



Esiselvitys Suomen grafiittipotentialista

Timo Ahtola & Janne Kuusela





GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

Päivämäärä / Dnro

Tekijät Timo Ahtola & Janne Kuusela		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja Geologian tutkimuskeskus	
Raportin nimi Esiselvitys Suomen grafiittipotentialista			
Tiivistelmä Luonnon grafiitti on yksi EU:n talouden kannalta kriittiseksi määritellyistä mineraaleista. Sitä käytetään tulenkestävissä sovelluksissa, jarrupaloissa, valimoteollisuudessa, kuivana voiteluaineena, teräksen valmistuksessa ja akkuteollisuudessa. Suomessa on 1760-luvun ja vuoden 1947 välillä hyödynnetty 30 suomugrafiittiesiintymää. Grafiitti on suhteellisen yleinen alkuaine Suomen kallioperässä, mutta nykymittakaavassa taloudelliset esiintymät ovat harvinaisia. Korkean metamorfoosias-teen metasedimentit ovat potentiaalisimpia alueita suomugrafiitin löytymiselle.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Teollisuusmineraali, grafiitti, suomugrafiitti, potentiaali			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi GTK arkistoraportti		Arkistotunnus 88/2015	
Kokonaissivumäärä 14	Kieli Suomi	Hinta	Julkiisuus Julkinen
Yksikkö ja vastuualue Etelä-Suomen yksikkö		Hanketunnus 2551015	
Allekirjoitus/nimen selvennys		Allekirjoitus/nimen selvennys	



GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

DOCUMENTATION PAGE

Date / Rec. no.

Authors Timo Ahtola & Janne Kuusela		Type of report Archive report	
		Commissioned by Geological Survey of Finland	
Title of report Esiselvitys Suomen grafiittipotentialista			
Abstract Since 2010, natural graphite has been listed as one of the critical minerals by EU commission. The major uses of natural graphite are refractory applications, brake linings, foundry industry, dry lubricant, steelmaking and battery industry. About 30 flake graphite deposits has been exploited in Finland from 1760s to the year 1947. The potential for new flake graphite discoveries in Finland is good. Areas with carboniferous gneisses and schists of high metamorphic grade are potential for new discoveries of flake graphite deposits.			
Keywords Industrial mineral, graphite, flake graphite, potential			
Geographical area Finland			
Map sheet			
Other information			
Report serial		Archive code 88/2015	
Total pages 14	Language Finnish	Price	Confidentiality Public
Unit and section Southern Finland office		Project code 2551015	
Signature/name		Signature/name	





Sisällysluettelo

Kuvailulehti Documentation page

1	JOHDANTO	1
2	KÄYTTÖ	1
3	VARANNOT, TUOTANTO JA HINTA	2
4	SUOMUGRAFIITIN YLEINEN GEOLOGIA	3
5	SUOMEN GRAFIITTIPOTENTIAALI	3
5.1	Historialliset viitteet ja tuotanto	3
5.2	Aikaisemmat tutkimukset	5
5.3	GTK:n tietokantojen viitteet	6

KIRJALLISUUSLUETTELO



1 JOHDANTO

Vuonna 2008 Euroopan komissio (COM, 2008) laati raaka-ainealoitteen, jonka seurauksena vuonna 2010 komission kokoama työryhmä määritteli EU:n talouden kannalta 14 kriittistä metallia ja mineraalia (European Commission, 2010). Grafiitti on yksi listalla olevista mineraaleista. Muut olivat antimoni, beryllium, fluoriitti, gallium, germanium, harvinaiset maametallit (REE), indium, koboltti, magnesium, niobi, platinaryhmän metallit (PGM), tantaali ja volframi. Vuoden 2014 päivityksessä (European Commission, 2014) listaan lisättiin boraatit, fosfaattia sisältävät kivet, kromi, koksi, magnesiitti ja metallinen pii. REE:t jaettiin raskaisiin ja kevyisiin. Tantaali poistettiin listalta ja grafiitti sai lisämääreen "luonnon" grafiitti. Grafiitin suhteen EU on 95 prosenttisesti riippuvainen tuonnista. Kiina on suurin tuottaja maailmassa ja sieltä tuodaan myös suurin osa EU:iin tuotavasta grafiitista. Grafiitin kierrätys on hyvin rajallista, koska sen hyvä saatavuus globaaleilla markkinoilla hidastaa kierrätyksen tehostumista.

Grafiitti nimen alle luetaan sekä synteettinen, että luonnon grafiitti. Synteettistä grafiittia valmistetaan hiilivedyn esiasteista kuten öljykoksista, raakaöljystä ja kivihiiilestä. Luonnon grafiittia esiintyy kolmessa eri muodossa: amorfisena (raekoko < 40 µm), juonina (palagrafiitti) ja suomuina (raekoko 1-25 mm, keskimäärin 2,5 mm). Juonigrafiitti on alkuperältään hydrotermistä ja amorfinen esiintymistavaltaan yleisintä, mutta heikkolaatuisinta. Tässä selvityksessä keskitytään suomugrafiittiin.

Suomessa ei ole ollut grafiittituotantoa vuoden 1947 jälkeen. Vaikka grafiitti on kohtalaisen yleinen mineraali Suomen kallioperässä, nykymittakaavassa olevia taloudellisesti hyödynnettäviä esiintymiä ei tunneta. Tämä selvitys on tehty Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Kriittiset mineraalit hankkeen puitteissa. Selvityksessä pyritään rajaamaan alueet, joissa tunnettujen viitteiden, potentiaalisten isäntäkivilajien ja metamorfoosiasteen suhteen on mahdollisuus taloudellisesti hyödynnettäville suomugrafiittiesiintymille. Viitteiden hakemisessa on käytetty GTK:n eri tietokantoja (mm. kallioperähavainnot, kairasydämet), metamorfoosikarttaa sekä erilaisia julkaisuja ja raportteja.

2 KÄYTTÖ

Grafiitti on kiinteän hiilen yleisin allotrooppi (muut: grafeeni, timantti, fullereeni ja nanoputki). Se koostuu päällekkäisistä yksikerroksisista hiilverkoista eli grafeeniverkoista. Yhden millimetrin paksuinen grafiittisuomu koostuu noin kolmesta miljoonasta grafeeniverkosta. Grafiitti on heksagoninen, pehmeä (Mohsin asteikolla 1-2) ja tahraava, harmaan musta sekä tiheydeltään kevyt ($d=2,09-2,23 \text{ g/cm}^3$) mineraali.

Grafiitin käyttö teollisuusmineraalina perustuu sen fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin. Sillä on hyvä tulenkestävyys (sulamispiste 3550 °C), korkea lämmön- ja sähkönjohtavuus, alhainen kitka ja se on kemiallisesti inertti.



Luonnon grafiittia käytetään tulenkestävissä sovelluksissa (esim. tiilet ja upokkaat), jarrupaloissa, valimo-teollisuudessa (muotit), kuivana voiteluaineena, teräksen valmistuksessa ja akkuteollisuudessa. Puhdistettu luonnon suomugrafiitti johtaa paremmin sähköä ja lämpöä kuin synteettinen. Lisäksi pallomaisen (spherical) grafiitin valmistus suomugrafiitista on noin puolet halvempaa kuin synteettisestä tehtynä. Pallomaista grafiittia käytetään anodimateriaalina Li-ioni akuissa. Juuri akkusovelluksissa käytettynä, grafiitille on ennustettu tulevaisuudessa eniten kasvua. Li-ioni akussa on 20-30 kertaa enemmän grafiittia kuin litiumia. Suomugrafiittia käytetään myös grafeenin valmistuksessa. Grafeeni on mekaanisilta ominaisuuksiltaan vahvin tunnettu materiaali, jolla on poikkeuksellisen hyvä sähkönjohtavuus. Lisäksi se on läpinäkyvä ja joustava. Siitä on ennustettu seuraavan sukupolven materiaalia, joka mullistaa elektroniikka-teollisuuden. Käyttökohteita on kehitteillä esim. aurinkokenno ja transistori sovelluksissa.

3 VARANNOT, TUOTANTO JA HINTA

Maailman tunnetut grafiittivarannot ovat yhteensä n. 800 Mt (USGS, 2015)

Vuonna 2013 maailmalla tuotettiin luonnon grafiittia yhteensä noin 1,11 Mt. Tästä Kiina tuotti 67 % (750 000 t). Muita merkittäviä tuottajia ovat Intia, Brasilia, Pohjois Korea, Kanada ja Venäjä. Näiden kuuden osuus maailmantuotannosta on yhteensä 97 % (USGS, 2015). Meksiko tuotti kaiken amorfisen grafiitin. Sri Lanka tuottaa ainoana maailmassa juonityypin grafiittia. Kiina, Kanada ja Madagaskar olivat suurimpia suomugrafiitin tuottajia.

Euroopassa oli vuonna 2013 grafiitintuotantoa Norjassa 6207 t ja Saksassa 269 t (British Geological Survey, 2015) sekä Itävallassa 500 t (USGS, 2015). Euroopan lähialueista Turkki tuotti samana vuonna amorfista- ja suomugrafiittia yhteensä 32 000 t (British Geological Survey, 2015). Suomugrafiitin hinta vaihtelee rikasteen tuhka- ja hiilipitoisuuden sekä raekoon ja raekokojakauman mukaan (Taulukko 1).

Taulukko 1. Suomugrafiitin hinta vaihtelee 550 ja 1150 \$/t välillä. Lähde: <http://www.indmin.com/Pricing.html>, 12.11.2015.

Graphite	Low	High
Graphite, Flake, 94-97% C, +80 mesh, FCL, CIF Europe port, \$/tonne	1050	1150
Graphite, Flake, 85-87% C, +100mesh -80mesh, FCL, CIF, Europe port, \$/tonne	550	600
Graphite, Flake, 90%C, -100 mesh, FCL, CIF, Europe port, \$/tonne	600	650
Graphite, Flake, 94-97%C, -100 mesh, FCL, CIF, Europe port, \$/tonne	750	800
Graphite, Flake, 94-97% C, +100 mesh-80 mesh, FCL, CIF European port, \$/tonne	900	1000
Graphite, Flake, 90% C, +80 mesh, CIF, Europe port, \$/tonne	750	850
Graphite, Flake, 90% C, +100 mesh -80 mesh, FCL, CIF, Europe port, \$/tonne	700	800

4 SUOMUGRAFIITIN YLEINEN GEOLOGIA

Suomugrafiittia esiintyy yleisesti korkean metamorfoosiasteen kiillegneisseissä, liuskeissa, kiillepitoisissa kvartsiiteissa ja marmoreissa. Myös joissakin syväkivissä kuten basalteissa, syeniiteissä ja pegmatiiteissa tavataan suomugrafiittia, mutta ne eivät muodosta taloudellisesti merkittäviä esiintymiä. Suomugrafiitin hiili on pääosin alkuperältään orgaanista. Esiintymät ovat usein kerrosmyötäisiä, jolloin yksittäisten kerrosten tai linssien paksuus vaihtelee muutamasta kymmenestä sentistä kymmeniin metreihin. Pituus on parhaimmillaan muutamia kilometrejä. Malmiot ovat muodoltaan levymäisiä tai linssimäisiä. Useimmat taloudelliset esiintymät ovat iältään arkeisia tai myöhäisproterotsooisia.

Geofysiikan menetelmistä elektromagneettinen lentomittausaineisto, sekä maastogeofysiikassa VLF sekä muut sähköiset menetelmät soveltuvat grafiitin etsintään, sillä hiilirikkaat grafiittiliuskeet ja gneissit ovat hyviä sähköjohteita, varsinkin silloin kun ainakin osassa esiintymää grafiittisuomut ovat kontaktissa toisiinsa. Myös IP mittausta käytetään, tosin se on usein osoittautunut liian herkäksi. Hyvälaatuiset grafiittiesiintymät eivät sisällä kiisuja, eivätkä siten aiheuta magneettisia anomalioita (Sarapää, 1988).

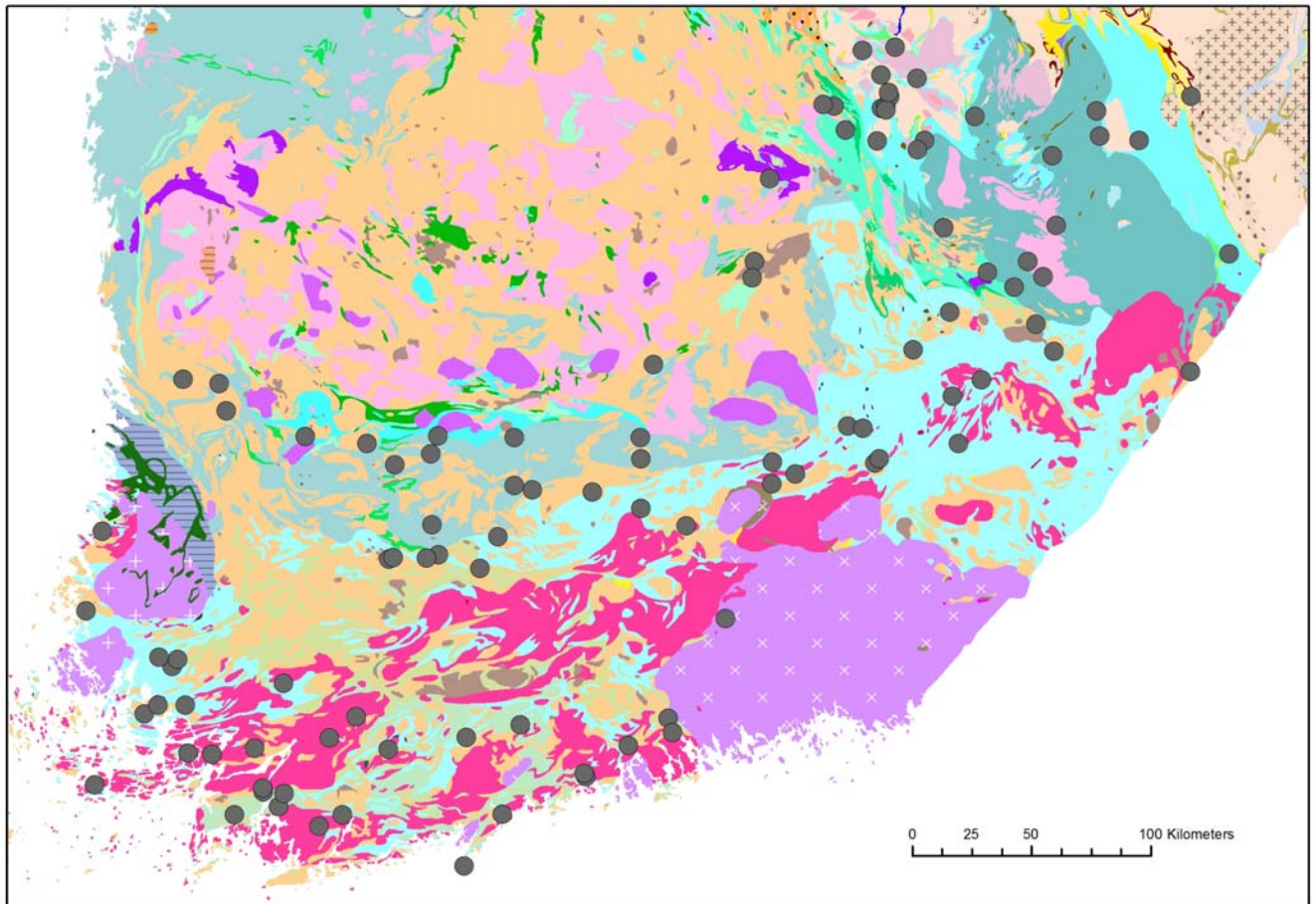
Maantieteellisesti grafiittiesiintymät ovat usein rykelminä. Grafiittisuomujen laatu (raekoko) kasvaa alueellisen metamorfoosiasteen kasvaessa. Korkean amfiboliitti- ja granuliittifasiuksen metasedimentit edustavat potentiaalisinta etsintäympäristöä.

Grafiittiesiintymän koko, pitoisuus ja tonnimäärä sekä grafiittisuomujen raekoko ja raekokojakauma ovat keskeisiä kriteerejä arvioitaessa suomugrafiittiesiintymää ja sen hyödynnettävyyttä. (Gautneb et al., 2000). Grafiittisuomut pyritään erottamaan isäntäkivestä mahdollisimman karkearakeisina, sillä mitä karkearakeisempi rikaste on, sitä korkeampi on sen hinta. Rikastusmenetelmänä käytetään usein monivaiheista vaahdotusta.

5 SUOMEN GRAFIITTIPOTENTIAALI

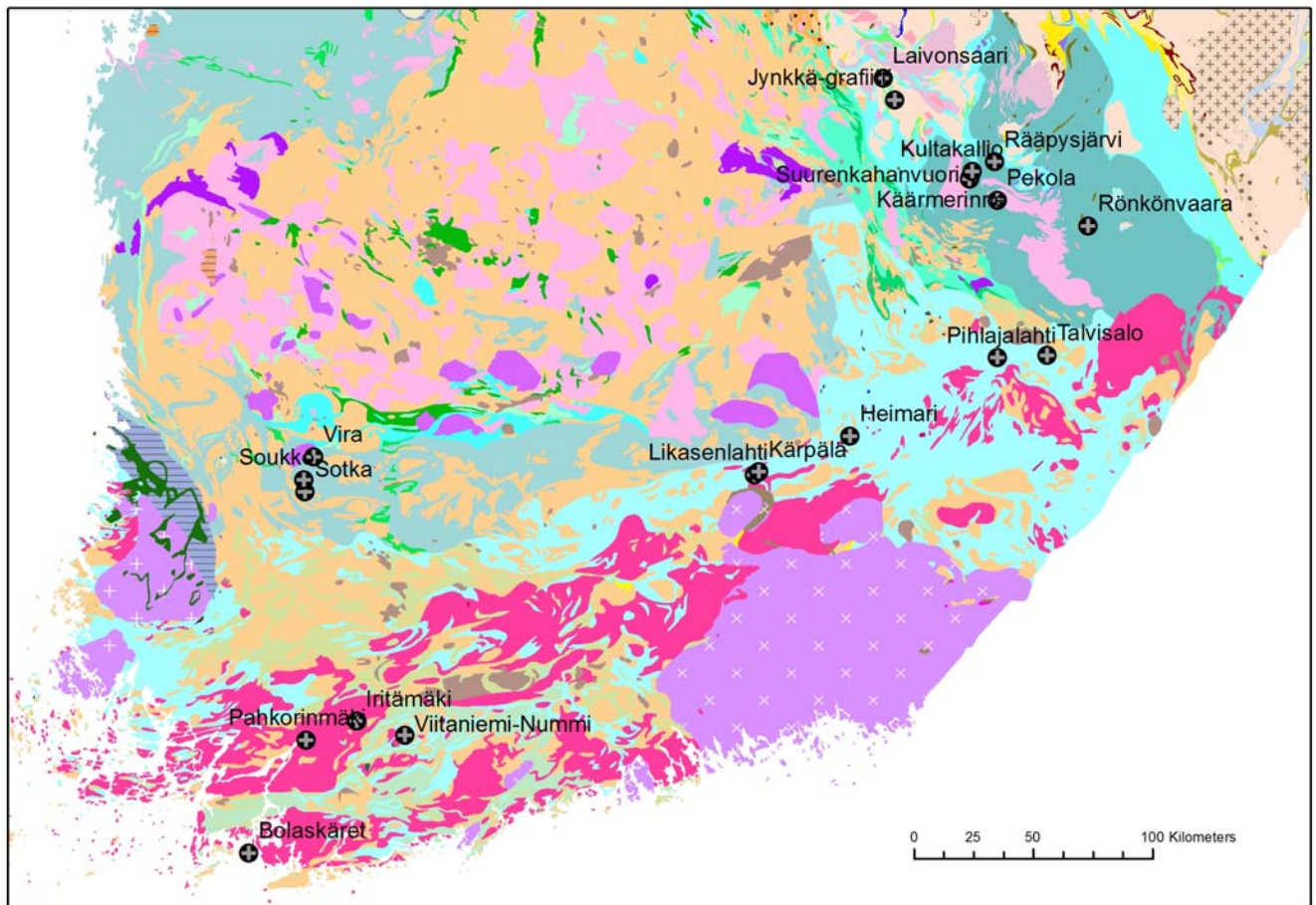
5.1 Historialliset viitteet ja tuotanto

Grafiitti on kohtalaisen yleinen mineraali Suomen kallioperässä. Laitakarin vuoden 1925 Suomen grafiittiesiintymiä käsittelevässä julkaisussa on kuvattu n. 120 grafiittiesiintymää ja viitettä lähinnä Etelä-Suomesta ja Savosta (Kuva 2). Näistä 16:sta mainitaan suomugrafiitti. Suomen mineraalien hakemistossa (Laitakari, 1967) grafiittiesiintymiä on lueteltu noin 170 kunnan alueelta (Hytönen, 1999).



Kuva 1. Laitakarim (1925) grafiittiesiintymät ja viitteet Suomen kallioperäkartalla (Korsman et al., 1997).

Puustisen 2003 tilastojulkaisun mukaan Suomessa on tuotettu grafiittia 1760-luvun ja vuoden 1947 välillä yhteensä 30:stä eri grafiittiesiintymästä (Kuva 1). Näistä kymmenen sijaitsee nykyisin Venäjän-Karjalan alueella. Suomen nykyisten rajojen sisällä sijaitsevien 20 esiintymän kokonaislouhinta on ollut yhteensä n. 14 000 t, josta malmia on rikastettu n. 1800 t. Tästä merkittävin osa on louhittu Mäntyharjun Kärpälän esiintymästä, jossa kokonaislouhinnan ja rikastetun malmin määrä on ollut 10 000 t ja 600 t. Esiintymä on ollut toiminnassa 1800-luvun puolessa välissä, 1900-luvun alkupuolella sekä vuosina 1936-1947. Esiintymän hiili (grafiitti) pitoisuus on 39 %. Edellä mainitut tunnetut esiintymät ovat tiedossa olevilta osiltaan nykymittakaavassa vaatimattomia grafiittirikkaita linssejä kiillegneississä, mutta osoittavat silti, että alueella on isäntäkilvilajien ja metamorfoosin suhteen mahdollisuus suomugrafiitin esiintymiseen.



Kuva 2. Vanhat 1760-luvulta vuoteen 1947 hyödynnetyt grafiittikaivokset Suomessa. Kolme lukuun ottamatta (Bolaskäret, Pahkorinmäki ja Rönkönvaara) kirjallisuudesta löytyy maininta, että kyseessä suomugrafiittiesiintymä.

5.2 Aikaisemmat tutkimukset

Viimeisin Geologian tutkimuskeskuksen tekemä laajempi grafiittitutkimus on tehty 1980-luvun alussa, energiakriisin jälkimainingeissa. Tavoitteena oli energiantuotantoon sopivien, riittävän suurikokoisten ja hiilirikkaiden grafiittiesiintymien paikallistaminen geologisin ja geofysikaalisin menetelmin sekä löydettyjen esiintymien hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen (mm. Sarapää, 1982 & Sarapää et al., 1984a). Painopisteenä oli tuolloin amorfista grafiittia sisältävät esiintymät. Kiihtelysvaaran Hyypiän (Sarapää et al., 1984b) ja Juuan Polvelan (Sarapää et al., 1984c) grafiittiesiintymät olivat projektin aikana kiinnostavimmat esiintymät, joissa tehtiin myös kohteellisia tutkimuksia. Lupaavimmiksi jatko-



GTK

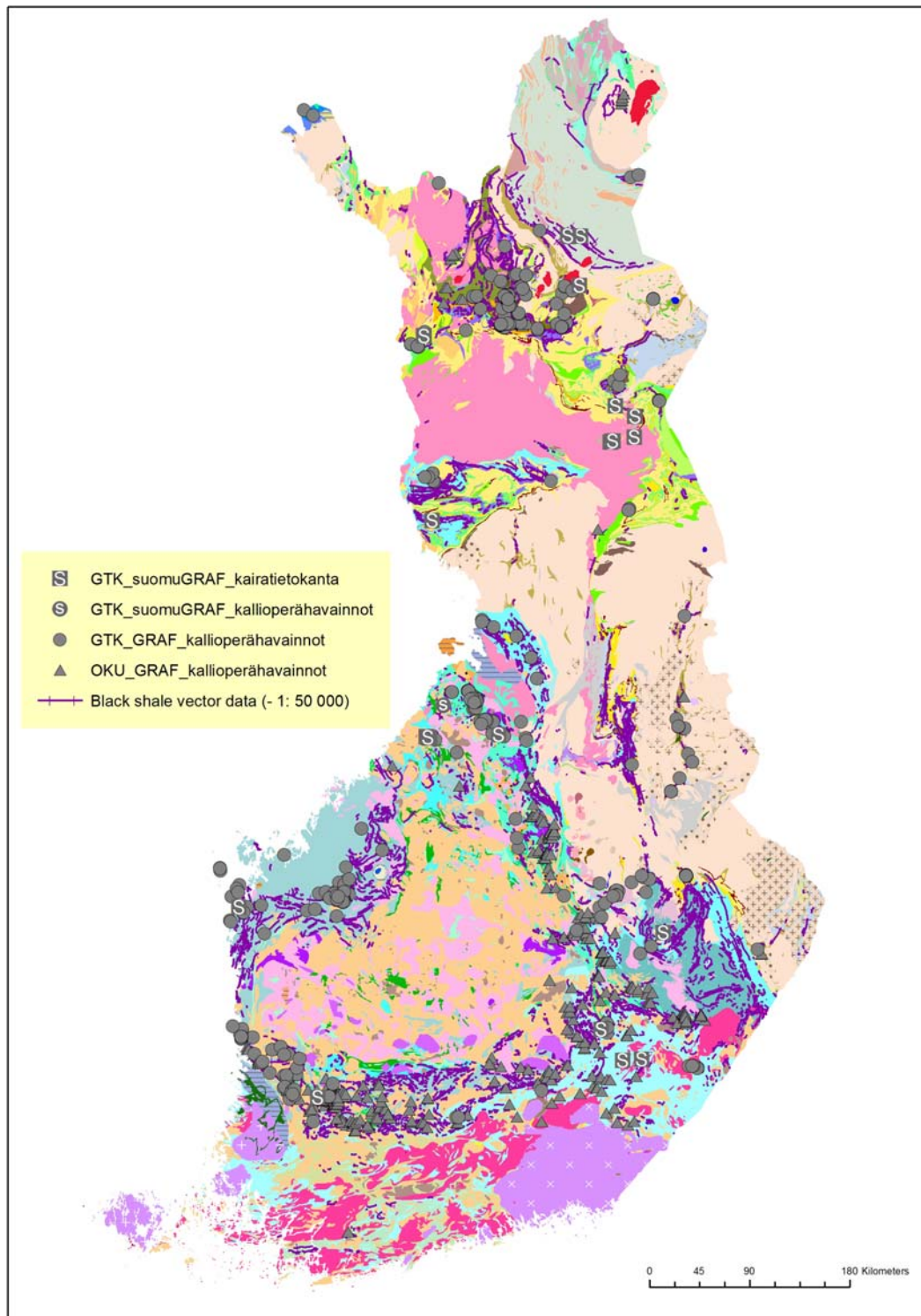
tutkimuskohteiksi valittiin Peräpohjan liuskejakson luoteisosa, Keski-Lapin liuskealue, Merijärven grafiittiaiheen ympäristö ja Tampereen liuskejakso Orivesi - Padasjoki - Kuhmoinen -alueen osalta.

Nurmelan vuoden (1989) katsauksessa Suomen grafiittiesiintymiin on selvitetty suomugrafiittiesiintymien löytymismahdollisuuksia Suomessa. Raportissa kuvataan tiedossa olleet esiintymät 24 kunnan alueelta. Esiintymät ovat pääasiassa samoja, jotka on lueteltu tämän selvityksen edellisissä osioissa. Katsauksessa kohteet on jaettu kahteen luokkaan, vanhoihin esiintymiin ja muihin esiintymiin. "Vanhat esiintymät" ovat pieniä grafiittilouhoksia, joiden grafiitti on selvästi suomumaista ja siten käyttökelpoista teollisuusmineraaliksi. Suomukoko vaihtelee 0,1 millimetristä 1 millimetriin ja hiilipitoisuus 10 %:sta yli 50 %:iin. Ne ovat kooltaan tavallisesti vain muutamia neliömetrejä, eikä niiden ympäristöä ei ole tutkittu. Grafiittia on louhittu vain sieltä, mistä sitä on ollut helpoiten saatavissa. Otollisina tutkimuskohteina on mainittu Piippumäki ja Kärpälä Mäntyharjulla, Ala-Heimari ja Laasolanmäki Ristiinassa, Haapamäki Leppävirralle sekä pienet grafiittiesiintymät Vammalassa. "Muut esiintymät" ovat pääasiassa mustaliusketyypisiä ja ne liittyvät usein laajoihin mustaliuskevyöhykkeisiin. Grafiitti on niissä tavallisesti pölymäistä tai hienosuomuista, mutta niihin saattaa liittyä myös karkeasuomuisia osueita. Hiilipitoisuus vaihtelee, mutta useimmiten se on 10-20 %. Suomugrafiitin etsinnän kannalta otollisimpina kohteina on mainittu Luhanگان Tammijärvi ja Ylitornion Merivaara. Tämänkin yhteenvedon tuloksissa korostuu metamorfoosin merkitys. Suomugrafiitin suhteen potentiaalisimpien alueiden katsotaan esiintyvän pääasiassa korkean metamorfoosiasteen gneissiympäristössä.

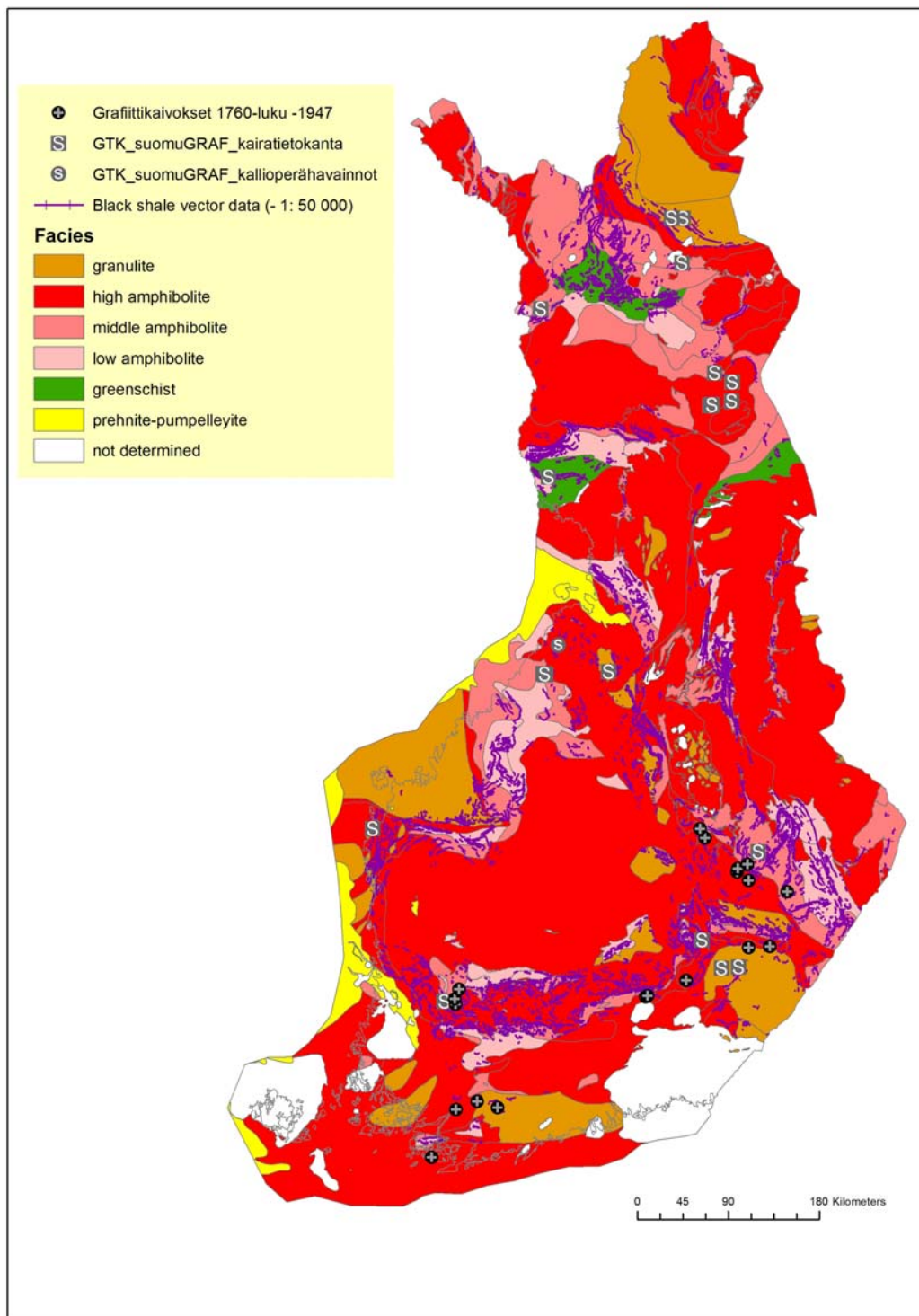
5.3 GTK:n tietokantojen viitteet

Kuvassa 3 olevat grafiittiviitteet sisältävät kaikki ne GTK:n kallioperähavainnot, joissa on mainittu suomugrafiitti (GTK_suomuGRAF_kallioperähavainnot) sekä kaikki GTK:n ja Outokumpu Oy:n havainnot joissa on mainittu grafiitti (GTK_GRAF_kallioperähavainnot & OKU_GRAF_kallioperähavainnot). Kairatietokannasta on haettu kairareitit joissa on mainittu suomugrafiitti (GTK_suomuGRAF_kairatietokanta). Lisäksi mukana on GTK:n kallioperäkarttatietokannan (DigiKP) karttataso mustaliuskeista. Korkean metamorfoosiasteen mustaliuskeet ovat potentiaalisia isäntäkiviä taloudellisille grafiittiesiintymille (Loukola-Ruskeeniemi, 1992).

Erilaisia grafiittiviitteitä löytyy käytännössä kaikista Suomen kallioperän liuske- ja migmatiittivyöhykkeistä. Suurin osa niistä kuitenkin sijoittuu Tampereen-, Pirkanmaa-, Saimaan-, Outokummun-, Savon-, Pohjanmaan- ja Keski-lapin vyöhykkeisiin. Suomugrafiitiksi tulkittuja viitteitä on määrällisesti edellisiä selvästi vähemmän ja ne sijaitsevat pääosin alueilla joissa metamorfoosiaste on keskiasteen amfiboliittifasies tai sitä korkeampi (Kuva 4). Käytännössä siis kaikki alueet, jotka sisältävät viitteitä hiilipitoisista liuskeista ja gneisseistä (grafiittihavainnot + mustaliuskeet) sekä sijaitsevat korkean metamorfoosiasteen alueilla ovat suomugrafiitin suhteen potentiaalisia. Etelä-Suomessa tällaisia ovat esim. Uudenmaan- ja Saimaan liuskealueiden granuliittifasiuksen alueet sekä Pirkkalan migmatiittialue. Pohjois-Suomessa potentiaalisia ovat esim. Lapin granuliittivyöhykkeen lounaisreuna ja sen eteläpuoliset migmatiitit. Myös sähköiset geofysiikan anomaliat ja erityisesti ne joihin ei liity magneettista anomaliaa ovat mahdollisesti grafiitin aiheuttamia.



Kuva 3. GTK:n tietokannoista kerätyt Grafiitti- ja suomugrafiittiviitteet sekä mustaliuskeet.



Kuva 4. Suomugrafiittiviitteet ja mustaliuskeet metamorfisella fasiskartalla (Hölttä et. al, unpublished data).



KIRJALLISUUSLUETTELO

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. 2015. European mineral statistics 2009-13. (Keyworth, Nottingham: British Geological Survey.)

COM, 2014. Report on critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. European Commission. 41p.

COM, 2010. Critical raw materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. European Commission. 85p.

COM, 2008. 699, the raw materials initiative — meeting our critical needs for growth and jobs in Europe. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Brussels, SEC(2008) 2741. 13p.

Gautneb, H. & Tveten, E. 2000. The geology, exploration and characterisation of graphite deposits in the Jennestad area, Vesterålen, northern Norway. *Norges geologiske undersøkelse Bulletin 436*, 67-74.

GTK Bedrock Map Database (DigiKP 2.0)

Hytönen, K. 1999. Suomen Mineraalit. Geologian tutkimuskeskus. Erillisjulkaisu. 399 s. 214 kuvaa ja yksi taulukko.

Korsman, K., Koistinen, T., Kohonen, J., Wennerström, M., Ekdahl, E., Honkamo, M., Idman, H. & Pekkala, Y. (editors) 1997. Suomen kallioperäkarta - Berggrundskarta över Finland - Bedrock map of Finland 1:1 000 000. Geological Survey of Finland, Espoo, Finland.

Laitakari, A. 1967. Suomen mineraalien hakemisto. Index of Finnish minerals; with bibliography. Geological Survey of Finland, Bulletin - Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 230. 842 p.

Laitakari, A. 1925. Die Graphitvorkommen in Finnland und ihre Entstehung. Geologinen Komissioni. Geoteknillisiä julkaisuja. N:o 40.

Loukola-Ruskeeniemi, K. 1992. Geochemistry of Proterozoic metamorphosed black shales in eastern Finland, with implications for exploration and environment studies. Geological Survey of Finland, Erikoisjulkaisut - Special Publications, Vol. 9.



Nurmela, P. 1989. Katsaus Suomen grafiittiesiintymiin. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti M81/1989/1.

Puustinen, K. 2003. Suomen kaivosteollisuus ja mineraalisten raaka-aineiden tuotanto vuosina 1530-2001, historiallinen katsaus erityisesti tuotantolukujen valossa. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti, M10.1/2003/3. 578 s.

Sarapää, O. 1988. Grafiitti. In: Haapala, I. (toim) Suomen teollisuusmineraalit ja teollisuuskivet. Yliopistopaino. s. 66-73.

Sarapää, O. & Kukkonen, I. 1984a. Grafiittiesiintymistä ja niiden energiakäyttömahdollisuuksista. Loppuraportti kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosaston rahoittamasta grafiittitutkimuksesta (v.1981-1983). Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti M81/1984/3. 32 s., 4 liites.

Sarapää, O. & Kukkonen, I. 1984b. Grafiittitutkimukset Kiihtelysvaaran Hyypiässä vuosina 1981 - 1983. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti M81/4241/-84/2. 30 s., 22 liites.

Sarapää, O. & Kukkonen, I. 1984c. Grafiittitutkimukset Juuassa vuosina 1982 - 1983. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti M81/4311/-84/1.

