

Fennoskandian malmiesiintymätietokanta ja -kartta

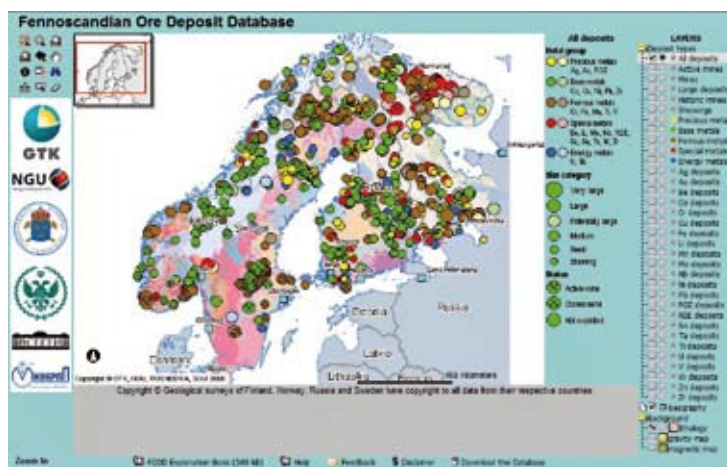
Fennoskandian kaivostoiminnan historia ulottuu historian hämääriin. Esimerkiksi Falunissa on tuotettu kuparia jo 700-luvulla (Eriksson ja Qvarfort 1996), ja Bergslagenin malmit olivat suurvaltakauden Ruotsin tärkeä tukipylväs. Suomen ja Karjalan rautakauden mahdollisti suo- ja järvimalmien käyttö. Nykyisin Fennoskandia (prekambrinen kilpi + Kaledonidit) on yksi Euroopan tärkeimpiä kaivosseutuja. Huolimatta vuosisatojen malminetsinnästä ja kaivostoiminnasta alueen malmipotentiali on yhä huomattava. Tästä ovat osoituksena viime aikoina lähes vuosittain raportoidut uudet löydöt ja kaivosten avaaminen sekä se, että vuonna 2007 Fennoskandiassa oli useampi yhtiö malminetsintätoimissa kuin koskaan.

Numeeriset tietokannat ovat yksi malminetsinnän perustyökaluista. Esiintymätietokantoja käytetään varsinkin, kun valitaan suuria kohdealueita tarkempaan tarkasteluun. Tähän mennessä saatavilla olleet esiintymätietokannat ja -kartat ovat olleet rajallisia: ne ovat joko kattaneet vain yhden valtion alueen, pienen osan Fennoskandiaa, sisältäneet vain suurimmat kaivokset tai keskittyneet yhteen tai muutamaan metalliin tai mineraaliin (vrt. Juve ja Størseth 2000, Puustinen *et al.* 2000, GEODE 2001, Korovkin *et al.* 2003, Goselin ja Dube 2005). Yhtenäistä, koko Fennoskandian kattavaa esiintymätietokantaa tai -karttaa ei ole ollut olemassa.

Norjan, Ruotsin, Suomen ja Venäjän geologiset tutkimuskeskukset (NGU, SGU, GTK, VSEGEI) tekivät ja julkaisivat äskettäin Fennoskandian

geologisen kartan (Koistinen *et al.* 2001). Tämän työn jatkumona syntyivät myös metalliset malmiesiintymät kattava tietokanta ja esiintymäkartta. Tietokanta ja sen selityskirja (Eilu *et al.* 2007) ovat nyt saatavilla Internetissä (<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/fodd/>). Tuon nettisivun kautta pääsee myös näppärälle karttapalvelimelle, jolla voi tarkastella tietokannan sisältöä oman mielen mukaan (kuva 1). Fennoskandian malmiesiintymäkartta painettiin vuoden 2008 alussa mittakaavassa 1:2 000 000 (Eilu *et al.* 2008), ja se on saatavilla kaikkien projektiin osallistuneiden organisaatioiden kautta.

Tietokannan lyhenteeksi muodostui jo varhaisessa vaiheessa ”FODD”. Siihen kelvatakseen pitää niin kaivoksen kuin hyödyntämättömänkin esiintymän täyttää seuraavat kaksi ehtoa: 1) Tiedossa pitää olla ainakin jonkinlainen malmiarvio, vaikkapa vain ns. geologinen *in situ* arvio. Toki olisi ollut tyylikkääntä jos olisimme voineet ottaa vain tuotantoluvut ja sellaiset resurssiarviot, jotka täyttävät tämän päivän ”länsimaiset” standardit (esim. *Australasian Joint Ore Reserves Committee* 2004, NI 43-101 2006). Tähän ei kuitenkaan voitu mennä, sillä monesta esiintymästä ei ensinkään ole niin uutta kokotietoa, että edellä mainittuja koodeja olisi voitu niissä soveltaa, kun malmiarviot tehtiin; lisäksi Venäjällä on käytössä oma koodistonsa, jonka vertaaminen Australian tai Kanadan koodiin on hankalaa. Tästä(kin) johtuen FODD:ssa on erikseen kenttä, jossa annetaan malmiarvion tietolähde. 2) Esiintymän laskennallisesta arvosta pääosan



Kuva 1. Fennoskandian malmiesiintymätietokannan karttapalvelin Internetissä.

Figure 1. Map server of the Fennoscandian Ore Deposit Database in the Internet.

pitää muodostaa yksi seuraavista metalleista tai jokin niiden yhdistelmä: Ag, Au, Be, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, REE, Sc, Sn, Ta, Ti, U, V, W, Y, Zn ja Zr. Teollisuusmineraali- tai jalokiviesiintymiä kannassa ja kartalla ei siten ole. Siellä ei myöskään ole sellaisia esiintymiä, joissa metallit ovat vain sivutuote: tällaisiahan ovat mm. ne Suomen talkkikaivokset, joista sivutuotteen saadaan nikkeliä.

Fennoskandian malmiesiintymätietokanta ja -kartta on laadittu siten, että esiintymien kaikki keskeiset piirteet on esitetty mahdollisimman yhtenäisesti. FODD:ssa on nimi-, paikka-, koko- ja pitoisuustieto, tietoa kaivostoiminnasta, geologisesta asemasta, malmimineralogiasta, malmiutusprosessista ja sen iästä, malmin muodosta ja sen tektonisesta kontrollista sekä muutama keskeinen lähdeviite (taulukko 1). Kannassa on useita kenttiä, joissa on sallittu käyttää vain tiettyjä, projektiryhmän yhdessä sopimia termejä. Niinpä esim. kivilajinimissä on pitäydytty kansainvälisesti hyväksytyyn terminologiaan (Streckeisen 1967, 1980), jota on täydennetty vain, kun on ollut aivan välttämätöntä. Tällaisista tiukoista periaatteista huolimatta on FODD:n käyttäjän syytä pitää mielessä, että aineistoa on neljästä eri maasta ja sitä on kantaan toimittanut vielä useampi henkilö, joten aineisto ei sittenkään ole aivan täysin yhtenäistä, minkä allekirjoittanut projektin koordinaattorin ominaisuudessa valittaen toteaa. FODD:n kentät on kuvattu tarkemmin selityskirjassa (Eilu *et al.* 2007).

Niin karttaa kuin tietokantaakin varten esiintymät jaettiin kokoluokkiin. Jotta varsinkin monimetalliesiintymiä saatettiin verrata toisiinsa, päädyimme muuttamaan tonnit ja pitoisuuden rahaksi. Käytimme tähän metallien kuukausittaisia keskihintoja ajalta 1995–2005. Samaa periaatetta on eräissä aikaisemmissakin töissä noudatettu (mm. Lafitte 1984, Puustinen *et al.* 2000), tosin käytetyt metallien hinnat ovat aina olleet lyhemmiltä ajankajoilta, ja kun emme parempaakaan keksineet, päädyimme mekin moiseen. Tätä valintaa saa aivan vapaasti arvostella, ja jos joku osoittaa meille menetelmän, joka toimii paremmin tälle aineistolle, otamme sen ilolla käyttöömmme! Tästäkin tematiikasta ja kokoluokista yleensä on laajempi selvitys FODD:n selityskirjassa (Eilu *et al.* 2007).

FODD:ssa on nyt 943 kaivosta ja muuta esiintymää. Näistä 292 on Suomesta, 154 Norjasta, 237 Venäjältä ja 260 Ruotsista. Tuotannossa olevia kaivoksia on 42 ja suljettuja kaivoksia 232. Lisäksi Fennoskandiassa on ainakin 42 suurta metalliesiintymää (metallisisältö vastaa arvoltaan >600 000 t

Taulukko 1. FODD:n kentät. Kentät, joissa esiintymästä on aina tietoa, on osoitettu merkillä #.

Table 1. Data fields in the FODD.

Field name (# = compulsory field)
ID_Nat
Updated
Name
Alternative_names
#Location (3 fields): Country, Latitude, Longitude
Geological_district
Metallogenic_district
Status
Mining_method
When_mined
Commodities (4 fields): # Main_metals, Other_metals Classification: Metal_group, Metal_subgroup
Size of deposit (5 fields): # Size_category, Resources_Mt, Reserves_Mt, Mined_Mt, # Total_tonnage_Mt
Ore grade
Ore_mineralogy
Host rocks
Adjacent rocks
Age_of_host_rocks
Radiometric_age_of_host_rocks
Age_of_mineralisation
Radiometric_age_of_mineralisation
Regional_metamorphic_grade
Alteration
Genetic_type
Form (3 fields): Shape, Structure, Texture
Tectonic_control
Main direction of deposit (3 fields): Strike, Dip, Plunge
Ore_mineral_distribution
Reference_to_deposit_size
Comments
Bibliography

kuparia), jotka eivät koskaan ole olleet tuotannossa. FODD-aineistossa on myös 41 hyödyntämätöntä esiintymää, jotka ehkä menevät suurten esiintymien luokkaan, mutta joiden kokoarvio perustuu niin vähäiseen kairaukseen, että kokoarvio on vain viitteellinen. Joistain esiintymistä on helppo arvata, miksi niitä ei suuresta koostaan huolimatta ole tutkittu enempää, mutta joukossa on sellaisiakin, jotka mielestäni vain odottavat tarkempia töitä ja hyödyntämistä. Ehkä joissain tapauksissa kannattava hyödyntäminen vaatii uutta teknologiaa, kuten Talvivaaraan rakenteilla oleva nikkelikaivos on osoittanut: tuleeko esim. Sokli muuttumaan esiintymästä malmiksi vastaavalla tavalla?

FODD-aineistosta voi vetää monia muitakin johtopäätöksiä. Seuraavassa muutama sellainen, joita malminetsinnästä kiinnostunut voisi tehdä; joillakin alla listatuista voisi (saisi?) olla merkitystä myös aluepoliittisessa päätöksenteossa:

- 87 % esiintymistä on neoarkeisilla ja proterotsooisilla vihreäkivi- ja liuskejaksioilla. Pitääkö etsintä jatkossa kohdistaa vain niille alueille?
- Vain 14 % kohteista on ensisijaisesti jalometalliesiintymiä. Tämä on vähemmän kuin samanlaisilla, suhteellisen kauan malminetsinnän kohteena olleilla seuduilla muualla maailmassa. Missä ovat ”puuttuvat” kulta- ja PGE-esiintymät; tunnetaanko ne jo, mutta malmiarvioita ei ole, kun ei ole kairattu tarpeeksi?
- Parhaat mahdollisuudet löytää lisää Ni±Cu±PGE-esiintymiä lienevät mafisissa ja ultramafisissa intruusioissa. Merkittävää Ni-potentiaalia on myös karjalaisissa mustaliuskeissa. Mutta miksi Fennoskandian komatiiteista ei tunneta isoja Ni-esiintymiä?
- Paras VMS-potentiaali lienee Vihannin–Pyhäsalmen, Skellefteån ja Bergslagenin vyöhykkeillä sekä osassa Kaledonideja.
- Outokumpu- ja Talvivaara-tyypin esiintymiä tunnetaan näköjään vain itäisestä Suomesta. Voisiko niitä olla myös Venäjän puolella Karjalassa?
- Paras rautapotentialiaali näyttää olevan Pohjois-Ruotsissa (tämä hyvän Fe-potentiaalinalue ulottuu idässä Kolariin asti) ja arkeisissa rautamuodostumissa Venäjällä.
- Kromipotentiaali näyttäisi rajautuvan eräisiin paleoproterotsoosiin kerrosintrusioihin.
- Titaania ja vanadiinia on runsain mitoin eräissä 2,45, 2,05 ja 1,88 Ga ikäisissä kerrosintrusioissa sekä (titaania) Lounais-Norjan 920–930 Ma ikäisissä mafisissa intrusioissa.
- Onko merkittävää Mn- ja W-potentiaalia vain Bergslagenissa?
- Sokli–Kovdor–Lovozero-seudun karbonaatiitit ja alkaliset intruusiot muodostavat ylivoimaisesti suurimmat REE ± Nb, Ta, Zr -varannot Fennoskandiassa. Kannattaako näitä metalleja muualta etsiä? Eivätkö sentään pienemmätkin esiintymät olisi kannattavia, jos pitoisuudet vain ovat riittävät ja sijainti sopiva (esim. Rosendal Kemiössä)?
- Suurimmat litiumesiintymät näyttävät myös olevan Kuolassa. Tästä huolimatta ollaan merkittävästi pienempiä esiintymiä ottamassa tuotantoon Keski-Pohjanmaalla. Tämä osoittaa kauniisti sen, että yksin esiintymän koko ei sen kannattavuutta ratkaise, vaan mm. tarjolla oleva infrastruktuuri ja yhteiskuntariskin suuruus ovat myös hyvin merkittäviä tekijöitä.
- Kertooko aineisto *red bed*- (metamorfoitumatomat keskiproterotsooiset hiekkakivet kilven reunoilla), SEDEX-, MVT-, Irlannin tyyppin Pb-Zn-, porfyryri- (Aitik, Pellapahk, Nordli, Lobash) tai epitermisten esiintymien potentiaalista mitään? Yksittäisiä viitteitä on sieltä täältä, kuhunkin esiintymätyyppiin ”sopivista” geologisista ympäristöistä.
- Suuria uraanesiintymiä näyttäisi olevan vain Ruotsin paleotsooisissa alunaliuskeissa. On kuitenkin huomattava, että erityisesti uraanin suhteen on Venäjältä saatu aineistoa vähän: ehkä myös siellä on suuria esiintymiä, esimerkiksi hiekkakiviin tai epäjatkuvuuspintoihin liittyviä tapauksia.

FODD-tietokantaa on tarkoitus päivittää vuosittain ja esiintymäkartan seuraksi on tarkoitus luoda Fennoskandian metallogeeninen kartta vuoden 2009 loppuun mennessä – mikäli rakenteellinen byrokratia ei tälle työlle esteitä aseta. FODD, Fennoskandian metallisten malmien esiintymäkartta ja mahdollinen metallogeeninen kartta ovat ennen kaikkea työkaluja alueelliseen malminetsintään, metallogeeniseen tutkimukseen ja päätöksentekoon. Jokainen tutkija ja organisaatio käyttäköön niitä omiin tarkoituksiinsa, jotka toivotavasti edistävät kansalaisten hyvinvointia täällä pohjoisen ulottuvuuden ytimessä.

Abstract

The public-domain Fennoscandian Ore Deposit Database (FODD) contains data on more than 900 metal mines, unexploited deposits and significant occurrences within Fennoscandia (the Precambrian shield and the Caledonides; Norway, Sweden, Finland, and NW Russia). Information on the deposits includes the location, mining history, tonnage and commodity grades with a comment on data quality, geological setting, age, ore mineralogy, style of mineralisation, genetic models, and the primary sources of data. Information on mineral resources is mostly based on in situ geological estimates, which should not be confused with the present industrial resource and reserve standards. The information in the database is collected from public sources of data including published literature, archive reports, press releases, company Internet pages, and interviews of exploration geologists. The database is constructed as a joint project between Geological Survey of Finland (GTK), Geological Survey of Norway (NGU), the Federal Agency of Use of Mineral Resources of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation (ROSNEFRA) - VSEGEI, SC Mineral (Russia), and Geological Survey of Sweden (SGU). The FODD is hosted by the exploration pages of Geological Survey of Finland (<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/fodd>) and is accessible via the Internet through the web pages of the participating organisations. In addition, the Metallic Mineral Deposit Map of the Fennoscandian Shield, in scale 1:2,000,000, was published in February 2008. This map depicts all occurrences of the FODD database, except showings, plotted on the geological map of the region.

Pasi Eilu

Geologian tutkimuskeskus
PL 96
02151 Espoo
Email: pasi.eilu@gtk.fi

Kirjallisuusviitteet

- Australasian Joint Ore Reserves Committee 2004. Australasian Code for Reporting of Identified Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code), 2004 Edition Issued in December 2004. Australasian Institute of Mining and Metallurgy. 16 p. <http://www.jorc.org/main.php>.
- Eriksson, J.A. ja Qvarfort, U. 1996. Age determination of the Falu Coppermine by ¹⁴C-datings and palynology. Geologiska Föreningens Förhandlingar 118, 43–47.
- Eilu, P., Hallberg, A., Bergman, T., Feoktistov, V., Korskakova, M., Krasotkin, S., Lampio, E., Litvinenko, V., Nurmi, P.A., Often, M., Philippov, N., Sandstad, J.S., Stromov, V. and Tontti, M. 2007. Fennoscandian Ore Deposit Database – explanatory remarks to the database. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 168. 17 p. <http://arkisto.gsf.fi/tr/tr168.pdf>
- Eilu, P., Hallberg, A., Bergman, T., Feoktistov, V., Korskakova, M., Krasotkin, S., Kuosmanen, E., Lampio, E., Litvinenko, V., Nurmi, P., Often, M., Philippov, N., Sandstad, J.S., Stromov, V. ja Tontti, M. (comp.) 2008. Metallic Mineral Deposit Map of the Fennoscandian Shield, 1:2,000,000. Geological Survey of Finland, Geological Survey of Norway, Geological Survey of Sweden, The Federal Agency of Use of Mineral Resources of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation.
- GEODE 2001. LODE: the largest ore deposits in Europe. www.gl.rhul.ac.uk/geode/dbase.html
- Gosselin, P. ja Dube, B. 2005. Gold deposits of the world: distribution, geological parameters and gold content. Geological Survey of Canada, Open File 4895. 214 p.
- Juve, G. ja Størseth, L.G. 2000. Mineral Atlas of the World. Explanation to the Map Sheet no 9. Europe and neighbouring countries. Trondheim: NGU, and Paris: CGMW-CCGM. 231 p.
- Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, Ø., Wennerström, M. ja Korhonen, J. (comp.) 2001. Geological map of the Fennoscandian Shield, scale 1:2,000,000. Espoo: Geological Survey of Finland, Trondheim: Geological Survey of Norway, Uppsala: Geological Survey of Sweden, Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia.
- Korovkin, V.A., Turyleva, L.V., Rudenko, D.G., Juravlev, A.V. ja Kluchnikova, G.N. 2003. Mineral resources of the Northwest Russian Federation. St Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory. 520 p.
- Lafitte, P. 1984. Foreword. In: Commission of the Geological Map of the World. Explanatory memoir of the metallogenic map of Europe and neighbouring countries. UNEXCO, IUGS, Earth Sciences 17, XI–XVI.
- NI 43-101 2006. National Instrument 43-101. Standards for the Disclosure of Mineral Projects. Canadian Institute of Mining and Metallurgy (CIM). <http://www.ccpm.ca/guidelines/index.html>
- Puustinen, K., Saltikoff, B. ja Tontti, M. 2000. Metallic mineral deposits map of Finland 1:1 000 000. Geological Survey of Finland, Erikoiskartat 46. ISBN 951-690-748-2.
- Streckeisen, A. 1967. Classification and nomenclature of igneous rocks. Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen 107, 144–214.
- Streckeisen, A. 1980. Classification of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Recommendations and suggestions. Geologische Rundschau 69, 194–207. ♦