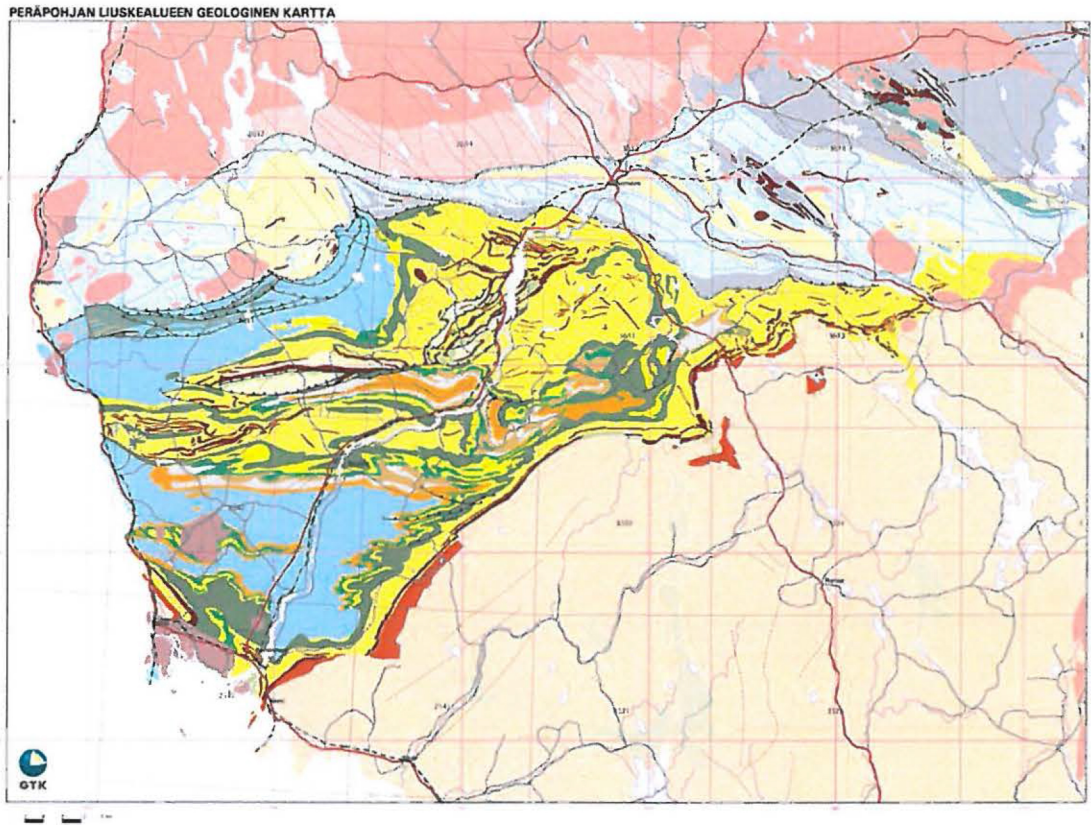


Pohjois-Suomen yksikkö
M10.1/2007/54
Rovaniemi

23.11.2007

Vapautuu 1.1.2013



Lapin kolmion geologinen kehitys ja malmipotentiali

Vesa Perttunen



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

PL / PB / P.O. Box 96
FI-02151 Espoo, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 12

PL / PB / P.O. Box 1237
FI-70211 Kuopio, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 13

PL / PB / P.O. Box 97
FI-67101 Kokkola, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 5209

PL / PB / P.O. Box 77
FI-96101 Rovaniemi, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 14

Y-tunnus / FO-nummer / Business ID: 0244680-7 • www.gtk.fi

Päivämäärä / Dnro

23.11.2007

Tekijät Vesa Perttunen		Raportin laji M10.1	
		Toimeksiantaja AREVA Resources Finland Oy	
Raportin nimi Lapin kolmion geologinen kehitys ja malmipotentiali			
Tiivistelmä Lapin kolmion alueen kallioperää on selvitetty yli sadan vuoden ajan. Alueelta on julkaistu kymmenen 1:100 000-mittakaavaista kallioperäkarttalehteä ja useimpiin niistä myös karttalehtiselitys. Lapin Vulkaniittiprojektin kartta kattaa koko alueen. Tämä selvitys perustuu aluetta koskevaan kirjallisuuteen, karttoihin ja raportteihin sekä kirjoittajan yli neljä vuosikymmentä kestäneeseen omakohtaiseen maastohavainnointiin. Alueen kallioperä jakautuu kolmeen yksikköön: 1) Arkeiseen Pudasjärven kompleksiin sekä varhaisproterotsoosiin 2) Peräpohjan liuskealueeseen ja 3) Keski-Lapin granitoidikompleksiin. Pudasjärven kompleksi koostuu happamista ja intermediäärisistä, syväkivimäisistä gneisseistä sekä amfiboliitti- ja kiillegneissialueista, joita leikkaavat diabaasijuonet. Kompleksin sisällä ja Peräpohjan liuskealueen saumassa on kerrosrakenteisia intrusioita. Peräpohjan liuskealueen pintasyntyiset kivilajit on jaettu kahteen stratigrafiseen ryhmään ja edelleen kahteentoista muodostumaan. Kivalon ryhmä koostuu kuivalle maalle tai meren rantaan kerrostuneista ortokvartsiitti-dolomiittiassosiaation sedimenteistä. Näiden välissä on vulkaanisia muodostumia, joista osa on kuivalle maalle purkautuneita laavoja; osa matalaan veteen kerrostuneita tuhkia. Päällä oleva Martimon ryhmä koostuu syvään veteen kerrostuneista turbidiittisistä kiilleliuskeista ja emäksisistä tyynylaavoista. Peräpohjan alueen pintasyntyisiä kiviä leikkaavat diabaasijuonet ja Haaparantasarjan syväkivet. Kerrosintrusiot ovat malmipotentialisesti tärkein yksikkö, joissa on kaksi kaivospiiriä ja lukuisia valtauksia. Merkittävät alkuaineet ovat kromi sekä platinaryhmän metallit, kulta, kupari ja nikkeli. Joutiaavan muodostuman laavoissa on kuparihohdetta ja kuparikiisua. Kuparia on rikastunut muodostuman rapautuneisiin pintaosiin sekä päällä oleviin sedimenttimuodostumiin. Diabaasijuoniin liittyy kupari- ja kultapitoisia kvartsi- ja Haaparantasarjan emäksisiin syväkiviin kupari-nikkelimineralisaatioita. Liuskealueen ja Keski-Lapin kompleksin saumavyöhykkeessä on havaittu wolframia sekä myös uraania. Tässä vyöhykkeessä on myös bimodaalinen vulkaninen muodostuma.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Lapin kolmio, Peräpohjan alue, geologinen kartoitus, malmitutkimukset			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Lapin lääni, Kemi, Keminmaa, Ranua, Rovaniemi, Simo, Tervola, Tornio, Ylitornio			
Karttalehdet 2541, 2542, 2543, 2544, 2613, 2631, 2633, 2634, 3522, 3611, 3612, 3613, 3614			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi Lausunnot luonnonvaroista		Arkistotunnus M10.1/2007/54	
Kokonaissivumäärä 15 s. + 3 liitettä	Kieli suomi	Hinta	Julkisuus Ei julkinen
Yksikkö ja vastuualue PSY/501		Hanketunnus 1901006 FinU1	
Allekirjoitus/nimen selvennys Vesa Perttunen		Allekirjoitus/nimen selvennys	

GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND DOCUMENTATION PAGE

Date / Rec. no.
23.11.2007

Authors Vesa Perttunen		Type of report M10.1	
		Commissioned by AREVA Resources Finland Oy	
Title of report Geological evolution and ore potential of the Peräpohja Schist Belt			
Abstract <p>The Peräpohja Schist Belt has been a target for geological mapping and prospecting for more than a century. The map of the Lapland Volcanite Project covers the entire area. There are a dozen geological maps in scale 1:100 000. This report is based on available geological literature and maps as well as personal field work during more than four decades.</p> <p>The bedrock of the area is divided into three major units: 1) Archaean Pudasjärvi Complex as well as 2) Peräpohja Schist Belt and 3) Central Lapland Granitoid Complex, both of early Proterozoic age. The Pudasjärvi Complex consists of granitoids, felsic gneisses and greenstone belts. There are layered intrusions within the complex and at the contact zone against the unconformably overlying metasedimentary and metavolcanic rocks of the Peräpohja Schist Belt.</p> <p>The rocks of the Peräpohja Schist Belt are divided into two stratigraphic groups and into a dozen formations. The Lower Kivalo group consists of sedimentary quartzite and dolomite formations intercalated by mafic lavas and tuffs deposited on dry land surface or in shallow marine environment. The overlying rocks of the Paakkola group are turbiditic greywackes and mafic pillow lavas. The supracrustal rocks are cut by diabase sills and dikes as well as plutonic intrusive rocks.</p> <p>The layered intrusions are economically the most important rocks. They include a large chrome mine. Hundreds claims cover all the known layered intrusions. There are grains of chalcocite and chalcopyrite and even native copper in the lavas of the Peräpohja Schist Belt. The fractures of the overlying sedimentary quartzite and dolomite formations contain azurite and malachite. There are molybdenite mineralizations in contact zone between the Schist Belt and the Central Lapland Complex. Black schists with anomalous uranium and copper contents have been discovered between the rocks of the Kivalo and the Paakkola Groups.</p>			
Keywords Geological mapping, prospecting			
Geographical area Finland, Lapland province, Kemi, Keminmaa, Ranua, Rovaniemi, Simo, Tervola, Tornio, Ylitornio			
Map sheet 2541, 2542, 2543, 2544, 2613, 2631, 2633, 2634, 3522, 3611, 3612, 3613, 3614			
Other information			
Report serial		Archive code M10.1/2007/54	
Total pages 15 s. + 3 apps.	Language Finnish	Price	Confidentiality Confidential
Unit and section PSY/501		Project code 1901006 FinU1	
Signature/name Vesa Perttunen		Signature/name	



Sisällysluettelo

Kuvailulehti Documentation page

1	HISTORIA	1
2	GEOLOGISET YKSIKÖT	1
2.1	Pudasjärven kompleksi	1
2.2	Peräpohjan liuskealue	2
2.2.1	Muodostumat	2
2.2.2	Diabaasit	8
2.2.3	Haaparantasarjan syväkivet	8
2.2.4	Kerrosintruusiot	9
2.3	Keski-Lapin granitoidikompleksi	10
3	IÄNMÄÄRITYKSET	10
4	GEOLOGINEN KEHITYS	11
5	MALMITUTKIMUKSET	12
5.1	Esiintymät	12
5.2	Lohkareet	13
5.3	Malmipotentiali	13

1 HISTORIA

Lapin kolmio geologisena terminä vakiintui 1940-luvulla tarkoittamaan suurin piirtein Kemin – Ylitornion – Rovaniemen rajaamaa aluetta, jolle on tyypillistä vaatelias kasvivyhdyskunnat. Esimerkiksi eksoottiset kämmekät kuten neidonkenkä ja tikankontti - ovat tällä alueella peräti yleisiä. Alueen kallioperää luonnehtii dolomiittien ja emäksisten vulkaniittien runsaus, joka heijastuu alueen maaperään ja sitä kautta luontoon. Geologisena terminä käytetään alueesta myös Peräpohjan liuskealueen nimeä.

Vanhimmat aluetta käsittelevät geologiset kartat ovat jo yli sadan vuoden ikäiset. Alueen pohjois ja länsiosa on kuvattuna Rovaniemen ja Tornion - Ylitornion yleiskarttalehdillä sekä niiden selityskirjassa. Lapin Vulkaniittiprojektin kartta kattaa koko alueen. Sotien jälkeen ilmestyi kaksi laajaa, liuskealueen eteläosaa käsittelevää tutkimusta. Vähäjoen rautamalmiainetta (karttalehti 2633 06) tutkittiin jo sotien aikana ja useasti myöhemminkin. Misin alueen rautaesiintymät löydettiin 1950-luvulla. Kumpaakin näistä kohteista on myöhemmin tutkittu mahdollisena kultaesiintymänä.

Viisikymmenluvun lopussa Elijärven malmion löytyminen ja kromimalmien prospektaus antoivat sysäyksen uudelle geologisen tutkimuksen aallolle. Mielenkiinnon kohteena olivat lähinnä malmin isäntäkivet, kerrosrakenteiset gabro anortosiitti ultramafiitti intruusiot. Platinametallit ovat kahdeksankymmenluvun alusta lähtien nousseet kerrosintruusioiden malmigeologisesti kiinnostavimmiksi kohteiksi.

Peräpohjan liuskealueen eteläosan geologinen kartoitus 1:100 000 mittakaavaista kallioperäkarttaa varten alkoi 1960-luvulla. Tähän mennessä on alueelta julkaistu kymmenen kallioperäkarttalehteä ja useimpiin niistä myös karttalehtiselitys.

Tämä selvitys perustuu aluetta koskevaan kirjallisuuteen, karttoihin ja raportteihin sekä kirjoittajan yli neljä vuosikymmentä kestäneeseen omakohtaiseen maastohavainnointiin. Liitteenä oleva geologinen kartta on muokattu edellä mainitusta Lapin Vulkaniittiprojektin kartasta.

2 GEOLOGISET YKSIKÖT

Lapin kolmion muodostaman **Peräpohjan liuskealueen** kallioperä koostuu muinaisten vulkaniittien ja sedimenttien lisäksi happamista ja intermediäärisistä syväkivistä sekä emäksisistä juonista. Tämä alue rajautuu kaakossa iältään vanhempaan, arkeeseen Pudasjärven kompleksiin ja pohjoisessa liuskeita nuorempaan varhaisproterotsooiseen Keski-Lapin granitoidikompleksiin. Lännessä ovat rajana Tornionjoki, ja Tornionjokivarresta Ruotsin puolelle jatkuvat syväkivet.

2.1 Pudasjärven kompleksi

Lapin kolmion kaakkoispuolinen **Pudasjärven kompleksi** koostuu happamista ja intermediäärisistä, syväkivimäisistä gneisseistä sekä amfiboliitti- ja kiillegneissialueista. Näiden alueiden keskinäiset rajat ovat epämääräiset, ja ne on luokiteltu litodeemisina yksikköinä. Amfiboliiteissa ei ole havaittu heikkoa kerroksellisuutta lukuun ottamatta muita primäärisiä rakenteita, mutta ilmeisesti ne ovat alkuaan olleet emäksisiä vulkaniitteja. Amfiboliiteissa on paikoin ohuina välikerroksina kvartsiittia. Kiillegneissit ovat alkuaan olleet epäpuhtaita, kiillettä

ja kvartseja sisältäviä sedimenttejä. Primäärisiä rakenteita ei niissäkään ole havaittu. Alueella on myös joukko eri-ikäisiä leikkaavia diabaasi- ja gabrojuonia.

Peräpohjan liuskealueen ja Pudasjärven kompleksin saumavyöhykkeessä on joukko geologisesti ja taloudellisesti hyvin mielenkiintoisia kivilajeja – emäksisiä kerrosintruusioita. Osa niistä on aivan näiden yksiköiden rajalla, osa Pudasjärven kompleksin puolella. Nämä ovat selviä, karkearakeisia syväkiviä, joten ne ovat kiteytyneet syvällä Maan kuorella. Nämä ovat nuorempia kuin varsinaisen Peräpohjan liuskealueen kivilajit. Intruusioiden kattopuolen kivet ovat aikoinaan rapautuneet pääosin pois, ja kerrosintruusiot Pudasjärven kompleksin kivilajien ohella muodostavat alustan, jolle varsinaiset Peräpohjan liuskealueen kivilajit ovat kerrostuneet. Peräpohjan liuskealueen sisällä ei näitä alustaan kuuluvia kivilajeja ole havaittu.

2.2 Peräpohjan liuskealue

Peräpohjan liuskealueen pintakivet on käsitelty muodostumittain vanhimmasta nuorimpaan. Sen jälkeen ovat vuorossa syväkivet ja juonikivet, joista osa on liuskealueella, osa Pudasjärven kompleksin puolella.

2.2.1 Muodostumat

Liuskemuodostuman alin ja siis vanhin yksikkö on **Sompujärven muodostuma**. Se koostuu konglomeraatti- ja kvartsiittikerroksista, jotka ovat sorana ja hiekkana kerrostuneet suoraan alustana olevien kerrosintruusioiden ja Pudasjärven kompleksin kivilajien päälle.

Konglomeraatin hyvin pyörityneet pallot ovat peräisin näistä vanhemmista yksiköistä. Yleisimpiä ovat erilaiset granitoidit sekä kvartsi. Iskos on karkeaa arkoosia. Epäpuhtaissa kvartsiitin välikerroksissa on havaittu kuivumisrakoja, mikä osoittaa sedimenttien kerrostuneen matalaan veteen. Tätä muodostumaa on jatkuvana kerroksena liuskeiden ja arkeaisen pohjan saumassa yli sadan kilometrin matkalla. Liuskealueen sisällä tavataan vain jokunen pieni tähän Sompujärven muodostumaan luettu alue.

Sompujärven muodostuman sedimenttien päälle kuivalle maalle on purkautunut emäksistä laavaa muutamana, 1 - 20 m vahvana patjana. Tätä vulkaanista **Runkauksen muodostumaa** tavataan paljastuneena lähes koko matkan Peräpohjan liuskealueen ja Pudasjärven kompleksin saumassa, mutta myös satunnaisesti liuskealueen sisäosassa. Laavat ovat kemiallisesti tholeiittisia basaltteja, ja niiden hivenainekoostumus viittaa magman reagoineen kuoren aineksen kanssa matkallaan maan pinnalle. Laavojen päämineraaleina ovat amfiboli, albiitti, epidootti ja kloriitti. Laavapatjojen pintaosassa on selviä 0,5 – 2 cm kokoisia pyöreähköjä enimmäkseen tummia, koholla olevia manteleita, joissa mineraaleina on kloriittia, epidoottia, amfibolia ja kvartseja. Nämä mantelit ovat alkuaan olleet kaasujen täyttämiä onteloita. Laavapatjojen välissä on paikoin ohut kerros tuhkaa, rapautunutta laavaa tai hiekkasedimenttiä. Laavapatjojen lisäksi vulkaaniseen Runkauksen muodostumaan kuuluu paikallisesti pyroklastisia kerrostumia: agglomeraattia ja pienirakeisempia tuhkia.

Runkauksen muodostuman päällä on laaja-alainen, arviolta 500 -1500 m vahva **Palokivalon muodostuma**. Sen pääkivilajina on kvartsiitti, jossa on ohuina välikerroksina pienirakeisempia sedimenttikivilajeja – kiilleliusketta ja silttikiviä – sekä paikoin myös karbonaattipitoisia raitoja. Palokivalon muodostaneet hiekkasedimentit ovat kerrostuneet matalan meren rannoille. Selvät

primääriset sedimenttirakenteet ovat yleisiä: aallonmerkit, ristikerroksisuus ja kuivumisraot. Kvartsipalloiset konglomeraatit ovat yllättävänkin harvinaisia.

Palokivalon muodostuman yläosat ovat hyvin huonosti paljastuneet. Muutamassa yläosien kairareissä on tavattu dolomiittipitoisia kvartsiitteja sekä myös melko puhtaita dolomiitteja. Nämä ovat rapautuneita ja karbonaatti uudesti kiteytynyttä ja karkearakeista.

Palokivalon kvartsiittimuodostuman päälle ovat kerrostuneet **Jouttiaavan muodostuman** laavat. Ne ovat levinneet kuivalle maan pinnalle laavapatjoina, joiden lukumäärä saattaa olla parikymmentä. Tämän muodostuman päämineraalit ovat samat kuin Runkauksen muodostumassa: amfiboli, albiitti, epidootti ja kloriitti. Laavapatjojen sisäosat ovat homogeenisia, keski- tai jopa karkearakeisia, kun taas patjojen pienirakeisissa pinta- ja pohjaosissa on säännön mukaisesti selviä manteleita. Ne ovat enimmäkseen vaaleita ja usein kallioiden rapautumis-pinnalla syöpyneitä. Päämineraalit ovat kalsiitti, epidootti, kvartsi, kloriitti ja albiitti. Kuparimineraalit kuparikiisu ja kuparihohde ovat pieninä rakeina suhteellisen tavallisia manteleissa. Yhdessä kairareissä on tavattu erikoisuutena zeoliittimineraaleja analsiimi ja laumontiitti. Jouttiaavan laavoissa on myös havaittu ohuena juonena booripitoista silikaattia, aksiniittia. Laavapatjat ovat enimmäkseen aivan toistensa päällä, mutta paikoin on saumakohdasta löydetty muutaman metrin vahvuinen tuhka- tai kvartsiittikerros. Jouttiaavan laavojen kevyet lantanidit ovat poikkeuksellisen köyhtyneitä kondriittimeteoriittien koostumukseen verrattuna. Samaten niiden ϵ_{Nd} on selvästi positiivinen, joka osoittaa Jouttiaavan muodostuman magman tulleen syvältä maan kuoresta.

Seuraavana kerrosjärjestyksessä on **Kvartsimaan muodostuma**, jota on kohtuullisen laajasti Lapin kolmion eteläosassa. Sen tyyppikivilaji on vaalea tai heikosti punertava, hyvin puhdas ortokvartsiitti, joka on kerrostunut puhtaana kvartsihiekkana matalan meren vuorovesialueella. Muodostuman vahvuus on arvioitu 50 – 200 metriksi. Kvartsirakeiden lisäksi alkuperäisessä sedimentissä on pieninä, pyörityneinä rakeina pieniä määriä zirkonia, turmaliinia, epidoottia ja kromiittia. Iskosaineena on useimmiten kvartsi. Paikoin on myös dolomiittipitoista kvartsiittia sekä selviä, erillisiä dolomiittikerroksia.

Kvartsimaan muodostuman kvartsiitti on useimmiten niin puhdasta, että primäärit sedimenttirakenteet eivät erotu. Selviä aallonmerkkejä ja ristikerroksia on kuitenkin havaittu. Dolomiittipitoisissa kvartsiiteissa ja dolomiiteissa sedimenttirakenteet kuten ristikerrokset, aallonmerkit ja kuivumisraot ovat hyvin säilyneet. Kvartsimaan kvartsilouhoksen (2542 07) dolomiiteissa on havaittu kauniita levien muodostamia stromatoliittirakenteita.

Kvartsimaan muodostumaan on luettu myös muutama pieni konglomeraattiyksikkö, jonka pallot ovat kvartsia ja kvartsiittia, harvoin dolomiittia. Iskos on karkeaa, paikoin karbonaattipitoista arkoosia.

Kvartsimaan muodostuman kvartsiiteissa tavataan usein mielenkiintoisia määriä kuparia. Hauraan, rakoilleen kvartsiitin ohuissa raoissa on tavattu vihreää malakiittia ja sinistä atsuriittia, jotka jo kaukaa erottuvat varsinkin louhituissa kohdissa. Itse kvartsiitistakin on löydetty pieninä rakeina kuparisulfideja kuparihohdetta ja kovelliinia.

Kvartsimaan muodostuman puhtaiden kvartsiittien päälle on kerrostunut laaja-alainen ja melko yhtenäinen **Tikanmaan tuffiittimuodostuma**, jonka materiaali on matalaan veteen kerrostunutta tulivuorten tuhkaa ja emäksisten vulkaniittien rapautumisainesta. Kemiallisesti tämän muodostuman kivilajit ovat tholeiittista basalttia. Kerrokset ja myös kerrallisuus ovat paikoin selviä. Tuffiitit ovat pienirakeisia, tumman vihreitä, ja niiden päämineraalit ovat amfiboli, albiitti, epidootti ja kloriitti. 0,5 -2 mm kokoiset ilmeniittirakeet näkyvät rapautumis-pinnalla

mustina läiskinä. Usein näissä kivissä on hienojakoista magnetiittia, ja korkea magneettinen suskeptiivisuus on tyypillistä tämän muodostuman kivilajeille.

Tikanmaan muodostuman päälle ovat kerrostuneet **Poikkimaan muodostuman** sedimentit, jotka ovat epäpuhtaita kalkkikiviä ja karbonaattipitoisia kiilleliuskeita. Tässä yksikössä on hiiltä ja myös hieman rautakiisuja sisältäviä kerroksia sekä mustaliusketta, jotka näkyvät johteina geofysikaalisilla kartoilla.

Seuraavana on **Hirsimaan muodostuma**, joka koostuu emäksisistä tuffiiteista. Ulkonäöltään, mineraalikoostumukseltaan ja magneettisilta ominaisuuksiltaan tämän muodostuman kivilajit muistuttavat Tikanmaan muodostumaa. Joillakin alueella tavataan vain yksi tällainen tuffiittiyksikkö, joten korrelointi ei aina ole varmaa.

Seuraavana on alueen varsinainen geologinen erikoisuus, laaja-alainen **Rantamaan muodostuma**. Sen tyyppikivilaji on dolomiitti, jonka väri vaihtelee kellertävästä vaalean harmaaseen. Päämineraalina on pienirakeinen dolomiitti, jonka lisäksi siinä on säännöllisesti pieniä määriä kvartsiä. Kerrokset ovat selvät. Rantamaan muodostuman dolomiittipaljustumissa tavataan säännöllisesti stromatoliittirakennetta, joka on syntynyt sinivihreiden levien (sinibakteerien) yhdyskuntien sitoessa ja kerrostaessa matalan, lämpimän meren pohjalla liikkuvaa sedimenttiainesta. Leväyhdyskuntien alkuperäinen muoto näkyy kaarimaisina ja pylväsmäisinä rakenteina dolomiittikallioiden pinnalla. Kvartsirakeiden määrän kasvaessa puhdas dolomiitti vaihettuu kvartsipitoisen dolomiitin kautta dolomiittipitoiseen kvartsiittiin ja jopa aivan puhtaaseen ortokvartsiittiin. Näissä on näkyvissä selviä sedimentin primäärirakenteita: ristikerroksia, aallonmerkkejä ja kuivumisrakoja. Rakopinnoilla on havaittu pieninä läiskinä kuparihomeen ympäröimää kuparikiisua ja kuparihohdetta.

Tervolan kunnan pohjoisosan synkliinialtaassa (2631 10-2633 04) on selvä, jatkuva, positiivinen, magneettinen anomalia, jonka leveys on noin 100 m. Se ei ole missään paljastuneena eikä lohkaristokaan ole antanut viitettä sen aiheuttajasta. Kairauksissa anomalian kohdalta on löytynyt selvästi kerroksellinen, vihreä, emäksinen tuffiitti, joka on nimetty **Lamulehdon muodostumaksi**. Tuffiitti on hyvin pienirakeista, ja sen päämineraalit ovat amfiboli, plagioklaasi, kloriitti ja kvartsi. Tämän yksikön asema kerrosjärjestyksessä on selvä, mutta sen stratigrafinen luokitus saattaa vielä tarkentua. Ulkonäöltään alueen kolme emäksistä tuffiittimuodostumaa muistuttavat toisiaan. Niissä on kuitenkin erottavia geokemiallisia piirteitä. Kemiiallisia analyysejä ei kuitenkaan ole riittävästi, joten tuffiittimuodostumien stratigrafinen erottelu kartalla on monessa kohtaa epävarma.

Tervolan länsiosassa Kaisavaaran alueella (2631 07) on paljastuneena keski-karkearakeista, vaaleaa kvartsiittia. Se on yleensä selvästi liuskeista ja sisältää kvartsin lisäksi serisiittia. Alkuperäinen klastinen rakenne on paikoin näkyvissä. Tämä yksikkö on erotettu esiintymispaikkansa mukaan **Kaisavaaran muodostumaksi**. Kaisavaaran etelärinteessä tämän muodostuman eteläkontakti on selvästi tektoninen. Eteläpuolella on puhtaita, kerroksellisia kvartsiitteja, jotka ulkonäöltään muistuttavat Kvartsimaan muodostuman kvartsiitteja.

Kaisavaaran pohjoispuolella tavataan kymmenen kilometrin matkalla konglomeraattia lohkaraina ja jopa tiheinä lohkaristoina. Tätä kivilajia ei ole tavattu missään paljastuneena, vaan sitä on tavattu lohkarikkojen lisäksi vain yhdessä pokakairaus- ja yhdessä pitkässä syväkairausreiässä. Siinäkin ei tavoitettu ilmeisesti konglomeraatin alapuolelle sijoittuvaa Kaisavaaran kvartsiittia. Konglomeraatti on selvästi polymiktinen. Hyvin pyöristyneet pallot ovat kvartsiittia, kvartsiä ja dolomiittia. Pallojen välimassa on karkeaa arkoosia, jossa paikoin on runsaasti dolomiittia, jopa selviä dolomiittikerroksia. Konglomeraatin deformaatio on olematonta.

Tämän konglomeraatin ja koko Kaisavaaran muodostuman stratigrafinen asema on epäselvä. Ulkonäöltään ja petrografisesti konglomeraatin vastineena on Runkauksen lehdellä (2544 06) esiintyvä Ukonkõnkään konglomeraatti, joka on siellä sisällytetty Kvartsimaan muodostumaan. Kvartsiitti ja konglomeraatti on erotettu omaksi Kaisavaaran muodostumaksi, joka on tässä vaiheessa rinnastettu Palokivalon kvartsiittimuodostumaan.

Kaisavaaran muodostuman pohjoispuolella on konglomeraattiin rajoittuva **Santalammen muodostuma**, jotka on tulkittu kerrostuneeksi tämän konglomeraatin päälle päälle. Tulkinnat ovat jossakin määrin epävarmat, sillä paljastumia on niukalti eikä kvartsiitista ole riittävästi varmoja pohjansuuntahavaintoja.

Santalammen muodostuma koostuu yksinomaan emäksisistä vulkaniiteista. Paljastumissa tavataan agglomeraattimaisia, pyroklastisia kivilajeja, joissa on enimmäkseen pyörityneitä, 2 – 20 cm:n kokoisia vulkaniittifragmentteja pienirakeisemmassa välimassassa. Myös kulmikkaat, 1–2 cm kokoiset magnetiittifragmentit ovat yleisiä. Suurina, ilmeisen paikallisina lohkeina on selvää tyynylaavaa, mutta paljastumissa tai kairauksissa ei tyynylaavaa eikä muitakaan laavarakenteita ole havaittu. Santalammen muodostuman pyroklastisten kivien susceptiivisuus on suhteellisen korkea, 80 000 – 250 000 μ SI. Muodostuma erottuu aeromagneettisella kartalla selvänä, positiivisena anomaliana. Magnetoituneen osan vahvuus on noin 500 m, ja anomaliaa voidaan seurata yli 15 kilometrin matkan. Santalammen muodostuman eteläpuolelle tulee kerrosmyötäisesti Kaisavaaran muodostuman yläosaan luettu konglomeraatti, kun taas pohjoispuolinen kontakti lienee tektoninen.

Santalammen muodostuman korrelointi muualle Peräpohjan liuskealueelle on ongelmallista. Jos Kaisavaaran muodostuman aseman tulkinta on oikea, Santalammen muodostuma tulisi rinnastaa petrografisesti ja geokemiallisesti täysin erilaiseen Jouttiaavan vulkaaniseen muodostumaan

Edellä esitetyt muodostumat Sompujärvestä Rantamaahan on luettu Kivalon ryhmään jonka yksikön hiekka- ja kalkkisedimentit ovat kerrostuneet matalaan mereen, useimmiten aivan rannikkovyöhykkeelle, jossa mantereelta tulevat tuulet ja joet sekä merenpuolelta vuorovesivirrat ovat muokanneet ja kerrostaneet mantereelta tulevaa ainesta. Tällaisesta sedimenttiryhmästä on geologisessa kirjallisuudessa käytetty dolomiitti-ortokvartsiittiassosiaation nimeä. Alimmissa yksiköissä kvartsiitit ovat vallalla, mutta dolomiitin osuus kasvaa selvästi ylöspäin. Tämän rauhallisen kehityksen on useaan otteeseen keskeyttänyt vulkaaninen toiminta, jonka tuloksena on kuivalle maalle purkautunut laavoja tai matalaan veteen tuhkerokkia. Santalammen muodostuman tyynylaavat ovat purkautuneet syvempään, ilmeisesti kuitenkin paikalliseen altaaseen. Kivalon ryhmän kivilajien kerrostumisen jälkeen on kerrostumisallas syventynyt, ja seuraavan yksikön – **Paakkolan ryhmän** – kivilajit ovatkin kerrostuneet syvempään veteen.

Keminmaassa ja Tervolan eteläosassa sekä Tornion-Ylitornion rajamailla on laajalti sedimenttisyntyisiä kiilleliuskeita, fylliittejä ja mustaliuskeita, jotka kuuluvat **Martimon muodostumaan**. Sen alapuolella tavataan Rantamaan muodostuman dolomiittia, paikoin Kvartsimaan muodostuman ortokvartsiitteja tai ohut kerros karbonaattia sisältäviä kivilajeja, joiden tarkka stratigrafinen luokittelu on vaikeaa. Martimon muodostuman pohjoispuolelle tulee Ylitornion puolella vulkaaninen Väystäjän muodostuma.

Martimon muodostuman eteläosan kivilajit ovat Tervolan-Keminmaan alueella pienirakeisia fylliittejä ja kiilleliuskeita. Ne ovat parhaiten paljastuneet Kemijoen varressa, joskin Taivalkosken patoaminen on hukuttanut rantakalliot pitkältä matkalta.

Fylliitit ovat tällä alueella ohutkerroksisia ja väriltään tumman harmaita, joskus sinertäviä. Liuskeisuus leikkaa tavallisesti kerroksia. Päämineraaleina on kvartssia ja kiilteitä. Vähemmässä määrin on maasälpä; paikoin myös hienojakoista hiiltä sekä pieninä rakeina turmaliinia ja zirkonia. Kiilteinä on hyvin pienisuomuiset, selvästi suuntautuneet serisiitti ja kloriitti. Kukkolankosken seudulla lähellä Tornionjokea on kiilleliuskeeseen syntynyt metamorfoosin vaikutuksesta kordieriittia 3 - 10 mm kokoisina pyöreähköjä porfyroblasteina. Kemijoen kaakkoispuolella Keminmaassa tavataan biotiittia suuntautumattomina suomuina, joiden läpimitta on jopa 2 mm.

Martimon muodostumaan kuuluu tunnettu Kemijoen Taivalkosken konglomeraatti. Sitä on kolmena itä länsisuuntaisena kerroksena, joiden yhteinen vahvuus on noin 80 m. Se rajautuu kummaltakin puolen Martimon muodostuman fylliiteihin. Pääosa paljastumista on jäänyt Taivalkosken patoamisen seurauksena veden alle, mutta entisen kosken kohdalla joen länsirannalla sekä muutamassa paljastumassa pari kilometriä koskesta länsilounaaseen on konglomeraattia vielä näkyvissä. Lohkareina tämäntyyppistä konglomeraattia on laajalti Taivalkosken eteläpuolella Perämeren pohjukan saaria myöten.

Konglomeraatin pallot koostuvat lähinnä kvartsiitista. Vähemmän on kvartssia sekä hapanta, pienirakeista, porfyyristä kivilajia. Kvartsiitti on harmaata tai valkoista, paikoin kerroksellista ja uudesti kiteytyntä. Porfyyyri on samaten uudesti kiteytyntä. Sen hajarakeet ovat albiittia. Taivalkosken konglomeraatissa on näkyvissä turbidiittista rakennetta.

Pohjoisempana, Ylitornion-Tornion seudulla Martimon muodostuman kiilleliuskeille on tyypillistä turbidiittisten kerrossarjojen esiintyminen. Niiden vahvuus on usein puoli metriä, paikoin metrikin. Vahvemmissa kerroksissa erottuu selvänä karkeampi pohjaosa. Niissä on usein selviä, 5–20 cm:n kokoisia soikeita konkreetioita. Turbidiittikerroksen ylimmät osat ovat hyvin hienojakoisia ja tummia. Niissä on usein myös hieman kiisuja. Tällaiset kiisu- ja grafiittipitoiset kerrokset erottuvat geofysikaalisilla kartoilla jatkuvina, ohuina anomalioina.

Metamorfoosin vaikutuksesta kiilleliuskeisiin on Ylitornion-Tornion seudulla syntynyt kordieriittia ja joissakin kohdissa myös andalusiittia. Kordieriitti on pyöreähköinä, kvartsi- ja kiillesulkeumia täynnä olevina porfyroblasteina, joiden läpimitta on enimmäkseen 1–3 cm. Omamuotoista, rapautumispinnalla sinertävää tai punertavaa andalusiittia on tavattu muutamassa paljastumassa. Biotiittia on laajoilla alueilla selvinä porfyroblasteina, joiden koko on 0,3–2 mm, tai pienistä suomuista koostuvina 1–2 mm:n kokoisina tummina läiskinä.

Ylitornion kunnan länsiosassa on itä-läntinen vyöhyke, joka koostuu emäksistä vulkaniiteista ja pienistä mustaliuske- ja dolomiittiosueista. Tämä yksikkö on erotettu **Väystäjän muodostumaksi**. Vaikka deformaatio on useinkin melkoisen vahvaa, on näissä vulkaniiteista havaittavissa selviä primäärirakenteita. Kun Peräpohjan liuskealueen muiden muodostumien laavasynntyiset kivilajit ovat poikkeuksetta mantelikiviä, ovat tämän vyöhykkeen vulkaniitit usein tyynylaavoja. Tyynylaavarakennetta on varsinaisen Väystäjän alueen lisäksi runsaasti lännempänä Palovaaran–Pietinvaaran seudulla. Mantelirakenne on Väystäjän muodostuman vulkaniiteissa harvinaista.

Väystäjän muodostuman stratigrafinen asema ei ole täysin kiistaton. Muodostuman pohjoiskontakti on heikosti paljastunut ja ilmeisesti tektoninen. Kontaktivyöhykkeen pohjoispuolella on vahvasti deformatuneita myloniitteja ja gneissejä sekä graniittisia, silmägneissimäisiä syväkiviä. Eteläpuolella on Martimon muodostuman kivilajeja, mutta tästäkään kontaktivyöhykkeestä ei ole löytynyt ratkaisevia paljastumia. Väystäjän muodostuma on ilmeisesti kerrostunut Martimon muodostuman päälle. Vulkaniitit voivat sijaita myös turbidiittisten gravakkujen sisällä, kuten Pohjois-Pohjanmaan liuskealueella on laita. Vulkaniitit

erottuvat positiivisina magneettisina anomaliaina grauvakkavyöhykkeestä, mutta elektromagneettiset anomaliat ovat samantapaisia sekä Martimon että Väystäjän muodostumien mustaliuskeiden alueella.

Väystäjän muodostuman emäksisten vulkaniittien joukossa on noin 200 m leveä ja yli 5 km pitkä, itä-läntinen vyöhyke felsistä, porfyyristä kivilajia. Sen eteläkontakti ei ole paljastunut mutta lienee tektoninen. Pohjoisreunalla porfyryri vaihettuu hiertyneeksi konglomeraatiksi, jonka pyöristyneet pallot ovat porfyyrin lisäksi kvartsiittia ja silttiä. Konglomeraatissa on arkoosivälikerroksia. Porfyyrissä on 2–5 mm:n kokoisia vaaleita hajarakeita, jotka koostuvat alkalimaasälvästä. Tämä porfyryri on ilmeisesti hapanta vulkaniittia. Vastaavaa kivilajia ei ole tähän mennessä tavattu muualta Peräpohjan liuskealueelta. Pari kilometriä pohjoiseen on tosin tätä monessa suhteessa muistuttava kvartsi-maasälpäliuskeena kuvattu kivilajivyöhyke, joka on kuitenkin tulkittu kuuluvaksi Keski-Lapin granitoidikompleksiin.

Väystäjän vulkaniittien joukossa on myös epäpuhdasta dolomiittia välikerroksina ja hieman laajempinakin alueina. Nämä dolomiitit eroavat selvästi hiili-isotooppiensa perusteella Kivalon ryhmään luetuista dolomiiteista. Viiden analysoidun näytteen $\delta^{13}\text{C}$ -arvot ovat lähellä nollaa. Tämä tukee Väystäjän dolomiittien nuorempaa ikää Kivalon ryhmän dolomiitteihin verrattuna, sillä jälkimmäisten $\delta^{13}\text{C}$ on poikkeuksetta selvästi positiivinen.

Rovaniemen eteläpuolella ja siitä länteen ja itään ja on mielenkiintoinen **Korkiavaaran** arkosiitti-amfiboliittimuodostuma. Tälle muodostumalle on tyypillistä punertavien arkosiittien ja vihreiden amfiboliittiraitojen vuorottelu. Amfiboliitit ovat ilmeisesti emäksisistä tuhkaa ja arkosiitit happamia tuhkia tai A-typin graniitin rapautumistulosta. Kemiallisesti vastaavaa graniittia ei kuitenkaan ole alueelta löytynyt. Korkiavaaran muodostuma on selvästi Kivalon ryhmään kuuluvien kvartsiittien pohjoispuolella, ja sen pohjoispuolella puolestaan on Martimon muodostumaan rinnastettua Pöyliöjärven muodostuman kiilleliusketta. Korkiavaaran muodostuman asema on tässä vaiheessa epäselvä.

Pöyliöjärven muodostuma koostuu kiillegneisseistä, jotka paikoin sisältävät grafiittia ja kiisuja. Geofysikaalisilla kartoilla sähköiset anomaliat jatkuvat sekä itään että länteen. Tällä perusteella Pöyliöjärven muodostuma on rinnastettu Martimon muodostumaan, mutta viime aikojen ikätulokset viittaavat, että Pöyliöjärven muodostuma olisikin nuorempi.

Liuskealueen pohjois- ja luoteisreunalla on joukko muitakin kivilajialueita, joiden kaikkien rinnastus ei ole kiistaton. Rovaniemen kaupungin kohdalla (3612 07-08) oleva Ounasvaaran muodostuma koostuu kvartsiiteista, jotka ovat korkeasta metamorfoosiasteesta johtuen vahvasti uudelleenkiteytyneitä ja liuskeisia. Graniitti- ja pegmatiittijuonet ovat yleisiä. Blastoklastisuutta ei ole jäljellä, mutta primäärirakenteisiin viittaavia piirteitä on nähtävissä monin paikoin. Kerrokset ovat yleensä suoria, mutta on myös epävarmoja ristikerroshavaintoja. **Ounasvaaran muodostuma** on siirrosten rajaama. Se voidaan kuitenkin korreloida Palokivalon muodostuman kanssa. Ounasvaaran alueelta itään on joukko erillisiä kvartsiittialueita, jotka mineraalikoostumukseltaan ja rakenteeltaan sekä geologiselta ympäristöltään muistuttavat Ounasvaaran muodostuman kvartsiitteja johon ne on rinnastettu. Geologisilla kartoilla niistä on käytetty esimerkiksi Kalliovaaran, Ison Olkkavaaran, Oikaraisenvaaran ja Hotinvaaran muodostumien nimiä.

Ounasvaaran pohjois- ja länsipuolella on granitoidien joukossa erillisiä litodeemeina luokiteltuja pintakiviyksiköitä, joiden rinnastus Peräpohjan liuskealueen kiviin on tässä vaiheessa epävarma ja tulkinnanvarainen. Laaja Karhujupakan kvartsiittialue Ylitornion kunnan keskiosissa (263207) on luokiteltu litodeemina, mutta on kuitenkin helposti rinnastettavissa Ounasvaaran muodostumaan ja sitä kautta varsinaisiin Peräpohjan liuskeisiin.

Alueen luoteisnurkan suhde muualle liuskealueeseen on epävarma. **Misin muodostuman** emäksisiä laavoja on rinnastettu Jouttiaavan laavoihin, vaikka kemiallinen yhteneväisyys on heikkoa. **Raajärven muodostuman** dolomiiteilla on samaten yhtäläisyyksiä Peräpohjan alueen dolomiittimuodostumien kanssa.

2.2.2 Diabaasit

Peräpohjan liuskealueen pintasyntyisissä kivilajeissa on emäksisiä juonikiviä, jotka eroavat petrografialtaan ja ilmeisesti myös iältään toisistaan. Pääosa juonista kuuluu differentioituneisiin, karkearakeisiin gabro-wehrlittisarjan kerrosjuoniin, joiden isäntäkivenä on Palokivalon muodostuman kvartsiitti. Juonten alaosissa on ohut ultramafinen osa, jossa kumulumineraalina on oliviini ja interkumulumineraaleina klinopyrokseeni, ruskea amfiboli ja flogopiitti. Ylempänä kumulumineraalina on klinopyrokseeni, interkumulumineraaleina plagioklaasi ja ilmenomagnetiitti. Pääosa juonesta on tyypillistä gabroa, jonka päämineraaleina ovat plagioklaasi, klinopyrokseeni ja magnetiitti. Plagioklaasin määrä kasvaa ylöspäin. Yläosissa on karkea ja vaalea vyöhyke, jossa on myös kvartssia.

Niiden lisäksi on keski- tai pienirakeisia diabaaseja, joissa differentioituminen ei ole yhtä ilmeinen piirre. Ne esiintyvät leikkaavina juonina samaisissa kvartsiiteissa. Jokunen juoni on löydetty myös yläpuolisista muodostumista. Diabaasijuonten susceptiivisuus on suuri, joten ne erottuvat selvästi aeromagneettisilla kartoilla varsinkin kvartsiittiympäristöstä.

Diabaasijuonten alkuperäiset mineraalit ovat metamorfoosissa muuttuneet. Plagioklaasi on albiittia ja pyrokseeni on muuttunut amfiboliksi. Näiden lisäksi on epidoottia, kloriittia, magnetiittia ja joskus myös kvartssia. Alkuperäinen poikiliittinen tai hypidiomorfinen rakenne on usein aavistettavissa. Tummissa diabaasien muunnoksissa on serpentiiniä, talkkia, kloriittia ja amfibolia, jotka ovat oliviinin ja pyrokseenin muuttumistuloksina.

Jouttiaavan, Kvartsimaan ja Tikanmaan muodostumissa emäksiset juonet ovat keski- tai karkearakeisia ja sisältävät yleensä runsaammin tummia mineraaleja kuin kvartsiittien juonet. Nämä juonet ovat vahvimmillaankin vain parikymmenmetrisiä.

2.2.3 Haaparantasarjan syväkivet

Tutkimusalueen kartoilla on useita syväkivi-intruusiota, jotka on niputettu Haaparantasarjaksi. Todennäköisesti myös Kemijokisuun paljastumattomalla alueella (2541 08) on erillinen intruusio, mutta sen olemassaolo perustuu pelkästään aeromagneettisen harmaasävykartan tulkintaan. Haaparantasarjan syväkiviä pidettiin aikanaan liuskeiden alustaan kuuluvina. Myöhemmin on kuitenkin osoitettu, että Haaparantasarjan kivilajit ovat nuorempia kuin Peräpohjan alueen liuskeet.

Haaparantasarjan kivilajien tyypillinen piirre on omamuotoinen, mikroskoopissa oskilloivasti näkyvä vyöhykkeinen plagioklaasi. Kalimaasälvän määrä on huomattavan suuri joissakin Haaparantasarjan intermediäärissä kivilajeissa. Eniten Haaparantasarjan syväkiviä sijoittuu luokitteludiagrammeilla kvartsimontsodioriittien, tonaliittien, kvartsidioriittien ja granodioriittien kenttiin. Kukkolankosken itäpuolella oleva Liakan intruusio on huonosti paljastunut. Liakanjokivarren paljastumissa sen kivilaji on karkearakeista, tervettä, noriittista gabroa, jonka päämineraalit ovat pyrokseenit, amfiboli, plagioklaasi ja oliviini. Lisäksi on biotiittia ja

opaakkeja sekä apatiittia. Mineraalit ovat enimmäkseen terveitä ja muuttumattomia, joskin oliviini on osittain muuttunut talkiksi.

Merialueella Ajoksen saaren eteläpuolella (2541 07) on noin 10 km² laajuinen positiivinen aeromagneettinen anomalia, jonka aiheuttaja on todennäköisesti alkalisyeniitti. Syeniittiä on paljastuneena vain yhdellä pienellä luodolla. Anomalian itäpuoleisilla saarilla, varsinkin Inakarissa ja Kalliossa, on pääosa suurista lohkarista syeniittiä. Ajoksen ja Ajoskrunnin saarten rannoilta on löytynyt jokunen syeniittilohkare, mutta ne puuttuvat kokonaan anomalian länsipuolisilta saarilta ja luodoilta.

Syeniitin päämineraalina on alkalimaasälpä. Se on levymäisinä, kulmikkaina, suurina pertiittikiteinä, joissa albiitin ja mikrokliinin osuus ovat suunnilleen yhtä suuret. Muut mineraalit ovat magnetiitti, alkalipyrokseeni ja ilmeniitti sekä amfiboli ja biotiitti. Aksessorisesti on kvartsia, titaniittiä ja apatiittia sekä sulfideja. Magnetiitin suuresta määrästä aiheutuu korkea susceptiivisuus, joka selittää voimakkaan positiivisen magneettisen anomalian.

Vastaavanlaista kivilajia ei tunneta Suomen puolelta eikä aivan lähiseudulta Ruotsistakaan. Syeniitin lisäksi alueella lienee myös muunlaisia syväkiviä, sillä kairauksessa magneettisen anomalian kohdalta löytyi hornblendittista ultramafista kivilajia.

2.2.4 Kerrosintruusioiden

Peräpohjan liuskealueen ja Pudasjärven kompleksin rajalla, osaksi Pudasjärven kompleksin puolellakin on joukko kerrosintruusioita. Ne ovat selväpiirteisiä, karkearakeisia syväkiviä ja ovat kiteytyneet syvällä maan kuoressa ennen varsinaisen Peräpohjan liuskealueen kivilajien kerrostumista. Kerrosintruusioiden jalkapuolen lähistöllä Pudasjärven kompleksin kuuluvat kivilajit ovat metasomaattisesti muuttuneet albitirikkaiksi kivilajeiksi. Tällaista materiaalia on myös kerrosintruusioiden kivilajeja leikkaavina albitiittijuonina. Penikkain kerrosintruusion jalkapuolen granitoideissa on paikoin runsaasti fluoriittia.

Kerrosintruusioiden syntyäiköiden kattopuolen kivet rapautuivat aikoinaan pääosin pois, ja Sompujärven konglomeraattimuodostuma on kerrostunut suoraan rapautuvan kerrosintruusion kivilajin päälle. Koillismaan alueella kattopuolella on säännöllisesti kivilajia, josta on käytetty mm. granofyyrin nimeä. Penikkain intruusion länsireunassa on pieninä esiintyminä granofyyriä. Samaten tällaista petrografisesti samanlaista granofyyrirakenteista kiveä on myös kapeana, viisi kilometriä pitkänä kaistaleena Kemin kaupungin kohdalla. Niinpä on mahdollista, että Kemin Lautiosaaren vyöhykkeen länsipuolen paljastumattomalla merialueella sijaitsee asemaltaan Tornion intruusiota vastaava kerrosintruusio.

Kerrosintruusioiden geologiaa on käsitelty useassa julkaisussa ja opinnäytteessä. Nimensä mukaisesti selvä magmaattinen kerroksellisuus on kerrosintruusioiden tyypillinen piirre. Intruusioiden alaosat koostuvat ultramafisista ja mafisista kivilajeista. Yläosan kivilajeissa on enemmän vaaleita mineraaleja, mutta rytmisestä kerroksellisuudesta johtuen kivilajit vaihtelevat nopeasti. Alaosien kivilajien kumulusmineraalit ovat oliviini, kromiitti, bronsiitti ja augiitti sekä plagioklaasi. Interkumulusmineraaleina ovat eri kerroksissa pyrokseenit ja plagioklaasi. Interkumulusmassassa on lisäksi alkalimaasälpää ja kvartsia. Primääriset silikaattimineraalit ovat enimmäkseen muuttuneet. Oliiviini on muuttunut serpentiiniksi, talkiksi ja magnetiitiksi, pyrokseenit uraliitiksi ja plagioklaasi saussuriitiksi, mutta alkuperäiset mineraalit ovat silti useimmiten tunnistettavissa. Leikkaavissa, ohuissa Penikkain kerrosintruusion kivilajien raoissa on todettu skapoliittia. Sompuvaaran louhoksen gabrossa on leikkaavia 1 - 3 cm vahvoja

prehniittijuonia. Tummat diabaasijuonet leikkaavat kerrosintruusioiden kivilajeja. Juonia on näkyvissä varsinkin hyvin paljastuneen Penikkain intruusion alueella.

Kromiitti on ollut taloudellisesti tärkein kerrosintruusioiden mineraali. Kromiittiraitoja on todettu miltei kaikissa alueen kerrosintruusioissa. Vahvimmillaan kromiittikerrokset ovat Kemin intruusion pohjaosassa, missä sijaitsee Kemin kaivos. Kerrosintruusiossa on todettu myös platinaryhmän metalleja (palladium, platina) sisältäviä kerroksia. Kirakkajuppuran länsirinteeseen Keminmaan, Simon ja Tervolan rajamaille samoin kuin Konttijärvelle Ranuan luoteisosaan on avattu koelouhos esiintymän louhittavuuden ja rikastettavuuden selvittämiseksi ja Suhangon alueella on voimassa oleva kaivospiiri.

2.3 Keski-Lapin granitoidikompleksi

Pohjoisessa Peräpohjan liuskealue rajoittuu **Keski-Lapin granitoidikompleksiin**, johon kuuluu migmatiitteja eli seoskiviä sekä granitoideja. Granitoidikompleksin eteläreunalla on myös litodeemeina luokiteltuja erillisiä pintakiviyksiköitä, jotka koostuvat metamorfoituneista kvartsiiteista ja kiilleliuskeista sekä vulkaniiteista. Niiden rinnastus Peräpohjan liuskealueen kiviin on tässä vaiheessa epävarma ja tulkinnanvarainen. Keski-Lapin kompleksin kivilajit ovat ilmeisesti iältään proterotsooisia. On kuitenkin mahdollista, että joukossa on myös arkeista materiaalia.

3 IÄNMÄÄRITYKSET

Alueen kivistä on runsaasti absoluuttisia ikäyksiä, jotka antavat enimmäkseen luontevan ja luotettavan kuvan geologisesta kehityksestä. Muutaman näytteen tulkinnassa on kuitenkin ongelmia. Kaikki Pudasjärven kompleksin kivien granitoidien zirkoneista saadut uraani-lyijytulokset osoittavat arkeisia, 2600–2800 välisiä ikä. Kerrosintruusioiden ikää on määritetty monella menetelmällä: U-Pb, Pb-Pb ja Sm-Nd. Kaikilla näillä menetelmillä ikähaarukka on pieni, ja suurin osa tuloksista sattuu 2440–2450 miljoonan vuoden välille.

Kerrosintruusioiden päällä olevista vulkaniiteista ei ole löytynyt luotettavaan iänmäärittämiseen soveltuvia uraanipitoisia mineraaleja. Runkauksen muodostuman laavojen titaniitista on saatu minimi-ikäksi tulkittu tulos 2250 miljoonaa vuotta. Sm-Nd-menetelmällä tulos on 2330 miljoonaa vuotta, mutta virherajat ovat suuret: ± 180 miljoonaa vuotta. Jouttiaavan laavojen Sm-Nd ikätulos on 2090 ± 70 miljoonaa vuotta.

Liuskeita leikkaavista juonista ja syväkivistä on lukuisia ikätuloksia, jotka osoittavat pintakiviyksiköiden minimi-ikä. Palokivalon kvartsiiteissa on differentioituneita kerrosjuonia, joiden ikätulokset sattuvat pieneen kasaan 2200 miljoonan vuoden seudulle. Tämä juonityyppi on laajalle levinnyt Keski-Lapista Kuusamon kautta ainakin Kolille asti. Kvartsiitteja leikkaa myös nuorempi, noin 2100 miljoonan vuoden ikäinen diabaasijuoniparvi. Keski-Lapissa yleisiä 2050 miljoonan vuoden ikä ei ole todettu, mutta tämän tyyppisistä juonista ei näytteitä ole haettukaan. Viime aikoina on pystytty SIMS-menetelmällä analysoimaan Jouttiaavan ja Tikanmaan muodostumaa leikkaavia juonia, joiden aikaisempi analysointi ei ole onnistunut. Näiden diabaasijuonten ikä on noin 2100 miljoonaa vuotta, mikä on siis Peräpohjan liuskealueen emäksisen vulkanismin minimi-ikä.

Haaparantasjarjan syväkivistä on lukuisia 1880–1890 miljoonan vuoden ikätuloksia. Tämä luku edustaa koko Peräpohjan liuskealueen kivien nuorinta ikää, ja kaikki pintasyntyiset kivilajit ovat tätä vanhempia. Felsisten Nosan (2542 04-05) ja Ruottalan intruusoiden (2541 09) samoin kuin liuskeita leikkaavien juonten zirkonit ovat säännöllisesti arkeisia. Tämä osoittaa, että Haaparantasjarjan kivet ovat syntyneet arkeisen kuoren sulaessa syntyneestä magmasta, ja vanhat zirkonit ovat säilyneet näissä prosesseissa. Ajoksen eteläpuolisen syeniitin (2541 07) titaniitista on saatu U-Pb-menetelmällä 1889±12 miljoonan vuoden ikä. Ikänsä perusteella tämä syeniitti kuuluu Haaparantasjarjaan.

Keski-Lapin kompleksin eteläreunan granitoideista on vain niukasti iänmäärytyksiä. Rovaniemen lentokentän (3612 08) seudun porfyyrisen graniitin ikä on noin 1770 miljoonaa vuotta.

Alueen sedimenttikivien zirkonirakeista on joitakin ikätuloksia. Pudasjärven kompleksin amfiboliittien kvartsiittivälikerrosten zirkonit osoittavat selvästi arkeista noin 2700 miljoonan vuoden ikää. Peräpohjan kvartsiiteista on kuusi analysoitua näytettä, jotka edustavat Palokivalon, Kvartsimaan ja Rantamaan muodostumia. Kaikkien niiden zirconi on selvästi pyöritystyttä ja iät arkeisia. Martimon muodostumaan kuuluvien kiilleliuskeiden analysoidut zirkonit ovat myös arkeista.

Liuskealueen pohjoisreunalla sijaitsevan Korkiavaaran muodostuman zirkonien ikätulokset ovat hämmäntäviä. Omamuotoisista zirkoneista on saatu sekä perinteisellä että SIMS-menetelmällä tuloksia, jotka osoittavat alueella olleen yllättävän nuorta, noin 1990 vuoden ikäistä felsistä magmatismia. Pohjoispuolisen Pöyliöjärven kiilleliuske muodostuman zirkonit ovat SIMS-menetelmällä suunnilleen saman ikäisiä. Pöyliöjärven kiilleliuske muodostuma on rinnastettu Martimon muodostumaan ja sitä kautta perinteisiin Alakalevan kivilajeihin. Tämän ikätuloksen perusteella Peräpohjan alueella tavattaisiin kuitenkin nuorempi Yläkalevainen muodostuma, mutta karttakuvan laatiminen vaatii mielikuvitusta ja runsaasti siirroksia.

4 GEOLOGINEN KEHITYS

Pudasjärven kompleksin kivilajit ja kerrosintruusiot ovat olleet Peräpohjan liuskeiden materiaalin lähdealueita. Heti rapautuvan alustan päällä on karkeaa (Sompujärven muodostuman) konglomeraattia, jonka kiviaines on peräisin alapuolen granitoideista. Konglomeratin iskos sisältää paikoin runsaasti magnetiittia, joten ainakin pieniä määriä happea on ollut ilmakehässä jo Peräpohjan sedimenttien kerrostumisen alussa. Paksut Palokivalon muodostuman kvartsiitit ovat kerrostuneet mantereen reuna-alueella. Ne ovat kuitenkin veden (jokien) kerrostamia; selviä merkkejä tuulikerrostumista ei ole havaittu. Sedimenttien kerrossarja osoittaa merenpinnan nousua. Dolomiittikerrokset (Kvartsimaa, Rantamaa) ovat syntyneet matalaan, lämpimään mereen. Kuivumisraot ovat yleisiä, mikä osoittaa kerrostumien joutuneen ajoittain kuiville. Monimuotoiset dolomiittien sedimenttirakenteet viittaavat vuorovesialueelle ja mahdollisesti suolatasankoihin. Dolomiittien stromatoliittirakenteet ovat syntyneet sinivihreiden levien (sinibakteerien) yhdyskuntien saostaessa kalkkia ja sitoessa vedessä liikkuvaa muuta sedimenttiainesta. Dolomiittien puhtaat ortokvartsiittikerrokset ovat ilmeisesti syntyneet myrskyn kuljettaessa ja kerrostaessa hiekkaa mantereelta matalan meren alueelle.

Tämän hitaan, rauhallisen kehityksen on useaan kertaan keskeyttänyt vulkaaninen toiminta. Kuoren raoista on tunkeutunut emäksistä magmaa maan pinnalle muodostaen laava- ja tuhkerokkia. Varsinkin Joutiaavan laavojen kemiallinen koostumus osoittaa magman tulleen nopeasti syvältä kuoresta. Vulkaaninen vaihe on ollut lyhyt, ja hiekkojen kerrostuminen on

alkanut nopeasti uudelleen. Alueella on myös merkkejä magmaattisesta toiminnasta, joiden aikana ei magmaa ole purkautunut maan pinnalle asti. Tästä ovat osoituksena alueen lukuisat juoniparvet, joita ei ole pystytty yhdistämään mihinkään tunnettuun vulkaaniseen vaiheeseen.

Kivalon ryhmän sedimenttien kerrostumisen jälkeen sedimentaatioallas on syventynyt. Paakkolan ryhmän sedimentit ja tynnyrakenteiset vulkaniitit ovat kerrostuneet syvään veteen.

Haaparantasarjan syväkivet ja juonet ovat syntyneet magmasta, joka on syntynyt vanhemman kuoren sulaessa. Tämä sulava magma on noussut magmakuplina ylöspäin. Fylliittisiin sivukiviin on lämpötilan nousun vaikutuksesta syntynyt porfyroblasteina kordieriittia ja biotiittia sekä dolomiiteihin paikoin tremoliittia ja diopsidia. Metamorfiset vyöhykkeet syväkivipahkujen ympärillä ovat melko kaitaisia. Magman nousu liittyy Peräpohjan liuskeiden poimuttumiseen. Alun perin vaakasuorat kerrokset poimutuivat mannerlaattojen törmätessä toisiinsa. Alueen geologisilla ja geofysikaalisilla kartoilla poimurakenteet ovat ilmeisiä. Kerrossarjan alimmat osat, kvartsiitit, ovat lievästi taipuilleita. Ylemmät kerrostumat, tuffiitit ja dolomiitit, ovat selvemmin poimuttuneita, ja fylliittien ja kiilleliuskeiden poimutus on hyvinkin vahvaa. Poimuttumiseen liittyy runsaasti siirroksia. Selvimät siirrokset ja ylityönnöt ovat liuskealueen pohjoisreunalla Keski-Lapin kompleksia vastaan.

5 MALMITUTKIMUKSET

5.1 Esiintymät

Viisikymmenluvun lopussa löydettiin Kemin kerrosrakenteisesta gabro anortosiitti ultramafiitti intruusioista taloudellisesti merkittävä Elijärven kromiesiintymä (2541 11). Tällöin alkoi laaja kromimalmin prospektaus. Aluksi mielenkiinnon kohteena olivat Kemin ja Penikkain intruusiot, mutta pian tutkimukset laajenivat kaikkiin tunnettuihin kerrosintruusioihin. Samalla löytyi useita, aiemmin tuntemattomia intruusioita kuten esimerkiksi länsirajalta Tornion pohjoispuolelta. Myöhemmin ovat myös platinametallit ja kulta nousseet malmigeologisesti kiinnostaviksi metalleiksi. Kerrosintruusioita on tutkittu tehokkaasti. Esimerkiksi koko Penikkain intruusio on vallattu; voimassa olevia valtauksia on satakunta.

Penikkain intruusioon Kirakkajuppuran länsirinteeseen Keminmaan, Simon ja Tervolan rajamaille (2544 05) samoin kuin Konttijärvelle Ranuan luoteisosaan (3522 12) on avattu koelouhos.

Vähäjoen rautamalmiaihetta (2544 06) tutkittiin jo sotien aikana ja useasti myöhemminkin Raudan lisäksi mielenkiinnon kohteeksi on noussut viime vuosina aivan uusi malmityyppi, ns. rautaoksidi-kupari-kulta, IOCG. Tämän tyyppisiä esiintymiä on etsitty myös Misin suunnalla liuskealueen koillisosassa, missä rautamalmia louhittiin useasta malmiosta vuosina 1958–1975.

Viisikymmenluvulla löydettiin molybdeenä sisältäviä lohkareita Ylitornion Kallijärven seudulla (2631 02). Aluetta tarkemmin tutkittaessa löydettiin lisää lohkareita ja molybdeenihohdetta paljastumissakin. Samalta alueelta etsittiin myös wolframaiheita.

1800-luvun alkupuolella löydettiin kultapitoinen karbonaattilohkare Kemijokisuusta Laurilasta. Kallinkankaan alueelta (2541 09) on sotien jälkeen löydetty kultapitoisia kvartsi-karbonaattijuonia. Liuskealueella on pieni, louhittu juonityyppinen diabaasiin liittyvä Kivimaan kupari-kultaesiintymä (2631 10). Samantapainen kuparikiisupitoinen ohut kvartsijuoni on todettu myös Vinsassa (2633 02).

Tervolan Mustamaassa (2631 11) on tutkittu uraani-aihetta 1960- ja 1970-luvuilla. Tutkimuksia on jatkettu uudestaan viime aikoina. Tämä esiintymä sijoittuu geologisesti Kivalon ja Paakkolan ryhmän saumaan, missä mantereiden reunan matalan veden sedimentaatio vaihtuu syvemmän altaan hiili- ja rikkipitoisiin hienojakoisiin sedimentteihin.

Tällä hetkellä Lapin kolmion alueella on kaksi malmimineraaleihin liittyvää kaivospiiriä. Kemin Elijärvellä on poikkeuksellisen suuri, kauan louhittu kromiittiesiintymä. Suhangon alueella Rovaniemen–Ranuan rajamaiden laajassa, yli 40 neliökilometrin kaivospiirissä on useita malmioita, joiden ilmoitetut arvometallit ovat platinaryhmän metallit sekä kupari ja nikkeli. Kaivoksen lopullista avaamis päätöstä odotetaan edelleen.

Valtauksia on runsaasti Oijärvellä (Au, Ni, Cu, Au, Pt), Vähäjoella (Cu, Au, Co, Fe), Kivimaalla (Au), Penikkain intruusion alueella (Pt, Pd, Au, Cu, Ni) sekä Narkauksen suunnan kerrosintruusioissa (Pt, Pd, Au, Ni, Cu).

5.2 Lohkareet

Uraania sisältäviä lohkareita on tähän mennessä rekisteröity runsaasti Rovaniemen-Ranuan rajalla Narkauksen itäpuolella (3613 01, 3613 05). Lohkareet ovat Pudasjärven kompleksin puolella ja kivilajeiltaan lähinnä pohjan graniittigneisijä, mutta joukossa on myös jokunen uraania sisältävä kvartsiittilohkare, joka on peräisin liuskealueelta.

Wolframpitoisia lohkareita on löydetty Kuluskairassa Rovaniemen itäpuolella. Näitä aiheita on tutkittu 1970- ja 1980-luvuilla. Vikajärven alueen kalkkisirilikaattikivissä on paikoin scheeliittiä ja kuparikiisua. Näiden kivilajien jatkeet lännempänä Olkkajärven ympäristössä (3612 11) sisältävät kalkkisirilikaattikiviä, joissa on todettu scheeliittiä. Näistä poikkeava karsityyppi on läheisen Hotinvaaran pohjoiskärjen diabaasissa. Diabaasi on metasomaattisesti muuttunutta ja siihen liittyy kvartsi-karbonaatti- ja andradiittijuonia, jotka mm. kuparikiisua ja scheeliittiä

Wolframia on todettu lohkareissa lännempänäkin samassa vyöhykkeessä. Tässä itä-läntisessä vyöhykkeessä on geologisesti mielenkiintoinen Korkeavaaran arkosiitti-amfiboliittimuodostuma. Tälle muodostumalle on tyypillistä punertavien arkosiittien ja vihreiden amfiboliittiraitojen vuorottelu. Amfiboliitit ovat ilmeisesti emäksisistä tuhkaa ja arkosiitit happamia tuhkia tai A-tyypin graniitin rapautumistulosta. Kemiallisesti vastaavaa graniittia ei kuitenkaan ole alueelta löytynyt.

Tornion pohjoispuolelta on löydetty kuparia ja nikkeliä sisältäviä lohkareita. Alueella on emäksinen-ultraemäksinen Haaparantasarjaan kuuluva Liakan intruusio (2542 01-02)). Sitä on tutkittu kairauksin ja maastomittauksin 1980-luvulla. Intruusion reuna-alueilta on löydetty kiisuuntumia, mutta taloudellista esiintymää ei ole löydetty.

5.3 Malmipotentiali

Alueen kerrosintruusioiden malmipotentiali on kiistaton. Pienetkin intruusion lohkot on pyritty löytämään ja valtaamaan. Varsinkin matalalentogeofysikaalisten mittausten valmistuminen on helpottanut etsimistä, mutta uusia kohteita lienee vielä löydettävissä. Tällä hetkellä on valtauksia kerrosintruusioiden alueella esimerkiksi Penikoilla satakunta, Siika-Kämässä viitisenkymmentä ja siitä koilliseen vielä pari sataa. Kiinnostavat metallit ovat platinaryhmän metallit, kupari, nikkeli ja kulta sekä edelleen kromi.

Kerrosintruusiot sisältävät siis platinaryhmän metalleja ja kultaa. Monen kerrosintruusion yläosa on rapautunut pois. Varsinkin Penikkain intruusion yläosan kriittisten horisonttien yläpuolisissa sedimenteissä on odotettavissa kerroksia, joihin nämä alkuaineet olisivat rikastuneet.

Tornivaaran alueen kairareissä (2543 03) on konglomeraatissa todettu muutaman metrin vahvuinen kultaa sisältävä kerros. Pohjan alueelta lähtöisin oleva uraani on voinut rikastua pohjakonglomeraatteihin, joissa on todettu pieniä magnetiitin rikastumia.

Vahvat Peräpohjan liuskealueen merenrannan tuntumaan kerrostuneet kvartsiittimuodostumat sisältävät pieniä määriä kvartsia raskaampia mineraaleja kuten turmaliinia, zirkonia ja kromiittia. Tähän mennessä ei niissä kuitenkaan ole todettu kulta- eikä uraanirikastumia. Dolomiitit ovat kerrostuneet matalan, lämpimän meren rannalle vuorovesiympäristöön. Syntyviä kalkkikerroksia on peittänyt sinivihreiden levien, sinibakteerien kerros. Tällainen pinta on sitonut monen ikäisissä muodostumissa esimerkiksi kuparia tai uraania.

Laaja-alaisen Jouttiaavan muodostuman laavoissa on säännöllisesti kuparimineraaleja. Tämän muodostuman kivilajit ovat yleensä terveitä, ehjiä ja vain niukasti muuttuneita. Muodostuman rapautuvissa pintaosissa kupari on kuitenkin liuennut, lähtenyt liikkeelle ja saostunut rakoihin kuparisulfideina ja jopa pelkkänä kuparina. Kuparisulfideja on havaittu Jouttiaavan päällä olevissa Kvartsiimaan muodostuman puhtaissa kvartsiiteissa (2541 06-2542 04) sekä Rantamaan muodostuman dolomiittien raoissa esimerkiksi itse Rantamaan louhoksessa (2542 07). Edullinen kuparin saostumisympäristö on Kivalon ja Paakkolan ryhmien saumakohdasta alkavat kiisua sisältävät liuskeet, jonka tapaisia mineralisaatioita on Rumanmaan-Kuusivaaran alueella (2633 03). Paikoitellen pitoisuudet ovat mielenkiintoisia. Tämän tyyppisiä kupariesiintymiä on kuitenkin vaikea paikallistaa geofysikaalisilla menetelmillä.

Peräpohjan liuskealueen pintasyntyisissä kivilajeja leikkaavissa diabaaseissa on kuparikiisua pieninä rakeina. Diabaaseja leikkaavissa kvartsi-karbonaattijuonissa on usein kuparikiisua ja myös lyijyhohdetta karkeampinakin rakeina. Kivimaan, Vinsan ja Kallinkankaan tyyppisiä juonia on mahdollista löytää lisää.

Valajaskosken eteläpuolella (2633 09) on toistakymmenen kilometrin matkalla itä-länsisuunnassa paljastumissa ja lohkaraina erikoista, karkearakeista kordieriitti-antofylliittikiveä. Se on kemiallisesti ja mineralogisesti vahvasti muuttunut kivi; alun perin mahdollisesti Runkauksen muodostumaan kuuluva emäksinen vulkaniitti. Sen päämineraalit ovat jopa 30 cm pitkinä kiteinä esiintyvä kordieriitti, sekä pienempinä rakeina kummingtoniitti-antofylliitti, kloriitti ja kvartsi. Siinä on säännöllisesti pieniä kuparikiisurakeita. Tällaiset kivilajit ovat perinteisesti kiinnostaneet malminetsijöitä, mutta tästä vyöhykkeestä ei toistaiseksi ole mineralisaatioita löydetty.

Liuskealueen ja Keski-Lapin granitoidikompleksin saumavyöhykkeessä on runsaasti itä-läntisiä siirroksia ja hiertopintoja. Tässä vyöhykkeessä on havaintoja molybdeenista ja wolframista.

Geologisesti tässä itä-läntisessä vyöhykkeessä on mielenkiintoinen Korkiavaaran arkosiitti-amfiboliittimuodostuma. Tälle muodostumalle on tyypillistä punertavien arkosiittien ja vihreiden amfiboliittiraitojen vuorottelu. Amfiboliitit lienevät emäksisistä tuhkaa ja arkosiitit mahdollisesti hapanta tuhkaa. Tällaiseen bimodaalinen kivilajiyhdistelmä on malmigeologisesti peräti mielenkiintoinen.

LIITTEET

1. Lapin kolmion geologiaa ja malmeja käsittelevää kirjallisuutta
2. Peräpohjan liuskealueen geologinen kartta
3. Peräpohjan liuskealueen geologisen kartan selitys

Lapin kolmion geologiaa ja malmeja käsittelevää kirjallisuutta

- Alapieti, T. 1982.** The Koillismaa layered igneous complex, Finland - its structure, mineralogy and geochemistry, with emphasis on the distribution of chromium. Geol. Survey Finland Bulletin 319, 116 s.
- Alapieti, T.T., Filen, B.A., Lahtinen, J.J., Lavrov, M.M., Smolkin, V.F. ja Voitsekhovskiy, N. 1990a.** Early Proterozoic layered intrusions in the northeastern part of the Fennoscandian Shield. Mineralogy and Petrology 42, 1-22.
- Alapieti, T.T., Halkoaho, T., Huhtelin, T. Iljina, M. ja Lerssi, J. 1990b.** Peräpohjan platinaprojekti. Raportti 3. Oulun yliopisto, 175 s.
- Alapieti, T.T., Kujanpää, J., Lahtinen, J.J. ja Papunen, H. 1989a.** The Kemi stratiform chromite deposit, northern Finland. Econ. Geol. 84 (5), 1057 - 1077.
- Alapieti, T.T., Lahtinen J.J. Huhma, H., Hänninen E., Piirainen, T.A. ja Sivonen, J. 1989b.** Platinum-group element-bearing Cu-Ni sulphide mineralization in the marginal series of the early Proterozoic Suhanko - Konttijärvi layered intrusion, northern Finland. Julkaisussa Prendergast, M.D. ja Jones, M.J. (toim.): Magmatic sulphides - the Zimbabwe volume: London, Inst. Mining Metallurgy, 177-187.
- Alapieti T. T. ja Lahtinen, J.J. 1986.** Stratigraphy, petrology and platinum group mineralization of the early Proterozoic Penikat layered intrusion, northern Finland. Econ. Geol. 81 vol. 5, 1126-1136.
- Alapieti, T. T. ja Lahtinen, J.J. 1989.** Early Proterozoic layered intrusions in the northeastern part of the Fennoscandian shield. Julkaisussa Alapieti, T.T. (toim.): 5th international platinum symposium. Guide to the post symposium field trip, August 4-11, 1989. Geologian tutkimuskeskus, Opas 29. 3-42.
- Alapieti, T.T., Lahtinen, J.J. ja Sivonen, J. 1986.** Platinum group minerals in the Penikat layered intrusion, northern Finland. Proc. XIth Int. Cong. on Electron Microscopy, Kyoto, 1986.
- Eeronheimo, J. 1979.** Metavulkaniitit ja -sedimentit Väystäjän – Kivilompolon alueella, Peräpohjan liuskealueen pohjoisosassa. Pro gradu –tutkielma, Helsingin yliopisto. 63 s.
- Eskola, P., Hackman, V., Laitakari, A. & Wilkman, W.W., 1919.** Suomen kalkkikivi. Summary: Limestones in Finland. Geologinen komissioni, Geoteknillisiä tiedonantoja 21. 265 s.
- Hackman, V., 1910.** Tornio - Ylitornio. Suomen geologinen yleiskartta 1 : 400 000, kivilajikartta, lehdet B5 -B6. General Geological map of Finland.
- Hackman, V. 1914.** Rovaniemi - Torneå - Över-Torneå. Geologisk översiktskarta över Finland, Sekt. C6 - B5 - B6. Beskrivning till bergartskartan. Résumé en français. Geologiska kommissionen, 86 s.

- Hackman, V. 1918.** Rovaniemi - Tornio - Ylitornio. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000. Kivilajikartan selitys, lehdet C6-B5-B6. Geologinen toimisto. 80 s. Suom. J. N. Soikero.
- Halkoaho, T.T.A. 1988.** Ala Penikan platinaryhmän mineraaleja sisältävät sulfidimineralisaatiot Penikkain kerrosintruusion Ylä Penikan lohkolla. Pro gradu, Oulun yliopisto. 173 s.
- Halkoaho, T.T.A., Alapieti, T.T. ja Lahtinen, J.J. 1989a.** The Sompujärvi PGE mineralization in the Penikat layered intrusion, northern Finland. Julkaisussa Alapieti, T.T. (toim.): 5th international platinum symposium. Guide to the post symposium field trip, August 4-11, 1989. Geologian tutkimuskeskus, Opas 29. 71-92.
- Halkoaho, T.T.A., Alapieti, T.T. ja Lahtinen, J.J. 1989b.** The Ala Penikka PGE mineralizations in the Penikat layered intrusion, northern Finland. Julkaisussa Alapieti, T.T. (toim.): 5th international platinum symposium. Guide to post symposium field trip, August 4-11, 1989. Geologian tutkimuskeskus, Opas 29. 93-122.
- Halkoaho, T.T.A., Alapieti, T.T. ja Lahtinen, J.J. 1990a.** The Sompujärvi PGE reef in the Penikat Layered Intrusion, northern Finland. *Mineralogy and Petrology* 42, 39-55.
- Halkoaho, T.T.A., Alapieti, T.T., Lahtinen, J.J. ja Lerssi, J.M. 1990b.** The Ala Penikka PGE reefs in the Penikat Layered Intrusion, northern Finland. *Mineralogy and Petrology* 42, 23-38.
- Hanski, E., 1987.** Differentioituneet albiittidiabaasit - gabro wehrliittiassosiaatio. Summary: Differentiated albite diabases - Gabbro wehrlite association. Geologian tutkimuskeskus - Geological Survey of Finland. Tutkimusraportti - Report of Investigation 76, 35-44.
- Hanski, E. 2002.** Vikajärvi. Suomen geologinen kartta - Geological Map of Finland 1 : 100 000. Kallioperäkartta - Pre-Quaternary rocks. Lehti - Sheet 3614. Geologian tutkimuskeskus. Geological Survey of Finland.
- Hanski, E, Huhma, H. & Perttunen, V 2005.** SIMS U-Pb, Sm-Nd isotope and geochemical study of an arkosite-amphibolite suite, Peräpohja Schist Belt: evidence for ca. 1.98 Ga A-type felsic magmatism in northern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 77 (1), 5-29.
- Hanski, E, Huhma, H. & Perttunen, V 2005.** SIMS U-Pb, Sm-Nd isotope and geochemical study of an arkosite-amphibolite suite, Peräpohja Schist Belt : evidence for ca. 1.98 Ga A-type felsic magmatism in northern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 77 (1), 5-29.
- Hausen, H., 1936.** The North Bothnian downfold. *Acta Acad. Aboensis, ser. Math. et Phys.* vol. 9:5, 87 s.
- Huhma, H., Cliff, R.A., Perttunen, V. & Sakko, M., 1990.** Sm Nd and Pb isotopic study of mafic rocks associated with early Proterozoic continental rifting: the Peräpohja Schist Belt in northern Finland. *Contributions Mineralogy Petrology* 104, 369-379.
- Huhtelin, T.A. 1989.** Paasivaaran platinaryhmän metalleja sisältävä sulfidimineralisaatio Penikkain kerrosintruusiiossa. Pro gradu, Oulun yliopisto, 81 s.

- Huhtelin, T.A., Alapieti, T.T. ja Lahtinen, J.J. ja Lerssi, J.M., 1989a.** Megacyclic units I, II and III in the Penikat layered intrusion, northern Finland. Julkaisussa Alapieti, T.T. (toim.): 5th international platinum symposium. Guide to the post symposium field trip, August 4-11, 1989. Geologian tutkimuskeskus, Opas 29. 59-70.
- Huhtelin, T.A., Alapieti, T.T. ja Lahtinen, J.J., 1989b.** The Paasivaara PGE mineralization in the Penikat layered intrusion northern Finland. Julkaisussa Alapieti, T.T. (toim.): 5th international platinum symposium. Guide to the post symposium field trip, August 4-11, 1989. Geologian tutkimuskeskus, Opas 29. 123-144.
- Huhtelin, T.A., Alapieti, T.T. ja Lahtinen, J.J., 1990.** The Paasivaara PGE reef in the Penikat Layered Intrusion, northern Finland. *Mineralogy and Petrology* 42, 57-70.
- Härme, M., 1949.** On the stratigraphical and structural geology of the Kemi area, northern Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 147, 60 s.
- Härme, M. & Perttunen, V. 1971.** Magnesia metasomatism at Hirvas, northern Finland. Geological Survey of Finland, Bulletin 250. 28 s.
- Iljina, Markku 1990.** Suhanko-Konttijärven kerrosintruusio ja siihen liittyvät sulfidi- ja platinamineralisaatiot. Peräpohjan platinaprojektin loppuraportti. Peräpohjan platinaprojekti 3. Oulu: Oulun yliopisto, 122-149.
- Iljina, M. 1994.** The Portimo layered igneous complex - with emphasis on diverse sulphide and platinum-group element deposits. *Acta Universitatis Ouluensis. Series A, Scientiae Rerum Naturalium* 258. Oulu: University of Oulu. 158 p.
- Iljina M. 2005.** Portimo Layered Igneous Complex. In: Early Palaeoproterozoic (2.5-2.4) Tornio-Näränkäväära layered intrusion belt and related chrome and platinum-group element mineralization, northern Finland: field trip guidebook. Geologian tutkimuskeskus. Opas 51a. 77-100.
- Karhu, J. 1993.** Paleoproterozoic evolution of the carbon isotope ratios of sedimentary carbonates in the Fennoscandian Shield. Geological Survey of Finland, Bulletin 371. 87 s.
- Korkalo, T. 1971.** Peräpohjan liuskealue Tervolan Varejärven seudulla. Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto. 88 s.
- Kortelainen N. 1998.** Peräpohjan liuskealueen paleoproterotsoisten sedimenttisten karbonaattikivien kerrostumisympäristön luonne, hiilen isotooppikoostumus ja hivenalkuainekemia. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Mikkola, A. 1945.** Malmitutkimukset Kemin-Rovaniemen liuskealueella kesällä 1945. Geologian tutkimuskeskus, raportti M/17/T-45/1. 19 s.
- Mikkola, A., 1949.** On the geology of the area north of the Gulf of Bothnia. *Bull. Comm. géol. Finlande* 146. 64 s.
- Niiranen, T. & Eilu, P. 2003.** Iron oxide-copper-gold deposits in northern Finland. In: Mineral exploration and sustainable development : proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting, Athens, Greece, 24-28 August 2003. Rotterdam: Millpress, 1091-1094.

- Niiranen, T. Hanski, E. & Eilu, P. 2003.** General geology, alteration, and iron deposits in the paleoproterozoic Misi region, northern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 75 (1-2), 69-92.
- Nordstöm, E., 1983.** Olkkajärvi områdets berggrund och skarnmineralisationer. Pro gradu avhandling i geologi och mineralogi. Åbo Akademi, 83 s.
- Ojala, J. 2007.** Gold in the Central Lapland Greenstone Belts. Geological Survey of Finland, Special Paper 44.
- Okko, V. 1946.** Moreeniaines ja pohjavesi kasvimaantieteellisinä tekijöinä "Lapin kolmiossa". Summary: Moraine deposits and groundwater as phytogeographical factors in the "Lapland-triangle". *Terra*, Vol. 58, 13-26.
- Perttunen, V. 1972.** Karunki. Suomen geologinen kartta - Geological Map of Finland 1 : 100 000. Kallioperäkartta - Pre-Quaternary rocks. Lehti - Sheet 2542+2524. Geologian tutkimuskeskus.
- Perttunen, V. 1989.** Peräpohjan alueen vulkaniitit. Summary: Volcanic rocks in the Peräpohja area, northern Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 94. 40 s.
- Perttunen, V. 1991.** Kemin, Karungin, Runkauksen ja Simon kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Kemi, Karunki, Simo, and Runkaus map-sheet areas. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 2541 Kemi, 2542+2524 Karunki, 2543 Simo ja 2544 Runkaus. 80 s.
- Perttunen, V. 2002.** Törmäsjärvi. Suomen geologinen kartta - Geological Map of Finland 1 : 100 000. Kallioperäkartta - Pre-Quaternary rocks. Lehti - Sheet 2631. Geologian tutkimuskeskus. Geological Survey of Finland.
- Perttunen, V. 2003.** Ylitornio. Suomen geologinen kartta - Geological Map of Finland 1 : 100 000. Kallioperäkartta - Pre-Quaternary rocks. Lehti - Sheet 2613. Geologian tutkimuskeskus. Geological Survey of Finland.
- Perttunen, V. 2006.** Ylitornio kartta-alueen kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Ylitornio map-sheet area. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, lehti 2613. 36 sivua, 18 kuvaa ja 2 taulukkoa.
- Perttunen, V., Hanski, E. & Väänänen, J. 1995.** Stratigraphical map of the Peräpohja Schist Belt, northern Finland. Julkaisussa: Kohonen, T. & Lindberg, B. (toim.) 1995. The 22nd Nordic Geological Winter meeting, 8-11 January 1996 in Turku Åbo, Finland. Abstracts of oral and poster sessions, s. 152.
- Perttunen, V. & Vaasjoki, M., 2001.** U-Pb geochronology of the Peräpohja Schist Belt. Teoksessa Vaasjoki, M. (toim.) Radiometric age determinations from Finnish Lapland and their bearing on the timing of Precambrian volcano-sedimentary sequences. Geological Survey of Finland, Special Paper 33, 45-84.
- Perttunen, V. & Hanski, E. 2003.** Törmäsjärven ja Koivun kartta-alueiden kallioperä. Summary: Pre-Quaternary rocks of the Törmäsjärvi and Koivu map-sheet areas. Suomen

geologinen kartta 1:100 000. Kallioperäkarttojen selitykset, lehdet 2631 Törmäsjärvi ja 2633 Koivu. 88 s.

Pettijohn, F.J. 1975. Sedimentary rocks. Harper & Row, New York, 628 s.

Rouhunkoski, P. & Isokangas P. 1974. The copper gold vein of Kivimaa at Tervola, N Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 46:1, 29-36.

Söderholm, K. & Inkinen, O. 1982: The Tornio layered intrusion - A recently discovered intrusion with chromite horizons in northern Finland. Bull. Geol. Soc. Finland 54, 15-24

Tegengren, F., 1951. Guldmalmsfynden vid Kemi. Acta Acad. Aboensis, ser. Math. et Phys., vol. 17:7, 1-16.

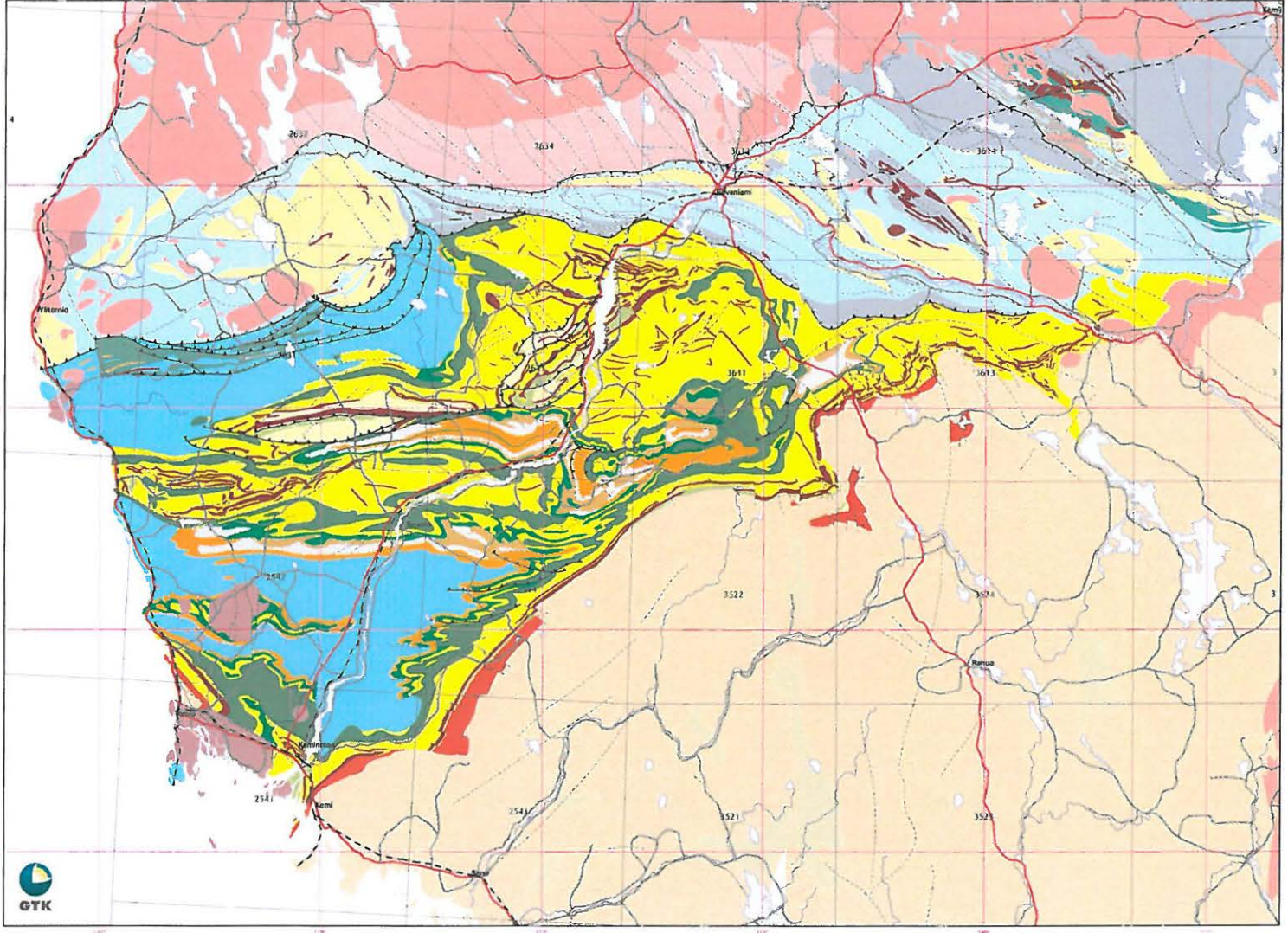
Yletyinen, V., 1967. Ylitornion Kivilompolon molybdeenihohde-esiintymästä. Summary: On the molybdenite occurrence at Kivilompolo, Ylitornio. Geologian tutkimuskeskus, Geoteknillisiä julkaisuja 73.

Yrjölä, M. 1982. Tervolan Mustamaan uraani-fosforiesiintymä Peräpohjan liuskealueella. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto. 87 s.

Äikäs, O. 1989. Phosphate resources in early Proterozoic supracrustal rocks, Finland, with reference to the Baltic Shield. In: Notholt, A. J. G., Sheldon, R. P. & Davidson, D. F. (toim.) Phosphate deposits of the world. Vol. 2: Phosphate rock resources. Cambridge: Cambridge University Press, 429-436.

Äyräs, M. 1987. Tutkimustyöselostus Rovaniemen maalaiskunnassa valtausalueella Vinsanmaa 1 kaiv.rek.n:o 3925/1 suoritetuista malmitutkimuksista. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti M06/2633/-87/1/30. 3 s.

PERÄPOHJAN LIUSKEALUEEN GEOLOGINEN KARTTA



PERÄPOHJAN LIUSKEALUEEN GEOLOGINEN KARTTA

Stratigrafiset yksiköt				Litodeamiset yksiköt			
Peräpohjan eteläosa		Peräpohjan pohjoisosa		Kompleksi	Kivilaji	Intrusivikiviä	
Ryhmä	Muodostuma	Kivilaji					
Paakkola	37 Martimo	Killeliuske	36 Pöyliöjärvi	Keski-Lapin granitoidikompleksi	Graniitti Migmatiitti	31 Kvartsidioriitti	
	38 Väyestäjä	Emäksinen metavulkaniitti	35 Venelampi				Emäksinen metavulkaniitti
Kivalo	41 Lamulehto	Emäksinen tuffiitti	34 Raajärvi	Pudasjärven kompleksi	Paragneissi, ortogneissi Emäksinen metavulkaniitti	32 Pyrokoniitti 33 Diabaasi 34 Kerrosintruusio	
	42 Rantamaa	Dolomiitti	33 Korkiavaara				Arkoosiitti, amfiboliitti
	43 Hirsmaa	Emäksinen tuffiitti	32 Misi				Emäksinen metavulkaniitti
	44 Poikkimaa	Dolomiitti	31 Ounasvaara				Kvartsiiitti
	45 Tikänmaa	Emäksinen tuffiitti					
	46 Kvarsteinmaa	Ortokvartsiiitti					
	47 Joutiaapa	Emäksinen metavulkaniitti					
	48 Palokivalo	Kvartsiiitti					
	49 Runtaus	Emäksinen metavulkaniitti					
	51 Sompujärvi	Konglomeraatti					
Arkeinen pohjagneissi							
			--- Siirros				
			▲ Yliytössiirros				