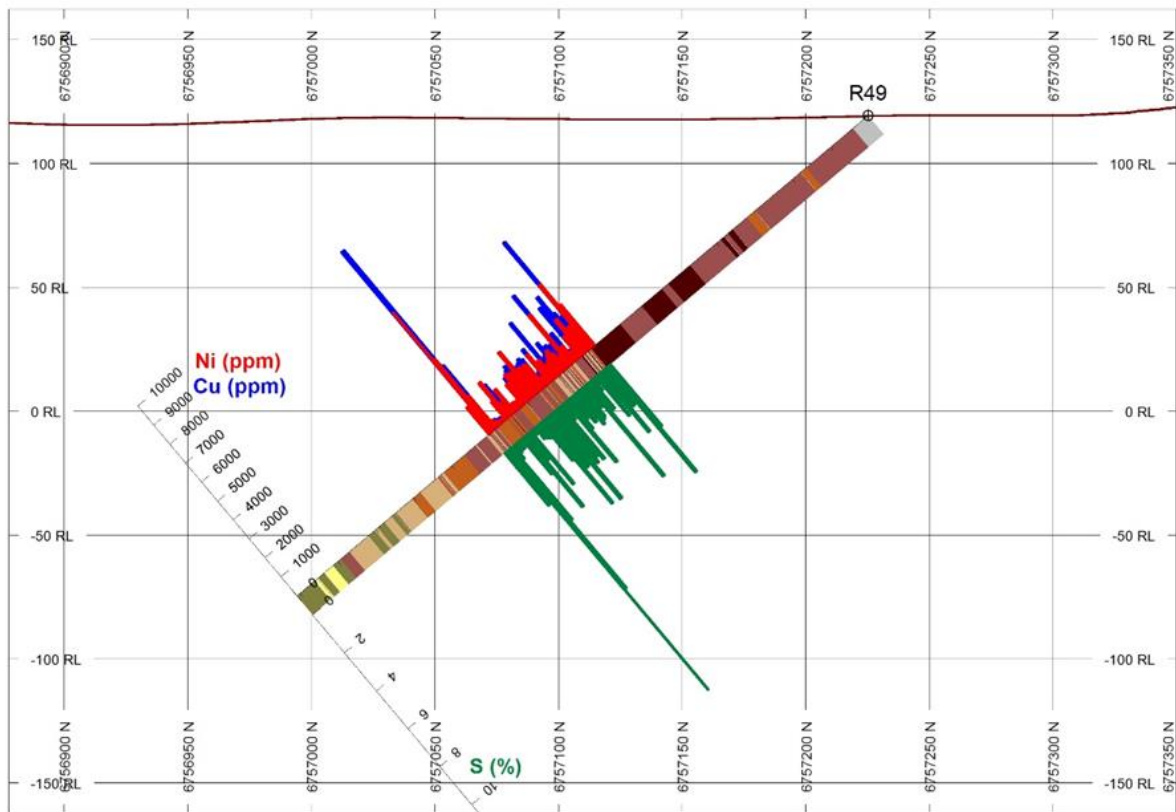
Lempään kohde oli myös UM-rahoitteisen Afganistan-projektin geofysikaalinen koulutuskohde.



**Kuva 74.** Lempään gabrointruusion mafisen intruusion ja ultramafisen yksikön rajaus sekä paljastumahavainnot (Kärkkäinen ym. 2016c).



**Kuva 75.** Lempään gabromuodostuman ultramafisen yksikön mallintaminen magneettisen aineiston perusteella (Leväniemi 2016a, b).

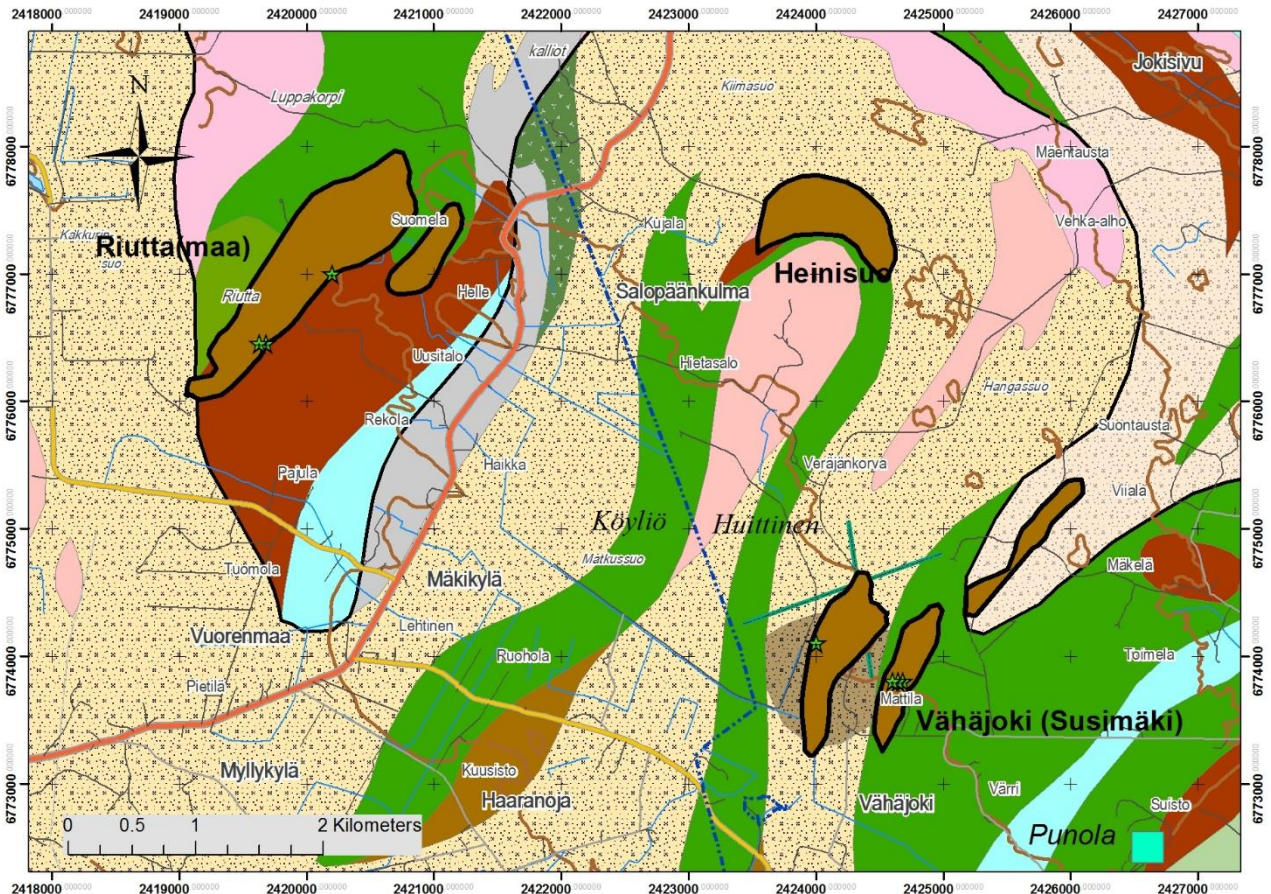


*Kuva 76. Nikkelin, kuparin ja rikin pitoisuusvaihtelu reiässä L422201549 (Kärkkäinen ym. 2016c).*

### 3.5.7 Mafisten intruusioiden Fe-Ti

#### Vampulan rauta-titaani

Varsinais-Suomessa Köyliön ja Huittisten kuntien alueella olevan historiallisen rautamalmikentän tutkimukset ajoittuivat vuosille 1996 - 1997 (GTK:n ilmeniitti-hanke). Alueen aeromagneettisella kartalla on rajattavissa poimuttuneena nauhamaisina anomaliaina mafisia vulkaniitteja (amfiboliitti) ja differentioituneet mafisia intruusioita (gabro-peridotiitti) (Kuva 77). Kivissä on runsaasti Ti-Fe oksideja (magnetiitti, ilmeniitti, ilmonomagnetiitti), paikoin lähes kompakteina kapeina kerroksina peridotiittisissa kumulaateissa ja sekä ilmeniittivaltaisena pirotteena gabroissa (Kärkkäinen ja Valjus 2016). Vähäjoen ja Riutan kohteissa ilmeniitti ja magnetiitti esiintyvät omina rakeina, magnetiitissa on vain vähän ilmeniittisuotaumia. Tyypillistä ilmeniittirikaille kiville on se, että apatiittia on niukasti, erityisesti verrattuna esimerkiksi Kauhajoen ja Honkajoen muutoin vastaavatyypisiin ilmeniitti-magnetiittigabroihiin.

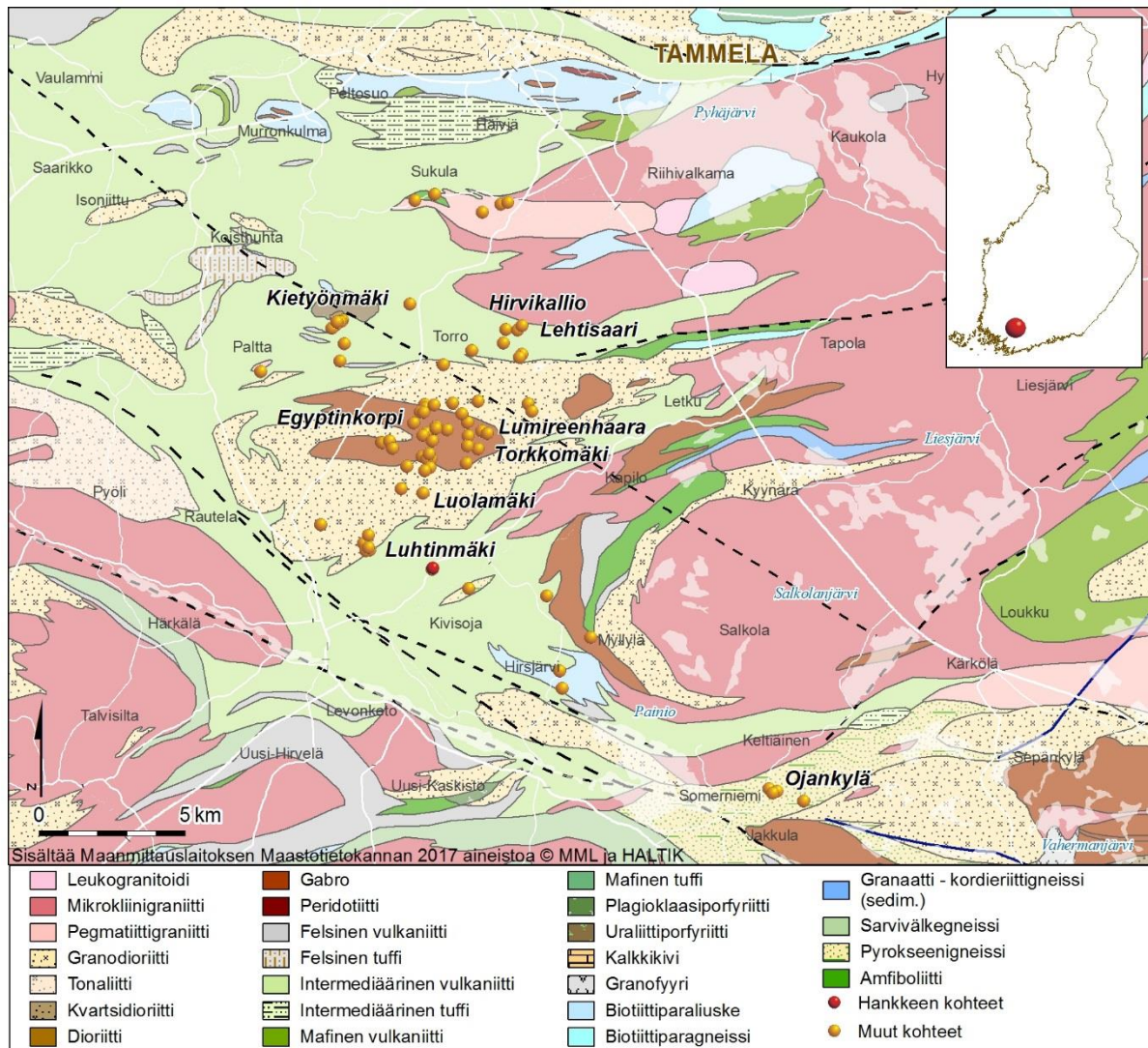


Kuva 77. Vampulan alueen Fe-Ti-pitoiset gabrot sekä malmiesiintymät ja -aiheet.

### 3.5.8 Li-pegmatiitit

#### Somero-Tammela

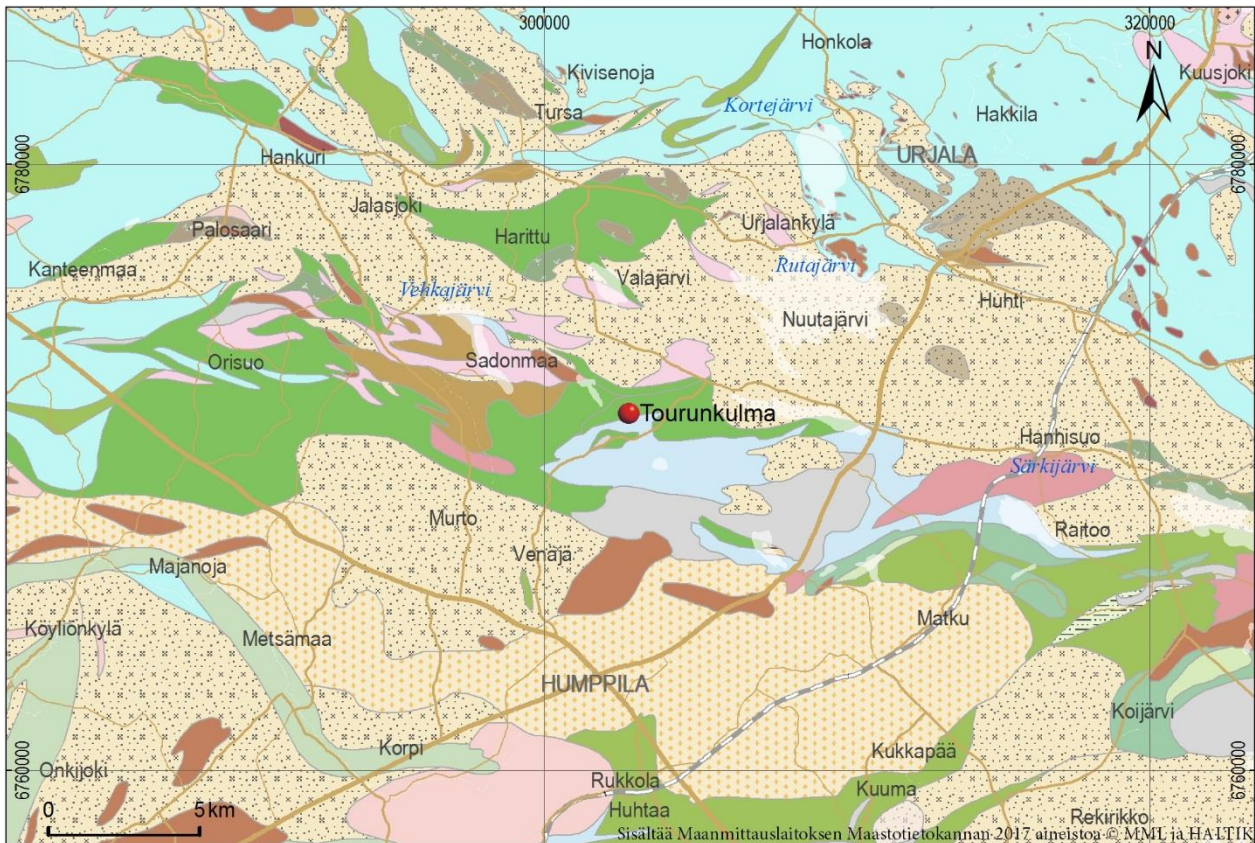
Somero-Tammelan ”pegmatiittiprovinssilla”, n. 400-500 km<sup>2</sup> kokoisella alueella tunnetaan 56 harvinaisia alkuaineita sisältävää RE –pegmatiittia (Li, Be, Nb, Ta, Sn, Ce), joista yhdeksän tiedetään sisältävän litiummineraaleja (Kuva 78). Alueen kaksi suurinta Li-pegmatiittia ovat Hirvikallion petaliittipegmatiitti ja Kietyönmäen spodumeenipegmatiitti. Hirvikallion alue on nykyään osa Torronsuon kansallispuistoa eikä siellä ole käynnissä tutkimuksia. Kietyönmäen Li- esiintymä ja sen kaakkoispuolinen alue Torkkomäelle asti on Tammela Minerals Oy:n hallussa (kanadalaisen Nortec Mineralsin tytäryhtiö). GTK teki litiumpegmatiittitutkimuksia Luhtinämäen (Penikoja) alueella. Tutkimukset käsittivät kallioperäkartoitusta sekä syväkairausta kahdeksan reikää, 598 metriä. Litiumoksidi-, beryllium-, tantaali- ja niobium-pitoisuudet olivat maksimissaan 0,17 %, 298 ppm, 67 ppm ja 172 ppm (Ahtola ym. 2015). On todennäköistä, että Somero-Tammelan alueella on vielä useita tuntemattomia Li-pegmatiitteja, mutta ne eivät ole paljastuneena (Mäkinen 1913, Alviola 2003, Leväniemi 2013).



Kuva 78. Somero-Tammela alueen tunnetut RE-pegmatiitit. Li-pitoiset on nimetty.

### Tourunkulma (Sammakkolampi)

GTK kartoitti Urjalan kunnassa, Tourunkulman (Sammakkolammen) ympäristössä litiumin esiintymismahdollisuuksia, perustuen aiemman hankevaiheen (2003-2007) alueellisessa moreeninäytteenotossa löytyneeseen Li-anomaliaan (Kuva 79). Tutkimukset rajattiin Koukkukallion ja Leppäkorven kohteisiin, joissa tehtiin tarkennettuja moreenigeokemian kartoituksia (274 näytettä iskuporakalustolla) ja kairattiin anomaliaan viisi reikää (506 m) (Kuusela ja Ahtola 2014). Kairauksissa paikannettiin useita pegmatiittijuonia, joissa ei ollut varsinaisia litium-mineraaleja. Litium-pitoisuus on kairatuissa pegmatiittinäytteissä enimmillään 357 ppm.



Kuva 79. Tourunkulman Li-aiheen sijainti geologisella kartalla (DigiKp).

## 4 HÄMEEN VYÖHYKKEEN MALMIPOTENTIAALI

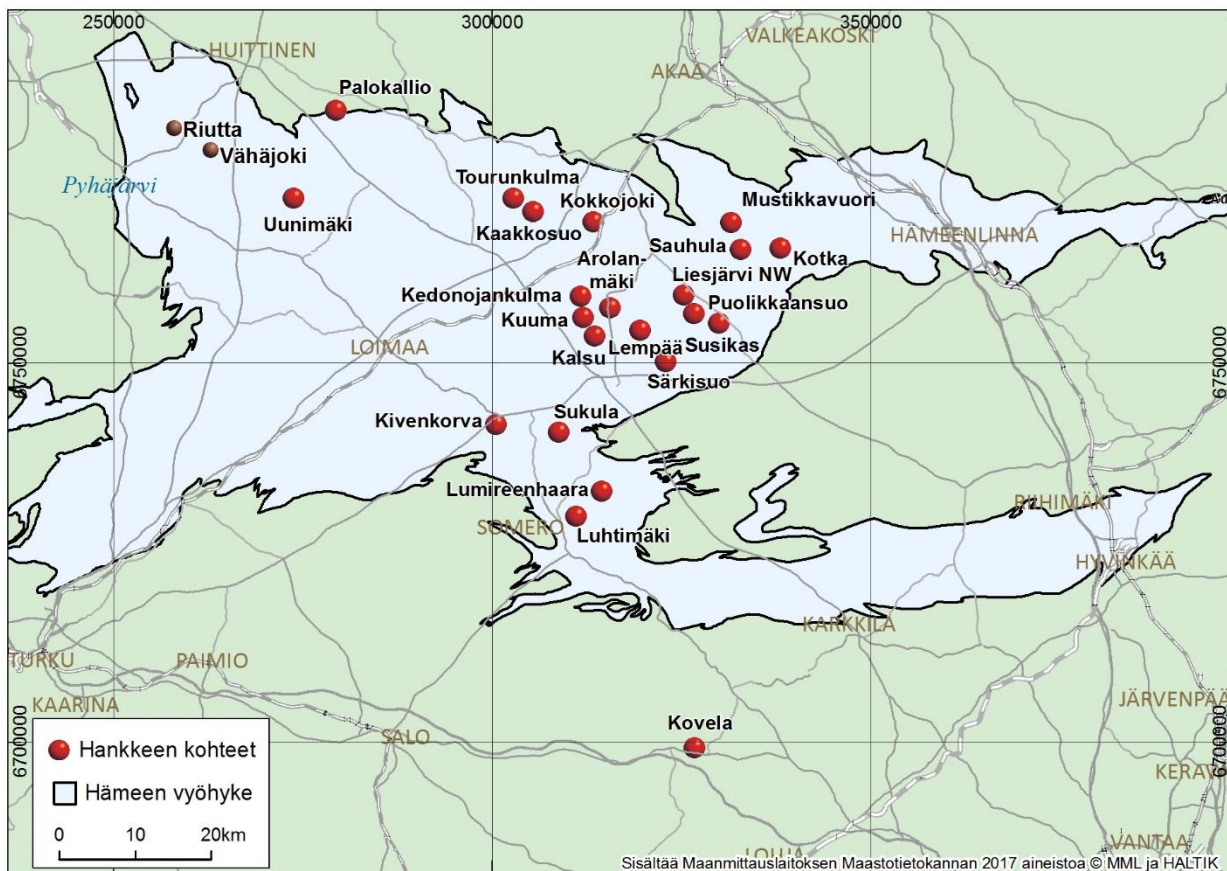
### 4.1 Hämeen malmipotentialin kartoitus

Hankkeen malmipotentialikartoituksessa pyrittiin tunnistamaan Hämeen vyöhykkeen malmityypit, malminmuodostusprosessit ja rajaamaan potentiaalisimmat malminetsintäalueet sekä osoittamaan uusia potentiaalisia malminetsintäkohteita.

Malmiesiintymien ja viitteiden tutkimusta tehtiin sekä alueellisella että kohteellisella tasolla. Potentiaalisten alueiden ja malmityyppien selvittämiseksi kartoitettiin alueen malmiviitteet, kallioperässä havaitut hydrotermiset muuttumiset, luokiteltiin geofysiikan anomaliat ja analysoitiin kohdentava moreenigeokemiallinen data yhdessä päivitetyn kallioperäkartan kanssa. Uutta tietoa tuottavat kohteelliset tutkimukset suunnattiin malmityypeittäin alueellisten tutkimustulosten perusteella priorisoituihin kohteisiin. Kohteellisissa tutkimuksissa tehtiin tapauskohtaisesti maanpintageofysiikkaa, geologista kartoitusta sekä näytteenottoa iskuporalla ja kairaamalla. Tärkeimmät Hämeen vyöhykkeen alueet ja kohteet malmityypeittäin olivat (Kuva 80):

- Gabroihiin/kvartsijuoniin/hiertovyöhykkeisiin liittyvät kultamalmit, Huittisten Jokisivun lähialueella ja Satulinmäen alueella.. Kohteina Uunimäki, Palokallio, Sukula ja Kivenkorva.

- Granitoideihin liittyvien Cu-Au-malmiaiheet Arolanmäen ja Kotkajärven granitoidien alueilla ja lähiympäristössä. Kohteina Kedonojankulma, Liesjärvi, Puolikkaansuo, Kotka, Sauhula ja Kokkojoki.
- VMS-tyyppiset Zn-Cu-Pb-malmit. Kohteina Kuuman Zn-aihe sekä geofysiikan johdeanomaliat: Kalsu, Kaakkosuo, Mustikkavuori ja Horna.
- Ni-Cu-malmit. Kohteina Forssan gabron ultramafisiin osiin liittyvät, Särkisuo ja Lempään kohteet.
- Litium-pitoiset pegmatiitit Someron-Tammelan pegmatiittiprovinssin alueella. Kohteina Lumireenhaara, Luhtimäki (Penikoja) ja Urjalan Tourunkulma.



**Kuva 80.** Hankkeen tutkimuskohteiden sijainti Hämeen vyöhykkeellä. Myös aiemman ilmeniittihankkeen kohteet Riutta ja Vähäjoki raportoitiin tässä hankkeessa. Lohjan Kovelan REE-aihetta tutkittiin hankkeissa 2551005 ja 2141007.

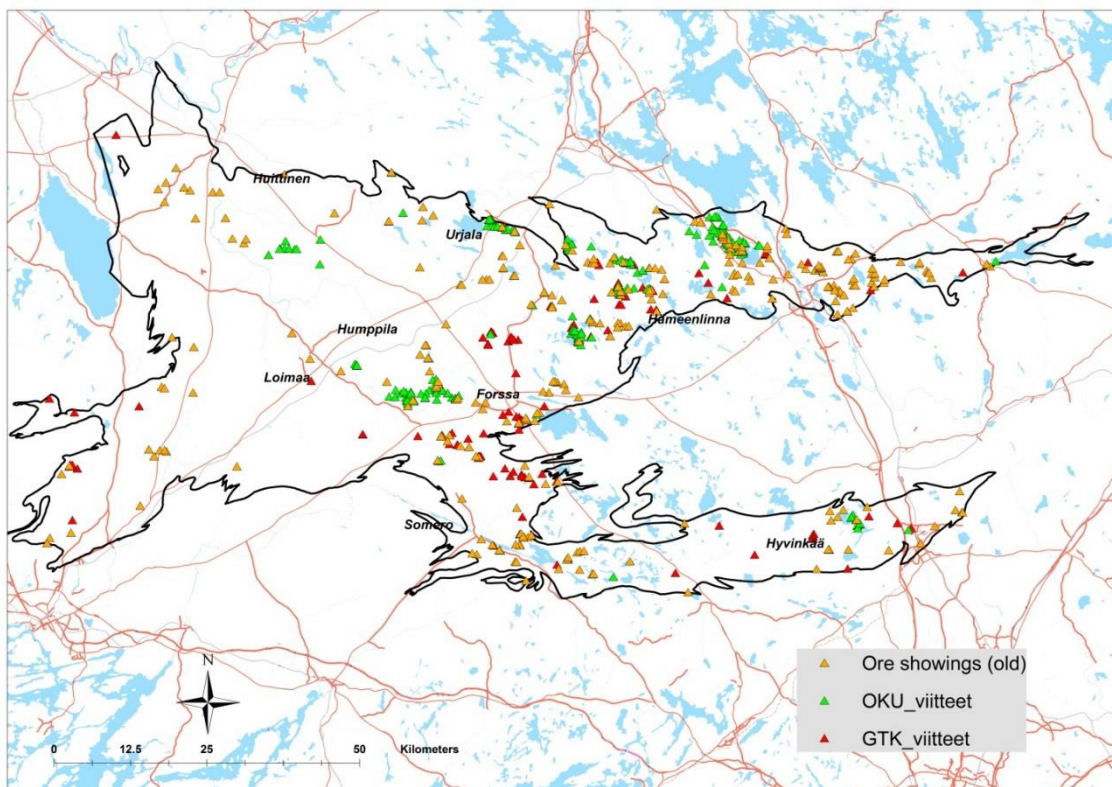
#### 4.1.1 Malmiviitteet

Hankkeessa selvittiin GTK:n tietokannoissa olevat malmiviitteet ja malmiaiheet Hämeen vyöhykkeellä, sekä niiden alueellisia jakaumia, ryhmittymisiä ja metallogeniaa (Kärkkäinen 2015). Suurin osa malmiviitteistä (847 kpl) perustuu kansannäytetoimintaan, mikä oli Hämeessä vilkasta 1960 - 1980-luvuilla Rautaruukki- ja Outokumpu-yhtiöiden aktiivisen malminetsinnän aikana. GTK:n havaintoja on vuodesta 2000 lähtien, jolloin kartoitukset

alueella käynnistettiin uudelleen (Kuva 81). Viitteisiin perustuvien tutkimusten vaiheistus voi kestää kauan. Esimerkiksi Somero-Tammela alueen kompleksipegmatiittien petaliitista saatiin ensimmäinen havainto kansannäytteenä (Suvenmaa 1961), vaikka useiden Tammelan pegmatiittien monipuolinen mineralogia on tunnettu jo 1800-luvulla (Nordenskjöld 1863). Kietyönmäellä GTK kairasi lupaavan litium-esiintymän 1990-luvun alussa (Alviola 1993a).

Malmiviitteiden perusteella Hämeen vyöhykkeelle tyypillisiä metalleja ovat **kupari, kulta, volframi** sekä **litium** ja muut graniittipegmatiitteihin liittyvät **erikoismetallit (Be, Cs, Nb, Ta)**. Metallijakauman suhteen ero on selvä pohjoispuolella olevaan Pirkanmaan vyöhykkeeseen ja eteläpuolella olevaan Uudenmaan vyöhykkeeseen. Pirkanmaan vyöhykettä luonnehtii nikkeli, kun taas Uudenmaata muut perusmetallit (Zn-Pb-Cu) sekä rauta ja uraani. Metallijakaumien alueelliset erot selittyvät kallioperän erilaisuudella: Hämeen vyöhyke on valtaosin maanpinnalle purkautuneita vulkaanisia kivilajeja ja niiden syvälle kiteytyneitä muunnoksia kun taas Uudellamaalla vulkaniittien merellinen ympäristö on vallitseva. Pirkanmaan vyöhyke koostuu pääosin muinaisia valtameren pohjan sedimenteistä kiteytyneitä kivilajeja ja malminmuodostuksen kannalta tärkeitä ovat niihin purkautuneet emäksiset syväkivet.

Malmiviitteet osoittavat, että Hämeen vyöhykkeellä on löytymättömiä pintaan puhjenneita malmiaiheita ja -esiintymiä. Kuparin ja kullan suhteen mielenkiintoisin alue on Liesjärven seutu ja siitä itään sijaitseva kallioperä, jolta on havaintoja myös volframista. Forssan alue (sekä Jokioinen, Tammela, Somero) ovat kriittisiä kullan ja kuparin sekä harvinaisten metallien suhteen.



**Kuva 81.** Hämeen vyöhykkeen malmiviitteet Geologian tutkimuskeskuksen malmiviitetietokantojen mukaan. Lähteinä ovat GTK:n uudet viitteet (Layman's samples, 294 kpl), vanhat malmiviitetietokannan viitteet (Ore showings / Saltikoff, 158 kpl) ja siihen sisältymättömät Outokummun ja Rautaruukki OY:n viitteet



(tietokannasta OKU boulders, 395 kpl). Hämeen vyöhykkeen rajaviiva on Sipilän ja Kujalan (2014) mukaan.

#### 4.1.2 Malmityypit

Kallioperägeologian, malmiesiintymien ja –aiheiden, malminmuodostusprosessien sekä geokemian perusteella Hämeestä rajattiin kuusi (6) vallitsevaa malmityyppiä (Kuva 82).

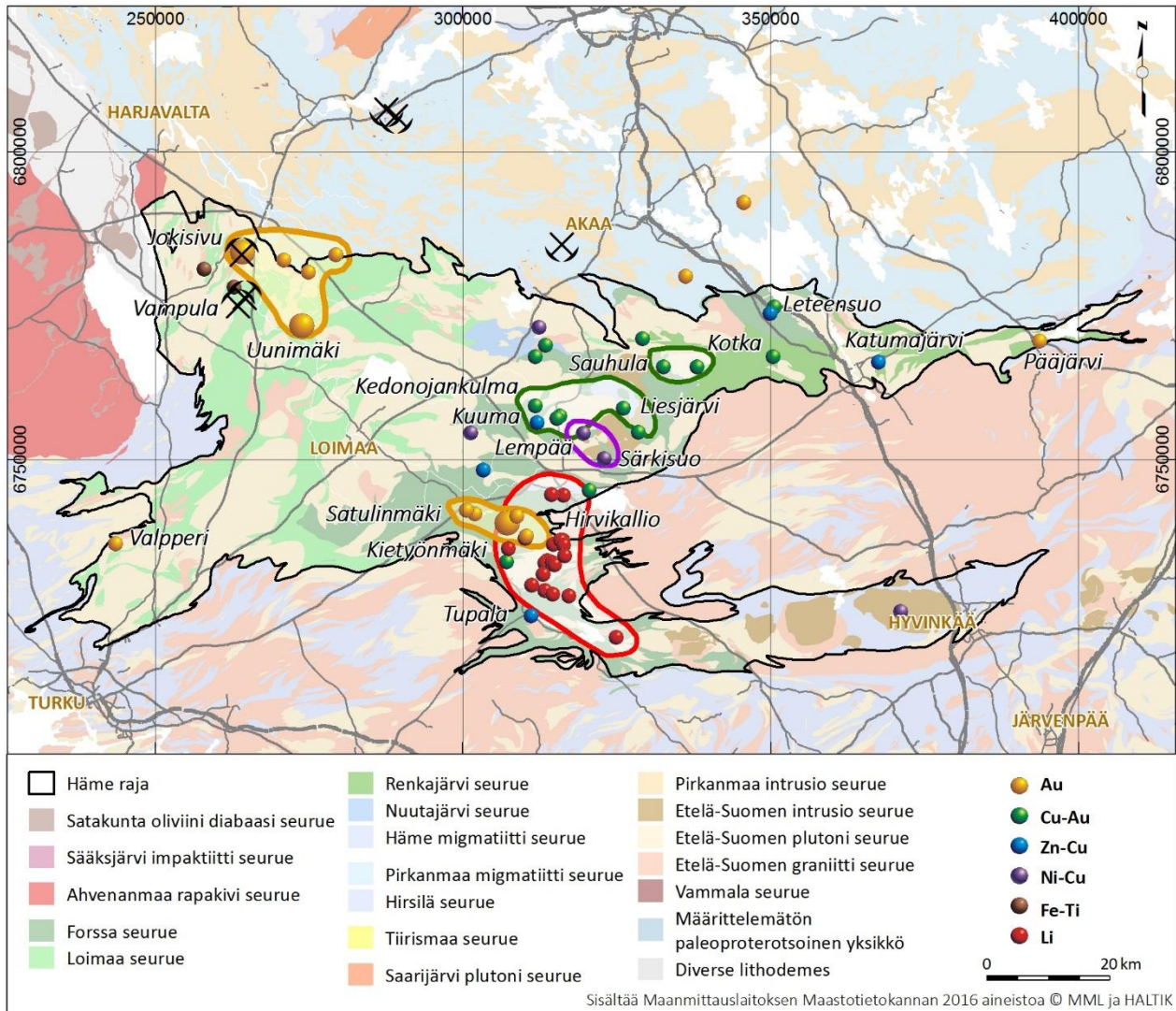
- **Orogeeninen Au**; kontrolloiva tekijä on rakenne, osassa lisäksi mafinen kivilajiyksikkö
- **Porfyyrinen Cu(-Au)**; kontrolloiva tekijä ovat synvulkaniset granitoidit
- **Cu-Ni**; kontrolloiva tekijä mafis-ultramafiset intrusiivikivet
- **VMS (Cu-Zn-Au)**; kontrolloiva tekijä on vulkaaninen ympäristö, happamat vulkaniitit
- **W(-Mo-Sn)**; kontrolloiva tekijä ovat granitoidit, usein synorogeeniset
- **Li(-Be-Ta)**; kontrolloiva tekijä on graniittipegmatiittien fraktioituminen ja syntysyvyys

Orogeenisen kullan esiintymiselle tärkein tekijä on tektoniikka, orogeeninen prosessi, joka havaitaan siirros- ja hirtovyoöhykkeinä. Ne edustavat malmeja muodostavien hydrotermisten liuosten purkautumiskanavia sekä kullan eri syvyyksillä tapahtuvia kullan uuttumis- ja saostumisympäristöä (Groves ym. 1998). Tektoniset heikkousvyöhykkeet voidaan joskus tunnistaa aerogeofysiikan avulla. Niiden malmipotentialin arvioimisen mahdollistaa taustatieto kullan esiintymisestä kallio- ja/tai maaperässä sekä tieto kallioperän kivilajeista.

Hämeen vyöhykkeellä orogeenisia kultaesiintymiä edustavat Uunimäki, Ritakallio, Palokallio, Riukka, Satulinmäki ja Sukula. Näissä Satulinmäkeä lukuun ottamatta esiintymän tärkein kivilaji on gabro-dioriittiluokan mafinen syväkivi, kuten myös Huittisten Jokisivun, Valkeakosken Kaapelinkulman ja Raahen Laivakankaan esiintymissä. Palokallion ja Uunimäen kulta paikannettiin kartoittamalla systemaattisesti geofysiikan avulla rajattuja mahdollisia gabrointruusioita leikkaavia siirrosvyöhykkeitä.

Porfyryityypin kupariesiintymät liittyvät porfyryisiin, usein adakiittisiin puolipinnallisiin tai lähelle pintaa asettuneisiin granitoideihin. Potentiaalisilla alueilla on tyypillisesti merkkejä hydrotermisestä toiminnasta ja kompleksinen lito- ja moreenigeokemia. GTK:n valtakunnallisessa geokemian datassa (ALMR) on Hämeen vyöhykkeellä, Forssan lähialueella on todettavissa korkeita tellurium- ja kuparipitoisuuksia. Hämeen vyöhykkeen kohdentavassa moreenigeokemiallisessa kartoituksessa havaittiin Forssan pohjoispuolella monimetallinen As-Te-Bi-Au-Cu-Zn-anomalia, jonka kairaaminen johti Kedonojankulman porfyryi-tyyppisen kupariesiintymän löytymiseen (Tiainen ym. 2012). Sittemmin samasta geokemian anomaliasta paikannettiin pyriitti-serisiittiliuskeita, Kuuman sinkkimineralisaatio, ja Arolanmäen kultaesiintymä (Tiainen et al. 2017c, 2017d).

VMS-tyypin Zn-Cu-Pb-esiintymät ovat tyypillisesti happamien vulkaniittien yhteydessä. Malmimuodostukseen liittyy vulkaanisten kivilajien muuttumista, kuten kordieriittiutumista ja serisiittiytymistä. Huonosti paljastuneilla alueilla muuttuneet kivet ovat harvoin paljastuneina. Potentiaalisimmat kohteet voidaan rajata kallioperägeologian, lito- ja moreenigeokemian sekä geofysiikan yhteistulkinnalla. Hankkeessa rajattiin potentiaalisia VMS-kohteita geofysiikan anomaliauokittelulla (Kuva 21) ja moreenigeokemian perusteella (Kuva 30).



**Kuva 82.** Hämeen vyöhykkeen malmityypit. Keltainen rajaus - orogeeniset Au-malmit, vihreä – granitoideihin liittyvät Cu(-Au) malmit, violetti – Ni-Cu-malmit, punainen – Li-pegmatiitit.

## 4.2 Hämeen vyöhykkeen löytämättömät malmivarat

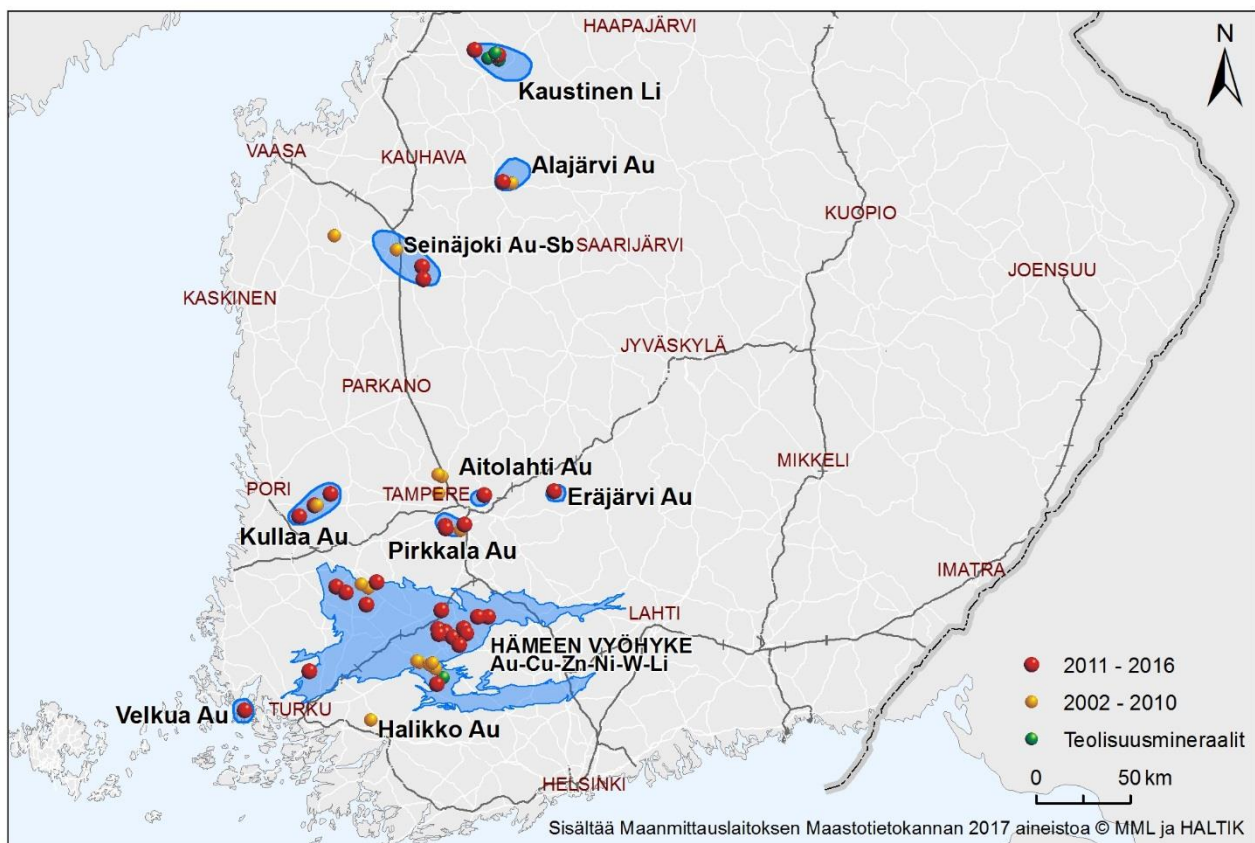
GTK on arvioinut Suomen löytämättömiä malmivaroja vuodesta 2008 lähtien, sekä eri metallien suhteen että eri alueiden suhteen. Hämeen vyöhyke on ollut monien valtakunnallisten arviointien osa-alueena. Tämän hankkeen yhteydessä tarkennettiin Hämeen vyöhykkeen löytämättömien malmivarojen arviota orogeenisen kullan, vulkanogeenisten massiivisten sulfidimalmien (VMS) kupari-sinkki, porfyryri kupari ja synorogeenisten nikkeli-kupari malmien suhteen (Rasilainen ja Eilu 2016).

Hämeen vyöhykkeeltä rajattiin edellä mainittujen malmityyppien mukaan kuusi potentiaalista esiintymisaluetta ja arvioitiin löytämättömien esiintymien lukumäärä rajatuilla alueilla eritodennäköisyyksillä yhden kilometrin syvyyteen asti. 50 % todennäköisyydellä Hämeen vyöhykkeen löytämättömien esiintymien arvioitiin sisältävän yhteensä 1,500,000 t Cu, 290,000 t Zn, 59,000 t Mo, 31,000 t Pb, 9000 t Ni, 430 t Co, 1100 t Ag and 170 t Au.

## 5 MUUT MALMITUTKIMUSKOHTEET

Hämeen vyöhykkeen lisäksi hankkeen puitteissa vietiin päätökseen edellisessä ESY:n malmipotentialihankkeessa ja LSY:n malmipotentialihankkeessa kesken jääneitä tutkimuksia (Kuva 83). Pohjanmaan kultatutkimusten henkilöstö koostui pääosin GTK:n Kokkolan toimipisteen geologeista. Kaustisen litiumtutkimusten raportointi oli ESY:n tutkijoiden vastuulla.

Lisäksi muilla alueilla raportoitiin Kaustisen litiumtutkimukset vuosilta 2009-2011 (Kuusela ym. 2012), laadittiin yhteenveto GTK:n Kullaan kultatutkimuksista, joissa löydettiin kolme uutta esiintymää: Välimäki, Saarijärvi ja Kultakallio (Kärkkäinen ym. 2016a), raportoitiin Tampereen alueelta Säaksjärven ja Aitolahden (Kärkkäinen ym. 2014) sekä Eräjärven (Kärkkäinen ym. 2016d) kultaesiintymien tutkimukset. Varsinais-Suomen alueelta Naantalista raportoitiin Velkuan kultaesiintymän kartoitus (Kärkkäinen ym. 2017). Lisäksi selvitettiin kullan mineralogiaa Pirkanmaan vyöhykkeellä korkean metamorfoosiasteen alueella (Kuikka 2013, 2014) ja laadittiin opinnäytetyö Lepomäen Au-pitoisista turmaliini-kvartsijuonista (Niemelä 2012).



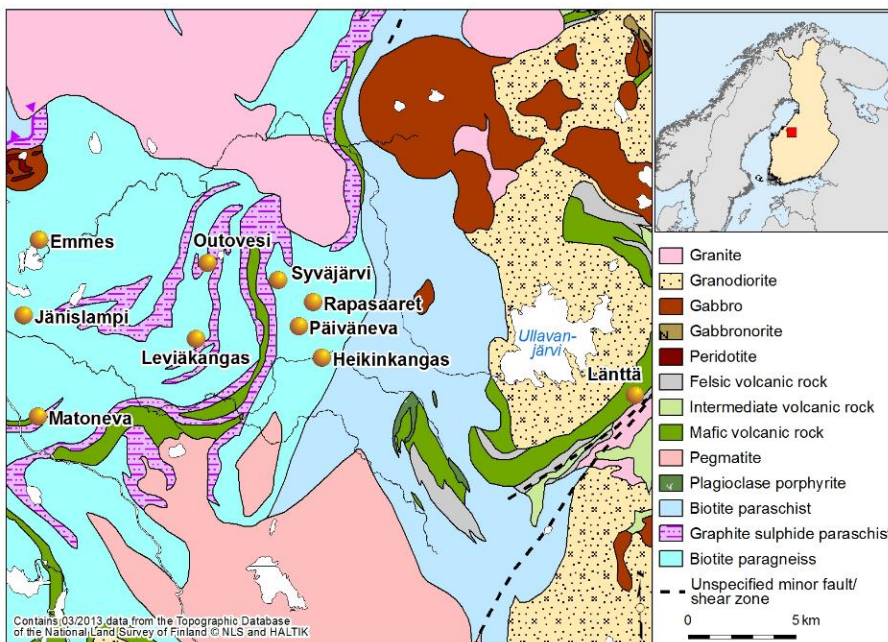
Kuva 83. Hankkeen tutkimuskohteet Etelä- ja Länsi-Suomessa.

### 5.1 Kaustisen litiumtutkimukset

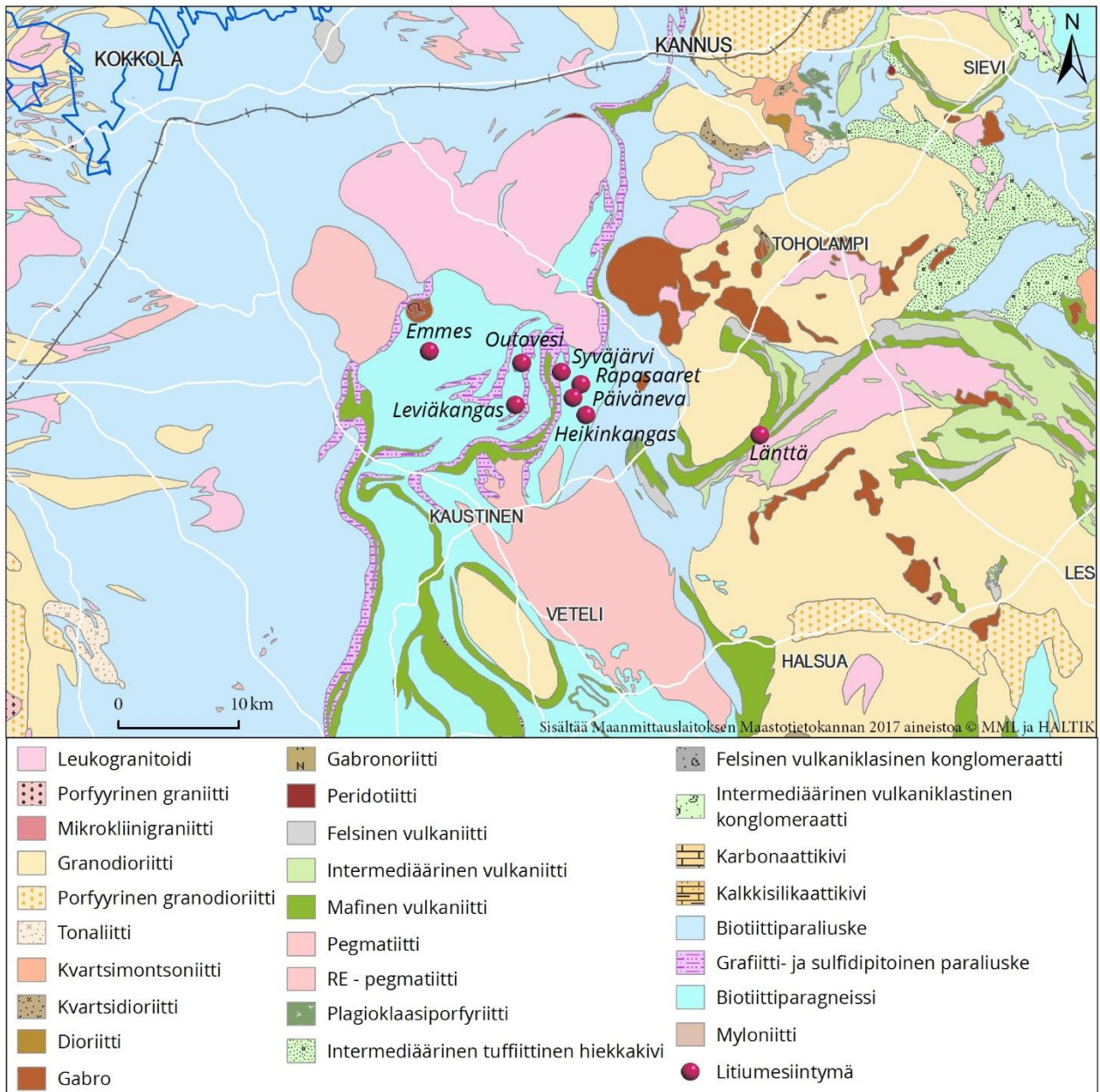
GTK suoritti litiumpegmatiittitutkimuksia Kaustisilla vuosina 2003 – 2012. Tutkimusten päätavoite oli perinteisten tutkimusmenetelmien avulla paikallistaa uusia Li – Be – Nb – Ta

pitoisia pegmatiitteja. Alueen tunnetuista esiintymistä (Kuva 84) valtaosan on löytänyt Suomen Mineraali Oy -60 luvulla (Partek Oy). Kaustisten Rapasaarten, Leviäkankaan, ja Syväjärven esiintymistä sekä Heikinkankaan, Matonevan ja Päivänevan aiheista tehdyistä tutkimuksista koostettiin tutkimusraportti Hämeen vyöhykkeen mineraalipotentiali-hankkeen yhteydessä (Ahtola (ed.) ym. 2015).

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) kartoitti 2000 -luvulla Länsi-Suomessa sijaitsevan Kaustisen Li-provinssin Li (Nb, Ta, Be) –potentiaalia teollisuusmineraalivarojen kartoitushankkeessa, startegisten mineraalien hankkessa ja niitä jatkettiin jonkin verran myös Etelä-Suomen mineraalivarat-hankkeessa. Kaustisen alueen Li-pegmatiitit (Kuva 85) ovat toistensa kaltaisia ja kuuluvat ns. LCT-pegmatiitteihin. GTK löysi Kaustisen teollisuusmineraalitutkimuksissa Rapasaarten esiintymän vuonna 2009 ( Kuusela & al 2011 ). Tämän lisäksi tutkimuksissa paikannettiin kolme uutta pegmatiittia (Matoneva, Päiväneva, ja Heikinkangas ). Tunnettujen 1960-luvulla paikallistettujen Leviäkankaan ja Syväjärven esiintymien tutkimuksia jatkettiin timanttikairauksilla, joista varsinkin Syväjärven alustavat litium varannot suurenevät huomattavasti (Ahtola ym. 2015). GTK:n Li-potentiaalinen kartoitus moninkertaisti alueen tunnettuja litiumvarantoja ja edesauttoi alueen hyödyntämiseen tähtäävää yritystoimintaa (mm. Keliber Oy). Kaustisen Li-provinssi on merkittävä koko EU:n alueella (Ahtola ym. 2015).



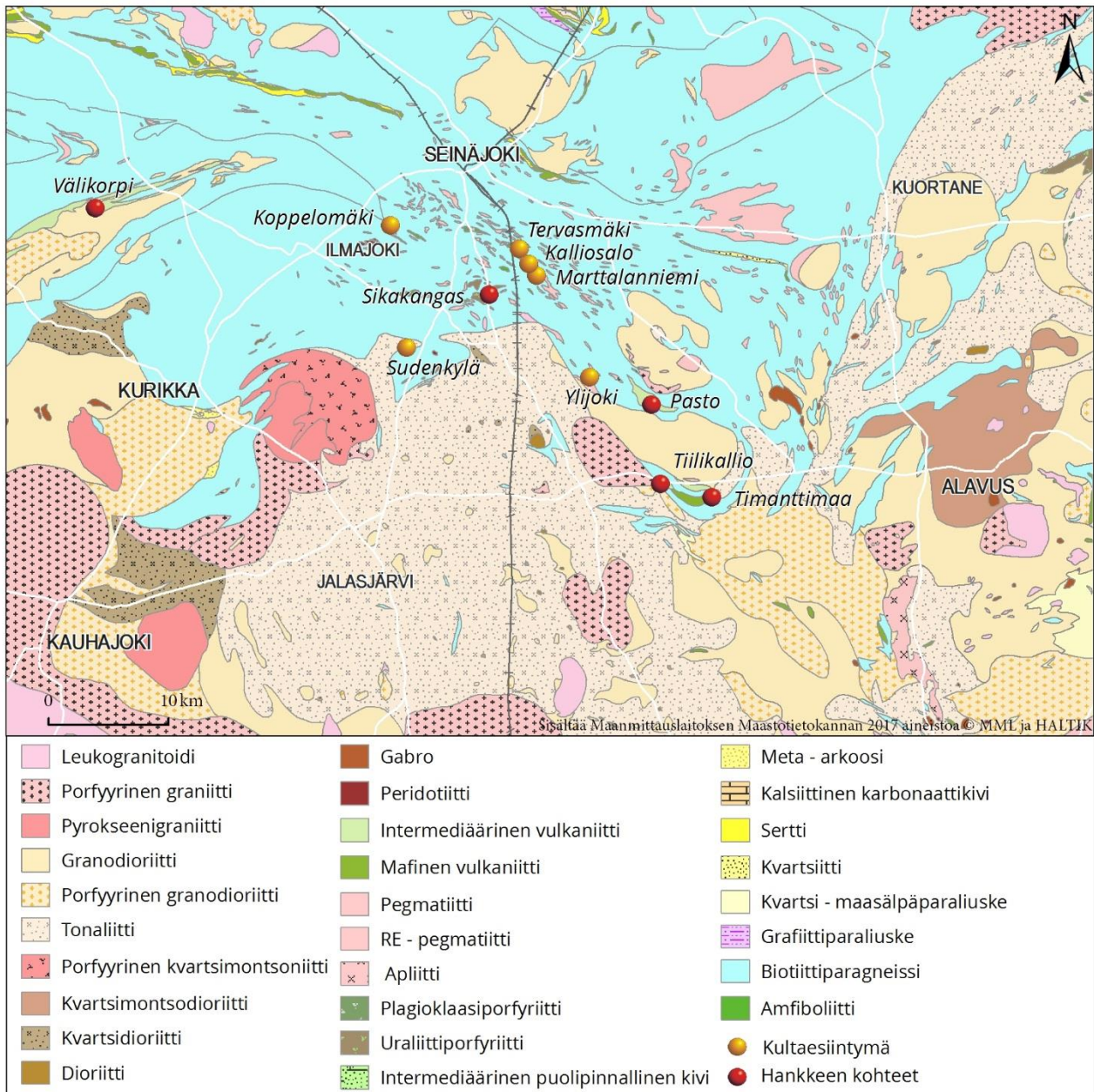
**Kuva 84.** Kaustisen litium-esiintymät; GTK:n tutkimuskohteina Syväjärvi (Ahtola ym. 2010a), Leviäkangas (Vintturi) (Ahtola ym. 2010b) Rapasaaret (Kuusela et al. 2011) sekä Matoneva ja Heikinkangas (Ahtola ym. 2015).



Kuva 85. Kaustisen litiumkohteet Keski-Pohjanmaalla.

## 5.2 Seinäjoen alueen kultatutkimukset

Etelä-Pohjanmaalla jatkettiin Seinäjoen Au-Sb-Sn-W vyöhykkeen tutkimuksia yhteistyössä LSY:n kanssa. Tutkimukset tehtiin Haapaluomassa Paston, Tiilikallion ja Timanttimaan kohteissa sekä Ilmajoen Huussin jaksoon kuuluvalla Välikorven kohteessa (Kuva 86; Isomaa 2012, Wik ja Isomaa 2014). Aiemmin GTK:n pääkohteena olleen Seinäjoen Sikakankaan tutkimukset raportoitii TEM:iin ns. myyntiraporttina (Isomaa ym. 2010). Tällä hetkellä (5.12.2016) kaikki GTK:n tutkitut kohteet ovat yhtiöiden varausalueiden sisällä (3.12.2016).



**Kuva 86.** Seinäjoen alueen kultakohteet Etelä-Pohjanmaalla.

Etelä-Pohjanmaalla jatkettiin Seinäjoen Au-Sb-Sn-W vyöhykkeen tutkimuksia yhteistyössä LSY:n kanssa. Tutkimukset tehtiin Haapaluomassa Paston, Tiilikallion ja Timanttimaan kohteissa sekä Ilmajoen Huussin jaksoon kuuluvalla Vähäkorpven kohteessa (Isomaa 2012, Kontoniemi 2015a, Wik ja Isomaa 2014). Haapaluoman alueelle suunnatussa kohdentavassa geokemiallisessa tutkimuksessa vanhat Au-aiheet osoittautuivat tunnettua laajemmiksi ja jäivät yhtiöiden varausalueen takia kairaamatta Timanttimaalla (Hartikainen 2011, 2012). Mm. GTK:n aiemmin löytämä ja tutkima Timanttimaan esiintymä vaatisi jatkokairauksia, mutta se varattiin ulkomaisen yhtiön käyttöön hankkeen aikana. Aiemmin GTK:n pääkohteena olleen Seinäjoen Sikakankaan tutkimukset raportoitiin TEM:iin ns.

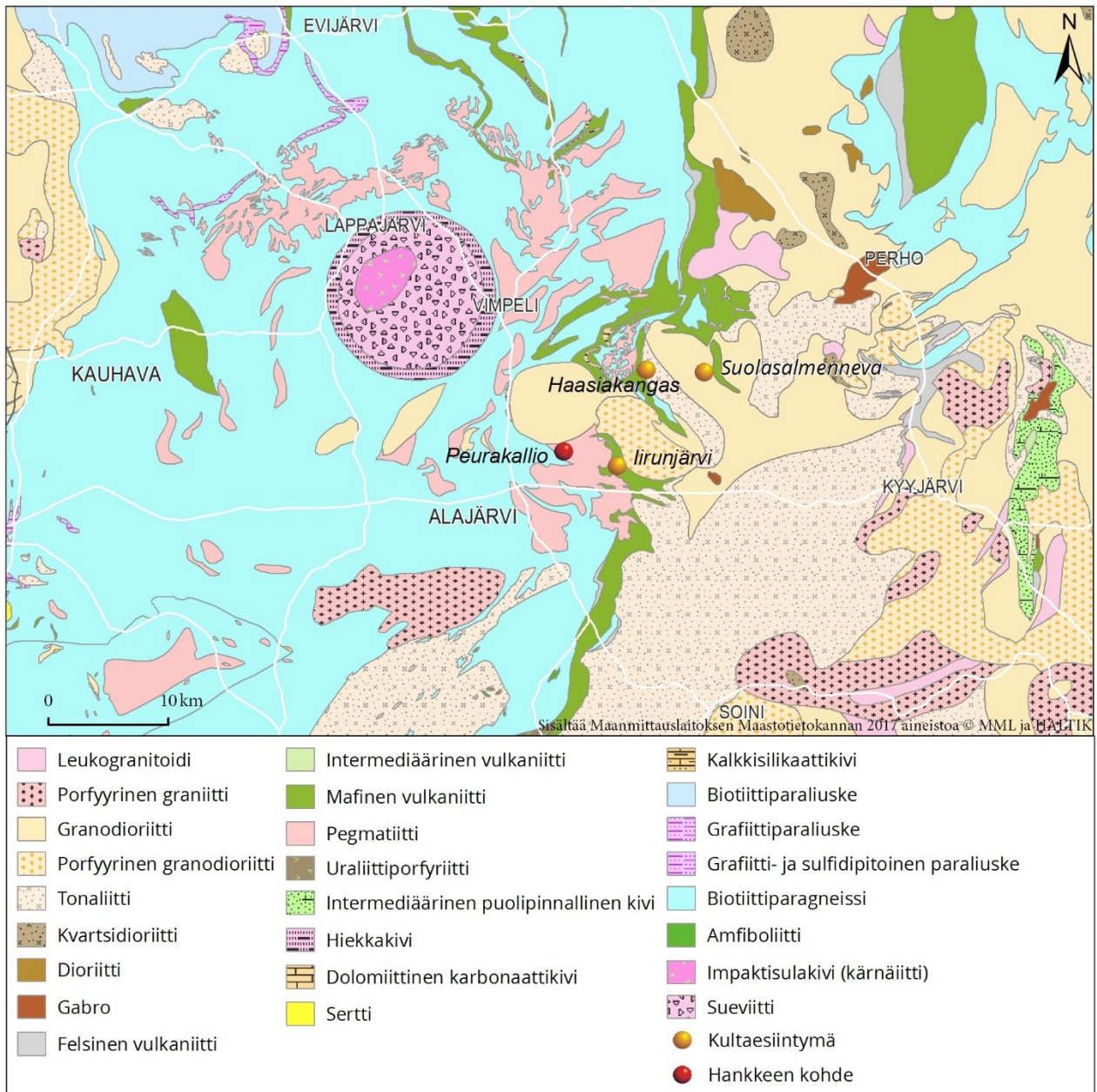
myyntiraporttina (Isomaa ym. 2010). Tällä hetkellä (5.12.2016) kaikki GTK:n tutkimat kohteet ovat yhtiöiden varausalueiden sisällä (3.12.2016).

Haapaluoman alueella Pastossa kairattiin Larvanmäen gabroa leikkaavaan hirtovyöhykkeeseen ja sen kaakkoispuolen jatkeille Leviäkankaalla, missä on intermediaarisia vulkaniitteja ja liuskeita. Hirtovyöhykkeissä on kvartsiutuneita ja kvartsijuonia sisältäviä osueita ja yleisesti arseenikiisua. Kultapitoisuus on parhaimmillaan luokkaa 1 – 6 ppm. Tiilikalliossa kairattiin kvartsijuonia sisältävää ja paikoin kiisuuntunutta hirtovyöhykettä, jossa on selvä IP-anomalia. Tiilikallion tutkimukset jatkuivat 2012 lähtien LSY:n hankkeessa (Kontoniemi 2015b).

Välikorven kultaesiintymän kivilajeina ovat vahvasti tektonisoituneet ja hiertyneet mafiset ja intermediaariset vulkaniitit, jotka ovat poimuttuneet ja puristuneet gneissityneen granodioriitin sisään. Kulta liittyy arseenikiisupitoisiin, hiertyneisiin ja kvartsiutuneisiin osueihin. Syväkairauksissa tavattu korkein kultapitoisuus oli 10.3 ppm (R360) ja pisin malmiluokan lävistys oli 7 metrin matkalla oli 2.5 ppm Au (R358) (Isomaa 2012).

### 5.3 Alajärven kultatutkimukset

Alajärvellä on 2000-luvulla tutkittu kaksi kulta-aihetta Iirunjärvi ja Peurakallio (Kuva 87). Iirunjärvi raportoitui edellisen hankevaiheen aikana (Laxström 2010) ja Peurakallio tässä hankkeessa (Laxström & Kontoniemi 2014).



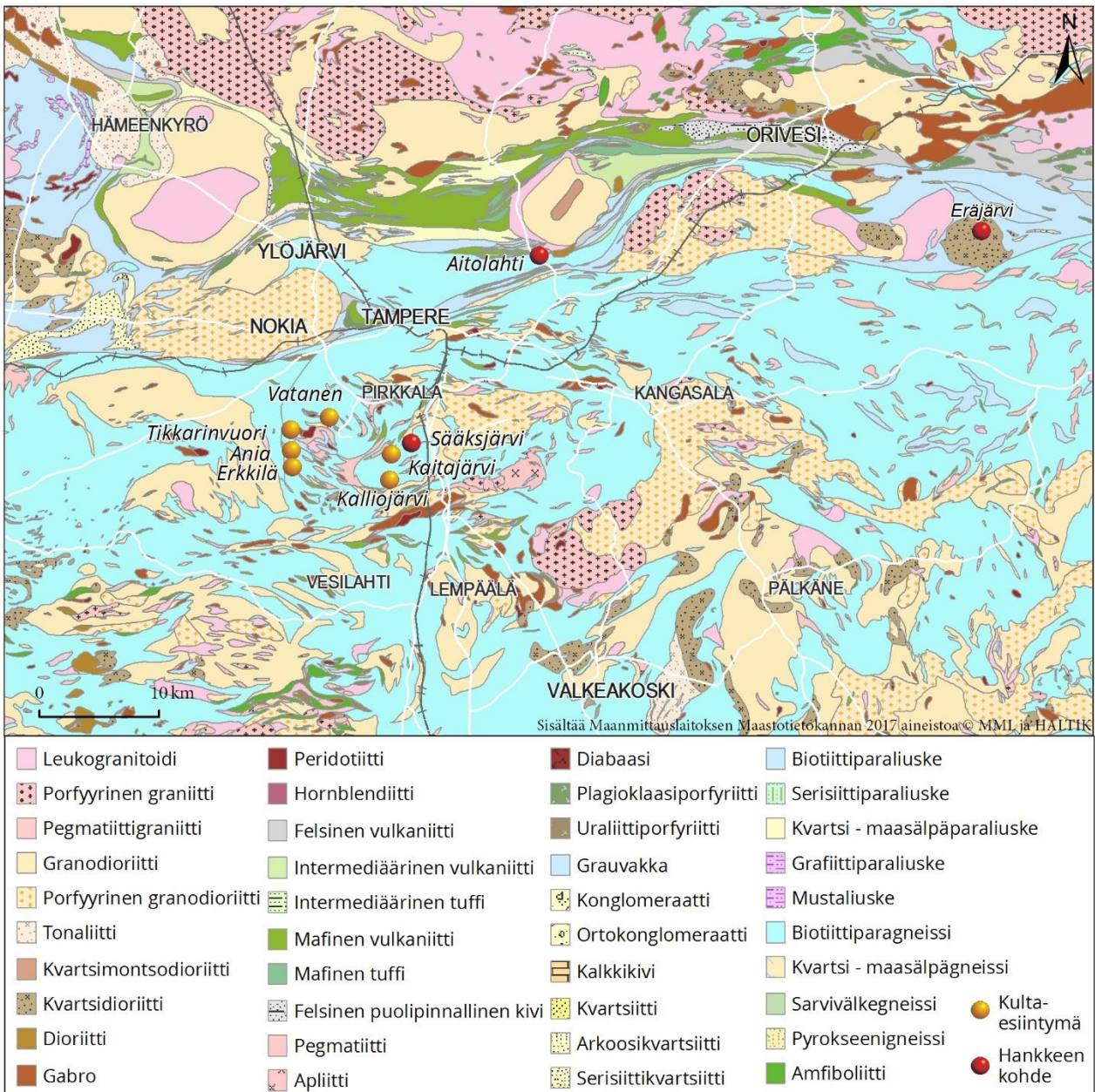
Kuva 87. Alajärven kultakohteet Etelä-Pohjanmaalla.

## 5.4 Pirkkalan, Aitolahden (Tampere) ja Eräjärven kultatutkimukset

Pirkkalan alueen kulta-aiheita on tutkittu aiemmin 1990- ja 2000-luvulla (Rosenberg 1990a, 1990b, 1997, 1998, Kärkkäinen ym. 2006). Tässä hankkeessa raportoitii Pirkkalan Erkkilän, Lempäälän Sääksjärven sekä Tampereen Aitolahden ja Eräjärven kultaesiintymien tutkimukset (Kuva 88; Kärkkäinen ja Pelkkala 2013, Kärkkäinen ym. 2014). Lisäksi tehtiin perusteellinen tutkimus Pirkkalan alueen kultaesiintymien malmimineralogiasta (Kuikka 2013, 2014). Sääksjärvellä kairattiin (5 reikää, 361 m) geokemian Au-anomaliaan ja Aitolahdella kolme reikää (244 m) kalliokultaviitteiden perusteella. Eräjärvellä kairattiin (3 reikää, 292 m)



Katottomanvuorella gabroa leikkaavaan rakenteeseen, josta paikannettiin siten 200 m leveä siirros-hiertovyöhykkeessä oleva kvartsijuoniin liittyvä kulta-arsenikiisumineralisaatio.



**Kuva 88.** Pirkkalan – Tampereen alueen kulta-aiheet.

Tampereen eteläpuolella Lempäälän Sääksjärvellä granodioriitti-tonaliitti-intruusiota leikkaavassa hiertovyöhykkeessä todettiin budinoituneita kvartsijuonia, biotiittiumista, heikkoa kiisuuntumista. Kulta on enimmillään 2.4 ppm Au per 1 m, sekä muutoin hajanaisia noin 1 ppm luokkaa olevia pitoisuuksia.

Tutkimukset perustuivat moreenin geokemialliseen Au-anomaliaan (Kärkkäinen 2014). Löydetty esiintymä tukee edelleen hajanaisesti kartoitetun Pirkkalan Lempäälän alueen

kultakriittisyyttä. Antti Kuikan mineralogisen tutkimuksen (2014) mukaan tällä alueella kulta esiintyy aina omina rakeina ja kohtalaisen karkeana, mikä vaikeuttaa sen analysointia.

Tampereen koillispuolella Aitolahdessa selvitettiin kallionäytteissä tavattuja korkeita (2- 8 ppm) Au-pitoisuuksia. Kullan isäntäkivi on kvartsijuonia sisältävä pienirakeinen plagioklaasiporfyriitti, jossa on vähintään kahdessa eri vaiheessa kehittyntä kvartsijuoniverkostoa ja parhaimmillaan noin 1 ppm Au per m (Kärkkäinen ym. 2014). Kairaustaikojen lähiympäristössä havaittiin rinnakkaisia hiertoja, joissa arseenikiisun lisäksi on kuparikiisua ja paikoin myös korkeita kultapitoisuuksia.

## 5.5 Kullaan alueen kulta-aiheet

Satakunnassa Porin itäpuolella, Pirkanmaan vyöhykkeellä on likimain itä-länsisuuntainen Kullaan vyöhyke (Kuva 89), joka sijaitsee NW-SE suuntaisten Porin ja Lavian siirtovyöhykkeiden välissä. Kullaalla on aiemmin raportoitu Outokumpu Oy:n tutkima Silmusuon ja GTK:n tutkima Välimäen esiintymät. Alueelta on löytynyt poikkeuksellisen paljon kultamalmiviitteitä kansannäytetoiminnan kautta. Hankkeen jatkokartoituksissa alueella kairattiin Tarmo Tammisen lähettämän malmiviitteen (kansannäyte) perusteella Lavian tien varresta Saarijärven esiintymä, ja Välimäen lounaispuolelta kartoitusten perusteella ns. Kultakallion Au-mineralisaatio. Kairausten lisäksi hankkeen aikana tehtiin kohteellisia geokemian kartoituksia.

Kullaalla aiemmin Outokumpu Oy:n tutkiman Silmusuon kultaesiintymän lähialueelta löytyi runsaasti uusia lohkariviitteitä ja GTK:n kohteellisessa geokemian kartoituksessa viitteitä esiintymän jatkeista itään päin (Kärkkäinen ym. 2016a). Muutoinkin Kullaan korkean metamorfoosiasteen alueelta on löytynyt kansannäytetoiminnan kautta poikkeuksellisen paljon kultamalmiviitteitä, joista vain osa liittyy tunnettuihin esiintymiin.

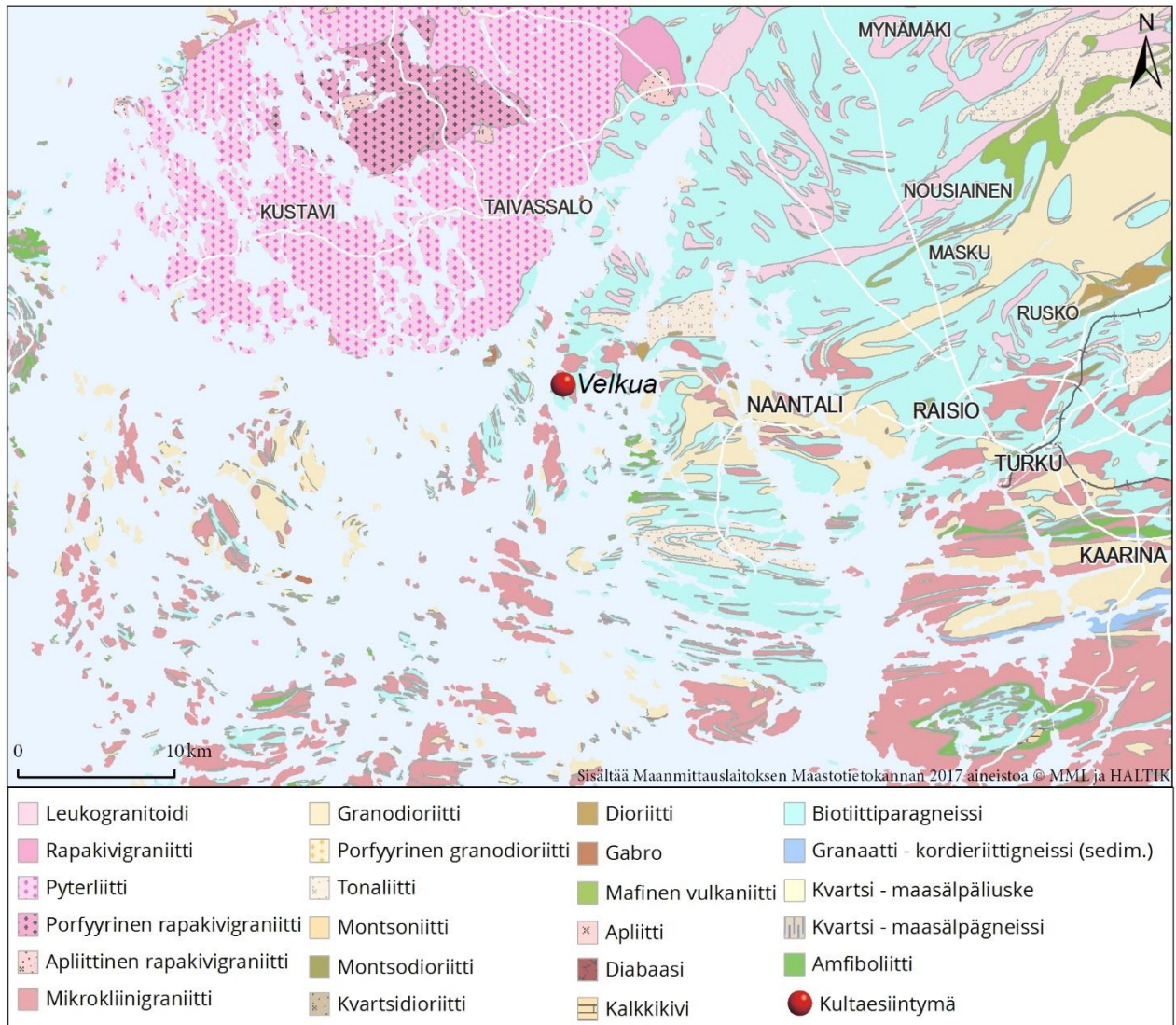
Hankkeen jatkokartoituksissa kairattiin Silmusuon pohjoispuolelta Lavian tien varresta Tarmo Tammisen löytämän malmiviitteen perusteella Saarijärven kultaesiintymä. GTK:n aiemmin kairaaman Välimäen kultaesiintymän lounaispuolelta paikannettiin kartoituksissa ja kairaamalla ns. Kultakallion Au-mineralisaatio. Myös Kullaalla kulta esiintyy omina rakeina kvartsijuonten yhteydessä, seuralaismineraaleja ovat arseenikiisu, magneettikiisu, rikkikiisu ja scheeliitti. Kriittinen kivilaji on sarvivälkegneissi. Alueen metamorfoosiaste on korkea (ylempi amfiboliittifasies) ja kohteet sijaitsevat ns. Pomarkun lohkolla, Porin (Kynsikankaan) ja Lavian pääsiirrosten välissä.

Kullaan vyöhykkeen tutkimusaste on edelleen alhainen. Paikannetut kultamineralisaatiot ja selvittämättömät viitekeskittymät tukevat alueen kultapotentialia. Alueen esiintymien dimensioiden ja laadun arvioiminen vaatisi lisäkairauksia, geofysiikan mittauksia ja rakennetulkintoja (Kärkkäinen ym. 2016a). Alueella tehtyjen GTK:n ja aiempien Outokumpu yhtiön geokemiallisten kartoitusten sekä malmiviitteiden perusteella Kullaan vyöhykkeellä on useita löytymättömiä kultaesiintymiä ja löydettyjenkin esiintymien tutkimusaste jää alustaviin löytövaiheen kairauksiin. Useimmat esiintymät liittyvät hierontovyöhykkeisiin sarvivälkegneisseissä ja metagabroissa.



Kuva 89. Kullaan alueen kulta-aiheet.

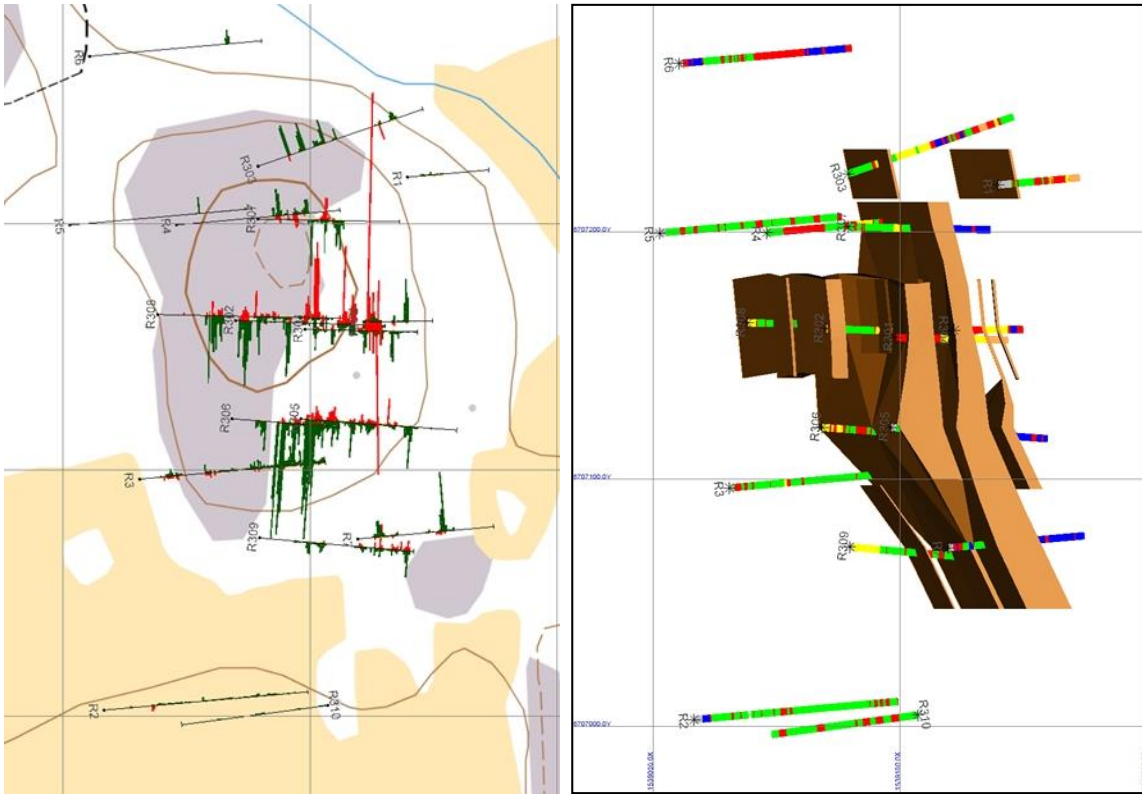
## 5.6 Velkuan tutkimuskohde Naantalissa



**Kuva 90.** Velkuan kultamalmiaiheen sijainti.

Velkuan kultaesiintymä löytyi v. 2006, kun valtakunnallisen kalliogeokemian kartoituksen perusteella paikannettiin kultaa runsaasti sisältävä kallioalue Livonsaaren eteläosasta (Kuva 90; Kärkkäinen ym. 2012). Kohteellisissa tutkimuksissa rajattiin mafisessa vulkaniittivyöhykkeessä taloudellisesti mielenkiintoinen kultaesiintymä, johon GTK on kairarannut yhteensä vain 1445 m/ 17 reikää (Kärkkäinen 2017). Tämän hankevaiheen aikana kohteessa tehtiin kartoituksia sekä geofysiikan maastomittauksia ja niiden tulkintoja sekä edellä mainittuun kairaukseen sisältyvä 7 reiän kairausohjelma. Velkuan esiintymä on taloudellisesti mielenkiintoinen ja sen tutkimusaste rajoittuu löytövaiheen kairauksiin (1445 n) ja geofysiikan tulkintoihin. Niiden mukaan likimain NNW-SSE-suuntaisen n. 300 m matkalla seuratun esiintymän jatkeet etelään ja osin myös leveyssuuntaan ovat auki (Valjus 2017). Kullasta mineralisoitunutta kiveä (1 ppm Au) on noin 1 Mt (Kärkkäinen ym. 2017).

Velkuan Au-mineralisaatio on graniittien ja liuskeiden ympäröimässä likimain pohjois-eteläsuuntaisessa amfiboliittimuodostumassa. Kultaa on runsaampana (1 -24 ppm Au) vyöhykkeessä, jossa kiisuja on niukasti, ja heikompilaatuisena (0.2–2 ppm Au) kiisupirotteisissa vyöhykkeissä (Kuva 91). Kairauksissa paras malmiluokan lävistys oli 8 metrin matkalla 5.3 ppm Au, (reikä R304) (Kärkkäinen ym. 2012, 2017).



**Kuva 91.** Vasemmalla kullan (punainen) ja arseenin (viheä) pitoisuuvaihtelu Velkuan kairauksissa ja oikealla otos kultaesintymä 3D mallista.

## 6 MUUT RAPORTOIDUT HANKKEEN TUTKIMUKSET

Etelä-Suomen teollisuusmineraali- ja malmipotentialihankkeen hankesuunnitelmaan on lisätty GTK:n johdon toimesta ESY:n tulossopimukseen liittyviä tutkimuksia ja raportointeja:

- Etelä-Suomen tärkeimpien malmipotentialisten vyöhykkeiden 3D tutkimustarpeet. (Tiainen, 2014)
- Suunnitelma Etelä-Suomen kalkkikivipotentialin arvioimiseksi (Ahtola, 2015)
- Suunnitelma Etelä-Suomen Hi-tech potentialin arvioimiseksi (Kuusela, 2015, Leväniemi ja Kuusela 2014)

Lisäksi hankkeen puitteissa on tehty menetelmäkehittelyä:

- Kalliopinnan topografian ja maapeitteen paksuuden mallinnus erilaisten tutkimushavaintojen perusteella (Markovaara-Koivisto 2016)
- Hyperspektrimenetelmän kehittäminen (Arkimaa ym. 2016)
- EM-mallinnuksen tarkastelua ja menetelmäkehittelyä (Leväniemi & Niemi 2014)
- Geokemian menetelmäkehittelyä mm. näytteenoton rajaamiseksi (Kärkkäinen ym. 2015d)
- Analysoitiin kannettavalla xrf-analysaattorilla moreeninäytteenoton yhteydessä iskuoporalla otettujen kallionapit ja arvioitiin tulosten soveltuvuutta malminetsintään (Tiainen ym. 2017a).

Hankkeessa on osallistuttu Etelä-Suomen Hi-tech-potentialin arviointiin yhteistyössä valtakunnallisen "Kriittisten mineraalien kartoitushankkeen" kanssa, tutkimuskohteina Kovelan REE-graniitti ja Viipurin rapakivigraniitin länsiosa.

Hankkeen tutkimustuloksista tuotettiin aluetaloudellis-geologista tietoa yhteiskunnan tarpeisiin EAKR-rahoitteisessa yhteistyöhankkeessa Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin kanssa. Tulokset julkaistiin GTK:n tutkimusraporttisarjassa, raportti 229 (Tiainen ym. 2017b).

### 6.1 Etelä-Suomen tärkeimpien malmipotentialisten vyöhykkeiden 3D tutkimustarpeet

Etelä-Suomen malmipotentialihanke selvitti GTK johdon toimeksiannosta laajassa yhteistyössä ESY:n tutkijoiden kanssa Etelä-Suomen tärkeimmät malmipotentialisten vyöhykkeiden tutkimustilanteen ja lisätutkimustarpeen malmivyöhykkeiden 3D-mallinnusta varten. Etelä-Suomen tärkeimmät malmivyöhykkeet ovat: Orijärven perusmetalli- ja kalkkikivivyöhyke, Hämeen perusmetalli- ja Someron erikoismetallivyöhyke, Pirkkala-Huittisten Au-vyöhyke, Vammalan Ni-vyöhyke ja Tampereen Cu-Au-vyöhyke sekä uutena REE-potentialisena alueena Rapakivet.

Raportissa on tiivis katsaus ja karttakuvia alueen kohteellisten tutkimusaineistojen ja kartoitusten kattavuudesta sekä arvio lisäkartoitusten tarpeesta. Erikseen on tarkasteltu seismisten luotausten (mm. FIRE) laajempaa soveltamista Etelä-Suomen kallioperän rakenteen kuvaamiseen

3D-mallinnusta varten ehdotetaan mallinnettavilla vyöhykkeillä tehtäväksi rakennegeologista kartoitusta, painovoimamittauksia (APV), modernien seismisten profiilien mittaamista

valikoiduissa kohteissa, syvägeofysiikaalisten menetelmien kehittämistä ja testausta syväkairauksilla. 3D mallinnuksen toteuttamiseksi esitetään toimintakaavio, arvioidaan mallinnuksen edellytyksiä, tuotteita ja niiden sovellettavuuksia.

Mallinnettaviksi vyöhykkeiksi ehdotetaan Hämeen vyöhykettä jatkona meneillään olevalle malmipotentialin arviointihankkeelle. Lisäksi ehdotetaan Tampereen vyöhykkeeltä julkaistujen geologisen mallin tarkennusta, Vammalan Stormin alueen mallinnusta, Kiskon-Orijärven alueen mallinnusta sekä Viipurin rapakiven mallinnusta yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa.

## 6.2 Suunnitelmat Etelä-Suomen kalkkikivi- ja Hi-Tech-potentiaalın selvittämiseksi

GTK selvitti vuonna 2014-2015 Etelä-Suomen kalkkikivipotentialin kartoitusta yhteistyössä alueella toimivien kalkkiyhtiöiden kanssa (Ahtola 2015). Karbonaattikivien potentialisten alueiden rajaamisella ja uusien esiintymien löytymisellä varmistetaan kotimaisen karbonaattikivipohjaisen raaka-aineen saatavuuden turvaaminen myös tulevaisuudessa. Potentialikartoitussuunnitelmassa tarkasteltiin mahdollisuutta soveltaa sekä uusia tutkimusmenetelmiä että kehittää ennestään käytettyjä menetelmiä enemmän karbonaattikiville soveltuviksi.

Etelä-Suomen rapakivialueilla on paljon viitteitä mineralisoituneista greisen-polymetallijuonista, joissa on todettu mm. korkeita indium-pitoisuuksia (Cook ym. 2011) Suurten, yli 10 km kokoluokkaa olevien ruhjeiden yhteydessä on todettuja moreenigeokemiallisia sinkki-, lantaani- ja yttrium-anomaliaita. Suunnitelman mukaan GTK tarkasteli mahdollisuutta selvittää perinteisin tutkimusmenetelmin onko moreenigeokemiallisilla anomaliailla ja suurilla ruhjeilla yhteyttä (Kuusela 2015).

## 6.3 Menetelmäkehittelyä

### 6.3.1 EM-mallinnusmenetelmien tarkastelu syväjohteiden tulkinnan tarkentamiseksi

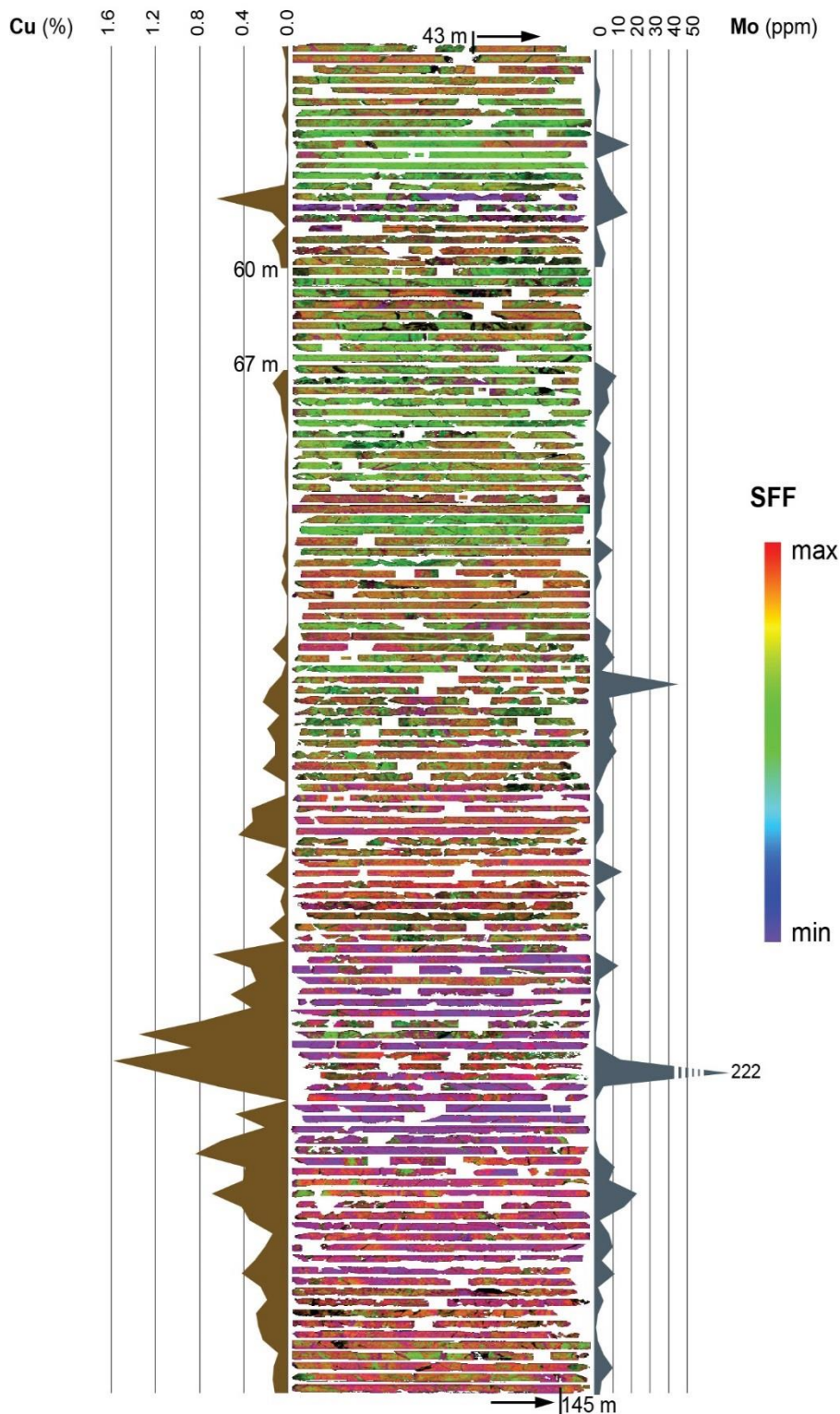
Sähkömagneettisilla eli EM-mittauksilla pyritään kartoittamaan kallio- tai maaperän johtavuusrakenteita. Vaikka mittaustuloksista voidaan usein tulkita johtavuusrakenteiden olemassaolo kvalitatiivisesti esim. karttatulosteita tarkastelemalla, on kuitenkin usein tarpeen tarkentaa johderakenteiden sijaintia ja geometriaa jonkin numeerisen mallinnusohjelman avulla aineistojen integrointia ja jatkotutkimuksia varten. Vuonna 2014 tehdyssä tarkastelussa (Leväniemi & Niemi 2014) pyrittiin löytämään uusia käytännöllisiä menetelmiä GTK:n projektiluonteisten hankkeiden EM-mittausten numeeriseen mallinnukseen.

Työssä testattiin eri mallinnusohjelmien (CSIRON Amira-ohjelmat, Maxwell (Plates, Amira-käyttöliittymä) ja Emigma) soveltuvuutta GTK:n projektitöissä käytettäville mittausaineistoille. Erityisesti pyrittiin tarkastelemaan kaupallisesti saatavilla olevien menetelmien soveltuvuutta Sampo-mittausaineiston 3D-mallintamiseen; Sampo-aineistot tulkitaan yleisesti GTK:ssa kehitetyllä ohjelmistolla kerrosmalli- eli 1D-tulkintana, mutta erityisesti vertikaalirakenteiden ollessa kysessä 1D-tulkintaan saattaa aiheutua vääristymiä mallinnusoletusta kolmiulotteisemman geometrian vuoksi. Työssä testatuilla mallinnusohjelmistoilla ei kuitenkaan löydetty tehokasta tapaa tehdä Sampo-3D-mallinnusta, ainakaan Sampon nykyiselle konfiguraatiolle.

### 6.3.2 Hyperspektrianalyysi

Hyperspektrianalyysissä testattiin kuvantavan menetelmän soveltuvuutta Kedonojankulman porfyirikupariesiintymän hydrotermisten mineralogisten muuttumisten tunnistamiseen (Arkimaa ym. 2016). Kedonojakulman kohteen mineralisoituneeseen muuttumisvyöhykkeeseen kairatuista kahdesta reiästä mitattiin yhteensä 167 metriä kairasydäntä. Samoista näytteistä on tehty kemiallinen malmianalyysi yhden metrin näytteinä. Saadut tulokset vahvistavat sen, että menetelmä soveltuu hyvin porfyysityypisiin malmeihin liittyvän hydrotermisen muuttumisen (kiilteet, kvartsi, maasälvät) ja mineralisoituneiden vyöhykkeiden tunnistamiseen kairansydänainestosta. Silmämääräisesti arvioituna kairasydämen kuparipitoisuus korreloi hyvin serisiittiytmistä ja kvartsiutumista indikoivan värin kanssa kuvassa 92.





**Kuva 92.** Kolmen R376:n SWIR aineiston SFF-tuloksen rgb-värikompositio. Punainen väri indikoi serisiittiytymistä (ROI-mallispektri, syv. 66.25 m, seri 52.25 p-%), vihreä kloriittiutumista (puhdasmineraalimalli) ja sininen kvartsiutumista (ROI-mallispektri R376 syv. 54.25 m, kvar 99.78 p-%). Sivulla alkuaineanalyysin Cu-prosentteina, Mo-pitoisuudet ppm.

## 6.4 Ruralia-yhteistyö

Tämän hankkeen tuloksia hyödynnetään meneillään olevassa Ruralia-instituutin kanssa toteudettavassa EAKR-rahoitteisessa hankkeessa ”Kanta-Hämeen potentiaalisten kaivosten

aluetaloudelliset vaikutukset” (Tiainen ym. 2017b). Hankkeen lähtötietoina ovat Kanta-Hämeen alueella tunnistetut malmiesiintymät ja merkittävimmät indikaatiot esiintymistä. Potentiaalisimmiksi malmityypeiksi on tunnistettu:

- 1) orogeeniset Au-malmit, esim. Satulinmäki-Riukka ja Uunimäki sekä Jokisivun alueella olevat heikosti tutkitut esiintymät, Ritakallio ja Palokallio.
- 2) Li-Ta-Be-pegmatiitit, esim. Kietyönmäki ja Hirvikallio sekä useita tutkimattomia pegmatiitteja
- 3) Granitoideihin liittyvät Cu-Au-esiintymät, esim. Kedonojankulman porfyryri-Cu, Liesjärvi, Pirttikoski (Sauhula) ja Kotka.

Hämeen vyöhykkeen mahdollisiksi kokonaiskultavarannoiksi on arvioitu 170 000 kg kultaa, josta noin 70 000 kg olisi Jokisivun tyyppisissä orogeenisissa kultaesiintymissä ja 100 000 kg tonnia porfyryrityypin esiintymissä. Hämeen vyöhykkeen tunnetut kultavarannot, noin 11 000 kg kultaa, ovat orogeenisissa esiintymissä, joten löytämättä olisi vielä noin 59 000 kg (yli 80 %) mahdollisista orogeenisen malmityypin kultavarannoista. Hämeen vyöhykkeen orogeenisen kultamalmityypin arvioitujen kokonaisvarantojen (70 t) arvo nykykurssilla (38 €/g Au) olisi noin 2,66 miljardia euroa. Kanta-Hämeen mahdollisen uuden kultakaivoksen aluetaloudellisten vaikutusten arviointi on tehty kokoluokaltaan Jokisivun kultakaivosta vastaavalle kaivokselle, käyttäen investointi- ja tuotantomallina Ilomantsin Pampalon kultakaivosta. Keskimääräisenä vuosittain tuotettavana kullon määränä laskelmissa on käytetty arviota 710 kg kultaa/vuosi kymmenen vuoden ajan, josta laskettuna kokonaistuotanto olisi yhteensä 7 100 kg kultaa. Tuotettavan kullon arvo olisi nykykursseilla laskettuna noin 270 M€. Kanta-Hämeeseen mahdollisesti perustettavan kultakaivoksen perustamisvaiheen investoinniksi on arvioitu 21 M€. Kaivoksen vaikutukset Kanta-Hämeen aluetalouteen on arvioitu olevan noin 125 miljoonaa euroa. Kultakaivoksen työllisyysvaikutus kymmenen vuoden aikana olisi Kanta-Hämeessä noin 220 henkilötyövuotta. Koko Suomen tasolla tämän kokoluokan kultakaivoksen työllisyysvaikutus olisi noin 320 henkilötyövuotta.

Kanta-Hämeen Someron-Tammelan litiumesiintymistä mahdollisesti kehitettävän litiumkaivoksen mallina on käytetty Kaustisen litiumkaivoshanketta. Kaustisen kaivoshankkeessa on arvioitu investointi ja käyttövaiheen tietoja 16 vuoden tarkastelujaksolle (Pre-Feasibility study, 2018–2033). Keskimääräinen litium-kaivoksen vuosituotanto olisi mallin mukaisesti noin 6 000 kg litiumkarbonaattia, jonka myynnin arvoksi on arvioitu hieman yli 40 miljoonaa euroa vuodessa. Kanta-Hämeeseen mahdollisesti perustettavan litiumkaivoksen perustamisvaiheen investoinniksi on arvioitu 155 M€. Kaivoksen vaikutukset Kanta-Hämeen aluetalouteen on arvioitu olevan noin 245 miljoonaa euroa. Kaivoksen työllisyys vaikutus 16 vuoden aikana olisi Kanta-Hämeessä noin 390 henkilötyövuotta ja koko Suomen tasolla noin 630 henkilötyövuotta. Kanta-Hämeen alueelta tunnetuille kupariesiintymille ei löydetty vastaavaa kaivosmallia, josta olisi ollut saatavilla kattavat investointi- ja tuotantotiedot. Tämän vuoksi investointimallina käytettiin loushintamäärältään samaa kokoluokkaa olevaa Raahen Laivan kultakaivosta. Kaivosmallin malmimääränä käytettiin arviota 40 Mt, joka on Kanta-Hämeen tyyppisten porfyryrikuparimalmien mediaanikoko maailmanlaajuisesti. Kahden miljoonan tonnin vuosilouhinnalla kaivostoiminnan kesto olisi 20 vuotta. Malmi sisältää kuparin lisäksi kultaa, hopeaa ja molybdeenä. Kuparin määräksi laskettuna kaivoksen vuosituotanto olisi noin 4 000 tonnia kuparia ja kokonaistuotannon arvo noin 450 M€. Kanta-Hämeeseen mahdollisesti perustettavan kuparikaivoksen perustamisvaiheen investoinniksi on arvioitu 130 M€.

Kaivoksen vaikutukset Kanta-Hämeen aluetalouteen on arvioitu olevan noin 230 M€ ja työllisyysvaikutus Kanta-Hämeessä 345 henkilötyövuotta ja koko Suomessa lähes 600 henkilötyövuotta.

## 7 HANKKEEN TULOKSET

### 7.1 Aikaansaannokset

Hankkeen tavoitteena oli saattaa päätökseen edellisten Etelä-Suomen malmipotentialihankkeiden aikana aloitetut tutkimukset ja esittää yhteenveto Hämeen vyöhykkeen malmipotentialista. Myös Keski- ja Etelä-Pohjanmaan teollisuusmineraali- ja malmipotentialitutkimukset viimeisteltiin osittain tämän hankkeen puitteissa (Kärkkäinen 2012, Tiainen ja Kärkkäinen 2014, Kontoniemi 2015b).

Hankkeen tutkimustulokset on vuosina 2011-2017 on julkaistu GTK:n julkaisusarjoissa ja arkistoraportteina (Liite 1):

- 71 arkistoraporttia
- 33 julkaisua:
  - 4 laajennettua abstraktia, GTK:n TR 198,
  - 8 laajennettua abstraktis GTK:n TR 207
  - 2 extended abstracts in the Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden
    - GTK:n Special paper SP 52, Gold in Southern Finland: Results of GTK studies 1998–2011. Edited by Sari Grönholm and Niilo Kärkkäinen, 17 artikkelia
  - GTK:n tutkimusraportti (TR 212). Antti Kuikka, 2014. Pirkkalan alueen kultaesiintymien malmimineralogia. Summary: Ore mineralogy of the gold deposits in the Pirkkala area.
  - GTK:n tutkimusraportti (TR 229) Tiainen, Markku; Kujala, Susanna; Ahtola, Timo; Eilu, Pasi; Grönholm, Sari; Hakala, Outi; Istolahti, Paavo; Jumppanen, Aapo; Kärkkäinen, Niilo; Rasilainen, Kalevi; Törmä, Hannu. Kanta-Hämeen alueen potentiaalisten kaivosten aluetaloudellisista vaikutuksista. EAKR-rahoitteinen yhteishanke Ruralia-Instituutin kanssa
- pidetty 11 esitelmää kansainvälisissä ja kansallisissa kokouksissa ja tilaisuuksissa sekä julkaistu niistä abstraktijulkaisuja.

### 7.2 Hämeen vyöhykkeen alueelliset tutkimukset

Hämeen vyöhykkeen alueelliset karttatietokannat päivitettiin ja tuotettiin useita uusia tietoaineistoja tulevien malminetsintähankkeiden lähtötiedoiksi.

#### Kallioperägeologia

- Kallioperäkartasta tuotettiin uusi nykyaikainen yksikköluokitteluun perustuva kallioperäkartta GTK:n DigiKp-karttatietokantaan

#### Moreenigeokemia

- Tuotettiin osasta Hämeen vyöhykettä uusi tihennetty moreenigeokemiallinen data ja tulostettiin/raportoitiin datan perusteella malmigeologisia tulkintoja

## Geofysiikka

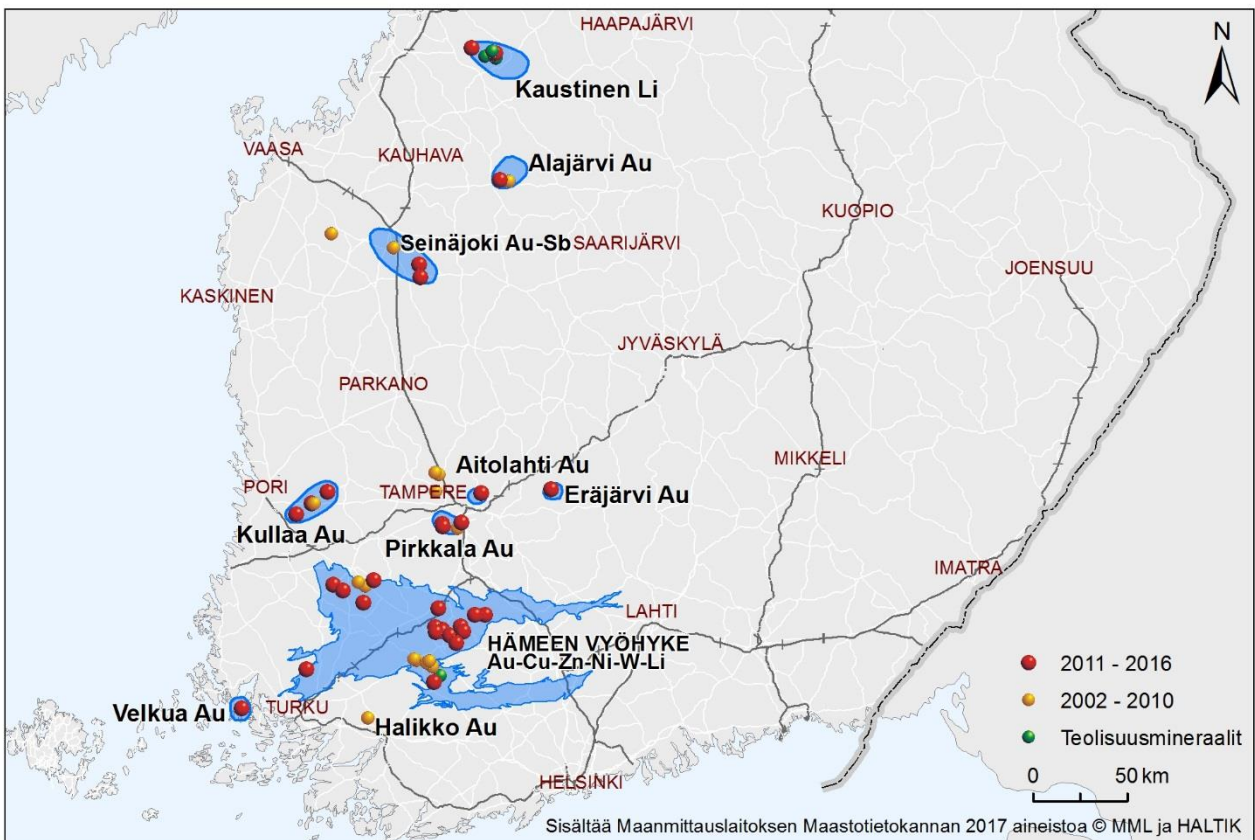
- Osasta Hämeen vyöhykettä tuotettiin uusi painovoimamittausaineisto (APV)
- Humppilan-Nuutajärven tihennetty lentomittaus
- Laadittiin Hämeen vyöhykkeestä seismistä FIRE-aineistoa hyödyntävä 2D/3D rakennetulkinta

## Malmigeologia

- Raportoitiin Hämeen vyöhykkeen malmiviitetiedot ja malminmuodostusta indikoivat muuttumiset
- Lopuksi laadittiin Hämeen vyöhykkeen malmipotentialikartta

## 7.3 Uudet malmiesiintymät ja –aiheet

Etelä-Suomen malmipotentialihankkeen tutkimuksissa on paikannettu ja raportoitu seuraavasti uusia malmiesiintymiä ja aiheita (Kuva 93):

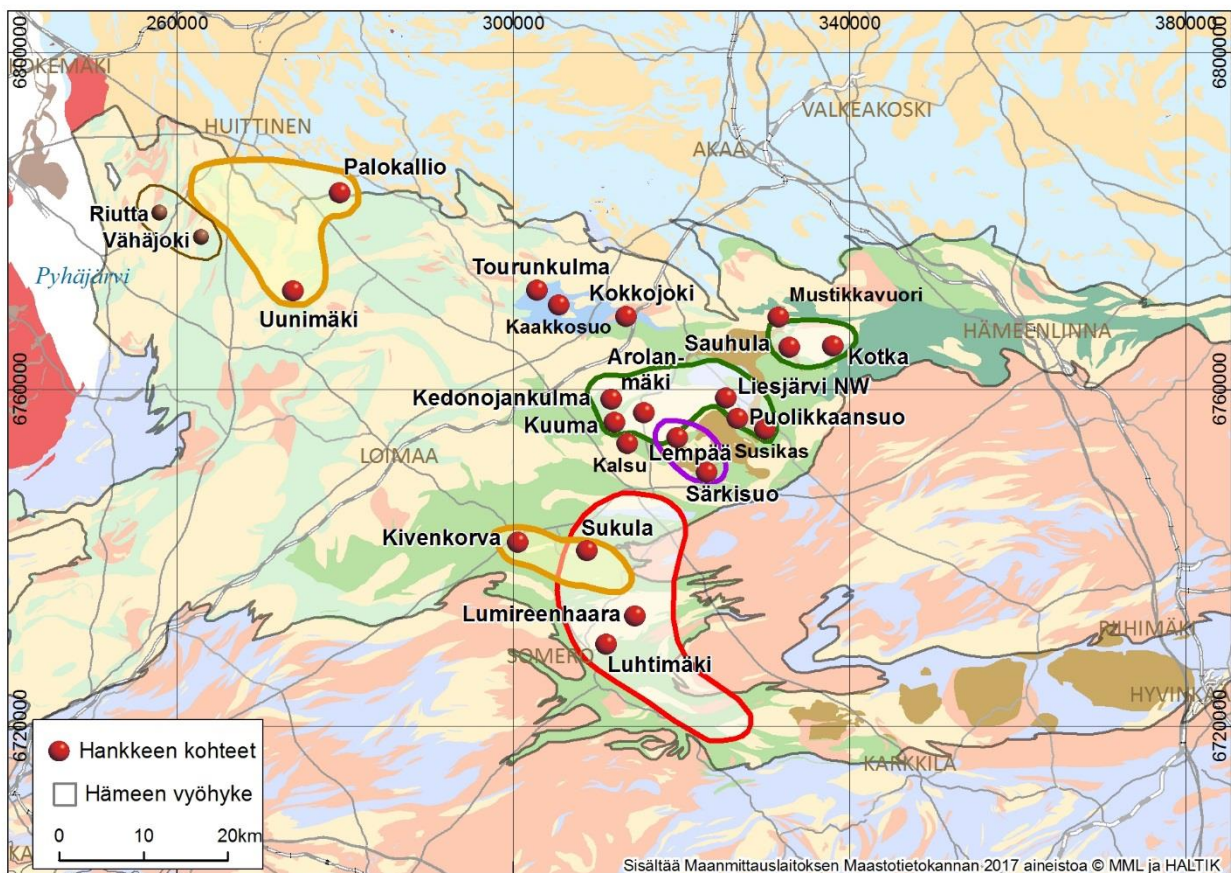


**Kuva 93.** Etelä-Suomen malmi- ja teollisuusmineraalipotentialihankkeiden tuottamat uudet malmiesiintymät ja –aiheet 2000-luvulla. Malmi- ja teollisuusmineraalihankeet 2002-2007, 2008-2010 (LSY) ja 2011-2016. Teollisuusmineraalihanke 2008-2010.

### 7.3.1 Hämeen vyöhykkeen malmiyaiheet

Hämeen vyöhykkeellä paikannettiin, kehitettiin ja raportoitiin useita uusia malmiyaihteita (Kuva 94):

- Satulinmäen-Riukan alueelta löydettiin uusi **Sukulan Au-aihe**
- Jokisivun kultaprovinsista raportoitiin **Palokallion ja Uunimäen Au-esiintymät**
- Raportoitiin **Kedonojankulman, Arolanmäen, Liesjärvi NW ja Puolikkaansuon Cu-Au-esiintymät ja -aiheet**
- Kehitettiin **Kotkan ja Sauhulan (Pirttikoski) Cu-esiintymät**
- Raportoitiin uusi **Kuuman Zn-aihe**
- Kehitettiin **Särkisuo Ni-Cu-esiintymää** ja paikannettiin uusi **Lempään Ni-Cu-aihe**
- Raportoitiin **Vähäjoen ja Riutan Fe-Ti-esiintymät**
- Kokkojoen **Au-W-esiintymä**
- **Tourunkulman Li-aihe**



*Kuva 94. Hankkeen tuottamat/raportoimat malmiesiintymät ja -aiheet Hämeen vyöhykkeellä.*

### 7.3.2 Muut uudet malmiesiintymät ja -aiheet

Tampereen vyöhykkeellä

- **Aitolahden ja Eräjärven Au-esiintymät**

Pirkanmaan vyöhykkeellä:

- **Sääksjärven, Erkkilän, Saarijärven ja Kultakallion Au-esiintymät**

Keski- ja Etelä-Pohjanmaalla:

- **Paston ja Välikorven ja Alajärven Peurakallio Au-esiintymät, Rapasaarten Li, ja uutta tietoa Tiilikallion Au-esiintymästä.**

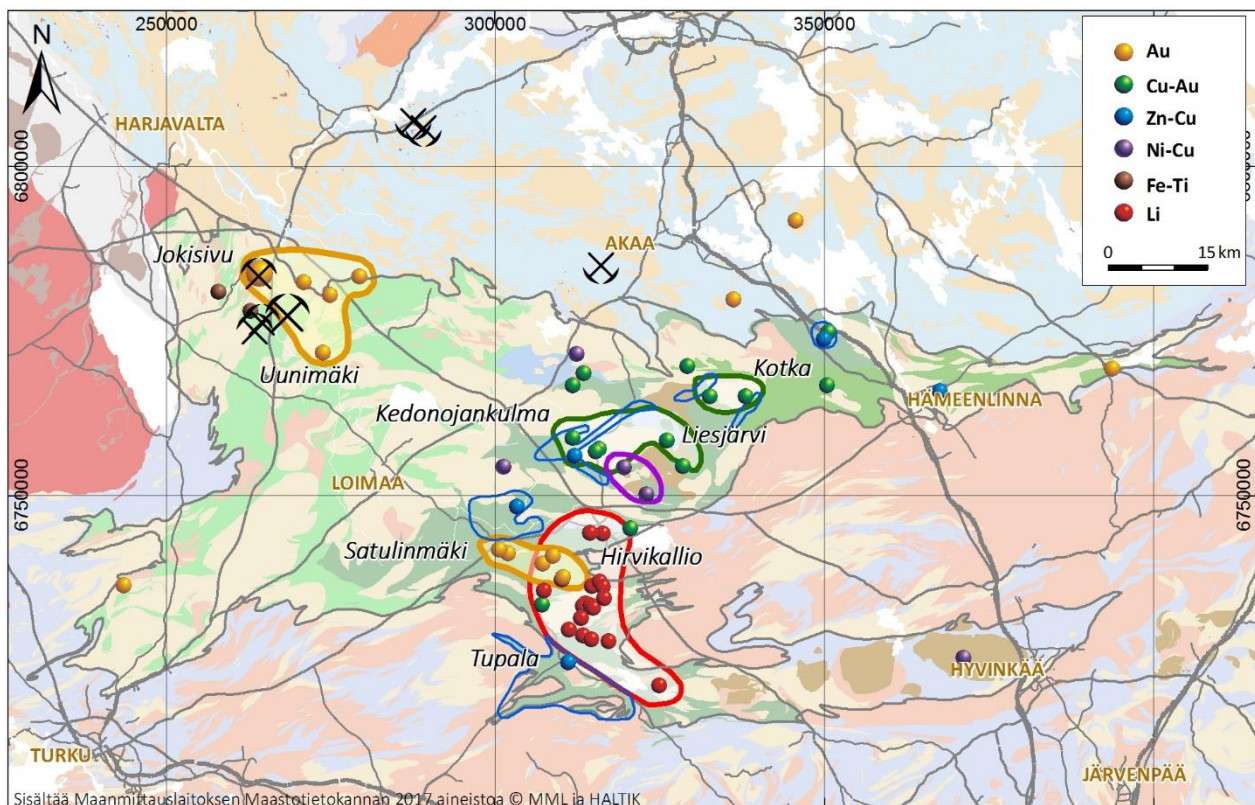
Muulla:

- Naantalin **Velkuan Au-esiintymä**

## 7.4 Hämeen vyöhykkeen malmipotentiali

Hämeen vyöhykkeen tärkeimmät malmiityypit ovat gabro/dioriitti-intruusioihin liittyvät orogeeniset Au-malmit, granitoideihin liittyvät Cu-Au-malmit ja post-orogeenisiin LCT-pegmatiitteihin liittyvät Li-Be-Ta-esiintymät. Hämeen vyöhykkeellä on tunnistettu myös VMS-tyyppisistä Zn-Cu-Pb-malminmuodostusta felsisen vulkanismin yhteydessä, karsityypin W-esiintymiä ja Ni-Cu-malminmuodostusta Forssan gabron yhteydessä.

Kuvassa 95 on esitetty orogeenisen Au-, granitoideihin liittyvien Au-Cu-esiintymien ja Li-pegmatiittien potentiaalisimmat esiintymisalueet. Myös mafisiin intruusioihin liittyvien Ni-Cu ja Fe-Ti- esiintymien potentiaali on rajattu.



**Kuva 95.** Hämeen vyöhykkeen malmipotentiali; orogeeninen kulta (keltainen), granitoideihin liittyvä Cu-Au (vihreä), VMS-tyyppi Zn (sininen), Ni-Cu mafiset intruusiot (violetti), litium (punainen).

VMS-tyypin malmien potentiaali liittyy happamiin vulkaniitteihin ja niiden muuttuneisiin liuskeisiin. Potentiaalisin kivilajiyksikkö on Hämeen vyöhykkeen Forssa-seurue, jossa ovat mm. Tupalan Zn-, Kiipun Zn-, Kuuman Zn ja Leteensuon Zn-esiintymät.

#### 7.4.1 Jatkotutkimussuositukset

##### Kulta-aiheet

**Uunimäki:** Jatkotutkimuksia, ekonomisesti lupaava kohde

**Palokallio ja Ritakallio:** Tarvitaan systemaattista lisäkairausta esiintymien koon arvioimiseksi

**Sukula ja Kivenkorva:** Sukulassa IP anomalian kairaus, kairauskohteen jatkeet itään; Kivenkorvassa kohdealueen laajentaminen Au-rikkaiden lohkareiden lähteen löytämiseksi.

##### Kupari-kulta-aiheet

**Kedonojankulma:** Kohde on tyypillinen porfyryrikupariesiintymä. Pintaan puhkeava mineralisaatio voidaan rajata moreenigeokemian avulla. Mineralisaation laajuuden selvittämiseksi pitäisi kairata useita profiileja Rusakkokalliosta Korven Cu-anomaliaan ulottuvaan Kedonojankulman intruusion 0,5-0,5 km leveään mineralisoituneeseen kontaktivyöhykkeeseen.

**Arolanmäki:** Arolanmäen granitoidi on mineralisoitunut (Cu-Au) sekä intruusion sisältä (Arolanmäen Cu-Au-anomalia moreenissa ja kairattu Au-mineralisaatio), että kontaktivyöhykkeestä (esim. Liesjärvi). Moreenigeokemia toimii hyvin anomaalisen vyöhykkeen kartoittamiseksi.

**Liesjärvi:** Suositellaan tutkimuksia porfyryityyppisenä esiintymänä, Puolikkaansuon ja IP-anomalioiden kairaus

**Kotka:** Kotkan vulkaniiteista on paikannettu Cu- ja REE-mineralisaatiot, joissa on lisäksi hieman kohonneita Au-, Co-, U- ja Mo-pitoisuuksia. Alueella pitäisi tehdä jatkotutkimuksia, kuten geofysikaalisia mittauksia (painovoimamittaukset, ERT, sekä petrofysiikan luotaukset), kallioperäkartoitusta ja kairausta.

**Sauhula:** Sauhulassa on Cu-mineralisaatio ja viitteitä Au-mineralisaatiosta. Mineralisaatioiden laajuuden selvittämiseksi alueella pitäisi tehdä geofysikaalisia mittauksia ja kairauksia.

##### Litiumaiheet

**Lumireenhaara ja Luhtinmäki** sijaitsevat Tammelan-Someron Li-provinssilla. Alueella pitäisi tehdä kohdentava moreenigeokemia + iskuporanappien analyysi ja sen jälkeen kohteellista kairausta.

**Tourunkulma** on uusi kohde. Alueen Li-potentiaalın selvitystä varten alueella pitäisi tehdä laajempi moreenigeokemiallinen kartoitus ja samalla kallioperäkartoitus iskuporanapeista, sitten kairausta tarpeen mukaan.

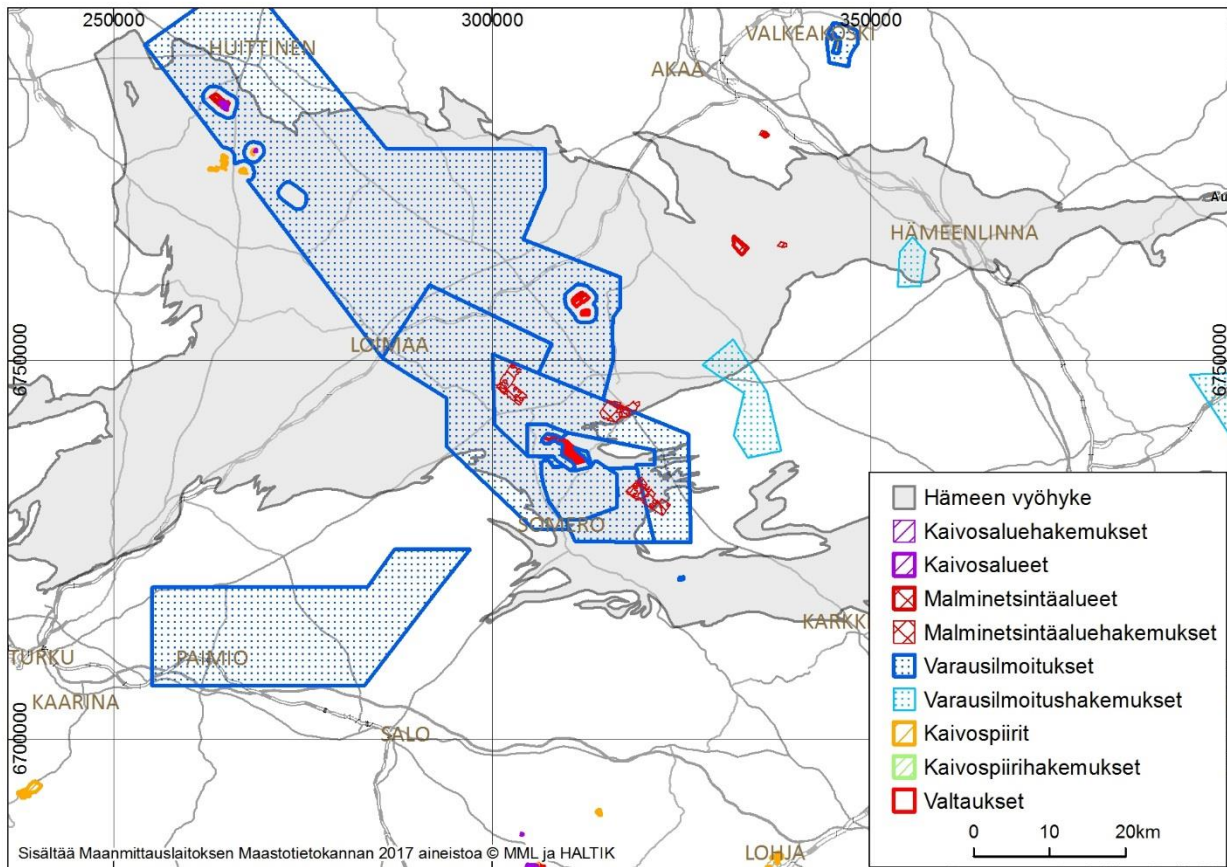
##### Muuta:

**Kokkojoki:** Geokemian kohteellinen Au-anomalia selvittämättä, alueellisen porfyryityyppisen monialkuaine-anomalian syy selvittämättä.

### 7.4.1.1 Hämeen vyöhykkeen malminetsintätilanne

Hämeen vyöhykkeellä toimii vuonna 2017 useita malminetsintäyrityksiä; Dragon Mining Oy Jokisivun kultakaivoksella ja sen ympäristössä, Avalon Minerals (Tammela Minerals Oy ja Nortec Minerals) Tammelan-Someron Au- ja Li-provinssin alueella, Scandia Metals AB Jokisivun, Satulinmäen ja Paimion kulta-alueilla sekä Kultatie Holding Oy Arolanmäen alueella.

Hämeen vyöhykkeen alueella on kaksi toiminnassa olevaa kaivoskokonaisuutta, Huittisten Jokisivun kultakaivos ja Vampulan kalkkikivikaivokset, kuusi kaivospiiriä tai kaivoslupaa, 20 valtausta, malminetsintälupaa ja malminetsintälupahakemusta. Lisäksi alueella on laajat varausalueet Scandian metals AB:llä, ja Kultatie Holding Oy:llä (Kuva 96, taulukko 5). GTK:lla oli tämän hankkeen aikana haetut valtaukset/malminetsintäluvat Kedonojankulman, Kuuman (luovuttu 19.7.2017), Uunimäen (luovuttu 30.3.2017), Pirttikosken alueella ja Kotkan malminetsintäkohteissa.



**Kuva 96.** Ote kaivosrekisteristä Hämeen vyöhykkeeltä 30.5.2017.

Kedonojankulman valtaus/malminetsintäluva-alueesta on laadittu myyntiraportti 2013 liiteraportteineen (Tiainen ym. 2013a, Tiainen ja Kärkkäinen 2013, Hatakka ja Tiainen, 2013, Koistinen ja Tiainen 2012), Uunimäen kulta-aiheesta on laadittu arkistoraportti (Kärkkäinen



ym. 2015c, 2016b), samoin Liesjärven varausalueen (Cu-Au) tutkimukset on raportoitu (Kärkkäinen ym. 2015b, Leväniemi ja Kärkkäinen 2016).

**Taulukko 5.** Kaivoslain 621/2011 mukaiset kaivospiirit, valtaukset ja malminetsintäalueet Hämeen vyöhykkeellä.

<b>Kaivospiiri/ kaivoslupa, hakemus</b>	<b>Valtaus/malmi netsintälupa, hakemus</b>	<b>Lupa/hakem us No.</b>	<b>Luvan/hakemuks en haltija</b>	<b>Metalli</b>
Jokisiu		7244	Dragon Mining Oy	Au
Jokisiu 2 KL2015:0005		KL2015:0005-01	Dragon Mining Oy	Au
Putkinotko		3222	Nordkalk Oy Ab	DOLO, CALS
Matkusjoki		6412	Nordkalk Oy Ab	DOLO, CALS
Honko		3090	Nordkalk Oy Ab	DOLO
Siivikkala		KL2013:0002-01	Nordkalk Oy Ab	DOLO
	Jokisiu 4-5		Dragon Mining Oy	Au
	Jokisiu 7	8970/1	Dragon Mining Oy	
	Jokisiu 8	8970/2	Dragon Mining Oy	
	Uunimäki	9142/1	GTK	Au
	Kedonojankulma	ML2012:0192-01	GTK	Cu, Au, Ag, Mo
	Kedonojankulma 2	8775/1	GTK	Cu, Au, Zn
	Kedonojankulma 3	9008/1	GTK	Cu, Au, Zn
	Kedonojankulma 4	9328/1	GTK	Cu, Au, Zn
	Kuuma 1	8776/1	GTK	Zn, Cu, Au
	Pirttikoski 1	ML2012:0040-01	GTK	Cu, Au, Zn
	Tammela 1	9049/1	Tammela Minerals Oy	Li, Sn, Ta
	Tammela 2	9049/2	Tammela Minerals Oy	Li, Sn, Ta
	Tammela 3	9049/3	Tammela Minerals Oy	Li, Sn, Ta
	Somero 1	9050/1	Tammela Minerals Oy	Au
	Somero 2	9050/2	Tammela Minerals Oy	Au
	Somero 3	9050/3	Tammela Minerals Oy	Au
	Somero 7	9050/7	Tammela Minerals Oy	Au
	Somero 9	9050/9	Tammela Minerals Oy	Au
	Somero 12	9050/12	Tammela Minerals Oy	Au
	ML2016:0034-01	Kotka 1 ML2016:0034	GTK	

## 7.4.2 Keski- ja Etelä-Pohjanmaan tutkimukset

### Kaustisen Li-provinssi

Tällä hetkellä merkittävin tulos GTK:n Keski-Pohjanmaan malmipotentialit tutkimuksista on Keliber Oy:n litiumkaivoshanke Kaustisilla. Alueelta on löytynyt 1960-luvulta lähtien lukuisia litiumpegmatiitteja. GTK raportoi tässä hankkeessa Kaustisen alueelta uutena litiumesiintymänä Rapasaarten esiintymän, jonka malmimääräksi on arvioitu 3,7 Mt @ 1,02 % Li<sub>2</sub>O (Kuusela ym. 2011). Yhteenvedo Kaustisen litiumpegmatiittien kartoituksesta on julkaistu tutkimusraportissa TR220 (Ahtola 2015). Kaustisen alue on yritysten aktiivisen malminetsinnän kohteena.

### Seinäjoen Au-provinssi

Etelä-Pohjanmaalla, Seinäjoen (Tiilikallio), Ilmajoen (Pasto) ja Alajärven (Peurakallio ja Iruunjärvi) alueilta raportoidut kultatutkimukset (Laxström 2010, Laxström ja Kontoniemi 2014, Isomaa 2012, Wiik ja Isomaa 2014), ovat myötävaikuttaneet yritysten nykyiseen kultamalminetsintäaktiiviteettiin sekä Seinäjoen ympäristössä että Alajärvellä.

Haapaluoman alueelle suunnatussa kohdentavassa geokemiallisessa tutkimuksessa vanhat Au-aiheet osoittautuivat tunnettua laajemmiksi. Lupaava kohde on GTK:n viimeaikaisten geokemian kartoitusten perusteella Timanttimaata, jossa kultaa vaikuttaa olevan huomattavasti laajemmalla alueella kuin GTK:n 1990-luvulla kairatussa kohteessa (Hartikainen 2011, 2012). Muita lupaavia kohteita ovat yhtiöiden tutkimuskohteina olleet Sikankangas Seinäjoella ja Välikorpi Ilmajoella.

## 7.4.3 Pirkanmaan migmatiittivyöhykkeen kultakohteet

### Pirkkalan Au-provinssi

Pirkkalan ja Lempäälän alueella tunnetaan 6-7 hiertovyöhykkeisiin liittyvää kultaesiintymää. **Sääksjärveltä** paikannettu uusi esiintymä tukee alueen kultapotentialia. Kohteissa on tehty vain löytövaiheen alustavia kairauksia.

Kuikan (2014) tutkimusten mukaan kulta esiintyy esiintymissä kohtalasiin karkearakeisena, mikä tukee aiempia havaintoja moreenin raskasmineraalikartoitusten soveltuvuudesta alueen kultakriittisimpien kohteiden paikantamiseen.

### Kullan Au-provinssi

Kullan alueella paikannettiin **Saarijärven ja Kultakallion kultamalminaiheet**. Aiemmin paikannettujen Silmuson ja Välimäen esiintymien lisäksi nämä tukevat alueen kultamalminetsintäaktiiviteettiä. Kullan suhteen alue on viimeaikaisten tutkimuksissa todettu lupaavaksi, vaikka alue sijaitsee korkean metamorfoosin alueella. Hankkeen tutkimuksissa todettiin välittömästi Silmuson esiintymän lähialueella sekä 3 - 4 muussa kohteessa todettiin lupaavia kultan geokemiallisia anomalioita sekä kulta sisältäviä lohkarakeskittyymiä, joiden selvittäminen vaatisi kairauksia.

## 7.4.4 Tampereen vyöhykkeen uudet kulta-aiheet

**Aidolahdella** paikannettu kvartsijuonityyppinen **kultamineralisaatio** osoittaa Tampereen vyöhykkeen pohjoisosaan liittyvän rakenteen kontrolloimaa kultamalminmuodostusta.

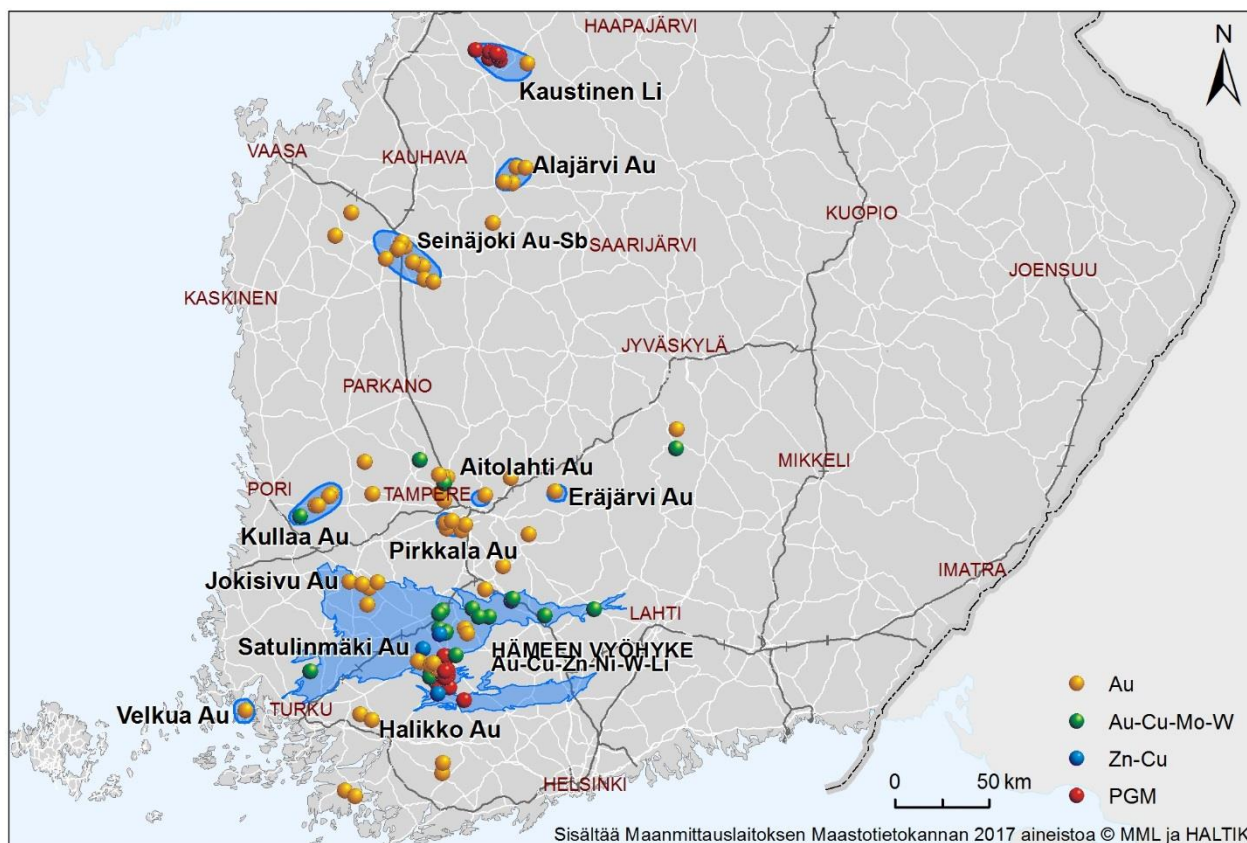
Kairatun kohteen itäpuolen moreenissa tavattiin raskasmineraalikulua ja sen lähetyviltä hiertyneessä gabrossa kvartsijuoniverkosto (Kärkkäinen ym.2014).

### Eräjärven kulta-aihe

Eräjärvellä paikannettiin **Katottomanvuorella** gabrossa hiertovyöhykkeeseen liittyvä **kultamineralisaatio**, jonka kairauksessa havaittiin parvi kapeita (1- 5 cm) ja muutamia leveämpiä (0.2 – 1.5 m) kvartsijuonia, joissa on arseeni- ja magneettikiisupirotetta ja kohonneita kultapitoisuuksia. Kairauskohteessa on noin 200 m leveydellä noin 3 erillistä hiertoa per 10 m. Kultapitoisuudet olivat yleensä 0.2-0.4 ppm Au per 1 m, ja enimmillään noin 1 ppm. Kartoituksessa arseenikiisu-kvartsijuonihavaintoja tehtiin usean kilometrin matkalla NW-SE-suuntaisessa siirrosvyöhykkeessä (Kärkkäinen ym. 2016d).

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä raportti on yhteenveto Etelä-Suomen malmipotentialihankkeiden viimeisen vaiheen tutkimustuloksista 2011-2015. Hämeen vyöhykkeen lueelliset tutkimukset oli aloitettu pääosin jo aiemmin, mutta valmistuivat tämän hankkeen aikana. Lisäksi raportoitiin myös aiempien hankevaiheiden kohteellisia tutkimuksia.



**Kuva 97.** Etelä-Suomen Au-, Cu-Au- ja Li-esiintymät ja -aiheet.

Merkittävimmät alueelliset tutkimustulokset olivat Hämeen vyöhykkeen kallioperäkartan päivitys (DigiKp), tihennetty kohdentava moreenigeokemiallinen kartoitus, Hämeen

vyöhykkeen alueellinen painovoimamittaus (APV) ja yhteenvetona Hämeen vyöhykkeen tutkimuksista Hämeen vyöhykkeen malmipotentialin arviointi.

Hämeen vyöhykkeeltä tunnistettiin useita malminmuodostusprosesseja. Niistä tärkeimmät ovat orogeeninen kultamalmityyppi, porfyryityypiset ja granitoideihin liittyvät Cu-Au-malmit, vulkaniitteihin liittyvät VMS-typin sinkkiesiintymät ja -aiheet sekä viime aikoina yhä tärkeämmäksi nousseet litiumpegmatiitit. Tutkimusten tuloksena rajattiin alueen Au-, Cu-Au- ja Li-potentiaaliset alueet, joilta osoitettiin useita uusia malminetsintäkohteita.

Sinkkimalmipotentialin sen todettiin liittyvän Hämeen vyöhykkeellä Forssa-seurueen happamiin vulkaniitteihin, kordieriitti-antofylliittikiviin ja serisiittiliuskeisiin. Forssan gabroon liittyy ultramafisia intrusioita, joista paikannettiin aiemmin tunnetun Särkisuoan lisäksi Lempään Ni-Cu-malmiaihe. Myös Särkisuoan Ni-Cu-aiheen potentiaaliarviota tarkennettiin. Vampulan Fe-Ti-gabrojen malmipotentialia selvitettiin raportoimalla alueen esiintymien malminetsintätulokset.

Hämeen vyöhykkeen ulkopuolelta raportoitiin aiemmin edellisissä hankevaiheissa tutkitut kultaesiintymät ja –aiheet: Seinäjoki, Kullaa, Tampereen ja Pirkanmaan vyöhykkeiden esiintymiä sekä Halikko ja Velkua (Kuva 97). Kaustisen litiumkohteiden tutkimuksia raportoitiin ja tuloksista laadittiin tutkimusraportti.

Tiivistetysti, Etelä-Suomen malminetsintä- ja malmipotentialihankkeissa on raportoitu uusia malmiesiintymiä ja –aiheita sekä kehitetty tunnettuja malmiaiheita noin 25 kohteessa ja niistä noin 20 viimeisimmän hankevaiheen (2011-2015) aikana (Liite 6). Hankkeessa raportoitiin yhteenvedo Kaustisen Li-provinssista ja potentiaalisimmat Au-, Cu-Au- ja Li-malmien etsintäalueet Hämeen vyöhykkeellä.

## 9 KIRJALLISUUSVIITTEET

- Ahtola, T. 2012. Somero Li. Julkaisussa: Metallogenic areas in Finland. Julkaisussa: Eilu, P. (toim.) Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia. Geologian tutkimuskeskus, Special Paper 53, 217–218.
- Ahtola, T. 2015 Karbonaattikiivselvitys. Julkaisematon raportti.
- Ahtola, T., Kuusela, J., Koistinen, E., Seppänen, H., Hatakka, T., Lohva, J., 2010 a. Report of investigations on the Leviäkangas lithium pegmatite deposit in Kaustinen, Western Finland. Geologian tutkimuskeskus, raportti [M19/2323/2010/32](#). 30 s.
- Ahtola, T., Kuusela, J., Koistinen, E., Seppänen, H., Hatakka, T., Lohva, J., 2010 b. Report of investigations on the Syväjärvi lithium pegmatite deposit in Kaustinen, Western Finland. [M19/2323/2010/44](#) 33 s.
- Ahtola, T. (ed.), Kuusela, J., Käpyaho, A. & Kontoniemi, O. 2015. Overview of lithium pegmatite exploration in the Kaustinen area in 2003–2012. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 220. 28 s.
- Ahtola, T. & Leväniemi, H. 2014. Prospectivity modelling of the lithium pegmatite in the Somero-Tammela RE pegmatite region. In: Lauri, L. S., Heilimo, E., Leväniemi, H., Tuusjärvi, M., Lahtinen, R. & Hölttä, P. (eds.) Current Research: 2nd GTK Mineral Potential Workshop, Kuopio, Finland, May 2014. Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207, 12-14.
- Al-Ani, Thair; Ahtola, Timo, 2014 Mineralogical Analysis of Heavy Minerals from Selected Till Samples of Häme Belt, Southern Finland. GTK, arkistoraportti [167/2013](#)
- Al-Ani, Thair; Grönholm, Sari, 2011. Ore mineralogy of REE potential Kovala Th-granite in Nummi-Pusula, Southern Finland. 34 s. GTK, arkistoraportti [49/2011](#).
- Al-ani, Thair, Grönholm Sari 2016. REE and phosphate minerals in volcanic rocks associated with Cu-Fe-sulphidemineralization in the Kotkajärvi-Kalvola, southern Finland. Arkistoraportti [59/2016](#). Geologian tutkimuskeskus. TMI, Espoo. 39 s.
- Alviola, R., 1989. The granitic pegmatites of the Somero-Tammela area. Geologian tutkimuskeskus, opas 26 (toim. S. Lahti), s. 16-25.
- Alviola, R., 1993a. Tammelan Kietyömäen litium-esiintymää koskevat tutkimukset vuosina 1985–1993. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti [M19/2024/-93/1/85](#). 38 s., 45 liites.
- Alviola, R., 1993b. Tutkimustyöselostus Tammelan kunnassa, valtausalueella Kietyönmäki 1, kaiv.rek. N:o 3991/1, suoritetuista teollisuusmineraalitutkimuksista. 7 s., 6 l. Geologian tutkimuskeskus, raportti [M06/2024/-93/1/85](#)
- Alviola, R., 2003. Pegmatiittien malmipotentialista Suomessa. 5 s., 1 liites. GTK raportti [10/2003/1/85](#)
- Arkimaa, H., Kuosmanen, V., Tiainen, M. ja Bärs, R., 2016. Kedonojankulman Cu-Au esiintymän kairasydänten analysointi kuvantavalla hyperspektrimenetelmällä. GTK, arkistoraportti [108/2015](#).
- Aurola, E., 1963. On the pegmatites in the Torro area, southwestern Finland. Bull.Comm Geol.Finlande 206. 32 s.
- Bergström, J., 2000. Karkkilan emäksinen kerrosintrusiokompleksi. Pro gradu tutkielma. Helsingin yliopisto. 116 s.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: Henderson, P. J. (ed) Rare Earth Element Geochemistry; Developments in geochemistry 2, Amsterdam: Elsevier, 505-535.
- Cook N.J., Sundblad K., Valkama M., Nygård R., Ciobanu C.L., Danyushevsky L., 2011. Indium mineralisation in A-type granites in southeastern Finland: Insights into mineralogy and partitioning between coexisting minerals. Chemical geology 284 62-73.
- Defant, M. J., & Drummond, M. S., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. Nature 347, 662 665.
- Eilu, P. (Ed.) 2012. Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia. Special Paper, volyymi:53, 401 p.

- Eilu, P., 2015. Chapter 5.1 - overview on gold deposits in Finland. In W. D. M. L. O'Brien (Ed.), Mineral deposits of Finland (pp. 377-410) Elsevier.
- Eilu, P. ; Bergman, T. ; Bjerkgård, T. ; Feoktistov, V. ; Hallberg, A. ; Korsakova, M. ; Krasotkin, S. ; Myradymov, G. ; Nurmi, P. A. ; Often, M. ; Perdahl, J.-A. ; Philippov, N. ; Sandstad, J. S. ; Stromov, V. ; Tontti, M. (comp.), 2009. Metallogenic map of the Fennoscandian Shield 1:2 000 000. Erikoiskartat - Special Maps, volyymi:80.
- Etelämäki, T., 2007. Tammelan Riukan Au-mineralisaatio. Pro gradu tutkielma. Helsingin yliopisto. 96 s.
- Gaál, G. and Gorbatshev, R., 1987. An outline of the Precambrian evolution of the Baltic Schield. In: Gaál, G. and Gorbatshev, R.(Eds.), Precambrian Geology and Evolution of the Central Baltic Schield. Special Issue. Precambrian Res. 35, 15-52.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. & Robert, F. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Reviews 13, 7–27.
- Grönholm, P., 2006. The Jokisivu gold deposit, southwest Finland. Bulletin Geological Society of Finland, Special Issue 1, 42.
- Grönholm, S., 2014. Tutkimustyöselostus REE-mineraalitutkimuksista Lohjan Kovelassa vuosina 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti [57/2014](#). 11s. 14 liites
- Grönholm, S., Kärkkäinen, N., 2006. Tutkimustyöselostus malmitutkimuksista Halikon Kultanummen valtauksella, kaivosrekisteri N:o 7395/1. Geologian tutkimuskeskus. Valtausraportti [M06/2021/2006/1/10](#).
- Grönholm, S., Kärkkäinen, N., 2012. Gold in Huittinen, Southern Finland. Geologian tutkimuskeskus, tieteellinen posterit 47.
- Grönholm, S., Voipio, T., 2012. The Palokallio gold occurrence at Huittinen, Southern Finland. Special Paper 52, 91-100.
- Haga, I., 1984. Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyömaaselostus Somero, Satulinmäki, kaivosrekisteri nro 3421/1. Outokumpu Oy, raportti OKU\_3293
- Hakkarainen, G., 1989. Lahden-Someron vulkaniittimuodostuman stratigrafia. Turun yliopisto. Geologian ja mineralogian osaston julkaisu nro 20. 59 s.
- Hakkarainen, G., 1994. Geology and geochemistry of the Hämeenlinna-Somero volcanic belt, southwestern Finland: a Paleoproterozoic island arc. In: M. Nironen, Y. Kähkönen (Eds.) Geochemistry of Proterozoic supracrustal rocks in Finland. Geol. Surv. Finland, Spec.Pap. 19, 85-100.
- Hartikainen, A., 2011. Tutkimustyöselostus maaperägeoKemiallisista kultatutkimuksista Seinäjoen Haapaluoman alueen kohteilla, Pastossa, Timanttimaalla ja Tiilikalliolla vv. 2008 - 2011. 36 s. + 3 liites. GTK raportti [16/2011](#)
- Heino, P., 2006. Forssan ja Jokioisten Latovainion alueen kallioperä, kemiallinen koostumus ja kulta-malmipotentiali. Pro gradu tutkielma. Helsingin yliopisto. 78 s., 3 liites.
- Heiskanen, E.V. 1957. Kauppa- ja teollisuusministeriölle. Malmikaivos Osakeyhtiö. 5 s, 1 liites.
- Huhta, P., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., Herola, E., 2014. Moreenigeokemiallinen kartoitus Hämeen vyöhykkeellä v. 2011-2014. Geologian tutkimuskeskus, raportti [103/2014](#). 63 s.
- Huhta, P. ; Kärkkäinen, N. ; Tiainen, M., 2015. Hämeen malmipotentiali: moreenigeokemia Geologian tutkimuskeskus, raportti [89/2015](#). 34 s.
- Hulkki, H., 2015. SOM-analyysi Hämeen vyöhykkeen moreeniainestosta. GTK, arkistoraportti [111/2015](#).
- Huopaniemi, P., 1978. Selostus tutkimustöistä Malmikaivos Oy:n valtauksilla Särkijärvi, kaiv.rek.no. 2454/1, Kaukjärvi, kaiv.rek.no. 2454/2 ja Särkisuo 1 - 3, kaiv.rek.no. 2520/1 – 3. Malmikaivos Oy, valtausraportti. 15 s.
- Huotari-Halkosaari, T., Nyman, K., Valjus, T., 2016. Uunimäen kultakohteen geofysikaaliset tutkimukset Huittisissa. GTK arkistoraportti [6/2016](#).

- Härme, M., 1954. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Lehti 2042. Karkkila. Kallioperäkartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos. 42 s.
- Irwine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Science 78, 523–548.
- Isomaa, J., 2012. Ilmajoen Välikorven kultatutkimukset Etelä-Pohjanmaalla vuosina 2008 - 2009 ja 2011. Geologian tutkimuskeskus, raportti [97/2012](#).
- Isomaa, J., Koistinen, E. ja Kärkkäinen, N., 2010. Sikakangas gold prospect at Seinäjoki, Western Finland. 37 s. + 24 liites. Raportti [M19/2222/2010/55](#).
- Isomäki, O-P., 1983. Yhdistelmäraportti. OKU Raportti 001/2131 03A/OPI/1983. 5 s., 20 liites.
- Isomäki, O-P., 1984. Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyöselostus valtausalueilta Somero, "Tupala" ja "Huikko", kaivosrekisteri nrot 2967/1-2. OKU Raportti 080/2124 05A, C/OPI/1984. 3 s., 28 liites.
- Jensen, L.S., 1976. A new method of classifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Division of Mines. Misc Paper 66, 1-21.
- Kinnunen, A., 1984. Hämeenlinnan Katumajärven alueen tutkimukset vuosina 1981-1982. Rautaruukki Oy. N:o OU 1/88. 9 s., 38 liites.
- Kinnunen, A., 1987a. Selostus valtausalueella "Kotka" suoritetuista tutkimuksista. 080/2131 03 A/AAK/1987. 3 s., 5 liites.
- Kinnunen, A., 1987b. Selostus valtausalueella "Katumajärvi" suoritetuista tutkimuksista. OKU Raportti 080/2131 09, 12/AAK/1987. 3 s., 4 liites.
- Kinnunen, A., 1987c. Selostus valtausalueilla "Tömäjärvenmäki", "Mustalammi", "Kuivajärvi" ja "Kukonharju" suoritetuista tutkimuksista. OKU Raportti 080/2131 06/AAK/1987. 6 s., 25 liites.
- Kinnunen, A., 1988a. Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyöselostus Hattula, Hieronmäki, kaivosrekisterinumero 3298/1. Outokumpu Oy Kaivosteollisuus, Raportti 080/2132 07/AAK/1988. 15 s.
- Kinnunen, A., 1988b. Selostus valtausalueella "Hieronmäki" suoritetuista tutkimuksista. OKU Raportti 080/2132 07/AAK/1988. 4 s., 11 liites.
- Kinnunen, A., 1990. Selostus valtausalueella "Kotkanpoika" suoritetuista tutkimuksista. OKU raportti 080/2131 03 A/AAK/1990. 4 s., 6 liites.
- Kinnunen, A., Autio, Heiskanen, V., 1986. Hattulan Tömäjärven scheeliittimalmiaisheen kairaus. Rautaruukki Oy raportti OU 22/85.
- Klami, J., 2013. Jokioisten Kedonojankulman Cu-Au -esiintymän fluidisulkeumatutkimukset. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, geotieteiden ja maantieteen laitos, geologian osasto. 58 s.
- Koistinen, E., Kärkkäinen, N., 2006. Mineral resource assessment and 3D modelling of the Satulinmäki gold deposit. 9 s. + 27 liites. GTK report [M19/2024/2006/2/10](#).
- Koistinen, E., Kärkkäinen, N., 2007. Tammelan Riukan ja Pursion valtausten kairausprofiilit. 29 s. GTK, raportti [M19/2024/2007/10/68](#).
- Koistinen, E., Tiainen, M., 2011. A preliminary mineral resource assessment and 3D modelling of the Kedonojankulma Cu-Au deposit, Southern Finland. GTK arkistoraportti 52/2011.
- Koistinen, E., Tiainen, M., 2012. Mineral resource assessment and 3D modelling of the Kedonojankulma Cu-Au deposit, Southern Finland. GTK, Mineral deposit report 69/2012.
- Kokkola, M., 1990. Au-tutkimukset Tammelan Liesjärven alueella 211 08. Outokumpu Oy, Raportti [001/2113 08/MK/1990](#). 313 s.
- Kokkola, M., 1994. Selostus Liesjärvi 1-2, Lunkinjärvi 1-2, Lammaslammi, Puolikkaansuo, Letonpää Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyöselostus OKU raportti [080/2113/MK/ 94](#). 4 s., 8 liites.
- Kontoniemi, O., 2015a. Tutkimustyöselostus valtausalueella Tiilikallio 1 (kaiv.rek.nro 9115) vuosina 2009 - 2014 tehdyistä kultatutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, raportti [8/2015](#). 20 s.
- Kontoniemi, O., 2015b. Länsi-Suomen malmipotentialin kartoitushankkeen toiminta vuosina 2012-2015. GTK raportti [72/2015](#)

- Kuikka, A., 2013. Lempäälän Kalliojärven ja Pirkkalan Anian sekä Erkkilän Au-esiintymien malmimineralogia. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, geotieteiden ja maantieteen laitos, geologian osasto. 127 s.
- Kuikka, A., 2014. Pirkkalan alueen kultaesiintymien malmimineralogia. Summary: Ore mineralogy of the gold deposits in the Pirkkala area. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 212, 96 s.
- Kuusela, J., 2015 Suomen sinkkimalmien Indium, Gallium ja Seleenipitoisuudet sekä Indium viitteet Kaakkois – Suomen rapakivialueelta. GTK, arkistoraportti [34 / 2015](#).
- Kuusela, J., Ahtola, T. 2014. Tutkimustyöselostus Urjalan Tourunkulman litium tutkimuksista 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti [96/2014](#). 5s, 13 liites.
- Kuusela, J., Ahtola, T., Koistinen, E., Seppänen, H., Hatakka, T., Lohva, J. 2011. Report of investigations on the Rapasaaret lithium pegmatite deposit in Kaustinen-Kokkola, Western Finland. Geological Survey of Finland. Report: [42/2011](#).
- Kähkönen, Y. 2005. Svecofennian supracrustal rocks. In: Lehtinen, M., Nurmi, P. A. & Rämö, O. T. (eds) Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Developments in Precambrian Geology 14. Amsterdam: Elsevier, 343–406.
- Kärkkäinen, N., 2007. HANKE 2901003, Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitus, Loppuraportti toiminnasta 2002-2007. Geologian tutkimuskeskus, raportti [M10.4/2007/10/71](#). 37 s.
- Kärkkäinen, N., 2012. Hanke 2551005, Väli­raportti Etelä-Suomen mineraalivarojen arviointihankkeen ja Hämeen malmipotentialin tutkimuksista 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus, raportti [105/2012](#). 34 s.
- Kärkkäinen, K., 2014. Kultapotentialin kartoitusta Jokioisissa, Ypäjällä ja Tammelassa 2008-2009. Geologian tutkimuskeskus, GTK arkistoraportti [95/2014](#). 30 s.
- Kärkkäinen, N., 2015. Hämeen malmipotentiali: Malmiviitteet. Geologian tutkimuskeskus, raportti GTK [117/2014](#). 36 s.
- Kärkkäinen, N., Hakala, P., 2006. Satulinmäen malmimineralogia. 18 s. GTK raportti [M19/2024/2006/4/10](#).
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., 2010. Tutkimustyöselostus Someron ja Jokioisten kunnissa, valtausalueella [Satulinmäki \(kaivosrek.nro 7303/1\)](#) vuosina 2001-2006 suoritetuista kultatutkimuksista. 12s.
- Kärkkäinen, N., Pelkkala, M., 2013. Pirkkalan Erkkilän kultamineralisaatio. GTK raportti [160/2013](#).
- Kärkkäinen, Niilo; Tiainen, Markku, 2016. Hydroterminen muuttuminen Hämeen kallioperässä. Geologian tutkimuskeskus raportti [60/2016](#). 43 s.
- Kärkkäinen, N., Valjus, T., 2016. Vähäjoen (Susimäen) ja Riutan (Köyliön) ilmeniitti-magnetiittiesiintymät Satakunnassa. Geologian tutkimuskeskus, raportti [27/2016](#). 18 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Karttunen, K., Pelkkala, M., 2006. Tutkimustyöselostus Pirkkalan kunnassa valtausalueilla Ania 1 ja Ania 2 (kaiv.rek.nro 7001/1 ja 7001/2) suoritetuista malmitutkimuksista Geologian tutkimuskeskus, [M06/2123/2006/1/10](#). 20 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Käpyaho, A., 2015a. Kokkojoen graniitin Au-Cu-W tutkimukset Urjalassa v. 2006-2011. Geologian tutkimuskeskus, raportti [69/2015](#).
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Lehto, T., Tiainen, M., Vuori, S., Pelkkala, M. 2012. New data for exploration in southern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Special Paper 52, 47-54.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Leväniemi, H., 2015b. Tammelan Liesjärven Au-Cu tutkimukset vuosina 2014-2015. Geologian tutkimuskeskus, raportti [112/2015](#). 23 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Leväniemi, H., 2016a. Kullaan vyöhykkeen malmipotentiali, Saarijärven ja Kultakallion Au-mineralisaatiot. Geologian tutkimuskeskus, raportti [75/2016](#). 42 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Thair, Al-Ani, 2015c. Uunimäen kultaesiintymän malmimineralogia. Geologian tutkimuskeskus, raportti [76/2015](#).
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Tranberg, J., Karttunen, K., 2014. Lempäälän Sääksjärven ja Kaakkolammin sekä Tampereen Aitolahden kultatutkimukset v.2009-2011. GTK, arkistoraportti [45/2014](#).



- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Tiainen, M., 2015d. Hämeen granitoidialueiden moreenigeokemia. Geologian tutkimuskeskus, raportti [45/2015](#).
- Kärkkäinen, N., Karttunen, K., Lindmark, B., 1998. Kuparimalminetsintää Hyrvälän-Ilveskallion alueella Hattulassa v. 1997–1998. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti [M19/2131/1998/1/10](#). 4 s.
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Jokinen, T., 2006. Satulinmäki gold prospect at Somero, SW Finland. Geologian tutkimuskeskus [M19/2024/2006/1/10](#). 44 s.
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Jokinen, T., 2007 Tutkimustyöselostus malmitutkimuksista Tammelan kunnan Riukan, kaivosrek.nro 7483/1, ja Pursion, kaivosrek.nro 7482/1, valtauksilla. 32. Geologian tutkimuskeskus, raportti [M06/2024/2007/1/10/6](#). 32 s.
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Markovaara-Koivisto, M., Valjus, T., Kaunismäki, J., 2017. Velkuan kultaesiintymä Naantalissa. Geologian tutkimuskeskus, raportti [32/2017](#). 29 s.
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Huotari-Halkosaari, T., Kuusela, J., Sayab, M., Huhta, P., 2016b. Uunimäki gold prospect, Huittinen, Southwestern Finland. Geologian tutkimuskeskus, raportti [GTK 77/2015](#). 32 s.
- Kärkkäinen, N.; Lehto, T.; Tiainen, M.; Jokinen, T.; Nironen, M.; Peltonen, P.; Valli, T., 2003. Etelä- ja Länsi-Suomen kaarikompleksi, kullan ja nikkelin etsintä vuosina 1998-2002. Hanke 2108000-Vaihe I loppuraportti. 118 s., 28 liites. GTK raportti [M 19/21, 12/2003/1/1](#).
- Kärkkäinen, N., Leväniemi, H., Kojonen, K., Huhta, P., Tiainen, M., 2016c. Lempään gabron nikkelimineralisaation tutkimus Forssassa vuosina 2013-2016. Geologian tutkimuskeskus raportti [63/2016](#).
- Kärkkäinen, N., Tiainen, M., Vuori, S., Huhta, P., 2008. Moreenigeokemiallinen kartoitus v.2003-2007 Forssa-Huittinen alueen kultamalmipotentialin arvioimiseksi. Geologian tutkimuskeskus, [M19/2113/2008/81](#), 32 s.
- Kärkkäinen, N., Virransalo, P., Lahti, S., 2016d. Eräjärven gabron hiertovyöhykkeen kultamineralisaation kairaus v. 2008. Geologian tutkimuskeskus raportti [31/2016](#). 11 s.
- Lahtinen, H. 2005. Huittisten Ritakallion kultaesiintymän petrografia, malmimineralogia, ja geokemia. Oulun yliopisto, Pro gradu-tutkielma. 94 s.
- Lahtinen, R., 1994. Crustal evolution of the Svecofennian and Karelian domains during 2.1–1.79 Ga, with special emphasis on the geochemistry and origin of 1.93–1.91 Ga gneissic tonalites and associated supracrustal rocks in the Rautalampi area, central Finland. Geol. Surv. Finland, Bull.389, 1–113.
- Lahtinen, R. 2012. Main geological features of Fennoscandia. In: Eilu, P. (Ed.) Geological Survey of Finland, Special Paper 53, 13–18.
- Lahtinen, R., 1996. Geochemistry of Paleoproterozoic supracrustal and plutonic rocks in the Tampere-Hämeenlinna area, southern Finland. Geol. Surv. Finland, Bull.378, 1–128.
- Lahtinen, R. ja Lestinen, P., 1996. Background variation of ore-related elements and regional-scale mineralization indications in Palaeoproterozoic bedrock in the Tampere-Hämeenlinna area, southern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin, vol.390. 38 p., 1 app.
- Lahtinen, R., Huhma, H., Sipilä, P., Vaarma, M., 2017. Geochemistry, U-Pb geochronology and Sm-Nd data from the Paleoproterozoic Western Finland supersuite: A key component in the coupled Bothnian oroclinal. Precambrian Research, Vol. 299, September 2017, Pages 264-281.
- Lahtinen, R., Korja, A. & Nironen, M. 2005. Palaeoproterozoic tectonic evolution of the Fennoscandian Shield. In: Lehtinen, M., Nurmi, P. A. & Rämö, O. T. (eds) Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Developments in Precambrian Geology 14. Amsterdam: Elsevier, 418–532.
- Laxström, H., 2010. Kultatutkimukset Alajärven liruunjärvellä vuosina 2008-2010. 16 s. raportti [M19/2331/2010/21](#).
- Laxström, H., Kontoniemi, O., 2014. Kultatutkimukset Alajärven Peurakalliolla vuosina 2008-2014. GTK arkistoraportti [2/2015](#).

- Lempiäinen, J., 1987. Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyöselostus Somero, Orissillanmäki, kaivos-rekisterinumero 3817/1. OKU raportti [080/2024 08/JML/1987](#). 2 s., 2 liites.
- Leväniemi, H., 2013. Lithium Pegmatite Prospectivity Modelling in Somero-Tammela Area, Southern Finland. GTK Report [151/2013](#).
- Leväniemi, H. 2015. Alueellisen painovoimamittauksen 3D-inversio Hämeen vulkaniittivyöhykkeellä. Raportti [86/2015](#).
- Leväniemi, H. 2016a. Lempään gabron geofysikaaliset tutkimukset ja tulkinat 2016. Geologian tutkimuskeskus, raportti [62/2016](#). 16 s.
- Leväniemi, H. 2016b. Lempään gabron geofysikaaliset tutkimukset 2013-2015. Geologian tutkimuskeskus, raportti [137/2015](#).
- Leväniemi, H., 2016c. Särkisuon gabron geofysikaaliset tutkimukset 2014-2015. Raportti [136/2015](#). 14 s. + 26 liitettä.
- Leväniemi, H., Grönholm, S. 2016. Hämeenlinnan Pirttikosken Cu-kohteen geofysikaaliset tutkimukset 2014 – 2016. Arkistoraportti [97/2016](#). Geologian tutkimuskeskus GSO/MIV.
- Leväniemi, H., Grönholm, S., 2016. Hämeenlinnan Kotkan Cu-REE-kohteen geofysikaaliset tutkimukset 2014–2016. Arkistoraportti [96/2016](#). Geologian tutkimuskeskus. GSO/MIV, Espoo. 14 s. + 2 liitettä.
- Leväniemi, H. & Karell, F., 2013. Geophysical Indications of VMS Deposits in the Häme Volcanic Belt, Southern Finland. Geological Survey of Finland, report [152/2013](#). 64 p.
- Leväniemi, H. & Kuusela, J. 2014. Rapakivi structures revealed: reprocessing the Wiborg rapakivi batholith airborne datasets. Geological Survey of Finland, report [116/2014](#). 14 p. + 6 appendices.
- Leväniemi, H. ja Niemi, S., 2014. EM-mallinnustyökalut johtavuusrakenteiden paikantamiseen malmipotentialihankkeissa: tilanne GTK:ssa 2014. raportti 76/2014. 22 s. (ei-julkinen)
- Leväniemi, H., Heinonen, S., Niskanen, M. ja Tiainen, M., 2015. Heijastusluotaus-, painovoima- ja geologisen aineiston 2D/3D-yhteistulkinta Hämeen vyöhykkeen poikki. Raportti [44/2015](#).
- Leväniemi, H., Hulkki, H., & Tiainen, M., 2016a. SOM guided fuzzy logic prospectivity model for gold in the Häme Belt, southwestern Finland. Journal of African Earth Sciences, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.10.010>
- Leväniemi, H., Kärkkäinen, N., Grönholm, S. & Huhta, P. 2016b. Hämeen vulkaniittijakson VMS-kartoituksen kohdetarkistukset. Geologian tutkimuskeskus, raportti [17/2016](#). 46 s. + 5 liitettä.
- Lindmark, B., 1986. Raportti syksyllä 1985 toimeenpannusta analyysimenetelmävertailusta. 4 s., 7 l. Raportti [M 16/1986/ 1](#).
- Lindmark, B., 1996. Kuparimalmitutkimukset Kalvolan Pirttikoskella vuosina 1989-1992. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, [M19/2113/-96/1/10](#). 10 s., 5 liites.
- Lindmark, B., 1987. Volframitutkimukset Kangasalan Ahvenlammin alueella vuosina 1983-1985. Geologian tutkimuskeskus raportti [M 19/2142/-87/1/10](#), 45 s.
- Lindroos, A., 1980. En zinkmineraliserings relation till metamorfa och hydrotermalt omvandlade vulkaniska bergarter i Ypäjä och Jockis, sydvästra Finland. Pro gradu-avhandling, Åbo Akademi, 89 s. 1 liites.
- Lohva, J. & Jokinen, T. 2012. New data for gold exploration in southern Finland – detailed airborne geophysical measurements. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 55–72, 11 figures.
- Luukkonen, A., 1994 Main geological features, metallogeny and hydrothermal alteration phenomena of certain gold and gold-tin-tungsten prospects in southern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 377. 153 s.
- Markovaara-Koivisto, M., 2016. Hämeen alueen kallioperän topografiamalli, 10 s. GTK raportti [98/2016](#).
- Matisto, A., 1976. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Lehti 2114. Toijala. Kallioperäkartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos. 26 s.
- Mattila, E., 1975. Hämeenlinnan NE-puolen schellittiaiheeseen liittyvä lohkare-etsintä ja kallioperäkartoitus. Rautaruukki Oy Malminetsintä, raportti [17/75](#). 83 s.

- Middlemost, E. A. K., 1985. *Magmas and Magmatic Rocks. An Introduction to Igneous Petrology.* Longman, London. 266 s.
- Mäkelä, K., 1980a. Geochemistry and origin of Haveri and Kiipu, Proterozoic strata-bound volcanogenic gold-copper and zinc mineralizations from southwestern Finland. *Geological Survey of Finland. Bulletin* 310. 79 p.
- Mäkelä, K., 1980b. Kaivoslain 19 §:n mukainen tutkimustyöselostus : Kalvola, Leteensuu : "littala-Leteensuu I, II ja III". OKU raportti 080/2132 01/KM/1980. 2 s., 60 liites.
- Mäkelä, U., 1983. Someron Tupalan Zn-Pb-Ag-malmin tutkimuksista. OKU raportti [001/2024/05/UM/1983](#). 7 s., 45 liites.
- Mäkelä, U., 1989. Geological and geochemical environments of Precambrian sulphide deposits in southwestern Finland. *Annales academiae scientiarum fennicae. Series A. III. Geologica-Geographica* 151. 102 s.
- Mäkinen, E., 1913. Die Granitpegmatite von Tammela in Finnland und ihre Minerale *Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande, Volyymi:35*, 101 p.
- Mäkinen, E., 1916. Eräiden harvinaisempien alkuaineiden esiintymisestä Suomessa. *Geoteknillisiä julkaisuja - Geotekniska meddelanden - Geotechnical publications. Volyymi:18.A*, 12 p.
- Mäkitie, H., Kärkkäinen, N., Sipilä, P., Tiainen, M., Kujala, H., Klami, J., 2016a. Hämeen vyöhykkeen granitoidien luokittelu. *GTK, arkistoraportti* [33/2016](#).
- Mäkitie, H., Sipilä, P., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., 2016b. Hämeen malmipotentiali: kallioperäkartan päivitys. *GTK raportti* [76/2016](#).
- Neuvonen, K.J., 1954. Forssa. Kallioperäkartta 1 : 100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks. *Karttalehdet*: 2113.
- Neuvonen, K., 1956. Suomen geologinen kartta 1:100 000. *Lehti* 2113. Forssa. Kallioperäkartan selitys. *Geologinen tutkimuslaitos*, 37 s.
- Niemelä, J., 2014. Gold in quartz-tourmaline veins in Lepomäki, Southern Finland. *Pro Gradu, Oulun yliopisto*. 67 s.
- Nironen, M., 1997. The Svecofennian Orogen: a tectonic model. *Precambrian Res.* 85, 21–44.
- Nironen, M., 1999. Structural and magmatic evolution in the Loimaa area, southwestern Finland. In: Y. Kähkönen, K. Lindqvist (Eds), *Studies related to the Global Geoscience Transects/SVEKA Project in Finland. Bull. Geol. Soc. Finland* 71, 57–71.
- Nironen, M., 2006. Kallioperäkartoituksen jatkokurssi Forssassa 11-22.5.2003. *Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti* [K21.42/2006/5](#). 8 s., 2 liites.
- Nironen, M. (ed.), 2017. *Bedrock of Finland at the scale 1:1 000 000 - Major stratigraphic units, metamorphism and tectonic evolution. Special Paper, Volyymi:60*, 128 pages, 57 figures, 1 table and 3 appendices 7.
- Nironen, M., Kousa, J., Luukas, J., Lahtinen, R. (eds), 2016. Suomen geologinen kartta: kallioperä - *Geologisk karta över Finland: berggrund - Geological Map of Finland: Bedrock 1:1 000 000 Erikoiskartat - Special Maps. Volyymi:98*
- Nordenskjöld, N., 1853. *Beskrifning öfver de i Finland funna mineralier (uusittu painos 1863).* Stockholm.
- Ojala, J. 2003. Satulinmäki Au Prospect Structural Mapping. 13 s. *GTK raportti* [M19/2024/2003/1/10](#).
- Papunen, H. (ed.) 1990. Sinkkiprojektin loppuraportti. University of Turku, Institute of Geology and Mineralogy, Publication 22. 143 p. (in Finnish)
- Patchett, J. & Kouvo, O. 1986. Origin of continental crust of 1.9–1.7 Ga age: Nd isotopes and U-Pb zircon ages in the Svecokarelian terrain of south Finland. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 92, 1–12.
- Pearce, J.A., 1982. Trace element characteristics of lava from destructive plate margins. In: R.S. Thorpe (Ed), *Andesites. Orogenic Andesites and related rocks.* Wiley, Chichester, 525–548.
- Peccerillo, A. and Taylor, S.R., 1976. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 58, p. 63-81.

- Perälä, A. 2003. Someron Satulinmäen Au-esiintymän geologia, geokemia ja mineralogia. Unpubl. MSc thesis. Dept of Geosciences, Univ. of Oulu. 57 s.
- Peltonen, P. 2005. Svecofennian Mafic-Ultramafic intrusions. In: Lehtinen, M., Nurmi, P. A. & Rämö, O. T. (eds) Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Developments in Precambrian Geology 14. Amsterdam: Elsevier, 409-441.
- Perttunen, Marjatta 1977. The lithologic relation between till and bedrock in the region of Hämeenlinna, southern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 291. 68 p.
- Peuraniemi, V., 1990. Heavy minerals in glacial material. s. 165 – 185 in Kujansuu, R. & Saarnisto, M. (eds.). - Glacial indicator tracing/ Rotterdam: A. A. Balkema.
- Puustinen, K., Saltikoff, B., Tontti, M., 2000. Suomen malmiesiintymäkartta = Malmförekomstskarta över Finland = Metallic mineral deposits map of Finland 1:1 000 000. Erikoiskartat - Special Maps, volyymi:46
- Puustinen, Kauko 2003. Suomen kaivosteollisuus ja mineraalisten raaka-aineiden tuotanto vuosina 1530-2001, historiallinen katsaus erityisesti tuotantolukujen valossa. 578 s. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti, [M 10.1/2003/3](#).
- Raitala, R., 1997. Hyvinkään emäksinen kerrosintruusio. Pro gradu tutkielma, Helsingin yliopisto, 73 s.
- Rasilainen, K., Eilu, P., 2016. Assessment of undiscovered mineral resources of copper, zinc, nickel and gold for the Häme Belt. GTK arkistoraportti [94/2015](#).
- Rasilainen, K., Lahtinen, R., Bornhorst, T. J., 2007. The Rock Geochemical Database of Finland Manual. Tutkimusraportti - Report of Investigation, vol. 164, 38 p.
- Rasilainen, K., Lahtinen, R., Bornhorst, T. J., 2008. Chemical characteristics of Finnish bedrock - 1:1 000 000 scale bedrock map units. Tutkimusraportti - Report of Investigation, vol. 171, 94 p.
- Rasilainen, K., Eilu, P., Halkoaho, T., Heino, T., Huovinen, I., Iljina, I., Juopperi, H., Karinen, T., Kärkkäinen, N., Karvinen, A., Kontinen, A., Kontoniemi, O., Kousa, J., Lauri, L.S., Lepistö, K., Luukas, J., Makkonen, H., Manninen, T., Niiranen, T., Nikander, J., Pietikäinen, K., Räsänen, J., Sipilä, P., Sorjonen-Ward, P., Tiainen, M., Tontti, T., Törmänen, T., Västi, K., 2016. Assessment of undiscovered metal resources in Finland. Ore Geology Review.
- Rosenberg, P., 1990a. Kultatutkimukset Pirkkalan alueella vuosina 1987-1989. 59 s. GTK raportti [M19/2123/90/3/10](#).
- Rosenberg, P., 1990b. Tutkimustyöselostus Pirkkalan kunnassa Vatanen 1, Lintumäki 1, Poikkiaro 1 sekä Sorkkala 1-2 nimisillä valtausalueilla, kaiv.rek. n:o 4179/1-2 ja 4331/1-3, suoritetuista malmitutkimuksista. 47 s., 11 l. GTK, valtausraportti [M06/2123/90/1/10](#).
- Rosenberg, P., 1997. Tutkimustyöselostus Pirkkalan kunnassa, Pirkkalan kylässä, valtausalueilla Luitamo I-II (kaivosrekisterinro 5059/1-2) ja Tikkarinvuori I (kaivosrekisterinro 5299/1), vuosina 1992-1995 suoritetuista malmitutkimuksista. 15 s. GTK, valtausraportti [M06/2123/97/1/10](#).
- Rosenberg, P. 1998. Pirkkalassa vuosina 1992-1995 suoritettut kultatutkimukset. 18 s. GTK raportti [M 19/2123/98/1/10](#).
- Ruskeeniemi, T., 1991. Kiiipun muodostuman muuttumisilmiöt ja niiden merkitys malminetsinnän kannalta. Turun yliopisto. Geologian ja mineralogian osaston julkaisu 26. Turku: Turun yliopisto. 60 s. 3 liites.
- Saalmann, K., 2007. Structural control on gold mineralization in the Satulinmäki and Riukka prospects, Häme Schist Belt, southern Finland. Geoll Society Finland Bulletin 79, 69-93.
- Saalmann, K., Mänttari, I., Ruffet, G., Whitehouse, M.J., 2009. Age and tectonic framework of structurally controlled Palaeoproterozoic gold mineralization in the Häme belt of Southern Finland. Precambrian Research 174, 54-77.
- Saalmann, K., Mänttari, I., Peltonen, P., Whitehouse, M.J., Grönholm, P., Talikka, M., 2010. Geochronology and structural relationship of mesothermal gold mineralization in the Palaeoproterozoic Jokivisu prospect, southern Finland. Geological Magazine 147, 551-569.

- Saarnio, Heikki., 1976. Forssan Kokonjärven vulkaaninen jakso. Pro gradu tutkielma. Turun yliopisto. 84 s. 1 liite. 4 karttaa.
- Saikkonen, R., 1981. Tutkimustyöselostus, Hirvikallion petaliittiesiintymä, Tammela. Partek Oy Ab. Kaivosrekisterinumero: 2577/1a , 2577/1a.
- Salli, I., 1953. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Lehti 2111. Loimaa. Kallioperäkartan selitys. Geolo-ginen tutkimuslaitos. 41 s.
- Saltikoff, Boris (comp.) ; Tontti, Mikko (comp.) ; Puustinen, Kauko (comp.), 2002. Metallogenic map of Finland 1:1 000 000. Erikoiskartat - Special Maps, volyymi:52
- Saltikoff, B., Puustinen, K., Tontti, M., 2000. Suomen metallimalmiesiintymät: Saatteeksi Suomen malmiesiintymäkartaan. Opas – Guide, volyymi:49. 29 p., 2 liitettä.
- Saltikoff, B., Puustinen, K., Tontti, M., 2006. Metallogenic zones and metallic mineral deposits in Finland: Explanation to the Metallogenic Map of Finland. Special Paper, volyymi:35, 66 p.
- Sarapää, O., Ahtola, T., Al-Ani, T., Grönholm, S., Karvinen, A., Kärkkäinen, N., Lahti, S., Lintinen, P., Torppa, A., Turunen, P., 2013. Geologian tutkimuskeskus, raportti [161/2013](#). 97 s.
- Sarapää, Olli; Lintinen, Panu; Ahtola, Timo; Al-Ani, Thair, 2016. Kriittisten mineraalien tutkimukset Suomessa vuosina 2013-2015. Geologian tutkimuskeskus, raportti [53/2016](#).
- Seppänen, H., Ahtola, T., Alanen, J., Karimerto, P., Kaunismäki, P., 2012. Karbonaattikivitutkimuksia Sauvossa vuosina 1995 – 2001. Geologian tutkimuskeskus, raportti [78/2012](#). 8 s.
- Seppänen, H., Karimerto, P., Kaunismäki, J., 2012. Karbonaattikivitutkimuksia Siuntion Vejansissa vuonna 2001. Geologian tutkimuskeskus, raportti [81/2012](#). 4 s.
- Simonen, A., 1948. On the petrology of the Aulanko area in southwestern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 143, 66 s.
- Simonen, A. 1949a. Hämeenlinna. Kallioperäkartta 1 : 100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks. Karttalehdet: 2131
- Simonen, A. 1949b. Hämeenlinna. Kallioperäkartan selitys 1 : 100 000 - Expl. to Maps of Pre-Quat. Rocks. Karttalehdet: 2131.
- Simonen, A. 1955. Somero. Kallioperäkartta 1 : 100 000 - Maps of Pre-Quaternary Rocks. Karttalehdet: 2024
- Simonen, A. 1956. Somero. Kallioperäkartan selitys 1 : 100 000 - Expl. to Maps of Pre-Quat. Rocks. Karttalehdet: 2024.
- Sipilä Pekka, 2006. Kallioperän kartoituskurssi KK3 Humppila, 15-26.5.2006. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti [K21.42/2006/3](#). 61 s., 5 liitettä, 1 kartta.
- Sipilä, P. & Kujala, H. 2014. Hämeen vyöhykkeen vulkaniittien geokemia. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti [119/2014](#).
- Sipilä, P., Huhta, P., Kärkkäinen, N., Lohva, J. 2014. Geokemian Au anomalian tutkimus Tammelan Susikkaassa 2011-2012. GTK arkistoraportti [122/2014](#)
- Sipilä, P., Mattila, J., Tiainen, M., 2011. Pirkanmaan vyöhykkeen ja Hämeen vyöhykkeen välinen teraanirajatulkinta. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti [2/2011](#), 27 s.
- Strand, Kari; Köykkä, Juha; Kohonen, Jarmo (eds.) 2010. Guidelines and procedures for naming Precambrian geological units in Finland. 2010 edition Stratigraphic Commission of Finland : Precambrian Sub-Commission. Geological Survey of Finland. Guide 55. 41 p.
- Suomen kallioperä – DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [21.4.2014]. Versio 1.0.
- Suvenmaa, L., 1961. Someron malmitutkimusten vaiheita. GTK:n arkiston kokoelmassa "Outokumpu Oy:n malminetsinnän raportit/1975. sis. Rautaruukki Oy:n raportteja/Suvenmaan tekstejä; OKU 56". 91 s.
- Tiainen, M. ja Kärkkäinen, N. 2011. Till geochemical exploration of the Kedonojankulma Cu-Au deposit, in Jokioinen, Southern Finland. GTK exploration report [56/2011](#).
- Tiainen, M. ja Kärkkäinen, N., 2014. Hanke 2551005, Väli-raportti Etelä-Suomen malmipotentialin arviointihankkeen tutkimuksista 2013-2014.

- Tiainen, M., Viita, H., 1994. Determination of ore potential areas in the Häme belt, southwestern Finland, by integration of geological, geophysical and till geochemical data. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti – Report of Investigations 125. 45 s.
- Tiainen M., Kaunismäki J. ja Vuohelainen J., 2017a. Hämeen vyöhykkeen alueellisen ja kohteellisen moreeninäytteenoton iskuporanappien tutkimus. Raportti [60/2017](#).
- Tiainen, M., Kujala, S., Ahtola, T., Eilu, P., Grönholm, S., Hakala, O., Istolahti, P., Jumppanen, A., Kärkkäinen, N., Rasilainen, K., Törmä, H., 2017b. Kanta-Hämeen potentiaalisten kaivosten aluetaloudelliset vaikutukset. Summary: Regional economic impacts of potential mining in Kanta-Häme. Tutkimusraportti - Report of Investigation Volyyymi:229, 67 sivua, 37 kuvaa, 21 taulukkoa ja 6 liitettä
- Tiainen M., Kärkkäinen N., Ahtola T., Grönholm S., Heinonen S., Huhta P., Kojonen K., Laine E., Leväniemi H., Nironen M., Rasilainen K. ja Sipilä P., 2014. Etelä-Suomen tärkeimpien malmipotentialisten vyöhykkeiden 3D tutkimustarpeet. GTK, arkistoraportti 123/2014, 76 s.
- Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Jokinen, T., Lahtinen, E., Alanen, J., Karttunen, K., Karimerto, P., 2008. Jokioisten Kedonojankulman Au-Cu-esiintymän tutkimukset 2005-2008, moreenigeokemia ja malmimineralogia. GTK raportti [M19/2113/2008/9/84](#).
- Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Lohva, J., Sipilä, P. & Huhta, P. 2012. Discovery of the Kedonojankulma Cu-Au occurrence, hosted by a Svecofennian porphyritic granitoid in Southern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 73–90.
- Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Hatakka, T., Lohva, J., Huhta, P., Sipilä, P., 2013a. Exploration report for the Kedonojankulma Cu-Au occurrence (claims 8304/1, 8775/1, 9008/1 and claim application 9328/1) in Jokioinen, Southern Finland, 75 p. GTK Mineral deposit report 169/2013. (ei julkinen)
- Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Pakkanen, L. and Sipilä, P. 2011. Kedonojankulma, a recently discovered Palaeoproterozoic porphyry-type Cu-Au deposit in Southern Finland. In Barra, F., Reich, M., Campos, E. and Tornos, F. (eds) Let's Talk Ore Deposits. Proceedings of the Eleventh Biennial SGA Meeting, 26-29 September 2011, Antofagasta, Chile. Ediciones Universidad Catolica del Norte, Antofagasta, Chile, 303-395.
- Tiainen, M., Leväniemi, H. ja Markovaara-Koivisto, M., 2017c. Jokioisten Kuuman Zn-aiheen malmitutkimukset vuosina 2004-2016. Geologian tutkimuskeskus. raportti 70/2017.
- Tiainen, M., Leväniemi, H. ja Nyman, K., 2017d. Forssan Arolanmäen granitoidin malmitutkimukset vuosina 2004-2014. Raportti [59/2017](#).
- Tiainen, M., Molnar, F., Koistinen, E. 2013b. The Cu-Mo-Au mineralization of the Paleoproterozoic Kedonojankulma intrusion, Häme Belt, Southern Finland. 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden
- Tiainen, M., Molnar, F., Kärkkäinen, N., Koistinen, E., 2013a. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198, 2013c. Current Research: GTK Mineral Potential Workshop, Kuopio, May 2012, 179-184..
- Vaasjoki, M., 1994. Valijärven hapan vulkaniitti: minimi Hämeen liuskejaksos iäksi. Summary: Radiometric age of meta-andesite at Valijärvi, Häme schist zone, southern Finland. Geologi 46 (7), 91-81.
- Wiik, J. 2004. Beskrivning av en guldminalisering i Kultanummi, Halikko SV-Finland. Pro gradu-avhandling. Åbo Akademi 50 s.
- Wik, H., Isomaa, J., 2014. Paston kultatutkimukset Etelä-Pohjanmaalla vuosina 2008–2013. Geologian tutkimuskeskus, raportti [43/2014](#).
- Virkkunen, M., 1962. Geologian tutkimuslaitos, arkistoraportti [M 17/Tm, So-62/1/85](#).
- Voipio, T., 2008. Huittisten Palokallion petrografia, mineralogia ja geokemia. . Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto.
- Vuori, S., 1999. Hyvinkään emäksisen kerrosintruusion länsiosan rakenteesta ja geokemiasta. Pro gradu tutkielma. Helsingin yliopisto. 78 s.

- Vuori, S., Kärkkäinen, N., Huhta, P., Valjus, T., 2005. Ritakallio gold prospects, Huittinen, SW Finland. 53 s. GTK raportti [CM06/2112/2005/1/10](#).
- Väisänen, M., Mänttari, I., 2002. 1.90–1.88 Ga primitive arc, mature arc and back-arc basin in the Orijärvi area, SW Finland. Bull.Geol.Soc. Finland 74, 185–214.
- Väisänen, M., Mänttari, I., Hölttä, P., 2002. Svecofennian magmatic and metamorphic evolution in southwestern Finland as revealed by U–Pb zircon SIMS geochronology. Precambrian Res. 116, 111–127.
- Väisänen, M., Westerlund G., 2007. Palaeoproterozoic mafic and intermediate metavolcanic rocks in the Turku area, SW Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 79 (2), 127-141.

## 10 LIITTEET

### LIITE 1. AIKAANSAANNOKSET

Hankkeen 2551005 aikaansaannokset, sisältää hankkeen puitteissa valmistuneet raportit, esitelmät, julkaisut.

### RAPORTIT

Ahtola T. 2015. Karbonaattikiviselvitys. GTK:n sisäinen raportti.

Ahtola, T., Kuusela, J., 2015 Litiumtutkimukset Someron Luhtinmäellä vuonna 2012. Arkistoraportti. 103/2015.

Al-Ani, T. & Grönholm, S., 2011. Ore mineralogy of REE potential Kovala granite in Nummi - Pusula, Southern Finland. GTK. Arkistoraportti 49/2011.

Al-Ani, T., Ahtola, T., 2013 Mineralogical analysis of Heavy minerals from selected till samples of Häme Belt, southern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 167/2013.

Al-Ani, Thair, Grönholm Sari 2016. REE and phosphate minerals in volcanic rocks associated with Cu-Fe-sulphide mineralization in the Kotkajärvi-Kalvola, southern Finland. Arkistoraportti 59/2016. Geologian tutkimuskeskus. TMI, Espoo. 39 s.

Arkimaa, H., Kuosmanen, V., Tiainen, M. ja Bärs, R., 2016. Kedonojankulman Cu-Au esiintymän kairasydänten analysointi kuvantavalla hyperspektrimenetelmällä. Arkistoraportti 108/2015.

Grönholm S., Vuori S., Alanen J., ja Karttunen K. 2011. Tutkimustyöselostus malmitutkimuksista Huittisissa valtausalueilla Palokallio 1 (8524/1) ja Palokallio 2 (8524/2) vuosina 2006 – 2009. 15 s., 16 liitettä. Geologian tutkimuskeskus. Valtausraportti 43/2011

Hatakka, T. and Tiainen, M. 2011. Environmental statement of the Kedonojankulma claim area (8304/1) in Jokioinen, Southwestern Finland. Arkistoraportti 39/2011

Hatakka, T., Kuusela, J. 2011. Environmental statement of the Rapasaaret study area in Kaustinen – Kokkola, Western Finland. Archive report: 40/2011

Hatakka, T., Tiainen, M. 2012. Environmental statement of the Kedonojankulma, the Kedonojankulma 2, the Kedonojankulma 3 and the Kedonojankulma 4 claim areas in Jokioinen, Southwestern Finland, 22 p, GTK, report 100/2012.

Huhta, P., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., Herola, E., 2014. Moreenigeokemiallinen kartoitus Hämeen vyöhykkeellä v. 2011-2014. Geologian tutkimuskeskus, raportti 103. 63 s.

Huhta, P., Kärkkäinen, N.; Tiainen, M., 2015. Hämeen malmipotentiali: moreenigeokemia. Geologian tutkimuskeskus, raportti 89/2015. 34 s.

Huhta, P., Leväniemi, H., Grönholm, S., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., 2016. Patakankaan alueen kultapotentialin arviointi. Geologian tutkimuskeskus raportti 68/2016. 24 s.



- Hulkki, H., 2015. SOM-analyysi Hämeen vyöhykkeen moreeniaineistosta. GTK, arkistoraportti 111/2015.
- Huotari-Halkosaari, T., Nyman, K. & Valjus, T. 2016. Uunimäen kultakohteen geofysikaaliset tutkimukset Huittisissa. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti GTK 6/2016. 18 s.
- Isomaa, J., 2012. Ilmajoen Välikorven kultatutkimukset Etelä-Pohjanmaalla vuosina 2008 - 2009 ja 2011. Geologian tutkimuskeskus, raportti 97/2012.
- Koistinen, E., Seppänen, H., Kuusela, J., Ahtola, J. 2011. Mineral resource assessment and 3D modelling of the Rapasaaret lithium pegmatite deposit, Western Finland. 13p. Geological Survey of Finland. Archive report: 41/2011.
- Koistinen, E. and Tiainen M. 2011. A preliminary mineral resource assessment and 3D modelling of the Kedonojankulma Cu-Au deposit in Jokioinen, Southern Finland. Arkistoraportti 51/2011. (ei julkinen)
- Koistinen, E., Tiainen, M., 2012. Mineral resource assessment and 3D modelling of the Kedonojankulma Cu-Au deposit, Southern Finland, 165 p. Geologian tutkimuskeskus, Mineral deposit report 69/2012. (ei julkinen)
- Kuusela, J., Ahtola, J., 2013. Tutkimustyöselostus Urjalan Tourunkulman litium-tutkimuksista vuosina 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 146/2013.
- Kuusela, J., 2015 Suomen sinkkimalmien Indium, Gallium ja Seleenipitoisuudet sekä Indium viitteet Kaakkois – Suomen rapakivialueelta. GTK arkistoraportti 34 / 2015.
- Kärkkäinen, N., 2007. HANKE 2901003. Etelä- ja Länsi-Suomen kultavarojen kartoitus . Loppuraportti toiminnasta 2002-2007. 27 s. Geologian tutkimuskeskus, raportti M10.1/2007/10/71. 37 s.
- Kärkkäinen, N., 2012. Hanke 2551005, Väli­raportti Etelä-Suomen mineraalivarojen arviointihankkeen ja Hämeen malmipotentialin tutkimuksista 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus, raportti 105/2012. 34 s.
- Kärkkäinen, N., Pelkkala, M., 2013. Pirkkalan Erkkilän kultamineralisaatio. Geologian tutkimuskeskus, raportti 160/2013. 17 s.
- Kärkkäinen, K., 2014. . Geologian tutkimuskeskus, raportti GTK 95/2014. 30 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Tranberg, J., Karttunen, K., 2014. Lempäälän Sääksjärven ja Kaakkolammin sekä Tampereen Aitolahden kultatutkimukset v.2009-2011. Geologian tutkimuskeskus, raportti 45/2014.
- Kärkkäinen, N., 2015. Hämeen malmipotentiali: Malmiviitteet. Geologian tutkimuskeskus, raportti GTK 95/2015. 36 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Leväniemi, H., 2015. Tammelan Liesjärven Au-Cu tutkimukset vuosina 2014-2015. Geologian tutkimuskeskus, raportti 112/2015. 23 s.
- Kärkkäinen, N., 2015. Hämeen granitoidialueiden moreenigeokemia. Geologian tutkimuskeskus, raportti 45/2015. 23 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Käpyaho, A., 2015. Kokkojoen graniitin Au-Cu-W-tutkimukset Urjalassa v. 2006 – 2011. Geologian tutkimuskeskus, raportti 69/2015.
- Kärkkäinen, N., Valjus, T., 2016. Vähäjoen (Susimäen) ja Riutan (Köyliön) ilmeniitti-magnetiittiesiintymät Satakunnassa. Geologian tutkimuskeskus, raportti 27/2016. 18 s.

- Kärkkäinen, N., Virransalo, P., Lahti, S., 2016. Eräjärven gabron hiertovyöhykkeen kultamineralisaation kairaus v. 2008. Geologian tutkimuskeskus raportti 31/2016. 11 s.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Leväniemi, H., 2016 Kullaan vyöhykkeen malmipotentiali, Saarijärven ja Kultakallion Au-mineralisaatiot. Geologian tutkimuskeskus raportti 75/2016. 42 s.
- Kärkkäinen, Niilo; Leväniemi, Hanna; Kojonen, Kari; Huhta, Pekka; Tiainen, Markku, 2016. Lempään gabron nikkeliminalisaation tutkimus Forssassa vuosina 2013-2016. Geologian tutkimuskeskus raportti 63/2016.
- Kärkkäinen, Niilo; Tiainen, Markku, 2016. Hydroterminen muuttuminen Hämeen kallioperässä. Geologian tutkimuskeskus raportti 60/2016. 43 s.
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Huotari-Halkosaari, T., Kuusela, J., Sayab, M., Huhta, P., 2016. Uunimäki gold prospect, Huittinen, Southwestern Finland. Geologian tutkimuskeskus, raportti GTK/77. 32 s.
- Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Markovaara-Koivisto, M., Valjus, T., Kaunismäki, J., 2017. Velkuan kultaesiintymä Naantalissa. Geologian tutkimuskeskus, raportti 32/2017. 29 s.
- Kärkkäinen, N., Pakkanen, L., Hakala, P., Huhta, P., 2017. Kullan mineralogia ja kemiallinen koostumus Velkuan esiintymässä. GTK raportti 23/2017.
- Laxtröm, H., 2010. Kultatutkimukset Alajärven liruunjärvellä vuosina 2008-2010. M19/2331/2010/21.
- Lestinen, P., 2012. Soil geochemical studies I gold exploration at three targets in Haapaluoma, Seinäjoki. W-Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52. p.149-176.
- Leväniemi, H., 2013. Lithium Pegmatite Prospectivity Modelling in Somero-Tammela Area, Southern Finland. GTK Report 151/2013.
- Leväniemi, H., 2016. Särkisuon gabron geofysikaaliset tutkimukset 2014-2015. Raportti 136/2015. 14 s. + 26 liitettä.
- Leväniemi, H. 2016. Lempään gabron geofysikaaliset tutkimukset 2013-2015. Geologian tutkimuskeskus, raportti 137/2015..
- Leväniemi, H. 2016. Lempään gabron geofysikaaliset tutkimukset ja tulkinat 2016. Geologian tutkimuskeskus, raportti 62/2016. 16 s.
- Leväniemi, H., Grönholm, S. 2016. Hämeenlinnan Pirttikosken Cu-kohteen geofysikaaliset tutkimukset 2014–2016. Arkistoraportti 97/2016. Geologian tutkimuskeskus GSO/MIV.
- Leväniemi, H., Grönholm, S., 2016. Hämeenlinnan Kotkan Cu-REE-kohteen geofysikaaliset tutkimukset 2014–2016. Arkistoraportti 96/2016. Geologian tutkimuskeskus. GSO/MIV, Espoo. 14 s. + 2 liitettä.
- Leväniemi, H. 2015. Alueellisen painovoimamittauksen 3D-inversio Hämeen vulkaniittivyöhykkeellä. Raportti 80/2015.
- Leväniemi, H., Heinonen, S., Niskanen, M. ja Tiainen, M., 2015. Heijastusluotaus-, painovoima- ja geologisen aineiston 2D/3D-yhteistulkinta Hämeen vyöhykkeen poikki. Raportti 44/2015.
- Leväniemi, H. & Karell, F., 2013. Geophysical Indications of VMS Deposits in the Häme Volcanic Belt, Southern Finland. Geological Survey of Finland, report 152/2013. 64 p.

- Leväniemi, H. ja Kärkkäinen, N., 2016. Tammelan Liesjärven Au-Cu -kohteen geofysikaaliset tutkimukset 2016, raportti 93/2016.
- Leväniemi, H., Kärkkäinen, N., Grönholm, S. ja Huhta, P., 2016. Hämeen vulkaniittijakson VMS-kartoituksen kohdetarkistukset, raportti 17/2016.
- Leväniemi, H. & Kuusela, J. 2014. Rapakivi structures revealed: reprocessing the Wiborg rapakivi batholith airborne datasets. Geological Survey of Finland, report 116/2014. 14 p. + 6 appendices.
- Leväniemi, H. ja Niemi, S., 2014. EM-mallinnustyökalut johtavuusrakenteiden paikantamiseen malmipotentialihankkeissa: tilanne GTK:ssa 2014. raportti 76/2014. 22 s. (ei-julkinen)
- Lohva, J. 2011. Geophysical measurements in Kedonojankulma, Forssa. Geological Survey of Finland, report 54/2011. 56 p.
- Lohva, J., 2012. Geophysical measurements in Välikorpi area, Ilmajoki. Arkistoraportti, GTK 86/2012.
- Markovaara-Koivisto, M., 2016. Hämeen alueen kallioperän topografiamalli, raportti 98/2016.
- Mäkitie, H., Kärkkäinen, N., Sipilä, P., Tiainen, M., Kujala, H. ja Klami, J., 2016. Hämeen vyöhykkeen granitoidien luokittelu. Geologian tutkimuskeskus raportti 33/2016.
- Mäkitie, H., Sipilä, M., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., 2016. Hämeen malmipotentiali: kallioperäkartan päivitys. Geologian tutkimuskeskus, raportti 76/2016, 31 s.
- Rasilainen, K. ja Eilu, P., 2016. Assessment of undiscovered mineral resources of copper, zinc, nickel and gold for the Häme Belt. GTK raportti 94/2015.
- Seppänen, H., Ahtola, T., Alanen, J., Karimerto, P. Kaunismäki, J. 2012. Karbonaattikivitutkimuksia Sauvossa vuosina 1995 – 2001, 8 s + 15 liitettä Geologian tutkimuskeskus raportti 78/2012
- Seppänen, H., Karimerto, P, Kaunismäki, J., 2012. Karbonaattikivitutkimuksia Siuntion Vejansissa vuonna 2001. Geologian tutkimuskeskus, raportti 81/2012. 4 s.
- Sipilä, P., Mattila J. ja Tiainen M. Pirkanmaan migmatiittivyöhykkeen ja Hämeen vulkaniittivyöhykkeen välinen terraanirajatulkinta. Geologian tutkimuskeskus, Espoon yksikkö. Raportti 2/2011. 28s
- Sipilä, P. & Kujala, H., 2014. Hämeen vyöhykkeen vulkaniittien geokemia. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 119/2014. 109 s.
- Sipilä, Pekka; Huhta, Pekka; Kärkkäinen, Niilo; Lohva, Jaana, 2014. Geokemian Au anomalian tutkimus Tammelan Susikkaassa 2011-2012. Geologian tutkimuskeskus, Raportti 122/2014. 28s
- Tiainen, M., Huhta, P., Kärkkäinen, N., Koistinen, E. Lohva, J., Sipilä, P. Exploration report of the Kedonojankulma Cu-Au deposit (claim 8304/1) in Jokioinen, Southern Finland. Arkistoraportti 57/2011 (ei julkinen)

- Tiainen, M. and Kärkkäinen, N., 2011. Till geochemical exploration of the Kedonojankulma Cu-Au deposit in Jokioinen Southern Finland. GTK, exploration report 56/2011.
- Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Hatakka, T., Lohva, J., Huhta, P., Sipilä, P., 2013. Exploration report for the Kedonojankulma Cu-Au occurrence (claims 8304/1, 8775/1, 9008/1 and claim application 9328/1) in Jokioinen, Southern Finland, 75 p. GTK Mineral deposit report 169/2013. (ei julkinen)
- Tiainen, M., Leväniemi, H., ja Nyman, K., 2016. Forssan Arolanmäen granitoidin malmitutkimukset vuosina 2004-2014. Raportti 59/2017.
- Tiainen Markku, Kaunismäki Jukka ja Vuohelainen Juha, 2016. Hämeen vyöhykkeen alueellisen ja kohteellisen moreeninäytteenoton iskuporanappien tutkimus. Raportti 60/2017.
- Tiainen, M., Leväniemi, H. ja Markovaara-Koivisto, M., 2016. Jokioisten Kuuman Zn-aiheen malmitutkimukset vuosina 2004-2016. Geologian tutkimuskeskus. raportti 70/2017.
- Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Huhta, P., Leväniemi, H., Sipilä, P., Mäkitie, H., Rasilainen, K., Ahtola, T., Kuusela, J., Grönholm, S., 2017. Etelä-Suomen malmipotentialihankkeen 2551005 loppuraportti, 2011-2015. Raportti 71/2017

## ESITELMÄT

- Arkimaa, H. 2013. Kedonojankulman Cu-Au esiintymän kairasydänten analysointi kuvantavalla heijastusspektrimenetelmällä. Sovelletun geofysiikan neuvottelupäivät 24.–25.9.2013, Eurajoki
- Ahtola, T., Kuusela, J., Al-Ani, T., 2012. Geologian tutkimuskeskuksen litiumpegmatiittitutkimuksista Kaustisilla. In: Suomen Mineraloginen Seura r.y., 55-vuotisjuhlaseminaari 19.10.2012, Helsinki. Suomen Mineraloginen Seura, Abstrakti, s. 14.
- Grönholm, S., Kärkkäinen, N., 2012. Gold in Huittinen, Southwest Finland. Mineraalipotentiali-tutkimusohjelman tutkijapäivät 8.-10.5.2012, Kuopio.
- Käpyaho, A., Kärkkäinen, N., Sipilä, P., 2012. Geochemical characterisation of a Kokkojoki Au-Cu-W prospect, Urjala, SW Finland. Mineraalipotentiali-tutkimusohjelman tutkijapäivät 8.-10.5.2012, Kuopio.
- Kärkkäinen, N., 2012. Etelä-Suomen kultamalmien ja -aiheiden mineralogaa. Suomen Mineraloginen Seura r.y., 55-vuotisjuhlaseminaari 19.10.2012, Helsinki. Suomen Mineraloginen Seura, Abstrakti, s. 10.
- Kärkkäinen, N., Käpyaho, A., Lahtinen, R., Törmänen, T., 2013. The Velkua gold prospect in the high metamorphic grade area of South-Western Finland. 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden
- Leväniemi, H., Li-pegmatiittien prospektiivisuusmallinnuksesta. Sovelletun geofysiikan neuvottelupäivät 24.–25.9.2013, Eurajoki
- Leväniemi, H. 2015. Forssan seudun gabrojen geofysiikasta. Sovelletun geofysiikan XX neuvottelupäivät, 24.11.2015, Oulu.

Sipilä, P., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., Huhta, P., Ahtola, T., Kuusela, J., 2012. Assessment of the mineral potential of the Svecofennian Häme Belts, southern Finland. *Mineraalipotentialitutkimusohjelman tutkijapäivät 8.-10.5.2012*, Kuopio.

Tiainen M., Molnar, F., Kärkkäinen, N., Koistinen, E. 2012. The Forssa-Jokioinen Cu-Au-Zn province with special emphasis on the Kedonojankulma Cu deposit. *Mineraalipotentialitutkimusohjelman tutkijapäivät 8.-10.5.2012*, Kuopio.

Tiainen, M., Molnar, F., Koistinen, E. (2013): The Cu-Mo-Au mineralization of the Paleoproterozoic Kedonojankulma intrusion, Häme Belt, Southern Finland. 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden,

## JULKAISUT

Al-Ani, T. & Kärkkäinen, N. 2012. Distribution of Gold in Till at the Kalliojärvi Gold Occurrence in the Pirkanmaa Migmatite Belt. *Geological Survey of Finland, Special Paper 52*, 177–194,

Ahtola, T., Kuusela, J., 2013. The Leviäakangas, Syväjärvi and Rapasaaret lithium pegmatite deposits in the Kaustinen and Kokkola districts, western Finland. *Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 198 – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198*, p. 14-16.

Ahtola, T. and Leväniemi, H., 2014. Prospectivity modelling of the lithium pegmatite in the Somero-Tammela RE pegmatite region. *Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207*, 12-14.

Ahtola, T. & Leväniemi, H. 2014. Prospectivity modelling of the lithium pegmatite in the Somero-Tammela RE pegmatite region. In: Lauri, L. S., Heilimo, E., Leväniemi, H., Tuusjärvi, M., Lahtinen, R. & Hölttä, P. (eds.) *Current Research: 2nd GTK Mineral Potential Workshop*, Kuopio, Finland, May 2014. *Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207*, 12-14.

Arkimaa, H., Kuosmanen V., Tiainen, M. and Bärs, R., 2014. Hyperspectral analysis of drill cores from the Kedonojankulma Cu-Au deposit. In: Lauri, L. S., Heilimo, E., Leväniemi, H., Tuusjärvi, M., Lahtinen, R. & Hölttä, P. (eds.) *Current Research: 2nd GTK Mineral Potential Workshop*, Kuopio, Finland, May 2014. *Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207*, 26-27.

Eerola, T., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., 2014. Stakeholders engagement practiced by the geological Survey of Finland in mineral potential mapping on southern Finland. *Geological Survey of Finland, Report of investigations 207*, 28-29.

Eilu, P. 2012. Gold mineralisation in southwestern Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper 52*, 11–22.

Eilu, P. 2012. The Haveri copper-gold deposit: genetic considerations. *Geological Survey of Finland, Special Paper 52*, 255–266.

Grönholm, S., Kärkkäinen N. (eds.) 2012. Gold potential of southern Finland: Results of reconnaissance studies of the Geological Survey of Finland during 1998–2007. *Geological Survey of Finland, Special Paper 52*. 276 p.

Grönholm, S., Voipio, T., 2012. The Palokallio gold occurrence at Huittinen, southern Finland. *Geological Survey of Finland, Special Paper 52*, 91–100.

- Grönholm, S., Kärkkäinen, N., Rosenberg, P., Airo, M.-L. 2012. Gold at Korvenala, Paimio and Kultanutummi, Halikko (Salo), in the high-grade metamorphic terrain of SW-Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 101–114.
- Grönholm, S., Kärkkäinen, N., 2013. Gold in Huittinen. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 198 – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198, p. 26-28.
- Huhta, P., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., Herola, E., 2014. Geochemical anomalies reflecting ore-forming processes in the Svecofennian Häme Belt, southern Finland. Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207, 45-47.
- Huhta, P., Kärkkäinen, N., Hakala, P., Karttunen, K., Nyholm, T., Pelkkala, P., Tranberg, J., Räsänen, R. 2012. New data for exploration in southern Finland – heavy mineral studies and ore showings. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 47–54.
- Huhta, P., 2013. Till geochemical and heavy mineral studies in Häme Belt, southern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 198 – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198, p. 52-55.
- Huotari-Halkosaari, T. & Lohva, J. 2013. 3D-modelling of 2D IP measurements – Examples from gold prospects. In: Hölttä, P. (ed.): Current Research: GTK Mineral Potential Workshop, Kuopio, May 2012. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198, 56-58.
- Karell, F., Leväniemi, H., 2014. VMS deposits in the Häme Belt: petrophysical data to supplement geophysical modelling. In: Lauri, L. S., Heilimo, E., Leväniemi, H., Tuusjärvi, M., Lahtinen, R. & Hölttä, P. (eds.) Current Research: 2nd GTK Mineral Potential Workshop, Kuopio, Finland, May 2014. Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207, 55.
- Kuikka, A., 2014. Pirkkalan alueen kultaesiintymien malmimineralogia. Summary: Ore mineralogy of the gold deposits in the Pirkkala area. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti - Report of Investigations 212. 95 s, 12 liitettä.
- Kuosmanen, V., Arkimaa, H., Tiainen, M., and Bärs R., 2015. Hyperspectral close-range LWIR Imaging spectrometry – 3 case studies. In: Airo, M.-L. (ed.): Geophysical signatures of mineral deposit types in Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 58, 117-144.
- Kuusela, J., Ahtola, T., Koistinen, E., Seppänen, H., Hatakka, T., Lohva, J. 2011. Report of investigations on the Rapasaaret lithium pegmatite deposit in Kaustinen-Kokkola, Western Finland. Geological Survey of Finland. Report: 42/2011.
- Kärkkäinen, N., Huhta, P., Lehto, T., Tiainen, M., Vuori, S., Pelkkala, M. 2012. New geochemical data for gold exploration in southern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 23–46.
- Kärkkäinen, N., Lahtinen, R., Pakkanen, L. 2012. Discovery and mineralogy of gold occurrence at Velkua, Southwestern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 115–130.
- Kärkkäinen, N., Lehto, T., Pakkanen, L., Rosenberg, P. 2012. Exploration and the mineralogy of gold in the Kullaa area, southwestern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 131–148.

Kärkkäinen, N., Käpyaho, A., Lahtinen, R., Törmänen, T. (2013) The Velkua gold prospect in the high metamorphic grade area of south-western Finland. Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden, ISBN 978-91-7403-207-9, vol. 3, P. 1128-1131.

Lehtinen, M., Nurmi, P.A. & Rämö O.T., 2005. Precambrian Geology of Finland. Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Developments in Precambrian Geology 14. Amsterdam. Elsevier. 736 p.

Leväniemi, H. & Karell, F., 2013. Geophysical Indications of VMS Deposits in the Häme Volcanic belt. Geological Survey of Finland, Report of Investigations 207, 97-99.

Leväniemi, H. & Karell, F., 2013. Geophysical Indications of VMS Deposits in the Häme Volcanic Belt, Southern Finland. GTK Report 152/2013.

Leväniemi, H., Hulkki, H., & Tiainen, M (2016). SOM guided fuzzy logic prospectivity model for gold in the Häme Belt, southwestern Finland. Journal of African Earth Sciences, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.10.010>

Lohva, J. & Jokinen, T. 2012. New data for gold exploration in southern Finland – detailed airborne geophysical measurements. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 55–72.

Mertanen, S., Karell, F. 2012. Palaeomagnetic and AMS studies on Satulinmäki and Kojjärvi fault and shear zones. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 195–226.

Ruotoistenmäki, T. 2012. Local- and regional-scale geophysical characteristics of the Haveri mine. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 245–254.

Sipilä, P., Kärkkäinen, N., Tiainen, M., Huhta, P., Ahtola, T. and Kuusela, J., 2013. Mineral potential of the Svecofennian Häme Belt, southern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 198 – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198, 163-166.

Sipilä, P., 2014. Modernised bedrock map of the Häme Belt. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 207, 143-144. (Electronic publication).

Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Koistinen, E., Pakkanen, L. and Sipilä, P. 2011. Kedonojankulma, a recently discovered Palaeoproterozoic porphyry-type Cu-Au deposit in Southern Finland. In Barra, F., Reich, M., Campos, E. and Tornos, F. (eds) Let's Talk Ore Deposits. Proceedings of the Eleventh Biennial SGA Meeting, 26-29 September 2011, Antofagasta, Chile. Ediciones Universidad Catolica del Norte, Antofagasta, Chile, 303-395.

Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Lohva, J. Sipilä, P. & Huhta, P. 2012. Discovery of the Kedonojankulma Cu-Au occurrence, hosted by a Svecofennian porphyritic granitoid in Southern Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 52, 73–90.

Tiainen, M., Molnar, F., Koistinen, E. 2013. The Cu-Mo-Au mineralization of the Paleoproterozoic Kedonojankulma intrusion, Häme Belt, Southern Finland. Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting, 12–15 August 2013, Uppsala, Sweden, ISBN 978-91-7403-207-9, vol. 2., 892-895.

Tiainen, M., Molnár, F., Kärkkäinen, N., Koistinen, E., 2013. The Forssa-Jokoinen Cu-Au-Zn province, with special emphasis on the Kedonojankulma Cu deposit. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 198 – Geological Survey of Finland, Report of Investigation 198, 173-178.

Tiainen, M., Kärkkäinen, N., Ahtola, T., Grönholm, S., Huhta, P., Leväniemi, H., Sipilä, P., Koistinen, E., 2014. Mineral potential mapping in southern Finland. Geological Survey of Finland Report of Investigations 207, 147-149.

Tiainen, M., Kujala S., Ahtola T., Eilu P., Grönholm S., Hakala O., Istolahti P., Jumppanen A., Kärkkäinen N., Rasilainen K., Törmä H., 2017. Kanta-Hämeen potentiaalisten kaivosten aluetaloudelliset vaikutukset. Summary: Regional economic impacts of potential mining in Kanta-Häme. Tutkimusraportti - Report of Investigation Vol. 229, 67 sivua, 6 liitettä.

Wik, H., Ahtola T., Kuusela J., Laxström H., 2013. Emerging Li-potential areas in Kaustinen. Extended Abstract, SGA Biennial Meeting 2013, Uppsala.



## LIITE 2. KAIRAUKSET HÄMEEN VYÖHYKKEELLÄ 2004-2016

Kairaukset Hämeen vyöhykkeellä 2004-2015, sisältää  
tämän hankkeen kairaukset vuosina 2011-2016

Kohde	vuosi	Reikä_No	East	North	Z	Pituus	Suunta	Kaade	Maata	Geolog
Uunimäki	2004	M211105R301	274000,4	6771094,2	83,4	98,70	183	45,0	1,20	TPA
Uunimäki	2004	M211105R302	273993,4	6771044,8	78,3	96,20	183	45,0	5,90	TPA
Uunimäki	2004	M211105R303	273988,3	6770985,2	75,7	134,70	183	45,0	6,90	TPA
Uunimäki	2004	M211105R304	274241,5	6771117,2	87,0	98,20	183	45,0	1,60	TPA
Uunimäki	2004	M211105R305	274228,5	6771173,9	89,6	90,00	183	45,0	1,30	TPA
Uunimäki	2004	M211105R306	274236,7	6771057,9	84,5	100,60	183	45,0	3,10	TPA
Uunimäki	2009	M211109R314	273763,5	6771748,4	94,4	92,60	278	45,0	1,30	TPV
Uunimäki	2009	M211109R315	273635,9	6771748,1	93,8	81,50	63	45,0	1,80	TPV
Uunimäki	2009	M211109R316	273799,7	6771738,1	89,2	83,20	283	45,0	1,80	TPV
Uunimäki	2011	M3332011R1	273760,8	6771763,1	94,0	124,80	225	46,1	2,9	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R2	273773,4	6771744,2	92,8	59,90	288	60,9	1,3	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R3	273744,9	6771756,2	94,2	78,90	288	46,9	1,5	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R4	273781,0	6771785,3	90,1	62,40	225	47,0	4,0	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R5	273735,2	6771827,7	93,7	80,90	225	46,1	1,0	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R6	273709,1	6771799,6	96,1	55,70	225	47,3	0,9	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R7	273718,3	6771882,4	93,6	80,00	225	47,5	1,9	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R8	273779,9	6771701,4	91,4	80,90	225	46,6	2,0	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R9	273706,4	6771863,8	94,7	125,90	225	46,1	1,5	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R10	273739,8	6771742,7	95,6	83,90	225	47,9	1,0	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R11	273756,8	6771683,2	95,0	80,00	225	47,1	2,2	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R12	273790,2	6771657,8	92,9	80,80	225	48,8	1,5	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R13	273870,7	6771460,1	91,1	82,80	225	48,3	16,0	NKK
Uunimäki	2011	M3332011R14	274244,3	6771186,3	92,3	111,30	225	47,4	3,0	NKK
Uunimäki	2013	M3332012R20	273800,6	6771723,5	89,5	100,00	225	46,4	3,9	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R21	273782,0	6771750,3	90,9	115,80	225	46,1	1,5	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R22	273856,3	6771775,8	87,6	155,10	225	46,2	1,9	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R23	273831,3	6771663,9	91,0	91,40	225	46,1	4,5	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R24	273874,9	6771705,7	87,0	104,90	225	46,4	4,3	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R25	273803,6	6771896,7	90,5	144,30	225	47,2	2,3	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R26	273802,7	6771813,9	88,8	77,90	225	45,3	2,0	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R27	273851,6	6771858,1	87,9	113,40	225	47,2	2,3	JNK
Uunimäki	2013	M3332012R28	273743,0	6771917,7	91,7	80,90	225	47,2	1,5	JNK
Uunimäki	2013	M3332013R45	273677,2	6771936,9	94,2	98,20	225	46,9	0,3	JNK
Uunimäki	2013	M3332013R46	273644,2	6771908,3	95,0	80,00	225	45,9	1,8	JNK
Uunimäki	2013	M3332013R47	273676,0	6771833,7	93,9	119,90	225	46,4	2,1	JNK
Uunimäki	2013	M3332013R48	273623,2	6771882,1	94,7	100,50	225	46,8	1,7	JNK
Uunimäki	2014	M3332013R40	273782,5	6771876,3	89,6	83,50	225	46,6	2,1	NKK

Uunimäki	2014	M3332013R41	273758,7	6771852,9	91,2	128,20	225	45,2	2,3	NKK
Uunimäki	2014	M3332013R42	273817,0	6771693,2	90,4	80,50	225	44,1	1,7	NKK
Uunimäki	2014	M3332013R43	274182,4	6771360,5	96,4	110,50	225	46,0	1,9	NKK
Uunimäki	2014	M3332013R44	274224,7	6771415,0	92,2	110,90	225	45,5	1,8	NKK
Uunimäki	2014	M3332013R49	273780,4	6771828,1	89,7	89,50	225	45,4	0,9	NKK
Kuuma	2005	M211305R316	311937,7	6756261,1	112,6	98,00	153	45,0	8,0	MET
Kuuma	2005	M211305R317	311961,2	6756206,8	118,4	99,00	153	45,0	4,6	MET
Kuuma	2005	M211305R318	311980,1	6756168,1	118,5	129,00	153	45,0	3,1	MET
Kuuma	2005	M211305R319	312001,5	6756122,3	116,0	101,40	153	45,0	6,5	MET
Kuuma	2005	M5221132005R320	312256,1	6756173,6	113,9	99,10	153	45,0	3,0	MET
Kuuma	2006	M211307R333	312406,0	6756145,3	118,1	77,02	333	45,0	0,4	MET
Kuuma	2006	M211307R334	312383,7	6756190,3	116,9	82,70	336	45,0	0,8	MET
Kuuma	2006	M211307R335	312361,0	6756235,6	114,2	103,47	336	45,0	5,4	MET
Kuuma	2006	M211307R336	312441,5	6756321,1	119,5	75,55	323	45,0	2,5	MET
Kuuma	2012	L4222012R1	312012,7	6756100,3	112,1	121,30	153	46,0	19,00	MET
Kuuma	2012	L4222012R2	312033,6	6756045,7	111,0	101,20	153	47,2	15,30	MET
Kuuma	2012	L4222012R3	312053,3	6756004,4	111,3	38,70	153	45,0	7,00	MET
Kuuma	2012	L4222012R4	312039,2	6755984,4	111,7	96,10	153	46,6	7,20	MET
Kuuma	2012	L4222012R5	312338,4	6756281,5	112,7	185,20	333	46,3	11,00	MET
Kuuma	2012	L4222012R6	312265,6	6756377,6	111,3	191,90	333	47,3	27,00	MET
Kuuma	2012	L4222012R7	312042,1	6756583,2	111,5	92,90	325	47,3	10,00	MET
Kuuma	2012	L4222012R8	312112,4	6756362,3	113,2	155,50	153	47,7	6,80	MET
Kuuma	2012	L4222012R9	312130,4	6756322,9	113,1	173,90	153	47,7	8,90	MET
Kuuma	2012	L4222012R10	312614,2	6757055,2	110,0	107,90	313	48,1	36,00	MET
Kuuma	2012	L4222012R11	312489,3	6756630,3	111,5	176,90	315	47,0	6,30	MET
Kuuma	2014	L4222012R12	311950,1	6756233,9	114,2	323,50	130	59,5	5,90	MET
Kuuma	2014	L4222012R13	311939,2	6756262,7	111,8	87,00	323	47,9	10,50	MET
Kuuma	2014	L4222012R14	311852,1	6756058,3	110,5	176,90	153	44,9	11,80	MET
Kuuma	2014	L4222012R15	311859,4	6756043,5	110,4	50,90	333	44,8	10,00	MET
Kuuma	2014	L4222014R40	311850,2	6756041,1	110,5	26,40	347	45,0	9,20	MET
Arolanmäki	2005	M211305R321	316153,4	6756944,9		80,20	360	45,0	11,00	MET
Arolanmäki	2005	M211305R322	316153,4	6756944,9		50,80	180	45,0	8,00	MET
Arolanmäki	2005	M211305R323	316157,8	6756991,7	112,9	104,40	360	45,0	9,80	MET
Arolanmäki	2005	M211305R324	316166,5	6757056,2	112,4	136,00	360	45,0	6,00	MET
Arolanmäki	2007	M211307R337	315708,5	6757123,5	109,9	74,90	160	45,0	5,8	MET
Arolanmäki	2007	M211307R338	315735,9	6757080,4	110,0	64,53	150	45,0	6,4	MET
Arolanmäki	2007	M211307R339	315733,7	6757077,0	110,1	38,25	240	45,0	7,5	MET
Arolanmäki	2007	M211307R340	315712,1	6757064,8	110,7	77,88	240	45,0	7,6	MET
Arolanmäki	2007	M211307R341	315556,3	6757235,3	109,6	135,58	360	45,0	6,9	MET
Arolanmäki	2007	M211307R342	315556,2	6757233,8	109,9	81,25	360	60,0	5,3	MET
Arolanmäki	2010	21132012R397	315154,2	6756868,3	110,4	105,00	315	45,0	8,00	MET
Arolanmäki	2010	21132012R398	315102,5	6756913,5	110,2	59,00	315	45,0	5,10	MET

Kedonojankulma	2005	M211306R325	311687,9	6758781,4	109,1	43,00	180	46,2	1,5	MET
Kedonojankulma	2005	M211306R326	311690,2	6758814,0	107,7	10,70	180	60,0	7,8	MET
Kedonojankulma	2005	M211306R327	311686,0	6758756,0	108,2	57,30	360	45,0	7,9	MET
Kedonojankulma	2005	M211306R328	312686,0	6758058,9	116,3	43,90	325	45,0	5,0	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R343	311673,6	6758782,9	108,4	70,95	360	45,0	12,1	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R344	311721,0	6758752,5	108,5	100,05	360	45,0	10,3	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R345	311622,0	6758761,3	107,6	100,30	360	45,0	16,2	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R346	311671,1	6758757,0	108,1	70,90	360	45,0	8,3	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R347	311626,5	6758805,5	107,4	55,50	360	45,0	24,8	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R348	311675,6	6758806,2	108,0	87,00	360	45,0	17,3	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R349	311719,2	6758702,7	108,0	70,00	360	45,0	13,9	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R350	311691,0	6758813,4	107,8	89,70	180	45,0	13,2	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R351	311771,0	6758742,6	108,5	54,00	180	45,0	2,6	MET
Kedonojankulma	2007	M211307R352	311769,0	6758718,0	108,4	40,75	180	45,0	12,7	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R353	312006,6	6758558,6	108,7	99,70	300	45,0	8,80	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R354	311867,5	6758441,3	108,6	150,70	300	45,0	10,50	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R355	311783,1	6758495,3	108,3	150,80	300	45,0	13,60	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R356	311951,8	6758594,0	108,8	201,80	300	45,0	9,20	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R357	311841,3	6758661,5	108,5	168,70	300	45,0	12,00	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R358	311684,9	6758731,5	108,1	108,10	360	45,0	15,50	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R359	311596,4	6758751,0	107,6	138,20	360	45,0	16,00	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R360	311590,6	6758725,9	107,8	69,50	360	45,0	10,50	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R361	311594,2	6758700,9	107,8	48,70	360	45,0	10,90	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R362	311648,0	6758747,4	107,7	123,30	360	45,0	17,80	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R363	311598,4	6758789,0	107,4	99,70	360	45,0	13,90	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R364	311609,7	6758463,5	108,4	84,50	120	45,0	3,60	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R365	311541,5	6758507,3	108,2	69,20	120	45,0	8,50	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R366	311576,0	6758484,9	108,3	70,40	120	45,0	2,00	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R367	311710,8	6758558,6	108,2	123,60	120	45,0	8,90	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R368	311565,9	6758728,3	107,8	84,30	360	45,0	6,50	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R369	311659,1	6758843,7	107,3	98,40	180	45,0	19,30	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R370	311695,6	6758871,7	107,2	99,60	180	45,0	20,30	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R371	311661,1	6758868,3	107,4	67,40	180	45,0	23,30	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R372	311659,8	6758856,4	107,4	68,10	360	35,0	34,10	MET
Kedonojankulma	2009	M211309R373	311725,4	6758818,4	107,8	90,60	360	45,0	13,90	MET
Kedonojankulma	2010	M211310R374	311663,4	6758707,9	108,0	133,80	360	45,0	15,30	MET
Kedonojankulma	2010	M211310R375	311625,5	6758713,9	108,0	170,70	360	45,0	16,00	MET
Kedonojankulma	2010	M211310R376	311593,6	6758690,4	107,7	170,30	360	48,4	13,50	MET
Kedonojankulma	2010	M211310R377	311578,4	6758666,6	107,6	118,30	360	45,0	13,00	MET
Kedonojankulma	2010	M211310R378	311567,6	6758762,4	107,8	53,80	360	45,0	20,50	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R379	312567,3	6758193,7	119,2	101,90	360	60,0	7,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R380	312603,0	6758151,4	119,0	50,40	360	45,0	5,50	MET

Kedonojankulma	2010	M5221132010R381	312666,3	6758074,4	116,8	61,50	150	45,0	7,50	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R382	312403,0	6758242,8	124,3	69,00	328	45,0	11,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R383	312365,0	6758199,5	120,0	72,90	300	45,0	7,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R384	312299,6	6758277,2	122,8	98,90	300	45,0	16,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R385	312220,8	6758256,7	119,4	86,70	300	45,0	4,80	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R386	312251,8	6758303,1	112,4	70,00	300	45,0	10,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R387	312182,9	6758220,2	118,9	112,50	300	45,0	2,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R388	312199,9	6758208,2	117,2	70,90	300	45,0	3,00	MET
Kedonojankulma	2010	M5221132010R389	312225,4	6758160,7	114,3	68,20	300	45,0	9,00	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R390	310812,3	6757601,7	113,9	92,80	135	46,1	6,30	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R391	310815,2	6757595,1	113,8	96,80	315	46,6	6,80	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R392	310858,6	6757503,3	113,1	86,50	220	46,3	6,50	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R393	310851,1	6757495,6	112,9	86,00	40	47,0	7,70	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R394	311105,8	6757765,8	112,1	98,00	315	46,0	10,80	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R395	311101,4	6757833,0	113,1	101,70	340	46,4	4,90	MET
Kedonojankulma	2010	21132012R396	311068,8	6757779,8	112,1	58,50	315	48,0	4,00	MET
Kokkojoki	2011	M4112012R1	313381,8	6768688,0	130,2	70,90	150	48,6	3,00	NKK
Kokkojoki	2011	M4112012R2	313357,0	6768652,9	121,6	74,80	150	47,7	5,80	NKK
Kokkojoki	2011	M4112012R3	313269,3	6768662,7	115,6	80,80	130	47,9	5,00	NKK
Kokkojoki	2011	M4112012R4	313267,4	6768664,8	116,1	107,90	210	48,2	7,00	NKK
Susikas	2012	L4222012R16	328448,4	6754705,8	119,0	80,90	30	49,0	9,80	PJS
Susikas	2012	L4222012R17	328415,8	6754645,3	120,2	80,90	30	50,0	8,50	PJS
Susikas	2012	L4222012R18	328305,1	6754445,8	118,0	74,70	30	45,0	8,00	PJS
Susikas	2012	L4222012R19	328302,1	6754440,2	118,3	83,90	210	45,0	11,30	PJS
Susikas	2012	L4222012R20	328219,2	6754303,7	121,9	83,90	30	49,3	4,50	PJS
Susikas	2012	L4222012R21	328000,9	6754988,5	121,9	116,90	45	50,4	7,00	PJS
Susikas	2012	L4222012R22	327905,8	6755039,5	121,1	89,90	45	49,6	5,30	PJS
Susikas	2012	L4222012R23	327326,6	6755848,3	132,0	83,80	60	48,0	9,50	PJS
Susikas	2012	L4222012R24	327408,5	6755875,3	134,0	91,20	60	49,2	13,00	PJS
Susikas	2012	L4222012R25	330563,7	6754037,9	128,0	80,90	45	48,5	27,00	PJS
Susikas	2012	L4222012R26	330776,9	6753910,0	127,7	74,00	225	48,4	26,00	PJS
Susikas	2012	L4222012R27	327426,9	6755884,8	132,7	80,75	240	47,8	13,00	PJS
Tourunkulma	2012	M3332012R15	304885,5	6769707,9	117,4	99,00	45	48,0	2,90	JNK
Tourunkulma	2012	M3332012R16	304785,8	6769829,5	117,6	104,50	45	48,7	5,80	JNK
Tourunkulma	2012	M3332012R17	304836,8	6769855,1	116,9	100,00	45	48,0	3,90	JNK
Tourunkulma	2012	M3332012R18	302819,1	6771826,3	120,3	115,80	360	48,3	18,30	JNK
Tourunkulma	2012	M3332012R19	302789,5	6771784,2	120,2	85,50	360	47,9	1,90	JNK
Luhtinmäki	2012	L4212012R1	311183,2	6729817,6	123,7	74,70	30	62,8	1,00	TPA
Luhtinmäki	2012	L4212012R2	311166,4	6729786,8	125,4	98,90	30	45,8	0,80	TPA
Luhtinmäki	2012	L4212012R3	311064,7	6729958,7	121,8	71,90	60	46,5	0,80	TPA
Luhtinmäki	2012	L4212012R4	311037,0	6729945,9	122,1	59,90	60	46,3	0,80	TPA
Luhtinmäki	2012	L4212012R5	311030,4	6730002,8	126,1	53,90	60	45,9	10,70	TPA

Luhtinmäki	2012	L4212012R6	310964,1	6729498,2	129,9	71,50	195	45,8	1,00	TPA
Luhtinmäki	2012	L4212012R7	311112,8	6729605,4	127,4	65,30	60	46,8	1,00	TPA
Luhtinmäki	2012	L4212012R8	310972,1	6729524,3	128,2	101,90	195	46,9	2,30	TPA
Pirttikoski	2013	M4112013R10	331449,9	6767564,7	117,7	57,20	360	48,4	13,20	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R11	331449,3	6767620,9	116,9	56,30	360	48,8	14,00	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R12	331448,2	6767638,5	116,4	74,10	180	47,7	9,80	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R13	330932,8	6767590,0	120,2	85,20	360	48,4	21,60	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R14	332273,8	6767531,2	118,6	99,10	360	49,3	6,50	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R15	332160,6	6767728,3	118,4	108,40	180	49,0	12,00	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R16	332174,6	6767679,1	118,1	62,90	180	48,1	10,00	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R17	332206,2	6767794,3	117,9	76,60	180	47,2	8,40	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R18	332818,3	6765032,6	123,5	101,00	90	42,1	5,20	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R19	332865,6	6765035,0	123,7	100,80	90	42,1	5,50	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R20	332844,4	6765073,8	123,7	89,90	90	42,3	5,80	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R21	332844,2	6764994,5	125,7	100,90	90	41,5	3,90	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R22	332820,6	6765075,3	123,9	74,00	90	41,3	3,80	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R23	332800,9	6764977,8	122,5	100,20	180	47,1	3,70	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R24	332787,1	6765002,8	125,4	50,60	90	45,7	6,80	SSG
Pirttikoski	2013	M4112013R25	332812,3	6765190,4	127,4	98,10	270	41,4	4,70	SSG
Pirttikoski	2015	M4112014R26	332869,5	6765067,1	123,8	48,80	90	41,4	6,00	SSG
Pirttikoski	2015	M4112014R27	332784,5	6765035,3	124,3	152,30	90	47,5	3,00	SSG
Pirttikoski	2015	M4112014R28	332741,5	6765187,2	123,1	98,90	90	40,9	5,80	SSG
Särkisuo	2014	L4222014R29	322968,8	6750152,5	124,7	73,90	360	41,4	3,80	KRK
Särkisuo	2014	L4222014R30	322966,1	6750182,1	124,4	74,90	360	41,0	4,00	KRK
Särkisuo	2014	L4222014R31	323095,8	6750226,2	121,6	116,10	360	41,0	7,90	KRK
Särkisuo	2014	L4222014R32	323246,5	6750182,8	121,8	146,90	360	47,2	2,00	KRK
Särkisuo	2014	L4222014R33	323426,3	6750221,7	121,1	89,80	360	47,7	9,00	KRK
Särkisuo	2014	L4222014R34	323099,1	6750195,1	121,8	119,90	360	41,1	6,50	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R41	323045,4	6750166,0	121,9	170,90	360	46,5	4,7	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R42	323076,9	6750210,9	121,5	149,90	360	45,7	3,8	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R43	323077,1	6750145,3	121,5	197,30	360	49,6	4,2	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R44	323102,2	6750138,9	121,5	101,00	360	46,8	3,9	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R45	323077,7	6750078,9	123,3	152,70	360	46,5	5,2	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R46	323043,9	6750243,8	121,5	260,80	360	77,4	4,4	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R47	323043,7	6750238,4	121,4	89,90	180	75,7	5,15	KRK
Särkisuo	2015	L4222015R48	323024,7	6750254,8	121,9	209,90	180	76,5	0,9	KRK
Lempää	2014	L4222014R35	319661,4	6754274,6	121,8	122,60	180	40,5	5,90	KRK
Lempää	2016	L4222015R49	319471,4	6754389,5	119,5	301,70	180	39,1	8,05	NKK
Lempää	2016	L4222015R50	319525,1	6754411,9	119,9	300,15	180	39,5	5,60	NKK
Lempää	2016	L4222015R51	319525,2	6754419,2	120,1	198,15	360	39,2	10,30	NKK
Kalsu	2014	L4222014R36	313495,5	6753991,8	130,4	149,50	222	45,9	1,00	NKK
Kalsu	2014	L4222014R37	313393,9	6753879,5	124,8	149,00	222	47,3	4,30	NKK

Kalsu	2014	L4222014R38	313359,7	6753839,3	122,9	119,50	222	46,1	3,60	NKK
Kalsu	2014	L4222014R39	313316,2	6753790,0	118,2	160,70	222	45,5	5,60	NKK
Kotkajärvi	2014	M4112014R33	338540,8	6765133,9	131,4	137,90	270	47,6	11,0	SSG
Kotkajärvi	2014	M4112014R34	338585,0	6764935,4	131,4	167,90	270	48,0	11,8	SSG
Kotkajärvi	2014	M4112014R35	338001,4	6765441,5	137,5	50,00	180	47,4	4,7	SSG
Kotkajärvi	2014	M4112014R36	338000,5	6765377,5	135,3	100,00	180	48,1	2,9	SSG
Kotkajärvi	2015	M4112014R37	338573,9	6765151,9	132,1	101,30	270	47,1	7,4	SSG
Kotkajärvi	2015	M4112014R38	338318,3	6765322,8	130,6	194,90	315	46,1	4,4	SSG
Kotkajärvi	2015	M4112014R39	338343,1	6765302,2	130,7	110,90	315	47,2	8,0	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R47	338363,9	6765283,9	130,8	130,90	315	45,8	4,20	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R48	338383,0	6765260,3	130,5	99,45	315	43,7	1,85	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R49	338282,4	6765287,8	131,5	90,25	315	45,1	2,50	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R50	338266,3	6765373,6	131,1	100,00	315	45,1	6,20	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R51	338349,3	6765354,6	130,4	92,20	315	44,7	2,90	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R52	338333,7	6765335,7	130,5	133,10	315	45,5	2,90	SSG
Kotkajärvi	2016	M4112016R53	338356,5	6765312,9	130,8	54,10	315	45,7	3,10	SSG
Puokikkaansuo	2015	L4222015R53	326634,2	6756557,0	125,9	101,70	120	46,8	7,50	NKK
Puokikkaansuo	2015	L4222015R54	326644,7	6756550,9	125,9	89,90	300	45,5	6,00	NKK
Puokikkaansuo	2015	L4222015R55	326715,8	6756508,1	125,3	101,90	300	47,8	8,60	NKK
Puokikkaansuo	2015	L4222015R56	326938,4	6756566,5	124,9	122,00	315	46,7	9,00	NKK
Puokikkaansuo	2015	L4222015R57	326875,7	6756629,3	125,0	110,90	315	45,4	7,00	NKK
Mustikkavuori	2015	M4112015R43	331471,5	6768497,0	114,3	99,95	180	47,9	5,90	SSG
Mustikkavuori	2015	M4112015R44	331474,6	6768537,4	113,8	97,00	180	47,4	3,40	SSG
Mustikkavuori	2015	M4112015R45	331474,9	6768572,0	113,7	101,45	180	46,9	6,85	SSG
Kaakkosuo	2015	M3332015R55	305577,5	6769325,3	114,6	200,90	208	41,8	13,75	NKK
Kaakkosuo	2015	M3332015R56	305509,2	6769195,0	114,2	107,20	208	41,6	14,90	NKK
Kaakkosuo	2015	M3332015R57	305599,5	6769368,5	115,1	89,90	208	41,7	13,00	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R58	325308,6	6758965,4	126,5	83,00	180	48,5	8,90	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R59	325309,1	6758971,9	126,6	83,90	360	47,5	8,00	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R60	325307,3	6758898,9	126,5	104,70	360	47,2	2,00	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R61	325198,7	6758982,1	127,3	83,50	360	47,5	3,70	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R62	325194,1	6758927,6	126,6	113,90	360	46,9	4,40	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R63	325194,2	6758934,0	126,9	130,00	180	47,3	4,00	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R64	325119,9	6758973,4	129,2	92,75	360	47,4	4,80	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R65	325374,0	6758898,2	127,5	74,90	180	46,5	8,70	NKK
Liesjärvi	2015	L4222015R66	325473,3	6758732,9	127,8	128,25	180	47,7	8,75	NKK

### LIITE 3. HANKKEEN KEMIAALLISET ANALYYSIT JA TILAUSNUMEROT VUOSITTAIN JA KOHTEITTAIN

#### Hankkeen kemialliset analyysit ja tilausnumerot vuosittain

2010	KOHDE	LKM	MENETELMÄT
Kairaukset			
106418	Kedonojankulma/kaira	235	510P, 704P
220589	Kedonojankulma/kaira	309	522U, 510P
217210	Kedonoja/Passi/kaira	363	510P
503426	Kedonojankulma/kaira	194	511PM
504329	Kedonojankulma/kaira	14	704P, 175X
504328	Kedonojankulma/kaira	12	515PM, 705P
504327	Kedonojankulma/kaira	9	175X
500532	Häme	4	510P, 175X, 704P
Moreeni			
220783	Kedonoja_Kuuma_mr	85	515PM
220773	Kullaa_mr	111	515PM
220532	Sääksjärvi_Mr	117	521U
220578	Lempäälä Mr	171	521U
500618	Korvenmaa Mr	119	511P
Muut näytteet			
107764	Häme_JA	23	510P, 705P
220711	Reisjärvi/palanaytteita	21	511P
500522	Letku	8	511P
<b>2011</b>			
Kairaukset			
220819	Kedonojankulma	87	515PM
505141	Kedonojankulma	35	510P, 175X, 705P
505148	Kedonojankulma	15	511PM, 307P, 175X
505149	Kedonojankulma	45	511PM, 307P, 175X
506256	Kedonojankulma	158	510P
506454	Kedonojankulma	108	?
506355	Kedonojankulma, lisä	14	511PM
503688	Uunimäki_täydennys	113	511P, 704P, 705P
506477	Uunimäkii_kairaus	395	?
506478	Uunimäkii_kairaus	383	?
506350	Sääksijärvi, kairaus1	70	?
215212	Kaustinen	86	720PM
212959	Kaustinen	61	720PM
215330	Kaustinen	113	175X, 720PM
214090	Peräseinäjoki/Pasto	25	515PM
215336	Kaustinen	99	720PM
215337	Kaustinen	105	201P
215334	Kaustinen	120	201P
215332	Kaustinen	98	720PM
215338	Kaustinen	119	201P
215339	Kaustinen	55	720PM
506266	Peräseinäjoki/Pasto	87	511P, 705P

	506267	Peräseinäjoki/Pasto	82	511P, 705P, 704P
	506268	Peräseinäjoki/Pasto-Tiilikallio	117	511P, 705P, 704P
	506269	Peräseinäjoki/Tiilikallio	137	511P, 705P
	506339	Peräseinäjoki/Tiilikallio	70	511P, 705P
	506340	Peräseinäjoki/Tiilikallio	70	511P, 705P
	506341	Peräseinäjoki/Tiilikallio	75	511P, 705P
	506342	Peräseinäjoki/Tiilikallio	56	511P, 705P
	506343	Peräseinäjoki/Tiilikallio	56	511P, 705P
	506344	Peräseinäjoki/Tiilikallio	36	511P, 705P
	506455	Kokkojoki,kairaus-esitul	69	520U, 720PM
Moreeni				
	504547	Patakangas	65	515PM
	504548	Patakangas	100	515PM
	220885	Patakangas	80	515PM
	220907	Patakangas	80	515PM
	220907	Patakangas1	81	515PM
	220941	Patakangas	87	515PM
	220961	Patakangas	114	515PM
	220822	Patakangas	80	515PM
	504521	Häme_HP1	138	515PM, 811L
	504522	Häme_HP2	136	515PM, 811L
Muut näytteet				
	506353	Kullaa, sahaus	32	
<b>2012</b>				
Kairaukset				
	506455	Kokkojoki,kairaus-täydenn	69	720PM
	221111	Kedonojankulma	81	510M
	112466	Kedonojankulma	306	510PM, 704P, 705P
	506744	Perho (Urjala) ja Kotkajärvi	47	511P
	505767	Sammakkolampi kairaus	28	720PM, 175X
	40027	Uunimäki 2011 täydennys	160	511P
	40041	Kuuma, kairaus	390	510P
	40029	Pirttikoski -89 kairaus	120	511P, 175X, 705P
	111906	Aitolahti, kairaus	211	510P, 704P
	112257	Pasto_2009	81	704P, 705P
	112258	Pasto_2011	128	705P
	112735	Ilmajoki/Välikorpi	41	705P
	40005	Kairasydän PASTO	105	511P
	40006	Kairasydän PASTO	102	511P, 704P, 705P
	40007	Kairasydän PASTO	115	511P, 704P, 705P
	40008	Kairasydän PASTO	106	511P, 704P, 705P
Iskuporaus				
	221064	Häme iskupora	167	515PM
	221065	Häme iskupora	24	515PM, 515U
	221066	Häme iskupora	89	515PM, 515U
	221127	Häme iskupora	267	515PM, 515U
	221184	Häme II iskuporaus	165	515PM
	215340	Sammakkolampi iskupora	274	511P, 521U
Moreeni				
	221132	RM_2008_geokemia	433	520U
	221151	Uunimäki1, moreeni	161	515PM, 521U



	221220	Uunimäki2, mr	79	515PM, 521U, 811L
	40024	Häme II+RM	124	515PM, 515U
	40033	Häme II, välialue ENNAKKO	70	515PM, 515U
	40033	Häme II, välialue LOPUT		515PM, 515U
	505763	Vuohiniemi, Sammakolampi iskupora	60	511P
Muut näytteet				
	40028	Uunimäki Jauheet	779	511P
	505664	Uunimäki,pulverit (Juho)	10	720PM, 175X
	505553	Häme, palanäytteitä	61	520U, 720PM, 175X
	505799	samoja, uusinta, tarjoushinta	61	308M
	215341	Muskoviitteja eri kohteista	12	307Pp
	221060	Aitolahti, Palanäytteet	21	511PM
	221221	Palanäytteitä	11	511P
	221222	Soijanäytteitä, Tranberg	12	511P, 521U, 175X
	40001	Liesj petrol/kesäapul_Cu	11	511P, 175X, 308M
<b>2013</b>				
Kairaukset				
	40041	Kuuma, kairaus	181	510P, 704P
	40052	Kuuma, kairaus	215	510P, 704P
	40057	Kovelo	113	307PM, 175X
	40055	Uunimäki kairas 2013 (1)	249	511P
	40059	Häme moreeninäytteet	131	515PM
	40060	Uunimäki kairas 2013 (1)	249	704P
	40062	Uunimäki kairas 2013	297	705P
	40066	Uunimäki kairas 2013	486	704P
	40067	Häme granitoidit	84	515PM, 175X
	40069	Velkua_R1-2	94	511P, 705P
	40070	Kuuma, kairaus	286	510P, 705P
	40080	Luhtinmäki	86	720PM, 175X
	40083	Velkua_R3-R4	119	511P
Moreeni				
	40075	Häme moreeninäytteet	130	515PM, 515U
	40077	Häme moreeninäytteet	180	515PM, 515U
	40116	Häme Mr-näytteet	142	515PM, 515U
Muut näytteet				
	40073	Kuuma,palanäytteet	8	511PM, 521U,175X, 308M
	40102	palanäytteitä	33	511P,308M, 703P, 704P, 175X
	40117	palanäytteet	7	308PM, 175X, 811L, 816L
	40001jtk	Liesj petrol/ICP_-M	4	511P, 521U, 308M
<b>2014</b>				
Kairaukset				
	40105	Pirttikoski kairaus/kesä	101	511P
	40111	Uunimäki 2013 R45-48	240	511P, 705P
	40112	Velkua_R5-R7	127	511P, 705P
	40120	Särkisuo	39	704P, 510P, 175X
	40123	Pirttikoski	127	511P
	40124	Pirttikoski	151	511P, 704P
	40125	Lempää	19	811L, 175X
	40126	Lempää	46	704P, 705P, 510P, 175X, 811L
	40130	Särkisuo,lisäanalyysit	13	703P, 704P, 705P, 510P, 811L, 175X

Moreeni	40130	Särkisuo, NiSulfidi	13	703P, 704P, 510P, 811L, 175X
	40116	Häme Mr-näytteet	142	515PM
	40127	Horna	63	515PM
	40128	Kuuma	50	515PM
Muut näytteet	40117	Häme	7	811L, 816L, 308PM, 175X
	40113	Forssa_vesianalyysi_Metropoli	1	143-MENETELMÄT
	40113	Forssa_vesianalyysi_Labtium	1	139PM
<b>2015</b>				
Kairaukset				
	40147	Uunimäki 2013	79	705P
	40148	Uunimäki 2013	202	705P
	40149	Uunimäki 2013	134	705P
	40150	Särkisuo	24	704P, 705P, 175X
	40153	Kalsu R36,-38,-39	67	510P
	40154	Pirttikoski	18	510P, 705P
	40155	Kotkajärvi	38	510P, 705P
	40160	Kuuma 2014	56	510P
	40167	Kuuma	34	510P
	40173	Kotkajärvi 2014 R37-R39	133	510P, 307PM, 705P
	40174	Puolikkaansuo	222	510P, 705P
	40181	Särkisuo	79	510P
Moreeni	40152	Liesjärvi/moreeni	195	515PM
	40157	Töpikistö+Palumäki MR	142	515PM, 515U
	40169	Liesjärvi/moreeni	42	515PM, 515U
	40175	Moreeni, Jussinmäki,		515PM
	40176	Mustikkavuori,		515PM, 515U
	40177	Kaakkosuo,		515PM, 515U
	40180	Särkisuo		515PM, 515U
Muut näytteet		Ref-näytteet Rusakkokallio ja		
	40166	Särkisuo	2	175X
<b>2016</b>				
Kairaukset				
	40188	Särkisuo	83	510P
	40193	Kotkajärvi	184	510P, 306PM
	40202	Särkisuo	112	510P
	40204	Kotkajärvi	192	306PM, 705P

**LIITE 4. HANKKEEN GEOFYSIKAALISET MAASTOMITTAUKSET VUOSINA 2011-2016.**

Mittausmenetelmät: MG = magneettinen, MX = maxmin (monitaajuus-slingram), GR = gravimetrinen, IP = indusoitu polarisaatio, SL = sligram

Kohde	Vuosi	Mittaus	Mittaustapa	Linja-km
Kaakkosuo	2015	GR	hajaprofiilit	3.4
Kaakkosuo	2015	MG	hajaprofiilit	3.4
Kaakkosuo	2015	MX	hajaprofiilit	3.4
Kalsu	2014	GR	hajaprofiilit	5.9
Kalsu	2014	MG	hajaprofiilit	5.9
Kalsu	2014	MX	hajaprofiilit	5.9
Kokkojoki	2011	IP	systemaattinen	29.7
Kokkojoki	2012	MG	systemaattinen	43.0
Kotka	2014	GR	systemaattinen	9.0
Kotka	2014	IP	systemaattinen	32.0
Kotka	2014	MG	systemaattinen	32.0
Kotka	2014	MX	systemaattinen	32.0
Kuuma	2012	GR	systemaattinen	71.0
Kuuma	2012	GR	hajaprofiilit	9.6
Kuuma	2012	IP	systemaattinen	19.6
Lempää	2013-2014	GR	systemaattinen	12.8
Lempää	2013-2014	IP	systemaattinen	7.0
Lempää	2013-2014, 2016	MG	systemaattinen	53.7
Lempää	2016	MX	systemaattinen	19.8
Liesjärvi	2015-2016	IP	systemaattinen	47.0
Liesjärvi	2015	MG	systemaattinen	22.5
Mäyrä	2012	MG	systemaattinen	74.0
Mäyrä	2012	MX	systemaattinen	74.0
Mustikkavuori	2014	GR	hajaprofiilit	2.1
Mustikkavuori	2014	MG	hajaprofiilit	2.1
Mustikkavuori	2014	MX	hajaprofiilit	2.1
Pikonkorpi	2013	MG	systemaattinen	112.0
Pikonkorpi	2013	MX	systemaattinen	98.0
Pirttikoski	2012	MG	systemaattinen	58.0
Pirttikoski	2012	MX	systemaattinen	56.0
Särkisuo	2015	GR	systemaattinen	7.4
Särkisuo	2015	MG	systemaattinen	10.7
Särkisuo	2015	MX	systemaattinen	10.7
Sukula	2011	MG	systemaattinen	2.5
Susikas	2011	IP	systemaattinen	36.0
Susikas	2011	MG	systemaattinen	87.0

<b>Kohde</b>	<b>Vuosi</b>	<b>Mittaus</b>	<b>Mittaustapa</b>	<b>Linja-km</b>
Uunimäki	2011	SL	systemaattinen	31.4
Velkua	2015	GR	hajaprofiilit	66.0
Velkua	2014	IP	systemaattinen	3.0
Velkua	2013	MG	hajaprofiilit	7.0

**LIITE 5. HANKKEESSA TEHDYT KAIRAREIKIIN LIITTYVÄT PETROFYSIIKAN LUOTAUKSET JA MITTAUKSET.**

Kohde	Reikä	Reiän pituus	Mittauspäivä	Laboratorionäytteitä
Kaakkosuo	M3332015R56	107.2	10.06.2015	X
Kalsu	L4222014R36	149.50	10.12.2014 25.04.2014	X
	L4222014R37	149.00	11.12.2014	X
	L4222014R38	119.50	25.04.2014	X
Kotka	M4112014R33	137.9	23.04.2014	X
	M4112014R34	167.9	24.04.2014	X
	M4112014R35	70	22.04.2014	X
	M4112014R37	101.30	26.08.2015	X
	M4112014R38	119.90	25.08.2015	
	M4112014R39	110.90	25.08.2015	
	M4112016R47	130.90	19.-20.05.2016	X*
	M4112016R48	99.45	20.05.2016	X*
	M4112016R49	90.25	19.05.2016	X*
	M4112016R50	100.00	21.-22.05.2016	X*
	M4112016R51	92.20	20.-21.05.2016	X*
	M4112016R52	133.10	21.-22.05.2016	
M4112016R53	54.10	18.05.2016	X*	
Kuuma	M211305R318	129	23.04.2014	
	M211307R333	77.02	24.04.2014	
	M211307R334	82.70	25.04.2014	
	M211307R335	103.47	24.-25.04.2014	
	L4222014R12	323.50	09.12.2014	
	L4222014R13	87.00	09.12.2014	
	L4222014R14	176.9	09.-10.12.2014	
Lempää	L4222014R35	122.6	20.03.2014	X
	L4222015R50	300.15	23.05.2016	X
Mustikkavuori	M4112015R43	97	06.08.2015	X
	M4112015R44	99.95	06.08.2015	X
Puolikkaansuo	L4222015R53	101.7	11.08.2015	
	L4222015R54	89.9	10.08.2015	
	L4222015R55	101.9	10.08.2015	
	L4222015R57	110.9	11.08.2015	
Särkisuo	L4222014R29	73.9	26.-27.02.2014	
	L4222014R30	74.9	25.-26.02.2014	X
	L4222014R31	116.1	27.02.2014	X
	L4222014R32	146.9	11.03.2014	X
	L4222014R33	89.8	05.03.2014	
	L4222014R34	119.9	18.-19.03.2014	

Kohde	Reikä	Reiän pituus	Mittauspäivä	Laboratorionäytteitä
	L4222015R41	170.9	-	X
	L4222015R42	149.9	-	X
	L4222015R44	101	-	X
	L4222015R45	152.7	-	X
	L4222015R46	260.8	22.-30.09.2015	
	L4222015R47	89.9	22.-30.09.2015	
	L4222015R48	209.9	28.-30.09.2015	
Sauhula/Pirttikoski	M4112013R25	98.1	25.-26.03.2014	
	M4112014R27	152.3	21.04.2014	X
	M4112014R28	98.9	21.-22.04.2014	X

*X\* = tiheys ja  
suszeptibiliteetti mitattu  
Lopen varastolla,  
suszeptibiliteetti KT-20-  
käsimittarilla*

**LIITE 6. ETELÄ-SUOMEN MALMIPOTENTIALI-HANKKEIDEN  
TUTKIMUSKOhteet 2004-2016**

Nimi	Metal/Min	East	North	Vuosi	Malmilävistys, analyysi	Viite	Hanke
Arolanmäki	Au	315555	6757273	2004-2016	2m @ 0.8–1.6 g/t Au.	Tiainen ym. 2016	2901003, 2551005
Satulinmäki	Au	307149	6739745	2004	22 m @ 3.6 ppm Au, max 32.3 ppm Au/ 1m	Kärkkäinen ym. 2010	2901003
Riukka	Au	310257	6737698	2005-2007	max 35.5 ppm Au; 2-3 eri mineralisaatioita	Kärkkäinen ym. 2007	2901003
Uunimäki	Au	273758	6771748	2008-2015	9m @ 5.1 g/t, 6 m @ 3.7 ppm	Kärkkäinen ym. 2015c, 2016b	2551005
Velkua	Au	209236	6715806	2008-2014	8m @ 5.3 ppm Au (R301)	Kärkkäinen ym. 2012	2551005
Palokallio	Au	279313	6783366		1m sections @ 1–41.8 g/t	Grönholm & Voipio 2012	2551005
Sikakangas	Au	290774	6959345	2006-2010	1,4 ppm/32.5 m (R502); max 53 ppm/1 m (R476)	Isomaa ym. 2010	2551005
Sukula	Au	308752	6740871	2009	1 m @ 1.7 g/t Au	Kärkkäinen ym., 2014	2551005
Pasto	Au	303224	6950336	2993-2008	4.75m @ 1.6 ppm (R47); 2m @ 7.8ppm (R325)	Wik & Isomaa 2014	2551005
Välikorpi	Au	256816	6966732	2008-2011	1 m @ 10,3 ppm, 7m @ 2,5 ppm	Isomaa 2011	2551005
Kivenkorva	Au	300477	6741846	2009	palanäytteissä 10 - 16 ppm Au	Kärkkäinen ym. 2014	2551005
Erkkilä	Au	315470	6811940	2000-2002	0.14-1.8 ppm Au/7 m, max 8.1 ppm Au/ 1 m	Kärkkäinen ym. 2013	2551005
Sääksjärvi	Au	325401	6813940	2009-2011	1.5- 2.4 ppm Au/1 m, kvartsijuonia tonaliitissa	Kärkkäinen ym. 2014	2551005
Aitolahti	Au	336026	6829604	2011	1 m @ 1 ppm Au, kvartsijuonia gabrossa	Kärkkäinen ym. 2014	2551005
Eräjärvi	Au	372900	6831660	2008	1 m @ 1 ppm Au, lukuisia hietoja gabrossa	Kärkkäinen ym. 2016	2551005
Saarijärvi	Au	254610	6830190	2008	R316: 1 m @ 2,3 ppm Au	Kärkkäinen ym. 2016	2901014
Kultakallio	Au	246240	6824130	2010	R322: 1m@1,7 ppm Au	Kärkkäinen ym. 2016	2901014
Kedonojankulma	Cu-Au	311625	6758807	2005-2013	68 m @ 0.57 % Cu; 1 m @ 8 g/t Au; 1 m @ 120 g/t Ag; 1 m @ 1.3 % Zn; 1 m @ 0.13 % Mo.	Koistinen & Tiainen 2013	2901003, 2551005
Sauhula (Pirttikoski)	Cu-Au	332847	6765033	2012-	0.5 m@3.4%Cu;2 m @1.7%Cu, 1 m @0.2 g/tAu	Tutkimukset jatkuvat	2551005
Kotka	Cu-Au	338042	6765155	2012-	9.95m@0.74%Cu; 2.4 m@0,1 g/t Au	Tutkimukset jatkuvat	2551005
Liesjärvi	Cu-Au	326021	6758399		5.5 m@1.7%Cu, 1.6 ppmAu /TM/Lie-15)	Kokkola 1991 Kärkkäinen ym. 2015, Leväniemi	2551005

						& Kärkkäinen 2016	
Liesjärvi NW	Cu-Au	325311	6758967	2014- 2016	Cu-kiisu,As-kiisu; kvartsijuonia ja kapeita hiertovyöhykkeitä	Kärkkäinen 2016	2551005
Puolikkaansuo	Cu-Au	326634	6756558	2014- 2016	0.15 m @ 1.2 % Cu, 4.9 ppm Au; 7 m @ 0.26 % Cu	Kärkkäinen 2016	2551005
Lempää	Ni-Cu	319500	6754300	2014- 2016	0.2 – 0.7 % Ni ja 0.2-0.9 % Cu, max	Kärkkäinen ym. 2016c	2551005
Särkisuo	Ni-Cu	322965	6750181	2014- 2016	0.2-0.7 % Ni, 0.2-0.9 % Cu; max 2.1 % Ni; 0.95 % Cu	Kojonen ym. (tekeillä)	2551005
Kuuma	Zn	312030	6756070	2004- 2015	14m@0,2% Zn, 5m @0,4% Zn, 1m @1,2%Zn	Tiainen ym. 2015	2901003, 2551005
Vaulammi (Rehula)	Zn(-Ag- Cu)	304400	6741240	2005	2.5 % Zn, 3.5 % Pb, 277 ppm Ag in bedrock sample	Kärkkäinen ym. 2014	2551005
Kokkojoki	W(-No-Bi- Cu-Au)	313376	6768638	2007- 2011	1 m @ 0.3 % W, lohkareissa 0.5 % Cu, 1 ppm Au,	Kärkkäinen ym. 2015	2551005
Lumireenhaara	Li	314449	6733045	2008	Kairattu		2551005
Kietyönmäki	Li	311137	6737207	1985- 1993	Inferred 0,4Mt @ 1.5% Li <sub>2</sub> O, 160 ppm Sn, 30 ppm Ta (	Alviola,R. 1993a,1993B	
Luhtimäki	Li	311056	6729742	2012	ei malmilävistystä	Ahtola et al. 2015	2551005
Rapasaaret	Li	343217	7 062091	2009- 2012	Indicated 3.07Mt 1,02% Li <sub>2</sub> O (Koistinen& al 2011)	Kuusela ym. 2011	2551005
Tourunkulma (Sammakkola mpi)	Li	302789	6771784	2011- 2012	1m sections 300-552ppm Li ( ei malmilävistystä )	Kuusela ym. 2014	2551005
Vähäjoki	Ti	262750	6778120	1996- 1997	9 Mt @ 13% ilmeniitti, 3.4 % magnetiitti	Kärkkäinen & Valjus 2016	1997, 2016
Riutta	Ti	257850	6781000	1996- 1997	20 Mt @9%ilmeniitti, 11 % magnetiitti	Kärkkäinen & Valjus 2016	
Kovela	REE	326750	6699216	2011- 2012	<u>2m@4.3%REEtot;2m@3,3 %REEtot</u>	Grönholm ym. 2014	2551005