



# Kallioperän heikkousvyöhykkeistä Nokian, Harjuniityn, Koiviston ja Marjamäen kohdealueilla

Tuija Elminen ja Marit Wennerström



LIFE10 ENV/FI/000062



With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Union



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS  
ESY  
Espoo

27.03.2014



**GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND**

PL/PB/P.O. Box 96      PL/PB/P.O. Box 1237      PL/PB/P.O. Box 97      PL/PB/P.O. Box 77  
FI-02151 Espoo, Finland      FI-70211 Kuopio, Finland      FI-67101 Kokkola, Finland      FI-96101 Rovaniemi, Finland

Puh. 029 503 0000 • Tel. +358 29 503 0000 • [www.gtk.fi](http://www.gtk.fi) • Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7

27.03.2014

## GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

## KUVAILULEHTI

Päivämäärä / Dnro

Tekijät Tuija Elminen Marit Wennerström		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja	
Raportin nimi Kallioperän heikkousvyöhykkeistä Nokian, Harjuniityn, Koiviston ja Marjamäen kohdealueilla			
Tiivistelmä Raportissa kuvataan neljän kohdealueen, Nokia, Harjuniitty, Koivisto ja Marjamäki tulkitut heikkousvyöhykkeet. Työ liittyy LIFE+ hankkeeseen "Guidelines for Sustainable exploitation of Aggregate Resources in Areas with Elevated Arsenic Concentrations" (ASROCKS). Aineistona on käytetty GTK:n maastohavaintoja tietokannoista ja ASROCKS –hankkeesta, GTK:n lento- ja maastogeofysikkaa ja Maanmittauslaitoksen korkeusmalleja. Kohdealueilta kuvataan kivilajit, tulkitut heikkousvyöhykkeet ja rakoiluaineiston käytettävissä ollessa myös pääarakosuunnat ja niiden ominaisuuksia.  Kullakin alueella esiintyy geologiasta riippuen erisuuntaisia ja tyypisiä siirroksia. Maastohavaintoja heikkousvyöhykkeistä tai siirroksista on ollut käytössä vain satunnaisesti. Havaintojen mukaan kalliosavea on tavattu heikkousvyöhykkeissä Nokian ja Marjamäen alueilla. Rakojen täytteen ja pintaominaisuudet kertovat kiven deformaatiosta. Hiertyneitä haarniskapintaisia rakoja ja tiheää, vyöhykkeistä rakoilua esiintyy Marjamäen ja Nokian kohteissa. Kallion rikkonaisuuden selvittäminen on tärkeää. ASROCKS –hankkeen kartoituksen aikana erityisesti Nokiolla havaittiin, että arseeni esiintyy kiven rakopinnoilla, ja raoissa liikkuneet vedet ovat mahdollisesti kuljettaneet arseenia.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) siirrosvyöhyke, rako, kivilajit, kartoitus, geofysikaaliset kartat, painovoimamenetelmä, arseeni			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Pirkanmaa, Nokia, Harjuniitty, Koivisto ja Marjamäki			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus 53/2014	
Kokonaissivumäärä 10	Kieli	Hinta	Julkisuus
Yksikkö ja vastuualue		Hanketunnus 3263000	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Marit Wennerström		Allekirjoitus/nimen selvennys  Tuija Elminen	



27.03.2014



## GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

## DOCUMENTATION PAGE

Date / Rec. no.

Authors Tuija Elminen Marit Wennerström		Type of report	
		Commissioned by	
Title of report On the zones of weakness of bedrock in Nokia, Harjuniitty, Koivisto and Marjamäki demonstration areas			
Abstract The report describes the interpreted zones of weakness in four demonstration areas Nokia, Harjuniitty, Koivisto and Marjamäki. The task connects to the LIFE+ project "Guidelines for Sustainable exploitation of Aggregate Resources in Areas with Elevated Arsenic Concentrations" (ASROCKS). The used data include field observations from GTK's data bases and the ASROCKS project, airborne and field geophysics of GTK and elevation models of the National Land Survey of Finland. The report describes for the demonstration areas rock types, interpreted zones of weakness and when on hand main joint orientations and properties, too.  Every demonstration area has due to geological character different kind of faults and faults in various orientations. Only a few field observations of zones of weakness or faults have been in use. According to observations gouge is present in zones of weakness in Nokia and in Marjamäki. Joint infillings and surface properties evidence rock deformation. Sheared slicken side fractures and dense jointing in zones occur in Marjamäki and Nokia. It is important to study the fracturing properties of rock. The mapping in the ASROCKS project showed that especially in Nokia arsenic appears on joint surfaces and probably migrates in water in fractures.			
Keywords fault zone, joint, rock types, mapping, geophysical maps, gravimetry, arsenic			
Geographical area Finland, Pirkanmaa, Nokia, Harjuniitty, Koivisto ja Marjamäki			
Map sheet			
Other information			
Report serial		Archive code 53/2014	
Total pages	Language	Price	Confidentiality
Unit and section		Project code	
Signature/name		Signature/name	



## Sisällysluettelo

### Kuvailulehti Documentation page

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 HEIKKOUSVYÖHYKETULKINNAN AINEISTO</b>	<b>1</b>
<b>3 KOHDEALUEIDEN TARKASTELUT</b>	<b>2</b>
3.1 Nokia	2
3.2 Harjuniitty	4
3.3 Koivisto	7
3.4 Marjamäki	8

## KIRJALLISUUSLUETTELO



27.03.2014

## 1 JOHDANTO

Heikkousvyöhyketulkinta liittyy LIFE+ hankkeeseen "Guidelines for Sustainable exploitation of Aggregate Resources in Areas with Elevated Arsenic Concentrations" (ASROCKS). Hankkeen osapuolina ovat Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) lisäksi Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) ja Suomen ympäristökeskus (SYKE). Tehtäväksi annettiin olemassa olevan geologisen ja geofysikaalisen tiedon perusteella tulkita mahdolliset kallioperän heikkousvyöhykkeet ja niiden ominaisuuksia Nokian, Harjuniityn, Koiviston ja Marjamäen kohdealueilta.

Raportissa kuvataan tulkitut heikkousvyöhykkeet ja rakoiluaineiston käytettävissä ollessa myös päärakosuunnat ja niiden ominaisuuksia.

## 2 HEIKKOUSVYÖHYKETULKINNAN AINEISTO

Kallioperän rikkonaiset tasomaiset rakenteet ovat topografiassa erotettavissa suorahkoina painanteina, mikäli kaade on kohtalaisen jyrkkä tai pysty. Geologisesti rakenteet voivat olla siirroksia, rakoja, rako-  
vyöhykkeitä tai jopa rapautuneita kivilajikontakteja. Tässä tulkinnan pohjana oli

-Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto (Kuva 1) ja pohjakartat © Maanmittauslaitos ja hallinnon tietokartat

-GTK:n maaperäkartoitusaineisto 1:20 000

-maastohavainnot GTK:n tietokannoista

-maastohavainnot ASROCKS

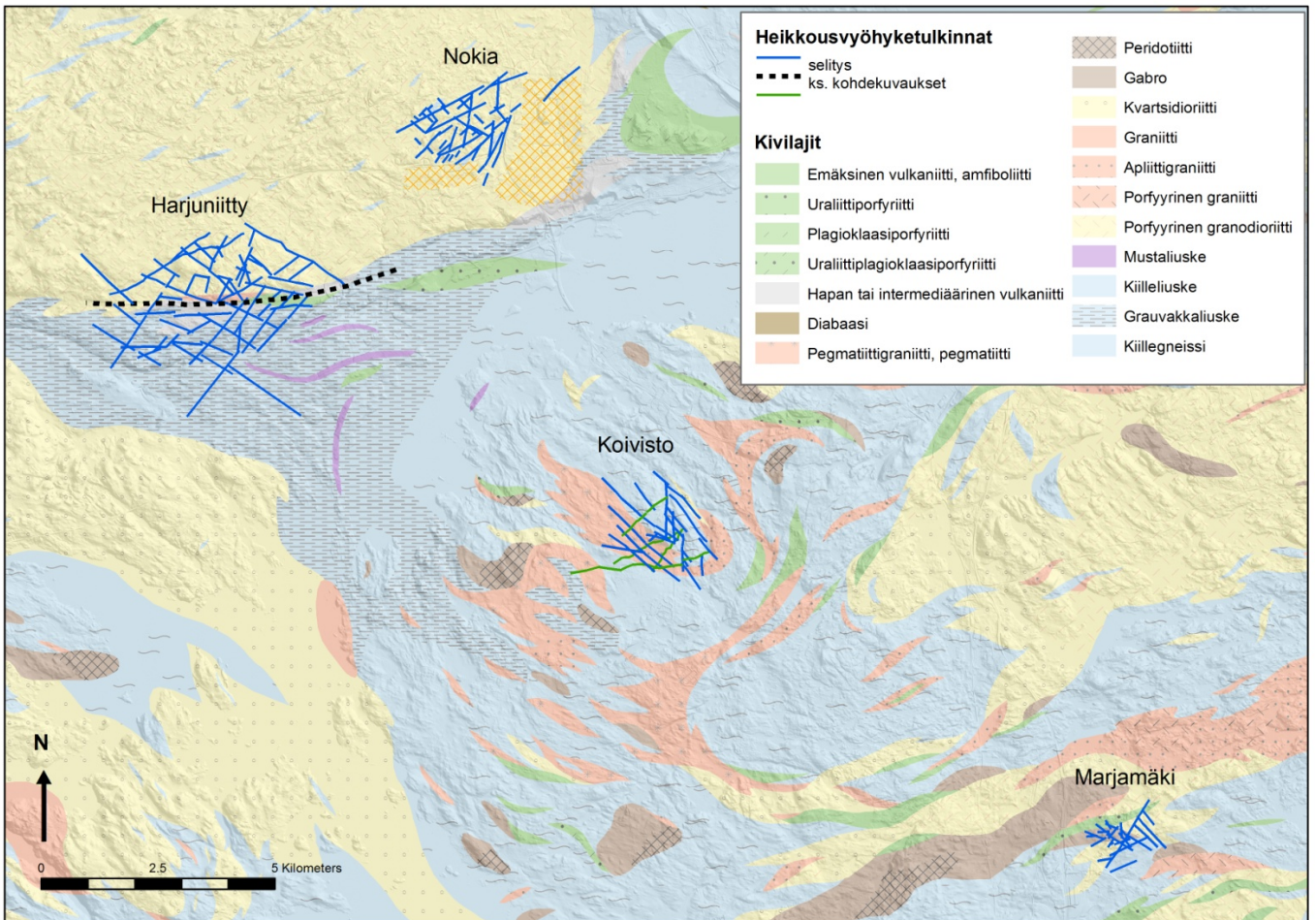
-painovoimamittaukset, muutama linja osuu alueille (Tampereen seudun taajamageologinen kartoitus- ja kehittämishanke v. 2007-2011, TAATA-hanke)

-GTK:n geofysikaalinen matalalentomittausaineisto

Kullakin alueella esiintyy geologiasta riippuen erisuuntaisia ja tyyppisiä siirroksia. Maastohavainnot ja erityyppisistä siirrosrakenteista ei ole yleensä tehty, joten tulkittujen heikkousvyöhykkeiden laatua ei useimmiten voi arvioida.



27.03.2014



**Kuva 1.** Tutkimuskohteet ja tulkitut heikkousvyöhykkeet. Rakennettu alue oranssilla rasterilla. Pohjalla GTK:n kallioperäkartta, Suomen kallioperä - DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [viitattu 16.12.2013]. Versio 1.0. ja Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto © Maanmittauslaitos ja hallinnon tietokartat.

### 3 KOHDEALUEIDEN TARKASTELUT

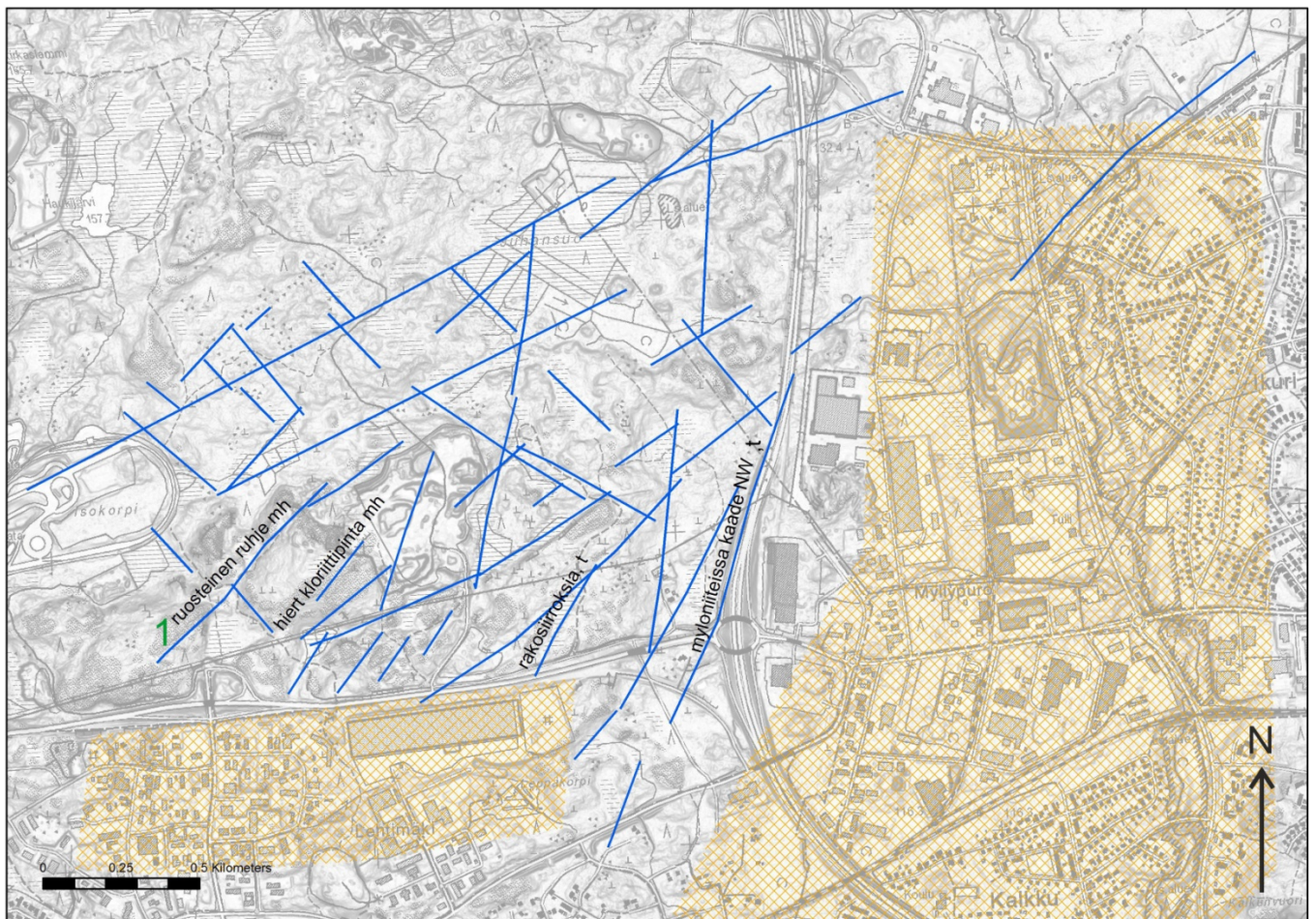
#### 3.1 Nokia

ASROCKS hankkeen Action 2 vaiheen kartoitusten mukaan alueen kivilaji on porfyyristä granodioriittia (Kuva 2). Länsiosassa on seassa harvakseltaan pääasiassa < 10 cm läpimitaltaan olevia tummia sulkeumia, joissa muutamissa runsaasti massamaista magneettikiisua.

27.03.2014

Kartoitusten aikana havaittiin, että arseeni esiintyy kiven rakopinnoilla, joilla on ruskeaa saostumaa ja/tai kloriittitäytettä. Lisäksi arseenipitoisuutta esiintyy sulkeumissa ja niiden ympärillä kontaktissa pääkivilajiin. Kallion raoissa liikkuneet vedet ovat kuljettaneet arseenia. Arseenia on joutunut kivituhkasta louhosalueen vesiin.

Kohdealueen tulkitut heikkousvyöhykkeet ovat pääasiassa pitkiä koillis-lounassuuntaisia (NE-SW) rakenteita ja lyhyempiä kaakko-luodesuuntaisia (NW-SE) rakenteita sekä joitakin pohjois-eteläsuuntaisia vyöhykkeitä. NE-SW-suuntaisista vyöhykkeistä on useita maastohavaintoja, mutta NW-SE-suuntaisista ei ole havaintoja. Tulkintaa ei voitu ulottaa kauemmas itään ja etelään rakennetun alueen takia (Kuva 2). Idässä kallio on hienosedimenttien peitossa ja pinta on matalalla, mikä saattaa johtua kallion rikkonaisuudesta.



**Kuva 2.** Nokian kohdealue. Heikkousvyöhyketulkinnat sinisellä. Kaateet on tulkittu jyrkiksi tai keskinkertaisiksi (>45). mh=ASROCKS maastohavaintoja, t=TAATA maastohavaintoja. Pohjana laseraineiston rinnekartta sekä pohjakartta © Maanmittauslaitos ja hallinnon tietokartat.



27.03.2014

Louhoksen länsiosassa on havaittu NE-SW-suuntainen heikkousvyöhyke, joka on muuttunut koillisosan kallioseinämässä osittain kalliosaveksi (1 Kuvassa 2). Vyöhykkeessä on kloriittia ja ruostuneita kiisuja täytteenä. Tämä rakenne erottuu myös laser-aineistossa. Lounaisosan seinämässä sekä louhoksen yläpuolisessa osassa vyöhyke on nähtävissä vain kapeina hiertoina.

Tehdyn karttatulkinnan mukaan laserkeilausaineistossa esiintyy louhoksen länsiosassa kalliopinnan korkeustason muutoksia NE-SW-suunnassa, joka voi tarkoittaa tämän suuntaista rakoilua kalliossa. Suunta vastaa ASROCKS hankkeen kartoituksessa tavattua heikkousvyöhykettä.

Louhosalueen koillispuolella, kosteikon länsipuolella kalliossa on kaksi rakovyöhykettä suunnassa 320/80, jotka vastaavat louhoksen NE-SW-suuntaisen heikkousvyöhykkeen suuntaa.

Louhoksen lounaisosassa on n. 1 m levyinen duktiili pysty siirros lähes N-S-suunnassa (281/84), viivauksen suunta on lähes etelään 53 ° kulmalla. Havainnon perusteella tässä samassa suunnassa siirroksen kanssa on täytteistä, voimakkaasti muuttunutta rakoilua. Siirros saattaa edustaa muitakin kohdealueen N-S-suuntaisia heikkousvyöhykkeitä.

Louhoksen eteläreunalla esiintyy myös kapeita hiertoja, joiden suunta on lähellä itä – läntistä.

Alueen eteläpuolella, tieleikkauksessa on havaittu haarniskapintaisia ja biotiittitäytteisiä, lähes pystyjä ja pystyjä rakoja E-W- ja WSW-ENE-suunnissa. Osaan näistä on liitetty samansuuntaisia rakosiirroksia.

### 3.2 Harjuniitty

Kohteessa on asuinalueen laajennus länteen. Alueelle on tulossa pientaloasutusta. Maaperän moreenissa on havaittu kohonneita arseenipitoisuuksia.

ASROCKS hankkeen Action 2 vaiheen tutkimusten perusteella kivilajeina ovat pohjoisessa porfyryinen granodioriitti, siitä etelään leukogranitoidi, edelleen etelään felsinen vulkaniitti, jonka kanssa esiintyy kiihkeästi mafista vulkaniittia ja biotiittiparagneissia. Kivilajit ja rakenteet esiintyvät vyöhykkeisesti itä-länsi-suunnassa. Granodioriitin ja gneissien välissä on myös tektoninen raja itä-länsi-suunnassa (Kuva 3.).

Kohonneita As-pitoisuuksia on mitattu felsisessä vulkaniitissa ja mafisessa vulkaniitissa. Vulkaniitteihin liittyy myös hieman kiisuuntumista.

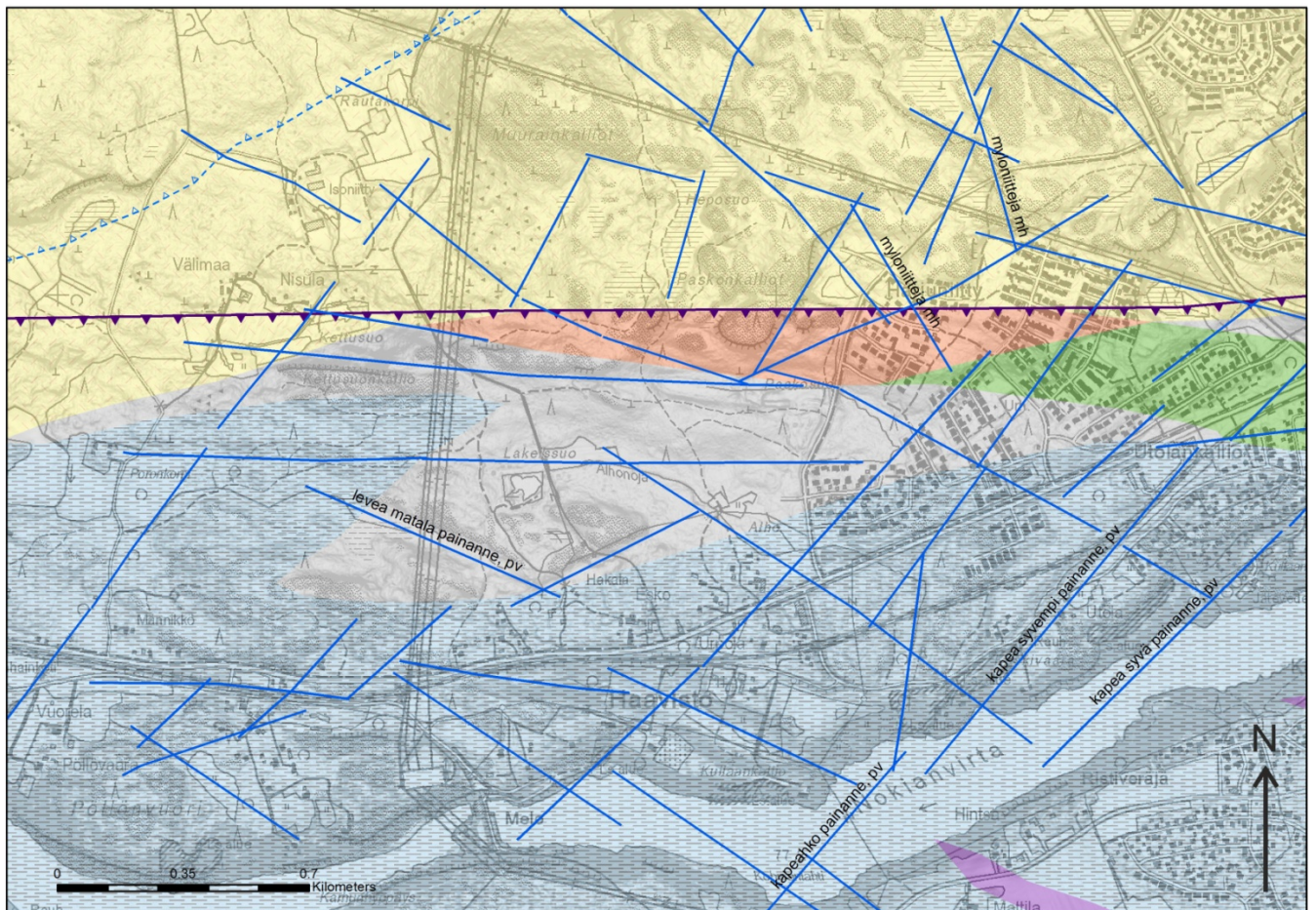
Tampereen seudun TAATA-projektissa koottiin kallioperästä kallion rikkonaisuuteen liittyviä ominaisuuksia. Alla on koottu Harjuniityn alueelta mitatut rakahavainnot. Rakoilu on havainnoitu systemaattisesti esiintyvinä pääarakosuuntina. Harjuniityn koko alueen rakosuunnissa on havaittu pääasiassa pystyjä rakoja sekä muutama vaakarakoparvi (Kuva 4). Pystyissä raoissa WNW-ESE-suunta on vallitseva. Itä-koilliseen suuntautuvissa raoissa on huomattavaa hajontaa. Alueen pohjoisosan granodioriitista mitatuissa raoissa on erotettavissa neljä pääarakosuuntaa; NW-SE, WSW-ENE, NW-SE ja NE-SW (Kuva 5).

Harjuniityn kohdealueella on tulkittu koillis-lounassuuntaisia ja kaakko-luodesuuntaisia heikkousvyöhykkeitä. Tektonisen rajan tuntumassa on myös E-W-suuntaisia vyöhykkeitä.



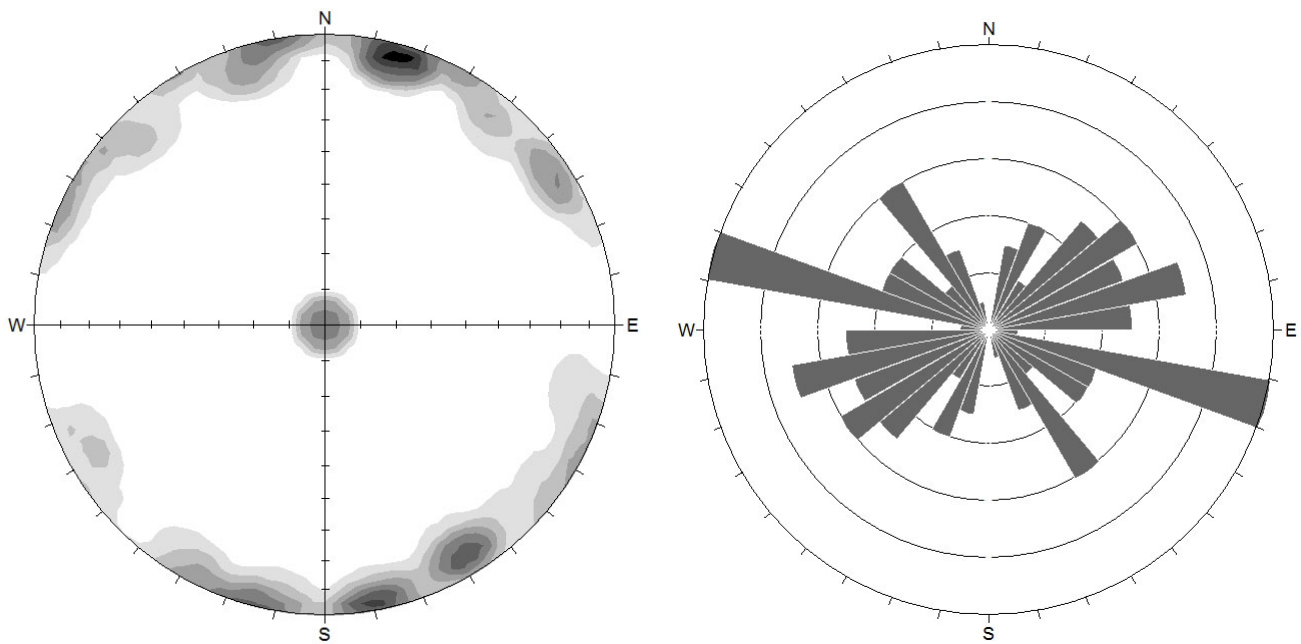
27.03.2014

Tektoninen itä-länsisuuntainen siirros erottaa Tampereen liuskevyöhykettä ja Pirkanmaan migmatiittivyöhykettä. Vanha raja ei välttämättä ole rikkonainen mutta esim. 10 km itään on paljastuma, missä rajan kohdalla on hyvin rikkonaista (Mikko Nironen, GTK, suullinen tiedonanto).

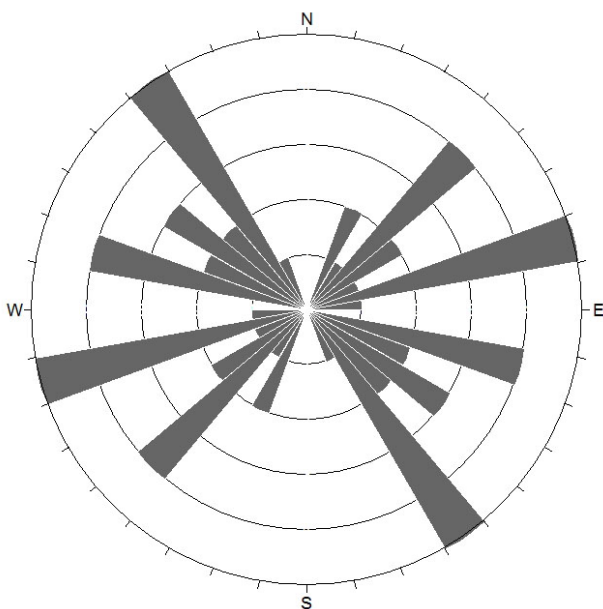


**Kuva 3.** Harjuniityn kohdealue. Heikkousvyöhyketulkinta sinisellä. Katkoviivalla mahdollinen loiva vyöhyke. Violetilla tektoninen raja. pv=linjalta painovoimamittaus. Pohjalla GTK:n kallioperäkartta, Suomen kallioperä - DigikP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [viitattu 16.12.2013]. Versio 1.0. ja laseraineiston rinnekartta sekä pohjakartta © Maanmittauslaitos ja hallinnon tietokartat.

27.03.2014



**Kuva 4.** Harjuniityn koko alueen päärakosuunnat, vasemmalla stereoplottina alapalloprojektiosta ( $N=74$ ) ja oikealla ruusudiagrammissa  $\geq 45^\circ$  kaadekulman rakosuunnat ( $N=69$ ).



**Kuva 5.** Harjuniityn alueen granodioriitin rakosuunnat ruusudiagrammissa (kaadekulma  $\geq 45^\circ$ ) ( $N=33$ ).

27.03.2014

Alueen koillisosasta on maastohavaintoja myloniiteista, joissa on pääasiassa luoteen ja pohjoisen välinen kulkusuunta, mutta myös ristikkäisiä suuntia esiintyy.

TAATA-projektissa tehdyistä painovoimamittauslinjoista kolme osuu kohdealueen heikkousvyöhykkeisiin. Neljä kalliosyvännettä erottuu tulkintavyöhykkeiden kohdalle vahvistaen tulkintaa (Kuva 3).

### 3.3 Koivisto

Koiviston alueella ASROCKS hankkeen Action 2 vaiheen tutkimusten perusteella kivilaji on leukogabroa alueen SW-osassa ja kiillegneisiä alueen NE-osassa.

Tutkimuksen kairauksen perusteella alueen As-pitoisuudet liittyvät pelkästään leukogabroon, jossa sen määrät vaihtelivat 74,1 – 1090 mg/kg. Korkein pitoisuus on havaittu keskellä gabroaluetta. Kiillegneisin suurin arvo tavataan kairareissä R10, joka on lähellä gabron kontaktia.

Heikkousvyöhyketulkinnassa on esitetty kohdetta laajempi alue. Aluetta hallitsee kaakko-luode- ja pohjois-etelä- suuntaiset vyöhykkeet. Kuvaan 6 on merkitty vyöhykkeet, jotka erottuvat painovoimamittauksissa (TAATA-hanke) kalliopainanteina. Lisäksi topografisessa ja geofysikaalisessa aineistossa erottuu mutkittavia koillis-lounassuuntaisia ja lähes itä-läntisiä vyöhykkeitä (kuvassa 6 vihreät katkoviivat). Tällaisista rakenteista ei ole maastohavaintoja mutta ne vaikuttavat kallioperässä olevilta rikkonaisilta vyöhykkeiltä.

Nyt toteutetun karttatulkinnan mukaan laserkeilausaineistossa on tulkittavissa leukogabron eteläosassa, muodostuman koillisreunalla kalliolyrkänne suunnassa NW-SE. Gabroalueen sisällä jyrkänteestä lounaaseen on myös vastaavan suuntainen painanne. Nämä ovat pienempiä rakenteita kuin painovoimamittauslinjoille ulottuneet painanteet, mutta ehkä samaa tyyppiä. Yksi mutkittava koillis-lounassuuntainen vyöhyke kulkee myös gabroalueen poikki.

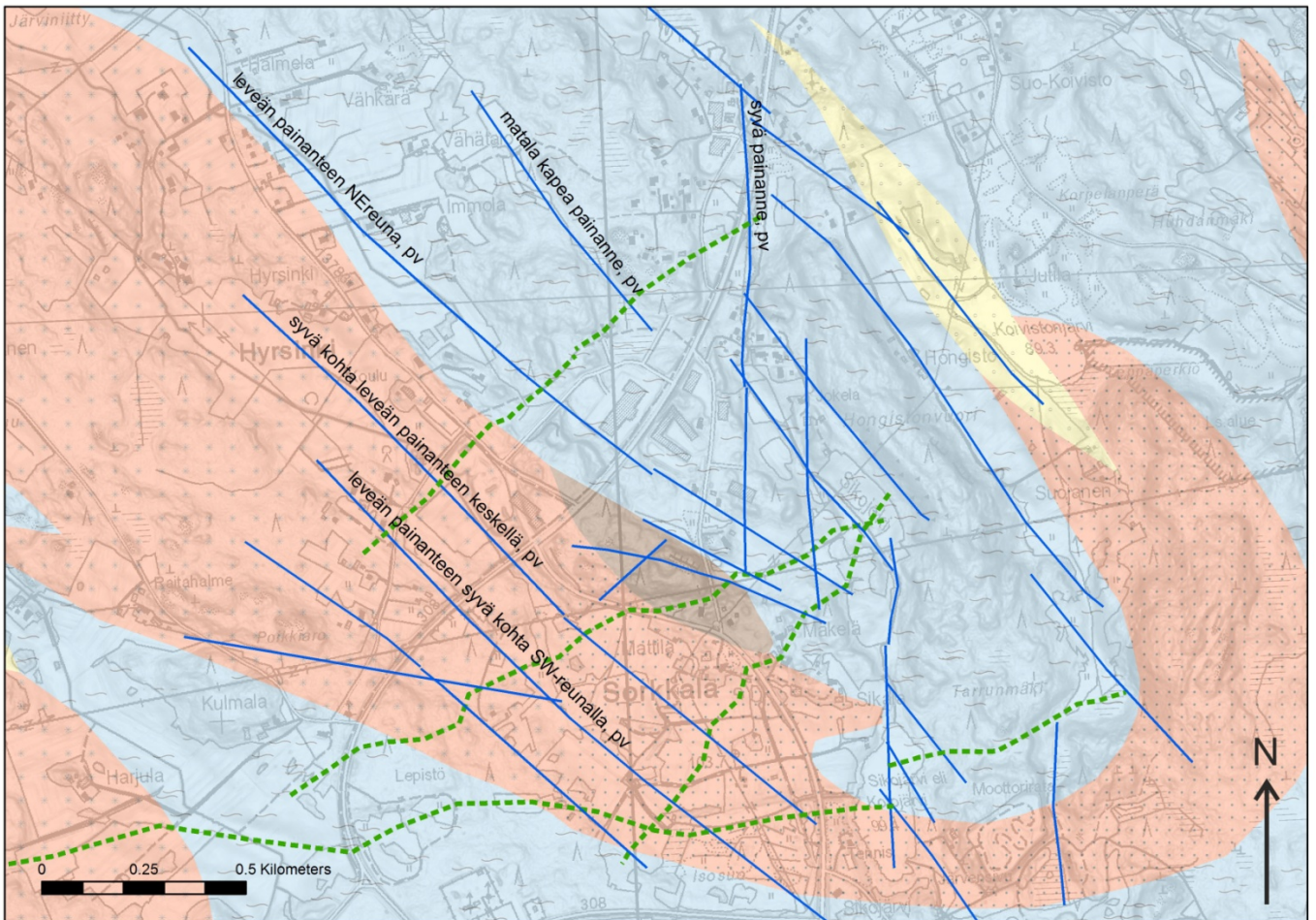
Gabroalueen sisällä ja kontakteissa sijaitsevien topografiaa säätelevien vyöhykkeiden rikkonaisuusominaisuudet olisi hyvä selvittää maastotutkimuksin. Tarkka heikkousvyöhyke- ja rakokartoitus sekä maastogeofysiikan tutkimukset antaisivat lisätietoa mm. kallion vedenjohtavuusominaisuuksista. Maastogeofysiikasta otollisia menetelmiä olisivat maatulka- ja ominaisvastusluotaukset, joilla päästään kiinni kallioperän vettä johtaviin rakenteisiin.

Maatulka- ja luotauksessa hyödynnetään sähkömagneettisia aaltoja, jotka lähetetään maankamaraan eri taajuuksilla. Aalto heijastuu takaisin sähköisiltä ominaisuuksiltaan erilaisilta rajapinnoilta, ja saapuvat signaalit kerätään peräkkäin yhdeksi muodostaen maatulka- ja luotauksen, joka on 2D-leikkaus maankamaraan rakenteesta. Tutkakuvasta voi nähdä maaperän eri maalajikerrokset, lohkareita ja kivikkoja, maaperän ja kalliion rajapinnan, sekä kalliion hauraita rakenteita. Linjoittain tapahtuva maatulka- ja luotaus on nopea menetelmä.

Monielektrodivastusluotauksella päästään kiinni melko pieniinkin rakenteisiin kallioperässä (10 cm mittausresoluutio). Toisaalta resoluution kasvaessa, mittaussyvyys vähenee ja mittausaika kasvaa. Kohdekohtainen sopiva resoluutio on löydettävissä ja mittaussuunnitelman tulkinta on nopeaa.



27.03.2014



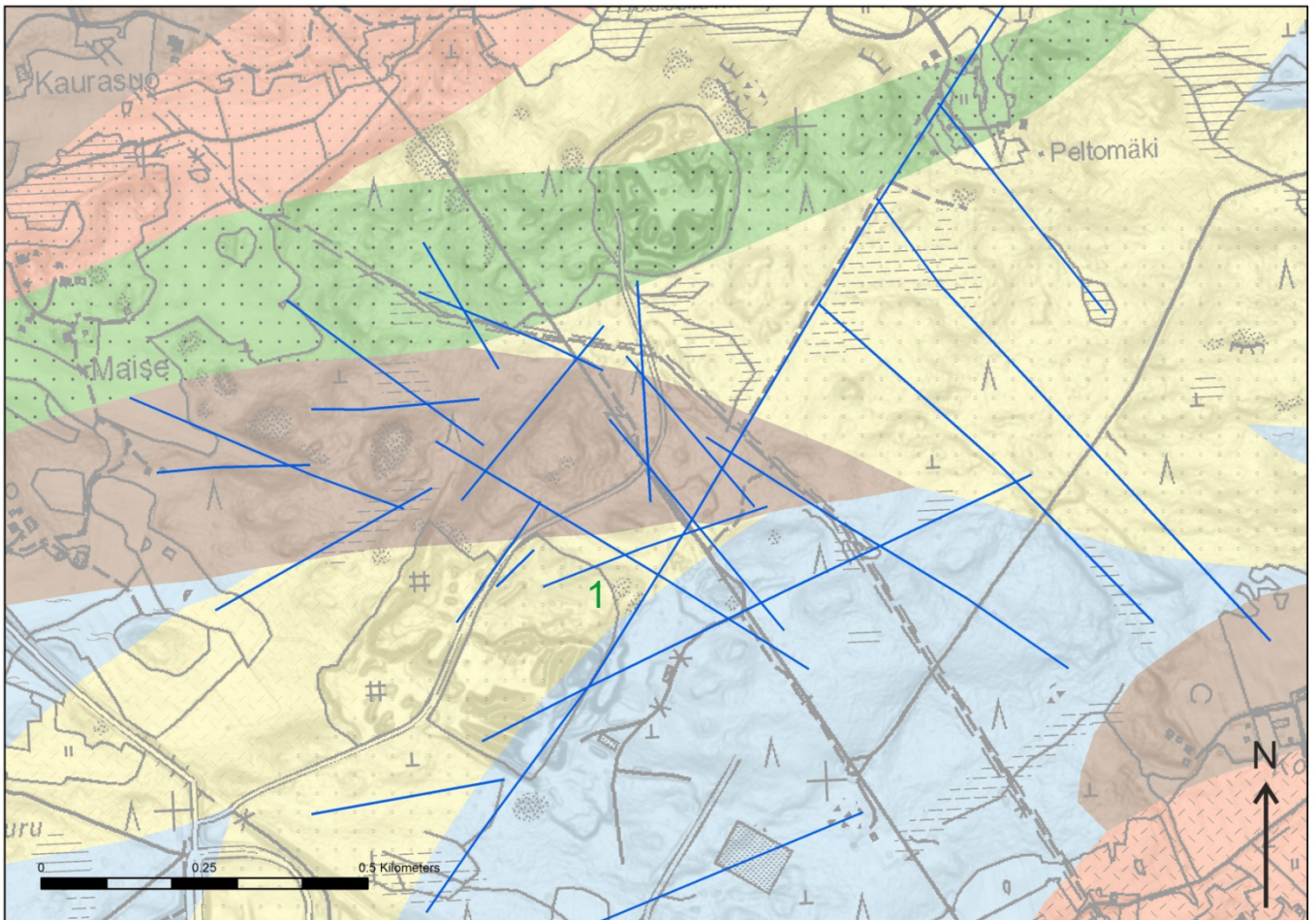
**Kuva 6.** Koiviston kohdealue. Heikkousvyöhyketulkinta sinisellä. Vihreät katkoviivat ovat kartta-aineistossa erotettavia rakenteita, joiden luonteesta ei ole tietoa. pv=linjalta painovoimamittaus. Pohjalla GTK:n kallioperäkarta, Suomen kallioperä - DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [viitattu 16.12.2013]. Versio 1.0. ja laseraineiston rinnekartta sekä pohjakartta © Maanmittauslaitos ja hallinnon tietokartat.

### 3.4 Marjamäki

Marjamäen kohde on osa laajempaa GTK:n kallioperäkartoituksessa gabroksi nimettyä muodostumaa (Kuva 7).

ASROCKS hankkeen Action 2 vaiheen tutkimuksissa alue kartoitettiin aiempaa tarkemmin ja jaettiin rae-koon ja koostumusvaihteluiden perusteella viiteen erilaiseen kivilajifaasiin. Aivan eteläosassa on granodioriittia, jota on louhittu jo aiemmin.

27.03.2014



**Kuva 7.** Marjamäen kohdealue. Heikkousvyöhyketulkinta sinisellä. Pohjalla GTK:n kallioperäkartta, Suomen kallioperä - DigiKP. Digitaalinen karttatietokanta [Elektroninen aineisto]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus [viitattu 16.12.2013]. Versio 1.0. ja laseraineiston rinnekartta sekä pohjakartta © Maanmittauslaitos ja hallinnon tietokartat.

ASROCKS hankkeen kartoitusten perusteella vanhan louhosalueen koilliseinämällä dioriitti on osaksi paikoin voimakkaasti ruhjoutunutta ja osaksi punaisen graniitin breksioimaa. Breksian alueella on kloriititirakopinnoilla kiisua ja paikoin ruosteisia rakopintoja. Epidoottituneita rakopintoja on puolestaan lohka-reissa. Voimakkain ruhje on louhoksen koillisenurkkauksessa (kohta 1 Kuvassa 7), jossa kivi muuttuu jo melkein kalliosaveksi. Ruhjeen mahdollinen suunta ei ollut mitattavissa.

Alueen koilliskulmassa havaittiin ASROCKS-hankkeen maastotöiden yhteydessä vettä vuotava rako, jonka purkausvedessä arseenipitoisuus oli kohonnut. Raon suunnasta ei ole mainintaa raporteissa mutta muistikuvan mukaan se olisi noin pohjoiskoillinen – etelälounassuuntainen.

Tulkituista heikkousvyöhykkeistä (Kuva 7) ei ole suoria havaintoja, mutta ympärillä on jonkin verran havaintoja vastaavan suuntaisista siirrosrakenteista. Etenkin NE-SW-suuntaisia haarniskapintoja on runsaas-

27.03.2014

ti ympäristössä. Niiden kaateet ovat 60-70 astetta luoteeseen. Kohdealueesta vajaan kilometrin päässä lännessä on vastaavan tyyppinen NE-SW-suuntainen topografinen ja magneettinen anomalia kuin itäpuolella kuvassa näkyvä pitkä NE-SW-suuntainen vyöhyke. Siitä on olemassa myloniittihavainnot (GTK, kallioperäkartoitus), joissa on jyrkkä kaade luoteeseen.

NW-SE-suuntaisia haarniskapintoja ja tiheää rakoilua on samansuuntaisten heikkousvyöhyketulkintojen läheisyydessä.

Alueen ulkopuolelta ympäristöstä on havainnot liuskeisuuden suuntaisesta rakoilusta (TAATA-hanke). Suunta on sama kuin tulkituilla ENE-SSW vyöhykkeillä. Rakojen kaateet ovat kaakkoon 80-85°.

**GTK**